الفصل الأول

المقدمة

1-1 تمهيد

السمع والبصر نعمه من نعم الله عز وجل علينا ، ولا شك أن الصوت يضفي علي الحياة بهجتها . فالأصوات تساعد الانسان علي التعرف علي ما حوله من مخلوقات واستشعار البيئة التي يعيش فيها . وتعتبر حاسة السمع من أهم الحواس وقد قدمت في كثير من آيات القرآن الكريم عن حاسة البصر . فالصوت هو الوسيلة المثلي للإتصال بين البشر وعن طريق الكلام ينقل الإنسان أفكاره ومشاعره للآخرين .

وتعتبر المباني التعليمية والتعليم من أهم مقومات الحضارة في كل أمة من الامم ، ولذلك يجب الاهتمام بها وذلك لأن لها متطلبات خاصة جدا من راحة نفسية وبالتالي راحة سمعية وذلك لخلق بيئة دراسية جيدة . وتجنب الضوضاء الذي يؤثر علي التركيز والسلوك والأفكار وغيرها من المؤثرات الحسية التي تؤثر علي الطالب في أداءه .

1-2 أهمية البحث

تكمن اهمية البحث في ايجاد الحلول لعزل الضوضاء عامة وكيفية تفادي هذه التأثيرات وتهيئية بيئة سمعية جيدة بعيدا عن الضوضاء وتقديم المقترحات والتوصيات لحالة الدراسة وغيرها من المباني التعليمية المشابهة .

1-3 مشكلة البحث

لاشك ان الضوضاء الناتجة من العوامل الداخلية للمباني التعليمية ستؤثر بشكل كبير علي الدارسين فالضوضاء تؤثر علي راحة المستمعين وتزيد من التوتر وعدم التركيز بالنسبة للدارس والمستمع عموما. والمشكلة تكمن في كيفية عزل و استخدام العوازل وتجنب الصدى الصوتي والضوضاء داخل القاعة الدراسية .

1-4 أهداف البحث

(أ) التعرف علي مشاكل الضوضاء في المباني التعليمية وخصوصا القاعات الدراسية.

(ب) إعداد دراسة لتهيئة بيئة سمعية جيدة .

(ج) إقتراح الحلول المناسبة لخفض ومنع الضوضاء داخل حالة الدراسة من خلال البحث الميداني .

1-5 فرضية البحث

نفرض ان هنالك الكثير من الضوضاء الخارجية و الداخلية في المباني التعليمية تفوق النسب العالمية وأنها ستؤثر سلبا علي الراحة السمعية للدارسين وغيرهم.

1-6 منهجية البحث

تعتمد منهجية البحث على الدارسة العلمية من خلال:

(أ) إستخدام المنهج الوصفي التحليلي لمشاكل الضوضاء للمباني التعليمية وخصوصا القاعات الدراسية.

(ب) عمل قياسات فعلية لحالات الدراسة وذلك من خلال المسح الميداني

(ج) تحليل حالات الدراسة بناءً على المعايير والطرق الرياضية لمعرفة المشاكل المتعلقة بها.

(د) تقديم مقترحات للحلول بناءً علي الاستنتاجات والخلاصات التي خرج بها البحث.

1-7 الحدود الزمانية والمكانية

شملت الدراسة علي عدد من المباني التعليمية بولاية الخرطوم وذلك في الفترة الزمنية من ديسمبر 2017 وحتي نهاية أبريل2018.

1-8 هيكل البحث

يحتوي البحث علي عدد من الأجزاء ، يوضح الجزء الأول منها أهمية البحث وأهدافه ومشكلة البحث وفروض وأسئلة البحث ومنهجية البحث والحدود المكانية والزمانية للبحث وهيكل البحث . ويستعرض الجزء الثاني أسس الصوتيات والأداء الصوتي للقاعات والذي يشمل إمتصاص الصوت ومعامل الامتصاص والامتصاص الكلي وإرتداد الصوت وحجم القاعة وإختيار المواد الماصة للصوت ، كما يحتوي على تعريف الضوضاء وتأثيرها ومصادرها سواء أكانت داخلية أو خارجية وحدود التعرض لها .

كما يستعرض الجزء الثالث والذي يهدف الي التعرف علي عزل الصوت ومعايير قياس العزل الصوتي وطرق انتقال الصوت وأنواع العزل وأنواع المواد العازلة للصوت والمواد الماصة وانواعها والأساليب المعمارية في التحكم في مستوي الصوت .

أما الجزءالرابع فيفصل حالات الدراسة المختارة ويتم فيها دراستها وتحليلها صوتيا لينتهي بمجموعة من الخلاصات الخاصة بحالات الدراسة .

وينتهي البحث بالجزء الخامس والذي يشمل الخلاصة والتوصيات العامة ثم التوصيات الخاصة بحالة الدراسة .

الفصل الثاني

الصوتيـــات والضوضـاء في المبـاني

2-1 مقدمـــة

يستعرض هذا الفصل مفهوم الصوتيات المعمارية والضوضاء في المباني حيث تبدأ الدراسة بأسس ومفاهيم الصوتيات حيث يدرس سلوك انتشار الصوت وخاصية الإنعكاس والإمتصاص للصوت وينتهي الفصل بدراسة الضوضاء وتأثيرها ومصادرها وحدود التعرض لها والذي يهدف إلي حماية الفراغات المعمارية من الضوضاء سواء كانت داخلية أو خارجية .

بـالرغم مـن أن احـدي الوظـائف الأساسـية للمبنـي هـي حمايـة شـاغلية مـن كافـة الظـروف الخارجيـة مـن حـرارة وريـاح وأمطـار...إلـخ ، إلا أن هـذه الوظيفـة قـد تطـورت امتـدت لتشـمل تهيئـة البيئـة المناسـبة والتـي قـد تفـوق الظـروف الخارجيـة . والأمثلـة علـي ذلـك كثيـرة متعـددة ومنهـا علـي سـبيل المثـال تكييـف الهـواء والاضـاءة ، ويطلـق علـي العلـم الـذي يعـالج وسـائل تهيئـة البيئـة المناسـبة لشـاغلي المبنـي ، سـواء طبيعيـا أو اصطناعيا ، علم التحكم البيئي Environmental Control .

وتشكل الصوتيات أحد فروع التحكم البيئي للفرغات المعمارية ، فدراستها تهدف إلي خلق البيئة التي تتيح أفضل الظروف للإستماع . ويمكن تلخيص أهداف التحكم الصوتي أو الصوتيات البيئية Environmental Acoustics في هدفين أساسين هما :

توفير الظروف المواتية لإصدار ونقل واستقبال الصوت المرغوب فيه (مثل الأحاديث والموسيقي) ويطلق علي هذا النوع صوتيات المباني أو الفراغات " Room acoustics. استبعاد أو تخفيض الضوضاء والاهتزازات ويطلق علي هذا النوع التحكم في الضوضاء Noise Control .

وتعتبر الضوضاء أحد عناصر التلوث البيئي ، وتتزايد كنتيجة مباشرة أو غير مباشرة للميكنة وانتشار وسائل المواصلات وخلافها من مظاهر المدينة . إن الهدف الأساسي للتحكم في الضوضاء هو توفير قدر معقول من الهدوء وتوفير البيئة الصوتية المناسبة لاستعمال الفراغ سواء كان ذلك داخل أو خارج المباني .

2-2 أسس الصوتيات والأداء الصوتي للقاعات

إن الصوت المنبعث من مصدر صوتي على هيئة نقطة في الهواء الطلق ينتشر على شكل موجات كروية وتتناقص شدته بالبعد عن المصدر، إلا أن وجود المصدر داخل فراغ مغلق (قاعة مثلاً) يترتب عليه حدوث تغييرات جمة في نوعية وشدة الصوت الذي يصل إلى المستقبل. هذه التغييرات إما أن تكون إلى الأحسن مثل تقوية الصوت ودمجه؛ أو إلى الأسوأ، مثل حدوث صدى مصاحب للصوت، أو عدم وضوح بعض المقاطع في الكلام. وعندما تصطدم موجات الصوت بالأسطح المحيطة بالفراغ فإن جزءاً منها ينعكس بينما يتم امتصاص جزء بواسطة المواد المكونة للأسطح، وينفذ الجزء الباقي خلالها. وفي علم الصوتيات في العمارة هناك افتراض بأن الصوت ينتقل في شكل أشعة مستقيمة ومتعامدة على جبهة الموجة wave front، وبالتالي يمكن إخضاعه لقواعد انعكاس الضوء[حسن،2005] .

2-2 -1 إنعكاس الصوت

تلعب العلاقة بين طول موجة الصوت وأبعاد السطح العاكس لها دور كبيراً في تحديد كيفية الانعكاس، فإذا ما كانت أبعاد السطح العاكس أكبر من طول الموجة فإن الانعكاس سيخضع لقواعد انعكاس الضوء. أما إذا كان أصغر أبعاد السطح مقارباً لطول الموجة الساقطة فإنها تنعكس في شتى الاتجاهات، أي تتشتت. ولذا يلزم مراعاة هذه العلاقة قبل تطبيق قواعد الانعكاس في حالة الترددات المنخفضة (الموجات الطويلة).

عند سقوط موجات الصوت على سطح مستوٍ صلب أبعاده أكبر من طول الموجة الساقطة فإنه، طبقاً لقوانين انعكاس الضـــوء، تكون زاوية الانعكاس مســـاوية لزاوية الســـقوط؛ وكل من الشـعاع السـاقط والشـعاع المنعكس في مستوى واحد متعامد على السـطح العاكس، وباتباع هذه القواعد بالنسبة للأسطح المنحنية فإننا نجد أن الأسطح المقعرة تعكس الصوت بطريقة مجمعة، بينما تعكس الأسطح المحدبة الصوت بطريقة مفرقة.

وباستخدام التشابه بين انعكاس الصوت وانعكاس الضوء فإنه من الممكن تصور أن السطح العاكس ما هو إلا مرآة تتكون خلفها صورة تخيلية للمصدر، على مسافة مساوية لبعد المصدر عن السطح بحيث يكون الخط الواصل بين المصدر وصورته عمودياً على السطح (أو عمودياً على المماس لهذا السطح إذا كان منحنياً) .

2-2-2 امتصاص الصوت

امتصـاص الصـوت هو إخماد الصـوت أو الموجة الصـوتية عند مرورها في وسـط مادي أو ملامستها لسطح ما. ويعرف امتصاص الصوت أيضاً بالخاصية التي تمتلكها الكتل والمواد لامتصاص الصوت.

2-2-3 معامل الامتصاص

معامل امتصـاص الصـوت هو ذلك الجزء من الصـوت السـاقط والذي لا يقوم السـطح أو المادة بعكسه وتختلف قيمة هذا المعامل باختلاف التردد والتركيب البنائي والمادة المكونة (انظر الجدولين (2-1) و(2-2) .

ويختلف امتصـاص الصـوت عن عزل الصـوت، ففي معظم الأحيان تكون المواد ذات الامتصاص العالي فقيرة في خاصية عزل الصوت . تستعمل المواد الماصة للصوت في خفض الضـوضـاء الصـادرة عن الآليات والماكينات داخل الأماكن المغلقة ويكون التخفيض في حدود

10 ديسيبل dB (وحدة تستخدم للكثافة وضغط وقدرة الصوت ذات مقياس لوغاريثمي) نسبة للتكلفة العالية لهذه المواد .

الجدول (2-1): أمثلة لمعاملات الامتصاص لمواد البناء العامة

(المصدر : حسن ،2005)

المادة وطريقة التركيب	معاملات الامتصاص			
	تردد أدنى	تردد متوسط	تردد أعلى	
	125 هيرتز	500 هيرتز	2000 هيرتز	4000 هيرتز
سقف خشبي مائل ببلاط سقف (قرميد)	0.15	0.10	0.10	0.10
مباني طوب كحلة أو مطلية	0.02	0.02	0.04	0.05
موكيت متوسط على أرضية مصمتة	0.10	0.03	0.50	0.60
موكيت متوسط على أرضية خشبية مجوفة	0.20	0.30	0.50	0.02
أرضية خرسانة عادية/ حجر	0.01	0.02	0.02	0.10
بلاط فنيل/خشب / مطاط على أرضية صلبة	0.05	0.05	0.10	0.50
الستائر (قماش وسط) عمودية وعلى مسافة قريبة من الجدار	0.55	0.25	0.30	0.50
بلاطات ليفية ناعمة بسمك 13ملم مركبة على خلفية مصمتة	0.05	0.15	0.30	0.30
كما أعلاه مشطبة بالطلاء	0.05	0.10	0.15	0.15
بلاطات ليفية ناعمة بسمك 12ملم مركبة على خلفية مع وجود فجوه هواء	0.30	0.30	0.30	0.30
كما أعلاه مشطبة بالطلاء	0.30	0.15	0.10	0.15
بلاط أرضيات عادي	0.03	0.03	0.05	0.05
زجاج نوافذ حتى 3ملم	0.20	0.10	0.05	0.02
طوب زجاجي وبلاط صيني أو رخام مصقول	0.01	0.01	0.01	0.01
لياسة جير أو جبس على جدار مصمت	0.02	0.02	0.04	0.04
تابع جدول رقم (1)				
لياسة على شبك بفجوات هوائية وخلفية صلبة أو حواجز خشبية	0.30	0.10	0.04	0.04
خشب أبلكاج مثبت مباشرة	0.05	0.05	0.05	0.05
خشب أبلكاج مثبت بوجود فجوة هوائية بينه وبين خليفة مصمتة	0.30	0.15	0.10	0.05
الماء (حمامات السباحة)	0.01	0.01	0.01	0.01
أرضية خشبية، ألواح على عوارض	0.15	0.10	0.10	0.10
بلاطات ألياف خشبية 25 ملم	0.10	0.40	0.60	0.60

كما أعلاه بوجود فجوة هوائية	0.15	0.60	0.60	0.70
بلاطات ألياف خشبية سمك 80ملم مثبتة على خليفة صلبة بوجود فجوة هوائية	0.20	0.80	0.80	0.80

الجدول (2-2): أمثلة لمعاملات الامتصاص لبعض البنود الخاص

(المصدر : حسن ،2005)

البنـد	معـاملات الامتصاص			
	تردد أدنى	تردد متوسط	تـردد أعلى	
	125هيرتز	500 هيرتز	2000هيرتز	4000هيرتز
الهواء (لكل متر مكعب)	-	-	0.004	0.002
مستمعين على مقاعد منجدة تنجيد كامل (للشخص الواحد)	0.19	0.47	0.51	0.47
مستمعين على مقاعد خشبية/ معدنية (للشخص الواحد)	0.16	0.40	0.43	0.40
مقاعد منجدة تنجيد كامل خالية من المستمعين (للمقعد الواحد)	0.12	0.28	0.31	0.37
مقاعد خشبية أو معدنية خالية من المستمعين (للمقعد الواحد)	0.07	0.15	0.18	0.19

2-2-4 الامتصاص الكلي

الامتصاص الكلي في حجرة ما هو ناتج المجموع لامتصاص كل الأسطح والكتل والموجودات داخل فراغ الحجرة (الأسطح والأثاث والإنسان... الخ). ويحسب الامتصاص الكلي بحاصل ضرب مساحة سطح المادة في معامل امتصاصها .

أما المستمعين والأثاث فيحسب امتصاصها بمتوسطات (لا توجد مساحات) تعتمد على المقاس والملابس. والناتج في كلا الحالتين هو أرقام أمتار مربعة من الامتصاص.

ويترك مجال لتخفيض الامتصاص بواسطة المقاعد والمستمعين الذين يغطون سطح الأرضة، وهذا الغطاء يمثل أهمية بالنسبة للأصوات ذات التردد العالي وعليه فإن هناك تخفيض بما يوازي 40% عند التردد من 125 إلى 500 هيرتز و 60% عند 2000 هيرتز من امتصاص الأرضية .

2-2-5 ارتداد الصوت

الارتداد Reverberation هو دوام الصوت في مكان مغلق نتيجة للانعكاسات المتكررة لهذا الصوت من حدود هذا المكان. والصوت الارتدادي ليس هو الصدى، فالصدى عبارة عن انعكاس مفرد وواضح، بينما الصوت الارتدادي عبارة عن آلاف الانعكاسات في الثانية الواحدة. ويأخذ الصوت تزايداً في مستوى الصوت ثم يبدأ في الانخفاض إلى أن يخبو، وإذا ما خبا الصوت سريعاً فإن وضوح، الحديث يكون جيداً. وفي بعض الأوضاع يأخذ الصوت وقتاً طويلاً ليخبو فينخفض الوضوح نتيجة لذلك ولكن الصوت يكون قوياً وممتلئاً. وعليه فإن الوضع الأمثل يختلف باختلاف الاستعمال، للحديث أو للموسيقى [حسن،2005].

(أ) زمن الارتداد Reverberation Time: هو الزمن الذي يأخذه الصوت ليخبو بمقدار 60 ديسيبل ويعتمد زمن الارتداد على حجم القاعة وكمية الامتصاص بها.

(ب) معادلة سابين Sabine's Formula : وهي معادلة لحساب زمن الارتداد الفعلي في أي قاعة reverberation time actual كما يلي :

$$t = 0.16V/A$$

حيث: t = زمن الارتداد بالثواني

V = حجم القاعة بالأمتار المكعبة

A = مساحة الامتصاص بالأمتار المربعة

(ج) زمن الارتداد الأمثل optimum reverberation time : يعتمد زمن الارتداد المرغوب فيه على مقاس واستعمال الفراغ. والزمن الأمثل للارتداد يمكن استنتاجه من التجارب العملية الذاتية Subjective experiments. وضع العالمان ستيفنس وبيتس Stephens & Battes معادلة يتم استعمالها لحساب زمن الارتداد الأمثل وهي من معادلات حساب زمن الارتداد ولكنها تقريبية وتستعمل فقط عند تردد 500 هيرتز :

$$t = r\ (0.012\ \sqrt[3]{V}\ + 0.1070)$$

حيث: t = زمن الارتداد الأمثل بالثواني

V = حجم القاعة بالأمتار المكعبة

r = 4 للقاعات المستعملة في الحديث (محاضرات... الخ)

= 5 للقاعات المستعملة للموسيقى الأوركسترالية

= 6 للقاعات المستعملة للموسيقى الكورالية

وينصح بزيادة هذه الأرقام بما يعادل 40 % عند الترددات الأدنى.

2-2-6 حجم القاعة

يجب تحديد عدد الأشخاص الذين ستسعهم القاعة في مرحلة التصميم المعماري الأولي. ومن وجهة النظر الاقتصادية فإنه كلما كانت نسبة الحجم / الشخص صغيرة كلما كان المبنى أقل تكلفة، ولكن المتطلبات الصوتية هي التي تقوم بتحديد الحجم الأصغر الممكن. وإذا كان المكان سيستعمل فقط للحديث (إلقاء محاضرات مثلاً أو قاعة مؤتمرات) فإن زمن الارتداد المرغوب يجب أن يكون أقل ما يمكن وذلك لتأمين وضوح الصوت، وبالتالي يمكن أن يكون الحجم أقل ما يمكن. أما بالنسبة للموسيقى فيكون هناك احتياج لزمن ارتداد أطول وهذا ما يحدد الحجم الأقل الممكن (أنظر الجدول (2-3) .

الجدول (2-3): الحجم الأمثل / للشخص بالأمتار المكعبة

(المصدر : حسن،2005)

نوع القاعة	الأقل	الأمثل	الأعلى
قاعات الموسيقى Concert	6.5	7.1	9.9
الأوبرا الإيطالية	4	5.1-4.2	5.7
الكنائس	5.7	9.9-7.1	11.9
دور السينما	-	3.1	4.2
قاعات المحاضرات والمؤتمرات	-	2.8	4.9

2-2-7 اختيار المواد الماصة للصوت

أن عملية تصميم أي قاعة من الناحية الصوتية هي عملية معقدة تتطلب الحصول على زمن الارتداد الصحيح لكل الترددات من حوالي 100هيرتز إلى 4 كيلو هيرتز، وهذا يتطلب الكمية اللازمة والصحيحة من المواد الماصة لكل تردد، وبالتالي فإن اختيار المادة الماصة للصوت يتم تحديدها حسب الامتصاص المطلوب لكل تردد. وعلى الأقل فإنه يجب حساب الامتصاص الكلي على الترددات الدنيا (125هيرتز) والمتوسطة (500 هيرتز) والعليا (2000 هيرتز) .

2-3 أسس ومعايير الضوضاء :

2-3-1 تعريف الضوضاء

يعتمد تعريف الضوضاء علي عوامل ذاتية ، ويمكن تعريفها بأنها الصوت غير المرغوب فيه . ويستنتج من هذا التعريف أن كلا من الحديث أو الموسيقي قد يعتبر _ في ظروف معينة _ نوعا من الضوضاء . يتوقف مدي اعتبار الصوت كضوضاء علي شتي العوامل أهمها :

أ- ارتفاع مستوي الصوت ، فالأصوات الاكثر علوا تكون أكثر ازعاجا.

ب- التردد ، فالأصوات الحادة ، ذات التردد العالي ، تكون اكثر إزعاجا .

ت- تقطع الاصوات وعشوائيتها تسبب مزيد من الازعاج .

ث- الأصوات المجهولة المصدر تعتبر أكثر إزعاجا .

ج- التلاؤم مع النشاط ، أي أن الأصوات المصاحبة للأنشطة التي تقوم بها لاتعتبر مزعجة .

ح- تعتبر الأصوات غير المتوقعة أكثر إزعاجا .

خ- الحالة النفسية للمستقبل مزاجه ونوع النشاط الذي يقوم به ، فمثلا الشخص الذي يمارس عملا ذهنيا يكون أكثر حساسية من الشخص الذي يمارس عملا يدويا .

2-3-2 تأثير الضوضاء

تنقسم الآثار الناتجة عن الضوضاء إلى آثار نفسية وآثار عضوية وآثار اجتماعية ، ويتوقف حدوث الآثار على شدة الضوضاء بالإضافة إلى عدد مرات حدوثها ...إلخ.

أ- الآثار النفسية : تتراوح بين مجرد تشتيت الذهن أي الإذعاج الشديد . وتشتمل التداخل في الاتصالات الشفوية كالحديث والاتصالات الهاتفية والموسيقى والأرق ، والضيق و الشعور بعدم الرضا ، وتزايد العصبية والحساسية .

ب- الآثار العضوية (الفسيولوجية): تشمل عسر الهضم واضطرابات الدورة الدموية وارتفاع ضغط الدم وقرحة المعدة و أمراض القلب وألم الجهاز السمعي .

ت- الآثار الاجتماعية: تشمل سهولة التعرض للأخطاء والأخطار ونقص الكفاءة والانتاجية

ومما يجدر الإشارة إليه أن استعراض هذه الآثار الضارة لا يعني بالضرورة أن تكون هناك بيئة من السكون التام ؛ فقد أثبتت التجارب أن السكون التام له آثاره النفسية والعضوية السيئة والناجمة عن إختفاء الاثار الصوتية . ونستنتج من هذا بأن المطلوب ليس السكون التام بل الهدوء وبحد معقول من الضوضاء .

وقد لوحظ أن التعرض المستمر للضوضاء قد ينتج عنه تكيف الإنسان للضوضاء ، بمعني انعدام رد الفعل لديه . وهنا يجب ملاحظة أن هذا التكيف يتم على المستوى العضوي ، ففي وسع الإنسان أن يألف الضوضاء ، أما جسمه فلا يتكيف معها.

2-3-3 مصادر الضوضاء

للضوضاء مصادر كثيرة ومتعددة ، وهي إما أن تكون مصادر داخلية مثل شاغلي المكان والاجهزة والآلات والماكينات أو مصادر خارجية مثل وسائل المواصلات والمصانع وعمليات البناء والأنشطة الرياضية .

أ- **مصادر الضوضاء الداخلية** : وتشمل الراديو والتلفزيون والآلات الموسيقية والمسجلات وصياح الأطفال والمشاجرات وطرق الأبواب ووقع الاقدام وزحزحة الأثاثات والمكانس الكهربائية وأجهزة التكييف وخلاطات الطعام وأجهزة الطباعة ...إلخ .وتتزايد أنواع هذه المصادر يوما بعد يوم كما تتزايد الضوضاء الناتجة عنها بازدياد حجمها وطاقتها .

ب- **مصادر الضوضاء الخارجية** : وهي تشمل ما يلي:

(1) وسائل المواصلات ، سواء كانت برية ، أو بحرية،أو جوية مثل السيارات والقطارات والقوارب البخارية والطائرات .

(2) الأجهزة الميكانيكية المكشوفة مثل أبراج التبريد وأجهزة التكييف والمكابس .

(3) معدات وآليات التشييد مثل المطارق الهوائية والحفارات وخلاطات الخرسانة والهزازات ومعدات اللحام ..الخ.

الجدول (2-4) : أمثلة لمستويات الضوضاء الناتجة عن مصادر مختلفة أو متولدة في أماكن معينة . (المصدر : حسن،2005)

المصدر	مستوي الضوضاء(ديسبل)
حديقة هادئة	30
منزل هادئ	42
شارع سكني هادئ	48

مكتب خاص	50
مكتب مفتوح	60
محادثة عادية (على بعد 0.9 متر)	62
سيارة في طرق المدينة (على بعد 6 متر)	70
مصنع هادئ	70
سيارة في طريق سريع (على بعد 6 متر)	76
محادثة عالية (علي بعد 0.9 متر)	78
مصنع صاخب	80
ماكينات مكتبية (علي بعد 0.9 متر)	80
محرك قوة 10 حصان (علي بعد 15 متر)	88
المرور وقت الذروة (علي بعد 3 متر)	90
إقلاع طائرة نفاثة (على بعد 1000 متر)	90
موسيقي صاخبة	113
إقلاع طائرة نفاثة (علي بعد 150 متر)	115
صاروخ فضاء	175

2-3-4 حدود التعرض للضجيج (Noise Exposure Limits)

لا يعتمد الضرر السمعي المحتمل وقوعه من ضجيج صادر من منسوبه فحسب بل علي مدة استمرار الضجيج أيضا .

فعلي سبيل المثال : التعرض للتضجيج لمدة خمس ساعات . ولتقدير الضرر السمعي يجب عندئذ قياس منسوب الضجيج و زمن التعرض له أيضا .

وفي عام 1983 في الولايات المتحدة الامريكية حددة منظمة العمال Occupational Safety and Health Administration (OSHA) العلاقة بين مستوي الضجيج المسموح به بوحدات الديسبل أ (dBA) ومدة التعرض له يوميا بالساعات والمبين في الشكل (2-1) وكما سيتضح في (2-1) أن مستوي الضجيج (dBA) هو الضجيج الذي يتم قياس مستواه بواسطة مقياس ارتفاع الصوت باستخدام دائرة التوازن (A) والتي تحاكي أذن الانسان . وحسب

تعليمات (OSHA) أيضا فإنه يجب إستخدام السماعات الواقيه للأذن من قبل العمال الذين يعملون في مناخ به ضجيج مقداره 85 ديسبل أ (dBA) أو أكثر إذا كان عدد ساعات العمل اليومية 8 ساعات . أما بالنسبة لمصادر الصوت النبضية كما هو الحال عند إطلاق القذائف فلا يجب أن يزيد علي 140 ديسبل أ (140 dBA) [عبيد،1999] .

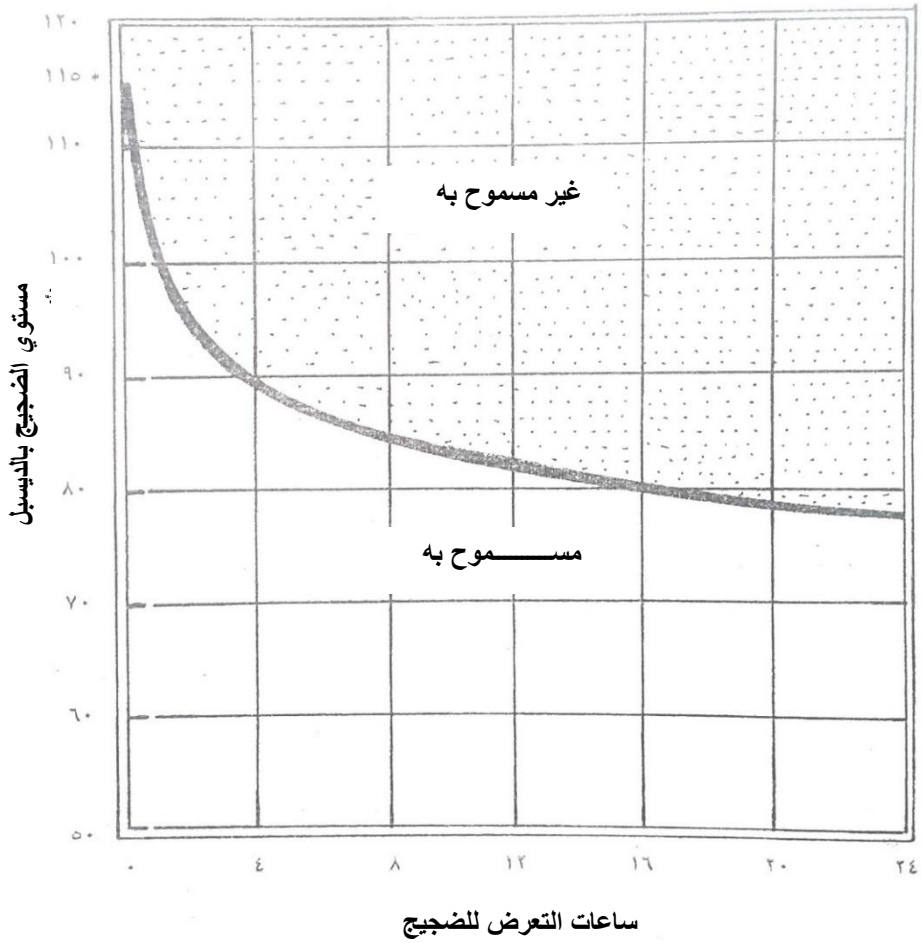
و إذا كان التعرض اليومي للضجيج يتكرر لفترات زمنية مختلفة أثناء اليوم فإن تأثير الضجيج على الإنسان له طابع التراكم . لذلك قرر النظام الأمريكي OSHA أن الجرعة اليومية التي يتعرض لها الإنسان لا يجب أن تزيد عن 1 على أساس أن الجرعة اليومية تحسب كما يلي :

$$\text{الجرعة اليومية} \geq \text{مجموع} \left[\frac{\text{مدة التعرض للضجيج}}{\text{زمن التعرض المصرح به}} \right]$$

ولتوضيح ذلك إذا تعرض عامل لمستوي ضجيج 80 ديسبل أ لمدة ساعتين في نفس اليوم فإن الجرعة التي يتعرض لها

$$\frac{2}{4} + \frac{3}{16} = 0.1875 + 0.50 = 0.6875$$

أو أقل من1 أي أقل من القيمة المحددة . (انظر الشكل 2-1)



الشكل (2-1) العلاقة بين مستوي الضجيج وساعات التعرض اليومية

(المصدر : عبيد ، 1999)

2-4 الخلاصة

- ❖ يمكن تعريف الضوضاء بأنه الصوت غير المرغوب فيه .ويستنتج من هذا التعريف أن كلا من الحديث أو الموسيقي – في ظروف معينة – نوعاً من الضجيج . .
- ❖ زمن الترديد في القاعات الدراسية يتأثر بعدد الحضور ونوعية المقاعد من حيث إمتصاص الصوت ، لذلك يفضل أن تكون المقاعد من النوع المنجد وذلك لتحسين الإمتصاص .
- ❖ للضوضاء مصادر كثيرة ومتعددة ، وهي إما أن تكون مصادر داخلية مثل شاغلي المكان والاجهزة والآلات والماكينات أو مصادر خارجية مثل وسائل المواصلات والمصانع وعمليات البناء والأنشطة الرياضية

- ❖ يجب الاختيار الامثل للمواد العاكسة والمواد الماصة الصحيحة (إذا قلت المادة الماصة سيكون هنالك أثر كبير للصدى وإذا زادت المواد الماصة كثيرا فإن الصوت سيبدو خامدا)
- ❖ يحسب كمية الامتصاص بواسطة المستمعين 40% للترددات العالية و 60% للترددات المنخفضة 125–500 هيرتز من امتصاص الارضية .
- ❖ زمن الإرتداد المرغوب يجب أن يكون أقل ما يمكن وذلك عند إلقاء المحاضرات .(الحجم الأمثل للشخص بالأمتار المكعبة 2.8).

الفصل الثالث

التحكم في الصـــــوت والضوضاء

3-1 مقدمـــة

لقد تحدثنا في الفصـــل الســـابق أن الصـــوتيات هي أحد فروع التحكم البيئي للفراغات المعمارية ، ويمكن تلخيص أهداف التحكم الصـوتي أو الصـوتيات البيئية في هدفين أسـاسـين هما:

1- توفير الظروف المواتية ونقل واستقبال الصوت المرغوب فيه.

2- اســتبعاد أو تخفيض الضــوضــاء والاهتزازات والذي يطلق علي هذا النوع التحكم في الضـوضـاء (Noise Cotrol). ويتطلب تحقيق ذلك عزل فراغ القاعة عن الضـوضـاء الداخلية و الخارجية بإستخدام وسائل العزل المناسبة.

والهدف الأساسي للتحكم في الضوضاء هو توفير قدر معقول من الهدوء وتوفير البيئة الصوتية المناسبة لإستعمال الفراغ سواء كان ذلك داخل أو خارج المبني.

ويهدف هذا الفصـل الي التعرف علي أدوات التحكم في الصـوت والضـوضـاء وذلك بمعرفة العزل الصـــوتي لها ومعرفة طرق انتقال الصـــوت وأنواع العزل وأنواع المواد العازلة والماصـــة للصـــوت وطرق امتصـــاص الصـــوت في قاعات الاســـتماع ومعرفة بعض أنواع المواد العازلة والماصة للصوت وينتهي بمعرفة الأساليب المعمارية في التحكم في مستوي الصوت.

3-2 مفهوم عزل الصوت:

يلعب عزل الصوت دورا هاما في حماية الفراغات الحساسة للضوضاء كقاعات المحاضرات ودور السينما والمسرح ، كما يشكل الاساس في تقليل مستويات الضوضاء داخل المصانع بعزل مصدرها عن بقية الفراغات . لحماية العاملين بها . ويستعرض هذا الفصل مفهوم عزل الصوت في الفراغات المغلقة

3-1 معايير قياس العزل الصوتي

يتحدد مقدار العزل الصوتي من خلال عدد من المعايير التي تختلف من دولة الي أخري ؛ وفيما يلي عرض لأهم المعايير وهي:

3-1-1 معيار الضوضاء NC

يستخدم معيار الضوضاء (Noise Criteria NC) لتقييم منسوب الصوت بالفراغ عند أعلي موضع فيه (ويفضل عند مستوي أذن المستمع) . كما يمكن استخدامه لتقييم منسوب الضوضاء الخلفية المستمرة أو المستقرة – وليست الضوضاء الحية من خلال مستخدمي الفراغ – والتي قد نحتاج اليها احيانا لتحقيق عزل صوتي كاف ، بتقليل منسوب الصوت الي 4 أو 5 ديسبل تحت منحني معيار الضوضاء عند كل من الترددات المنخفضة والمرتفعة ويوضح جدول (3-1) مدي قيم NC الموصي بها للأنشطة المختلفة [الخطيب،2003].

جدول (3-1) المدي المفضل لقيم NC حسب طبيعة الاستخدام للفراغ

(المصدر : الخطيب، 2003)

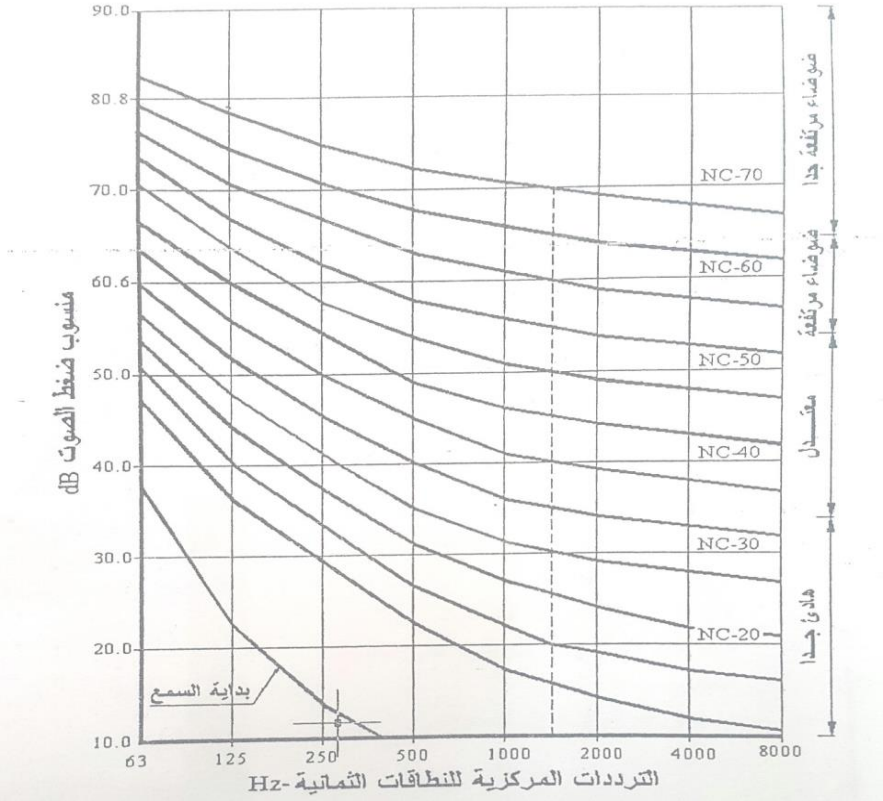
نوع الفراغ والمواصفات الصوتية المطلوبة	المدي المفضل لقيمة NC	منسوب الصوت المكافئ dB (A)
استديوهات التسجيل ،قاعات العزف الموسيقي	NC-15 >	25
دور الأوبرا ، القاعات الكبيرة (50 فرد أو أكثر)، الكنائس الكبيرة ،قاعات الإلقاء . (ظروف استماع ممتازة)	NC-20 >	30 >
القاعات الصغيرة (20 فرد أو أقل) ، المسارح ، غرف التدريب الموسيقي ، غرف الإجتماعات التليفزونية ، الكنائس الصغيرة . (ظروف استماع جيدة جدا)	NC-30 : NC-20	30 : 38

غرف النوم ، المستشفيات ،المساكن ، الفنادق .....،وفراغات الراحة أو النوم و الإسترخاء.	NC-35 : NC-25	34 : 42
مكاتب خاصة أو شبه خاصة ، غرف اجتماعات ، غرف اجتماعات صغيرة ، فصول ، مكتبات . (ظروف استماع جيدة)	NC-35 : NC-30	38 : 42
مكاتب كبيرة ، صالونات الاستقبال ، محال تجارية ، كافتريات ، مطاعم ، جمانزيوم. (ظروف استماع معتدلة)	NC-40 : NC-35	42 : 47
الممرات ، مناطق العمل في المعامل ، غرف االرسم و الهندسة ، فراغات السكرتارية العامة ، المحال التجارية الخاصة بالصيانة (مثل المعدات الكهربية). (ظروف استماع عادية)	NC-45 : NC-40	47: 42
مطابخ ، مغاسل غرف معدات الكمبيوتر ، المحال الصناعية . (ظروف استماع عادية)	NC-55 : NC-45	52 : 61

3-1-3 منحنيات معيار الضوضاء

تناظر القيمة العددية لمنحنيات معيار الضوضاء (Noise Criteria Curves NC) ؛ المتوسط الرياضي لمناسيب ضغط الصوت المقابلة للترددات الهامة لوضوح الحديث .

ولإيجاد قيمة NC لصوت مقياس يجب مقارنة طيفه مع منحنيات NC لا يتجاوزه طيف الصوت المرسوم ؛ شكل (3-1).



شكل (3-1) : منحنيات معيار الضوضاء

(المصدر : الخطيب، 2003)

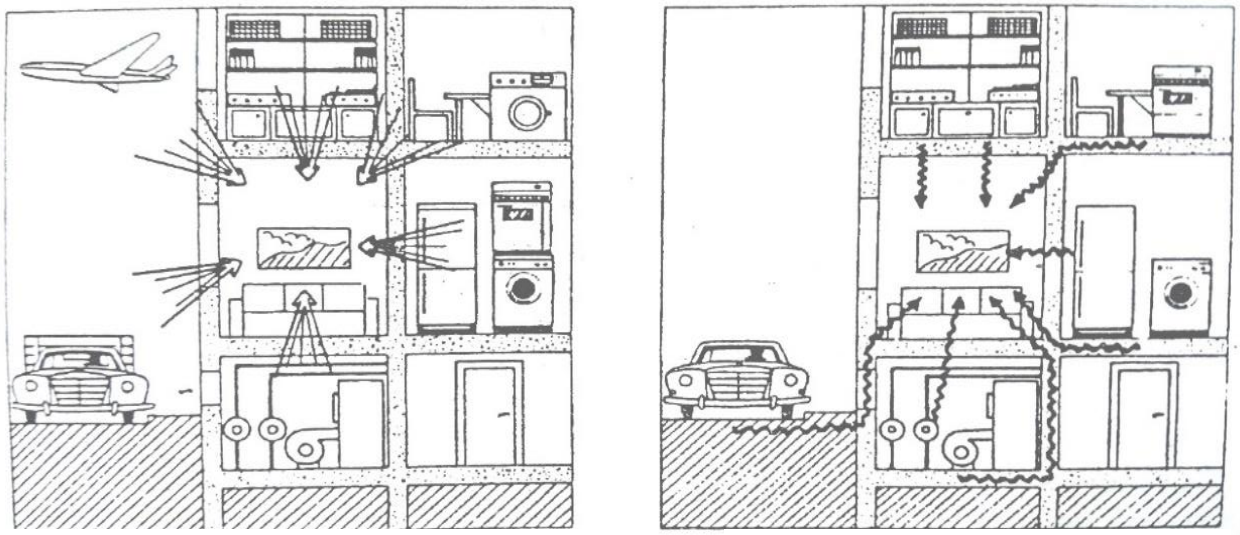
3-1-4 منسوب الضوضاء الخلفية

يلعب منسوب الضوضاء الخلفية (BACKGROUND NOISE) دورا هاما في تشكيل البيئة الصوتية بالفراغات المغلقة ؛إذ يمثل الأرضية الصوتية – كما يقال– لمايسمعه مستخدمو الفراغ من أصوات مطلوبة . وتستطيع الضوضاء الخلفية أن تحجب الأصوات الدقيقة داخل الفراغ ،أو تلك المنقولة من الفراغات المجاورة . وكما أن هنالك تنوعا كبيرا في أنواع الفراغات المعمارية ، فإن هناك تنوعا كبيرا في منسوب الاصوات الخلفية المسوح بها وفقا لنوع الفراغ ؛ إنظر الجدول (3-1) . ففي الفراغات الحساسة للصوت – كالإستديوهات – لا يسمح إلا بمنسوب خلفي ضعيف جدا ، لكي يصبح بالامكان التقاط الأصوات الكلامية أو الموسيقي الدقيقة المطلوبة ، بينما في فراغات أخري – كالمكاتب مثلا – لا يشترط توفر مثل هذه المناسيب المنخفضة التي هي أقرب من الصمت التام ، بل إن توفر مثل هذا الصمت قد يجعل من أصوات هذه الأنشطة

شيئا بغيضا ، ومن ثم فإن توفر منسوب أعلي من الضوضاء الخلفية ربما توفر منسوب مريح من الاصوات الخلفية – الصوت الحاضر الغائب – بحيث تلائم طبيعة الفراغ ، وليس الهدف هو الصمت (SILENCE) ، كما يحدث في استديوهات التسجيل الحساسة أو معامل الإختبارات الصوتية [الخطيب،2003] .

3-2 طرق انتقال الصوت وأنواع العزل

ينتقل الصوت داخل الفراغات إما من خلال الهواء أو من خلال الأسطح المكونة لهذا الفراغ ؛ شكل (3-2) . ويمكن – بناء علي ذلك – يمكن تقسيم آلية توليد الطاقة الصوتية إلي مجموعتين :



(أ) الصوت المحمول بالهواء **(ب) الصوت المحمول بعناصر المبني**

شكل 3-2: طرق انتقال الصوت

(المصدر : الخطيب، 2003)

- **المجموعة الأولي :**

وتتكون من المصادر التي تولد الطاقة الصوتية مباشرة في الهواء، كالأصوات البشرية مثلا ؛ ويعرف عزل مثل هذه الأصوات باسم: عزل الصوت المحمول بالهواء(AIRBORNE SOUD INSULATION) .

- **المجموعة الثانية :**

وتضم العناصر التي تولد طاقة صوتية تؤثر مباشرة علي عناصر المبني من خلال التذبذب أو التصادم : كوقع الأقدام و التركيبات الصحية مثلا ، وفي واقع الأمر ، فإن هذه المجموعة تتألف من مجموعتين معا ؛ الأصوات المحمولة بالهواء والأصوات التصادمية ، لأن التصادم سيؤدي بالضرورة إلي إنتاج أصوات تنتقل بالهواء . ويعرف عزل مثل هذا النوع من الأصوات باسم : عزل الصوت التصادمي (INSULATION IMPACT SOUND) .

3-2-1 عزل الصوت المحمول بالهواء

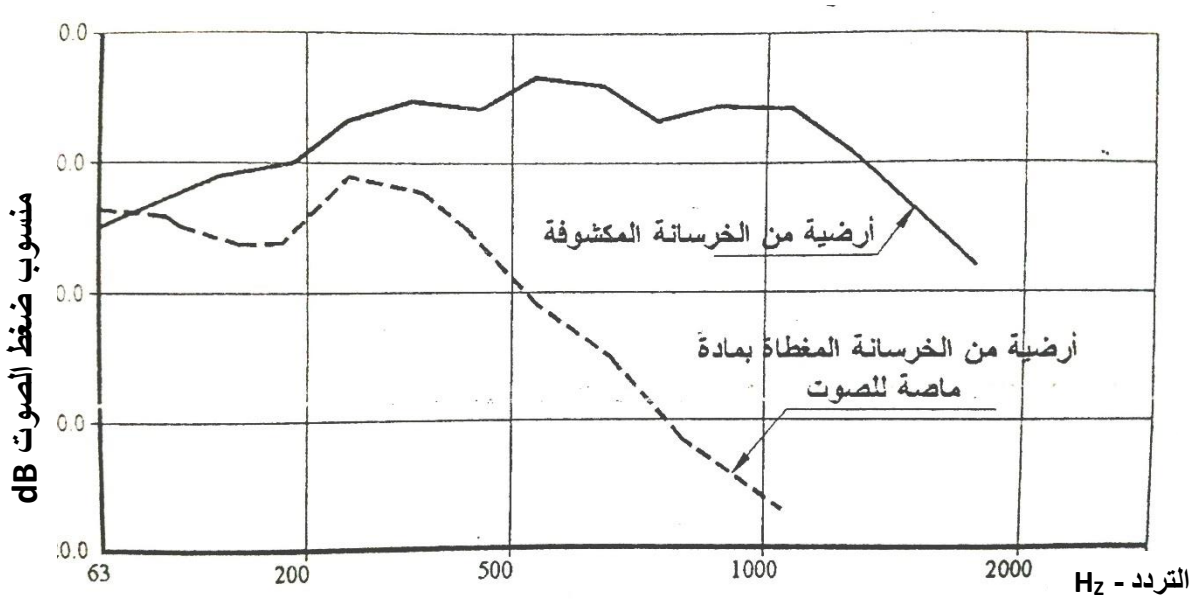
تتوقف كمية الطاقة الصوتية الساقطة علي حائط مشترك بين غرفتين علي قدرة المصدر والامتصاص و الإمتصاص الكلي في غرفته . فعند هذا الحائط ، يحدث انعكاس لجزء من الطاقة ، في حين يمتص الجزء الباقي منها – اعتمادا علي المعاوقة الصوتية للحائط بالمقارنة مع الهواء – ليتحول بعضه الي حرارة ، بينما تنفذ الباقية منها إلي الغرفة المستقبلة أيضا من خلال المعاوقة النسبية لكل من الحائط المشترك والهواء ، ويصبح الوضع النهائي هو أن الحائط قد وضع في حالة تذبذب تحت تأثير ضغط الموجات الصوتية المصطدمة به ، فيعمل كمكبر للصوت ، يشع الطاقة الصوتية في الغرفة المستقبلة .

وتتوقف كمية الإشعاع من الحائط – ومن ثم قدرة العزل الصوتي له – علي تردد الصوت ، وتركيب و مادة الحائط ، و كذلك وزنها – لأنه ببساطة – كلما زاد وزن الحائط كلما زادت صعوبة وضعة في حالة تذبذب بفعل الموجة الصوتية .

4-2-2 عزل الصوت التصادمي

تؤثر مصادر الصوت التصادمية – كوقع الأقدام – مباشرة علي جسم المنشأ ، مسببة اهتزازه فيشع الطاقة الصوتية في الغرف المستقبلة. ويكون انتقال الصوت بهذه الطريقة متواجدا دائما بإستثناء المعامل ذات التصميمات الخاصة ، ويبقي دور العزل هنا محصور في محاولة تقليل كمية الصوت المنتقلة بهذه الطريقة ؛ ويبين شكل (3-3) منحني منسوب ضغط الصوت التصادمي المقاس مباشرة تحت بلاطة خرسانية .

يستحسن عزل الصوت التصادمي بتركيب أغطية كاتمة أو ماصة للصوت علي البلاطات الخرسانية كالسجاد أو الأرضيات العائمة ، أو بإستخدام الأسقف المستعارة .



شكل(3-3) مناسيب ضغط الصوت التصادمي المقاسة مباشرة تحت بلاطة خرسانية

(المصدر الخطيب، 2003)

3-3 أنواع المواد العازلة للصوت

يستلزم عزل الصوت المحمول بالهواء بين فراغين استخدام عائق حقيقي يفصل مصدر الضوضاء عن الفراغ الآخر ، هذا العائق يكون إما حائط (WALL) أو فاصل (PARTITION) ؛ فالحائط يعبر عن منشأ يتصل مع العناصر الأخري وقد يدعم الأسقف أو الأرضيات . أما الفاصل فيمثل القواطيع خفيفة الوزن غير الإنشائية ؛ والتي غالبا ما تتكون من وحدات موديولية تثبت علي قوائم أو إطارات و تعرف باسم الحوائط الجافة (DRY WALL) .

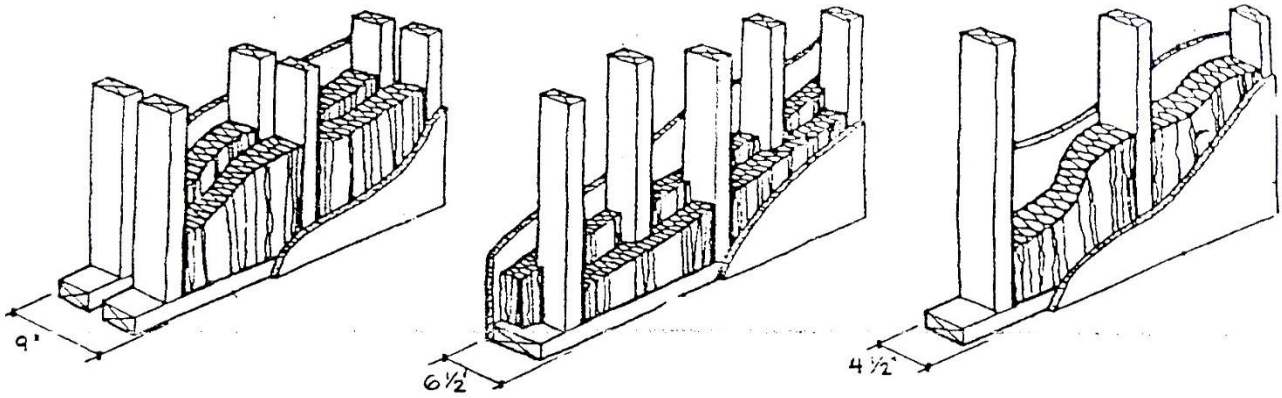
3-3-1 الفواصل الأحادية

الفواصل الأحادية (SINGLE SKIN PARTITIONS) هي التي تتكون من مادة واحدة متجانسة بدون أي فواصل هوائية داخلية ، بحيث تهتز كعنصر واحد عند اصطدام الموجات الصوتية بها.

3-3-2 الفواصل المزدوجة

تتكون الفواصل المزدوجة من (DOUBLE SKIN PARTITIONS) من طبقتين بينهما فاصل هوائي محبوس ، أو مادة تحتوي تجاويف هوائية . من الناحية العملية ، لا يمكن فصل الطبقتين عن بعضهما تماما ، فمثلا ؛ عند إستخدام حائط مفرغ من الطوب ، لابد من وجود شدادات من المباني أو خلافه بين هاتين الطبقتين ، وبالمثل يلزم تثبيت الطبقتين في الفواصل المزدوجة الي قوائم مشتركة . ولكن من الناحية النظرية – ولتحقيق أقصي عزل ممكن – يجب تخفيض عدد الشدادات أو القوائم إلي أدني قيمة ممكنة ، كما يجب أن تكون أي وصلة بين الطبقات – كلما كان ذلك ممكنا – من مواد مرنة .

تستخدم الفواصل المزدوجة إذا أريد تحقيق درجة معتدلة أو عالية من العزل (حوالي 40 ديسبل)، وذلك بدون اللجوء للفواص الأحادية ثقيلة الوزن .ويوضح الشكل(3-3) أمثلة لعدد من الفواصل المزدوجة وكيفية تكوينها وطبيعة أداءها .



قوائم خشبية **قوائم خشبية تبادلية** **قوائم خشبية مزدوجة**

شكل (3-4) : بعض أشكال الفواصل المزدوجة

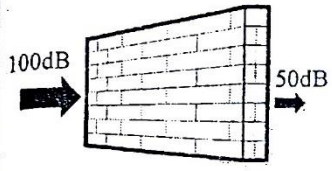
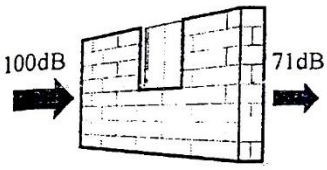
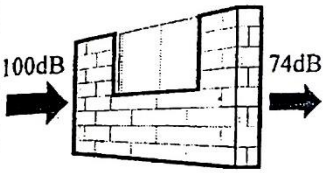
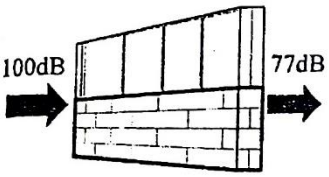
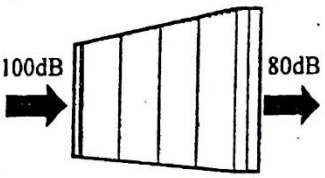
(المصدر : الخطيب،2003)

3-3-4 المواد المركبة

المواد العازلة المركبة (COMPOSITE CONSTRUCTION) هي التي تتكون من مساحات ذات قيم مختلفة لفقد الانتقال TL’S مثلا ،حائط من المباني يحتوي نافذة زجاجية وباب . و في هذه الحالة فإن قيمة TL المركبة عادة تكون أقرب الي قيمة TL للعنصر الاضعف في التكوين جدول (3-2) .

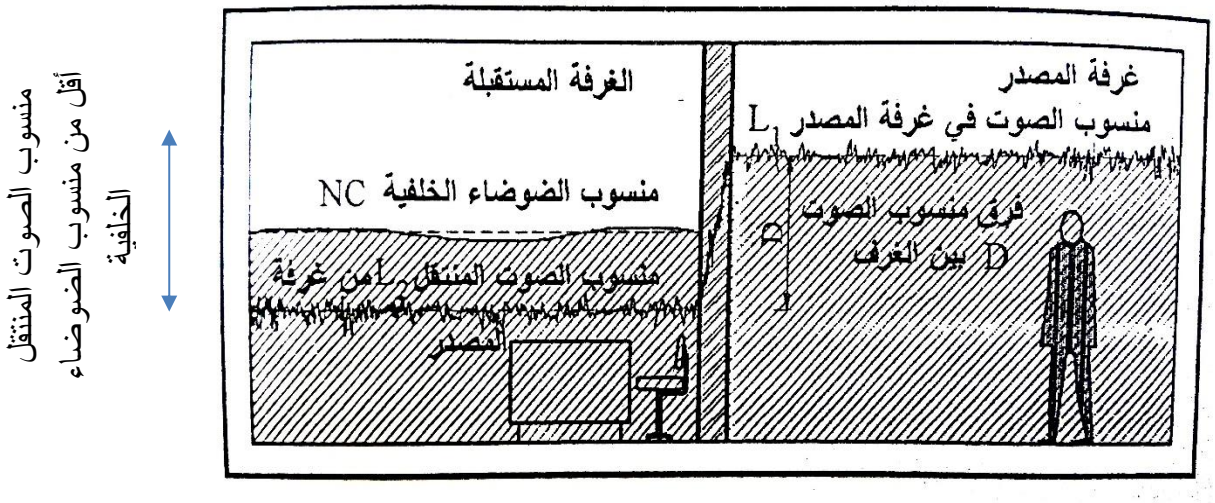
جدول (3-2) : قيم TL لبعض أنواع المواد المركبة

(المصدر : الخطيب ،2003)

قيمة TL المركبة بالديسيبل	وصف الحائط
50	حائط مباني 
29	حائط مباني و نافذة زجاجية بمقدار الثمن 
26	حائط مباني و نافذة زجاجية بمقدار الربع 
23	حائط مباني و نافذة زجاجية بمقدار النصف 
20	حائط زجاجي 

3-3-4 العزل السلبي

بدراسة العلاقة بين فرق منسوب الصوت وفقد الانتقال بين فراغين يتضح أن منسوب الصوت النتقل الي الغرفة المستقبلة ، ويكون مسموعا ومقلقا لمستخدمي الفراغ اذا زاد عن منسوب الصوت الخلفي الموجود بهذه الغرفة . وبناء علي ذلك ، يمكن القول بأن منسوب الصوت الخلفي يصبح في غاية الاهمية عند دراسة الطريقة المثلي – والذكية – للعزل الصوتي . فإذا كان منسوب الصوت المنتقلاقل من منسوب الصوت الخلفي ، لن تكون هناك حاجة – في هذه الحالة – لاستخدام أي نوع من معالجات العزل ؛ العزل المتحقق بمنسوب الصوت الخلفي – العزل السلبي – يكون كافيا ؛ ويعد ذلك وفرا اقتصاديا هاما ؛ بينما اذا زادت قيمته عن منسوب الصوت الخلفي ، يكون من الواجب استخدام الفاصل الذي يعطي فقدا في الانتقال يجعل منسوب الصوت المنتقل ينخفض فقط الي ما دون منسوب الصوت الخلفي ؛ شكل (3-7) .

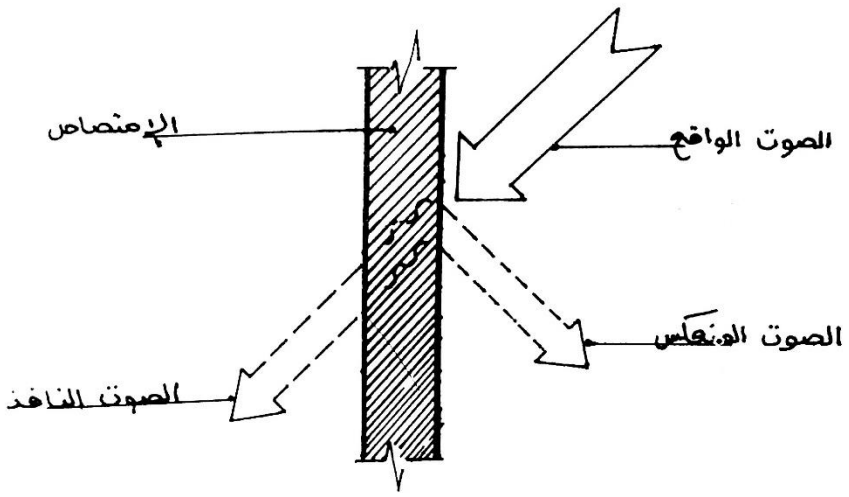


شكل (3-5): العزل السلبي

(المصدر : الخطيب، 2003)

3-4 المواد الماصة للصوت

ظاهرة امتصاص الصوت (absorption) عندما يصطدم الصوت بأي سطح فان جزء منه ينتقل عبره و الجزء الآخر يمتصداخله والجزء الباقي ينعكس عليه وعادة م ا تحدث الحالات الثلاث. كما موضح في الشكل (3-8)



شكل 3-6 إنعكاس ، إمتصاص ونفاذ الصوت

(المصدر:عثمان، 1997)

وفيما يختص بالجزء الممتص فان جزءاً منه يتحول إلي صور أخري من صور الطاقة غالبا ما تكون حرارة بينما ينفذ الجزء الباقي منه إلي الجانب الآخر من السطح ويتوقف انتقال الصوت إلي الجانب الآخر للسطح على معامل نفاذ الصوت خلال المادة[أحمد الخطيب،2003].

3-4-1 الدور الأساسي لظاهرة الامتصاص

1. تستخدم ظاهرة الامتصاص فى تقليل الضجيج وذلك بالتحكم في زمن الارتداد
2. معالجة بعض العيوب الصوتية مثل الصدى وذلك بامتصاص الطاقة الصوتية وتحويلها إلي طاقة حرارية أو طاقة ميكانيكية تظهر في صورة" ذبذبات".

3-4-2 المواد الماصة للصوت

جميع المواد تمتص الصوت بدرجات متفاوتة وكل سطح وكل عنصر داخل غرفة سوف يمتص الصوت بدرجة ما، وعلى ذلك فإن:

- المواد الناعمة والصلبة والعالية الكثافة والثقيلة تكون قليلة الامتصاص للموجات الصوتية كالزجاج.

- المواد الخشنة والخفيفة والمسامية فإنها تكون أكثر امتصاصا للموجات الصوتية كالسجاد و الستائر.

3-4-3 أنواع المواد الماصة للصوت

1 - المواد المسامية:

مثل المواد الليفية والصوف الصخري وبطانيات العزل وغيرها.

2 - المواد الغشائية.

3 - مرنات هيلمولتز:

وهو المرنان التجويفي والمكون من حاوية بفتحة رقبية صغيرة

وتعمل برنين الهواء داخل التجويف[هاني، عبيد،1996].

3-4-4 طرق امتصاص الصوت المتولد في قاعة الاستماع

بأربع طرق(مجمعة أو متفرقة) وهي:

1-الامتصاص في الهواء.

2- الامتصاص بالأسطح المجلدة (التكسيات)

3-الامتصاص في المفروشات والأثاث.

4-الامتصاص بواسطة الجمهور

5-الامتصاص عن طريق مواد صوتية خاصة و هذه المواد هي المشققة والمبطنة بمواد منفذة مثل بعض أنواع الخشب والألياف الزجاجية والصوف الصخري وبطانيات العزل ويتم الامتصاص بواسطة الجيوب الهوائية أو خلف كل ثقب ويمكن تحسين معامل الامتصاص لهذه المواد بزيادة سماكتها. وتقاس قدرة المادة على الامتصاص بما يعرف بمعامل

الامتصاص والذي يمثل النسبة بين الطاقة الممتصة والطاقة الساقطة وعادة ما يتراوح ما بين 1.12 و 1.15 ويختلف معامل الامتصاص للمادة باختلاف زاوية السقوط، تردد الموجات الصوتية، كيفية توزيع الأسطح فمثلا مجموعة قطع من المواد الماصة مساحة كل منها (1.0 x0.6) تكون أفضل من قطعة واحدة لها نفس مجموع المساحة وذلك لحيود نسبة من الموجات الصوتية عند الحواف في الحالة الأولى بنسبة اكبر نظرا لزيادة عدد الحواف فيها[الخطيب،2003].

3-4-5 تقسم المواد العازلة للصوت

(أ) المواد المقاومة للأصوات المارة عبر الأجسام الصلبة.

(ب) المواد المقاومة للأصوات المارة عبر الأبواب والشبابيك

(ج) المواد المقاومة للأصوات المارة عبر الجدران والأسقف.

(أ) المواد المقاومة للأصوات المارة عبر الأجسام الصلبة:

1 – الصوف المعدني :

يستخدم الصوف المعدني في تقليل الأصوات الناتجة عن الماكينات حيث يوضع الصوف المعدني أسفل قواعد الماكينات أو يتم وضعه أسفل طبقة التسوية بحيث تحتوي الألواح على الصفات التالية:

أ- الحمل الميكانيكي لهذه الألواح أقل من 1.0 ن/ 2 سم

ب- أن لا يكون معدل دوران الأجهزة يتعدى 2411 دورة/ دقيقة وإلا فإن ألواح الصوف المعدني لن تقوم بعزل الأصوات بشكل جيد إذا زاد هذا المعدل.

ج - السماكة الكلية تزيد عن 5 سم

شكل 3-7 الصوف المعدني

المصدر: (google.com،2018)

2- الأغشية الحديدية :

تكمن أهميتها في قدرتها على مقاومة حركة الاهتزازات وتحمل حركة الاهتزازات والأمواج الصوتية وذلك من خلال احتوائها على ألواح مموجة أو زنبركات حديدية

شكل 4-8 الأغشية الحديدية

المصدر: (google.com،2018)

3- الفلين :

شكل 3-9 الفلين

المصدر : (google.com،2018)

يتم استخدام الفلين لعزل التأثيرات الصوتية الناتجة عن الآلات الضخمة ويتم استخدام الفلين بدلا من المواد العازلة الأخرى وذلك لأنه يحتوي على الصفات التالية:

أ- المواد الفلينية أكثر صلابة وتيبسا من المواد العازلة الأخرى .

ب- يمكن استخدامه في حالة حركة الاهتزازات الصوتية والأحمال الميكانيكية العالية التي تبدأ من حوالي.111 00 1ن/ م 2

ج- يستخدم في الأجهزة التي يكون معدل دورانها يزيد عن3500 دورة/ دقيقة

4- اللباد المطاطي:

اللباد المطاطي المستخدم في عملية عزل الأصوات يوجد على نوعين طبيعي وصناعي ويستخدم في عزل الأصوات الناتجة عن الآلات والماكينات وتقليل تأثيرها المباشر على المبنى

ولكن عند استخدام اللباد المطاطي لا بد من توفر الشروط التالية:

أ- عند استعمال اللباد المطاطي في أسفل الآلة يجب تبيت الآلة في فتحات بالمطاط

ب- تثبيت اللباد المطاطي نفسه بالأرضية

ت- ألا يتم تثبيت الآلة بالأرضية من خلال اللباد لأن ذلك سوف يؤدي إلى انتقال الاهتزازات والأحمال الصوتية إلى الأرضية عن طريق المسامير والأراضي مما يؤدي إلى التأثير بشكل سلبي على الأرضية وبالتالي تشققها

شكل 3-10 اللباد المطاطي

المصدر : (google.com،2018)

5- السجاد:

يتم وضع السجاد في غرف المكاتب للزيادة من درجة إنقاص التأثيرات الصوتية للأسقف وتتراوح القياس الذي يمكن تحقيقه لتحسين استيعاب هذا الانقاص ما بين22 – 25 ديسبل .

شكل 3-11 السجاد

المصدر : (google.com،2018)

(ب) المواد المقاومة للأصوات المارة عبر الأبواب والشبابيك

يتم عزل الأصوات في الشبابيك عن طريق تركيب لوحين متتالين من الزجاج بينهما فراغ هوائي مما يساعد على تخفيف وعزل الأصوات المارة عبر الشبابيك أو العمل على زيادة سمك ألواح الزجاج المستخدمة حيث أنه كلما ازداد سمك ألواح الزجاج كلما زادت قدرتها على عزل الأصوات والتقليل من تأثيرها . أما الأبواب فيتم عزلها عن طريق عمل الأبواب مزدوجة أي صلفتين متتاليتين لكل منها فتحة فراغ هواء مع حشوها بالصوف أو اللباد من الداخل مما يؤدي إلى تقليل تأثير الأصوات.

(ج) المواد المقاومة للأصوات المارة عبر الجدران والأسقف

1-المواد المطاوعة (المرنة) ومنها:

أ- ألواح الاسبستوس.

ب- ألواح السيلتوكس.

ت- ألواح خشب الابلاكاج أو نشارة الخشب أو الخشب المضغوط

ث- ألواح الباكستيل .

ج- ألواح زجاجية

ح- الواح بياض – بياض مانع للصوت بسمك 3 سم بمونة الجبص المعجون بماء الجير وتعمل فوقها الطرطشة بالماكينة بمونة من بودرة الاسبستوس أو باستخدام الجبص المعالج كيمائيا . وتستخدم هذه الألواح لزيادة سمك الجدران والأسقف مما يؤدي إلى تقليل التأثيرات الصوتية المؤثرة على المبنى أو على المصنع .

2- المواد الصلبة (غير المرنة) ومنها:

أ- الطوب الذي تزيد سماكته عن 115 ملم.

ب- الخرسانة التي تزيد سماكتها عن 100 ملم.

3- المواد الماصة للصوت ومنها:

أ- **الألواح المثقوبة أو المخرومة** : مثل ألواح الجبص المخرّم للأسقف وألواح الحجر وألواح الخشب وهناك أيضا ألواح المعدن.

ب- **المواد النسيجية** : مثل الستائر والسجاد والمواد الأخرى المصنوعة من النسيج والمواد المسامية وتعتبر هذه المواد ماصة بدرجة منخفضة للذبذبات المنخفضة وعالية للذبذبات العالية.

ت- **حصائر معدنية** : و تستعمل لتغطية الجدران والأسقف لزيادة امتصاص الأصوات ويمكن لهذه الحصائر امتصاص الذبذبات المنخفضة والذبذبات العالية أيضا وتقليل تأثير الأصوات على المبنى والتخلص كذلك من الأصوات بالهواء.

4- المواد المقاومة للتسرب:

وهي المواد التي تمنع الأصوات من التسرب والدخول إلى الفراغات والفواصل الموجودة في الجدران والأسقف ويتم فيها استخدام مواد غير مسامية منها المطاط.

تؤثر مساحة الأرضية في الامتصاص الكلي للقاعة الناتج من زيادة عدد المقاعد و بالتالي زيادة الوحدات الامتصاصية والتي تؤثر بدورها في الترديد الكلي للقاعة ويمكن أن يعرف الامتصاص بأنه التغير في طاقة الصوت الى هيئة طاقة حرارية من خلال المرور بالمادة او من خلال الارتطام بهذه المادة وفي أي قاعة فان المواد الامتصاصية تكون محتواه في التشكيلات التالية-:

(أ) في تغليف الأرضيات وبعض المساحات من الجدران والسقوف.

(ب) في مكونات القاعة مثل الحضور والستائر الماصة ،المقاعد والسجاد.

(ج) في الحجم الكلي لهواء القاعة.

3-5 تصنيف أرضيات القاعات بحسب نمط ترتيبها

1-أرضيات منحدرة:

توفر خطوط نظر جيدة للمنصة وتحسن الحالة الصوتية بتوفير تجهيزا للطاقة الصوتية المباشرة دون حدوث توهين للصوت بسبب امتصاصه من قبل الحضور ، كما يوفر السقف العاكس تقوية صوتية بدون حدوث الصدى المتكرر الناتج عن توازي السقف والأرضية. يحدد مقدار انحدار الأرضية باعتماد خط نظر مباشر للحضور ، إلا أن هذا النمط من الأرضيات لا يلائم الاستخدامات المتنوعة للقاعات بسبب صعوبة توفيره المرونة اللازمة لتغيير المقاعد حسب العروض المقدمة وبالتالي يصبح من الضروري توفير مقاعد إضافية في منطقة الشرفات واعتماد مبدا التدريج في الأرضية في الأماكن الخلفية من القاعة والمنبسطة في المنطقة الامامية لتحقيق المرونة المطلوبة للفعاليات المختلفة ، كما وقد تستخدم الستائر الماصة الحاجبة لتقليل عدد مقاعد الحضور كأحد المعالجات الصوتية المستخدمة في هذه القاعات.

2- أرضيات مستوية:

يعتبر هذا النوع الأنسب للقاعات السمعية المتنوعة الاستخدام لأنها تملك احتمالات كبيرة في التشكيل والمرونة في تقديم الفعاليات المختلفة في القاعة مثل(رقص ،استقبال ، فعاليات اجتماعية وغيرها .) ومع ذلك فان للأرضية المستوية عيوب صوتية وتشكيلية منها:

أ- من الصعب تجهيز الحضور بالصوت المباشر.

ب- السقف العاكس الموازي للأرضية يؤدى إلى تداخل الانعكاسات(الصدى المتكرر والذي يمكن ان يحدث عندما تكون المقاعد للقاعة خالية من الحضور).

ت- صعوبة توفير خط نظر مباشر للحضور بعدد معين من صفوف المقاعد.

ث- التحويرات في أرضية قاعة الحضور

3-5-1 البدائل و الحلول لتعدد استعمالات القاعة

- لقد شهد القرن المنصرم العديد من المحاولات للابتعاد عن الأشكال النمطية في أرضية القاعات السمعية وإيجاد عدد من البدائل والحلول لتعدد استعمالات القاعة من خلال التصاميم التي وظفت التطورات العلمية والهندسية والميكانيكية لذلك ومنها-:

أ- استعمال وحدات التصميم النمطي:

من خلال تقسيم الأرضية لعدد من الوحدات يمكن ان ترفع وتخفض يدويا او ميكانيكا لتقليل أو زيادة عدد مقاعد القاعة حسب الفعالية المقدمة وتستخدم في تحريك هذه الوحدات .

ب- رفع مقاطع من أرضية القاعة بواسطة مكائن دافعة اليكتروديناميكية:
ترفع مقاعد أرضية القاعة لتغيير نمط توزيع المقاعد وعددها.

ت- تحريك مقاطع من القاعة بواسطة الرافعات الإليكترونية المتغيرة الموقع : بحيث يمكن تحريكها حسب الموقع المراد تغيره في القاعة ولنمط الاداء الفني المقدم.

ث- رفع مقاطع من القاعة بواسطة دافعات هوائية : تستخدم قوة ضغط الهواء لرفع مقاطع الأرضية وتغييرها بحركة عمودية أو دورانية وهو ما يساهم في عملية تغيير فعالية القاعة تبعا لموقع منصة القاعة.

ج- استخدام القواطع أو الستائر الماصة : ذلك لتقسيم القاعة حسب الحاجة الاستيعابية لطبيعة الأداء الصوتي المقدم في القاعة كما تحسن من البيئة الصوتية الداخلية في القاعة.

- جدران القاعات السمعية تكمن أهمية جدران منطقة القاعة السمعية في طبيعة الانعكاسات الصوتية الناتجة منها واثرها في طبيعة الاستعمال الصوتي داخل القاعة نتيجة لاختلاف المتطلبات الصوتية لكل فعالية صوتية وهو ما يستلزم توفير المرونة الصوتية و للحصول على تلك المرونة والتكيف في جدران القاعة السمعية تستعمل المنظومة التقنية الميكانيكية في تحوير جدران القاعة لتلائم الفعالية المقدمة من خلال التحكم في كمية المواد الماصة والعاكسة في القاعة وطريقة توجيهها باستخدام التقنيات التالية: -

أ- الألواح المعلقة : Hinged panel تستخدم الألواح المعلقة والتي تكون مغلفة من أحد جوانبها بمادة ماصة والجانب الأخر بمادة عاكسة وتغيرفي طبيعة عملها وزاويتها بحسب العرض الفني المقدم ، يمكن استخدامها على سطوح مستوية او منحنية لجدران القاعة.

ب- الاسطوانات الدوارة : Rotatable cylinder عبارة عن اسطوانات مقسمة إلى ثلاث أجزاء بزواية 121 درجة تستخدم الاسطوانات الدوارة لاعطاء الامتصاص الصوتي او الانعكاس الصوتي لترديدات مختلفة في الفعاليات الموسيقية والكلامية وتستخدم في السقوف او في الجدران بفتحات خاصة لاحتواها ،طبيعة المواد التي تغلف أجزائها الثلاث فهي الفايبر كلاس بسمك 5 سم والخشب المثقب بسمك1.0 سم والخشب غير المثقب بسمك 1.0 سم وبإسناد بطبقة فايبر كلاس بسمك 5 سم.

ت- الألواح الدوارة : Rotatable panel تشابه في عملها الاسطوانات الدوارة ، تستخدم في حافات القاعة ودورانها المتغير يعمل على تغيير امتصاصية القاعة. تختلف عن الاسطوانات الدوارة بان دورانها يغير من شكل القاعة ويمكن استخدامها في سقف القاعة تستخدم هذه الألواح في السيطرة على الانتشار وقد تترك فجوة هوائية خلفها للحصول على كفاءة امتصاصية عالية.

ث- الستائر الماصة : Absorbing drapery وهي ستائر مصنوعة من مواد ماصة مثل الاجواخ والأقمشة الثقيلة وغيرها ، تصمم بإمكانية سحبها او خفضها في القاعة للحصول على أزمان ترديد مختلفة ، توضع هذه الستائر في المواقع التالية:

- على طول الجدار الخلفي البعيد وللجزء العلوي منه ويجب أن تشغل مساحة كافية تعادل ربع مساحة الحضور،وتوفر امتصاص للانعكاسات الصوتية المتأخرة وتقلل من زمن الترديد دون التأثير على الصوت المباشر والانعكاسات الأولية الجيدة.
- الجدران القريبة من المنصة وفي الجزء العلوي منها.عملية تحريك وسحب هذه الستائر خارج فضاء القاعة أما بالرفع خلف السقف الإنشائي بحيث تكون متوافقة بصريا مع

التصميم الداخلي أو تحجب بواسطة ستائر شفافة صوتيا (Trans sondent) توضع أمام الستائر الماصة وتمنع التأثيرات الصوتية لها.

ج- الأهرامات المتحركة : تشكيلات هرمية مؤلفة من مادة الفايبر كلاس والتي لها القابلية على توزيع الصوت ونشره باتجاهات متعددة من خلال تغيير الزوايا للهرم للحصول على تأثيرات صوتية متعددة.

- سقف منطقة قاعة الحضور سقف القاعة يلعب دورا مهما في توفير الانعكاسات الصوتية للحضور وتوجيهها ، و السقوف العاكسة لها أنماط تقسم إلى ما يلي :-

أ- المستوية

ب- المقعرة

ت- المحدبة

- يتم تقسيم السقوف العاكسة إنشائيا إلى ما يلي :-

أ- الألواح العاكسة

ب- العتبات المستعرضة ناشرات الصوت

ت- الألواح المتحركة بشكل غيوم صوتية

ث- الاسطوانات الدوارة

تحريك هذه العناصر يتم بطريقة توجه فيها الانعكاسات الصوتية داخل القاعة باتباع طرق تقنية تعتمد توفير منظومات متعددة ،يمكن التحكم في نوعها حسب الفعالية المراد تقديمها كما يلي:-

أ- منظومات ألواح حديدية صلبة

ب- منظومة ألواح حديدية سلكية متدلية

ت- منظومة ألواح حديدية عاكسة متعددة الطبقات

ث- حديد ثقيل مزود بمفاصل أو ألواح عاكسة بلاستيكية مصنعة

ج-منظومة ألواح بلاستيكية ممفصلة عاكسة آلية التحكم

ح- قشرة حديدية عاكسة مستمرة

خ- قشرة منضغطة حديدية واكرليكية.

و بواسطة هذه المنظومات يمكن التحكم في صفات القاعة الصوتية لتلائم الطبيعة الاستخدامية لها ، ويتم التحكم بواسطة هذه المنظومات بطاقة القاعة الاستيعابية بخفض جزء من السقف العاكس لتغطية منطقة شرفات القاعة وبهذا يقلل من الطاقة الاستيعابية الكاملة ويقلل من قيمة زمن الترديد ، وهو ما يلائم العروض الدرامية والكلامية أو رفعها لتوفير الحجم الكلي للقاعة وبطاقة استيعابية كاملة وهو ما يزيد من زمن الترديد ويلائم العروض الموسيقية.

بسبب الطبيعة الأدائية المتغيرة المطلوب توفيرها في القاعات وامكانية تغيير موقع المصدر الصوتي فان ذلك يستلزم تغيير موقع العاكسات حسب العرض المقدم وبالشكل الأتي :

1- يجب وضع العاكس الصوتي فوق موقع المصدر الصوتي وأمامه في حالة كون المصدر الصوتي ثابتا

2- أما إذا كان موقع المصدر الصوتي متغيرا فيجب وضع العاكسات حول مدى تحركه في السقف والجدران.

3- في حالة تعدد مصادر الصوت يفضل امتداد السطوح العاكسة لتشمل كافة هذه الأماكن.

4- عندما يحاط المصدر الصوتي بالحضور يتوجب توفير عدة احتمالات لتوجيه الانعكاسات للجهة المعاكسة لاتجاه المصدر الصوتي.

- الشرفات تعتبر من العناصر المميزة داخل القاعة والتي تؤدي عدة وظائف كما يلي:-

أ- تقليل أبعاد القاعة من خلال تقليل نسبة طول القاعة الى عرضها.

ب- تعمل على تحسين الظروف الصوتية والبصرية في القاعة من خلال تقليلهالابعاد القاعة .

ت- تساهم كعناصر امتصاصية إضافية للقاعة وتحسن بذلك من متطلبات القاعة الصوتية

- **في تصاميم القاعات تتواجد عدة أنماط من الشرفات كما يلي :-**

(أ) الشرفة المعلقة : تتميز بإمكانية وجود مقاعد للجلوس أسفلها التي تزود بالانعكاسات الصوتية بواسطة السطح السفلي للشرفة والذي يكون معالجا بمواد عاكسة ، عمق الشرفة يجب أن لا يتجاوز ارتفاع فتحتها ليصل الصوت للحضور الجالسين أسفلها

(ب) الشرفة الطائرة : تتميز بكونها مفتوحة النهاية مما يساعد على سماع الصوت المتردد في المنطقة اسفل الشرفة ، عمق فتحة الشرفة يمكن أن يكون اكثر من ارتفاعها .

(ج) الشرفات الصندوقية :- تتميز الشرفة الصندوقية بكونها وحدات منفصلة معلقة في جدران القاعة وتوفر وحدات امتصاصية جيدة في القاعات وقد استخدمت بكثرة في دور الأوبرا لفعاليتها في امتصاص الصوت.

أما المنظومة التقنية المستخدمة في تحوير شرفات القاعة متعددة الفعاليات فهي :-

أ- استخدام الستائر الماصة في حجب الشرفات في حالة عدم الحاجة لها لملائمة الطاقة الاستيعابية للقاعة بتقليل عدد مقاعد القاعة ، مع الحصول على نفس الكميات الامتصاصية في حالة وجود الحضور ، وترتبط هذه الستائر بجدران وسقف القاعة يتم تحريكها إليكترونيا بواسطة نظم السيطرة العملية للقاعة .

ب- استعمال الكراسي المتحركة القابلة للتبديل (أما بشكل منفرد او بشكل مجموعة من الكراسي المرتبطة بعربات قابلة للتحريك) وهو ما يساهم في تقليل مقاعد القاعة ووحداتها الامتصاصية في الفعاليات الموسيقية .

3-6 الأساليب المعمارية في التحكم في مستوى الصوت تشمل

1- أساليب تخطيطية لتحديد وضع مصادر الصوت مثل الشوارع وما في حكمها وربطها بالمباني والبيئة .

2- أساليب تصميميه لأشكال الفراغ الداخلي

3- أساليب تنفيذية لاختيار مواد عازلة للصوت

فالأساليب التخطيطية مجالها في تخطيط الموقع والتصميم الحضري أما الأساليب التصميمية فمجالها التصميم المعماري والتصميم الفراغي الداخلي.

– ينبغي التفريق بين الامتصاص والعزل كخاصتين مستقلتين من الأمثلة التي توضح الفرق بين العزل والامتصاص:

– أن الشباك المفتوح ماص جيد (امتصاص 100%) وفي نفس الوقت عازل ردئ (100% نفاذ) .

– في الغرفة المبنية وبدون معالجة صوتية يستطيع العاملون فى المكتب سماع الصوت المباشر الصادرعن أجهزة الحاسوب تماما كما يسمعون الطاقة الصوتية المنعكسة عن السقف والأرضية والحوائط ، بينما يسمع الشخص العامل علي الكمبيوتر الصوت من اقرب مصدر صوتي ، وهو الحاسوب.

– يتم امتصاص الطاقة الصوتية بطريقتين:

الأولى :

من خلال الاحتكاك (friction) وتحدث عند تسرب الطاقة الصوتية إلى المسام والشقوق الرفيعة داخل المواد المسامية والليفية فتعمل جزيئات الهواء الموجودة داخل هذه المسام علي منع الموجات الصوتية من إكمال دورتها من التضاغط والتخلل ، وتتحول الطاقة التي تفقد بالاحتكاك إلي حرارة وتعتمد معظم المواد المستخدمة لأغراض امتصاص الصوت في عملها علي هذه الطريقة .

الثانية:

من خلال الرنين (resonance) تحدث عند إجبار الأنظمة الجاسئة غير تامة الصلابة علي التذبذب بسبب اصطدام الطاقة الصوتية بها ، وتقوم هذه الأنظمة بامتصاص وتبديد الطاقة إذا كانت ذبذبتها الطبيعية مساوية لذبذبة الموجة الصوتية المصطدمة ، و لا تستخدم هذه الطريقة في الامتصاص إلا في عدد قليل من المنتجات ، غير أن مواد البناء العادية كالخشب والزجاج

والألواح الجبسية توضع في حالة الرنين (تذبذب) إذا لم يتم تثبيتها بإحكام فتمتص الصوت بهذه الطريقة .

من الطرق الأخرى لإمتصاص الصوت :

- التغلغل في المواد المنفذة .
- الاهتزاز الرنيني لمواد التكسية.
- التضاؤل الجزئي للمواد اللينة
- الانتقال خلال الهيكل الإنشائي

3-7 الخلاصة

- ❖ الهدف الأساسي للتحكم في الضوضاء هو توفير قدر معقول من الهدوء وتوفير البيئة المناسبة لإستعمال الفراغ سواء كان ذلك داخل أو خارج الفراغ .
- ❖ يلعب عزل الصوت دورا هاما في حماية الفراغات الحساسة للضوضاء كقاعات المحاضرات ودور السينما والمسرح ، كما يشكل الاساس في تقليل مستويات الضوضاء داخل المصانع بعزل مصدرها عن بقية الفراغات . لحماية العاملين بها.
- ❖ ينتقل الصوت داخل الفراغات إما من خلال الهواء أو من خلال الأسطح المكونة لهذا الفراغ
- ❖ يستخدم عزل الصوت أساسا في السيطرة علي الضوضاء سواء بمنعها من دخول القاعات كضوضاء المرور ، أو منع الصوت الصادر عن القاعة من النفاذ الي قاعة أخري مجاورة.
- ❖ المنتجات من المواد الماصـــــة كثيرة ومتنوعة ، وكل منها لديه خواص مزايا تختلف عن الاخري ، وخاصية اختلافها في معامل امتصاص الصوت ، فبعضها معامل امتصاصه في الترددات العليا (2000هيرتز) عالية ، وفي الترددات الدنيا (125 هيرتز) متدنية ،كذلك بعضها ذات معامل امتصاص عالية في الترددات الدنيا ، ومعامل امتصاص منخفضة في الترددات العليا .
- ❖ تعتبر المواد ذات التركيب المسامي من أحسن المواد الماصة لوجود فراغات هوائية فيها

- ❖ المهمة الأساسية للعزل الصوتي تكمن في عدم السماح للأصوات الخارجية بالإنتقال الي الداخل ، وكذلك بعدم تمرير الأصوات من الغرف المجاورة .
- ❖ يعتمد العزل الصوتي علي الكتلة كلما زادت الكتلة فإن العزل الصوتي يتحسن .
- ❖ لرفع العازلية الصوتية للأجزاء الضعيفة وذلك بمحاولة تقليل أو إلغاء الفراغات الهوائية حول الأبواب والشبابيك وكذلك الإهتمام بالأسقف الكاذبة والقواطع الموجودة .
- ❖ إذا تطلب الأمر إضافة مواد ماصة لتحسين الأداء الصوتي للقاعات إعتمامدا علي عدد الحضور ، فيجب وضع هذه المواد بعيدا عن المتكلم في الأماكن التي ينتج عنها صدي صوتياً.
- ❖ وضع المسطحات الخضراء يساعد علي تقليل الضوضاء
- ❖ الإستفادة لأقصي حد من التشجير والمساحات المزروعة بالقرب من الطرق والمصانع حيث لها القدرة علي تخفيض الضوضاء عن طريق الامتصاص وكذلك الأحزمة الخضراء .

الفصل الرابع

عرض وتحليل الحالات الدراسية

4-1 مقدمة

يتناول هذا الفصل منهجية البحث وأسباب اختيار الحالات الدراسية وعرض وتحليل نتائج قياسات التحليل الصوتي داخل القاعات الدراسية ، وذلك من خلال عرض نبذة تعريفية عنها وتحديد موقعها وعمل التحليل الصوتي لها ، ودراسة الأرضيات والأسقف والحوائط ودراسة مواد البناء المستخدمة فيها ومدي قابليتها للعزل وامتصاص الضوضاء .

4-2 طريقة وأسس إختيار الحالات الدراسية

تم عمل الدراسات الميدانية لعدد من القاعات الدراسية لبعض الجامعات في ولاية الخرطوم (قاعات محاضرات) علي إعتبار أن تلك المباني انشئت لغرض التعليم (الحديث والاستماع) وأنها ليست معدلة من وظائف أخري ، لذلك يتوقع أن تكون المعايير التصميمية والإعتبارات للأشكاليات الصوتية مأخوذة في الإعتبار . ثم التوزيع الجغرافي لهذه الجامعات ومايحيط بها من بيئات مختلفة كما سيتضح لنا من حالات الدراسات الميدانية ، وكذلك الاختلاف في السعة الطلابية والذي يتبعه الاختلاف في الحجم وكذلك الاختلاف في الشكل والسقف والحوائط والارضيات والتشطيبات المستخدمة وكذلك الاثاثات والفتحات وأنواع أجهزة التكيف المستخدمة ولمبات الإضاءة وأجهزة تكبير الصوت المستخدمة .

وقد تم استخدام التحليل الوصفي للوضع الراهن لحالات الدراسية ومن ثم استخدام الطريقة الحسابية في التحليل والدراسة . كما تم تناول قاعات محاضرات بالجامعات أدناه بولاية الخرطوم:

(أ) حالة الدراسة رقم (1) القاعة (1) جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا كلية الهندسة.

(ب) حالة الدراسة رقم (2) القاعة (2) جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا كلية الهندسة.

(ج) حالة الدراسة رقم (3) قاعة البروفيسور حامد أحمد الحاج اسماعيل – جامعة أمدرمان الاسلامية كلية الهندسة.

(د) حالة الدراسة رقم (4) القاعة (C) – جامعة أمدرمان الاسلامية كلية الهندسة

1-2-4 حالة الدراسة رقم (1) القاعة (1) جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا كلية الهندسة

- **الموقع Site Location**

جمهورية السودان – ولاية الخرطوم – محلية الخرطوم جنوب – جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

الشكل (4-1): موقع جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

المصدر : موقع خرط قوقل (Google.com،2018)

- **الموضع:**

تقع جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا كلية الهندسة في منطقة العمارات ويحدها من الناحية الشمالية شارع 61 ومن الناحية الغربية شارع الصحافة زلط ومن الناحية الجنوبية شارع مأمون بحيري ومن الناحية الشرقية شارمحمد نجيب .كما موضح في الشكل (4-2)

الشكل(4-2): مخطط موقع جامعة السودان للعلوم

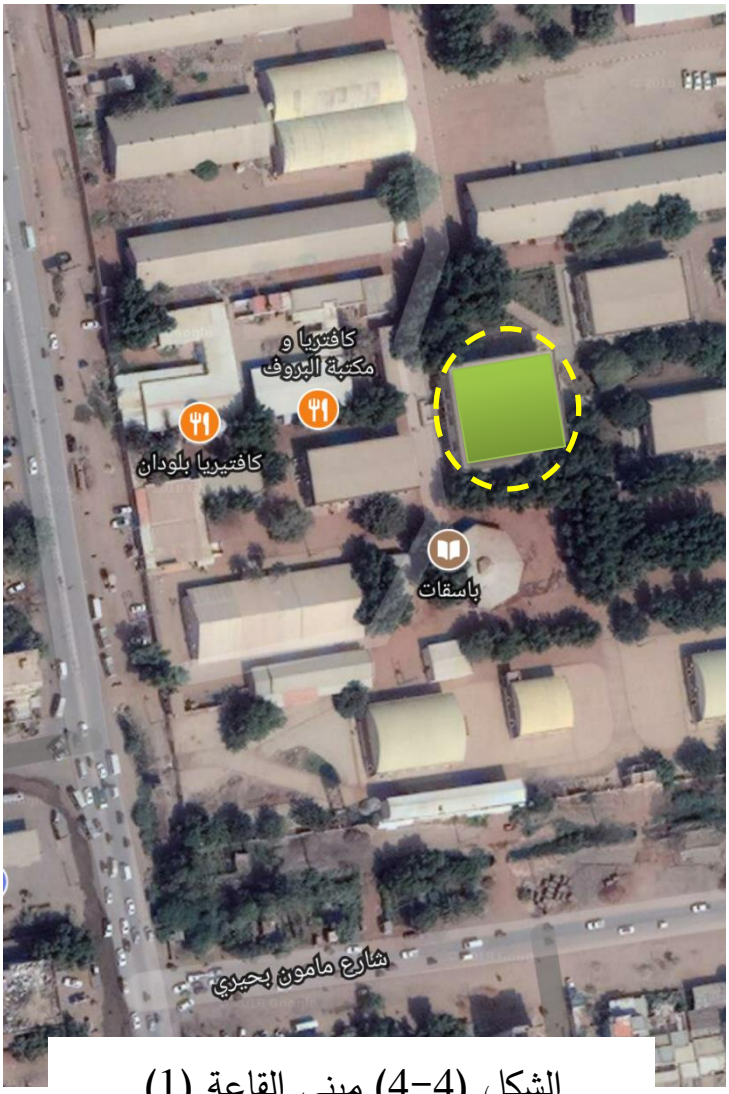
المصدر : موقع خرط قوقل (Google.com،2018)

- **الموقع العام : SITE PLAN:**

تقع القاعة (1) في الجزء الجنوبي الغربي لجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا القسم الجنوبي، ويحدها من الجهة الشرقية مسطحات خضراء ومن الجهة الجنوبية كافتريا ومن الجهة الغربية كافتريا وقاعة محاضرات ومن الجهة الشمالية منطقة المثلث (ساحة صغيرة يتم فيها النقاش) ثم ورش الهندسة الميكانيكية . كما موضح في الشكل (4-3) والشكل (4-4) والشكل (4-5) .

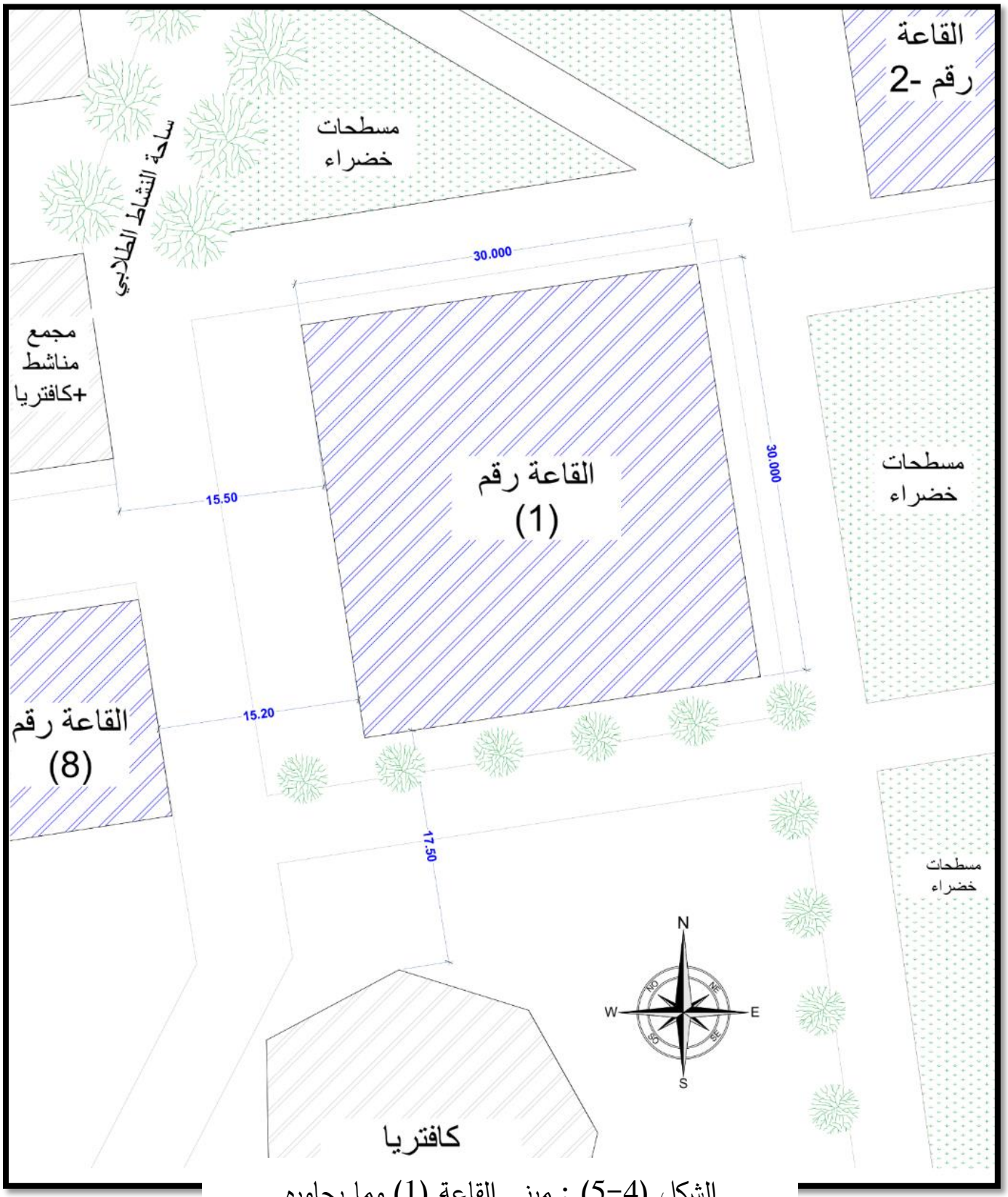
الصورة (4-3) : شكل القاعة من الخارج

المصدر : (الباحث)



الشكل (4-4) مبني القاعة (1)

المصدر : موقع خرط قوقل (Google.com،2018)



الشكل (4-5) : مبني القاعة (1) وما يجاوره

المصدر : (الباحث)

- **دراسة الفراغ الداخلي للقاعة :**

تم القيام بعمل مسوحات للفراغ الداخلي والأحجام والأشكال والتوزيع الداخلي للأثاثات و الفتحات والتشطيبات وأجهزة الانارة وأجهزة الصوت كما موضح :

- عدد الاشخاص المستخدمين للقاعه 1000 شخص

- مساحة القاعة الكلية 900م2

1- الأسقف ROOFS :

- يتكون سقف القاعة من ألواح الزنك في الطبقة الخارجية و طبقة من مادة عازلة ويتكون السقف الداخلي من السقف المستعار بالإضافة للتوزيعات الكهربائية من إضاءة وفتحات للتكييف . ويوجد مسافة هوائية بين السقف الخارجي والسقف المستعار .

الشكل (4-6) : شكل سقفة القاعة

(المصدر: الباحث)

2- الحوائط WALLS :

الحوائط هي عبارة عن حوائط من الأحمر مبيضة من الداخل والخارج مطلية باللون البيجي من الداخل أما من الخارج مطلية باللون البيجي مع وجود الحجر علي الواجهة كما موضح في الشكل (4-7) والشكل (4-8) .

الشكل (4-7) : شكل الحوائط الداخلية للقاعة

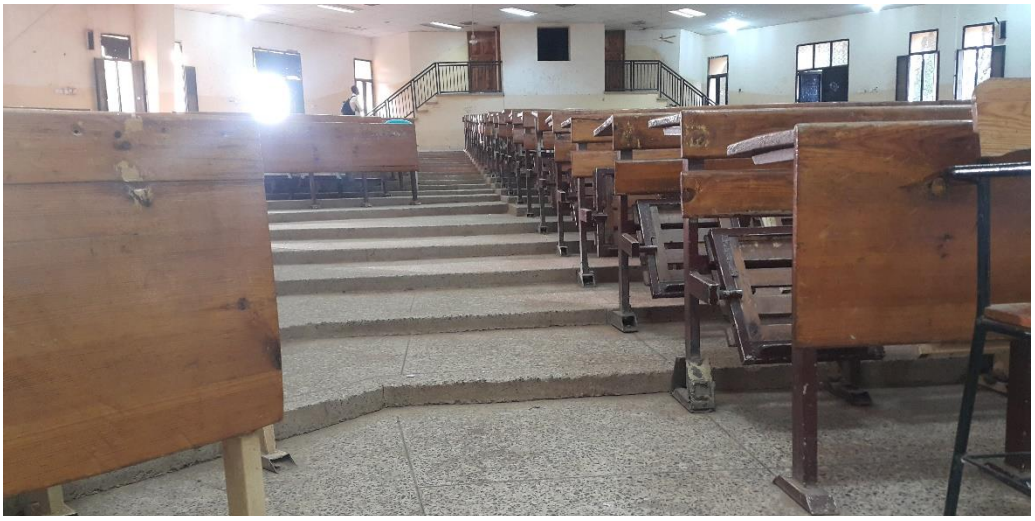
(المصدر: الباحث)

الشكل (4-8) : شكل الحوائط الخارجية للقاعة من الخارج

(المصدر: الباحث)

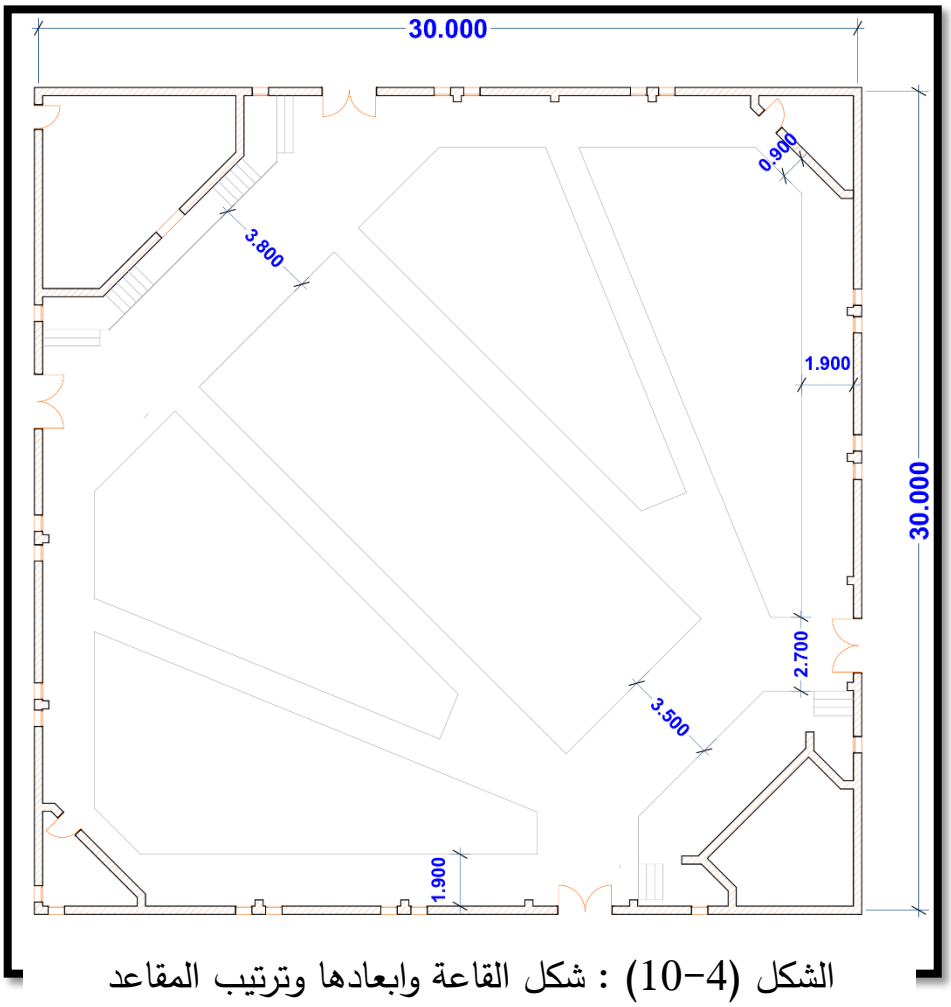
3- الأرضيات FLOORS :

هي عبارة عن أرضية مدرجة من الموزايكو إرتفاع كل درجة 12 سم وفي مقدمتها المنصة الأمامية (للمحاضر) وتصل مساحتها الي 800م2. كما موضح في الشكل (4-9)



الشكل (4-9) : شكل الأرضية وتدرجها

(المصدر: الباحث)



الشكل (4-10) : شكل القاعة وابعادها وترتيب المقاعد

(المصدر: الباحث)

4 – الأبواب DOORS : يوجد بالقاعة 4 أبواب حديد كبيرة و4 أبواب خشب صغيرة كما موضح بالشكل (4-11)

الشكل (4-11) : شكل الأبواب داخل القاعة

(المصدر: الباحث)

5 – النوافذ WINDOWS :

يوجد بالقاعة عدد 20 نافذة من الزجاج وفريم من الألمونيوم

الشكل (4–12) : شكل النوافذ داخل القاعة

(المصدر: الباحث)

6– سطح العمل : يتكون سطح العمل من (مقاعد + طاولات) وأبعاد المقعد (0.5×0.90) وعدد المقاعد تسع 1000 شخص . ونلاحظ من الشكل (4–13) أن المقاعد مصنعة من الخشب مثبتة علي قوائم من الحديد . كما يوجد بعض المقاعد تحتاج الي صيانة .

الشكل (4–13) : شكل المقاعد والطاولات

(المصدر: الباحث)

7- الأجهزة الكهربائية :

- **أجهزة الإنارة وأجهزة التكييف :** يوجد بالقاعة عدد 72 جهاز إنارة يحتوي الجهاز الواحد علي 4 لمبات ويصبح المجموع الكلي لأجهزة الإنارة 288 جهاز إنارة . مع العلم أنه يوجد بعض أجهزة الإنارة متعطلة كما يوجد عدد36 فتحة لأجهزة التكييف مع العلم أن جميع أجهزة التكيف متعطلة . كما موضح في الشكل (4-14) .

الشكل (4-14) : شكل أجهزة الانارة

(المصدر: الباحث)

- **أجهزة الصوت :**

الأجهزة المركبة حاليا عدد 4 سماعات صوت موزعة علي الحوائط الجانبية للقاعة كما موضح في الشكل (4-15)

الشكل (4-15) : شكل أجهزة الصوت

(المصدر: الباحث)

- **التحليل الصوتي للقاعة :**

في هذا الجزء سيتم عمل تحليل صوتي للقاعة ، وذلك عن طريق حساب زمن الإرتداد للصوت وذلك بإستخدام معادلة سابين ، ومقارنتها بزمن الإرتداد المطلوب ، حتي نتجنب ظاهرة حدوث الصدي الصوتي وعدم وضوح الحديث . فإذا كان زمن الإرتداد الفعلي أكبر من زمن الإرتداد القياسي تحدث هذه الظاهرة ، حيث سيتم الحساب علي ضوء المواد المستعملة في تشطيب القاعة من ناحية إمتصاصها للصوت (تختلف بإختلاف معامل الإمتصاص لكل مادة) وذلك في الترددات الدنيا والمتوسطة والترددات العليا (125 ،500، 2000 هيرتز).

تسع القاعة 1000 شخص وخطوات عمل التحليل كالآتي :

– حساب الحجم المخصص للشخص في الفراغ ، وذلك لتحديد ما إذا كانت القاعة تحتاج إلي مواد ماصة من عدمها . فإذا تعدت النتيجة 4.9 م3 (الحد الأقصي للحجم المخصص للشخص في الفراغ) فإن القاعة تحتاج الي مواد ماصة للصوت ، ويتم الحصول علي الحجم الأمثل للشخص في الفراغ = حجم القاعة / عدد المقاعد.

– حساب مساحات المواد المختارة لتشطيب القاعة .

– إستخراج معامل الإمتصاص لكل مادة مختارة عند كل تردد من الجداول .

– معادلة سابين لحساب زمن الإرتداد الفعلي للقاعة :

$$T= 0.16V/A$$

حيث :

T= زمن الإرتداد بالثواني

v = حجم القاعة بالأمتار المكعبة

A= مساحة الامتصاص بالأمتار المربعة

ويتم الحصول عل مساحة الإمتصاص للمادة المختارة وذلك بضرب معامل المادة × مساحة المادة.

– يتم جمع مساحة الإمتصاص لكل المواد المستخدمة والمختارة ، ومن ثم يتم تطبيق معادلة سابين ، وذلك بضرب 0.16 × حجم القاعة مقسوما علي مساحات الامتصاص للمواد المختارة ، للحصول علي زمن الإرتداد الفعلي لكل تردد. ويتم الحصول علي زمن الإرتداد الأمثل من المعادلة (ستيفن وبيتس):

$$t = r\ (0.012\ \sqrt[3]{V}\ + 0.1070)$$

حيث :

t = زمن الارتداد الأمثل بالثواني

V = حجم القاعة بالأمتار المكعبة

r = 4 للقاعات المستعملة في الحديث (محاضرات... الخ).

بعد ذلك يتم عمل مقارنة بين زمن الإرتداد الفعلي و زمن الإرتداد الأمثل .اذا كان زمن الارتداد الفعلي الذي تم حسابه أقل من زمن الارتداد الأمثل لهذه القاعة ، وهو الشيء المطلوب (أن يتساوى أو يقل زمن الارتداد الفعلي عن الأمثل)؛ أما اذا حدث العكس فلابد من عمل المعالجات اللازمة .

حساب الحجم الأمثل للشخص في فراغ القاعة:-

أنظر الفصل الثاني الجدول (2-3/ الحجم الأمثل للشخص بالأمتار المكعبة) وعليه

حجم القاعة الفعلي = 30×30×4.50=4050 م3

الحجم المثالي للقاعة = عدد المقاعد × الحجم الأمثل للشخص الواحد (م3)

= 1000 × 2.80 = 2800 م3

عند مقارنة حجم القاعة الفعلي مع الحجم المثالي نجد أن هناك فرق واضح ، لذلك يشكل الحجم مشكلة في أداء الوظيفة الصوتية .

حسابات مساحات المواد المستخدمة في تشطيب القاعة :

- الحوائط = 515.5 م2
- السقف (جبص) = 800 م2
- الأرضية (بلاط موزايكو) = 800 م2
- عدد المقاعد = 1000 مقعد
- 4 أبواب من الحديد = 26 م2
- 4 أبواب من الخشب =6.72 م2
- زجاج النوافذ سمك 4 مم = 49.1
- سبورة خشبية = 4.4 × 1.20= 3.28 م2

حساب زمن الإرتداد الفعلي للقاعة (RT) :

وذلك حسب الجدول التالى جدول (4-1)

جدول (4-1) : زمن الإرتداد الفعلي للقاعة (1)

(المصدر: الباحث)

السطوح الداخلية ومحتوياتها	مساحة السطح م2	تردد أدني HZ 125		تردد متوسط HZ 500		تردد أعلي HZ` 2000	
		α		α			α
الحوائط: بياض بالمونة الأسمنتية	515.5	0.02	10.31	0.02	10.31	0.04	20.62
الأرضيات: صبة خرسانية / حجر	800	0.01 خصم %20	6.4	0.02 خصم %40	9.6	0.02 خصم 60%	6.4
Shading by seats			160-		320-		480-
السقف :	800	0.29	232	0.05	40	0.07	56

سقف مستعار							
الفتحات:							
1- باب حديد	26	0.15	3.90	0.22	5.72	0.38	9.88
2- باب خشب	6.72	0.28	1.88	0.17	1.14	0.1	0.67
3- شباك زجاج	49.10	0.20	9.82	0.10	4.91	0.05	2.45
الأثاثات:							
1- سبورة من الخشب	3.28	0.23	0.75	0.17	0.55	0.10	0.33
2- طاولة خشبية	2.40	0.15	0.36	0.10	0.24	0.10	0.24
3- سماعة 4 بوصة	NO 4	0.45	1.80	0.35	1.40	0.40	1.60
4- وحدات انارة 40×80	NO 72	0.15	10.80	0.10	7.2	0.10	7.2
مستمعين علي مقاعد خشبية/ معدنية (للشخص الواحد) (3/2 من سعة القاعة).	NO667	0.16	106.72	0.4	266.8	0.43	286.81
مقاعد خشبية أو معدنية خالية من المستمعين (3/1 من سعة القاعة).	333 NO مقعد	0.07	23.31	0.15	49.95	0.18	59.94
الهواء	4050.5	-	-	-	-	0.004	16.20
مجموع مساحة الامتصاص			408.05		397.82		468.34
زمن الإرتداد الفعلي	بالثانية (s)		1.5880		1.6288		1.383
زمن الإرتداد الأمثل			1.193		1.193		1.193

تم إيجاد زمن الإرتداد الأمثل من الCHART

$$t = 4(0.012\sqrt[3]{(4050.5)} + 0.107) = 1.193s$$

ومن ثم إيجاد زمن الإرتداد الفعلي في كل الترددات بواسطة معادلة سابين وقد كان الآتي :

- في التردد الأدني (125 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$T = 0.16 \times 4050.5 \div 408.05 = 1.5880$$

- في التردد الأوسط (500 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$T=0.16\times4050.5\div397.82=1.6288s$$

- في التردد الأعلي (2000 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$T=0.16\times4050.5\div468.34=1.383$$

نلاحظ أن أزمنة الترددات المتحصل عليها تفترق بشكل واضح عن زمن الإرتداد المتحصل عليه من مخطط زمن الإرتداد الأمثل . وبذلك تعتبر القاعة بها إشكالية . ولمعالجة الإشكال نوصي **بالمقترحات الآتية** :

- إضافة مواد ماصة جديدة للقاعة ، ولمعرفة كمية الإمتصاص اللازمة وبتعديل معادلة سابين لإيجاد مساحة الإمتصاص المطلوبة عند التردد 500 :

$$A=0.16V/T = 0.16\times4050.5\div1.193 = 543.235-397.82=\underline{145.415}m2$$

وتكون المادة الماصة إما بعمل تنجيد للمقاعد أو بعمل مواد ماصة علي الحائط الخلفي للقاعة أو تكون في شكل سجاد علي الأرضية وذلك لتقليل وعزل الضوضاء الناتجة عن وقع الأقدام وإمتصاص وتقليل الفارق في زمن الإرتداد .

- خفض مستوي السقف (FLASE SEELING) ليكون علي إرتفاع 3.5 وذلك لتقليل حجم القاعة وبالتالي تقليل زمن الإرتداد و ذلك بإستخدام معادلة سابين :

الحجم المثالي للقاعة = عدد المقاعد × الحجم الأمثل للشخص الواحد (م3)

$$2.80\times1000 = 2800m3$$

وبأخذ زمن الإرتداد الأوسط (الحجم الجديد):

$$0.16\times2800\div397.05 =1.0979$$

وبأخذ زمن الإرتداد الجديد ومقارنتة بزمن الإرتداد المتحصل عليه من المخطط وهو 1.19s فإنه يكون مقبول لحل إشكالية القاعة الصوتية .

4-2-2 حالة الدراسة رقم (2) القاعة (2) جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا كلية الهندسة

- **الموقع العام : SITE PLAN:**

تقع القاعة (1) في الجزء الجنوبي الغربي لجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا القسم الجنوبي، ويحدها من الجهة الشرقية حمامات ومن الجهة الجنوبية مسطح أخضر ومن الجهة الغربية مسطحات خضراء والقاعة رقم (1) ومن الجهة الشمالية ورش الهندسة الميكانيكية . كما موضح في الشكل (4-16) والشكل (4-17) والشكل (4-18) .

الشكل (4-16) : موقع القاعة (2)

المصدر : موقع خرط قوقل(google.com،2018)

الشكل (4-17) : الشكل الخارجي للقاعة (2)

(المصدر: الباحث)

دراسة الفراغ الداخلي للقاعة :

تم القيام بعمل مسوحات للفراغ الداخلي والأحجام والأشكال والتوزيع الداخلي للأثاثات و الفتحات والتشطيبات وأجهزة الانارة وأجهزة الصوت كما موضح :

- عدد الاشخاص المستخدمين للقاعه 468 شخص
- مساحة القاعة الكلية 600م2

1- الأسقف ROOFS :

يتكون سقف القاعة من ألواح الزنك في الطبقة الخارجية و طبقة من مادة عازلة ويتكون السقف الداخلي من السقف

الشكل (4-18) : شكل سقفة القاعة (2)

(المصدر: الباحث)

المستعار بالإضافة للتوزيعات الكهربائية من إضاءة وفتحات للتكييف . ويوجد مسافة هوائية بين السقف الخارجي والسقف المستعار .

الشكل (4-19) : شكل الحوائط الداخلية للقاعة

(المصدر: الباحث)

2- الحوائط WALLS :

الحوائط هي عبارة عن حوائط من الطوب الأحمر مبيضة من الداخل والخارج مطلية باللون البيجي من الداخل أما من الخارج مطلية باللون البيجي مع وجود الحجر علي الواجهة كما موضح في الشكل (4-18) والشكل (4-19) .

الشكل (4-20) : شكل الحوائط الخارجية للقاعة

(المصدر: الباحث)

3- الأرضيات FLOORS :

هي عبارة عن أرضية مدرجة من الموزايكو إرتفاع كل درجة 12 سم وفي مقدمتها المنصة الأمامية (للمحاضر) وتصل مساحتها الي 494م2. كما موضح في الشكل (4-20)

الشكل (4-21) : شكل الأرضية المدرجة للقاعة

(المصدر: الباحث)

4 – الأبواب DOORS :

يوجد بالقاعة عدد 3 أبواب حديد كبيرة و4 أبواب خشب صغيرة كما موضح بالشكل (4-21).

الشكل (4-22) : شكل الأبواب بالقاعة

(المصدر: الباحث)

5 – النوافذ WINDOWS :

يوجد بالقاعة عدد 26 نافذة من الزجاج وفريم من الألمونيوم .

ملحوظة : توجد بعض الفراغات الهوائية حول النوافذ مما يؤدي الي تقليل العازلية الصوتية من الضوضاء الخارجية كما أن جزء منها مفكك يحتاج الي صيانة. كما موضح في الشكل (4–22)

الشكل (4–23) : شكل النوافذ داخل القاعة

(المصدر: الباحث)

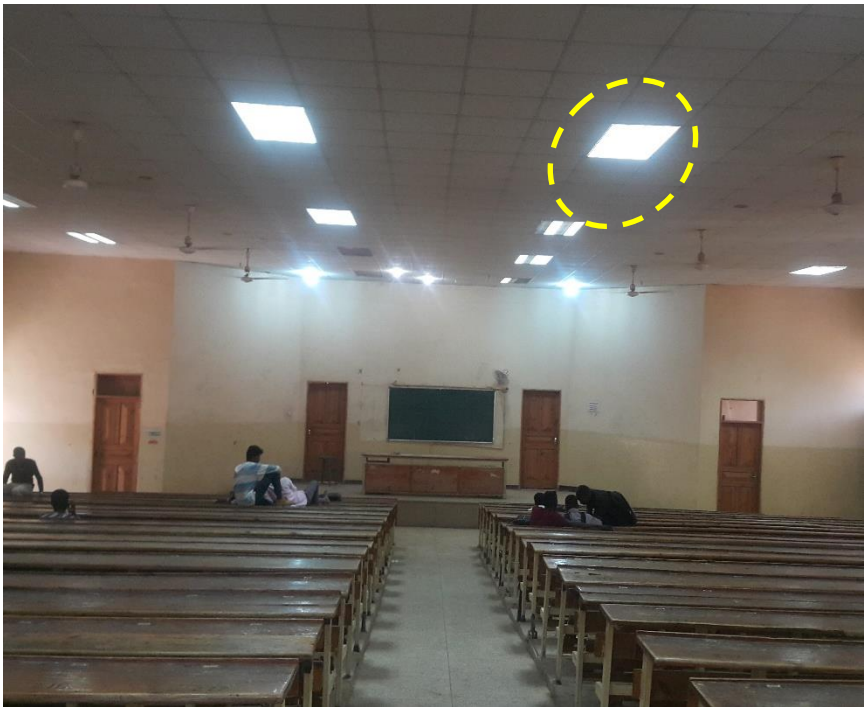
6– سطح العمل : يتكون سطح العمل من (مقاعد + طاولات) وأبعاد المقعد (0.90×0.5) وعدد المقاعد تسع 468 شخص . ونلاحظ من الشكل (4–23) أن المقاعد مصنعة من الخشب مثبتة علي قوائم من الحديد .

ملوظة: يوجد بعض المقاعد تحتاج الي صيانة .

الشكل (4–24) : شكل المقاعد والطاولات

(المصدر: الباحث)

8- الأجهزة الكهربائية:



- أجهزة الإنارة: يوجد بالقاعة عدد 22 جهاز إنارة يحتوي الجهاز الواحد علي 4 لمبات ويصبح المجموع الكلي لأجهزة الإنارة 88 جهاز إنارة . مع العلم أنه يوجد بعض أجهزة الإنارة متعطلة كما يوجد عدد10 فتحات لأجهزة التكييف مع العلم أن جميع أجهزة التكيف متعطلة . كما موضح في الشكل (4-42) .

الشكل (4-25) : شكل أجهزة الإنارة

(المصدر: الباحث)

- أجهزة الصوت :

يوجد بالقاعة عدد 6 سماعات صوت موزعة علي سقف القاعة كما موضح في الشكل (4-24)

الشكل (4-26) : شكل أجهزة الصوت

(المصدر: الباحث)

- **أجهزة التكييف :-**

يوجد بالقاعد عدد 10 مكيفات من نوع جنرال موزعة حول القاعة كما موضح في الشكل (4-26).

الشكل (4-27) : شكل توزيع أجهزة التكييف

(المصدر: الباحث)

التحليل الصوتي للقاعة :

تمت الخطوات الآتية :

- ايجاد زمن الارتداد الامثل من مخطط زمن الارتداد .
- ايجاد مساحات الأسطح والتشطيبات والأثاثات وأجهزة ووحدات التكييف في كل الترددات (دنيا – وسطي- عليا). وذلك بعد عمل المسوحات للقاعة:
- حساب مساحات المواد المستخدمة في تشطيب القاعة:

- الحوائط = 477.7 م2

- السقف (جبص) = 494 م2
- الأرضية (بلاط موزايكو) = 494 م2
- عدد المقاعد = 468 مقعد
- 3 أبواب من الحديد =16.8 م2
- 4 أبواب من الخشب =8 م2
- زجاج النوافذ سمك 3 مم = 36م2
- سبورة خشبية = 4.4 × 1.20= 3.28 م2

- حساب زمن الإرتداد الفعلي للقاعة (RT) :-

وذلك حسب الجدول التالى جدول (4-2) .

جدول (4-2) : زمن الإرتداد الفعلي للقاعة (2)

المصدر : (الباحث)

السطوح الداخلية ومحتوياتها	مساحة السطح م2	تردد أدني 125 HZ		تردد متوسط 500 HZ		تردد أعلي 2000 `HZ	
		α		α		α	
الحوائط: بياض بالمونة الأسمنتية	477.7	0.02	9.554	0.02	9.554	0.04	19.108
الأرضيات: صبة خرسانية / حجر Shading by seats	494	0.01 خصم %20	3.95 98-	0.02 خصم 40%	5.928 197.6-	0.02 خصم %60	3.952 296.4-
السقف : سقف مستعار	494	0.29	134.26	0.05	24.7	0.07	34.58
الفتحات:							
1- باب حديد	16.80	0.15	2.52	0.22	3.69	0.38	6.38
2- باب خشب	8	0.28	2.24	0.17	1.36	0.1	0.80
3- شباك زجاج	36	0.20	7.2	0.10	3.6	0.05	1.8
4- فتحات مكيف	NO 10	0.15	1.5	0.35	3.50	0.4	4.00

الأثاثات: **1- سبورة من الخشب** **2- طاولة خشبية** **4- وحدات انارة 80×40**	**3.28** **2.40** **NO** **22**	**0.23** **0.15** **0.15**	0.75 0.36 3.3	**0.17** **0.10** **0.10**	**0.557** **0.240** **2.20**	**0.10** **0.10** **0.10**	**0.328** **0.240** **2.20**
مستمعين علي مقاعد خشبية/ معدنية (للشخص الواحد) (3/2 من سعة القاعة).	**312** **NO** **مستمع**	**0.16**	**49.92**	**0.4**	**124.80**	**0.43**	**134.16**
مقاعد خشبية أو معدنية خالية من المستمعين (3/1 من سعة القاعة).	**NO** **156** **مقعد**	**0.07**	**10.92**	**0.15**	**23.4**	**0.18**	**28.08**
الهواء	**2223**	–	–	–	–	**0.004**	**7.904**
مجموع مساحة الامتصاص			**226.474**		**203.529**		**243.532**
زمن الإرتداد الفعلي	**بالثانية (s)**	**1.570**		**1.747**		**1.460**	
زمن الإرتداد الأمثل		**1.054**		**1.054**		**1.054**	

تم إيجاد زمن الإرتداد الأمثل من الCHART

$$t = 4\left(0.012\sqrt[3]{2223} + 0.107\right) = 1.054$$

ومن ثم إيجاد زمن الإرتداد الفعلي في كل الترددات بواسطة معادلة سابين وقد كان الآتي :

- في التردد الأدني (125 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$t = 0.16 \times 2223 \div 226.474 = 1.570s$$

- في التردد الأوسط (500 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$t = 0.16 \times 2223 \div 203.529 = 1.747s$$

- في التردد الأعلي (2000 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$t = 0.16 \times 2223 \div 243.532 = 1.460s$$

نلاحظ أن أزمنة الترددات المتحصل عليها تفترق بشكل واضح عن زمن الإرتداد المتحصل عليه من مخطط زمن الإرتداد الأمثل . وبذلك تعتبر القاعة بها إشكالية صوتية . ولمعالجة الإشكال نوصي **بالمقترحات الآتية :**

- إضافة مواد ماصة جديدة للقاعة ، ولمعرفة كمية الإمتصاص اللازمة وبتعديل معادلة سابين لإيجاد مساحة الإمتصاص المطلوبة عند التردد 500 :

وبطرح مساحة الامتصاص عند زمن الإرتداد الأمثل من مساحة الإمتصاص الفعلية تكون كمية الإمتصاص المطلوبة = $34.928m2$ وذلك كالآتي:

$$A = 0.16V \div t$$

$$A = 0.16 \times 2223 \div 1.054 = 337.457m2$$

$$337.457 - 302.529 = 34.928m2$$

وتكون المادة الماصة إما بعمل تنجيد للمقاعد أو بعمل مواد ماصة علي الحائط الخلفي للقاعة أو تكون في شكل سجاد علي الأرضية وذلك لتقليل وعزل الضوضاء الناتجة عن وقع الأقدام وإمتصاص وتقليل الفارق في زمن الإرتداد .

- خفض مستوي السقف (FLASE SEILING) ليكون علي إرتفاع 3م وذلك لتقليل حجم القاعة وبالتالي تقليل زمن الإرتداد و ذلك بإستخدام معادلة سابين :

الحجم المثالي للقاعة = عدد المقاعد × الحجم الأمثل للشخص الواحد (م3)

$$2.80 \times 468 = 1310.4m3$$

وبأخذ زمن الإرتداد الأوسط (الحجم الجديد):

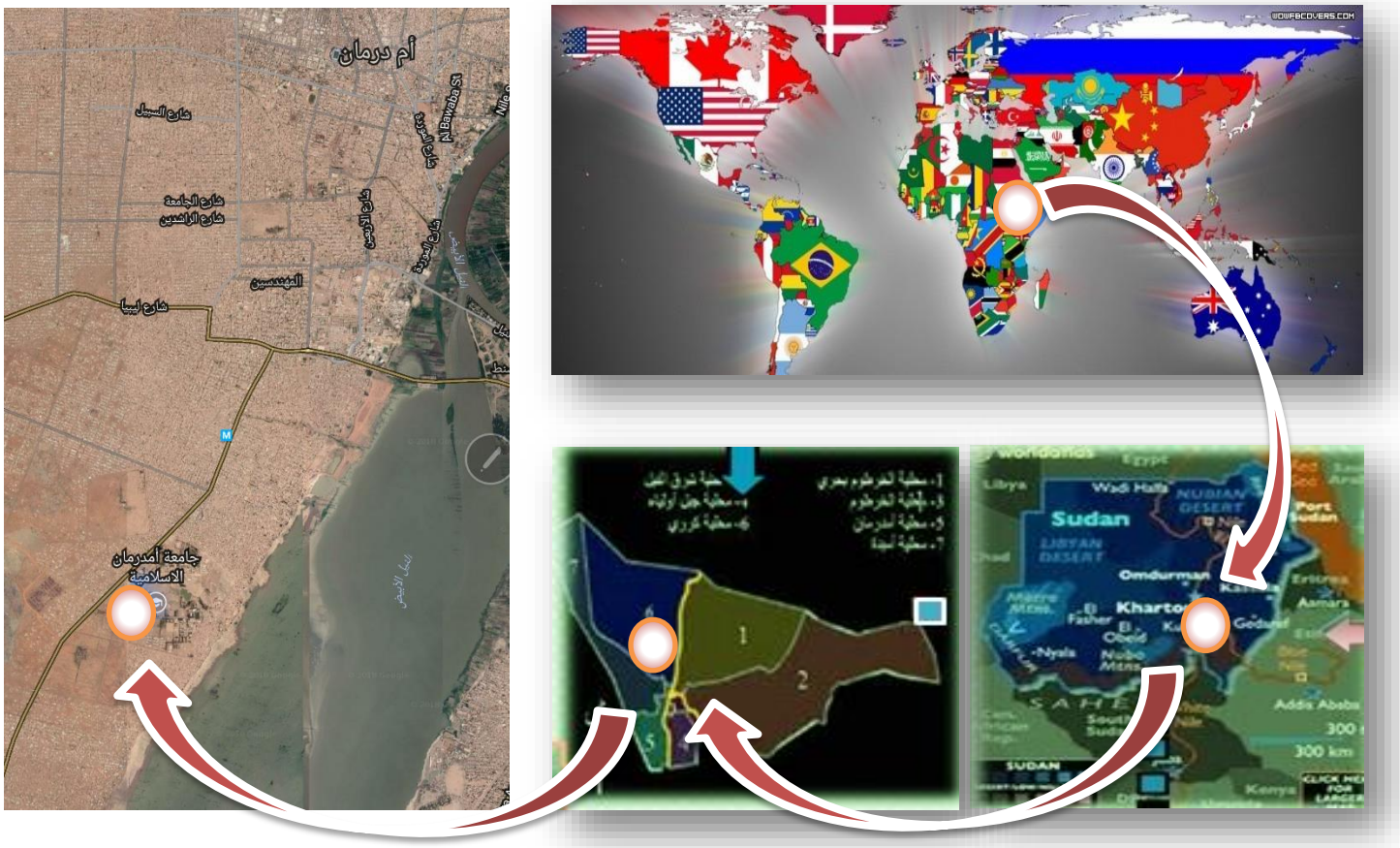
$$0.16 \times 1482 \div 203.529 = 1.16s$$

وبأخذ زمن الإرتداد الجديد ومقارنتة بزمن الإرتداد المتحصل عليه من المخطط وهو 1.05s فإنه يكون مقبول لحل إشكالية القاعة الصوتية .

4-2-3 حالة الدراسة رقم (3) قاعة البروفيسور حامد أحمد الحاج إسماعيل _ جامعة امدرمان الإسلامية – كلية الهندسة

- **الموقع Site Location :**

جمهورية السودان – ولاية الخرطوم – محلية امدرمان وحدة ادارية ابوسعد منطقة الفتيحاب –جامعة امدرمان الاسلامية – كلية الهندسة .



الشكل (4-28) : موقع جامعة أمدرمان الإسلامية

المصدر : موقع خرائط قوقل (google.com،2018)

- **الموضع:**

مدينة الفتيحاب – جامعة امدرمان الاسلامية – كلية الهندسة . تقع بالقرب من مجمع كلية الهندسة الجديد في الجزء الجنوبي الغربي من الجامعة ويحدها من الناحية الشمالية والغربية والجنوبية قاعات محاضرات ومن الناحية الشرقية مسطح أخضر ثم ميدان قاعة.

الشكل (4-29) : موقع القاعة

المصدر : موقع خرط قوقل (Google.com،2018)

- **دراسة الفراغ الداخلي للقاعة :**

تم القيام بعمل مسوحات للفراغ الداخلي والأحجام والأشكال والتوزيع الداخلي للأثاثات و الفتحات والتشطيبات وأجهزة الانارة وأجهزة الصوت كما موضح :

- تسع القاعة 520 شخص

- مساحة القاعة الكلية 443.43م2

1- الأسقف ROOFS :

- يتكون سقف القاعة من ألواح الزنك في الطبقة الخارجية و طبقة من مادة عازلة ويتكون السقف الداخلي من السقف المستعار بالإضافة للتوزيعات الكهربائية من إضاءة وفتحات للتكييف . ويوجد مسافة هوائية بين السقف الخارجي والسقف المستعار .

الشكل (4-30) : شكل سقفة القاعة

(المصدر : الباحث)

2- الحوائط WALLS :

هي عبارة عن حوائط مبيضة من الداخل والخارج ومطلية باللون البيجي من الداخل و وأيضا من الخارج مطلية باللون البيجي كما موضح في الشكل (4-30) والشكل (4-31) .

الشكل (4-31) : شكل الحوائط الداخلية للقاعة

(المصدر : الباحث)

الشكل (4-32) : شكل القاعة من الخارج

(المصدر: الباحث)

3- الأرضيات FLOORS :

هي عبارة عن أرضية من السيراميك مدرجة ، إرتفاع كل درجة 12 سم وفي مقدمتها المنصة الأمامية (للمحاضر) وتصل مساحتها الي 443.43م2. كما موضح في الشكل (4-32)

الشكل (4-33) : شكل أرضية القاعة

(المصدر: الباحث)

4 – الأبواب DOORS : يوجد بالقاعة 3 أبواب حديد كبيرة وباب واحد صغير من الخشب كما موضح بالشكل (4-33)

الشكل (4-34) : شكل الأبواب داخل القاعة

(المصدر: الباحث)

5 – النوافذ WINDOWS :

يوجد بالقاعة عدد 18 نافذة من الزجاج وفريم من الخشب.كما موضح في الشكل (4-34) .

ملحوظة : توجد بعض النوافذ تحتاج الي صيانة . لمنع دخول الضوضاء الخارجية عبرها

الشكل (4-35) شكل النوافذ داخل القاعة

(المصدر: الباحث)

6- سطح العمل :

يتكون سطح العمل من (مقاعد + طاولات) وأبعاد المقعد (0.90×0.5) وعدد المقاعد تسع 520 شخص . ونلاحظ من الشكل (4-35) أن المقاعد منجدة ومصنعة من الخشب مثبتة علي قوائم من الحديد . كما يوجد بعض المقاعد تحتاج الي صيانة .

الشكل (4-36) : شكل المقاعد داخل القاعة

(المصدر: الباحث)

7- الأجهزة الكهربائية :

أجهزة الإنارة وأجهزة التكييف وأجهزة الصوت :

يوجد بالقاعة عدد 66 جهاز إنارة يحتوي الجهاز الواحد علي 4 لمبات فيصبح المجموع الكلي لأجهزة الإنارة 246 جهاز إنارة . مع العلم أنه يوجد بعض أجهزة الإنارة متعطلة . كما يوجد بالقاعة عدد 8 مكيفات اسبلت و4 مكيفات كاست .كما يوجد عدد 9 مكبرات صوت . كما موضح في الشكل (4-36) والشكل (4-37) .

الشكل (4-37) : شكل أجهزة التكييف

(المصدر: الباحث)

الشكل (4-38) : شكل أجهزة الإنارة وأجهزة التكيف وأجهزة الصوت
(المصدر: الباحث)

- **التحليل الصوتي للقاعة :**

تمت الخطوات الآتية :

- ايجاد زمن الارتداد الامثل من مخطط زمن الارتداد .
- ايجاد مساحات الأسطح والتشطيبات والأثاثات وأجهزة ووحدات التكييف في كل الترددات (دنيا – وسطي- عليا). وذلك بعد عمل المسوحات للقاعة:
- حساب مساحات المواد المستخدمة في تشطيب القاعة:

- الحوائط = 327.14م2
- السقف (جبص) = 434.34 م2
- الأرضية (سراميك) =443.43 م2
- عدد المقاعد = 520 مقعد

- 3 أبواب من الحديد =12.6 م2

- 4 أبواب من الخشب =2 م2

- زجاج النوافذ سمك 3 مم = 24.32 م2

- سبورة خشبية = 4.4 × 1.20= 3.28 م2

- حساب زمن الإرتداد الفعلي للقاعة (RT) :-

وذلك حسب الجدول التالى جدول (4-3) .

جدول (4-3) : زمن الإرتداد الفعلى لقاعة البروفيسور حامد أحمد الحاج

(المصدر : الباحث)

السطوح الداخلية ومحتوياتها	مساحة السطح م2	تردد أدني 125 HZ		تردد متوسط 500 HZ		تردد أعلي 2000 `HZ	
		α		α		α	
الحوائط: بياض بالمونة الأسمنتية	327.14	0.02	6.54	0.02	6.54	0.04	13.08
الأرضيات: بلاط عادي Shading by seats	434.34	0.01 خصم %20	3.47 86-	0.02 خصم %40	5.21 173.73-	0.02 خصم %60	5.21 260.6-
السقف : سقف مستعار	434.34	0.29	125.95	0.05	21.71	0.07	30.40
الفتحات:							
1- باب حديد	12.6	0.15	1.89	0.22	2.77	0.38	7.44
2- باب خشب	2	0.28	0.56	0.17	0.34	0.20	0.40
3- شباك زجاج	24.32	0.20	4.86	0.10	2.43	0.05	1.21
4- فتحات مكيف	NO 10	0.15	1.5	0.35	3.50	0.4	4.00
الأثاثات:							
1- سبورة من الخشب	3.28	0.23	0.75	0.17	0.557	0.10	0.328
2- طاولة خشبية	2.40	0.15	0.36	0.10	0.240	0.10	0.240
	NO 66	0.15	9.9	0.10	6.60	0.10	6.60

4- وحدات انارة 40×40							
مستمعين علي مقاعد منجدة (للشخص الواحد) (3/2 من سعة القاعة).	NO 346 مستمع	0.19	65.74	0.47	162.62	0.51	176.46
مقاعد منجدة خالية من المستمعين (3/1 من سعة القاعة).	NO 174 مقعد	0.12	20.88	0.28	48.72	0.32	55.68
الهواء	1737.36	-	-	-	-	0.004	6.949
مجموع مساحة الامتصاص			242.4		261.237		307.997
زمن الإرتداد الفعلي	بالثانية (s)	1.14677s		1.064		1.141s	
زمن الإرتداد الأمثل		1.005s		1.005s		1.005s	

تم إيجاد زمن الإرتداد الأمثل من الCHART

$$t = 4\left(0.012\sqrt[3]{1737.36} + 0.107\right) = 1.005\text{s}$$

ومن ثم إيجاد زمن الإرتداد الفعلي في كل الترددات بواسطة معادلة سابين وقد كان الآتي :

- في التردد الأدني (125 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$t = 0.16 \times 1737.36 \div 242.4 = 1.14677\text{s}$$

- في التردد الأوسط (500 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$t = 0.16 \times 1737.36 \div 261.237 = 1.064$$

- في التردد الأعلي (2000 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$t = 0.16 \times 1737.36 \div 243.532 = 1.141\text{s}$$

نلاحظ أن أزمنة الترددات المتحصل عليها تفترق بشكل واضح

عن زمن الإرتداد المتحصل عليه من مخطط زمن الإرتداد الأمثل . وبذلك تعتبر القاعة بها إشكالية صوتية . ولمعالجة الإشكال نوصي بالمقترحات الآتية :

- إضافة مواد ماصة جديدة للقاعة ، ولمعرفة كمية الإمتصاص اللازمة وبتعديل معادلة سابين لإيجاد مساحة الإمتصاص المطلوبة عند التردد 500 :

وبطرح مساحة الامتصاص عند زمن الإرتداد الأمثل من مساحة الإمتصاص الفعلية تكون كمية الإمتصاص المطلوبة = 15.33m2 وذلك كالآتي:

$$A = 0.16V \div t$$

$$A = 0.16 \times 1737.36 \div 1.064 = 276.595m2$$

$$276.595 - 261.257 = 15.33m2$$

وتكون المادة الماصة إما بإضافة مواد ماصة علي الحائط الخلفي للقاعة (بعيدا عن مصدر الصوت) أو تكون في شكل سجاد علي الأرضية وذلك لتقليل وعزل الضوضاء الناتجة عن وقع الأقدام وإمتصاص وتقليل الفارق في زمن الإرتداد .

- خفض مستوي السقف (FLASE SEILING) ليكون علي إرتفاع 3.5م وذلك لتقليل حجم القاعة وبالتالي تقليل زمن الإرتداد و ذلك بإستخدام معادلة سابين :

الحجم المثالي للقاعة = عدد المقاعد × الحجم الأمثل للشخص الواحد (م3)

$$2.80 \times 520 = 1456\ \text{m3}$$

وبأخذ زمن الإرتداد الأوسط (الحجم الجديد):

$$0.16 \times 1520.19 \div 261.23 = 0.931\text{s}$$

وبأخذ زمن الإرتداد الجديد ومقارنتة بزمن الإرتداد المتحصل عليه من المخطط وهو 1.005 s فإنه يكون مقبول لحل إشكالية القاعة الصوتية .

4-2-4 حالة الدراسة رقم (4) القاعة (C) جامعة أمدرمان الإسلامية – كلية الهندسة

- **الموقع العام : SITE PLAN:**

تقع القاعة في الجزء الشمال الغربي من المخطط العام لكلية الهندسة ويحدها من الناحية الجنوبية شارع ثم مجمع كليات ومن الناحية الشرقية مسطحات خضراء ومن الناحية الشمالية غرفة الكهرباء والمحول ومن الناحية الغربية شارع ثم الكافتيريا .

الشكل (4-39) : الموقع العام للقاعة (C)

المصدر : موقع خرط قوقل (Google.com،2018)

الشكل (4-40) : شكل القاعة من الخارج

(المصدر: الباحث)

- **دراسة الفراغ الداخلي للقاعة :**

تم القيام بعمل مسوحات للفراغ الداخلي والأحجام والأشكال والتوزيع الداخلي للأثاثات و الفتحات والتشطيبات وأجهزة الانارة وأجهزة الصوت كما موضح :

- عدد الاشخاص المستخدمين للقاعه **234** شخص

- مساحة القاعة الكلية **209.96**م2

1- الأسقف ROOFS :

- يتكون سقف القاعة من ألواح الزنك في الطبقة الخارجية و طبقة من مادة عازلة ويتكون السقف الداخلي من السقف المستعار بالإضافة للتوزيعات الكهربائية من إضاءة وفتحات للتكييف . ويوجد مسافة هوائية بين السقف الخارجي والسقف المستعار .كما موضح في الشكل (4-40).

الشكل (4-41) : شكل السقفة من الداخل

(المصدر: الباحث)

2- الحوائط WALLS :

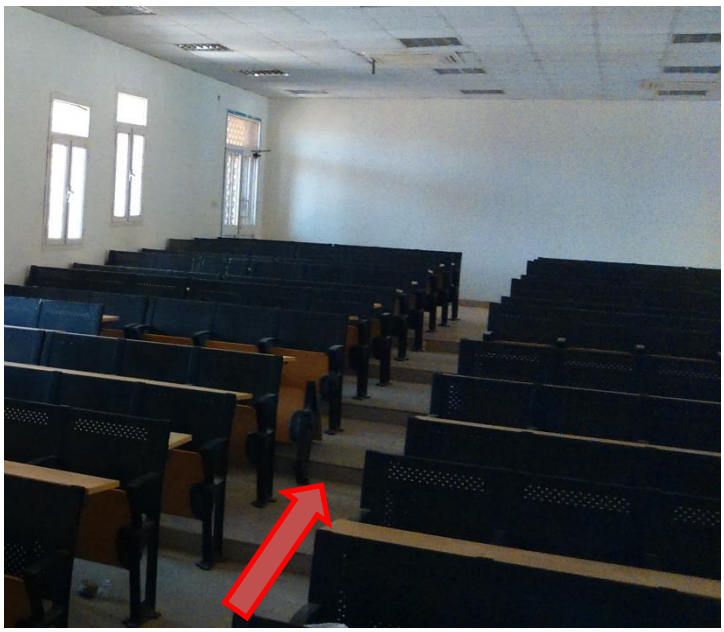
هي عبارة عن حوائط مبيضة من الداخل والخارج ومطلية باللون الأبيض من الداخل كما موضح في الشكل (4-41).

الشكل (4-42) : شكل الحوائط الداخلية للقاعة

(المصدر: الباحث)

3- الأرضيات FLOORS :

هي عبارة عن أرضية من السيراميك مدرجة ، إرتفاع كل درجة 12 سم وفي مقدمتها المنصة الأمامية (للمحاضر) وتصل مساحتها الي 209.96 م2. كما موضح في الشكل (4-42)



الشكل (4-43) : شكل الأرضية وتدرجها

(المصدر: الباحث)

4- الأبواب و النوافذ :

يوجد بالقاعة عدد 3 أبواب كبيرة من الزجاج والألمونيوم ابعاد الباب الواحد (1.80*2.70) وعدد 10 نوافذ من الزجاج والألمونيوم ابعاد النافذة الواحدة (1.00*1.60) . كما موضح في الشكل (4-43) والشكل (4-44).

الشكل (4-44) : شكل الأبواب

(المصدر: الباحث)

الشكل (4-45) : شكل النوافذ

(المصدر: الباحث)

5- سطح العمل :

يتكون سطح العمل من (مقاعد + طاولات) وأبعاد المقعد (0.5×0.90) وعدد المقاعد تسع 234 شخص . ونلاحظ من الشكل (4-45) أن المقاعد مصنعة من الخشب مثبتة علي قوائم من الحديد . كما يوجد بعض المقاعد تحتاج الي صيانة .

الشكل (4-46) : شكل المقاعد

(المصدر: الباحث)

7- الأجهزة الكهربائية :

أجهزة الإنارة وأجهزة التكييف وأجهزة الصوت :

يوجد بالقاعة عدد 8 جهاز إنارة يحتوي الجهاز الواحد علي 4 لمبات فيصبح المجموع الكلي لأجهزة الإنارة 32 جهاز إنارة . مع العلم أنه يوجد بعض أجهزة الإنارة متعطلة . كما يوجد بالقاعة عدد 7 وحدات تكييف كاست ، كما يوجد عدد 6 سماعات مركبة علي السقف. كما موضح في الأشكال (4-46) و(4-47) و(4-48) .

الشكل (4-47) : شكل وحدات التكييف

المصدر: الباحث

الشكل (4-48) : شكل أجهزة الإنارة

(المصدر: الباحث)

الشكل (4-49) : شكل أجهزة الصوت

(المصدر: الباحث)

التحليل الصوتي للقاعة (C) :

تم عمل الخطوات الآتية :

- ايجاد زمن الارتداد الامثل من مخطط زمن الارتداد .
- ايجاد مساحات الأسطح والتشطيبات والأثاثات وأجهزة ووحدات التكييف في كل الترددات (دنيا – وسطي- عليا). وذلك بعد عمل المسوحات للقاعة:
- حساب مساحات المواد المستخدمة في تشطيب القاعة:

- الحوائط = 194.472م2
- السقف (جبص) = 209.96 م2
- الأرضية (سراميك) =209.96 م2
- عدد المقاعد = 234 مقعد
- 3 أبواب من الزجاج والألمونيوم =14.58م2
- زجاج النوافذ سمك 3 مم = 16 م2

- حساب زمن الإرتداد الفعلي للقاعة (RT) :-

وذلك حسب الجدول التالى جدول (4-4) .

جدول (4-4) : زمن الإرتداد الفعلي للقاعة (C)

المصدر : (الباحث)

السطوح الداخلية ومحتوياتها	مساحة السطح م2	تردد أدني 125 HZ		تردد متوسط 500 HZ		تردد أعلي 2000 `HZ	
		α		α		α	
الحوائط: بياض بالمونة الأسمنتية	194.47	0.02	3.889	0.02	3.889	0.04	7.778
الأرضيات: بلاط عادي Shading by seats	209.96	0.01 خصم %20	1.68 -41	0.02 خصم %40	2.51 -83.78	0.02 خصم %60	1.675 - 125.682
السقف : سقف مستعار	209.96	0.29	60.74	0.05	10.47	0.07	14.66
الفتحات: 1- باب من الزجاج والألمونيوم	12.6	0.20	2.52	0.10	1.26	0.05	0.63
3- شباك زجاج	24.32	0.20	4.86	0.10	2.43	0.05	1.21
4- فتحات مكيف	NO 7	0.15	1.05	0.35	2.45	0.4	2.80
الأثاثات:							
1- سبورة من الخشب	3.28	0.23	0.75	0.17	0.557	0.10	0.328
2- وحدات انارة	NO 8	0.15	1.2	0.10	0.80	0.10	0.80
60×60	NO 6	0.15	0.90	0.35	2.10	0.40	2.40
3- سماعة	NO 7	0.23	1.61	0.17	1.19	0.10	0.70
4- فتحات تكييف							
مستمعين علي مقاعد خشبية / معدنية (للشخص الواحد) (3/2 من سعة القاعة).	NO156 مستمع	0.16	24.96	0.40	62.4	0.43	67.08

مقاعد خشبية / معدنية خالية من المستمعين (3/1 من سعة القاعة).	**NO 78 مقعد**	**0.07**	**5.46**	**0.15**	**11.70**	**0.18**	**14.04**
الهواء	**755.85**	–	–	–	–	**0.004**	**3.023**
مجموع مساحة الامتصاص			**109.619**		**101.756**		**117.124**
زمن الإرتداد الفعلي	**بالثانية (s)**	1.103		1.12		1.03	
زمن الإرتداد الأمثل بالثواني		0.865		0.865		0.865	

تم إيجاد زمن الإرتداد الأمثل من المعادلة (ستيفن و بيتس):

$$t = 4\left(0.012\sqrt[3]{755.85} + 0.107\right) = 0.865s$$

ومن ثم إيجاد زمن الإرتداد الفعلي في كل الترددات بواسطة معادلة سابين وقد كان الآتي :

– في التردد الأدني (125 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$t = 0.16 \times 755.85 \div 109.61 = 1.103\text{s}$$

– في التردد الأوسط (500 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$t = 0.16 \times 755.85 \div 101.75 = 1.12s$$

– في التردد الأعلي (2000 HZ) زمن الإرتداد الفعلي :

$$t = 0.16 \times 755.85 \div 117.12 = 1.03s$$

نلاحظ أن أزمنة الترددات المتحصل عليها تفترق بشكل واضح عن زمن الإرتداد المتحصل عليه من مخطط زمن الإرتداد الأمثل . وبذلك تعتبر القاعة بها إشكالية صوتية . ولمعالجة الإشكال نوصي بالمقترحات الآتية :

وبما أن زمن الإرتداد الفعلي أكبر من زمن الإرتداد الأمثل .إذن لابد من:

- إضافة مواد ماصة جديدة للقاعة ، ولمعرفة كمية الإمتصاص اللازمة وبتعديل معادلة سابين لإيجاد مساحة الإمتصاص المطلوبة عند التردد 500 :

وبطرح مساحة الامتصاص عند زمن الإرتداد الأمثل من مساحة الإمتصاص الفعلية تكون كمية الإمتصاص المطلوبة = 38.05m2 وذلك كالآتي:

$$A = 0.16V \div t$$

$$A = 0.16 \times 755.85 \div 0.865 = 139.81 - 101.756 = 38.05m2$$

وتكون المادة الماصة إما بإضافة مواد ماصة علي الحائط الخلفي للقاعة أو بعمل تنجيد للمقاعد أو تكون في شكل سجاد علي الأرضية وذلك لتقليل وعزل الضوضاء الناتجة عن وقع الأقدام وإمتصاص وتقليل الفارق في زمن الإرتداد .

4-3 الخلاصة

(أ) موقع القاعات وما يحيط بها من بيئات كالنشاطات الطلابية وميادين كرة القدم ووجود الورش والكافتريات والمكاتب جعلنا نفترض وجود إخلال وتدني بالوظيفة . والذي أكد علي ذلك التحليل الصوتي بالطريقة الحسابية لكل الترددات (دنيا – وسطي– عليا) مقارنة بالمتحصل عليه من مخطط زمن الإرتداد الأمثل لجميع حالات الدراسة وثبوت صحة الفرضية يفرض علينا الآتي:

- لابد من إختيار الموقع المناسب للقاعة الدراسية
- الإختيار الأمثل لمواد التشطيب والتنفيذ .
- صيانة الأجزاء المفككة والمتآكلة (الصيانة الدورية) والتي تكون غالبا مصدرا للضوضاء.

(ب) بالنسبة للقاعة (1) ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

- عدم وجود مواد ماصة في الحوائط أو الأسقف أو الأرضيات والتي تساعد في تقليل نسبة الضوضاء.
- قرب الكافتريا والورش وساحات النشاط الطلابي من القاعة أثر علي وظيفة المبني .

– وجود فجوات هوائية وتشققات حوالي الأبواب والشبابيك مما يقلل من خاصية العزل الصوتي للقاعة من الضوضاء الخارجية .

(ج) بالنسبة للقاعة (2)، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا:

– عدم وجود مواد ماصة في الحوائط أو الأسقف أو الأرضيات والتي تساعد في تقليل نسبة الضوضاء.

– وجود فجوات هوائية وتشققات حوالي الأبواب والشبابيك مما يقلل من العازلية الصوتية للقاعة من الضوضاء الخارجية .

(د) بالنسبة لقاعة البروفيسور حامد أحمد الحاج اسماعيل ، جامعة أمدرمان الإسلامية – كلية الهندسة:

– عدم وجود مواد ماصة في الحوائط أو الأسقف أو الأرضيات والتي تساعد في تقليل نسبة الضوضاء.

– وجود فجوات هوائية وتشققات حوالي الأبواب والشبابيك مما يقلل من العازلية الصوتية للقاعة من الضوضاء الخارجية.

– قرب وحدات التكييف الخارجية من الفتحات

(هـ) بالنسبة للقاعة (C) جامعة أمدرمان الإسلامية – كلية الهندسة:

– عدم وجود مواد ماصة في الحوائط أو الأسقف أو الأرضيات والتي تساعد في تقليل نسبة الضوضاء.

– قرب الكافتريا والورش وساحات النشاط الطلابي من القاعة أثر علي وظيفة المبني .

– وجود فجوات هوائية وتشققات حوالي الأبواب والشبابيك مما يقلل من العازلية الصوتية للقاعة من الضوضاء الخارجية .

الفصل الخامس

الخلاصات والتوصيات

5-1 مقدمة

بعد التحليل و الدراسة والنتائج حسب ما ذكر في الفصول السابقة تم الوصول الى أهم الخلاصات وخاصة الفصل الرابع ، وفضلا على ذلك يقوم الفصل بالتوصيات، عن كل خلاصة توصل اليها البحث ، كما يقوم الفصل بتوصيات، بشأن البحوث والدراسات، المستقبلية المقترحة.

5-2 الخلاصات

تتلخص المشاكل عموما في عدم الإختيار المناسب لموقع القاعة المراد إنشاءها يؤدي الي الفشل في الأداء الصوتي الجيد ، حيث يجب دراسة حجم الحركة لها ، وبعدها عن الضجيج الخارجي . أما بالنسبة للخصائص الصوتية في القاعات فقد وجدنا بعض العيوب في شكل وحجم القاعة والأسطح الداخلية والتشطيبات والأثاثات الداخلية لبعض القاعات . كما أن المعالجات الصوتية التي تمت فقد وجدنا أخطاء بالقاعات حيث لا يقوم بهذه المعالجات إختصاصيون معماريون أو أخصائيو صوتيات. و بالنسبة لجميع القاعات فإن الفتحات ، سواء فتحات تكييف أو شقوق بالجدران أو كسر زجاج النوافذ ، بالإضافة إلي ضوضاء بعض أجهزة التكيف والمراوح ، ذلك كله له الأثر الكبير علي خواص العزل الصوتي للقاعات . وبالنسبة لحالات الدراسة فقد وجدنا ما يلي :

(أ) القاعة (1) جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا :

- من حيث التخطيط يعتبر موقع القاعة غير مناسب حيث أنه يقع بالقرب من الخدمات المسببة للضجيج وهي: الكافتريات التي بالقرب منها وساحة النشاط الطلابي (منطقة المثلث) مما يقلل من فعاليه الأداء الصوتي للقاعة .
- بعد إختبار القاعة حسابيا وجد أن القاعة تفتقر الي المواد الماصة للصوت بصورة كافية داخل القاعة .
- وجود فجوات هوائية حول الأبواب والشبابيك يقلل من عزل الضوضاء الخارجية .

(ب) القاعة (2) جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا :

- من حيث التخطيط يعتبر موقع القاعة غير مناســـب حيث أنه يقع بالقرب من ورش الهندسة الميكانيكية المسببة للضجيج مما يقلل من فعاليه الأداء الصوتي للقاعة .
- بعد إختبار القاعة حسابيا وجد أن القاعة تفتقر الي المواد الماصة للصوت وذلك لتفادي المشاكل الصوتية داخل القاعة.
- وجود فجوات هوائية حول الأبواب والشبابيك يقلل من عزل الضوضاء الخارجية .

(ج) قاعة البروفيسور حامد أحمد الحاج إسماعيل_ جامعة أمدرمان الإسلامية:

- من حيث التخطيط يعتبر موقع القاعة غير مناســـب حيث أنه يقع بالقرب من الورش المسببة للضجيج مما يقلل من فعاليه الأداء الصوتي للقاعة .
- بعد إختبار القاعة حســابيا وجد أن القاعة تفتقر الي المواد الماصــة للصــوت بصــورة كافية داخل القاعة.
- وجود فجوات هوائية حول الأبواب والشبابيك يقلل من عزل الضوضاء الخارجية .

(د) القاعة (C) جامعة أمدرمان الإسلامية:

- من حيث التخطيط يعتبر موقع القاعة غير مناســـب حيث أنه يقع بالقرب من الخدمات المسببة للضجيج مما يقلل من فعاليه الأداء الصوتي للقاعة .
- بعد إختبار القاعة حسابيا وجد أن القاعة تفتقر الي المواد الماصة للصوت بصورة كافية داخل القاعة.
- وجود فجوات هوائية حول الأبواب والشبابيك يقلل من عزل الضوضاء الخارجية .

5-3 التوصيات :

- الإختيار الأمثل لموقع القاعة وبعدها من مصادر الضوضاء .
- لتقليل مصادر الضوضاء الخارجية يجب توقيع المبني بعيدا عن مصادر الضوضاء واســـتخدام الحواجز الطبيعية والصـــناعية ومراعات موقع الحواجز بالنســـبة لمصـــدر الصوت.
- لتقليل مصادر الضوضاء الداخلية يجب استخدام المواد العازلة للصوت.

- زمن التردد في القاعة الدراسية يتأثر بعدد الحضور ونوعية المقاعد من حيث إمتصاص الصوت ، لذلك يفضل أن تكون المقاعد من النوع المنجد وذلك لتحسين الإمتصاص .
- رفع العازلية الصـــوتية للأجزاء الضـــعيفة والتي تعني محاولة تقليل أو إلغاء الفراغات الهوائية حول الأبواب و الشبابيك ويجب كذلك الإهتمام بالأسقف المستعارة FALSE CEILING والقواطع الموجودة .
- قلة البحوث والدراســـات والكتب والمجلات والمواقع علي الإنترنت التي تهتم بالعزل الصوتي ، بالإضافة الي أنه لابد من التسهيلات للحصول علي البيانات والمعلومات الصحيحية والمعلومات الضرورية لإنجاز البحوث والدراسات العلمية .
- إهمال الجانب الصوتي في التصميم ، وفي هذا لابد من وضع قوانين تحث علي ذلك
- إن هنالك إعتبارات مهمة الواجب توفرها ضمن البيئة التعليمية لزيادة أداء الطلبة المتمثلة في الإعتبارات البيئية والتصميمية
- نشر الوعي عن طريق وسائل الإعلام المختلفة عن مخاطر الضوضاء علي الصحة العامة .
- إستخدام الأجهزة الكهربائية والميكانيكية المناسبة التي لا تسبب في إحداث ضوضاء داخلية للقاعات التعليمية .

5-4 توصيات ببحوث مستقبلية:

- عمل دراسة دقيقة وتفصيلية للمتطلبات الصوتية الواجب توفرها داخل قاعات المحاضرات
- توسيع دائرة البحث العلمي في مجال الصوتيات في المؤسسات التعليمية وذلك لحل الإشكاليات الصوتية لقاعات المحاضرات وغيرها .
- الإستعانة بالبحوث والدراسات التي يقوم بها المختصين من المعماريين وإختصاصي الصوتيات في حالة وجود خلل بالوظيفة الصوتية بالمباني.

المراجع :

1- حسن، سعود صادق 2005 ، الإضاءة والصوتيات في العمارة ، كلية التكنولوجيا و التنمية البشرية جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا .

2- عثمان ، صلاح الدين محمد1997 ، مبادئ التصميم الصوتي والسمعي في العمارة ، جامعة الخرطوم .

3- جمعة ، محمد أحمد 1987، التلوث الضوضائي وفوق الصوتيات ، دار الراتب الجامعية بيروت ، لبنان.

4- الخطيب ، أحمد2002 ، الصوتيات المعمارية النظرية والتطبيق – مكتبة الأنجلو المصرية.

5- فكري ، عبدالرحمن1955 ، مقدمة لأساسيات علم صوتيات المباني والتحكم في الضوضاء ، دار الحكيم للطباعة .

6- هاني ، عبيد 1996، هندسة الصوتيات للمهندسين المعماريين ، دار الفارس للنشر والتوزيع ، عمان .

7- خلوصي ، محمد ماجد2005 ، المباني التعليمية ، دار قابس للطباعة والنشر والتوزيع .

8- نداء نعمات مجيد 2008، أثر دراسة الضوضاء في تخطيط المدينة لتحديد استعمالات الأرض مجلة الأنبار للعلوم – الهندسية ،المجلد (1)،العدد(2).

9 – الأسس التصميمية والصوتية ، http://architect-duaa.blogspot.com/2018

10 – المواد الماصة للصوت ،2018. http://www.academia.edu/

11 – مركز الدراسات التصميمية والتخطيطية. ،2018 http://www.cpas-egypt.com/AR/NaderNamara_ar.html

12 – http://repository.sustech.edu/ 2018تقويم البيئة السمعية بقاعات المؤتمرات بالخرطوم

13 –https://acousticalsolutions.com/new-noise-control-kits-for-broadcast-and-recording-studios/2018

14- Kenana online.com/ 2018 الضوضاء والإهتزاز

15. Harris, G.M: **Handbook of Noise Control**. Mc Graw-Hill, NewYork, 1979.

16. Moore, J.E: **Design for Good Acoustics and Noise Control**, London, 1978.

17. Johan, Vander Werff, "**Speech Intelligibility in Rooms**", Proc. Inter. Noise 97, June 1997.