الفصل الأول

التعريف بالبحث

1 -1: مقدمة :

من نعم الله علينا أن وهبنا الله الحواس الخمس وربما تكون حاسة السمع هي من أهم الحواس علي الاطلاق ولذلك قد قدمت علي حاسة البصر في معظم آيات التنزيل الحكيم , وهي الحاسة التي لا تغيب عن الانسان في حياتة حتى فى نومة تقل عتبتها والا نام الانسان فى سبات عميق كما حدث لاصحاب الكهف . قال تعالى : ((**فضربنا علي آذانهم فى الكهف سنين عددا**)) (الكهف11) . ان الظروف الفيزيائية لمحيط التعلم مكملة لتحقيق الاتصال الجيد والتعلم الفعالين اذ توجد في محيط التعلم الذي يتكون من عناصر الحس الفيزيائي (كالصوت , الاضاءة , اللون) التي تصف خصائص المجال (Physical sensory) –الذي يتعلم فية الطالب كثير من العوامل التي من الممكن أن تعوق عملية الاتصال وتقلل من كفاءة وفاعلية التعلم , ذلك لتاثيرها في راحة الطالب الفيزيائية ودافعيتة للتعلم . ان احد هذ هالعوامل هى الخاصية الصوتية للقاعة الدراسية , حيث يعرف التصميم الصوتى للقاعات السمعية , بان هفن وممارسة هندسة تصميم هذة الفضاءات المميزة المتعلقة بالصوت , وفقا لمبادئ تحددها الاعتبارات الجمالية والعلمية , لغرض ايجاد المحددات التصميمية لكل ما يتعلق بالصوت او يحدثه او يحتويه او ينشأ عنه او يتحقق به اوينقله , بشكل يساعد علي تحقيق الهدف الذي انشئت من اجلة القاعة السمعية .

الصوت أحد الظواهر الطبيعية الفيزيائية التي وجدت مع الإنسان والطبيعة، ويعتبر الصوت وسيلة من وسائل الاتصال و التعبير عن الرأي .

فالصوت عنصر أساسي يجب دراسته عند التصميم الداخلي للأحيزة المعمارية أين كانت وخصوصا الأحيزة التي يكون الصوت عامل أساسي فيها كالمسارح وقاعات المؤتمرات وقاعات الاستماع .

ومن المؤكد انه تقع على عاتق المعمار المسئولية الأولى والأهم في تصميم مثل هذه القاعات مما يستدعي الإلمام بمبادئ الدراسات الصوتية المتمثلة بصورة أساسية في سلوك الصوت في الأحيزة المغلقة حيث يمكن من خلال هذه المعرفة اختيار شكل القاعة والتصميم الداخلي الأكثر ملاءمة لنــوع النشاطات المطلوب تخصيص المبنى فيها .

1 –2 : مشكلة البحث :

تكمن مشكلة الدراسة في ان عدم خلق بيئة سمعية جيدة داخل قاعات المؤتمرات يجعل من الصعوبة ادارة الحديث فيها ، وبالتالي انقطاع الاتصال السمعي للحديث بين المتحدثين والمستمعين .

في ظل هذا تأتي مشكلة الدراسة ألا وهي كيفية استخدام وإمكانية استخدام القاعة بصورهيكون فيها الحديث واضحا ، وخالياً من آي شوائب سمعية (الصدي الصوتي – الضوضاء) .

1 –3 : أهداف البحث :

أ / الهدف الأساسي إعداد دراسة لتهيئة بيئة سمعية جيدة داخل حالة الدراسة . التي تشمل :

- منع تكوين ظاهرة الصدي الصوتي داخلها .
- منع الضوضاء القادمة من الخارج وامتصاص الضوضاء والانعكاسات الزائدة بالداخل .

ب / تقديم مقترحات وتوصيات لحالة الدراسة وللامثلة المشابهة .

1 –4 : خطة البحث :

إختيار حالة دراسية مهمة وإختبارها و تحليلها ودراسة النتائج وتحديد مردود وكفاءة الاداء الصوتي للقاعة للتوصل إلي خلاصات في تطوير نظم الصوتيات للقاعة المستهدفة ، ومن ثم و ضع التوصيات الخاصة بتطوير تلك النظم لقاعات المؤتمرات .

1 – 5 : فرضيات الدراسة :

فرضية هذه الدراسة هي : أن المواصفات والخصائص الصوتية الملائمة للمواد المختارة لتشطيب الاسطح

الافقية والرأسية لقاعة المؤتمرات هي التي تحقق بيئة سمعية جيدة ومثالية داخل القاعة .

1- 6 : منهجية البحث :

تشمل الخطوات والطرق والاساليب المستخدمة ، ودراسة الجوانب النظرية وعمل تحليل للاداء الصوتي للخروج بنتائج امنة مساعدة علي خلق بيئة مثالية للاداء الصوتي للقاعة .

ترتكز المعلومات التي تضمنها البحث علي عدد من المصادر أهمها :-

1 / المصادر النظرية : تتمثل في الدراسات السابقة وعلاقتها الوثيقة والنفع الذي تقدمة للبحث والمراجع والمنشورات واوراق المؤتمرات ..... الخ .

2 / المصادر الميدانية والتحليلية : تتمثل في إختيار حالة وهي قاعة مؤتمرات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي بالخرطوم واجراء العمليات الرياضية واختبار المواد الخاصة لتشطيب الحالة المعنية .

الفصل الثاني

الصوت والخصائص الصوتية لقاعات الحديث

2 – 1 : المقدمة :-

يحتاج الصوت إلى ثلاثة عناصر لحدوثه وهي :(المصدر الصوتي – وسط لانتقاله – المستقبل) .
والمصدر هو جسم فيزيائي يهتز بفعل مصدر طاقة خارجي، أما الوسط اللازم لانتقال الصوت قد يكـون وسطا غازيا (الهواء) أو وسطا صلبا (الحديد)، أما المستقبل فهو عبارة عن أذن الإنسان أو أي جهـــاز الكتروني يستخدم لاستقبال الصوت.

يعتمد انتشار الصوت بشكل عام على الوسط الذي ينتقل فيه وعلى وجود عوائق في طريقه وفي حالة انتشار الصوت فإننا نتعامل مع مفهوم الصوت – الوسط – السامع .

في حالة الغرف فان الصوت الصادر عن مصدر صوتي ينتشر في كافة الاتجاهات في الغرفة ويصطـدم بعوائق تتمثل في جدار الغرفة التي تصد الصوت . إذا كان لدينا مصدر صوتي يرسل أمواج صوتية ساقطة على الجدار وبشكل عام فان الصوت يخضع لما يلي :

– قسم منه ينعكس على هذا الجدار .

– قسم منه يمر عبر هذا الجدار .

– قسم من الصوت يتحول إلى اهتزازات في الوسط وجزء منها يتحول إلى اهتزازات رنينية .

– جزء بسيط من الصوت الذي يتم امتصاصة بواسطة الاسطح والذي تحول إلى اهتزازات يتحول إلى حرارة.

أي أن السطح يتعامل مع الصوت الساقط عليه كما يلي : 1- يعكس قسما منه . 2- يمتص قسما منه . 3- يمرر قسما منه.

ولا بد أن نلاحظ أن جزءا من الصوت الممتص يتحول إلى حرارة لذلك يمكن التعامل مع مشكلة الصوتيات في المباني من ثلاث زوايا :

عازلية الصوت – إمتصاص الصوت – إنتشار الصوت

2 – 2 : خلفية نظرية :-

2 – 2 – 1 : مفهوم الصوت والضغط الصوتى :

هو أي إحساس يمكن لأذن الإنسان أن تستقبله ANY SENSATION PERCEPTIBLE TO HUMAN BEING EAR . أما التعريف الحديث للصوت فهو طريقة تمرير الطاقة من خلال الهواء وأي وسط مرن آخر على شكـل موجات ضغطية حيث أن الطاقة تتحول باستمرار و بسرعة من شكل إلى آخر وبشكل عام من الطاقــة الحركية إلى الطاقة الوضعية – ظاهرة فيزيائية تثير حاسة السمع ويختلف معدل السمع بين الكائنات الحية .والموجة الصوتية هي موجة طولية وحركة الموجة تنتشر للخارج من مركز الاضطراب فإن جزيــئات الهواء المفردة التي تحمل الصوت تتحرك جيئة وذهابا بنفس اتجاه حركة الموجة ومن ثم فان الموجــة الصوتية عبارة عن سلسة من الضغوط والخلخلات المتناوبة في الهواء .

وايضا يعرف الصوت بانة التعبير في ضغط الوسط المرن بحيث تستطيع الاذن البشرية تحسسة . ينتشـر الصوت علي شكل موجات صوتية طولية ذات ترددات تقع بين (20- 20000) هيرتز من مصـــدر الصوت الي الاذن البشرية بسرعات مختلفة حسب نوع الوسط المادى المنتقلة من خلالة . ان طول الموجة تقاس بمقدار سرعتها وترددها حيث ان :-

طول الموجة = سرعة الصوت / التردد

ان اقل طول موجة في الهواء هي (17 ملم) عندما تكون سرعة الصوت فية (340 متر/ثانية) وبتردد (20000 هيرتز) وان اطول موجة صوتية في الهواء تساوي (17 متر) عندما يكون التردد (20 هرتز) وبالسرعة السابقة . ان هذا الفرق الكبير بين اقصر واطول موجة مسموعة يظهر مدي الفرق الكبير فـي اطوال الموجة المسموعة , فالصوت المسموع وبتردد واحد يعرف بالنغمة النقية . وبما ان الصوت عبارة عن مجموعة ترددات لذا فانة مزيج من عدة نغمات نقية .

وتعتمد طبيعة اداء فعالية الكلام علي اصوات المتكلميين , والتي تختلف بعضها عن بعض بخصائـص جوهرية اولها شدة الصوت (Intensity)، والتي تعرف بانها المعدل الزمني للطاقة الصوتية التي تمر خلالوحدة المساحة , آي ان :-

الشدة = القدرة / المساحة

وللشدة تاثير علي الاذن يسمي العلو أو الجهارة . وثانيها تردد او ارتداد الصوت ، وللتردد تاثير في الأذن يسمـي درجة الصوت (Pitch) ، والتى تتولد نتيجة لاهتزاز الاوتار الصوتية وتتحكم في شدتها تقلصات عضليـة فتولد تغييرات من درجة الصوت . وثالثهما نوع الصوت (Timber)الذي يتوقف علي عدد التوافقيـات وهي النغمات التي ترددتها مضاعفات صحيحة للنغمة الأساسية لتهب الأذن صوتا ارق واجمل . ويتراوح المجال الترددي من (100 – 10000)هرتز ولغرض تحقيق درجة فهم جيدة في القاعات السمعية , بفضل تحديد هذا المجال من (125 – 4000)هرتز .

2 – 2 – 2 : التردد الصوتي(Reverberation):

بعد وصول الصوت المباشر الى اي نقطة في القاعة السمعية , تصل الانعكاسات الصوتية الاوليـة , وسرعان ما تزداد سرعة تعاقب الانعكاسات الصوتية , وتقل الطاقة الصوتية تدريجيا الي ان تضمحـل , بصورة رئيسية تحدث هذ هالظاهرة في القاعات السمعية المغلقة , مما يساعد علي تقوية واطالة الصـوت الاصلى . وبعبارة اخري ، فالمجموع الكلى لهذ هالانعكاسات الصوتية الواصلة لتلك النقطة بعد توقـف مصدر الصوت عن البث فجأة يعرف بالتردد او الارتداد الصوتي . ان التحكم بالتردد الصوتي وما يكونة من انطباعـات سمعية لهالاثر الكبير في ادراك وتمييز الصوت العابر (Transient Sound)، وهو

الصوت الذي يبــث او يتوقف فجائياً من مصدرة ، حيث يساعد التحكم بالارتداد الصوتي في الحفاظ علي الاصوات الكلاميــة والموسيقية العابرة وتقويتها ، لاجل تحقيق فهم الكلام . ونظرا لاهمية عملية التحكم بالارتداد الصوتـــي علي التصميم الصوتي للقاعات السمعية ، يستعمل زمن الارتداد الصوتـــي (Reverberation Time) لعملية قياس الارتداد الصوتي ، والذي يعرف بالزمن اللازم لتلاشي مستوي منسوب الضغط الصوتي بمقدار (60 ديسبل) عن قيمتة العليابعد التوقف الفجائي لمصدر الصوت عن البث . وهناك عدة صيغ لحساب زمن الارتداد الصوتي اهمها صيغة سابين (Sabine Formula) ، وان قيمة زمـــــن الارتداد الصوتي تتنوع بحسب استعمال الفضاء كما هو موضح في الجدول رقم (2-1) .

جدول رقم (2-1) زمن الارتداد المناسب لاستعمال الأحيزة السمعية

زمن التردد (ثانية)	الحالة السمعية
اقل من 1.0	مثالي الحيز الكلامي
1.5 – 1.0	جيدة الحيز الكلامي , مناسب الحيز الموسيقي
2.0 – 1.5	مناسب الحيز الكلامي , جيد الحيز الموسيقي
اعلي من 2.0	ردئ الحيز الكلامي , جيد الحيز الموسيقي

المصدر : مجلة الأنبار للعلوم الهندسية ، (1)

وبصورة اساسية هناك عدة عوامل رئيسية يجب اخذها بنظر الاعتبار عند حساب زمن الترديد الصوتي وكما في الجدول رقم (2-2) .

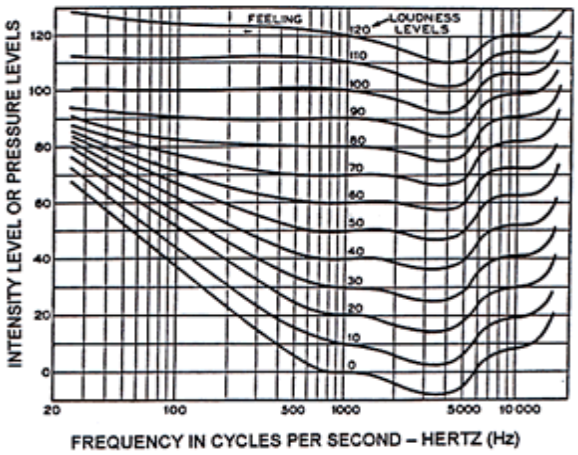
جدول رقم (2–2) العوامل المؤثرة في زمن الارتداد الصوتي .

العوامل المؤثرة	طريقة التاثير	السبب
حجم القاعة السمعية	R.T تتناسب طرديا مع	بزيادة حجم القاعة السمعية يزداد طول مسارات الانعكاسات الصوتية دون التعرض لعملية الانعكاس او الامتصاص , مما يسبب احتفاظ هذة الانعكاسات بطاقتها الصوتية اطول فترة ممكنة .
معامل الامتصاص الصوتي	R.T تتناسب عكسيا مع	بزيادة معامل الامتصاص الصوتي للقاعة السمعية يزداد امتصاص الطاقة الصوتية للانعكاسات الصوتية , مما يؤدي بدورة الي تقصير زمن اضمحلالها .
فاعلية القاعة السمعية	بالنسبة للكلام	يفضل ان يكون اختلاف زمن التردد الصوتي قليلا جدا بالنسبة للمكونات الترددية .
	بالنسبة للموسيقي	يفضل ان يكون زمن الارتداد الصوتي بالنسبة للترددات 125هرتز مرة ونص او اكثر بالنسبة للترددات التي تزيد عن 500هرتز ولغرض الاتاحة الي سماع واستيعاب المكونات الترددية كافة .
الرطوبة النسبية	R.T تتناسب عكسها مع	بسبب امتصاص الهواء للطاقه الصوتيه للانعكاسات وتحوليها الي الحراريه خاصه بنسبه المكونات الترددية التي تزيد علي 2000هرتز والقاعات السمعيه التي يزيد حجمها علي 1000متر مربع .
الحاضرون	R.T تتناسب عكسها مع	تمتص اجسام الحاضرين معظم الطاقة الصوتية , وخصوصا بالنسبة للمكونات الترددية ضمن 250هرتز ولذلك يفضل حساب مساحة وحدات الامتصاص واضافتها الي السطوح الداخلية للقاعة بافتراض وجود ثلث الحاضرين لجعل زمن التردد الصوتي لا يتوقف علي عدد الحاضرين .

المصدر : مجلة الأنبار للعلوم الهندسية ، (1) .

2 – 2 – 3 : العلو والجهارة (Loudness):

أن تامين الجهارة الصوتية الملائمة لكافة مقاعد القاعة ذو اهمية كبيرة في فهم الكلام ولقد وضحـــت منحنيات الجهارة(Equal Loudness Contour) والذي يمثل كل منحني تأثير شدة الصوت علي سمع الانسان وبتغيير (S.P.L) والترددات(F) كما في الشكل رقم (2–1) ادنا هـ, وان تحسس الاذن البشريـــة منسوب الصوت لهذين العاملين يختلف عن ما تسجلة اجهزة القياس الصوتي . اي هناك فرق بين التحسس الذاتـــي والموضوعي مما يوضح اهمية هذا المؤشر في تحقيق كفاءة الاداء الصوتي للفاعليـــة الكلامية .



شكل رقم (2–1) مخطط العلو الصوتي .

المصدر : مجلة الأنبار للعلوم الهندسية ، (1)

2 – 2 – 4 : مؤشر فهم الكلام والمفهومية (Intelligibility of speech and Articulation) :

يعد هذا المؤشر احد دلائل النقاوة الصوتية في القاعة الكلامية. ان تعبير فهم الكلام يعني فهم كلمات ذات معني سواء كانت من مقطع واحد او عدة مقاطع . اما تعبير المفهومية فيقصد بـ هـ فهم الالفاظ او كلمات لا معني لها متكونة من مقطع واحد . ان مؤشر الفهم والمفهومية يؤثر بالدرجة الاولـــي علي زمن الترديد وكفائة الانعكاسات الصوتية الاولية .

ويمكن تحديد دليل مفهومية الكلام بثلاثة طرق :-

أ) الطريقة الرياضية :

دليل المفهومية = (كثافة الصوت المباشر+كثافة الصوت المنعكس لغاية 50ملي ثانية)/(كثافة كافة الانعكاسات الصوتيةالاخري)

وبهذة العلاقة تحصل علي صفة مقربة لدليل فرز المقاطع الكلامية ومؤشرا جيدا في وضع التصاميم الصحيحة للقاعة حسابيا . ويعد العدد الحسابي المساوي او اكثر من (0.2) دليل فرز المقاطع الكلامية والمحسوبة بالمعادلة اعلاة مؤشرا لصفة السماع الصوتي الجيد للقاعة وكما في الجدول رقم (2-3) :-

جدول رقم (2-3) مؤشر فرز الكلام وتقييم الوضوحية

النسبة المؤية للمقاطع المسموعة %	مؤشر فرز الكلام	التقييم الصوتي
20 – 0	0.2 – 0.1	ضعيف
40 – 20	0.3 – 0.2	مقبول
60 – 40	0.4 – 0.3	متوسط
80 – 60	0.6 – 0.4	جيد
100 – 80	1.0 – 0.6	جيد جدا

المصدر : مجلة الأنبار للعلوم الهندسية ،(1)

ب) القياسات الميدانية المباشرة :

(. Acoustical Measurement of Intelligibility of Speech or Articulation)

وهي قياس شدة الضوضاء للفضاء المراد معرفة شدة الصوت بة. تقاس شدة الضوضاء بوحدة الديسيبل decibel , وهي أضعف الاصوات التي يمكن لأذن الأنسان السليم التقاطها وتساوي 20 من المليون من الباسكال تقاس شدة الضوضاء بجهاز يسميSound Level Meter .

يستخدم العلماء وحدة تسمى الديسيبل لقياس مستوى شدة الصوت. والنبرة ذات التردد 3,000 هرتز وذات مستوى الشدة صفر ديسيبل، هي فاصل عتبة السمع، أي أضعف صوت تستطيع الأذن البشرية

الطبيعية أن تسمعه. ومستوى شدة الصوت الذي قيمته 140 ديسيبلا هو مؤشر عتبة الألم. ولا تحدث الأصوات ذات 140 ديسيبلا ، أو أكثر، إحساسًا بالسمع في الأذن، وإنما تحدث إحساسًا بالألم. ويبلغ الهمس نحو 20 ديسيبلا، والمحادثة العادية نحو 60 ديسيبلا . أما موسيقى الرقص الصاخبة ، فقد تعطي نحو120ديسيبلا.

وقياس الديسيبل متضاعف، فمثلاً كل زيادة مقدارها 10 ديسيبل تمثل زيادة بعشرة أضعاف في شدة الصوت. وكذلك فإن تقبّل الإنسان للأصوات العالية متضاعف أيضًا. فكل زيادة مقدارها 10 ديسيبل يحس بها الإنسان كتضاعف ارتفاع الصوت. وهكذا فإن صوتًا شدته 30 ديسيبل يعتبر أقوى 10 مرات من صوت شدته 20 ديسيبل، وأعلى منه مرتين في الارتفاع. وهكذا يكون الصوت الذي شدته 40 ديسيبل، يعتبر أقوى 100 مرة من صوت شدته 20 ديسيبل، وأعلى منه في الارتفاع 4 مرات. ويطلق على هذا التضاعف «مقياس لوغاريتمي».

ولو تعرض الإنسان العادي إلى ضوضاء شدتها 45 ديسيبل، فإنه لا يستطيع النوم. وعندما تصل شدة الضجيج إلى نحو 100 ديسيبل، فإن الأذن تشعر بالألم، ولو زادت الشدة عن ذلك. فإن جهاز السمع يتلف وقد يصاب الإنسان بالصمم.

ويعتبر الحد المسموح بها في قاعات المؤتمرات يتراوح بين 30 – 35 ديسيبل .

ج)طريقة الحكم الذاتي (Subjective method):

وذلك باختيار قائمة من كلمات ذات مقطع مفهوم وكلمات ذات مقاطع مبهمة , علي ان تتضمن كـــل الاحتمالات اللغوية من ترتيب حروف العلة والساكنة واللينة وهناك دراسات كثيرة قامــت باعداد قوائـــم مشابهة اثناء معالجتها لبعض المشاكل الصوتية في بعض القا عات المصممة وكذلك اعداد قوائم للكـــلام الاعتيادي ولمقاطع كلامية مبهمة وبالتباحث مع اختصاصيين في اللغة العربية ووفق ما تقتضية خصوصية اللغة . وتتم مقارنة نتائج هذة الطريقة بجداول قياسية تعتمد علي فهم الكلمات .

2 – 3 : الخصائص الصوتية للاحيزة المعمارية :-

يتركب الحديث من نسيج متداخل من اصوات متحركة Vocals واصوات ساكنة Consonants . ويرجـع الفضل للاصوات المتحركة في اعطاء الشخصية المميزة لكل متحدث . اما الاصوات الساكنة فتكـــون سرعتها اقل وذات قوة اقل وترددات عالية غالبا ، ولذلك فانها تكون اكثر تعرضا للخطأ في تمييزهـــا وادراكها وبالتالي فان اهمية الحديث تتوقف اساسا علي الاصوات الساكنة .

اما من جهة القوة ، فان قوة الصوت في الحديث منخفضة بصفة عامة ، ويكفي ان نذكر انة يلزمنا نحو 15 مليون متحدث لاصدار قوة صوت تعادل قوة حصان واحد (حوالي 750 واط) .

وتختلف قوة الصوت من الرجال الي النساء فتتراوح ما بين 10 – 90 ميكرو واط (واحد علي مليون واط) بالنسبة للرجال ، اما بالنسبة النساء فتتراوح بين 8 – 55 ميكرو واط ، وعلي هذا فان مستوي الصوت علي بعد واحد متر من الذكر غالبا ما يكون 64 ديسيبل ، اما علي نفس البعد من الانثي فيكون 61 ديسيبل .

وقد لوحظ ان المتحدث غالبا ما يميل لرفع صوتة عند تواجد هفي قاعة كبري ، وذلك في محاولة منهلتوجيه صوتهة لاكبر قدر ممكن من المستمعين .

وتختلف الموسيقي عن الحديث من حيث مركباتها ، فهي تتركب من نغمات اساسيـة Fundamentals ونغمات توافقية Harmonics ويتوقف علي هذا التركيب امكانية تمييز الصوت الصادر من آلة عـــن الصوت الصادر من آلة آخري .

وكذلك تختلف الموسيقي عن الحديث من حيث القوة ، وبصفة عامة فان قوة الصوت الصادرة عـن الالات الموسيقية تفوق بكثير قوة الصوت الصادرة عن المتحدث ، اذ قد تصل الي 500 – 5000 مكـيرو واط ويترتب علي ذلك ان صالات الموسيقي قد تكون اكبر حجما ومع ذلك تتوافر لها شدة كافية للصوت .

نتيجة لهذا الاختلاف بين الحديث والموسيقي فان ما يصلح للتقييم في الاولي (اختبارات الوضوح) لا يصلح في الحالة الثانية . فالوضوح ليس هو المعيار الوحيد للحكم علي نوعية الموسيقي ، بل يتوقف الاستمتـاع بالموسيقي علي عدة صفات مميزة لا بد من توافرها وهي : الوضوح – امتلاء النغمات – التـــوازن –

الامتزاج (يضاف الي هذة الشروط التخلص من العيوب الصوتية) وتتاثر كل من هذة العوامل بشكـــل وتصميم القاعة .

2 – 3 . 1 : تقييم وضوح الحديث :-

الوسيلة الي ذلك هي ما يعرف باختبارات وضوح المقاطع ، وتعتمد علي قيام احد الاشخاص بنطق مجموعة من المقاطع عديمة المعني وقيام احد المستمعين بتسجيلها كتابة وقياس نسبة المقاطع الصحيحة فيها ، وهذا يعطي الدلالة علي معنى وضوح الصوت . وتتوقف علي :-

أ / العلاقة بين مستوي الصوت والضوضاء ونسبة المقاطع الصحيحة : عند ثبات مستوي الضوضاء فـان نسبة المقاطع الصحيحة تزداد مع زيادة مستوي الصوت الي حد معين لا تتعداء . وعند ثبات نسبة الصوت فان نسبة المقاطع الصحيحة تتناقص مع زيادة مستوي الضوضاء .

ب / العلاقة بين زمن الارتداد ونسبة المقاطع الصحيحة : عند ثبات حجم القاعة فان نسبة المقاطع الصحيحة تقل بزيادة زمن الارتداد . وعند ثبات زمن الارتداد فان الحجم الاقل يعطي وضوحا اكثر .

ج / العلاقة بين البعد عن المصدر ونسبة المقاطع الصحيحة : عند مسافة ثابتة من المصدر ترتفع نسبـــة الوضوح في البلكونة عنها في الصالة . وكذلك ترتفع نسبة الوضوح في منتصف الصالة عنها في الجوانب (ويلاحظ هذا علي وجة الخصوص في المقدمة نتيجة لاتجاهية المصدر) .

2 – 3 . 2 : الخصائص الصوتية للحديث :-

أ) توزيع المستمعين بحيث يكونوا اقرب ما يمكن للمتحدث : وذلك لضمان وصول الصوت اليهم بشدة كافية ، اذ ان الصوت المباشر الاصلى يصل الي درجة غير مسموعة علي بعد 9 – 10 امتار من المصدر ، كما يجب مراعاة الا تزيد الزاوية المحصورة بين المتحدث ونهايتي الصفوف الامامية عن 140 درجة ، وذلـك لتفادي المناطق التي يكون فيها ضعيفا نتيجة اتجاهية المصدر .

ب) عمل ميل في ارض الفراغ بحيث تتيح وصول الصوت المباشر دون آي عقبات ، وكذلك لضمـــان سقوط اشعة الصوت بزوايا كبيرة لتفادي الامتصاص الناتج عن المستمعين ويمكن احيانا ان تكون الارضية افقية مع الاكتفاء برفع المصدر الي اعلي .

ج) عمل اسطح عاكسة تحيط بالمصدر ، وذلك للاستفادة من الانعكاسات الاولي القوية في مساعـــدة الصوت المباشر وذلك بشرط الا يزيد الفارق في المسافة المقطوعة بين الصوت المنعكس والصوت المباشر عن 14 متر حتي لا يتاخر الصوت المنعكس من الصوت المباشر باكثر من 0.04 ثانية .

ويراعي انة لا يتسبب آي من الاسطح العاكسة في وجود عيوب صوتية (كالصدي – الصدي الرعــاش ....الخ) فانة لا مانع مطلقا من ان تكون جميع الاسطح عاكسة .

د) توفير الحجم الامثل المخصص للشخص في الفراغ وهو 2.8 متر مكعب . اما الحد الادني هو 2.3متر مكعب والحد الاقصي 4.9 متر مكعب ، فاذا تم تجاوز الحد الاقصي فغالبا ما يستلزم الامر استعمـــال مـواد ماصة لتحقيق زمن الارتداد المناسب .

هـ) ضمان زمن الارتداد الامثل ، ويتراوح بين 0.75 – 1.0 ثانية ويراعي المحافظة علية في جمـيع الترددات . ولا مانع من يكون زمن الارتداد اقل قليلا من الموصي بة مما يضمن عدم تجاوز الزمن الامثل اذا ما قل عدد الحاضرين ، وعموما يمكن التغلب علي مشكلة عدم ثبات عدد الحاضرين اما باحتساب زمن الارتداد علي اساس 0.5% – 1.3% من السعة الفعلية أو باستعمال مقاعد ذات بطنية ماصة او مثقبــة وتتلوها مادة ماصة .

و) في حالة استعمال مواد ماصة يراعي عند توزيعها ان تكون بعيدة عن المتحدث وان تختار لها الاماكن المعرضة لاحداث صدي او عيوب صوتية ، مثل الجزء الخلفي من الجدران الجانبية او الجدار الخلفي او مقدمة البلكونة .

ز) تنطبق هذة الشروط العامة علي الفراغات التي يكون التحدث هو المصدر الاساسي للصوت فيهـا ، وتشمل الفصول وقاعات المحاضرات وقاعات المحاكم وغرف المناقشة والمسارح .....الخ .

2 – 4 : التصميم الصوتي للاحيزة :-

عند تصميم الاحيزة الكبيرة ، سواء أكانت للتحدث ام للموسيقي يكون الهدف دائما هو احداث الاثـر الصوتي الافضل علي المستمعين وللوصول الي هذا الهدف فان هناك عدة متطلبات يمكن تلخيصها في النقاط التالية :

- ❖ كمية كافية من الصوت لكل الاجزاء في الحيز .
- ❖ التوزيع المنتظم للصوت.
- ❖ العزل الكافي للضوضاء القادمة من الخارج.
- ❖ يجب ان يكون معدل انتهاء الصوت – زمن الارتداد Reverberation time هو الامثل بالنسبة لغرض استعمال الحيز (تحدث او موسيقي).
- ❖ تجنب الصدي المتاخر Long delayed echo .

2 – 4 – 1 : حجم الحيز :

يجب تحديد عدد الاشخاص الذين سيسعهم الحيز فى مرحلة التصميم المعماري الاولي ، ومن وجهة النظر الاقتصادية فانة كلما كان الحجم / الشخص صغيرا كان المبني اقل تكلفة ، ولكن المتطلبات الصوتية هي التي تقوم بتحديد الحجم الاصغر الممكن . واذا كان المكان سيستعمل فقط للتحدث (القاء محاضرات مثلا او في المؤتمرات) فان زمن الارتداد المرغوب يجب ان يكون اقل ما يمكن ، و ذلك لتامين وضوح الصوت وبالتالي يمكن ان يكون الحجم اقل ما يمكن . اما بالنسبة للموسيقي فيكون هناك احتياج لزمن ارتداد اطول وهذا ما يحدد الحجم الاقل الممكن .

الجدول رقم (2–4) الحجم الامثل للشخص بمختلف انواع الاحيزة (بالامتار المكعبة)

نوع الحيز	الاقل	الامثل	الاعلي
Concertالموسيقي	6.5	7.1	9.9
الاوبراالايطالية	0.4	5.1 – 4.2	5.7
الكنائس	5.7	9.9 – 7.1	11.9
دورالسينما	–	3.1	4.2
فراغات المحاضرات والمؤتمرات	–	2.8	4.9

المصدر : د. سعود صادق حسن ، (2) .

2 – 4 . 2 : اشكال المساقط ومميزاتها:

هناك خمسة اشكال للمساقط الافقية المستعملة للقاعات الكبري وهي المربع ، والمستطيل ، والسداســـي ، والمروحي ، وشكل حدوة الحصان (الشكل رقم (2–1)) ، ولا يمثل الشكل وضعا حرجا اذا كانت سعة الفراغ اقل من الف شخص ، وكلما ازداد المقاس تم تفضيل الشكل المروحي (شكل شبة

منحرف) ، وذلك حتـي يتم وضع المستمعين في اقرب مكان ممكن من مصدر الصوت (المنصة قرب الضلع الاقصر من الضلعين المتوازين في شبة المنحرف) . والشكل المستطيل التقليدى لة عدة مزايا من الناحية الانشائية ، وطالمـا كانت هناك اسطح عاكسة عند مصدر الصوت فان صعوبة الحصول علي العلو الكافي في الاجزاء الخلفيـة للقاعة يمكن التغلب عليها . يمكن استعمال الابعاد التقليدية للقاعة بالنسب (2:3:5) للطول والعـــرض والارتفاع .

والشكل المستطيل هو الشكل التقليدي ويتميز بحدوث انعكاسات عرضية بين الاسطح المتوازية مما يسـاعد علي امتلاء الصوت ولكن يخشي حدوث صدي رعاش ، ويتميز هذا النوع من الاشكال بخلوة من البـؤر الصوتية . اما الشكل المروحي فيتميز باستيعاب عدد اكبر من الجمهور دون زيادة البعد بينة وبين المنصة . اما شكل حدوة الحصان فيعيبة انحناء الجدار الخلفي وتسببة في حدوث البؤر الصوتية التي يجب معالجتها بمواد ماصة او مشتتة ، وغالبا ما يشمل صفوفا من المقصورات تعلو بعضها وتعطي قدر كبيرا مـــن الامتصاص بواسطة المقاعد والمستمعين يضاف الي هذهالانواع الشكل المنحني والشكل الغير المنتظم.

الشكل المنحني . غالبا ما يرتبط بوجود قبة او قبو . وما لم تعالج الاسطح المنحية بمواد ماصة او مشتتة فانها تسبب صدي وبؤر صوتية . اما الشكل غير المنتظم فيعمل علي تقريب الجمهور من المنصة ، كما يوفر الوضوح والالفة نتيجة استخدام الاسطح المتكسرة في الحصول علي انعكاسات اولية قوية ، كما يتيح الفرصة للاستعمال العشوائي للمواد الماصة او المشتتة .

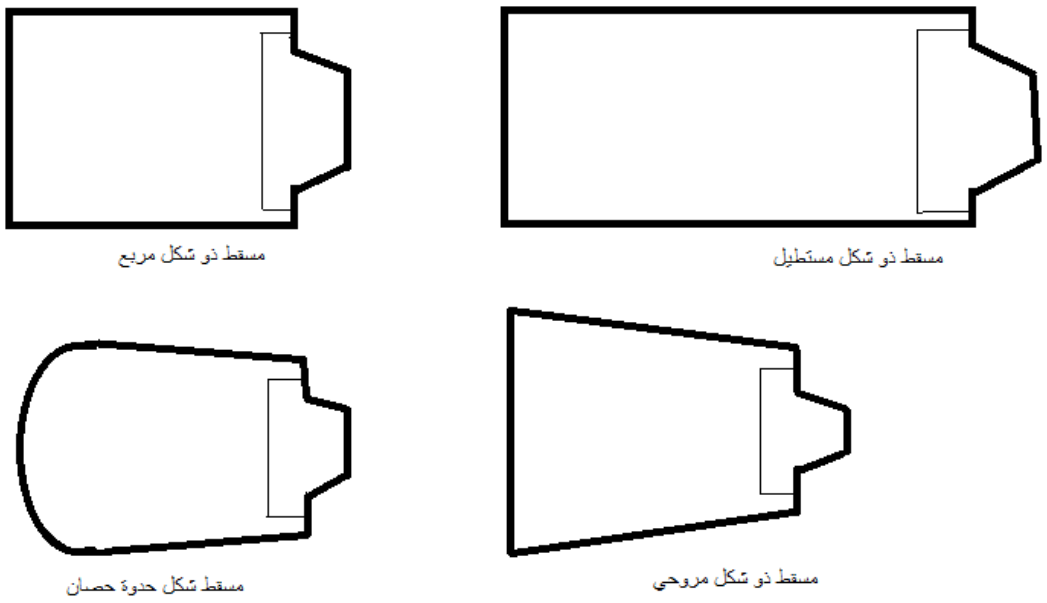
– اذا لم تتجاوز سعة القاعات الكلامية 400 شخص فانة يمكن الاستغناء عن نظم تكبير الصوت . وبصفة عامة فانة يفضل عدم الالتجاء اليها طالما امكن المتحدث توصيل صوتة بشدة كافية للمستمعين ، وذلك لما لها من تاثير نفسي غير مرغوب اذ تلغي الالفة بين المحاضر والمستمعين ، كما تجعل من الصعب عليهم ادارة حوار معة .

أ / **الجدران** :

في الحيازات الكبيرة يجب تلافي اجدران الخلفية المقعرة فذلك يحدث بؤرة صوتية داخل القاعة يكون الصوت فيها مركزا وقويا دون الاجزاء الاخري (شكل رقم 2–3) .

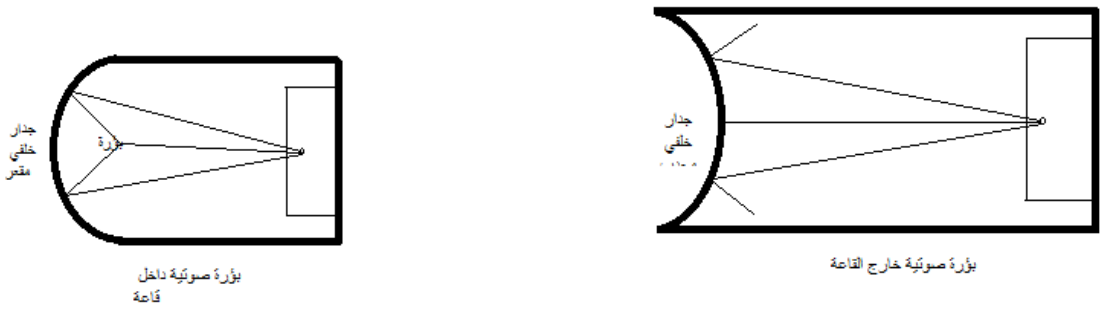
ويمثل الشكل المحدب للجدار الخلفي وضعا مثاليا ولكنة غير عملي ويتطلب طرقا انشائية معقدة بعض الشئ يجب معالجة الجدار الخلفي للقاعة بالمواد الماصة للصوت لتجنب الانعكاسات القوية والتي تحدث بلبلة في الاستماع خاصة في الحديث .

يمكن ان تنشأ ايضا مشاكل من الانعكاسات الصادرة من الجدران الجانبية والتي يجب كسر استمراريتها بواسطة اسطح مشتتة كبيرة او استعمال المواد الماصة للصوت لتقليل الانكسارات الصوتية من علي سطحها.



الشكل رقم (2-2) أشكال المساقط الأفقية للقاعات الكبري

المصدر :د.سعود صادق حسن ، (2).



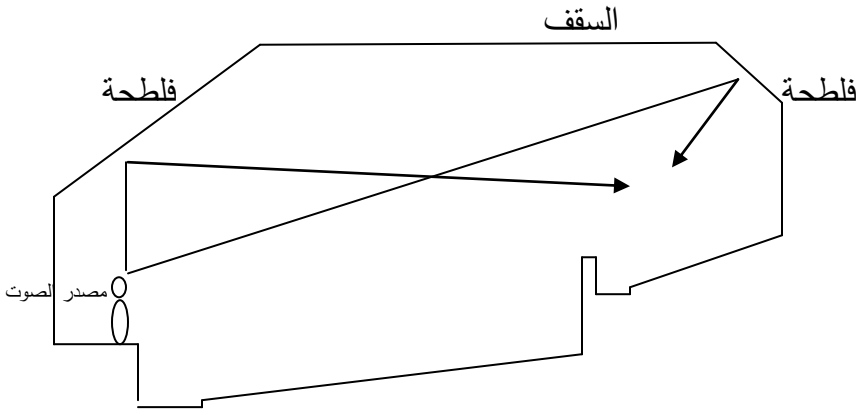
الشكل رقم (2-3) الأسطح المحدبة والمقعرة في القاعات

المصدر : د.سعود صادق حسن ، (2).

ب / الأسقف :

توافر الاسقف الداخلية للحيازات – بجانب الجدران – الانعكاسات المحبذة للصوت خاصة بالنسبة للمستمعين الابعد عن المنصة او خشبة المسرح .

وفي بعض الاحيان يجب ان يوفر السقف ويساعد علي تشتيت الصوت ويمكن فلطحة السقف او ثنية – كما موضح في الشكل رقم (2–4) في مقدمة الفراغ لتقوية انعكاس الصوت ، وبنفس الشكل يمكن عمل ذلك في الجزء الخلفي من الفراغ لتقوية الصوت ولمنع المتوقع من الجدار الخلفي .



الشكل رقم(2–4) قطاع يوضح فلطحة السقف في مقدمة وخلفية الفراغ

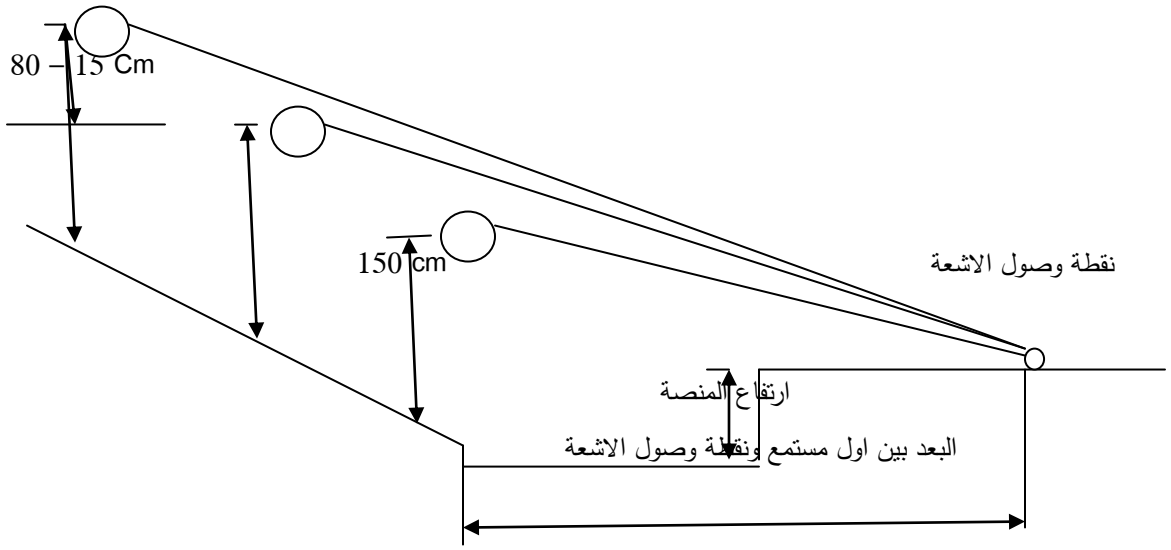
المصدر : د.سعود صادق حسن ، (2).

ويفضل تجنب الاسقف المقعرة – كما في القباب – بقدر الامكان لاثرها في احداث البؤر الصوتية داخل الفراغ . واذا تطلب التصميم وجود سقف مقعر ، فيجب ان يكون نصف قطر الانحناء اما ضعف ارتفاع السقف علي الاقل ، او اقل من نصف الارتفاع .

ج / منصة العرض :

تشكل منصة العرض او خشبة المسرح مصدر الصوت داخل الحيز ، ولتامين مسار الصوت الي المستمعين يجب ان تكون المنصة مرتفعة مع عمل الميل المناسب في ارضية الحيز (الشكل رقم 2–5) . وفي حالات العروض الموسيقية للفرق الكبير (الاوركسترا) يتوجب المنصة ، لضمان سريان الصوت من

آلات النفخ (في الخلف) عبر الالات الوترية (من الامام) . كما يجب معالجة الجدران والسقف في منطقة المنصة بعاكسات صوتية مناسبة .



الشكل رقم (2–5) – تحديد ميل الارضية بواسطة خطوط الرؤية

المصدر : د.سعود صادق حسن ، (2).

د / تنسيق المقاعد :

تمثل صفوف الجالسين ، خاصة عند زاوية السقوط الدنيا للصوت ، امتصاصا فعالا للصوت ، لذا فمن المهم عمل ميل لصفوف المقاعد لكل القاعات ، عدا الصغري (200 شخص) ، ما امكن .
وكقاعدة بسيطة فان اتاحة مجال الرؤية للجلوس تتيح مسارا كافيا للصوت ويعني هذا ان خط الرؤية يجب ان يرتفع من 110 مم الي 125 مم لكل صف من المقاعد (الشكل رقم 2–5) ، وتحدد درجة ميل الارضية علي الابعاد الموضحة بالشكل ، وهناك طريقتين لتنسيق المقاعد لها مجال رؤية مختلف وزوايا رؤية مختلفة ، ومقاعد مصفوفة خلف بعضها ، ومقاعد تبادلية ما بين مقعدين اماميين .

هـ / الانعكاسات الصوتية :

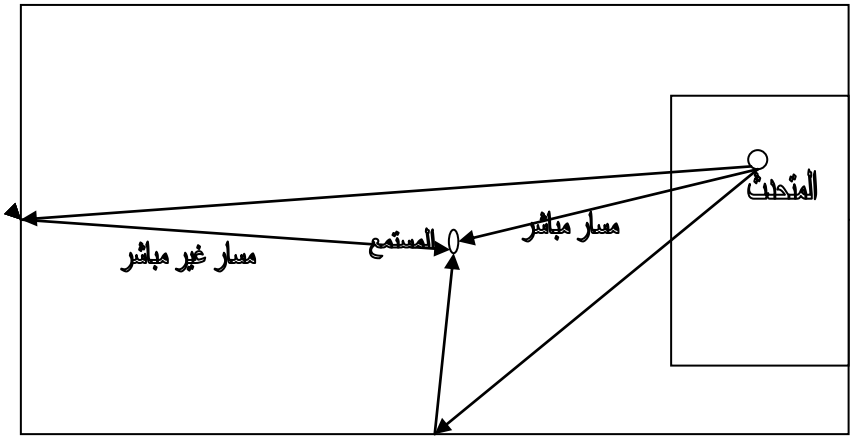
يبلغ متوسط سرعة الصوت في حالة الحديث بين 15 – 22 مقطعا للصوت الواحدة (مقطعا , وحـــدة للصوت تستعمل في حالة الحديث)، او مقطع واحد كل 70ملي/الثانية (0.07 ثانية) وفي هذا الزمـــن (70ملي/الثانية) يستطيع الصوت الانتقال لمسافة 17 مترا ، فاذا ما حدثت انعكاسات قوية من

الجدار الخلفي ، في حالة القاعات الضخمة ، تحدث بلبلة في الحديث ، نتيجة للانعكاسات التي تبطئ باكثر مـــــن 50ملي/ثانية ولذا فان المسافات التي تزيد عن 85 متر (سريان وانعكاس الصوت) يمكنها ان تحدث هذة المشكلة (الشكل رقم 2 – 6) .

ولمنع حدوث مثل هذة الظاهرة يجب معالجة الجدار الخلفي بالم واد الماصة للصوت وفي القاعات الكـبري يجب ايضا معالجة اجزاء من الجدران الجانبية بالمواد الماصة للصوت ، اما الانعكاسات الضعيفة التي تاتي من الاركان فيمكن معالجتها بنوع من البياض الماص للصوت .

و / المعالجات الصوتية :

ان عملية تصميم اي قاعة من الناحية الصوتية هي عملية معقدة تتطلب الحصول علي زمن الارتداد الصحيح لكل الترددات من حوالي 100 هرتز الي 4 كيلوهرتز، ويتطلب هذا ، الكمية اللازمة والصحيحة من المواد الماصة لكل تردد وبالتالي فان اختيار المادة الماصة للصوت يتم تحديدها حسب الامتصاص المطلوب لكل تردد ، وعلي الاقل فانة يجب حساب الامتصاص الكلي علي الترددات الدنيا 125هرتز ، والمتوسطة 500هرتز ، والعليا 2000هرتز .



المسارات التي تساوي 17متر واكثر يمكن ان تحدث بلبلة في الحديث المسموع .

الشكل (2–6) مسارات الصوت في القاعات الكبري

المصدر : د.سعود صادق حسن ، (2).

2 – 5 : الخلاصات :-

2 – 5 – 1 : تتأثر أذن الأنسان بالاتي : شدة الصوت (العلو أو الجهارة) – تردد الصوت (درجة الصوت) – نوع الصوت (عدد التوافقيات) .

2 – 5 – 2 : يجب ان لا يزيد زمن الارتداد الصوتي بالقاعات الكلامية عن واحد ثانية .

2 – 5 – 3 : عند ثبات حجم القاعة فان نسبة المقاطع الصحيحة تقل بزيادة زمن الارتداد . وعند ثبات زمن الارتداد فان الحجم الاقل يعطي وضوحا اكثر .

2 – 5 – 4 : الحجم الامثل المخصص للشخص في الفراغ اذا تجاوز 4.9 متر مكعب في القاعات الكلامية ، فهذا يستدعي إستعمال مواد ماصة لتحقيق زمن االارتداد المطلوب للقاعة حالة الدراسة .

2 – 5 – 5 : شكل القاعة يعتبر مؤثرا علي درجة وضوح الصوت للقاعات التي تسع الف شخص فما فوق.

2 – 5 – 6 : يجب تجنب الحوائط الخلفية المقعرة ، لتكوين بؤرة صوتية لها مركز . والحوائط الخلفية المحدبة هي وضع مثالي لتشتيت الصوت .

2 – 5 – 7 : للحصول علي زمن الارتداد المناسب ، يجب دراسة ومعرفة درجة الامتصاص لكل مادة مختارة لمختلف الترددات (الدنيا 125 هرتز – المتوسطة 500 هرتز – العليا 2000 هرتز) .

2 – 5 – 8 : علي المصمم المعماري الاستفادة من الحوائط المائلة والاركان الغير متعامدة لابعاد الموجات المرتدة ، ولتقليل الترددات الرنينية.

2 – 5 – 9 : عند إستخدام المواد الماصة للصوت الجيدة ، يمكن إستخدام السطوح التي لها قدرة كبيرة علي تشتيت الموجات الصوتية وإضعافها .

2 – 5 – 10 : ينتج الصدى الصوتي بسبب وصول صوت منعكس بعد سماع الصوت الأصلي بفارق زمني يتوقف على طبيعة الصوت ويعتبر الصدى من أخطر العيوب الصوتية.

الفصل الثالث

المواد العازلة والماصة للصوت

3 – 1 : مقدمة :-

ساهمت التطورات العلمية التي شهدها القرن المنصرم بشكل فعال في تطور تصاميم القاعات السمعية صوتيا ومعمارياً ، بما قدمته من أسس علمية لإنشاء الحيز الصوتي المعماري وتقنيات صوتية عالية الكفاءة لتحقيق افضل الظروف السمعية مع المرونة الصوتية للفعاليات المقدمة داخل القاعات السمعية . وتحمـــل المنظومـات التقنية الميكانيكية العبء الأكبر في تحقيق المرونة الصوتية للقاعات بما توفره من إمكانـــات التلاعب فـــي طبيعة العلاقات الهندسية بين العناصر المكونة للفضاء السمعي أي الشكل والحجم والأبعاد إضافة إلى البطانة الداخلية للقاعة بما يوفره هذا التحوير من مرونة في تغيير فعاليات القاعة مع الحفاظ على الأداء الصوتـــي المقدم وبالتالي زيادة الكفاءة الادائية والوظيفية للقاعات السمعية . مشكلة البحث الحاجـة المعرفية عن أهميـة المنظومات التقنية في المرونة التصميمية مع توفير كفاءة الأداء الصوتي للقاعـــات السمعية . فرضية البحـث لإمكانات المنظومات التقنية الميكانيكية دور فعال في كفاءة الأداء الوظيفـــي والصوتي للقاعات السمعيـــة وتحقيق المرونة المطلوبة وبما يرفع من كفاءة الأداء الصوتي للقاعـــات السمعية .

وفي هذا الفصل سيتم شرح التحكم في الضوضاء بشقيها الداخلية والخارجية ، وذلك من خلال التعريف بأسس ومعايير الضوضاء والمواد الماصة للصوت والمواد العازلة للصوت .

3 – 2 : الضوضاء :-

3 – 2– 1 : أسس ومعايير الضوضاء :-

يعتمد تعريف الضوضاء على عوامل ذاتية ، يمكن تعريفها بانها الصوت غير المرغوب في هـ . ويستنتج من هذا التعريف ان كلا من الحديث والموسيقي قد يعتبر – في ظروف معينة – نوعا من الضوضاء . يتوقف مدي اعتبار الصوت كضوضاء علي شتي العوامل اهمها :

أ) ارتفاع مستوي الصوت ، فالصوت الاكثر علوا تكون اكثر ازعاجا .

ب) التردد ، فالصوات الحادة ذات التردد العالي ، تكون اكثر ازعاجا .

ج) تقطع الاصوات وعشوائيتها تسبب مزيدا من الازعاج.

د) الاصوات المجهولة المصدر تعتبر اكثر ازعاجا.

هـ) التلاؤم مع النشاط ، آي أن الاصوات المصاحبة للانشطة التي تقوم بها لا تعتبر مزعجة .

و) تعتبر الاصوات غير المتوقعة اكثر إزعاجا.

ز) الحالة النفسية للمستقبل ومزاجة ونوع النشاط الذي يقوم بة ، فمثلا الشخص الذي يمارس عملا ذهنيا يكون اكثر حساسية للضوضاء من الشخص الذي يمارس عملا يدويا .

3 – 2 – 2 : وسائل التحكم في الضوضاء :–

تختلف وسائل التحكم في الضوضاء باختلاف المصدر ، الا ان هـ يمكن تقسيم هذة الوسائل الى ثلاثة مستويات هي مستوي التوعية ، ومستوي القانون والتشريعات ، ومستوي الوسائل الفنية .

3 – 2 – 2 – 1 : مستوي التوعية : ويشمل توعية الجمهور بالاضرار المختلفة للضوضاء وبحقوق الغير في التمتــع بالهدوء ، كيفية الشكوي من الضوضاء التي يتعرض لها الجمهور .

3 – 2 – 2 – 2 : التشريعات والقوانين : فهي تشمل القيود علي المستويات الصادرة عن مختلف مصادر الضوضــاء بحيث لا تتجاوز حدا معينا .

3 – 2 – 2 – 3 : مستوي الوسائل الفنية : وهذا ما سيتم التركيز علية هـ . فيمكن تقسيمها الي ثلاثة مراحل ، كما يلي :–

أ) عند المصدر : وتتم بازالة المصدر كليا او عزل هـ بمواد عازلة او اعادة التصميم بما يكفل تخفيــض الضوضاء الصادرة منه .

ب) في المسار : وتتم علي عدة مستويات مثل تخطيط المدن والمواقع واستغلال إمكانيات الموقع إستعمال السواتر الطبيعية أو الأصطناعية .

ج) عند المستقبل : وتتم بواسطة أعمال التصميم المعماري للمبني ، لمقابلة ذلك وإستخدام المواد الماصة والعازلة .

3 – 3 : المــواد الماصــة للصــوت :-

تتفاوت المواد و الاسطح المستعملة في المباني من حيث قابليتها لامتصاص الصوت ، فتتراوح بين مـواد عاكسة ومواد ماصة .وقد راينا أن المواد الماصة لها دور كبير في التحكم في زمن الارتــداد ومعالجة بعض العيوب الصوتية ، وبالتاكيد تصلح للحد من شدة الضوضاء . وسنركز في هذا الفصل علي المواد المصممـة خصيصا بغرض الأمتصاص ، كما سنطرق لبعض المواد الأخري .

ويلاحظ أنة علي الرغم من أن بعض المواد الماصة تستخدم أحيانا في اغراض العزل . إلا أنة ينبغــي التفريق بين الأمتصاص والعزل كخاصيتين مستقلتين . فعند سقوط أشعة الصوت علي سطح ما ، فأن جزءا من الطاقة الساقطة ينعكس ، بينما يمتص الجزء الأخر ، ويتوقف هذا علي معامل إمتصاص السطــح المذكور .

وفيما يختص بالجزء الممتص فأن جزءا منة يتحول إلي صور آخري من الطاقة ، غالبا ما تكون حرارة ، بينما ينفذ الجزء الباقي منة إلي الجانب الأخر من السطح (الشكل رقم 3–1) ويتوقف إنتقال الصــوت إلي الجانب الأخر من السطح علي معامل نفاذ الصوت خلال المادة .

ومن الأمثلة التي توضح الفرق بين العزل والأمتصاص أن النافذة المفتوحة ماص جيد (100% إمتصاص) وفي نفس الوقت عازل ردئ ، (100% نفاذ) .

الشكل رقم (3-1) الأنعكاس والأمتصاص والنفاذ

المصدر : د.سعود صادق حسن ، (2).

* ويمكن تقسيم المواد الماصة من حيث ميكانيكية الأمتصاص إلي ثلاثة أنواع رئيسية :

Porous materials. مواد مسامية .

Panel (for membranes) absorbers. ألواح ماصة .

Cavity for Helmholtz resonator. فراغات رنانة.

3 – 3 – 1 : المواد المسامية :

إن السمة الأساسية المشتركة في المواد المسامية هى وجود شبكة متواصلة من المسام ، تتلخص ميكانيكية الأمتصاص في تحويل الطاقة الصوتية إلي حرارة بواسطة الأحتكاك النأشئ عند محاولة سريان موجة الصوت داخل المسام . وتتوقف كفاءة الأمتصاص علي المسامية الحجمية Volume porosity ومدي إتصال المسام ، إذ أن كل هذة العوامل تحدد مدي مقاومة المادة Surface porosity السطحية لسريان الهواء . وكلما زادت مقاومة السريان قل معامل الأمتصاص .

أهم خواص المادة المسامية هي :

- معامل الأمتصاص مرتفع في الترددات العالية.
- تتحسن كفاءتها في الترددات المنخفضة إما بزيادة السمك أو زيادة الفراغ بينهما وبين خلفية صلبة .

* يمكن تقسيم المواد المسامية إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :

أ . الوحدات الصوتية الجاهزة.

ب . البياض الصوتي والمواد المرشوشة.

ج . الأغطية الصوتية .

(أ) الوحدات الصوتية الجاهزة :

(Prefabricated acoustical unit) ، تتميز هذة الوحدات بما يلي:

أ / معامل إمتصاص مضمون ، نتيجة التصنيع السابق لها .

ب / سهولة التركيب والصيانة ، بالأضافة إلي كونها إقتصادية .

ج / يمكن إستغلالها وظيفيا وبصريا مع وحدات الأضاءة والتكييف .

د / يمكن زيادة معامل الأمتصاص لها بترك فراغ كاف خلفها عند التغطية ، وتكون هذة الزيادة أكثر وضوحا في الترددات المنخفضة .

<u>ويعيبها ما يلي :</u>

أ / صعوبة إخفاء اللحامات بين وحداتها المختلفة.

ب / ذات مقاومة ضعيفة للصدمات ، وبالتالي عرضة للتلف إذا كانت في متناول الأيادي .

ج / طابعها التكراري يحول دون إعطاء شخصية متميزة للفراغ.

د / تحتاج إلي عناية خاصة عند دهنها ، إذ أن أعمال الدهان والزخرفة غالبا ما تفسدها ما لم تتبع تعليمات الشركة المنتجة بدقة . وبصفة عامة فإن الرش بالمسدس أفضل من الدهان بالفرشاة .

(ب) البياض الصوتي والمواد المرشوشة:

(Acoustical plasters and sprayed on material) ، غالبا ما تستعمل هذة المواد للحد من شدة الضوضاء ، كما تستعمل أحيانا في القاعات عندما يتعذر إستخدام الوحدات التقليدية ،بسبب إنحناء أو عدم إنتظام الأسطح . ويمكن عملها إما بالرش بمسدس وإما بالفرد يدويا بواسطة مسطرين . وتتميز هذة الأنواع بمعامل إمتصاص كبير في الترددات العالية ، إلا أن كفاءتها تتوقف إلي حدُ كبير علي ظروف العمل مثل

سمك وتركيب مادة البياض ، وكمية المادة اللاصقة ونوعية البطانة ، وكيفية التشطيب ، كما تشكل الصيانة إحدي الصعوبات إذ إن الدهان غالبا ما يغير خواصها ما لم تتبع تعليمات المنتج بدقة .

(ج) الأغطية الصوتية :

(Acoustical (isolation) blankets) ، وتصنع من الصوف الصخري ، أو الألياف الزجاجية ، والألياف الخشبية ، واللباد والشعر .....الخ .تتزايد قدرتها علي الأمتصاص مع زيادة السمك وخاصة في الترددات المنخفضة وبذلك تتميز عن المواد المسامية الماصة.

وتكون سطحها الخارجي غير مناسب . فغالبا ما تغطي بألواح أو رقائق مثقبة أو شبك معدني ، وبالتالي تتعدل خواص الأمتصاص لها .

(د) السجاجيد والستائر :

بالإضافة إلي إستخدام السجاجيد في تغطية االأرضيات فإنها أيضا تمتص الصوت المحمول بالهواء والضوضاء داخل الغرفة ، كما تعمل أيضا علي إمتصاص الصدمات مثل وقع الأقدام وزحزحة الأثاث . ويستحسن معامل الأمتصاص السجاد بزيادة إرتفاع الوبرة ، وزيادة الوزن السطحي ، وزيادة مساميـة السطح الخلفي للسجاد . وفي حالة تبطين الحوائط بسجاد فيفضل ترك فراغ يتم ملؤة بصوف صخري أو ما شابة ، وذلك لتحسين معامل الإمتصاص .

أما الستائر فبالإضافة إلي وظائفها الأخري فإنها تسهم في إمتصاص الصوت ، وتتزايد قدرتها علـــي الأمتصاص بزيادة الوزن . كما يزداد معامل الإمتصاص في الترددات المنخفضة بزيادة الفراغ بينها وبيـن الحائط أو الشباك .

3 – 3 – 2 : الألواح الصوتية الماصة :-

وهي تشكل النوع الثاني من أنواع المواد الماصة وتتكون أساسا من آي مادة غير منفذة ، تركب بحيث يفصلهاا فراغ من الهواء عن خلفية صلبة . وعندما تصطدم موجات الصوت بهذا اللوح فإنة يتذبذب وبالتالي يمتص جزءا من الطاقة الساقطة علية بتحويلها إلي حرارة .

ويتميز هذا النوع بمعامل إمتصاص مرتفع في الترددات المنخفضة وهو بذلك يعادل فعل المـــواد المسامية ، ويترتب علي إستعمال خليط منها ، إنتظام الأمتصاص في جميع الترددات . ويتحسن معامـل

الأمتصاص ، وخاصة في الترددات المنخفضة ، بوضع مادة مسامية ماصة في الفراغ بين اللوح والخلفية الصلبة .

3 – 3 – 3 : الفراغات الرنانة :-

وهي تمثل النوع الثالث من المواد الماصة ، وتتكون أساسا من فراغ ذو جدران صلبة يتصل بالهواء الخارجي عن طريق فتحة ضيقة تعرف بالعنق ، من أمثلتها زجاجة أو برطمان فارغ .

ويتميز هذا النوع بأنة ذو معامل إمتصاص مرتفع لمجال محدود جدا من الترددات ونتيجة لهذة الحساسية الشديدة فإنها تصلح لتعديل الإرتداد لتردد معين دون تأثير يذكر في باقي الترددات .

وهي إما تكون علي هيئة :

- وحدات منفردة .
- ألواح رنانة مثقبة .
- شقوق رنانة .

أ) الوحدات الرنانة :

من أمثلتها الأوعية الفخارية ذات الأحجام المختلفة التي استعملت في كنائس العصور الوسطي وكان إمتصاصها يتركز في المنطقة من 100 إلي 400 هرتز كبديل عصري لهذة النوعية يمكن إستخدام قوالب (بلوكات) خرصانية مفرغة بأبعاد تتراوح بين 10 – 15 – 20 سم × 40 × 40 سم ذات فتحة مستطيلة ، وتتميز بأن تشطيب سطحها الخارجى ملائم لظروف الأستعمال كما أنة لا يتأثر بالدهانات .

ب)الألواح الرنانة المثقبة :

وهي عبارة عن ألواح ذات ثقوب دائرية أو مستطيلة مركبة بعيدا عن الخلفية ، وغالبا ما يضاف لها مادة ماصة ، وتقوم الثقوب بمهمة مجموعة من " الأعناق " كما يقوم الفراغ الهوائى خلف اللوح بمهمة الفراغ الرنان . ولكن نظرا لإتصال الفرغات فإن إمتصاص هذا النوع لا يقتصر علي نطاق ضيق من الترددات . ويفضل التوزيع في إستعمال هذة الألواح ، إذ إن إستعمال نوع واحد منها يؤدي إلي نقص ملحوظ في زمن الأرتداد لمجموعة معينة من الترددات . ويتم هذا التوزيع عن طريق تغيير آي من :

أ) سمك اللوح المثقب.

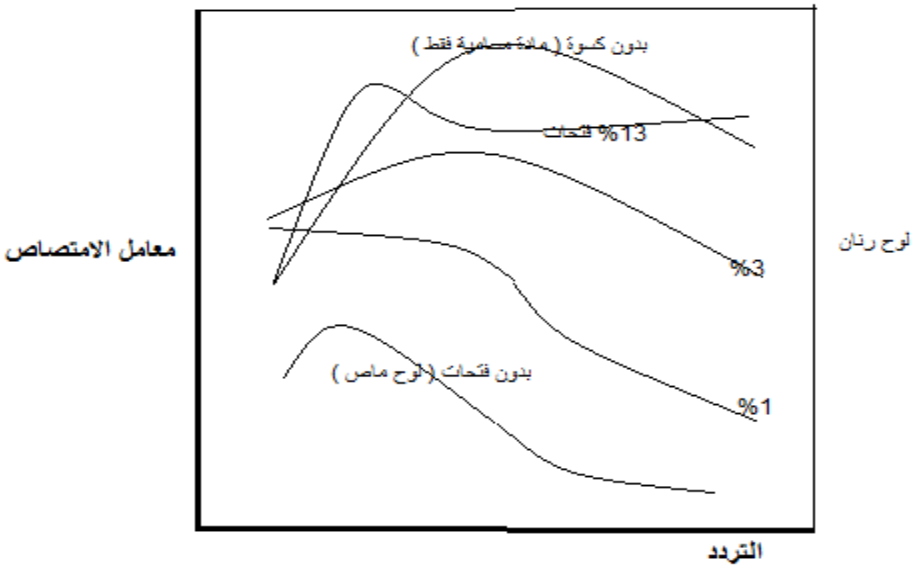
ب) حجم وتوزيع الثقوب.

ج) عمق الفراغ خلف اللوح.

د) نوع وسمك وكثافة المادة الماصة.

هـ) المسافة بين العناصر المحيطة باللوح .

ويبين الشكل رقم (3–2) تأثير نسبة الفتحات في اللوح علي الأمتصاص وعند دهان هذة الألواح يجب مراعاة عدم إنسداد ثقوبها وإلا إنخفض معامل الأمتصاص .



الشكل رقم (3–2) تأثير نسبة الفتحات في الألواح الرنانة علي معامل الأمتصاص

المصدر : د.سعود صادق حسن ، (2).

ج) الشقوق الرنانة :

يتيح إستعمال الأغطية الصوتية وسيلة إقتصادية للمعالجة الصوتية ولكن يعيبها كما ذكرنا أنها سهلـة التلف ، ولذا تلزم وقايتها بوضع مادة واقية لا تعوق من وصول الصوت إليها ، ومن هنا نشأت فكـــرة إستخدام الشقوق الرنانة التي تتكون من سدايب من الخشب أو الصوف أو البلاستيك – ومرتبة بحيث تترك بينها فراغات طولية تؤدي عمل الأعناق وبحيث لا تقل نسبة هذة الفرغلت عن 25% ، ويطلق عليهاالشفافية الصوتية Sound transparency(الشكل رقم 3–3) . ويلقي هذا النوع من المعالجة إستجابـة خاصة

لدي المصممين إذ يتيح لهم الحرية والمرونة في عمل تصميمات فردية مميزة ، إلا أنها أكثر تكلفة من الأنواع الشائعة تجاريا .

الشكل رقم (3-3) الشقوق الرنانة

المصدر : د.سعود صادق حسن ، (2).

د) إختيار المواد الصوتية الماصة :-

لما كان من المفترض أن المواد الصوتية الماصة تقوم بجانب وظيفتها في الأمتصاص بدور مواد التشطيب للفراغ المعماري الذي توجد بة ، فلابد عند إختيارها مع مراعاة العوامل التالية :

أ) ملاءمة نوع المادة لنطاق الترددات المطلوب إمتصاصها ، فالمواد المسامية تلائم الترددات المرتفعة والألواح تلائم الترددات المنخفضة .....الخ .

ب) المظهر ويشمل الحجم والحواف واللحامات واللون والملمس ومعامل إنعكاس الضوء .

ج) مقاومة الحريق .

د) سهولة التركيب وتكاليفة .

هـ) قوة التحمل للصدمات والإحتكاك Abrasion.

و) سهولة الصيانة والتنظيف وتأثير أعمال الدهانات والزخرفة .

ز) تأثير ظروف العمل عليها مثل الرطوبة والحرارة .

ح) التكامل المعماري مع باقي المواد ومن أبواب ونوافذ ، وأجهزة إضاءة وتكييف .....الخ .

ط) السمك والوزن .

ي) مقاومة الرطوبة والتكثف أثناء الأستعمال الفعلي للفراغ .

ك) سهولة الوصول للسقف المعلق إن وجد .

ل) درجة العزل الحراري .

م) مقاومة الفطريات والعفن .

ن) سهولة الفك والإزالة .

3 – 3 – 5 : الطرق المختلفة لتركيب وتوزيع المواد الماصة :-

لا ينبغي إعتبار الرقم الدال علي معامل الأمتصاص لأي مادة رقما ثابتا تحت جميع الظروف ، إذ إنة في الواقع يتوقف على عدة عوامل من أهمها كيفية التركيب ، ولذا ينبغي عند مقارنة مواد مختلفة مراعاة أن تكون الظروف التي تمت فيها القياسات موحدة .

ولا توجد طريقة محددة للتركيب مفضلة علي غيرها ، إذ إن إختيار طريقة التركيب تتوقف علي عدة عوامل :-

أ) الخواص الطبيعية للمادة الصوتية .

ب) قوة وملمس وموضع السطح الذي سوف يتم علية التركيب .

ج) الفراغ المتاح للمعالجة الصوتية .

د) الوقت اللازم للتركيب .

هـ) إحتمال فك وإزالة المادة الصوتية .

ز) التكاليف المسموح بها .

تؤثر كيفية توزيع المواد الماصة في كل من معامل الأمتصاص الفعلي وتوزيع الصوت داخل الفراغ . وقد سبق الأشارة أن تجزئة المادة الماصة إلي قطع ذات مسطحات صغيرة يعطي إمتصاصا أعلي مما لو جمعت في قطعة واحدة ذات سطح يعادل المسطح الأجمالي للقطع الصغيرة . وهنا ينبغي مراعاة أن تكاليف التركيب في الحالة الأولي تزيد كثيرا منها في الحالة الثانية . وبصفة عامة فإن أكثر الأماكن فاعلية في الأمتصاص هي الأركان وتقابل السقف مع الحائط .

3 – 3 – 6 : بعض منتجات المواد الماصة :-

نورد بعض منتجات المواد الماصة ، والمنتجة بواسطة شركات مختلفة وعالمية ، كما ان العلم والتصنيع لهذة المواد مازال يبتكر مواد جديدة تخدم هذة الاهداف :-

أ/الرغاوي:

1) الهرم

الرغوة على شكل هرم فتح المسام، خصائص امتصاص الصوت ومواد عزل الصوت وفقا للمعايير الدولية لمقاومة الحر ارة . بفضل أسطح كل مستوى الهرم لديها نفس المستوى من العزل الحراري وامتصاص الصوت .

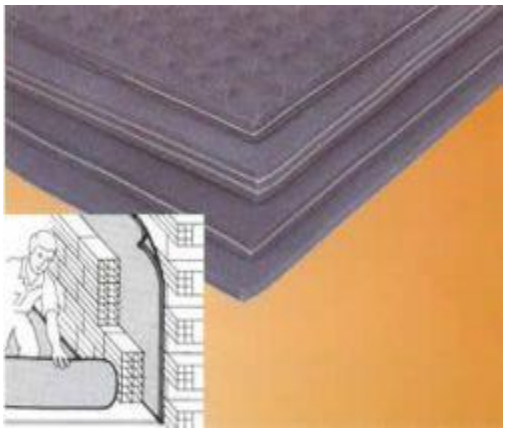
لدية مجالات تطبيق واسعة :

المعالجات السطحية لعرض المساحات الداخلية ، واستوديوهات الإذاعة والتسجيل، وأماكن الترفيه ، وقاعات المؤتمرات، ومولدات الكهرباء، والضواغط، وقاعات الانتظار وهلم جرا. (الشكل 3– 4)

الشكل (3 – 4)رغوة علي شكل هرم

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3) .

2) الرغاوي الصوتيه حاجز من مادة البولي يوريثين



مقاوم للحريق مكون من مواد بلاستيكية من مادة البولي يوريثين الرغوية تحت بفضل يؤدي إلى الحواجز يجعل الأمر يبدو شفط ممتازة .

وفقا لنوع وشدة من الرصاص، بولي كلوريد الفينيل والبولي يوريثين الصوت الرغاوي واختلافات شتى قد تنطبق .

صوتك هو المحرك عالية جدا ، والمولدات ، والمكاتب، والقطارات والسفن والشاحنات والجرارات والحافلات ضواغط الهواء، وآلات حول . الشكل (3–5) 480مم 480 × أبعاد مم

الشكل (3–5) الرغاوي الصوتية

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3)

3) كسوات صوتيه مغلفة

لديها القدرة على استيعاب مستويات عالية من الصوت المحمولة جوا، ورغوة البولي يوريثين عالية الجودة استر أو الأثير .

غير قابلة للاشتعال على رغوة البولي يوريثان والجلود والنسيج ، والبلاستيكية ، ورقائق الألومنيوم، وهلم جرا .يوفر مظهر الديكور، ومواد غير ملائمة من خلال التصفيح من التحلل والحالات التي لم تحل، والغبار، والنفط وهلم جرا .حماية العوامل .مغلفة امتصاص

الصوت قدرة رغوة من الزيادات عملية الكامنة .

آلة البيئة، ومقصورات محرك سفن الركاب وقنوات التهوية والمواسير والسباكة ، والمعدات الالكترونية وهلم جرا .مجالات استخدام لديه . السماكة من 10مم إلي 50مم ، ويتم إنتاج 1200 مم × 1800 مم او 1000مم × 2000مم . الشكل (3-6)

الشكل (3-6) كسوات صوتية

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

ب / الصوف الزجاجي :

1) مفرش سقف

السماكة : 14-12-10-8

الحجم : 600 – 750 – 800 – 1000x120 سم .

- عارية من رقائق الألومنيوم

- الاستعمالات :

جميع انواع من المقاعد الخشبية والمعدنية وتسقيف ساندويتش، مزارع الدواجن وحظائر الحيوانات، تجميع الطاقة الشمسية لتسخين وعزل الصوت الشكل (3-7) .

الشكل (3-7) مفرش سقف

المصدر : منتجات لشركات ، (3).

2) لوحة الجدار

السماكة : 3 – 5 سم .

الحجم : 60 × 120 سم .

نوع الطلاء : عادي .

الاستعمالات :

لأغراض التطبيقات الصوتية بين عناصر الجدار . هما الحرارة سيليكون المياه طارد وعزل صوتي ، مواد لوحات مزدوجة الجدران للحائط ساندويتش ، الشكل (3–8) .

الشكل (3–8) لوحة الجدار

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

3) مراتب تكييف الهواء

السماكة : 5 سم .

الحجم : 110x1000 متر .

نوع الطلاء : رقائق الألومنيوم .

الاستعمالات :العزل الحراري، والتهوية وتكييف الهواء خارج القنوات 5 سم سمك المفرش على امتداد القنوات . الشكل (3–9)

الشكل (3–9) مراتب تكييف الهواء

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

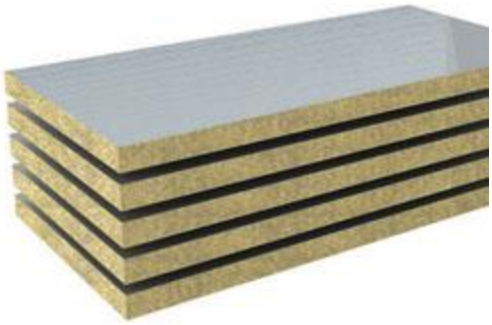
4) بلايت التكييف

السمك : 5-3-2.5 - 2 سم .

المساحة : 60x120سم

نوع الطلاء : باري رقائق الألومنيوم والألياف الزجاجية

الاستعمالات : العزل الحراري، والتهوية ومجاري تكييف الهواء مع الحرارة الداخلية وعزل الصوت إلى الخارج . الشكل (3-10)



الشكل (3-10) بلايت التكييف

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

ج / العزل بالبولي ايثيلين :

1) انابيب البولي ايثيلين

مادة البولي إثيلين المستخدمة في مقرها العزل الحراري للمنشآت والتطبيقات الصناعية و توفير المقاومة ضد بخار الماء والرطوبة النسبية، بغض النظر عن ما يحمي المقاومة للحرارة .

* مقاومة الحرارة : (من 45- إلى 105+) درجة مئوية

* الكثافة : 30-35 kg/m3

*اللون : رمادي . الشكل (3-11)

الشكل (3-11) انابيب البولي ايثيلين

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

2) ورقة البولي ايثيلين

المباني، من الجدار ، ونظم التهوية ، وتستخدم لتلبية تطبيقات الحرارة والرطوبة وعزل الصوت .

مقاومة الحرارة : (من 45- الي 105+) درجة مئوية .

الكثافة : 30 - 25 kg/m3

اللون : رمادي، أبيض

الشكل (3-12)

الشكل (3-12) ورقة البولي ايثيلين

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

3) ختم الحشو البولي ايثيلين

البوليمرات وأنهيت في دعم المشتركة وتوسع ملء العزل ، والأبواب والنوافذ في المباني المستخدمة ملء أجزاء المادية للاندماج .

مقاومة الحرارة : (من 45- الي 105+) درجة مئوية .

الكثافة : 25 – 30 kg/m3 .

اللون : رمادي

التعبئة : لفة في أكياس .

الشكل(3-13)

الشكل(3-13) ختم الحشو البولي ايثيلين

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

4) الواح البساط تحت الارضيات

جيد جدا للحرارة والصوت وخصائص عزل الرطوبة .

Termoflexبي ورقة :رقق الارضيه لاستيعاب الممارسات السليمة من أجل ضمان

Termoflexالمؤسسة العامة ، وصحائف النايلون التي قد تنشأ على سطح الأرض لا بد من كسرها من أجل منع الرطوبة من تخريب النيابة العامة،

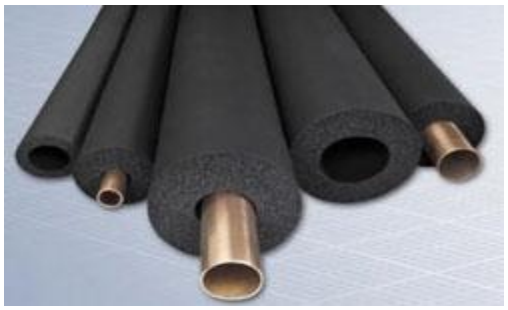
الممعدنه بي Ternmoflexبلايت :أنظمة التدفئة تحت البلاط لتوفير الحرارة موزعة بالتساوي على جميع الطوابق، الصلبة المستخدمة في . وبالإضافة إلى ذلك، التطبيقات المستخدمة في السجاد . التطبيقات تحت الارض .الشكل (3-14)

الشكل (3-14)الواح البساط

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

ج / مطاط البولي اثيلين:

الصوف الزجاجيArmaflex1)



توجد باقطار 2ملم تصل الي 160ملم وبطول 6 متر وسمك جدار الأنابيب 500 ، 1000 ، 1500 ، وواسعة 3000ملم إلي 5000ملم . وتقدم لوحة في شكل سماكة تصل 32ملم و6 متر في الطول .

الاستعمالات :

أنظمة التدفئة والتبريد ومعدات تكييف الهواء وأنظمة التشغيل المزدوج درجة الحرارة وقنوات التهوية والدبابات.

μ 7000؟ 0درجة مئوية 0036>واط /مللي كلفن / 60- 105+درجة مئوية الدرجة . الشكل (3-15)

الشكل(3-15) الصوف الزجاجي (ارمافليكس)

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

2NHArmaflex)

يرد أنابيب بأقطار من سماكة تصل إلى 9 ملم الى 10ملم الى 89 25ملم في شكل الأنابيب والصفائح .

الاستعمالات :

الدوائر الساخنة والمياه الباردة ، وأنظمة التدفئة وتكييف الهواء ومعدات التبريد ، وأنظمة التشغيل المزدوج درجة الحرارة وقنوات التهوية والدبابات وكبيرة قطرها الأنابيب والتجهيزات.الشكل (3-16)

الشكل (3-16) انابيب ارمافليكس

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

3) بلايت İzopor

السماكة :الطول 10-9-8-7-6-5-4-3-2

الحجم : سم 50x100 .

شكل السطح : شقة .

الاستعمالات :

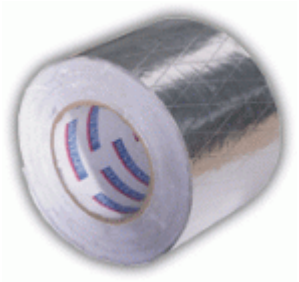
الجدران الخارجية والتخزين البارد، والثلاجات التجارية وأدوات نظام التبريد، والديكور والعزل . الشكل (3-17)

الشكل (3-17) ايزوبور بلايت

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

د / أشرطة العزل :

50mmالعاشر 45m، 75mmالعاشر 45m، 100mm نوعان من عادي وتعزيزها تستخدم على نطاق واسع التدابير استخدام سبيكة معدنية مناسبة لعزل مجاري التهوية ذات الضغط العالي ويتعزز بالشريط مربع ، ونمط الماس .الشكل (3-18)



الشكل (3-18) اشرطة العزل

المصدر : منتجات لشركات من الانترنت ، (3).

3 – 4 : عـــــزل الصـــــوت :-

علي الرغم من أن الوسائل التقليدية للبناء (مواد بناء ثقيلة بأسماك كبيرة) كانت تفي بمتطلبـات العزل الصوتي وهي الوزن السطحي الكبير والصلابة العالية ، إلا أنها كانت تتسبب في زيادة الأحمـــال

الإنشائية نتيجة لوزنها – وضياع بعض المسطحات – نتيجة سمكها – مما حدا المعماريين والإنشائيين إلـي اللجوء إلي مواد وطرق بناء تجمع بين الإقتصاد في التكاليف وقلة الزمن اللازم للبناء والإقلال من الأحمال الإنشائية سابقة التجهيز سواء كانت فواصل غير ثابتة أو حوائط ستارية .....الخ وكلها مواد خفيفة نسبيـا وبأسماك قليلة ، مما يترتب علية العديد من المشاكل الصوتية وخاصة ما يتعلق منها بالعزل والخصوصية .

ومن المفيد أن نذكر هنا أن العزل الصوتي يجب أن يكون خط الدفاع الأخير ضد الضوضاء ، وذلك بعد إستنفاذ الوسائل السابق ذكرها .

3 – 4 – 1: العزل ضد الضوضاء المحمولة جواِ :

يعرف فاقد إنتقال الصوت (Sound Transmission Loss(STL–الخاصية التي تعبرعن مدي كفاءة الفاصل Partion في العزل – وهو مقدار الإنخفاض مقاسا بالديسيبل الذي يعانية الصوت أثناء إنتقالة خلال الفاصل ، ويتوقف فاقد الإنتقال علي طبيعة الفاصل وعلي التردد ، ولا يتأثر بالخواص الصوتية لأي من الفرغات التي يفصلها هذا الفاصل .

3 – 4 – 2 : الفواصل المفردة :

يتوقف فاقد الإنتقال للفواصل المفردة المتجانسة Homogeneous علي كل من الوزن السطحـي والتردد . ويطلق على هذة العلاقة قانون الكتلة Mass Law ويلاحظ منة تزايد فاقد الإنتقال بحوالي 5 – 6 ديسيبل لكل مضاعفة للوزن أو التردد . ويتوقف فاقد الإنتقال علي زاوية السقوط .

3 – 4 – 3 : القواطيع المزدوجة أو المتعددة:

مما لا شك فية أن الزيادة المطردة في سمك القاطوع المفرد ؛ بغرض زيادة العزل غير عمليـة لسببين : أولهما زيادة الأوزان والأحمال الإنشائية ، وثانيها أن معدل زيادة الصلابة مع السمك أعلي بكثيـر من معدل زيادة الوزن مع السمك ، إذ إن زيادة النسبة بين الصلابة والوزن تزيد من طول الموجة الانحنائية ، وبالتالي تخفض من تردد التطابق .

وإستعمال القواطع المزدوجة يعطي زيادة ملحوظة في فاقد الإنتقال دون زيادة الوزن . وتـزداد كفاءة القواطيع المزدوجة بالنسبة للترددات العالية علي وجة الخصوص .

3 – 4 – 4 : القواطيع المركبة:

يسمي القاطوع مركبا إذا ما اشتمل مسطحة علي أكثر من مادة ذات خواص عزل مختلفة . ومــن أمثلة ذلك أن يشتمل حائط علي فتحة أو باب أو نافذة . ويتحدد الفاقد الكلي للقاطوع المركب إلي حد كبير بفاقد الأنتقال للعنصر الأقل كفاءة في العزل . وعلي سبيل المثال فإن وجود نافذة ذات فاقد إنتقال 20 ديسيبل تشغل ربع مسطح حائط ذي فاقد إنتقال 45 ديسيبل ينتج عنة أن الفاقد الكلى للجدار المركب ينخفض إلي 26 ديسيبل فقط .

3 – 4 – 5 : العزل ضد الضوضاء المحمولة إنشائيا :

ويهمنا منها علي وجة الخصوص الضوضاء الناجمة عن وقع الأقدام ، فمن الوسائل الفعالة في منعها إستعمال مادة مطاوعة في الأرضيات اللدائنية – وذلك من شأنة أن يقلل من قوة الصدمة نفسها ولكن مثل هذة المواد لا تصلح للعزل ضد الضوضاء المحمولة جوا . أما إستعمال الأرضيات العائمة أو الأسقف المعلقة فينتج العزل لكلا النوعين من الضوضاء .

3 – 4 – 6 : التفاصيل الإنشائية لوسائل العزل :

قبل إختيار وسائل الإنشاء للجدران أو الأرضيات يجب أن يؤخذ في الاعتبار ما يلي :-

أ) مستوي الضوضاء الموجودة بالفعل أو المتوقع وجودها .

ب) المستوي المقبول أو المطلوب للضوضاء الخلفية في الفراغ المعني .

ج) كفاءة العزل للجدار أو الأرضية .....الخ.

بالنسبة للجدران والقواطع الثابتة ، يمكن الحصول علي أفضل النتائج بمراعاة النقاط التالية :-

I. أن تكون متجانسة وذات وزن معقول.

II. أن تكون كاملة (غير منقوصة) سواء أفقيا أو رأسيا.

III. أن يعتني بإغلاق كافة اللحامات سواء حول محيطها أو بين عناصرها أو حول الفتحات المخصصة للمفاتيح وغيرها.

IV. أن تستعمل وصلات مطاوعة أو نصف مطاوعة للربط بين جدران القاطوع أو مركباتة .

V. زيادة الوزن دون زيادة الصلابة ، وذلك بإستعمال مواد ثقيلة ورخوة مثل تبطين جدران القاطوع بألواح من الرصاص .

ويراعي في الأرضيات والأسقف ، بالإضافة إلي عزل الضوضاء المحمولة جوا ، عزل ضوضاء الصدمات ، ويتم ذلك إما بإستعمال مواد مطاوعة ، لتغطية الأرضيات ، وإما بعمل أرضيات قائمة وأما اسقف معلقة .

فالأرضيات القائمة تفصلها عن البلاطة الإنشائية مواد مطاوعة سواء أكانت مستمرة أم متقطعة ، ويشترط الحصول علي أفضل النتائج المحافظة علي الفصل الصوتي التام الأرضية والبلاطة وكذلك بين الأرضية والجدران المحيطة .

أما الأسقف المعلقة يشترط فيها الأ يقل وزن السقف المعلق عن 25كجم/المتر المربع ، وإن كان من الممكن تخفيض الوزن إذا ما استعملت مواد ماصة مثل الصوف الصخري أو الصوف الزجاجي في الفراغ بين السقف والبلاطة . كما يجب الأ يكون هذا السقف شديد الصلابة ويجب تفادي الشقوق والفجوات حول الأنابيب وتركيبات الأضاءة.

3 – 5 : الخلاصات :-

3 – 5 – 1 : يجب اختيار المواد العازلة والمواد الماصة للصوت بعناية وبعد دراسة الحالة ، وعمل الحسابات اللازمة لها . فالمواد العازلة تستخدم لمنع الضوضاء الخارجية من النفاذ داخل الفضاء المراد منع الضجيج عنة . والمواد الماصة لمنع الضجيج الداخلي وارتداد الصوت .

3 – 5 – 2 : وفي الحالة التي نحن بصددها ، فان الحوائط الخرصانية والتي يعقبها فراغ ثم حوائط القاعة ، وسقف القاعة من الخرصانة الرغوية ، وكذلك عزل القاعة عن اماكن الخدمات والمكاتب بالوزارة ، جعلها معزولة جيداً عن الضوضاء الخارجية .

3 – 5 – 3 : منع الضجيج الداخلي بواسطة المواد الماصة للصوت ، فاعتمد علي اساس اختيار مواد تحقق زمن الارتداد الامثل للقاعة (انظرالفصل الرابع).

3 – 5 – 4 : المنتجات من المواد الماصة كثيرة ومتنوعة ، وكل منها لدية خواص ومزايا تختلف عن الاخري ، وخاصة اختلافها في معامل امتصاص الصوت ، فبعضها معامل امتصاصة في الترددات العليـــا (2000 هرتز) عالية ، وفي الترددات الدنيا (125 هرتز) متدنية ، كذلك فان بعضها ذات معامل امتصاص عالية في الترددات الدنيا ، ومعامل امتصاص منخفضة في الترددات العليا .

3 – 5 – 5 : يمكن اختيار اكثر من مادة لتشمل امتصاص الصوت في الترددات العليا والترددات المتوسطة والترددات الدنيا ، لضمان كفائة اداء الصوت داخل القاعة ومنع ظاهرة صدي الصوت .

الفصل الرابع

إختيار ووصف حالة الدراسة

4 – 1 : مقدمة :-

هناك عدة نمازج لقاعات المؤتمرات بولاية الخرطوم وتم اختيار ثلاثة حالات سيتم سردها باختصار في هذا الفصل بالاضافة الي اختيار الحالة الدراسية (قاعة مؤتمرات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي) لاهميتها وكون ان وزارة التعليم العالي والبحث العلمي تحتل مكانة كبيرة في مجال ادارة التعليم الجامعي في البلاد .

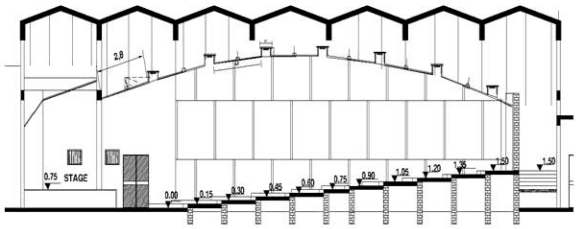
ونشأت الفكرة باختيار قاعة المؤتمرات بوزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، ومن حيث اهميتها ومساهمتها المستقبلية في تطوير التعليم العالي بالسودان ، وكون الباحث شاهداً ومشرفاً علي تنفيذ تشطيب هذة القاعة ، والتصميم الصوتي لها .

وفي هذا الفصل سنتعرف علي موقع وزارة التعليم العالي والبحث العلمي وبالتالي موقع القاعة ، وكذلك وصف لموقع القاعة ، المواد الانشائية لها والمواد المختارة للتشطيب ، خاصة المواد الماصة للصوت ، وكذلك المعالجات الصوتية المستخدمة في القاعة .

4 – 2 : نمازج للتصميم الصوتي لقاعات بولاية الخرطوم : –

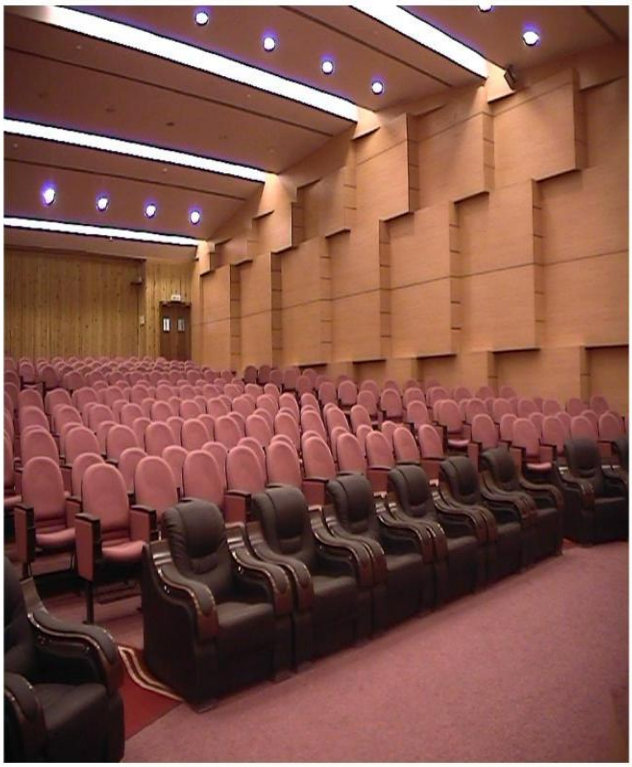
4 – 2 – 1 : قاعة جامعة افريقيا العالمية : (الشكل 4 – 1)

تقع جنوب الخرطوم – بحرم الجامعة الرئيسي ، جنوب اركويت علي شارع مدني . سعة القاعة : 500 مقعد .تم تنفيذها في 2004 – 2005م . الابعاد : الطول 31.50 متر – العرض 18 متر – وارتفاع متوسط 6 امتار . المواد المختارة للتشطيب : الحوائط من الواح خشب M.D.F المصمت و ذو ثقوب بكسوة – السقف من الواح الجبص – الارضيات من الموكيت متوسط الكثافة – المقاعد من القماش – الابواب من الخشب الموسكي مطعم بفتحات من الزجاج – توجد نافذة واحدة بها زجاج مزدوج بغرفة التحكم .



Longitudinal Section

Conference Centre

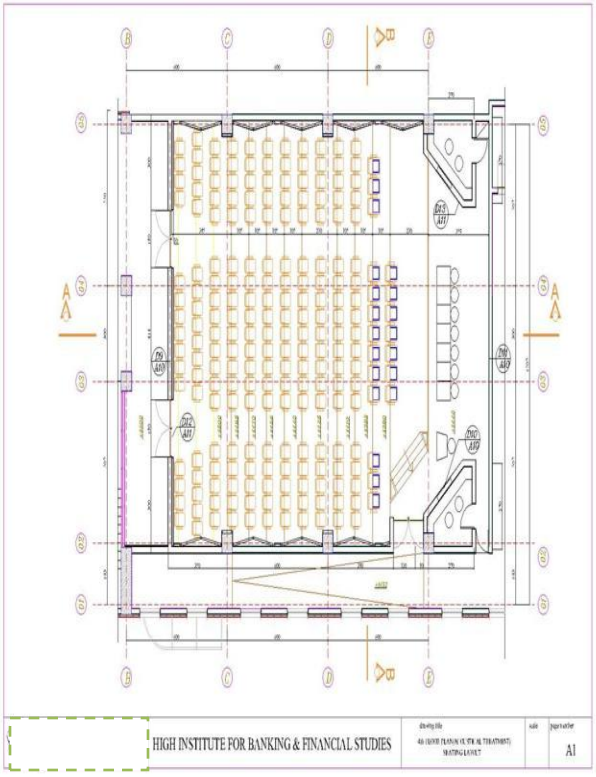


الشكل رقم (4-1) ، قاعة مؤتمرات جامعة افريقيا العالمية

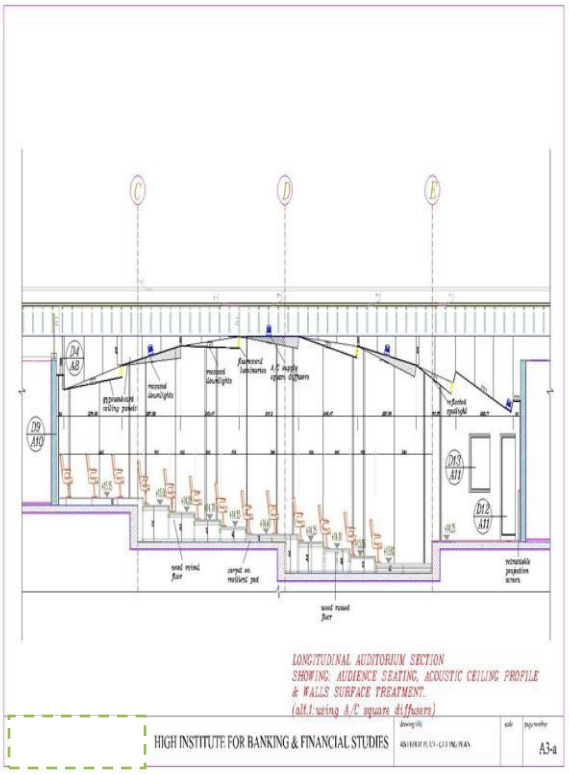
المصدر : أ.د.عبدالله البشير

4 – 2 – 2 : قاعة مؤتمرات المعهد العالي للدراسات المصرفية والمحاسبية :

تقع بالخرطوم وسط – عند تقاطع شارع عطبرة مع شارع الجامعة . سعة القاعة : 220 مقعد . تم تنفيذها في العام 2008م . الابعاد : الطول 16 متر – العرض 13 متر – وارتفاع متوسط 5 امتار . المواد المختارة للتشطيب : الحوائط من الواح خشب M.D.F المصمت – السقف من الواح الجبص – الارضيات من الموكيت متوسط الكثافة – المقاعد من القماش – الابواب من الخشب الموسكي – توجد نافذة واحدة بها زجاج مزدوج بغرفة التحكم . (الشكل رقم 4–2/أ ، ب)



Seating Layout



Longitudinal Section

الشكل رقم (4–2/أ) ، قاعة مؤتمرات المعهد العالي للدراسات المصرفية والمحاسبية

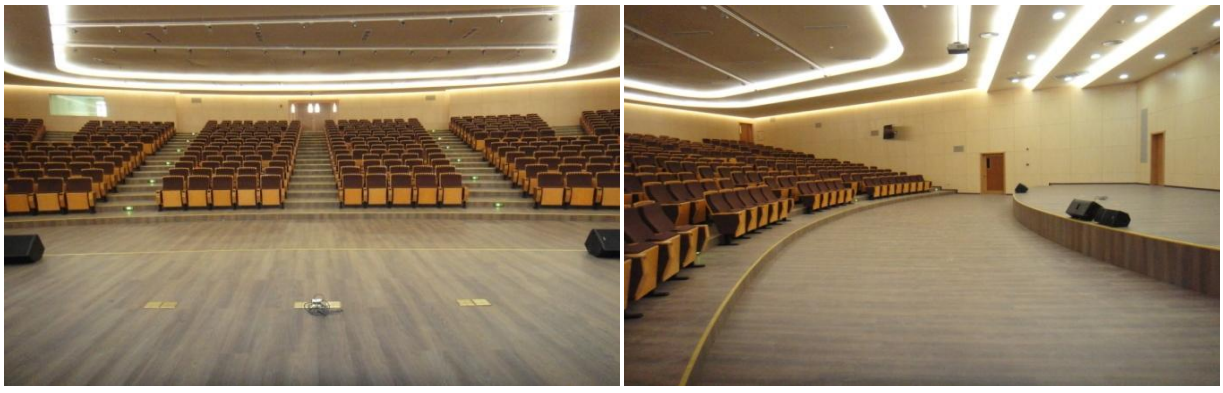
المصدر : أ.د.عبدالله البشير

الشكل رقم (4-2/ب) ، قاعة مؤتمرات المعهد العالي للدراسات المصرفية والمحاسبية

المصدر : أ.د.عبدالله البشير

4 – 5 – 3 : قاعة مؤتمرات مركز التنوير والمعرفة : (الشكل رقم 4-3)

تقع بالخرطوم جنوب الساحة الخضراء . سعة القاعة : 535 مقعد . تم تنفيذها في العام 2013م . الابعاد : بمساحة 650 متر مربع – وارتفاع متوسط 4.5 متر. المواد المختارة للتشطيب : الحوائط من الواح خشب M.D.F المثقب بكسوة – السقف من الواح الجبص – الارضيات من خشب الباركيت (parquet) – المقاعد من القماش – الابواب من الخشب الزان – توجد نافذة واحدة بها زجاج مزدوج بغرفة التحكم .



الشكل رقم (4-3) ، قاعة مؤتمرات مركز التنوير والمعرفة

المصدر : شركة ارش للتجارة والخدمات

4 – 3 : حالة الدراسة قاعة مؤتمرات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي : –

4 – 3 – 1 : الموقع العام :

يقع مبني وزارة التعليم العالي والبحث العلمي علي أحداثيات (32.541445 , 15.606039) فهو يمثل للأبنية المحيطة الأخري :–

+ يقع شمال مبني جهاز الرقابة علي العربات الحكومية .

+ يقع غرب مبني مجمع الفقة الإسلامي .

+ يقع شرق مركز الأنجاب وأطفال الأنابيب .

+ يقع جنوب مبني أرضي تابع لإدارة هيئة التعليم التقني والتقاني .

وهو مبنى مكون من خمسة طوابق بالأضافة للطابق الأرضي وطابق تحت الأرضي (القبو) ، ومشيد علي مساحة 89.15 × 73.00 متر (6,507.95 متر مربع) . انظر الشكل (4–4) و (4–5)

أ) : الشوارع المحيطة :

الشوارع الرئيسية المحيطة مباشرة بالوزارة هي :– (انظر الشكل 4–5)

+ جنوب المبني شارع البلدية – ذو إتجاهين لحركة السيارات – ويقترن شرقاً بشارع الأمام المهدي شرق .

+ شرق المبني شارع عبيد حاج الأمين – ذو إتجاهين لحركة السيارات – وهو شارع فرعي بعرض لا يتجاوز 4 أمتار ، ويقترن شمالاً مع شارع الجمهورية ، وجنوباً مع شارع البلدية .

+ شمال المبني شارع الزبير باشا – ذو إتجاة واحد لحركة السيارات (من الشرق للغرب) – وهو أيضا شارع فرعي لا يتجاوز عرضة 3 أمتار ، ويقترن شرقاً بشارع الأمام المهدي شرق .

(ب) موقع القاعة المؤتمرات بالنسبة لمبني الوزارة : تقع قاعة المؤتمرات بالجزء الجنوبي الشرقي من مبني الوزارة ، فهي ضمن مبني الوزارة وغير منفصلة عنة . وتطل علي شارعين (شارع البلدية جنوباً – وشارع عبيد حاج الأمين شرقاً) . والمدخل الرئيسي لها علي السور الجنوبي علي شارع البلدية .

الشكل (4-4) مخطط موقع وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المصدر : موقع خرط قوقل (Google.com)

الشكل (4-5) مخطط مبني الوزارة من اعلي والمساحة الكلية للوزارة

المصدر : موقع خرط قوقل (Google.com)

4 – 3 – 2 : ابعاد ووصف القاعة : –

تحتل القاعة مساحة 590.49 متر مربع (24.30 × 24.30 متر) ، هذا بالإضافة للمكاتب الأدارية والخدمية المصاحبة للقاعة .

تمتد القاعة من الجزء الشمالي الشرقي بالطابق الأرضي وتتدرج باتجاة الجنوبي الغربي عند المنصة بالطابق تحت الأرضي (القبو) (أنظر الشكل رقم (4–6) الشكل رقم (4–7)) ، بحيث يكون الإرتفاع بين الطابقين 4.05 متر .أما وصف القاعة فهي كالاتي : –

4 – 3– 2 – 1 : مداخل القاعة :

بها أربعة مداخل رئيسية:–

أ) عدد إثنين باب متجاورين بالجزء الشمالي الشرقي من القاعة بالطابق الأرضي ، بمقاس 1.80م × 2.00م.

ب) عدد إثنين باب بالطابق تحت الأرضي (القبو) ، أحدهما علي الحائط الجنوبي ، والأخر علي الحائط الغربي ، والحائطين هما حوائط داخلية بالمبني ، ومقاس هذة الأبواب متطابقة 1.80م ×2.00م ج) وكذلك عدد بابين كما في (ب) ولكن بمقاس 0.90م × 2.00م ، عند المنصة . وكل هذة الأبواب من الخشب الزان ، (أنظر الشكل رقم (4–8)) .

4 – 3– 2 – 2 : جدران القاعة :

+ جدران الطابق الأرضي للقاعة من مباني الطوب الأحمر سمك واحد طوبة ، وذلك للجدران الشمالية والشرقية . أما الجدران الجنوبية والغربية فهي من طوب البلوك الأسمنتي المفرغ سمك 20 سم .

+ جدران الطابق تحت الأرضي فهي جميعها من الطوب الأحمر سمك واحد طوبة .

+ وكل حوائط القاعة هي حوائط داخلية .

+ تم تجليد هذة الحوائط بالترتيب من الداخل للخارج كالاتي :

الشكل رقم (4–9) / أ ، بدء اعمال التشطيب للقاعة ، ويظهر تركيب الصوف الزجاجي علي الحوائط

المصدر : الباحث

الشكل (4–9) / ب ، تركيب الصوف الزجاجي مثبت بواسطة زوي من الالمنيوم تمهيدا لتركيب شرائح الخشب

المصدر : الباحث

الشكل (4-10) / أ ، تركيب شرائح الخشبM.D.Fعلي الحوائط ، وعمل الجبصن بورد للسقف

المصدر : الباحث

الشكل (4-10) / ب ، شرائح الخشب وبة الفتحات لتمرير الصوت ، كما يظهر بدء اعمال الموكيت للارضيات

المصدر : الباحث

- ❖ الصوف الزجاجي سمك 25 مم ، أحد جانبيها الداخلي من رقائق الألمنيوم ، مثبت بزوي مباشرة علي الحائط . (انظر الشكل (4-9) أ و(4-9) / ب) .
- ❖ شرائح الخشب (بة فتحات لتمرير الصوت وكسوة) سمك 8/3 بوصة . انظر الشكل (4-10) / أ و(4-10) / ب.

4 – 3– 2 – 3 : سقف القاعة :

يتكون سقف القاعة من أعلي إلي أسفل : (انظر الشكل (4-10) / أ) و(الشكل (4-11)/أ و(4-11)/ب)

يحمل ألواح من الزنك البلدي عيار 8 .

أ) من هيكل حديدي(Space Frame)

معالج أعلي الزنك بالخرصانة الرغوية وذلك لمنع أو تقليل إنتقال حرارة الشمس من الخارج لداخل القاعة وكذلك للاصوات الخارجية وذلك بمتوسط سماكة 7.5 سم .

ب) سقف مستعار من ألواح الجبص مدرج بسمك 15 ملم .

4 – 3– 2 – 4 : أرضية القاعة :

عبارة عن سقف معلق Suspended Slap ، من الخرصانة المسلحة ومدرج الي 13 درج (مستوي) ويرتفع كل درج عن عن الأخر بمقدار 27 سم ، وفي مستويين آخرين بمقدار 54 سم .

كما أنة تم عمل بلاط من المزايكو بحيث تم صبة بالموقع وتسويتة وتجليتة ، وذلك أعلي أرضية الخرصانة المسلحة بسمك 3.5 سم .

ولياتي من أعلي ذلك فرش من الموكيت متوسط الكثافة (لإمتصاص صوت وقع الأقدام ، وكذلك إمتصاص مقدار من الصوت المنشأ بالقاعة نتيجة للحديث) .انظر الشكل (4-7)/ ب .

الشكل (4-11)/أ ، بدء التجهيز بعمل شبكة معلقة بالسقف لاعمال الجبصن بورد

المصدر : الباحث

الشكل (4-11)/ب ، بدء تركيب الجبصن بورد بالسقف المعلق

المصدر : الباحث

4 – 3 – 2 – 5 : سعة ومحيط القاعة : (انظر الشكل (4–12)) .

أ / تسع القاعة لعدد 400 شخص (مستمع) ، ومنتظمة المقاعد علي المدرجات لتضم بينها خمسة ممرات (محاور) للحركة وسهولة الوصول للمقاعد ، وعرض هذة الممرات بالتساوي 120 سم .

ب / يحدها من الشمال بالطابق الأرضي " باحة ("Lobby) . وحمامات للقاعة ، أنظر الشكل رقم (4–6)

ج / توجد صالة بالجهة الشمالية الشرقية للقاعة بالطابق الأرضي لتكون كإستقبال للقاعة .

د / أما الجزء الغربي من القاعة فيوجد صالون لكبار الزوار ، وكذلك "باحة" Lobby .

هـ / أما من الناحية الغربية والجنوبية بالطابق تحت الأرضي ممران عرض كل منهم 202.5 سم يؤديان إلي مداخل القاعة السفلية .

و / أما الجهة الشمالية و الشرقية للقاعة من الطابق تحت الأرضى (القبو) أيضا بة ممران ولكن بعرض 200 سم ، يؤديان اليمكاتب أدارية وخدمية للقاعة وقاعات ملحقة ذات سعة عددية اقل وصالون لكبار الضيوف .

ز / الغرف التي تقع تحت أرضية القاعة المعلقة بالطابق تحت الأرضي ، فهي عبارة عن مخازن وخزينة مال للوزارة .

4 – 3 – 3 : التحليل الصوتي للقاعة :

4 – 3 – 3 – 1 : مقدمة :-

في هذا الفصل سيتم عمل تحليل صوتي للقاعة وذلك عن طريق حساب زمن الارتداد للصوت ، وذلك باستخدام معادلة سابين ، ومقارنتها بزمن الارتداد المطلوب ، حتي نتجنب ظاهرة حدوث الصدي للصوت وعدم وضوح الحديث ، فاذا كان زمن الارتداد اكبر من زمن الارتداد القياسي يحدث هذة الظاهرة ، حيث سيتم الحساب علي ضوء المواد المستعملة في تشطيب القاعة من ناحية امتصاصها للصوت (تختلف

باختلاف معامل الامتصاص لكل مادة) وذلك في الترددات الدنيا والمتوسطة والترددات العليا (125 ,500 2000, هرتز) . تسع القاعة 400 مستمع (شخص) . وخطوات عمل التحليل الرياضي كالاتي : -

- حساب الحجم المخصص للشخص في الفراغ ، وذلك لتحديد ما اذا كانت القاعة تحتاج الي مواد ماصة من عدمها . فاذا تعدت النتيجة 4.9 متر مكعب (الحد الاقصي للحجم المخصص للشخص في الفراغ) فان القاعة تحتاج الي مواد ماصة ، ويتم الحصول علي الحجم الامثل للشخص في الفراغ = حجم القاعة / عدد المقاعد .

- حساب مساحات المواد المختارة لتشطيب القاعة .

- استخراج معامل الامتصاص لكل مادة مختارة عند كل ترددمن جداول الملحق رقم (2) .

- معادلة سابين لحساب زمن الارتداد الفعلي للقاعة : -

$$t = 0.16\ V / A$$

حيث :-

t= زمن الارتداد بالثواني .

V = حجم القاعة بالامتار المكعبة .

A = مساحة الامتصاص بالامتار المربعة .

-يتم الحصول علي مساحة الامتصاص للمادة المختارة ، وذلك بناتج ضرب معامل الامتصاص المادة في مساحة المادة .

- يتم جمع مساحة الامتصاص لكل المواد المستخدمة والمختارة .

- ومن ثم يتم تطبيق معادلة سابين ، وذلك بضرب 0.16 × حجم القاعة ، ومقسوما علي مجموع مساحات الامتصاص للمواد المختارة ، للحصول علي زمن الارتداد الفعلي لكل تردد .

- ويتم الحصول علي زمن الارتداد الامثل من الرسم البياني (الملحق 1) ، ويعتمد علي حجم القاعة والغرض من القاعة .

4 – 3 – 3 – 2 : حساب الحجم الامثل للشخص في فراغ القاعة :-

انظر الفصل الاول (1 – 4 / حجم الفراغ) . وعلية :-

- حجم القاعة = 24.3 × 24.3 × 4.32 = **2539.1** متر مكعب .

- حجم الفراغ للشخص الواحد في الفراغ = $\frac{2539.1}{400}$ = **6.35** متر مكعب .

وبمقارنة النتيجة اعلاة بالجدول رقم (2 – 4) فاننا في حوجة لعمل مواد ماصة للقاعة .

4 – 3 – 3 – 3 : مساحات المواد المستعملة في تشطيب القاعة : –

1/ الحوائط (Glass wool . MDF) = 401.83 م2 .

2/ السقف (جبص) = 590.5 م2 .

3/ الأرضية (موكيت متوسط الكثافة) = 590.5 م2 .

4/ عدد المقاعد 400 مقعد كاملة التنجيد .

5/ الابواب من الخشب المصمت = 23.88 م2 .

6/ زجاج للنوافذ مفرد سمك 6مم = 3 م2 .

4 – 3 – 3 – 4 : حساب زمن الارتداد الفعلي للقاعة (RT) : –

وذلك حسب الجدول التالي (جدول رقم 4–1) : –

جدول رقم (4–1) حساب زمن الارتداد الصوتي

السطوح الداخلية للقاعة ومحتوياتها	مساحة السطح (a)m2	الترددات (هرتز) ، معامل الامتصاص (f) ، مساحة الامتصاص (A)					
		125		500		2000	
		F	A	f	A	f	A
MDFالحوائط (خشب بة فتحات)	401.83	0.4	160.73	0.15	60.27	0.1	40.18
الصوف الزجاجي (25كجم/م3– 24مم) مثبت علي الحائط .	339.73	0.15	50.96	0.75	254.80	0.75	254.80
السقف المعلق من الجبص سمك 15مم .	590.5	0.3	177.15	0.05	29.53	0.07	41.34

موكيت متوسط الكثافة مثبت علي ارضية صلبة . . خصم الظل بواسطة المقاعد .	590.5	0.05 خصم 20%	29.53 -5.91	0.15 خصم 40%	88.58 -35.43	0.25 خصم 60%	147.63 -88.58
المستمعين على مقاعد كاملة التنجيد مسامية لكل شخص (3/2 من سعة القاعة 400 شخص).	267 شخص	0.19	50.73	0.47	125.49	0.51	136.17
المقاعد المتبقية الخالية كاملة التنجيد ومسامية لكل مقعد (3/1 من سعة القاعة .	133 مقعد	0.12	15.96	0.28	37.24	0.32	42.56
الابواب من الخشب المصمت .	23.88	0.3	7.16	0.1	2.39	0.1	2.39
زجاج للنوافذ سمك 6مم مفرد .	3	0.35	1.05	0.18	0.54	0.07	0.21
الهواء(لكل متر مكعب)	2539.1			0.003	7.62	0.007	17.77
مجموع مساحة الامتصاص			**487.36**		**632.03**		**661.47**
بتطبيق معادلة سابين(زمن الارتداد الفعلي)	t(بالثانية)		**0.83**		**0.71**		**0.68**
.(From chart)الزمن الارتدادالامثل (ملحق"2")			**0.85**		**0.85**		**0.85**

ملحوظة : 1) قيم معامل الامتصاص للمواد المختارة يتم استخراجها من الملحق 1 .

2) قيم زمن الارتداد الامثل يتم استخراجها من الملحق 2 .

المصدر : الباحث

الشكل رقم (4-13) ، قاعة مؤتمرات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المصدر : الباحث

4 – 4 : الخلاصات : –

4 – 4 – 1 : موقع الوزارة وبالتالي موقع القاعة ، يعتبر موقعا جيد حيث انهيقع في منتصف ولاية الخرطوم ، وبالتالي يعتبر ملتقي طرق للثلاثة محليات (الخرطوم – الخرطوم بحري – امدرمان) .

4 – 4 – 2 : تم الاستفادة من الحيازات اسفل القاعة كمخازن ومكاتب ادارة القاعة ، جعل من تلك الحيازات مكانا خالي من الضجيج.

4 – 4 – 3 : عمل الخرصانة الرغوية بسقف القاعة اعلي الواح الزنك ، ثم عمل بلاط مزايكو لميول سقف القاعة ، جعلها معزولة من الضجيج الخارجي وخاصة صوت تساقط الامطار .

4 – 4 – 4 : تم عند اختيار تلك المواد المذكورة والمراد اختبارها مراعاة المظهر المعماري العام للقاعة ، لتشكل مع انسجام عناصرها كالوحة معمارية بديعة .

4 – 4 – 5 : يجب اختبار المواد المختارة للتشطيب رياضيا ، واذا لم تكن المساحات للامتصاص كافية فيتم زيادة المساحات المطلوبة ، والعكس صحيح .

4 – 4 – 6 : أن درجة فهم الكلام في القاعات الكلامية تكون افضل عندما يكون زمن الترديد الصوتي فيها ملائما ، مما يترتب علية ضمان الحجم [illegible] وتحديد اماكن الانعكاس والامتصاص بالقاعة

4 – 4 – 7 : أن قاعة المؤتمرات بالوزارة تتوفر فيها المتطلبات الصوتية من ناحية الحجم بحيث ان زمن الارتدادالصوتي للقاعة يقع ضمن الترددات المسموح بها للقاعات الكلامية (0.85 ثانية) .

4 – 4 – 8 : ففي الترددات الدنيا (125 هرتز) فان زمن الارتداد الصوتي 0.83 ثانية اي اقل من زمن الارتداد الامثل للقاعة 0.85ثانية بنسبة 2.35% . هذا يعتبر زمن ارتداد ممتاز لفاعلية فهم الكلام للقاعة .

4 – 4 – 9 : ففي الترددات المتوسطة (500 هرتز) فان زمن الارتداد الصوتي 0.71 ثانية اي اقل من زمن الارتداد الامثل للقاعة 0.85ثانية بنسبة 16.47% . هذا يعتبر زمن ارتداد ممتاز لفاعلية فهم الكلام للقاعة .

4 – 4 – 10 : ففي الترددات العليا (2000 هرتز) فان زمن الارتداد الصوتي 0.68 ثانية اي اقل من زمن الارتداد الامثل للقاعة 0.85ثانية بنسبة 20% . هذا يعتبر زمن ارتداد جيد جدا لفاعلية فهم الكلام للقاعة .

4 – 4 – 11 : إن مؤشر قابلية فهم الكلام دون ارتداد للصوت يعتبر جيد جدا اذا لم يتجاوز او يقل زمن ارتداد الصوت عن زمن ارتداد الصوت الامثل بنسبة 25% .

4 – 4 – 12 : جزء من مساحة الارضيات (الموكيت) تمتص بواسطة المقاعد (20% للترددات الدنيا – 40% للترددات المتوسطة – 60% للترددات العليا) .

4 – 4 – 13 : من النتيجة التي تم الحصول عليها ، فان المواد المستعملة لامتصاص الصوت بالقاعة كافية تماما ، ولا تحتاج الي زيادة او نقصان في مساحات الامتصاص .

الفصل الخامس

الخلاصات والتوصيات

5 – 1 :الخلاصات : –

وفقا للدراسة والنتائج التي تمت بهذا البحث ، تم الاستخلاص الي : مستخلصات عامة – مستخلصات خاصة بحالة الدراسة :

5 – 1 – 1 : الخلاصات العامة :

يمكن ايجازها في الاتي :

أ / إن درجة فهم الكلام في القاعات الكلامية تكون افضل عندما يكون زمن الارتداد الصوتي فيها ملائما مما يترتب عليها ضمان الحجم الملائم للقاعة وتحديد اماكن الانعكاس والامتصاص بالقاعة

ب / في السودان ،ومن واقع تجربة الباحث العملية في احد كبري الجامعات السودانية بادارتها الهندسية معظم القاعات الدراسية سواء كانت في المدارس او في الجامعات ، لا يتم فيها عمل التصميم الصوتي ، بل يتعدي الامر ليشمل بعض قاعات المؤتمرات . وينصب كل الاهتمام علي التكلفة والمظهر المعماري .

ج / يعزي أحد أسباب ذلك كما ورد في (1) ، عدم توفر المواد المطلوبة للتشطيب والتصميم الصوتي بالسوق المحلي ، حيث يتم استيرادها من خارج البلاد ، مما يتسبب في اهدار الزمن والعملة الحرة ، وبالتالي فإن عدم وجود مصانع محلية لهذة المواد يجعل أسعارها باهظة الثمن ، وبالتالي رفع قيمة المشروع بنسبة قد تفوق 100% .

د / إرتفاع تكلفة المشروع كما اوردنا في (2) تجعل الكثير من الملاك يتغاضون عن عمل التصميم الصوتي (تشطيب قاعة المؤتمرات بالوزارة فاقت تكلفتها 4,500,000 جنية سوداني) .

هـ / عدم اختيار الموقع المناسب للقاعة المراد انشائها يؤدي إلي الفشل في الاداء الصوتي . حيث يجب دراسة محاور الحركة لها ، وبعدها عن الضجيج الخارجي .

و / تعد المعايير الصوتية الحديثة والمعتمدة علي الصيغ الرياضية المتقدمة اسلوبا فعالاً في تقييم كفاءة الأداء الصوتي والوظيفي ، وتعتبر وسيلة ناجحة لاختبار واختيار المواد اللازمة .

ز / مؤشرات الأداء الصوتي في القاعات الكلامية يمكن ان نلخصها في الجدول رقم (5 – 1) التالي :-

الجدول (5–1) مؤشرات الاداءالصوتي

المفردات الرئيسية	المفردات الثانوية	القيم الممكنة
تقليل الضوضاء	الداخلية	إستخدام المواقع ذات الاصوات الواطئة .
		توقيع فضاءات الخدمات بعيدا عن الفضاءات المأهولة
		إستخدام المواد العازلة .
	الخارجية	توقيع المبني بعيدا عن مصادر الضوضاء
		إستخدام الحواجز الطبيعية والصناعية .
		موقع الحواجز بالنسبة لمصدر الصوت .
كفاءة توزيع الطاقة الصوتية ضمن الفضاء	شكل الفضاء	منتظم
		غير منتظم
	حجم الفضاء	
	السطوح الداخلية	إستخدام المواد العاكسة .
		إستخدام المواد الماصة .
	محتويات الفضاء	بدون قواطع .
		بإستخدام القواطع المستقيمة .
		بإستخدام القواطع المنحنية .
زمن التأخير الأبتدائي	حجم وابعاد الفضاء	

وزمن التردد الصوتي	السطوح الداخلية ومواد الأنهاء	إستخدام المواد العاكسة . إستخدام المواد الماصة .
المشاكل الصوتية	شكل الفضاء	
	حجم الفضاء	
	السطوح الداخلية ومواد الانهاء	
	محتويات الفضاء	

. **ملحوظة** : الأجزاء المظللة من الجدول تمثل المؤشرات التي تم إختبارها .

المصدر : الباحث

من الجدول السابق رقم (5 – 1) ، نجد ان :

- مصادر الضوضاء اما ان تكون مصادر داخلية او مصادر خارجية، وللتغلب علي كل منها بعدة طرق كما مذكور في الجدول .
- عند التصميم المعماري للقاعات يجب الاخذ في الاعتبار كفاءة توزيع الطاقة الصوتية ضمن الفضاء وذلك بالتحكم في : شكل الفضاء – وحجم الفضاء – والحوائط الداخلية للقاعة – محتويات الفضاء .
- يعتمد زمن التاخير الابتدائي وزمن الترديد الصوتي في القاعات علي : حجم ابعاد الفضاء – السطوح الداخلية ومواد الانهاء لها .
- تتلخص المشاكل الصوتية في القاعات : شكل الفضاء – حجم الفضاء – السطوح الداخلية ومواد الانهاء لها – محتويات الفضاء .

5 – 1 – 2 : الخلاصات الخاصة بحالة الدراسة :

أ – توقيع القاعة بالنسبة للمبني يعتبر مناسبا ، حيث ان هـ بمعزل عن المكاتب والساحات والخدمات المسببة للضجيج ، ومما يزيد من فاعلية الاداء الصوتي للقاعة .

ب – موقع القاعة وامكانية الوصول اليها جيد ، حيث انه من السهل الوصول اليها من مختلف مسارات الحركة المحيطة ، كما انها بمعزل عن الضجيج الخارجي .

ج – المواد المختارة للتشطيب ، تم اختيارها اختبارها حسابيا ، وذلك بجانب وظيفتها في امتصاص الصوت ، كذلك تم مراعاة المظهر المعماري لها وانسجامها مع بعضها البعض .

د – الحفاظ علي اداء المواد المختارة اعلاة ونظافتها ، يجعلها تؤدي وظيفتها علي اكمل وج هـ ، حيث انهـ يمكن للغبار والاوساخ ان تقلل من كفائتها بانسداد فتحاتها ومساماتها .

هـ – المواد المختارة في التشطيب تمتاز بالمرونة ، حيث يمكن استبدالها متي ما دعت الضرورة لذلك .

5 – 2 : التوصيات : –

إن تحقيق عملية الترابط بين التصميم الهندسي المعماري والتصميم الصوتي لعناصر القاعــة هو الاساس لغرض الوصول إلي الأداء الصوتي الأمثل . ومن هنا تظهر أهمية التصميمات الصوتية بداية من إختيار أبعاد الفراغات المعمارية ، وإنتهاءاً بإختيار المواد الضرورية لها لتحقيق الصوت الجيد .

5 – 2 – 1 : توصيات عامة :

أ / ابعاد القاعات الكلامية قدر المستطاع عن المؤثرات الصوتية الخارجية كالمنشأت الصناعية ، الجسور ومحطات توليد الكهرباء ، لما لها من اثر في فهم الكلام والمفهومية داخل القاعة ، كما يمكن تامين مصدات ارضية تحجب الموجات الصوتية المنسابة فيها من خلال التربة المحيطة .

ب / عند تشييد قاعة كلامية يجب الابتعاد عن الشكل المنتظم لان انتشار الصوت في الشكل الغير منتظم سيكون احسن لمنعة تقوية الصوت في ترددات معينة دون الترددات االاخري ، الامر الذي يظهر الصوت بطريقة مشوشة .

ج / يجب ان يكون هناك مرونة في التصميم لآي إحتمال مطلوب خلال فترة الأشغال ، وهذاهو الأساس في السيطرة علي تصميم القاعات الكلامية ذات الأستخدام الأكاديمي .

د / عمل دورات تدريبية للفنيين والعمال علي طرق كيفية تركيب المواد المتعلقة بالتصميم الصوتي ، حيث أن تركيب هذة المواد بطريقة خاطئة يؤدي الي الاقلال من كفائة الاداء الصوتي بالقاعة بالرغم من جودة التصميم الصوتي لها .

هـ / ضرورة إطلاع المهندسيين في هذا المجال علي ما هو جديد من منتجات ، وذلك بالاتصال المستمر مع الشركات المصنعة وعن طريق النشرات العلمية ، أو الزيارات الدورية لتلك المصانع .

و / تشجيع الدولة لمثل هذة الصناعات ، وفتح باب الاستثمار فيها ، ومنح التسهيلات الجمركية الضرائب والرسوم .....الخ للمواد الخام والمنتج . وهذا بدورة يقلل من أسعار هذة المواد محلياً ، وكذلك يقلل من إهدار العملة الحرة والمساهمة في تقليل البطالة بالبلاد .

5 – 2 – 2 : توصيات خاصة بحالة الدراسة :

I. المواد المختارة لتشطيب القاعة بجانب عملها لامتصاص الصوت تمت مراعاة الناحية المعمارية لها ، لذلك يجب مراعاة المظهر المعماري عند استبدال احد هذة المواد باخري .
II. يجب المحافظة علي المواد المستعملة لتشطيب القاعة بالنظافة الدورية والصيانة ، وذلك لضمان اداء القاعة لوظيفتها .
III. يجب مراجعة التصميم الصوتي للمواد المستعملة ومساحات الامتصاص في حالة اذا تم تغيير الغرض للقاعة (استعمال القاعة كقاعة موسيقي) ، حيث ان نتائج زمن الارتداد المتحصل عليها تخص قاعة المؤتمرات الكلامية .
IV. في حالة تعرض جزء من هذة المواد للتلف ، فيجب الاسراع باستبدالها حتي لا يتأثر الأداء الوظيفي للقاعة ، حيث ان التصميم والتركيب لهذة المواد يمتاز بالمرونة .

5 – 2 – 3 : توصيات لدراسات مستقبلية :

أ / ضرورة إجراء تقييم لمفهومية الكلام في القاعات الدراسية للمدارس والجامعات السودانية لغرض تقييم الخاصية الصوتية فيها ، ومعرفة العوامل المسببة في عدم كفائة القاعة الصوتية ، حيث أن ضعف القاعة من ناحية الخواص الصوتية قد يؤدي الي فشل اكيد في عملية الاتصال والتعليم .

ب / ضرورة عمل دراسة لعزل القاعات عن الضوضاء الخارجية ، ويشمل ذلك القاعات والفصول الدراسية للمدارس والجامعات السودانية ، وذلك لضمان كفائة الأداء الصوتية لها .

ج / عمل دراسات لتأثير حجم القاعة وشكلها والتي تفوق سعتها عن 1000 مقعد علي كفائة الاداء الصوتي لها .

د / عمل دراسة للاستفادة من منتجات مواد محلية (السعف – البروش – خيام الشعر – .....الخ) ، وإستعمالها كمواد لامتصاص الصوت بالقاعات ، ولتقليل التكلفة .

المراجع

1 / مجلة الأنبار للعلوم الهندسية ، المجلد (1) ، العدد (2) /2008 .

2 / د.سعود صادق حسن / الأضاءة والصوتيات في العمارة / 2007م .

3 / منتجات لشركات من الانترنت / 2014م . http://zcc-raumakustik.ch/ar/product

4/عبيد . هاني ، (الصوتيات للمهندسين المعماريين) , التصميم الصوتي للمباني والقاعات , جامعة البنات الاردنية , 1996 م .

5/ الرواس , د.نزار واحمد , محمد , (دورة في مبادئ الهندسة الصوتية والقاعات السمعية) , جامعة بغداد , 1983 م .

6/ العزي , نداء نعمان , (اثر التبطين الداخلي علي كفاءة الاداء الصوتي في القاعات الكلامية) , رسالة ماجستير , الجامعة التكنولوجية , 2002 م .

7/ حسين , وضاح عبدالصاحب , (اثر المتطلبات الصوتية في تصميم القاعات السمعية المتوسطة الحجم) , رسالة ماجستير , الجامعة التكنولوجية , 1987 م .

8/ كرجية , محمد منهل , (محددات التصميم بالبيئة الصوتية للقاعات الكلامية سعة 200 – 400 مقعد) , رسالة ماجستير قسم الهندسة المعمارية , جامعة الموصل , 2000 م .

9/ عبيد , محمد عبدالفتاح , (اسس تصميم صوتيات العمارة , جامعة الملك سعود , الرياض , 1998 م .

10/ عبدالصاحب , نزار يوسف , (دورة في الهندسة الصوتية للقاعات والاستديوهات السمعية) , بغداد , الجامعة المستنصرية , 1987 م.

11/ نداء نعمان مجيد , (دراسة بعض المتغيرات الاساسية في القاعات الكلامية لتحديد كفاءة أدائها الصوتي) , مجلة الانبار للعلوم الهندسية , العدد 2 – 2008 م .

12/ نداء نعمان مجيد , (اختيار الابعاد المفضلة للقاعات الكلامية من الاساليب المعمارية للوصول الي التصميم الصوتي المثالي) , بحث , المعهد التقني / الانبار , 2012 م .

13/ م.أ. رضاب أحمد محمود , م.د.صفاء الدين حسين , (اثر التقانة المعلوماتية في توفير الراحة الصوتية في قاعات المعارض باستخدام برنامج **Ecotect**)بحث , الجامعة التكنولوجية , 2003 م .

14/ د. سعود صادق حسن , (الاضاءة والصوتيات في العمارة) , جامعة الملك سعود , 2007م .

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

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

17. Lawrence , A : Architectural Acoustics , Eloovir publishing Company Ltd. , New York , 1970.

18. Doell , L.L. : Environmental Acoustics , Mc Graw-Hill New York 1972 .

19. Madon,M.Jim,J,Jorge R:,Architectural acoustics principles and Design. Inc.New Jersey 1999 17.http://zcc-raumakustik.ch/ar/product

الملاحق