تأثير الخصائص التصميمية لمانعات الشمس في ضوضاء الرياح الصادرة منها*

سمر هلال عسكر samarhilalaskar@yahoo.com
أ.د مقداد حيدر الجوادي miqdad@maljawadi.com
قسم الهندسة المعمارية الجامعة التكنولوجية –بغداد – العراق

ملخص البحث

في المناطق الحارة كالعراق والتي تكون فيها الطاقة الشمسية عالية، يفضل وضع بروزات او تكسرات في الواجهة كمانعات شمس او ان تحمل الواجهة مانعات شمس صريحة، ان هذه البروزات والمانعات الصريحة تسبب في بعض الحالات عند زيادة سرعة الريح على الواجهة أصواتا من صفير أو غيره مما يزعج شاغلي المبنى خاصة اذا كان المبنى سكنيا وكانت هذه الفضاءات المزودة بمانعات الشمس غرف نوم، وبأعتبار أن عددا كبيرا من الاشكال الهندسية لمانعات الشمس يمكن أن تؤدي نفس الكفاءة في منع اشعة الشمس رغم اختلاف أشكالها فانه من المفيد للممارسة المعمارية تقديم صورة عن اثر اختلاف ألاشكال في تكوينها للأصوات المزعجة لتساعد المصمم على تجنب ماقد يحدث بعد انتهاء التصميم من أصوات قد تؤثر في الشاغلين أولتنبيه المصمم لاتخاذ المعالجات المناسبة في حال رغبة المصمم أعتماد أشكالاً مسببة للضوضاء. ولاجل توفير معلومات قابلة للافادة من قبل المعماريين فقد تم دراسة انواع المانعات وأختبارها على برنامج خاص بحركة الهواء للتنبؤ بالاصوات التي يسببها كل نوع اذا كانت الريح موازية له او مائلة عنه او عمودية عليه، وقد أظهرت النتائج انه من الممكن اعطاء المصمم تصورات واضحة عن كل نوع على وفق الاتجاه وعلى وفق أرتفاع البناية راجين ان يكون ماقدمناه من عمل يغني المكتبة المعمارية ومن الله التوفيق .

the Effect of sun breakers characteristics on wind noise generated by them

Samar hilal Askar samarhilalaskar@yahoo.com
Prof. Dr. Miqdad Al-Jawadi miqdad@maljawadi.com

Abstract :-

In hot regions like Iraq, where solar energy is very high, sun breaks are preferred to be implemented in design of the buildings as apart of the facade. Some types of sun breakers cause whistling noise or other types of noise which annoy occupants of the building especially if the building is residential.

as it has been found, numbers of sun breakers may act similar in preventing sun ray penetration, therefore classified these shapes according to it's effects on causing noise may help designers in choosing the shapes matching there esthetic needs with less noise generating.

Thus sun breakers with different shapes has been studied in this research using cfd program to predict the noise which caused by each type of sun breakers using forced wind on them in different directions.The results showed that's possible to provide designers with clear picture on the behavior of sun breakers on noise generating in order to prevent the annoy ones.

*بحث مستل من اطروحة الماجستير "تأثير الخصائص التصميمية لمانعات الشمس في ضوضاء الرياح المتولدة منها" سمر هلال عسكر، رسالة ماجستير ،قسم الهندسة المعمارية ،الجامعة التكنولوجية ،2009

تمهيـــــد :-

لقد اكتشف العديد من المعماريين نتيجة أستخدام الابنية الحاوية على مانعات الشمس ان هذه المانعات التي ستوفر الراحة الحرارية قد تسبب مشاكل جانبية متعددة منها الضوضاء التي تتولد نتيجة أرتطام الهواء بهذه المانعات خاصة في السرع العالية وتزداد المشاكل كلما كانت هذه المانعات في طوابق مرتفعة ، ولمعرفتنا بأن عددا كبيرا من الاشكال الهندسية لمانعات الشمس يمكن أن تؤدي نفس الكفاءة في منع اشعة الشمس رغم اختلاف أشكالها لذا سيتم دراسة خصائص المانعات وتأثير توقيعها في واجهة المبنى لمعرفة أثر الرياح فيها بهدف توفير بيانات للمصممين تساعدهم على تجنب مل قد يحدث بعد أنتهاء التصميم

منهجية البحث:

لغرض انجاز البحث 1- تم الاطلاع على ما تيسر لنا من بحوث في مجال العلاقة بين مانعات الشمس وتوليد الضوضاء من الحواجز المشابهة لما هو موجود في الابنية واسلوب التنبؤ بمنسوب الضوضاء المتولدة من الحركة الميكانيكية .

2- دراسة مانعات الشمس واستخلاص الاشكال السائدة لغرض تطبيق الدراسة عليها .

3- دراسة خوارزميات حركة الهواء والاسس الرياضية للحساب .

4-الاطلاع على طرق الاختبار بأنفاق الهواء .

5-الاطلاع على طرق الاختبار بأستخدام الكومبيوتر .

6-اختيار الاسلوب المناسب الذي يمكن ان يساعد في توفير غزارة في البيانات .

7-اجراء الاختبار.

8-تحليل النتائج .

9-وضع الاستنتاجات النهائية .

1- خصائص مانعات الشمس

تُعرف المظلات الشمسية أو مانعات الشمس على انها حواجز مجسمة (ثلاثية الابعاد) تعمل كمرشحات لتقليل تأثير الاشعة الشمسية المباشرة بوساطة توفير الظلال ولها خصائص يمكن ان نوجزها بما يلي : [2-p40]

أ- خاصية الشكل

تختلف انواع المانعات الشمسية وتتعدد اشكالها فمنها مايكون على شكل الواح أو شرائح طولية تثبت خارج النافذة وتكون باتجاهين افقي لصد الإشعاع عالي الزاوية وعمودي لصد الإشعاع المائل واطئ الزاوية وتنقسم المانعات الشمسية بشكل عام الى أفقية و عمودية ومركبة ومشبكات بنائية أو معدنية .

ب- خاصية الابعاد الهندسية

ويُقصد بها الطول والعرض و السمك هنا تدخل العوامل الانشائية بشكل مؤثر .

ج- خاصية المادة البنائية

ويُقصد بها المادة التي تصنع منها مانعات الشمس والتي تتدرج من كونها قماشية الى معدنية وبنائية وصلبه ولينة وللتنوع الكبير في هذه المواد سوف لن يتطرق البحث الى هذه الخاصية .

2 – خصائص علاقة مانعات الشمس بالمبنى والمحيط

أ– خاصية توقيع المانعة نسبة للمبنى

ويُقصد بها موقع المانعة نسبة لحافتي البناية اليمنى واليسرى او نسبة لارتفاع البناية في حال كون المبنى متعدد الطوابق او بعد المانعة عن جدار المبنى في حالة استعمال مشبكات او وجود فجوة بين المانعة والجدار لاغراض بيئية .

ب– خاصية التوجيه الجغرافي

علاوة على ما يؤديه اختلاف التوجهات الجغرافية للمانعات في كفاءة الحجب الشمسي فأنه سيؤثر في سرعة الريح التي تستقبلها كل مانعة وبهذا سيؤثر في ضوضاء الرياح المتولدة عن المانعات .[الباحثة]

3 - <u>المشاكل الصوتية للمانعات والمشبكات</u>

على الرغم من الوظيفة الرئيسة التي توفرها مانعات الشمس والتي تكمن في توفير الراحة الحرارية لساكني المبنى فقد اكتشف العديد من المصممين ان تلك المانعات قد تسبب مشاكل صوتية نتيجة اصطدام التيارات الهوائية بسطوح تلك المانعات خصوصا في المناطق التي تزداد فيها سرعة الرياح مثل المناطق المفتوحة اذ تزداد فيها سرعة الرياح نسبة الى المناطق المشجرة او المناطق في وسط المدن كما وتزداد سرعة الرياح كلما اتجهنا شاقوليا نحو الاعلى في الابنية متعددة الطوابق نتيجة قلة قوة الاحتكاك كلما ابتعدنا عن سطح الارض . [3-p245]

4– <u>طرائق التمثيل الاختباري</u>

لغرض حل المشكلة البحثية التي تتطلب منا استخراج البيانات الصوتية الخاصة بمنسوب الضوضاء المتولد عن الريح نتيجة ارتطامها بسطوح المانعات تم الاطلاع على طرائق التمثيل الاختباري لغرض اختيار الاسلوب الامثل لتوفير بيانات للمصممين وكما يلي :

أ– <u>طريقة تطبيق النماذج الرياضية (mathematical models)</u>

وتعد اقدم طريقة في دراسة التحرك لهوائي والصوت الناتج عنه . يتم تطبيق موديل رياضي اذ يتم اجراء التحليل الرياضي للظاهرة المدروسة من خلال سلسلة من العمليات الحسابية [4-p71]. ان هذه العمليات الحسابية معقدة وصعبة التطبيق لذلك تم الابتعاد عنها.

ب– <u>طريقة الانفاق (tunnels method)</u>

وهوباستعمال نفق هوائي صوتي (acoustic wind tunnel) يختلف عن النفق الهوائي الاعتيادي بكونه معزولا صوتيا اذ يحوي مقطع الاختبار على غرفة معزولة صوتيا (Anechoic room).و يتم اجراء الاختبار على الأنموذج الذي اما ان يكون بحجمه الحقيقي المماثل للحجم في الحالة الفيزياوية واما باستعمال الأنموذج المُقيس (**scale model)**

وبعد مراجعتنا للمختصين وأطلاعنا على انواع الانفاق وجدناها صغيرة الحجم ولاتفي بمتطلبات الاختبار كما انها غير معزولة صوتيا مما سيؤدي الى عدم دقة النتائج .

ج- طريقة استعمال الحاسب الالي (computer method)

بعد ان تيقنا في الفقرة السابقة من عدم امكانية استعمال النفق الهوائي لاجراء التجارب، تم البحث عن برامج مساعدة لتطويرها لخدمة البحث وقد وُجد ان هناك برنامجاً يُدعى فلونت (Fluent) فيه من الخصائص ما يمكن ان يكون اداة معوضة عن نفق الهواء اذ سيساعد هذا على التوسع في اخذ النماذج وبعدد كبير لتكون نتائج الدراسة ذات شمولية اعلى .

5- البرنامج الحاسوبي المستخدم

لحل المشكلة البحثية تم أستخدام برنامج فلونت(Fluent program) وذلك لاحتوائه على مجموعة من الامكانيات والمميزات وخاصة تلك المُتعلقة بقابليته على حل الكثير من المشاكل الخاصة بالجريان الهوائي والاضطرابي وقابليته على حساب تأثيرات الجريان الهوائي على مستويات الصوت المتولدة، وامكانياته على حل مسائل الانتقال الحراري و الاهتزازات، كما يتميز البرنامج بامكانيته على استقبال الاشكال المعمارية من برنامج اوتوكاد .

يعمل برنامج فلونت بالتكامل مع برنامج اخر اسمه كامبت (Gambit) ويعمل الثاني بدوره ايضا بالتكامل مع برنامج اوتوكاد (AutoCAD) ،اذ يتم اولا يتم رسم الأنموذج ثلاثي الابعاد في برنامج اوتوكاد ومن ثم تصديره الى برنامج كامبت (GAMBIT package) اذ يتم اعداد الشبكة الخاصة بالأنموذج(mesh of the model) وتعريف اجزاءه ومن ثم تصديره الى برنامج فلونت (CFD software FLUENT) لحل مسائل الجريان الهوائي و المسائل الخاصة بالصوت و الحصول على النتائج بشكل رقمي او شكل لوني والتي ساعدت كثيرا على تصوير الضوضاء كرافيكيا وصولا لحل المشكلة البحثية .

6- الاجرات العملية

لغرض الوصول الى نتائج قابلة للتطبيق تم مايلي :

1- تم الاطلاع تفصيليا على برنامج الحاسبة والنقاط التي ستؤدي الى دقة في النتائج ونقاط التمثيل المقاربة للواقع العملي.

2-تم تصميم واجهة لطابق في بناية بمقياس حقيقي 1:1 يمكن ان يُمثل في البرنامج على اي ارتفاع وكأنه يُقاس على مبنى بكامل أرتفاعه .

3-تم تمثيل نفق هواء في البرنامج بمقياس يماثل الفضاء الاعتيادي المحيط بالمبنى .

4-تم تصميم مانعات شمس ذات أشكال مختلفة صنفت حسب ادائها معتمدة هذه الاشكال ثلاث حالات رئيسة وهي :- مجموعة تعمل عمل المانعة الافقية –مجموعة تعمل عمل المانعة العمودية –مجموعة تعمل عمل المانعة المركبة .

5-تم تزويد البرنامج بالسرع المطلوب دراستها للرياح والتي كانت 25/15/10/4 م\ثا وسجلت النتائج المستحصلة من البرنامج مع رسومات توضيحية للمواقع والاشكال والنهايات معتمدة الارقام والالوان كدالة للضوضاء حيث تتدرج من الاحمر الذي يمثل اعلى منسوب للضوضاء الى الازرق الذي يمثل اقل ما يمكن من الضوضاء .

6-1 نتائج الفروقات بين تأثير المانعة الافقية والعمودية والمركبة في تكوينها للطاقة الصوتية على سطوحها

1. في حال كون الرياح عمودية على واجهة الجدار اظهرت النتائج ما يلي:

أ- المانعة العمودية تسببت بأقل طاقة صوتية على الشباك .

ب- المانعة الافقية تسببت أعلى طاقة صوتية .

ج- المانعة المركبة سجلت قيما وسطية للطاقة الصوتية بين كل من المانعتين السابقتين .

2. في حال كون الرياح مائلة بزاوية 45° درجة، اظهرت النتائج ما يلي:

أ- المانعة الافقية هي الانسب في تكوين اقل طاقة صوتية على الشباك

ب- المانعة العمودية تسببت باعلى طاقة صوتية

ج- المانعة المركبة أحتفظت بكونها متوسطة التأثير في تكوين الطاقة الصوتية على الشباك.

3- ان الفرق في تأثير الطاقة الصوتية بين الانواع الثلاثة في حال كون الرياح عمودية على المانعات أقل من الفرق في تأثير الطاقة الصوتية بين الانواع الثلاثة في حال كون الرياح مائلة بزاوية 45 ° وبأعتبار أن الرياح غير مستقرة فقلما تكون عمودية على الشباك بشكل دائم وان هبوبها بشكل مائل ذو احتمالية اعلى **لذا نعتبر المانعة الافقية هي الافضل في التقليل من الطاقة الصوتية تليها المانعة المركبة ثم العمودية** شكل (1) [1-p88].

6-2 اثر اختلاف اشكال المشبكات في الطاقة الصوتية المتولدة على سطح المشبك

تمتلك جميع اشكال المانعات على اختلافها خصائص مشتركة من حيث توزيع الطاقة الصوتية على سطحها اذ ان اعلى قيمة لمستوى الطاقة الصوتية يكون على السطح المتعامد مع اتجاه الريح ويبلغ ذروته عند اطراف السطح ويتناقص تدريجيا نحو وسطه، كما ويسجل سطح المشبك المعاكس لاتجاه الريح ادنى قيما للطاقة الصوتية المتولدة على سطح المانعة ككل فيما يسجل سطح المانعة الموازي لاتجاه الريح قيما وسطية المقدار بين كل من السطحين السابقين، [1-p91].

6-3 اثر تغيير ابعاد المانعة في توزيع الطاقة الصوتية على سطحها

1- اثر تغيير مساحة سطح المانعة العمودي على اتجاه الريح

عدم وجود تغير ملحوظ لمنسوب الطاقة الصوتية عند تغيير ابعاد سطح المانعة العمودي على اتجاه الريح. كما ان اعلى منسوب للطاقة الصوتية على سطوح المانعات في الحالات الثلاثة يتكون عند حافات سطح المانعة المواجه الريح لذا كلما زاد طول حافات ذلك السطح زادت الطاقة الصوتية المتولدة شكل (2) . [1-p93].

2-اثر تغيير بعد المانعة الموازي لاتجاه الريح

نلاحظ زيادة الطاقة الصوتية على سطح المانعة لزيادة ابعاد السطح الموازي لاتجاه هبوب الريح، وتتبدد الطاقة الصوتية على السطح الموازي تدريجيا بابتعادنا عن مصدر الريح ،كما نلاحظ زيادة الطاقة الصوتية على سطح المانعة المتعامد مع اتجاه الريح عند زيادة ابعاد السطح الموازي لاتجاهها نتيجة اقتراب الاول من فتحة دخول التيار [1-p95].

6-4 اثر تعدد الطوابق في توزيع الطاقة الصوتية على سطوح المانعات

1. **عند هبوب الريح عموديا على واجهة البناية**

يبلغ اعلى مقدار للطاقة الصوتية على مانعات الطرفين الايمين والايسر للبناية ويتخذ توزيعا متناظرا_ في حال تناظرالبناية _ ويتناقص تدريجيا نحو وسط البناية ،اما على مستوى الطوابق فيزداد معدل الطاقة الصوتية تدريجيا نحو الاعلى اذ يبلغ ذروته عند مانعات الطابق العلوي ، [1-p97].

2. **عند هبوب الريح بزاوية مقدارها 45° يسار واجهة البناية**

يبلغ اعلى مقدار للطاقة الصوتية على مانعات الطرف الايمن من واجهة البناية ويتناقص بالتدريج نحو اقصى اليسار،اما على مستوى الطوابق فيزداد معدل الطاقة الصوتية تدريجيا نحو الاعلى اذ يبلغ ذروته عند مانعات الطابق العلوي، [1-p97].

3 .عند هبوب الريح موازية لواجهة البناية من جهة اليسار

يبلغ اعلى مقدار للطاقة الصوتية على مانعات الطرف الايسر وتتناقص تدريجيا نحو اقصى الطرف الايمن لواجهة البناية، اما على مستوى الطوابق فيزداد معدل الطاقة الصوتية تدريجيا نحو الاعلى اذ يبلغ ذروته عند مانعات الطابق العلوي
[1-p97].

6-5 اثر وجود فجوة بين المانعة والجدار في منسوب الطاقة الصوتية المتولدة على سطح المانعة .

في اتجاهات الريح الثلاثة نلاحظ ارتفاع منسوب الطاقة الصوتية المتكونة على سطوح المانعات عند وجود فجوة بين المانعة والجدار عن ما اذا كانت المانعة ملتصقة بالجدار شكل (3),(4) [1-p100].

6-7 اثر زيادة سرعة الرياح في الطاقة الصوتية المتولدة على سطح المانعات

تزداد الطاقة الصوتية على سطح المانعة بزيادة سرعة الرياح شكل (5)[1-p113].

6-8 اثر اختلاف اتجاهات الريح في الطاقة الصوتية المتولدة على سطح مشبك

مهما اختلفت اتجاهات الريح على سطح مانعة فهناك خصائص مشتركة لطريقة توزيع الطاقة الصوتية على سطحها المانعة في جميع الاتجاهات اذ ان اعلى قيمة لمستوى الطاقة الصوتية يكون على السطح المتعامد مع اتجاه الريح ويبلغ ذروته عند اطراف السطح ويتناقص تدريجيا نحو وسطه ،كما ويبين سطح المشبك المعاكس لاتجاه الريح ادنى قيما للطاقة الصوتية المتولدة على سطح المانعة ككل، فيما يسجل سطح المانعة الموازي لاتجاه الريح قيما وسطية المقدار بين كل من السطحين السابقين [1-p115].

6-9 اثر الحافة القائمة والمدورة في الطاقة الصوتية المتولدة على سطح المانعة

ان مكونات المانعة ذات الحافات المدورة سجلت انخفاضا في مستوى الطاقة الصوتية على سطح كل منها عما هو في الوحدات القائمة الحواف شكل (6)[1-p118].

6-10 اثر المانعتين الافقية والمحدبة المتساويتين في كفاءة الحجب الشمسي على الطاقة الصوتية المتولدة على سطحيهما.

باختلاف اتجاهات الريح على سطح الجدار فان الطاقة الصوتية المتكونة على سطح المانعة الافقية تكون اكبر من مثيلتها المتكونة على سطح المانعة المحدبة المساوية للاولى بكفاءة الحجب الشمسي شكل (6) [1-p120].

الاستنتاجات والتوصيات

ملاحظة: قبل البدأ بعرض الاستنتاجات و التوصيات نود ان نبين انه لجعل التوصيات ذات شمولية لكافة بلدان العالم لم نعتمد في البرنامج سرع الرياح ولا الاتجاهات السائدة لمدينة بغداد

1- في مقارنة بين تأثير المانعة الافقية والعمودية والمركبة في تكوينها للطاقة الصوتية على سطح كل منها يُوصى بما يلي :

أ- في حال كون الرياح عمودية على واجهة الجدار يُفضل أستخدام المانعة العمودية بالدرجة الاولى والمركبة بالدرجة الثانية والابتعاد جهد الامكان عن المانعة الافقية .

ب- في حال كون الرياح مائلة بزاوية 45 درجة نوصي بأستخدام المانعة الافقية بالدرجة الاولى تليها المانعة المركبة .

ج . بأعتبار أن الرياح على المبنى غير مستقرة فقلما تكون عمودية على الشباك بشكل دائم وان هبوبها بشكل مائل ذو احتمالية اعلى لذا نعتمد النتائج التي سبق ذكرها حول كون الرياح مائلة وعليه نوصي بأعتماد المانعة الافقية كأفضل حل في التقليل من الطاقة الصوتية تليها المانعة المركبة والابتعاد جهد الامكان عن المانعة العمودية منفردة شكل(1) .

2- فصل المانعات عن الجدار بفجوة سيؤدي الى زيادة في منسوب الضوضاء المتكونة عند الشباك شكل(2),(3).

3-عند استعمال مانعات ذات أشكال مقوسة يكون منسوب الضوضاء اقل من مثيله المتكون في المانعات ذات الاشكال المستقيمة شكل(6).

4- يفضل عدم وضع حافات حادة في اي مانعة شمس أكانت عمودية أم أفقية أم مركبة او حتى في المشبكات.

5-في المشبكات يزداد منسوب الطاقة الصوتية بزيادة الحافات التي تكونها الزخرفة في المشبكات لذا يُنصح المصمم بأختيار المشبكات ذات الحافات الاقل طولا .

6-في المشبكات يُفضل أبتعاد المُشبك عن سطح الشباك قدر الامكان للتقليل من سرعة الرياح بين الجدار والمشبك والذي يسبب زيادة في الضوضاء في هذه المنطقة.

7-كلما كان المشبك ذو مساحة كبيرة تُغطي جزءا كبيرا من الجدار والشبابيك كلما قل منسوب الضوضاء بسبب توهين سرعة الرياح ولا يفضل وضع المشبكات على مساحة الشباك لوحده جهد الامكان وهذا يعني ان البنجور المُستعمل على الشبابيك سيزيد من منسوب الضوضاء المتكونة على سطح الشباك .

8- بسبب كون الرياح غير مستقرة بأتجاه واحد فأن المانعات الطرفية ومانعات الطابق العلوي من الابنية تزداد عندها الطاقة الصوتية نتيجة زيادة سرعة الرياح عند الحافات ، ومن ذلك نرى ضرورة زيادة العزل الصوتي عند الغرف الواقعة في الطوابق العليا في الابنية وخصوصا غرف الطابق الاخير وللغرف الواقعة عند كل من حافتي البناية اليمنى واليسرى .

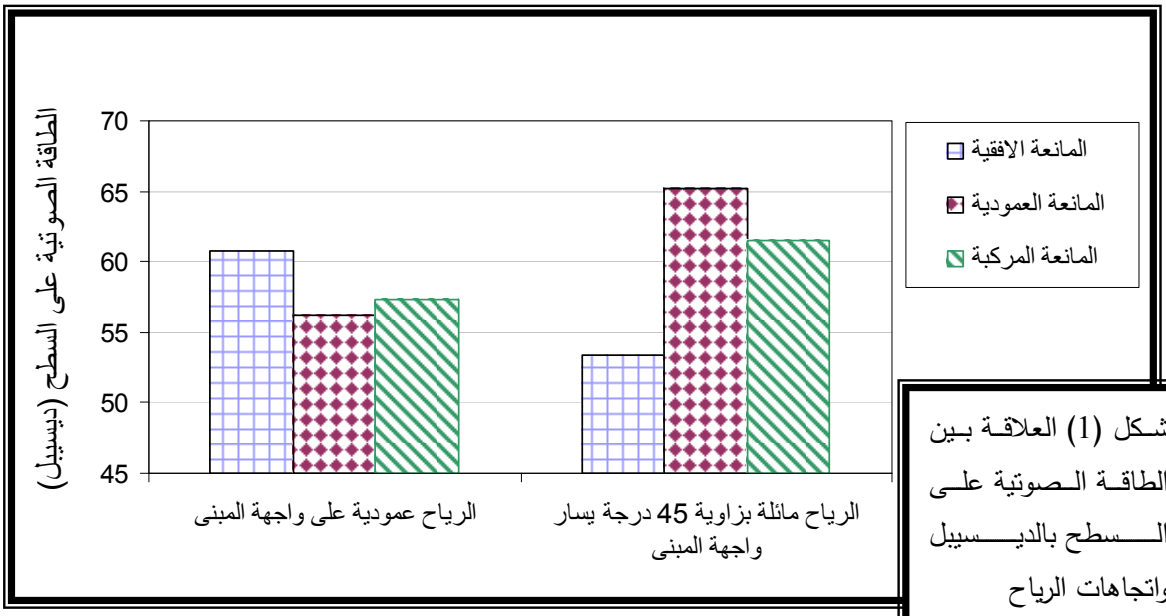
المصادر :

1- سمر هلال عسكر "تأثير الخصائص التصميمية لمانعات الشمس في ضوضاء الرياح المتولدة منها" رسالة ماجستير ،قسم الهندسة المعمارية ،الجامعة التكنلوجية ،2009.

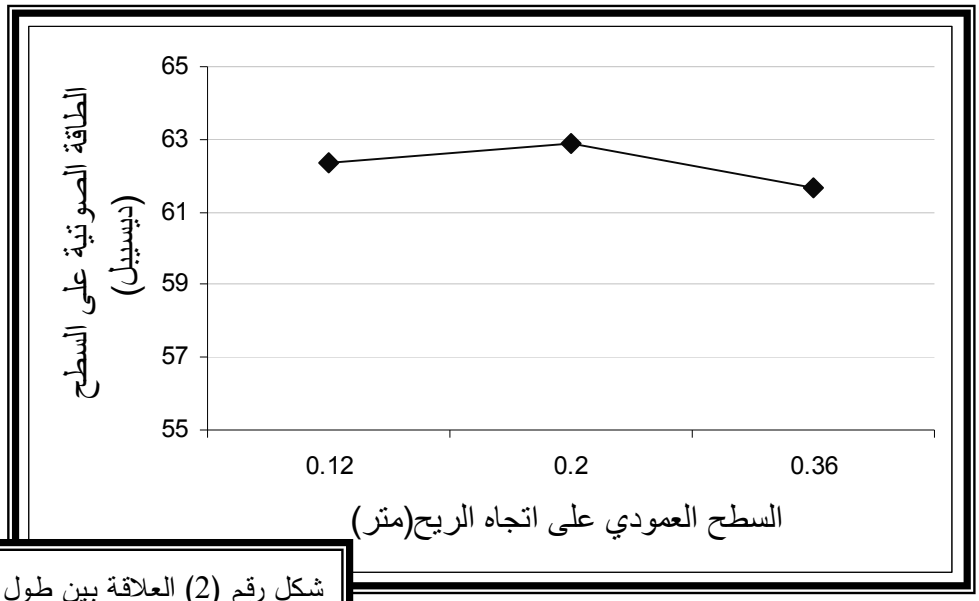
2-رائد بهجت زكو، "تصميم المظلات الشمسية للنوافذ باستخدام الحاسب الآلي"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، 1988 .

3- أ.د.رزق شعبان حماد ،الهندسة الصوتية في العمارة ،قسم الهندسة المعمارية ،التكنلوجية ، 2005 .

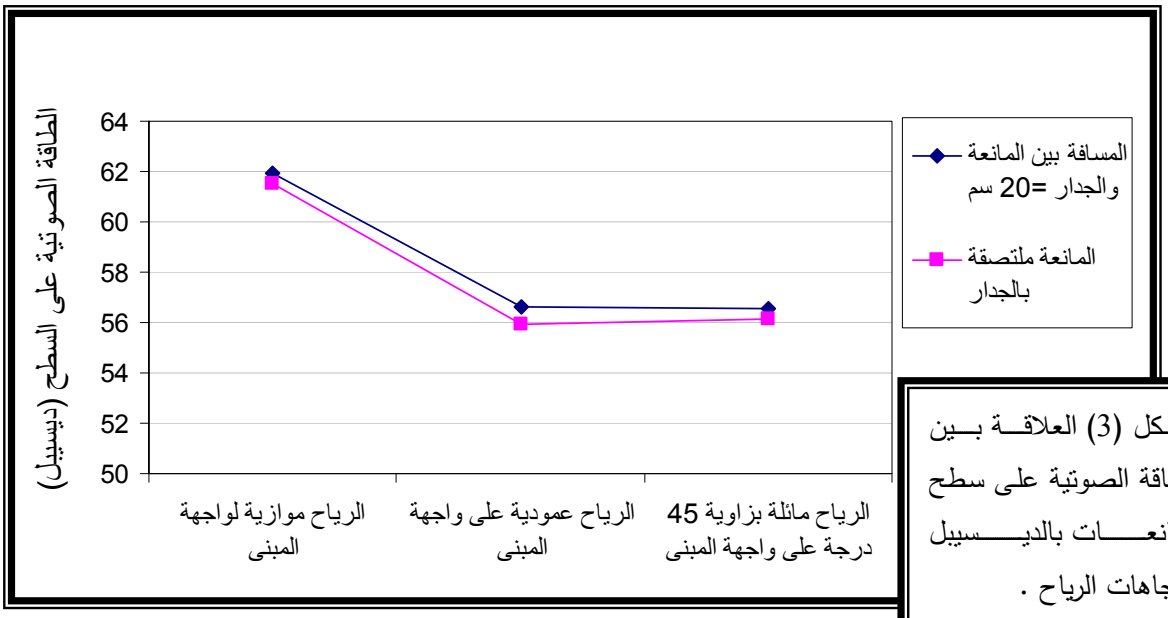
-4
ChristineE.Walker,"Methodol ogy for the Evaluation of Natural ventilation in Buildingsusing a Reduced scale Air Model",Doctor of philosophy, Massachusetts Institut of Technology ,2006.



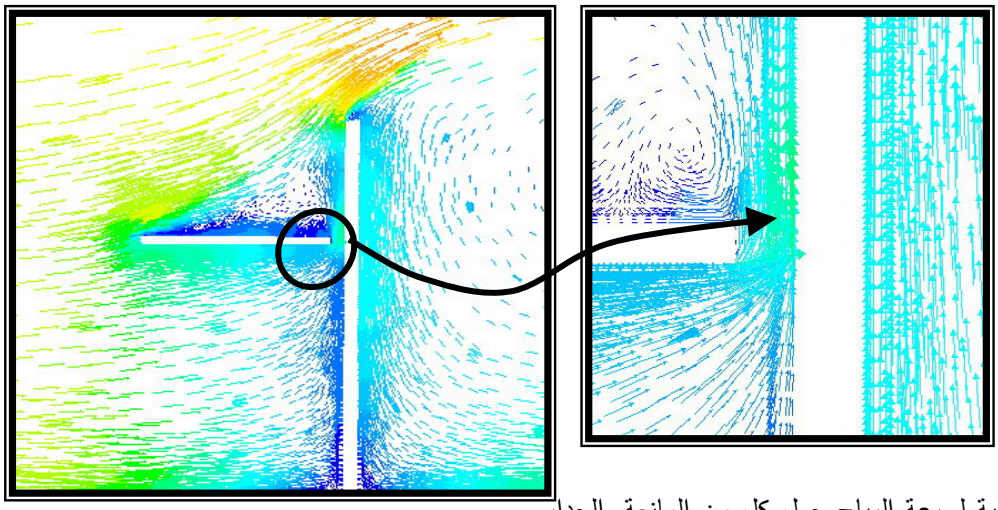
شكل (1) العلاقة بين الطاقة الصوتية على السطح بالديسيبل واتجاهات الرياح [1-p88]



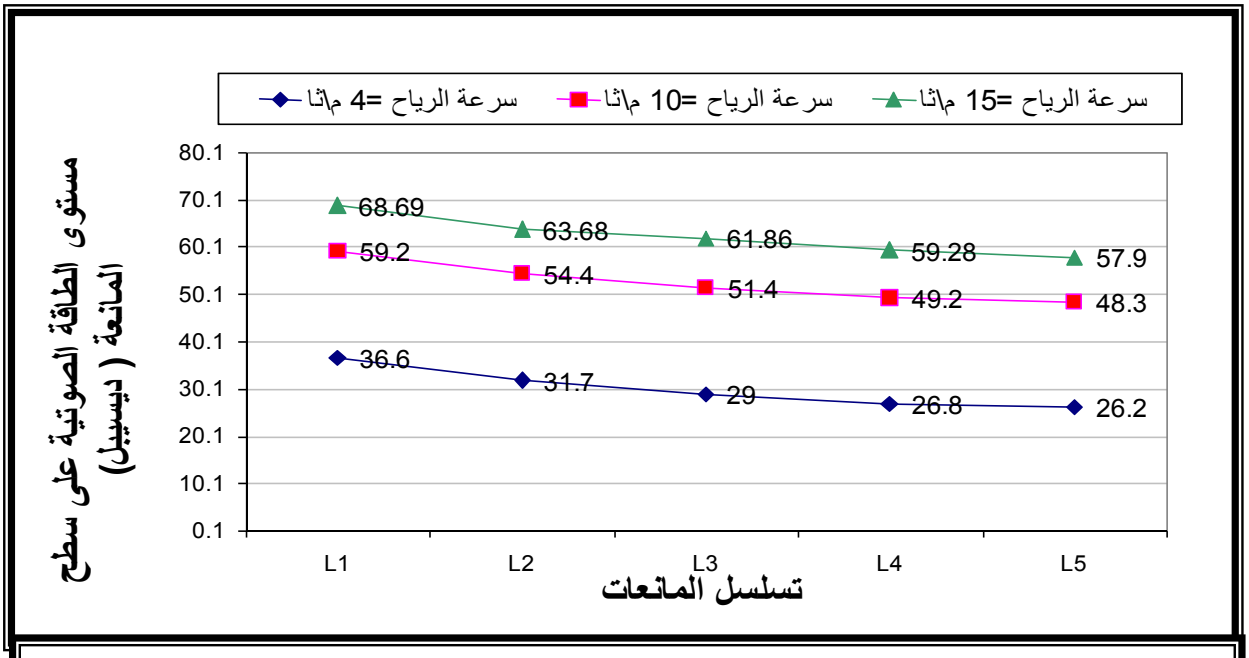
شكل رقم (2) العلاقة بين طول السطح العمودي على اتجاه الريح مقاسا بالمتر ومقدار الطاقة الصوتية على سطح المانعة مقاسة بالديسيبل. [1-p93]



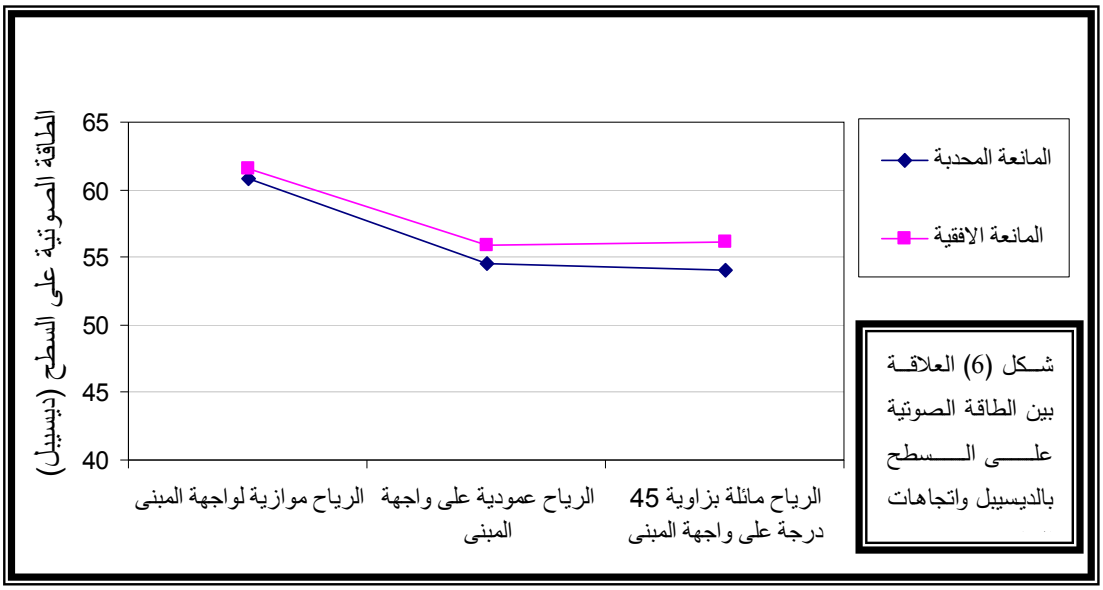
شكل (3) العلاقة بين الطاقة الصوتية على سطح المانعات بالديسيبل واتجاهات الرياح . [1-p100]



شكل(4) الخطوط الكنتورية لسرعة الرياح حول كل من المانعة والجدار مع لقطة مقربة توضح التيار الهوائي المار بالفجوة الواقعة بين المانعة والجدار [1-p103]



شكل (5) العلاقة بين سرعة الرياح (م/ثا) والطاقة الصوتية على سطح المانعات (ديسيبل) [1-p113]



شكل (6) العلاقة بين الطاقة الصوتية على السطح بالديسيبل واتجاهات