استخدام السطح المبرد لتحسين الاداء الحراري للمبنى

د.سهر نجيب خروفه **يحيى عادل ابراهيم**

استاذ مساعد مدرس مساعد

الجامعة التكنولوجية/قسم الهندسة المعمارية

المستخلص:

يحاول البحث تجربة حل مقترح لتقليل صرف الطاقة لحمل التبريد بالاستفادة من التبريد التبخيري. التبريد التبخيري يستهلك كمية بسيطة نسبيا من الطاقة وتزداد كفائته في التبريد في الحرارة العالية والرطوبة الواطئة مما يجعله مثاليا للظروف التي تعاني منها بعض المحافظات العراقية بضمنها بغداد.

الطريقة المقترحة تشمل تبريد حجرة صغيرة فوق السطح لتنتقل البرودة منها الى داخل الفضاء الداخلي بواسطة السقف. الى هذا الهدف تم استخدام مبنى من غرفة واحدة في الجامعة التكنولوجية وتم تشييد حجرة صغيرة فوقه مغلفة بمادة الفلين العازل سمك 5 سم فوق هيكل من الحديد والخشب. كما تم بناء جدار داخلي اضافي سمك 12سم مع ترك فراغ عازل سمك 10سم وتم كذلك وضع عازل اضافي سمك 2سم من الفلين. في جانب من حجرة السطح وضعت مبردة تبخيرية وتم تشغيلها لمدة ثلاثة ايام ثم اخذ القراءات الحرارية.

نتائج القياسات بينت ان هذه الطريقة بامكانها تخفيض درجة الحرارة الداخلية بمقدار 5.5 درجة مئوية بدون ادخال اي رطوبة الى داخل الفضاء وبطريقة تسمح بتشغيل مكيف ضاغط اضافي ايضا. كما بينت الحسابات ان مزيج التبريد السطحي والعازل الجداري بامكانه تخفيض حمل التبريد للمكيف بمقدار 38% تقريبا.

Utilizing a cooled Roof to Increase Thermal Performance of The building

Dr Sahar N. Kharrufa **Yahya A. Ebraheem**

University of Technology/Department of Architecture
Baghdad

Abstract:

The purpose of this paper is to test the use of an evaporative air cooler to cool the roof of a building. It was hoped that this would reduce the temperature inside the building and the cooling load as well when a compressor air conditioning unit is installed.

Evaporative cooling is cheap and only uses a fraction of the power that compressor units do. Furthermore its cooling effect increases with the rise in temperature and drop in humidity, conditions that prevail in large parts of Iraq including Baghdad.

The test included setting up a thermally insulated compartment above a room inside the campus of the University of Technology. The compartment was cooled by an evaporative cooler. The walls of the room were insulated by adding a 2cm layer of Styrofoam as well as a 10cm air cavity. The readings were taken after three days of operation.

The results showed that the combination of roof cooling and wall insulation resulted in a 5.5oC drop in inside temperature. Further calculations showed that this would reduce the cooling load on a compressor air condition by around 38%.

مقدمة

سوف يستعرض هذا البحث النتائج التطبيقية لتجربة تبريد سطح مبنى باستخدام مبردة تبخيرية لتحسين الظروف الحرارية للفضاء الداخلي الذي يغطيه هذا السقف. من المؤمل ان تسمح هذه الطريقة باستخدام مكيف ضاغط ايضا داخل الفضاء وتقليل حمل التبريد وتحسين الظروف الحرارية داخل الفضاء.

يمتاز الجو العراقي عموما والبغدادي خصوصا بانه حاروجاف صيفا. هذين الخاصيتين مثاليتين لاستخدام التبريد التبخيري حيث تزداد كفاءة المبردة مع ازدياد درجة الحرارة ونقصان الرطوبة على عكس المكيفات الضاغطة التي تقل كفائتها مع ازدياد درجة الحرارة. كما ان المبردات التبخيرية تتماشى مع الطبيعة اكثر وصرفها للطاقة الكهربائية اقل من المكيفات الضاغطة [1] .

عيب المبردات التبخيرية هو ان الهواء الخارج منها يحمل بكمية كبيرة من الرطوبة مما يجعل الهواء اقل راحة حراريا. كما ان درجة تبريدها لا تعادل درجة تبريد المكيف الضاغط. يضاف الى ذلك انه لا يمكن دمج الاثنين لتبريد فضاء داخلي حيث ان المبردة التبخيرية تدفع الهواءا الخارجي الى الداخل والذي يخرج الى الخارج من خلال فتحات في المبنى اما المكيف فأنه يعيد تبريد الهواء الداخلي لتوفير الطاقة الكهربائية.

لقد جرت عدة بحوث على موضوع تبريد وتدفئة السطح لغرض تحسين الحرارة في داخل المبنى. تركزت هذه على استخدام اما حوض مائي او استخدام مرشات. وقد كانت النتائج ايجابية ولكن بدرجات متفاوتة. ففي الولايات المتحدة قام مركز اريزونا للطاقة الشمسية (the Arizona Solar Centre) [2] ومركز بحوث الطاقة السالبة في جامعة نبراسكا (Passive Solar Research group in the University of Nebraska) [3] ببحوث عن الاحواض السطحية تركزت على تبريد الحوض بعزله عن الحرارة نهارا وتعريضه لبرد الليل بعد المغيب لتبريده والاستفادة من كتلة الماء للمحافظة على درجة الحرارة.

اما في العراق فقد قام كل من يحيى عادل و سهر خروفة ببحث عن موضوع الاحواض السقفية ايضا [4] واظهرت النتائج ان استخدام حوض مائي سقفي مع ساحبة هوائية في بغداد يقلل من درجة الحرارة داخل الغرفة بحوالي 3.5 الى 4.5 درجة. لقد استخدم هذان الباحثان نفس المبنى في تجاربهم الذي سيستخدم في هذا البحث.

عيوب استخدام الحوض المائي هي انه يتطلب عزلا جيدا للماء في السطح لمنع حدوث تسرب للرطوبة الى داخل المبنى مما يؤدي الى تلف الانهاءات الداخلية له. كما انه يجب الاخذ بنظر الاعتبار الوزن الاضافي للماء على المنشات.

التبريد التبخيري

ان المبردة التبخيرية توفر 60–80% من الطاقة مقارنة مع المكيف الضاغط في الاجواء الحارة الجافة. وكلما ازدادت درجة حرارة الجو كلما ازدادت كمية الماء المتبخرة وبالتالي كمية التبريد . العيب في هذه المنظومة ان الهواء الخارج من الاجهزة التي تستخدم هذه الطريقة تزداد كمية الرطوبة التي يحملها مع ازدياد درجة الحرارة وعليه اذا استخدمت لتبريد اجواء المعيشة البشرية قد تكون خارج حدود الراحة الحرارية في بعض الظروف [1].

بالمقابل فأن المكيف الضاغط يعتمد على فرق درجات الحرارة بين سائل التبريد الحار في المنظومة والهواء الخارجي. فكلما قلت حرارة الجو الخارجي كلما ازدادت كفاءة الجهاز. وعليه فأن اداءه يسوء في الايام الحارة وتزداد صرفه للطاقة. ويصل ذلك لحد ان بعض المكيفات الضاغطة تتوقف عن العمل عندما تتجاوز درجات الحرارة الخارجية حدا معينا. الذي يميز جهاز التبريد الضاغط ان بامكانه تجهيز هواء جاف وبارد. لقد تم قياس الهواء الخارج من جهاز من هذا النوع لاغراض هذا البحث في صيف 2006 عندما كانت الحارة الخارجية 43 درجة مئوية وكان الهواء المجهز بواسطة منظومة المكيف

سعة 24000 وحدة حرارية بريطانية (2طن) الى الفضاء الداخلي المخدوم حوالي 16 درجة مئوية والرطوبة النسبية 15% وصرف الكهرباء 15 امبير.

اما المبردة التبخيرية فان قدرتها التبخيرية محددة بدرجة تشبع الهواء بالرطوبة فكلما ازادت نسبته كلما قلت قدرته على امصاص المزيد. كما ان اقل درجة حرارة يمكن ان يصلها ماء المبردة هي درجة حرارة المحرار الرطب. وهواءها لا يمكن ان يكون الا اكثر من ذلك اعتمادا على كفاءة ترطيبها.

تشير البيانات الجوية الى ان معدل الرطوبة النسبية في بغداد خلال الصيف يتراوح بين 12–35% [5] . يمكن تحويل هذه النسب الى درجات حرارة للمحرار الرطب كما في الرسم المرفق.

يظهر من الرسم في الشكل رقم 1 ان معدل حرارة المحرار الرطب صيفا تتراوح بين ستة عشر واثنين وعشرين درجة. اما درجة حرارة الهواء الخارج من المبردة فأنه يعتمد على كفائتها التبخيرية. تتراوح هذه الكفائة عادة بين 50–85% [6] حسب نوع المادة المستخدمة للترطيب وسمكها وحسن توزيع الماء على سطح المادة.

لغرض معرفة الكفاءة التبريدية للمبردة العراقية اخذت مجموعة من القياسات على مبردة تقليدية قياس 3500 قدم مكعب في الساعة. المبردة كانت بحالة جيدة وتم التأكد من ان كافة فتحات توزيع الماء مفتوحة وان توزيع الماء على ابواب الترطيب جيد ومتساوي. يوضح الجدول المرفق نتائج هذه القياسات.

يظهر من الجدول في شكل رقم 2 ان كفاءة التبريد للمبردة العراقية التقليدية هو بمعدل 65%. وقد تم تجربة بعض المبردات المختلفة الاحجام والنوعيات وكانت النتائج متوافقة. عليه تكون درجات الحرارة الخارجة من المبردة خلال النهار كما في الشكل رقم 3 والذي يظهر ايضا ان معدل درجة حرارة الهواء الخارج من المبردة خلال يوم كامل هو حوالي 25 درجة مئوية. حسبت درجات الحرارة باستخدام المعادلة البسيطة التالية [1]:

درجة حرارة الهواء المبرد=

درجة حرارة الجو الخارجي– (درجة حرارة الجو الخارجي– درجة حرارة المحرار الرطب) x كفاءة التبريد ...(1)

لتوضيح الموقف اكثر ففي الجدول شكل رقم 2 ،في الحالة التي كانت الحرارة فيها في الخارج 39.8 والرطوبة النسبية 19.5% فأن المبردة التبخيرية ترش ماء الترطيب بدرجة حرارة اعلى بقليل من درجة حرارة المحرار الرطب والتي كانت 22.1. وفي ظروف كفاءة ترطيب مقداره 67% يكون الهواء الخارج حرارته 28.5 والرطوبة النسبية 73.5%.

اما الصرف الكهربائي لهذه المبردة فلم يتجاوز 2 امبير علما بان مبردة بهذا الحجم عادة ما تستخدم لتبريد اكثر من فضاء داخلي منزلي لكبر حجمها مقارنة بالمكيف الضاغط المقابل سعة 2 طن الذي ذكرت مواصفاته التبريدية سابقا والذي عادة ما يستعمل لتبريد فضاء واحد منزلي فقط.

غلاف المبنى حراريا

غلاف المبنى حراريا يتأف من الجدران والسقوف والفتحات. الاخيرة عادة تعني الشبابيك والابواب. المواد وطرق الانشاء المسنخدمة تقليديا في العراق قلما تختار على اساس الاداء الحراري بل على اسس بنائية بحتة. الجدران والسقوف تبنى بدون عوازل والشبابيك تستعمل طبقة واحدة بدلا من اثنين (double and single glazing). هذا المزيج ينتج فضاءا داخليا يحتاج الى طاقة عالية لتبريده كما ان معدل حرارته الطبيعية اعلى من الخارج صيفا واقل منه شتاءا.

لتوضيح ذلك تم اخذ قياس لدرجات الحرارة في غرفة الاختبار بدون اي وسيلة تبريد. تظهر النتائج انه عندما كان معدل درجة الحرارة الخارجية 38.7 فان المعدل في الداخل اعلى وبالتحديد 41.9 درجة. سبب ذلك ان فترة امتصاص المنشأ للحرارة من الاشعاع الشمسي خلال النهار طويلة اطول من الفترة التي يشع فيها الحرارة ليلا فلا تكفي فترة البرودة الليلية لاشعاع كمية كافية من الحرارة لمعادلة درجة الحرارة الممتصة نهارا. والعكس صحيح شتاءا حيث يكون معدل درجة الحرارة في المنشأ بدون تدفئة اقل من الحرارة في الخارج.

أظهرت القياسات في الشكل رقم 4 ان اعلى درجة حرارة للسطوح الداخلية هي لدرجة حرارة السقف. يظهر ذلك قوة تأثير هذا العنصر على حرارة الغرفة الداخلية.

يستفيد التكييف بواسطة تبريد السطح من ارتفاع الهواء الحار داخل الغرفة الى الاعلى ثم النفاذ بواسطة السقف المبرد الى خارج الفضاء. كما يفيد السطح البارد الداخلي بأشعاع ابرد من درجة الحرارة الداخلية مما يزيد من درجة الراحة الحرارية كما هو موضح بالشكل رقم 5.

غرفة الاختبارات

لغرض تجربة وسيلة التبريد المقترحة تم استخدام غرفة تابعة للجامعة التكنولوجية. الغرفة معزولة عن بقية المباني وكان بالامكان اجراء التحويرات المطلوبة عليها بدون التأثير على العمل الجامعي.

لقد تم وضع هيكل حديدي فوق السطح وتم تغليفه بمادة الفلين المسمى ستايروبور (Styrofoam) بسمك 5 سم. وقد تم تثبيت الهيكل الحديدي بدعائم اضافية ووضعت الواح خشبية لتثبيت العازل تلافيا للمشاكل الكثيرة التي لازمت عمل خروفة وعادل في بحوثهم على نفس الغرفة سابقا حيث استخدمت وسائل اقل سعرا حينذاك مما ادى الى تطاير العازل في الريح القوية.

كما تم وضع عازل في الجدار ايضا فقد كانت احدى نتائج بحث خروفة ان تأثير الجدارالسلبي على الحرارة كانت عالية حيث ان مساحته تتجاوز مساحة السطح بكثيرفقد كانت مساحة الجدارمن الداخل حينذاك 60.5م2 بينما مساحة السطح لم تتجاوز 28م2. يستوجب ذلك التقليل من تاثيره لزيادة القدرة التبريدية من السطح الداخلي للسقف. وكان هذا العزل عبارة عن 2سم من مادة الستايروبور مع فراغ هوائي قدره 10سم كما يظهر في الصورة.

لغرض تبريد سطح الغرفة تم وضع مبردة صغيرة سعة 1000 قدم مكعب في الساعة داخل الحجرة التي تم تشييدها فوق السطح. وضعت المبردة قرب زاوية احدى الضلوع بحيث تدفع الهواء باتجاه الريح السائدة. فتحت بعض الفتحات في الحجرة قرب المبردة لسحب الهواء من الخارج وفتحة اكبر من الجهة المقابلة لخروج الهواء.

طريقة القياس

تم اخذ القياسات الحرارية باستخدام جهاز موثق حراري (Temperature Data logger) نوع فابريكا (Fabrika). تم استخدام اثنين من هذه الاجهزة. كل جهاز يتحمل اربعة متحسسات نوع K. دقة القياس 0.1 درجة مئوية. تم معايرة الجهازين بمقارنة النتائج مع محرار كحولي. وضع احد الجهازين للقياسات الداخلية والاخر للقياسات الخارجية وحجرة السطح.

تم برمجة الجهازين ليسجل كل منهما الحرارة مرة كل ساعة. لقد تم تشغيل المبردة لمدة يومين قبل المباشرة بتسجيل القراءات وقد اضيفت مولدة لتجهيز الكهرباء عند قطعه. كما وضع حارس في الغرفة لشغيل المولدة واطفائها وقت اللزوم اضافة الى التأكد من محافظة المبردة التبخيرية على مستوى جيد من الماء.

نتائج القياسات

اظهرت القياسات نتائج طيبة مقارنة بالبحث الذي اجراه خروفة في صيف 2005 على نفس الغرفة. لقد استخدم في ذلك البحث حوض سطحي مع مروحة وادى ذلك الى تبريد كلي مقارنة مع درجات حرارة الغرفة بدون تبريد مقداره 4.5 درجة مئوية. اما في هذا البحث فقد هبطت الحرارة الداخلية بمقدار 5.5 درجة. الزيادة في كفاءة التبريد تعود بطبيعة الحال الى العزل الحراري للجدار. تأتي هذه النتائج متوافقة مع توقعات خروفة في بحثه [4].

يظهر الجدول في الشكل رقم 7 مقارنة بين الحالات الثلاث الاساسية. الاولى للطريقة التي استعملها خروفة ويحيى باستخدام حوض سطحي ومروحة لتبريد الماء وبدون وضع عازل في الجدار. الثانية لنتائج هذا البحث باستخدام المبردة في السطح مع وضع عازل في الجدار. والثالثة للغرفة الاعتيادية بدون اي تبريد او عزل.

يظهر الجدول ان درجة حرارة وسيلة التبريد التي هي في الحالة الاولى حوض الماء، كانت اقل من الحالة الثانية التي استعمل فيها مبردة الماء بدرجتين مئوتين. كما ان حرارة السقف الداخلي كانت اقل بثلاث درجات عند استعمال الحوض المائي ومع ذلك كان الهبوط الحراري في الداخل في الحالة الثانية اقل بدرجة من الحالة الاولى. يؤكد هذا ما ذكر في الفقرة السابقة ان زيادة كفاءة التبريد باستخدام المبردة تعود لتأثير العازل في الجدار كما يؤيد ذلك ايضا ان حرارة الجدار بوجود العازل اقل منه بدونه.

اما في حالة التبريد السطحي باستخدام المبردة تحديدا تظهر قياسات الحرارة الداخلية ما يلي:

- ان سقف المبنى كان الاقل حرارة مما يؤكد دوره في تبريد الغرفة مع ملاحظة ان حرارته كانت اعلى درجة مسجلة في الغرفة الغير مبردة.
- حرارة الجدار مستقرة خلال النهار بثلاث درجات اعلى من السقف.
- حرارة الهواء الداخلي مقارب لحرارة الجدار ولكنه متقدم عليه ببضعة ساعات وذلك تأثير حرارة الهواء الخارجي الذي يؤثر بصورة اسرع على الهواء منه على السطح الداخلي للكتل الكبيرة كالجدران والسقوف.

التوفير في الطاقة

- ان درجات الحرارة التي وصلت اليها الغرفة مع وسائل التبريد التي تم تجربتها غير كافية للوصول الى درجة راحة حرارية جيدة. عليه يجب ان تعزز بتبريد اضافي بأستخدام مكيفات ضاغطة تقليدية. الفائدة في هذه الحالة في استخدام التبريد السطحي دون غيره انه يمكن المزج بين التبريد التبخيري والمكيفات الضاغطة للوصول الى درجة الحرارة المطلوبة مع توفير في الطاقة. اضافة لذلك فانه في عند توقف المكيفات الضاغطة عن العمل تبقى الغرفة باردة ومريحة لفترة اطول بكثير بسبب كون غلاف المبنى مبريد اصلا او معزول عن الخارج.

يوضح الرسم في الشكل رقم 8 فرق حمل التبريد في الحالات الثلاث الرئيسية في هذا البحث وهي:

- الغرفة بدون اي اضافات او تبريد
- الغرفة مع تبريد السطح بالمبردة بدون عزل بالجدار
- تبريد السطح بالمبردة مع عازل بالجدار

تم حساب حمل التبريد باستخدام برنامج Ecotect v5.2 وعلى اساس خفض الحرارة الى 26 درجة مئوية.

يبين الرسم انه عند الحساب احتاجت الغرفة المجردة الى تبريد كلي مقداره 2133 كيلواطاساعة باستخدام مكيف ضاغط. ومع التبريد السطحي وجدار عادي سمك 24سم الى 1633 كيلواطاساعة بتوفير قدره 23% من الطاقة. واذا اضفنا العازل الجداري فيصبح حمل التبريد 1316 كيلواطاساعة بتوفيركلي قدره 38%. يضاف الى الحالتين الأخيرتين التي تستخدم المبردة التبخيرية حمل الطاقة للمبردة نفسها ولكن هذا الحمل بسيط نسبيا حيث ان المبردة المستعملة تحتاج الى 0.6 امبيراساعة بالمقارنة مع 15 امبيراساعة للمكيف سعة 24000 وحدة حرارية بريطانية (2طن).

مقارنة تبريد السطح بواسطة حوض الماء والمبردة التبخيرية

هناك فوائد وعيوب لاستعمال كل من الحوض السطحي او المبردة التبخيرية لتبريد سطح المبنى. الحوض يوفر طاقة تبريدية اكبر ويؤدي الى استقرارافضل في الحرارة الداخلية بسبب كتلته الحرارية العالية ولكنه بالمقابل يحتاج الى عزل للرطوبة افضل في سطح المبنى خوفا من تسلل الماء الى الداخل كما انه يمثل ثقلا كبيرا اضافيا يجب حسابه عند تصميم المبنى انشائيا.اما المبردة فأن مشاكلها اقل بكثير ولكنها تعطي تبريدا اقل ايضا.

الاستنتاجات

تظهر التجربة عدة عوامل ايجابية لاستخدام التبريد السطحي مع عازل جداري فقد تم الحصول على حوالي 38% توفير في طاقة التبريد ويضاف لذلك ان تبريد كتلة السطح ووجود العازل تعني ان الغرفة تحافظ على حرارتها فترة اطول بعد توقف المكيف عن العمل. كما ان استمرار عمل المبردة بدون ا لمكيف في حالات انقطاع الكهرباء الوطنية والاعتماد على مولد فقط يضمن دوام اطول للبرودة في الداخل.

أن عيوب هذه الطريقة قليلة ولكن يجب تحوير تصميم حجرة السطح لتلائم الدور العراقية. يتضمن ذلك تصميم فراغ هوائي فوق السطح كما في غرفة الاختبار ولكن يجب تصميمه بحيث يمكن الاستفادة من السطح كما هو المعتاد في الدور العراقية. تصاميم من هذا النوع تستخدم في الغرب حيث توجد تفاصيل قياسية في الخارج تستخدم فراغا هوائيا بين الشتايكر والسطح ويستخدم الشتايكر في هذه الحالة لحماية السطح والاستفادة من العزل الحراري للفراغ الهوائي. استخدام تفصيل مشابه في حالتنا سوفيتوفر حماية وعزل للسطح شتاءا وصيفا ويسمح باستخدام التبريد السطحي كذلك.

اما استخدام العازل الجداري فهو ضرورة ويفيد صيفا وشتاءا ومن المفيد وضعه حتى في حالة عدم استخدام التبريد السطحي.

المصادر References

١ - Foster Robert E. **Evaporative Air-Conditioning Contributions to Reducing Greenhouse, Gas Emissions and Global Warming,** Southwest Technology Development Institute, New Mexico State University, ASHRAE, Toronto, 1998.

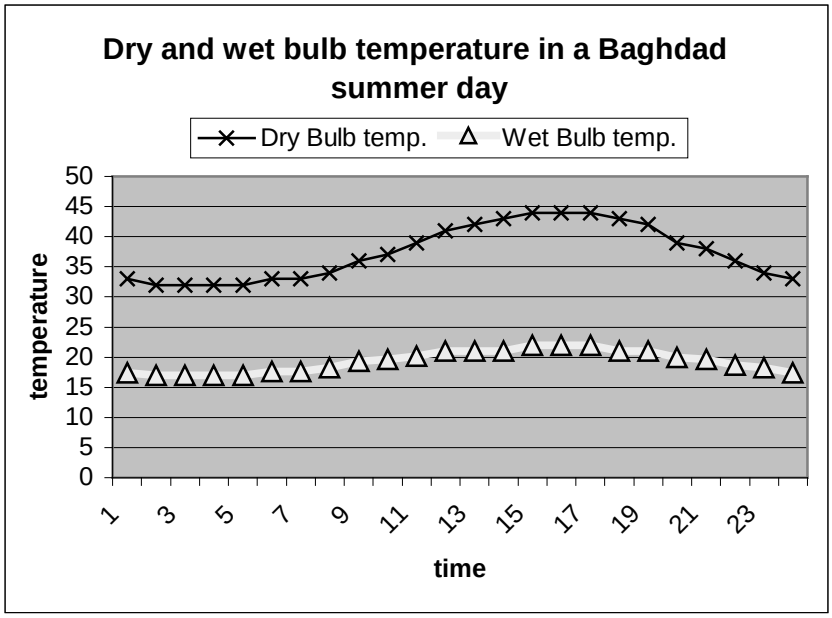
٢ - Arizona Solar Center, Solar Architecture, **Solar Heating and Cooling Manual**, http://www.azsolarcenter.com/design/pas-3.html.

٣ - Passive Solar Research Group, University of Nebraska, Lincoln, Omaha. Research page on the web. http://www.ceen.unomaha.edu/solar/solar_fi.php

٤ - Kharrufa, Sahar and Adil, Yahiyah. **Roof Pond Cooling of Buildings in Hot Arid Climates**. Department of Architecture, University of Technology, Baghdad, Iraq. paper available online since 7th Feb 2007. Digital Object Identifier Link (DOI) "http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.034".

٥ - BBC Weather website. http://www.bbc.co.uk/weather/world/city_guides

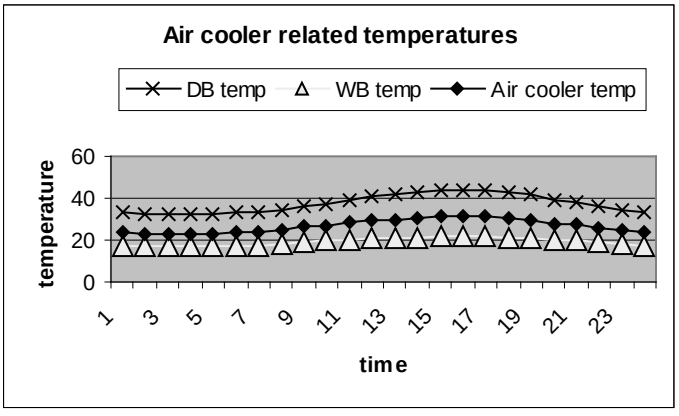
٦ - Otterbein, Roy. **Two-Stage Evaporative cooling**. Home Energy Magazine Online. May/June. 1997.



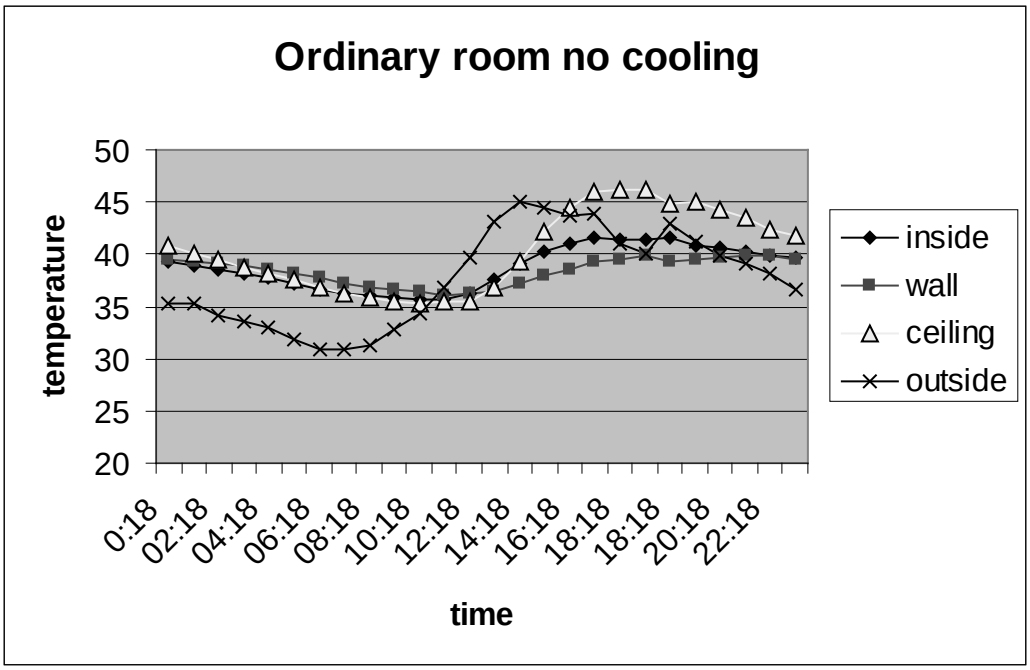
شكل 1 درجات حرارة المحرار الجاف والرطب ليوم صيف في بغداد

المعلومات الحرارية الاساسية لعمل مبردة تبخيرية في بغداد				
كفاءة التبريد	درجة حرارة الهواء الخارج من المبردة	المحرار الرطب	الرطوبة النسبية	درجة الحرارة الخارجية
%62	22.3	19.2	58.2	24.9
%57	23	18	41	27
%68	23.8	20	32	32
%62	22.3	20.7	27.5	34.4
%67	27	21.8	23.6	37.5
%67	28.5	22.1	19.5	39.8
%68	30.3	24	16.2	43.5
%65	31.3	23.8	16.4	44.3
%65	المعدل			

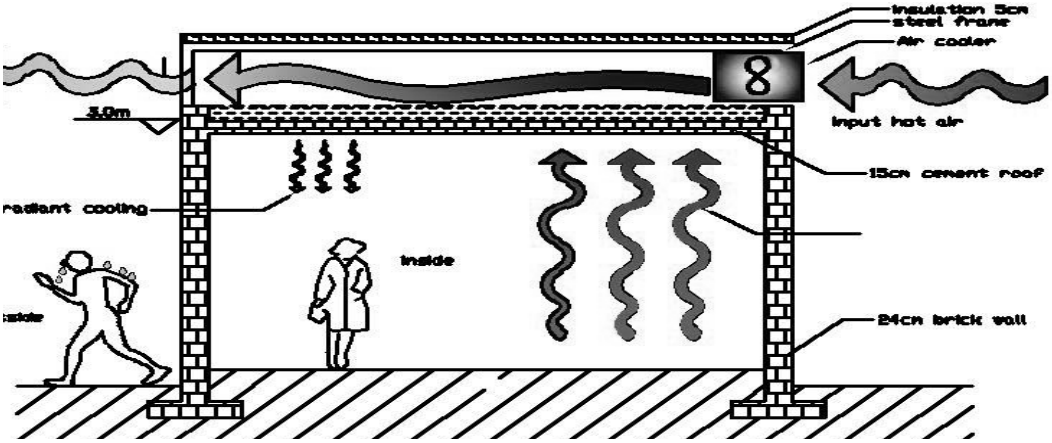
شكل 2 المعلومات الحرارية الاساسية لعمل مبردة تبخيرية في بغداد

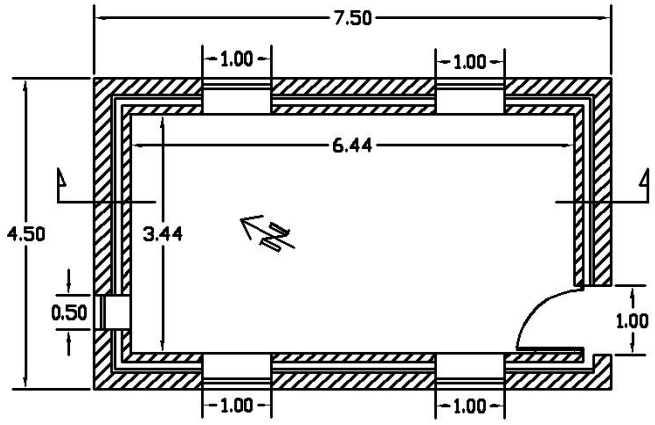


شكل رقم 3 درجات الحرارة المتعلقة بالمبردة التبخيرية محسوبة من المعادلة (1) على اساس كفاءة استخدام %68

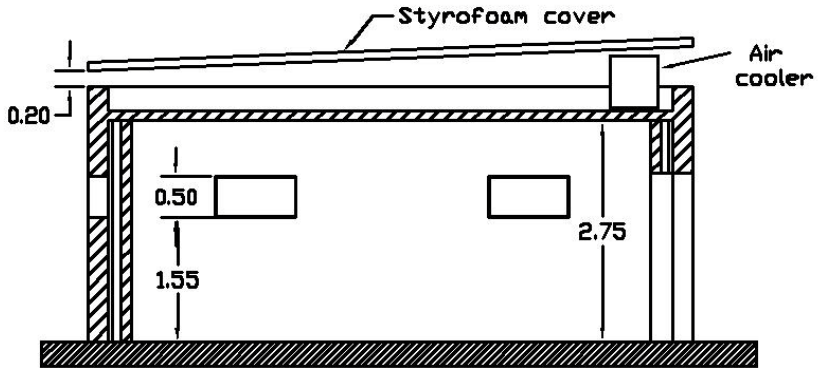


شكل رقم 4 درجات الحرارة للعناصر البيئية الرئيسية في غرفة عادية غير مبردة. اخذت القياسات بتاريخ 11\8\ 2006





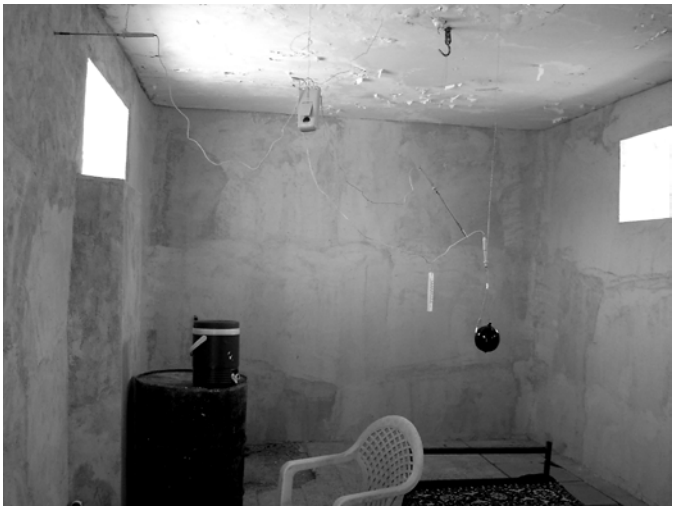
شكل رقم 5 مخططات غرفة التجارب ويظهر فيها العازل الجداري والطريقة المستخدمة



مقطع في غرفة التجارب تظهر حجرة السطح وموقع المبردة اضافة الى العزل الجداري

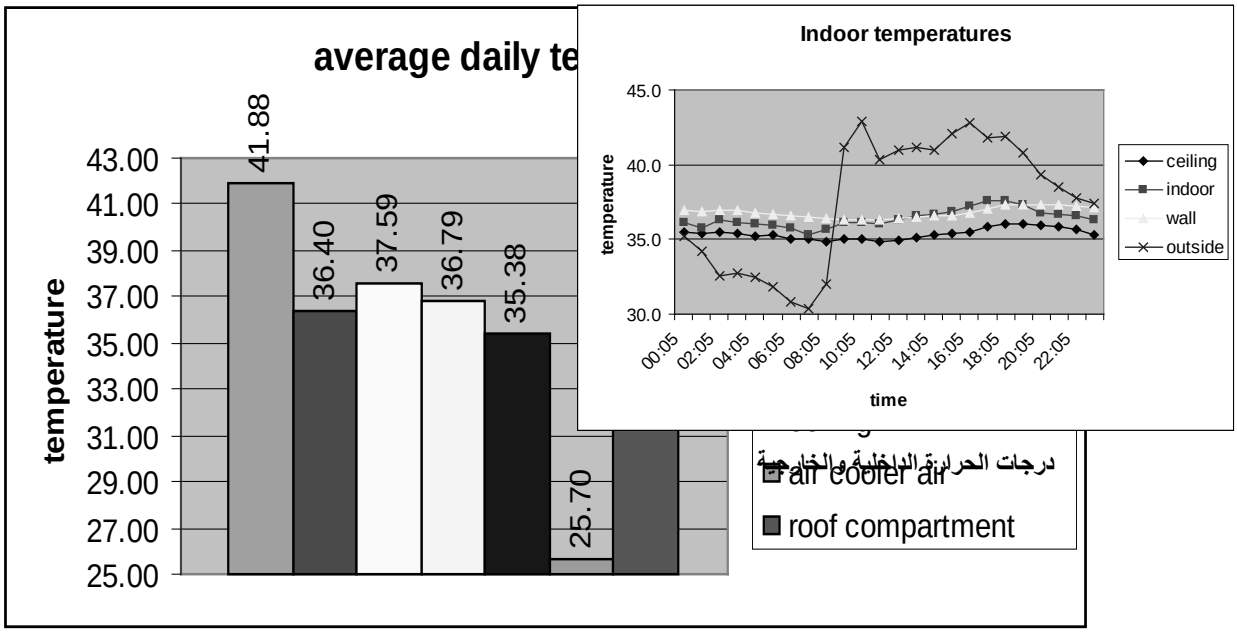
صورة خارجية لغرفة التجارب ويظهر فيها العازل الجداري قرب الباب وفتحة دخول الهواء الى المبردة في الاعلى

صورة للغرفة من جهة خروج هواء المبردة



داخل حجرة السطح

داخل الغرفة يبين جهاز اتوثيق الحراري المعلق والمتحسسات الحرارية المبردة



في الغرفة عند تبريد السطح شكل رقم 6 معدلات درجات الحرارة للعناصر الرئيسية

يظهر الجدول مقارنة بين الحالات الثلاث الاساسية. الاولى للطريقة التي استعملها خروفة ويحيى باستخدام حوض سطحي ومروحة لتبريد الماء وبدون وضع عازل في الجدار. الثانية لنتائج هذا البحث باستخدام المبردة في السطح مع وضع عازل في الجدار. والثالثة للغرفة الاعتيادية بدون اي تبريد او عزل.

نوع الغرفة	الهبوط في الحرارة الداخلية	درجة حرارة السقف	درجة حرارة تبريد السطح	درجة حرارة الجدار
1-تبريد حوض سطحي بدون عزل جداري	4.5	32.5	23.7	37.4
2 مبردة على السطح وعزل جداري	5.5	35.4	25.7	36.8
3 غرفة عادية	صفر	38.3	لا يوجد	38.0

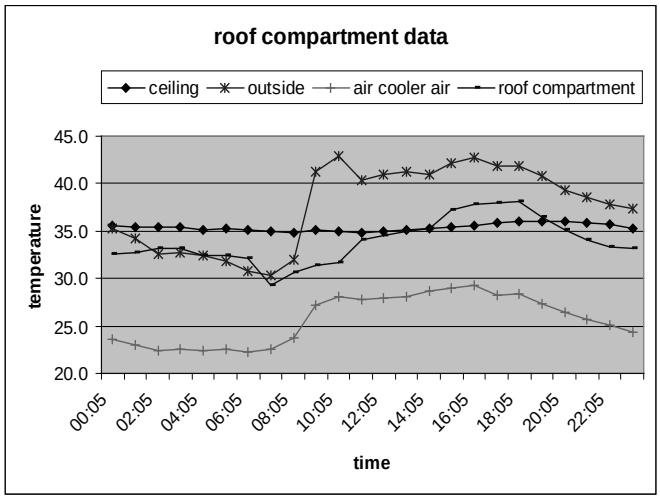
يظهر الجدول ان درجة حرارة وسيلة التبريد التي هي في الحالة الاولى حوض الماء، كانت اقل من الحالة الثانية التي استعمل فيها مبردة الماء بدرجتين شكل رقم 7. كما ان حرارة السقف الداخلي كانت اقل بثلاث درجات عند استعمال الحوض المائي ومع ذلك كان الهبوط الحراري في الداخل في الحالة الثانية اقل بدرجة من الحالة الاولى.
يؤكد هذا ما ذكر في الفقرة السابقة ان زيادة كفاءة التبريد باستخدام المبردة تعود لتأثير العازل في الجدار كما يؤيد ذلك ايضا ان حرارة الجدار بوجود العازل اقل منه بدونه.

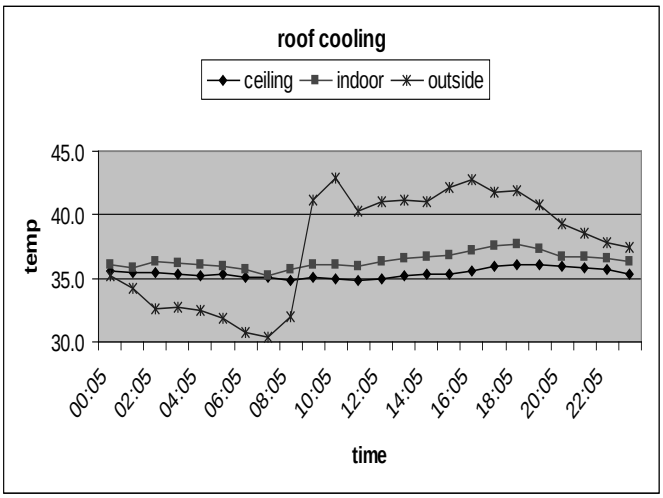
اما في حالة التبريد السطحي باستخدام المبردة تحديدا تظهر قياسات الحرارة الداخلية ما يلي:

- ان سقف المبنى كان الاقل حرارة مما يؤكد دوره في تبريد الغرفة مع ملاحظة ان حرارته كانت اعلى درجة مسجلة في الغرفة الغير مبردة.
- حرارة الجدار مستقرة خلال النهار بثلاث درجات اعلى من السقف.

- حرارة الهواء الداخلي مقارب لحرارة الجدار ولكنه متقدم عليه ببضعة ساعات وذلك تأثير حرارة الهواء الخارجي الذي يؤثر بصورة اسرع على الهواء منه على السطح الداخلي للكتل الكبيرة كالجدران والسقوف.

شكل رقم 8





الملحق

جدول يبين كامل نتائج القياسات في غرفة التجارب عند تبريد السطح باتخدام مبردة تبخيرية

Time	ceiling	indoor	wall	MRT	outside	air cooler air	roof compartment
00:05	35.5	36.1	37.0	36.3	35.2	23.6	32.5
01:05	35.4	35.8	36.9	36.1	34.2	23.0	32.7
02:05	35.5	36.3	36.9	36.4	32.6	22.5	33.2
03:05	35.4	36.2	36.9	36.3	32.7	22.5	33.2
04:05	35.2	36.1	36.8	36.2	32.5	22.4	32.4
05:05	35.3	36.0	36.6	36.1	31.8	22.6	32.4
06:05	35.1	35.7	36.6	35.9	30.8	22.2	32.2
07:05	35.0	35.3	36.5	35.5	30.4	22.5	29.3
08:05	34.9	35.7	36.4	35.9	32.0	23.7	30.6
09:05	35.1	36.1	36.3	36.0	41.2	27.2	31.4
10:05	35.0	36.1	36.3	36.1	42.9	28.1	31.7
11:05	34.9	36.0	36.3	36.1	40.3	27.8	34.0
12:05	34.9	36.3	36.4	36.2	41.0	28.0	34.5
13:05	35.1	36.6	36.5	36.5	41.2	28.1	35.0
14:05	35.3	36.7	36.5	36.7	41.0	28.7	35.3
15:05	35.4	36.8	36.6	36.8	42.1	29.0	37.1
16:05	35.5	37.2	36.8	37.0	42.8	29.3	37.8
17:05	35.9	37.6	37.0	37.2	41.8	28.3	38.0
18:05	36.0	37.6	37.3	37.5	41.9	28.3	38.1
19:05	36.1	37.3	37.3	37.3	40.8	27.3	36.4
20:05	36.0	36.8	37.3	36.9	39.3	26.5	35.1
21:05	35.8	36.6	37.3	36.7	38.5	25.6	34.0
22:05	35.6	36.6	37.2	36.4	37.8	25.1	33.4
23:05	35.3	36.3	37.1	36.2	37.4	24.4	33.1
Average	**35.38**	**36.40**	**36.8**	**36.4**	**37.59**	**25.70**	**33.90**