وزارة الاعمار والاسكان والبلديات والاشغال العامة
دائرة المباني
قسم المدونات والمواصفات الفنية

# المتطلبات الاسترشادية لمدونة العزل الحراري (م.ب.ع 501)

يتضمن الكراس أهم التوصيات والمتطلبات الاسترشادية الواردة في مدونة العزل الحراري (م.ب.ع 501)

هذا الكراس لايغني عن الاستفادة من مدونة العزل الحراري في حالة الحاجة الى تفاصيل اكثر. وبالامكان طلب المدونة ورقيا من دائرة المباني مجانا او الحصول عليها الكترونيا على الموقع الالكتروني (https://iccts.moch.gov.iq)

الاصدار الاول 2024

**تم اعداد هذا الكراس من قبل اللجنة الفنية المشكلة بالامر الوزاري ذي العدد 20536 في 2024/5/6**

| | | |
|---|---|---|
| المهندس عمار عبد الرزاق عيسى | مدير عام دائرة المباني | رئيس اللجنة |
| د.ابتسام عبد الجبار عبد الرضا | معاون مدير عام دائرة المباني | عضوا |
| د.سهير كاظم عبد | رئيس قسم المدونات والمواصفات الفنية /دائرة المباني | عضوا |
| د. محمود عيفان محمد | خبير مهندس/المركز الوطني للمختبرات الانشائية | عضوا |
| د.نبيل عبد العزيز ابراهيم | رئيس مهندسين أقدم/ المركز الوطني للاستشارات الهندسية | عضوا |
| عقيل عبد الامير عبد الحسين | رئيس مهندسين أقدم / المركز الوطني للاستشارات الهندسية | عضوا |
| حيدر زهير محمود | رئيس مهندسين أقدم / دائرة الإسكان | عضوا |
| سعد جميل إبراهيم | رئيس مهندسين /دائرة بحوث البناء | عضوا |
| بيداء سعود عبد | رئيس مهندسين / دائرة الاعمار الهندسي | عضوا |
| اورهان جلال عباس | رئيس مهندسين أقدم/ دائرة المباني | عضوا |

## المحتويـــات

التمهيد ..... 2
الهدف ..... 2
اهمية العزل الحراري في الابنية العراقية ..... 2
تطبيقات مدونة العزل الحراري ..... 3
المتطلبات التصميمية المعمارية لترشيد استهلاك الطاقة في المباني 3
متطلبات تصميم العزل الحراري.....6
المواد العازلة لمجاري هواء منظومات التدفئة ، التهوية والتكييف .. 8
الملاحق ..... 9

## 1) تمهيد

يعتبر العراق من الدول التي يمتاز مناخها بحرارته الشديدة صيفاً وبرودته شتاءً، كما أن ظاهرة الاحترار العالمي (Global warming) ساهمت في جعل موسم الشتاء قصيراً مقارنة مع فصل الصيف الحار، وما يرافقه من شحة في الماء و بالتالي التصحر مما يعني ازدياد الحاجة إلى استهلاك الوقود والطاقة الكهربائية الأغراض التبريد والتدفئة، وهذا يؤثر سلباً على الاقتصاد الوطني نتيجة لتخصيص جزء كبير من ميزانية الدولة لسد الحاجة إلى الطاقة، بالإضافة للتلوث البيئي المرافق لحرق الوقود وبالتالي يستوجب تعاون جميع المؤسسات الحكومية وغير الحكومية والمنظمات الدولية لحل هذه المشكلات لتصبح مرجعا تصميميا للمباني.

## 2) الهدف

تهدف مدونة العزل الحراري إلى وضع أسس ومبادئ العزل الحراري للأبنية بما فيها الجدران والأرضيات والسقوف والأبواب والنوافذ والأعمال الميكانيكية والصحية وتطوير أداء الأبنية بالاستعمال الاقتصادي الأمثل لمواد العزل الحراري بما يتلاءم والبيئة العراقية فضلا عن تحديد أنواع الرطوبة الداخلية في الأبنية وأسبابها وتأثيراتها السلبية على صحة الإنسان وما تسببه من تلف للمواد البنائية وطرائق المعالجة باستعمال حواجز الهواء ومبطئات بخار الماء.

## 3) أهمية العزل الحراري في الأبنية العراقية

يشمل العزل الحراري استخدام مواد ذات خواص عازلة حرارياً والتي تمتاز بكثافتها الواطئة ومساميتها العالية، أي أن توصيلها الحراري رديئاً وبهذا تمنع اكتساب الحرارة إلى المبنى صيفاً وتسريبها شتاء، مما يؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وتأمين الارتياح الحراري للإنسان والذي يعرف على انه شعور الإنسان بالارتياح الذهني وتمتعه بالنشاط في البيئة التي يعيش فيها.

إن التغيرات المناخية الكبيرة التي شهدها العالم ومنه العراق بسبب الاحترار العالمي ( Global warming) وما رافقه من تلوث ناتج عن استخدام الإنسان لمصادر غير طبيعية لإنتاج الطاقة، فضلا عما تنفثه المصانع ووسائل النقل من ملوثات بيئية وإتباع أساليب البناء الحديثة كاستخدام الخرسانة المسلحة في تشييد الأبنية، كل هذا أدى إلى ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة مما يستوجب عزل الأبنية. تمكنت العديد من دول العالم المتقدمة من الحصول على أبنية معزولة جيداً عن طريق استخدام المواد العازلة للجدران السقوف الأرضيات الأبواب والنوافذ، فضلا عن استخدام وسائل حديثة في العزل الحراري كتثبيت رقائق الألمنيوم على

جدران الأبنية العالية استخدام الزجاج المزدوج والعاكس لأشعة الشمس والإنهاء الخارجي للجدران بأنواع من الدهانات ذات الأسماء التجارية التي يصل عزلها الحراري إلى حوالي 60٪. إن الاطلاع على آخر ما توصلت إليه الشركات العالمية في مجال العزل الحراري وتطبيق ما نراه ملائماً للبيئة العراقية فضلا عن تطوير أسلوب البناء معمارياً عن طريق تقليل فتحات الأبواب والنوافذ إلى الحدود الدنيا المسموحة والتي عادة لا تتجاوز ٪20 من مساحة الفضاءات المخدومة وخاصة في غرف الطابق العلوي لان الزجاج هو السطح الأبرد شتاءً والادفأ صيفاً فضلا عن أن هذه الفتحات تسمح بمرور تيارات الهواء الحار الأخف وزناً في الطوابق العلوية من الأبنية، أما إنشائياً فيفضل البناء بالطابوق، والكتل الخرسانية الخفيفة الوزن (الثرمستون) ذات العزل الحراري الجيد والابتعاد عن البناء بالكتل الخرسانية (البلوك) ذات العزل الحراري الرديء، كما يمكن إحاطة المدن بالحزام الأخضر والاستفادة من الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية وغيرها من وسائل العزل الحراري.

## 4) تطبيقات مدونة العزل الحراري

تطبق هذه المدونة في الأبنية التالية:

1. الأبنية والدور السكنية.
2. المحلات والمراكز التجارية
3. الأبنية الحكومية كالجامعات المستشفيات والوزارات ... الخ.
4. المطاعم والفنادق والمرافق السياحية.
5. المكاتب والمرافق العامة.

ويكون تطبيق متطلباتها كما مبين ادناه: -

## أولا: المتطلبات التصميمية المعمارية لترشيد استهلاك الطاقة في المباني

تؤخذ التوصيات البيئية والانسانية المذكورة في الجدول رقم (1) بنظر الاعتبار في التصميم المعماري لغرض الترشيد الامثل لاستهلاك الطاقة في المباني.

## الجدول (1) التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشيد الامثل في استهلاك الطاقة للمباني

| ت | نوع الفعـــالية | | التـــــوصيات |
|---|---|---|---|
| 1 | اختيار وتخطيط الموقع العام | | • ينبغي تظليل الممرات والطرق.<br>• يجب استعمال طوبوغرافية الأرض والمباني المجاورة للحماية من الرياح الباردة (مناخ بارد). ولتقليل المساحات الخارجية للجدران من خلال التضام. |
| 2 | شكل البناء وكتلته | | • ينبغي تقليل نسبة المساحة السطحية للبناء إلى حجمه مما يحقق أكبر قدر من الفراغات الداخلية (مناخ حار جاف بارد).<br>• يجب الاهتمام بالتشكيل والتوجيه المناسب للبناء لتقليل التعرض للرياح الباردة (مناخ بارد).<br>• البناء تحت الأرض أو جزئيا تحت الأرض (مناخ حار جاف / بارد).<br>1. شكل البناء ذو الاستطالة حيث تفضل الاستطالة بالشكل القريب من المربع وعلى أن تكون الاستطالة باتجاه شمال / جنوب للواجهة الواسعة لإعطاء موازنة في تأثير الحمل الحراري الإجمالي (سنويا). |
| 3 | التوجيه | اعتبارات الشمس | الواجهة ذات الاستطالة تكون الواجهات الشمالية والواجهات الجنوبية المظللة صيفا والمنفتحة شتاءً لضمان الحجب الصيفي والانفتاح الشتوي |
| | | اعتبارات الإضاءة الطبيعية | تظليل الفتحات على الواجهات الشرقية والغربية والجنوبية باستعمال كاسرات (شمسية مناسبة). |
| 4 | تشكيل السقوف | | • تستعمل السقوف المستوية بعازليه حرارية عالية في المناطق الحارة الجافة.<br>• تستعمل السقوف المزدوجة بنفاذية هوائية فيما بينها لتقليل الاعباء الحرارية على السقف الاساس. |
| 5 | تصميم الفتحات | التوجيه | يعد اتجاه الجنوب بالزاوية المحصورة بين سمت 135-225 هو الأمثل تبعا لاعتبارات الشمس والرياح والإضاءة. يلي ذلك اتجاه الشمال ثم الشرق مع التظليل الجيد صيفا باتجاه الشرق واستبعاد الواجهة الغربية بقدر الامكان. |
| | | الواجهات والسطح | تهيئة السطح اللازم للتهوية الطبيعية الجيدة من خلال السقائف الثانوية والمظلات الخفيفة. |
| | | الوضع | • تكبير مساحة الفتحات الجنوبية مع تأمين التظليل صيفا (مناخ بارد)<br>• تقليل مساحة النوافذ المعرضة للرياح الباردة شتاء مع السد المحكم (مناخ بارد). |

| ت | نوع الفعـــالية | | التـــــوصيات |
|---|---|---|---|
| | | المعالجات | • كسر حدة الإشعاع الشمسي باستعمال الواقيات وكاسرات الشمس. وبحسب المحددات سابقا<br>• تقليل نفاذ الحرارة للداخل باستعمال زجاج خاص) زجاج مطلي بمواد عاكسة للحرارة أو استعمال زجاج ثنائي او ثلاثي الطبقات عازل للحرارة).<br>•التحكم في توجيه الهواء الداخل باستعمال الظلف المحوري والشرائح المتحركة. |
| | | عمل فتحات علوية | • تسحب الهواء من الخارج وتوزعه متجانسة<br>• لزيادة الاشعاع الشمسي داخل الفراغات باستعمال سطوح عاكسة خارج الفتحات في الموسم الشتوي.<br>• لإسقاط الضوء الطبيعي لعمق أكبر داخل الفراغ باستعمال عواكس على الفتحات (الرفوف الضوئية) |
| 6 | مواد الانهاء | | • استعمال الانهاء الخشن للواجهات لإلقاء الظلال وتشتيت الحرارة (مناخ حار).<br>• استعمال الألوان الفاتحة لا عمال الانهاء الخارجية لكي تعكس الحرارة (مناخ حار).<br>• استعمال ألوان داكنة حول الفتحات لتلاقي الانعكاسات الحرارية والضوئية المباشرة الى الداخل (مناخ حار). |
| 7 | معالجات غلاف المبنى | لتقليل انتقال الحرارة | • استعمال العزل الحراري للغلاف<br>• استعمال جدران وسقوف مزدوجة<br>• زيادة سمك الغلاف<br>• استعمال الأقنعة والمزروعات والمتسلقات والمسطحات المائية والمياه المتدفقة في مقتربات المبنى. |
| | | لتأخير انتقال الحرارة للداخل | •استعمال الجدار المخزن للحرارة (الحجر الطبيعي ذو السعة الحرارية العالية) |
| | | عناصر معمارية مساعدة | • الفناءات المظللة والمشمسة.<br>• المناور الخدمية والخاصة بالملاقف الهوائية.<br>• السقوف الثانوية |
| 8 | تنسيق الموقع | | • الحفاظ قدر الامكان على المكونات الطبيعية للموقع من اشجار ومزوعات ومسطحات مائية ونافورات.<br>• استعمال حزام من الاشجار لترشيح الهواء المحمل بالتراب او كمصدات للرياح.<br>• استعمال الاشجار لاعادة الظلال وتوجيه حركة الهواء. |

## ثانيا: متطلبات تصميم العزل الحراري

### 1. المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value)

1-1 السقوف النهائية والأرضيات

يجب ألا تتجاوز قيمة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة لكل من السقوف النهائية والأرضيات القيم المذكورة في الجدول 2.

2-1 الجدران

تزداد القيم الكلية للمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للجدران الخارجية بزيادة عدد الفتحات من الأبواب والنوافذ ضمن هذه الجدران، حيث إن معامل انتقال الحرارة للنوافذ والأبواب أعلى من معامل انتقال الحرارة للجدار المصمت. يجب ان لا تزيد قيم معامل انتقال الحرارة للجدران عن القيم المسموح بها في الجدول (2).

3-1 الابواب والنوافذ

تصنف الابواب والنوافذ بحسب قيمة المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لها. ولتحديد معامل انتقال الحرارة لأنواع مختلفة من الابواب والنوافذ نستعمل الجداول 4-5/3 و 4-5/7 و 4-5/10 المذكورة في مدونة العزل الحراري او يمكن استعمال قيمة معامل انتقال الحرارة المعطاة من قبل الشركات المصنعة للأبواب والنوافذ.

يجب ان لا تزيد قيم معامل انتقال الحرارة للفتحات الزجاجية عن القيم المذكورة في الجدول (2).

**الجدول 2: القيم القصوى المسموح بها للمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لعناصر البناء المختلفة**

| ت | العنصر الانشائي | الرمز | القيم القصوى المسموح بها لمعامل انتقال الحرارة W/(m.k) |
|---|---|---|---|
| 1 | السقف الاخير | $U_{roof}$ | 0.5 |
| 2 | الجدران الخارجية بدون فتحات | $U_W$ | 0.8 |
| 3 | الفتحات عندما تكون $A_{win} \leq 0.2A_{facade}$ | $U_{win}$ | 5.2 |
| 4 | الفتحات عندما تكون $A_{win} > 0.2\ A_{facade}$ | $U_{win}$ | 3.5 |
| 5 | الواجهات الخارجية شاملة جميع الفتحات | $A_{facade}$ | 1.5 |
| 6 | الارضيات الملاصقة للتربة | $U_G$ | 1 |
| 7 | الارضيات ما بين الطوابق | $U_F$ | 1 |
| 8 | الارضيات المكشوفة | $U_F$ | 0.5 |

**حيث ان :**

$A_{facade}$ : مساحة الواجهة

$A_{win}$ : مجموع مساحة النوافذ والابواب الخارجية

## 2-الجسور الحرارية

**تؤدي الجسور الحرارية وتسرب الهواء الى زيادة فقدان الحرارة من المبنى، ولهذا السبب تؤخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار عند تصميم العزل الحراري للمبنى لغرض تقليل الجسور الحرارية وتسرب الهواء.**

الاهتمام بتصميم مناطق الربط بين العناصر الانشائية للتأكد من استمرارية الطبقة العازلة للحرارة وحاجز الهواء.

التقليل قدر الامكان من اختراق الاجزاء الخدمية للمبنى (انابيب الماء، مجاري الهواء وغيرها) او اجزائه الانشائية للعازل الحراري.

**ثالثا: المواد العازلة لمجاري هواء منظومات التدفئة ، التهوية و التكييف**

لأغراض العزل الحراري لمجاري الهواء المستعملة في منظومات التدفئة والتهوية والتكييف، تستعمل المواد العازلة المذكورة في الجدول (3) بحسب مقدار السمك المطلوب ومواضع استعمال كل مجرى هواء، بحيث لا تزيد او تقل درجة حرارة الهواء المار داخل مجرى الهواء عن (1) درجة مئوية لكل (200) متر من طول المجرى.

**الجدول 3 عوازل مجاري الهواء والسمك المطلوب لكل عازل**

| ت | تطبيقات استخدام مجرى الهواء | نوع العازل | سمك العازل Cm (in) | كثافة العازل $Kg/m^3$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | مجاري الهواء المجهز والراجع والنقي المارة خلال السقوف الثانوية | A(أ) | 2.5 (1) | 24.03 |
| 2 | مجاري الهواء المجهز والراجع والنقي الداخلية المكشوفة للنظر | B(ب) | 5 (2) | 48.06 |
| 3 | مجاري الهواء المجهز والراجع والنقي خلال غرف الدافعات | B | 5 (2) | 48.06 |
| 4 | جميع مجاري الهواء المجهز والراجع المعرضة للخارج حيث تبطن ايضاً من الداخل (1) انج بطانة ذات عازل صوتي (Acoustic Lining) | B | 5 (2) | 48.06 |
| 5 | جميع مجاري الهواء المجهز والراجع المارة خلال الانفاق العمودية والاماكن الفارغة (shafts and void spaces) | A | 5 (2) | 24.03 |
| 6 | بطانة العزل الصوتي الداخلية المركبة داخل مجرى الهواء | C(ج) | 2.5 (1) | 48.06 |
| 7 | بطانة العزل الصوتي الداخلية المركبة داخل صندوق توزيع الهواء | C | 2.5 (1) | 48.06 |
| 8 | بطانة العزل الصوتي الداخلية المركبة داخل مجرى الهواء بعد صندوق الهواء المتغير (VAV Boxes) | C | 5 (2) | 48.06 |

1. العازل A : صندوق زجاجي مرن Flexible Fiberglass وبموصلية حرارية (K) لا تتجاوز 0.036 واط/متر.كلفن وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية قدرها 24.03 كغم/م3 ومجهز برقائق الالمنيوم من الخارج.
2. العازل B : صوف زجاجي جاسئ (Rigid Fiberglass) وبموصلية حرارية (K) لا تتجاوز 0.036 واط/متر.كلفن وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية قدرها 24.03 كغم/م3 ومجهز برقائق الالمنيوم من الخارج.

ح)العازل C : بطانة عزل صوتي (Acoustic Liner) تركب على السطح الداخلي لمجرى ومجمعات الهواء وبموصلية حرارية (K) لا تتجاوز 0.036 واط/متر.كلفن وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية قدرها 24.03 كغم/م3 ومجهز برقائق الالمنيوم من الخارج.

# الملاحق

# الملاحق

## الملحق (أ) : الوحدات

| ت | الرمز | التسمية | الوحدات |
|---|---|---|---|
| 1 | $A$ | المساحة السطحية الفعلية للجزء الناتئ | م$^2$ |
| 2 | $A_d$ | المساحة الصافية للأبواب | م$^2$ |
| 3 | $A_F$ | مساحة الأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة | م$^2$ |
| 4 | $A_f$ | مساحة مقطع مسمار تثبيت واحد | م$^2$ |
| 5 | $A_f$ | مساحة الإطار للنافذة | م$^2$ |
| 6 | $A_{f,de}$ | المساحة الظاهرية (التفصيلية) الخارجية للإطار | م$^2$ |
| 7 | $A_{f,di}$ | المساحة الظاهرية (التفصيلية) الداخلية للإطار | م$^2$ |
| 8 | $A_{f,e}$ | مساحة الاسقاط الخارجية للإطار | م$^2$ |
| 9 | $A_{f,i}$ | مساحة الاسقاط الداخلية للإطار | م$^2$ |
| 10 | $A_G$ | مساحة الأرضيات الملامسة للتربة | م$^2$ |
| 11 | $A_g$ | مساحة الزجاج للنافذة أو الباب والتي تكون المساحة الأقل من المساحتين المرئيتين من كلا الجانبين للنافذة أو الباب | م$^2$ |
| 12 | $A_P$ | مساحة الإسقاط للجزء الناتئ | م$^2$ |
| 13 | $A_p$ | مساحة اللوح غير الشفاف (المعتم) للنافذة أو الباب | م$^2$ |
| 14 | $A_v$ | مساحة الفتحات في التجويف الهوائي | م$^2$ |
| 15 | $A_w$ | المساحة الصافية للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية | م$^2$ |
| 16 | $A_{win}$ | المساحة الصافية للنوافذ الخارجية | م$^2$ |
| 17 | $b_j$ | عرض قواطع الحرارة | م |
| 18 | $b_f$ | عرض الإطار | م |
| 19 | $d$ | سمك الطبقة مقاسة بالمتر | م |
| 20 | $d_i$ | المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة | م |
| 21 | $d_j$ | سمك طبقة الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j | م |
| 22 | $d_o$ | سمك طبقة العازل الحراري التي يمر خلالها مسمار التثبيت | م |
| 23 | $d_1$ | طول مسمار التثبيت الذي يخترق طبقة العازل الحراري | م |
| 24 | $f$ | معامل الإنتقال لمياه الأمطار | – |
| 25 | $h_c$ | معامل الحمل الحراري | واط/ م$^2$.كلفن |
| 26 | $h_r$ | معامل الإشعاع الحراري | واط/ م$^2$.كلفن |

| ت | الرمز | التسمية | الوحدات |
|---|---|---|---|
| 27 | $h_{ro}$ | معامل الإشعاع الحراري لسطح الجسم الأسود | واط/م$^2$.كلفن |
| 28 | $h_f$ | عدد مسامير التثبيت في المتر المربع الواحد | – |
| 29 | $I_g$ | المحيط الكلي للزجاج والذي يمثل مجموع المحيط المرئي للوح الزجاج في النافذة أو الباب | (م) متر |
| 30 | $I_p$ | المحيط الكلي للوح المعتم | (م) متر |
| 31 | k | معامل الموصلية الحرارية | واط/متر . كلفن |
| 32 | k | الموصلية الحرارية للعازل البديل مقاسة عند متوسط درجة حرارة مذكورة ضمن الجدول(9-1/3) | واط/متر . كلفن |
| 33 | k | الموصلية الحرارية للعازل من الجدول (9-1/3) بحسب معدل درجة حرارة المانع | واط/متر . كلفن |
| 34 | $k_f$ | معامل الموصلية الحرارية لمسمار التثبيت | واط/م.كلفن |
| 35 | $K_i$ | المقاومة الحرارية السطحية الداخلية | واط/متر . كلفن |
| 36 | $k_j$ | معامل الموصلية الحرارية للزجاج أو المادة المكونة للطبقة j | واط/متر . كلفن |
| 37 | n | المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية | م$^2$.كلفن/واط |
| 38 | Q | معدل التيار الحراري | واط |
| 39 | q | كثافة معدل التيار الحراري | واط/م$^2$ |
| 40 | $R_1$ | المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري التي يخترقها مسمار التثبيت | م$^2$.كلفن/واط |
| 41 | $R_1$ | المقاومة الحرارية للطبقة الحاوية على فجوات هوائية | م$^2$.كلفن/واط |
| 42 | $R_1$ | المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الواقعة فوق طبقة العازل المائي | م$^2$.كلفن/واط |
| 43 | R | المقاومة الحرارية | م$^2$.كلفن/واط |
| 44 | r | نصف القطر الخارجي الفعلي للأنبوب | سم |
| 45 | $R_{sj}$ | المقاومة الحرارية للفراغ الهوائي بين طبقات الزجاج | م$^2$.كلفن/واط |
| 46 | $R_s$ | المقاومة الحرارية السطحية للعنصر الإنشائي ذي السطح المستوي | م$^2$.كلفن/واط |
| 47 | $R_{T,u}$ | المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي مغلق | م$^2$.كلفن/واط |

| ت | الرمز | التسمية | الوحدات |
|---|---|---|---|
| 48 | $R_{T,v}$ | المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي جيد التهوية | م$^2$.كلفن/واط |
| 50 | $R_T$ | المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة | م$^2$.كلفن/واط |
| 51 | $R_{si}$ | المقاومة الحرارية السطحية الداخلية | م$^2$.كلفن/واط |
| 52 | $R_c$ | المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية | م$^2$.كلفن/واط |
| 53 | $R_{se}$ | المقاومة الحرارية السطحية الخارجية | م$^2$.كلفن/واط |
| 54 | $R_{T,h}$ | المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بإهمال أية جسور حرارية | م$^2$.كلفن/واط |
| 55 | $R_T$ | المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي قبل حساب التصحيح | م$^2$.كلفن/واط |
| 56 | $t_{si}$ | درجة حرارة السطح الداخلي للعنصر الإنشائي | درجة مئوية |
| 57 | $t_{se}$ | درجة حرارة السطح الخارجي للعنصر الإنشائي | درجة مئوية |
| 58 | $t_i$ | درجة حرارة الهواء الداخلي | درجة مئوية |
| 59 | $t_e$ | درجة حرارة الهواء الخارجي | درجة مئوية |
| 60 | T | اقل سمك مطلوب للعازل الحراري | سم |
| 61 | t | سمك العازل المدرج بالجدول (9-3/ 1) بحسب معدل درجة حرارة المانع و القطر الاسمي للأنبوب | سم |
| 62 | Tm | معدل درجة الحرارة الديناميكية | كلفن |
| 63 | U | المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 64 | $U_g$ | المقاومة الحرارية السطحية الخارجية | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 65 | $U_f$ | معامل انتقال الحرارة لإطار النافذة | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 66 | $U_f$ | معامل انتقال الحرارة للإطارات الخشبية | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 67 | $U_p$ | معامل انتقال الحرارة الإجمالي للألواح غير الشفافة | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 68 | $U_d$ | معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأبواب الخارجية | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 69 | $U_w$ | معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية | واط/ م$^2$ .كلفن |

| ت | الرمز | التسمية | الوحدات |
|---|---|---|---|
| 70 | $U_{win}$ | معامل انتقال الحرارة الإجمالي للنوافذ الخارجية | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 71 | $U\Delta_r$ | قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة للتكثيف في نظام السقوف المقلوب | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 72 | $U_T$ | معامل انتقال الحرارة الإجمالي لكامل المبنى | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 73 | $U_d$ | معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأبواب | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 74 | $U_F$ | معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 75 | $U_G$ | معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات الملامسة للتربة | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 76 | $U_R$ | معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف المكشوفة | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 77 | V | سرعة الرياح القريبة من السطح الخارجي | م/ثانية |
| 78 | X | معامل زيادة الفقدان الحراري الناتج من اختراق مياه الأمطار إلى طبقة العازل المائي | (واط.يوم)/ (م$^2$.كلفن.ملم) |
| 79 | $\Delta U_f$ | قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة الإجمالي نتيجة لمواد التثبيت الميكانيكية | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 80 | $\Delta U_g$ | قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة وجود الفراغات الهوائية في العازل الحراري | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 81 | $\sigma$ | ثابت يسمى Stefan-Blotzmann Constant | واط/ م$^2$ .كلفن |
| 82 | $\xi$ | الانبعاثية | بلا وحدات |
| 83 | $\rho$ | معدل سرعة تكثيف بخار الماء خلال الفصول الحارة | ملم/يوم |
| 84 | $_g\psi$ | معامل انتقال الحرارة الخطي نتيجة للتأثير المشترك للزجاج و فواصل الزجاج والإطار | واط/ م$^2$ .كلفن |

# الملحق (ب)

## جداول معامل الموصلية الحرارية للمواد الإنشائية

### الجدول ب-1: معامل الموصلية الحرارية لمواد البناء

| ت | المادة | معامل الموصلية الحرارية [ W/(m.K) ] | الكثافة الكتلية ( $kg/m^3$) |
|---|---|---|---|
| 1 | الماء | 0.63 | 1000 |
| 2 | الزجاج | 1.08 | 2450 |
| 3 | تربة طينية | 1.5 | - |
| 4 | الخرسانة 4:2:1 | 1.49 | 2300 |
| 5 | الطابوق الصلد | 0.54 | 1460 |
| 6 | الكاشي الموزاييك | 0.93 | 2230 |
| 7 | جص فني | 0.57 | 1200 |
| 8 | مونة السمنت و الرمل بنسب خلط:<br>1:1 حجما(سمنت: رمل)<br>2:1 حجما(سمنت: رمل)<br>3:1 حجما(سمنت: رمل)<br>4:1 حجما(سمنت: رمل)<br>5:1 حجما(سمنت: رمل) | <br>1.20<br>1.08<br>0.99<br>0.96<br>0.75 | <br>2070<br>2050<br>2020<br>2000<br>1980 |
| 9 | الرمل النهري | 0.24 | 1690 |
| 10 | قير التسطيح | 0.24 | 1070 |
| 11 | اللباد | 0.35 | 1400 |
| 12 | الثرمستون | 0.21 | 760 |
| 13 | بلاطات خرسانية للتسطيح | 0.85 | 2240 |
| 14 | رخام | 2.2 | 2500 |
| 15 | جرانيت | 2.3 | 2600 |
| 16 | حجر الحلان | 1.13 | 1680 |
| 17 | تربة التهوير (تحت التسطيح) | 0.25 | 1450 |

**تتمة الجدول ب-1**

| ت | المادة | معامل الموصلية الحرارية [ W/(m.K) ] | الكثافة الكتلية ( kg/m$^3$) |
|---|---|---|---|
| 18 | أنواع مختلفة من الرخام العراقي | 2.53 -2.4 | 2700 -2650 |
| 19 | أنواع مختلفة من الحجر العراقي | 1.96 -1.22 | 2400 -1900 |
| 20 | الطابوق الجيري | 1.23 | 1830 |
| 21 | الطابوق الفرشي | 0.49 | 1350 |
| 22 | الطابوق السيراميكي (الكربلائي) | 0.52 | 1700 |
| 23 | الرخام الصناعي | 2.39 | 2350 |
| 24 | جص عادي | 0.36 | 980 |
| 25 | ماربلكس | 0.52 | 1700 |
| 26 | رمل كربلاء | 0.33 | 2110 |
| 27 | كاشي بلاستيكي | 0.46 | 1640 |
| 28 | الرصاص | 34.8 | 11300 |
| 29 | الحديد الصلب | 45.3 | 7830 |
| 30 | الزنك | 110 | 7130 |
| 31 | الالمنيوم(ألواح) | 221 | 2740 |
| 32 | النحاس الاحمر | 150 | 8780 |
| 33 | النحاس الأصفر | 120 | 8310 |

**الجدول ب-2: معامل المواصلة الحرارية للطابوق المثقب والكتل الخرسانية المجوفة**

| ت | المادة | السمك (m) | **معامل المواصلة الحرارية (c)** [ W/(m$^2$.K) ] | الكثافة الكتلية ( kg/m$^3$) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | الطابوق المثقب | 0.24<br>0.12 | 1.37<br>2.78 | 1200 |
| 2 | كتل خرسانية مجوفة (بلوك) | 0.20 | 1.40 | 1440 |

ملاحظة: في الجدول ب-1 اعطيت قيم معامل الموصلية الحرارية (k) للمواد لأنها مواد متجانسة، في حين في الجدول ب-R اعطيت قيم معامل المواصلة الحرارية (c) للطابوق المثقب والكتل الخرسانية المجوفة لأنها مواد غير متجانسة حيث يصعب ايجاد معامل موصليتها لوحدة الطول. وتحسب المقاومة الحرارية للمواد غير المتجانسة كالتالي:

$$\mathbf{R = \frac{1}{C}}$$

**الجدول ب-3: معامل الموصلية الحرارية لمواد العزل الحراري**

| ت | المادة | معامل الموصلية الحرارية [ W/(m.K) ] | الكثافة ( $kg/m^3$) |
|---|---|---|---|
| 1 | الصوف المعدني | 0.049 | RU6 |
| R | ألواح القرميد للسقوف | 0.79 | 1800 |
| 3 | ألواح خشب الصاج للأرضيات | 0.2 | 670 |
| 4 | خشب المعاكس ply wood | 0.14 ز 0.18 | 9U0 -600 |
| U | منتجات البولي ستايرين<br>ألواح البولي ستايرين المبثوق<br>ألواح البولي ستايرين المدد<br>حبيبات البولي ستايرين | 0.033-0.025<br>0.037-0.03<br>0.045 | 40 -R8<br>40 -1U<br>1U |
| 6 | منتجات الصوف الزجاجي<br>لباد<br>ألواح شبه جاسئة<br>ألياف سائبة | 0.045<br>0.05-0.045<br>0.043 | أقل من 3R<br>أكبر من 7R<br>130 |

## تتمة الجدول ب-3

| ت | المادة | معامل الموصلية الحرارية [ W/(m.K) ] | الكثافة ( $kg/m^3$) |
|---|---|---|---|
| 7 | منتجات الصوف الصخري<br>أغطية<br>لباد<br>ألواح<br>ألياف سائبة | <br>0.43<br>0.049<br>0.055- 0.043<br>0.044 | <br>130<br>70<br>350 -100<br>150 |
| 8 | منتجات البولي يوريثين<br>ألواح<br>بولي يوريثين منفذ بالرش | <br>0.027-0.02<br>0.026 | <br>40 -30<br>30 |
| 9 | منتجات الفلين<br>ألواح<br>فلين حبيبات | <br>0.039-0.033<br>0.052-0.039 | <br>130 -110<br>115 -100 |

## تتمة الجدول ب-3

| ت | المادة | معامل الموصلية الحرارية [ W/(m.K) ] | الكثافة ( kg/m$^3$) |
|---|---|---|---|
| 10 | المون والخرسانات العازلة | | |
| | بيرلايت سائب | 0.06 -0.039 | 176 -3R |
| | مونة البيرلايت | 0.11-0.079 | 610 -400 |
| | مونة السمنت الرغوي | 0.25-0.1 | 880 -400 |
| | فيرمكيولايت سائب | 0.056 | 100 |
| | مونة فيرمكيولايت | 0.303-0.135 | 960 -480 |
| | خرسانة الركام خفيف الوزن | 1.3-0.18 | 19R0 -640 |
| | الخرسانة المرغاة | 0.75-0.36 | 19R0 -11R0 |
| 11 | مطاط جاسئ | 0.016 | 1190 |
| 1R | قطن | 0.042 | 1U00 |
| 13 | صوف نسيجي | 0.063-0.036 | 330 -110 |

# الملحق (ج)

## أمثلة للتصميم الحراري لعناصر إنشائية مختلفة

يمكن حساب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للعناصر الإنشائية المختلفة (الجدران والسقوف والأرضيات) بإتباع الخطوات المبينة في الأمثلة التالية:

### ج-1 معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران

يُحسب معامل انتقال الحرارة للجدران المكونة من طبقات من مواد إنشائية مختلفة سمك كل طبقة(di) ومعامل الموصلية الحرارية لكل طبقة(ki) والمبين في الملحق (ب).

**المثال(ج-1/1)**

لجدار حامل للأثقال يتكون من 20 ملم بياض بالجص من الداخل و240 ملم طابوق مصمت فإن معامل انتقال الحرارة الإجمالي يتم يُحسب كالتالي:

$$U_T = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se}$$

$$R_T = 0.13 + \frac{d1}{k1} + \frac{d2}{k2} + 0.04$$

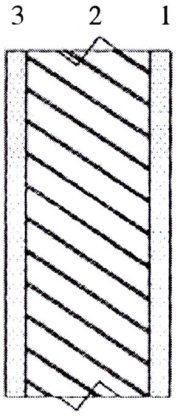
$$R_T = 0.13 + \frac{0.02}{0.57} + \frac{0.24}{0.54} + 0.04$$

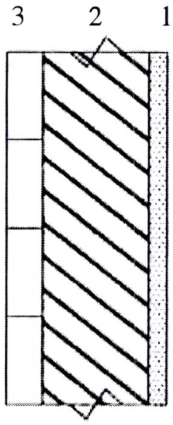
$$R_T = 0.6495\ \mathbf{m^2.K/W}$$

$$\mathbf{U_T = 1.539\ W/(m^2.K)}$$

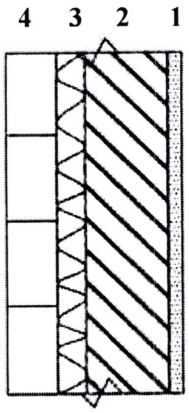
يُحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران ذات الطبقات المتجانسة من المواد الإنشائية المختلفة بنفس الطريقة المبينة في المثال السابق، علما إن قيم معامل الموصلية الحرارية (k) للمواد الإنشائية المختلفة ومواد العزل الحراري مبينة في الملحق ب. الجدول ج-1 يبين قيم معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران.

## الجدول ج-1 :معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران

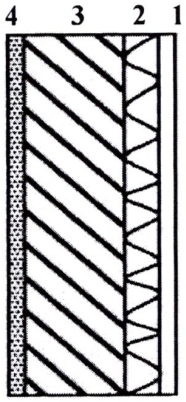
| | معامل انتقال الحرارة الإجمالي W/(m².K) | جدار حئمل للأثقئل | | |
|---|---|---|---|---|
| | | تركيب الجدار | | |
| | | طبقة (3) | طبقة (2) | طبقة (1) |
|  | 1.493 | 20 ملم لبخ بالسمنت | 240 ملم طابوق صلد | 20 ملم بياض بالجص |
| | 1.121 | 20 ملم لبخ بالسمنت | 360 ملم طابوق صلد | 20 ملم بياض بالجص |
| | 0.731 | 20 ملم لبخ بالسمنت | 240 ملم ثرمستون | 20 ملم بياض بالجص |

| | معامل انتقال الحرارة الإجمالي W/(m².K) | جدار حئمل للأثقئل يتصمم طاقة تكيف خئرجي | | |
|---|---|---|---|---|
| | | تركيب الجدار | | |
| | | طبقة (3) | طبقة (2) | طبقة (1) |
|  | 1.441 | 50 ملم حجر حلان | 240 ملم طابوق صلد | 20 ملم بياض بالجص |
| | 1.355 | 100 ملم حجر حلان | 240 ملم طابوق صلد | 20 ملم بياض بالجص |
| | 1.092 | 50 ملم حجر حلان | 360 ملم طابوق صلد | 20 ملم بياض بالجص |
| | 1.042 | 100 ملم حجر حلان | 360 ملم طابوق صلد | 20 ملم بياض بالجص |
| | 0.718 | 50 ملم حجر حلان | 240 ملم ثرمستون | 20 ملم بياض بالجص |
| | 0.696 | 100 ملم حجر حلان | 240 ملم ثرمستون | 20 ملم بياض بالجص |

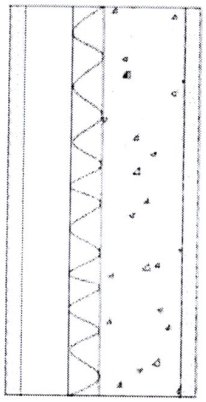
## تتمة الجدول ج-1

| جدار حامل للأثقال ذو عازل حراري خارجي | | | | معامل انتقال الحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| تركيب الجدار | | | | | |
| طبقة (1) | طبقة (2) | طبقة (3) | طبقة (4) | | |
| 20 ملم بياض بالجص | 240 ملم طابوق صلد | 50 ملم صوف معدني | 120 ملم طابوق تغليف | 0.529 |   |
| 20 ملم بياض بالجص | 240 ملم طابوق صلد | 25 ملم عازل بولي ستايرين | 120 ملم طابوق تغليف | 0.587 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 240 ملم طابوق صلد | 50 ملم عازل بولي ستايرين | 120 ملم طابوق تغليف | 0.394 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 360 ملم طابوق صلد | 50 ملم صوف معدني | 120 ملم طابوق تغليف | 0.473 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 360 ملم طابوق صلد | 25 ملم عازل بولي ستايرين | 120 ملم طابوق تغليف | 0.519 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 360 ملم طابوق صلد | 50 ملم عازل بولي ستايرين | 120 ملم طابوق تغليف | 0.362 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 240 ملم ثرمستون | 25 ملم عازل بولي ستايرين | 120 ملم طابوق تغليف | 0.416 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 240 ملم ثرمستون | 50 ملم عازل بولي ستايرين | 120 ملم طابوق تغليف | 0.309 | |

## تتمة الجدول ج-1

| جدار حامل للأثقال ذو عازل حراري داخلي | | | | معامل انتقال الحرارة الإجمالي W/(m².K) | |
|---|---|---|---|---|---|
| تركيب الجدار | | | | | |
| طبقة (1) | طبقة (2) | طبقة (3) | طبقة (4) | | |
| 20 ملم تغليف خشب | 50 ملم صوف معدني | 240 ملم طابوق صلد | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.583 |  |
| 20 ملم تغليف خشب | 25 ملم عازل بولي ستايرين | 240 ملم طابوق صلد | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.654 | |
| 20 ملم تغليف خشب | 50 ملم صوف معدني | 360 ملم طابوق صلد | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.516 | |
| 20 ملم تغليف خشب | 25 ملم عازل بولي ستايرين | 360 ملم طابوق صلد | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.571 | |
| 20 ملم تغليف خشب | 50 ملم عازل بولي ستايرين | 360 ملم طابوق صلد | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.387 | |
| 20 ملم تغليف خشب | 50 ملم صوف معدني | 240 ملم ثرمستون | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.414 | |
| 20 ملم تغليف خشب | 25 ملم عازل بولي ستايرين | 240 ملم ثرمستون | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.449 | |
| 20 ملم تغليف خشب | 50 ملم عازل بولي ستايرين | 240 ملم ثرمستون | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.327 | |

## تتمة الجدول ج-1

| جدار حامل للأثقال مزدوج ذو عازل حراري | | | | | معامل انتقال الحرارة الإجمالي W/(m².K) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تركيب الجدار | | | | | | |
| بقة (1) | طبقة (2) | طبقة (3) | طبقة (4) | طبقة (5) | | |
| 20 ملم بياض بالجص | 200 ملم جدار خرساني | 50 ملم صوف معدني | 80 ملم جدار خرساني | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.698 | 5 4 3 2 1  |
| 20 ملم بياض بالجص | 200 ملم جدار خرساني | 25 ملم عازل بولي ستايرين | 80 ملم جدار خرساني | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.802 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 200 ملم جدار خرساني | 50 ملم عازل بولي ستايرين | 80 ملم جدار خرساني | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.481 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 200 ملم جدار خرساني | 50 ملم صوف معدني | 120 ملم جدار طابوق صلد | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.624 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 200 ملم جدار خرساني | 25 ملم عازل بولي ستايرين | 120 ملم جدار طابوق صلد | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.707 | |
| 20 ملم بياض بالجص | 200 ملم جدار خرساني | 50 ملم عازل بولي ستايرين | 120 ملم جدار طابوق صلد | 20 ملم لبخ بالسمنت | 0.445 | |

**المثال(ج-2/1)**

لجدار حامل للأثقال يتكون من الطبقات التالية (من الداخل الى الخارج)

1- بياض بالجص بسمك 20 ملم

2- بلوك مجوف بسمك 200 ملم

3- طبقة بولي ستايرين بسمك 50 ملم

4- بلوك مجوف بسمك 200 ملم

5- حجر حلان بسمك 50 ملم

فأن معامل انتقال الحرارة الاجمالي يحسب كالتالي:

$$R = \mathrm{R_{si}} + \frac{d1}{k1} + \frac{1}{c2} + \frac{d3}{k3} + \frac{1}{c4} + \frac{d5}{k5} + \mathrm{R_{se}}$$

$$R = 0.13 + \frac{0.02}{0.57} + \frac{1}{1.4} + \frac{0.05}{0.03} + \frac{1}{1.4} + \frac{0.05}{1.13} + 0.04$$

$R_T$=2.6654 $\mathbf{m^2.K/W}$

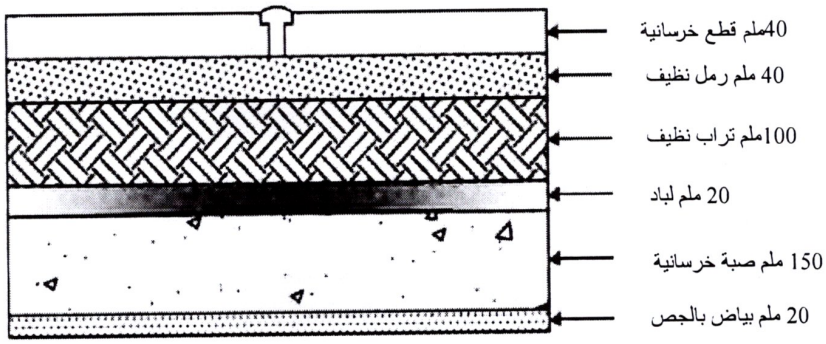
$U_T$=0.3752 $\mathbf{W/(m^2.K)}$

## ج-2 معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف

يُحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف المكونة من طبقات من مواد إنشائية مختلفة من سمك كل طبقة ومعامل موصليتها الحرارية المبين في الملحق ب، وكما مبين في المثالين التاليين:

**المثال(ج-1/2)**

سقف خرساني نهائي بدون إستعمال عازل حراري



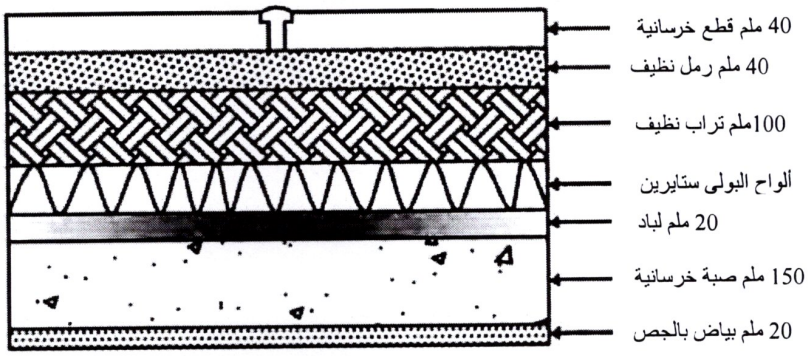

$$R_T = 0.13 + \frac{0.04}{0.85} + \frac{0.04}{0.24} + \frac{0.1}{0.25} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{0.15}{1.49} + \frac{0.02}{0.57} + 0.04$$

$$R_T = 1.1296\ \mathbf{m^2.K/W}$$

$$U_T = 0.885\ \mathbf{W/(m^2.K)}$$

**المثال(ج-2/2)**

سقف خرساني نهائي بإستعمال عازل حراري




عند إستعمال ألواح البولي ستايرين بسمك 25 ملم

$$R_T = 0.13 + \frac{0.04}{0.85} + \frac{0.04}{0.24} + \frac{0.1}{0.25} + \frac{0.025}{0.03} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{0.15}{1.49} + \frac{0.02}{0.57} + 0.04$$

$$R_T = 1.963 \quad \mathbf{m^2.K/W}$$
$$U_T = 0.509 \quad \mathbf{W/(m^2.K)}$$

عند إستعمال ألواح البولي ستايرين بسمك 50 ملم

$$R_T = 2.796 \ \mathbf{m^2.K/W}$$

$$U_T = 0.358 \ \mathbf{W/(m^2.K)}$$

# الملحق (د)
# أمثلة العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية

لتوضيح ما ورد بالباب التاسع حول العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية نقدم الأمثلة التالية:

**المثال د-1 العزل الحراري لمنظومة مجاري الهواء**

الشكل (د -1) يبين منظومة مجاري هواء تستعمل لأغراض التدفئة والتبريد في بناية تقع في مدينة بغداد. لغرض تحديد متطلبات العزل الحراري للمنظومة فقد قسمت إلى مقاطع بحسب الظروف التي يتعرض لها كل مقطع وكما يلي: -

**1- مجمعات الهواء والغلاف الخارجي لوحدة التدفئة أو التبريد**
**(Heating or Cooling Unit Casing and Plenums )**

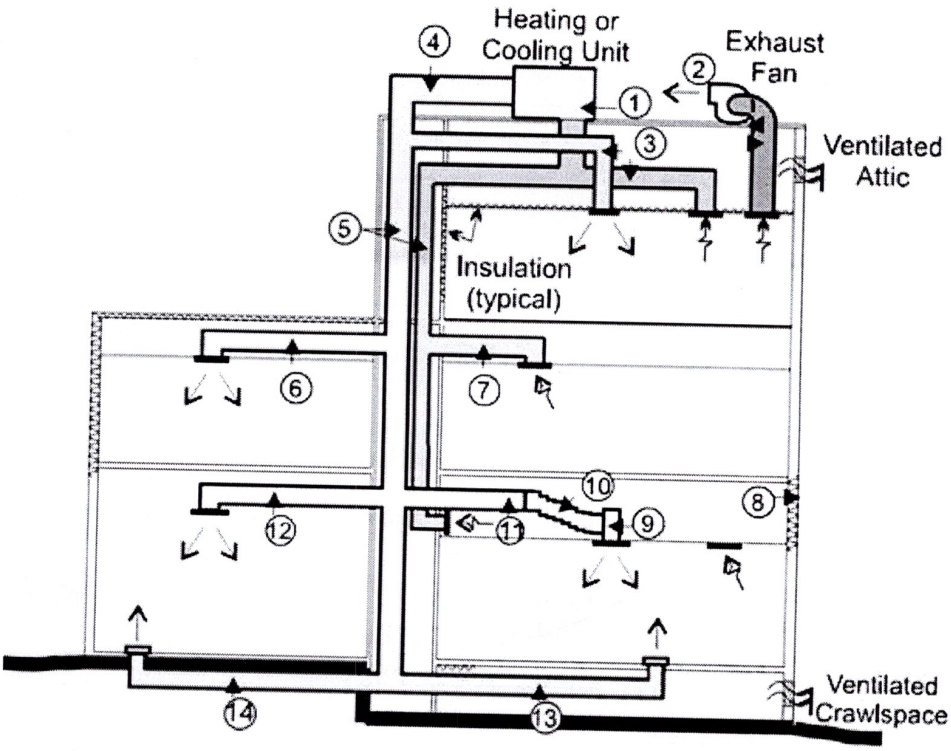
إذا كانت هذه الوحدات منفصلة ومصنعة على وفق القياسات والمعايير العالمية الخاصة بترشيد الطاقة بما فيها الغلاف الخارجي فلا تحتوي على تطبيقات عزل مجاري الهواء. أما إذا كانت خلاف ذلك فإن الغلاف الخارجي يجب أن يعزل كما لو كان مجرى هواء معرضا للظروف الخارجية.

**2- مجرى الهواء العادم (Exhaust Ductwork )**

لا تحتاج مجاري الهواء العادم إلى عزل حراري ،حيث أنها لم تذكر في كل من الجدولين 9-4/1 و 9-4/2، في جميع التطبيقات، لأن عزل مجاري الهواء العادم ليس له تأثير على الحمل الحراري للبناية.

**3- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز علوي بتهوية**
**(Supply and Return Duct in Vented Attic )**

يمرمجرى الهواء خلال حيز علوي (ذو سطح خارجي ) له تهوية إلى الخارج. إعتمادا على الجدول9-4/2 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والمار خلال هذا الحيز يتحقق عزله بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-1.06 $m^2.K/W$) . أما مجرى إرجاع الهواء المار خلال هكذا حيز فيعزل بطبقة مقاومتها (R-0.62) .




**الشكل د-1: مثال لشبكة مجاري هواء في منظومة تكييف**

1- الغلاف الخارجي لوحدة التكييف.

2- مجرى الهواء العادم.

3- تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز علوي بتهوية.

4- التجهيز خارج البناية.

5- التجهيز والإرجاع خلال النفق.

6- التجهيز خلال حيز علوي بدون تهوية.

7- الإرجاع خلال سقف ثانوي مكيف بصورة غير مباشرة.

8- جدار خارجي لمجمع إرجاع الهواء.

9- مخرج تجهيز خلال مجمع هواء.

10- مجرى تجهيز مرن خلال مجمع.

11- تجهيز هواء خلال مجمع.

12- تجهيز الهواء خلال حيز مكيف.

13- تجهيز خلال حيز أرضي مع تهوية.

14- تجهيز تحت الأرض وبدون تهوية.

**4- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خارج البناية**

**(Supply and Return Duct on Exterior of the Building)**

اعتمادا على الجدول 9-4/2 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والماء خارج البناية يُعزل بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-1.06) . أما مجرى إرجاع الهواء فيعزل بطبقة مقاومتها (R-0.62) .

**5- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز غير مكيف**

**(Supply and Return Duct in Unconditioned Space )**

النفق العمودي (Shaft) الموضح بالشكل هو حيز غير مكيف تكون جدرانه مع الحيز المكيف معزولة ومع الخارج غير معزولة. بحسب ما ذكر في الجدول 9-4/2 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والماء خلال هذا النفق يُعزل بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-0.62) . أما مجرى إرجاع الهواء فلا يحتاج لعازل.

**6- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز علوي بدون تهوية وسقفه معزول**

**(Supply and Return Duct in Unvented Attic with Roof Insulation)**

في هذه الحالة فإن مجرى الهواء يمر خلال حيز علوي بدون تهوية لكن سقفه معزول حراريا من الأعلى. بحسب ما ذكر في الجدول 9-4/2 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والماء خلال هذا الحيز يُعزل بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-0.62). أما مجرى إرجاع الهواء فلا يحتاج لعازل.

**7- مجاري إرجاع الهواء خلال حيز مكيف سقفه مكيف بصورة غير مباشرة**

**(Return Duct in Indirectly Conditioned Ceiling Space)**

مجرى الهواء في هذه الحالة يمر خلال سقف علوي غير معرض للظروف الخارجية مع وجود تكييف غير مباشر عبر السقف ومن حيز مكيف. لذلك بحسب الجدول فلا حاجة لعزل مجرى الهواء الراجع.

**8- الجدار الخارجي لمجمع الإرجاع (Exterior Wall of Return Plenum)**

في هذه الحالة فإن السقف الثانوي يستعمل كمجمع إرجاع (Return Plenum) لذلك فإن الجدران الخارجية لهذا الحيز هي عمليا تجعل الحالة وكأنها حالة مجرى إرجاع هواء معرض الخارج. لذا تتم المعالجة إما بعزل جزء الجدار المعرض للخارج أو اعتبار الحالة كأنها مجرى معرض للخارج ويتحقق عزله كما ذكر بالفقرة (4).

**9- مخرج هواء خلال مجمع إرجاع الهواء ( Supply Outlet in Return Plenum )**

مجمع الهواء المتصل بمخارج الهواء هو جزء من منظومة مجاري تجهيز الهواء لذلك يجب عزله كما تعزل مجاري تجهيز الهواء التي ستذكر في الفقرة (11).

**10- مجرى تجهيز هواء مرن خلال مجمع إرجاع (Supply Run-out in Return Plenum)**

إن هذا المجرى ولحد 3 أمتار (المسافة إلى مخارج الهواء أو إلى صناديق وحدات الهواء المتغير (VAV) فإنها تحتاج لعازل بمقاومة حرارية (R-0.62) . لذلك يمكن استعمال مجرى قياسي مرن (Standard Flexible Duct) مع عازل سمكه 1 انج حيث تكون مقاومته الحرارية (R-0.7). إن استعمال مجرى مرن مع عازل سمكه 2in عموماً غير متيسر دائماً.

**11- مجرى تجهيز هواء خلال مجمع إرجاع (Supply Ducts in Return Plenum )**

يعتبر مجمع إرجاع الهواء مكيفاً بصورة غير مباشرة بسبب التدفق الحجمي الكبير للهواء الراجع خلاله. يعزل مجرى الهواء المجهز خلال هذا الحيز بصورة مشابهه للحالة (6) حتى إذا كان سطحها معرضا للخارج، أي يكون عزلها بعازل مقاومته الحرارية (R-0.62) .

**12- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال الحيز المكيف**

**( Supply and Return Duct in Conditioned Space )**

إن مجاري تجهيز وإرجاع الهواء المارة خلال الحيز المكيف نفسه كما واضح بالشكل لا تحتاج إلى عزل حراري. لكن من وجهة نظر عملية فإن عزل مجرى تجهيز الهواء البارد يكون مطلوبا لمنع حدوث عملية التكثف خصوصا عندما يمر هذا المجرى بأماكن ذات رطوبة مرتفعة.

**13- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز أرضي مع تهوية**

**( Supply and Return Duct in Vented Crawl Space )**

الحيز الأرضي مع التهوية يعتبر حيزا غير مكيف ولذلك فإن مجاري الهواء المارة خلاله يكون عزلها على وفق الحالة (5).

**14- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء المارة تحت الأرض**

**( Supply and Return Duct Below Grade )**

مجاري هواء التجهيز المارة تحت الأرض يجب أن تعزل بعازل مقاومته الحرارية (R-0.62). أما مجرى إرجاع الهواء فلا يحتاج لعازل.

**<u>المثال د-2</u> العزل الحراري لمنظومة أنابيب الماء**

مطلوب عزل أنبوب فولاذي (Steel pipe) لتجهيز ماء مثلج قطره (10 in) ويمر خارج البناية. درجة الحرارة التصميمية للماء المثلج (6.7 °C-12.2 °C)، والعازل المطلوب استعماله من نوع الخلايا الزجاجية (Cellular Glass) حيث يفضل هذا النوع من العوازل للاستعمال الخارجي كونه متينا ولا يمتص الماء كما هو الحال بالنسبة لليف أو الصوف الزجاجي (Fiberglass). يراد معرفة سمك العازل المطلوب لهذا الأنبوب.

من الجهة المصنعة للعازل المطلوب يمكننا معرفة الموصلية الحرارية له وهي (k=0.047 W/m.K) عند متوسط درجة حرارة قدرها (23.9 °C). إن قيمة الموصلية هذه هي أعلى وخارج حدود الموصلية الحرارية المذكورة بالجدول 9-1/3 والمناظرة لنفس معدل درجة حرارة الماء المار بالأنبوب، حيث كانت (0.032-0.04 W/m.K)، لذا فإن سمك العازل المطلوب سيحسب من المعادلة (9-1/3) كما يلي:

$$T = r\left[\left(1+\frac{t}{r}\right)^{K/k} - 1\right]$$

$$T = 13.65\left[\left(1+\frac{2.5}{13.65}\right)^{0.047/0.04} - 1\right]$$

$$T = 3 \text{ cm}$$

$T$ = أقل سمك مطلوب للعازل الحراري ( سم).

$r$ = نصف القطر الخارجي الفعلي للأنبوب ويساوي (13.65 سم).

$t$ = سمك العازل المطلوب ويؤخذ من الجدول 9-1/3 ويساوي ( 2.5 سم) للحالة المعطاة.

$K$ = الموصلية الحرارية للعازل البديل وهي (k=0.047 W/m.K) وتؤخذ من الجهة المصنعة.

$k$ = أعلى قيمة موصلية حرارية للعازل من الجدول 9-1/3 بحسب معدل درجة حرارة المائع وللحالة المعطاة كانت قيمتها (k=0.040 W/m.K).

إن أقرب أكبر سمك قياسي للعازل البديل يكون اختياره هو(1.5 in أو 2 in) أي (3.75سم أو5سم )