جامعة تشرين كلية الهندسة الثقنية 2015

مشروع تدفئة منزل سكني في مدينة حلب و تكييف إحدى غرفه

إعداد الطالب محمد عبد الله الحسن العلي

إشراف الدكتور حسن علي و المهندسة راما الشيخ

تدفئة منزل سكني في مدينة
حلب و تكييف إحدى غرفه

التقديم Presentation

أعدّت هذه الدراسة لنيل درجة مشروع التدفئة و التكييف في هندسة المعدات و الآليات

الدكتور المهندس حسن علي

•الأستاذ في قسم هندسة المعدات و الآليات بكلية الهندسة التقنية

إليكم دراسة بعنوان تدفئة منزل سكني في مدينة حلب و تكييف إحدى غرفه في مقرر التدفئة و التبريد

إعداد

محمد عبد الله الحسن العلي

طالب سنة خامسة هندسة معدات و آليات

إشراف

المهندسة راما يوسف الشيخ

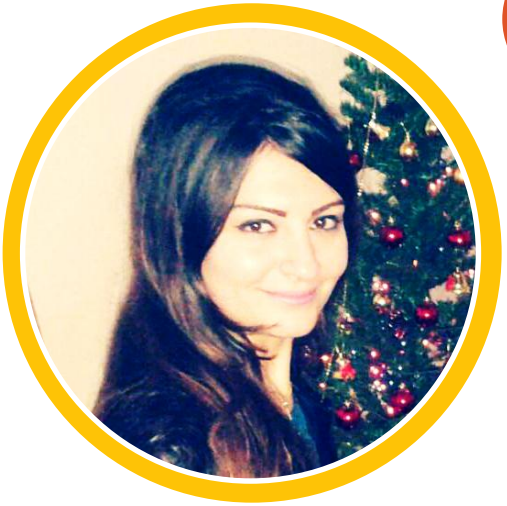
قائمة بالأعمال في هندسة المعدات و الأليات

كلمة Word

المهندسة راما الشيخ

ماجستير في هندسة الطاقة الشمسية

قائمة بالأعمال في هندسة المعدات و الآليات



المهندسة راما الشيخ بقلم تلميذها محمد الحسن العلي

بلسان الحال أقول ، أريد أن ابتدئ كلامي عن آنستي بأصدق العبارات ، و أن افتتح حديثي عنها بأسمى المفردات . فهي التي دخلت علم الهندسة برغبة منها مفعمة بالأمل و إصرار مليء بالإيثار لا مثيل له . اختارت الميكانيك و هنا الحديث ، و من هنا انطلقت مسيرة الإبداع التي لا و لم و لن تقف ؛ لتلبث فيه أيامٍ طوال اتسمت بجدية طلب العلم و حقيقة التعلم ، و ليالٍ خيم عليها هدوء التأمل مرة و هيجان الفكر ما بين الفينة و الأخرى ، لترتقي بعدها الدرجات بثبات ، و حصولها على الماجستير بدرجة الامتياز و لما لا !

آنستي المهندسة راما ... لم نسعد آناً في سنين الجامعة القلائل إلا في درسك ، و لم تغمرنا الفرحة حيناً إلا عند الإصغاء إلى همسات ملاحظاتك و دقة معلوماتك ، و لم تصبنا الدهشة تارةً إلا اعترافاً طوعاً لا كراهيةً و حباً لا زوراً بسعة رؤاك و منتهى حلولك ، و لم نعجب أيما عجب إلا لغزارة علمك فينا و سر حلمك علينا و روعة تعاملك معنا .

معلمتي المدرسة راما ... تفانيت في تقديم المعلومة الصحيحة إلى تلاميذك و دقة الملحوظة السليمة إلى طلابك ، بعد أن سهرت ليال و ليال في سبيل تطوير المفاهيم الأساسية و استحسان أفضل الطرق العلمية و البرامج الهندسية و الغوص في أمهات المراجع العالمية " العربية منها و الأجنبية " للوقوف لحظة بلحظة مع مستجدات العلم الهندسي و ما تعصف به من رياح التغيرات العصرية و تيارات الثورة الهندسية . فكنت بحق من أمناء هذه العلم و من رواد النهضة الحالية و من أبرز المهندسين في كليتنا .

لن أقول شكراً لأن الشكر منك خجل بل أودّ أن ألفت نظر الجميع إلى آنستي الفاضلة ذات العقل الراجح و النبع الوافر و الخلق الرفيع و التعامل السامي و الأدب المتكامل و البهاء الباهر ، و الشكر يتجدد و لا ينقطع لمهندستي و مدرستي الرائعة راما الشيخ .

كلمة Word

الدكتور حسن علي

دكتوراه في ألمانيا 1989

الأستاذ في هندسة المعدات و الآليات

الدكتور حسن علي بقلم تلميذه محمد الحسن العلي

سمعت بالعلماء و تمنيت أن ألتقي بهم ، و عندما رأيت الدكتور حسن أيقنت بأني أقف أمام عالمٍ علمْ تجلت فيه هيبة العلماء و نظرة الخبراء و تواضع الأتقياء و سكوت الحكماء و طلاقة الفصحاء و رقي جليّ و ضياء .

دكتوري و مدرسي القدير حسن ... درس في الشهباء حباً و نال فيها الأسبقية عن جدارة و استحقاق ، فقضى في ربوعها أجمل أيام الدراسة و أسعد لحظات التميز و الريادة ، و انتهى مشواره في حلب حقاً و لكن لم تنته مسيرة العلم بعد ! فكانت نقطة البداية نحو الارتقاء و العلياء بنبأ الايفاد إلى بلد الدقة الإتقان و لن أتوارى بالقول إنها بلد الألمان و الانتظام ، فأمضى فيها عدة سنوات بين البحث و التحقيق ليتوج جهوده البناءة و أفكاره النيرة بشهادة الدكتوراه لينضم بذلك إلى نجوم البلد الحبيب و علماء الوطن العظيم ، و أنهى بذلك الشق الأول من عمره في طلب العلم و نعمّا المسيرة المشرفه هي .

معلمي و أستاذي الغالي حسن ... تخرج على يديك أجيال كاملة و أبطال متعاقبة ، و ها نحن نلحق برافقنا لنتشرف بالتتلمذ في مدرستك و النهل من معينك و الغرف من بحرك الذي لا ينضب و لا يجف . و لي معك وقفات لأقول كلاماً ثبته التاريخ بسجلاته مفاده أنك أبدعت في التأليف بمضمار الهندسة في شقها الميكانيكي ، فكانت كتبك العلمية بآخر الطبعات و أدق الرسومات و أوضح المفردات و أجمل التنسيقات التي تأخذ لباب العقل غالباً و تثير الدهشة حيناً و تهوى إليها الأفئدة تارة أخرى .

أخيراً أقول بإنك مما يمكن وصفهم بمصابيح العلم مرةً أو براكين المعرفة تارة أخرى الذين تبوؤا شرف التدريس عن جدارة و استحقاق و نالوا مهمة صناعة الأجيال عن عزيمة و اقتدار ، نعم و ألف نعم ! إنه دكتوري العزيز حسن .

الشكر Thanksgiving

الدكتور محمد محمد

الأستاذ المساعد في كلية الهندسة التقنية بجامعة تشرين

شكراً للدكتور محمد على دعمه الثمين لهذا المشروع المتواضع و متابعة سيره من حين لآخر حتى إنجازه و تقديم نصائحه الدقيقة بعد الاطلاع عليه

الدكتورة ابتسام سنو

المدرسة في كلية الهندسة المعمارية بجامعة حلب

شكراً للدكتورة ابتسام على ملاحظاتها القيمة و أفكارها المتنوعة و خبرتها المتميزة و اهتمامها بهذا العمل المتواضع و إبداء رأيها فيه و الثناء عليه

إعداد طويلب العلم

محمد عبد الله الحسن العلي

الفصل

1

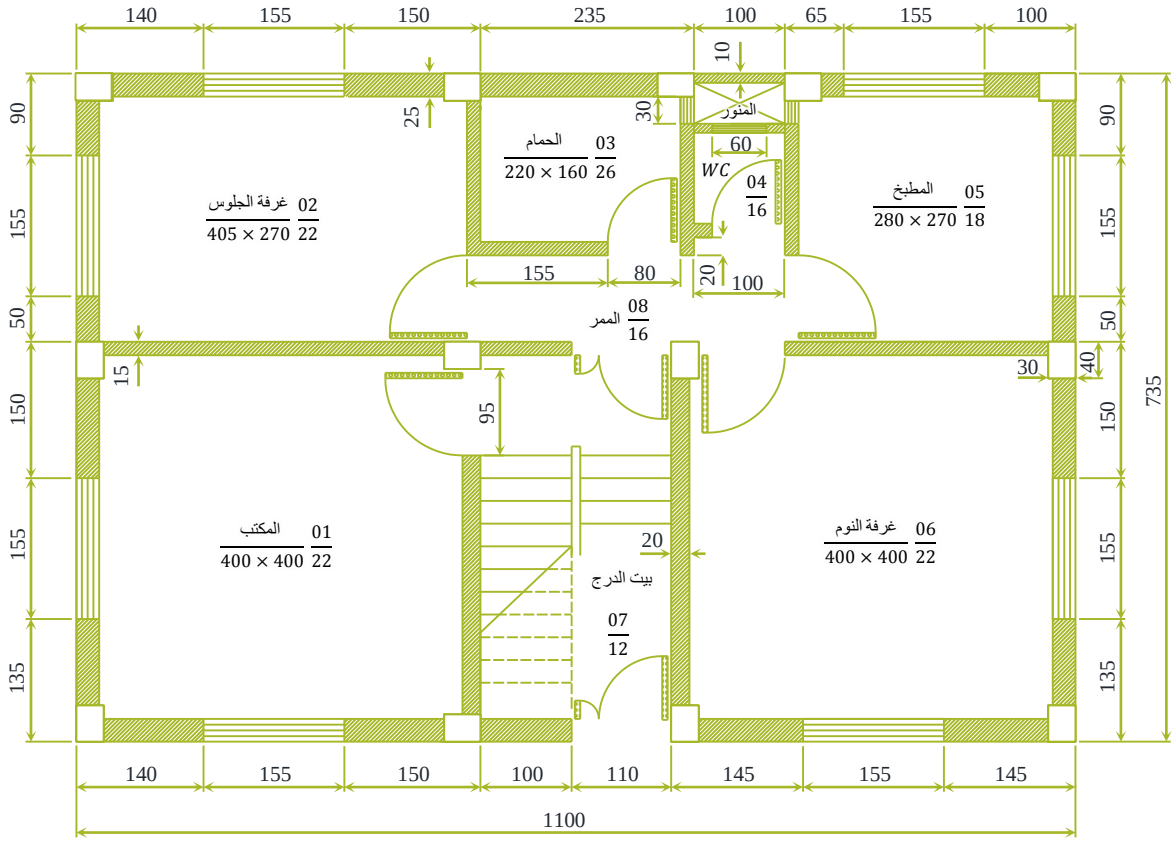
مشروع تدفئة منزل سكني في مدينة حلب

Residential home heating project in the city of Aleppo

نص المشروع *Text Project*

مطلـــوب تمديد شبكة تدفئـــة مركزيـــة بمشعات بالماء الساخن لمبنى سكني يقع في مدينة حلب (درجة الحرارة الخارجية $T_o = -2\ C°$) تقع في الطابق الأرضي حيث يوجد في الأسفل قبو و على امتداد المنزل ، أما غرفة الميكانيك (المراجل) فهي تقع تحت الحمام و الممر فقط ، مع تزويد الشقة بأسطوانة الماء الساخن .

مخطط المنزل *Home Floor Plan*



حساب عوامل انتقال الحرارة الاجمالية للمنزل

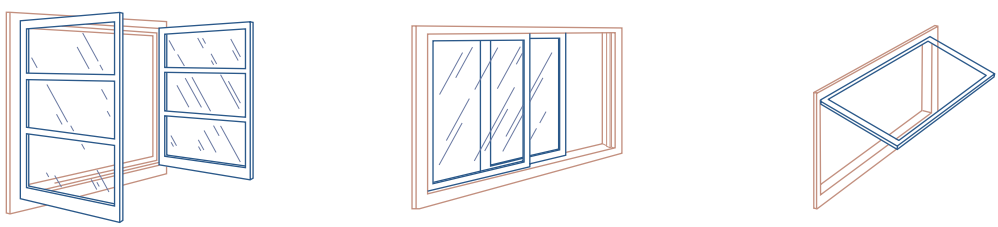
يعطى معامل انتقال الحرارة الكلي بالنسبة للجدران الخارجية و الداخلية ، و السَقف ، و الأرضية ذوات السطوح المستوية بالعلاقة :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_o} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{c_a} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad [W/m^2.℃]$$

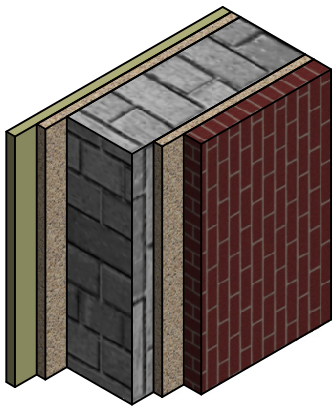
حيث :

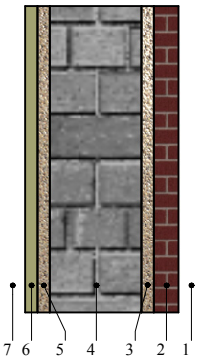
- α = عامل الانتقال الحراري بالحمل لأسطح الحاجز ، $[W/m^2.℃]$.
- λ = عامل التوصيل الحراري لطبقات مواد الحاجز ، $[W/m.℃]$.
- δ = سماكة طبقات الحاجز $[cm]$.
- c_a = عامل انتقال الحرارة الإجمالي للفراغ الهوائي الساكن ضمن الحاجز ، $[W/m^2.℃]$.

أمّا بالنسبة للأبواب سواء أكانت الداخلية أم الخارجية ، أو النوافذ بشقيها الداخلي و الخارجي أيضاً ، فيؤخذ عامل انتقال الحرارة لها مباشرة من جداول قياسية اعتماداً على بارامترات معينة كالمواد الداخلة في تركيبها و الشكل .



الجدران الخارجية للمنزل *Exterior Walls of Home*





التركيب	عامل الانتقال الحراري
.1 سطح خارجي	$\alpha_o = 34\ [W/m^2.°C]$
.2 حجر كلسي $(4\ cm)$	$\lambda_1 = 1{,}746\ [W/m.°C]$
.3 مونة إسمنتية $(2\ cm)$	$\lambda_2 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.4 بلوك إسمنتي مليء $(15\ cm)$	$\lambda_3 = 1{,}163\ [W/m.°C]$
.5 مونة إسمنتية $(2\ cm)$	$\lambda_4 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.6 توريقة كلسية $(2\ cm)$	$\lambda_5 = 0{,}87\ [W/m.°C]$
.7 سطح داخلي	$\alpha_i = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$

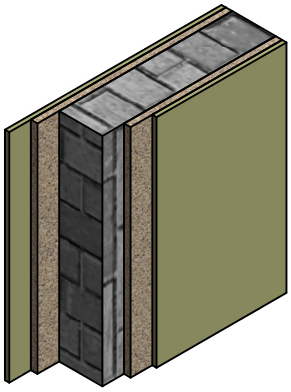
نحسب عامل انتقال الحرارة الكلي للجدران الخارجية للمنزل :

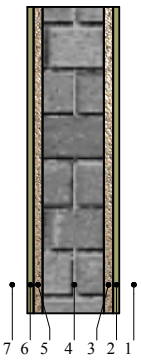
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_o} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_i}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{34} + \frac{0{,}04}{1{,}746} + \frac{0{,}02}{1{,}395} + \frac{0{,}15}{1{,}163} + \frac{0{,}02}{1{,}395} + \frac{0{,}02}{0{,}87} + \frac{1}{8{,}29}}$$

$$U = 2{,}828\ [W/m^2.°C]$$

الجدران الداخلية للمنزل *Interior Walls of Home*





التركيب	عامل الانتقال الحراري
.1 سطح داخلي	$\alpha_{i1} = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$
.2 توريقة كلسية $(1\ cm)$	$\lambda_1 = 0{,}87\ [W/m.°C]$
.3 مونة إسمنتية $(1{,}5\ cm)$	$\lambda_2 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.4 بلوك إسمنتي مليء $(10\ cm)$	$\lambda_3 = 1{,}163\ [W/m.°C]$
.5 مونة إسمنتية $(1{,}5\ cm)$	$\lambda_4 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.6 توريقة كلسية $(1\ cm)$	$\lambda_5 = 0{,}87\ [W/m.°C]$
.7 سطح داخلي	$\alpha_{i2} = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$

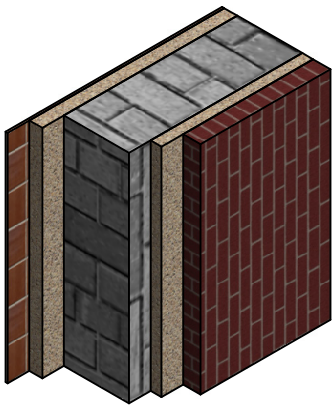
نحسب عامل انتقال الحرارة الكلي للجدران الداخلية للمنزل :

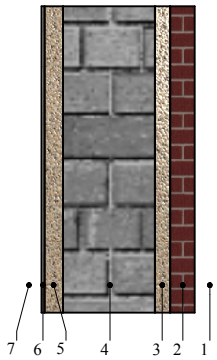
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{i1}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{i2}}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8{,}29} + \frac{0{,}01}{0{,}87} + \frac{0{,}015}{1{,}395} + \frac{0{,}1}{1{,}163} + \frac{0{,}015}{1{,}395} + \frac{0{,}01}{0{,}87} + \frac{1}{8{,}29}}$$

$$U = 2{,}690\ [W/m^2.°C]$$

الجـدران الخارجية للمطبخ و الحمام *Exterior Wallsof Kitchen and Bathroom*





التركيب	عامل الانتقال الحراري
.1 سطح خارجي	$\alpha_o = 34\ [W/m^2.°C]$
.2 حجر كلسي $(4\ cm)$	$\lambda_1 = 1{,}746\ [W/m.°C]$
.3 مونة إسمنتية $(2{,}5\ cm)$	$\lambda_2 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.4 بلوك إسمنتي مليء $(15\ cm)$	$\lambda_3 = 1{,}163\ [W/m.°C]$
.5 مونة إسمنتية $(3\ cm)$	$\lambda_4 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.6 سيراميك $(0{,}5\ cm)$	$\lambda_5 = 0{,}767\ [W/m.°C]$
.7 سطح داخلي	$\alpha_i = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$

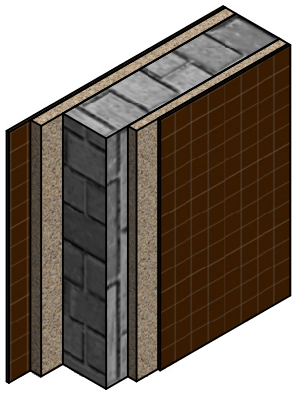
نحسب عامل انتقال الحرارة الكلي للجدران الخارجية للمطبخ :

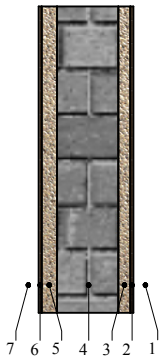
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_o} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_i}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{34} + \frac{0{,}04}{1{,}746} + \frac{0{,}025}{1{,}395} + \frac{0{,}15}{1{,}163} + \frac{0{,}03}{1{,}395} + \frac{0{,}005}{0{,}767} + \frac{1}{8{,}29}}$$

$$U = 2{,}875\ [W/m^2.°C]$$

الجـدران الداخلية للمطبخ و الحمام *Interior Walls of Kitchen and Bathroom*





التركيب	عامل الانتقال الحراري
.1 سطح داخلي	$\alpha_{i1} = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$
.2 سيراميك $(0{,}5\ cm)$	$\lambda_1 = 0{,}767\ [W/m.°C]$
.3 مونة إسمنتية $(2\ cm)$	$\lambda_2 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.4 بلوك إسمنتي مليء $(10\ cm)$	$\lambda_3 = 1{,}163\ [W/m.°C]$
.5 مونة إسمنتية $(2{,}5\ cm)$	$\lambda_4 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.6 سيراميك $(0{,}5\ cm)$	$\lambda_5 = 0{,}767\ [W/m.°C]$
.7 سطح داخلي	$\alpha_{i2} = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$

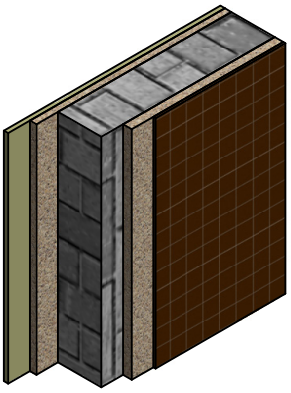
نحسب عامل انتقال الحرارة الكلي للجدران الداخلية للمطبخ و الحمام :

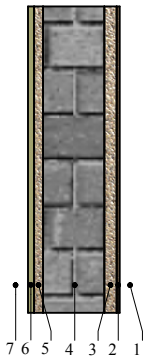
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{i1}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{i2}}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8{,}29} + \frac{0{,}005}{0{,}767} + \frac{0{,}02}{1{,}395} + \frac{0{,}1}{1{,}163} + \frac{0{,}025}{1{,}395} + \frac{0{,}005}{0{,}767} + \frac{1}{8{,}29}}$$

$$U = 2{,}684\ [W/m^2.°C]$$

الجـدران الداخلية للمطبخ و الحمام مع الغرف *Interior Walls of Kitchen & Bathroom with rooms*





التركيب	عامل الانتقال الحراري
.1 سطح داخلي	$\alpha_{i1} = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$
.2 سيراميك $(0{,}5\ cm)$	$\lambda_1 = 0{,}767\ [W/m.°C]$
.3 مونة إسمنتية $(2\ cm)$	$\lambda_2 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.4 بلوك إسمنتي مليء $(10\ cm)$	$\lambda_3 = 1{,}163\ [W/m.°C]$
.5 مونة إسمنتية $(1{,}5\ cm)$	$\lambda_4 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.6 توريقة كلسية $(1\ cm)$	$\lambda_5 = 0{,}87\ [W/m.°C]$
.7 سطح داخلي	$\alpha_{i2} = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$

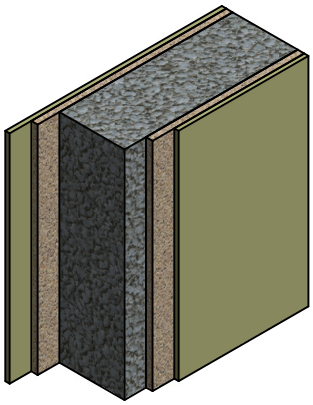
نحسب عامل انتقال الحرارة الكلي للجدران الداخلية للحمام مع الغرف :

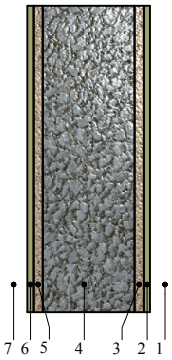
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{i1}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{i2}}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8{,}29} + \frac{0{,}005}{0{,}767} + \frac{0{,}02}{1{,}395} + \frac{0{,}1}{1{,}163} + \frac{0{,}015}{1{,}395} + \frac{0{,}01}{0{,}87} + \frac{1}{8{,}29}}$$

$$U = 2{,}700\ [W/m^2.°C]$$

جـدران بيت الدرج و المنور *Walls of Staircase & almanor*





التركيب	عامل الانتقال الحراري
.1 سطح داخلي	$\alpha_{i1} = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$
.2 توريقة كلسية $(1\ cm)$	$\lambda_1 = 0{,}87\ [W/m.°C]$
.3 مونة إسمنتية $(1{,}5\ cm)$	$\lambda_2 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.4 بيتون مسلح $(15\ cm)$	$\lambda_3 = 1{,}745\ [W/m.°C]$
.5 مونة إسمنتية $(1{,}5\ cm)$	$\lambda_4 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.6 توريقة كلسية $(1\ cm)$	$\lambda_5 = 0{,}87\ [W/m.°C]$
.7 سطح داخلي	$\alpha_{i2} = 8{,}29\ [W/m^2.°C]$

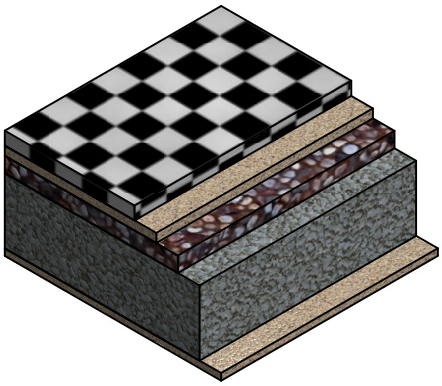
نحسب عامل انتقال الحرارة الكلي لجدران بيت الدرج :

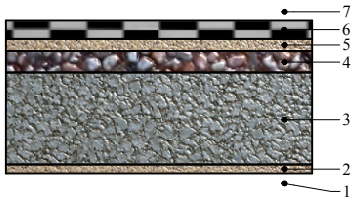
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{i1}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{i2}}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8{,}29} + \frac{0{,}01}{0{,}87} + \frac{0{,}015}{1{,}395} + \frac{0{,}15}{1{,}745} + \frac{0{,}015}{1{,}395} + \frac{0{,}01}{0{,}87} + \frac{1}{8{,}29}}$$

$$U = 2{,}690\ [W/m^2.°C]$$

أرضية المنزل *Floor of Home*





التركيب	عامل الانتقال الحراري
.1 سطح داخلي	$\alpha_{i1} = 6{,}13\ [W/m^2.°C]$
.2 مونة إسمنتية $(1{,}5\ cm)$	$\lambda_1 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.3 بيتون مسلح $(15\ cm)$	$\lambda_2 = 1{,}745\ [W/m.°C]$
.4 رمل و بحص ناشف $(3{,}5\ cm)$	$\lambda_3 = 0{,}812\ [W/m.°C]$
.5 مونة إسمنتية $(2\ cm)$	$\lambda_4 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.6 بلاط $(3\ cm)$	$\lambda_5 = 1{,}392\ [W/m.°C]$
.7 سطح داخلي	$\alpha_{i2} = 6{,}13\ [W/m^2.°C]$

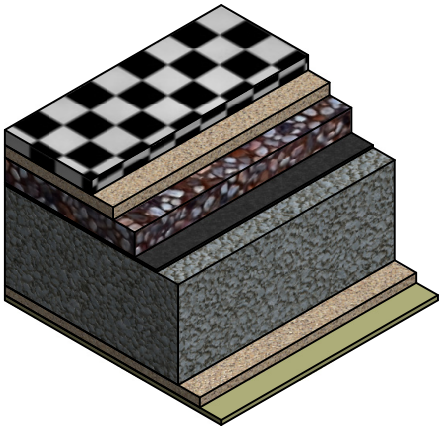
نحسب عامل انتقال الحرارة الكلي لأرضية المنزل :

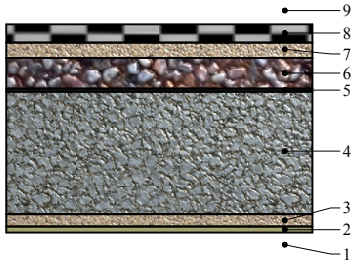
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{i1}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{i2}}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{6{,}13} + \frac{0{,}015}{1{,}395} + \frac{0{,}15}{1{,}745} + \frac{0{,}035}{0{,}812} + \frac{0{,}02}{1{,}395} + \frac{0{,}03}{1{,}392} + \frac{1}{6{,}13}}$$

$$U = 1{,}992\ [W/m^2.°C]$$

سقف المنزل *Roof of Home*





التركيب	عامل الانتقال الحراري
.1 سطح داخلي	$\alpha_i = 9{,}26\ [W/m^2.°C]$
.2 توريقة كلسية $(1\ cm)$	$\lambda_1 = 0{,}87\ [W/m.°C]$
.3 مونة إسمنتية $(2\ cm)$	$\lambda_2 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.4 بيتون مسلح $(20\ cm)$	$\lambda_3 = 1{,}745\ [W/m.°C]$
.5 إسفلت $(0{,}5\ cm)$	$\lambda_4 = 0{,}7\ [W/m.°C]$
.6 رمل و بحص ناشف $(5\ cm)$	$\lambda_5 = 0{,}812\ [W/m.°C]$
.7 مونة إسمنتية $(2{,}5\ cm)$	$\lambda_6 = 1{,}395\ [W/m.°C]$
.8 بلاط $(3\ cm)$	$\lambda_7 = 1{,}392\ [W/m.°C]$
.9 سطح خارجي	$\alpha_o = 34\ [W/m^2.°C]$

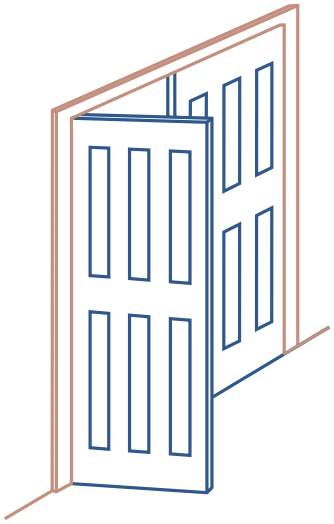
نحسب عامل انتقال الحرارة الكلي لسقف المنزل :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} + \frac{\delta_7}{\lambda_7} + \frac{1}{\alpha_o}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9{,}26} + \frac{0{,}01}{0{,}87} + \frac{0{,}02}{1{,}395} + \frac{0{,}2}{1{,}745} + \frac{0{,}005}{0{,}7} + \frac{0{,}05}{0{,}812} + \frac{0{,}025}{1{,}395} + \frac{0{,}03}{1{,}392} + \frac{1}{34}}$$

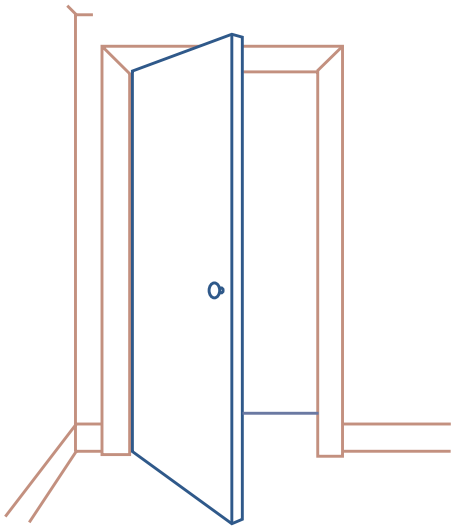
$$U = 2{,}590\ [W/m^2.°C]$$

الباب الخارجي *Exterior Door*



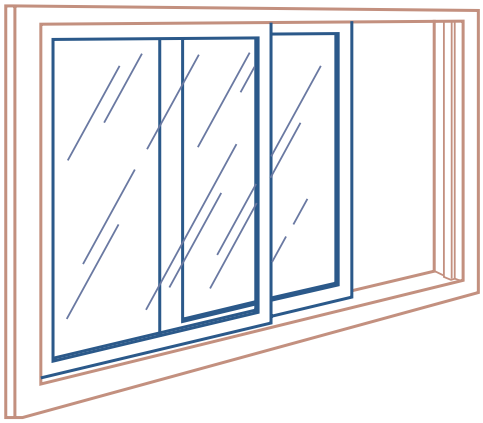
نوع الباب	عامل الانتقال الحراري
خارجي مصنوع من المعدن	$U = 6{,}38\ [W/m^2.\text{°C}]$

الأبواب الداخلية *Interior Doors*



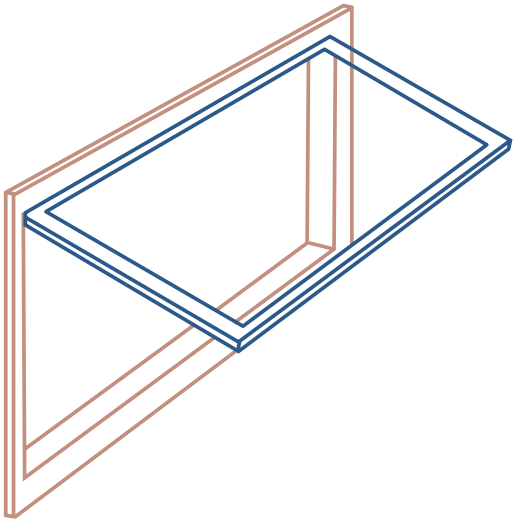
نوع الباب	عامل الانتقال الحراري
داخلي مصنوع من الخشب العادي بسماكة $(4\ mm)$	$U = 2{,}2\ [W/m^2.\text{°C}]$

النوافذ الخارجية *Exterior Windows*



نوع النافذة	عامل الانتقال الحراري
خارجية مصنوعة من الألمنيوم (الزجاج عادي)	$U = 7{,}07\ [W/m^2.°C]$

النوافذ الداخلية *Interior Windows*



نوع النافذة	عامل الانتقال الحراري
داخلية مصنوعة من الخشب	$U = 3{,}5\ [W/m^2.°C]$

حساب الأحمال الحرارية *Heating Load Calculations*

لكي يقوم نظام التدفئة للمنزل بوظيفته على أكمل وجه يجب أن يكون قادراً على تعويض المكان المراد تدفئته عن الضـياعات الحرارية الإجمالية (Q_{tot}) ، و تصـاغ الأحمال (الضـياعات) الحرارية الإجمالية وفق العلاقة التالية :

$$Q_{tot} = \sum Q_t + Q_v + Q_o \quad [W]$$

✍ حيث أن الحمل الحراري (Q_t) الناتج عن الانتقال الحراري عبر الحاجز يحسب من العلاقة :

$$Q_t = U.A.\Delta t \quad [W]$$

حيث :

U = عامل الانتقال الحرارة الإجمالي لحاجز مستوي ، $[W/m^2.°C]$.

A = المساحة الصافية لسطح الحاجز ، $[m^2]$.

Δt = الفرق بين درجات الحرارة التصميمية الداخلية و الخارجية ، $\Delta t = t_i - t_o$ $[°C]$.

✍ أمّا الحمل الحراري (Q_v) الناتج عن التسـرب و التهوية فيحسـب عند درجة حرارة الهواء الخارجية التصـميمة $(-2\ °C)$ من العلاقة التالية :

$$Q_v = 0{,}36.n.v.\Delta t \quad [W]$$

حيث :

n = عامل التهوية ، $[1/h]$.

v = حجم المكان المدفأ ، $[m^3]$.

✍ و الحمل الحراري (Q_v) الناتج عن الإضافات الخاصة فيحسب من العلاقة التالية :

$$Q_o = (Z_o + Z + Z_1 + Z_2)\sum Q_t \quad [W]$$

حيث :

Z_o = عامل الاتجاه الجغرافي ، $[\%]$.

Z_1 = عامل ارتفاع السقف عن الأرضية ، $[\%]$.

Z_2 = عامل ارتفاع السقف للطابق الواحد ، $[\%]$.

Z = عامل حسب نوع التدفئة و العامل (D) ، $[\%]$. و يحسب العامل (D) من العلاقة :

$$D = \frac{\sum Q_t}{1{,}163.A_{tot}.\Delta t} \quad [W/m^2.°C]$$

✓ علماً أن A_{tot} = مساحة جميع الجدران و الأسطح ، $[m^2]$.

لوحة حساب الأحمال الحرارية لغرفة الدراسة (المكتب) $\frac{01}{22}$ عند درجة حرارة خارجية $(-2℃)$

حساب أحمال الحواجز										
الحاجز *structure*	الاتجاه *Direction*	العدد *No. Off*	الأبعاد *Dimensions*			المساحة *Area*		عامل انتقال الحرارة الإجمالي $U\ [W/m^2.℃]$	فرق درجات الحرارة $\Delta t\ [℃]$	الحمل الحراري $Q_t\ [W]$	مجموع الأحمال الحرارية $\sum Q_t\ [W]$
			الطول $Length\ [m]$	الارتفاع $High\ [m]$	العرض $Wide\ [m]$	القائمة $Gross\ [m^2]$	الصافية $Net\ [m^2]$				
نافذة خارجية ***Ex.wind***	S	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	24	329	4039
جدار خارجي ***Ex.wall***	S	1	4	3,5	-	14	12,0625	2,828	24	819	
نافذة خارجية ***Ex.wind***	W	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	24	329	
جدار خارجي ***Ex.wall***	W	1	4	3,5	-	14	12,0625	2,828	24	819	
جدار داخلي ***In.wall***	N	1	4	3,5	-	14	14	2,69	0	0	
باب داخلي ***In.door***	E	1	0,95	2	-	1,9	1,9	2,2	10	42	
جدار داخلي ***In.wall***	E	1	4	3,5	-	14	12,1	2,69	10	325	
سقف ***roof***	-	1	4	-	4	16	16	2,59	24	995	
أرضية ***floor***	-	1	4	-	4	16	16	1,992	12	382	

حساب أحمال التسرب و التهوية		حساب أحمال الإضافات	
عامل التهوية $n\ [1/h]$	1,5	عامل الاتجاه الجغرافي $Z_o\ [\%]$	0
طول الغرفة $l\ [m]$	4	مساحة جميع الجدران و الأسطح $A_{tot}\ [m^2]$	88
عرض الغرفة $w\ [m]$	4	العامل $(D)\ [W/m^2.℃]$	1,7
ارتفاع الغرفة $h\ [m]$	3,5	عامل حسب نوع التدفئة و العامل $(D)\ Z\ [\%]$	15
حجم الغرفة $v = l.w.h\ [m^3]$	56	عامل ارتفاع السقف عن الأرضية $Z_1\ [\%]$	0
فرق درجات الحرارة $\Delta t = t_i - t_o\ [℃]$	24	عامل ارتفاع السقف للطابق الواحد $Z_2\ [\%]$	0
أحمال التسرب و التهوية $Q_v\ [W]$	726	أحمال الإضافات الخاصة $Q_o\ [W]$	606

الأحمال الحرارية الإجمالية $Q_{tot} = 5371\ [W]$

لوحة حساب الأحمال الحرارية لغرفة الجلوس $\frac{02}{22}$ عند درجة حرارة خارجية $(-2℃)$

حساب أحمال الحواجز											
الحاجز *structure*	الاتجاه *Direction*	العدد *No.Off*	الأبعاد *Dimensions*			المساحة *Area*		عامل انتقال الحرارة الإجمالي $U\ [W/m^2.℃]$	فرق درجات الحرارة $\Delta t\ [℃]$	الحمل الحراري $Q_t\ [W]$	مجموع الأحمال الحرارية $\sum Q_t\ [W]$
			الطول $Length\ [m]$	الارتفاع $High\ [m]$	العرض $Wide\ [m]$	القائمة $Gross\ [m^2]$	الصافية $Net\ [m^2]$				
جدار داخلي ***In.wall***	*S*	1	4,05	3,5	-	14,175	14,175	2,69	0	0	3009
نافذة خارجية ***Ex.wind***	*W*	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	24	329	
جدار خارجي ***Ex.wall***	*W*	1	2,7	3,5	-	9,45	7,5125	2,828	24	510	
نافذة خارجية ***Ex.wind***	*N*	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	24	329	
جدار خارجي ***Ex.wall***	*N*	1	4,05	3,5	-	14,175	12,2375	2,828	24	831	
باب داخلي ***In.door***	*E*	1	0,95	2	-	1,9	1,9	2,2	6	25	
جدار داخلي (سقيفة)	*E*	1	1,75	1,25	-	2,1875	2,1875	2,69	12	71	
جدار داخلي (ممر)	*E*	1	0,95	1,25	-	1,1875	1,1875	2,69	6	19	
جدار داخلي (حمام)	*E*	1	2,7	3,5	-	9,45	4,175	2,7	-4	-45	
سقف ***roof***	-	1	4,05	-	2,7	10,935	10,935	2,59	24	680	
أرضية ***floor***	-	1	4,05	-	2,7	10,935	10,935	1,992	12	261	

حساب أحمال التسرب و التهوية		حساب أحمال الإضافات	
عامل التهوية $n\ [1/h]$	1,5	عامل الاتجاه الجغرافي $Z_o\ [\%]$	10
طول الغرفة $l\ [m]$	4,05	مساحة جميع الجدران و الأسطح $A_{tot}\ [m^2]$	69,12
عرض الغرفة $w\ [m]$	2,7	العامل $(D)\ [W/m^2.℃]$	1,6
ارتفاع الغرفة $h\ [m]$	3,5	عامل حسب نوع التدفئة و العامل $(D)\ Z\ [\%]$	15
حجم الغرفة $v = l.w.h\ [m^3]$	38,27	عامل ارتفاع السقف عن الأرضية $Z_1\ [\%]$	0
فرق درجات الحرارة $\Delta t = t_i - t_o\ [℃]$	24	عامل ارتفاع السقف للطابق الواحد $Z_2\ [\%]$	0
أحمال التسرب و التهوية $Q_v\ [W]$	496	أحمال الإضافات الخاصة $Q_o\ [W]$	752

الأحمال الحرارية الإجمالية $Q_{tot} = 4257\ [W]$

لوحة حساب الأحمال الحرارية للحمام $\frac{03}{26}$ عند درجة حرارة خارجية $(-2℃)$

حساب أحمال الحواجز										
الحاجز *structure*	الاتجاه *Direction*	العدد *No.Off*	الأبعاد *Dimensions*			المساحة *Area*		عامل انتقال الحرارة الإجمالي $U\ [W/m^2.℃]$	فرق درجات الحرارة $\Delta t\ [℃]$	الحمل الحراري $Q_t\ [W]$	مجموع الأحمال الحرارية $\Sigma Q_t\ [W]$
			الطول $Length\ [m]$	الارتفاع $High\ [m]$	العرض $Wide\ [m]$	القائمة $Gross\ [m^2]$	الصافية $Net\ [m^2]$				
باب داخلي ***In.door***	S	1	0,8	2	-	1,6	1,6	2,2	10	35	860
جدار داخلي ***In.wall***	S	1	2,2	2,25	-	4,95	3,35	2,7	10	90	
جدار داخلي ***In.wall***	W	1	1,6	2,25	-	3,6	3,6	2,7	4	39	
جدار خارجي ***Ex.wall***	N	1	2,2	2,25	-	4,95	4,95	2,875	28	398	
نافذة داخلية ***In.wind***	E	1	0,3	0,3	-	0,09	0,09	3,5	16	5	
جدار داخلي (منور)	E	1	0,3	1,95	-	0,585	0,585	2,69	16	25	
جدار داخلي ***In.wall***	E	1	1,6	2,25	-	3,6	2,925	2,684	10	79	
سقف ***roof***	-	1	2,2	-	1,6	3,52	3,52	2,59	16	146	
أرضية ***floor***	-	1	2,2	-	1,6	3,52	3,52	1,992	6	42	

حساب أحمال التسرب و التهوية		حساب أحمال الإضافات	
عامل التهوية $n\ [1/h]$	2	عامل الاتجاه الجغرافي $Z_o\ [\%]$	10
طول الغرفة $l\ [m]$	2,2	مساحة جميع الجدران و الأسطح $A_{tot}\ [m^2]$	24,14
عرض الغرفة $w\ [m]$	1,6	العامل $(D)\ [W/m^2.℃]$	1,1
ارتفاع الغرفة $h\ [m]$	2,25	عامل حسب نوع التدفئة و العامل $(D)\ Z\ [\%]$	15
حجم الغرفة $v = l.w.h\ [m^3]$	7,92	عامل ارتفاع السقف عن الأرضية $Z_1\ [\%]$	0
فرق درجات الحرارة $\Delta t = t_i - t_o\ [℃]$	28	عامل ارتفاع السقف للطابق الواحد $Z_2\ [\%]$	0
أحمال التسرب و التهوية $Q_v\ [W]$	160	أحمال الإضافات الخاصة $Q_o\ [W]$	215

الأحمال الحرارية الإجمالية $Q_{tot} = 1234\ [W]$

لوحة حساب الأحمال الحرارية للمطبخ $\frac{05}{18}$ عند درجة حرارة خارجية $(-2℃)$

حساب أحمال الحواجز										
الحاجز *structure*	الاتجاه *Direction*	العدد *No.Off*	الأبعاد *Dimensions*			المساحة *Area*		عامل انتقال الحرارة $U\ [W/m^2.℃]$	فرق درجات الحرارة $\Delta t\ [℃]$	الحمل الحراري $Q_t\ [W]$	مجموع الأحمال الحرارية $\Sigma Q_t\ [W]$
			الطول $Length\ [m]$	الارتفاع $High\ [m]$	العرض $Wide\ [m]$	القائمة $Gross\ [m^2]$	الصافية $Net\ [m^2]$				
جدار داخلي ***In.wall***	S	1	2,8	3,5	-	9,8	9,8	2,7	-4	-106	
باب داخلي ***In.door***	W	1	0,95	2	-	1,9	1,9	2,2	2	8	
نافذة داخلية ***In.wind***	W	1	0,3	0,3	-	0,09	0,09	3,5	8	3	
جدار داخلي (سقيفة)	W	1	1,75	1,25	-	2,1875	2,1875	2,7	8	47	
جدار داخلي (ممر)	W	1	0,95	1,5	-	1,425	1,425	2,7	2	8	
جدار داخلي (منور)	W	1	0,3	3,2	-	0,96	0,96	2,69	8	21	
جدار داخلي ***In.wall***	W	1	2,7	3,5	-	9,45	4,8775	2,684	2	26	1951
نافذة خارجية ***Ex.wind***	N	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	20	274	
جدار خارجي ***Ex.wall***	N	1	2,8	3,5	-	9,8	7,8625	2,875	20	452	
نافذة خارجية ***Ex.wind***	E	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	20	274	
جدار خارجي ***Ex.wall***	E	1	2,7	3,5	-	9,45	7,5125	2,875	20	432	
سقف ***roof***	-	1	2,8	-	2,7	7,56	7,56	2,59	20	392	
أرضية ***floor***	-	1	2,8	-	2,7	7,56	7,56	1,992	8	120	

حساب أحمال التسرب و التهوية		حساب أحمال الإضافات	
عامل التهوية $n\ [1/h]$	5	عامل الاتجاه الجغرافي $Z_o\ [\%]$	10
طول الغرفة $l\ [m]$	2,8	مساحة جميع الجدران و الأسطح $A_{tot}\ [m^2]$	53,62
عرض الغرفة $w\ [m]$	2,7	العامل $(D)\ [W/m^2.℃]$	1.6
ارتفاع الغرفة $h\ [m]$	3,5	عامل حسب نوع التدفئة و العامل $(D)\ Z\ [\%]$	15
حجم الغرفة $v = l.w.h\ [m^3]$	26,46	عامل ارتفاع السقف عن الأرضية $Z_1\ [\%]$	0
فرق درجات الحرارة $\Delta t = t_i - t_o\ [℃]$	20	عامل ارتفاع السقف للطابق الواحد $Z_2\ [\%]$	0
أحمال التسرب و التهوية $Q_v\ [W]$	953	أحمال الإضافات الخاصة $Q_o\ [W]$	488

الأحمال الحرارية الإجمالية $Q_{tot} = 3391\ [W]$

لوحة حساب الأحمال الحرارية لغرفة النوم $\frac{06}{22}$ عند درجة حرارة خارجية $(-2°C)$

حساب أحمال الحواجز											
الحاجز *structure*	الاتجاه *Direction*	العدد *No.Off*	الأبعاد *Dimensions*			المساحة *Area*		عامل انتقال الحرارة الإجمالي $U\ [W/m^2.°C]$	فرق درجات الحرارة $\Delta t\ [°C]$	الحمل الحراري $Q_t\ [W]$	مجموع الأحمال الحرارية $\Sigma Q_t\ [W]$
			الطول $Length\ [m]$	الارتفاع $High\ [m]$	العرض $Wide\ [m]$	القائمة $Gross\ [m^2]$	الصافية $Net\ [m^2]$				
نافذة خارجية ***Ex.wind***	S	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	24	329	4212
جدار خارجي ***Ex.wall***	S	1	4	3,5	-	14	12,0625	2,828	24	819	
جدار داخلي ***In.wall***	W	1	4	3,5	-	14	14	2,69	10	377	
باب داخلي ***In.door***	N	1	0,95	2	-	1,9	1,9	2,2	6	25	
جدار داخلي (ممر)	N	1	0,95	1,5	-	1,425	1,425	2,69	6	23	
جدار داخلي ***In.wall***	N	1	4	3,5	-	14	10,675	2,7	4	115	
نافذة خارجية ***Ex.wind***	E	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	24	329	
جدار خارجي ***Ex.wall***	E	1	4	3,5	-	14	12,0625	2,828	24	819	
سقف ***roof***	-	1	4	-	4	16	16	2,59	24	995	
أرضية ***floor***	-	1	4	-	4	16	16	1,992	12	382	

حساب أحمال التسرب و التهوية		حساب أحمال الإضافات	
عامل التهوية $n\ [1/h]$	1,5	عامل الاتجاه الجغرافي $Z_o\ [\%]$	0
طول الغرفة $l\ [m]$	4	مساحة جميع الجدران و الأسطح $A_{tot}\ [m^2]$	88
عرض الغرفة $w\ [m]$	4	العامل $(D)\ [W/m^2.°C]$	1,7
ارتفاع الغرفة $h\ [m]$	3,5	عامل حسب نوع التدفئة و العامل $(D)\ Z\ [\%]$	15
حجم الغرفة $v = l.w.h\ [m^3]$	56	عامل ارتفاع السقف عن الأرضية $Z_1\ [\%]$	0
فرق درجات الحرارة $\Delta t = t_i - t_o\ [°C]$	24	عامل ارتفاع السقف للطابق الواحد $Z_2\ [\%]$	0
أحمال التسرب و التهوية $Q_v\ [W]$	726	أحمال الإضافات الخاصة $Q_o\ [W]$	632

الأحمال الحرارية الإجمالية $Q_{tot} = 5569\ [W]$

لوحة حساب الأحمال الحرارية للممر (الموزع) $\frac{08}{16}$

حساب أحمال الحواجز											
الحاجز *structure*	الاتجاه *Direction*	العدد *No.Off*	الأبعاد *Dimensions*			المساحة *Area*		عامل انتقال الحرارة الإجمالي $U\ [W/m^2.°C]$	فرق درجات الحرارة $\Delta t\ [°C]$	الحمل الحراري $Q_t\ [W]$	مجموع الأحمال الحرارية $\sum Q_t\ [W]$
			الطول $Length\ [m]$	الارتفاع $High\ [m]$	العرض $Wide\ [m]$	القائمة $Gross\ [m^2]$	الصافية $Net\ [m^2]$				
باب داخلي (1) – الدرج	S	1	1,1	2	-	2,2	2,2	2,2	4	19	58
باب داخلي (2) – النوم	S	1	0,95	2	-	1,9	1,9	2,2	-6	-25	
جدار داخلي (1) – الدرج	S	1	2,1	3,5	-	7,35	5,15	2,69	4	55	
جدار داخلي (2) – النوم	S	1	1,15	3,5	-	4,025	2,125	2,69	-6	-34	
باب داخلي – الجلوس	W	1	0,95	2	-	1,9	1,9	2,2	-6	-25	
جدار داخلي (1) – الجلوس	W	1	0,95	3,5	-	3,325	1,425	2,69	-6	-23	
باب داخلي (1) – حمام	N	1	0,8	2	-	1,6	1,6	2,2	-10	-35	
باب داخلي (2) – تواليت	N	1	0,8	2	-	1,6	1,6	2,2	0	0	
جدار داخلي (1) – سقيفة	N	1	3,5	1,25	-	4,375	4,375	2,69	6	71	
جدار داخلي (2) – حمام	N	1	2,5	2,25	-	5,625	4,025	2,7	-10	-109	
جدار داخلي (2) – حمام	W	1	0,2	2,25	-	0,45	0,45	2,684	-10	-12	
باب داخلي – المطبخ	E	1	0,95	2	-	1,9	1,9	2,2	-2	-8	
جدار داخلي – المطبخ	E	1	1,15	3,5	-	4,025	2,125	2,7	-2	-11	
سقف (1) ***roof***	-	1	3,5	-	0,95	3,325	3,325	2,59	18	155	
سقف (2) ***roof***	-	1	0,2	-	1	0,2	0,2	2,59	6	3	
أرضية (1) ***floor***	-	1	3,5	-	0,95	3,325	3,325	1,992	6	40	
أرضية (2) ***floor***	-	1	0,2	-	1	0,2	0,2	1,992	-4	-2	

حساب أحمال التسرب و التهوية		حساب أحمال الإضافات	
أحمال التسرب و التهوية $Q_v\ [W]$	35	أحمال الإضافات الخاصة $Q_o\ [W]$	9

الأحمال الحرارية الإجمالية $Q_{tot} = 102\ [W]$

اختيار المشعات الحرارية *Heating Load Calculations*

✍ نحسب في البداية (t_r) درجة الحرارة الوسطية للماء في المشع من العلاقة :

$$t_r = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad [°C]$$

حيث :

t_1 = درجة حرارة مياه التغذية ، $[°C]$ ؛ و في مشروعنا $t_1 = 90\ °C$.

t_2 = درجة حرارة مياه الراجع ، $[°C]$ ؛ و في مشروعنا $t_2 = 70\ °C$.

✍ ثم نعين فرق درجات الحرارة الوسطي (Δt_m) للتدفئة بالماء الساخن من العلاقة التالية :

$$\Delta t_m = t_r - t_i \quad [°C]$$

حيث :

t_i = درجة حرارة المكان المراد تدفئته ، $[°C]$.

✍ و بعد ذلك نحسب الإشعاع الحراري (ϕ) لكل مقطع من المشع من العلاقة :

$$\phi = K_m . {\Delta t_m}^n \quad [W]$$

حيث :

K_m = معامل التصحيح .

n = الأس الحراري .

✍ ثم نحسب عدد مقاطع المشع الإجمالي (n) في المكان المدفأ من العلاقة :

$$n = \frac{Q_{tot}}{\phi} \quad [\text{مقطع}]$$

حيث :

Q_{tot} = الحمل الإجمالي الحراري للغرفة المراد تدفئتها .

✍ و يعلق المشـع على الجدار بواسـطة حمالات خاصـة ، و قد أتفق على توحيد سـماكة المقطع الواحد بحيث يكون $(60mm)$ ، و بهذا الشكل يسهل حساب طول المشع (L) من العلاقة :

$$L = (n \times 60) + 30\ mm \quad [mm]$$

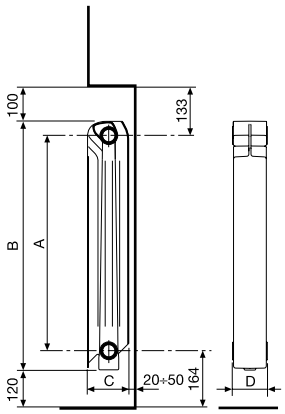
لوحة حساب و اختيار المشعات *Design of Radiators*

رقم الغرفة / درجة الحرارة (°C) *Room No. / t (°C)*	استخدام الغرفة *Dising*	الأحمال الحرارية للغرفة Q_{tot} [W]	درجة الحرارة الوسطية للماء في المشع t_r [°C]	فرق درجات الحرارة الوسطي Δt_m [°C]	نوع المشع *Radiator Type*	قياس المشع *Radiator Size*	الارتفاع *Radiator High* [mm]	معامل التصحيح *Correction Coefficient* (K_m)	أس درجة الحرارة *Temperature Exponent* (n)	الإشعاع الحراري لكل مقطع $\emptyset$ [W]	عدد المقاطع × عدد المشعات *No. Rad.* × *Sec.*	كمية الحرارة الإجمالية لكل مشع *Total Heat* [W]	طول المشع *Radiator Length* (L) [mm]
01/22	غرفة الدراسة	5371	80	58	Solar S4	500/100	677	0,6843	1,3375	152	2×18	2703	1110
02/22	غرفة الجلوس	4257	80	58	Solar S4	500/100	677	0,6843	1,3375	152	2×14	1750	870
03/26	الحمام	1234	80	54	Solar S4	350/100	677	0,7605	1,3375	104	1×12	1248	750
04/16	دورة المياه	غير مدفأ											
05/18	المطبخ	3391	80	62	Solar S4	350/100	677	0,6843	1,3304	166	1×21	3486	1290
06/22	غرفة النوم	5569	80	58	Solar S4	500/100	677	0,6843	1,3304	152	2×19	2888	1170
07/12	بيت الدرج	غير مدفأ											
08/16	الممر	102	80	64	Solar S4	500/100	677	0,6843	1,3304	174	1×4	696	270

ملاحظات :

- تم اختيار هذه المشعات وفقاً للنشرات الفنية المرفقة مع مشعات الشركة الإيطالية المصنعة الرائدة في مجال التدفئة (*fondital*) من نوع (*Solar S4*) لعام 2015 .

نماذج من مشعات *Solar S4* الإيطالية

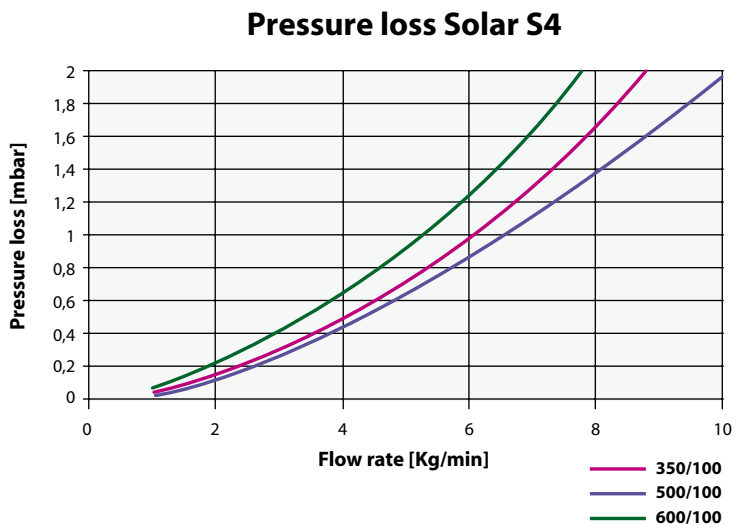


Technical data

Model	Depth (C)	Height (B)	Centre distance (A)	Length (D)	Connection diameters	Water capacity	Weight	Heat output 50K	Exponent n	Coefficient K_m
	mm	mm	mm	mm	inches	litres/sect.	Kg/sect.	W/sect.		
SOLAR S4 350/100	97	428	350	80	G1	0.27	1.14	94.1	1.3058	0.5691
SOLAR S4 500/100	97	577	500	80	G1	0.32	1.46	124.6	1.3304	0.6843
SOLAR S4 600/100	97	677	600	80	G1	0.39	1.69	142.40	1.3375	0.7605

Maximum working pressure: 1600 kPa (16 bar)
Characteristic equation of the model $\Phi=K_m \Delta T^n$ (reference EN 442-1).
The thermal output values published are in compliance with the European Standard EN 442-2.

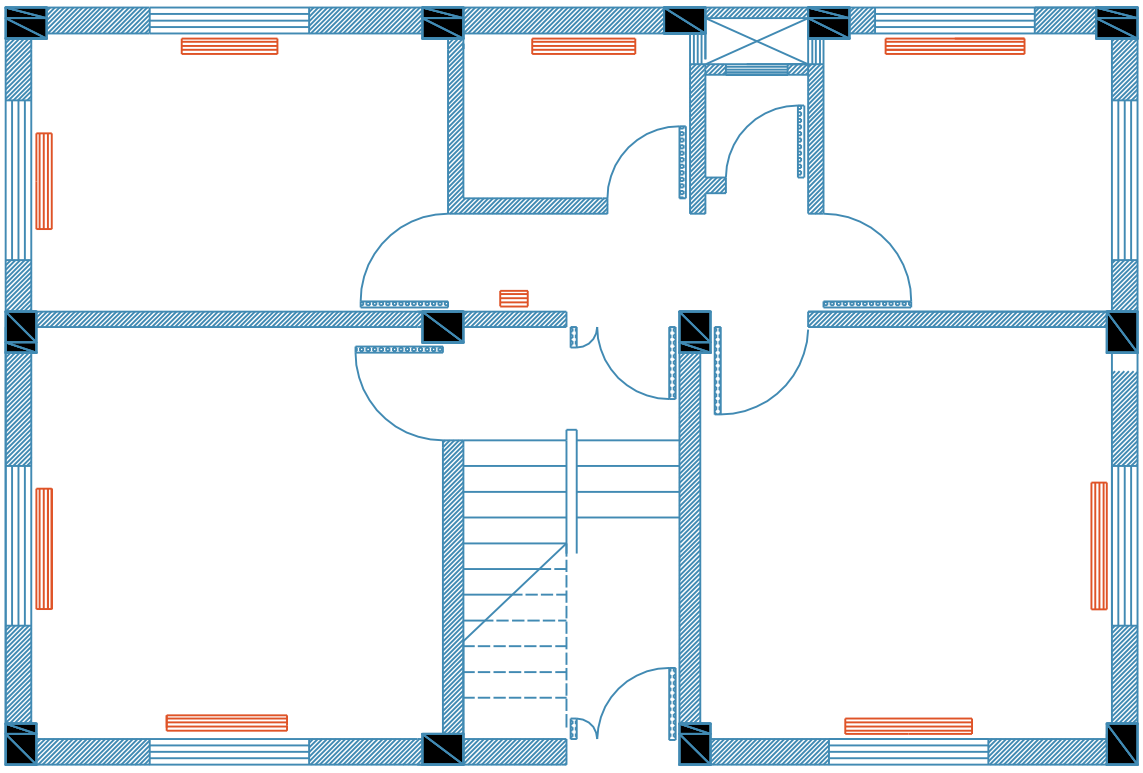
البيانات التقنية لمشعات *Solar S4*



مخطط هبوط الضغط لمشعات *Solar S4*

☒ و بعد حساب المشعات سوف نقوم بوضعها على المخطط و ذلك مع مراعاة الأمور التالية :

1. يوضع المشع في المناطق السفلية .
2. يوضع المشع أقرب ما يمكن إلى جهة التسرب الحراري الأكبر .
3. يفضل أن يوضع تحت النوافذ و ذلك من أجل تيارات الهواء المتسربة من النافذة لكي تمر عبر المشع و ترتفع درجة حرارتها قبل الانتشار بالغرفة .
4. يجب ترك مسافة نصف متر على الأقل بين المشع و الآخر .
5. يمكن استخدام أغطية لتمنع التأثير الحراري للمشعات .
6. عندما يكون عدد المقاطع 20 فما فوق يجب أن يكون دخول الماء مخالف لجهة خروج الماء .
7. لا يجوز تجميع أكثر من 40 مقطع في مشع واحد .
8. نغذي المشع من الطرف الأقرب إلى الصاعد .
9. عند الحصول على عدد مقاطع أقل من 4 ، إما أن يضاف إلى 4 أو يضاف إلى أقرب مشع .
10. الصاعد و الهابط يكونان في زاوية ميتة بالغرفة .
11. لا يجوز تركيب أنبوب قطره أقل من $(0{,}5\ inch)$.
12. لا يجوز تركيب أنبوب قطره أكبر من $(1{,}25\ inch)$ في الأرض .
13. يجب أن تكون تمديدات التدفئة بعيدة عن تمديدات الصحية قدر الإمكان .
14. لا يجوز تغذية أكثر من أربع مشعات من صاعد واحد لنفس الطابق إلا في حالات الضرورة .



توزيع المشعات في المنزل

تصميم أقطار الأنابيب *Pipes Sizing Calculations*

نحدد مقدار تدفق الماء (W) من العلاقة :

$$W = \frac{1{,}25Q \times 3600}{C_{pw} \times \Delta t \times 1000} \quad [ton/h]$$

حيث :

$1{,}25Q$ = كمية الحرارة المطلوب حملها بواسطة الماء مضافاً إليها الضياعات في الأنابيب ، $[W]$.

C_{pw} = السعة الحرارية النوعية للماء ، و قيمتها $(4186\ J/kg.℃)$.

Δt = الفرق بين درجتي حرارة مياه التغذية و مياه الراجع ، $[℃]$ ؛

✓ و في مشروعنا : $(\Delta t = 90 - 70 = 20\ ℃)$.

و بالتالي :

$$W = \frac{1{,}25Q \times 3600}{4186 \times 20 \times 1000} = (5{,}375 \times 10^{-5})Q \quad [ton/h]$$

تعطى الاستطاعة الحرارية لأسطوانة الماء الساخن (Q_{hot}) بالعلاقة :

$$Q_{hot} = \frac{G_w \times N \times \rho_{w,hot} \times (t_{hot} - t_{cool})}{770 \times t} \quad [W]$$

حيث :

G_w = استهلاك الماء اللازم تسخينه للشخص الواحد يومياً ، $[liter/day]$ ؛

N = عدد الأشخاص المتواجدين في المبنى أو عدد الأسطونات .

$\rho_{w,hot}$ = كثافة الماء الساخن في الأسطوانة ، $[kg/m^3]$.

t_{hot} = درجة حرارة الماء الصحي الساخن الداخل من الأسطوانة $[℃]$.

t_{cool} = درجة حرارة الماء الصحي البارد الداخل إلى الأسطوانة $[℃]$.

t = عدد ساعات التسخين .

و بالتالي :

$$Q_{hot} = \frac{200 \times 1 \times 983 \times (60 - 10)}{770 \times 1} = 12766 \quad [W]$$

ملاحظات :

- نأخذ أصغر قطر يحقق الغزارة المطلوبة .
- عند حساب الأطوال نعتبر طول الأنبوب الصاعد من الأرض إلى المشع $(1m)$.
- إن السرعة يجب أن تتراوح في الأنابيب بين $(0{,}2 - 1{,}7\ m/s)$ في شبكات التدفئة في المنازل .

لوحة تصميم أقطار الأنابيب *Pipes Sizing*

ضياعات الاحتكاك *Friction Loss* (R) $[N/m^2/m]$	السرعة *Velocity* (V) $[m/s]$	القطر *Pipe Size* (d) $[inch]$	التدفق *Water Flow* (W) $[t/h]$	كمية الحرارة *Heat Rrq* (Q) $[W]$	الطول *Pipe Lenght* (l) $[m]$	المقطع *Section*
70	0,25	1/2	0,145	2703	4,9	2 ← 1
70	0,25	1/2	0,145	2703	1	2′ ← 2
60	0,30	3/4	0,291	5406	6,5	3 ← 2
50	0,20	1/2	0,037	696	1	3′ ← 3
70	0,30	3/4	0,328	6102	4,15	4 ← 3
80	0,30	1/2	0,155	2888	4,9	6 ← 5
80	0,30	1/2	0,155	2888	1	6′ ← 6
60	0,30	3/4	0,310	5776	6	7 ← 6
110	0,35	1/2	0,187	3486	1	7′ ← 7
140	0,45	3/4	0,498	9262	1,85	4 ← 7
50	0,20	1/2	0,094	1750	4,4	9 ← 8
50	0,20	1/2	0, 094	1750	1	9′ ← 9
110	0,35	1/2	0,188	3500	3,25	10 ← 9
50	0,20	1/2	0,067	1248	1	10′ ← 10
190	0,45	1/2	0,255	4748	0,7	4 ← 10
190	0,65	1	1,081	20112	5	12 ← 4
80	0,40	1	0,686	12766	6	12 ← 11
110	0,55	1 1/4	1,767	32878	1	13 ← 12

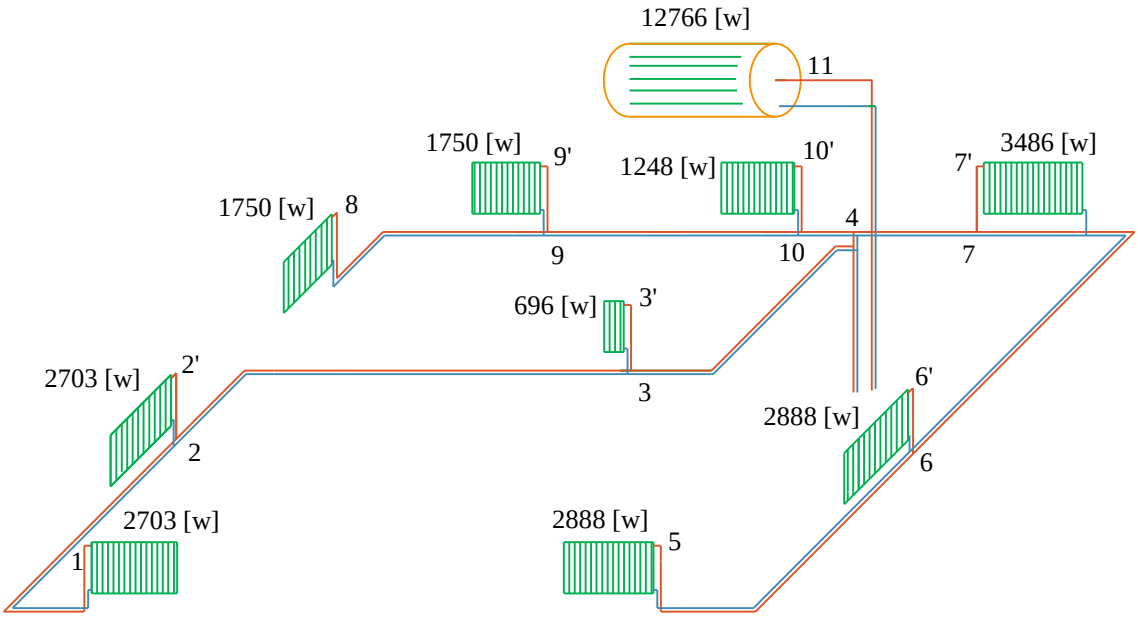
ملاحظات حول الأنابيب :

- تم اختيار أنابيب البولي بروبلين في شبكة التدفئة و ذلك بفضل المزايا التي تتمتع بها و لعلّ أبرزها أن عمرها الافتراضي يصل إلى نصف قرن (خمسين سنة) ، و أسعارها المقبولة بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من الأنابيب التي تستخدم عادة في شبكات التدفئة .
- و في مشروعنا تم أختيار أنابيب البولي بروبلين من الشركة الإيطالية العالمية *PINOPLAST* بالاستناد على المعلومات التقنية المرفقة مع هذه الأنابيب لعام 2015 .

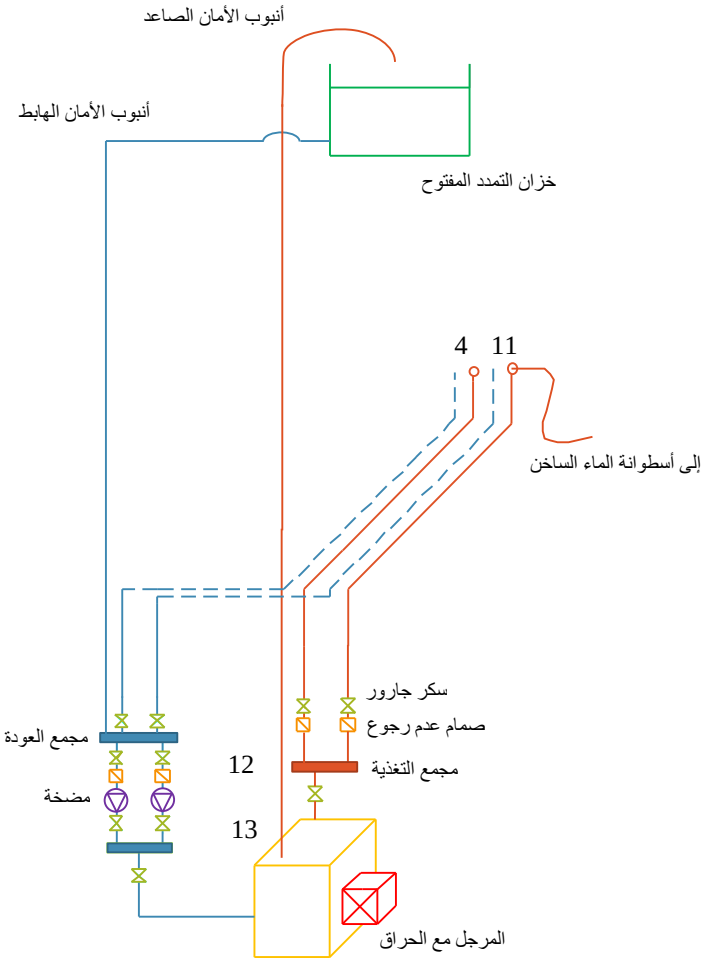
أهمية أنابيب البولي بروبلين الإيطالية *PPR PINOPLAST* التي سنستخدمها في شبكة التدفئة

1. انعدام الأكسدة : فنعومة الجدار الداخلي لأنابيب البولي بروبلين تمنع تشكل الكلس .
2. قدرة العمل البسيطة : تقنية التركيب البسيطة و الوزن الخفيف لأنابيب البولي بروبلين و إكسسواررتها (ملحقاتها) و وقت التجميع و التهيئة ينخفض بمقدار 30 – 50 % مقارنة مع الأنابيب المعدنية التقليدية .
3. انخفاض هبوط الضغط : لأن الجدران الداخلية خالية من المسامات و الرتوش .
4. مقاومة عالية للمواد الكيماوية : للأنابيب مقاومة عالية للمواد الكيماوية و تتضمن المواد التي عادة ما تكون بتماس مباشر مع الأنابيب في خرسانة البناء و الكلس .
5. التخميد الممتاز: إن مادة البولي بروبلين تكون جيدة المرونة لامتصاص صوت الضجيج و الاهتزازات الناتجة عن مرور الماء ، و أيضاً لا تقوم بنشر اصطدام الماء .
6. لا تتآكل : لا يمكن أن تتآكل أنابيب البولي بروبلين مهما كانت المياه الجارية في الأنابيب عسرةً .
7. مقاومة للاحتكاك : إن أنابيب البولي بروبلين مقاومة جداً للاحتكاك و تسمح بالجريان و بسرعة عالية بدون أية مشاكل تآكل .

8. مقاومة للتجمد: إن المرونة العالية لمادة البولي بروبلين تجعل من الممكن لأنابيب البولي بروبلين أن تكييف ذاتياً بزيادة الحجم إذا تجمد السائل بداخلها .
9. مناسبة للاستعمال في المناطق الزلزالية : إن مادة البولي بروبلين مطاطية و هذا يمكنها من امتصاص الصدمات الزلزالية داخل البناء ، فأنابيب البولي بروبلين مرخصة من قبل خبراء دوليين للاستعمال في المناطق الزلزالية .
10. التوقع لعمر طويل البقاء : إن مادة البولي بروبلين لها خصوصية الديمومة الطويلة و المقاومة العالية جداً للتيارات الدافئة المشتركة و الإجهادات الميكانيكية بمرور الوقت .
11. العزل الكهربائي : إن مادة البولي بروبلين عازلة للكهرباء مما يجعلها خالية من التآكلات و الثقوب الكهروكيميائية التي تسببها التيارات الضالة .
12. التكثيف و التبدد الحراري منخفض : إن التبدد الحراري المنخفض التوصيل لأنابيب البولي بروبلين يمنع التكثيف أو التعرق أن يظهر على سطح الأنبوب و هذا يخفض طبقة العزل إلى حد كبير .



توزيع شبكة الأنابيب في المنزل



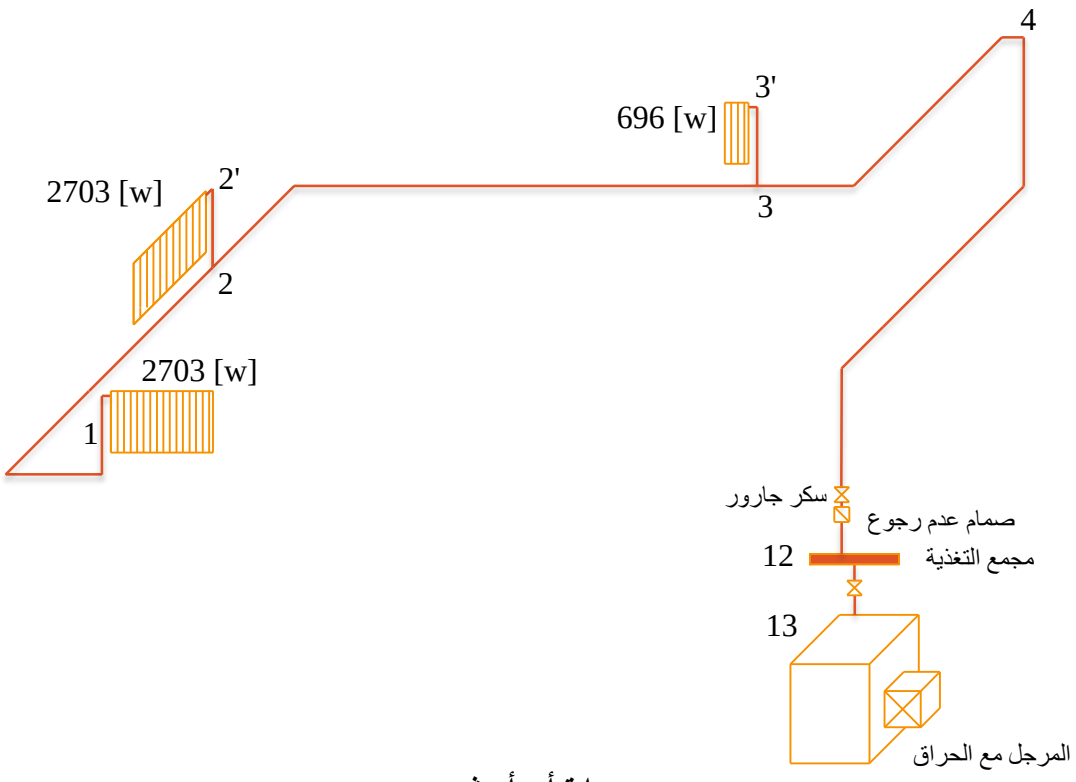
تتمة شبكة الأنابيب و تجهيزات دارة التدفئة

تصميم الدارة الأسوء *The designation of The Worst Circle*

لحساب هبوط الضغط لا بد من تعيين دارة أسوأ مشع و هي دارة أعلى و أبعد مشع عن المجمع .

ملاحظات حول حساب الارتفاع المانومتري :

- نحدد دارة أسوأ مشع .
- نعين المقاومات الخاصة و ما يقابلها من أكواع مكافئة (k_f) .
- بالنسبة للتفريعة تأخذ وفق شكل الجريان و نسبة التدفق ، حيث نوجد الكوع المكافئ (k_f) وفق جداول معينة مرفقة مع النشرة الفنية من قبل الشركة المصنعة .
- ومن ثم نوجد الطول المكافئ لكل كوع بالاعتماد على سرعة تدفق الماء (V) ضمن كل أنبوب .
- و أخير نجمع الأطوال المكافئة الناتجة مع الطول المستقيم (l) فنحصل على الطول الكلي (L) .
- نضرب الطول الكلي للأنبوب بهبوط الضغط (ضياعات الاحتكاك) في كل متر (R) فنحصل على هبوط الضغط (RL) .
- نوجد الارتفاع المانومتري (H_P) لاستطاعة مضخة التسريع و هو مجموع هبوط الضغط $(\sum RL)$ في الدارة الأسوء بعد ضربه بـ (2) على اعتبار أنبوبي التغذية والعودة متماثلين ، و من أجل الأمان يجب أن يكون أكبر منه بنحو 10 % أي نضرب هبوط الضغط بـ (1,1) فنحصل أخيراً على ($H_P = 2\sum RL \times 1{,}1$) .



دارة أسوأ مشع

لوحة هبوط ضغط المضخة *Pump Pressure*

المقطع *Section*	قطر الأنبوب *Pipe Size* (d) $[inch]$	التدفق *Water Flow* (W) $[t/h]$	السرعة *Velocity* (V) $[m/s]$	المقاومات الخاصة *Fittings*		الطول المكافئ للكوع الواحد *Equivalent of lenght one elbow* $[m]$	الطول المكافئ لكافة الأكواع *Equivalent lenght of Fittings* $[m]$	طول الأنبوب *Pipe Lenght* (l) $[m]$	الطول الكلي *Total Lenght* (L) $[m]$	ضياعات الاحتكاك *Friction Loss* (R) $[N/m^2/m]$	هبوط الضغط *Dress Drop* (RL) $[P_a]$
				التصميم *Designation*	عدد الأكواع المكافئة *No. of Equivalent Elbows* (k_f)						
2 ← 1	1/2	0,145	0,25	نصف مشع (عدد 1)	1,5	0,35	2,28	4,9	7,18	70	503
				سكر زاوية (عدد 1)	2						
				كوع 90 (عدد 3)	3						
					$\sum k_f = 6{,}5$						
3 ← 2	3/4	0,291	0,30	تفريعة 50 % (عدد 1)	0,6	0,52	1,04	6,5	7,54	60	452
				نقاصة (عدد 1)	0,4						
				كوع 90 (عدد 1)	1						
					$\sum k_f = 2$						
4 ← 3	3/4	0,328	0,30	تفريعة 90 % (عدد 1)	-	0,52	1,56	4,15	5,71	70	400
				كوع 90 (عدد 3)	3						
					$\sum k_f = 3$						
12 ← 4	1	1,081	0,65	تفريعة 30 % (عدد 1)	5,5	0,77	22,6	5	27,6	190	5244
				نقاصة (عدد 1)	0,4						
				صمام عدد رجوع (عدد 1)	20						
				سكر جارور (عدد 1)	0,5						
				كوع 90 (عدد 3)	3						
					$\sum k_f = 29{,}4$						
13 ← 12	1 1/4	1,767	0,55	مجمع (عدد 1)	1	1,00	4	1	5	110	550
				سكر جارور (عدد 1)	0,5						
				كوع 90 (عدد 1)	1						
				نصف مرجل (عدد 1)	1,5						
					$\sum k_f = 4$						

الارتفاع المانومتري $H_P = 2\sum RL \times 1,1 = 14298\ [P_a] = 15728 \times (1,02 \times 10^{-4}) = 1,573\ [mH_2O]$

حمل المرجل

تعطى استطاعة المرجل (Q_b) بالعلاقة :

$$Q_b = 1{,}3\ (\sum Q_{tot} + Q_{hot}) \quad [W]$$

حيث :

$\sum Q_{tot}$ = مجموع الأحمال الحرارية الإجمالية اللازمة لتدفئة المبنى ، $[W]$.

Q_{hot} = الحمل الحراري اللازم لتسخين إسطوانة الماء الصحي ، $[W]$.

و بالتالي :

$$\boldsymbol{Q_b} = 1{,}3\ (19924 + 12766) = 42497\ [W] = \mathbf{42{,}5}\ [\boldsymbol{kW}]$$

نختار كلاً من المرجل المناسب و الحراق الموافق له اعتماداً على حمل المرجل ، حيث إن المرجل المختار هو من صناعة الشركة الإيطالية الرائدة في مجال التدفئة $(fondital)$ التي اخترنا منها آنفاً المشعات ، حيث يفضل أن تكون سلسلة المشعات و المرجل و الحراق من نفس الجهة المصنعة ، كما أنه لا ضير في الحصول على كلاً منها من شركات مختلفة .

و في مشروعنا نوع المرجل $(Capri\ B)$ بالاستناد على النشرات الفنية للمراجل من الشركة $(fondital)$.

مرجل طراز $Capri\ B$ من الشركة الإيطالية $fondital$

✍ نختار أسطوانة الماء الصحي بسعة (200 $liter$) طراز ($S250IH$) من الشركة البريطانية ($HOMESTYLE$) .

أسطوانة ماء صحي طراز $S250IH$ من الشركة البريطانية $HOMESTYLE$

استطاعة المضخة

✍ تتعين تدفق مضخة التسريع الكتلية (G_w) بالعلاقة :

$$G_w = \frac{Q_b}{C_{pw} \cdot \Delta t} \quad [kg/sec]$$

حيث :

Q_b = استطاعة المرجل ، $[W]$.

C_{pw} = السعة الحرارية النوعية للماء ، و قيمتها (4186 $J/kg.℃$) .

$\rho_{w,hot}$ = كثافة الماء الساخن في الأسطوانة ، $[kg/m^3]$.

Δt = الفرق بين درجتي حرارة مياه التغذية و مياه الراجع ، $[℃]$ ؛

✓ و في مشروعنا : ($\Delta t = 90 - 70 = 20\ ℃$) .

➢ و بالتالي :

$$G_w = \frac{42497}{4186 \times 20} = 0{,}508\ [kg/sec]$$

✍ و بعد حساب التدفق نوجد استطاعة مضخة التسريع (N_P) بالعلاقة :

$$N_P = \frac{G_w \cdot H_P}{102 \cdot \eta_P} \quad [kW]$$

حيث :

G_w = تدفق الماء الكتلي ، $[kg/sec]$.

H_P = الارتفاع المانومتري ، $[mH_2O]$.

η_P = مردود المضخة النابذة .

➢ و بالتالي :

$$\boldsymbol{N_P} = \frac{0{,}508 \times 1{,}573}{102 \times 0{,}7} = 0{,}0112\ [kW] = \mathbf{11{,}2}\ [\boldsymbol{W}]$$

✍ **ملاحظات :**

- ☒ يفضل تركيب المضخة على أنبوب الراجع (خط العودة) لضمان درجة الحرارة الأدنى و بالتالي العمر الأطول ، و طبعاً ليس هناك خطأ بتركيبها على الأنبوب الذاهب (خط التغذية) .
- ☒ تركب مضخة التسريع في المكان ذي الضغط الأدنى .
- ☒ نهمل تأثير الارتفاعات لأن دارة المضخة مغلقة و وظيفة مضخة التسريع هي فقط التغلب على الضياعات الناتجة عن الاحتكاك و المقاومات الخاصة .

✍ **نحدد نوع مضخة التسريع اعتماداً على الارتفاع المانومتري و تدفق الماء الذي يجب أن تؤمنه المضخة للتغلب على الاحتكاك ضمن الأنابيب ، و في مشروعنا المضخة المناسبة من صناعة الشركة اليابانية العملاقة** ***(Torishima)*** .

✍ و أخيراً نحسب استطاعة المحرك الكهربائي للمضخة (N_E) من العلاقة :

$$N_E = \frac{N_P}{\eta_m} \quad [W]$$

حيث :

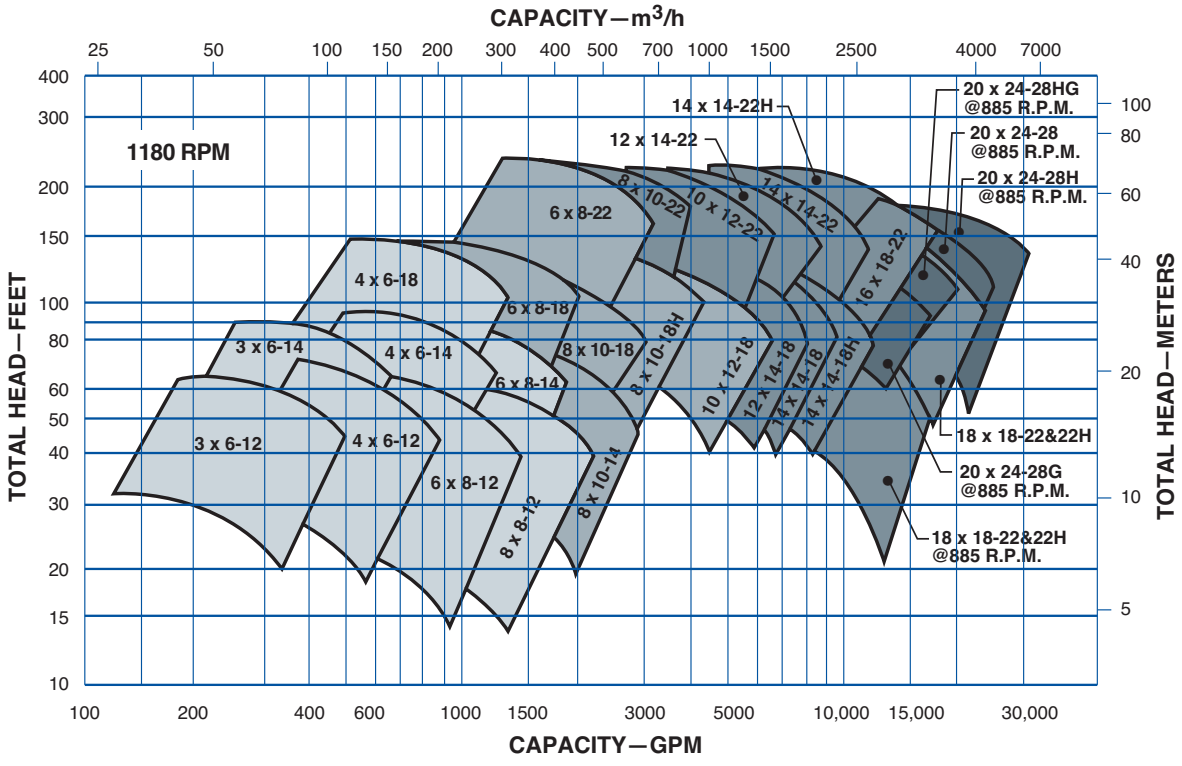
η_m = المردود الميكانيكي .

N_P = إستطاعة المضخة ، $[W]$.

➢ و بالتالي :

$$N_E = \frac{11,2}{0,9} = 12,45\ [W]$$

مضخة ماء من الشركة اليابانية *Torishima*



المنحنيات الهيدروليكية المميزة لمضخات *Torishima*

استطاعة الحراق

✍ يعبر عن استطاعة الحراق بالاستهلاك الساعي له (w) بالعلاقة :

$$w = \frac{3600 \times Q_b}{\eta_h \times C_v} \quad [kg/h]$$

حيث :

Q_b = استطاعة المرجل ، $[kW]$.

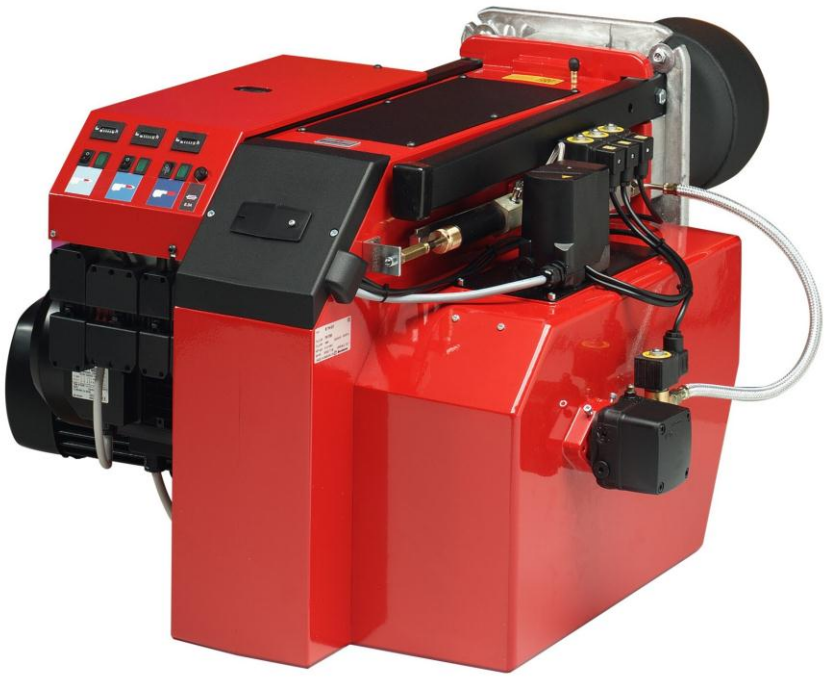
η_b = مردود المرجل ، و قيمته تقريباً $(70\ \%)$.

C_v = القيمة الحرارية الدنيا لوقود الديزل ، و قيمته $(41840\ kJ/kg)$.

✓ و بالتالي :

$$w = \frac{3600 \times 42{,}497}{0{,}7 \times 41840} = \mathbf{5{,}22}\ [\boldsymbol{kg/h}]$$

✍ **و في مشروعنا الحراق المناسب من نوع (*Pyros DUAL 1 GTF 5*) و هو أيضاً من الشركة الإيطالية (*fondital*) ، حيث يعمل الحراق على مزيج وقود الديزل و الهواء .**



حراق نوعه *Pyros DUAL 1 GTF 5* من الشركة الإيطالية *fondital*

سعة خزان الوقود اليومي

تعطى سعة خزان الوقود اليومي (w) بالعلاقة :

$$w = \frac{Q_b \times 3600 \times t_{heat}}{\eta_b \times C_v \times \rho_f} \quad [liter/day]$$

حيث :

Q_b = استطاعة المرجل ، $[kW]$.

t_{heat} = عدد ساعات التدفئة للمبنى في اليوم الواحد .

η_b = مردود المرجل ، و قيمته تقريباً $(70\ \%)$.

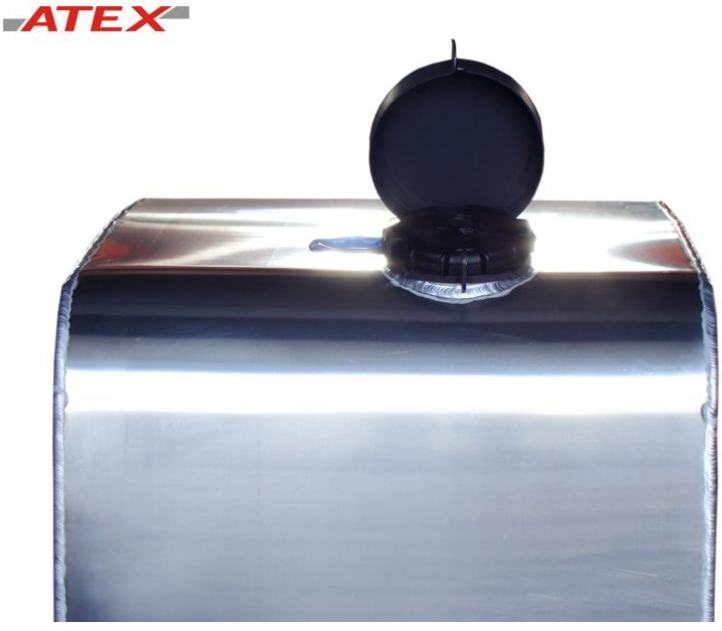
C_v = القيمة الحرارية الدنيا للمازوت ، و قيمته $(41840\ kJ/kg)$.

ρ_f = كثافة المازوت ، و قيمته $(0{,}84\ kg/liter)$.

✓ و بالتالي :

$$w = \frac{42{,}5 \times 3600 \times 8}{0{,}7 \times 41840 \times 0{,}84} = \mathbf{49{,}75}\ [\boldsymbol{liter/day}]$$

إذاً نستخدم خزان سعته $(50\ liter)$ يسمى بالخزان اليومي ، حيث أن مستوى الخزان أعلى من مستوى الحراق و بالتالي لا داعي لتركيب مضخة تسريع للوقود . و الخزان من صناعة الشركة الألمانية $(ATEX)$.



خزان الوقود اليومي من الشركة الألمانية $ATEX$

سعة خزان الوقود السنوي

نحسب الاستهلاك السنوي للوقود (G_f) من العلاقة :

$$G_f = 0{,}93 \times \frac{\sum(Q_{tot} + Q_{hot}) \times N \times F}{\eta_b} \quad [kg/year]$$

حيث :

Q_{tot} = الحمل الحراري الإجمالي اللازم لتدفئة الغرف في المبنى ، $[kW]$.

Q_{hot} = الحمل الحراري اللازم لتسخين إسطوانة الماء الصحي ، $[kW]$.

N = عدد أيام فصل التدفئة في السنة .

η_b = مردود المرجل ، و قيمته تقريباً $(70\ \%)$.

F = عامل استعمال التدفئة .

$$F = \frac{t \times n}{24 \times N}$$

حيث :

t = عدد ساعات التدفئة للمبنى في اليوم الواحد .

n = عدد الأيام التي يستخدم فيها المبنى خلال فصل التدفئة .

N = عدد أيام فصل التدفئة في السنة .

✓ و بالتالي :

$$F = \frac{15 \times 150}{24 \times 150} = 0{,}625$$

✓ و منه نجد :

$$G_f = 0{,}93 \times \frac{(19{,}924 + 12{,}766) \times 150 \times 0{,}625}{0{,}7} = 4072\ [kg/year]$$

و من ثم نوجد حجم خزان الوقود السنوي من العلاقة (V_f) من العلاقة :

$$V_f = \frac{G_f}{\rho_f} \quad [liter/year]$$

حيث :

G_f = الاستهلاك السنوي للوقود ، $[kg/year]$.

ρ_f = كثافة المازوت ، و قيمته $(0{,}84\ kg/liter)$.

✓ و بالتالي :

$$V_f = \frac{4072}{0{,}84} = 4848\ [liter/year]$$

إذاً نستخدم خزان رئيسي كبير سعته $(2500\ liter)$ يعبئ مرتين سنوياً ، و الخزان من صناعة الشركة الألمانية $(ATEX)$ و يوجد بأشكال مختلفة .

خزان الوقود السنوي (أسطواني الشكل) من الشركة الألمانية $ATEX$

خزان كبير آخر للوقود من الشركة الألمانية $ATEX$

المدخنة

مقطع المدخنة الشاقولية

المدخنة الشـاقولية : هي عبارة عن مدخنة مسـتطيلة عادة تبنى من القرميد الناري ، و لا يجوز أن تكون مساحة هذه المدخنة أقل من $(0{,}04\ m^2)$.

نحسب مساحة المدخنة الشاقولية (A_V) من العلاقة :

$$A_V = \frac{w}{100\sqrt{h}} \quad [m^2]$$

حيث :

w = استهلاك الوقود المحترق ، $[kg/h]$.

h = ارتفاع المدخنة ، $[m]$:

$$h = H + 0{,}5 \quad [m]$$

حيث أن H = ارتفاع المبنى ، $[m]$.

و بالتالي :

$$h = 7 + 0{,}5 = 7{,}5\ [m]$$

و منه نجد :

$$A_V = \frac{5{,}22}{100\sqrt{7{,}5}} = \mathbf{0{,}02}\ [\mathbf{m^2}]$$

نلاحظ أن مساحة هذه المدخنة أقل من $(0{,}04\ m^2)$ و بالتالي نأخذ مساحة مقطع المدخنة $(A_V = 0{,}04\ m^2 = 400\ cm^2)$. و تصمم المدخنة الشاقولية مربعة الشكل و أبعادها $(20 \times 20\ cm)$ من قرميد وطني ذي الأبعاد $(20 \times 10 \times 5\ cm)$.

مقطع المدخنة الأفقية

المدخنة الأفقية : هي غالباً ما تكون دائرية من الصاج المعزول و مساحتها أكبر من مساحة المدخنة الأفقية.

نحسب مساحة المدخنة الأفقية (A_H) وفق ما يلي :

✓ في حال كوع واحد فقط :

$$A_H = 1{,}2\ A_V \quad [m^2]$$

✓ في حال كوعين :

$$A_H = 1{,}3\ A_V \quad [m^2]$$

➢ و في المشروع لدينا كوع واحد فقط و بالتالي :

$$\boldsymbol{A_H} = 1{,}2 \times\ 0{,}04 = 0{,}048\ [m^2] = \mathbf{480}\ [\boldsymbol{cm^2}]$$

نصمم المدخنة الأفقية دائرية الشكل و مصنعة من الصاج الوطني المعزول ، حيث نستنتج قطر المدخنة :

$$A_H = \frac{\pi . {d_H}^2}{4}\ [m^2] \Longrightarrow d_H = \sqrt{\frac{4A_H}{\pi}}\ [m]$$

☒ فيكون قطر المدخنة الأفقية :

$$d_H = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}048}{\pi}} = 0{,}247\ [m] = 25\ [cm]$$

مقطع قناة سحب الهواء الفاسد

تعطى مساحة مقطع قناة سحب الهواء الفاسد بالعلاقة :

$$A_{Exh} = \frac{1}{2} A_V \quad [m^2]$$

✓ و بالتالي :

$$\boldsymbol{A_{Exh}} = \frac{1}{2} \times 0{,}04 = 0{,}02\ [m^2] = \mathbf{200}\ [\boldsymbol{cm^2}]$$

مقطع قناة سحب الهواء النقي

تعطى مساحة مقطع قناة سحب الهواء النقي بالعلاقة :

$$A_{Fresh} = \frac{3}{4} A_V \quad [m^2]$$

✓ و بالتالي :

$$\boldsymbol{A_{Fresh}} = \frac{3}{4} \times 0{,}04 = 0{,}03\ [m^2] = \mathbf{300}\ [\boldsymbol{cm^2}]$$

سعة خزان التمدد

يتم اختيار سعة خزان التمدد (V) بالاعتماد على استطاعة المرجل ، و في مشروعنا قمنا باختيار خزان تمدد سعته $(75\ liter)$ من الشركة الألمانية $(Akvaterm)$ طراز $(Ecoangus)$.

خزان تمدد نوعه *Ecoangus* من الشركة الألمانية *Akvaterm*

ثم نحسب قطري أنبوبي الأمان للصاعد و الهابط كما يلي :

- قطر أنبوب الأمان الصاعد :

$$d_1 = 15 + 1{,}5\sqrt{Q_b} \quad [mm]$$

- قطر أنبوب الأمان الهابط :

$$d_2 = 15 + \sqrt{Q_b} \quad [mm]$$

و بالتالي :

$$d_1 = 15 + 1{,}5\sqrt{42{,}5} = 25\ [mm]$$

$$d_2 = 15 + \sqrt{42{,}5} = 22\ [mm]$$

النهاية

الفصل

2

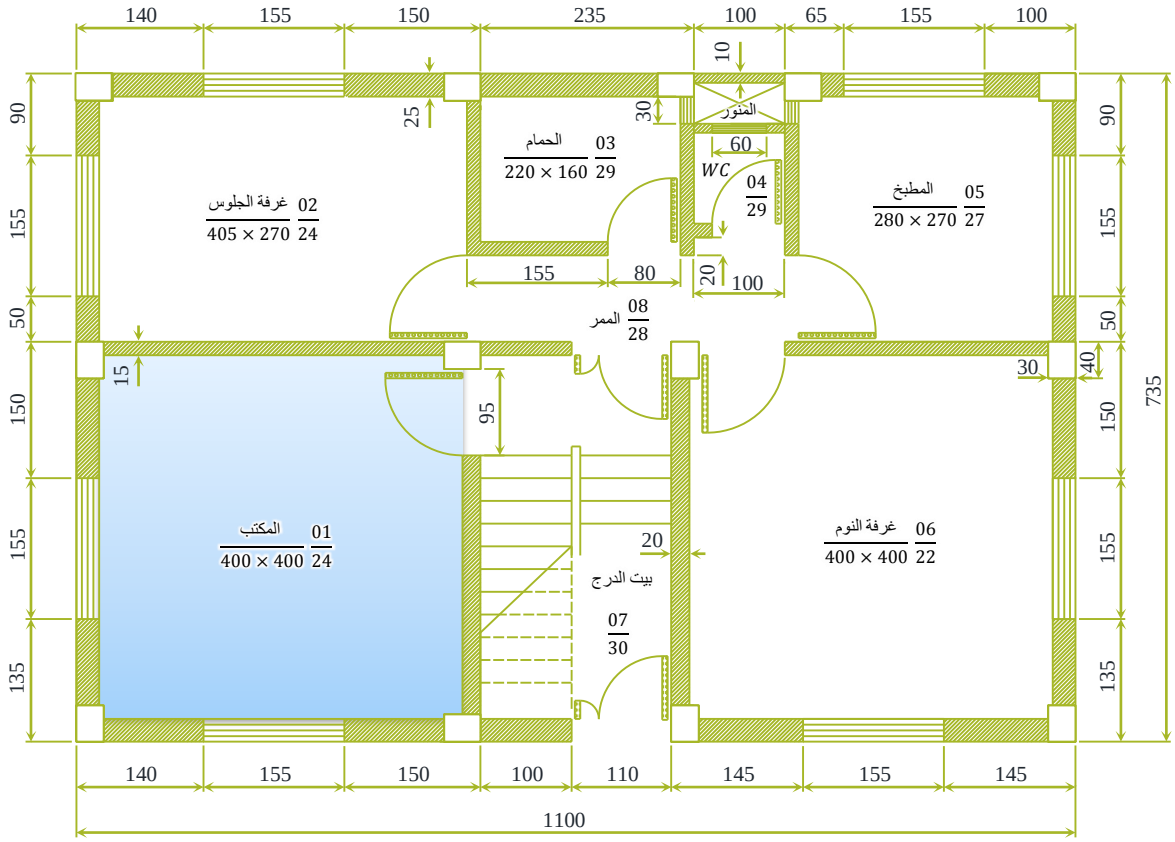
حساب أحمال التبريد لغرفة الدراسة (المكتب)

Cooling Loads Calculations for Studying Room

نص المشروع *Text Project*

المطلـــــوب حساب حمل التبريد لغرفة الدراسة (المكتب) للمبنى السكني السابق الذي درسناه في الفصل الأول الكائن في مدينة حلب حيث يتواجد فيها شخص واحد ، ثم اختيار وحدة التكييف المناسبة .

مخطط المنزل *Home Floor Plan*



معطيات الغرفة المكيفة (غرفة الدراسة)

بارامترات هواء الغرفة المكيفة (المكتب)	
.1 درجة حرارة الهواء الداخلي	$t_r = 24$ [°C]
.2 الرطوبة النسبية للهواء الداخلي	$RH = 50$ [%]

بارامترات الهواء الخارجي المحيط بالمكتب	
.1 درجة حرارة الهواء الخارجي العظمى	$t_{max} = 40$ [°C]
.2 مجال تغير درجات الحرارة اليومي	$\Delta t_m = 11$ [°C]
.3 درجة الحرارة الرطبة للهواء الخارجي	$t_w = 30$ [°C]

معاملات انتقال الحرارة	
.1 السقف	$U = 2{,}590$ $[W/m^2.°C]$
.2 الجدران الخارجية	$U = 2{,}828$ $[W/m^2.°C]$
.3 الجدران الداخلية	$U = 2{,}690$ $[W/m^2.°C]$
.4 الأبواب الداخلية (خشب)	$U = 2{,}2$ $[W/m^2.°C]$
.5 النوافذ الخارجية (زجاج)	$U = 7{,}07$ $[W/m^2.°C]$

معطيات أخرى	
.1 موقع المنزل الجغرافي	عند خط عرض 40 شمالاً
.2 أعلى يوم لمعدلات الحرارة	في يوم 21 تموز
.3 عدد ساعات استخدام الغرفة	$(10\ am \rightarrow 10\ pm)$
.4 نوع المصابيح المستخدمة	مصابيح فلورانتس
.5 شدة الإضاءة في المكتب	$W = 5$ $[W/m^2]$
.6 حمل الأجهزة الكهربائية للمكتب	$Q_{App} = 0{,}5$ $[kW]$
.7 النوافذ من الزجاج العادي بسماكة $(3mm)$ والستائر معدنية فاتحة اللون لها إيطار خشبي	
.8 الأرضية مغطاة بالفينيل و نوع التقسيم بلوك اسمنتي و التظليل داخلي $(half\ to\ none)$	

جداول ASHRAE لحساب كمية الحرارة المنتقلة للغرفة من الجدران و الأسطح و النوافذ الخارجية

- بالاعتماد على معطيات الغرفة المكيفة و بدلالة جداول (ASHRAE) نرتب جدولاً بالبارامترات التي تلزمنا و ذلك للاستفادة منها في حساب كمية الحرارة المنتقلة عبر الجدران و الأسطح و النوافذ الخارجية .
- و بمقارنة المعطيات مع جداول (ASHRAE) نجد أن مواصفات الجدران الخارجية تتفق مع مواصفات الجدران النوعية من الصنف (W3) للمواصفات الأمريكية ، و كذلك نجد أن السقف من النوع (R3) ، و المنطقة من النوع (D) .

خط عرض 40 شمالاً	السقف	الجدارن الخارجية		النوافذ		الإنارة	الأشخاص
		S	W	S	W		
المساحة الصافية $A\ [m^2]$	16	14	14	1,938	1,938		
معامل انتقال الحرارة $U\ [W/m^2.℃]$	2,590	2,828	2,828	7,07	7,07		
فرق درجة حرارة حمل التبريد $CLTD$ [℃]	21	19	12	8	8		
عامل تصحيح الشهر LM	0,5	0,5	0				
عامل تصحيح اللون k	1	0,83	0,83				
عامل التهوية f	1						
عامل التظليل SC				0,55	0,55		
حمل التبريد الشمسي $SCL\ [W/m^2]$				135 × 3,15	32 × 3,15		
عامل استخدام الإنارة F_{ul}						1	
عامل التسامح الخاص F_{sa}						0,3	
عامل حمل التبريد CLF						0,86	0,91
كمية الحرارة المحسوسة $H_{SP}\ [W/Person]$							70
كمية الحرارة الكامنة $H_{LP}\ [W/Person]$							45

حساب حمل التبريد الناتج عن الاشعاع الشمسي عبر الجدران و الأسقف

يتم حساب حمل التبريد من خلال السطوح التي لا تسمح بنفوذ الأشعة الشمسية (الجدران و الأسقف) حسب طريقة فرق درجة حرارة حمل التبريد $(Cooling\ load\ temperature\ difference)$ من العلاقة :

$$Q = U.A.CLTD \quad [W]$$

حيث :

U = عامل الانتقال الحرارة الإجمالي للجدران و الأسقف ، $[W/m^2.°C]$.

A = المساحة الصافية لسطح الجدران و الأسقف ، $[m^2]$.

$CLTD$ = فرق درجة حرارة حمل التبريد ، $[°C]$.

و عند اختلاف الشروط التصميمية للمكان المراد تكييفه يجب أن تصحح قيمة $(CLTD)$ لتصبح قيمة فرق درجة حمل التبريد المصححة $(CLTD_{corr})$ كما يلي :

✓ بالنسبة للأسقف :

$$CLTD_{corr} = [(CLTD + LM)k + (25{,}5 - t_r) + (t_o - 29{,}4)\,]\,f \quad [°C]$$

✓ و بالنسبة للجدران :

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)k + (25{,}5 - tr) + (to - 29{,}4) \quad [°C]$$

حيث :

LM = عامل تصحيح الشهر .

k = عامل تصحيح اللون .

f = عامل التهوية .

t_r = درجة حرارة الغرفة الجافة التصميمية الداخلية ، $[°C]$.

t_o = متوسط درجة الحرارة الجافة التصميمية الخارجية ، $[°C]$.

✓ و تحسب (t_o) كما يلي :

$$t_o = t_{max} - \frac{\Delta t_m}{2} \quad [°C]$$

حيث :

t_{max} = درجة الحرارة العظمى للهواء الخارجي يوم التصميم ، $[°C]$.

Δt_m = مجال تغير درجات الحرارة اليومي ، $[°C]$.

حمل التبريد الناتج عن الاشعاع الشمسي عبر السقف

✓ نحسب متوسط درجة الحرارة الجافة التصميمة الخارجية :

$$t_o = t_{max} - \frac{\Delta t_m}{2}$$
$$t_o = 40 - \frac{11}{2}$$
$$t_o = 34{,}5\ [°C]$$

✓ ثم نحسب بعد ذلك قيمة فرق درجة حمل التبريد المصححة :

$$CLTD_{corr} = [(CLTD + LM)k + (25{,}5 - t_r) + (t_o - 29{,}4)\ ]\ f$$
$$CLTD_{corr} = [(21 + 0{,}5) \times 1 + (25{,}5 - 24) + (34{,}5 - 29{,}4)\ ] \times 1$$
$$CLTD_{corr} = 28{,}1\ [°C]$$

✓ و أخيراً نحسب حمل التبريد الناتج عن الإشعاع الشمسي عبر السقف :

$$Q_{Roof} = U.A.CLTD_{corr}$$
$$Q_{Roof} = 2{,}590 \times 16 \times 28{,}1$$
$$\boxed{Q_{Roof} = 1164\ [W]}$$

حمل التبريد الناتج عن الاشعاع الشمسي عبر الجدران الخارجية

✓ نحسب قيمة فرق درجة حمل التبريد المصححة للجدار الجنوبي (S) :

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)k + (25{,}5 - t_r) + (t_o - 29{,}4)$$
$$CLTD_{corr} = (19 + 0{,}5) \times 0{,}83 + (25{,}5 - 24) + (34{,}5 - 29{,}4)$$
$$CLTD_{corr} = 22{,}8\ [°C]$$

✓ ثم نحسب قيمة فرق درجة حمل التبريد المصححة للجدار الغربي (W) :

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)k + (25{,}5 - t_r) + (t_o - 29{,}4)$$
$$CLTD_{corr} = (12 + 0) \times 0{,}83 + (25{,}5 - 24) + (34{,}5 - 29{,}4)$$
$$CLTD_{corr} = 18{,}6\ [°C]$$

✓ و أخيراً نحسب حمل التبريد الناتج عن الإشعاع الشمسي عبر الجدار الجنوبي :

$$Q_{South\ Wall} = U.A.CLTD_{corr}$$
$$Q_{South\ Wall} = 2{,}828 \times 14 \times 22{,}8$$
$$Q_{South\ Wall} = 903\ [W]$$

✓ و أيضاً نحسب حمل التبريد الناتج عن الإشعاع الشمسي عبر الجدار الغربي :

$$Q_{West\ Wall} = U.A.CLTD_{corr}$$
$$Q_{West\ Wall} = 2{,}828 \times 14 \times 18{,}6$$
$$Q_{West\ Wall} = 736\ [W]$$

☜ إذاً يكون حمل التبريد الناتج عن الإشعاع الشمسي عبر الجداران الخارجية :

$$Q_{Walls} = Q_{South\ Wall} + Q_{West\ Wall}$$
$$Q_{Walls} = 903 + 736$$
$$Q_{Walls} = 1639\ [W]$$

إذاً فحمل التبريد الناتج عن الاشعاع الشمسي عبر الجدران و الأسقف

$$Q_1 = Q_{Roof} + Q_{Walls}$$
$$Q_1 = 1164 + 1639$$
$$Q_1 = 2803\ [W]$$

حساب حمل التبريد الناتج عن الاشعاع الشمسي عبر الأبواب و النوافذ الزجاجية

إن كمية الحرارة الإجمالية المنتقلة عبر الزجاج تساوي إلى مجموع كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل نتيجة الاختلاف بين درجة الحرارة الداخلية و الخارجية و كمية الحرارة المنتقلة نتيجة الطاقة الشمسية الممتصة والمنتقلة إلى الداخل .

أي إن الكسب الحراري الكلي من خلال الزجاج يساوي إلى مجموع الكسب الحراري بالتوصيل والكسب الحراري بالإشعاع (الممتص و المنتقل)

الكسب الحراري بالتوصيل

✍ يتم حساب الكسب الحراري بالتوصيل من خلال الزجاج مباشرة من العلاقة :

$$Q = U.A.CLTD \quad [W]$$

حيث :

U = عامل الانتقال الحرارة الإجمالي للزجاج ، $[W/m^2.℃]$.

A = المساحة الصافية للزجاج ، $[m^2]$.

$CLTD$ = فرق درجة حرارة حمل التبريد ، $[℃]$.

☜ و عند اختلاف الشروط التصميمة للمكان المراد تكييفه يجب أن تصحح قيمة $(CLTD)$ لتصبح قيمة فرق درجة حمل التبريد المصححة $(CLTD_{corr})$ كما يلي :

$$CLTD_{corr} = CLTD + (25{,}5 - t_r) + (t_o - 29{,}4) \quad [℃]$$

✓ لذلك نحسب قيمة فرق درجة حمل التبريد المصححة للنافذتين الجنوبية (S) و الغربية (S) :

$$CLTD_{corr} = CLTD + (25{,}5 - t_r) + (t_o - 29{,}4)$$
$$CLTD_{corr} = 8 + (25{,}5 - 24) + (34{,}5 - 29{,}4)$$
$$CLTD_{corr} = 14{,}6 \ [℃]$$

☜ وبالتالي يكون حمل التبريد لزجاج النافذتين الجنوبية والغربية الناتج عن الكسب الحراري بالتوصيل :

$$Q_{Windows} = 2 \times (U.A.CLTD_{corr})$$
$$Q_{Windows} = 2 \times (7{,}07 \times 1{,}938 \times 14{,}6)$$
$$Q_{Windows1} = 400 \ [W]$$

الكسب الحراري الشمسي

✍ أمّا الكسب الحراري بالاشعاع الشمسي من خلال الزجاج فيحسب من العلاقة التالية :

$$Q = A.SC.SCL \quad [W]$$

حيث :

A = المساحة الصافية للزجاج ، $[m^2]$.

SC = عامل التظليل $(Shading\ Coefficient)$.

SCL = عامل حمل التبريد الشمسي $(Solar\ Cooling\ load\ Factor)$ ، $[W/m^2]$.

✓ إذاً فحمل التبريد لزجاج النافذة الجنوبية الناتج عن الكسب الحراري بالاشعاع :

$$Q_{South\ Windowes} = A.SC.SCL$$
$$Q_{South\ Windowes} = 1{,}938 \times 0{,}55 \times (32 \times 3{,}154)$$
$$Q_{South\ Window} = 108\ [W]$$

✓ و أيضاً يكون حمل التبريد لزجاج النافذة الغربية الناتج عن الكسب الحراري بالاشعاع :

$$Q_{West\ Windowes} = A.SC.SCL$$
$$Q_{West\ Windowes} = 1{,}938 \times 0{,}55 \times (135 \times 3{,}154)$$
$$Q_{West\ Window} = 454\ [W]$$

☜ و بالتالي يكون حمل التبريد لزجاج النافذتين الناتج عن الكسب الحراري بالاشعاع :

$$Q_{Windows} = Q_{South\ Window} + Q_{West\ Window}$$
$$Q_{Windows} = 108 + 454$$
$$Q_{Windows2} = 562\ [W]$$

إذاً فحمل التبريد الناتج عن الاشعاع الشمسي عبر الأبواب و النوافذ الزجاجية

$$Q_2 = Q_{Windows1} + Q_{Windows2}$$
$$Q_2 = 400 + 562$$
$$Q_2 = 962\ [W]$$

حساب حمل التبريد الناتج عن الانتقال الحراري عبر الجدران الداخلية و السقف و الأرضية

✍ يتم حساب حمل التبريد الناتج عن انتقال الحرارة عبر الحواجز الداخلية (جدار – سقف – أرضية) من العلاقة :

$$Q = U.A.(t_b - t_r) \quad [W]$$

حيث :

U = عامل الانتقال الحرارة للحاجز ، $[W/m^2.℃]$.

A = مساحة سطح الحاجز ، $[m^2]$.

t_b = درجة حرارة الهواء في المكان المجاور ، $[℃]$.

t_i = درجة حرارة الهواء في المكان المكيف ، $[℃]$.

أحمال الحواجز الداخلية للمكتب عند درجة حرارة خارجية وسطية $t_o = 34,5$ $[℃]$

الحاجز *structure*	الاتجاه *Direction*	العدد *No. Off*	الأبعاد *Dimensions*			المساحة *Area*		عامل انتقال الحرارة الإجمالي $U\ [W/m^2.℃]$	فرق درجات الحرارة $\Delta t\ [℃]$	الحمل الحراري $Q_t\ [W]$	مجموع الأحمال الحرارية $\Sigma Q_t\ [W]$
			الطول *Length* $[m]$	الارتفاع *High* $[m]$	العرض *Wide* $[m]$	القائمة *Gross* $[m^2]$	الصافية *Net* $[m^2]$				
نافذة خارجية ***Ex.wind***	*S*	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	16	219	2796
جدار خارجي ***Ex.wall***	*S*	1	4	3,5	-	14	12,0625	2,828	16	546	
نافذة خارجية ***Ex.wind***	*W*	1	1,55	1,25	-	1,9375	1,9375	7,07	16	219	
جدار خارجي ***Ex.wall***	*W*	1	4	3,5	-	14	12,0625	2,828	16	546	
جدار داخلي ***In.wall***	*N*	1	4	3,5	-	14	14	2,69	0	0	
باب داخلي ***In.door***	*E*	1	0,95	2	-	1,9	1,9	2,2	6	25	
جدار داخلي ***In.wall***	*E*	1	4	3,5	-	14	12,1	2,69	6	195	
سقف ***roof***	-	1	4	-	4	16	16	2,59	16	663	
أرضية ***floor***	-	1	4	-	4	16	16	1,992	12	382	

إذاً فحمل التبريد الناتج عن الانتقال الحراري عبر الجدران الداخلية و السقف و الأرضية

$$Q_3 = \Sigma Q_t$$
$$Q_3 = 2796\ [W]$$

حساب حمل التبريد الناتج عن وجود مصادر حرارية داخلية ضمن المكان المكيف

حمل الإنارة

إن حساب حمل التبريد نتيجة أجهزة الإنارة يجب أن يكـون دقيقـاً لأن حمل التبريد يتعلق بنوع البناء و المفروشات داخله بالإضافة إلى طريقة إرسال الهواء في المكان المكيف .

✍ يتم حساب حمل التبريد (Q_{Light}) الناتج عن الإنارة من العلاقة :

$$Q_{Light} = W.F_{ul}.F_{sa}.CLF \quad [W]$$

حيث :

W = شدة الإضاءة ، $[W]$.

F_{ul} = عامل استخدام الإنارة $(Lighting\ Use\ Factor)$.

F_{sa} = عامل التسامح الخاص $(Special\ Allowance\ Factor)$.

CLF = عامل حمل التبريد $(Cooling\ load\ Factor)$.

و بالتالي :

$$Q_{Light} = W.F_{ul}.F_{sa}.CLF$$

$$Q_{Light} = 5 \times 1 \times 1{,}3 \times 0{,}86$$

$$Q_{Light} = 6\ [W]$$

حمل الأجهزة الكهربائية

✍ يتم حسـاب حمل الأجهزة الكهربائية (Q_{App}) الناتج عن المحركات الكهربائية و الآلات و المعدات الكهربائية المتنوعة بالعلاقة :

$$Q_{App} = \sum Power \quad [W]$$

حيث :

$\sum Power$ = مجموع القدرات الكهربائية للأجهزة المستخدمة في المكان المكيف ، $[W]$.

و هو معطى بنص المشروع :

$$Q_{App} = 0{,}5\ [kW] = 500\ [W]$$

حمل الأشخاص

يفقد جسم الإنسان باستمرار الطاقة على شكل (حرارة محسوسة) تنتقل بالاشعاع و الحمل و كذلك يطرح بخار الماء (حرارة كامنة) عن طريق التنفس و التعرق .

يتم حساب حمل التبريد الناتج عن الكسب الحراري المحسوس للأشخاص (Q_{SP}) بالعلاقة التالية :

$$Q_{SP} = N_P . H_{SP} . CLF \quad [W]$$

و كذلك يتم حساب حمل التبريد الناتج عن الكسب الحراري الكامن للأشخاص (Q_{LP}) بالعلاقة :

$$Q_{LP} = N_P . H_{LP} \quad [W]$$

فيكون حمل التبريد الناتج عن الكسب الحراري الكلي للأشخاص (Q_P) بالعلاقة التالية :

$$Q_P = Q_{SP} + Q_{LP} \quad [W]$$

حيث :

N_P = عدد الأشخاص الموجودين في المكان المكيف .

H_{SP} = كمية الحرارة المحسوسة للشخص الواحد ، $[W/Person]$.

H_{LP} = كمية الحرارة الكامنة للشخص الواحد ، $[W/Person]$.

CLF = عامل حمل التبريد .

نحسب :

$$Q_{SP} = N_P . H_{SP} . CLF$$

$$Q_{SP} = 1 \times 70 \times 0{,}91$$

$$Q_{SP} = 64\ [W]$$

و نجد :

$$Q_{LP} = N_P . H_{LP}$$
$$Q_{LP} = 1 \times 45$$
$$Q_{LP} = 45\ [W]$$

و بالتالي :

$$Q_P = Q_{SP} + Q_{LP}$$
$$Q_P = 64 + 45$$
$$Q_P = 109\ [W]$$

إذاً فحمل التبريد الناتج عن وجود مصادر حرارية داخلية ضمن المكان المكيف

$$Q_4 = Q_{Light} + Q_{App} + Q_P$$
$$Q_4 = 6 + 500 + 109$$
$$Q_4 = 615\ [W]$$

حساب حمل التبريد الناتج عن هواء التسرب و التهوية

ينتج تسـرب الهواء إلى الحيز من خلال الخلوص بين الأبواب و النوافذ و الجدران نتيجة سـرعة الهواء و فرق درجات الحرارة و أيضـاً عند فتح الأبواب ، أما التهوية فهي إدخال كمية من الهواء إلى المكان المكيف لتقليل نسبة ثاني أكسيد الكربون و التخلص من الروائح و التلوث في المكان المراد تكييفه .

يتم حساب حمل التبريد المحسوس (Q_S) الناتج عن هواء التسرب و التهوية بالعلاقة التالية :

$$Q_S = 1{,}23 \times (V_{VE} + V_{IN}) \times (t_o - t_r) \quad [W]$$

و كذلك يتم حساب حمل التبريد الكامن (Q_L) الناتج عن هواء التسرب و التهوية بالعلاقة التالية :

$$Q_L = 3010 \times (V_{VE} + V_{IN}) \times (w_o - w_r) \quad [W]$$

و أيضاً يتم حساب حمل التبريد الكلي (Q_T) الناتج عن هواء التسرب و التهوية بالعلاقة التالية :

$$Q_T = Q_S + Q_L \quad [W]$$

أو من العلاقة :

$$Q_T = 1{,}21 \times (V_{VE} + V_{IN}) \times (h_o - h_r) \quad [W]$$

حيث :

$(t_o - t_r)$ = فرق درجات الحرارة بين الهواء الخارجي و الداخلي ، $[°C]$.

$(w_o - w_r)$ = فرق الرطوبة النوعية بين الهواء الخارجي و الداخلي ، $[kg/kg_{dry\ air}]$.

$(h_o - h_r)$ = فرق الإنتالبي بين الهواء الخارجي و الداخلي ، $[kJ/kg_{dry\ air}]$.

V_{VE} = تدفق هواء التهوية (من الخارج إلى الداخل) ، $[Liter/sec]$.

و يحسب التدفق (V_{VE}) من العلاقة :

$$V_{VE} = N_P . V_{ve/p} \quad [Liter/sec]$$

V_{IN} = تدفق هواء التسرب (من الداخل إلى الخارج) ، $[Liter/sec]$.

و يحسب التدفق (V_{IN}) من العلاقة :

$$V_{IN} = \frac{V_r \times \xi \times 1000}{3600} \quad [Liter/sec]$$

حيث أيضاً :

N_P = عدد الأشخاص الموجودين في المكان المكيف .

$V_{ve/p}$ = تدفق الهواء الحجمي للشخص الواحد من هواء التهوية الخارجي ، $[L/s]$.

V_r = حجم الغرفة اللازم للتكييف ، $[m^3]$.

ξ = عامل عدد مرات تغيير الهواء بالساعة ، $[1/h]$.

بداية نحسب تدفق هواء التهوية :

$$V_{VE} = N_P . V_{ve/p}$$

$$V_{VE} = 1 \times 10$$

$$V_{VE} = 10 \ [Liter/sec]$$

و من ثم نوجد تدفق هواء التسرب :

$$V_{IN} = \frac{V_r \times \xi \times 1000}{3600}$$

$$V_{IN} = \frac{56 \times 0{,}75 \times 1000}{3600}$$

$$V_{IN} = 11{,}7\ [Liter/sec]$$

و أخيراً نوجد أحمال التبريد المحسوسة لهواء التسرب و التهوية :

$$Q_S = 1{,}23 \times (V_{VE} + V_{IN}) \times (t_o - t_r)$$

$$Q_S = 1{,}23 \times (10 + 11{,}7) \times (34{,}5 - 24)$$

$$Q_S = 280\ [W]$$

و كذلك نوجد أحمال التبريد الكامنة لهواء التسرب و التهوية :

$$Q_L = 3010 \times (V_{VE} + V_{IN}) \times (w_o - w_r)$$

$$Q_L = 3010 \times (10 + 11{,}7) \times (0{,}0263 - 0{,}0095)$$

$$Q_L = 1097\ [W]$$

و أيضاً نوجد أحمال التبريد الكلية لهواء التسرب و التهوية :

$$Q_T = Q_S + Q_L$$

$$Q_T = 280 + 1097$$

$$Q_T = 1377\ [W]$$

أو نتأكد من العلاقة :

$$Q_T = 1{,}21 \times (V_{VE} + V_{IN}) \times (h_o - h_r)$$

$$Q_T = 1{,}21 \times (10 + 11{,}7) \times (100 - 47{,}5)$$

$$Q_T = 1378\ [W]$$

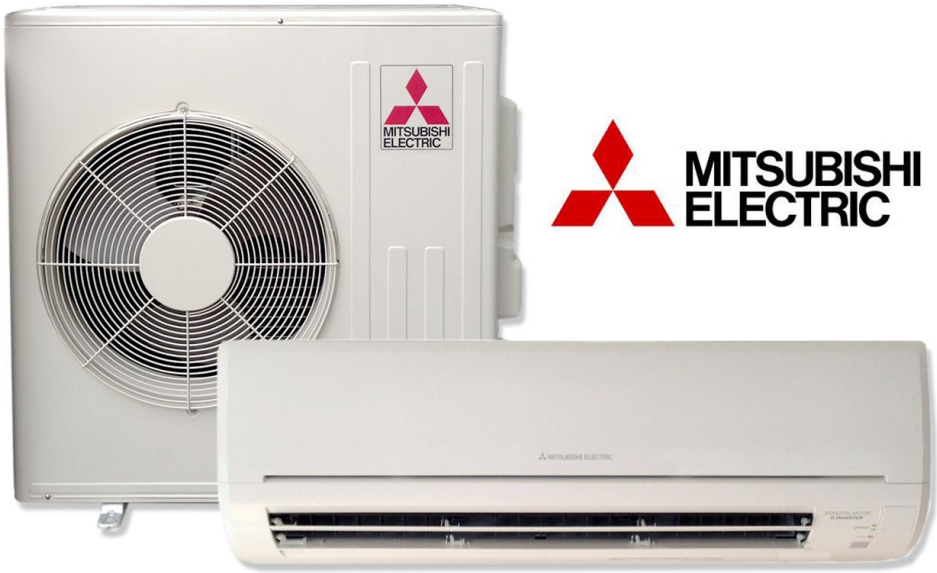
إذاً فحمل التبريد الناتج عن هواء التسرب و التهوية

$$Q_5 = Q_T$$

$$Q_5 = 1377\ [W]$$

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$ $Q = 2803 + 962 + 2796 + 615 + 1377\ [W]$ $Q = 8553\ [W] = 8{,}55\ [kW]$ $Q = \frac{8{,}553}{3{,}5} = 2{,}44\ [refrigeration\ ton]$	**حمل التبريد الاجمالي للمكتب**

إذاً و بالاعتماد على حمل التبريد نختار وحدة تكييف طراز $MSZGE33VA$ من شركة $Mitsubishi$ اليابانية .



النـهاية
(The End)

Faculty of Tech5nical Engineering 2015

Residential home heating project in the city of Aleppo

Preparation : Student Muhammad Abdallah Al-Hassan Al-Ali

Supervision : Doctor Hassan Ali & Engineer Rama Al-Sheikh