وتجدر الإشارة إلى أن كفاءة هذه الطريقة فى التدفئة تتأثر بشدة ، وتنخفض كثيرًا فى الجو الملبد بالغيوم ، الأمر الذى يدعو إلى تجهيز البيت بنظام تدفئة احتياطى كمواقد الكيروسين مثلًا (عرقاوى ١٩٨٤) .

كما يستفاد من الطاقة الشمسية فى تدفئة نوع من البيوت المحمية يطلق عليها اسم Solar Green houses . وقد انشئت أول مجموعة من هذه البيوت بمعهد الأبحاث الزراعية الوطنى (INRA) فى Montfavet بفرنسا ، وهى بيوت زجاجية تتكون أسقفها من طبقتين من الزجاج : العلوية منهما زجاج عادى ، والسفلية عبارة عن نوع خاص يمتص الأشعة تحت الحمراء . ويمر على طبقة الزجاج السفلية تيار مستمر من الماء يقوم بامتصاص الحرارة نهارًا ، ويستخدم فى التدفئة ليلًا ، ويحفظ الماء فى مخازن تحت الأرض خارج البيت . وعندما تتغير حرارة الماء بدرجة كبيرة ، فإنه يخلط بماء جوفى يسحب أولًا بأول بطلمبات خاصة ، علمًا بأن حرارة الماء الأرضى تتراوح دائمًا من ١٢ – ١٥°م .

وبهذه الطريقة لا تحتاج هذه البيوت إلى أية تدفئة أو تبريد ، ولكن المحصول يقل فيها قليلًا ، نظرًا لضعف شدة الإضاءة بها شتاءً .

٢ – ٢ – ٦ : التدفئة بالأشعة تحت الحمراء

يؤدى استخدام الأشعة تحت الحمراء فى التدفئة إلى رفع درجة حرارة النباتات فقط ، مع بقاء هواء البيت باردًا ، لكن تظهر اختلافات فى درجة الحرارة بين أجزاء النبات الواحد ، لأن الأجزاء المظللة لا تصلها الأشعة ، وتبقى باردة . وبالمقارنة بالطرق الأخرى للتدفئة ، فإن هواء البيت – فى حالة التدفئة بالأشعة تحت الحمراء – يكون أبرد ، وتكون رطوبته النسبية أعلى (Knies & Breuer ١٩٨٠) . وقد ناقش Challa (١٩٨٠) تأثير استخدام الأشعة تحت الحمراء فى تدفئة البيوت المحمية على المحاصيل المختلفة من عدة جوانب ، منها الاختلافات فى درجات حرارة الهواء والتربة والنبات ، والعلاقات المائية .

٢ – ٣ : طرق التبريد

تعد البيوت المحمية المبردة ضرورة لا غنى عنها لإنتاج الخضروات خلال شهور الصيف فى بعض دول العالم ، والتى من أمثلتها دول الخليج العربى التى يزيد المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى فى معظم أرجائها عن ٤٠°م خلال الفترة من مايو حتى سبتمبر . وقد تصل درجة الحرارة العظمى فى بعض أيام الصيف إلى ٤٨ – ٥٠°م ، وهو الأمر الذى يستحيل معه إنتاج معظم محاصيل الخضر فى الحقول المكشوفة ، فضلًا عن انخفاض الرطوبة النسبية فى المناطق الداخلية البعيدة عن السواحل إلى مستويات تقل غالبًا عن ١٥٪ ، وهى دون الحد المناسب للنمو النباتى ، والتلقيح ، وعقد الثمار . وحتى يمكن إنتاج الخضر خلال هذه الأشهر الشديدة الحرارة فى هذه المناطق ، فإنه يتعين خفض درجة الحرارة بمقدار ١٥°م ، ورفع الرطوبة النسبية إلى نحو ٧٠ – ٨٠٪ ، ولا يتأتى ذلك إلا داخل البيوت المحمية المبردة .

هذا .. وتتبع طريقتان رئيسيتان فى تبريد البيوت المحمية هما : التبريد بالرذاذ أو الضباب ، والتبريد بمبردات الهواء . أما التبريد بمكيفات الهواء ، فلا يصلح للإنتاج التجارى للخضر ، نظرًا لارتفاع تكاليفه ، ولكنه قد يستخدم فى البيوت المتخصصة للبحوث العلمية .

٢ – ٣ – ١ : التبريد بالرذاذ أو الضباب

يعرف نظام التبريد بالرذاذ أو الضباب mist باسم « التضبيب » misting . ويتم فى هذه الطريقة ضخ الماء فى ضغط مرتفع لا يقل عن ٤٢ كجم/سم² (٦٠٠ رطل/ بوصة²) فى أنابيب تثبت أعلى مستوى النباتات ، حيث يخرج الماء من بشابير خاصة على شكل رذاذ دقيق جدًا يشبه الضباب (شكل ٢ – ٦) ، فيتبخر بسهولة ، وبالتالى تنخفض درجة الحرارة ، كما ترتفع الرطوبة النسبية ، ويلزم لنجاح هذه الطريقة أن تتوفر كميات كبيرة من الماء الخالى تقريبًا من الأملاح .

هذا .. وقد يستعمل نظام التبريد بالضباب منفردًا ، كما هو الحال فى المناطق المعتدلة ، أو مع نظام التبريد بمبردات الهواء فى المناطق الشديدة الحرارة . ففى المناطق المعتدلة يفيد الضباب فى تلطيف جو البيت وخفض درجة الحرارة بعد الظهيرة حين لا تكون التهوية كافية بمفردها لخفض حرارة البيت . كما يساعد الضباب على زيادة الرطوبة النسبية إلى الدرجة التى تسمح بالعقد الجيد لثمار بعض المحاصيل كالقاوون . أما فى المناطق الحارة ، فإن الضباب يساعد مع مبردات الهواء فى إحداث خفض أكبر فى درجة الحرارة ، نظرًا لأن المبردات قد لا تكفى بمفردها فى الفترات الشديدة الحرارة . ويستفاد من ذلك أنه ينصح بتركيب نظام « التضبيب » فى جميع البيوت المحمية فى المناطق المعتدلة والحارة على حد سواء .

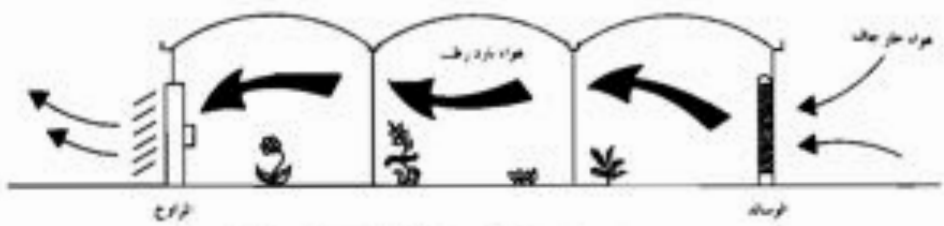
هذا ويمكن الاستفادة من نظام التبريد بالضباب فى تزويد النباتات بجزء من مياه الرى التى تلزمها . وقد لا تروى النباتات إلا بالرذاذ ، لكن يعاب على هذه الطريقة أن أرض البيت تصبح موحلة . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بفرش الممرات بالبلاستيك أو بالزراعة فى بالات القش المضغوط (انظر الجزء ٤ – ٦) .

شكل ٢ – ٦ : التبريد بـ « التضبيب » (رذاذ الماء الشبيه بالضباب) .

٢ - ٣ - ٢ : التبريد بمبردات الهواء

يطلق على نظام التبريد بمبردات الهواء Air Coolers اسم التبريد الصحراوى ، أو نظام المروحة والوسادة Fan and Pad System .

يعتمد التبريد فى هذه الطريقة على تبخر الماء من وسائد pads مبتلة عن طريق إجبار تيار من الهواء بالمرور من خلالها . يتم إيصال منظم للحرارة بمروحة كبيرة توجد فى أحد جانبى البيت ، بينما توجد الوسائد فى الجانب الآخر . وعند وصول درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به يقوم المنظم بتشغيل كل من مروحة ومضخة ماء . تقوم المضخة بدفع تيار من الماء أعلى الوسائد لجعلها رطبة بصفة دائمة ، بينما يؤدى تشغيل المروحة إلى إحداث تفريغ داخل البيت ، يتبعه اندفاع الهواء من خلال الوسائد المبتلة ، حيث يتبخر جزء من الماء ، وبالتالى يكون الهواء الداخل للبيت باردًا أو رطبًا (شكل ٢ - ٧) . أما الماء الذى لا يتبخر ، فإنه يتجمع أسفل الوسادة ليتم ضخه مرة أخرى ... وهكذا.



شكل ٢ - ٧ : مسار الهواء فى البيوت المبردة بنظام المروحة والوسادة .

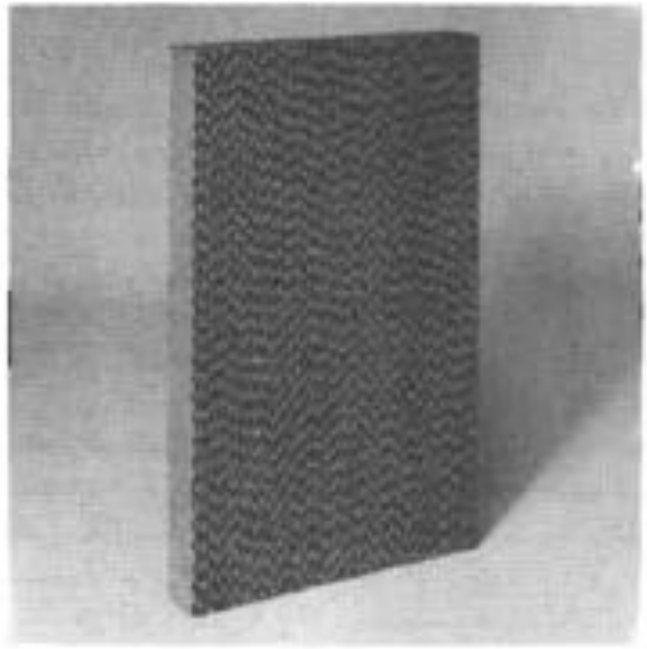
ويتم التبريد فى هذا النظام على أساس أن تبخر الماء تستلزمه طاقة ، وأن هذه الطاقة تؤخذ من الوسادة أو الهواء المحيط بها ، وعليه .. تنخفض درجة حرارة الهواء الداخل إلى البيت عن الجو الخارجى ، وقد يصل الفرق فى درجة الحرارة بين الهواء الداخل إلى الوسادة والهواء الخارج منها إلى ٦ - ١٤°م ، لكن ترتفع درجة حرارة الهواء الذى يمر خلال البيت تدريجيًا ، ويقدر الفرق بين درجتى الحرارة عند الوسادة وعند المروحة بنحو ٣ - ٤ درجات مئوية (شكل ٢ - ٨) .

الوســـائد Pads

كانت الوسائد تصنع من أكياس شبكية مملوءة بأية مادة ماصة للماء وذات سطح كبير ، مثل القش ، أو « برى » الخشب ، أو ما شابه ذلك من المواد ، إلّا أن هذه النوعية لم يعد لها استعمال كبير فى الوقت الحاضر ، نظرًا لضعف كفاءتها ، وضرورة تغييرها سنويًا . أما الوسائد الحديثة ، فإنها تتكون من ورق سيليلوزى معرج ، ومشبع بأملاح غير ذائبة ، وبمواد تزيد من صلابة الورق مع بعض المواد التى تساعد على البلل (شكل ٢ - ٩) . وتستخدم هذه الوسائد لمدة ١٠ سنوات أو أكثر . وهى تتوفر بسمك يتراوح من ١٠ - ٣٠ سم ، علمًا بأن زيادة السمك تعنى نقص المسطح العام للوسادة الذى يجب توفره لتحقيق التبريد اللازم . وتزيد كفاءة هذه النوعية من الوسائد كثيرًا عن كفاءة الوسائد التى تملأ بالمواد الماصة . فبينما نجد أنه تلزم قدم مربع واحد من سطح وسادة عادية

لكل ١٥٠ قدم مكعب من الهواء المار خلالها فى الدقيقة ، نجد أن نفس المساحة من الوسائد الجديدة تحتاج ١٠ سم تكفى لكل ٢٥٠ قدم مكعب من الهواء المار خلالها فى الدقيقة .

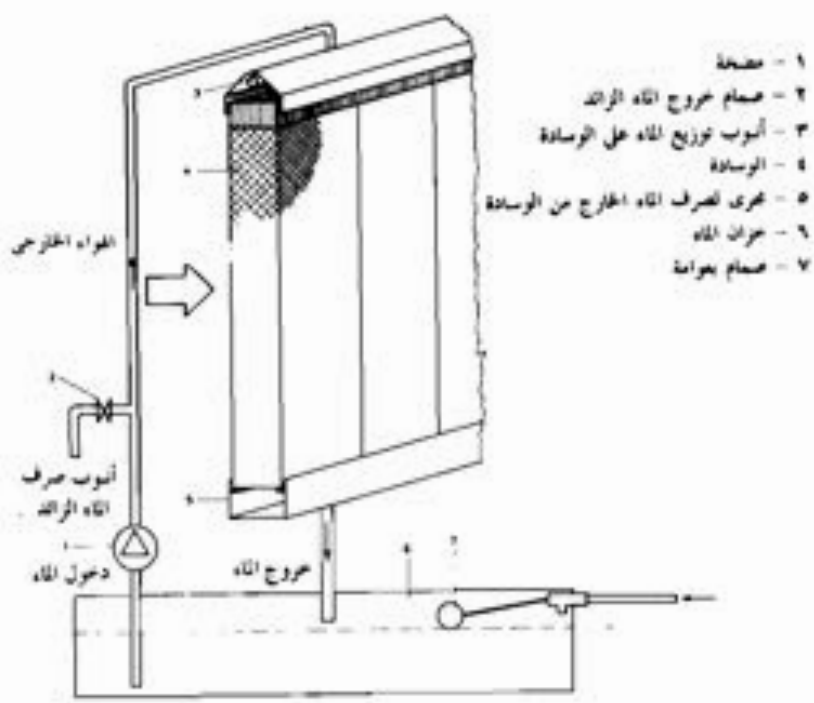
شكل ٢ - ٨ : التغيرات فى درجة حرارة الهواء المار خلال البيوت المزودة بنظام الرطوبة والوسادة .



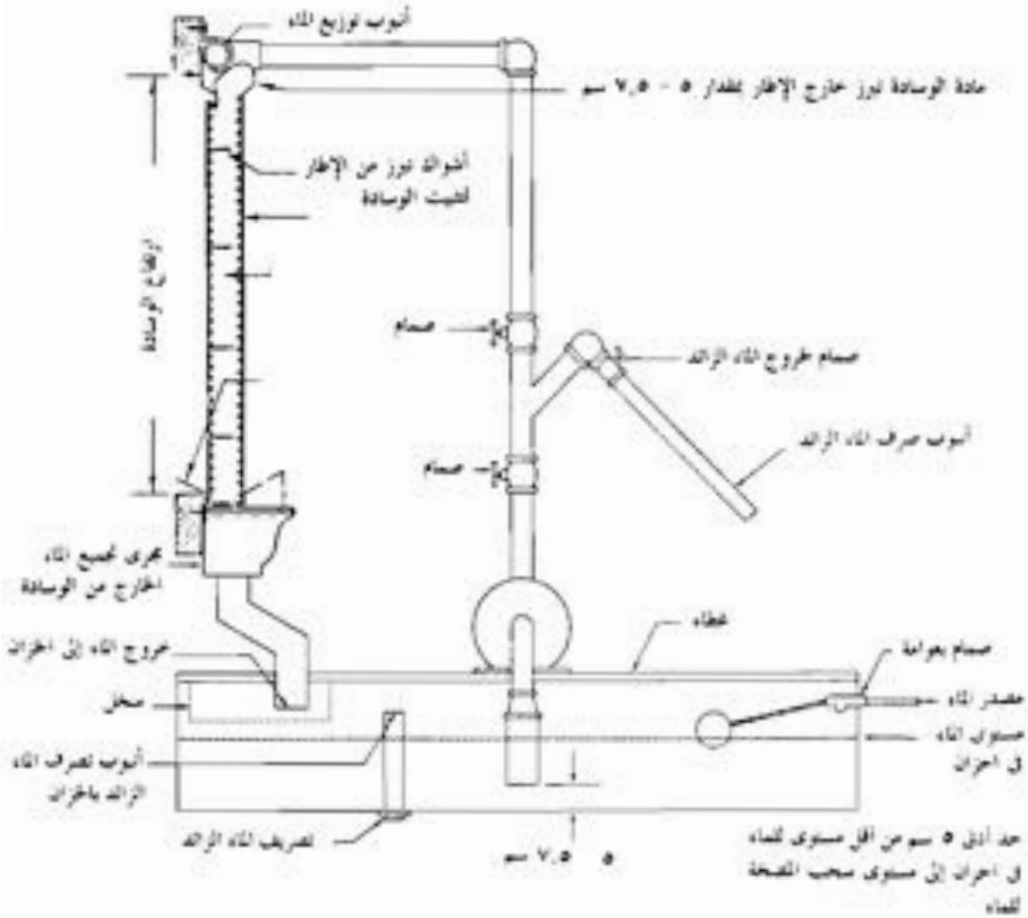
شكل ٢ - ٩ : أحد الأنواع الحديثة من الوسائد pads المستخدمة فى التبريد (شركة Munters - السويد) .

هذا .. ويوضح شكل (٢ – ١٠) التركيب العام للوسادة ، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد . أما شكل (٢ – ١١) ، فيبين التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها . ويصل الماء إلى الوسادة من خلال أنبوبة (بلاستيكية غالبًا) تثبت أفقيًا أعلى الوسادة وبامتداد طولها تكون هذه الأنبوبة مسدودة من طرفيها ، وتوجد بأسفلها ثقوب كل نحو ١٠ سم ، وتتصل من منتصفها بمصدر الماء . ولا يجوز أن يصلها الماء من أى موقع آخر ، خاصة عندما يزيد طول الوسادة عن ٢٢ مترًا . وتوضع مصفاة أسفل الأنبوبة لتوزيع الماء بتجانس قبل أن يسقط على الوسادة . وقد لا توجد مثل هذه المصفاة ، لكن يجب أن تكون ثقوب الأنبوبة فى هذه الحالة متقاربة بدرجة تسمح بحسن توزيع الماء على الوسادة بانتظام . وتثبت الوسادة أسفل المصفاة فى وضع رأسى . ونظرًا لأن الوسادة تتمدد بالبلل وتنكمش بالجفاف ، فإنها توضع داخل شبكة سلكية . كما يوجد مجرى أسفل الوسادة لتلقى الماء الزائد الذى ينتقل بعد ذلك إلى خزان للماء يوجد أسفل المجرى ، وهو الذى يضخ فيه الماء إلى أعلى الوسادة . ويغطى السطح العلوى لهذا المجرى حتى لا تتجمع به أية بقايا أو شوائب .

هذا .. ويعوض الماء الذى ينقص من الخزان باستمرار بمعدل يوازى كمية الماء المتبخرة ، وهى التى قد تصل إلى جالون فى الدقيقة لكل ١٠٠ قدم مربع من الوسادة فى يوم حار جاف . ويتم تزويد الخزان بالماء من فتحة يتحكم فيها صمام « بعوامة » . هذا .. ومن المفضل تزويد النظام بمرشح للماء يوضع قبل المضخة ، ويمكن تنظيفه بإعادة مرور الماء من خلاله فى الاتجاه العكسى flushable filter .

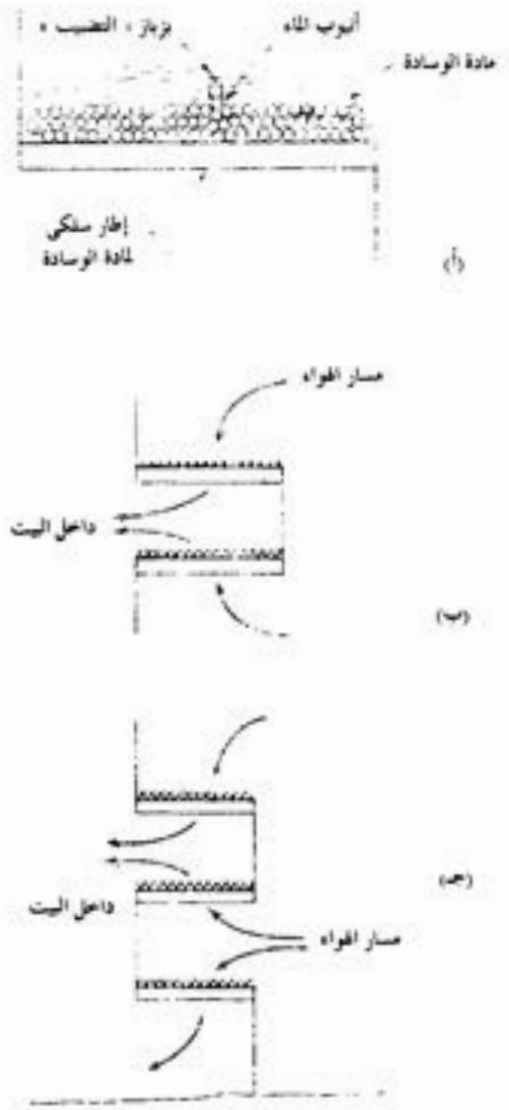


شكل ٢ – ١٠ : التركيب العام للوسادة ، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد .



شكل ٢ ١١ : التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

كما توجد وسائد أفقية توضع فيها مواد ، مثل الفيرميكيوليت أو « بروة » الخشب على شبكة سلكية لتعمل كمسطح للتبخر مع السماح بمرور الهواء من خلالها . ويحافظ على الوسادة رطبة باستمرار بواسطة « التقطيب » (شكل ٢ - ١٢ أ) . كما قد يوجد عدد من الوسائد الأفقية التي تثبت فوق بعضها على جانب البيت من الخارج (شكل ٢ - ١٢ ب) .



شكل ٢ - ١٢ : الوسائد الأفقية . (أ) وسادة من مواد ذات سطح ماص وكبير ، مثل الفيرميكيوليت أو بروة الخشب (ب) طبقتان من الوسائد العادية بوضع أفقي (جـ) ثلاث طبقات من الوسائد العادية بوضع أفقي (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

المروحة Fan

يجب أن تثبت المروحة (شكل ٢ – ١٣) فى جانب البيت الذى لا يواجه الرياح ، فى حين تكون الوسادة فى الجانب المواجه للرياح ، حتى تكون الرياح مساعدة لعمل المروحة ، وليست معاكسة لها . وإذا تعذر ذلك ، فلا بد من زيادة كفاية المروحة بمقدار ١٠٪ . أما إذا وجد عدد من البيوت المتجاورة ، فإن اتجاه الرياح لا يكون عاملًا مهمًّا إلا بقدر ما تكون مراوح إحدى مجموعتى البيوت غير مقابلة لوسائد المجموعة المجاورة ، لأن ذلك يؤدى إلى طرد الهواء الساخن من المجموعة الأولى ليدخل فى البيوت المجاورة . ويحسن فى هذه الحالة أن تكون وسائد مجموعتى البيوت متقابلة (شكل ٢ – ١٤) ، لكن هذه المشكلة تقل تدريجيًّا بزيادة المسافة بين مجموعتى البيوت ، حتى تنعدم تمامًا عندما تكون المسافة بينهما ٢٠ مترًا أو أكثر .

شكل ٢ – ١٣ : المراوح الساحبة لهواء البيت وهى مثبتة فى الجدار .

شكل ٢ – ١٤ : مجموعتان من البيوت المزودة تظهر فيهما وسائد التبريد وهى متقابلة (شركة Rovero – هولندا) .

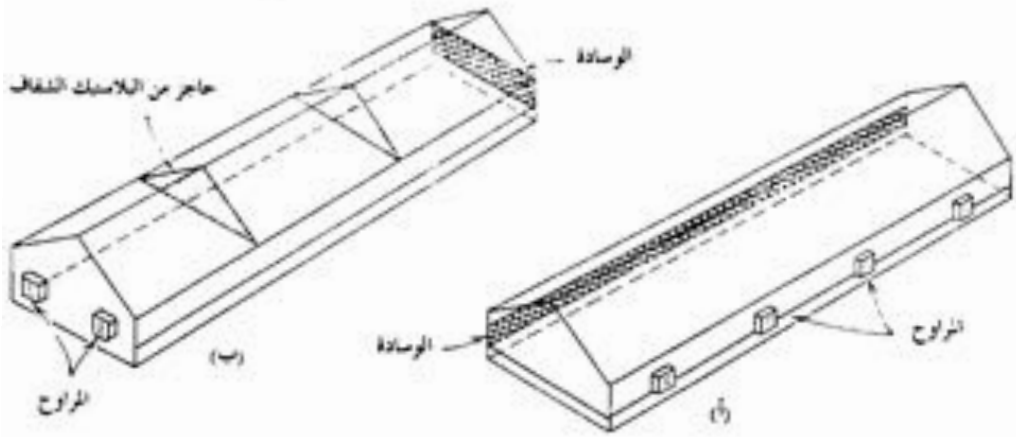
مسار الهواء المبرد

يفضل أن يكون مسار الهواء المُبرَّد باتجاه عرض البيت ، وموازيًا لخطوط الزراعة ، وفى مستوى النمو النباتى . ولتحقيق ذلك يجب وضع الوسائد فى مستوى النباتات أو أعلى قليلًا شكل (٢ - ١٥) . حتى تزيد فرصة مرور الهواء البارد من خلال النباتات ، لكن نظرًا لأن تيار الهواء يجد مقاومة من النباتات ، فإننا نجد أن مسار الهواء يتجه لأعلى بزاوية ٧ درجات (أى بمعدل متر لكل ثمانية أمتار) تاركًا حيزًا غير مبردة فى مستوى النمو النباتى .

شكل ٢ - ١٥ : وسائد التبريد وهى مثبتة فى مستوى النمو النباتى .

ويمكن تصحيح ذلك الوضع بتثبيت شرائح من البولثيلين الشفاف تتدلى من قمة البيت عموديًا على مسار الهواء ، حتى تجبره على أن يسلك مسارًا سفليًا بين النباتات . تثبت هذه الشرائح كل عشرة أمتار . ويجب أن يكون طرفها المتدلى بعيدًا بعدًا كافيًا عن قمة النباتات ، حتى لا تعوق حركة الهواء (شكل ٢ - ١٦ ب ، ٢ - ١٧ هـ) .

كما تظهر مشكلة أخرى إذا كانت الوسائد قريبة من سطح التربة ، وكانت النباتات مربية على مناضد ، لأن الهواء المبرد يتسرب فى هذه الحالة من تحت المناضد ، دون المرور على النباتات (شكل ٢ - ١٧ د) . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بتثبيت شرائح بلاستيكية تحت المناضد مقابل الوسائد (شكل ٢ - ١٧ هـ) (Nelson ١٩٨٥) .



شكل ٢ - ١٦ : وضع المراوح والوسائد فى البيوت المحمية . (أ) على امتداد الجانبين الطويلين للبيت . (ب) على امتداد الجانبين القصيرين للبيت ، مع تثبيت حواجز من البلاستيك الشفاف تتدلى كل عشرة أمتار من قمة البيت لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسار سفلى بين النباتات .

هذا .. ويبين شكل (٢ - ١٧ أ ، ب ، جـ) مسارات الهواء فى حالات الأوضاع المختلفة للوسائد والمراوح والأماكن التى تكون درجة حرارتها أكثر ارتفاعًا عن باقى أجزاء البيت بسبب عدم وجودها فى مسار التحركات الهوائية . يلاحظ بالشكل أن درجة الحرارة تكون أكثر ارتفاعًا فى أركان البيت بالجانب الذى توجد فيه المراوح . كذلك يلاحظ فى حالة البيوت الكبيرة التى قد توضع فيها الوسائد فى الجانبين القصيرين والمراوح فى الجانبين الطوليين أن مركز البيت تكون حرارته أعلى من باقى أرجاء البيت بسبب عدم وجوده فى مسار التيارات الهوائية (Mastalarez ١٩٧٧) .

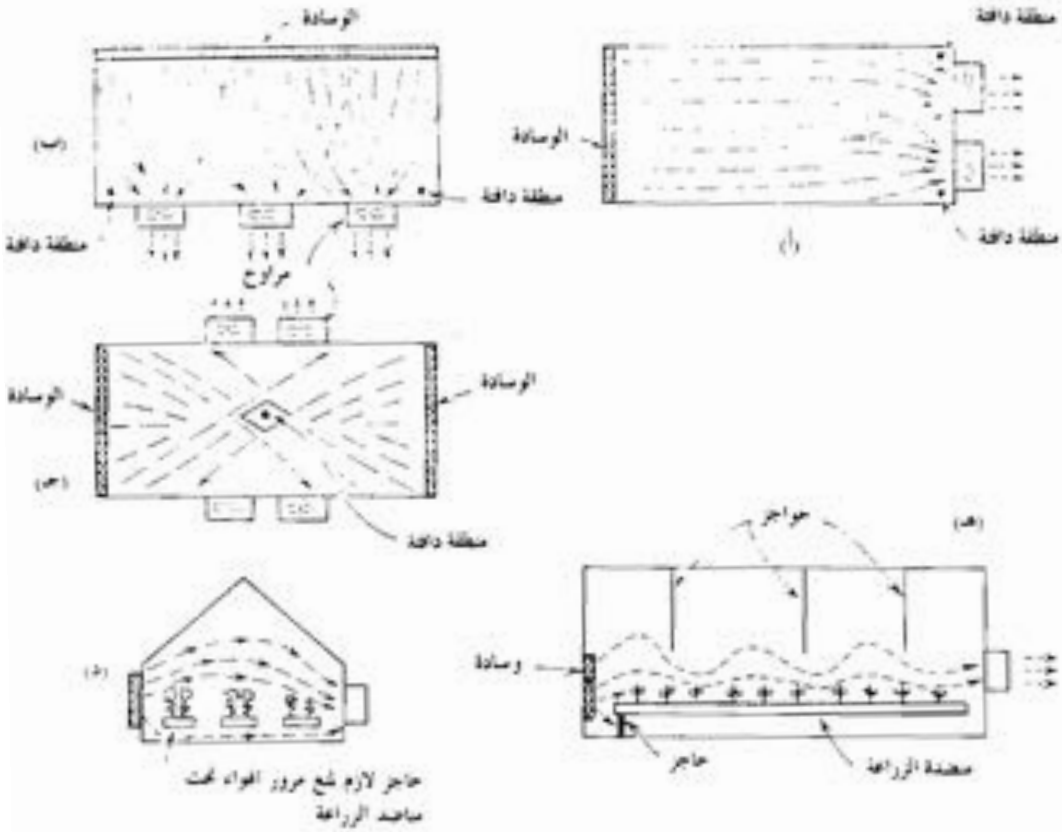
العوامل المؤثرة على كفاءة التبريد

تتوقف درجة التبريد التى يمكن تحقيقها بنظام المروحة والوسادة على عاملين رئيسيين هما :

١ - معدل سحب الهواء الدافىء من البيت .

٢ - مساحة سطح الوسائد .

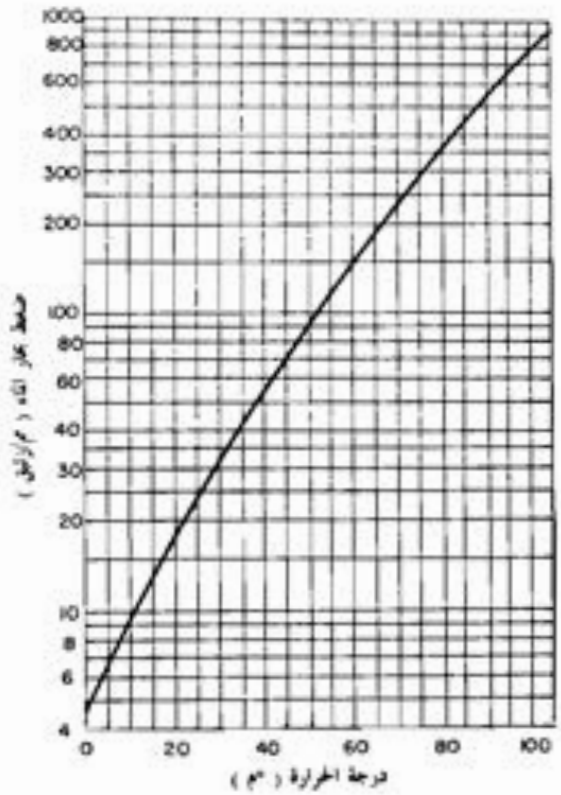
وتتوقف كفاءة التبريد بهذه الطريقة (عند ثبات العاملين السابقين) على كل من منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر) وشدة الإضاءة به والرطوبة النسبية فى الجو الخارجى . والعامل الأخير لا يمكن التحكم فيه ، ولذا فإنه لا يؤخذ فى الاعتبار عند حساب احتياجات التبريد ، لكن يجب أن نتذكر أن أقصى درجة تبريد يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة تبلغ حوالى ٨٠٪ من الفرق بين قراءتى الترمومترين الجاف والمبتل فى الهواء ، وبذلك يزداد التبريد الممكن تحقيقه كلما ازداد الفرق بين القراءتين ، أى كلما ازدادت مقدرة الهواء على تبخير الماء ، أى كلما انخفضت الرطوبة النسبية . وتصبح فعّالية هذه الطريقة فى التبريد معدومة تقريبًا عندما تصل الرطوبة النسبية إلى حوالى ٨٠٪ .



شكل ٢ – ١٧ : مسارات الهواء داخل البيوت المبردة فى حالات الأوضاع المختلفة للمراوح والوسائد . (أ) على امتداد الجانبين القصيرين للبيت . (ب) على امتداد الجانبين الطويلين للبيت . (جـ) الوسائد على امتداد الجانبين القصيرين ، والمراوح فى الجانبين الطويلين للبيت . (د) يسلك الهواء المبرد الطريق الخالى من العوائق من أعلى النباتات وأسفل مناضد الزراعة . (هـ) عوائق أعلى النباتات وتحت مناضد الزراعة لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسار بين النباتات (Mastalerz ١٩٧٧) .

هذا .. وتزداد مقدرة الهواء على حمل الرطوبة كلما ارتفعت درجة حرارته (شكل ٢ – ١٨) .

وكقاعدة عامة .. عندما لا يزيد ارتفاع منسوب البيت عن ١٠٠٠ قدم عن سطح الأرض ، وعندما لا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت عن ٥٠٠٠ قدم – الجمعة ، فإن معدل سحب الهواء من البيت يجب أن يكون فى حدود ٨ قدم٣ فى الدقيقة لكل قدم مربع من مساحة البيت ، مع افتراض أنه يسمح بفرق سبع درجات فهرنهيتية (حوالى أربع درجات مئوية) بين المراوح والوسادة ، وأن المسافة بين المراوح والوسائد لا تزيد عن ١٠٠ قدمًا (حوالى ٣٣ مترًا) . فإذا أخل أى من هذه الشروط ، فيجب أن يستعمل معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت على النحو المذكور وهو ٨ قدم٣ فى دقيقة لكل قدم من مساحة البيت . وفيما يلى عرض لهذه الشروط ، وكيفية تأثيرها على عملية التبريد .



شكل ٢ - ١٨ : العلاقة بين درجة الحرارة ، ومقدرة الهواء على حمل الرطوبة .

١ - منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر)

من الضروري زيادة معدل سحب الهواء من البيت عند ارتفاع منسوبه عن ١٠٠٠ قدم عن سطح البحر ، لأن مقدرة الهواء على التبريد تعتمد على وزنه وليس على حجمه ، علمًا بأن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر . وهذا .. يجب استعمال معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت يرمز له بالرمز (F_{elev}) ، أو معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (جدول ٢ - ٨) .

جدول (٢ - ٨) : معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (F_{elev})

الارتفاع عن سطح البحر (قدم)	أقل من ١٠٠٠	١٠٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٤٠٠٠	٥٠٠٠	٦٠٠٠	٧٠٠٠	٨٠٠٠
F_{elev}	١,٠٠	١,٠٤	١,٠٨	١,١٢	١,١٦	١,٢٠	١,٢٥	١,٣٠	١,٣٦

٢ – المسافة من الوسائد إلى المراوح

يجب أن تكون الوسائد والمراوح متقابلة . ويتوقف استخدام الحوائط المختلفة لهذا الغرض على أبعاد البيت ، لأن المسافة بين الوسادة والمروحة يجب أن تكون فى حدود ٣٣ – ٤٥ مترًا . فإذا زادت المسافة عن ذلك يحتاج الأمر إلى مراوح ضخمة . وإذا نقصت المسافة عن ٣٣ م لا ينتشر الهواء المبرد فى كل أرجاء البيت ، بل يميل فى حركته نحو مسار ضيق من الوسادة إلى المروحة . وتلزم فى هذه الحالة زيادة سرعة سحب الهواء من البيت لتصحيح ذلك الوضع . ويستخدم لذلك معامل خاص للتصحيح يرمز له بالرمز (F_{vel}) ، أو معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (جدول ٢ – ٩) .

٣ – شدة الإضاءة داخل البيت

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيح ثالث خاص بشدة الإضاءة داخل البيت عند اختلافها عن ٥٠٠٠ قدم – شمعة يرمز لها بالرمز (F_{light}) ، ويحصل عليه من جدول (٢ – ١٠) .

٤ – الفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيح رابع للفرق الذى يسمح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة ، لأن المعدل القياسى لسحب الهواء –وهو ٨ قدم³/دقيقة/قدم² من مساحة البيت– يأخذ فى الاعتبار فرق قدره ٤ درجات مئوية (أو ٧ درجات فهرنهيتية) بين درجة حرارة الهواء الداخل إلى البيت بعد مروره على الوسادة ودرجة حرارة الهواء الخارج من البيت عند المروحة . ويمكن تصحيح ذلك باستخدام معامل خاص يرمز له بالرمز (F_{temp}) ، ويعرف باسم معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة ، ويحصل عليه من جدول (٢ – ١١) .

جدول (٢ – ٩) معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{vel})

المسافة (قدم)	معامل التصحيح	المسافة (قدم)	معامل التصحيح	المسافة (قدم)	معامل التصحيح
٢٠	٢,٢٤	٥٠	١,٤١	٨٠	١,١٢
٢٥	٢,٠٠	٥٥	١,٣٥	٨٥	١,٠٨
٣٠	١,٨٣	٦٠	١,٢٩	٩٠	١,٠٥
٣٥	١,٦٩	٦٥	١,٢٤	٩٥	١,٠٢
٤٠	١,٥٨	٧٠	١,٢٠	١٠٠	١,٠٠
٤٥	١,٤٨	٧٥	١,١٦		

جدول (٢ - ١٠) : معامل التصحيح الخاص بشدة الإضاءة داخل الصوبة (F_{light}) .

شدة الإضاءة (قدم- شمعة)	٤٠٠٠	٤٥٠٠	٥٠٠٠	٥٥٠٠	٦٠٠٠	٦٥٠٠	٧٠٠٠	٧٥٠٠	٨٠٠٠
F_{light}	٠,٨٠	٠,٩٠	١,٠٠	١,١٠	١,٢٠	١,٣٠	١,٤٠	١,٥٠	١,٦٠

جدول (٢ - ١١) : معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به ق درجة الحرارة داخل البيت بين الروحة والوسادة (F_{temp}) .

الفرق المسموح به ق درجة الحرارة (°ف)	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤
F_{temp}	٠,٧٠	٠,٧٨	٠,٨٨	١,٠٠	١,١٧	١,٤٠	١,٧٥

حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد ومياه التبريد

يمر حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد بالخطوات التالية :

١ - يحسب أولًا المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية السابقة الذكر ، ويقدر ذلك بالمعادلة التالية

معدل سحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية بالقدم المكعب ق الدقيقة
= طول البيت × عرض البيت × ٨

٢ - يلي ذلك تصحيح المعدل ليتناسب مع الظروف الخاصة بالبيت ، وذلك بضرب المعدل المحسوب من الخطوة السابقة ق معامل التصحيح الأكبر من أحد العاملين التاليين :

(أ) معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{eq}) (جدول ٢ - ٩)

(ب) معامل التصحيح للبيت (F_{house}) ، علمًا بأن :

$F_{elev} = F_{house}$ (جدول ٢ - ٨) × F_{light} (جدول ٢ - ١٠) × F_{temp} (جدول ٢ - ١١)

[illegible] لحساب كافي لتغيير هواء البيت كله بمعدل ١,٥ ٢ مرة ق الدقيقة .

[illegible] حيث المراوح بالعدد والقدر المناسبين . وتثبت المراوح ق جدار البيت المقابل [illegible] مروحتين على ٢٥ قدمًا ، وأن يكون توزيعها متجانسًا على [illegible] سطح الأرض ، على أن يكون مركزها ق مستوى منتصف

٤ – تحسب مساحة الوسائد اللازمة على أساس أن كل ٢٥٠ قدم مكعب من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة يلزمه قدم مربع من الوسائد الحديثة بسمك ١٠ سم (يزداد هذا المعدل بمقدار الثلثين عند استعمال وسائد القش وبرى الخشب ... إلخ) ونظرًا لأن الوسائد يجب أن تمتد بكامل جدار البيت ، لذا فإن عرضها يتوقف على المساحة اللازمة منها ، كما يمكن التحكم فى العرض باختيار السمك المناسب .

٥ – تزود الوسائد بالماء بمعدلات تزيد عن القدر المتبخر منها ، حتى لا تتراكم بها الأملاح . والمعدل المناسب هو ½ جالون فى الدقيقة لكل قدم طولى من الوسادة (أو حوالى ٠,١٥ لتر/ ثانية/ متر طولى) ، بغض النظر عن عرضها (ارتفاعها) . ويعنى ذلك أنه لو كان طول الوسادة ٧٥ قدمًا ، فإنه يلزم ضخ الماء بمعدل ٢٥ جالونًا فى الدقيقة . ويجب أن يتسع الخزان لـ ١,٥ جالون من الماء لكل قدم طولى من الوسادة حتى يمكنه استيعاب كل الماء الذى يمر فى الوسادة عند توقف التبريد . كما يجب توفير مصدر دائم للماء ، نظرًا لتبخر جزء منه فى عمليات التبريد . ويتحقق ذلك بإيصال خزان الماء بأنبوبة ماء ذات صمام مزود بعدامة ، علمًا بأنه يمكن أن يتبخر جالون من الماء فى الدقيقة لكل ١٠٠ قدم² من الوسادة فى يوم حار جاف (Nelson ١٩٨٥) .

٢ – ٤ : التهوية

توجه عناية كبيرة نحو نظام التهوية فى البيوت المحمية لأنها تحقق المزايا التالية :

١ – تعمل التهوية على خفض درجة الحرارة سريعًا داخل البيوت المحمية ؛ فتقل بذلك احتياجات التبريد ، كما يمكن عند اتباع نظام جيد للتهوية الاستغناء عن التبريد كلية خلال فصل الصيف فى المناطق المعتدلة ، وخلال فصل الشتاء فى المناطق الحارة .

٢ – تؤدى التهوية إلى تجديد هواء البيت ، فيمكن بذلك المحافظة على التركيز الطبيعى لغاز ثانى أكسيد الكربون ، لأن تركيز الغاز يقل سريعًا فى البيوت غير الجيدة التهوية لاستنفاذه من قبل النباتات فى عمليات البناء الضوئى .

٣ – غالبًا ما تصل الرطوبة النسبية داخل البيوت المحكمة الغلق إلى درجة التشبع . وتحت هذه الظروف يزداد انتشار الأمراض ، كما يزداد تكثف قطرات الماء على الجدر الداخلية للبيت فى الجو البارد . ولا توجد وسيلة فعالة لإحداث خفض ملموس فى الرطوبة النسبية إلا بالتهوية الجيدة ؛ وبذلك فإنها تقلل من فرصة انتشار الأمراض ؛ وتؤدى إلى التخلص من ظاهرة تكثف قطرات الماء وسقوطها على النباتات .

٢ – ٤ – ١ : التهوية من خلال منافذ خاصة فى الجدران والأسقف

تعتبر أبسط طرق التهوية هى بعمل فتحات خاصة فى جدران أو أسقف البيوت المحمية يتم من خلالها تغيير هواء البيت بطريقة طبيعية ، حيث يخرج الهواء الداخلى الدافىء الذى يتجمع قرب سقف البيت من الفتحات العلوية ليحل محله الهواء الخارجى البارد من الفتحات الجانبية . والقاعدة فى هذه الطريقة للتهوية أنه كلما ازداد اتساع الفتحات ، ازدادت سرعة خفض درجة الحرارة داخل البيت ، وأمكن المحافظة عليها فى المجال المناسب للنمو النباتى . ولتحقيق ذلك يجب ألا تقل مساحة فتحات