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 .

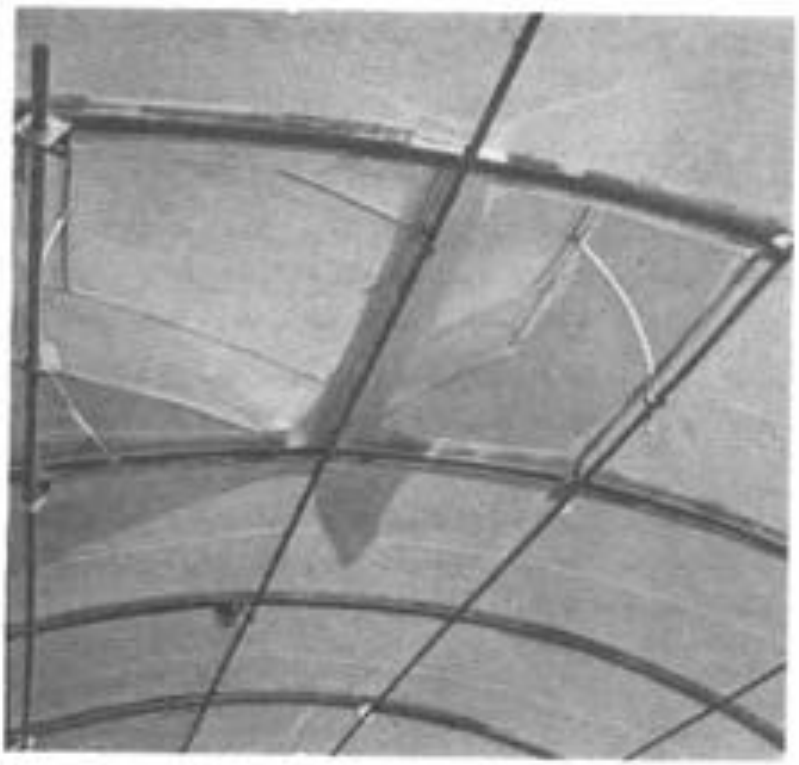
٢ – تؤدى التهوية إلى تجديد هواء البيت ، فيمكن بذلك المحافظة على التركيز الطبيعى لغاز ثانى أكسيد الكربون ، لأن تركيز الغاز يقل سريعًا فى البيوت غير الجيدة التهوية لاستنفاذه من قبل النباتات فى عمليات البناء الضوئى .

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

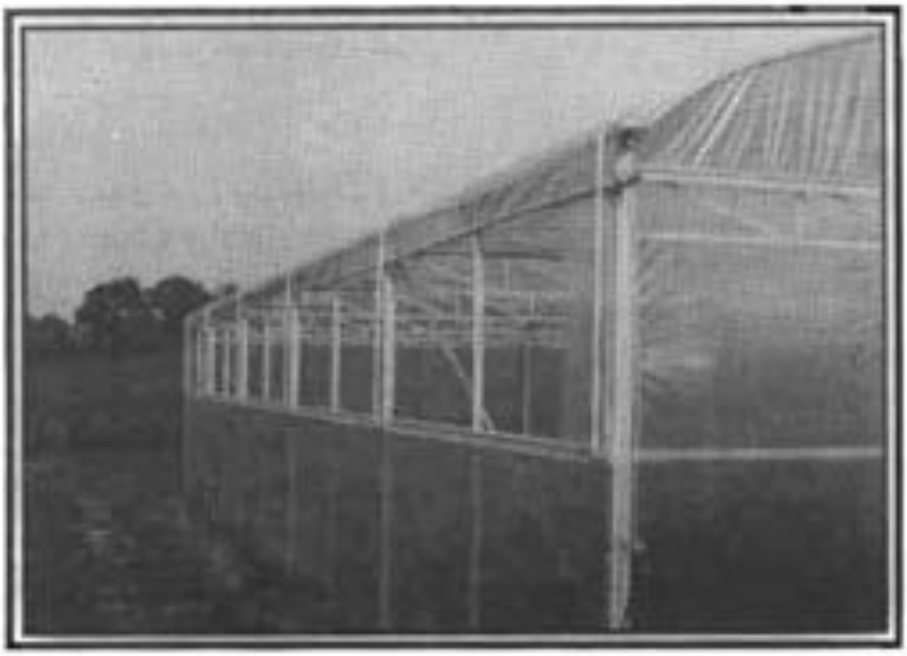
تعتبر أبسط طرق التهوية هى بعمل فتحات خاصة فى جدران أو أسقف البيوت المحمية يتم من خلالها تغيير هواء البيت بطريقة طبيعية ، حيث يخرج الهواء الداخلى الدافىء الذى يتجمع قرب سقف البيت من الفتحات العلوية ليحل محله الهواء الخارجى البارد من الفتحات الجانبية . والقاعدة فى هذه الطريقة للتهوية أنه كلما ازداد اتساع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

التهوية عن ١٧٪ من مساحة البيت . فمثلاً .. يبين شكل (٢ - ١٩) فتحات صغيرة للتهوية فى بيت بلاستيكى تناسب المناطق الباردة ، ولكنها لا تكفى للمناطق المعتدلة أو الحارة . ففى المناطق المعتدلة يجب أن تتسع فتحات التهوية ، وتمتد ما بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت (شكل ٢ - ٢٠) . أما فى المناطق الحارة ، فإن فتحات التهوية يجب أن يزداد اتساعها وتتوزع فى جوانب البيت والأسقف ، كتلك المبينة فى أشكال (٢ - ٢١ ، ٢ - ٢٢ ، ٢ - ٢٣) . أما فى المناطق الباردة التى تنتشر فيها البيوت الزجاجية من النوع الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت ، فإن فتحات التهوية توجد غالبًا فى قمة البيت على جانبى الجمالون . وأيًا كان موضع واتساع فتحات التهوية ، فإنه يجب غلقها عند اشتداد الرياح ، حتى لا تحدث تيارات هوائية شديدة داخل البيت قد يترتب عليها حدوث بعض الأضرار . أما فى حالة الرياح الخفيفة ، فإنه يمكن تشغيل فتحات التهوية فى جانب البيت غير المواجه للرياح .

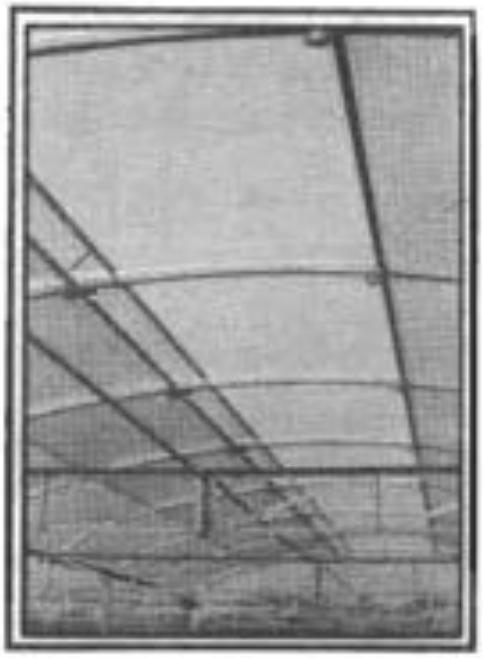


شكل ٢ - ١٩ : فتحات صغيرة للتهوية تناسب المناطق الباردة .

شكل ٢ - ٢٠ : فتحات كبيرة للتهوية تمتد ما بين شرائح البلاستيك المغطية للبيت ، وتناسب المناطق المعتدلة.



شكل ٢ - ٢١ : فتحات واسعة للتهوية فى سقف البيت تناسب المناطق الحارة (عن Clovis Lemde – إنجلترا) .



شكل ٢ - ٢٢ : فتحات واسعة للتهوية فى سقف البيت لتناسب المناخ الحارة (عن Tovis Lande) - إنجلترا) .

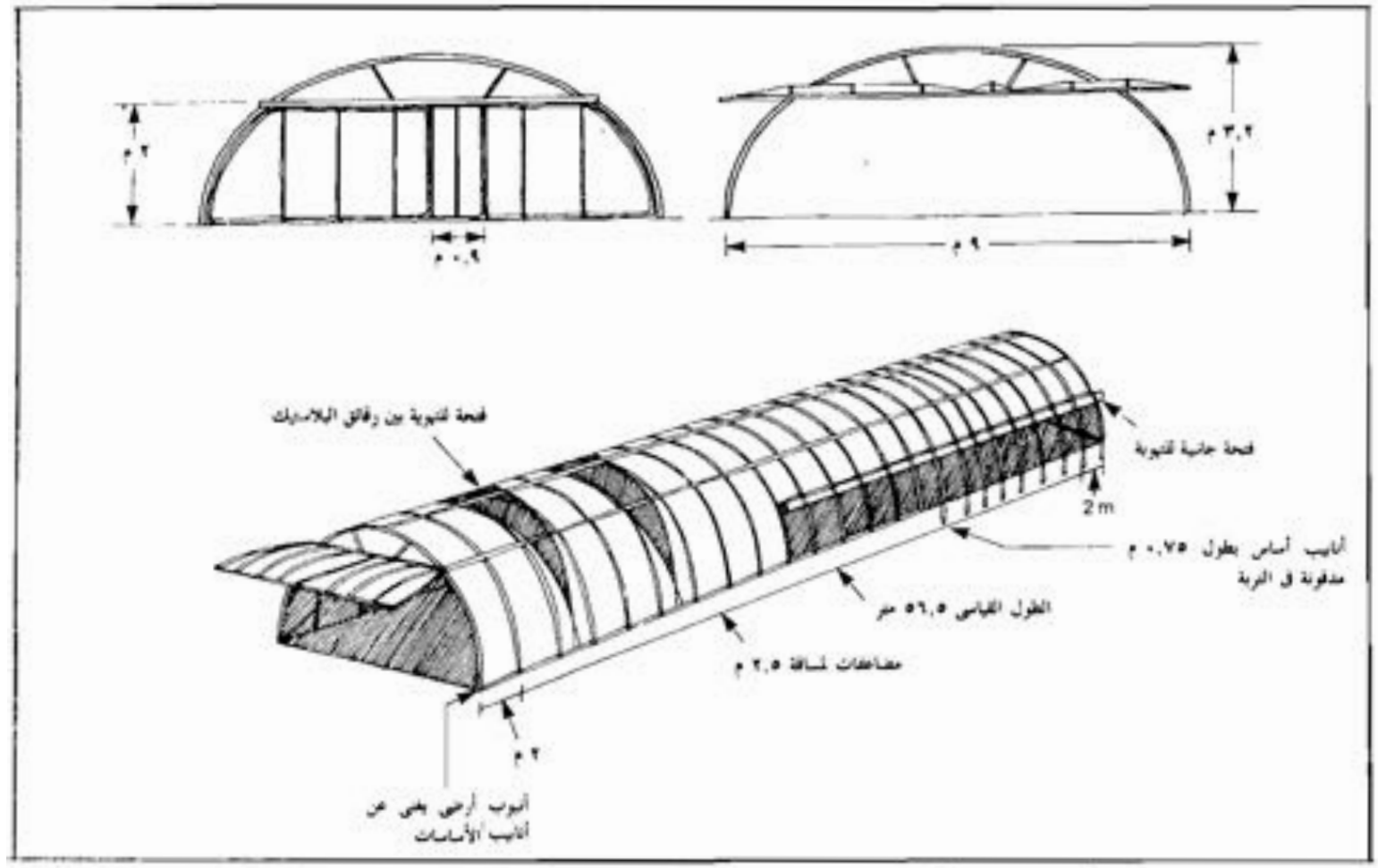
وعند الرغبة فى عدم دخول الحشرات إلى البيت من فتحات التهوية ، فإن الفتحات تغطى بشباك خاصة ، كتلك المبينة فى شكل (٢ - ٢٣) . ويبين شكل (٢ - ٢٤) تغطيةً لفتحة تهوية من هذا النوع ، وكيف يتم التحكم فى فتحها وغلقها .

ويتم التحكم فى فتح وغلق فتحات التهوية بإحدى الطرق الآتية :

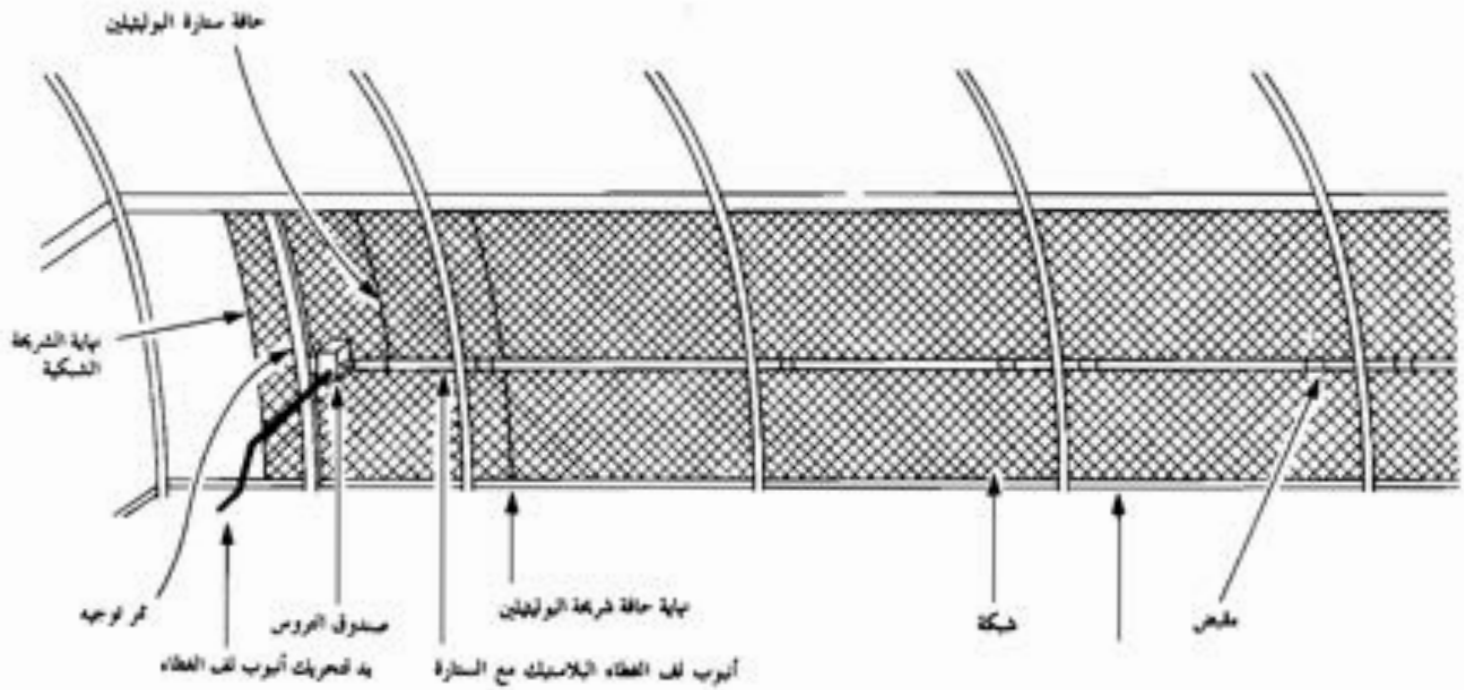
١ - يدويًا بفتح أو غلق الأبواب أو فتحات التهوية الكبيرة .

٢ - يدويًا بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك ، كما فى شكل (٢ - ٢٥ ، ٢ - ٢٦) ، أو بتروس ، كما فى شكل (٢ - ٢٧) .

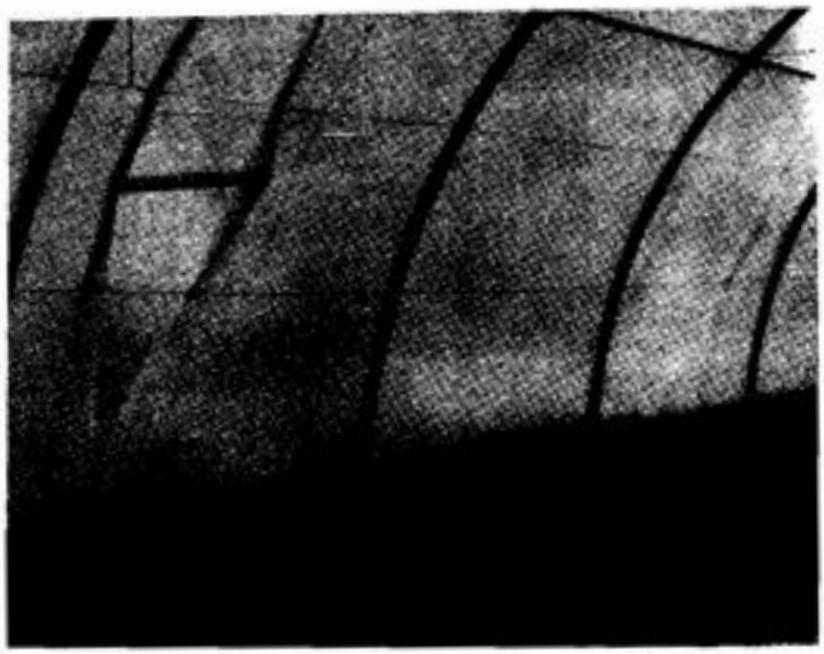
٣ - آليًا كما فى شكل (٢ - ٢٨ ، ٢ - ٢٩) ، حيث يتم توصيل فتحة التهوية بمنظم الحرارة الذى يعمل على تشغيل جهاز مناقذ التهوية عند ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به .



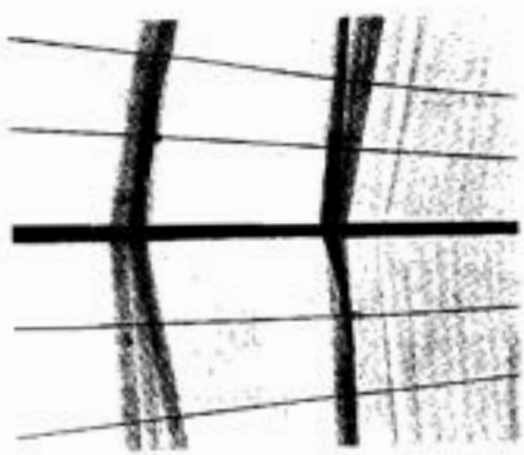
شكل ٢ – ٢٣ : أنواع مختلفة من فتحات التهوية الواسعة ما بين شرائح البلاستيك ، وبامتداد الجانبين الطويلين ، مع إمكانية رفع الأبواب لأعلى لزيادة التهوية (عن شركة Fordinbridge – إنجلترا) .



شكل ٢ - ٢٤ : تخطيط لفتحة بهوية بامتداد الجانب الطولى للبيت بين الغطاء الشبكى للفتحة ، وكيفية التحكم فى فتحها وغلقها (عن Fordinbridge - إنجلترا) .

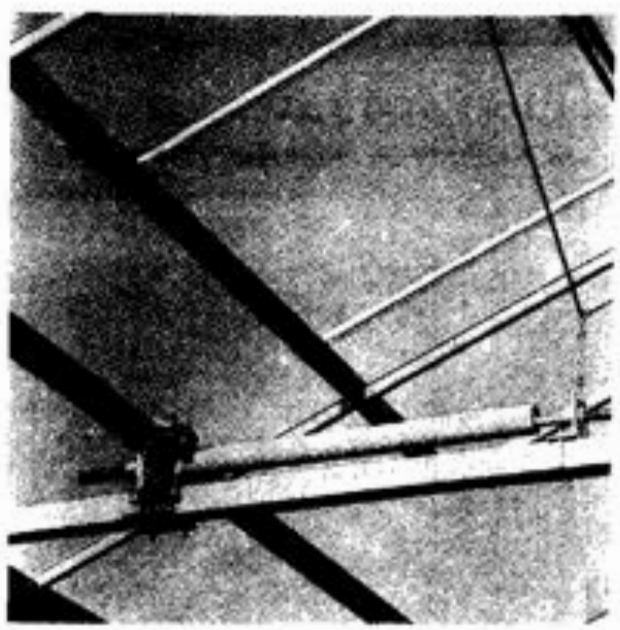


شكل ٢ – ٢٥ : نظام التحكم فى فتح وغلق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Roverto – هولندا) .



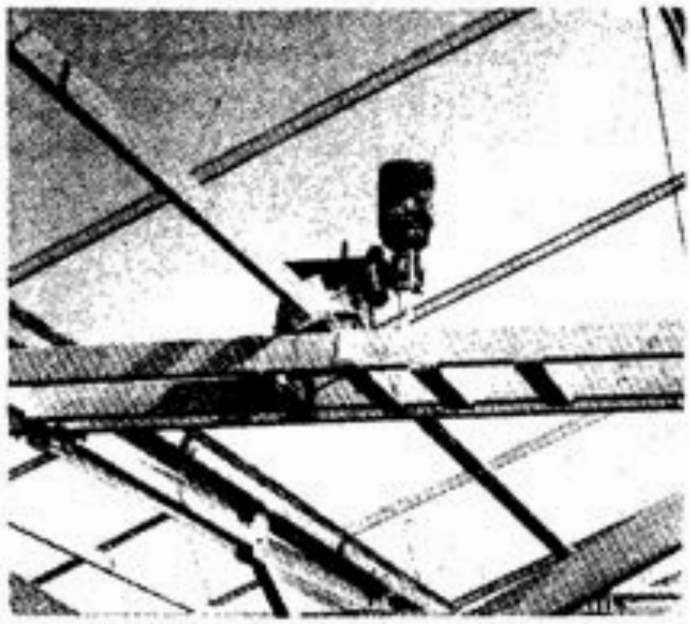
شكل ٢ – ٢٦ : نظام آخر للتحكم فى فتح وغلق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Roverto – هولندا) .

شكل ٢ – ٢٧ : نظام التحكم فى فتح وغلق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بتروس ، ويمكن تشغيلها آليًا (عن H.A.G المانيا) . يلاحظ نفس النظام أيضا فى شكل (٢ – ١٩) .



محرك آلي للتحكم بالفتحات

شكل ٢ – ٢٨ : نظام للتحكم الآلى فى فتحات التهوية (عن J.J.provence – فرنسا).



نظام لسان معدني للفتحات

شكل ٢ – ٢٩ : نظام آخر للتحكم الآلى فى فتحات التهوية (عن J.I. provence – فرنسا) .

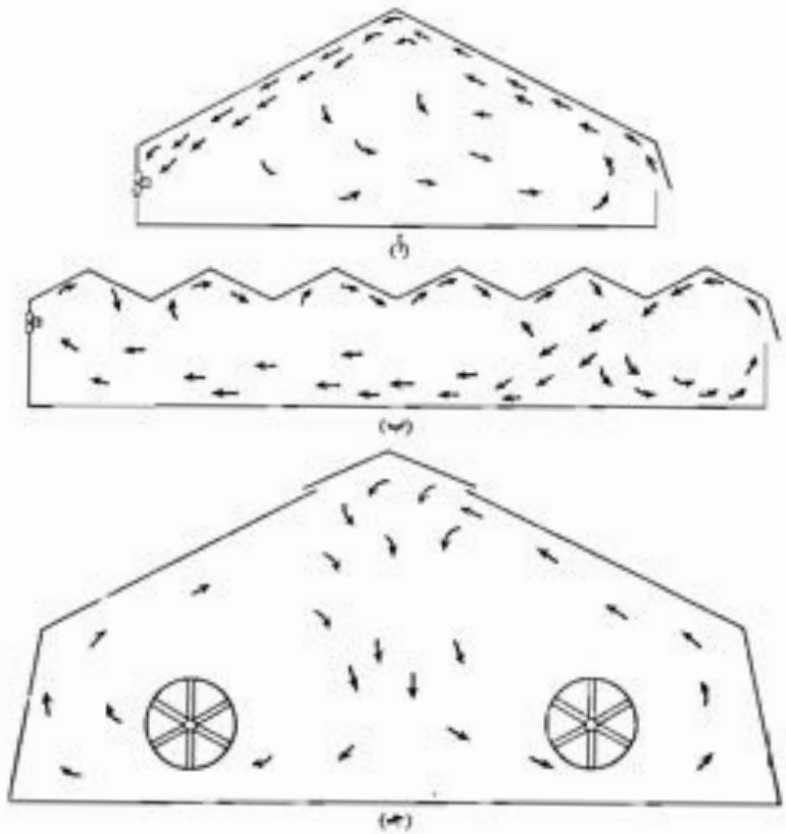
٢ – ٤ – ٢ : التهوية بنظام المنافذ والمراوح

يتبع نظام المنافذ والمراوح للتهوية فى البيوت الكبيرة التى لا تفيد معها منافذ التهوية العادية ، خاصة فى الجو الحار . وتستخدم لأجل ذلك مراوح كبيرة تعمل على طرد الهواء الدافىء خارج البيت من أحد الجانبين ليحل محله هواء خارجى بارد من المنافذ التى توجد فى الجانب الآخر . تظل المنافذ مفتوحة طول الوقت فى الجو الحار ، بينما يتم توصيل المراوح بمنظم الحرارة الذى يتحكم فى تشغيلها عند وصول درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به .

وللحصول على أعلى كفاءة ممكنة يجب أن تكون المراوح المستخدمة قادرة على سحب كل هواء البيت بمعدل مرة فى الدقيقة ، ويفضل استخدام المراوح ذات السرعتين . أما منافذ التهوية ، فيجب أن تكون مساحتها ٤ – ٥ أضعاف مساحة المراوح المستخدمة على الأقل (Sheldrake ١٩٧١) .

يتبع هذا النظام عادة فى البيوت الكبيرة المجهزة بوسائل التبريد بالمروحة والوسادة ، حيث يكتفى فيها بتشغيل المراوح فقط خلال فصل الشتاء حينما تكون درجة الحرارة معتدلة فى الجو الخارجى ، بينما يتم تشغيل نظام التبريد فى الجو الحار .

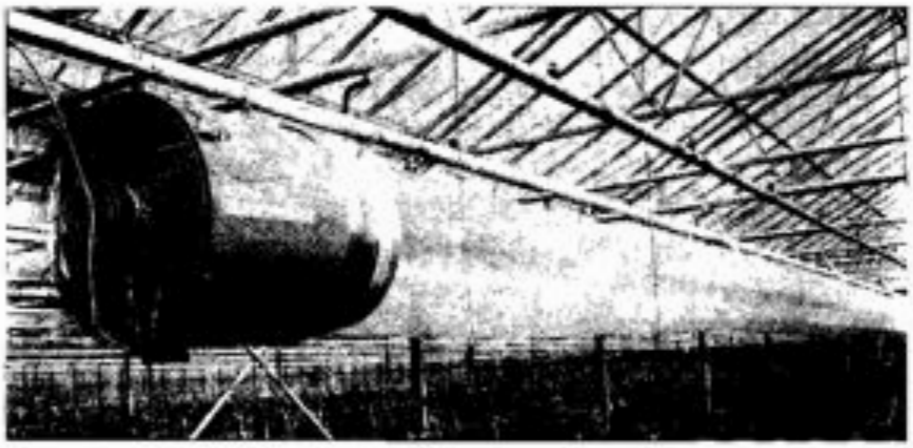
ويبين شكل (٢ – ٣٠) مسار التحركات الهوائية داخل البيت عند اتباع هذا النظام فى التهوية ، وذلك فى كل من البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار والبيوت الكبيرة المتصلة بنظام القنوات والخطوط .



شكل ٢ – ٣٠ : مسار التحركات الهوائية عند التهوية . (أ) فى بيت مفرد على شكل هالون متناظر الانحدار ، مع وجود فتحة التهوية فى جانب البيت ، والمراوح الساحبة للهواء فى الجانب الآخر . (ب) فى مجموعة من البيوت المتصلة على شكل القنوات والخطوط بنفس نظام التهوية السابق . (جـ) فى بيت مفرد على شكل هالون متناظر الانحدار ، مع وجود فتحات التهوية فى قمة البيت .

٢ – ٤ – ٣ : التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية

تستخدم فى هذا النظام للتهوية أنبوبة من البولييثيلين بقطر ٥٠ – ٧٥ سم تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات (شكل ٢ – ٣١) . توجد بهذه الأنبوبة ثقوب صغيرة على الجانبين فى الجهة السفلية يخرج منها الهواء ليتوزع فى أرجاء البيت ، وهى مسدودة من أحد طرفيها ، ومفتوحة من الجانب الآخر على المنفذ الذى يأتيها منه الهواء .



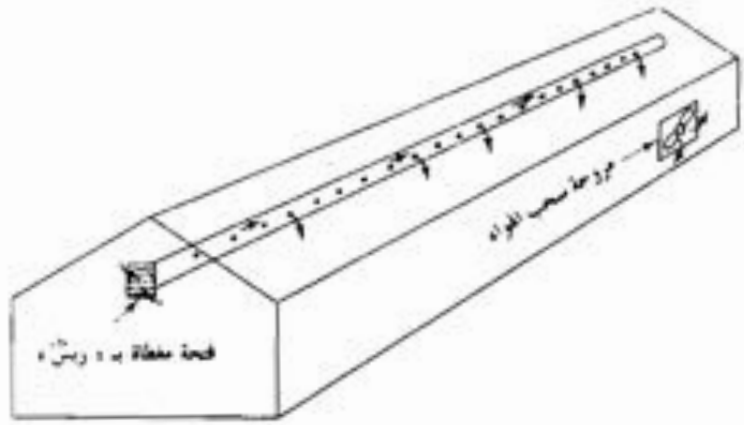
شكل ٢ – ٣١ : أنبوبة بلاستيكية تتدلى مع سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات ، ويمكن أن تستخدم فى التهوية فى الجو البارد ، وفى توزيع الهواء الدافىء ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

التهوية فى الجو البارد

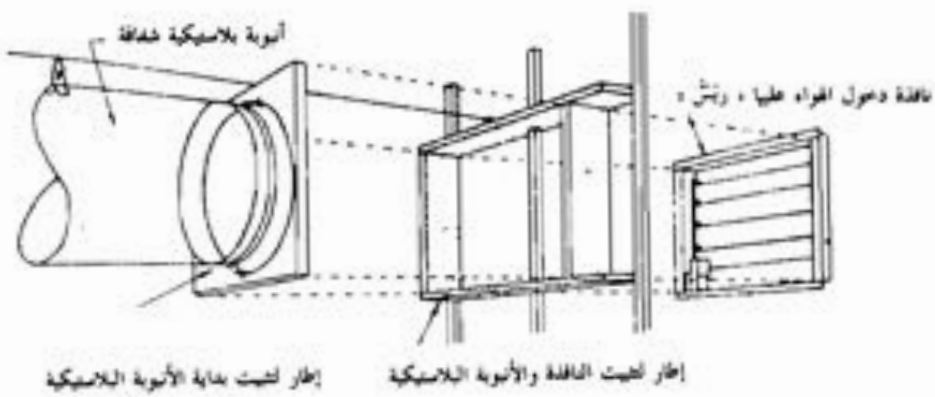
يفضل اتباع نظام الأنبوبة البلاستيكية للتهوية فى الجو البارد ، حيث يكون الهواء الخارجى باردًا بدرجة قد تضر بالنباتات القريبة من فتحات التهوية . ولتلافى ذلك يسمح لهذا الهواء بالدخول إلى الأنبوبة البلاستيكية أولاً ، حيث يوزع منها بالتدريج فى جميع أرجاء البيت .

ويوضح شكل (٢ – ٣٢) الكيفية التى يتم بها عمل هذا النظام : تثبت مروحة كبيرة ساحبة للهواء فى جانب من البيت ، بينما يوصل أحد طرفى الأنبوبة البلاستيكية بفتحة فى جانب آخر . ويؤدى تشغيل المروحة إلى توليد تفريغ داخل البيت ؛ فيندفع الهواء بالتالى من خارج البيت خلال الفتحة المطلة على الأنبوبة البلاستيكية لتنتفخ الأنبوبة بالهواء الخارجى البارد الذى يخرج من خلال الفتحات الصغيرة ليوزع بالتدريج فى جميع أرجاء البيت .

هذا .. وتغطى الفتحة الخارجية بـ « ريش » خاصة تثبت فى إطار خشبى فى جدار البيت ، يعلو الأنبوبة البلاستيكية بهذا الإطار من الناحية الداخلية للجدار (شكل ٢ – ٣٣) . ويتم فتح هذه « الريش » بمجرد اندفاع الهواء من خلالها إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية . وقد يتحكم قفل خاص فى فتحها وغلقها ، ويتم تشغيله بواسطة منظم الحرارة ، حيث يفتح مع تشغيل المروحة فى آن واحد . وليس لموقع المروحة الساحبة للهواء أهمية كبيرة ، نظرًا لأن كل وظيفتها هى توليد تفريغ داخلى طفيف يسمح باندفاع الهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .



شكل ٢ – ٣٢ : تخطيط للكيفية التى تتم بها التهوية فى الجو البارد بنظام الأنبوبة البلاستيكية (عن Nelson ١٩٨٥) .



شكل ٢ – ٣٣ : تخطيط يوضح مكان اتصال الأنبوبة البلاستيكية بفتحة التهوية التى توجد فى جدار البيت .

ويجب أن تعطى أهمية خاصة لقدرة المروحة على سحب الهواء من البيت ، نظرًا لتأثير ذلك على كفاءة عملية التهوية . وتختلف التقديرات فى هذا الأمر من ١,٥ – ٤ أمتار مكعبة من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة لكل قدم مربع من مساحة البيت بمتوسط قدره ٢ قدم مكعب فى الدقيقة . تعمل التهوية بهذا المعدل – تحت الظروف القياسية – على عدم ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت لأكثر من ١٥°ف عن الجو الخارجى . فإذا أريدت المحافظة على فرق أقل فى درجة الحرارة بين هواء الداخل والخارجى ، وجبت زيادة معدل دخول الهواء البارد . ويستخدم لأجل ذلك معامل التصحيح (F_{winter}) المبين فى جدول (٢ – ١٢) ، والذى يطلق عليه اسم معامل التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة . هذا .. والظروف القياسية المشار إليها هى ألا يزيد منسوب البيت

عن ١٠٠٠ قدم عن سطح البحر ، وألا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت عن ٥٠٠٠ قدم – شمعة . فإذا اختلفت الظروف الحقيقية عن القياسية ، لزم تصحيح معدل سحب الهواء باستعمال معاملات التصحيح التى سبقت الإشارة إليها فى جدول (٢ – ٧ ، ٢ – ٩) .

جدول (٢ – ١٢) : معامل تصحيح التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت (F_{winter})

الفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت (ف°)										
٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	
١,٦٧	١,٥٠	١,٣٧	١,٢٥	١,١٥	١,٠٧	١,٠٠	٠,٩٤	٠,٨٨	٠,٨٣	F_{winter}

كذلك يجب أن نعطى أهمية لحساب عدد الأنابيب البلاستيكية اللازمة للتهوية ، ومساحة الثقوب بها ، لأن كل أنبوبة بقطر ٧٥ سم تكفى لتهوية نحو ١٠ أمتار من عرض البيت (أى ٥ أمتار على كل جانب من جانبيها) . وتكون الثقوب عادة صغيرة ، لكن مساحتها الإجمالية يجب أن تكون فى حدود ١,٥ – ٢ ضعف مساحة مقطع الأنبوبة . ونظرًا لأن الأنبوبة تمتد بطول البيت ، لذلك تجب فى حالة البيوت الطويلة زيادة المسافة بين الثقوب ، حتى تظل مساحتها الإجمالية فى الحدود المشار إليها . هذا . وغالبًا ما تكون المسافة بين الثقوب من ٦٠ – ٩٠ سم .

التهوية ، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يمكن استخدام نظام الأنابيب البلاستيكية فى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت مع إجراء التهوية فى الجو البارد . ولتحقيق ذلك .. تثبت المروحة الساحبة للهواء والأنبوبة البلاستيكية كالعادة ، لكن دون إيصال طرفها المفتوح بجدار البيت ، بل يظل على بعد ٦٠ – ١٢٠ سم من الفتحة الموجودة بالجدار . وتثبت على الطرف المفتوح للأنبوبة مروحة دافعة للهواء تعمل باستمرار ، فتظل الأنبوبة دائمًا مملوءة بالهواء .

ففى حالة التهوية يؤدى تشغيل المروحة الساحبة للهواء إلى إحداث تفريغ جزئى فى البيت ، فيندفع الهواء من خلال الفتحة التى توجد فى جدار البيت (والتى تكون مغطاة بريش خاصة تفتح عند اندفاع الهواء من خلالها) لتتلقفه المروحة القريبة المثبتة فى طرف الأنبوبة البلاستيكية ، وتدفعه داخل الأنبوبة ليتوزع فى جميع أرجاء البيت . ويجب أن تكون قدرة المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة مساوية لقدرة المروحة الساحبة للهواء من البيت ، وإلا تدفق جزء من الهواء الخارجى البارد ... حل بن البيت إلى أسفل نحو النباتات ، بدلا من سحبه إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .

أما عندما لا تعمل المروحة الساحبة للهواء داخل البيت (أى عندما لا تكون هناك حاجة للتهوية) ، فإن المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية (والتى تعمل باستمرار) تؤدى إلى تحريك هواء البيت باستمرار ، محققة المزايا الآتية :

١ - تجانس درجة الحرارة داخل البيت بتحريك الهواء الدافىء الذى يتجمع أعلى البيت ، ومنع تكتل الهواء البارد حول النباتات .

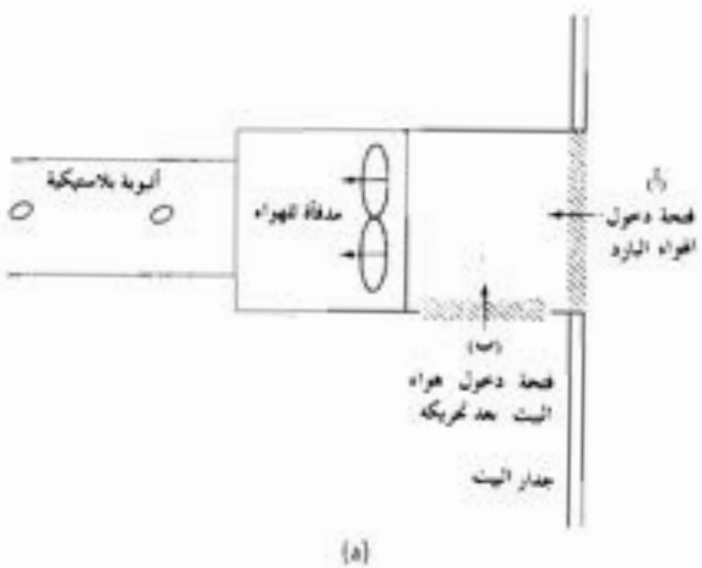
٢ - تحريك غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يقل تركيزه حول النبات .

٣ - تقليل فرصة الإصابة بالأمراض بتقليل الرطوبة النسبية حول الأوراق (Sheldrake ١٩٦٧) .

التهوية والتدفئة ، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يحدث أحيانًا فى فصل الشتاء أن تحتاج البيوت إلى التهوية نهارًا والتدفئة ليلًا . ويمكن تحقيق ذلك بنظام واحد تستخدم فيه أنبوبة بلاستيكية مثقبة ، كما فى حالة التهوية . ينتهى طرف الأنبوبة قبل جدار البيت بنحو ٦٠ سم ، حيث تحاط هذه المسافة بما يشبه الصندوق ، كما فى شكل (٢ - ٣٤) . ويوضع جهاز التدفئة مقابل الفتحة (ب) بالشكل ، أما الفتحة (أ) ، فهى فى جدار البيت لدخول الهواء البارد عند الحاجة للتهوية . وكلاهما مغطى بريش خاصة ، ويمكن إحكام غلقها . وتثبت فى بداية الأنبوبة مروحة دافعة للهواء داخل الأنبوبة .

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به تفتح الفتحة (أ) وتغلق الفتحة (ب) ، وتعمل المروحة الساحبة للهواء التى توجد فى مكان آخر بالبيت ؛ فيندفع الهواء البارد الخارجى من الفتحة (أ) ، ومنه إلى الأنبوبة البلاستيكية من خلال المروحة التى تعمل باستمرار .

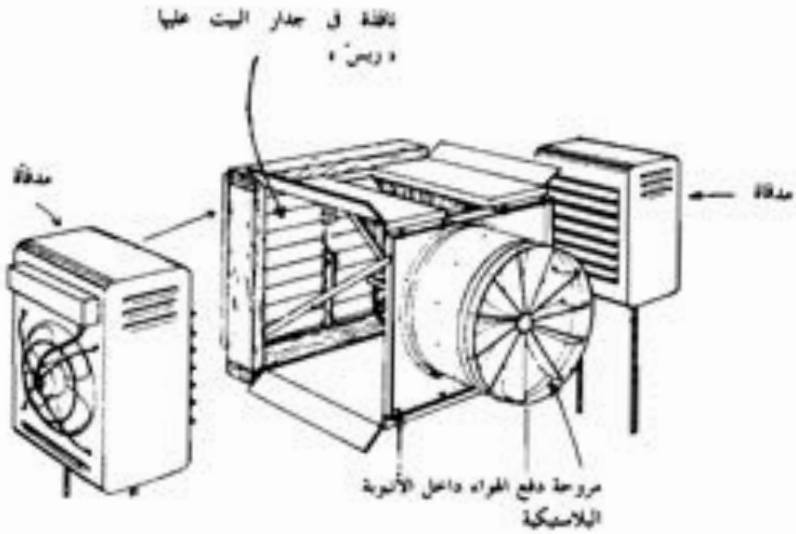


(أ)

شكل ٢ - ٣٤ : تخطيط يوضح كيفية استخدام نظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية ، والتدفئة ، والمحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

وعندما تنخفض درجة الحرارة داخل البيت إلى المجال المناسب تقفل الفتحة (أ) ، وتفتح الفتحة (ب) ، وتتوقف المروحة الساحبة للهواء من البيت عن العمل ، لكن يستمر تشغيل المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة ، حيث تمتلىء بهواء البيت ؛ فتعمل بذلك على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة ليلًا يبدأ جهاز التدفئة فى العمل مع استمرار الوضع على ما هو عليه (الفتحة « أ » مغلقة ، والفتحة « ب » مفتوحة ، والمروحة الساحبة للهواء من البيت لا تعمل ، والمروحة الدافعة للهواء داخل الأنبوبة تعمل) ؛ فيندفع الهواء الساخن إلى داخل الأنبوبة ليتم توزيعه فى أرجاء البيت . ويوضح شكل (٢ – ٣٥) تجسيمًا لهذا النظام .



شكل ٢ – ٣٥ : رسم مجسم بنظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية عند استخدامه أيضًا فى التدفئة ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

٢ – ٥ : التحكم فى الإضاءة

يمكن التحكم فى الإضاءة فى البيوت المحمية من خلال التحكم فى كل من شدة الإضاءة والفترة الضوئية ، سواء بالزيادة أم بالنقصان .

٢ – ٥ – ١ : التحكم فى شدة الإضاءة

خفض شدة الإضاءة

يتطلب الأمر خفض شدة الإضاءة فى حالات خاصة هى :

١ – خلال فصل الصيف فى الجو الصحو بالمناطق الحارة ، حيث تزداد شدة الإضاءة بدرجة كبيرة ، ويتحول جانب كبير من الإشعاع الشمسى إلى طاقة حرارية ؛ فترتفع بذلك درجة الحرارة