٢- يجب تزويد كل المراوح بمغالق أوتوماتيكية للحماية من الظروف الجوية ولمنع حدوث تسرب للهواء الخارجى عندما لا تكون المراوح فى حالة تشغيل.

٣- عندما تكون مراوح بيوت محمية متجاورة قريبة من بعضها البعض وتطلق هواءها الساخن فى نفس المكان بين الصوبات، فإنها يجب أن تُعزل عن بعضها البعض لتجنب طرد الهواء مباشرة من مروحة لأخرى.

٤- يجب أن تحاط المراوح بشبكة سلكية لحماية الأفراد من ملامسة أى من أجزائها المتحركة (Jones ٢٠٠١).

التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية المعلقّة

كثيرًا ما تستخدم فى التهوية أنابيب من البوليثيلين تثبت عالية بقدر كافٍ حتى لا تتضرر النباتات من الهواء الخارجى البارد، حيث يختلط بهواء الصوبة الدافئ قبل وصوله للنباتات. وتكون الأنبوبة بقطر حوالى ٩٠ سم، وتمتد بطول الصوبة، وتثبت فى مكانها بسلك وأطواق، ويوجد بجانبيها ثقوب بقطر ٧,٥سم كل ٩٠-١٥٠سم. يتصل أحد جانبى الأنبوبة بمروحة التهوية، ويتصل الجانب الآخر بمصاريع (عوارض) مدلاة ومتحركة. يسمح ذلك للهواء الخارجى بالدخول تدريجيًا دون الإضرار بالنباتات، وبسحب الهواء الحار الذى يتجمع بالقرب من سقف الصوبة (Marr ١٩٩٥).

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 يتوزع منها بالتدريج فى جميع أرجاء البيت.

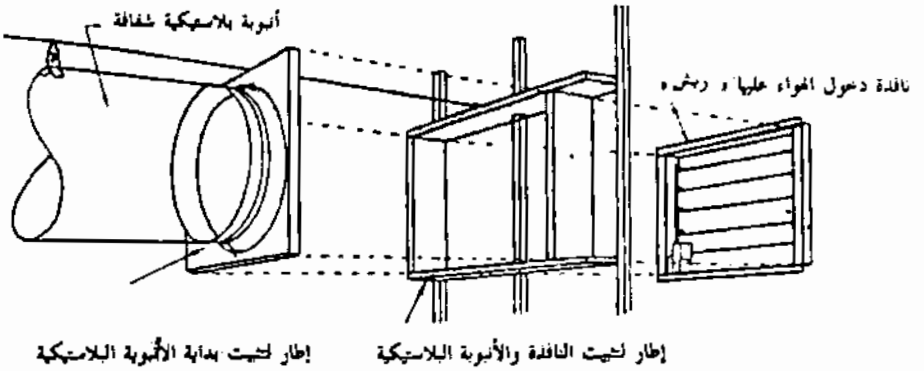
ويوضح شكل (٣-١٨) الكيفية التى يتم بها عمل هذا النظام: تثبت مروحة كبيرة ساحبة للهواء فى جانب من البيت، بينما يوصل أحد طرفى الأنبوبة البلاستيكية بفتحة فى جانب آخر. ويؤدى تشغيل المروحة إلى توليد تفريغ داخل البيت؛ فيندفع الهواء

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 ارجاء البيت

شكل ٣-١٨ لبوبة بلاستيكية تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات، ويمكن ان تستخدم فى التهوية فى الجو البارد، وفى توزيع الهواء الدافئ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

هذا وتغطى الفتحة الخارجية بـ "ريش" خاصة تثبت فى إطار خشبى فى جدار البيت. وتتصل الأنبوبة البلاستيكية بهذا الإطار من الناحية الداخلية للجدار (شكل ٣-١٩) ويتم فتح هذه "الريش" بمجرد اندفاع الهواء من خلالها إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية وقد يتحكم قفل خاص فى فتحها وإغلاقها، 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

ويجب أن تُعْطى أهمية خاصة لقدرة المروحة على سحب الهواء من البيت؛ نظرًا لتأثير ذلك على كفاءة عملية التهوية وتختلف التقديرات فى هذا الأمر من ٠,٤٦-١,٢٢ مترًا مكعبا من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة لكل متر مربع من مساحة البيت بمتوسط قدره ٠,٨٤ م^{٣} فى الدقيقة.



شكل (٣-١٩): تخطيط يوضح مكان اتصال الأنبوبة البلاستيكية بفتحة التهوية التى توجد فى جدار البيت.

تعمل التهوية بهذا المعدل — تحت الظروف القياسية — على عدم ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت لأكثر من ٨°م عن الجو الخارجى. فإذا أُريد المحافظة على فرق أقل فى درجة الحرارة بين الهواء الداخلى والخارجى، وجبت زيادة معدل دخول الهواء البارد. ويستخدم لأجل ذلك معامل التصحيح (F_{winter}) المبين فى جدول (٣-١٤)، والذى يطلق عليه اسم معامل التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة.

جدول (٣-١٤): 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 (°م)	١٠	٩,٤	٨,٩	٨,٣	٧,٨	٧,٢	٦,٧	٦,١	٥,٦	٥,٠
F_{winter}	٠,٨٣	٠,٨٨	٠,٩٤	١,٠٠	١,٠٧	١,١٥	١,٢٥	١,٣٧	١,٥٠	١,٦٧

هذا .. والظروف القياسية المشار إليها هى ألا يزيد منسوب البيت على ٣٠٥م على سطح البحر، وألا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت على ٥٠٠ قدم — شمعة (٥٣,٨ klux) فإذا اختلفت الظروف الحقيقية عن القياسية، لزم تصحيح معدل سحب الهواء باستعمال معاملات التصحيح التى سبقت الإشارة إليها فى جدولى (٣-٩، و ٣-١١). كذلك يجب الاهتمام

بحساب عدد الأنابيب البلاستيكية اللازمة للتهوية، ومساحة الثقوب بها، لأن كل أنبوبة بقطر ٧٥ سم تكفى لتهوية نحو ٩ أمتار من عرض البيت (أى ٤.٥م 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. وغالبًا ما تكون المسافة بين الثقوب ٦٠-٩٠ سم

التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية، 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 بـ ريش 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 الداخل إلى البيت إلى أسفل نحو النباتات، بدلاً من سحبه إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية

أما عندما لا تعمل المروحة الساحبة للهواء من داخل البيت (أى عندما لا تكون هناك حاجة إلى التهوية)، فإن المروحة التى تدفع الهواء إلى داخل الأنبوبة

البلاستيكية (والتى تعمل باستمرار) تؤدى إلى تحريك هواء البيت باستمرار، محققة المرايا الآتية.

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

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

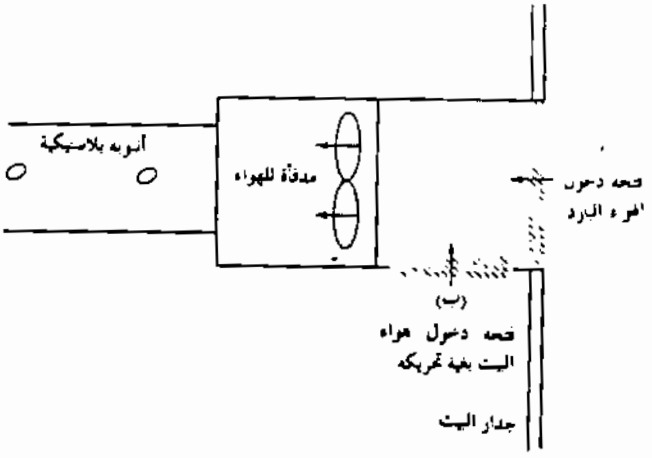
٣- تقيل فرصة الإصابة بالأمراض بتقليل الرطوبة النسبية حول الأوراق (Sheldrake ١٩٦٧).

التهوية والتدفئة بنظام الأنبوبة البلاستيكية، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يحدث أحيانًا فى فصل الشتاء أن تحتاج البيوت إلى التهوية نهارًا والتدفئة ليلاً. 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 (٣-٢٠). ويوضع جهاز التدفئة مقابل الفتحة (ب) بالشكل، أما الفتحة (أ)، فهى فى جدار البيت لدخول الهواء البارد عند الحاجة إلى التهوية. وكلتا الفتحتين مغطاة بـ "ريس" 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.

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 التى تدفع الهواء إلى داخل الأنبوبة؛ حيث تمتلئ بهواء البيت، ؛ فتعمل بذلك على تجانس درجة الحرارة داخل البيت.



شكل (٣-٢٠) تخطيط يوضح كيفية استخدام نظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية، والتدفئة، والمحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة ليلاً 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 الى داخل الأنبوبة ليتم توزيعه فى أرجاء البيت ويوضح شكل (٣-٢١) تجسيمًا لهذا النظام مع استعمال مدفأتين

صيانة نظم التهوية

إن صيانة نظم التهوية تتطلب مراعاة ما يلى:

١- التأكد من نظافة ريش المراوح وملحقات المراوح مثل أقفاصها ومغاليق الهواء، ذلك أن تراكم ولو جرامات من الأتربة على الريش يمكن أن يحدث عدم توازن بالمروحة تكفى لخفض كفاءتها بنحو ٣٠٪

٢- ومع نظافة أجزاء المروحة يلزم تشحيم كل أجزاءها المتحركة، وكذلك تشحيم مغاليق الهواء

٣ التخلص من أى شئ أو نموات نباتية قد تتواجد بالقرب من المروحة حتى لا تعوق حركة الهواء (Buffington وآخرون ٢٠٠٢).