

هندسة الجودة ونظم التحكم البيئي



اعداد: ا.د/ أحمد توفيق طه

قسم الهندسة الزراعية

والنظم الحيوية

2021

VISION رؤية الكلية

تتمثل رؤية الكلية في: أن تكون كلية الزراعة جامعة المنوفية من الكليات المتميزة والمعتمدة محلياً وإقليمياً في مجال التعليم الزراعي والبحث العلمي ونقل التكنولوجيا بما يخدم أهداف التنمية الزراعية والريفية المستدامة.

MISSION رسالة الكلية

تهدف كلية الزراعة جامعة المنوفية في إطار تحقيق رؤيتها إلي: إعداد خريجين قادرين على المنافسة محلياً وإقليمياً في مختلف مجالات الزراعة، بالإضافة إلي خدمة المجتمع و حل مشاكلة الاقتصادية و الإجتماعية و البيئية و ذلك من خلال: تقديم برامج دراسية متميزة لطلاب مرحلة البكالوريوس والدراسات العليا و دعم و تشجيع البحث العلمي الزراعي و توفير البرامج الإرشادية والاستشارية الزراعية، و تنطلق رسالة الكلية من قاعدة أساسها: الإرتقاء بجودة الموارد البشرية و المادية المتاحة بالكلية و التوظيف الأمثل لها، و تحقيق التكامل بين مختلف قطاعات الكلية.

الفصل الاول

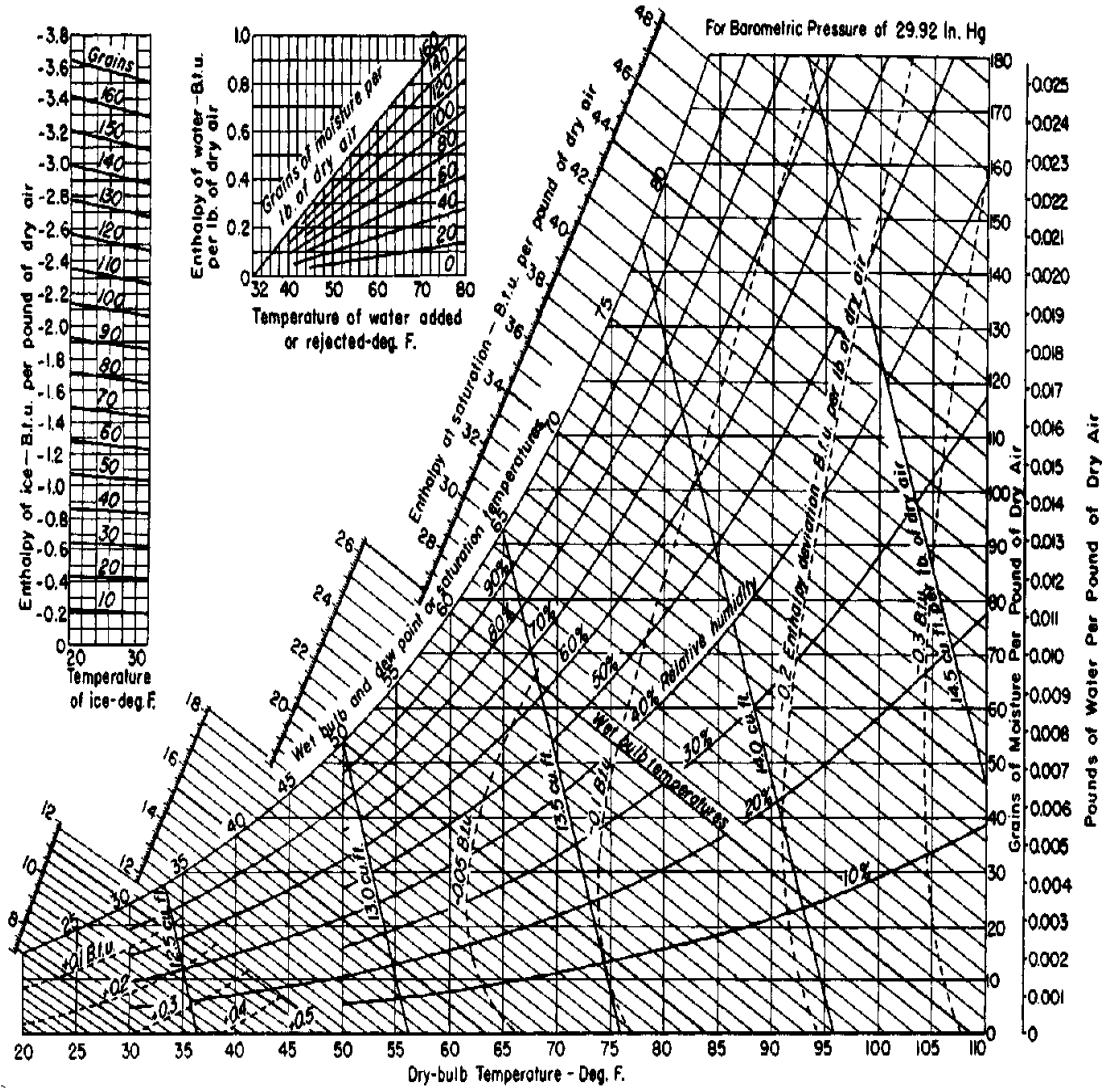
خواص الهواء الرطب

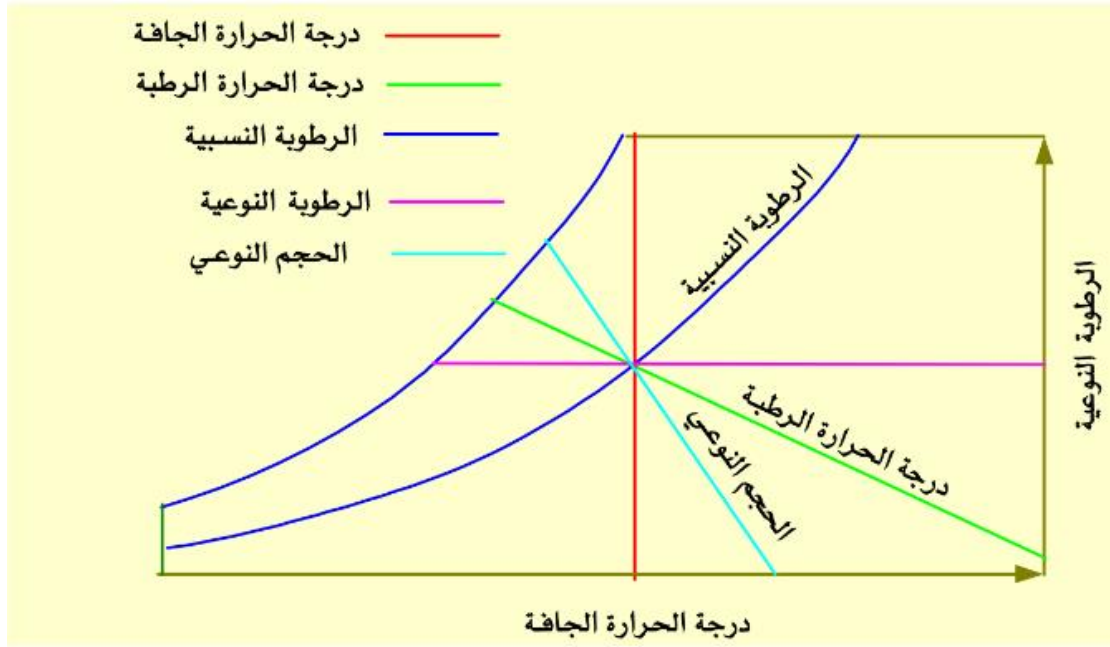
psychrometrics

يعتبر الالمام بالخواص الفيزيائية والديناميكية الحرارية لمخلوط من الهواء وبخار الماء (الهواء الرطب) مهم بالنسبة للمهتمين بمجال الصوب الزراعية او تصميم نظم تهئية البيئة بداخلها.
وقبل التحدث عن خواص الهواء الرطب يجب معرفة الخريطة السيكمرومترية والتي من خلالها يتم تحديد خواص الهواء الرطب.

❖ الخريطة السيكمرومترية The psychrometric chart

هي عبارة عن تمثيل بياني لكل من الخواص الطبيعية والحرارية للهواء الرطب ، والمحوران الاساسيان لهذه الخارطة هما درجة الحرارة الجافة كمحور افقي والرطوبة المطلقة كمحور رأسي وهي عادة تأخذ شكل الحذاء او البوت ، وهي تمكننا من تحديد جميع خواص الهواء بمعلومية اي خاصيتين بدون الحاجة الي استخدام المعادلات المعقدة بشرط ان تكون هاتين الخاصيتين متوازيتين.





- ويجب تحديد خواص الهواء الرطب وهي:-

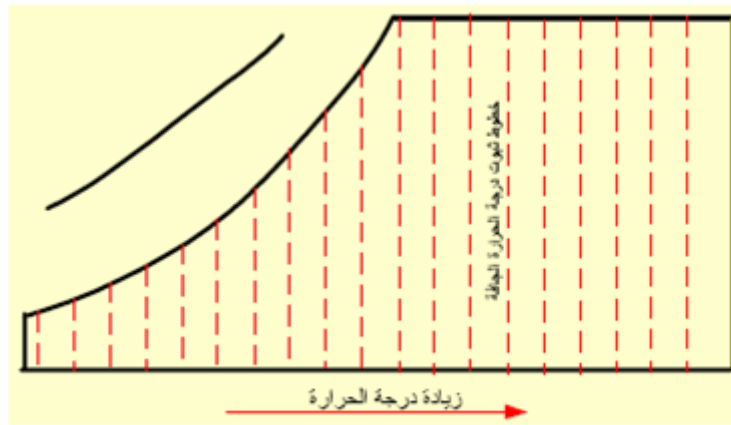
1- درجة الحرارة Temperature

وهي مقياس لسخونة او برودة جسم ما وتقاس علي اي مقياس اختياري لدرجة الحرارة.

وتقاس درجة الحرارة بوحدات فهرنهايت أ، كلفن أ، سليزيوس ومن انواعها :-

أ- درجة الحرارة الجافة dry bulb temperature

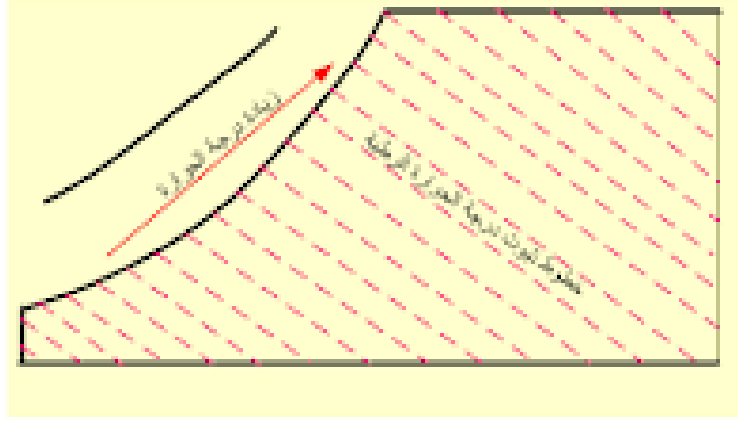
هي عبارة عن درجة حرارة الهواء العادي المقاسة في الجو العادي الجاف بواسطة الترمومتر الزئبقي الجاف وتقاس بالسليزيوس °C



شكل (٢ - ٤): خطوط درجة الحرارة الجافة

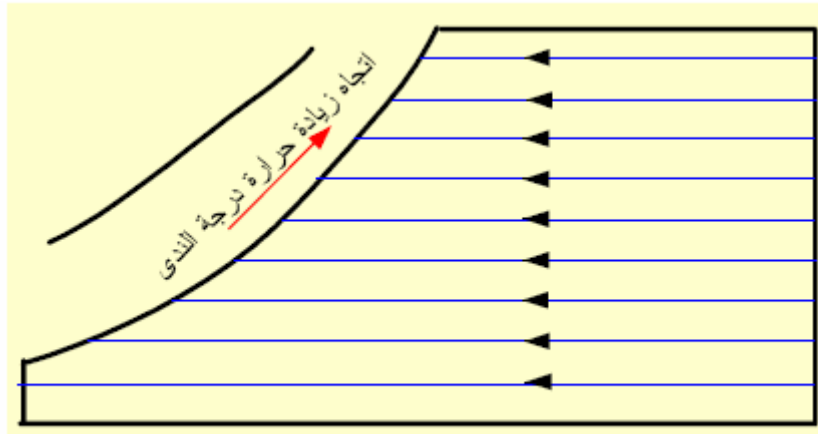
ب- درجة الحرارة الرطبة wet bulb temperature

هي درجة الحرارة المقاسة بواسطة الترمومتر العادي ولكن بعد تغطية بصلييته بقطعة قماش مبتلة. وتقاس بالسليزيوس °C



شكل (٢ - ٥) : خطوط درجة الحرارة الرطبة

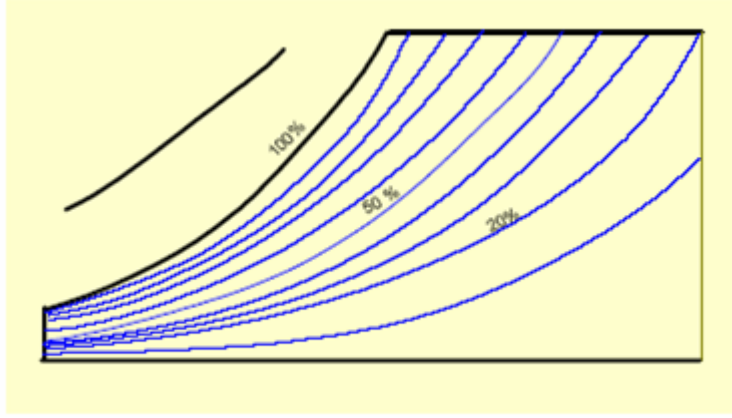
ت- درجة حرارة نقطة الندى dew point temperature هي درجة الحرارة التي يحدث عندها تكثيف للرطوبة الموجودة بالهواء علي السطح. وتقاس بالسليزيوس °C



شكل (٢ - ١٠) : خطوط ثبوت درجة الندى

2- الرطوبة النسبية Relative humidity

هي النسبة بين الضغط الجزئي لبخار الماء الموجود في الهواء الرطب عند درجة حرارة معينة الي ضغط البخار عند حالة التشبع عند نفس درجة الحرارة.

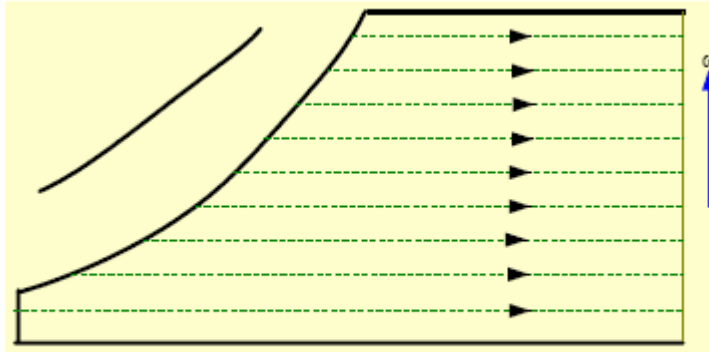


شكل (٢ - ٦): خطوط ثبوت الرطوبة النسبية.

ضغط بخار الماء الجزئي :- هو ضغط بخار الماء في الحالة الطبيعية
 ضغط بخار الماء المشبع :- هو ضغط بخار الماء في الحالة المشبعة (رطوبة نسبية 100%).
 تتراوح قيم الرطوبة النسبية بين صفر الي 100 % .

3- نسبة الرطوبة (الرطوبة المطلقة) Humidity Ratio

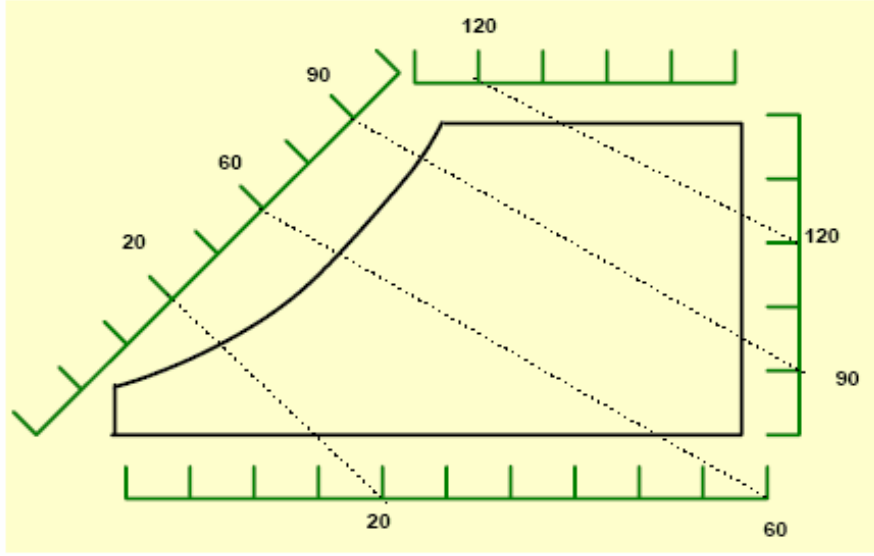
هي عبارة عن النسبة بين كمية بخار الماء الموجود في الهواء الي كتلة الهواء الجاف .
 وتقاس بوحدات كجم بخار ماء/كجم هواء جاف.



شكل (٢ - ٧): خطوط ثبوت الرطوبة النوعية

4- الانثالپيا (المحتوي الحراري) Enthalpy

هي عبارة عن محتوى الطاقة الداخلي لمخلوط من الهواء وبخار الماء ويتم التعبير عنها بوحدة كيلو جول / كجم



شكل (٢ - ٩): خطوط ثبوت طاقة الانثاليبي.

وتنقسم الي الحرارة المحسوسة :-

وهي عبارة عن الحرارة التي نشعر بها وتمثل الطاقة الحرارية الموجودة في الهواء

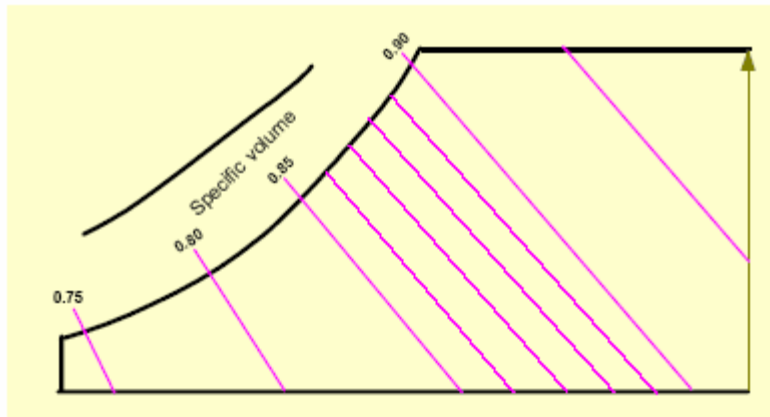
الحرارة الكامنة :-

وهي عبارة عن الحرارة اللازمة لتغيير صورة المادة من حالة لآخرى دون رفع درجة حرارتها وتتمثل في بخار الماء

5- الحجم النوعي Specific volume

هو عبارة عن الحجم التي يشغله 1 كجم من الهواء الجاف

ويقاس بوحدات $\frac{m^3}{kg}$



شكل (٢ - ٨): خطوط ثبوت الحجم النوعي

تمارين

س/علل

درجة الحرارة الرطبة اقل من درجة الحرارة الجافة.

تتناسب الرطوبة النسبية عكسيا مع درجة الحرارة؟

لا تتأثر نسبة الرطوبة بتغير درجة الحرارة لكن تتأثر الرطوبة النسبية بهذا التغير ؟

س- ما الفرق بين درجة الحرارة وكمية الحرارة؟

(1) هواء درجة حرارته الرطبة 15°C ورطوبته المطلقة $0.0086 \text{ Kg}_w/\text{Kg}_{dry \text{ air}}$ ، حدد باقى خواص الهواء

(2) سيكرومتر معلق يقرأ درجة حرارة جافة 25°C ودرجة حرارة رطبة 15°C ، أوجد الرطوبة المطلقة، الرطوبة النسبية

،نقطة الندى، الإنثالبي، الحجم النوعى

Processes affecting an air-water vapor mixture

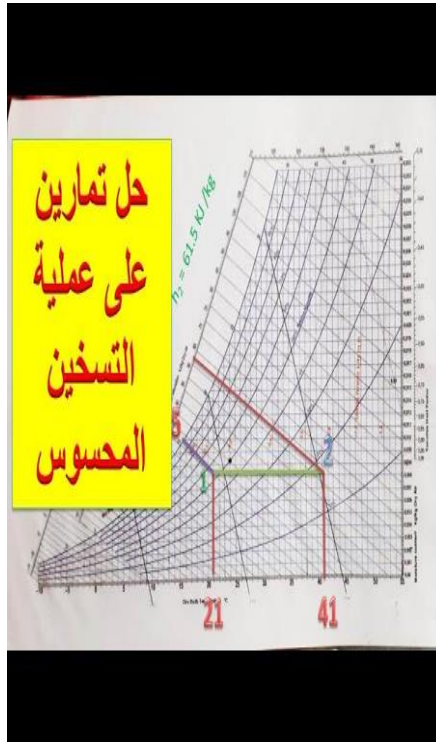
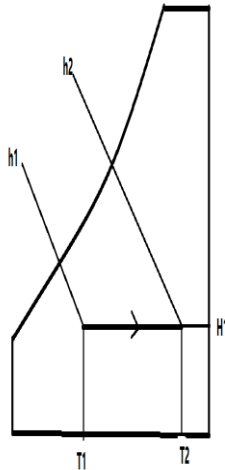
حيث يمكن استخدام خواص الهواء الرطب في عمليات التدفئة والتبريد والتهوية داخل الصوب الزراعية حيث يمكن التحكم في هذه الخواص وتهيئتها لمناسبة النباتات , حيث يحتاج كل نبات الى ظروف خاصة من حيث درجة الحرارة والرطوبة النسبية والاضاءة , حيث باستخدام تلك العوامل وطرق التدفئة يتم التحكم في درجة الحرارة ورفعها خلال الشتاء ليلا , وباستخدام تلك العوامل وطرق التبريد يمكن خفض درجة الحرارة داخل الصوبة صيفا في النهار .

ومن هذه العمليات :-

1- عملية التسخين المحسوس sensible heating

هي عبارة عن اضافة حرارة للهواء بدون حدوث اي تغير في نسبة الرطوبة.

حيث تحدد الحالة الابتدائية للهواء T_1 ثم تتحرك افقيا حتي تتقاطع مع خط درجة الحرارة T_2 وذلك عند نفس نسبة الرطوبة



وكمية الحرارة المستخدمة في تسخين 1 كجم هواء جاف من الحالة T_1 الي الحالة T_2 تكون عبارة عن الفرق في الانثالبيا

$$Q = m(h_2 - h_1)$$

Q = كمية الحرارة المستخدمة في التسخين W

m = معدل سريان الهواء $\frac{kg}{s}$

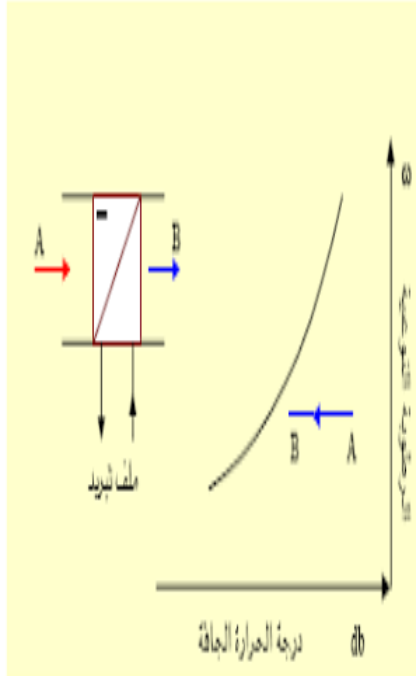
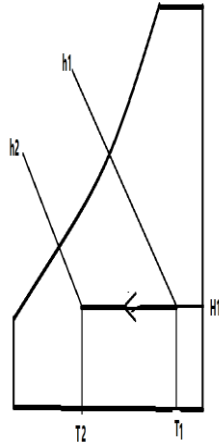
h₂ = الانتالپيا بعد التسخين $\frac{kJ}{kg}$

h₁ = الانتالپيا قبل التسخين $\frac{kJ}{kg}$

1- احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 81 m³ من الهواء عند ظروف النقطة (1) (درجة حرارة جافة 10 °C ورطوبة نسبية 80%) الى ظروف النقطة (2) (درجة حرارة جافة 32 °C) احسب ايضا الرطوبة النسبية النهائية

2- التبريد المحسوس sensible cooling

وفيها يتم خفض درجة الحرارة الجافة للهواء من T₁ الى T₂ عن طريق مروره فوق حلزوني معدني درجة حرارة السطحية اعلي من درجة حرارة نقطة الندى, وذلك عند ثبات الرطوبة المطلقة. وكمية الحرارة المزالة عبارة عن الفرق في الانتالپيا, **علل** ويجب ان تكون درجة حرارة التبريد اكبر من درجة حرارة نقطة الندى ؛ حتي لا تتكثف رطوبة الهواء وتقل رطوبة المطلقة



$$Q = m(h_2 - h_1)$$

Q = كمية الحرارة المزالة من التبريد W

m = معدل سريان الهواء $\frac{kg}{s}$

h_2 = الانثالپيا قبل التبريد $\frac{kJ}{kg}$

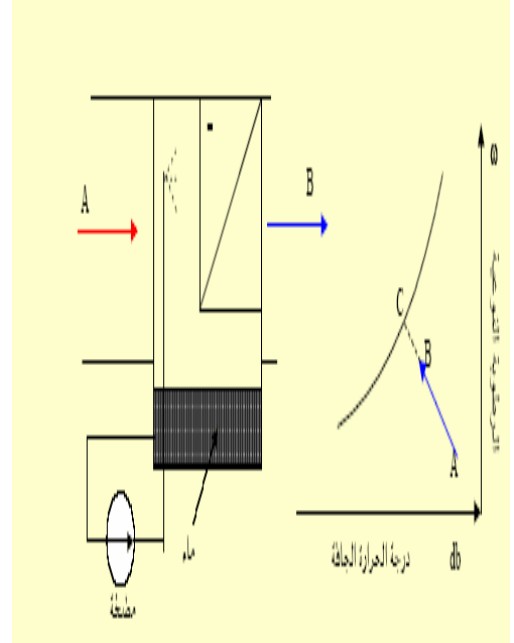
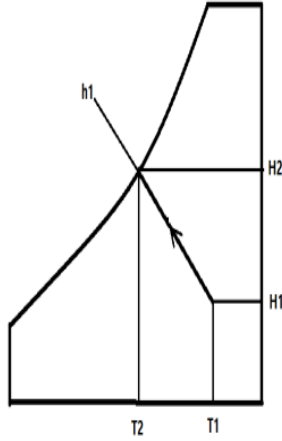
h_1 = الانثالپيا بعد التبريد $\frac{kJ}{kg}$

2- احسب كمية الحرارة المزالة نتيجة لعملية تبريد محسوس (أى بدون أى تغير للمحتوى الرطوبى) لهواء معدل استخدامه $5 m^3/sec$ عند درجة حرارة ابتدائية $50^\circ C$ ونسبة رطوبة $8 Kg_w/Kg_{dry air}$ علما بأن الهواء يخرج عند $20^\circ C$

3- عملية التبريد التبخيرى Evaporative cooling

هي عملية اديباتيكية اي يحدث تشبع للهواء ببخار الماء بدون اي اضافة او فقد للحرارة المكتسبة ,اي عند ثبات المحتوى الحراري للهواء . ويكون اتجاه حركة العملية الي اعلي تقريبا لافي خط موازي لخط درجة الحرارة الرطوبة , وذلك عند ثبات المحتوى الحراري للهواء .

علل / تتم عملية التبريد التبخيرى بكفاءة في الاجواء الحارة الجافة.



$$Q = m(H_2 - H_1)$$

Q = كمية بخار الماء المضافة W

m = معدل سريان الهواء $\frac{kg}{s}$

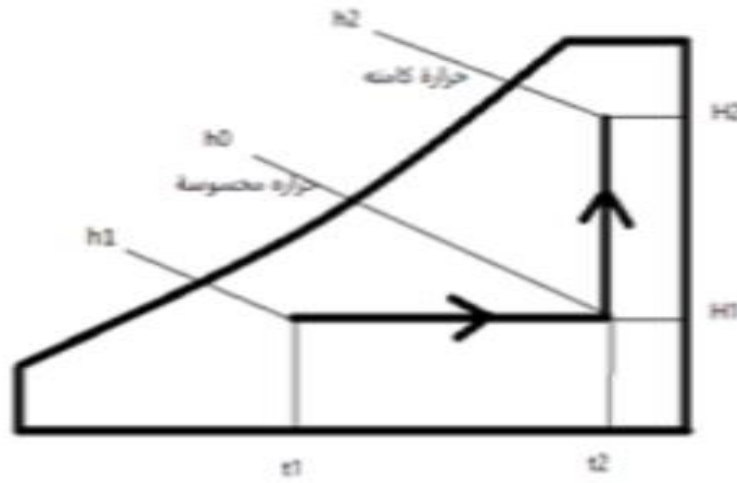
$$H_2 = \text{الرطوبة المطلقة قبل التبريد} \frac{kg}{kg}$$

$$H_1 = \text{الرطوبة المطلقة بعد التبريد} \frac{kg}{kg}$$

3-هواء عند درجة حرارة جافة $40^{\circ}C$ ورطوبة نسبية 20% تم تبريده عن طريق الإمرار على سطح ماء حتى درجة التشبع ،احسب كمية بخار الماء المضافة إلى 3 kg من الهواء الجاف إذا كانت العملية تبريد تبخيري

4- التسخين مع الترطيب Heating and humidifying

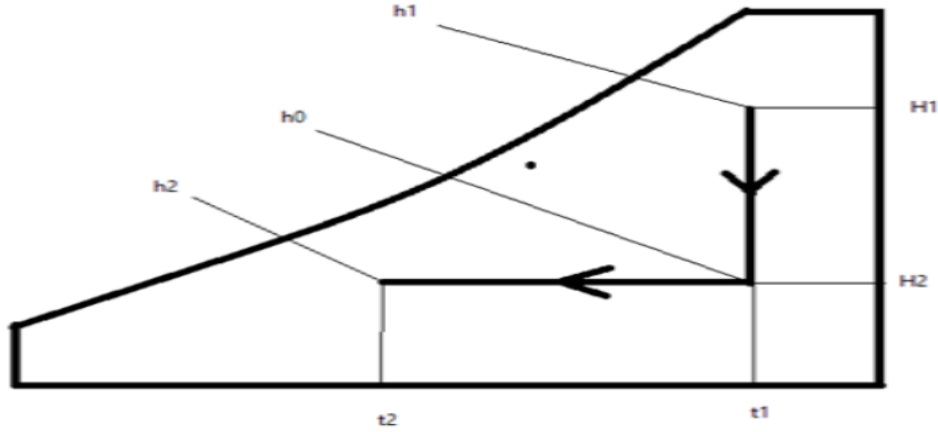
تحدث عملية التسخين مع الترطيب مع حركة الهواء خلال مباني الانتاج الحيواني , حيث يتم تسخين الهواء ثم ادخاله الي حظائر الماشية ونتيجة لتنفس الحيوانات ترتفع رطوبة هذا الهواء .



4-نفترض ان هناك هواء رطبا يدخل مبنى عجول عند درجة حرارة $5^{\circ}C$ ورطوبة نسبية 70% لاحتلاله محل الهواء الداخلي فإذا كانت عملية إحلال الهواء تتم عند درجة حرارة $20^{\circ}C$ ورطوبة نسبية 70% وبمعدل $5 m^3/sec$ ،احسب كمية الحرارة الكامنة والمحسوسة المضافة إلى الهواء الداخلي

5- التبريد مع ازالة الرطوبة Cooling and dehumidifying

تتضمن عملية التبريد مع ازالة الرطوبة خفض كل من درجة الحرارة الجافة ونسبة الرطوبة.وقد تحدث ايضا عملية تكثيف لبخار الماء اذا انخفضت درجة الحرارة للهواء الي اقل من درجة حرارة نقطة الندى . وتتم ايضا في هذه العملية ازالة كل من الحرارة المحسوسة والكامنة للهواء .



5- احسب عدد الأطنان التبريدية المطلوبة لتبريد $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ من الهواء عند الحالة (1) (درجة حرارة جافة 30°C ورطوبة نسبية 60%) إلى الحالة (2) (درجة حرارة جافة 10°C ورطوبة نسبية 100%) احسب ايضا كمية الرطوبة المزالة (الطن التبريدى هو سعة التبريد لإزالة 3.516 kw)

5-الخلط الادياباتيكي لهواء رطب Adiabatic mixing of moist air

عندما يخلط تيارين من الهواء فان نقطة حالة الخليط الناتج من عملية الخلط تقع علي الخط الواصل بين نقطتي الحالة الابتدائية لكل من التيارين , فاذا كان هناك هواء وزنة m_1 ودرجة حرارته الجافة T_1 ورطوبة المطلقة H_1 , خلط بهواء وزنة m_2 ودرجة حرارته الجافة T_2 ورطوبة المطلقة H_2 فان :

$$m_3 = m_2 + m_1 \quad \text{- اتزان كتلة الهواء}$$

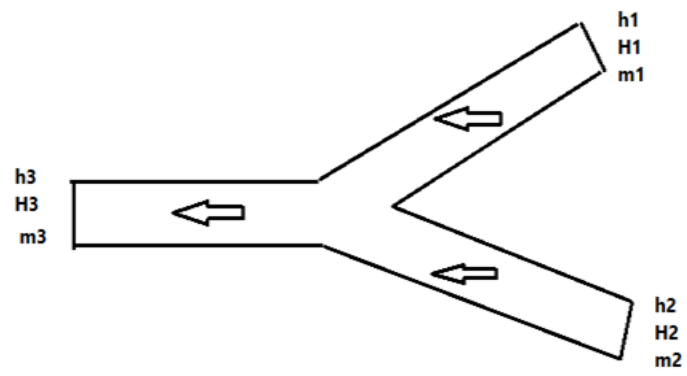
$$h_3 = h_2 + h_1 \quad \text{- اتزان كتلة الطاقة}$$

$$H_3 = H_2 + H_1 \quad \text{- اتزان كتلة الماء}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{h_1 - h_3}{h_3 - h_2}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{H_1 - H_3}{H_3 - H_2}$$

6-هواء درجة حرارته الجافة 20°C ورطوبته النسبية 90% ويسرى بمعدل $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ خلط بهواء أخر درجة حرارته الجافة 20°C ورطوبته النسبية 30% وبمعدل $15 \text{ m}^3/\text{sec}$ ، حدد حالة الخليط واوجد خواص الهواء الناتج من الخلط



تمارين (2)

السؤال الاول :- اكمل ما ياتى:-

- 1- عملية التبريد التبخيري هي
- 2- يتكون الهواء الرطب منو.....
- 3- السيكرومتري هو
- 4- يستفاد من خواص الهواء الرطب في
- 5- خواص الهواء الرطب هي
- 6- الخريطة السيكرومترية هي
- 7- درجه الحرارة الجافة هياما درجة الحرارة الرطبة هي
- 8- تقاس درجة الحرارة الجافة بواسطة جهازوتقاس درجة الحرارة الرطبة بواسطة جهاز
- 9- تعرف الرطوبة النسبية علي انهااما نسبة الرطوبة هي.....
- 10- تتراوح قيم الرطوبة النسبية بينوتكون الرطوبة النسبية للهواءعند درجة حرارة نقطة الندى
- 11- وحدة قياس الرطوبة المطلقة هيولكن وحدة قياس الحجم النوعي هي
- 12- تعرف الانثالپيا بانهاوتقاس بوحدة
- 13- يمكن تحديد خواص الهواء الرطب باستخدامو.....
- 14- تتأثر درجة الحرارة الرطبة ب.....و.....
- 15- تتأثر نسبة الرطوبة ب.....و.....
- 16- تعرف الحرارة المحسوسة بانهاولكن الحرارة الكامنة هي
- 17- تكون خطوط ثبات الحجم النوعي في الخريطة السيكرومترية مائلة بزاويةعلي المحور الافقي
- 18- تعرف درجة الحرارة بانهااما كمية الحرارة فهي
- 19- تقاس درجة الحرارة بوحدةو..... ولكن تقاس كمية الحرارة بوحدةو.....
- 20- تتم عمليات التدفئة والتبريد عند ثبات

السؤال الثاني :- علل

- 1- يجب ان تكون درجة حرارة التبريد اقل من درجة حرارة نقطة الندى
- 2- درجة الحرارة الرطبة اكبر من درجة الحرارة الجافة
- 3- لا تتكون قطرات من الماء علي زجاج السيارات المكشوفة في الصباح الباكر وتتكون علي السيارات المغطاة
- 4- تتناسب الرطوبة النسبية طرديا مع درجة الحرارة الجافة
- 5- تتأثر نسبة الرطوبة بتغير درجة الحرارة ولكن لا تتأثر الرطوبة النسبية بهذا التغير
- 6- نسبة الرطوبة متغيرة في الهواء
- 7- ضرورة اقامة البيوت المحمية بعيدا عن مصدات الرياح
- 8- درجة الحرارة داخل البيوت البلاستيكية اكبر من درجة حرارة البيوت الزجاجية والتي لها نفس الظروف
- 9- ارتفاع درجة حرارة الصوب في ليالي الشتاء الصافية عن درجة حرارة الهواء المحيط
- 10- استخدام طبقتين من الزجاج او البلاستيك لتغطية الصوب الزراعية
- 11- التبريد التبخيري من اكثر الوسائل استخداما في الصوب للتبريد
- 12- قلة استهلاك الطاقة عند بناء صوبة بدون مصدات الرياح
- 13- تكون الصوبة الزجاجية ادفى من الصوب البلاستيكية

- 14- يستخدم الهواء كوسط للتجفيف
- 15- درجة حرارة الصوبة البلاستيكية اكبر من الزجاجية بالليل في نفس المكان
- 16- انخفاض درجة حرارة الصوبة عن درجة الحرارة الخارجية نهارا
- 17- تكثف قطرات من الماء علي الزجاجية الخارجية من الفريزر
- 18- تهمل كمية الطاقة الممتصة من الاشعاع الشمسي بغطاء الصوبة
- 19- تتم عملية التبريد بكفاءة عالية في الاجواء الحارة الجافة ولكن تقل في الاجواء المشبعة بالرطوبة
- 20- يجب ان يزيد معدل سريان الهواء في المباني الزراعية عن حد معين

السؤال الثالث :

1- مثل العمليات التالية علي الخريطة السيكمومترية

أ- هواء خارجي حار وجاف ويمر علي مبرد تبخيري قبل ان يدخل بيت محمي ثم يحدث لهذا الهواء تسخين محسوس بواسطة اشعة الشمس ثم اضافة بخار ماء (رطوبة) بواسطة النباتات في البيت المحمي .
فقرة (أ) مع اعتبار ان النباتات في البيت المحمي تعمل علي ترطيب وتبريد الهواء تبريدا تبخيريا.

2- المشتغل بالتحكم البيئي لابد له من معرفة مايسمي بخواص الهواء الرطب اذكر هذه الخواص مع التوضيح

3- عملية التبريد مع الترطيب هي احدي الوسائل المستخدمة في تكييف البيوت المحمية وضح ذلك مع ذكر العوامل المؤثرة علي كفاءة هذه العملية

السؤال الرابع :-

1. تيار هواء ويسرى بمعدل $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ درجة حرارته الجافة 30°C ورطوبته المطلقة $\text{Kg}_w/\text{Kg}_{dry \text{ air}}$ 0.01 يمر على سخان كهربى ليسخن إلى درجة حرارة جافة 50°C ، ما هى قدرة السخان اللازم

2. هواء درجة حرارته الجافة 50°C ورطوبته النسبية 20% يسرى بمعدل $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ على مادة رطبة احسب أقصى معدل ممكن لإزالة الرطوبة

3. هواء درجة حرارته الجافة 25°C والرطوبة 20°C ، اوجد رطوبته النسبية والإنثالبي والوزن النوعى له

4. يسخن هواء حرارته الجافة 25°C والرطوبة 20°C حتى تصبح درجة حرارته الجافة 40°C ، احسب كمية الحرارة اللازمة لتسخين $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ من الهواء ، واحسب كذلك الرطوبة النسبية للهواء المسخن

5. يمر هواء درجة حرارته الجافة 50°C ورطوبته النسبية 8% خلال مجفف من النوع المستمر ثم يخرج من المجفف على درجة حرارة 35°C ، احسب معدل الرطوبة المزالة فى المجفف بواسطة كيلوجرام واحد من الهواء الجاف ، احسب كذلك حجم الهواء اللازم لإزالة رطوبة بمعدل $20 \text{ Kg}_w/\text{h}$

6. احسب معدل الحرارة الواجب إضافتها لهواء درجة حرارته 15°C ورطوبته النسبية 85% وذلك لرفع درجة حرارة الهواء إلى 30°C ، احسب أيضا الظروف النهائية للهواء - افترض أن معدل الهواء المستخدم $120\text{ m}^3/\text{min}$

7. احسب كمية الحرارة المزالة نتيجة لعملية تبريد محسوس (أى بدون أى تغير للمحتوى الرطوبى) لهواء معدل استخدامه $5\text{ m}^3/\text{sec}$ عند درجة حرارة ابتدائية 50°C ونسبة رطوبة $8\text{ Kg}_w/\text{Kg}_{dry\text{ air}}$ علما بأن الهواء يخرج عند 20°C

8. هواء درجة حرارته الجافة ورطوبته النسبية 45°C و 15% على الترتيب، يتم دفعه على وسادة مبللة بالماء بمعدل $3\text{ m}^3/\text{sec}$ فإذا كانت كفاءة المبرد التبخيري 85%، احسب ظروف الهواء الخارجة من المبرد وكذلك معدل بخار الماء المضاف للهواء

9. احسب عدد الأطنان التبريدية المطلوبة لتبريد $1\text{ m}^3/\text{sec}$ من الهواء عند الحالة (1) (درجة حرارة جافة 30°C ورطوبة نسبية 60%) إلى الحالة (2) (درجة حرارة جافة 10°C ورطوبة نسبية 100%) احسب أيضا كمية الرطوبة المزالة (الطن التبريدى هو سعة التبريد لإزالة 3.516 kw)

10. احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 81 m^3 من الهواء عند ظروف النقطة (1) (درجة حرارة جافة 10°C ورطوبة نسبية 80%) إلى ظروف النقطة (2) (درجة حرارة جافة 32°C) احسب أيضا الرطوبة النسبية النهائية

11. احسب كمية الحرارة المزالة من 30 m^3 من الهواء الرطب عن درجة حرارة ابتدائية 40°C و رطوبة نسبية 30% إذا تم تبريد إلى 25°C درجة حرارة جافة وبدون أى تغير فى المحتوى الرطوبى (تبريد محسوس)

12. هواء عند درجة حرارة جافة 40°C ورطوبة نسبية 20% تم تبريده عن طريق الإمرار على سطح ماء حتى درجة التشبع، احسب كمية بخار الماء المضافة إلى 3 kg من الهواء الجاف إذا كانت العملية تبريد تبخيري

13. هواء درجة حرارته الجافة 30°C ودرجة حرارته رطبة 20°C باستخدام الخريطة السيكرومتريية، احسب الحجم النوعى، الرطوبة النسبية، درجة حرارة نقطة الندى، الرطوبة المطلقة، الأنثالبي

14. هواء درجة حرارته الجافة 20°C ورطوبته النسبية 90% ويسرى بمعدل $5\text{ m}^3/\text{sec}$ خلط بهواء آخر درجة حرارته الجافة 20°C ورطوبته النسبية 30% وبمعدل $15\text{ m}^3/\text{sec}$ ، حدد حالة الخليط و اوجد خواص الهواء الناتج من الخلط

15. هواء درجة حرارته الجافة 25°C ورطوبته النسبية 70% يسخن الى 45°C ، احسب جميع خواص الهواء قبل التسخين وبعد التسخين ، ثم احسب كمية الحرارة المستخدمة في التسخين لهواء معدل استخدامه $5\text{ m}^3/\text{sec}$

16. هواء درجة حرارته الجافة 30°C ودرجة حرارة نقطة الندى له 11°C يبرد الى 15°C ، احسب جميع خواص الهواء قبل وبعد التبريد ، ثم احسب كمية الحرارة المزالة من الهواء كنتيجة للتبريد لهواء معدل استخدامه $5\text{ m}^3/\text{sec}$

17. جهاز تجفيف يتطلب هواء درجة حرارته الجافة 46°C وبمعدل $300\text{ m}^3/\text{sec}$ يستخدم لذلك هواء جوى درجة حرارته 24°C ورطوبته النسبية 86% ثم يسخن إلى الدرجة المطلوبة ، ما هي قدرة السخان اللازم لتسخين الهواء

18. تم خلط هواء رطب لة درجة حرارة جافة ورطوبة نسبية ادياباتيا مع هواء رطب اخر محتواه الحراري 15 ك جول / كجم هواء جاف ودرجة حرارة 10 م فكانت خواص المخلوط الناتج كالتالي : درجة الحرارة للمخلوط 20 م – المحتوي الحراري له 48 ك جول / كجم هواء جاف – اوجد خواص الهواء قبل وبعد الخلط اذا كانت كمية الهواء 3,2 كجم علي الترتيب .

19. هواء يسري بمعدل 2 م³/ث عند 45 م درجة حرارة جافة و 10% ورطوبة نسبية يراد تبريده الي 25 م بامراره علي نظام تبريد تبخيري قبل ان يدخل بيت محمي . اذا كانت درجة حرارة الهواء الخارج من البيت المحمي ورطوبة النسبية هما 35 و 50 % علي التوالي . احسب ما يلي : 1- معدل سريان الهواء (كجم /ث) 2- معدل استهلاك الماء خلال عملية التبريد (كجم /ث) 3- كمية الحرارة المحسوسة والكامنة المضافتان للهواء خلال مروره في البيت المحمي 4- خواص الهواء في كل حالة

20. منشأة زراعية درجة حرارتها الداخلية 40 م والرطوبة النسبية 40 % ويراد خفض درجة الحرارة الي 30 م عن طريق خلط هذا الهواء بهواء لة درجة حرارة رطوبة 15 م ونسبة رطوبة 8 جم / كجم هواء جاف فاوجد نسبة الخلط اللازمة وخواص المخلوط الجديد تحليليا وباستخدام الخريطة

الفصل الثاني

انشاء وتصميم البيوت المحمية

Green housing Design and Buildings

❖ الصوب الزراعية Greenhouses

الصوب الزراعية – أو الدفيئة عبارة عن هياكل ذات اسقف مرتفعة تسمح بالسير بداخلها ومغطاة بمادة نافذة للضوء ، وفيها يتم استغلال طاقة الاشعاع بالاضافة الي التحكم في العوامل البيئية التي تؤثر علي نمو النبات و انتاجه. فيحدث مع استخدام الوسائل المختلفة لتكييف الصوبة توافرا بالنسبة للظروف البيئية المناسبة لنمو الزرع بداخلها من درجة حرارة ورطوبة وتهوية وشدة اضاءة. كما يتم ايضا داخل الصوبة العناية بكل من بيئة نمو الجذور وتغذية النبات.

(Worley، 2011) أن البيوت الزجاجية يجب أن توفر بيئة محكومة للإنتاج النباتي مع ما يكفي من ضوء الشمس ودرجة الحرارة والرطوبة. تحتاج البيوت المحمية إلى التعرض لأقصى قدر من الضوء ، خاصة في ساعات الصباح. ضع في اعتبارك موقع الأشجار والمباني الموجودة عند اختيار موقع الدفيئة. تجعل المياه والوقود والكهرباء ضوابط بيئية ممكنة ضرورية لتحقيق نتائج إيجابية. لهذا السبب ، استخدم تدفئة وتبريد وتهوية موثوقة. قد تكون أجهزة التحذير مرغوبة للاستخدام في حالة انقطاع التيار الكهربائي أو في حالة درجات الحرارة القصوى.

وبلغت أعداد البيوت البلاستيكية في مصر 61817 صوب زراعية بمساحة 4850.68 فداناً ، بحسب مديريات الزراعة بالمحافظات ، قطاع الشؤون الاقتصادية والإحصائية لعام 2013 ، وتتركز هذه المنطقة في وسط ووسط مصر وداخل الوادي وخارجه.

(Ibironke، 2013) يذكر أن مصر بها حوالي 1000 هكتار من البيوت البلاستيكية تتكون أساساً من هياكل من نوع نفق مغطى بالبلاستيك ، والمحاصيل الرئيسية المزروعة هي الطماطم والخيار والفلفل والبطيخ ومواد نباتات الحضانة. أدت الزيادة في عدد السكان إلى المزيد من المناطق الحضرية للسكن ، وقلة الأراضي المتاحة للزراعة والمزيد من المتطلبات الغذائية. الحاجة الناتجة هي زيادة الإنتاجية والزراعة على مدار السنة. الخيار الأفضل لهذه المشكلة هو زراعة الدفيئة. تطورت تقنية الدفيئة لتهيئة البيئة الملائمة لزراعة المحصول المرغوب فيه على مدار السنة. يمكن تمديد استخدام الحفاظ على المناخ لتجفيف المحاصيل والتقطير وتدفئة مصنع الغاز الحيوي وتكييف الفضاء. وهكذا ، تُعرف البيوت المحمية باسم البيوت المحمية بالبيئة الخاضعة للرقابة. الصوبة الزجاجية هي أساساً هيكل مغلق ، والذي يحبس الإشعاع الشمسي ذي الطول الموجي القصير ويخزن الإشعاع الحراري ذي الموجة الطويلة لإنشاء مناخ محلي مناسب لزيادة الإنتاجية (Jain and Tiwari، 2002).

تتركز البيوت المحمية بشكل أساسي في منطقتين جغرافيتين: الشرق الأقصى (خاصة الصين واليابان وكوريا) بحوالي 80٪ وحوض البحر الأبيض المتوسط بحوالي 15٪ من مساحة الصوبات الزراعية في العالم. زادت المساحة التي تغطيها البيوت البلاستيكية بشكل مطرد بمعدل 20٪ سنوياً خلال العقد الماضي (Espí et al.، 2006).

تستخدم البيوت المحمية في مصر لإنتاج الخضروات ونباتات الزينة المختلفة خلال مواسم مختلفة على مدار العام وتستخدم كمشتل لإنتاج أنواع مختلفة من شتلات حسن (1999).

تقوم الصوبات الزراعية بتوفير العديد من النباتات الإنتاجية للتسويق الداخلي والخارجي مثل الزهور والخضروات. البيوت المحمية هي أنواع كثيرة من التقسيم إلى فترة واحدة تحتوي على (قبة كروية ، قطع مكافئ قطعي ، Quonset ، بيضاوي الشكل ، Quonset معدلة ، gothic arch ، سقف منحدر ، الجملون الممتد وامتداد الجملون غير المستوي) وامتداد مزدوج يحتوي على (التلال والأخدود ، سن المنشار). تستخدم معظم البيوت المحمية في مصر البيضاوية (Quonset المعدلة) حسن ، (1999).

س / الاسباب التي ادت الي استخدام البيوت المحمية؟

اهمية الصوبة الزراعية

1- تستخدم الصوبات الزراعية بشكل أساسي للتحكم أو تعديل العديد من المعلومات البيئية التي تؤثر على نمو النبات. عندما يتم التحكم في البيئة ، يمكن إنتاج المحاصيل لتواريخ محددة في السوق والحفاظ على الجودة من خلال القضاء على العديد من الاختلافات والمخاطر المرتبطة بالطقس. يمكن تنظيم درجات الحرارة بدرجات متفاوتة من الدقة ؛ تجنب الأضرار الناجمة عن الرياح والأمطار ؛ يتم تقليل الإصابة بأمراض النبات والحشرات ولكن لا يتم القضاء عليها. يمكن تعديل الوسائط المتنامية ومحتوى الرطوبة ومستويات الخصوبة لتلبية متطلبات النبات. يتم تحديد الدقة التي يتم بها تنظيم البيئة من خلال قدرة المزارع على إدارة معدات وأدوات التحكم في الدفيئة.

2- توفر البيوت المحمية بيئة مناسبة للإنتاج المكثف لمختلف المحاصيل. وهي مصممة للتحكم في الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة ومستويات ثاني أكسيد الكربون في البيئة الجوية. إن توافر الإشعاع الشمسي وتوزيعه اليومي والسنوي له تأثير هائل على إنتاجية وجودة نمو النبات وأيضًا على المعيشة المريحة (Kania and Giacomelli، 2001).

3- (Sethi and Sharma، 2007a) ذكر أن الغرض الرئيسي من بناء الدفيئة هو توفير المستوى الأمثل للظروف المناخية المحلية لنمو النبات وتطويره وزيادة الإنتاجية على مدار العام أو لتمديد موسم النمو. تعتمد البيئة داخل الدفيئة على العديد من العوامل بما في ذلك ؛ الوقت من السنة ، وكمية ومدة ضوء الشمس الطبيعي ، والرطوبة النسبية للهواء ، وحجم ونوع المعدات ، والإطار الهيكلي ، ونوع النباتات التي تنمو في المنزل. يعتمد إجمالي الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه الدفيئة في وقت ومواقع معينة على إطارها الهيكلي واتجاهها ومواد التغطية والتضاريس المحيطة ، والتي تحدد في النهاية درجة حرارة الهواء الداخلي. تعتمد درجة حرارة الهواء الداخلي لبيت زجاجي سلبي بشكل مباشر على درجة حرارة الهواء المحيط ، وكثافة الإشعاع الشمسي ، ومعامل نقل الحرارة الكلي ، ومواد التغطية ، وسرعة الرياح واتجاهها. تعد درجة حرارة الهواء الداخلي من أكثر العوامل المهيمنة التي تؤثر على نمو النبات وتطوره وإنتاجيته.

4- أفاد العايش والدغيري (2004) أن البيوت المحمية توفر ظروف بيئية أفضل لنمو النبات وإنتاجيته. العوامل البيئية الهامة التي تؤثر على نمو النبات هي درجة الحرارة والرطوبة النسبية ومستوى الضوء ونسبة المحتوى من ثاني أكسيد الكربون.

- 5- الهدف الرئيسي من زراعة الدفيئة هو توفير مناخ داخلي ملائم لتحسين نمو النباتات. وبالتالي ، فإنه يشجع على الزراعة الموسمية للمحاصيل وكذلك في المناطق التي لا يكون فيها المناخ الطبيعي مناسباً لزراعة مجموعة متنوعة من النباتات (Ganguly and Ghosh ، 2011).
- 6- تعتبر زراعة الدفيئة ضرورية في المناخ الاستوائي لمنع النباتات من الأضرار البيئية الطبيعية والدمار الناجم عن الأمراض والآفات الحشرية. يمكن للمزارع أيضاً تعديل الملاءمة البيئية للنباتات بسهولة أكبر (Mongkon et al. ، 2014).
- 7- تتمثل المشكلة التقنية الرئيسية للبيوت المحمية في الحفاظ على درجات حرارة الهواء والرطوبة النسبية الملائمة لنمو النبات في الدفيئة. يمكن تحقيق ذلك عن طريق تسخين هواء الدفيئة في الشتاء وتبريده في الصيف. في المناطق الباردة ، تكون تقنية تدفئة البيوت البلاستيكية راسخة ومباشرة. ومع ذلك ، في المناطق الحارة والمشمسة ، يعد تبريد هواء الدفيئة تحدياً أكثر صعوبة من التدفئة نظراً لحقيقة أن التقدم في تقنية تبريد الدفيئة لا يزال محدوداً مقارنة بأنظمة التدفئة (عبد الغني وآخرون ، 2012).
- 8- الهدف الأساسي للبيوت البلاستيكية هو إنتاج المنتجات الزراعية خارج موسم الزراعة. لديهم أهمية كبيرة في سوق الإنتاج الزراعي. من أجل تحقيق الظروف الداخلية المثلى ، من الضروري تدفئة الصوبات ، خاصة خلال مواسم البرد. ومع ذلك ، حتى في المناطق الجنوبية ، تتجاوز تكلفة التدفئة 30٪ من التكلفة التشغيلية الإجمالية لبيت زجاجي (Santamouris et al. 1994 أ).
- 9- يعتبر إنتاج المحاصيل في البيوت البلاستيكية صناعة متنامية ، خاصة في المناخات المعتدلة ، وهي مهمة جداً للسكان كمصدر للدخل وأغذية طازجة نظيفة. تخلق البيوت الزجاجية الظروف المناخية المثلى لنمو المحاصيل ، وتحمي المحصول من الآفات الخارجية. في الوقت نفسه ، يزيد إنتاج الدفيئة من كفاءة استخدام المياه ويوفر إمكانية الإنتاج والحماية المتكاملة (IPP). يجب مراعاة التأثير البيئي للزراعة المحمية. من بين الأدوات المستخدمة في تقييم الأثر البيئي ، على سبيل المثال ، تقييم دورة الحياة (مونتيرو وآخرون 2003 ، 2009 أ).

❖ الشروط العامة التي يجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية

تجب مراعاة عدد من الشروط العامة عند إنشاء البيوت المحمية ، وهذه الشروط هي :

1- اختيار الموقع المناسب لإقامة البيوت

من أهم العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار الموقع المناسب لإقامة البيوت المحمية ما يلي :

- 1- الاستفادة - قدر الإمكان - من مصدات الرياح المتوفرة ، مع مراعاة عدم تظليل الصوبات بالأشجار العالية أو بالمباني المجاورة .
- 2- أن يسمح الموقع بوصول سيارات النقل لتوصيل الوقود أو نقل المحصول .
- 3- أن يتوفر بالموقع مصدر جيد للماء الرى تقل فيه الأملاح .
- 4- أن يكون الصرف جيداً بالأرض التي تقام عليها الصوبات ، وتفضل الأراضي الطميية والرمليّة الطميية .
- 5- أن يسمح الموقع باحتمالات التوسع مستقبلاً .

6- أن تتوافر الأيدي العاملة بالمنطقة (Sheldrake 1999).

2- إقامة مصدات الرياح

تعتبر مصدات الرياح ضرورة حتمية عند إنشاء البيوت المحمية . وفي حالة عدم توفر مصدات الرياح الشجرية ، فإنه يمكن استبدالها - ولو مؤقتا - بمصدات رياح من شباك البوليثيلين المنفذ للهواء بنسبة 50 % ؛ حتى لا يتسبب في إحداث تقلبات هوائية ، ويفيد هذا النوع من الشباك في إبطاء سرعة الرياح بمقدار 60٪ على امتداد مسافة تبلغ خمسة أضعاف ارتفاع الشباك ، وبمقدار 20٪ على امتداد مسافة تصل إلى عشر أضعاف ارتفاع الشباك .

هذا ويجب أن يكون ارتفاع شباك مصدات الرياح متناسبا مع ارتفاع البيوت ويكفي للبيوت البلاستيكية استخدام مصدات بارتفاع 180 - 240 سم و نظرا لأنها تعمل على رفع الهواء إلى أعلى قليلا (.Anon 1980).

3- اختيار الاتجاه المناسب للبيوت

عندما تكون البيوت المحمية مستطيلة الشكل - وتلك هي الغالبية العظمى من البيوت - فإن اتجاه البيت يجب أن يحدد ؛ بحيث يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس . وأفضل اتجاه لجميع أنواع البيوت المفردة والمتصلة وفي جميع المناطق وجميع مواسم الزراعة - باستثناء واحد فقط - هو الاتجاه الشمالي الجنوبي . فذلك الاتجاه يسمح بوصول أشعة الشمس من جانب البيت الطويلين (الشرقي والغربي) طوال ساعات النهار ، كما يسمح ذلك الوضع بتحريك ظل السقف وفتحات التهوية العلوية في جميع أنحاء البيت أثناء النهار .

أما الاستثناء الوحيد لهذه القاعدة ، فهو بالنسبة للبيوت المفردة التي تستخدم في الزراعة شتاء في المناطق التي تبعد عن خط الاستواء بأكثر من 40 من درجات خطوط العرض . فتحت هذه الظروف يجب أن يكون اتجاه البيت شرقيا - غربا ، حتى يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس التي تصل إلى الأرض شتاء في هذه المناطق بزوايا منخفضة (Hanan et. al 1978).

4- إعداد موقع البيت

من الضروري حراثة وتسوية الأرض جيدا قبل الشروع في إنشاء البيت مع عمل جميع توصيلات الري والصرف والكهرباء ، وكذلك توصيلات البخار في حالة التخطيط لاستخدام البخار في عمليات التعقيم. كما تجب مراعاة توسيع مساحة الصوبة - قدر المستطاع به لتحقيق أكبر استفادة ممكنة من المدفأة ومروحة التهوية ، وهما أكثر الأجهزة تكلفة ؛ وبذلك تقل تكاليف الإنشاء بالنسبة للمتر المربع

❖ المواصفات العامة التي يجب مراعاتها في إنشاء البيوت المحمية

يجب مراعاة المواصفات العامة التالية عند القيام بإنشاء البيوت المحمية:

1. إذا كانت البيوت متلاصقة ، فيجب أن يكون سقفاها بميل يسمح بتصريف مياه المطر
2. إذا كانت البيوت في منطقة تكثر فيها الثلوج ، فيجب أن يكون غطاؤها وهيكلها قادرين على تحمل ثقل الثلوج قبل ذوبانها ، أو أن يتبع نظام البيوت المفردة غير المتلاصقة . مع ترك مسافة مترين بين البيوت المتجاورة لتتجمع فيها الثلوج.

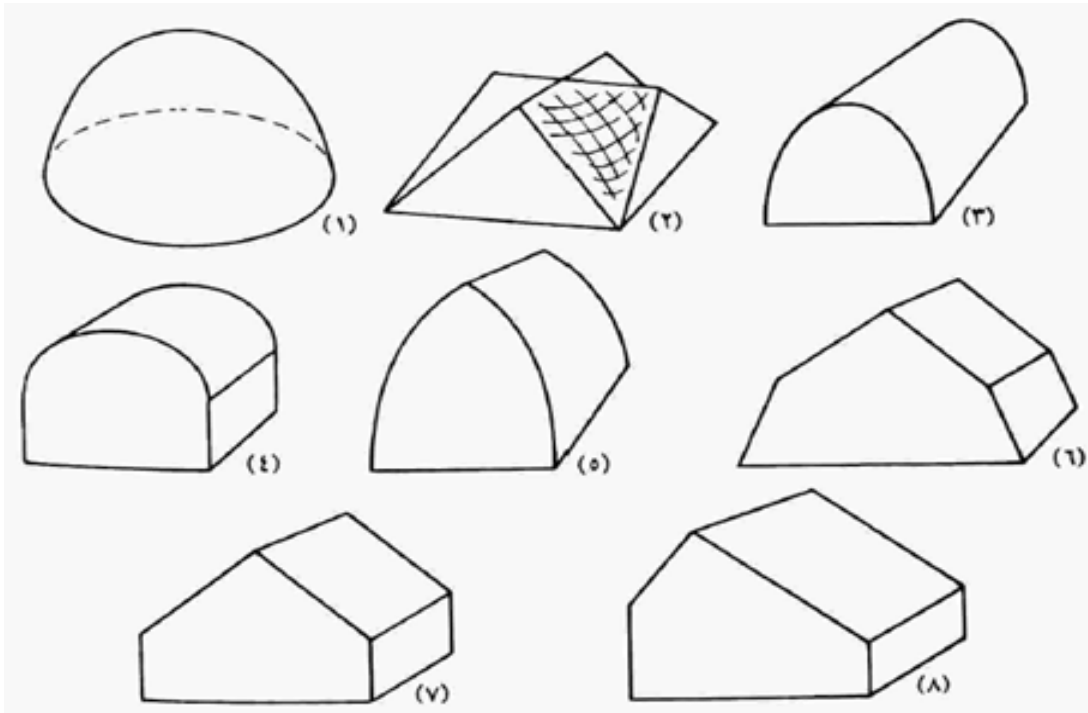
3. يتراوح عرض البيت الواحد عادة بين 3.6 متر و 2.4 متر. أما الطول فيتوقف على رغبة المزارع ، لكن يحسن عدم زيادته عن 60 متر حتي لا يضيع وقت العمال في التنقل داخل البيت .
4. يجب أن يكون باب الصوبة واسعا - قدر الإمكان - ليسمح بدخول الجرارات والأليات الصغيرة لإعداد ارض البيت ، وسيارات الشحن الصغيرة لنقل المحصول . ويفضل أن يكون عرض الباب حوالي 270 سم .
5. يتوقف التصميم والهيكل المناسبين للبيت على نوع الغطاء المستخدم فيلزم التفكير في ذلك الأمر أولا و علما بان الأغشية الزجاجية لا تصلح للمناطق التي يكثر فيها البرد ، ولا تناسب المناطق الحارة ، نظرا لارتفاع تكلفتها الإنشائية دون أن تحقق مزايا خاصة على البيوت البلاستيكية في هذه المناطق .
6. في حالة إنشاء مجمع من البيوت المحمية green house range يجب أن تكون مباني الإدارة والمخازن والثلاجات و اماكن إعداد بيئات الزراعة و عمليات الخدمة العامة في موقع متوسط يسهل الوصول منه إلى جميع البيوت .

❖ أنواع البيوت المحمية

• الاشكال الهندسية للبيوت المحمية المفردة

تتعدد الأشكال الهندية المعروفة للبيوت المحمية بدرجة كبيرة. ويتوقف اختيار الشكل الهندسي المناسب على عدد من العوامل ، منها موقع البيت بالنسبة للمباني المجاورة ، ومدى احتواء أو اتحدار الأرض المقام عليها البيت ، وشدة الإضاءة في الجو الخارجي ، هذا ،، ويؤثر الشكل الهندسي على نوع الهيكل الذي يصنع منه البيت والأغطية التي تستخدم فيه. ومن أهم الأشكال الهندسية المعروفة للبيوت المحمية مرتبة ترتيبا تنازليا حسب درجة نفاذيتها لطاقة الإشعاع الشمسي ما يلي (شكل

(1-2)



1. الشكل النصف أسطواني Quonset :

يستخدم في البيوت المفردة فقط ، وهو منفذ لقسط كبير من اشعة الشمس خلال معظم ساعات النهار . ويعد هذا الشكل أكثر الأشكال شيوعا في البيوت البلاستيكية المفردة .

2. الشكل الإهليجي Elliptical أو النصف اسطواني المحور Modified Quonset :

محور من الشكل السابق ، ويشيع استخدامه عند إقامة مجمع من البيوت المحمية المتصلة بعضها ببعض :

3. الشكل الجمالوني المتناظر الانحدار على جانبي السقف Gable even span :

يصلح للبيوت الزجاجية والبلاستيكية ، سواء أكانت متصلة أم غير متصلة ، ويعد هذا الشكل أكثر الأشكال شيوعا في البيوت الزجاجية خاصة

• الاشكال الهندسية للبيوت المحمية المتصلة

تتكون البيوت المحمية المتصلة من سلسلة من البيوت المتلاصقة دون وجود فواصل رأسية أو جدران بين بعضها . ويوجد من هذا النوع من البيوت شكلان رئيسيان و هما :

1. شكل المرتفعات والأخاديد أو الخطوط والفتوات Ridge and furrow :

يتكون هذا النوع من البيت من مجموعة من الصوبات المتجاورة من الشكل النصف أسطواني المحور Modified Quonset بالنسبة للبيوت البلاستيكية غالبا، أو الشكل الجمالوني المتناظر الانحدار على جانبي السقف gable even span بالنسبة للبيوت الزجاجية غالبا

2. شكل سن المنشار saw tooth :

يتكون هذا النوع من البيوت من مجموعة من الصوبات المتجاورة من الشكل الجمالوني غير المتناظر الانحدار على جانبي السقف Gable uneven span ، ويستخدم غالبا في البيوت الزجاجية

هذا ويسمح نظام البيوت المحمية المتصلة بزيادة المساحة الداخلية للبيت ، وهو الأمر الذي يخفف من تكاليف العمليات الزراعية ؛ لأنه يسمح بالميكنة ، كما أنه يقلل من فقد حرارة التدفئة ؛ نظرا لصغر مساحة جدران البيت المعرضة للجو الخارجي ، لكن يعيب مثل هذا النوع من البيوت زيادة المخاطر الناشئة عن الاصابات المرضية ، او تلك التي تحدث عن تلف الغطاء البلاستيكي او الزجاجي للبيت ، او تعطل اجهزة التدفئة او التبريد

❖ اغطية البيوت المحمية

تتنوع المواد المستخدمة كغطية للبيوت المحمية Cladding أو Glazing material ، وتختلف كثيرا في خصائصها وأسعارها وعمرها الافتراضي ، وهي أمور يجب أن تؤخذ جميعها في الحسبان عند اختيار نوع الغطاء . ويمكن تقسيم الأغطية إلى ثلاثة أنواع رئيسية ؛ هي :

1 - الزجاج.

٢ - الليف الزجاجي (الفبير جلاس) Fiberglass .

٣ - البلاستيك وأنواعه كثيرة ؛ ومن أهمها : البوليثلين Polyethylene ، والبوليفينيل كلورايد Polyvinyl Chloride .

• ومن أهم الخصائص التي يجب أخذها في الحسبان عند اختيار أي من هذه الأغطية ما يلي :

1 - **نفاذية الغطاء للضوء** : ففي المناطق التي تكون ملبدة بالغيوم والإضاءة فيها ضعيفة معظم أيام السنة يفضل أن تستعمل فيها الأغطية التي تسمح بنفاذ أكبر نسبة من الضوء الساقط عليها . وبالعكس .. فإنه يفضل استعمال الأغطية التي تسمح بمرور نسبة أقل من أشعة الشمس في المناطق الحارة التي تكون فيها شدة الإضاءة عالية معظم أيام السنة .

2 - نفاذية الغطاء للأشعة تحت الحمراء

لهذا العامل أهمية كبيرة ليلا عندما تبعث التربة والأجسام الصلبة بالبيت الحرارة التي اكتسبتها اثناء النهار في صورة اشعة تحت حمراء طويلة الموجة ، فإذا كان الغطاء منفذ لهذه الأشعة ، فإنها تفقد في الفضاء الخارجي، ويبرد البيت بسرعة ، بينما تبقى داخل البيت ، وتعمل على رفع درجة الحرارة داخله إن لم يكن الغطاء منفذا لها.

3 - نفاذية الغطاء للأشعة فوق البنفسجية :

تزداد أهمية هذا العامل في المناطق المرتفعة التي تزيد فيها شدة الأشعة فوق البنفسجية ؛ وما يستلزم استعمال أغطية غير منفذة لها لتقليل إصابة النباتات باضرار لفحة الشمس

• الأغطية الزجاجية

ينفذ الزجاج الضوء بنسبة 90% تقريبا ، ويتوقف ذلك على محتواه من الحديد ؛ حيث تقل نفاذيته مع زيادة محتواه من هذا العنصر . ولا يسمح الزجاج بنفاذ الأشعة تحت الحمراء ، وبذلك فهو يعمل على الاحتفاظ بالحرارة المنبعثة من التربة ليلا داخل البيت ، ومما يقلل الحاجة إلى التدفئة الصناعية.

هذا .. وبغض النظر عن نوع الزجاج المستخدم ، فإنه يعتبر أطول أنواع الأغطية المستعملة عمرا ، إلا أنه يحتاج إلى مراقبة مستمرة لاستبدال الألواح التي تكسر بفعل البرد أو أية عوامل أخرى .

• أغطية الليف الزجاجي (الفيبير جلاس)

يعني البوليفيستر المدعم بالليف الزجاجي Fiberglass Reinforced Polyester (ويطلق عليه اختصار اسم الفيبير جلاس أو FRP) البديل الأول للزجاج كغطاء للبيوت المحمية.

من أهم خصائص الفيبير جلاس أنه يعمل على تشتيت اشعة الشمس الساقطة عليه - الأمر الذي يزيد من تجانس الإضاءة داخل البيت بدرجة أكبر مما في حالة الغطاء الزجاجي. كما أنه أكثر مقاومة للتكسير بفعل البرد من الزجاج ، وأكثر تحملا للانخفاض الشديد في درجة الحرارة من البوليثلين .

وبالمقابل يعيب الفيبير جلاس أن السطح الأكريليك للشرائح يتعرض للخدش ، وتكون فيه النقر بفعل احتكاكه بحبيبات التراب والرمل ويفعل التلوث الكيميائي ؛ مما يؤدي إلى تعرض الألياف الزجاجية للجو الخارجي ، فتتجمع بها الأتربة ، كما تنمو فيها الطحالب ؛ فتصبح داكنة اللون ، ونقل نفاذيتها للضوء . ويمكن تصحيح أو معالجة هذه الحالة بتنظيف سطح شريحة الفيبير جلاس بفرشاة قوية نظيفة أو بصوف زجاجي ، ثم دهنها بطبقة جديدة من الأكريليك acrylic resin .

هذا وتتراوح فترة ضمان الفيبير جلاس بين 5 سنوات و 25 سنة ، ومن ناحية النفاذية للضوء ، فإن الفيبير جلاس الشفاف يتشابه تقريبا مع الزجاج في هذه الخاصية ، بينما تقل النفاذية للضوء في الشرائح الملونة (تستخدم هذه الشرائح في إنتاج بعض النباتات المنزلية التي لا تتطلب إضاءة قوية) . وإذا كانت نفاذية الهواء 100% ، فإن نفاذية الزجاج تبلغ 90% ، ونفاذية الفيبير جلاس الشفاف تتراوح بين 80% و 82% ، وتنخفض إلى 64% في شرائح الفيبير جلاس الصفراء ، 62% في الشرائح الخضراء .

وتعتبر شرائح الفيبير جلاس اقل مقدرة على التوصيل الحراري من الزجاج . فإذا كانت المقدرة على التوصيل الحراري 100% في الهواء ، فإنها تبلغ 88% في الزجاج ، و 63% : 68% في الفيبير جلاس الشفاف.

ومن أكبر العيوب التي تؤخذ على الفيبير جلاس شدة قابليته للاشتعال (1981Boodley و 1985Nelson).

• أغطية الأغشية البلاستيكية

إن أكثر أنواع الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل استعمالا في الوقت الحاضر هي أغطية البوليثلين ، والبولي فينايل كلورايد . ويباع كلاهما على شكل لفائف من :

1- البوليثلين العادي :

يتآكل البوليثلين العادي عندما يتعرض لأشعة الشمس photodegradable ، والأشعة فوق البنفسجية هي التي تحدث التمزق ، ولهذا .. فإنه يستعمل - عادة - لموسم زراعي واحد لمدة 6 - 9 أشهر ، وبعد أقصى سنة واحدة ، ثم يجدد بعد ذلك . وتعتبر أغشية البوليثلين اخص الأغشية البلاستيكية وأكثرها انتشارا . ويتراوح يصل إلى 12م ، وبأى طول . وتبلغ نفاذية البوليثلين العادي للضوء 88% ، وهو بذلك مماثل تقريبا للزجاج الذي تبلغ نفاذيته 90% . وهو منفذ لكل من الأشعة فوق البنفسجية (بنسبة 80%) ، والأشعة الحمراء (بنسبة 77%) وبذلك فهو يسمح بنفاذ الأشعة ذات الموجات الطويلة التي تصدر من النباتات والتربة . ويفيد ذلك في تقليل الحاجة إلى التهوية والتبريد نهارا ، لكن تقابل ذلك زيادة الحاجة إلى التدفئة ليلا؛ نظرا لأن غطاء البوليثلين يسمح بنفاذ الإشعاع الحراري الذي يصدر من التربة ليلا إلى خارج البيت .

وفي حالة استعمال طبقتين من البلاستيك كغطاء للصوبات (كما سيأتى بيانه فيما بعد) فإن نفاذية الغشاءين معا - للضوء - تنخفض إلى 77% ، ويفيد استعمال طبقتي البلاستيك في تقليل الفقد الحراري من البيت ليلا ، وعند إجراء التدفئة الصناعية ليلا أو نهرا).

ويعيب الأغطية البلاستيكية العادية سرعة نقص نفاذيتها للضوء بنسبة تتراوح بين 20% و 40% ، بفعل التغيرات التي يحدثها تعرضها للأشعة فوق البنفسجية ، كما أن هذه الأغطية تكون سريعة العطب والتمزق تحت تأثير العوامل الخارجية وخاصة الحرارة المرتفعة ، والأوزون ، والأشعة فوق البنفسجية.

مميزات وعيوب المواد المستخدمة فى اغطية الصوب الزراعية :-

المادة	المميزات	العيوب
الزجاج	<ul style="list-style-type: none"> - نفاذية عالية للضوء (90%) - تزداد مقاومة للكسر في حالة استخدام الواح مزدوجة - غير منفذ للأشعة فوق البنفسجية التي تضر النبات. 	<ul style="list-style-type: none"> - سهل الكسر - اهتمام دائم بالصيانة وذلك لسد الفراغات بين الواح الزجاج والهيكل
الاياف الزجاجية (الفبيرجلاس)	<ul style="list-style-type: none"> قوة تحمل اعلي للصدمات عمر افتراضي اطول من الاغشية البلاستيكية نفاذية للإشعاع الحراري اقل بكثير من الزجاج تكاليف صيانة منخفضة 	<ul style="list-style-type: none"> - معامل نفاذية يبلغ حوالي 62-77% - تكثف المياه علي السطح الداخلي يقلل من نفاذية الضوء ويؤدي الي تساقط قطرات الماء علي النباتات

<p>- غير فعالة في حجب الاشعاع الحراري اثناء الليل من داخل الصوبة الي خارجها</p> <p>- يبلي بعد عام ويجب تغييره وذلك كنتيجة للتلف الناتج من الاشعة الشمسية فوق البنفسجية</p>	<p>نفاذية مرتفعة للضوء (88-92 %)</p> <p>غشاء قوي التحمل</p> <p>يمكن اطالة عمرة الافتراضي باضافة بعض المواد المغنية لامتصاص الاشعة فوق البنفسجية مما يؤخر من تحللة</p> <p>لا ينفذ السوائل ولا يتعفن ولا يتاثر بالاحماض</p>	<p>اغشية البولي ايثلين</p>
--	---	----------------------------

❖ اقتصاديات الزراعة المحمية

العوامل العامة المؤثرة علي العائد الاستثماري:

يحقق انتاج الخضر في الزراعات المحمية عائدا اقتصاديا مجزيا للمستثمرين فيها ,علي الرغم من ان تكلفة انتاج الخضر في الصوبات تزيد علي تكلفة انتاجها في الحقول المكشوفة. وترجع هذه الزيادة بالدرجة الاولى الي ضخامة راس المال المستثمر في انشاء الصوبات , بالاضافة الي مصاريف تشغيلها وصيانتها .

ويتوقف مقدار الزيادة في تكلفة الانتاج والعائد الذي يمكن ان يتحقق من الزراعات المحمية علي العوامل التالية :

- 1- عدد الصوبات التي يتم تشغيلها في الوقت الواحد ؛ اي مساحة البيوت المحمية.
- 2- حجم الصوبات المستخدمة
- 3- نوع الهيكل التي تصنع منه الصوبات (الخشب – الحديد – الالمونيوم –مواسر المياه المجلفنة)
- 4- نوع الغطاء المستخدم (الزجاج – الالياف الزجاجية Fiber glass - رقائق البلاستيك)
- 5- مدي توفر اجهزة التبريد والتدفئة , ومدي الحاجة اليهما .
- 6- درجة التحكم الالي في الاجهزة المختلفة بالصوبات .
- 7- المحاصيل والاصناف المزروعة.
- 8- موسم الانتاج , ومقدار المنافسة التي يتعرض لها المحصول المنتج من الزراعات المكشوفة.
- 9- مدي الاحتياج الي المحصول المنتج في الاسواق الخارجية للتصدير.

تمارين (2)

السؤال الاول :-

- 1- ما المقصود بالصوب الزراعية
- 2- ما الشروط العامة الواجب توافرها عند انشاء البيوت المحمية
- 3- ما المواصفات العامة الواجب توافرها عند انشاء البيوت المحمية
- 4- ما هي اهم الخصائص التي يجب اخذها في الحسبان عند اختيار اغطية البيوت المحمية
- 5- قارن بين الانواع المختلفة لاجطية البيوت المحمية مع ذكر مميزات وعيوب كل نوع
- 6- يتوقف مقدار الزيادة في تكلفة الانتاج والعائد الذي يمكن ان يتحقق من الزراعات المحمية علي بعض العوامل فم هي ؟

الفصل الثالث (الاتزان الحراري والرطوبي)

تعتبر التهوية أحد أهم عناصر نظم تهئية بيئة الصوبة الزراعية والغرض من التهوية هو توفير هواء نقي معتمداً على ظروف المناخ والمتطلبات البيئية داخل الصوبة. وقد لا يقتصر الأمر على الحاجة إلى تهوية فقط، ولكن قد يكون من الضروري إجراء عملية تكييف للظروف البيئية الداخلية للصوبة. وتعتبر تلك العملية السبب الأساسي والرئيسي الذي من أجله بنيت الصوبة الزراعية، وتعتمد عملية حساب معدلات التهوية المطلوبة وتصميم نظام تهوية ملائم على مدى الفهم لطبيعة المتغيرات الفيزيائية والبيولوجية مع الأخذ في الاعتبار للمدى الواسع من التفاعلات المعقدة.

ويوجد العديد من القوانين والعلاقات الساسية التي يمكن استخدامها , عند حساب معدلات التهوية المطلوبة وتوزيعات سريان الهواء. وتعتبر تلك القوانين والعلاقات الأساسية من المتغيرات التصميمية الهندسية التي يجب أخذها في الاعتبار. ويحتوي هذا الفصل على المعلومات الخاصة بتأثير البيئة على النبات، وعلى معدلات هواء التهوية المطلوبة، سواء للتحكم في درجات الحرارة أو نسبة الرطوبة داخل الصوبة. وهناك أيضاً معدلات تهوية أخرى للتحكم في نسب الغازات داخل الصوبة، وإن كانت تلك المعدلات صغيرة بحيث يمكن إهمالها وذلك بالمقارنة بالمعدلات الخاصة بكل من درجات الحرارة ونسبة الرطوبة. وقد تم تطوير هذا الفصل ليس فقط لإمكان حساب معدلات التهوية المطلوبة ولكن أيضاً لتقديم المعلومات الأساسية عن أهمية العوامل المتضمنة، وعلى أهمية الأخذ في الاعتبار للتفاعلات المعقدة عند التصميم النظام تهوية.

وقد تكون عملية التهوية وحدها غير كافية وخاصة في الأجواء شديدة الحرارة أو شديدة البرودة. وينبغي في تلك الحالات حساب أحمال التبريد أو أحمال التدفئة المطلوبة داخل الصوبة. وقد تم تخصيص الفصل التالي بأكمله المراجعة نظم التدفئة والتبريد المطلوبة داخل الصوبة لما لها من أهمية قصوى بالنسبة لسبل تكييف الصوبة الزراعية.

ولمعرفة مدى الحاجة إلى تهوية الصوبة، ولتقدير كذلك ما إذا كانت الصوبة في حاجة إلى تهوية فقط أو تهوية وتدفئة (أو تبريد)، فإنه من الشائع تطبيق الاتزان الحراري (أو الرطوبي) على الصوبة وذلك عن طريق مساواة المكتسبات الحرارية (أو الرطوبة) مع الفواقد الحرارية (أو الرطوبة). وغالباً ما يتم تطبيق ظروف الحالة المستقرة على الصوب الزراعية لتقدير متطلبات كل من التهوية والتدفئة(). وقد طور عدد من الباحثين تحليلات ظروف الحالة غير المستقرة (الديناميكية المتغيرة) والتي يمكن من خلالها تقييم التغيرات في درجات

الحرارة الداخلية والخارجية وكذلك تأثير التخزين الحراري في الصوبة والنبات أو كتلة الأرض (?). وسوف نتطرق في هذا الفصل إلى التحليلات الخاصة بتطبيق ظروف الحالتين المستقرة وغير المستقرة،

الاتزان الحراري لصوبة زراعية

(ظروف الحالة المستقرة)

يتم استخدام الاتزان الحراري لإيجاد معدلات التهوية المطلوبة للتحكم في درجة الحرارة. ويمكن عمل الاتزان الحراري على صوبة زراعية كذلك للتنبؤ بدرجات الحرارة للوسط الهوائي داخل الصوبة. ويعتمد الاتزان الحراري على مصادر الطاقة المختلفة التي تؤثر على الصوبة، كما يمكن أيضا استخدام المركبات الحرارية المختلفة لتقدير معدلات التهوية المطلوبة للتحكم في درجة حرارة الهواء داخل الصوبة عند حدودها المرغوبة. ويوضح الشكل رقم (١، ٧) المركبات الحرارية المختلفة التي تؤثر على درجات حرارة الهواء داخل الصوبة. ويمكن حساب الاتزان الحراري داخل الصوبة باستخدام المعادلة التالية وذلك بفرض أن درجة الحرارة للجو أقل من درجة حرارة الهواء داخل الصوبة.

$$QI + Q_e + Q_f + Q_r = \pm(Q_{cd} + Q_g) + Q_v + Q_i + Q_t + Q_p \quad (1-7)$$

حيث:

QI : معدل الطاقة الشمسية المخترقة لجدران الصوبة والساقطة على وحدة المساحات

Q_e : معدل الحرارة المتولدة من التجهيزات المستخدمة داخل الصوبة مثل المحركات الكهربائية أو الإضاءة

Q_f : الحرارة المضافة من أفران التدفئة

Q_r : الحرارة المتولدة من نتح النبات

Q_{cd} : الحرارة المفقودة (أو المكتسبة) بالتوصيل من خلال جدران الصوبة

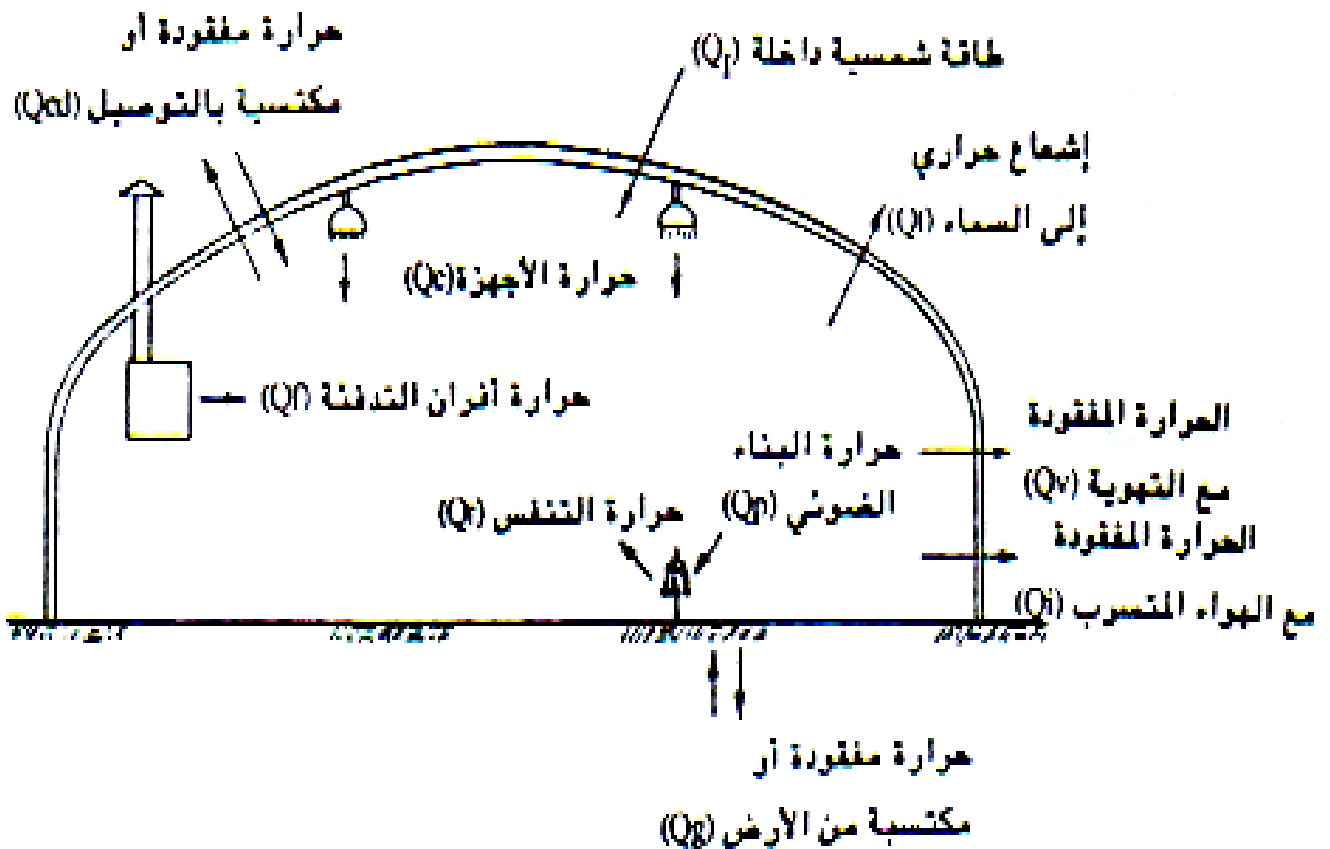
Q_g : الحرارة المنتقلة من أو إلى الأرض

Q_v : الحرارة المفقودة مع هواء التهوية

Q_i : الحرارة المتسربة من الصوبة من خلال الشقوق والأبواب والنوافذ

Q_t : الحرارة المفقودة بالإشعاع الحراري

Q_p : الحرارة المستهلكة في عملية البناء الضوئي



شكل (1، 7): الطاقات المفقودة والمكتسبة في صوبة زراعية

وعادة ما يتم ترتيب أجزاء المعادلة رقم (١ ، ٧) إلى داخل مجموعتين. فيمثل المجموع الجبرى للحرارة المكتسبة على الجانب الأيسر، بينما يمثل الجانب الأيمن المجموع الجبرى للفوائد الحرارية من داخل الصوبة، ويمكن تقليل عدد أجزاء تلك المعادلة بإهمال بعض المركبات - كما سيتم ايضاحه وذلك بالمقارنة بالمركبات الحرارية الأخرى.

ويمكن تقدير الطاقة الشمسية المخترقة لجدران الصوبة من المعادلة ان التالية: استان را با كارهای

$$QI = \tau_s (I) (A_f) \quad (2-7)$$

حيث:

τ_s : معامل النفاذية لمادة غطاء الصوبة بالنسبة للإشعاع قصير الموجة

I : شدة الإشعاع الشمسي الساقط على وحدة المساحات

A_f : مساحة أرضية الصوبة

وتعتبر تلك المركبة من أهم المركبات التي تؤثر على درجة حرارة الهواء داخل الصوبة. ويتضح أيضا أن اختيار مواد أغشية ذات نفاذية عالية للطاقة الشمسية مهمة وخاصة في فصل الشتاء. ويمكن أيضا في فصل

الصيف تقليل كمية الطاقة الشمسية المخترقة لجدران الصوبة عن طريق تغطية أجزاء من الصوبة بمواد عاكسة للإشعاع الشمسي. به اين رو خريدمه

ويمكن إهمال الحرارة المتولدة من الأجهزة، Q_e ، مثل الإضاءة والمحركات الكهربائية وذلك بالمقارنة بالمركبات الحرارية الأخرى. أما بالنسبة للحرارة المتولدة من الأفران Q_f فيمكن تحديد بياناتها من المصانع المنتجة لتلك الأجهزة، كما تعتبر حرارة النتج من أنسجة النبات Q_r صغيرة للغاية بحيث من الممكن إهمالها. وتتغير تلك المركبة تغيراً طفيفاً اعتماداً على ظروف النبات وظروف الإضاءة ودرجة الحرارة. وتعتبر الحرارة المفقودة بالتوصيل Q_{cd} من أكبر مركبات الفقد الحراري أثناء فصل الشتاء، ويرجع السبب في ذلك إلى أن مواد الغطاء رقيقة وذات معامل نفاذية مرتفع، وبالتالي فهي ضعيفة من حيث العزل الحراري. ويمكن التعبير عن كمية الحرارة المفقودة بالتوصيل كالتالي:

$$Q_{cd} = U A (T_a - T_o) \quad (3-7)$$

حيث:

U : معامل النقل الحراري الكلي، ك. واط / (م².°م)

A : المساحة السطحية للصوبة الزراعية م²

T_a : درجة الحرارة للهواء داخل الصوبة °م

T_o : درجة حرارة الهواء الخارجي °م

وتتوقف الحرارة المنتقلة من أو إلى الأرض، Q_g ، على ما إذا كانت درجة حرارة الهواء الداخلية أعلى أو أقل من درجة حرارة الأرض عند عمق مناسب. وعامة تكون هذه المركبة صغيرة إلى حد ما وذلك بالمقارنة ببعض مركبات الفقد الحراري الأخرى داخل الصوبة. وقد يكون ذلك الجزء من الفقد الحراري مهماً وخاصة بالنسبة للصوب الزراعية التي لا تستخدم أي وسيلة من وسائل التدفئة.

ويمكن التعبير عن الحرارة المفقودة مع هواء التهوية في كلتا صورتيهما المحسوسة والكامنة كالتالي:

$$Q_v = Q_{sv} + Q_{lv} \quad (4-7)$$

حيث:

Q_{sv} : الحرارة المحسوسة المفقودة مع هواء التهوية، ك واط

Q_{lv} : الحرارة الكامنة المفقودة مع هواء التهوية/ ك واط

وتعتبر الحرارة المفقودة مع هواء التهوية أهم مركبة فقد حراري في فصل الشتاء بعد مركبة الفقد الحراري بالتوصيل. وفي المعادلة السابقة تعرف الحرارة المحسوسة على أنها الجزء من الطاقة الكلية المفقودة مع

هواء التهوية والمسببة في رفع درجة حرارة الهواء، بينما تعرف الحرارة الكامنة على أنها الحرارة المفقودة في صورة بخار ماء.

ويمكن وصف الحرارة المحسوسة والمفقودة مع هواء التهوية كالأتي:

$$Q_{sv} = (V / v) (Cp) (T_a - T_o) \quad (5-7)$$

حيث:

V : معدل سريان هواء التهوية، م³/ث

v : الحجم النوعي للهواء، م³/كجم

Cp : الحرارة النوعية للهواء الجاف

ويمكن وصف الحرارة الكامنة المفقودة مع هواء التهوية كالأتي:

$$Q_{lv} = E (F) (QI) \quad (6-7)$$

حيث:

E : نسبة البخر - نتح إلى الإشعاع الشمسي الساقط على الورقة

F : نسبة إمتلاء البيت المحمي بالنباتات

وتتولد الحرارة الكامنة أساسا من تبخير ماء التربة ونتح النبات. وغالبا ما تكون E بالنسبة للمحاصيل التي تنمو بنشاط ما بين القيمتين 1.00 ، 1.5 (١٩). وفي الغالب ما يوصى باستخدام القيمة 0,5 ، وفي الصوب الزراعية نظرا لأن نسبة كبيرة من الأوراق تكون غير معرضة لأشعة الشمس نتيجة التشابك أفرع النبات وكذلك لوجود ظلال لهيكل المبنى على الأوراق.

ويمكن حساب الحرارة المفقودة مع الهواء المتسرب من الصوبة من خلال التشققات أو أي فتحات أخرى صغيرة داخل الصوبة، Q_i ، بنفس طريقة حساب الطاقة المفقودة مع هواء التهوية. وتحدث تلك التسربات للهواء الداخلي نتيجة لفروق ضغط الرياح أو قوى الطفو الحراري. ويعتبر التسرب نوعا من أنواع التهوية الطبيعية غير المتحكم فيها، ويتوقف أساسا على صيانة ونوع المنشأة ويبين الجدول رقم (1،7) معدلات التبادل الهوائي الطبيعي نتيجة التسرب.

ويمكن حساب معدل الفقد الحراري بالإشعاع من داخل الصوبة الزراعية باستخدام العلاقة التالية:

$$Q_t = \varepsilon (\tau) (\sigma) (Af) (T_a^4 - \varepsilon_a T_o^4) \quad (7-7)$$

حيث:

ϵ_a : معامل الإصدار الحراري للأسطح الداخلية

جدول (1،7): معدلات التبادل الهوائي الطبيعي نتيجة التسرب من الصوب الزراعية

التبادلات الهوائية في الساعة	نظام الإنشاء
1.5 – 0.75	منشأة جديدة، زجاج أو ألياف زجاجية
1.0 – 0.5	منشأة جديدة، طبقة مزدوجة من البلاستيك
2.0 – 1.0	منشأة قديمة
4.00 – 2.00	منشأة قديمة، زجاج ذو حالة ركيكة

- تقل سرعة الرياح المنخفضة أو الحماية من الرياح من معدل التبادل الهوائي، ويجب أن تستخدم القيمة 0.5 أو أقل في حالة انخفاض درجة الحرارة الخارجية عن درجة التجمد ، نظرا لأن التكثيف المتجمد قد يسد الفتحات الصغيرة.

τ_t : معامل النفاذية الحراري أو للإشعاع طويل الموجه

σ : ثابت استفان بولتزمان

T_a : درجة حرارة الهواء الداخلية المطلق

T_o : درجة الحرارة الخارجية المطلقة

ϵ_a : معامل الإصدار الظاهري للجو

ونظرا لانخفاض معامل النفاذية للإشعاع الحراري بالنسبة لمواد الأغشية الصوب الزراعية، فإن هذه المركبة قد لا تكون ذات أهمية كبيرة في حسابات الإلتزان الحراري. وفي أغلب الأحوال لا يتم حساب تلك المركبة على حده، بل يتم دمجها مع مركبة الفقد الحراري بالتوصيل.

أما بالنسبة للطاقة المستخدمة في عملية البناء الضوئي، Q_p ، فإنه من الممكن إهمالها - بالمقارنة بالمركبات الحرارية الأخرى - حيث أنها تمثل حوالي 3٪ من الطاقة الإشعاعية الساقطة على أوراق النبات. ويمكن . في حالة عدم الحاجة إلى تدفئة - حساب معدل التهوية للتحكم في درجة الحرارة كالتالي:

$$m_t = \frac{QI - Q_{cd} - Q_t - QI_v}{(Cp) (T_a - T_o)}$$

حيث:

m_t : معدل التهوية للتحكم في درجة الحرارة، كجم/ث

ويلاحظ من المعادلة أن البسط فيها يمثل صافي كمية الحرارة المراد إزالتها من الصوبة، بينما يمثل المقام كمية الحرارة الممكن إزالتها من الهواء باستخدام وحدة الأوزان من الهواء. أو در يا ان محبت كرتا تو
باكستان

ونظرا لأنه من الطبيعي أن يعبر عن m بوحدات متر مكعب على الثانية. فإن قيم m في حاجة للتحويل من وحدات كتلة إلى وحدات حجوم بمعلومية الحجم النوعي للهواء. ويتم تقويم الأخير عند الظروف الداخلية بالنسبة لنظم التهوية الطاردة، بينما يقوم عند الظروف الخارجية بالنسبة لنظم التهوية الضاغطة ومن الأهمية بمكان ذكر أنه في حالة اختيار قيمة لمعدل التهوية، فإنه يمكن حساب كمية الطاقة الواجب إضافتها لتدفئة الصوبة وللحفاظة على درجة الحرارة الداخلية المطلوبة وخاصة في فصل الشتاء - بالحل بالنسبة له) في المعادلة رقم (1،7).

التنبؤ بدرجات حرارة مركبات الصوبة

(ظروف الحالة غير المستقرة)

إذا كان أحد أهم أهداف استخدام الصوب الزراعية هو توفير ظروف مناخية مفضلة لنمو النباتات، فإنه لا بد من الأخذ في الاعتبار لدرجات الحرارة المركبات الصوبة المختلفة مثل الزجاج وسطح التربة وسطح النبات والهواء الداخلي. ويستلزم التصميم للتحكم في الظروف البيئية الحرارية للصوبة الزراعية التنبؤ بدقة معقولة للظروف الداخلية والممتثلة في درجات الحرارة ونسبة الرطوبة. ويمكن الحصول على ذلك نظريا عن طريق تطوير برامج محاكاة باستخدام الحاسبات الآلية. ويمكن تطبيق تلك البرامج للتنبؤ بالظروف المناخية داخل الصوبة وكذلك تقييم أداء الصوبة في أي موقع طالما توافرت بيانات مناخية لتلك المناطق. وقد روعي في ذلك التحليل تطبيق ظروف الحالة غير المستقرة على الصوبة، نظرا لتعرضها لظروف مناخية ديناميكية متغيرة من إشعاع شمسي وسرعة رياح ودرجات حرارة تكاد تكون التغيرات فيها لحظيا. وتعتبر تلك التحليلات ذات قيمة خاصة إذا ما استخدمت كأداة بحثية لتقييم تأثير التغيرات على العوامل التصميمية.

الاتزان الحراري لغطاء الصوبة:

يتعرض غطاء الصوبة لإشعاع شمسي، ويتبادل الإشعاع الحراري مع النباتات والتربة والفضاء الخارجي. كما يحدث انتقال حرارة بالحمل من على سطح الغطاء إلى الجو الخارجي اعتمادا على نسب الرطوبة

المتشعبة بين سطح الغطاء والهواء الداخلي. ويمكن كتابة معادلة الاتزان الحراري الغطاء صوبة زراعية كالتالي:

$$R_{o-g} + R_{p-g} + R_{s-g} + C_{a-g} + D_{a-g} - R_{g-o} - C_{g-o} = V_g (CV_g) (DT_g/dt) \quad (7-10)$$

حيث:

- R_{o-g} : الطاقة الإشعاعية قصيرة الموجة الممتصة في وحدة المساحات من الغطاء، جول (ث.م²)
 - R_{p-g} : الطاقة الإشعاعية المتبادلة بين النبات والغطاء، جول / (ث.م²)
 - R_{s-g} : الطاقة الإشعاعية المتبادلة بين التربة والغطاء، جول (ث.م²)
 - C_{a-g} : معدل النقل الحراري بالحمل من على سطح الغطاء الداخلي، جول / (ث.م²)
 - D_{a-g} : معدل النقل الحراري نتيجة لتكثيف بخار الماء على الغطاء، جول / (ث.م²)
 - R_{g-o} : الطاقة الإشعاعية طويلة الموجة المنبعثة من الغطاء للجو الخارجي، جول / (ث.م²)
 - C_{g-o} : معدل النقل الحراري بالحمل من على سطح الغطاء الخارجي، جول / (ث.م²)
 - V_g : حجم وحدة المساحات من مادة الغطاء ، م³ / م²
 - CV_g : الحرارة النوعية الحجمية لمادة الغطاء، جول/م³.ك
 - DT_g : درجة حرارة غطاء الصوبة ، ك
 - t : الزمن، ثاني
- ويمكن حساب R كالتالي

$$R_{o-g} = (a s_g) (I) \quad (7-10)$$

حيث:

- $a s_g$: معامل امتصاصية الغطاء للإشعاع الشمسي
- I : شدة الإشعاع الشمسي الساقط على وحدة المساحات من مادة الغطاء، جول / (ث.م²)

ويمكن أيضا حساب R_{p-g} كالتالي:

$$R_{p-g} = \varepsilon_p (\sigma) (T_p^4 - T_g^4) \quad (7-11)$$

حيث:

ε_p : معامل الانبعاث الإشعاعي من النبات

T_p : درجة حرارة النبات المطلقة، ك

T_g : درجة حرارة الغطاء المطلقة، ك

ويمكن أيضا حساب R_{s-g} كالتالي:

$$R_{s-g} = \varepsilon_s (F_{s-g}) (T_s^4 - T_g^4) \quad (7-12)$$

حيث:

ε_s : معامل الانبعاث الحراري من التربة

F_{s-g} : معامل التشكل بين التربة والزجاج

T_s : درجة حرارة سطح التربة المطلقة، ك

ويمكن حساب C_{a-g} بالمعادلة التالية:

$$C_{a-g} = 4.36 (t_a - T_g)^{0.25} (T_a - T_g) \quad (7-13)$$

حيث:

T_a : درجة حرارة هواء الصوبة المطلقة، ك

أما بالنسبة لـ D_{a-g} ... فيمكن حسابها من العلاقة التالية:

$$D_{a-g} = 1.06 (10^4) (T_a - T_g)^{0.25} (H_a - H_g) \quad (7-14)$$

حيث:

H_a : نسبة الرطوبة المطلقة للهواء الداخلي، كجم ماء / كجم هواء جاف

H_g : نسبة الرطوبة المطلقة عند سطح الغطاء الداخلي، كجم ماء / كجم هواء

ويمكن حساب R_{o-g} بالمعادلة التالية:

$$R_{o-g} = \varepsilon_g (\sigma) (T_g^4) - 5.31 (10^{-13}) T_o^6 \quad (7-15)$$

حيث:

ε_g : معامل الانبعاث الإشعاعي من غطاء الصوبة

ويتم أيضا حساب C_{g-o} بواسطة العلاقة التالية

$$C_{g-o} = 1.98 (U^{0.8}) (T_g - T_o) \quad (7-16)$$

وبتعويض المعادلات من (٧،١٠) حتى (١٦،٧) في المعادلة رقم (٩،٧) يمكن التنبؤ بدرجة حرارة سطح غطاء الصوبة الزراعية

الاتزان الحراري للنبات:

يمتص النبات داخل الصوبة الإشعاع الشمسي، كما يحدث تبادل للإشعاع الحراري بينه وبين كل من التربة وغطاء الصوبة. ويمكن كتابة معادلة الإلتزان الحراري للنباتات كالتالي:

$$R_{o-p} + R_{s-p} - R_{p-g} - C_{p-a} - L_{p-a} = W_p (C_{p-p}) \left(\frac{dT_p}{dt} \right) \quad (7-17)$$

حيث:

R_{o-p} : الطاقة الإشعاعية قصيرة الموجة الممتصة بواسطة النباتات، جول/ث. م

R_{s-p} : الطاقة الإشعاعية المتبادلة بين التربة والنبات، جول/ث. م²

C_{p-a} : معدل النقل الحراري بالحمل من على سطح النباتات، جول/ث. م²

L_{p-a} : معدل الحرارة الكامنة المنتقلة من النباتات الهواء الصوبة، جول/ث. م²

W_p : وزن أوراق النباتات في وحدة المساحات، كجم/م²

C_{p-p} : الحرارة النوعية الأوراق النباتات، جول / كجم. ك

ويمكن حساب R_{o-p} باستخدام العلاقة التالية:

$$R_{o-p} = (\alpha S_p) (F_{p-g}) (\tau_g) (I_a) \quad (7-18)$$

حيث:

αS_p : معامل امتصاص النبات للإشعاع الشمسي

F_{p-g} : معامل التشكل بين النبات والغطاء
 τ_g : معامل نفاذية الغطاء للإشعاع الشمسي

أما بالنسبة لـ R_{s-p} فيمكن إيجادها بواسطة العلاقة التالية:

$$R_{s-p} = \varepsilon_s (F_{s-p}) (\alpha I_p) (\sigma) (T_s^4 - T_g^4) \quad (7-19)$$

حيث:

ε_s : معامل انبعاث التربة للإشعاع الحراري
 F_{s-p} : معامل التشكل ما بين التربة والنبات.
 αI_p : معامل إمتصاص النبات للإشعاع طويل الموجة

ويمكن تقدير C_{p-a} باستخدام العلاقة التالية:

$$C_{p-a} = (C_{p_a} / rh) (\rho) (T_p - T_a) \quad (7-20)$$

حيث:

C_{p_a} : الحرارة النوعية الهواء الداخلي، جول/كجم.ك
 rh : مقاومة بثور النباتات لإنتقال الحرارة، ث/م
 ρ : كثافة الهواء، كجم/م³

كما يمكن تقدير L_{p-a} باستخدام العلاقة التالية:

$$L_{p-a} = (1 / re) (1/VS_a) (H_p - H_a) (LHV) \quad (7-20)$$

حيث:

re : مقاومة البثور لسريان الكتلة، ث/م
 VS_a : الحجم النوعي للهواء، م³ / كجم هواء جاف
 H_p : نسبة الرطوبة المطلقة عند سطح النبات، كجم ماء / كجم هواء جاف
 H_a : نسبة الرطوبة المطلقة للهواء الصوبة، كجم ماء / كجم هواء جاف
 LHV : الحرارة الكامنة لتبخير الماء، جول / كجم ماء

وبالتعويض بالعلاقات السابقة في المعادلة رقم (7، 16) يمكن التنبؤ بدرجة حرارة سطح النبات.

الاتزان الحراري لسطح التربة:

يوضح الشكل رقم (2،7) توزيعات الطاقة على سطح التربة. ويمكن كتابة معادلة الاتزان الحراري لسطح التربة كما يلي:

$$R_{o-s} - C_{s-a} - L_{s-a} - R_{s-p} - R_{s-g} - CN_{s-b} = V_s (CV_s) (dT_s / dt) \quad (7-21)$$

حيث:

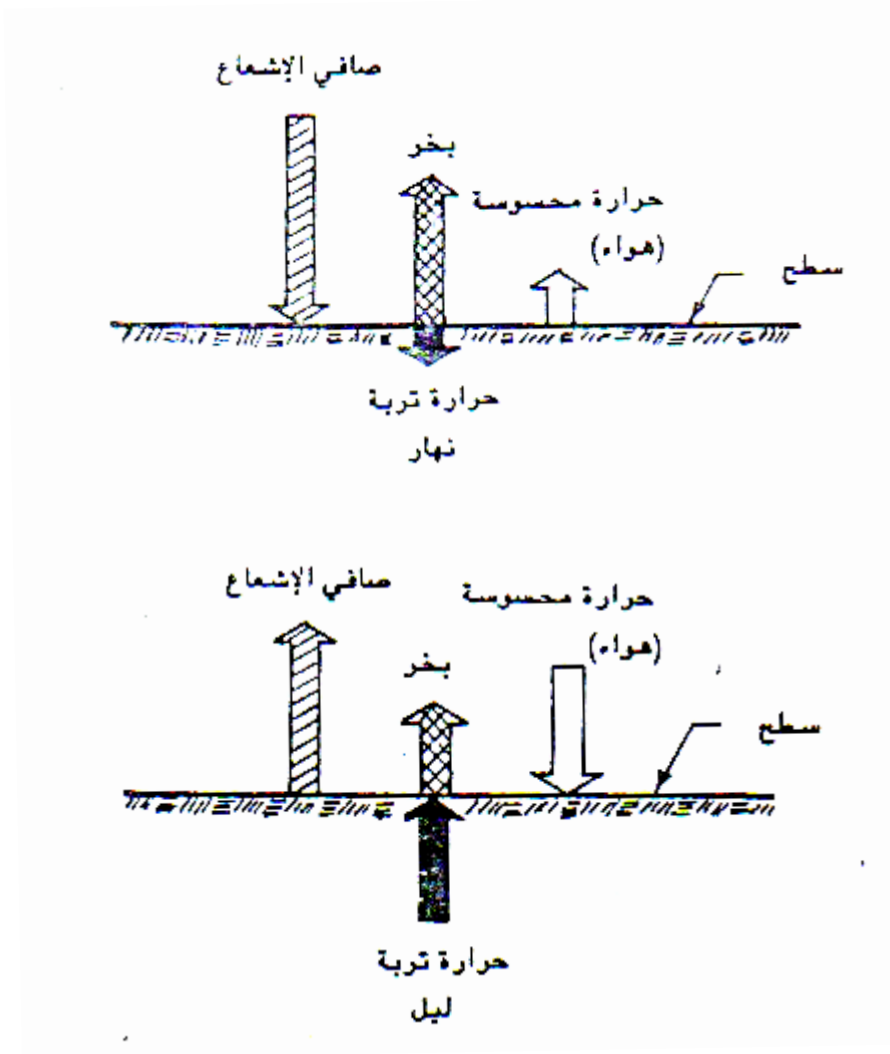
- R_{o-s} : الطاقة الإشعاعية قصيرة الموجة الممتصة بواسطة التربة، جول/ ث.م²
- C_{s-a} : معدل النقل الحراري بالحمل من على سطح التربة، جول/ ث.م²
- L_{s-a} : معدل الحرارة الكامنة المنتقلة من سطح التربة لهواء الصوبة، جول/ ث.م²
- CN_{s-b} : معدل إنتقال الحرارة بالتوصيل داخل التربة، جول/ ث.م²
- V_s : حجم وحدة المساحات من مادة التربة، م³ / م²
- CV_s : الحرارة النوعية الحجمية لمادة التربة، جول/ ث.م²

ويمكن حساب R_{o-s} باستخدام العلاقة التالية:

$$R_{o-s} = (\alpha S_s) (1 - F_p - g) (\tau_g) (I) \quad (7-22)$$

حيث:

- αS_s : معامل امتصاصية التربة للإشعاع الشمسي



شكل (2، 7): رسم يوضح توزيعات الطاقة على سطح الأرض

ويمكن حساب C_{s-a} باستخدام العلاقة التالية:

$$C_{s-a} = 2.5 (T_s - T_a)^{0.25} (T_s - T_a) \quad (7-23)$$

أما بالنسبة لـ L_{s-a} ، فإنه يمكن حسابها باستخدام العلاقة التالية:

$$L_{s-a} = 2.488 (T_s - T_a)^{0.25} (H_s - H_a)(LHV) \quad (7-24)$$

حيث:

H_s : نسبة الرطوبة المطلقة عند سطح التربة، كجم ماء / كجم هواء جاف

كما يمكن أيضا حساب CN_{s-b} باستخدام المعادلة التالية:

$$CN_{s-a} = K_s (T_s - T_b) / Z \quad (7-25)$$

حيث:

K_s : معامل التوصيل الحراري للتربة، جول ش.م.ك

T_b : درجة حرارة التربة عند عمق مناسب، ك

Z : عمق درجة التربة، م

ويمكن باستخدام المعادلات السابقة والتعويض في المعادلة رقم (٧،٢٦) التنبؤ بدرجة حرارة سطح التربة

الاتزان الحراري للهواء الصوبة:

يمكن كتابة معادلة الاتزان الحراري للهواء داخل الصوبة على النحو

$$C_{s-a} + C_{p-a} - QV_{a-o} - C_{a-g} = V_a(CV_a) \left(\frac{dT_a}{dt} \right) \quad (7-26)$$

حيث:

QV_{a-o} : معدل الحرارة المفقودة مع هواء التهوية، جول / ث.م²

V_a : حجم الهواء داخل الصوبة بالنسبة لوحدة المساحات م³/م²

CV_a : الحرارة النوعية الحجمية للهواء، جول/م³ . ك

ويمكن حساب QV_{a-o} باستخدام العلاقة التالية:

$$QV_{a-o} = \rho(v) (Cp_a)(T_a - T_o) \quad (7-27)$$

حيث:

ρ : كثافة الهواء، كجم/م³

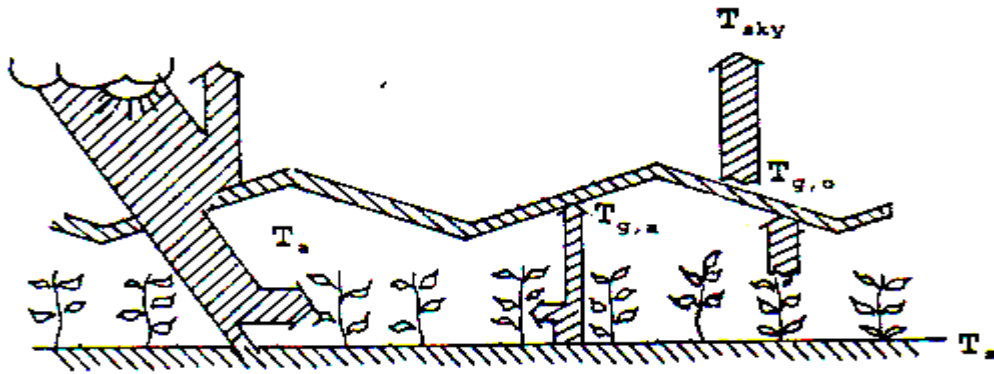
v : معدل هواء التهوية بالنسبة لوحدة المساحات، م³/ث.م²

ويمكن باستخدام المعادلة رقم (7، 27) التنبؤ بدرجة حرارة الهواء داخل الصوبة وذلك كدالة في درجات حرارة كل من سطح التربة والنبات وغطاء الصوبة.

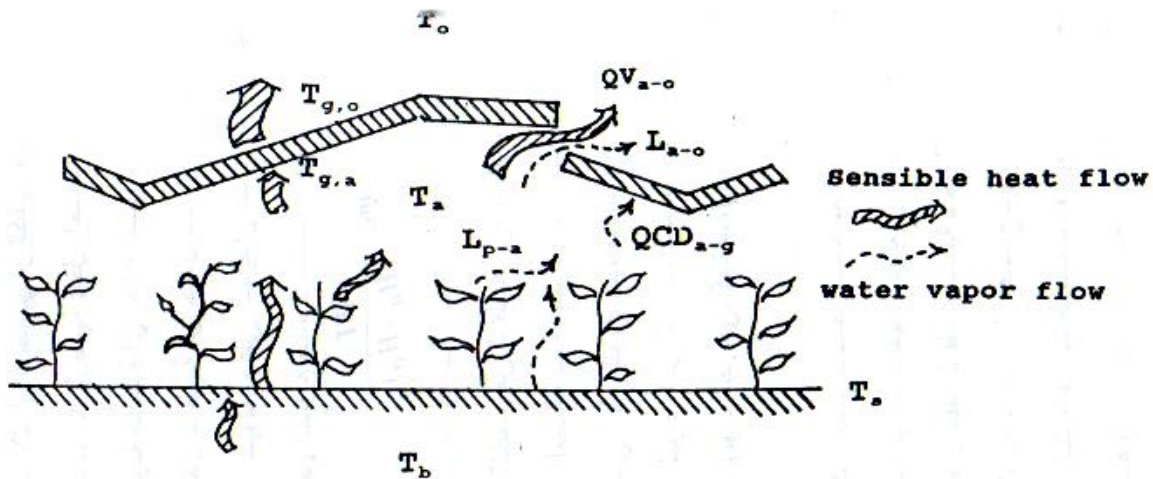
ويمكن الآن حل المعادلات الأربع أرقام (7، 9) و (٧، ١٧) و (٧، ٢٢) و (٧، 27) لإيجاد درجات حرارة كل من غطاء الصوبة والنبات وسطح التربة والهواء داخل الصوبة على الترتيب.

ويلاحظ وجوب استخدام طريقة نيوتن في حل المعادلات ذات الأس الكسري. كما لا بد وأن يكون ناتج القيم بين الأقواس التي تحمل أسا كسريا موجبا لتجنب الأرقام المركبة التي تحتوي على جزء حقيقي وجزء تخيلي والمعادلات الأربع السابقة يمكن حلها بسهولة عن طريق تطوير برنامج محاكاة باستخدام الحاسب الآلي تستخدم فيه طريقة تكرارية للحل مع فرض قيم ابتدائية لدرجات حرارة مركبات الصوبة. ويوضح الشكلين

رقمي (3،7) و (4،7) اختراق كل من الإشعاع الشمسي والحراري لمركبات الصوبة وكذلك التبادل الحراري والرطوبي بين مركبات الصوبة المختلفة والهواء الخارجي.



شكل (٧٧٣): اختراق الأشعاع الشمسي والحراري لعناصر الصوبة زراعية



شكل (٧٧٤): التبادل الحراري والكتلي بين مركبات الصوبة والهواء الخارجي

الاتزان الرطوبي لصوبة زراعية

(تطبيق ظروف الحالة المستقرة)

على الرغم من أن درجة الحرارة داخل الصوبة الزراعية من أهم العوامل البيئية الحرجة، إلا أن الرطوبة داخل الصوبة تعتبر أيضا مهمة للغاية. ويتم استخدام الاتزان الرطوبي أو الكتلي لإيجاد معدلات التهوية المطلوبة للتحكم في مستويات الرطوبة داخل الصوبة. ويتم استخدامه أيضا التقدير مستويات الرطوبة الداخلية في حالة استخدام معدلات تهوية محددة. ونظرا لعدم وجود انتقال للرطوبة من خلال جدران الصوبة، فإن العلاقات المستخدمة تكون أكثر سهولة. وعلى ذلك يمكن حساب معدل التهوية للتحكم في نسبة الرطوبة داخل الصوبة مباشرة باستخدام المعادلة التالية:

$$m_w = \frac{WT}{(H_a - H_o)}$$

(7-30)

حيث:

- m_w : معدل التهوية للتخلص من الرطوبة الزائدة، كجم/ساعة
- WT : معدل الرطوبة المضافة البيئة الصوبة الزراعية بواسطة النتج وكذلك بالتبخير من على سطح التربة، كجم ماء ساعة.
- H_o : نسبة الرطوبة للهواء داخل الصوبة، كجم ماء كجم هواء جاف
- H_a : نسبة الرطوبة للهواء الخارجي، كجم ماء/ كجم هواء جاف

ويكون العكس أيضا صحيحا بالنسبة للعلاقة السابقة. فإذا كانت هناك معدلات تهوية محددة يتم استخدامها، فإنه يمكن التنبؤ بنسبة الرطوبة للهواء داخل الصوبة. ويفضل حفظ الرطوبة النسبية داخل الصوبة عند مستويات أقل من ٨٥٪ بقدر الإمكان، نظرا لأن السماح بأبقاء الرطوبة النسبية عند مستويات قريبة من التشبع لفترات طويلة سوف يولد مشاكل حادة مرتبطة بالتكثيف لبخار الماء والأمراض. كما أنه لايفضل أيضا الأبقاء بالرطوبة النسبية عند مستويات أقل من ٧٠٪، نظرا لأن وجود مستويات رطوبة منخفضة للهواء قد تضيف اجهادات على النباتات.

الاتزان الرطوبي لصوبة زراعية

(ظروف الحالة غير المستقرة) قد يسمح - في حالة استخدام معدل التهوية للتحكم في أي ظروف بيئية غير نسبة الرطوبة - بتراكم الرطوبة في هواء الصوبة وبالتالي ارتفاع مستويات الرطوبة للهواء بمرور الوقت. ويمكن وصف معادلة اتزان الحرارة الكامنة (الرطوبة) للهواء الداخل في تلك الحالة كما يلي :

$$La - o + Lp-a - La-o - Da-g = Va (1/VSa) \left(\frac{dHa}{dt} \right) (LHV) (7-31)$$

حيث:

- $La - o$: معدل انتقال الحرارة الكامنة من الهواء داخل الصوبة للخارج، جول/ث.م²
- VSa : الحجم النوعي للهواء، م³/ كجم هواء جاف
- LHV : الحرارة الكامنة لتبخير الماء، جول /كجم ماء

ويمكن حساب L_{a-o} باستخدام العلاقة التالية:

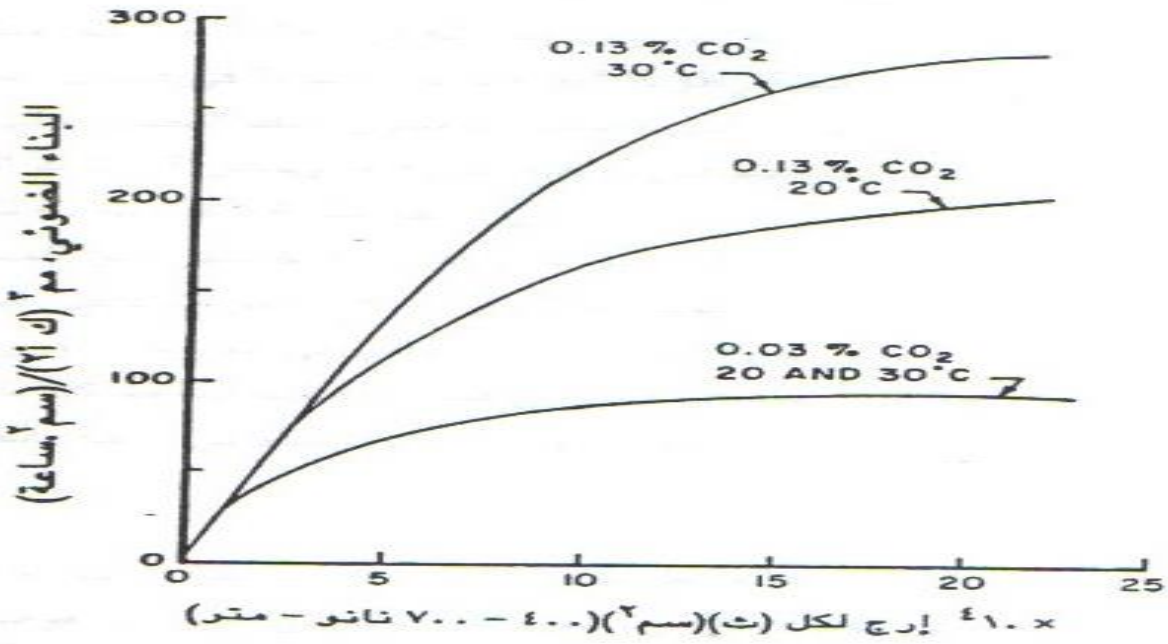
$$L_{a-o} = (v) (1/VS_a)(H_a - H_o) (LHV) \quad (7-32)$$

التهوية للتحكم في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون

يحدث انخفاض سريع لتركيز غاز ك أو داخل الصوبة إن لم يحدث لها تهوية. فالنباتات تستهلك غاز ك أم في عملية البناء الضوئي ولا بد من التهوية للسماح بزيادة تركيزك أم مرة أخرى. وقد يؤدي نقص غازك أو إلى ١٩٠ جزء في المليون (0.16%) إلى نقص في معدل البناء الضوئي قد يصل إلى 50%. وعلى العكس من ذلك فإن معدل البناء الضوئي يزداد بمقدار ٥٠٪ عند زيادة تركيز الغاز من ٣٣٠ إلى ١٠٠٠ جزء في المليون (أي من التركيز الطبيعي 0.0335% إلى 0.1%). وقد تصل الزيادة في البناء الضوئي إلى 100% إذا كانت الزيادة في تركيز الغاز مصحوبة بإضاءة قوية وحرارة مرتفعة بالقدر المناسب لنمو النبات.

ويوضح الشكل رقم (5,7) كيف يتفاعل كل من تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وشدة الإضاءة ودرجة الحرارة في التأثير على معدل البناء الضوئي. ويمكن تزويد الصوبة بغاز ك أو عن طريق التهوية أو عن طريق استخدام بعض المحروقات مثل البارافين أو غاز البروبان حيث يؤدي إحتراقها في مواقد خاصة إلى إنتاج غاز ك أم. ولكن يجب أن تكون هذه المحروقات على درجة عالية من النقاوة، نظرا لأن الكبريت الموجود بها قد يتحول إلى غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يذوب في الماء بسهولة ثم يتحول إلى حامض كبريتيك.. الذي بدوره يؤدي إلى إحتراق أوراق النبات. كما يمكن أيضا إنتاج الغاز بتسامي غاز في أم الصلب بوضعه في أوان تعلق في أماكن متفرقة من الصوبة. كما يمكن أيضا إنتاج الغاز بتبخيرك أو السائل من خلال أنابيب بولي إيثيلين مثقبة.

وعامة لاتوجد معادلة رياضية يمكن استخدامها لحساب معدل التهوية المطلوب للتحكم في تراكيز الغازات داخل الصوبة وأهمها غازي أم. ولكن يمكن القول أن أي من معدلي التهوية سواء للتحكم في درجة الحرارة أو نسبة الرطوبة يعتبر كافيا لإمداد الصوبة بالهواء النقي والعودة بتراكيز غاز ك أي إلى مستوياتها الطبيعية.



شكل (٧،٥): البناء الضوئي لورقة خيار عند كل من التراكيز المنخفضة والمتشعبة تحت ظروف إضاءة متوهجة

الخلاصة

يتضح مما سبق أن هناك معدلات للتهوية للتحكم في درجة الحرارة للهواء داخل الصوبة و أخرى للتحكم في نسبة الرطوبة - المعادلتين رقمى (٧،٨) و (٧،٣٠) على الترتيب. وفي الغالب ما يتم استخدام معدل التهوية للتحكم في درجة الحرارة في فصل الصيف، نظرا لارتفاع درجة حرارة الهواء داخل الصوبة إلى معدلات أكثر بكثير مما هو مطلوب. وقد يتطلب الأمر في بعض الأحيان في بعض المناطق استخدام طرق لتبريد الهواء الداخل إلى الصوبة.. في حالة ما إذا كان معدل التهوية للتحكم في درجة الحرارة غير كاف ومن الناحية الأخرى، نجد أنه في الغالب ما يتم استخدام معدل التهوية للتحكم في نسبة رطوبة الهواء داخل الصوبة في فصل الشتاء ويرجع السبب في ذلك إلى أنه في الغالب ما يكون ذلك المعدل أعلى من معدل التهوية المطلوب للتحكم في درجة الحرارة. ويمكن في تلك الحالة توفير مصدر حرارة خارجي للمحافظة على درجة الحرارة المرغوبة للهواء الداخلي - أو السماح لدرجة حرارة الهواء الداخلي بالإنخفاض عن المستوى المطلوب. وهناك معدل آخر للتهوية للتحكم في تراكيز الغازات داخل الصوبة وأهمها لمنع نضوب غاز ثاني أكسيد الكربون. ولكن في الغالب ما يكون ذلك المعدل أقل من المعدلين السابقين وبالتالي فليست هناك أية مشكلة بالنسبة للنضوب غازك أو عند استخدام معدل تهوية سواء للتحكم في درجة الحرارة أو نسبة الرطوبة.

وعامة توصي معظم المراجع والدراسات السابقة باستخدام معدل تهوية داخل الصوب الزراعية في حدود من $1 \frac{3}{4}$ إلى 1 تبادل هوائي في الدقيقة، و جدير بالذكر أن ارتفاع درجة حرارة الهواء منذ لحظة الدخول إلى الخروج يتناسب تناسبا عكسيا مع معدل سريان الهواء. فيودى استخدام معدل سريان للهواء . في يوم مشمس -

$\frac{3}{4}$ تبادل هوائي إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء 6°م، بينما يتولد عن استخدام واحد تبادل هوائي ارتفاع في درجة الحرارة مقداره حوالي 5°م

ويتم بعد تقدير معدلات التهوية المطلوبة اختيار سعة وعدد المراوح المطلوبة. ويتم أيضا تحديد المسافات فيما بين المراوح، وذلك للحصول على توزيع منتظم لسريان الهواء عبر الصوبة. فيجب أن لا تزيد سرعة الهواء عبر أي نبات على واحد (م/ث). ويجب أن لا تزيد المسافات بين كل من مروحتين متتاليتين على 7.5م، وأن يتم تركيب المراوح على الجانب المقابل للرياح، ويجب أن تغطي المراوح بستائر محكمة الغلق لمنع حدوث تلفيات للنباتات من جراء هواء الشتاء البارد.

حساب معدلات التهوية:

مثال:

صوبة زراعية مساحتها الأرضية 1200 متر ومساحتها السطحية 1800 متر مغطاه بطبقة من مادة البولي ايثيلين بمعامل نفاذية 88% للموجات القصيرة و80% بالنسبة للموجات الطويلة. و الصوبة مزروعة بالنباتات بنسبة أمتلاء 80% ومعامل بخر - نتح بالنسبة للإشعاع الشمسي يعادل 0.5 كما كانت شدة الإشعاع الشمسي 800 واط/م² ومعامل إنتقال الحرارة من خلال جدران وسقف الصوبة 4 واط/م².م. وبفرض أن الصوبة الزراعية تخضع لظروف حالة مستقرة وأن معامل الإصدار للإشعاع الحراري يعادل 0.83، بينما معامل الإصدار الظاهري للجو 0.86. كما أن الظروف البيئية يمكن تلخيصها كما يلي:

داخل الصوبة	سطح التربة	خارج الصوبة	
32	36	22	درجة الحرارة، °م
0.0250	0.0251	0.011	نسبة الرطوبة، كجم ماء / كجم هواء

احسب معدل التهوية المطلوب استخدامه لتلك الصوبة... موضحًا مدى الحاجة إلى عملية تدفئة (أو تبريد) أو يكتفي بالتهوية فقط.

الحل

يمكن تلخيص المعلومات المعطاة في هذا المثال كما يلي:

$$A_f = 1200m^2 \quad m \quad A = 1800m^2 \quad , \quad \tau_s = 0.88 \quad , \quad \tau_t = 0.80$$

$$F = 0.8 , E = 0.5 , I = 800 \text{ W/m}^2 , U = 4 \text{ W / m}^2 \cdot \text{c} , \varepsilon = 0.83$$

$$\varepsilon_a = 0.86 , T_a = 32^\circ \text{c} , T_s = 22^\circ \text{c} , H_a = 0.025 \text{ Kgw/Kg}$$

$$H_s = 0.0251 \text{ Kgw / Kg} , H_o = 0.011 \text{ Kgw / Kg}$$

والآن لابد أولاً من إيجاد معدلات التهوية للتحكم في كل من درجة الحرارة ونسبة الرطوبة ثم الحديث بعد ذلك عن المعدل المطلوب. أولاً: يتم حساب معدل التهوية للتحكم في درجة الحرارة باستخدام المعادلة دارد رقم (8،7):

$$m_t = \frac{(QI - Q_{cd} - Q_t - Q_{lv})}{C_p(T_a - T_o)}$$

$$QI = \tau_s (A_f) (I)$$

$$= 0.88 (1200) (m^2) (800) \left(\frac{W}{m^2} \right) \times \frac{1}{1000} \left(\frac{kW}{W} \right)$$

$$\therefore QI = 844.8 \text{ kW}$$

$$Q_{cd} = U A (T_i - T_o)$$

$$= 4 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ \text{c}} \right) (1800) (m^2) (32 - 22) \times \frac{1}{1000} \left(\frac{kW}{W} \right)$$

$$\therefore Q_{cd} = 72 \text{ kW}$$

$$Q_t = \varepsilon_s (\tau_t) (\sigma) (A_f) (T_i^4 - \varepsilon_a T_o^4)$$

$$T_i = 32 + 273 = 305^\circ \text{K}$$

$$T_o = 22 + 273 = 295^\circ \text{K}$$

$$Q_t = 0.83 (0.80) (5.67 \times 10^{-8}) \left(\frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right) (1200) (m^2) \{ (305)^4 - 0.86 (295)^4 \}$$

$$= 96707.8 \text{ W}$$

$$\therefore Q_t = 96.7 \text{ kW}$$

$$Q_{lv} = E (F) (QI)$$

$$= (0.5) (0.80) (844.8) (kW)$$

$$= 337.9 \text{ kW}$$

$$\therefore m_f = \frac{(844.8 - 72 - 96.7 - 337.9) \left(\frac{kJ}{s} \right)}{1.01 \left(\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \right) (32 - 22) (^{\circ}C)}$$

$$= 33.5 \frac{kg}{s}$$

ويمكن حساب معدل التهوية المطلوب للتحكم في نسبة الرطوبة (30 ، 7) الداخلية باستخدام المعادلة رقم (30، 7)

$$m_w = \frac{WT}{(H_a - H_o)}$$

Where:

$$WT = Q_{lv} + L_s - a$$

and

$$Q_{lv} = 337.9 kW$$

ويمكن تحويل قيمة الحرارة الكامنة من الوحدات الحرارية إلى ما يعادلها بوحدة كتلة باستخدام معامل التحويل للحرارة الكامنة لتبخير الماء

$$Q_{lv} = 337.9 \left(\frac{kJ}{s} \right) \left(\frac{1}{2450} \right) \left(\frac{kg_w}{kJ} \right)$$

$$= 0.138 \frac{kg_w}{s}$$

كما يمكن حساب معدل البخر من سطح التربة باستخدام المعادلة رقم (25، 7)

$$\begin{aligned}
L_{s-a} &= 2.488 (T_s - T_a)^{0.25} (H_s - H_a) \\
&= 2.488 (36 - 32)^{0.25} (0.0251 - 0.025) \\
&= 0.000348 \frac{\text{kg}_w}{\text{S.m}^2} \\
&= 0.000348 \left(\frac{\text{kg}_w}{\text{S.m}^2} \right) (1200)(\text{m}^2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_{s-a} &= 0.418 \frac{\text{kg}_w}{\text{S}} \\
\therefore WT &= 0.138 + 0.418 \\
&= 0.556 \text{ kg}_w / \text{S} \\
\therefore m_{tp} &= \frac{0.556 (\text{kg}_w / \text{S})}{(0.025 - 0.011) \frac{\text{kg}_w}{\text{kg}}} \\
m_{tp} &= 39.7 \text{ kg} / \text{S}
\end{aligned}$$

يتضح مما سبق أن معدل التهوية المطلوب للتحكم في درجة الحرارة للهواء داخل الصوبة عند ٣٢°م هو ٣٣.5 (كجم هواء ث)، بينما يكون معدل التهوية المطلوب للتحكم في نسبة الرطوبة عند ٠.٢٠، كجم ماء كجم هواء (أو رطوبة نسبية حوالي ٨٣%) هو 39.7 (كجم هواء ث). وغالبا يفضل استخدام معدل التهوية الأكبر للتحكم في نسبة الرطوبة، نظرا لأنه في حالة استخدام معدل التهوية الأصغر . والخاص بالتحكم في درجة الحرارة - فإن ذلك سوف يؤدي إلى ارتفاع نسبة رطوبة هواء الصوبة إلى مستويات أعلى مما هو مطلوب. ويلاحظ أن استخدام معدل التهوية الأكبر والضروري للتحكم في نسبة الرطوبة سوف يؤدي إلى خفض درجة حرارة الهواء داخل الصوبة عن المستوى المطلوب. ويلاحظ أن إنخفاض درجات الحرارة للهواء الداخلي جوهريا قد يؤدي إلى تأخير الإنبات أو حتى الموت نتيجة لبرودة الجو، وعامة يمكن التغلب على ذلك باستخدام التدفئة الصناعية إذا دعت الحاجة إلى ذلك.

ولمعرفة مقدار الانخفاض في درجة حرارة هواء الصوبة ومدى الحاجة إلى التدفئة الصناعية، وذلك في حالة استخدام معدل التهوية للتحكم في نسبة رطوبة الهواء داخل الصوبة، فإنه يجب التعويض مرة أخرى في المعادلة رقم (٧،٨) باستخدام معدل التهوية المستخدم (وهو الخاص بالتحكم في نسبة الرطوبة):

$$(MT_a - 22) = \frac{(844.8 - 72 - 96.7 - 337.9) \left(\frac{kJ}{s} \right)}{39.7 \left(\frac{kg}{s} \right) (1.01) \left(\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \right)}$$

$$\therefore MT_a = 8.4 + 22$$

$$= 30.4 ^\circ C$$

ويكون مقدار الانخفاض في درجة حرارة الهواء داخل الصوبة ΔT من جراء استخدام معدل تهوية أكبر مما هو مطلوب للتحكم في درجة حرارة هواء الصوبة كالآتي:

$$\Delta T = Ta - MT_a$$

$$= 32 - 30.4$$

$$\Delta T = 1.6^\circ C$$

وقد يرى البعض أن هذا الانخفاض ذو تأثير لا يذكر خاصة إذا كان هناك مرونة في الأداء مع التضحيات البسيطة بالنسبة للنباتات. وعامة يمكن تقدير حمل التدفئة المطلوب لتعويض الانخفاض ΔT في درجة حرارة هواء الصوبة من جراء استخدام معدل تهوية أكبر مما هو مطلوب للتحكم في درجة الحرارة وذلك بالتعويض في المعادلة رقم (1،7) - ظروف الحالة المستقرة - بعد إهمال المركبات الحرارية الصغيرة.

$$Q_f = Q_{cd} + Q_v + Q_t - Q_I$$

$$= Q_{cd} + Q_{sv} + Q_t - (Q_I - Q_{Iv})$$

ويلاحظ أنه تم تجزئة Q_v إلى مركبتيها Q_{sv} و Q_{Iv} . وقد تم وضعهما على الصورة السابقة لتوضيح أن جزء من الطاقة الإشعاعية المخترقة للصوية سوف يستخدم في عملية البخر - نتج. وبالتعويض في المعادلة السابقة نجد أن

$$Q_{sv} = 39.7 \left(\frac{kg}{s} \right) (1.01) \left(\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \right) (32 - 22) (^\circ C)$$

$$= 400.97 \text{ kJ / s}$$

$$Q_{sv} = 401 \text{ kW}$$

$$\therefore Q_f = 72 + 401 + 96.7 - (844.8 - 337.9)$$

$$= 62.8 \text{ kW}$$

يتضح مما سبق أن الصوبة في حاجة إلى تدفئة إضافية مقدارها 62.8 ك واط وذلك للمحافظة على درجة حرارة هواء الصوبة عند المستوى المطلوب.

وقد يرى البعض في سبيل خفض تكلفة الطاقة المستخدمة - التضحية بعض الشئ بمستويات الرطوبة للهواء داخل الصوبة. وبعبارة أخرى قد الحرارة يستخدم البعض معدل التهوية المنخفض الخاص بدلا من المعدل الأمثل للتهوية. وفي تلك الحالة يمكن التنبؤ بما قد يحدث لمستويات الرطوبة للهواء الداخلي. فبالتعويض في المعادلة رقم (30،7) باستخدام معدل التهوية المنخفض نجد أن:

$$m_t = \frac{W_T}{(H_a - H_o)}$$

$$H_a = \frac{W_T}{m_t} + H_o$$

$$H_a = \frac{0.556(kg_w/s)}{33.5 (kg_a/s)} + 0.011(kg_w/kg_a)$$

$$H_a = 0.0276 \text{ kg}_w / \text{kg}_a$$

ونجد بالكشف في الخريطة السيكرومتريية . بالشكل رقم (٣،٢) عند درجة حرارة الهواء الداخلي ٣٢°م - نظرا لأن معدل التهوية المستخدم كان للتحكم في درجة الحرارة . وعند نسبة رطوبة للهواء ٠.٢٧٩.، أن الرطوبة النسبية للهواء قد بلغت حوالى 90%. ويلاحظ أن ذلك المستوى من الرطوبة النسبية - القريب من درجة التشبع . مرتفع إلى حد ما. وقد يؤدي إلى تولد مشاكل حادة مرتبطة بالتكثيف والأمراض خاصة إذا سمح للرطوبة لتبقى عند هذا المستوى لفترة طويلة. ولهذا السبب ينصح بحفظ الرطوبات النسبية عامة عند مستويات أقل من ٨٥٪ بقدر الإمكان.

التنبؤ بدرجة حرارة الهواء داخل الصوبة:

مثال:

صوبة زراعية بمساحة سطحية ١٥٠٠ متر ومساحة أرضية ١٠٠٠ متر وارتفاع متوسط للصوبة 3 متر. والصوبة مغطاة بطبقة من الزجاج بمعامل نفاذية 90% للموجات القصيرة و 80% للموجات الطويلة، فإذا كانت درجة حرارة الهواء الخارجية ١٨م ورطوبته النسبية 6%. وكمية الطاقة الشمسية الساقطة على الصوبة هي 650 واط/متر² ومعامل التهوية المستخدم هو 0.75 تغير هوائي دقيقة ومعامل إنتقال الحرارة 4 واط/متر². °م، بينما معامل الإشعاع للموجات الطويلة ٨٥.، ومعامل الإصدار الظاهري للجو 0.86 احسب تقريبا درجة حرارة الهواء داخل الصوبة مع فرض أن الصوبة تخضع الظروف الخالة المستقرة ومزروعة بالنباتات بنسبة إمتلاء ٨٠٪ ومعامل بخر . نتح يعادل 0.5

الحل

يمكن تلخيص المعلومات المتوفرة في المثال السابق كما يلي:

A = 1500m²	To = 18°C	F = 0.80
Af = 1000m²	RHo = 60%	E = 0.5
Z = 3 m	I = 650 W/m²	ε_a = 0.86
τ_s = 0.95	G = 0.75 air change / min	
τ_t = 0.85	U = 4 W/m² °C	ε_t = 0.85

والمطلوب هو حساب T_s؟

ونظرا لأن الصوبة في حالة مستقرة، فإنه يمكن تطبيق معادلة الإلتزان الحراري رقم (1،7) للتنبؤ بدرجة حرارة الهواء داخل الصوبة. ويمكن كتابة المعادلة بعد إهمال المركبات الصغيرة كما يلي:

$$QI = Q_{cd} + Q_v + Q_t$$

$$\tau_s A_f I = U A (T_a - T_o) + \left(\frac{V}{v}\right)(Cp)(T_a - T_o)$$

$$+ E (F) (\tau_s) (A_f) I + \epsilon_t T_o^4$$

ونظرا لأن T_a ذات قوى مختلفة في المعادلة السابقة، فإنه يصعب حلها بالتعويض المباشر، ويستلزم في تلك الحالة استخدام إحدى الطرق التقريبية في الحل. وسيتم في تلك الحالة استخدام طريقة المحاولة والخطأ عن طريق فرض قيم مختلفة للمجهول T_a والتعويض بها في المعادلة السابقة لإيجاد قيم لأحد المتغيرات المعلومة وليكن شدة الإشعاع الشمسي I ، ويتم مقارنة القيمة المحسوبة لـ I مع القيمة المعطاة حتى نحصل على فرق بين القيمتين يمكن إهماله أو إدخاله في نسبة الخطأ المسموح بها.

ومعدل التهوية المستخدم داخل الصوبة عبارة عن حجم الصوبة مضروباً في معدل التبادل الهوائي أي أن معدل التهوية:

$$V = Af (Z) (G)$$

$$V = 1000 (m^2) * 3 (m) * 0.75 \left(\frac{1}{min} \right) * \left(\frac{1}{60} \right) \left(\frac{min}{s} \right) \\ = 37.5 m^3 / s$$

ويمكن تحويل معدل التهوية من وحدات حجوم إلى وحدات أوزان باستخدام الحجم النوعي للهواء. وبفرض أن المراوح المستخدمة في عملية التهوية من النوع الضاغط، فإن الحجم النوعي للهواء يمكن إيجاده من الخريطة السبكرومترية بمعلمية خواص الهواء الخارجية ($T_o = 18^\circ C$, $RH_o = 60\%$) ويكون معدل التهوية بوحدات الأوزان كما يلي:

$$m = \left(\frac{V}{v} \right) \\ = (37.5 (m^3/s)) / (0.83 (m^3/Kg)) = 45.2 Kg/s$$

وبالتعويض في معادلة الاتزان الحراري السابقة بالقيم المعطاه في المسألة، فإنه يمكن الوصول إلى العلاقة التالية:

$$I_c = 10.6(T_a - 291) + 7.2 \left[\left(\frac{T_a}{100} \right)^4 - 61.7 \right] \quad (7-32)$$

حيث:

I_o : القيمة التي سيتم حسابها الشدة الإشعاع الشمسي

T_a : درجة حرارة الهواء المطلقة داخل الصوبة

ويمكن تلخيص خطوات حل المسألة في النقاط التالية:

1- يتم فرض قيمتين لدرجة الحرارة المراد التنبؤ بها T_a إحداها تمثل أقصى درجة حرارة متوقعة لـ T_a

وتسمى T_{max} ، والأخرى تمثل أدنى درجة حرارة متوقعة له ، وتسمى T_{min}

2- يؤخذ متوسط قيمتي درجتَي الحرارة وتسمى T_{avg} أي أن:

$$T_{avg} = (T_{max} + T_{min}) / 2$$

3- يتم التعويض بالقيمة في المعادلة رقم (32، 7) لحساب I_o .

4- يتم حساب قيمة الفرق بين ما و ا ويسمى Error أي أن:

$$Error = I_c - I$$

5- إذا كانت قيمة ال Error صفرا أو تقع داخل نسبة الخطأ المسموح بها ولتكن ± 0.50 فإن درجة حرارة الهواء داخل الصوبة المطلوبة هي:

$$T_a = T_{avg}$$

6- إذا كانت قيمة Error في الخطوة رقم (4) أكبر من النسبة المسموحة فإنه يجب تكرار الحل كما يلي:

أ- إذا كانت إشارة Error موجبة فإن هذا يعني أن قيمة T_{avg} التي تم التعويض بها في المعادلة رقم (٧، ٣٢) أكبر من المطلوبة وعليه فإنه لابد من خفض تلك القيمة عن طريق حساب T_{avg} جديدة كالتالي:

$$T_{avg} = (T_{avg} + T_{min}) / 2$$

ب- يعوض بقيمة T مرة أخرى في المعادلة رقم (٧، ٣٢) ويتم حساب I_c مرة أخرى ومنها يحسب Error.

ج- أما إذا كانت إشارة ال Error في الخطوة رقم (4) سالبة فإن هذا يعني أن قيمة T_{avg} التي تم التعويض بها أصغر من المطلوبة وعليه، فإنه لابد من زيادة تلك القيمة عن طريق حساب T_{avg} الجديدة كالتالي:

$$T_{avg} = (T_{avg} + T_{max}) / 2$$

د- يتم تكرار مراحل الخطوة رقم (6) حتى يتحقق الشرط الموجود في الخطوة رقم (5).

والآن إذا فرض أن درجة الحرارة العظمى والصغرى هما ٣٣٠ و ٣٠٠ درجة مطلقا على الترتيب، فإنه يمكن تلخيص نتائج الحسابات في الجدول التالي:

I	T_{max}	T_{max}	T_{avg}	I_c	Error
650	330	300	315	5191	-131
	330	315	322.5	669	+19
	322.5	315	318.75	593	-57
	322.5	318.75	320.6	630	-20

	322.5	320.6	321.55	679.3	-0.7
	322.5	321.55	322.01	568.6	+8.6
	322.01	321.55	321.08	653.9	+3.9
	321.78	321.55	321.66	651.5	+1.5
	321.66	321.55	3321.6	650.3	+0.3

وحيث أن قيمة الى Error الأخيرة تعادل +0.3 أي تقع داخل المدى ٠,5، فإن درجة الحرارة المتبا المسموح به لنسبة الخطأ في المسألة وهو ± 0.5 بها للهواء داخل الصوبة تكون:

$$T_a = 321.6 \text{ k}$$

$$= 48.6^\circ\text{C}$$

ويلاحظ أن إستخدام الحاسبات الآلية قد سهل من إجراء تلك الحسابات عن طريق تطوير برامج باستخدام أحد لغات الحاسب لحل تلك المسألة. وهناك العديد من البرامج التي تم فعلا تطويرها، ولكن ليس هذا المجال مناسباً للحديث عنها.

الفصل الرابع

وسائل التحكم فى العوامل البيئية

داخل البيوت المحمية

وأهم العوامل البيئية التي يسعى منتج الخضر إلى التحكم فيها في الزراعات المحمية ما يلي :

- 1- درجة الحرارة .
- 2- الرطوبة النسبية .
- 3- شدة الإضاءة والفترة الضوئية .
- 4- نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون .

يتعين قبل الدخول في تفاصيل طرق التدفئة والتبريد وحساباتهما أن نتعرف أولاً بعض المصطلحات المستخدمة في هذا المجال ، وطرق تنظيم درجة الحرارة ، وطرق انتقالها ، لما لذلك من أهمية كبيرة في كل من البيوت المدفأة والمبردة على حد سواء .

يعبر عن كمية الحرارة (سواء تلك التي يلزم اكتسابها ، أم تلك التي يلزم التخلص منها) بالوحدات الحرارية البريطانية British thermal units (اختصار Btu)، وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة فهرنهايت واحدة .

وفي النظام المتري يعرف الكالوري Calorie بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة ، ويعادل الكيلو كالوري k ca ١٠٠٠ كالورى ، أو ٣/٩٩٨ وحدة حرارية بريطانية .

وفي الوحدات الدولية يستعمل الجول Joule (اختصارا J) كمقياس لكمية الحرارة ، وهو يعادل 0.239 ، أو 0.00095 وحدة حرارية بريطانية.

ولإجراء التحويلات اللازمة .. فإن كل وحدة حرارية بريطانية تعادل ٢٠٢ كالورى ، أو ١٠٥٥ جول.

هذا .. والوات Walt (اختصارا W) يساوى جولاً واحد / ثانية.

❖ طرق انتقال الحرارة وأهميتها العملية

تفيد دراسة طرق انتقال الحرارة في الجوانب التالية :

1- زيادة كفاءة عملية التدفئة بتقليل فقد الحرارة من داخل البيت إلى خارجه مع الاستفادة من الطاقة الشمسية نهاراً ، والحرارة الصادرة من الأجسام الصلبة داخل البيت ليلاً .

2- زيادة كفاءة عملية التبريد بتقليل اكتساب البيت للحرارة من الجو الخارجي ، مع سرعة التخلص من هذه الحرارة أولاً بأول .

وسائل انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة بأربع وسائل رئيسية و هي كما يلي :

أ - الإشعاع Radiation :

يكون الإشعاع على صورة موجات كهرومغناطيسية تتدفق بانتظام خلال الفضاء وبذلك فإن انتقال الطاقة في هذه الصورة لا يكون في صورة حرارة ؛ لأن ذلك يتطلب حركة جزيئات ، لكن هذا الإشعاع يتحول إلى طاقة حرارية بمجرد تلامسها مع أي سطح، وتكتسب البيوت المحمية الحرارة نهارا من الأشعة الشمسية التي تنفذ من خلال غطاء البيت . ثم تتحول إلى طاقة حرارية عند تلامسها مع التربة والأسطح النباتية وغيرهما من الأجسام الصلبة داخل البيت (جائيك ١٩٨٥)

وبالمقابل .. فإن الأجسام الدافئة داخل البيت (كالتربة والنباتات) تنطلق منها الحرارة بالإشعاع إلى الأجسام الباردة خارج البيت ، دون أن يكون لهذه الظاهرة تأثير ملحوظ على درجة حرارة الهواء الذي تمر من خلاله . يكون هذا الفقد الحراري في صورة أشعة طويلة الموجة (تحت الحمراء)، ويستمر ليلا ونهارا ، مادامت درجة حرارة الأجسام داخل البيت أعلى من درجة الحرارة خارج البيت .

٢ - التوصيل Transmission :

يتم انتقال الحرارة بالتوصيل خلال وسط توصيل من النقط الدافئة إلى الأقل منها حرارة ، كما هي الحال عند فقد الحرارة من البيوت المدفأة ، أو اكتساب البيوت الباردة الحرارة بالتوصيل من خلال الغطاء .

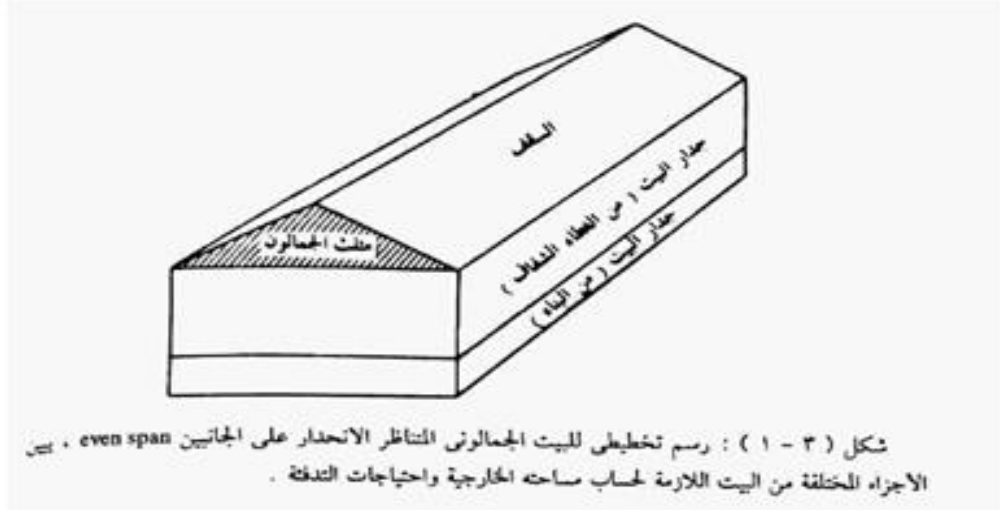
1 - التلامس أو التخلل أو الشرب Infiltration

هنا تنتقل الحرارة من سطح مشمع إلى الهواء أو الماء المتحرك فترتفع درجة حرارة الوسط الملامس (الماء أو الهواء) وتقل كثافته ، ويبدأ في التحرك لاعلى ليحل محله هواء أو ماء أبرد ليكتسب حرارة من السطح المشع وهكذا . وتلك هي خاصية انتقال الحرارة التي تعتمد عليها طرق التدفئة في البيوت المحمية . كما تفقد البيوت المدفأة جزءا كبيرا من حرارتها مع الهواء الدافئ التسرب منها .

❖ طريقة حساب المساحة الخارجية للبيت المحمي:-

يتطلب حساب احتياجات التدفئة (وكذلك التبريد) في البيوت المحمية معرفة المساحة الخارجية للبيت , ويمكن تقدير ذلك في الأنواع المختلفة من البيوت ، كما يلي :

١- البيوت المفردة ذات الشكل الجملوني المتناظر الانحدار على جانبي البيت Even Span :



تتكون الأسطح الخارجية من (شكل ٣ - ١) مما يلي :

أ - الجانبان الطوليان للبيت ؛ وهما مستطيلان .

ب - الجانبان القصيران للبيت ؛ ويتكون كل منهما من :

(1) الجزء السفلي، وهو مستطيل.

(٢) الجزء العلوي (تحت الجمالون) ؛ وهو مثلث يتساوى فيه ضلعان .

ج - جانبا السقف المنحدران ؛ وهما مستطيلان .

وتحسب أطوال ومساحة الأشكال الهندسية المختلفة كالتالي :

مساحة المستطيل = الطول × العرض

مساحة المثلث الذي يتساوى فيه ضلعان = نصف القاعدة × الارتفاع .

وتعتبر قاعدة المثلث هي الجانب القصير للبيت ، أما ارتفاعه ، فهو المسافة من مركز الجمالون إلى الأرض ، مطروحا منها ارتفاع الجانب الراسي من البيت .

طول الضلع القصير لكل من جانبي السقف المنحدرين (أو وتر مثل الجمالون)

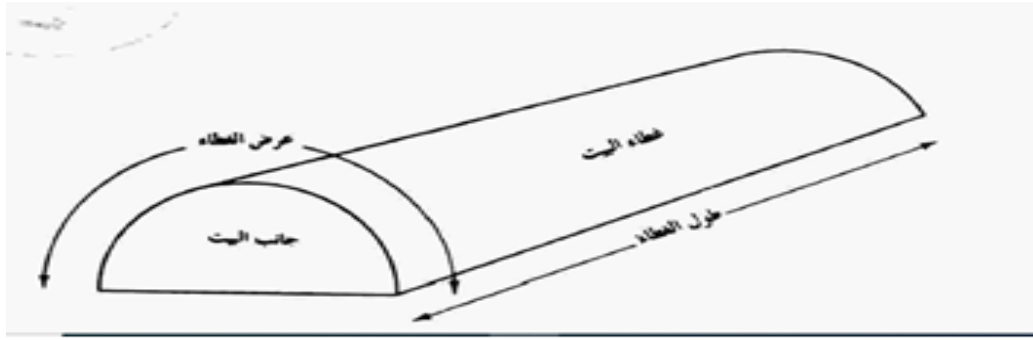
= الجذر التربيعي لـ مربع نصف قاعدة مثلث الجمالون + مربع ارتفاع مثلث الجمالون

٢ - البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset :

يعتبر كل بيت بمثابة نصف اسطوانة (شكل ٣ - ٢) وتحسب مساحته الخارجية بالمعادلة التالية :

المساحة الخارجية للبيت = $\frac{1}{2} (2 \text{ ط نق ل} + 2 \text{ ط نق})$.

حيث إن ط = 3.14 ، و نق = ارتفاع البيت ، و ل = طول البيت .



شكل (٣ - ٢) : رسم تخطيطي للبيت النصف أسطواني quonset بين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

3- البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطواني المحور Modified Quonset :

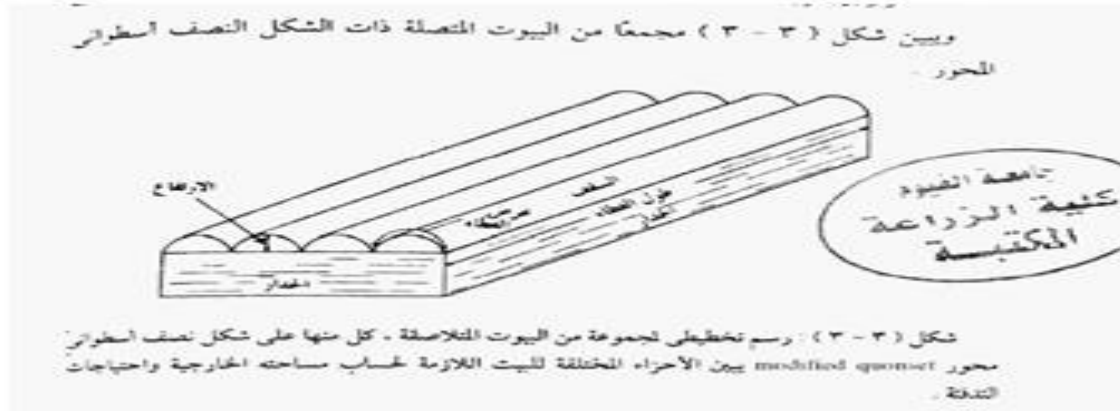
تتكون الأسطح الخارجية للبيت من :

أ - الجزء السفلي للبيت ، ويتكون من :

(1) الجانبان الطويلان للبيت ، وهما مستطيلان .

(2) الجانبان القصيران للبيت ، وهما مستطيلان .

ب - الجزء العلوي للبيت ، ويمكن اعتباره نصف أسطوانة ، وتحسب مساحته كما في حالة البيوت النصف أسطوانية .



❖ طريقة حساب حجم البيت

تتوقف قوة التدفئة أو التبريد اللازمين للبيت على حجمه . ويمكن تقدير ذلك في الأنواع المختلفة من البيوت كالتالي :

١- البيوت المفردة ذات الشكل الجمالوني المتناظر الانحدار على جانبي البيت even span:

$$V = L \times \left[(He \times W) + \left(\frac{Hr \times W}{2} \right) \right] : \text{المعادلة التالية}$$

حيث إن

$V = \text{حجم البيت}$

L = طول

He - ارتفاع الجانب الرأسي من البيت

W - عرض البيت

Hr - ارتفاع مثلث جمالون السقف

كما يمكن حساب حجم البيت بطريقة مختصرة كما يلي (مع الرجوع إلى شكل 3-4 أ) بخصوص الرموز المستخدمة في المعادلة :

$$V = \frac{h + H}{2} \times L \times W$$

٢ - البيوت المفردة النصف اسطوانية Quonset :

يعتبر كل بيت بمثابة نصف اسطوانة ، ويحسب حجمه بالمعادلة التالية :

حجم البيت = طول البيت * (٢/١ × ط نق ٢)

حيث إن نق = نصف عرض البيت .

3 - البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطواني المحور Modified Quonset :

يتكون البيت من جزأين ؛ هما :

أ - الجزء السفلي ، وهو متوازي مستطيلات .

ب - الجزء العلوي ، وهو نصف أسطوانة ، فيها نصف القطر يساوي ارتفاع هذا الجزء

وبالتالي ، فإنه يمكن حساب حجم البيت بالمعادلة التالية :

$$\text{حجم البيت} = \text{طول البيت} \times [\text{ارتفاع الجزء السفلي} + \frac{(\text{ط} \times \text{ارتفاع الجزء العلوي})}{2}]$$

حيث إن ط = ٣/١٤٢ ، ومربع ارتفاع الجزء العلوي = ٢. نق

4 - البيوت المفردة المستندة إلى مبنى (يراجع شكل ٣-4 ب) :

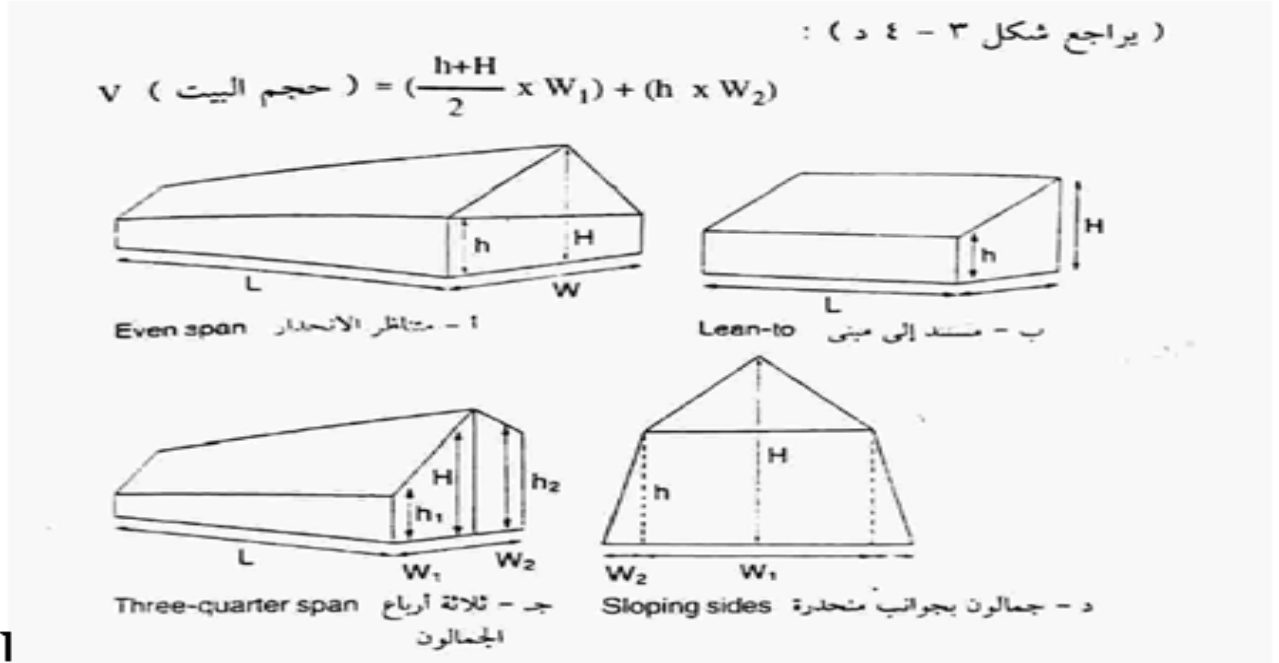
$$(\text{حجم البيت } v) = \frac{h+H}{2} * L * w$$

4- البيوت المفردة ثلاثة أرباع الجمالون Tree-quarter span (يراجع شكل ٣-4 ج)

$$V = \left(\frac{h1 + H}{2} \times L \times W1 \right) + \left(\frac{h2 + H}{2} \times L \times W2 \right)$$

5- البيوت المفردة ذات الشكل الجمالوني والجوانب المنحدرة Sloping sides (يراجع شكل 3-4 د)

$$V = \left(\frac{h+H}{2} \times W_1 \right) + (h \times W_2)$$

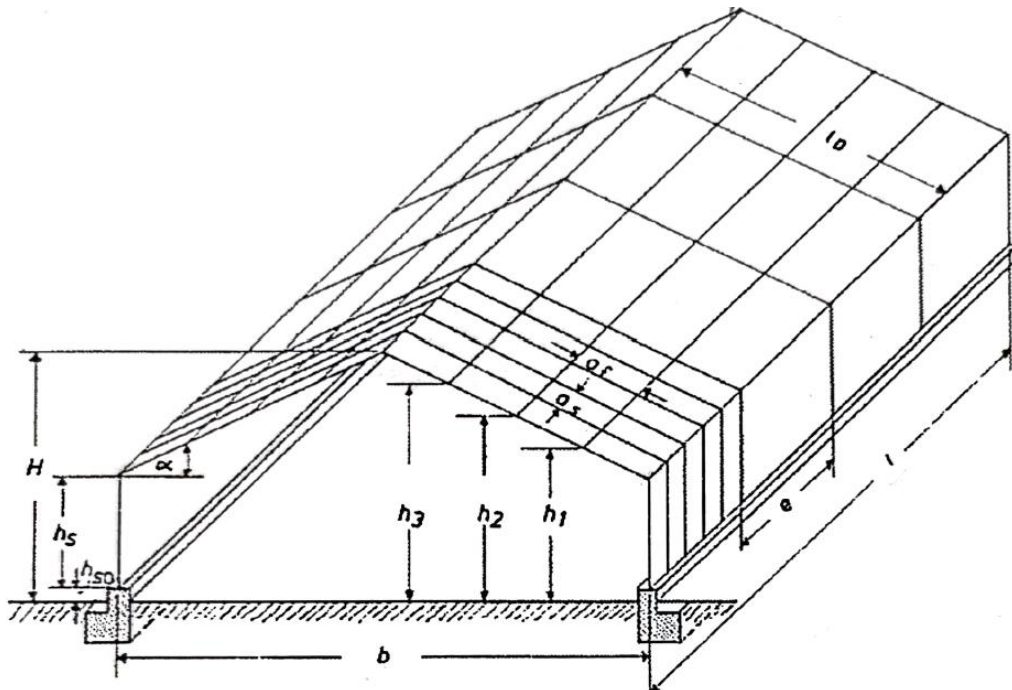


حساب المساحة الظاهرية للصوبة (A_H) :- الشكل التالي يوضح كيفية حساب المساحة الظاهرية للصوبة .

المساحة الظاهرية للصوبة عبارة عن مساحة السقف والوجه والحائط .

حساب المساحة الظاهرية للصوبة (A_H) :- الشكل التالي يوضح كيفية حساب المساحة الظاهرية للصوبة .

المساحة الظاهرية للصوبة عبارة عن مساحة السقف والوجه والحائط .



$$A_H = A_D + A_{Si} + A_{Gi}$$

حساب مساحة السقف (A_D)

$$A_D = 2I_D \cdot I$$

$$I_D = \frac{b}{2 \cos \alpha}$$

$$A_D = \frac{b \cdot I}{\cos \alpha}$$

حساب مساحة الحائط (A_{Si})

$$A_{Si} = 2h_s \cdot I$$

حساب مساحة الوجبة (A_{Gi})

$$A_{Gi} = 2b \cdot h_s + 2 \frac{b^2}{4} \tan \alpha$$

$$A_H = \frac{b \cdot I}{\cos \alpha} + 2h_s \cdot I + 2b \cdot h_s + 2 \frac{b^2}{4} \tan \alpha$$

$$A_H = 2I \left[\frac{b}{2 \cos \alpha} + h_s \right] + 2b \left[\frac{b}{4} \tan \alpha + h_s \right]$$

حيث إن

I عبارة عن طول الصوبة

b عبارة عن عرض الصوبة

حساب ارتفاع الصوبة

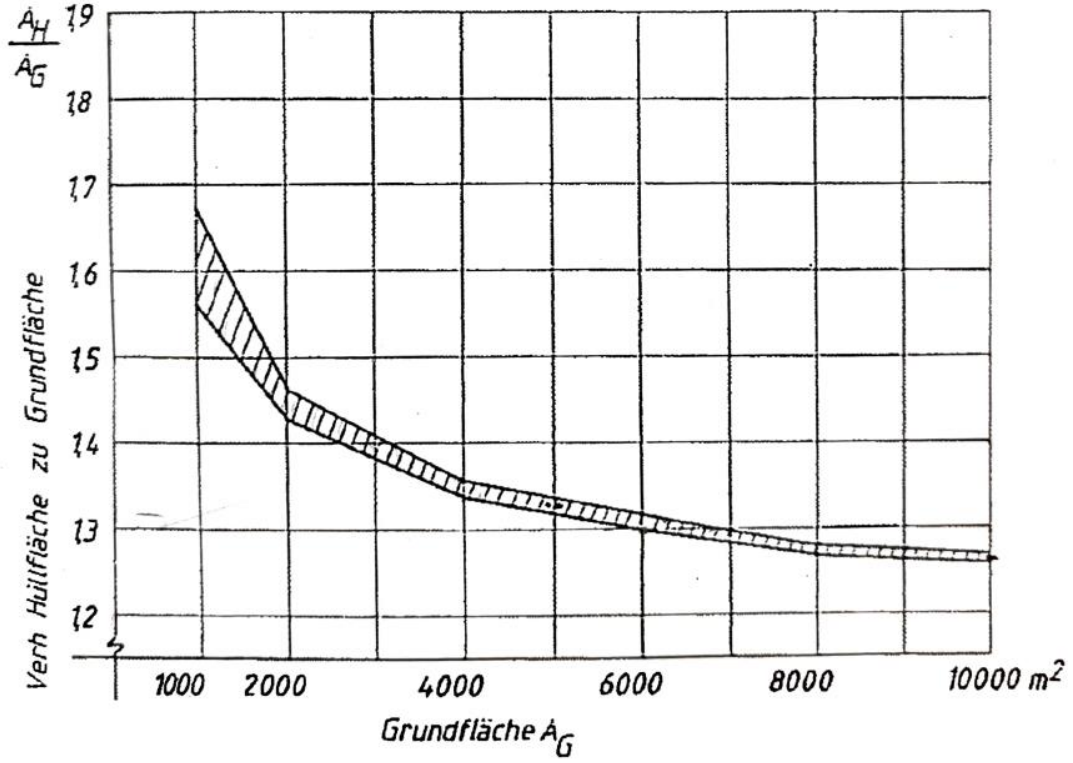
$$H = h_s + h_{SD} + \frac{b}{2} \tan \alpha$$

$$h_1 = h_s + h_{SD} + a_f \sin \alpha$$

$$h_2 = h_s + h_{SD} + 2a_f \sin \alpha$$

$$h_3 = h_s + h_{SD} + 3a_f \sin \alpha$$

الشكل التالي يوضح النسبة بين المساحة الظاهرية للصوبة ومساحة أرضية الصوبة.



يمكن حساب مساحة أرضية الصوبة من المعادلة التالية.

$$A_G = b \cdot I$$

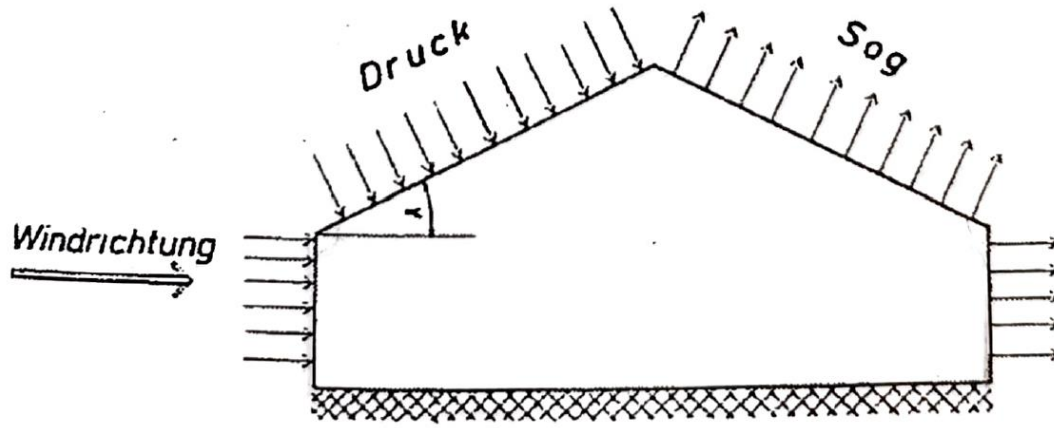
يمكن حساب النسبة بين المساحة الظاهرية للصوبة ومساحة الأرضية للصوبة من المعادلة التالية:

$$\frac{A_H}{A_G} = \frac{I}{\cos \alpha} + \frac{2h_s}{b} + \frac{2h_s}{I} + \frac{b}{2I} \tan \alpha$$

حساب المساحة الظاهرية للصوبة عندما تختلف زوايا ميل الأسقف

$$A_H = n_s \cdot I \cdot b \left[\frac{\sin \alpha + \sin \beta}{\sin \gamma} \right] + b^2 \frac{\sin \alpha \cdot \sin \beta}{\sin \gamma} + 2h_s(b + I)$$

تأثير الرياح على البيوت المحمية



الضغط الواقع علي الصوبة

$$W = c \frac{\rho}{2} V^2 = cq (N/m^2)$$

Druck مو جب C=0.8

Sog سالب C=-0.5

Sog سالب C=-0.8

$$\alpha = 0^\circ \text{ to } 25^\circ \quad c = -0.6$$

$$\alpha = 25^\circ \text{ to } 40^\circ \quad c = 0.3 \text{ to } 0.8$$

$$\alpha = 0^\circ \text{ to } 40^\circ \quad c = -0.6$$

❖ وسائل التوفير في الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد

لا تشير دراسة أساسيات التحكم في درجة الحرارة في البيوت المحمية كاملة ، دون الإشارة إلى الوسائل المستخدمة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد الان تطبيقها يفيد في تحقيق قدر أكبر من التحكم في درجة الحرارة داخل البيوت ، وفيما يلي بيان بالطرق والوسائل المتبعة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد في البيوت المحمية :

1- اختيار تصميم البيت وتحديد اتجاهه بما يتناسب مع الظروف الجوية السائدة في المنطقة ، نظرا لأن كلا الأمرين يؤثر على كمية الضوء التي تنفذ داخل البيت ؛ ومن ثم على كمية الطاقة الحرارية التي تصل إلى البيت مع الأشعة الشمسية ، وقد سبقت مناقشة كلا الأمرين .

2- اختيار نوع الغطاء وسمكه بما يتناسب أيضا والظروف الجوية السائدة في المنطقة و نظرا لأن الغطاء لا يؤثر فقط على كمية الضوء التي تنفذ داخل البيت ، بل يؤثر أيضا على فقد الحرارة من داخل البيت

إلى الخارج ، سواء أكان ذلك الفقد بالتوصيل ، أم بالإشعاع ، أم بالتسرب ، وقد سبقت أيضا مناقشة موضوع تأثير الغطاء على نفاذية الضوء ، وعلى فقد الحرارة .

3- استعمال طبقتين أو ثلاث طبقات من الغطاء بدلا من طبقة واحدة ؛ نظرا لأن ذلك يقلل معامل التوصيل الحراري للغطاء بدرجة كبيرة . فإذا كان معامل التوصيل الحراري لطبقة واحدة من الغطاء واحدا صحيحا ، فإن هذه القيمة تنخفض بنسبة 42% ، و 58 % عند استخدام طبقتين وثلاث طبقات من الزجاج على التوالي ، وبنسبة 40 . % عند استخدام طبقتين من البولييثيلين (جدول 3-2) ، ويعني ذلك انخفاض احتياجات التدفئة والتبريد بالنسبة نفسها.

4- ضرورة إقامة البيوت المحمية بجانب مصدات الرياح خفف معامل سرعة الرياح (W) في حسابات التدفئة (جدول 3-5)

5- الاهتمام بحالة البيت ومدى إحكامه ، وتغيير الزجاج المكسور أولا بأول لخفض معامل الإنشاء C في حسابات التدفئة (جدول 3-6).

6- التقليل - قدر المستطاع - من حركة الهواء الدافئ قريبا من جدران البيت ؛ لأن هذه التيارات الهوائية تزيد من فقد الحرارة بالتوصيل ، ويمكن التحكم في ذلك الأمر بالاختيار الأمثل لوضع المدفئات وأنابيب التدفئة في البيت

7- يجب توجيه الهواء البارد (في البيوت المبردة) في مسار يتخلل النباتات و مع التقليل - قدر المستطاع - من حركته على النباتات (في قمة البيت) أو أسفلها (في حالة الزراعة على المناضد) ، نظرا لأن هذه المسارات تقلل كثيرا من كفاءة عملية التبريد.

8- الاستفادة القصوى من عملية التهوية في خفض احتياجات التبريد ، أو الاستغناء عنها نهائيا في المناطق المعتدلة .

9- يمكن خفض الفاقد في الحرارة ليلا بمقدار 70% - 80% في البيوت المحمية التي تتكون أسقفها من طبقتين من الغطاء بدفع رغوة foam خاصة بين الطبقتين . ويتم ذلك بدفع تيار من الهواء في سائل يتمدد بمقدار 1000 ضعف ، مكونا الرغوة التي تنتشر بين طبقتي الغطاء ، هذا .. وتلاشى الرغوة في خلال نصف ساعة ، ويتجمع السائل من جديد في خزان خاص؛ ليتم ضخه من جديد حسب الحاجة

، أو يمكن استخدام النظام نفسه للحماية الجزئية من أشعة الشمس القوية نهار . (Collins ١٩٨٣ & Jensen)

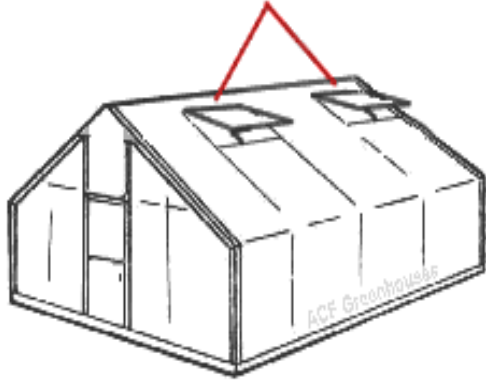
10- تغطية البيوت المحمية بشباك التظليل من اعلى البلاستيك , و يهدف خفض احتياجات التبريد ، وتتوفر الشباك بنسب تظليل تتراوح بين 10% و ٩٠% حسب الحاجة . ويمكن في حالة عدم توفر شباك التظليل رش السطح الخارجي للبيت بالجير في بداية فصل الصيف .

11- يمكن تحسين التدفئة ليلا بملء انابيب بلاستيكية واسعة بالماء , مع جعلها ممتدة على سطح التربة فيها قريبا من خطوط الزراعة ؛حيث يكتسب الماء كمية كبيرة من الحرارة نهارا ؛ نظرا لارتفاع حرارته النوعية ، ثم يفقدها ليلا بالإشعاع إلى جو البيت بالقرب من النباتات.

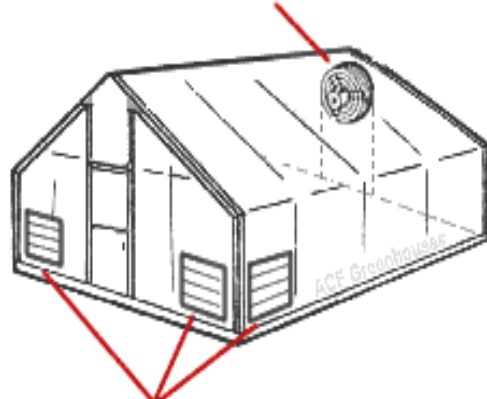
12- استعمال ستائر حرارية متحركة Mobile Thermal Screens نظم نهارا لتسمح بنفاذ الأشعة الشمسية ، وتفرد ليلا لمنع نفاذ الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من التربة والنباتات داخل البيت (عن koning ١٩٨٨) هذا .. ولم يوجد اية اختلافات بين خمسة أنواع من الستائر الحرارية (هي : ستائر البوليثلين ، والبوليستر ، والبوليستر المغطى بالألومنيوم بنسبة 50% ، أو ٧5% او ١٠٠%)، حيث وفرت جميعها في استهلاك الطاقة بنسبة ٢٠%

اولا : تهوية البيوت المحمية (Greenhouse Ventilation)

Automated Roof Vents



Exhaust Fan



Intake Shutter(s)

التهوية (ventilation) :- هي العملية التي يتم فيها تبادل الهواء بين داخل الصوبة وخارجها. وهي عامل رئيسي للتحكم في المناخ لإنتاج المحاصيل مع إنتاجية وجودة جيدة. إن كفاءة التهوية الجيدة مهمة جداً لزيادة الإنتاجية مع الجودة المطلوبة على مدار العام.

■ الغرض من تهوية الصوب الزراعية هو:

- 1- تعويض النقص في تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون والأكسجين.
- 2- التخلص من الحرارة الناتجة من أشعة الشمس والتحكم في درجة الحرارة.
- 3- المساعدة في السيطرة على مستوى الرطوبة النسبية داخل الصوبة.

■ أهمية عملية التهوية :-

- تنظيم نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الأكسجين داخل الصوبة ,حتى يمكن المحافظة على التركيز الطبيعي من غاز ثاني أكسيد الكربون اللازم لعملية التمثيل الضوئي حول النباتات داخل الصوبة ويتم ذلك استبدال الهواء الداخلي الذي تنخفض فيه نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة استهلاكه بواسطة النباتات بالهواء الخارجي الذي يحتوي على نسبة مرتفعة من غاز ثاني أكسيد الكربون.
- تؤدي الى خفض درجة الحرارة بسرعة داخل الصوبة ,مما يقلل من احتياجات التبريد.
- المحافظة على نسبة الرطوبة الجوية داخل الصوبة في الحدود الملائمة لنمو النباتات ,وتتراوح هذه النسبة عادة من 50-80% (حسب نوع النباتات),ونظرا لان ارتفاع نسبة الرطوبة الجوية داخل الصوبة عن 80% يساعد على انتشار الاصابة بالامراض الفطرية.
- المحافظة على درجة الحرارة المطلوبة بصورة متماثلة داخل الصوبة, وذلك عن طريق التخلص من أي جيوب هوائية ساكنة داخل الصوبة.
- يساعد تشغيل مراوح التهوية على زيادة كفاءة عملية التلقيح وعقد الثمار ,نتيجة اهتزاز النباتات لوجود هواء يمر خلال خطوط زراعته النباتات.

■ طرق التهوية :

هناك نظامين لتهوية الصوب الزراعية:

- 1- التهوية الطبيعية من خلال منافذ خاصة في الجدران والاسقف.
- 2- التهوية القسرية من خلال المراوح ، والتي تعتمد على إمدادات الكهرباء.

اولا :- التهوية من خلال منافذ خاصة في الجدران والاسقف

تعتبر ابسط طرق التهوية هي بعمل فتحات خاصة في جدران او اسقف البيوت المحمية يتم من خلالها تغير هواء البيت بطريقة طبيعية، حيث يخرج الهواء الداخلي الدافئ الذي يتجمع قرب سقف البيت من الفتحات العلوية ليحل محله الهواء الخارجي البارد من الفتحات الجانبية. والقاعدة في الطريقة للتهوية أنه كلما ازداد اتساع الفتحات ، ازدادت سرعة خفض درجات الحرارة داخل البيت، وامكن المحافظة عليها في المجال المناسب للنمو النباتي . ولتحقيق ذلك يجب ألا تقل مساحة فتحات التهوية عن 17% من مساحة البيت. في المناطق المعتدلة يجب ان تتسع فتحات التهوية، وتمتد بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت. أما في المناطق الحارة ، فإن فتحات التهوية يجب ان يزداد اتساعها وتنتزع في جوانب البيت والأسقف . أما في المناطق الباردة التي تنتشر فيها البيوت الزجاجية من النوع الجمالوني المتناظر الانحدار علي جانبي البيت، فإن فتحات التهوية توجد غالبا في قمة البيت علي جانبي الجمالون . وأيا كان موضع واتساع فتحات التهوية ، فإنه يجب غلقها عند اشتداد الرياح حتي لا تحدث تيارات هوائية شديدة داخل البيت قد يترتب عليها حدوث بعض الاضرار. أما في حالة الرياح الخفيفة ، فإنه يمكن تشغيل فتحات التهوية في جانب البيت غير المواجه للرياح.

يتم التحكم في فتح وغلق فتحات التهوية بإحدى الطرق الآتية.

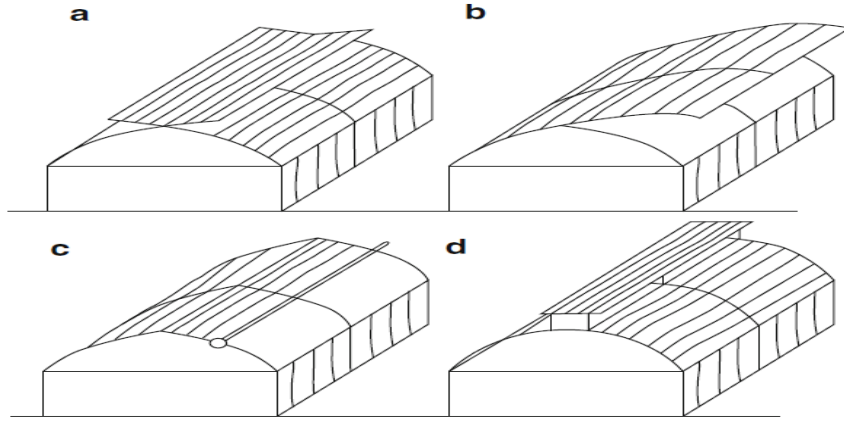
- يدويا بفتح او غلق الابواب أو فتحات التهوية الكبيرة.
- يدويا بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك.
- آليا حيث يتم توصيل فتحة التهوية بمنظم للحرارة الذي يعمل علي تشغيل منافذ التهوية عند ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت الي الحد الاقصى المسموح به.

أنواع فتحات التهوية الطبيعية Types of Natural Ventilation Openings

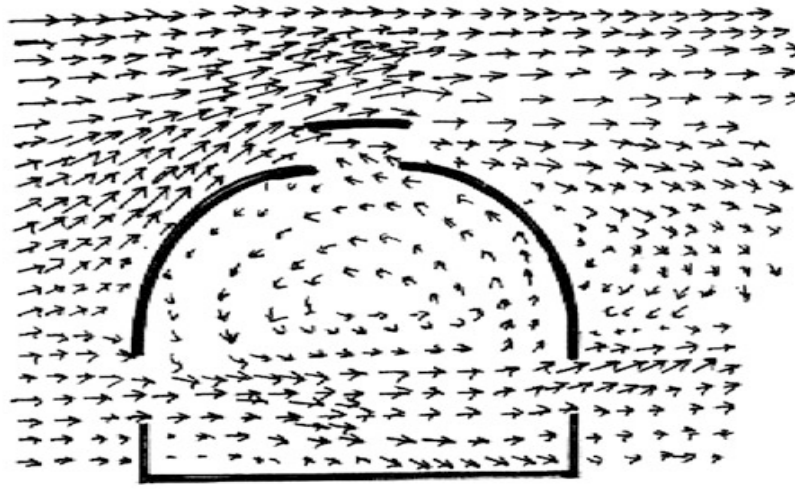
1- تهوية عن طريق فتحات في الجدار الجانبي Side Wall Ventilation كما بالشكل التالي



2- تهوية عن طريق فتحات في السقف Roof Ventilation كما بالشكل التالي



3- تهوية عن طريق فتحات في الجدار الجانبي والسقف Side Wall and Roof Ventilation كما بالشكل التالي



ثانياً:- التهوية القسرية او الجبرية Forced Ventilation

تعتبر التهوية القسرية من خلال المراوح طريقة فعالة للتهوية ، ولكنها تحتاج إلى الكهرباء وأكثر تكلفة من التهوية الطبيعية وسيتم استخدامها لأنظمة تبريد المروحة والوسادة. يمتص المراوح الهواء من جانب ، وتتيح الفتحات الموجودة على الجانب الآخر دخول الهواء. يتبع نظام المنافذ والمراوح للتهوية في البيوت الكبيرة التي لا تفيد معها منافذ التهوية العادية خاصة في الجو الحار. وتستخدم لأجل ذلك مراوح كبيرة تعمل علي طرد الهواء الدافئ خارج البيت من احد الجانبين ليحل محله الهواء البارد من المنافذ التي توجد في الجانب الاخر. تظل المنافذ مفتوحة طول الوقت في الجو الحار ، بينما يتم توصيل المراوح بمنظم الحرارة الذي يتحكم في تشغيلها عند وصول درجة الحرارة داخل البيت الي الحد الاقصى المسموح به.



مراوح للتهوية القسرية (في الجانب الأيسر) وفتحات مدخل الهواء (في الجانب الأيمن) مع ألواح السقف للتهوية الطبيعية

■ حسابات التهوية

1- قوانين المراوح

المروحة هي مجموعة من الريش بمرتكزاتها وتحميلاتها متضمنة محركا صغيرا وحواجز هوائية وغطاء مقاوم للعوامل الجوية المختلفة. وتعتبر المروحة الجزء الاساسي في اي عملية تهوية ميكانيكية.

وتوج وظيفتين اساسيتين للمراوح :-

1- احداث فرق ضغط للهواء

2- دفع او سريان الهواء.

حيث يتم استخدام قوانين المراوح للتنبؤ بكل من معدل السريان والقدرة وفرق الضغط وذلك كدالة في كل من قطر المروحة وكثافة الهواء والسرعة الدورانية .

ويمكن تلخيص تلك القوانين في :-

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

$$W_2 = W_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^5 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$$

Q=معدل سريان الهواء

W=السرعة الدورانية

D= قطر المروحة

W=القدرة

ρ = كثافة الهواء

P=الضغط الكلي او ضغط السرعة او الضغط الاديبياتيكي

مثال

احسب معدل التهوية والطاقة المضافة وكذلك فرق الضغط الكلي لمروحة من النوع الرفاص قدرتها المتاحة 5. كيلو واط تدفع مع هواء بسرعة دورانية 750 لفة/دقيقة وبمعدل 4.5 متر 3/ث عند فرق ضغط كلي 10 باسكال وذلك في حالة تركيب مجموعة اخري من الطارات علي المروحة بحيث تصبح سرعتها الدورانية 1000 لفة /دقيقة مع تثبيت قطر المروحة وعدم تغيير كثافة الهواء.

لحساب معدل التهوية:-

$$Q2=4.5(1000/750)(1)^3 = 6 M^3/S$$

وتكون القدرة المطلوبة

$$W2 = 0.5 \left(\frac{1000}{750} \right)^3 (1)^5 (1) = 1.18 KW$$

ويكون فرق الضغط الكلي

$$P2 = 10 \left(\frac{1000}{750} \right)^2 (1)^2 (1) = 17.78 Pa$$

• اولا التهوية الطبيعية

1- معدل التهوية هو معدل تدفق الهواء المتبادل لكل وحدة مساحة من أرضية الصوبة .

$$V_E = V_V / A_G [m^3 / (m^2 h)]$$

2- عدد مرات تبادل الهواء هو معدل تدفق الهواء المتبادل بالنسبة لحجم الصوبة.

$$N = V_V / V_G [m^3 / m^3 h = 1/h]$$

3- العلاقة بين معدل التهوية وعدد مرات تبادل الهواء وارتفاع الصوبة

$$V_E = h \times N$$

4- كفاءة التهوية هي العلاقة بين معدل تدفق الهواء إلى مساحة فتحة التهوية

$$V_{\text{eff}} = V_V / A_V [m^3 / (m^2 h)] \quad \text{or} \quad V_{\text{eff}} = N / A_V [1 / (m^2 h)].$$

طريقة أخرى لحساب حساب معدل التهوية التهوية.

$$Q = \frac{q_{\text{total}} \times V}{c_p \times \Delta t}$$

كمية التهوية المطلوبه داخل الصوبة (Q)

الفرق في درجات الحرارة داخل الصوبة (Δt)

الحرارة النوعية للهواء (c_p)

الحجم النوعي (v)

$$q = \tau \cdot v \cdot c_p \cdot \rho (T_{\text{in}} - T_{\text{out}})$$

τ = عدد مرات تغير الهواء

v = حجم الهواء

c_p = الحرارة النوعية للهواء

ρ = كثافة الهواء

T_{in} = درجة الحرارة الداخلية للصوبة

T_{out} = درجة الحرارة الخارجية للصوبة

■ مساحة فتحة التهوية (Ventilation Opening Area)

السؤال هو: كم يجب أن تكون نسبة مساحة فتحة التهوية إلى مساحة أرضية الصوبة من أجل كفاءة تهوية كافية؟

يمكن حساب معدل التهوية V_E الضروري للحفاظ على اختلاف محدد في درجة الحرارة في داخل وخارج الصوبة من

خلال معادلة توازن الطاقة ، يمكن كتابة معادلة توازن الطاقة في الصوبة كما يلي

$$\tau q_O = u \frac{A_C}{A_G} \Delta T + V_E c_p \rho \Delta T + E f \tau q_O.$$

τ نفاذية الصوبة.

q_o الاشعاع الشمسي الخارجي (واط/م²).

C_p الحرارة النوعية للهواء (واط.ساعة/كجم.كلفن).

ρ كثافة الهواء (كجم/م³).

ΔT فرق اختلافات درجة الحرارة بين داخل وخارج الصوبة (درجة مئوية).

u معامل انتقال الحرارة الكلي (واط/م².كلفن).

A_c مساحة سطح الصوبة (م²).

E معامل التبخر (نسبة الطاقة المستخدمة لتبخير المياه من المظلة إلى الطاقة الشمسية الواردة).

f عامل المساحة ، مساحة الصوبة المغطاة بالمحصول.

$$\Delta T = \frac{\tau q_o (1 - Ef)}{V_E \rho c_p + u A_c / A_g} (^{\circ}C)$$

$$V_E = \frac{\tau q_o (1 - Ef)}{c_p \rho \Delta T} - \frac{u A_c}{c_p \rho A_g} [m^3 / (m^2 h)].$$

$$V_E = \frac{t q_o (1 - EF)}{C_p \rho \Delta T} - \frac{U A_c}{C_p \rho A_g}$$

Where:-

E=0 for empty greenhouses.

E=0.5 half cropped.

E=0.8-1.0 fully cropped greenhouse.

F=0.8 for vegetables on ground beds.

F=0.8 for cut flowers on ground beds.

F=0.6-0.8 for pot plants on tables.

■ حساب معدل التهوية بافتراض تجاهل اختلاف الحرارة

$$\frac{V_V}{A_G} = V_E = \frac{A_V}{2A_G} C_d v_w \sqrt{C_w} \text{ [m}^3 \text{ / (m}^2 \text{ s)]}$$

تم تقدير معامل التفريغ C_d ومعامل ضغط الرياح C_w من قبل العديد من الباحثين .
معامل التفريغ C_d لديه نفس القيمة تقريباً لفتحات التهوية المختلفة . يعتمد معامل ضغط الرياح الكلي C_w على سرعة الرياح ، وينخفض مع سرعة الرياح ، $C_w=0.11-0.1$ ،
بالنسبة للصوب الكبيرة
 $C_d \times C_w^{0.5}$ يعتمد على سرعة الرياح أيضاً ، ولها قيم 0.27-0.2 او 0.207-0.185

Discharge coefficients C_d

Discharge coefficient	Conditions	Source
0.65–0.7	Greenhouse roof vents	Bot (1983)
0.65–0.75	Greenhouse roof vents	De Jong (1990)
0.644	Greenhouse continuous vents	Boulard and Baille (1995)

Wind pressure coefficients C_w

Wind effect coefficient	Greenhouse area (m ²)	Source
0.10	416 (two-span)	Boulard and Baille (1995)
0.14	179 (one-span)	Kittas et al. (1995)
0.071	900 (tunnel)	Kittas et al. (1996)
0.13	416 (two-span)	Papadakis et al. (1996)
0.09	204 (four-span)	Baptista et al. (1999)
0.11	38,700 (60-span)	Bailey (2000b)

وهذا يعني أن فتحة منطقة التهوية بنسبة 18-29٪ يجب أن تكون مصممة للتهوية الكافية. تقترح الخبرة العملية ان مساحة فتحة التهوية تتراوح ما بين 18-25٪ من مساحة أرضية الصوبة .

▪ يمكن حساب معدل تدفق هواء التهوية من المعادلة التالية

$$V_V = G_{(\alpha)} A_V v_w \text{ (m}^3 \text{ / s)}$$

A_V (m²): Ventilator area, v_w (m/s): Wind speed.

A_V مساحة فتحة التهوية (م²).

G_{α} يعتمد الرقم غير البعدي على أبعاد فتحة التهوية وزاوية الفتح. تم استخدام الرقم غير البعدي لوصف تدفق الهواء من خلال فتحة التهوية يتراوح ما بين 0.08-0.1

v_w سرعة الرياح (م/ث).

الشكل يوضح فرق درجة الحرارة اعتمادًا على معدل التهوية.

عند قيم مختلفة ل E

Curve a: $E = 0$; b: $E = 0.5$; c: $E = 0.8$; d: $E = 1$.

أحد الاستنتاجات في الشكل السابق هو: يمكن تحقيق اختلافات في درجة الحرارة أقل من 3 درجة مئوية مع معدل تهوية يبلغ حوالي 200 م³ / 3 ساعة في الصوبات الزراعية المزروعة ، في حين أن فرق درجة الحرارة أكثر من 5 درجة مئوية في الصوبة الفارغة .

تم تطوير طريقة أخرى لحساب معدل تدفق هواء التهوية باستخدام معادلة برنولي.

$$V_v = \frac{A_v}{2} C_d \sqrt{2g(h/4)\Delta T/T_m + C_w v_w^2} \text{ (m}^3/\text{s)}.$$

A_v مساحة منطقة التهوية (م²)

g عجلة الجاذبية الأرضية (م/ث²)

h المسافة العمودية بين مراكز التدفق الداخلي والخارجي (م)

ΔT فرق درجات الحرارة (درجة مئوية)

T_m متوسط درجة الحرارة الخارجية (درجة مئوية)

v_w سرعة الرياح (م/ث)

C_d معامل التصريف

C_w معامل ضغط الرياح

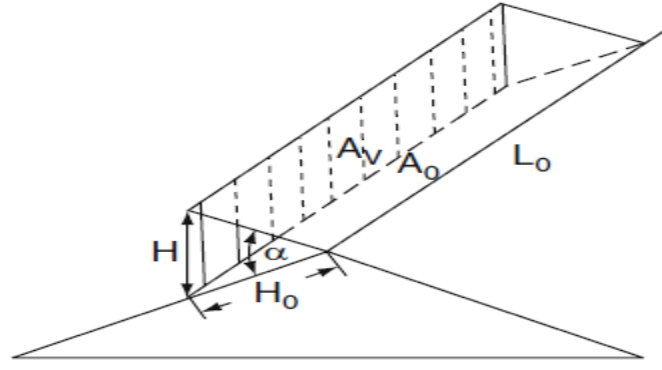
يمثل الجزء الأول أسفل العلامة الجذرية تأثير درجة الحرارة ، والجزء الثاني معدل التهوية المدفوع بالرياح.

- يمكن حساب معامل التصريف

$$C_d = 1 / \sqrt{1.9 + 0.7 \exp\{-L_0/[32.5H_0 \sin \alpha]\}}$$

L_0, H_0 هم طول وعرض فتحة التهوية علي السطح

α زاوية فتحة التهوية



يوضح الشكل أبعاد فتحات التهوية

عندما يكون للصوبة فتحات تهوية في السقف والجدران الجانبية ، يمكن التعبير عن معدل تدفق الهواء بواسطة المعادلة التالية:-

$$V_V = C_d \left[\left(\frac{A_r A_s}{\sqrt{A_r^2 + A_s^2}} \right)^2 \left(2g \frac{T_i - T_o}{T_m} h' \right) + \left(\frac{A_r + A_s}{2} \right)^2 C_w v_w \right]^{0.5}$$

A_r مساحة فتحة التهوية في السقف (م²)

A_s مساحة فتحة التهوية في الجدار الجانبي (م²)

h' هي المسافة بين نقاط منتصف الجدار الجانبي وفتحات السقف.

$$A_r + A_s = A_v.$$

يمكن أن تكون التهوية المدفوعة بدرجة الحرارة كبيرة مع تهوية الجدار الجانبي والسقف ، وعندما يكون هناك اختلاف كبير في درجة الحرارة الداخلية / الخارجية (Bailey 2000a). في الصوب الزراعية متعددة الامتدادات ذات تهوية السقف فقط ، يكون معدل التهوية المدفوعة بالحرارة أصغر بسبب المسافة الرأسية الصغيرة h' . يمكن تجاهل الجزء المدفوع بالحرارة إذا كان :-

- Wind speed $v_w > 2 \text{ m/s}$
- $v_w / \Delta T^{0.5} > 1$

للإجابة علي هذا السؤال: كم يجب أن تكون نسبة مساحة فتحة التهوية إلى مساحة أرضية الصوبة من أجل كفاءة تهوية كافية؟

الإجابة - يمكن الحصول على نسبة مساحة فتحة التهوية إلى مساحة أرضية الصوبة من المعادلة التالية :-

$$\frac{A_v}{A_g} = \frac{V_E}{G(\alpha) v_w}$$

$$\frac{A_V}{A_G} = \frac{2}{c_p \rho v_w C_d \sqrt{C_w}} \left[\frac{\tau q_0 (1 - Ef)}{\Delta T} - \frac{A_C}{A_G} u \right]$$

• ثانياً التهوية الجبرية

يمكن حساب معدل تدفق هواء التهوية من المعادلة التالية

$$V_V = V_E \times A_G \text{ [m}^3/\text{h]}$$

يمكن حساب معدل التهوية V_E من خلال معادلة توازن الطاقة كما في التهوية الطبيعية سيتم استخدام المراوح المحورية للتهوية القسرية.

ثانياً :- تدفئة البيوت المحمية Greenhouse heating

ليس المقصود بالزراعة تحت الظروف المحمية والمكيفة هو حماية النباتات فقط من التأثيرات الضارة لأنخفاض درجات الحرارة ولكن أيضاً توفير درجات الحرارة المثلى لنمو النباتات وزيادة إنتاجيتها. ولذلك فإن المحافظة على الحدود المثلى لدرجات الحرارة في البيوت المحمية خلال فصل الشتاء تعتبر ذات أهمية كبيرة لتحقيق الهدف من هذا النوع من الإنتاج، ولذا يتطلب الأمر استخدام عملية التدفئة في فصل الشتاء. وعملية تنظيم درجة الحرارة داخل البيوت المحمية (البلاستيكية والزجاجية) تعتبر من الأمور الهامة التي يجب أن تتم بدرجة كبيرة من الدقة والتحكم، نظراً لأن النباتات التي توجد بداخلها تنمو في نطاق محدد من درجات الحرارة الملائمة. وللتحكم في درجات الحرارة داخل البيوت المحمية تقوم منظمات الحرارة بتنظيم تشغيل أجهزة التدفئة المستخدمة حتى تحافظ على درجات الحرارة المثلى المطلوب توفيرها بداخلها، وبمجرد توقف أجهزة التدفئة عن العمل أتماتيكياً عندما تصل درجة الحرارة إلى الحد الأقصى المسموح به ثم تبدأ هذه الأجهزة في العمل مرة أخرى وبنفس الطريقة، وذلك عندما تصل درجة الحرارة إلى الحد الأدنى المسموح به.

إذا أراد المزارعون إنتاج محصول صحي و بجودة عالية وعائد مرتفع ، فيجب عليهم توفير الظروف المناخية المناسبة لإنتاج المحاصيل داخل الصوبة. يمكن أن تنخفض درجات الحرارة الليل وحتى درجات الحرارة النهار إلى أقل من المستوى الأمثل في مناخ شبه استوائي خلال فصل الشتاء. وهذا يعني أنه يجب تدفئة البيوت المحمية من أجل الجودة المناسبة. تتميز التدفئة بالنمو السريع والقدرة على التبريد للنباتات داخل الصوبة ، ولكن التدفئة مشكلة اقتصادية بسبب ارتفاع أسعار الطاقة. يجب أن تعمل جميع أنواع أنظمة التدفئة على زيادة الإنتاجية والقدرة على التبريد بما يكفي لتبريد الاستثمار وتكاليف التشغيل. لكن للتدفئة بعض المزايا التي غالباً ما يتم التقليل من شأنها. يمكن التحكم في الرطوبة الداخلية وبالتالي خطر الإصابة بالأمراض بشكل أفضل عن طريق أنظمة التدفئة.

يجب التحكم في أنظمة التدفئة بشكل جيد للغاية، الشكل (1) يوضح تدمير محصول بالكامل بسبب انهيار نظام التدفئة لليلة واحدة.



الشكل يوضح تدمير المحاصيل بالكامل عن طريق انهيار نظام التدفئة لليلة واحدة

يجب الإجابة عن الأسئلة التالية لتصميم أنظمة التدفئة المناسبة للبيوت المحمية

1. هل التدفئة ضرورية ، بناء على متطلبات المحاصيل والظروف المناخية؟
2. مقدار الطاقة اللازمة للتدفئة للحفاظ على درجة حرارة التصميم في الليالي الباردة (متطلبات الحرارة). ما مقدار الطاقة الحرارية أو الوقود المطلوب في الأشهر المختلفة من موسم النمو (الحرارة أو استهلاك الوقود)؟
3. ما هو نوع مصادر الطاقة المتاحة؟
4. ما هو مستوى درجة حرارة طاقة التدفئة ؟
5. ما هو نوع نظام التدفئة المناسب للطاقة المتاحة؟
6. ما هي التكاليف المتوقعة لاستخدام الطاقة؟
7. ما هي العواقب بالنسبة لهيكل الصوبة وزراعة المحاصيل؟

1.4 متطلبات التدفئة Heat Requirement

يمكن حساب متطلبات التدفئة للصوبة من خلال المعادلة الآتية:-

$$q = u \times (A_c/A_g) \times (t_{id} - t_{od}) \text{ (W/m}^2\text{)}$$

$$u = u_t - u_a$$

$A_c \text{ (m}^2\text{)} =$ surface of greenhouse cover.

$A_g \text{ (m}^2\text{)} =$ greenhouse floor area.

$t_{id} \text{ (}^\circ\text{C)} =$ design inside temperature depending on crop requirement.

$t_{od} \text{ (}^\circ\text{C)} =$ design outside temperature.

$A_c =$ مساحة غطاء الصوبة (متر مربع)

A_g = مساحة أرضية الصوبة (متر مربع)

t_{id} = درجة الحرارة التصميم الداخلية والتي تعتمد على متطلبات المحصول (درجة مئوية)

t_{od} = درجة الحرارة التصميم الخارجية (درجة مئوية)

يعتمد معامل استهلاك الحرارة الكلي على مادة الغطاء ، وهيكل الصوبة ، ونظام التدفئة ، ونظام الري ، وسرعة الرياح ، والغيوم والأمطار. تتكون القيمة u من جزأين ؛ معامل نقل الحرارة لفقدان الحرارة عن طريق نقل الحرارة من خلال مواد التغطية ، ومعامل نقل الحرارة لفقدان الحرارة عن طريق تبادل الهواء من خلال التسرب. القيمة U_a هي حوالي 10-30٪ من القيمة u .

العوامل الرئيسية المؤثرة على معامل نقل الحرارة الكلي هي نظام التدفئة ومواد التغطية المستخدمة في الصوبة ، بما في ذلك الشاشات الحرارية (thermal screens) لتوفير الطاقة. الجدول (1) يوضح معامل انتقال الحرارة الإجمالي ($W / m^2.k$) لمختلف مواد التغطية .

متوسط قيم القياسات والحسابات المختلفة (عند متوسط سرعة الرياح 4 م / ث ونظام التدفئة المختلط)

Material	u ($W/m^2 K$)
Single glass	6.0–8.8
Double glass	4.2–5.2
Double acryl sheet (16 mm)	4.2–5.0
Single PE film	6.0–8.0
Double PE film	4.0–6.0
Thermal screen below single glass or film	3.2–4.8

الجدول (2) يوضح معامل انتقال الحرارة الإجمالي (u ($W / m^2 K$)) لأنظمة التدفئة المختلفة والتغطية المستخدمة في الصوبة .

Heating system	u (W/m^2K)	Relative value (%)
Tube heating at eaves height	8.2	100
Tube heating below table	7.4	90
Tube heating at side wall	8.1	99
Tube heating on soil, bench heating	6.7	82
Free discharge air heater, low fan speed	9.9	121
Free discharge air heater, middle fan speed	7.1	87
Free discharge air heater, high speed	8.0	97
Air heater with perforated plastic tube	7.0	85
Convactor heating	7.8	95

تعتمد قيمة A_c / A_g على هيكل الصوبة والجدول (3) يوضح قيمة A_c / A_g :

Tunnel greenhouse, 8 m width, 3.5 m height	$A_c/A_g = 1.5$
Multi-span greenhouse, 8 m width, 4 m ridge height, 2.5 m gutter height	$A_c/A_g = 1.33$

مثال

The *heat requirement* for assumed design inside temperatures of 12° and 16°C in a multi-span greenhouse for Almeria, covered by single PE film ($u = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$) is

$$q_{(12)} = 7 \times 1.33 \times (12 - 8) = 37.2 \text{ W/m}^2$$

$$q_{(16)} = 75 \text{ W/m}^2$$

The corresponding heat requirements for Antalya, Catania, and Gafsa are:

Antalya:	$q_{(12)} = 55$	$q_{(16)} = 72$	W/m^2
Catania	$q_{(12)} = 4$	$q_{(16)} = 77$	W/m^2
Gafsa	$q_{(12)} = 75$	$q_{(16)} = 111$	W/m^2

A greenhouse span of 8 m width and 60 m length requires a heater with the following heat capacities for the design temperatures:

	Gafsa	Almeria	Antalya	Catania
12°C	36 kW	18 kW	26 kW	19 kW
16°C	53 kW	36 kW	35 kW	37 kW

- استهلاك الوقود Fuel Consumption

يجب حساب استهلاك الوقود السنوي التقريبي للحصول على مؤشر حول القيمة الاقتصادية إذا تم تدفئة الصوب. وعادة يعتمد حساب استهلاك الحرارة على درجات حرارة كل ساعة عندما تكون التدفئة ضرورية. هذه البيانات غير معروفة في كثير من الأحيان. يمكن الحصول على متوسط درجة الحرارة القصوى t_{max} ومتوسط درجات الحرارة الدنيا t_{min} من محطات مختلفة. طورت (Hallaire 1950) طريقة لحساب درجات الحرارة لكل ساعة ومتوسط درجات الحرارة في النهار ومتوسط درجات الحرارة اليومية من متوسط درجات الحرارة القصوى والدنيا اليومية (Hallaire 1950).

متوسط درجة الحرارة لكل ساعة من اليوم هو

The mean hourly temperature of the day is

$$t_h = t_{mind} + f_d \times A$$

The mean night temperature is

متوسط درجة حرارة الليل هو

$$t_{mn} = t_{mind} + A \frac{\sum f_n}{24 - d_1}$$

The mean day temperature is

متوسط درجة حرارة اليوم

$$t_{md} = t_{mind} + A \frac{\sum f_d}{d_1}$$

الجدول (4) يوضح المعاملات حسب طول اليوم (Hallaire 1950).

d_l	Σf_n	$\Sigma f_n / (24 - d_l)$	Σf_d	$\Sigma f_d / d_l$
7	8.21	0.48	4.25	0.61
9	6.0	0.4	5.67	0.63
11	4.5	0.375	6.99	0.635
13	3.45	0.31	8.10	0.623
15	2.51	0.28	9.29	0.62
17	1.58	0.23	10.96	0.644

t_h = درجة الحرارة لكل ساعة

$t_h = t_{maxd} - t_{mind}$ الفرق بين متوسط درجة الحرارة القصوي ومتوسط درجة الحرارة الدنيا لليوم

بافتراض أن التدفئة في المناخات شبه الاستوائية والجافة المعتدلة ضرورية بشكل رئيسي خلال ساعات الليل ، يمكن تقدير متوسط استهلاك الوقود في أشهر الشتاء وخلال السنة بالمعادلة التالية ، باستخدام طريقة Hallaire لحساب متوسط ساعات الليل.

$$Q_{(month)} = u \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d (\text{Wh/m}^2 \text{month})$$

t_{st} = متوسط الزيادة في درجة الحرارة الليل عن طريق تخزين الحرارة في التربة من النهار

n_n = عدد ساعات الليل

n_d = عدد الأيام التدفئة لكل شهر

يمكن افتراض زيادة درجة الحرارة عن طريق تخزين الحرارة من النهار إلى الليل من 1 إلى 2 درجة مئوية.

يمكن أن نوضح أن حساب متوسط استهلاك الوقود مع متوسط درجة الحرارة الليلية يعطي نفس القيمة تقريباً مثل الحساب في ساعات الليل فقط ، وهو أكثر تعقيداً.

لحساب استهلاك الوقود (لتر مكافئ) عبارة عن المعادلة السابقة مقسومة على السعة الحرارية للزيت (حوالي 10 كيلواط ساعة / لتر من الزيت) وكفاءة نظام السخان (يفترض أن يكون 80 %).

Examples.

Single film cover with $u = 7 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$, $A_c/A_g = 1.33$; $t_{id} = 16^\circ\text{C}$; $t_{st} = 2^\circ\text{C}$.

تقدير استهلاك الحرارة بالمعادلة السابقة يعطي النتائج التالية ، وهي قيم محسوبة تقريباً ، لأن استهلاك الحرارة يعتمد على عوامل مؤثرة مختلفة مثل الظروف المناخية داخل وخارج وكذلك هيكل الصوبة والسطح ونظام التدفئة وقدرة تخزين التربة .

The yearly heat consumption Q_{year} as sum of Q_{month} of heated months for some Mediterranean locations results in

Almeria, Spain (36°50'N)	$Q_y = 35.6 \text{ (kWh/m}^2 \text{ year)}$
Antalya, Turkey (36°53'N)	$Q_y = 56.1 \text{ (kWh/m}^2 \text{ year)}$
Catania, Sicily, (37°30'N)	$Q_y = 46.4 \text{ (kWh/m}^2 \text{ year)}$

The fuel consumption (l oil equivalent/m² year) becomes $Q_{\text{oil}} = Q_{\text{year}} / (10 \times 0.8)$

Almeria	$Q_{\text{oil}} = 4.4 \text{ (l/m}^2 \text{ year)}$
Antalya	$Q_{\text{oil}} = 7 \text{ (l/m}^2 \text{ year)}$
Catania	$Q_{\text{oil}} = 5.8 \text{ (l/m}^2 \text{ year)}$

على الرغم من أن جميع المواقع على نفس خط العرض تقريباً ، إلا أن استهلاك الوقود يختلف تمامًا. تتوافق القيم المحسوبة جيداً مع القيم المحسوبة بواسطة برنامج محاكاة HORTEX ، الذي طوره (Rath 1992).

منظم الحرارة Thermostat

يستخدم منظم الحرارة في تنظيم درجة الحرارة داخل البيوت المحمية ، ويعمل الجهاز على التحكم في درجة الحرارة عن طريق التشغيل الآلي لأجهزة التدفئة والتبريد وأنظمة التهوية سواء بالتحكم في تشغيل المراوح أو فتح وغلق منافذ التهوية. ويتم تحديد ذلك مسبقاً بضبط المنظم على درجة الحرارة التي يتعين عندها إيقاف أو تشغيل أي من هذه الأجهزة . ومن الأهمية أن يكون المنظم في مكان على درجة كبيرة من الحساسية حتي لاتحدث تغيرات كبيرة عن درجة الحرارة المطلوبة ، مما تكون له تأثيرات ضارة على النباتات ، فضلاً عن زيادة الوقود دون داع . ولكي تكون كفاءة منظم الحرارة اعلى ما يمكن يجب مراعاة مايلي :

- 1- ان يوضع المنظم في مكان يمثل متوسط درجات الحرارة بالبيت ، وعلى ان يؤخذ في الاعتبار موضع انابيب التدفئة او المدفئات والتيارات الهوائية. وغالباً ما يوضع المنظم في وسط البيت .
- 2- يجب ان يكون موضع المنظم قريباً من القمة النامية للنبات.
- 3- يجب ابعاد المنظم كليه عن اشعة الشمس المباشرة التي تؤدي الي رفع درجة حرارته عن الجو المحيط به ويتحقق ذلك بوضعه داخل صندوق خشبي مع دهان السطح الخارجي للصندوق باللون الابيض او الفضي لعكس اشعة الشمس.
- 4- يجب ان يوضع المنظم في مكان التهوية ويتحقق ذلك بجعل جوانب الصندوق الخشبي على شكل ريش تعلو واحدة فوق الخري لتسمح بمرور الهواء من خلاله. ويفضل تزويد جانب الصندوق بمروحة تدفع الهواء داخل الصندوق بسرعة 180 متر/دقيقة.
- 5- يجب اضافة منظم اخر داخل الصندوق وضبطه على درجة حرارة 10 درجة مئوية بحيث يعطي جرس داخل منزل المزارع في حالة انخفاض درجة الحرارة لهذا الحد. ويفيد ذلك في تدارك الامر في حالة فشل اجهزة

التدفئة ، حيث يكون هناك متسع من الوقت قبل انخفاض الحرارة الي التجمد . كما يجب ان يكون مصدر الطاقة
لهذان المنظم بطارية او مولد احتياطي لضمان عمله حتي في حالة انقطاع التيار الكهربائي
6- يجب يجب وضع ترمومتر اخر عادي داخل الصندوق للتأكد من دقة عمل منظم الحرارة.

طرق التدفئة

تتعدد وتتنوع الطرق المستخدمة في تدفئة البيوت المحمية ولكل طريقة الظروف الخاصة التي تناسبها . ويمكن توصيل
جميع نظم التدفئة بمنظم الحرارة الذي يتحكم في تشغيلها بحيث تظل درجة الحرارة في الحدود المسموح بها . ويستثنى من
ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية ومدافئ الكيروسين والبارافين حيث يتم تشغيلها يدويا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة
هذا. ويفضل نظام التدفئة المركزية في تجمعات البيوت المتصلة . ويلزم في جميع نظم التدفئة التي تعتمد علي الكهرباء في
تشغيلها في توليد الحرارة ان يؤمن مصدر اضافي للتدفئة او مولد كهربائي احتياطي للاستعانة بأي منهما في حالة انقطاع
التيار الكهربائي وفيما يلي عرض للطرق المتبعة في تدفئة البيوت المحمية.

1- التدفئة بأنابيب الماء الساخن وانابيب البخار

يعتمد كلا النظامين علي تسخين الماء في غلايات ثم نقله في صورة ماء ساخن او بخار في انابيب خاصة الي داخل
البيت الذي تتم تدفئته بالأشعاع الحراري من الانابيب. وفي حالة التدفئة بأنابيب الماء الساخن يتم تسخين الماء في مراحل
خاصة ثم يدفع الماء في شبكة انابيب التدفئة داخل البيت بمضخة خاصة تعمل بصورة دائمة. وعندما تصل درجة الحرارة
داخل البيت الي حدها الاقصى يقوم منظم الحرارة بتحويل دوران الماء اليها ليستمر داخل الانابيب فقط دون الرجوع الي
المراحل. وعندما يبرد الماء داخل الانابيب وتصل درجة الحرارة داخل البيت الي الحد المسموح به يقوم منظم الحرارة بفتح
الصمام الذي يسمح بدوران الماء داخل المرجل ثم الي الانابيب وبذلك يعاد تسخينه . وقد يوصل المنظم بالمضخة مباشرة
بحيث لا يسخن الماء لا عند انخفاض درجة الحرارة داخل البيت لي الحد الادني المسموح به . والي جانب منظم الحرارة
السابق الذي يتحكم في دوران الماء في الانابيب فإنه يوجد منظم اخر لحرارة الماء يتصل بالمرجل ويتحكم في اشعال جهاز
تسخين الماء واطفائه تلقائيا للمحافظة علي درجة حرارة الماء والتي تكون في حدود 80:85 درجة مئوية.

أما في حالة التدفئة بالبخر فإن الماء يتم تسخينه الي 102 درجة مئوية . بحيث يتحول الي بخار تحت ضغط خفيف يصل
الي حوالي خمسة رطل/بوصة المربعة . وينظم صمام الي دوران البخار داخل الانابيب ، وفي فتح الصمام الذي يسمح
بادخال البخار اليها . هذا وتكون انابيب التدفئة مائلة قليلا من اجل اعادة الماء الناتج عن تكثف البخار مرة اخري الي المرجل
لاعادة تبخيرها واستعماله في التدفئة من جديد . ويعاب علي هذا النظام عدم تجانس التدفئة داخل البيت . نظرا لان الهواء
المجاور للانابيب يكون ساخنا بدرجة كبيرة قد تضر بالنباتات القريبة منها. ويمكن الاستفادة من مرجل البخار في تعقيم
التربة ايضا.

هذا...وقد كان المتبع قديما استعمال انابيب حديدية بقطر 4 بوصات للتدفئة هذه الانابيب كان يعاب عليها ضعف كفاءتها
نظرا لبطئ اشعاع الحرارة منها فضلا عن صعوبة تداولها نظرا لضخامتها. وقد تغير ذلك الآن الي استعمال انابيب بقطر
2 بوصة للماء الساخن وبقطر 1.50:1.25 بوصة للبخار.

ويمكن تقدير الطول اللازم للأنابيب للتدفئة البيت اذا علمت احتياجات التدفئة من الوحدات الحرارية البريطانية في الساعة. لأن كل قدم طولي من الأنابيب يشع 160 وحدة حرارية بريطانية/ساعة في حالة الأنابيب بقطر 2 بوصة ، وعند استخدام ماء حرارته 82 درجة مئوية.

210 وحدة بريطانية/ساعة في حالة الأنابيب بقطر 1.5 بوصة وعند استخدام بخار حرارته 102 درجة مئوية. وقد استخدم نوع جديد من الأنابيب ذو سطح خارجي كبير يطلق عليه اسم fin pipes وهي انابيب عادية الا انها لها العديد من الاسطح المعدنية الرقيقة البارزة التي تعمل علي زيادة مساحة سطحها الخارجي وبالتالي زيادة فعاليتها في اشعاع الحرارة الي الهواء المحيط ولهذه الأنابيب المقدرة علي اشعاع حرارة بما يعادل 4:5 اضعاف الأنابيب العادية.

2- التدفئة بتيارات الهواء الدافئ

تستخدم في التدفئة بنظام تيارات الهواء الدافئ مراوح كهربائية لتحريك الهواء الذي يتم انتاجه اما بمدافئ كهربائية او بوحدة تدفئة تعمل بالنفط او الغاز. والطريقة الثانية اخص من استعمال المدافئ الكهربائية وفيها يتم حرق النفط او الغاز خارج البيت حيث تطلق نواتج غاز الاحتراق بالجو الخارجي بينما يدفع تيار الهواء الدافئ المحيط بوحدة الحرق بواسطة مراوح كهربائية في انابيب بلاستيكية مثقبة من تمتد اعلي مستوي الياتات بطول البيت في جميع أنحاء البيت.

3- المدافئ الكهربائية

تعتبر المدافئ الكهربائية انظف واسهل الطرق في التدفئة لكن يعاب عليها ارتفاع تكاليفها وقد تنطلق الحرارة منها من خلال انابيب مشعة او بواسطة المراوح.

4-مدافئ الكيروسين او البارافين

لا تستخدم مدافئ الكيروسين او البارافين الا في البيوت الصغيرة الحجم . وهي قليلة التكاليف وسهلة الاستعمال لكن يعاب عليها انه لايمكن ربط تشغيلها بمنظم للحرارة. كما تنطلق منها بعض الغازات السامة التي تضر بالنباتات مثل غاز ثاني اكسيد الكبريت . ولتلافي هذه العيوب يراعي ان يستعمل في تشغيلها وقود ذو نوعية جيدة مع تشغيلها بصورة سليمة تقلل من ابعاث الغازات السامة...هذا ويجب توصيل الهواء الي المدفأة بأنبوبة خاصة تمتد الي خارج البيت. نظرا لانها تحتاج الي اكسجين لعملها بينما تكون البيوت البلاستيكية غالبا محكمة الغلق وكقاعدة عامة..تلتزم بوصة مربعة (6.25سم مربع) من مقطع الانبوبة الموصلة للهواء لكل 2000 وحدة حرارية بريطانية (Btu) وعليه يجب ان تكون مساحة مقطع الانبوبة الموصلة للهواء نحو 300سم مربع لتشغيل مدفأة قوتها 100000 وحدة حرارية بريطانية.

المميزات :-

1- ينطلق منها غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة احتراق ,مما يساعد علي زيادة كفاءة عملية التمثيل الضوئي ,وبالتالي زيادة معدل نمو النباتات .

2- سهولة الحصول عليها,ورخص ثمنها ,وسهولة تشغيلها.

3- يمكن استخدامها لتدعيم نظم التدفئة الأخرى في الصوبات الكبيرة المساحة ,وذلك للوقاية من الصيغ المفاجي. العيوب :-

- 1- غير مزودة بمنظم للحرارة وبالتالي لا يمكن التحكم وضبط درجة الحرارة داخل الصوبات.
- 2- تؤدي الي زيادة نسبة الرطوبة داخل الصوبة ,وبالتالي تشجع علي إصابة النباتات بالامراض الفطرية.
- 3- ينطلق عن احتراق البرافين والكيروسين بعض الغازات السامة مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت مما يؤدي الي حدوث أضرار جسيمة للنباتات ,وقد يؤدي الي موتها.

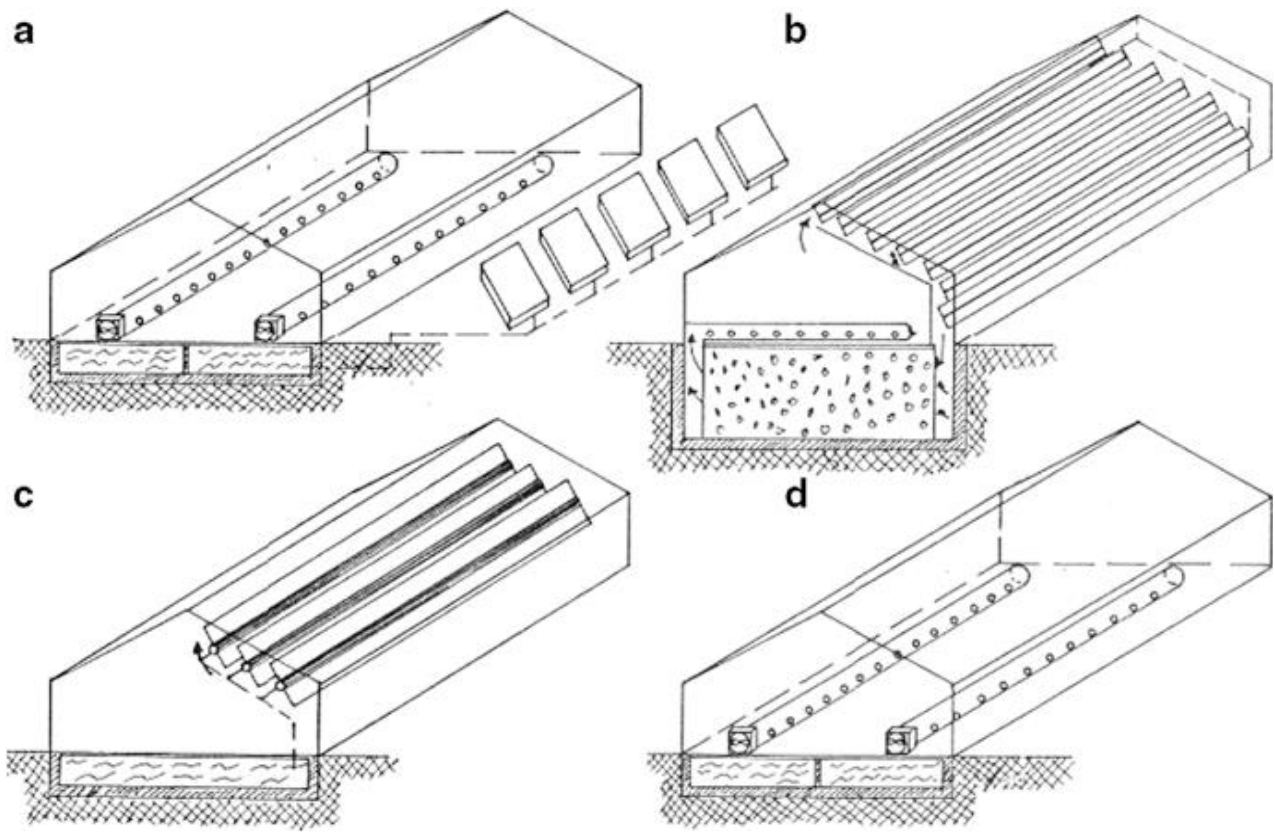
5-التدفئة بالطاقة الشمسية

يعمل نظام التدفئة بالطاقة الشمسية علي مبدأ تخزين الحرارة الناتجة من اشعة الشمس نهارا بواسطة تسخين الماء وحفظه في خزانات لاعادة استخدامه في التدفئة ليلا. تجمع الحرارة من اشعة المباشرة بواسطة الواح خاصة مطلية باللون الاسود لزيادة قدرتها علي امتصاص الحرارة التي لا تنتقل منها بالتوصيل الي طبقة رقيقة من الماء تمر بداخلها ويدور الماء في انابيب التسخين علي خزان متصل بها ببطنى بواسطة مضخة خاصة توجد في خزان الماء. وتقوم مضخة اخري بدفع الماء الساخن للاوراق في شبكة انابيب التدفئة بالبيت.

ويجدر الاشارة الي ان كفاءة هذه الطريقة في التدفئة تتأثر بشدة وتنخفض في الجو الملبد بالغيوم الأمر الذي يدعو الي تجهيز البيت بنظام تدفئة احتياطي كمواقد الكيروسين مثلا. كما يستفاد من الطاقة الشمسية في تدفئة نوع من البيوت المحمية يطلق عليها اسم Solar Green House . وقد انشئت اول مجموعة من هذه البيوت المحمية في معهد الابحاث الزراعية الوطني بفرنسا . وهي بيوت زجاجية تكون اسقفها من طبقتين من الزجاج العلوية زجاج عادي والسفلية عبارة عن نوع خاص يمتص الاشعة تحت الحمراء. ويمر علي طبقة الزجاج السفلية تيار مستمر من الماء يقوم بامتصاص الحرارة نهارا ويستخدم في التدفئة ليلا . ويحفظ في مخازن تحت الارض خارج البيت وعندما تتغير حرارة الماء بدرجة كبيرة فإنه يخلط بماء جوفي يصحب اوب بأول بظلمبات خاصة علما بأن حرارة الماء الارضي تتراوح دائما من 12: 15 درجة مئوية. وبهذه الطريقة لاتحتاج هذه البيوت الي اية تدفئة او تبريد ولكن المحصول يقل فيها قليلا نظرا لضعف شدة الاضاءة بها شتاء.

تغطي الطاقة الشمسية جزءا من طاقة التدفئة اللازمة خلال النهار. لاستخدام الطاقة الشمسية للتدفئة أثناء الليل ، يجب حل مشكلتين:

- تحويل الإشعة الشمسية إلى طاقة حرارية ،
 - تخزين الطاقة الحرارية لأغراض التدفئة أثناء الليل.
- يعتمد تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية على المبادئ التالية (الشكل التالي)
1. مجمعات الطاقة الشمسية المنفصلة (مجمعات الهواء أو الماء توضع خارج الصوبة وتعمل على تسخين التخزين الحراري.
 2. مجمعات الطاقة الشمسية هي جزء لا يتجزأ من الصوبة ، تحميل الموائع للتخزين .
 3. الصوبة نفسها هي جامع. يتم تحويل جزء من الإشعاع الشمسي الذي يخترق الصوبة إلى طاقة حرارية.



الشكل أنظمة التدفئة الشمسية للبيوت البلاستيكية.

عادة ما يتم استخدام التخزين قصير المدى من النهار إلى الليل لتخزين الطاقة الحرارية. يحتاج التخزين طويل المدى من الصيف إلى الشتاء إلى أحجام تخزين ضخمة. مواد التخزين هي الحصى ، برك المياه الشمسية ، التربة والمواد المتغيرة ، تعمل مخازن الحصى أو الصخور كمخزن ومبادل حراري في وقت واحد. مع مواد التخزين الأخرى ، يحتاج النظام إلى مبادلات حرارية إضافية.

فيما يتعلق بتخزين الحرارة ، يجب تحديد التفاصيل التقنية التالية:

- وسط التخزين.
- سعة التخزين. الحد الأقصى للطاقة القابلة للتخزين بوحدة كيلووات ساعة / م³ أو كيلوواط ساعة / كجم.
- طاقة التحميل والتفريغ لكل وحدة زمنية.
- الكفاءة. العلاقة بين الطاقة القابلة للاستخدام من التخزين ومجموع الطاقة المدخلة ، بما في ذلك الطاقة اللازمة للتحميل والتفريغ (الكهرباء).
- موضع التخزين ، أي مكان التخزين.
- مكون التخزين.
- من أجل تصميم نظام تدفئة بالطاقة الشمسية ، يجب الإجابة على الأسئلة التالية:

1- ما هو نوع النظام الشمسي الذي يجب تطبيقه؟

2- ما هي كمية الطاقة التي سيتم تحويلها من الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية؟

3- ما مقدار الطاقة الشمسية المتاحة كل يوم خلال موسم التدفئة ، بما في ذلك التوزيع بالساعة؟

4- ما مقدار الطاقة المطلوبة لتدفئة الصوبة؟

5- ما الفرق في درجة الحرارة بين الداخل والخارج الذي يمكن تحقيقه بالتدفئة بالطاقة الشمسية ؟

6- هل التدفئة الشمسية مجدية اقتصاديا؟

يجب مراعاة درجة الحرارة الخارجية الفعلية وكذلك الإشعاع الشمسي لحساب استهلاك الحرارة. يمكن تقدير استهلاك الحرارة الفعال للساعة q_h بالمعادلة التالية.

$$q_h = (A_c/A_g) \times u \times (t_i - t_{o\text{eff}}) - q_o \times \tau \times \eta \text{ W/m}_2$$

t_i = درجة الحرارة الداخلية

$t_{o\text{eff}}$ = درجة الحرارة الخارجية الفعلية

$\frac{A_c}{A_g}$ = علاقة غطاء الصوبة بمساحة الأرضية.

T = نفاذية الصوبة = 0.6-0.7 لغطاء بلاستيكي من طبقة واحدة.

μ = عامل تحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية داخل الصوبة. يساوي 0.5-0.7.

q_o = الإشعاع الشمسي الخارجي وات/متر مربع

U = معامل انتقال الحراري الكلي

6- التدفئة بالأشعة تحت الحمراء

يؤدي استخدام الأشعة تحت الحمراء في التدفئة الي رفع درجة حرارة النباتات فقط مع بقاء الهواء باردا . لكن تظهر اختلافات في درجة الحرارة بين اجزاء النبات الواحد لأن الأجزاء المظللة لا تصلها الأشعة وتبقى باردة. وبالمقارنة بالطرق الاخرى للتدفئة فإن هواء البيت في حالة التدفئة بالأشعة تحت الحمراء يكون ابرد وتكون رطوبيته النسبية اعلي. وقد ناقش Challa (1980) تأثير استخدام الأشعة تحت الحمراء في تدفئة البيوت المحمية علي المحاصيل المختلفة من عدة جوانب ، منها الاختلافات في درجة حرارة الهواء والتربة والنبات والعلاقات المائية

- أنظمة التدفئة Heating Systems

يجب على الانسان أن يميز بين توليد الطاقة الحرارية وتوزيع الطاقة الحرارية داخل الصوبة .

يمكن تطبيق مصادر الطاقة التالية لتوليد الطاقة الحرارية في الصوبة :

- احتراق الوقود الأحفوري والنفط والغاز والفحم Combustion of fossil fuels, oil, gas, coal

- احتراق الكتلة الحيوية والخشب والقش Combustion of biomass, wood, straw

- احتراق الكتلة الحيوية من مخلفات الفاكهة مثل الأحجار والقشور

Combustion of biomass from waste of fruits such as stones and husks

- الطاقة الحرارية الأرضية Geothermal energy

- الحرارة المفقودة من المخلفات الصناعية Waste heat from industry

- الطاقة الشمسية Solar energy

يمكن توليد الحرارة عن طريق الاحتراق في:

- مرجل ماء دافئ مركزي

- غلاية الماء الدافئ اللامركزي

- سخان هواء يعمل مباشرة

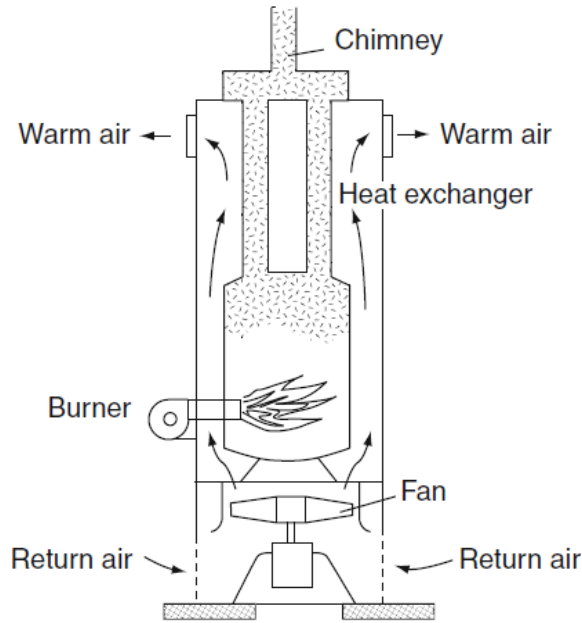
ينتج عن احتراق الوقود أو الكتلة الحيوية طاقة ذات درجة حرارة عالية لأنظمة التدفئة. عادة ما تكون الطاقة الحرارية الأرضية وحرارة النفايات والطاقة الشمسية طاقات منخفضة درجة الحرارة أقل من 60 درجة مئوية مع متطلبات خاصة لنظام التدفئة. لا تزال هناك سخانات بسيطة وذاتية التصنع تستخدم في بعض المناطق (كما بالشكل 2). قد تحافظ على الصوبة خالية من الصقيع ، لكنها ليست كافية لإنتاج محصول صحي ونوعية جيدة.



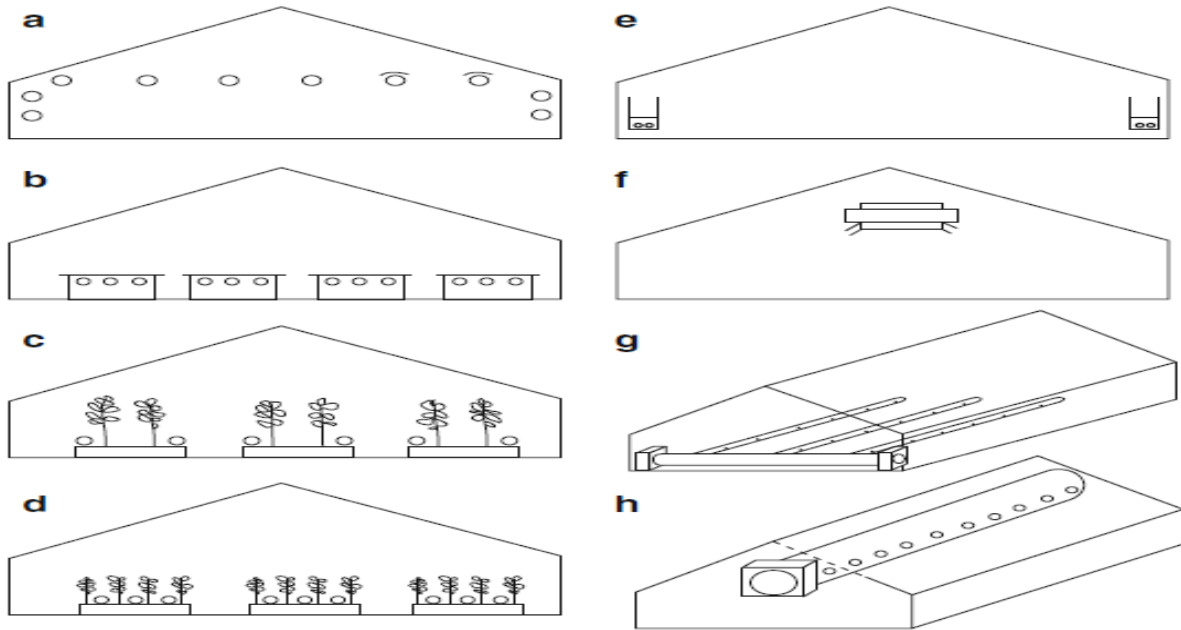
الشكل (2) أنظمة تدفئة بسيطة ولكنها غير كافية. أنظمة التدفئة هذه لا تزال تستخدم في العديد من البلدان

يوضح (الشكل التالي 3) المقطع العرضي لسخان الهواء الذي يتم إطلاقه مباشرة. يتدفق غاز الاحتراق عبر مبادل حراري ويترك السخان من خلال المدخنة. في الصوبة يتم سحب الهواء من خلال المبادل الحراري بواسطة مروحة ، حيث يتم

تسخينه. عند الخروج من السخان ، يتم توزيع الهواء الدافئ من خلال أنابيب غشاء بلاستيكية مثقبة ، تقع بين صفوف المحصول.

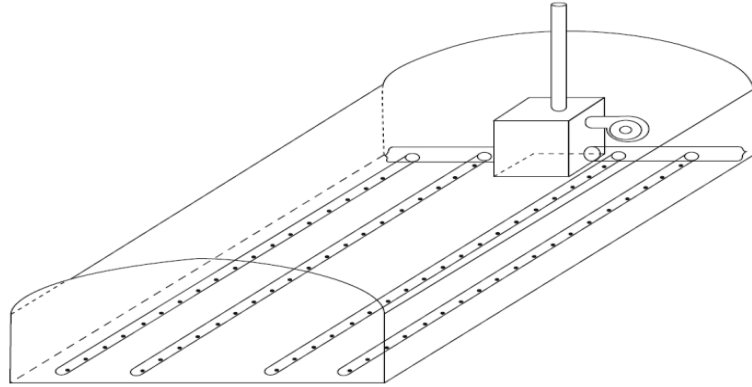


يتم توزيع الحرارة داخل الصوبة إما بواسطة أنظمة تسخين المياه أو الهواء. إذا كانت الطاقة الحرارية تأتي من غلاية ماء دافئ أو من مصادر حرارة ارضية ، فيمكن توزيعها داخل الصوبة عن طريق أنظمة تدفئة الهواء أو أنظمة تسخين المياه الدافئة. يوضح الشكل التالي(4) مختلف أنظمة التدفئة الممكنة للبيوت البلاستيكية. تختلف معاملات نقل الحرارة الإجمالية بين أنظمة التدفئة .



الشكل (4) يوضح أنظمة التدفئة للبيوت المحمية

يتم استخدام سخانات الهواء التي يتم إطلاقها بشكل مباشر مع توزيع الهواء من خلال أنابيب بلاستيكية مثبتة في كثير من الأحيان في المناخات شبه الاستوائية (كما بالشكل التالي 5). تقع الأنابيب البلاستيكية بين صفوف المحصول.



يبلغ قطر الأنابيب حوالي 30-60 سم. تقع ثقوب التهوية في مواضع متقابلة من الأنبوب ، حوالي 30-45 فوق الأفقي إذا تم وضع الأنابيب على الأرض ، وحوالي 30-45 تحت الأفقي إذا كان الأنبوب معلقاً فوق المحصول. عادة ما تكون الثقوب متباعدة 0.3-1.0 متر على طول محور الأنبوب ، اعتماداً على قطر الأنبوب والطول. يجب أن تكون المساحة الإجمالية للثقوب بين 1.5 و 2 أضعاف مساحة المقطع العرضي لانبوب.

هذا النوع من نظام تسخين الهواء له مزايا:

سيتم توزيع الهواء بالتساوي عبر الصوبة ، ويمكن توزيع درجة الحرارة أيضاً.

ستنخفض رطوبة الهواء بين النباتات بحركة الهواء القسرية.

والنتيجة هي تقليل الإصابة بالأمراض وضرورة تقليل المواد الكيميائية.

إذا تم تركيب الأنابيب عالية جداً فوق منطقة النبات ، فإن الهواء الدافئ يرتفع ولا يسخن منطقة النبات. هذا مضيعة للطاقة الحرارية ، ويمكن أن تحدث الإصابة بالأمراض بسهولة أكبر كما بالاشكال التالية (6).

How to do:



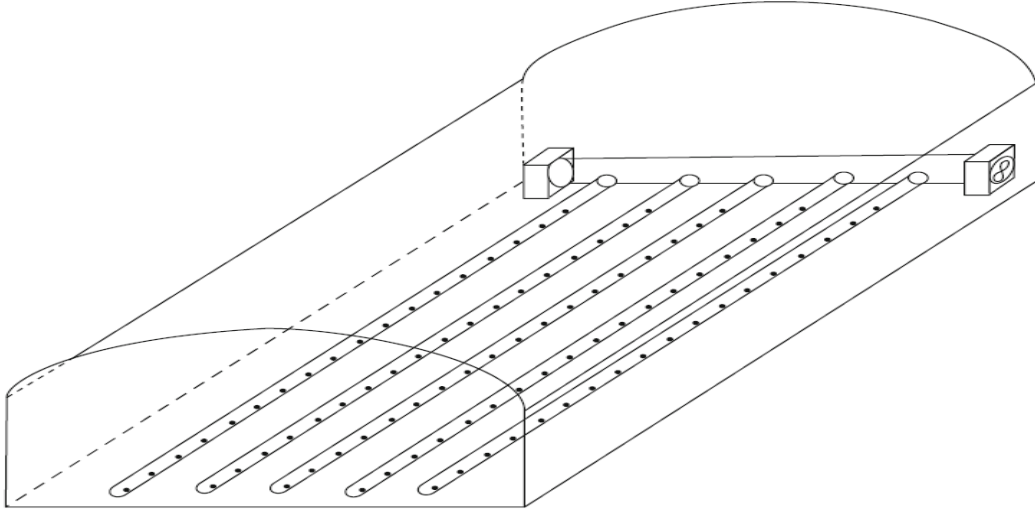
الشكل (6) يوضح أنابيب بلاستيكية مثبتة بشكل جيد

How to do:



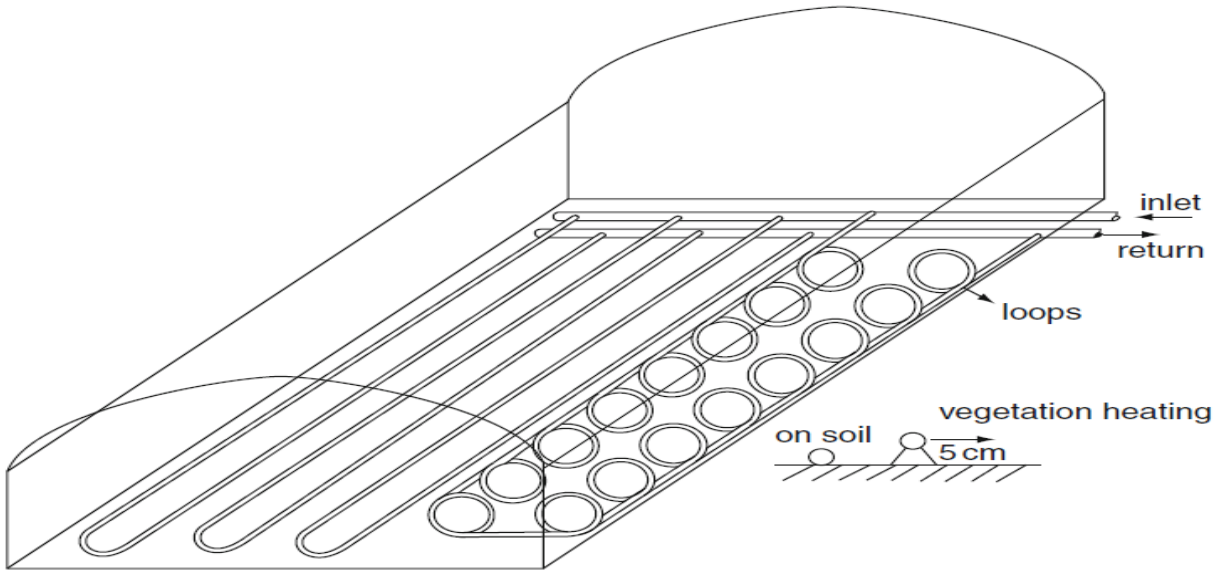
في هذا الشكل يتم تثبيت الأنابيب البلاستيكية عالية جدًا فوق مستوى سطح الأرض والنبات

يوضح الشكل التالي (7) نظام اخر لتسخين الهواء. مبادل حراري من الماء إلى الهواء مع مروحة ينقل الطاقة الحرارية من السخان إلى الهواء ، والتي سيتم توزيعها بواسطة أنابيب بلاستيكية مثقبة في الصوبة .



الشكل (7) تسخين الهواء بالماء الدافئ إلى مبادل حراري للهواء

يوضح الشكلان 8 و 9 نظام تسخين المياه الدافئة. أنابيب بلاستيكية مموجة مرنة بقطر 20-25 مم تقع على الأرض وتوزع الطاقة الحرارية في منطقة النبات. يتم تثبيت الأنابيب البلاستيكية طولياً أو في شكل حلقات. يعتمد تركيب وعدد الأنابيب على درجة حرارة مدخل الماء الدافئ. الأنابيب المصنوعة من البولي بروبيلين مناسبة لدرجات حرارة تصل إلى 60 درجة مئوية. يجب أن تكون الأنابيب مباشرة على الأرض إذا كانت التربة وتسخين الهواء مطلوبين في نفس الوقت. يكون نقل الحرارة فقط إلى الهواء أفضل إذا كانت هناك مسافة بين الأنابيب والتربة حوالي 5 سم.



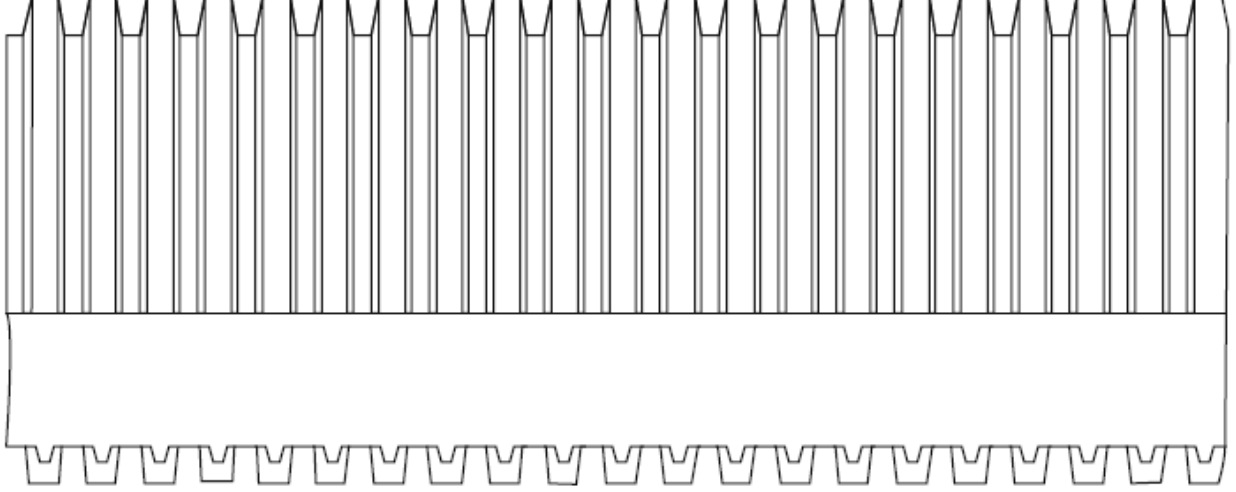
الشكل 8 يوضح نظام تدفئة للمياه الدافئة بأنابيب بلاستيكية

من المهم جداً أن يتم تثبيت الأنابيب البلاستيكية المثقبة عند أدنى مستوى ممكن ، بجوار منطقة النبات ، وأن الأنابيب تقع بين صفوف النبات إن أمكن ، حتى لو كان ذلك غير مريح للعمال.



الشكل 9 يوضح أنابيب بلاستيكية مموجة لتدفئة الصوبة

نقل الحرارة للأنابيب التي تقع في الطابق الأرضي هو 0.67-1.6 وات/م.كلفن لكل 1 متر طول الأنبوب. يكون نقل الحرارة أعلى قليلاً إذا كان هناك حمل حر حول الأنبوب ، مما يعني أنه إذا كان الأنبوب بأكمله محاطاً بالهواء ، يوضح الشكل (10) المقطع العرضي لأنبوب PP المموج الذي يحتوي على سطح متزايد لنقل حرارة أفضل و مرنة للغاية.



الشكل 10 يوضح أنبوب بلاستيكي مموج لتدفئة المياه الدافئة

حساب احتياجات التدفئة في الصوبات calculating of heat requirements

تتوقف كمية الحرارة المفقودة من الصوب الزراعية علي العديد من العوامل , وهي :-

- 1- نوع المادة المستخدمة كغطاء
 - 2- مساحة السطح المكشوف من الصوبة (مساحة غطاء الصوبة او المساحة الخارجية)
 - 3- درجة الحرارة داخل الصوبة (اي درجة الحرارة المناسبة لنمو النباتات)
 - 4- حالة الصوبة
 - 5- سرعة الرياح
 - 6- درجة الحرارة في الجو الخارجي المحيط بالصوبة وهي عبارة عن اقل متوسط متوقع لدرجة الحرارة في المنطقة خلال فترة التدفئة.
- يمكن حساب احتياجات التدفئة في الصوب الزراعية من المعادلات الآتية :-

1- المعادلة الاولى (Boodley,1991)

$$H = Ka (t_1 - t_2)$$

حيث ان

H= احتياجات التدفئة محسوبة بوحدات الحرارة البريطانية/ساعة (BTU/hr)

K= معامل التوصيل الحراري للمادة المستخدمة في تغطية الصوبة

a = مساحة السطح المكشوف من الصوبة (مساحة غطاء الصوبة أو مساحة الصوبة الخارجية) بالقدم مربع

t_1 = درجة الحرارة المطلوبة داخل الصوبة (°ف)

t_2 = درجة الحرارة في الجو الخارجي المحيط بالصوبة (°ف)

ومعامل التوصيل الحراري للغطاء البلاستيك المزدوج يبلغ 0.8 وهذا الغطاء يؤدي الي تقليل الاحتياجات الحرارية المطلوبة بمقدار 172 و 116 وحدة حرارية بريطانية في الساعة عن الصوبات المغطاة بالزجاج , أو بطبقة واحدة من البلاستيك علي الترتيب .

2- المعادلة الثانية (Mastalerz,1977)

$$H = [A_1 + (A_2 \times R)] \times T \times G \times W \times C$$

حيث ان :

H = احتياجات التدفئة محسوبة بوحدة الحرارة البريطانية/ساعة (BTU/hr)

A_1 = مساحة غطاء الصوبة بالقدم مربع.

A_2 = مساحة جدارن الصوبة المصنوعة من مواد اخري غير المادة المصنوع منها الغطاء بالقدم مربع

R = معامل مقاومة المادة المصنوع منها جدارن الصوبة (غير الغطاء) لتوصيل الحرارة

T = أكبر فرق متوقع في درجة الحرارة بين خارج الصوبة وداخلها (°ف)

G = معامل التوصيل الحراري للغطاء تبعا لأكبر فرق متوقع في درجة الحرارة بين خارج الصوبة وداخلها

W = معامل سرعة الرياح

C = معامل الأنشاء, وتحدد قيمة تبعا لحالة الصوبة, وطريقة إنشائها, ومدي احكامها.

بصفة عامة ,تعتبر المعادلة الاولى أكثر مرونة من المعادلة الثانية .وذلك لقله البيانات المطلوبة فيها .بينما تحتاج المعادلة الثانية إلي كثرة البيانات التي قد لا تتوفر للشخص العادي إلا أنها أكثر دقة من المعادلة الأولى.

معامل مقاومة المادة المصنوع منها جدارن الصوبة السفلية ويرمز لها بالرمز R

نوع المادة المصنوع منها جدارن الصوبة السفلية (غير الغطاء)	قيمة المقاومة R
الزجاج	1
الاسيستوس الأسمنتي	1
الأسمنت بسمك 10سم	0.76
الاسمنت بسمك 20سم	0.60
قوالب الاسمنت بسمك 10سم	0.58
قوالب الاسمنت بسمك 20سم	0.46
قوالب من الصوب بسمك 20سم	0.43

أكبر فرق متوقع في درجة الحرارة °ف بين خارج الصوبة وداخلها	معامل التوصيل الحراري للزجاج G
50	1.06
55	1.10

1.11	60
1.12	65
1.13	70
1.14	75

معامل سرعة الرياح (W) تبعا لأكبر فرق متوقع في درجة الحرارة ف^o بين خارج وداخل الصوبة .

قيمة معامل سرعة الرياح W عند سرعات رياح مختلفة سرعة الرياح ميل /ساعة					أكبر فرق متوقع في درجة الحرارة بين داخل وخارج الصوبة ف ^o
35	30	25	20	15	
0.5	0.48	0.46	0.43	0.41	30
0.57	0.55	0.53	0.50	0.48	35
0.64	0.62	0.60	0.57	0.55	40
0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	45
0.80	0.77	0.74	0.72	0.69	50
0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	55
0.98	0.94	0.91	0.88	0.84	60
1.07	1.03	0.99	0.96	0.92	65
1.16	1.12	1.08	1.04	1.00	70
1.25	1.21	1.17	1.12	1.08	75
1.35	1.30	1.26	1.21	1.16	80
1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	85
1.54	1.49	1.44	1.38	1.33	90

معامل الأنشاء (C) للطرز الشائعة من البيوت المحمية

معامل الأنشاء C	هيكل البيت والغطاء
1.08	1- هيكل البيت من المعدن فقط ,وشرائح من الزجاج بعرض 50أو
1.05	60سم
	2- هيكل البيت من الخشب او المعادن ,وشرائح من الزجاج
	بعرض 40أو 50سم
1.0	3- هيكل من الخشب ,وشرائح من الزجاج بعرض 50سم
1.13	أ- البيت جيد الاحكام
1.25	ب- البيت متوسط الاحكام
0.95	ت- البيت غير محكم
1.0	4- هيكل البيت من الخشب ,والغطاء من الفيبير جلاس
1.0	5- هيكل البيت من المعدن ,والغطاء من الفيبير جلاس
0.7	

6- هيكل البيت من المعدن ,والغطاء عبارة عن طبقة واحدة من البلاستيك	
7- هيكل البيت من المعدن , والغطاء عبارة عن طبقتان من البلاستيك بينهما فراغ من الهواء مقداره 2.5سم	

3.5 Heating loads for the greenhouse

Determine the requirements of heat energy needed to add to the greenhouse on the basis of scientific states that, you must add the quantity of heat energy equal to the total amount lost from the greenhouse in, order to maintain the air temperature in the greenhouse at the desired level and the optimization of the quality of the crop grown in the greenhouse. Therefore, we must provide the greenhouse in the winter to supply the source of thermal power necessary to maintain the temperature of the inside air greenhouse at the required level.

3.5 أحمال التدفئة للاحتباس الحراري

تحديد متطلبات الطاقة الحرارية اللازمة لإضافتها إلى الدفيئة على أساس الحالات العلمية أنه يجب إضافة كمية الطاقة الحرارية التي تساوي الكمية الإجمالية المفقودة من الدفيئة فيها ، وذلك للحفاظ على درجة حرارة الهواء في الدفيئة عند المستوى المطلوب وتحسين جودة المحصول المزروع في الدفيئة. لذلك يجب توفير الدفيئة في فصل الشتاء لتزويدها بمصدر الطاقة الحرارية اللازمة للحفاظ على درجة حرارة الهواء الداخلي في الصوبة عند المستوى المطلوب

In order to select a heating system for a greenhouse, the first step is to determine the heating requirement for the structure. **Abdellatif (2009)** indicated that the heat loss form a greenhouse is composed of two components:

- (a) Transmission loss through the walls and roof, and
- (b) Infiltration losses caused by the heating of outside cold air.

من أجل اختيار نظام تدفئة لبيت زجاجي ، فإن الخطوة الأولى هي تحديد متطلبات التدفئة للهيكلي. أشار عبد اللطيف (2009) إلى أن فقدان الحرارة من صوبة زجاجية يتكون من عنصرين:

- (أ) خسارة النقل من خلال الجدران والسقف ، و
- (ب) خسائر الارتشاح الناتجة عن تسخين الهواء البارد الخارجي)

In this part of the study the heat transfer equations used to calculate the total heat losses from the greenhouse and the heat wanted to add to greenhouse in order to maintain the optimum design interior ambient air temperature requirements for Tomato and Cucumber greenhouse Crops (15 oC), when the out side ambient air temperature is obtained from the climate data. Calculation of electrical energy and waste heat production from an electrical generator, that used the biogas production from anaerobic digester and calculate the waste heat from the engine that used to supplement the heat requirement of greenhouse heating.

في هذا الجزء من الدراسة ، كانت معادلات نقل الحرارة المستخدمة لحساب إجمالي فقد الحرارة من الدفيئة والحرارة التي تريد إضافتها إلى الدفيئة من أجل الحفاظ على التصميم الأمثل لمتطلبات درجة حرارة الهواء المحيط الداخلي لمحاصيل الطماطم والخيار المسببة للاحتباس الحراري (15 درجة مئوية) ، عندما يتم الحصول على درجة حرارة الهواء المحيط الخارجي من بيانات المناخ. حساب الطاقة الكهربائية وإنتاج الحرارة المهدرة من مولد كهربائي ، والذي يستخدم إنتاج الغاز الحيوي من الهاضم اللاهوائي وحساب الحرارة المهدرة من المحرك الذي يستخدم لتكملة متطلبات الحرارة لتدفئة الدفيئة.

3.5.1 Greenhouse heat loss

As mentioned previously, total heat loss is a function of two components:

- (a) Transmission heat loss, and

(b) Infiltration.

To evaluate transmission loss, the first step is to calculate the surface area of the structure. This surface area should be subdivided into the various materials employed. After determining the total surface area (A) of the various construction materials, this value is then combined with a design temperature difference (ΔT) and a heat loss factor (U) for each component, to calculate the total transmission heat loss. The design temperature difference is a function of two values: (a) design inside temperature, and (b) outside temperature.

3.5.1 فقدان حرارة الدفيئة

كما ذكرنا سابقاً ، فإن الفقد الكلي للحرارة هو دالة لمكونين:

(أ) فقدان حرارة النقل ، و

(ب) التسلل.

لتقييم خسارة الإرسال ، تتمثل الخطوة الأولى في حساب مساحة سطح الهيكل. يجب تقسيم مساحة السطح هذه إلى مختلف لمواد البناء المختلفة ، يتم دمج هذه القيمة مع فرق درجة حرارة (A) المواد المستخدمة. بعد تحديد إجمالي مساحة السطح لكل مكون ، لحساب إجمالي فقد حرارة النقل. الفرق في درجة حرارة التصميم (U) وعامل فقد الحرارة (ΔT) التصميم هو دالة من قيمتين: (أ) التصميم داخل درجة الحرارة ، و (ب) درجة الحرارة الخارجية.

For greenhouse design, infiltration is generally analyzed via the air change method. This method is based upon the number of times per hour (ACH) that the air in the greenhouse is replaced by cold air leaking in from outside. The number of air changes which occur is a function of wind speed and greenhouse construction. Table 10 outlines general values for different types of greenhouse construction according to **Abdellatif (2009)**. **Abdellatif (2009)**. Design of Protected Agriculture Systems

The hourly heat loss from the greenhouse is calculated on the heat loss rate by the next equation:

$$Q_{\text{loss}} = Q_c + Q_{\text{inf}} , W$$

بالنسبة لتصميم الدفيئة ، يتم تحليل التسلل بشكل عام عبر طريقة تغيير الهواء. تعتمد هذه الطريقة على عدد المرات في الساعة (ACH) التي يتم فيها استبدال الهواء في الدفيئة بهواء بارد يتسرب من الخارج. عدد تغيرات الهواء التي تحدث هو دالة على سرعة الرياح وبناء الدفيئة. يوضح الجدول 10 القيم العامة لأنواع مختلفة من إنشاءات الصوبات الزراعية وفقاً لعبد اللطيف (2009). عبد اللطيف (2009). تصميم نظم الزراعة المحمية

يتم حساب فقدان الحرارة كل ساعة من الدفيئة على معدل فقدان الحرارة بالمعادلة التالية:

$$Q_{\text{loss}} = Q_c + Q_{\text{inf}} , W$$

Where:-

Q_{loss} , total heat loss, Watt فقدان الحرارة الكلي ، واط

Q_c , the heat losses due to conduction, convection, and radiation, watt فقدان الحرارة بسبب التوصيل ، والحمل الحراري ، والإشعاع ، واط

$Q_c = U_o A (T_{\text{in}} - T_{\text{out}})$, Watt

U_o = overall heat transfer coefficient, $Wm^{-2}oC^{-1}$ U_o = معامل انتقال الحرارة الكلي ، $Wm^{-2}oC^{-1}$

A = surface area of the cover, m^2 A = مساحة الغطاء ، m^2

T_{in} = design interior air temperature in the night (18), oC (18) = تصميم درجة حرارة الهواء في الليل (18), oC (18)
درجة مئوية

T_{out} = out side ambient air temperature, oC T_{out} = درجة حرارة الهواء المحيط الخارجي ، درجة مئوية

The values of the transmission heat loss in the equation are related to the heat transfer coefficient (U). And its values for various materials according to **Abdellatif (2009)**. Design of Protected Agriculture Systems are shown in Table (1).

وقيما للمواد المختلفة حسب عبد اللطيف (2009). (U) ترتبط قيم فقد حرارة النقل في المعادلة بمعامل انتقال الحرارة عبد اللطيف (2009). يوضح الجدول رقم (1) تصميم نظم الزراعة المحمية

Table (1): overall heat transfer coefficient for different glazing materials and systems of greenhouse.

Greenhouse glazing material	Overall heat transfer coefficient $Wm^{-2}oC^{-1}$
Single layer glass cover	6.25
Single layer plastic film	6.82
Single layer fiberglass reinforced plastic	6.82
Double layer plastic film	3.98
Double layer acrylic	2.84
Double layer plastic film over glass cover	2.84
Single layer glass cover with internal thermal blanket	2.84
Double layer plastic film with internal thermal blanket	2.27
Standard concrete blocks, 20 cm thick	2.90
Poured concrete, 15 cm thick	4.26
Perimeter, without insulation	4.54
Perimeter, with insulation	2.27

Q_{inf} , heat losses due to infiltration of cold air, Watt Q_{inf} ، فقدان الحرارة بسبب تسرب الهواء البارد ، واط

$Q_{inf} = V z Cp p (T_{in} - T_{out})$ Watt [3-6]

V = greenhouse volume, m^3 V = حجم الدفيئة ، m^3

z = air exchange rate, (from table 13), h^{-1}

p = density of air (1.2), kgm^{-3} p = كثافة الهواء (1.2) ، kgm^{-3}

C_p = specific heat of air (1007), $Jkg^{-1}oC^{-1}$ C_p = حرارة محددة للهواء (1007) ، $Jkg^{-1}oC^{-1}$

Table (13): The air exchange rate for different greenhouse Construction.

Construction system	Air exchange rate per hour (h^{-1})
New Construction, glass or fiberglass	0.75-1.50
New Construction, double layer plastic film	0.50-1.0
old Construction, glass with good condition	1.00-2.00
old Construction, glass with poor condition	1.5-2.5

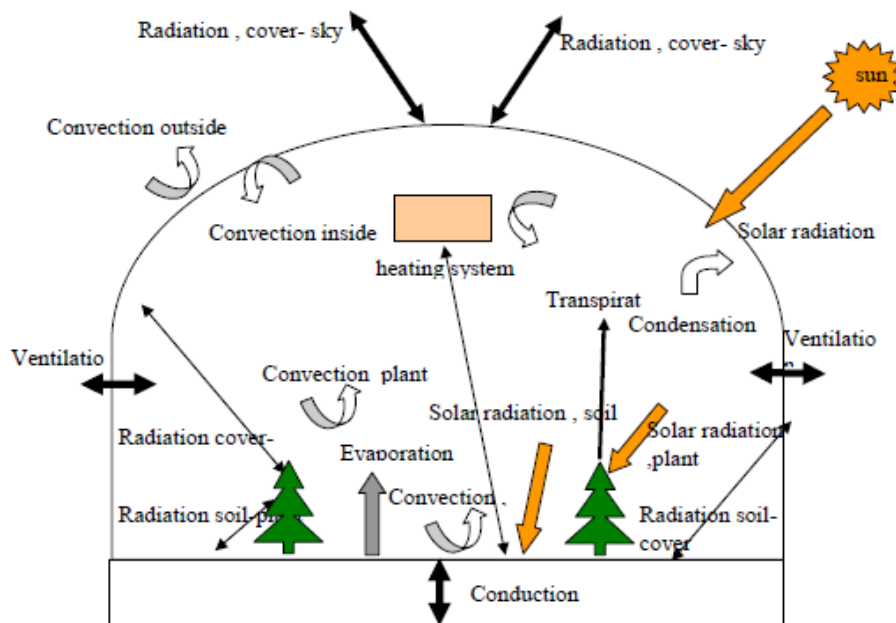


Figure (12): Energy balance and fluxes of the all components of the greenhouse.

2.4. Energy balance through the greenhouse

2.4.1. Calculation of heat loss and thermal energy provided by the heating system in the greenhouse

Kunming, where the greenhouse is located, has a low-latitude plateau monsoon climate in the north subtropical zone. The annual average temperature is $16.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, and solar radiation resources are abundant. The heat from daytime solar radiation is enough to keep the greenhouse temperature high enough for the requirements of strawberry growth. Therefore, the greenhouse was heated at night and on cloudy days when there was no solar radiation. The heat balance of the greenhouse at night mainly included heat loss and heat supplied by the heating system.

A single layer of polyethylene film covered the experimental greenhouse. Heat loss from the greenhouse is determined from the following equations (Lazaar et al., 2015, Tang et al., 2018) Lazaar, M., Bouadila, S., Kooli, S., Farhat, A., 2015. Comparative study of conventional and

2.4 توازن الطاقة من خلال الدفيئة

2.4.1. حساب فقد الحرارة والطاقة الحرارية التي يوفرها نظام التدفئة في الدفيئة

تتمتع مدينة كونمينغ ، حيث توجد الدفيئة ، بمناخ هضبة على خط العرض المنخفض رياح موسمية في المنطقة شبه الاستوائية الشمالية. يبلغ متوسط درجة الحرارة السنوية 16.3 درجة مئوية ، وموارد الإشعاع الشمسي وفيرة. الحرارة الناتجة عن الإشعاع الشمسي أثناء النهار كافية للحفاظ على درجة حرارة الدفيئة عالية بما يكفي لمتطلبات نمو الفراولة. لذلك ، تم تسخين الدفيئة في الليل وفي الأيام الملبدة بالغيوم عندما لا يكون هناك إشعاع شمسي. تضمن توازن الحرارة في الدفيئة في الليل بشكل أساسي فقدان الحرارة والحرارة التي يوفرها نظام التدفئة. غطت طبقة واحدة من فيلم البولي إيثيلين الدفيئة التجريبية. يتم تحديد فقد الحرارة من الدفيئة من المعادلات التالية (Lazaar et al. ، 2015 ، Tang et al. ، 2018) Lazaar ، M. ، Bouadila ، S. ، Kooli ، S. ، Farhat ، A. ، دراسة مقارنة أنظمة التدفئة التقليدية والشمسية تحت نفق الصوبات الزراعية التونسية: الأداء الحراري والتحليل. 2015. الاقتصادي. سول. طاقة 120 ، 635-620.

$$Q = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

$$Q_{L1} = U_{gh} A_{gh} (T_i - T_{amb})$$

$$Q_{L2} = 0.5 k_{ws} V N (T_i - T_{amb})$$

$$Q_{L3} = \sum_{i=1}^3 u_i A_i (T_i - T_{amb})$$

the wind factor, according to the design specifications of the greenhouse heating system, k_{ws} is equal to 1.0; V is the volume of greenhouse air, m^3 ; N is the number of ventilation events per hour, h^{-1} ; u_i is the ground heat transfer coefficient of the i^{th} zone, $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$, and A_i is the area of zone i , m^2 .

where Q_{L1} is the heat lost through the material covering the greenhouse, W; Q_{L2} is the heat consumed through cold air infiltration, W; Q_{L3} is the ground heat loss, W; U_{gh} is the heat transfer coefficient of the material covering the greenhouse, $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C$; A_{gh} is the total area of the greenhouse cover, m^2 ; T_i is the design temperature for strawberry growth in a greenhouse, $^\circ C$; T_{amb} is the ambient temperature, $^\circ C$; k_{ws} is

The heat provided from the stainless bellows tubes of the heating system, Q_p is calculated from the following equation (Hassanien et al., 2018) Hassanien, R.H.E., Li, M., Tang, Y., 2018. The evacuated tube solar collector assisted heat pump for heating greenhouses. Energy Build. 169, 305–318.:

(Hassanien et al. 2018) من المعادلة التالية Q_p يتم حساب الحرارة الناتجة من أنابيب منفاخ غير قابل للصدأ لنظام التسخين ، ساعد مجمع الأنابيب الشمسي المفرغ مضخة. (Hassanien et al. 2018) ، 318-305 ، 169 ، بناء الطاقة. 318-305 ، 169 ، حرارة لتسخين الدفيئات. بناء الطاقة. 318-305 ، 169 ،

$$Q_p = \dot{m} \cdot C_p (T_g - T_h) \quad (5)$$

where \dot{m} is the water mass flow rate, kg s^{-1} , C_p is the specific heat of water, $\text{J kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$; T_g is the designed water temperature supplied to crops in the greenhouse, $^\circ\text{C}$; T_h is the designed return water temperature, $^\circ\text{C}$.

ثالثاً :- تبريد البيوت المحمية :- Greenhouse Cooling :

طرق التبريد

التبريد:- هو خفض درجة حرارة الهواء الجاف بواسطة تبخير ماء ثابت في تيار الهواء وتعتمد عملية التبريد علي النسبة المئوية للرطوبة في الهواء , فإذا كانت هذه النسبة منخفضة فإن عملية التبريد تكون جيدة. وتعتبر عملية التبريد ضرورية ولا يمكن الاستغناء عنها من أجل إنتاج نباتات الخضر خلال اشهر الصيف التي ترتفع فيها درجات الحرارة بمعدل مرتفع في بعض دول العالم .حيث تتراوح درجة الحرارة من 40-50 درجة مئوية . وهذا الارتفاع يجعل من الصعوبة بمكان إنتاج بعض النباتات تحت ظروف الحقول المكشوفة. لمزيد من التبريد وزيادة الرطوبة في الصوب الزراعية ، يمكن استخدام التبريد التبخيري بواسطة الأنظمة التالية:-

1- نظام المروحة والوسادة The fan and pad system

2- نظام الضباب The fog system

3- نظام التبريد بالررش The spray cooling system

أولاً: التبريد بالرذاذ أو الضباب Mist or fog cooling

يعرف نظام التبريد بالرذاذ أو الضباب بنظام التضييب . ويتم في هذه الطريقة ضخ الماء في ضغط مرتفع لا يقل عن 42 كجم/سم² (600 رطل/بوصة مربعة) في أنابيب تثبت اعلي مستوي النباتات حيث يخرج الماء من بشابير خاصة علي شكل رذاذ دقيق جدا يشبه الضباب فيتبخر بسهولة . ويلزم لنجاح هذه الطريقة ان تتوفر كميات كبيرة من الماء الخالي من الاملاح . هذا وقد يستعمل نظام التبريد بالضباب منفردا كما هو الحال في المناطق المعتدلة او مع نظام التبريد بمبردات الهواء في المناطق شديدة الحرارة. ففي المناطق المعتدلة يفيد الضباب في تطيف جو البيت وخفض درجة الحرارة بعد الظهيرة حيث لا تكون التهوية كافية بمفردها لخفض حرارة البيت. كما يساعد علي زيادة الرطوبة النسبية الي الدرجة التي تسمح بالعقد الجيد للثمار . اما في المناطق الحارة فإن الضباب يساعد مع المبردات في احداث خفض اكبر في درجة الحرارة؛ نظرا لان المبردات لا تكفي بمفردها في الفترات شديدة الحرارة. ويستفاد من ذلك في انه ينصح بتركيب نظام "التضييب" في جميع

البيوت المحمية في جميع المناطق المعتدلة والحارة علي حد سواء. هذا ويمكن الاستفادة من نظام التبريد بالتضبيب في تزويد النباتات بجزء من مياه الري التي تلزمها. وقد لا تؤدي النباتات إلا بالرضا لكن يعاب علي هذه الطريقة ان ارض البيت تصبح موحلة ويمكن التغلب علي هذه المشكلة بفرش الممرات بالبلاستيك او بالزراعة في بالات قش مضغوط.

يمكن توليد قطرات الضباب من خلال التقنيات التالية

- فوهة سوائل مزدوجة تجمع بين تدفق الهواء من 2 إلى 2.5 بار وتدفق المياه من 2 إلى 5 بار. الضغوط منخفضة نسبياً ، لتوليد أحجام القطرات الضرورية ، لكن النظام يحتاج إلى ضاغط هواء وأنابيب مزدوجة لتدفق الهواء والماء إلى الفوهات.

- تعمل فوهات الضغط المنخفض عند ضغط الماء من 3 إلى 5 بار ، وخلق أحجام قطرات من 50-100 ملم. تحتاج الفوهات ذات الضغط العالي إلى ضغط مياه يتراوح بين 35-70 بار ومياه نظيفة ومعالجة جداً ، لأن أقطار الفتحات في الفوهات صغيرة جداً. أقطار القطرات هي 2-60 ملم.

يتكون نظام تبريد الضباب من مصدر للمياه ومرشحات جيدة لمنع انسداد الفوهات وخزان مياه ومضخات وصمامات لتنظيم الضغط وأنابيب مزودة بفوهات مثبتة فوق المحصول. يجب تصميم المسافات بين أنابيب الفوهات والفوهات على الأنابيب وفقاً لقواعد الشركات المصنعة. تعتمد معدلات تدفق المياه والهواء على الظروف المناخية الداخلية المرغوبة ، والهواء المحيط ودرجة الحرارة والرطوبة.

المميزات:-

1- يساعد المزارعين علي استخدام الصوبة في جميع اشهر الصيف ,حتي في المناطق الساحلية التي ترتفع فيها نسبة الرطوبة الجوية.

2- انخفاض التكاليف الأساسية للإنشاء بالمقارنة مع نظام المروحة والوسادة.

3- انخفاض كفاءة معدل استهلاك المياه المستخدمة في عملية التبريد بالمقارنة مع النظم الأخرى.

4- توزيع درجة الحرارة والرطوبة الأكثر انتظاماً ، والتشغيل المحتمل مع التهوية القسرية وكذلك مع التهوية الطبيعية.

العيوب:-

1- انخفاض كفاءة عملية التبريد في الظروف المناخية الرطبة, ولذلك يفضل استخدامه في الظروف الجوية الحارة أو الجافة.

2- يحتاج الي صيانة مستمرة للشبائير وطملمبة المياه.

يتم حساب كفاءة التبريد لنظام الضباب من المعادلة التالية:-

$$\eta_{cool} = \frac{t_{unfog} - t_{fog}}{t_{unfog} - t_{wbfog}}$$

Where :

t_{unfog} = درجة حرارة الهواء في الصوب غير المسدودة.

t_{fog} = درجة حرارة الهواء في الصوبة .

t_{wbfog} = درجة حرارة الهواء الرطب في الصوبة.

يتم تعريف كفاءة تبخر الضباب على أنها نسبة معدل تبخر الضباب إلى معدل الرش. يشير إلى نسبة الضباب التي تساهم في التبريد. يتم نقل الضباب المتبقي من الصوبة عن طريق التهوية.

$$\eta_{evap} = \dot{m}_e / \dot{m}$$

\dot{m}_e = fog evaporation rate per m² floor area (g/m² s)

\dot{m} = spray rate per m² floor area (g/m²s)

ثانياً التبريد بالرش Spray Cooling

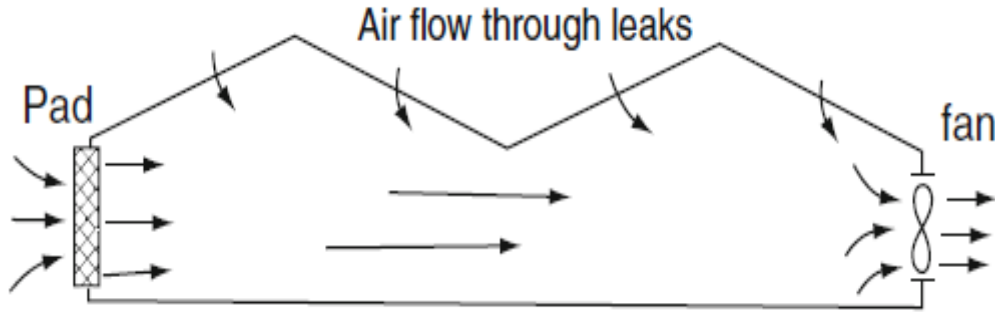
نظام تبريد المروحة والوسادة حساس للرمل والغبار في المناطق الصحراوية ، لأن الوسائد تسد بسهولة بمزيج من الملح والرمل. يمكن أن يكون هذا الانسداد مثل الخرسانة ويحتاج نظام تبريد الضباب إلى مياه نظيفة ومكلفة. من خلال التعلم من التجارب في مختلف البلدان ، تم تصميم نظام تبريد بالرش البسيط يلبي متطلبات أنظمة التبريد كما بالشكل التالي . من السهل نسبيًا بناءها ، ويمكن إضافتها إلى البيوت المحمية الموجودة كبديل لأنظمة تبريد الوسادة. يوضح الشكل المقطع العرضي للتصميم التجريبي الأول. هناك غرفتان للتدفق المتزامن والتيار المعاكس. يبلغ عرض المبرد 1 م وعرض كل غرفة 0.5 م. يتم تركيب أنبوب رش مع 15 فوهة مخروطية مجوفة في أعلى كل غرفة مع مسافة بين الفوهات 0.6 متر. المبرد مصنوع من الخشب ، مغطى بغشاء بلاستيكي ومعزول بمادة بلاستيكية عاكسة. هذا العزل ضروري للغاية ، لأن الاختراق المباشر للإشعاع الشمسي يؤثر على كفاءة التبريد بشكل ملحوظ. يبلغ ارتفاع المبرد حوالي 2 م. يتم امتصاص الهواء من خلال الصوبة بواسطة مراوح محورية ويدخل المبرد من الجانب العلوي الخارجي. أولاً يتحرك الهواء مع التيار ثم ضد التيار بالماء المرشوش. كانت المشكلة في جمع قطرات الماء بعد الغرفة الثانية عند مدخل الصوبة.

ثالثاً:- نظام المروحة ووسادة التبريد Fan and Pad system

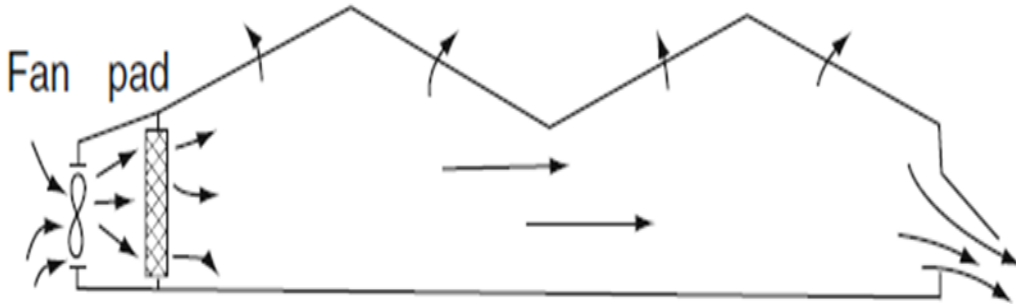
يستخدم نظام تبريد المروحة والوسادة بشكل شائع ويتم امتصاص الهواء من الخارج من خلال وسادات ذات سطح كبير. يتم الحفاظ على الوسائد مبللة بشكل دائم عن طريق رش الماء الذي يتبخر على سطح الوسادة ويبرد الهواء لأسفل. هناك نظامان أساسيان لتبريد المروحة والوسادة كما بالشكل التالي . يعتمد التبريد في هذه الطريقة على تبخر الماء من وسائد مبتلة عن طريق إجبار تيار من الهواء بالمرور من خلالها . يتم إيصال منظم للحرارة بمروحة كبيرة توجد في احد جانبي البيت ،

بينما توجد الوسائد في الجانب الآخر . وعند وصول درجة الحرارة داخل البيت الي الحد الاقصى المسموح به يقوم المنظم بتشغيل كلا من مروحة ومضخة الماء . وتقوم المضخة بدفع تيار من الماء الي اعلي الوسائد لجعلها رطبة بصفة دائمة ، بينما يؤدي تشغيل المروحة الي احداث تفريغ داخل البيت يتبعه اندفاع الهواء من خلال الوسائد المبتلة حيث يتبخر جزء من الماء وبالتالي يكون الهواء الداخل للبيت باردا او رطبا اما الباقي لا يتبخر فإنه يتجمع اسفل الوسادة ليتم ضخه مرة اخري وهكذا . ويتم التبريد في هذا النظام علي اساس ان تبخر الماء تستلزمه طاقة وأن هذه الطاقة تؤخذ من الوسادة او الهواء المحيط بها وعليه تنخفض درجة حرارة الهواء الداخل الي الوسادة والهواء الخارج منها ال 6:14 درجة مئوية . ولكن ترتفع درجة حرارة الهواء الذي يمر خلال البيت تدريجيا ، ويقدر الفرق بين درجتي الحرارة عند الوسادة وعند المروحة بنحو 3:5 درجة مئوية.

Negative pressure fan and pad system



Positive pressure fan and pad system



الشكل . أنظمة المروحة والوسادة

مميزات أنظمة تبريد المروحة والوسادة: Advantages of fan and pad cooling systems are:

- 1- رخص تكاليف الإنشاء.
- 2- كفاءة عالية في التبريد حيث يعمل علي خفض درجة الحرارة داخل الصوبة من 15-20 درجة مئوية.
- 3- إمكانية استمرار نمو وانتاج نباتات الخضر ونباتات الزهور لفترة طويلة علي مدار العام.
- 4- زيادة كفاءة إنتاج نباتات الخضر مع تحسين جودتها.
- 5- أنظمة بسيطة وضغط ماء منخفض لتوزيع الماء على الوسائد.
- 6- إمكانية صنع الوسائد المصنوعة من مواد مختلفة متوفرة محلياً.

عيوب أنظمة تبريد المروحة والوسادة: The disadvantages of fan and pad cooling systems:

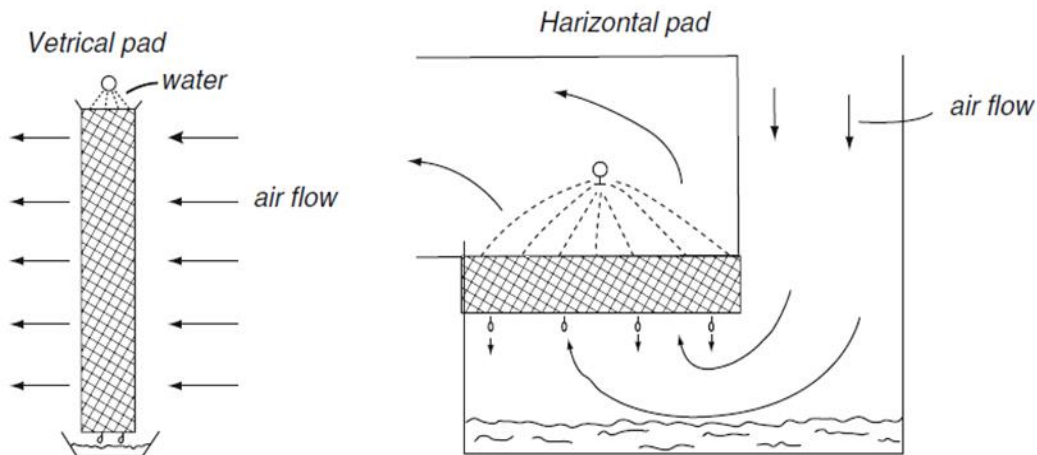
- 1- التهوية القسرية من قبل المشجعين هو شرط أساسي.
- 2- اختلافات في درجة الحرارة والرطوبة بين الوسادة ومخرج الهواء على طول الصوبة .
- 3- تحتاج الي صيانة جيدة لمنع انسداد الوسائد

يجب أن تلبي أنظمة تبريد المروحة والوسادة المتطلبات التالية:

- 1- كفاءة استخدام المياه الموجودة.
 - 2- استخدام المياه المالحة دون انسداد مادة الوسادة.
 - 3- الكفاءة العالية حتى مع الرياح القوية
 - 4- تدرجات منخفضة في درجة حرارة الصوبة.
 - 5- لا تغلغل الرماد في المناطق الصحراوية.
- يجب تصميم وحساب الوسادة نفسها ، ونظام توزيع المياه ، ومعدلات تدفق المياه والهواء ، وسعة المضخة وحسابها بعناية لتوفير كفاءة تبريد كافية وترطيب الوسادة ، وكذلك لتجنب انسداد الوسادة عن طريق الترسيب من المواد.

- موقع الوسادة Pad Location

هناك نوعان من الوسادات الأفقية والعمودية. في الوسادة العمودية يتم تزويدها بالماء من أنبوب مثقب على طول الحافة العلوية. بينما يتم تزويد الوسادة الأفقية بالماء عن طريق رشها على السطح العلوي. يتدفق الهواء لأعلى من خلال الوسادة. وهي أكثر ملاءمة للمياه المالحة والهواء في المناطق الصحراوية (كما بالشكل التالي).

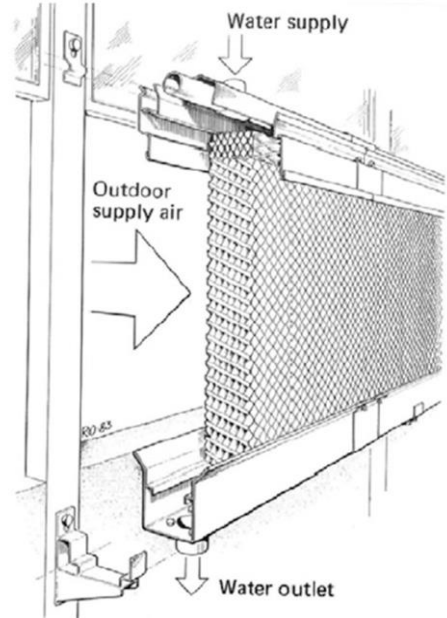
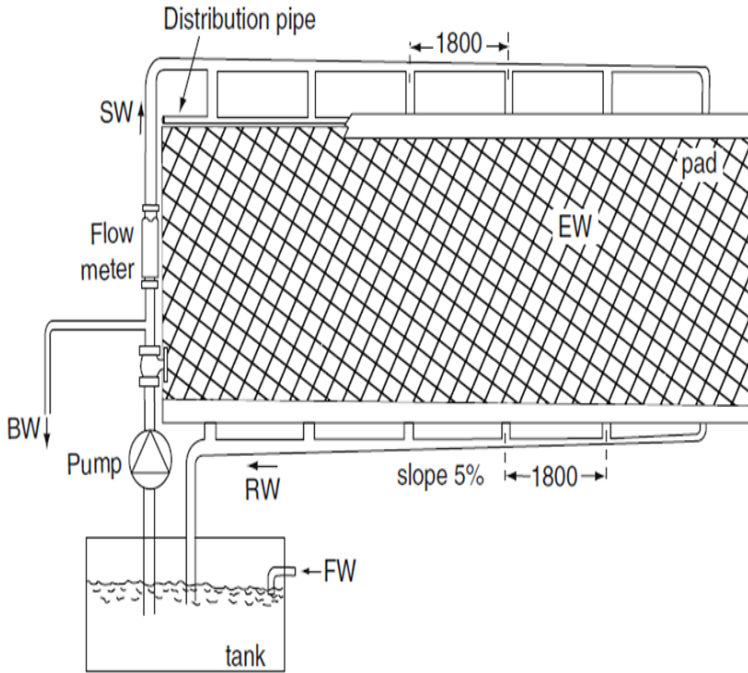


نظام وسادة عمودية وتداول المياه

يجب أن يكون الارتفاع الرأسي للوسائد 0.6 متر كحد أدنى و 2.4 متر كحد أقصى لضمان ترطيب منتظم للوسادة. يجب ألا تجف الوسادة أثناء التشغيل. في حالة استخدام المياه المالحة ، يجب تداول كمية كبيرة من الماء. لتجنب تركيز الملح ، يجب تفريغ بعض المياه المعاد تدويرها باستمرار. يجب أن يكون في حدود 0.002 لتر / دقيقة لكل تدفق للهواء م 3 / ثانية لتركيز المعادن أقل من 700 جزء في المليون في الماء ومعدل التبخر أقل من 0.012 لتر / دقيقة لتدفق الهواء لكل م 3 / ثانية. في المناطق التي يصل تركيزها إلى 1500 جزء في المليون من المعادن (الحد الأعلى لمياه الري) ، يجب أن يكون معدل التدفق 0.006 لتر / دقيقة لكل متر مكعب من تدفق الهواء (كما في الأشكال التالية).

وسائد أفقية

الوسائد الأفقية مناسبة للظروف المناخية الجافة والصحراوية. يمكن أن يمنع ارتفاع معدل تدفق المياه الانسداد بالرمل والغبار ، الذي سيتم غسله (كما بالشكل التالي).





- كفاءة الوسادة Pad Efficiency

يمكن حساب كفاءة تبريد الوسادة بالمعادلة التالية:

$$\eta = \frac{t_o - t_{in}}{t_o - t_{wb}}$$

t_o = outside air temperature

t_{in} = air temperature just behind the pad

t_{wb} = wet bulb air temperature of outside air

t_{in} can be calculated by: $t_{in} = t_o - \eta(t_o - t_{wb})$

t_o = درجة حرارة الهواء الخارجي.

t_{in} = درجة حرارة هواء التبريد.

T_{wb} = درجة حرارة الهواء الرطبة.

درجة الحرارة الرطبة تم ايجادها من الخريطة السيكرومترية بمعلومية درجة الحرارة الخارجية والرطوبة الخارجية. يجب أن توفر كفاءة التبريد رطوبة داخلية بحد أقصى 85% في المخرج. الرطوبة العالية تبطئ معدل النتح في النباتات. يمكن أن تزيد درجة حرارة النبات فوق درجة حرارة الهواء.

مادة الوسادة وسمكها Pad Material and Thickness

تتوفر مواد مختلفة لوسائد التبريد ، مصنوعة أحياناً من مواد محلية , تصنع من مواد عديدة وفي الغالب تكون عبارة عن ألياف سيليلوزية متعرجة وبسمك تقريبا 100-200مم وتثبت في اطارات غالبا من الالومنيوم ويتم وضعها في الجانب الاخر من الصوبة بحيث تكون مقابلة للمراوح وتتميز بسهولة الابتلال بالماء ومرور الهواء بين الخلايا .بصفة عامة يمكن حساب مساحة وسائد التبريد اللازمة علي اساس ان كل 45متر مكعب من الهواء المسحوب من الصوبة في الدقيقة يحتاج الي متر مربع من الوسائد الحديثة بسمك 10سم ,مع مراعاة ان هذا السمك يزداد بمقدار الثلثين عند استخدام وسائد من القش او قشور الخشب . ونظرا لان عرض هذه الوسائد يتوقف علي المساحة اللازمة منها ,ولذلك يمكن التحكم في العرض عن طريق السمك المناسب.

A range of 10 – 15 cm for pad thickness is commonly used in commercial agricultural applications.

متطلبات مواد الوسادة هي:

- 1- مساحة عالية للتلامس مع الماء.
- 2- خصائص ترطيب جيدة.
- 3- الكفاءة العالية في التبريد.
- 4- تقليل فقدان الضغط.
- 5- متانة عالية.
- 6- لا يوجد انكماش.



وسائد من النباتات الطبيعية و الخشب



السليولوز المموج



وسادات حبل مزدوجة أو متعددة الطبقات



وسادة مصنوعة من الحبال العمودية

مساحة الوسادة Pad Area

تعتمد مساحة الوسادة على معدل تدفق الهواء اللازم لنظام التبريد وأقصى سرعة في الوسادة. متوسط سرعات 1.5-0.75 م / ث. تؤدي السرعات العالية بشكل مفرط إلى فقدان الضغط بشكل كبير جداً عبر الوسادة . قد تتسبب ايضاً في حدوث مشاكل داخل الصوبة ، مما يؤدي إلى ترطيب النباتات. يجب أن تكون مساحة الوسادة حوالي 1 متر مربع لكل 20-30 متر مربع من مساحة أرضية الصوبة . يجب أن يكون الحد الأقصى للمروحة على مسافة 35-40 م. بالنسبة للبيوت الزجاجية الطويلة جداً أو الواسعة ، قد يكون من الممكن تركيب مراوح في السقف أو الجدران في نقاط الوسط والوسائد على كلا الطرفين.

مساحة الوسادة عبارة عن معدل تدفق الهواء الداخل الي الصوبة علي السرعة التي يدخل بها الهواء الي الصوبة (1.5م/ث). 1.5 م/ث هي أفضل سرعة لخلق بيئة مناسبة داخل الصوبة .

مساحة الوسادة

$$A = \frac{Q}{V}$$

سرعات الهواء الموصى بها لوسائد مصنوعة من مواد مختلفة

Aspen fiber, mounted vertically	0.76 m/s
Aspen fiber, mounted horizontally	1.00 m/s
Corrugated cellulose (100 mm thick)	1.27 m/s
Corrugated cellulose (150 mm thick)	1.78 m/s

تركيب وصيانة الوسادة Pad Installation and Maintenance

من المهم جداً عدم وجود تسريبات في الوسادة حيث يمكن للهواء المرور دون الاتصال بالوسادة.

تشغيل نظام المروحة والوسادة Operation of Fan and Pad System

يجب ألا تجف الوسادة أثناء تشغيل المروحة ، لتجنب انسدادها بالرمل والغبار والكالسيوم كما بالشكل

بدء العملية

قم بتشغيل مصدر المياه أولاً لمنع انسداد الوسادة.

شغل المروحة بعد تبليل الوسادة بالكامل.

نهاية العملية

أوقف تشغيل المروحة أولاً.

ثم قم بإيقاف إمداد المياه.

المراوح Fans

تستخدم مراوح كهربائية ذات مقاسات وقدره وطاقة مختلفة للشركات المصنعة. وأغلب المراوح المستخدمة في الدول العربية قطرها 48 بوصة وقوتها 1.5 حصان . وفي هذا النظام يتم تثبيت المراوح غالباً علي جانب الصوبة غير المواجهة للرياح

بينما تكون الوسادة في الجانب الآخر حتي تكون الرياح عاملا مساعدا لتشغيل المراوح وليست معاكسة لها ويجب ان تكون جميع المراوح علي ارتفاع واحد من سطح الارض. ويتم تحديد عدد وحجم المراوح المطلوبة وكذلك المسافة بينهما وذلك بعد اختيار سعة كل من المراوح والوسائد ويجب ألا تزيد المسافة بين كل مروحتين متتاليتين عن 7.5 متر. وكما يجب أيضا مراعاة ان تكون المراوح المستخدمة ذات سرعة دوران منخفضة وذلك لتلافي حدوث تيارات هوائية ذات سرعات عالية تؤثر علي النباتات داخل الصوبة.

تحديد عدد المراوح المستخدمة :-

قمنا باختيار المروحة المستخدمه في الشفط والتي ذات قطر 1.245 م وضغط 30 باسكال وقدره 1.5 حصان تنتج 34730 م³/س.

بعد ذلك تم تحديد عدد المراوح=كمية التهويه الكليه المطلوبه علي كمية الهواء المشفوط بواسطه مروحه واحدة.

معدل تدفق الهواء والماء Air and Water Flow Rate

يعتمد معدل تدفق الهواء على الإشعاع الشمسي داخل الصوبة وعلى البخر-نتج من النباتات والتربة. يمكن حساب معدل تدفق الهواء عن طريق معادلة توازن الطاقة (في فصل التهوية). بشكل عام، حيث إن معدل تهوية 120-150 م³ / م² . ساعة يكون امن للتشغيل .

- حساب كميه الماء المتدفق خلال الوسائد الهوائيه المبلة

$$M_w = \frac{Q}{v} (w_1 - w_2)$$

w_1 = الرطوبة النوعية للهواء داخل الصوبة.

w_2 = الرطوبة النوعية للهواء خارج الصوبة.

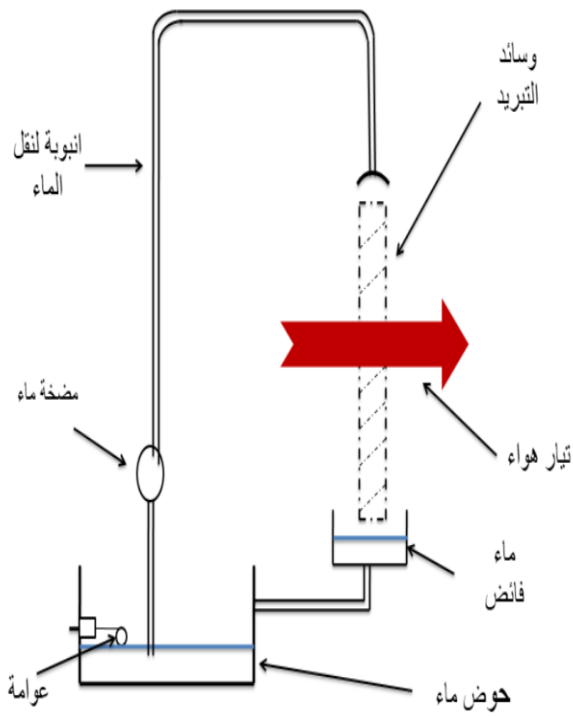
v = الحجم النوعي

يمكن افتراض معدلات تدفق المياه التالية وقدرات خزان المياه للوسائد الرأسية

	Water flow rate per m of pad (l/min m)	Reservoir per m ² pad area (l/m ²)
Aspen fiber, 50–100 mm thick	3.7	20
Aspen fiber, desert conditions	5.0	20
Corrugated cellulose, 100 mm	6.2	33
Corrugated cellulose, 150 mm	9.9	40

يمكن توفير الوسائد الأفقية بمعدلات تدفق المياه بحد أقصى 0.12 لتر / ثانية لكل متر مربع من مساحة الوسادة.

مكونات النظام بأختصار :-



رسم توضيحي اجزاء نظام الخلايا التبريدية

مراوح كهربائية ساحبة للهواء :- تستخدم مراوح كهربائية ذات مقاسات وقوة حصان وطاقة مختلفة للشركات المصنعة . وأغلب المراوح المستخدمة في الدول العربية قطرها 48 بوصة وقوتها 1.5 حصان . وفي هذا النظام يتم تثبيت المراوح غالبا علي جانب الصوبة غير المواجهة للرياح بينما تكون الوسادة في الجانب الآخر حتي تكون الرياح عاملا مساعدا لتشغيل المراوح وليست معاكسة لها ويجب ان تكون جميع المراوح علي ارتفاع واحد من سطح الارض. ويتم تحديد عدد وحجم المراوح المطلوبة وكذلك المسافة بينهما وذلك بعد اختيار سعة كل من المراوح والوسائد ويجب الأ تزيد المسافة بين كل مروحتين متتاليتين عن 7.5 متر . وكما يجب أيضا مراعاة ان تكون المراوح المستخدمة ذات سرعة دوران منخفضة وذلك لتلافي حدوث تيارات هوائية ذات سرعات عالية تؤثر علي النباتات داخل الصوبة.

وسائد التبريد :- تصنع من مواد عديدة وفي الغالب تكون عبارة عن ألياف سيليلوزية متعرجة وبسمك تقريبا 10سم وتثبت في اطرار غالبا من الالومنيوم ويتم وضعها في الجانب الآخر من الصوبة بحيث تكون مقابلة للمراوح وتتميز بسهولة الابتلال بالماء ومرور الهواء بين الخلايا . بصفة عامة يمكن حساب مساحة وسائد التبريد اللازمة علي اساس ان كل 45متر مكعب من الهواء المسحوب من الصوبة في الدقيقة يحتاج الي متر مربع من الوسائد الحديثة بسمك 10سم , مع مراعاة ان هذا السمك يزداد بمقدار الثلثين عند استخدام وسائد من القش او قشور الخشب . ونظرا لان عرض هذه الوسائد يتوقف علي المساحة اللازمة منها , ولذلك يمكن التحكم في العرض عن طريق السمك المناسب.

المضخة :- توجد مضخة تقوم بدفع الماء من خزان ارضي الي داخل مواسير مثقبة او رشاشات علي مسافات متقاربة , ويتم تركيب هذه المواسير اعلي الوسائد وعلي امتداد طولها وذلك لتأمين ابتلالها بالماء اثناء تشغيل نظام التبريد.

مواسير او مجاري لتصريف الماء الزائد :- توجد مواسير من الصلب المجلفن يتم تركيبها اسفل الوسائد وعلي امتداد طولها وذلك لتصريف الماء الزائد عن حاجة الوسائد , حيث يعاد هذا الماء الي الخزان الارضي لكي يتم ضخه مرة اخري الي المواسير العلوية الموجودة اعلي الوسائد وهكذا.

مصدر ماء مجهز بصمام مزود بعوامة :- يقوم هذا المصدر بتغذية الخزان الارضي بالماء باستمرار ولذلك لتعويض نقص الماء اثناء فتره التشغيل وغالبا ما يتم تركيب فلاتر وذلك لتنقية المياه من الغبار والاتربة عند الضخ حتي تصبح الوسائد نظيفة وبالتالي تظل كفاءتها عالية في امرار الهواء من خلالها .

منظم الحرارة :- يتم تزويد وحدات التبريد بمنظم حرارة متصل بالمرابح ومضخة الماء بحيث تعمل وحدات التبريد اوتوماتيكيا وذلك عندما ترتفع درجة الحرارة عن الحدود المطلوبة , وتتوقف عن العمل عند وصول درجة الحرارة الداخلية للصوبة الي الدرجة المطلوبة.

العوامل المؤثرة علي كفاءة التبريد في نظام المروحة ووسادة التبريد:-

- 1- مساحة سطح الوسادة
 - 2- معدل سحب الهواء الدافي من الصوبة
 - 3- المسافة بين الوسائد والمرابح داخل الصوبة
- يجب ان تكون الوسائد والمرابح متقابلة . ويتوقف استخدام الحوائط المختلفة لهذا الغرض علي ابعاد البيت ، لأن المسافة بين الوسادة والمروحة يجب ان تكون في حدود 33 : 45 متر. فإذا زادت المسافة عن ذلك يحتاج الامر الي مرابح ضخمة . واذا نقصت عن 33 متر لا ينتشر الهواء المبرد في كل انحاء البيت، بل يميل في حركته نحو مسار ضيق من الوسادة الي المروحة. وتلزم في هذه الحالة زيادة سرعة سحب الهواء من البيت لتصحيح ذلك الوضع ، ويستخدم لذلك معامل تصحيح يرمز له بالرمز (F_{vel}) أو معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة الي المروحة.
- 4- منسوب الصوبة (ارتفاعها عن سطح البحر)
- يجب مراعاة زيادة معدل سحب الهواء من الصوبة عند زيادة ارتفاع منسوبها عن 200م عن سطح البحر وذلك لان مقدرة الهواء علي التبريد تعتمد علي وزنه وليس حجمه مع الاخذ في الاعتبار ان كثافته الهواء تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر . ولذلك يجب مراعاة استخدام معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من الصوبة ويطلق عليه اسم معامل التصحيح الخاص بالمنسوب F_{elev} .
- 5- شدة الاضاءة داخل الصوبة
- تتوقف شدة الاضاءة داخل الصوبة علي موقعها وكمية الظل وبصفة عامة ففي حالة اختلاف شدة الاضاءة داخل الصوبة عن 5000 شمعة /قدم , فتصبح هناك ضرورة لوجود معامل تصحيح خاص بشدة الاضاءة داخل الصوبة , ويرمز له بالرمز F_{light} . ويرجع ذلك نتيجة لزيادة الطاقة الحرارية المتحصل عليها مع زيادة شدة الاضاءة.
- 6- الفرق المسموح به في درجات الحرارة بين المروحة والوسادة

المعدل القياسي لسحب الهواء بين المروحة والوسادة هو $2.5 \text{ م}^3/\text{د}^2$ من مساحة الصوبة , ويوضح في الاعتبار فرق مقداره 4 درجات مئوية بين درجه حرارة الهواء الداخل الي الصوبة بعد مروره علي الوسادة ودرجة حرارة الهواء الخارج من الصوبة عند المراوح , ولذلك يحتاج الامر الي معامل تصحيح يطلق عليه معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح في درجات الحرارة بين الوسادة والمروحة ويرمز له بالرمز F_{temp} .

7- نسبة الرطوبة الجوية للهواء خارج الصوبة

لا يمكن التحكم في هذا العامل .ولذلك فانه لا يوضع في الاعتبار عند حساب احتياجات التبريد . حيث تزداد مقدرة الهواء علي حمل الرطوبة بزيادة درجة الحرارة ومع هذا الزيادة فان الرطوبة النسبية تنخفض تلقائيا , وبذلك تزداد كفاءة عملية التبريد باستخدام هذا النظام.

- طريقة حساب احتياجات التبريد للصوبة باستخدام نظام المراوح والوسائد:-

In order to design the evaporative cooling system, the maximum air ventilation rate inside the broiler room, number of fans, pad face area, water flow rate, water pump capacity, sump and water tank size were determined. The computation procedure was carried out as follows:

من أجل تصميم نظام التبريد التبخيري ، تم تحديد الحد الأقصى لمعدل تهوية الهواء داخل غرفة الفاريج ، وعدد المراوح ، ومنطقة وجه الوسادة ، ومعدل تدفق المياه ، وسعة مضخة المياه ، وحجم الحوض وخزان المياه. تم إجراء الحساب على النحو التالي:

1- The maximum ventilation rate required for the greenhouse from the computer simulation out put was $1.27 \text{ m}^3/\text{sec}$.

2- Assume the efficiency of the cooling system is 70%, (Hellickson and Walker,1983) Hellickson, M.A. and J.N. Walker. (1983). Ventilation of Agricultural Structures. An ASAE Monograph. ASAE. St. Joseph, MI , therefore, The ventilation rate $G = 1.27/0.7 = 1.8 \text{ m}^3/\text{sec}$.

1- الحد الأقصى لمعدل التهوية المطلوب للبيت الزجاجي من إخماد المحاكاة بالحاسوب كان $1.27 \text{ م}^3 / 3$ ثانية.

2- Hellickson ،M.A. and J.N. (1983) Hellickson and Walker ،(1983) افترض أن كفاءة نظام التبريد 70٪ . $G = 1.27 / 0.7 =$ لذلك ، فإن معدل التهوية ASAE. ASAE. ووكر. (1983). تهوية المنشآت الزراعية. دراسة متر مكعب / ثانية 1.8

3- Assume pad face air velocity, $V = 1.25 \text{ (m/s)}$, (Hellickson and Walker,1983) (Hellickson and Walker,1983) Hellickson, M.A. and J.N. Walker. (1983)., then the pad surface area, m^2 was : $A = G/V = 1.8/1.25 = 1.44 \text{ m}^2$.

4- The total number of fans was determined by dividing the total ventilation rate over the fan capacity.

5- According to the fan specification available on the local market, the fans size 50×50 with 40 cm diameter was the more appropriate size to fit for the greenhouse. Therefore,

The number of fans = ventilation rate / rate delivered by on fan = $1.8 \text{ m}^3/\text{s} / 1.194 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{fan} = 1.5 \approx 2 \text{ fans}$

3- افترض سرعة هواء الوسادة ، $V = 1.25 \text{ (m / s)}$ ، (Hellickson and Walker ، 1983) (Hellickson and Walker ، 1983) MA and J.N ، ووكر. (1983) ، فإن مساحة سطح الوسادة ، م 2 كانت: A $G / V = 1.8 / 1.25 = 1.44 \text{ م}^2$

4- تم تحديد العدد الإجمالي للمراوح بقسمة معدل التهوية الكلي على سعة المروحة.

5- حسب مواصفات المروحة المتوفرة بالسوق المحلي فإن حجم المراوح 50×50 بقطر 40 سم كان الأنسب لحجم البيت الزجاجي. وبالتالي،

عدد المراوح = معدل التهوية / المعدل الذي توفره المروحة = $1.8 \text{ م}^3 / \text{ث} / 1.194 \text{ م}^3 / \text{ث} = 1.5 \approx 2$ مراوح

6- Water flow rate was calculated using the minimum recommended rate (2 L/min/m) as follows: $W = \text{length of pad} \times 2 \text{ (L/min/m)} = 2 \text{ (m)} \times 2 \text{ (L/min.m)} = 4 \text{ L/min}$

7- Water pump capacity = length of pad $\times 7.4 \text{ (L/min.m)} = 2 \times 7.4 = 14.8 \text{ L/min}$

8- Sump size = pad face area $\times 3 \text{ (L/m}^2\text{)} = 1.44 \text{ (m}^2\text{)} \times 3 \text{ (L/ m}^2\text{)} = 4.32 \text{ L}$

9- Water tank size = pad face area $\times 25 \text{ (L/ m}^2\text{)} = 1.44 \times 25 = 36 \text{ L}$

6- تم حساب معدل تدفق المياه باستخدام أقل معدل موصى به (2 لتر / دقيقة / م) كما يلي: $W = \text{طول الوسادة} \times 2$ (لتر / دقيقة / م) $= 2 \times 2 = 4$ (لتر / دقيقة / م)

7- سعة مضخة الماء = طول الوسادة $\times 7.4$ (لتر / دقيقة / م) $= 7.4 \times 2 = 14.8$ لتر / دقيقة

8- حجم الحوض = مساحة وجه الوسادة $\times 3$ (لتر / م) $= 1.44 \times 3 = 4.32$ لتر

حجم خزان المياه = مساحة وجه الوسادة $\times 25$ (لتر / م) $= 1.44 \times 25 = 36$ لتر

2. Heat losses from the greenhouse

2.1 Heat flow through the polyethylene

Heat flow through the greenhouse covering materials (walls and roof) during the heating season is represented the greatest losses with respect to the other energy losses from the greenhouse. It is generally related the temperature difference between the inside and outside temperature by the overall heat transfer coefficient as following

إبراهيم محمد حلمي- (Ibrahim, 2000 and Abdel-Lattif, 1993) $Q_c = U \times A \times (T_i - T_o)$

2000 . هندسة بيئة الصوب الزراعية. قسم الهندسة الزراعية-كلية الزراعة-جامعة الإسكندرية.

صلاح عبد اللطيف-1993. تصميم وتشغيل أنظمة الزراعة المحمية. قسم الهندسة الزراعية-كلية العلوم الزراعية والاغذية-جامعة الملك فيصل.

فقدان الحرارة من الدفيئة

2.1 تدفق الحرارة عبر البولي إيثيلين

يمثل تدفق الحرارة عبر مواد تغطية الدفيئة (الجدران والسقف) خلال موسم التدفئة أكبر الخسائر فيما يتعلق بخسائر الطاقة الأخرى من الدفيئة. يرتبط بشكل عام باختلاف درجة الحرارة بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية بواسطة معامل نقل الحرارة الكلي على النحو التالي

Where

- Q_c : Heat flow, J/s;
- U : Overall heat transfer coefficient ,W/(m².°C) ;
- A : Area of greenhouse wall and roof, m²;
- T_i : Interior ambient air temperature, °C;
- T_o : Exterior ambient air temperature, °C.

2.2 Energy loss via ventilation

إبراهيم Heat loss via ventilation (Q_v) is approximated as follows (Ibrahim, 2000)

محمد حلمي-2000 . هندسة بيئة الصوب الزراعية. قسم الهندسة الزراعية-كلية الزراعة-جامعة الإسكندرية.

2.2 فقدان الطاقة عن طريق التهوية

يتم تقدير فقد الحرارة عن طريق التهوية (Q_v) على النحو التالي (إبراهيم ، 2000)

$$Q_v = Q_{sv} + Q_{lv}$$

Where

Q_{sv} is the sensible heat losses via ventilation;

Q_{lv} is latent heat losses via ventilation;

$$Q_{sv} = \dot{m} \times c_p \times (T_{in} - T_o), \text{ J/s (Abdel-Lattif, 1993)}$$

صلاح عبد اللطيف-1993. تصميم وتشغيل أنظمة الزراعة المحمية. قسم الهندسة الزراعية-كلية العلوم الزراعية والاعذية-جامعة الملك فيصل.

$$Q_{lw} = E \times F \times Q_i = E \times F \times \tau I A_f$$

Where

- τ Transmittance of greenhouse covering (assumed 88%);
- I Total solar radiation outside the greenhouse on horizontal surface (W/m^2), it was obtained from the weather station of the arid land and agricultural research and services center Faculty of Agriculture, Ain Shams University. ;
- نفاذية غطاء الدفيئة (يفترض 88%) ؛
- ، تم الحصول عليه من محطة (W / m^2) مجموع الإشعاع الشمسي خارج الصوبة على سطح أفقي الطقس للأراضي القاحلة ومركز البحوث والخدمات الزراعية بكلية الزراعة جامعة عين شمس. ؛

- A_f Floor area of the greenhouse, (m^2) ;
- T_{in} , T_o Inside and outside air temperature of greenhouse; $^{\circ}C$.
- \dot{m} Mass flow rate of air $kg/s = M \times \rho / 3600$, (Abdel-Lattif, 1993) ;

Where

M = greenhouse volume x air exchange rate per hour ,(m^3/ h) ;

ρ = air density(= $1.2 kg/m^3$) ;

C_p Air specific heat $1007 J/kg. ^{\circ}C$;

=

E Floor use factor—ratio of ground covered by plants to total total ground area, (assumed 0.4) ;

=

F = Evapotranspiration to internal solar radiation (assumed 0.5).

3-Total losses

$$Q_{loss} = Q_c + Q_v$$

4- Reducing of Air Temperatures by Evaporative Coolinging

Heat loss via evaporative cooling (Q_v) is approximated as follows (Ibrahim, 1997)

$$(1-E)(\tau)(I) A_f = UA(T_i + T_o) + (V/v)(C_p)(T_i + T_o)$$

T_o = Exterior ambient air temperature of evaporative cooling, °C;

Evaporative cooling efficiency: 3.7.1

The efficiency of evaporative cooling system is namely associated with the cooling effect, wet-bulb depression, rate of heat transfer from air to water, and water consumption in evaporation process.. The cooling efficiency (η , %) can be computed in terms of the cooling effect (denominator) and the wetbulb depression (numerator) using the following equation (ASHRAE, 2005) ASRAE (2005) "Handbook of fundamentals" American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA 30329.

$$\eta = (T_o - T_{pad} \div T_o - T_{aow}) \times 100, \%$$

:

Where, T_o , is the outdoor air temperature in °C, T_{pad} , is the cooled air just leaving the cooling pads in °C, and, T_{aow} , is the wet-bulb air temperature of the outdoor in °C.

3-8- Mechanical ventilation

3-8-1 Determining ventilation volume rate

The ventilation volume rate may be calculated by the following equation

$$\text{Air volume flow rate (m}^3/\text{h)} = V_{gh} \times AR$$

Where

V_{gr} : Greenhouse volume, m^3 ;

AR : Air exchange rate per hour $1/\text{min}$

In Summer $AR = 2 \quad 1/\text{min}$

(Buffington et al., 2002). Buffington, D.E.; Bucklin, D.A.; Henley, R.W., and Mc Connell, D.B. (2002). Fans for greenhouses, institute of food and agriculture science, university of Florida AE-11.

3-8-2 Size of the intake vent

The following equation is used to determine the area of the air inlet

$$\text{Size of the intake vent} = \frac{\text{Air volumetric flow rate (m}^3/\text{h)}}{\text{Maximum air speed allowed (m/h)}}$$

Since air speed influences many factors that affect plant growth, such as transpiration, evaporation, leaf temperature, and carbon dioxide availability, the maximum air speed allowed through the vent was used to be 1.27 m/s (Abdel-Lattif, 1993).

3-9- Natural ventilation

Natural ventilation depends upon the ventilation opening area's and positions, to achieve the optimum air exchange in the greenhouse, the lateral wall opening and roof holes in the range (15- 30)% of the floor area of the greenhouse (Ibrahim, 2000).

Minimum ventilation – This is the amount of airflow continuously available to limit moisture levels in the building. A reasonable value for minimum ventilation for moisture control is 1 air change per hour. Minimum ventilation rate can be computed by dividing maximum ventilation rate by 60 (1 air change/hr). To determine the number of inlets needed, use certified fan manufacturers' airflow data, tested at 0.05" or 0.1" static pressure. This ventilation rate should be divided by a design inlet velocity of 720 feet per minute (fpm) to find the gross inlet area needed. (Gates and Duncan, 1999)

Size the Intake Vent (sq ft) = 8 x (Length of Greenhouse) x (Width of Greenhouse) / 700 (Wind velocity needed at the intake vent is 700 feet per minute.) (Richard, 2001)

2-8-4-Size the exhaust fan

Exhaust Fan CFM = 8 x (Length of Greenhouse) x (Width of Greenhouse)

Be sure not to exhaust hot air from one green- house into the intake vent of another. This only com- pounds the cooling problem. Have shutters on fans that close automatically when they stop blowing (Richard, 2001)

The location of the inlet(s) is much more critical than the location of the fans. The cool air should enter uniformly along the wall opposite the fans and at a velocity approaching 3.5 m s^{-1} (700 feet per minute) (Shreveport, 2002).

To calculate the air volume being moved by a ventilation system, measure air speed and cross- sectional area through which air is moving. Air speed (feet per minute, fpm) x Area (sq.ft.) = ventilation rate (cubic feet per minute, cfm)

Measure air speed moving through the fan and/or inlets. To determine cross- sectional area, measure the fan airflow opening, which is usually the fan diameter, or sum the total inlet areas. A guideline for maximum air exchange capacity in a greenhouse is to provide 8 to 10 cfm/ft² of floor area. by multiply the floor area of greenhouse ft² by 8 to 10 cfm/ft². Compare this recommended fan capacity to what is provided by the fans installed in the greenhouse. To calculate airflow capacity of a fan in cubic feet per minute (cfm): multiply the average fan air speed [feet/minute (fpm)] by the area of the fan face [square feet (ft²)].

Air flow (cfm) = air speed (fpm) * area (ft²) (Both, 2008)

Determination of the fan capacity is based on $2.4 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ($8 \text{ ft}^3 \text{ min}^{-1} \text{ ft}^{-2}$) of floor area. For every square meter of greenhouse floor area, provide $2.4 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ of fan capacity. Fans should be chosen to attain the calculated volumetric flow rate at a pressure differential of 0.25 kPa (0.1 inch of water static pressure).

تمارين

- 1-الكمبيوتر – التدفئة –الموديلات الرياضية – انتقال الحرارة . وضح كيف يمكن الربط بين هذه المترادفات السابقة والاستفادة منها في مجال الدراسة
- 2-اذكر انواع التلوث البيئي واختر احداها مبينا العوامل المؤثرة عليه وطريقة علاجة
- 3-تتعرض النباتات اثناء نموها لظروف جوية غير مناسبة اذكر هذه الظروف مبينا كيف يمكن حماية النباتات من هذه الظروف
- 4-اشرح مع الرسم مقترح بحثي لتدفئة البيوت المحمية باستخدام طاقة من الطاقات الجديدة والمتجددة

الفصل الخامس

تشغيل الصوبة بالطاقة الشمسية

- طبيعة الإشعاع الشمسي:-

تعتبر الشمس هي مصدر الطاقة علي سطح الأرض ولولاها لما وجدت الحياة بشكلها الحالي علي سطح كوكبنا وقد أدرك الإنسان منذ القدم أهمية الشمس في حياته .

الشمس عبارة عن كرة غازية يبلغ قطرها 1.4 مليون كيلو متر ويبلغ وزنها 1.986×10^{30} كجم وهو ما يعادل 99.87% من مجمل كتلة النظام الشمسي اجمعه , أما المسافة بين الأرض والشمس فتقدر بحوالي 150×10^6 كم .

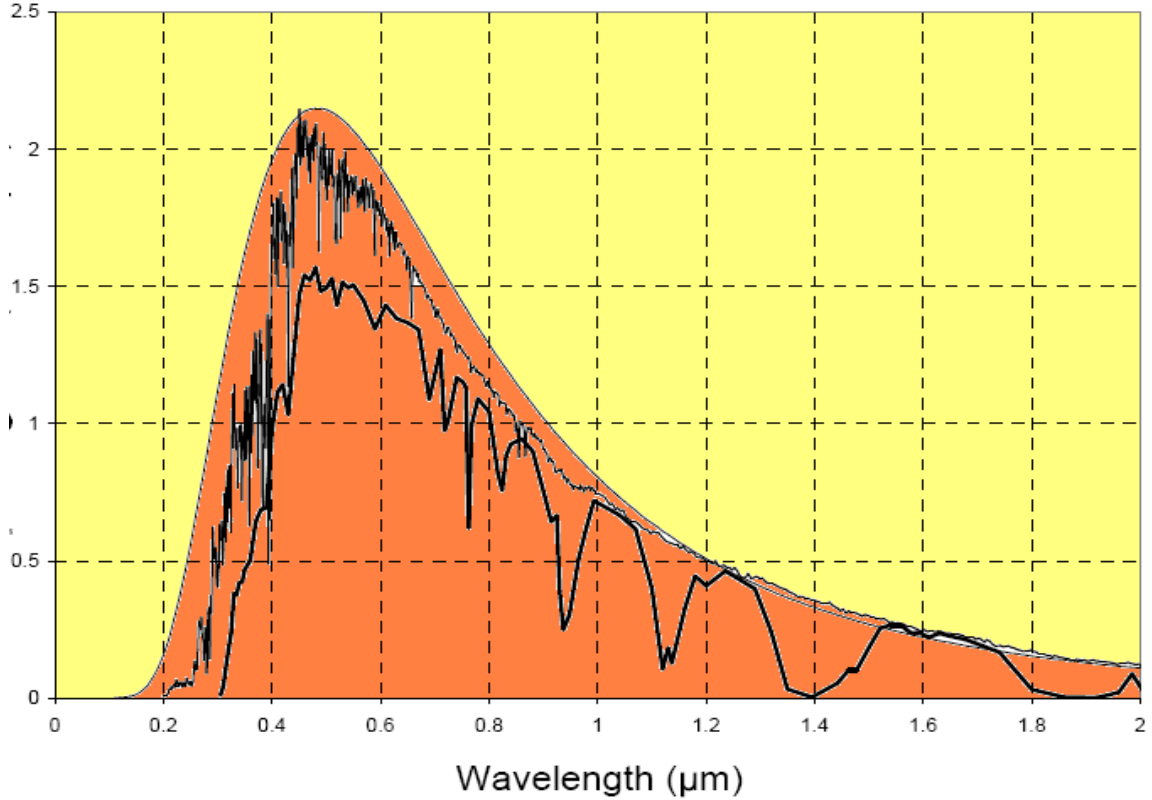
تتكون الشمس بصورة رئيسية من غاز الهيدروجين (بنسبة 75%) وغاز الهليوم (بنسبة 24%), فضلا علي كميات ضئيلة من بعض العناصر الأخرى كالحديد والسيلكون والنيون والكربون.

وتتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل أربع ذرات من الهيدروجين إلي ذرة واحدة من الهليوم في تفاعل اندماجي نووي, ولما كانت كتلة الهليوم الناتجة من التفاعل اقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة في التفاعل فان فرق الكتلة هذا يتحول إلي ضوء وحرارة تنتقل علي هيئة أشعة , يبلغ معدل انبعاثها 3.8×10^{23} ك.واط وتشتع هذه الكمية في جميع الاتجاهات.

تتراوح درجة حرارة باطن الشمس ما بين (8-40k) وتشكل كتلة باطن الشمس حوالي 40% من كتلة الشمس الكلية وكثافة باطن الشمس عالية جدا تصل إلي 100 ضعف بقدر كثافة الماء ويحيط بقلب الشمس منطقة تعرف بمنطقة الحمل وتصل درجة حرارتها إلي 130000 k وكثافتها حوالي $70 \text{ kg} / \text{m}^3$,

إذا أخذنا الجسم الأسود كنموذج للشمس عند درجة حرارة الاتزان فان الفيض الإشعاعي المنبعث من سطح الشمس يمكن تمثيله بتوزيع بلانك علي الرغم من الاختلاف البسيط لكون الشمس ليست في حالة توازن إشعاعي ولا حتى في حالة استقرار وأحسن تقريب لطيف الشمس هو منحني الجسم الأسود الذي يقابل درجة حرارة 5800k.

- إن حوالي 12% من طاقة الإشعاع الشمسي تنقل بأطوال موجية أقصر من $0.4\mu m$ وهذا معظمه يكون علي شكل اشعة فوق بنفسجية.
- ويحتوي الجزء المرئي من الطيف الشمسي علي 37% من طاقة الأشعة الشمسية .
- بينما تلك الأطوال الموجية الأطول من $0.7\mu m$ (في الأساس اشعة تحت حمراء) تحتوي علي 51% من الطاقة لذا نجد أن ثلثي الطاقة التي تصلنا من الشمس تكون غير مرئية بالنسبة للعين البشرية والجزء الأعظم منها يكون في منطقة الأشعة تحت الحمراء.



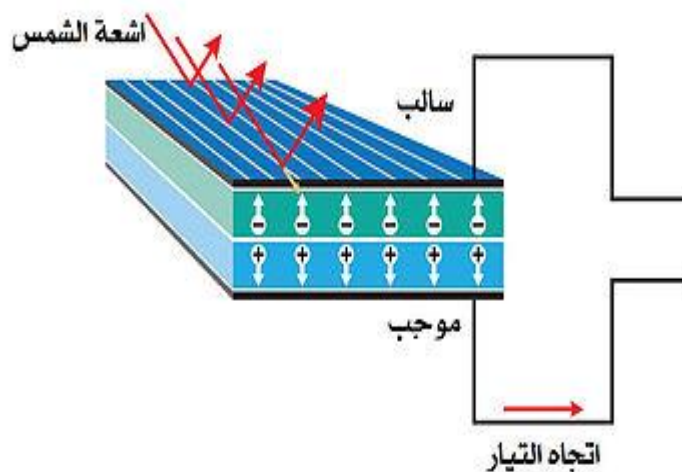
توزيع الطيف المنبعث من الشمس

خلايا الواح الطاقة الشمسية

ما هي الخلايا الشمسية:-

هي عبارة عن لوحات داكنة اللون تقوم بإمتصاص الفوتونات الساقطة من أشعة الشمس وتحويلها إلي طاقة كهربائية مستمرة (DC) وتسمى أحيانا بالخلاية الكهروضوئية (photovoltaics PV) والتي تعتمد على أشباه الموصلات التي تقوم بعمل التأثير الكهروضوئي حيث أن هناك العديد من المواد الحالية المستخدمة لهذا الغرض مثل السليكون الأحادي والثنائي والسليكون الغير متبلور وتيلورايد الكاديوم ... إلخ، وتلك الطاقة المتولدة يتم تخزينها في بطاريات مختلفة السعة بحيث يمكن إستخدامها إثناء فترة زوال الشمس.

تعمل خلايا الواح الطاقة الشمسية عن طريق وضع طبقتين من **مادة السليكا** احداها مدمج مع **مادة الفسفور** مما ينتج خليط به زيادة بعدد الالكترونات وطبقة من **سبيكة سليكا مدمجة بمادة البورون** يكون بها نقص بعدد الالكترونات وعند وضع موصل بين هاتين الطبقتين وتعرضها لأشعة الشمس تتحرك الالكترونات ما بين الطبقتين لأخذ او طرد الالكترونات والذي بدوره ينتج الكهرباء



الأجزاء الرئيسية لأنظمة الطاقة الشمسية الكهربائية

- الواح الطاقة الشمسية (Solar Panel).
- منظم التحكم بشحن البطاريات (Charge Controller).
- محول الكهرباء من تيار مستمر الى تيار متردد (Inverter).
- البطاريات (Battery).
- ادوات تثبيت الالواح (Panel Mounting System)

مثال

مزرعة 200 فدان بها 2 بئر كل بئر يخدم 50 فدان حيث يتم ريهم بالرش والتنقيط ويوجد بالمزرعة فيلا وببيت للمهندس وببيت للعمال و يتم عمل بها حظيره و2 صوبة زراعية على مساحة نصف فدان افرض ماتلزمه من البيانات ثم احسب التكلفة لوحدة تعمل بالطاقة الشمسية خاصة لتشغيل هذه المزرعة

الحل

اولا :- الفيللا (5غرف +3حمام+2مطبخ+صاله استقبال +استراحة)

القدرة التي يستهلكها الجهاز في اليوم= عدد الاجهزة × قدرة الجهاز × ساعات العمل في اليوم

$$37 \text{ لمبة } = 37 \times 20 \text{ واط} \times 6 \text{ ساعة} = 4440 \text{ واطس}$$

$$3 \text{ شاشة} = 3 \times 70 = 210 \text{ واط} \times 4 \text{ ساعة} = 840 \text{ واط س}$$

$$3 \text{ لاب} = 3 \times 70 = 210 \text{ واط} \times 3 \text{ ساعة} = 630 \text{ واط س}$$

$$3 \text{ ريسفر} = 3 \times 30 = 90 \text{ واط} \times 4 \text{ ساعة} = 360 \text{ واط س}$$

$$2 \text{ ثلاجة} = 2 \times 80 = 160 \text{ واط} \times 9 \text{ ساعة} = 1440 \text{ واط س}$$

$$1 \text{ تكييف} = 1 \times 50 = 50 \text{ واط} \times 4 \text{ ساعة} = 200 \text{ واط س}$$

$$3 \text{ سخان} = 3 \times 15 = 45 \text{ واط} \times 3 \text{ ساعة} = 135 \text{ واط س}$$

$$\text{القدرة الكلية التي يستهلكها الاجهزة في اليوم} = 840 + 630 + 360 + 1440 + 200 + 135 = 4440 \\ 8045 \text{ واط س / يوم}$$

وبحساب الفقد أثناء التركيب يصل إلى (30%) :-

$$\text{إجمالي القدرة المطلوبة} = \text{القدرة الكلية المستهلكة في اليوم} \times 1.3$$

$$\text{إجمالي القدرة المطلوبة} = 8045 \times 1.3 = 10458 \text{ واط س}$$

لحساب عدد الألواح الشمسية :-

$$\text{معدل ساعات الشمس في اليوم} = 6 \text{ ساعة / يوم}$$

$$\text{قدرة الألواح اللازمة} = \frac{\text{اجمالي القدرة المطلوبة}}{\text{معدل ساعات الشمس في اليوم الواحد}} = \frac{10458}{6} = 1743 \text{ واط}$$

$$\text{عدد الألواح} = \frac{\text{قدرة الألواح اللازمة}}{\text{قدرة اللوح المراد شراؤها}} = \frac{1743}{250} = 7 \text{ ألواح}$$

لحساب عدد البطاريات :-

$$\text{سعة البطارية (أمبير ساعة)} = \frac{\text{عدد الايام المغيمة التي سينقطع فيها شحن الألواح} \times 1.3 \times \text{اجمالي القدرة المطلوبة}}{\text{الفولتية}}$$

$$\text{سعة البطارية} = \frac{10458 \times 2 \times 1.3}{24} = 1133 \text{ أمبير ساعة}$$

$$\text{عدد البطاريات} = \frac{\text{سعة البطارية}}{\text{حجم البطارية المراد شراؤها}} = \frac{1133}{80} = 15 \text{ بطارية}$$

حجم منظم الشحن :-

حجم منظم الشحن = عدد الألواح المخطط تركيبها في المنظومة $\times I_{SC}$

$$\text{حجم منظم الشحن} = 7 \times 9.10 = 63.7 \text{ أمبير، الفولت } 24$$

حساب حجم المحول (الانفرتر) :-

حجم المحول = قدرة الأجهزة \times عامل كفاءة الاداء احتياطي

قدرة الأجهزة = عدد الأجهزة \times قدرة الجهاز

$$\text{قدرة الأجهزة} = 3 \times 15 + 1 \times 50 + 2 \times 80 + 3 \times 30 + 3 \times 70 + 3 \times 70 + 37 \times 20 = 1505 \text{ واط}$$

$$\text{حجم المحول (الانفرتر)} = 1.3 \times 1505 = 1956.5 \text{ واط}$$

ثانياً :- بيت المهندس (3 غرف + حمام + مطبخ + صالة استقبال)

$$12 \text{ لمبة } = 12 \times 20 \text{ واط } \times 6 \text{ ساعة} = 1440 \text{ واط س}$$

$$1 \text{ تلفاز } = 1 \times 80 \text{ واط } \times 4 \text{ ساعة} = 320 \text{ واط س}$$

$$1 \text{ ثلاجة } = 1 \times 30 \text{ واط } \times 4 \text{ ساعة} = 120 \text{ واط س}$$

$$1 \text{ مروحة } = 1 \times 40 \text{ واط } \times 5 \text{ ساعة} = 200 \text{ واط س}$$

$$1 \text{ لاب } = 1 \times 70 \text{ واط } \times 3 \text{ ساعة} = 210 \text{ واط س}$$

$$\text{القدرة الكلية المستهلكة في اليوم} = 1440 + 320 + 120 + 640 + 200 + 210 = 2930 \text{ واط س}$$

$$\text{إجمالي القدرة المطلوبة} = 1.3 \times 2930 = 3809 \text{ واط س}$$

$$\text{قدرة الألواح اللازمة} = \frac{3809}{6} = 634 \text{ واط}$$

$$\text{عدد الألواح} = \frac{634}{250} = 3 \text{ الواح}$$

$$\text{سعة البطارية} = \frac{3809 \times 2 \times 1.3}{24} = 413 \text{ أمبير ساعة}$$

$$\text{عدد البطاريات} = \frac{413}{80} = 5 \text{ بطاريات}$$

حجم منظم الشحن = $3 \times 9.10 = 27.3$ امبير

قدرة الاجهزة = 12×20 واط + 1×80 واط + 1×30 واط + 1×80 واط + 1×40 واط + 80

1×1 واط + 1×40 واط + 1×70 واط = 540 واط

حجم المحول = $1.3 \times 540 = 702$ واط

ثالثا :- بيت العمال (8 غرف + 2 حمام + مطبخ + 8 مراوح + صالة)

22 لمبة = 22×20 واط $\times 5$ ساعة = 2200 واط س

2 تلفاز = 2×80 واط $\times 4$ ساعة = 640 واط س

2 ريسفر = 2×30 واط $\times 4$ ساعة = 240 واط س

2 ثلاجة = 2×80 واط $\times 8$ ساعة = 1280 واط س

القدرة المستهلكة في اليوم = $1280 + 240 + 640 + 2200 = 4360$ واط س

اجمالي القدرة المطلوبة = $1.3 \times 4360 = 5668$ واط س

قدرة الالواح اللازمة = $\frac{5668}{6} = 945$ واط

عدد الالواح = $\frac{945}{250} = 4$ الواح

سعة البطارية = $\frac{5668 \times 2 \times 1.3}{24} = 614$ امبير ساعة

عدد البطاريات = $\frac{614}{80} = 8$ بطاريات

حجم منظم الشحن = $4 \times 9.10 = 36.4$ امبير

قدرة الاجهزة = 22×20 واط + 2×80 واط + 2×30 واط + 2×80 واط + 820 واط

حجم الانفرتور = $1.3 \times 820 = 1066$ واط

رابعا :- الحظيرة

60 لمبة = 60×40 واط $\times 10$ ساعة = 24000 واط س

$$57 \text{ مروحة} = 57 \times 40 \text{ واط} \times 5 \text{ ساعة} = 11400 \text{ واط س}$$

$$20 \text{ شفاط} = 20 \times 70 \text{ واط} \times 5 \text{ ساعة} = 7000 \text{ واط س}$$

$$1 \text{ محلب} = 1 \times 100 \text{ واط} \times 4 \text{ ساعة} = 400 \text{ واط س}$$

$$\text{القدرة المستهلكة في اليوم} = 42800 = 400 + 7000 + 11400 + 24000 \text{ واط س}$$

$$\text{إجمالي القدرة المطلوبة} = 1.3 \times 42800 = 55640 \text{ واط س}$$

$$\text{قدرة الألواح اللازمة} = \frac{55640}{6} = 9273 \text{ واط}$$

$$\text{عدد الألواح} = \frac{9273}{250} = 37 \text{ لوح}$$

$$\text{سعة البطارية} = \frac{55640 \times 2 \times 1.3}{24} = 6028 \text{ امبير ساعة}$$

$$\text{عدد البطاريات} = \frac{6028}{80} = 76 \text{ بطارية}$$

$$\text{حجم منظم الشحن} = 37 \times 9.10 = 336.7 \text{ امبير ساعة}$$

$$\text{قدرة الأجهزة} = 60 \times 40 \text{ واط} + 57 \times 40 \text{ واط} + 20 \times 70 \text{ واط} + 1 \times 100 \text{ واط} = 6180 \text{ واط}$$

$$\text{حجم الانفرتور} = 1.3 \times 6180 = 8034 \text{ واط}$$

خامسا :- مضخة المياه:-

$$\text{عمق البئر} = 110 \text{ م}$$

$$\text{ارتفاع الخزان} = 10 \text{ م}$$

$$\text{كفاءة المضخة} = 60\%$$

$$1- \text{معدل استهلاك المياه :-}$$

$$\text{بطاطس} = 31.5 \text{ م}^3 / \text{يوم}$$

$$2- \text{ارتفاع الضخ الديناميكي TDH :-}$$

$$\text{ارتفاع الضخ الديناميكي TDH} = \text{ارتفاع البئر} + \text{ارتفاع الخزان} + \text{فقد الاحتكاك في الأنابيب}$$

فقدان الاحتكاك يقدر ب 5% من مجموع الارتفاع العمودي

ارتفاع الضخ الديناميكي $TDH = (10+110) \times 1.05 = 126$ م

3- معدل تدفق المياه:-

معدل تدفق المياه = $\frac{\text{كمية المياه المطلوبة في اليوم}}{\text{عدد ساعات الذروة للشمس في اليوم}}$

$$\text{معدل تدفق المياه} = \frac{31.5}{5} = 6.3 \frac{\text{م}^3}{\text{س}}$$

$$4- \text{قدرة الطلبية} = \frac{0.002725 \times \text{ارتفاع الضخ الديناميكي (م)} \times \text{معدل تدفق المياه} \left(\frac{\text{م}^3}{\text{س}}\right)}{\text{الكفاءة}}$$

$$\text{قدرة الطلبية} = \frac{0.002725 \times 126 \times 6.3}{0.6} = 3.6 \text{ كيلو واط}$$

$$\text{قدرة الطلبية} = 3605 \text{ واط} = 5 \text{ حصان}$$

$$\text{ولدينا طلبتين} = 2 \times 3605 = 7210 \text{ واط}$$

5- حجم المصفوفة = قدرة الطلبية \times عامل احتياطي

$$\text{حجم المصفوفة} = 7210 \times 1.35 = 9733.5 \text{ واط}$$

$$\text{عدد الألواح} = \frac{9733.5}{250} = 39 \text{ لوح}$$

$$\text{سعة البطارية} = \frac{9733.5 \times 2 \times 1.3}{24} = 1054.4 \text{ امبير ساعة}$$

$$\text{عدد البطاريات} = \frac{1054.4}{80} = 14 \text{ بطاريات}$$

$$\text{حجم منظم الشحن} = 39 \text{ لوح} \times 9.10 = 354.9 \text{ امبير}$$

$$\text{قدرة المضخة} = 9733.5 \text{ واط}$$

$$\text{حجم المحول} = 9733.5 \times 1.3 = 13140.2 \text{ واط}$$

سادسا:- حسابات الصوب :-

$$\text{الطول} = 40 \text{ م}$$

العرض = 27 م

الارتفاع = 4 م + 2 م

1- مساحة الجزء العلوي للبيت = $\frac{1}{2} (2 \text{ ط نق ل} + 2 \text{ ط نق})$

$$264 \text{ م}^2 = \frac{1}{2} (2 \times 3.142 \times 40 + 2 \times 3.142 \times 2)$$

$$\text{المساحة} = 264 \times 3 = 792 \text{ م}^2$$

مساحة الجدار الطولي = (الطول × العرض) × 2

$$320 \text{ م}^2 = (4 \times 40) \times 2$$

مساحة الجدار العرضي = (الطول × العرض) × 2

$$216 \text{ م}^2 = (4 \times 27) \times 2$$

$$\text{المساحة الكلية للغطاء} = 216 + 320 + 792 = 1328 \text{ م}^2$$

$$\text{المساحة الكلية للصوبتين} = 2 \times 1328 = 2656 \text{ م}^2$$

2- حجم البيت = طول البيت ((عرض البيت × ارتفاع الجزء السفلي) + ($\frac{\text{ط} \times \text{مربع ارتفاع الجزء العلوي}}{2}$))

$$\text{حجم البيت} = 40 \times (27 \times 4) + (2 \times 3.142 \times 4) = 4571.4 \text{ م}^3$$

$$\text{حجم البيتين} = 2 \times 4571.4 = 9142.8 \text{ م}^3$$

3- لحساب الحرارة الكلية المفقودة :-

$$Q_{\text{loss}} = Q_c + Q_{\text{inf}}$$

(w) اجمالي الحرارة المفقودة Q_{loss}

$$Q_c = U_o A (T_i - T_{\text{out}})$$

فقدان الحرارة بسبب التوصيل و الحمل و الاشعاع Q_c

معامل انتقال الحرارة الكلي U_o

مساحة الغطاء A

تصميم درجة الحرارة الداخلي في الليل T_{in}

درجة حرارة الهواء الخارجي T_{out}

$$Q_c = 6.82 \times 2656 \times (18 - 12) = 108.7 \text{ kw}$$

$$Q_{inf} = V Z C_p \rho (T_{in} - T_{out})$$

فقدان الحرارة بسبب تسرب الهواء البارد Q_{inf}

حجم البيت V

معدل تبادل الهواء Z

كثافة الهواء ρ

$$Q_{inf} = 9142.8 \times 0.75 \times 1.22 \times 1.007 \times (18 - 12) = 50.5 \text{ kw}$$

$$Q_{loss} = 108.7 + 50.5 = 159.2 \text{ kw}$$

4-لحساب الحرارة المضافة :-

$$Q_p = m \times C_p \times (T_{in} - T_{out})$$

كمية الحرارة المضافة Q_p

معدل تدفق كتلة الماء m

الحرارة النوعية للماء C_p

درجة الحرارة الماء المصممة التي يتم توفيرها للمحاصيل في الصوبة T_{in}

درجة حرارة الماء العائد المصممة T_{out}

$$Q_p = 6.5 \times 4.2 \times (18 - 12) = 163.8 \text{ kw}$$

$$\text{عدد الألواح} = \frac{163800}{250} = 656 \text{ لوح}$$

$$\text{سعه البطارية} = \frac{163800 \times 2 \times 1.3}{24} = 17.745 \text{ أمبير ساعة}$$

$$\text{عدد البطاريات} = \frac{17.745}{80} = 740 \text{ بطارية}$$

حجم منظم الشحن = $9.10 \times 656 = 5969.6$ أمبير ساعة

حجم المحول = $163800 \times 1.3 = 212940$ واط

السخان الشمسي:

السخانات الشمسية وسيلة لاستغلال الطاقة الحرارية الناتجة من أشعة الشمس في تسخين المياه للمنازل و الأغراض التجارية و تحقق هذه النظم جدوى اقتصادية أعلى من الطاقة الشمسية الفولتوضونية حيث يمكن توفير 30% من فاتورة الكهرباء المنزلية بتكلفة يتم استردادها خلال 3 سنوات فقط. مكونات السخان الشمسي مجمعات شمسية تقوم بتجميع أشعة الشمس فترتفع درجة حرارتها، و أكثر للواقط المستخدمة انتشاراً هي المسطحة Flat Plate Collectors واللواقط الأنابيب المفرغة Vacuum Tubes Collectors.

1. خزان معزول عزل حراري و سعة تبدأ من 100 حتى 500 لتر في الاستخدامات المنزلية.
 2. هيكل تثبيت معدني يحمل المجمعات الشمسية و الخزان معا , ويجب أن يتم التثبيت بما يحقق زاوية ميل مثالية كما هو الحال في الألواح الشمسية.
 3. خزان ماء البارد وهو يستخدم لتجميع الماء البارد من مصدر مغذى الرئيسي لضمان تغذية السخان الشمسي بالماء في حالات انقطاع المياه من المصدر الرئيسي ويكون حجم هذا السخان مترا مكعبا.
 4. ملف تسخين كهربائي إحتياطي Electric Heater يعمل بصورة تلقائية بواسطة حساس يقوم بقياس درجة حرارة المياه في الخزان. و تتراوح قدرة هذا الملف بين 2 و 4 كيلو وات ساعة لمعظم الاستخدامات المنزلية.
- و مما سبق ذكره نود أن نشير بأنه عند شراء اي نوع من السخانات الشمسية يجب معرفة قيمة المشاركة الشمسية السنوية (Annual Solar Fraction SF) و هي نسبة التوفير السنوي في الطاقة المستهلكة نتيجة استخدام السخان الشمسي و تعتمد هذه القيمة علي جودة السخان و الموقع الجغرافي للتركيب.

Refernces المراجع

المراجع العربية

- 1- إبراهيم, محمد حلمي- 2000- هندسة بيئة الصوب الزراعية – الطبعة الاولى –بستان المعرفة .
- 2- إبراهيم, محمد حلمي -1997- تهوية المنشآت الزراعية ,جامعة الملك سعود .ص.ب –الرياض - 11451 – المملكة العربية السعودية.
- 3- صلاح عبد اللطيف-1993. تصميم وتشغيل أنظمة الزراعة المحمية.قسم الهندسة الزراعية-كلية العلوم الزراعية والاغذية-جامعة الملك فيصل.

المراجع الأجنبية:

- 1- Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control 2011th Edition, Kindle Edition by [Christian von Zabeltitz](#)
- 2- Greenhouses and Shelter Structures for Tropical Regions: No. 154 Paperback – Illustrated, 25 August 2000 by Christian von Zabeltitz
- 3- Handbuch des Erwerbsgärtners : Gewächshäuser Hardcover – 1 January 1986 German edition by Christian von Zabeltitz
- 4- Greenhouse heating with solar energy. Italian commission for nuclear and alternative energy sources