دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی ماشین های کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی و ارزیابی عوامل مؤثر بر گرمایش و سرمایش در سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا

عادل غلامی

تابستان ۸۸

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی عوامل مؤثر بر گرمایش و سرمایش در سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا

عادل غلامی

استاد راهنما:

دکترمحمد حسین عباسپور فرد

استادان مشاور:

دکترمهدی خجسته پور

دکترعلی تهرانی فر

تابستان ۸۸

چکیده:

زمین یک منبع ذخیره گرمایی نامحدود و پایدار است. این خاصیت نگهداری انرژی گرمایی زمین، باعث می‌شود که دمای زیرزمین در تابستان ها پایین ترو در زمستان ها بالاتر از محیط بیرون باشد. روشی که در این تحقیق برای بررسی این خاصیت ذخیره سازی زمین استفاده می‌شود، سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا می‌باشد. طبق این روش جریان هوا را از داخل لوله هایی که در زیر زمین نصب شده اند عبور می‌دهند. در این تحقیق فاکتورهای مورد بررسی بدین ترتیب می‌باشند: جنس لوله در دو سطح آهنی و پلاستیکی، عمق دفن لوله ها در دو سطح ۲ و ۴ متر، طول لوله ها در دو سطح ۹ و ۱۸ متر و سرعت جریان هوا در سه سطح ۴، ۷ و ۱۰ متر بر ثانیه. طرح آزمایشی مورد استفاده آزمون فاکتوریل بر پایه بلوک های کاملاً تصادفی می‌باشد. پارامترهای اختلاف دمای هوای خروجی و ورودی، میزان مبادله انرژی گرمایی با خاک و ضریب عملکرد در دو آزمایش گرمایش و سرمایش مورد بررسی قرار گرفتند. در بین فاکتور های مورد مطالعه، عمق دفن بیشترین تأثیر را بر اختلاف دمای هوای خروجی و ورودی می‌گذاشت. بیشترین اختلاف دما، بیشترین مبادله انرژی گرمایی با خاک و بیشترین ضریب عملکرد در لوله آهنی با عمق ۴ و طول ۱۸ متر و به ترتیب در سرعت های جریان هوای ۴، ۱۰ و ۷ متر بر ثانیه در حالت گرمایش و سرمایش بوجود می‌آمد. بنابراین بهترین گزینه جهت استفاده از این سامانه مبدل گرمایی لوله آهنی با عمق ۴ و طول ۱۸ متر و سرعت جریان هوای ۷ متر بر ثانیه می‌باشد که بهترین ضریب عملکرد در حالت گرمایش و سرمایش به ترتیب ۳/۵۷ و ۵/۵۱ بدست آمدند.

کلیدواژه ها: سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا، ضریب عمکرد

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱- فصل اول: مقدمه و اهداف ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- طرح مسئله ۳

۱-۳- اهداف ۵

۱-۴- چیدمان کلی پایان نامه ۶

۲- فصل دوم: پیشینه پژوهش ۷

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- فن آوریهای جدید برای گرمایش و سرمایش گلخانه ۸

۲-۲-۱- سامانه مخزن آبی ۸

۲-۲-۲- مخزن گرمایی بستر سنگی ۱۱

۲-۲-۳- مخزن مواد فاز متغیر ۱۳

۲-۲-۴- دیوار شمالی ۱۴

۲-۲-۵- سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا ۱۵

۲-۳- سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا ۱۵

۲-۳-۱- نکات مهم در طراحی سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا ۱۸

۲-۳-۲- کاربرد سامانه مبدل گرمایی در مناطق مختلف جهان ۱۹

۲-۳-۳- ضریب عملکرد(COP) ۲۴

۲-۳-۴- مزایا و محدودیت های استفاده از سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا ۲۵

۲-۳-۵- عوامل مؤثر بر عملکرد سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا ۲۷

۳- فصل سوم: مواد و روش ها ۳۱

۳-۱- مقدمه ۳۱

۳-۲- ابزار ولوازم مورد نیاز ۳۱

۳-۳- مراحل ساخت سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا ۳۲

۳-۴- انجام آزمایش ۳۴

۳-۵- مقدمات و مراحل انجام آزمایش ۳۸

٤- فصل چهارم: نتایج و بحث ۳۹

۴-۱- مقدمه ۳۹

۴-۲- بررسی تغییرات دمای خاک، محیط و دمای هوای خروجی از لوله ۴۰

۴-۲-۱- آزمایش گرمایش ۴۰

۴-۲-۲- آزمایش سرمایش ۴۳

۴-۳- گرمایش در سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا ۴۶

۴-۴- سرمایش در سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا ۵۷

۴- ۵- محاسبه انرژی گرمایی مبادله شده و ضریب عملکرد ۶۷

۵- فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۱

۵-۱- نتیجه گیری ۷۱

۵-۲- پیشنهادات ۷۳

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل۲-۱: سامانه گرمایش غیر فعال گلخانه با مخزن آبی ۹

شکل۲-۲: گلخانه با مخزن بستر سنگی در داخل گلخانه ۱۲

شکل۲-۳: نمای نیمرخ از یک گلخانه با دیوار شمالی ۱۵

شکل۲-۴: نمونه یک سامانه مبدل گرمایی زمین با جریان هوا برای کاربرد گلخانه ای ۱۷

شکل ۲-۵: نحوه عملکرد سامانه مبدل گرمایی در زمستان ۱۸

شکل ۲-۶: نحوه عملکرد سامانه مبدل گرمایی در تابستان ۱۸

شکل ۳-۱: مراحل نصب سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا ۳۲

شکل۳-۲: طرح شماتیک برای محل قرار گیری دماسنج، بادسنج ودمنده ۳۴

شکل۳-۳: نمایش سه مقطع سامانه مبدل گرمایی ۳۵

شکل۳-۴: نحوه انجام آزمایش ۳۶

شکل۴-۱: نموداردمای خاک(T_s)، دمای محیط(T_a) و دمای هوای خروجی در حالت گرمایش..... ۴۲

شکل۴-۲: نمودار دمای خاک(T_s)، دمای محیط(T_a) و دمای هوای خروجی در حالت سرمایش..... ۴۲

شکل۴-۳: نموداردمای خاک(T_s)، دمای محیط(T_a) و دمای هوای خروجی در حالت گرمایش ۴۵

شکل۴-۴: نمودار دمای خاک(T_s)، دمای محیط(T_a) و دمای هوای خروجی در حالت سرمایش ۴۵

شکل۴-۵: اثر جنس لوله بر اختلاف دمای ورودی و خروجی ۴۸

شکل ۴-۶: اثر سرعت جریان هوا بر اختلاف دمای خروجی و ورودی ۴۸

شکل۴-۷: اثر عمق دفن لوله ها بر اختلاف دمای ورودی وخروجی ۴۹

شکل۴-۸: اثر طول لوله بر اختلاف دمای ورودی وخروجی ۴۹

شکل ۴-۹: اثر متقابل عمق دفن وطول لوله(AB) بر اختلاف دمای بدست آمده از سامانه ۵۰

شکل ۴-۱۰: اثر متقابل طول لوله و سرعت جریان هوا (BD) بر اختلاف دما ۵۱

شکل ۴-۱۱: اثر متقابل عمق، طول و سرعت جریان هوا (ABD) بر اختلاف دما ۵۲

شکل ۴-۱۲: اثر متقابل سرعت جریان هوا و عمق دفن(AD) بر اختلاف دما ۵۳

شکل ۴-۱۳: اثر متقابل جنس لوله وسرعت جریان هوا(CD) بر اختلاف دما ۵۵

شکل ۴-۱۴: اختلاف دمای به دست آمده ازسطوح مختلف(BCD) در لوله با عمق۲ متر..... ۵۶

شکل۴-۱۵: اختلاف دمای به دست آمده از سطوح مختلف (BCD) در لوله با عمق۴ متر ۵۷

شکل۴-۱۶: اثر عمق دفن بر اختلاف دمای ورودی و خروجی ۵۹

شکل۴-۱۷: اثر جنس لوله بر اختلاف دمای ورودی وخروجی ۵۹

شکل۴-۱۸: اثر سرعت جریان هوا بر اختلاف دمای ورودی و خروجی ۶۰

شکل۴-۱۹: اثر طول لوله بر اختلاف دمای ورودی و خروجی ۶۰

شکل۴-۲۰: اثر متقابل عمق دفن وطول لوله(AB) بر اختلاف دما ۶۱

شکل۴-۲۱: اثرات متقابل سرعت با عمق طول لوله (ADو BD) بر میزان اختلاف دما ۶۲

شکل۴-۲۲: اثر متقابل سرعت جریان هوا با جنس لوله (CD) در اختلاف دما ۶۳

شکل ۴-۲۳: اثر متقابل عمق، طول و سرعت جریان هوا (ABD) بر اختلاف دما ۶۴

شکل۴-۲۴: اختلاف دما ناشی از سطوح مختلفBCD در لوله با عمق ۲ متر ۶۶

شکل ۴-۲۵: اختلاف دما ناشی از سطوح مختلف BCD در لوله با عمق۴ متر ۶۶

۱- فصل اول: مقدمه واهداف

۱-۱- مقدمه

هدف اولیه استفاده از گلخانه تولید محصول در خارج از فصل کاشت و به مقدار به مراتب بیشتر از روش های متعارف می‌باشد که این امر با کنترل وتنظیم دما و دیگر پارامترهای محیطی دربهترین حالت در مراحل مختلف رشد گیاه فراهم می‌شود. مطالعات نشان داده اند که استفاده از یک سیستم گرمایشی (یا سرمایشی) مناسب تأثیر معنی داری برروی زمان کاشت ، مقدار و کیفیت محصول مورد نظر دارد (ستی و شارما، ۲۰۰۸).

گلخانه ها به مقدار زیادی انرژی مصرف می‌کنند که عمده آن به صورت گرمایی می‌باشد. بطوری که در گرمایش سنتی ۱۵ تا ۲۵ درصد از هزینه محصولات مربوط به تأمین گرمایش گلخانه می‌باشد (هالمولر، ۲۰۰۲).

مبحث انرژی مسأله ای است که روز به روز بر اهمیت آن افزوده می‌شود. محدود بودن سوخت های فسیلی، پایان پذیر بودن این منابع، آلودگی های زیست محیطی ، اثرات زیان بار ناشی ازمصرف سوخت های فسیلی بر جو (اثرگلخانه ای[1]) و همچنین عدم دستیابی بشر به منابع انرژی مطمئن و ارزان قیمت باعث شده است که بسیاری از کشورها مسئله انرژی را در اولویت مسائل خود قرار دهند.

یکی از منابع انرژی مطمئن و سهل الوصول که تقریباً در بسیاری ازنقاط زمین قابل دسترسی است انرژی لایزال خورشیدی می‌باشد. منبع تمام انرژی های غیر هسته ای که توسط انسان ها استفاده می-شوند انرژی خورشیدی می‌باشد. این انرژی ها نه تنها شامل تابش مستقیم خورشید، بلکه شامل انرژی های باد، بیوماس، سوخت های فسیلی، زغال سنگ و نفت می‌شوند.

بعضی ازمنابع انرژی تجدید پذیر هستند، یعنی اینکه با مصرف آنها، منبع تولید کننده آن تا زمان حیات بشر به پایان نمی‌رسد. بعضی از منابع انرژی تجدید پذیر ثانویه شامل انرژی باد ، انرژی موج دریا، نیروی محرکه آب، انرژی زمین گرمایی می باشند که این انرژی ها، منابع انرژی خورشیدی غیر مستقیم می‌باشند.

استفاده از انرژی خورشیدی درتولید محصولات گلخانه ای در دو دهه اخیر چندین برابر شده است (ستی و شارما، ۲۰۰۸). انرژی های تجدید پذیر به دلیل تأثیری که بر کاهش آلودگی محیط زیست و سازگاری با زندگی بشر دارند، اخیراً مورد توجه بسیاری قرار گرفته اند. امروزه به دلیل افزایش آلودگی محیط زیست کشورهای صنعتی بزرگ در صدد کاهش تولید گازهای گلخانه ای بر آمده اند. پروتکل کیوتو بر روی کاهش تولید گازهای گلخانه ای تأکید می کند. این پروتکل دو هدف را دنبال می‌کند:

[1] - Greenhouse effect

۱. اول از همه تلاش برای تولید انرژی الکتریکی با راندمان بالا. یعنی اینکه طرح های قدیمی تولید انرژی را با طرح های جدید تر جایگزین کنند (استفاده ازانرژی های نو وتجدید پذیر).

۲. ثانیاً به نحوه مصرف انرژی نیز توجه شود. یعنی اینکه در فرایندهای ساختمان سازی و غیره به راه های صرفه جویی در مصرف انرژی نیز توجه شود.

این امر نه تنها مصرف انرژی الکتریکی را کاهش می دهد بلکه به ما در ذخیره منابع انرژی نیز کمک می‌کند (پاپ و جینسنز ۲۰۰۳).

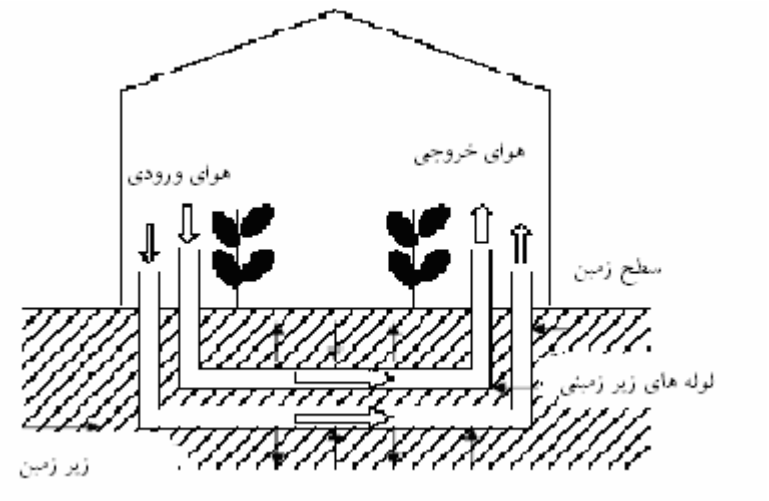
دانشمندان و محققان روش های مختلفی را برای گرمایش و سرمایش گلخانه ها با استفاده از انرژی های تجدید پذیر ارائه کرده اند که تعدادی از آنها عبارت اند از: مخزن آب، مخزن بسترسنگی، دیوار شمالی ، کولکتور خورشیدی زمین هوا، سامانه مبدل گرمایی زمین با هوا (ستی و شارما، ۲۰۰۸).

۱-۲- طرح مسئله

استفاده ازپتانسیل گرمایی زمین برای کاربردهای گرمایش و سرمایش گلخانه درطول سال های اخیر افزایش چشمگیری یافته است. دمای زیر سطح زمین درعمق های ۴-۳ متر در طول سال تقریباً ثابت باقی می‌ماند. باتوجه به اینکه در زمستان دمای زیرزمین بالاتر از دمای محیط است و در تابستان دمای زیرزمین کمتر از دمای محیط است، ازاین پتانسیل ذخیره سازی زمین می توان برای کمک به گرمایش گلخانه در زمستان و خنک سازی گلخانه درتابستان استفاده کرد (ستی و شارما، ۲۰۰۸).

سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا به طور اساسی شامل لوله های زیر زمینی و سیستم جریان هوا می‌باشد که جریان هوای به طور اجباری از داخل لوله ها عبور می‌کند (شکل۱-۱). لوله ها معمولاً در زیر زمین در طول گلخانه به صورت U شکل قرار داده می‌شوند، به طوری که دو انتهای لوله از خاک بیرون می آیند. نقاط ورودی وخروجی جریان هوا در دو انتهای لوله ها واقع می‌شوند. هوای داخل گلخانه توسط دمنده به داخل لوله های زیر زمینی فرستاده می‌شود. هوا ازیک انتها در داخل لوله به

جریان می‌افتد و با خاک تبادل حرارت انجام داده (در زمستان حرارت از خاک به هـوا و در تابـستان از هوا به خاک منتقل می‌شود) از انتهای دیگر لوله خارج می‌شود و باعـث گرمـایش یـا سـرمایش گلخانـه می‌گردد (ستی و شارما، ۲۰۰۸).



شکل۱-۱: تبادل گرمایی خاک و هوا در سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا (ستی و شارما، ۲۰۰۸)

جنس لوله ها در این سیستم می‌تواند فلزی، پلاستیکی یا بتنی باشد کـه بـه ورودی تهویـه هـوای ساختمان ها یا گلخانه ها متصل شوند. این سیستم ها در اواخر دهه ۷۰ و اوائل دهـه ۸۰ مـیلادی مـورد توجه قرار گرفتند. اما برای کاربرد در ساختمان های مسکونی محدودیت هایی دارند که عمدتاً بـه دلیـل کیفیت پایین هوای مورد استفاده می‌باشد (به دلیل رشد قارچی وباکتریایی در لوله ها). اما این عامل برای کاربرد در گلخانه ها و دامداری ها عامل محدود کننده جدی نمی‌باشد.

اصطلاحات گوناگونی برای نام گذاری این سیستم به کار می رود که بعضی از آنها عبارت انداز: لوله های زمینی[1]، لوله های دفن شده[2]، مبدل گرمایی هوا به خاک[3]، لوله هوای زیر زمینی[4] و مبدل گرمایی زمین به هوا[5](تونارد، ۲۰۰۷). نظر به اینکه هم اکنون در سیاست های دولت به بهره وری مصرف انرژی و جایگزینی انرژی های فسیلی با منابع تجدید پذیر توجه خاصی می‌شود و در آینده نزدیک و با حذف یارانه ها از سوخت این موضوع جدی تر نیز خواهد شد؛ در این طرح به بررسی راندمان سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا در شرایط آب و هوایی مشهد پرداخته خواهد شد.

۱-۳- اهداف

هدف از این تحقیق بررسی عوامل مؤثر بر سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا در شرایط آب و هوایی دشت مشهد می‌باشد. در این تحقیق تأثیر عواملی مانند عمق قرار گیری لوله ها، سرعت جریان هوا، طول و نوع لوله و نحوه تأثیر این عوامل بر گرمایش و سرمایش در سامانه مبدل گرمایی بررسی می‌شود. آزمایش ها در این تحقیق شامل گرمایش و سرمایش می‌باشد که به صورت زیر انجام شدند.

الف: آزمایش برروی لوله پلاستیکی، با دو عمق دو طول و سه سرعت مختلف ، و با سه تکرار می‌باشد.

ب: آزمایش بر روی لوله آهنی، با دو عمق دو طول و سه سرعت مختلف، و با سه تکرار می‌باشد.

ج: آزمایش های گرمایش و سرمایش برای بررسی بهترین زمان استفاده از سامانه مبدل گرمایی.

در انتها نیز بهترین عملکرد سامانه از لحاظ دمای هوای خروجی و تبادل گرمایی با خاک، به وسیله تجزیه آماری پارامترهای تعیین کننده بر عملکرد سامانه ارائه می‌شود.

---

[1] - Earth tubes

[2] - Buried pipes

[3] - Air-to-soil heat exchanger

[4] - Under ground air pipe

[5] - Earth-to-air heat exchanger(EAHEX)

۱-٤- چیدمان کلی پایان نامه

در این پایان نامه عوامل مؤثر بر عملکرد سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا در شرایط آب و هوایی دشت مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. مطالبی که در فصول مختلف این تحقیق آورده شده اند عبارت انداز:

فصل اول: در این فصل ابتدا به معرفی کلی سامانه مبدل گرمایی پرداخته شده و سپس اهمیت و ضرورت آن، مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل دوم: این فصل شامل پژوهش های صورت گرفته در رابطه با پارامترهای مؤثر بر سامانه مبدل گرمایی می‌باشد که در کشورها و مناطق مختلف جهان انجام شده است. روش های مورد استفاده دیگران برای انجام آزمایشات به روش علمی، برای تدوین روش های صحیح در این طرح مورد توجه قرار گرفته اند.

فصل سوم: در این فصل مواد و ابزار مورد نیاز، مراحل احداث سامانه مبدل گرمایی، تعیین طرح آماری مناسب، نحوه انجام آزمایشات و روش های تهیه داده های حاصل از آزمایش و آنالیز داده ها در نرم افزار آماری مورد استفاده، توضیح داده شده است.

فصل چهارم: داده های آماری به دست آمده از فصل سوم، در این فصل به منظور حصول نتایج، مورد بحث وبررسی قرار گرفته و با نتایج دیگر محققین انطباق داده شده است.

فصل پنجم: با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهادات عملی و اجرایی در این فصل ارائه گردید.

۲- فصل دوم: پیشینه پژوهش

استفاده از خاصیت ذخیره سازی زمین برای گرمایش و سرمایش یک ایده جدید نیست، بلکه ایده استفاده از آن به زمان باستان بر می‌گردد. این فن آوری در طول تاریخ از زمان یونان باستان در قبل از میلاد مسیح تا دوران اخیر استفاده می‌شده است (سانتاماریوس و آسیماکوپولوس ۱۹۹۶). برای مثال ایتالیایی ها در قرون وسطی از غار یا مکان های کنده شده که کالوولی[1] نامیده می‌شدند برای پیش گرمایش یا پیش سرمایش هوا قبل ازورود به ساختمان استفاده می‌کردند.

سامانه ای که امروزه استفاده می‌شود شامل لوله های دفن شده است که هوا از بین آنها توسط دمنده جریان می‌یابد. در طول تابستان هوای ورودی به ساختمان سرد می‌باشد به علت این که دما در اطراف مبدل گرمایی کمتر از دمای محیط می‌باشد. در زمستان که دمای محیط کمتر از دمای زیر زمین می‌باشد فرایند بر عکس اتفاق می‌افتد و هوا پیش گرم می‌شود.

[1] - Colvoli

۲-۲- فن آوری های جدید برای گرمایش و سرمایش گلخانه

سامانه های نوین گرمایش و سرمایش گلخانه به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱. سامانه های گرمایش فعال[1]

دراین سامانه گرمایش، ازآب یا هوا برای انتقال گرما استفاده می کنند که توسط یک دمنده یا پمپ عملیات پمپاژ انجام می‌شود. تعدادی از این سامانه ها عبارت انداز: کولکتور خورشیدی ، سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا، انرژی زمین گرمایی.

۲. سامانه های گرمایش غیر فعال[2]

در این سامانه نیز از آب یا هوا برای انتقال گرما استفاده می‌شود با این تفاوت که هیچ دمنده یا پمپی استفاده نمی‌شود (بدون هیچ جریان اجباری هوا یا آب) بلکه جریان آب و یا هوا در اثر گرادیان دما به خودی خود بوجود می‌آید. تعدادی از این سامانه ها عبارت انداز: سامانه مخزن آبی ، سامانه دیوارشمال، سامانه حوض آب. در اینجا به توضیح مختصری درباره این سامانه ها پرداخته می‌شود.

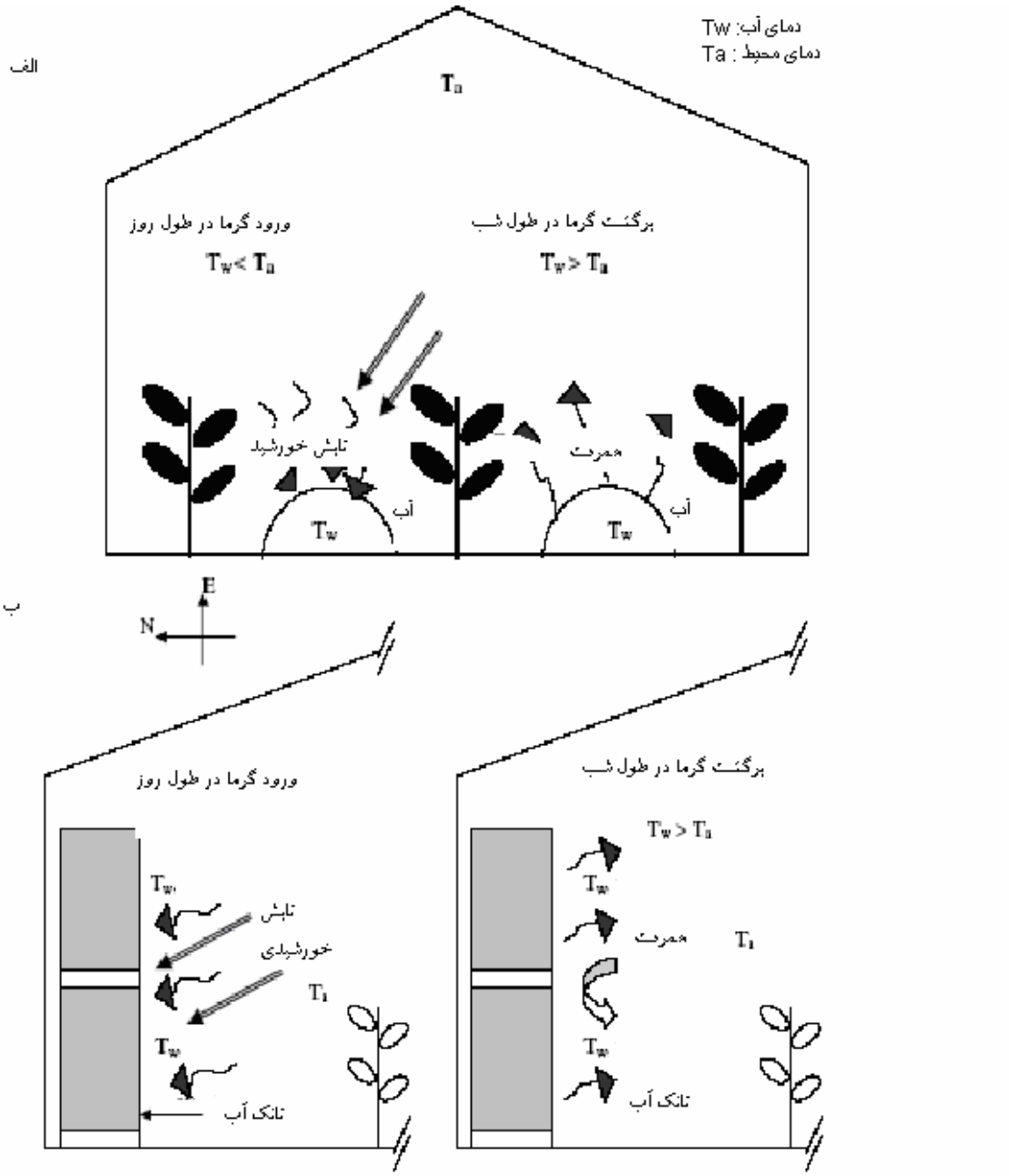
حال به توضیح مختصری درباره این سامانه ها می‌پردازیم.

۲-۲-۱- سامانه مخزن آبی[3]

دراین سامانه کیسه های پلاستیکی یا تانک هایی (بشکه) از آب پر می‌شوند و در داخل گلخانه در مسیر بین ردیف های گیاهان قرار می‌گیرند (شکل۲-۱). مخزن آب در طول جهت شمالی گلخانه مانند کولکتور خورشیدی و مخزن گرما عمل می‌کند. این سامانه تشعشعات خورشید را در طول روز جذب کرده، به دام می‌اندازد. در طول شب که خورشید نمی‌تابد و دمای محیط کاهش می‌یابد مخزن پلاستیکی

[1] - Active methods
[2] - passive methods
[3] - Water storage system

گرمای خود را بر اثر تشعشع و همرفت بـه محـیط پـس مـی‌دهـد. علـت اینکـه از آب در ایـن مخـازن پلاستیکی استفاده می شود ظرفیت گرمایی بالای آن می باشد (ستی و شارما،۲۰۰۸).



شکل۲-۱: سامانه گرمایش غیر فعال گلخانه با مخزن آبی در الف) کیسه هـای پلاسـتیکی و ب) تانـک هـای آب (ستی و شارما،۲۰۰۸)

وسیله ذخیره گرمایی می‌تواند خارج ازگلخانه هم قرار گیرد ولی باید بـه طریقـی گرمـای جـذب شده توسط مخزن آبی را به گلخانه منتقل کرد.

هنگامی که درطول روز خورشید می‌تابد به خاطر اثر گلخانه ای که به وجود می‌آید دما در داخـل گلخانه افزایش می‌یابد. در این هنگام گرما از محیط گلخانه به مخـزن هـای آبـی کـه دمـای پـایینتری از محیط دارند، توسط همرفت و تشعشع منتقل می‌شوند. این عمل تا زمـانی کـه خورشـید مـی‌تابـد ادامـه می‌یابد و باعث گرم شدن مخزن آبی می‌شود. در شب که دمای محیط کاهش می‌یابد، گرمای ذخیره شده به محیط پس داده می‌شود تا اینکه دمای مخزن و محیط به تعادل برسند. در روز مخزن آبی نقـش خنـک کننده را انجام می‌دهد و این چرخه ادامه پیدا می‌کند (ستی و شارما، ۲۰۰۸). برای نمونـه ایـن سـامانه در یک گلخانه به مساحت ۵۰۰ متر مربع و با پوشش پلاستیکی برای کاشت گل در شهر سالونیکا[1] در کشور یونان مورد استفاده قرار گرفت. به این ترتیب که کیسه های پلی اتیلنی کـه از آب پـر شـده بودنـد را در امتداد ردیف های کاشت و نزدیک گیاهان قرار دادند. مقدارکل مخزن آب ۱۰ متـر مکعـب بـود. سـامانه قادر بود ۴-۲ درجه سانتیگراد دمای داخلی را از محیط گرمتر نگه دارد (گرافیادلیس، ۱۹۸۵).

در بعضی از تحقیقات یک لایه پلی اتیلنی با ضخامت ۳-۲ سانتیمتر در زیر کیسه هـای پلاسـتیکی و به منظور کاهش تلفات انرژی گرمایی به زیر زمین مورد استفاده قرار می گیرد. محدوده قطر کیـسه هـا بین ۲۳ تا ۲۵ سانتیمتراست.۷۰-۶۰ لیتر آب در هر متر از لوله قرار می‌گیرد. طـول لولـه از ۲ تـا ۱۲ متـر متفاوت است. این لوله ها ۳۰-۲۰ درصد ازسطح بدون کاشت گلخانه را می‌پوشاند(فوتیادس و همکاران، ۱۹۸۷a). سامانه مخزن آبی به دو صورت زیر استفاده می‌شود: الف: مخزن آب داخـل گلخانـه درتانـک های (بشکه های) آب و ب: مخزن آب خارج ازگلخانه کـه در اینجـا جزئیـات آنهـا مـورد بحـث قـرار می‌گیرد.

[1] - Salonika

الف: مخزن آب داخل گلخانه درتانکهای (بشکه های) آب

در این روش تانک های آب روی سطح زمین قرار داده می‌شوند. هر متر مکعب آب را در ۳۰ متر مربع از مساحت گلخانه ذخیره می‌کنند. تانک ها با رنگ های تیره رنگ آمیزی می شوند تا میزان جذب گرما افزایش یابد. با استفاده از این روش دمای هوای داخل گلخانه درزمستان ۲تا ۳ درجه بالاتر از دمای محیط می‌شود. در بعضی ازکاربردها، شار تشعشات خورشیدی روی تانک بوسیله یک منعکس کننده اشعه خورشیدی از دیوار شمال افزایش پیدا می‌کند. صفحات منعکس کننده دارای ضریب انعکاس۰/۸ – ۰/۷ می‌باشند. در یک مورد در آریزونا دمای هوای داخل گلخانه ۲۲-۱۶ درجه سانتیگراد بیشتر از دمای محیط خارج در زمستان ثبت شد. (نش و ویلیامسون، ۱۹۷۸)

ب: مخزن آب خارج ازگلخانه

دراین سامانه ترکیبی از مخزن آب زیرزمینی و مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا استفاده می‌شود. در طول روز آب به مبدل گرمایی خارج گلخانه پمپ می‌شود و گرمای اضافی خود را به آن تحویل می‌دهد. در طول این فرایند دمای هوای گلخانه پایین می‌آید (گرافیادلیس ،۱۹۸۵).

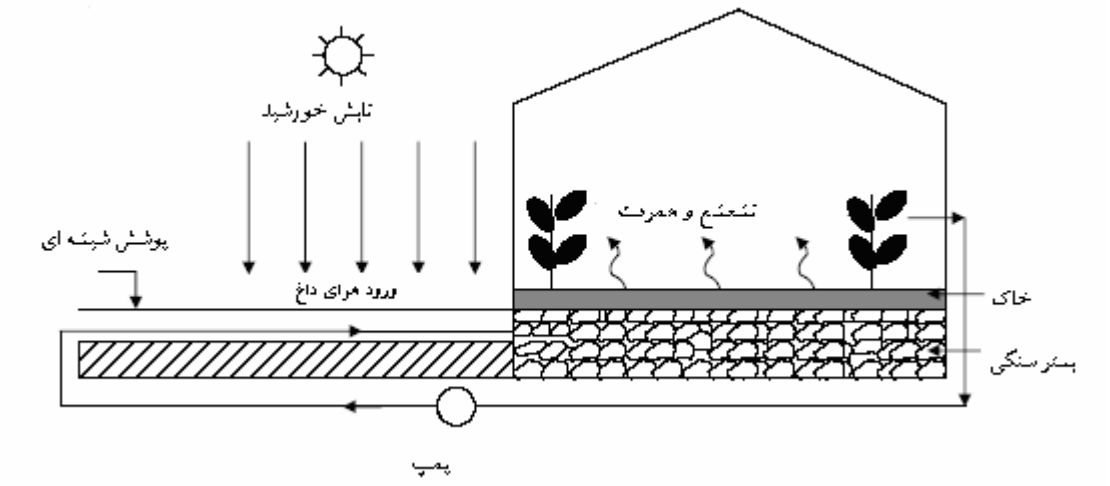
در طول شب لوله های زیرزمینی که درعمق زمین نصب شده اند دمایی بالاتر از دمای محیط (درفصل زمستان)دارند. با شروع به کار پمپ آب به گردش می افتد و باعث گرم شدن گلخانه می شود. (گرافیادلیس ،۱۹۸۵)

۲-۲-۲- مخزن گرمایی بستر سنگی[1]

یک ماده مرسوم و اقتصادی برای ذخیره گرما بستر سنگی (سنگریزه ،شن وآجر) می‌باشد. در این روش مخزن بستر سنگی بزرگ در زیر زمین در عمق های ۵۰-۴۰ سانتیمتر خارج گلخانه قرار می‌گیرد.

[1] - Rock bed thermal storage

سنگ ها می‌تواند توسط یک مخزن بتنی پوشیده شوند. درطول روز گرمای اضافی از داخل گلخانه به مخزن زیر زمینی خارج گلخانه منتقل می‌شود. این کارتوسط یک هواکش انجام می شود. در طول شب عکس فرآیند انجام شده و گرمایی که در طول روز بستر سنگی جذب کرده توسط هواکش به گلخانه پس داده می‌شود. هوای سرد از میان مخزن حرکت کرده گرما از میان سنگریزه ها به هوای سردتر منتقل می شود و سپس به داخل گلخانه برمی‌گردد (شکل۲-۲) (ستی و شارما، ۲۰۰۸).



شکل۲-۲: گلخانه با مخزن بستر سنگی در داخل گلخانه (ستی و شارما، ۲۰۰۸)

بستر سنگی شامل ۳-۲ سانتیمتر سنگریزه می باشد که درعمق ۰/۵ متری سطح زمین قرارداده می‌شود. در یک گلخانه ۴۰ متر مربعی با پوشش پلاستیکی ۲ لایه درتاشکند (شوروی سابق) به طورکلی ۲/۵ مترمکعب ازحجم گرمای مبادله شده برای ذخیره در۵/۷ تن سنگریزه استفاده شد. هوا ی داخل ۱۳ درجه سانتیگراد بالاتر از کمترین دمای خارج گلخانه (۵- درجه درژانویه) نگه داشته شد. سنگریزه به عنوان وسیله ذخیره گرما نسبت به بقیه مواد ترجیح داده می‌شود (آریزوف و نیازوف، ۱۹۸۰).

۲-۲-۳- مخزن مواد فاز متغیر[1]

مخزن گرمای نهان از مواد فاز متغیر(PCM) استفاده می‌کنند که یکی از بهترین راه های ذخیره گرما می‌باشد. بر خلاف بقیه روشها، مخزن گرمای نهان یک مخزن گرمای با چگالی بالا می‌باشد، که با یک اختلاف دمای کم بین گرمای ذخیره شده و رها شده یک مخزن با انرژی بالا فراهم می‌کند. دریک سیکل ذخیره گرمایی این مواد می‌توانند مقدار زیادی گرما را درتغییر حالت (فاز) از جامد به مایع (گرمای نهان ذوب) در یک دمای ثابت در حالت گذار ذخیره کند.(مثلا هنگامی که یخ صفردرجه ذوب می شود گرمای زیادی را جذب می‌کند تا به آب صفر درجه تبدیل شود). تعداد زیادی از مواد فاز متغیر وجود دارند که در یک محدوده دمایی وسیع ذوب و جامد می شوند، وکاربردهای زیادی برای آنها وجود دارد. خصوصیات این مواد هنگام ذوب شدن و جامد شدن در محدوده دمایی ۱۲۰-۰ درجه سانتیگراد بررسی شده اند. به هر حال مهمترین مواد آنهایی هستند که در دماهایی بین ۶۵-۱۵ درجه سانتیگراد ذوب می شوند که برای کاربردهای ذخیره گرما استفاده می شوند.(لین ،۱۹۸۰)

تعدادی ازمحققین در طول دو دهه گذشته از ترکیبات آلی مانند پارافین مومی شکل، نمک های هیدارته[2] و ترکیبات زود گداز[3] به عنوان مواد فاز متغیر برای کاربرد های گلخانه ای استفاده کرده اند. این نکته باید ذکر شود که محققین مواد زود گداز را ترجیح می دهند، زیرا این مواد همانند مواد معدنی نقطه ذوب مشخص و دقیقی دارند. همچنین این مواد دارای چگالی ذخیره انرژی حجمی بالاتری نسبت به ترکیبات آلی می‌باشند (فرید و همکاران، ۲۰۰۴).

---

[1] - Phase change material storage
[2] - Salt hydrates
[3] - Eutectic mixtures