

Centrum för solenergiforskning **Solar Energy Research Center**

Utvärdering av träslottets ekologiska kolonistuga i Arbrå

Tomas Persson och Klaus Lorenz

SERC

Avdelningen för energi,
miljö och byggande
Högskolan Dalarna
781 88 Borlänge

Tel: +46 23 778700

Tel: +46 23 778701

Besöksadress/Street adress:

Forskargatan 8

Borlänge



HÖGSKOLAN
Dalarna

ISSN 1401-7555

ISRN DU-SERC--65--SE

december 1999

**UTVÄRDERING AV TRÄSLOTTETS
EKOLOGISKA KOLONISTUGA I ARBRÅ**

Tomas Persson och Klaus Lorenz

ISSN 1401 - 7555
ISRN DU-SERC--65--SE
december 1999

FÖRORD

Under sommaren och hösten -99 utförde vi detta mätuppdrag på kolonistugan vid Träslottet i Arbrå. Arbetet har beställts från konsumentverket. Vi vill tacka alla som har bidragit med hjälp och stöd. Speciellt vill vi tacka Irja Persson, Josef Ghammachi och Niklas Persson vid Träslottet i Arbrå för att de varit mycket hjälpsamma och avsatt mycket tid i projektet. Speciellt får vi tacka Josef för att han installerade det aktiva solvärmesystemet. Utan Josef hade aldrig denna del kunnat genomföras.

Vi vill också tacka Arkitekt Lars Einarsson för hjälp med uppgifter om kolonistugan. Tack också till Torbjörn Jilar och Rolf Larsen vid Sveriges Lantbruksuniversitet, som tog fram information om växters härdighet. Tack också till Anna Gabrielsson vid Statens geotekniska institut för lämnande av uppgifter om egenskaper för mark.

Borlänge i december 1999

Tomas Persson och Klaus Lorenz

SAMMANFATTNING

Kolonistugan med lott i Arbrå är ett utställningsobjekt, som har byggts för att visa möjligheter med ekologisk odling på kolonilotten. Kolonistugan består av en växthusdel och en stugdel inredd med kök. Stugan har försetts med ett solvärmesystem, som ger tappvarmvatten och med ett luftsolvärmesystem som lagrar överskottsenergi i marken under växthuset. I denna rapport utvärderas den värmekniska funktionen hos luftsolvärmesystemet för växthuset och systemet för tappvarmvattenberedning. Arbetet har beställts av Konsumentverket. Målet med denna undersökning är att utvärdera funktionen hos solvärmesystemen, samt att påvisa eventuella brister i konstruktionen. Omfattande mätningar av temperaturer, solinstrålning och luftflöden har utförts under sommaren och hösten -99.

Luftsolvärmesystemets syfte är att förbättra växthusets odlingsklimat och att förlänga odlingssäsongen genom att dagtid ladda ett markvärmelager. Vid solsken startar en solcellsdriven fläkt och luft sugts från växthuset. På så sätt ventileras en del av överskottsvärmen bort från växthuset. Luften värms ytterligare, då den passerar genom en luftsolfångare. Därefter sugts luften ner genom kanaler i mellanväggen och vidare genom marken, där värmen avges. Luften släpps sedan ut utomhus igen.

Luftsolvärmesystemet visade sig fungera enligt den tänkta principen och har viss förlängande effekt på odlingssäsongen, men systemet är underdimensionerat för att det skall ge ett påtagligt resultat. Största problemet vad beträffar funktionen är att frostskyddet under kalla nätter inte är tillräckligt effektivt. Systemet klarar endast av att upprätthålla en temperatur på ca 5 grader över utetemperaturen. Systemet är i dagsläget inte särskilt effektivt, men har goda möjligheter att bli bättre om systemet dimensioneras omsorgsfullt och kompletteras med ytterligare installationer. Värmelagrets värmeöverförande yta kan ökas, genom att man bygger en tung värmeackumulerande mellanvägg av stenmaterial. Ett aktivt frostskydd med återcirkulation av luften genom markvärmelager och växthus nattetid är en annan lösning. Om man minskar värmeförlusterna genom att t.ex. använda tvåglasfönster får luftsolvärmesystemet också större effekt.

När systemet granskades i detalj upptäcktes en rad misstag, som försämrar systemets prestanda. Bland de största misstagen kan nämnas att stora temperaturförluster uppkommer när luften passerar genom mellanväggen på väg ner till markvärmelagret. Dessa förluster gör ingen nytta för att höja temperaturen i växthuset nattetid. Luftkanalerna i markvärmelagret har också förlagts på ett dumt sätt. Detta gör att värmeöverföringen mellan luften i kanalsystemet och marken försämras.

Tappvarmvattensystemet är avsett att producera varmvatten för hushållsbehov under sommaren. Varmvattnet skall räcka enbart till disk, eftersom det inte finns någon duschmöjlighet i stugan. Varmvattnet samlas in med solfångare och lagras i en ackumulatortank på 90 liter. Varmvatten bereds i genomströmning vid en varmvattentappning.

Insamlingen av solenergi fungerar bra och varmvattenproduktionen är god vid solig väderlek. Systemet samlar in energi motsvarande 45 liter varmvatten med en temperatur av 45°C under en solig dag. Systemets förmåga att lagra energi från en solig dag till en mulen dag är däremot dålig, eftersom värmeförlusterna från ackumulatortanken är stora. Orsaken är att ackumulatortanken är mycket liten (endast 90 l), relativt dåligt isolerad och har köldbryggor. Om vatten används som lagringsmedium i ackumulatortanken, måste den tappas av varje höst, för att inte frostsprängningar skall uppstå. Avtappningen har visat sig vara svår för en lekman att utföra.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND OCH SYFTE	4
2	PLANER OCH FASADER	5
3	LUFTSOLVÄRMESYSTEMET	6
3.1	Systembeskrivning	6
3.2	Mätutrustningen	6
3.3	Luftsofångaren	7
3.3.1	Konstruktion	7
3.3.2	Mätresultat	8
3.4	Mellanväggen	10
3.4.1	Konstruktion	10
3.4.2	Mätresultat	10
3.5	Markvärmelagret	11
3.5.1	Konstruktion	11
3.5.2	Mätresultat	11
3.6	Växtförhållanden	13
3.6.1	Växternas temperaturkrav	13
3.6.2	Mätresultat	14
3.7	Aktivt frostskydd med återcirkulation av luften	15
3.7.1	Konstruktion	16
3.7.2	Mätresultat	16
3.8	Fläkt och solcellspaneler	19
3.9	Slutsatser	19
4	TAPPVARMVATTENSYSTEMET	21
4.1	Systembeskrivning	21
4.2	Mätutrustningen	21
4.3	Solfångarkretsen	21
4.3.1	Mätresultat	21
4.4	Akkumulatortanken	22
4.4.1	Mätresultat	22
4.5	Slutsatser	25
5	LITTERATUR	26

1 BAKGRUND OCH SYFTE

Kolonistugan med lott i Arbrå är ett utställningsobjekt, som har byggts för att visa möjligheter med ekologisk odling på kolonilotten. Kolonistugan består av en växthusdel och en stugdel inredd med kök. Grundtanken är att även funktionshindrade skall kunna använda Kolonistugan. Stuga och växthus har miljöanpassats och stugan har försetts med ett solvärmesystem, som ger tappvarmvatten och med ett luftsolvärmesystem som lagrar överskottsenergi i marken under växthuset. Vidare kan man utrusta stugan med solceller och batterier för belysning, samt med ett markkyllt skafferi. Kolonistugan behöver därför inte anslutas till elnätet. Stor omsorg har lagts ner på materialval och systemval för att ge en god funktion och minimal miljöpåverkan.



Bild 1.1 Kolonistugan vid Träslottet i Arbrå. Vy från sydost.

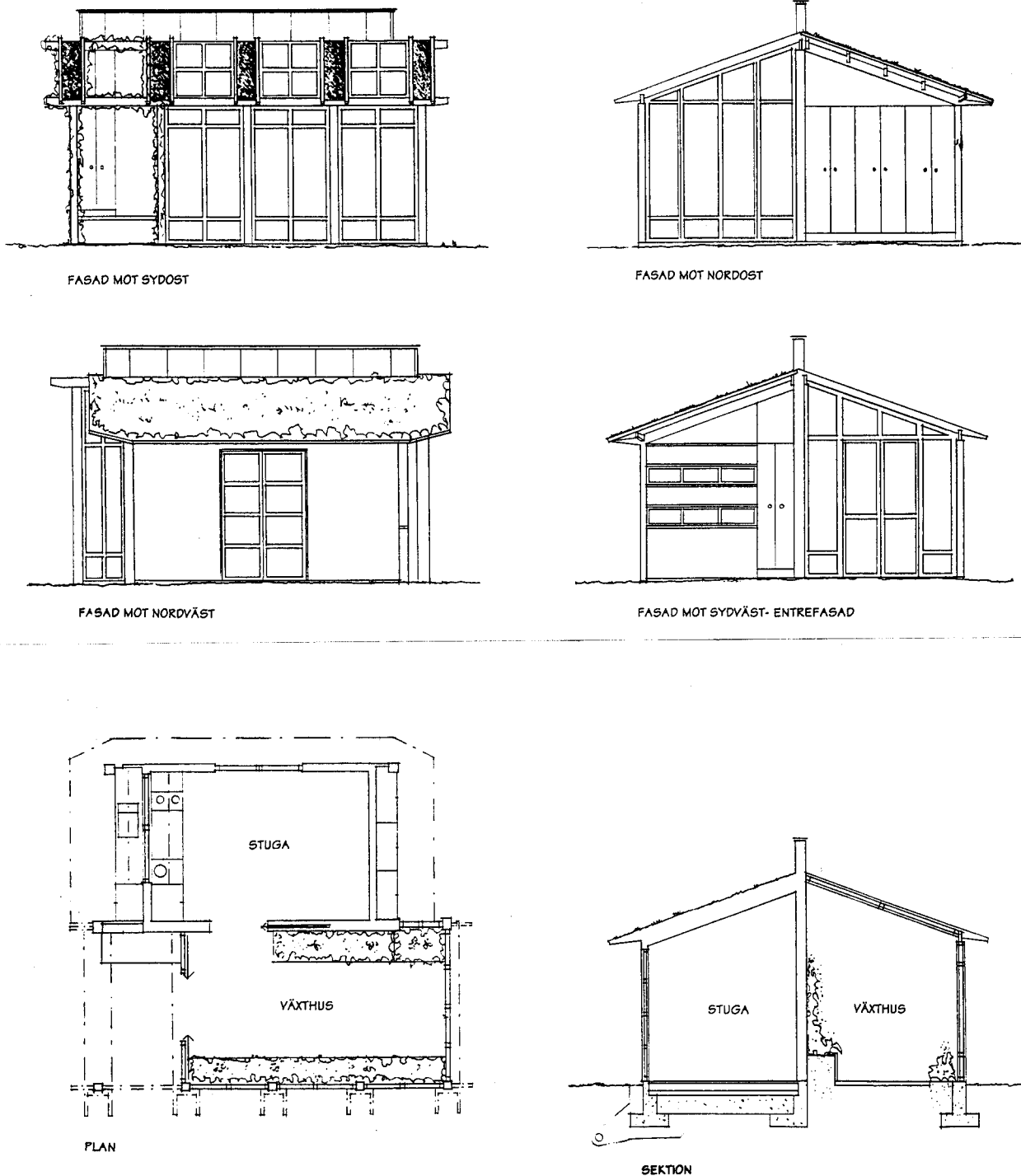
Kolonistugan har konstruerats i ett samarbete mellan Arkitekt Lars Einarsson, Träslottet, och SERC vid Högskolan i Dalarna. Kolonistugan har ritats av Lars Einarsson och systemförslag till installationerna har lämnats av SERC. För inredning och tillgänglighet svarar industridesigner Lena Landin Lorentzen och för trädgården svarar Irja och Håge Perssons Landskapsbyrå. Den första prototypen av Kolonistugan byggdes vid Vinterviken utanför Stockholm under våren 1998. Under sommaren -99 visades Kolonistugan även på bomässan H99 i Helsingborg.

Framtagning av stugorna har möjliggjorts främst med medel från Kulturhuvudstadsåret, Handikappinstitutet i Stockholm, Länsstyrelsen och Länsarbetsnämnden i Gävleborg, EU-bidrag, och Träslottet. Målsättningen med arbetet är att stugan skall komma i serieproduktion.

I denna rapport utvärderas den värmetekniska funktionen hos kolonistugan i Arbrå. Speciellt har det fokuserats på funktionen hos luftsolvärmesystemet för växthuset och systemet för tappvarmvattenberedning. Arbetet har beställts av Konsumentverket. Mätningar på kolonistugan i Arbrå har utförts under sommaren/hösten -99. Målet med denna undersökning är att utvärdera funktionen hos solvärmesystemen, samt att påvisa eventuella brister i konstruktionen.

2 PLANER OCH FASADER

Kolonistugan består av en stugdel och en växthusdel. Stugdelen har en köksbänk med kokmöjligheter och i växthusdelen finns möjligheter till odling. Nedan visas plan och fasadritningar över kolonistugan. Stugan är byggd av naturmaterial, i första hand trä med isolering av cellulosafiber från returpapper. I grunden används lättklinker och som golvmaterial i växthuset används marktegel.

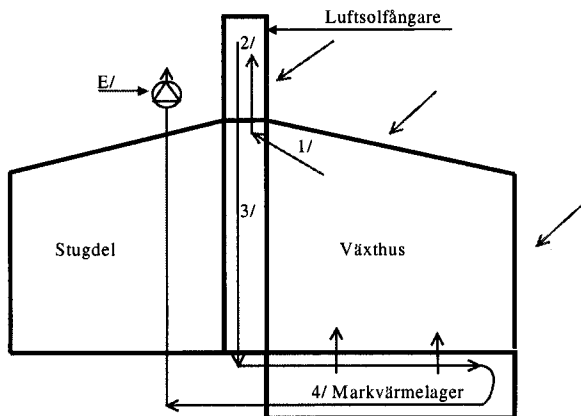


Figur 2.1. Plan och fasader över kolonistugan.

3 LUFTSOLVÄRMESYSTEMET

3.1 Systembeskrivning

Luftsolvärmesystemets syfte är att förbättra växthusets odlingsklimat och förlänga odlings-säsongen. Dagtid då solen skiner, ventileras en del av överskottsvärmen bort från växthuset och tillförs istället marken under växthuset. Figur 3.1 nedan visar ett principschema över systemet.



Figur 3.1. Principskiss över luftsolvärmesystemet med markvärmelager.

Funktion

Vid solsken startar den solcellsdrivna fläkten och luft sugas genom kanalsystemet. Luften tas från växthuset och värms ytterligare då den passerar genom luftsolångaren. Därefter sugas luften ner genom kanaler i mellanväggen och vidare genom marken, där värmen avges. Luften släpps sedan ut utomhus igen.

Hela växthuset är alltså tänkt att fungera som en stor solfångare. Uteluften skall förvärmas när den passerar genom växthuset och eftervärmas när den passerar genom luftsolångaren. Luften vädrar på så vis bort en del av överskottsvärmen från växthuset. Vid alltför höga temperaturer öppnas dock vädringsluckor automatiskt, för att inte växterna skall ta skada.

3.2 Mätutrustningen

Omfattande mätningar av temperatur och solinstrålning har utförts för att kontrollera om solvärmesystemen i kolonistugan uppfyller den funktion som var tilltänkt. På luftsolångarsystemet mättes lufttemperaturen vid solfångarens inlopp och utlopp samt lufttemperaturen vid inlopp och utlopp från marken. Dessutom mättes luftflödet i kanalsystemet. I marken mättes temperaturen på tre olika nivåer i markvärmelagret, i odlingsbäddarna och i marken utomhus framför växthuset (se figur 3.4). Dessutom mättes lufttemperaturen i växthuset, utelufttemperaturen och temperaturen i stugan samt solinstrålning mot luftsolångare och växthustak.

För mätvärdesinsamling användes en datalogger och en multiplexor, som gav möjlighet att logga mer än 30 olika mätpunkter. Kontinuerlig mätvärdesinsamling pågick from 22 juli tom 28 nov 1999. Mätvärdena medelvärdesbildades över 10-minutersintervall och lagrades i dataloggern. Varje natt överfördes insamlade data via ett mobilt GSM-modem till en dator på SERC.

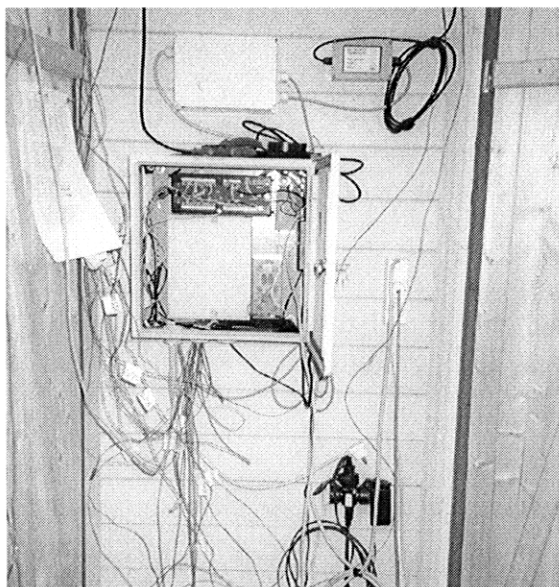
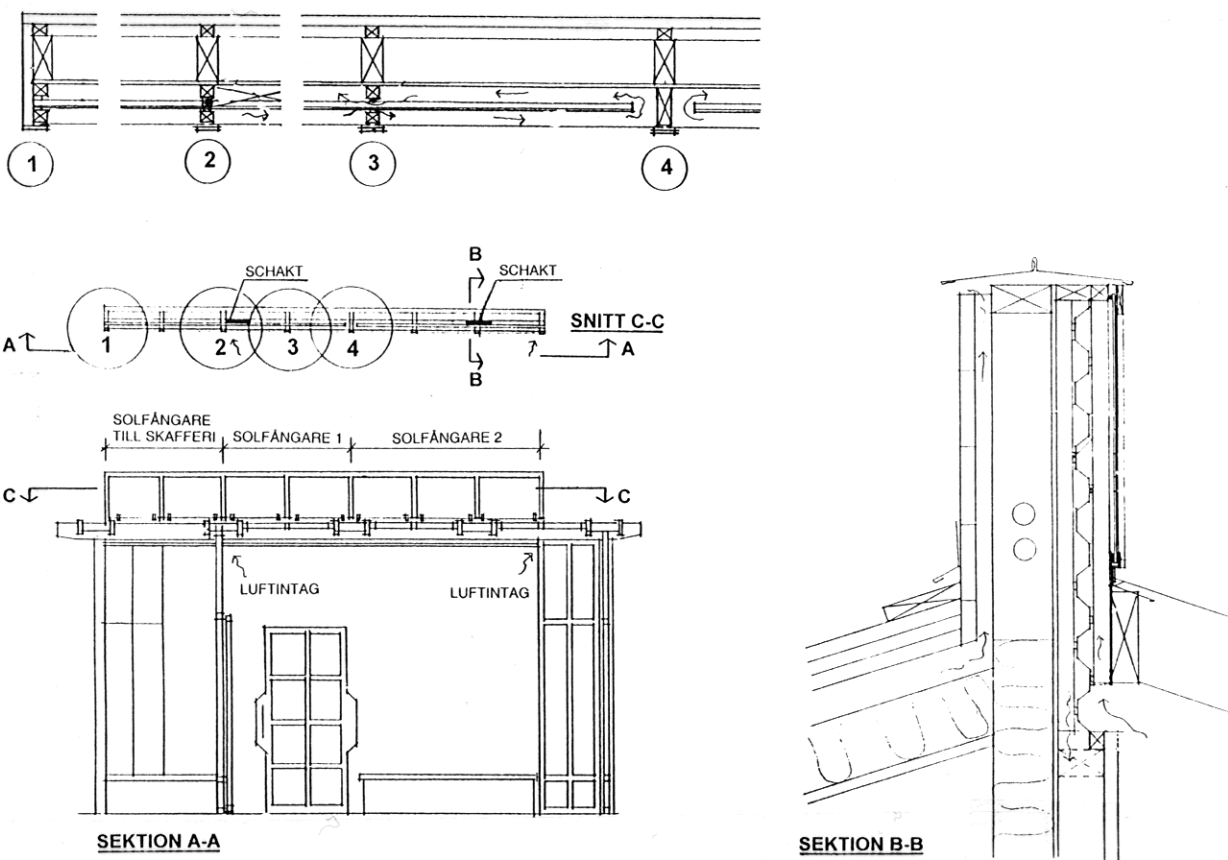


Bild 3.1. Mätutrustningen (datalogger och multiplexor) var monterad i ett skåp på kolonistugans östra gavel.

3.3 Luftsolfångaren

3.3.1 Konstruktion



Figur 3.2. Sektioner och snitt över luftsolfångaren och mellanväggen. Luftsolfångarens absorbator består av rödlackerad plåt. Täckningen utgörs av glas. Luften strömmar först mellan glaset och absorbatorn i sidled och sedan bakom absorbatorn åt andra hållet. Figurerna är ej skalenliga.

Figur 3.2 visar luftsolångarens konstruktion och uppbyggnad. Solångaren är uppdelad i tre olika sektioner, där luften strömmar parallellt. Sektionen längst till vänster är avsedd för att driva luft genom ett framtida markkyllt skafferi. De två sektionerna till höger används för att värma luften från växthuset, innan den passerar genom marken. Dessa båda sektioners sammanlagda area är 1m^2 .

Luften som sugas ut ur växthuset passerar först luftsolångaren, där den värms ytterligare några grader. Luftsolångarens absorbatör består av rödlackerad plåt. Täckningen utgörs av glas. Luften strömmar först mellan glaset och absorbatören i sidled och sedan på absorbatörens baksida åt andra hållet.

3.3.2 Mätresultat

Temperaturhöjning

Diagram 3.1 nedan visar temperaturhöjningen på luften när den passerar genom växthuset och luftsolångaren. Temperaturhöjningen på luften när den passerar genom växthuset är skillnaden mellan utetemperaturen (nedre kurvan) och den mellersta kurvan (inloppstemperaturen till solångaren). Luftsolångarens temperaturhöjning är sedan skillnaden mellan översta kurvan (utloppstemperaturen från solångaren) och den mellersta kurvan. Luftsolångarens temperaturhöjning är alltså ca 5°C . Temperaturhöjningen när luften passerar växthuset är ofta mer än 10°C .

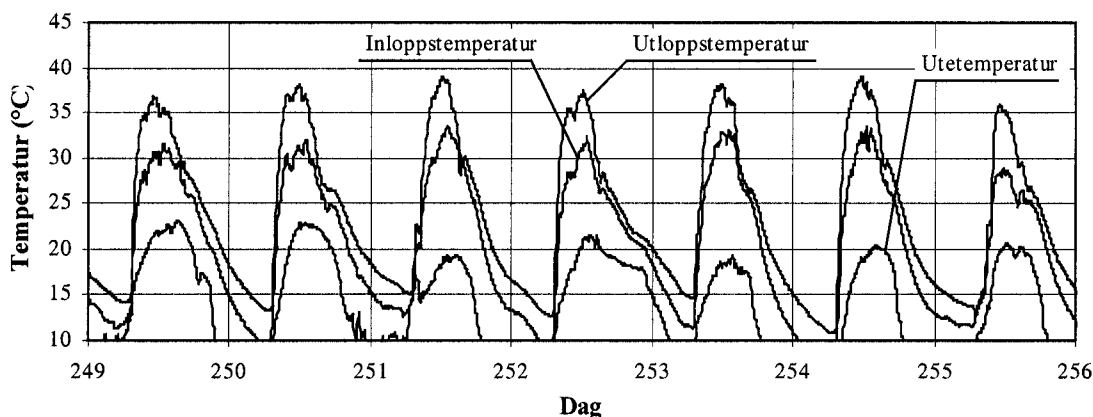


Diagram 3.1. Utetemperaturen, samt luftsolångarens in- och utloppstemperaturer under en solig vecka i september.

Luftsolångarens area

Luftsolångarens area är endast 1m^2 och detta begränsar den effekt som solångarna teoretiskt kan tillföra, eftersom solinstrålningen sällan uppgår till mer än $900\text{W}/\text{m}^2$. En temperaturhöjning av luften på 5°C innebär ett effekttillskott från solångaren på ca 400W . Solångarens area är i minsta laget för att den insamlade energimängden skall påverka funktionen avsevärt. Om solångarens area skall ökas, måste övriga komponenter i systemet beaktas så att de blir avpassade till varandra.

Tillgänglig energi

Mot växthusets tak infaller en solig dag i augusti mellan 65 och 90kWh per dygn. Luftvärme-systemet tar enbart hand om cirka 5kWh per dygn direkt från växthuset och cirka 2kWh tillförs från luftsolångaren. Luftsystemet bör kunna dimensioneras upp väsentligt för att kunna tillföra större energimängder till markvärmelagret.

Verkningsgrad

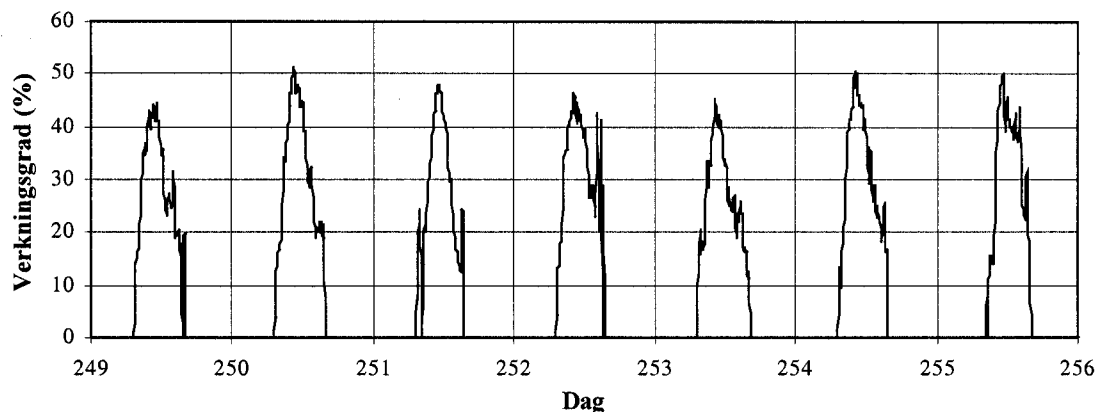


Diagram 3.2. Solfångarens verkningsgrad under några dagar i september.

Solfångarens verkningsgrad är ett bra mått på om solfångaren fungerar effektivt. Mätningarna visar att solfångaren har relativt hög verkningsgrad och god prestanda. Verkningsgraden definieras som insamlad effekt dividerat med instrålad effekt mot solfångaren. Av mätningarna att döma ligger solfångarens verkningsgrad på maximalt 40 till 50 %, men stor del av tiden är verkningsgraden under 30 %. En luftsol-fångare vid likartade driftvillkor har enligt Kreider, J. F & Kreith, F. (1981) en verkningsgrad på mellan 38 och 58 % beroende på solfångartyp. I en sådan jämförelse ligger luftsol-fångarens topprestanda inom denna gräns, men en stor del av solfångarens drifttid ligger prestanda betydligt lägre. Normalt sjunker verkningsgraden för en solfångare vid lägre solinstrålning. Detta kan vara en av orsakerna till att verkningsgraden är lägre under morgon och kväll. Även dynamiska effekter reducerar prestanda under förmiddagen.

Absorbtans

Eftersom absorbatoren målats röd, kan verkningsgraden ökas något om den istället målas svart. Svart färg har en absorbtans på ca 94 % som är något högre än för röd färg, som har en absorbtans på ca 85 - 90 %. Skillnaden mellan röd och svart färg är alltså inte så stor, men en ökad absorbtans ökar den absorberande solinstrålningen och därmed också verkningsgraden. Ev. saknas också isolering på solfångarens baksida. Om så är fallet bör den fortsättningsvis isoleras. Baksidesisoleringen påverkar kraftigt en solfångares värmeförluster och därmed också dess prestanda.

Åtgärdsförslag

Förbättringsförslag för luftsol-fångaren:

- Solfångarens baksida bör isoleras med minst 50 mm isolering om isolering saknas.
- Absorbatorns absorbtans kan ökas genom att använda svart plåt istället för röd.
- Öka solfångarens area

3.4 Mellanväggen

3.4.1 Konstruktion

Mellan luftsol-fångaren och markvärmelagret passerar luften genom mellanväggen mellan stugdel och växthus. Kanalerna i mellanväggen skall föra luften till markvärmelagret från respektive solfångare. I figur 3.2 kan man se kanalernas placering i mellanväggen. Luften leds genom en oisolerad kanal, som är byggd av bräder, takpapp och reglar. Det har också föreslagits att väggen skulle utföras av stenmaterial så att en dygnslagrade effekt skulle uppnås. Av kostnadsskäl valdes dock en enklare lättvägg av träreglar och bräder.

3.4.2 Mätresultat

Diagram 3.3 nedan visar att endast en liten del av det energitillskott som luftsol-fångarna tillför återstår, när luften når markvärmelagret. En stor del av värmen förloras när luften passerar genom väggen. Detta beror på att kanalen är dåligt isolerad, men det kan också bero på att kall luft sugts in genom håligheter i kanalerna. Vilket som är den största orsaken till temperaturförlusterna har inte kunnat fastställas genom mätningarna.

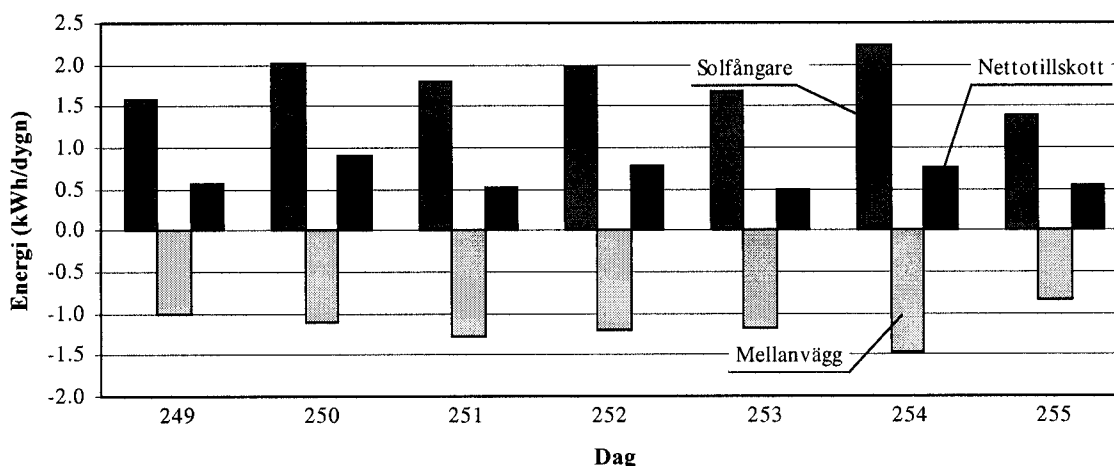


Diagram 3.3. Energitillskott när luften passerar genom solfångaren och energiförluster i mellanväggen samt nettotillskottet från kombinationen luftsol-fångare/mellanvägg.

Mellanväggen är av en mycket lätt konstruktion och har ingen dygnslagrande effekt. Energiförluster i mellanväggen dagtid har nästan ingen temperaturhöjande effekt i växthuset nattetid, så väggens enda uppgift är att transportera den varma luften från luftsol-fångaren till marken. Det är otvivelaktigt en stor fördel om kanalen som går genom mellanväggen utförs absolut tät och dessutom värmeisolerad för att undvika värmeförluster. Detta görs lättast, genom att låta den kanal som ligger i marken gå obruten upp till solfångaren, varpå kanalen isoleras vid passagen genom väggen.

Åtgärdsförslag

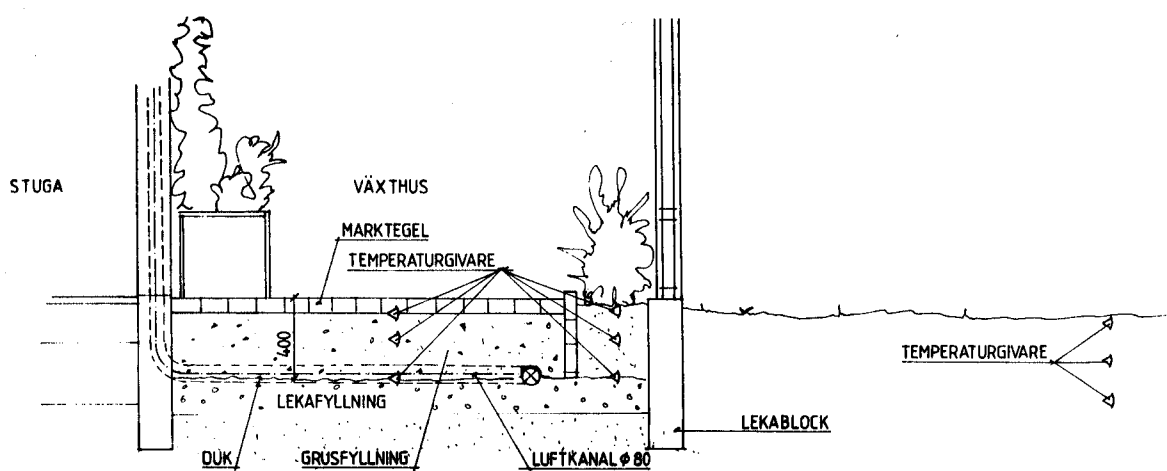
Förbättringsförslag för mellanväggen:

- Kanalernas utförande måste vara absolut tät. Kanalen bör därför inte byggas av lösvirke utan det är bättre om kanalen som används i marken går obruten upp till luftsol-fångaren.
- Kanalerna i mellanväggen skall värmeisolerad, så att inga värmeförluster uppstår.

3.5 Markvärmelagret

3.5.1 Konstruktion

Figur 3.3 nedan visar en sektion genom markvärmelagret med luftkanalerna, samt temperaturgivarnas placering. Markvärmelagret utgörs av ett gruslager med en tjocklek av 40 cm under växthuset. Lagrets totala volym är 3 m^3 . Luften passerar genom två parallella kanaler (diameter, 80 mm) förlagda under filtmattn, ner mot det underliggande isolerskiktet. I växthusets odlingsbäddar finns inga kanaler. Nedåt är lagret isolerat med lekakulor och åt sidorna med lekablock. Det finns inte någon relationsritning som beskriver kanalernas exakta placering, så kanallängd och placering är delvis okänd. Vid utplacering av temperaturgivare i marken, konstaterades bland annat på vilket djup som kanalerna hade placerats. Det konstaterades då också att kanalerna hade placerats under markduken ner mot isoleringen av lekakulor. Markduken skall hindra att gruset tränger ner i isoleringen.



Figur 3.3. Sektion genom markvärmelagret.

3.5.2 Mätresultat

Värmelagringsförmåga

Genom att beräkna värmelagrets volym, kan vi uppskatta den energimängd som är möjlig att lagra. Värmekapaciteten för sand är ca $0,35 \text{ kWh/m}^3\text{°C}$ (Larsson, R. 1989). Värmelagrets volym är ca 3 m^3 , vilket ger en lagringskapacitet av ca 1 kWh/°C . Lagrets medeltemperatur kan variera högst ca 10°C , utan att växterna skadas. Det betyder att den energimängd som kan lagras är som högst ca 10 kWh . Detta motsvarar den energimängd som behövs för att upprätthålla en temperatur av 10 grader över utetemperaturen i växthuset under fem timmar. Medeltemperaturen på lagret varierar som mest 6°C under ett dygn, vilket innebär att 6 kWh avges under en natt. Problemet med värmelagret är att tillräcklig energimängd inte kan avges till växthuset under en kall natt. Orsaken är att energiinnehållet i lagret är för litet, att golvytan som skall överföra värmen är för liten och att temperaturen på lagret är för låg.

Luftsystemets inverkan

Lagrets medeltemperatur varierar normalt mellan 5 och 6°C under ett soligt dygn. Detta motsvarar en energimängd av 5 till 6 kWh som tillförs under dagen och bortförs under kvällen och natten. Diagram 3.4 nedan visar den dagliga energimängden som tillförs markvärmelagret via luftsystemet. Luftsystemet tillför normalt mellan 2 och $2,5 \text{ kWh}$ per dygn under en solig dag i september. Den energi som tillförs värmelagret via luftsystemet är alltså mindre än hälften av vad som tillförs genom solinstrålning på markytan.

Vid ett så pass litet värmelager som detta är frågan om (endast 0,4 m djupt), är alltså luftsystemets energitillskott inte dominerande i energibalansen, även om det ger ett visst tillskott.

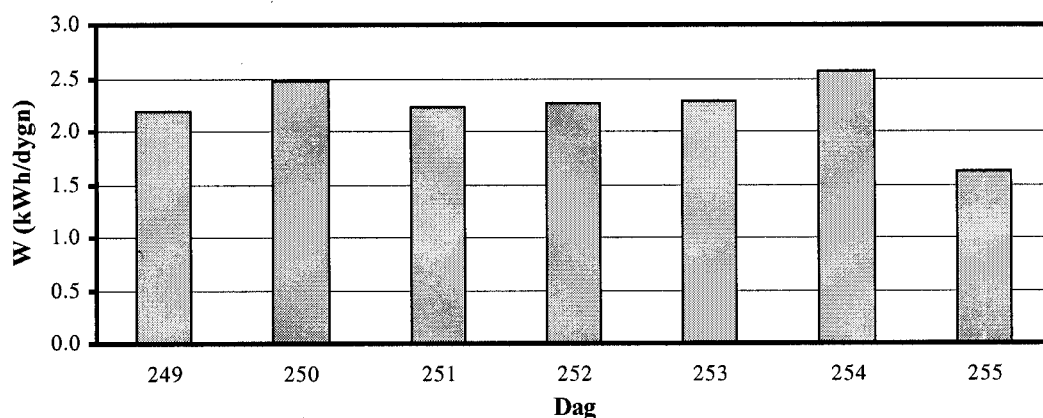


Diagram 3.4. Daglig tillförd energimängd till marken genom luftsolvärmesystemet, under en solig vecka i september.

Kanalernas förlägningsdjup

Genom att beräkna hur en temperaturstörning på markytan fortplantas i det aktuella lagringsmaterialet kan man få god förståelse och känsla för en mängd värmeledningsproblem (Nordell, B. & Söderlund, M. 1991). Bl.a. ger det en viss uppfattning av hur djupt de värmeöverförande kanalerna skall förläggas. En teoretisk beräkning säger att temperaturstörningens amplitud är 0,1 °C vid ett djup av 0,4 m. Mätningarna tyder på att temperaturstörningarna vid detta djup är betydligt större. Vi kan dra slutsatsen att djupet är ungefär det rätta att tillföra värme på, om värmen skall hinna nå markytan till natten.

Luftkanalernas värmeavgivning

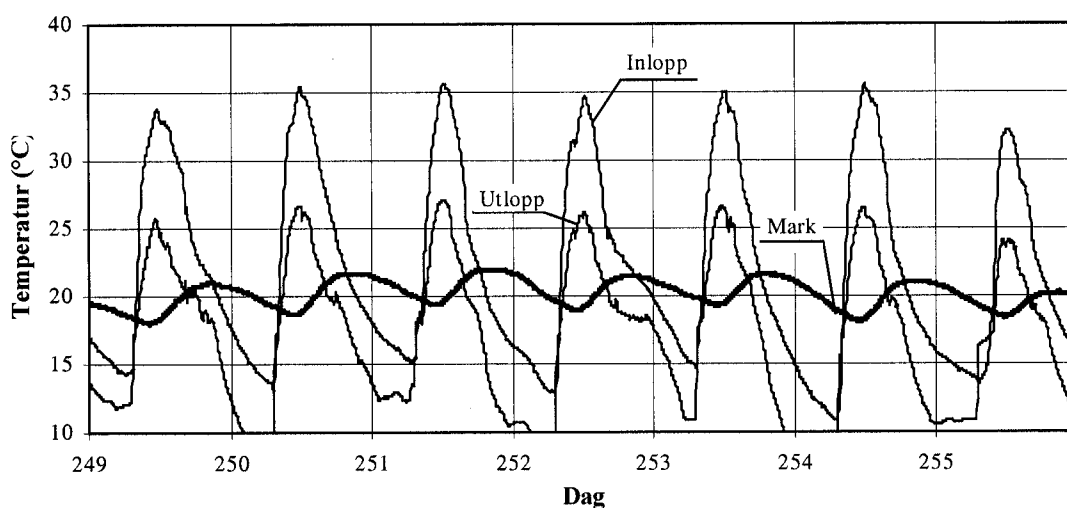


Diagram 3.5. Luftens inloppstemperatur och utloppstemperatur från markvärmelagret, samt medeltemperaturen i lagrets nedre del under en vecka i augusti. Medeltemperaturen är beräknad från de två nedre temperaturgivarna i lagret.

Diagram 3.5 visar luftens inlopps- och utloppstemperatur från markvärmelagret, samt lagrets medeltemperatur under en vecka i augusti. Inloppstemperaturen till lagret är som högst ca 35°C under dagen. Luften kyls till ca 25°C när den passerar värmelagret. Medeltemperaturen i markvärmelagret är mellan 18 och 22°C under hela veckan. Den värmeeffekt som tillförs marken är ca 500 W. Man vill att temperaturskillnaden mellan marken och luften i utloppet skall vara så liten som möjligt. För varje grad som luften kyls avges ytterligare 50 W.

Den överförda effekten kan höjas genom att öka temperaturskillnaden mellan luftens inlopp och utlopp. Inloppstemperaturen kan ökas genom att minska avkylningen av luften genom mellanväggen. Returtemperaturen kan sänkas genom att förbättra värmeöverföringen i markkanalen. Detta kan ske genom ett bättre förläggningssätt och genom att använda flera parallella kanaler (öka den värmeöverförande ytan). Dessa åtgärder bör kunna öka den inlagrade energimängden med 50 %.

Luftkanalerna skall placeras så att bästa möjliga värmeöverföring uppnås mellan luft och mark. Vi kan konstatera att luftkanalerna har placerats ogynnsamt med tanke på god värmeöverföring. Eftersom kanalen har placerats under filtmattna, ner mot lekakulorna utnyttjas endast halva rörets yta som värmeöverförande area mot gruset. Dessutom är värmeöverföringen på denna halva försämrade av att väven ligger mellan röret och gruset och fungerar som en isolering. Luftkanalen borde ha placerats i Grusbädden, med grus som omger hela kanalen.

Åtgärdsförslag

Förbättringsförslag för markvärmelagret:

- Förbättra värmeöverföringen genom att förlägga kanalen i gruset ovanför markduken.
- Förbättra värmeöverföringen i kanalsystemet genom att öka den värmeöverförande ytan. (flera parallella kanaler).

3.6 Växtförhållanden

3.6.1 Växternas temperaturkrav

Växternas temperaturkrav varierar för olika växter. Generellt kan man säga att de flesta växande plantor förstörs vid temperaturer på 43 - 44°C (Myrann, P. 1986). Lökar, knölar och frön är tåligare. Nordiska växter tål frost, medan många värmekrävande växthusplantor, däribland tomat och gurka dör redan vid temperaturer under +5 °C och tillväxten kan upphöra om temperaturen sjunker under 10 °C. Enligt Bævre, O.A. & Gislerød, H.R. (1992) kan köldskador uppstå på tomat och gurka redan vid temperaturer på 10 – 13°C.

Tabell 3.1. Rekommenderade temperaturer för tomat och gurka med avseende på tillväxt (Myrann, P. 1986).

	Tomat		Gurka
	Från påbörjad blomning till påbörjad skörd (°C)	Från påbörjad skörd till påbörjad röjning (°C)	(°C)
Jordtemperatur	18-22	-	20-22
Lufttemperatur, Natt	18-20	16-18	20-22
Lufttemperatur, Dag	20-22	18-20	26-28
Luftas vid	26	24	28

Optimal temperatur växlar med växtart och växtens ålder. Småplantor skall ha hög temperatur för att växa fort. När växterna närmar sig blomning är det ofta fördelaktigt med en något lägre temperatur. Temperaturer över 25 °C i jord och luft minskar kraftigt plantans villighet att sätta blom.

3.6.2 Mätresultat

Det finns en mycket stor mängd mätdata insamlade, men genom det extrema väder som rådde under hösten, har data med intressanta vädersituationer delvis uteblivit. Den första frostnatten inträffade inte förrän den 6 oktober. Medeltemperaturen under september månad var betydligt högre än normalt. Den låg på 11,9°C, vilket är ca 2,5°C över den normala månadsmedeltemperaturen för området.

Temperatur i odlingsbäddar

Temperaturen i odlingsbäddarna beror främst av utetemperatur och solinstrålning. I diagram 3.6 nedan redovisas dygnsmedelvärden för utetemperatur och marktemperatur i odlingsbäddar, samt solinstrålningen mot växthusets glastak. Temperaturen i odlingsbäddarna hålls på en acceptabel nivå, så länge som tillgången till sol är god och utelufttemperaturen inte är alltför låg. Men kring dag 260 (17 september) börjar marktemperaturen sjunka långt under lämplig odlings temperatur. Observera att detta sker då solinstrålningen plötsligt blir lägre.

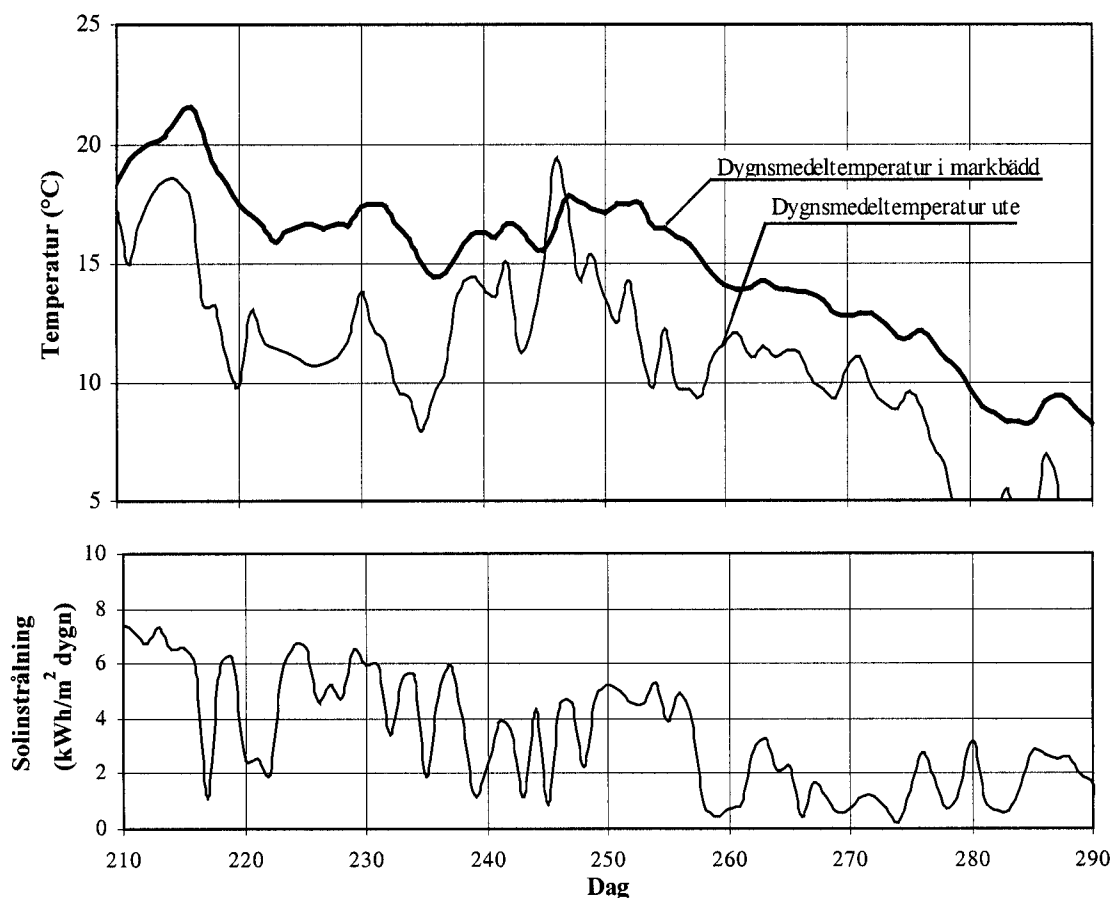


Diagram 3.6. Dygnsmedeltemperatur utomhus och i växthusets odlingsbädd, samt solinstrålning mot kolonistugans glastak under augusti, september och oktober.

Anledningen till att marktemperaturen hölls på en hög nivå, så pass länge beror huvudsakligen på att vädret var mycket gynnsamt under en stor del av september. Vi kan se t.ex. kring dag 235 att temperaturen i marken sjunker snabbt vid låg utetemperatur och solinstrålning, men också att den återhämtar sig snabbt igen vid god väderlek. Man kan också konstatera att temperaturen i markbädden inte vid något tillfälle är för hög så att växterna riskerar att ta skada. Snarare skulle den gärna få vara lite högre. Man bör alltså överväga om inte luftkanalerna även skall förläggas under markbäddarna.

Lufttemperaturen

Varma dagar luftas växthuset med automatiska fönsteröppnare om temperaturen i växthuset blir för hög. Detta gör att höga temperaturer som kan skada växterna undviks. Det är dock ett större problem med för låga temperaturer under kalla nätter. Diagram 3.7 nedan visar hur temperaturen i växthuset varierar under några kalla nätter.

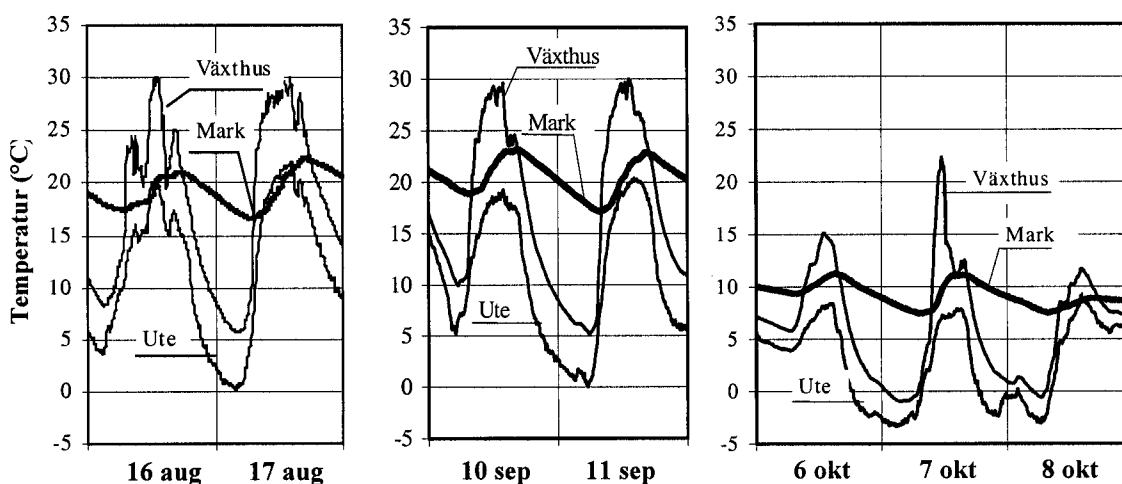


Diagram 3.7. Lufttemperaturen i växthuset, utetemperaturen samt medeltemperaturen i markvärmelagret under några dygn vid låg ute temperatur under natten.

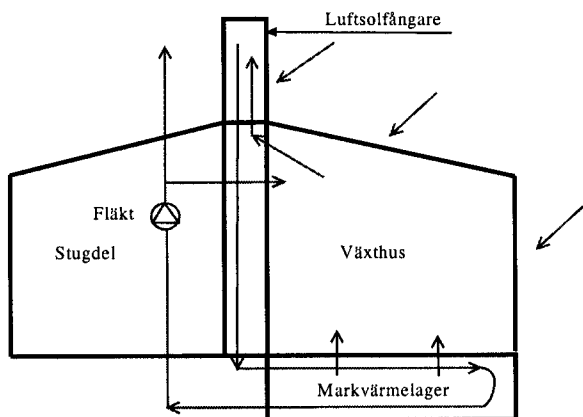
Temperaturen i växthuset nattetid hålls ca 5 grader över utetemperaturen, då värmelagret har en temperatur av ca 20°C. Detta betyder att effekttillskottet från marken till växthuset är ca 1000 W. Några riktigt kalla nätter då temperaturen i markvärmelagret fortfarande var hög inträffade inte denna höst. Den första frostnatten inträffade inte förrän i oktober och då var temperaturen i markvärmelagret endast 10°C och då hålls temperaturen i växthuset endast två till tre grader högre än utomhus. Detta passiva frostskydd där den varma marken skall hålla växthuset varmt är inte tillräckligt effektivt för att skydda växterna från temperaturer under 10°C vid kalla nätter i augusti och september. Den värmeavgivande ytan på markvärmelagret är för liten för att kunna avge tillräckligt mycket värme, eller så är värmeförlusterna är för stora.

3.7 Aktivt frostskydd med återcirkulation av luften

Att döma av kapitel 3.6 om växtförhållanden, så bör perioder då lufttemperaturen i växthuset understiger 10°C undvikas, för att växtklimatet skall vara acceptabelt för tomat och gurka. Av erfarenhet vet vi att frostnätter kan förekomma ända in i juni under våren och under hösten kommer frosten i början av september, vilken då riskerar att "knäcka växternas livsvilja". Vanligtvis uppträder också ett antal kalla nätter under sommaren, som gör att temperaturen i växthuset riskerar att sjunka under 10°C.

Vid kolonistugan i Arbrå utfördes under hösten försök med att låta luften återcirkulera genom marken och växthuset under kalla nätter, för att på så sätt öka värmeavgivningen från markvärmelagret. Tanken var att kunna öka energiuttaget ur markvärmelagret under kalla nätter för att på så sätt motverka låga lufttemperaturer i växthuset.

3.7.1 Konstruktion



Figur 3.4. Principkoppling av luftsystem med möjlighet till återcirkulation av luften vid låg utetemperatur. Sommartid släpps luften ut som vanligt, men höst och vår kan spjäll ställas om så att luften återledas till växthuset dygnet runt. När temperaturen blir för låg startas fläkten av en termostat i växthuset, där önskad minimitemperatur ställts in. Nattetid drivs fläkten med batteri och dagtid drivs fläkten direkt av solcellspanelen som vanligt.

Figur 3.4 visar schematiskt hur luftsolvärmesystemet modifierades, så att återcirkulation av luften möjliggjordes. I växthuset monterades en termostat, som startar fläkten vid inställd minimitemperatur. Under dessa test försågs fläkten med el från nätet via en transformator. Vid en riktig installation krävs dock att fläkten drivs med el från batterier, eftersom någon nätanslutning inte finns tillgänglig.

3.7.2 Mätresultat

Sent idrifttagande

Installationen med återcirkulation av luften blev inte funktionsduglig förrän den 11 oktober. Vid denna tid har lagret inte en temperatur, som är representativ för augusti och september, vilket inte ger fullt rättvisa driftförhållanden. Diagram 3.8 nedan visar temperaturen i växthuset under några kalla nätter i oktober, då återcirkulation av luften var i drift.

Diagram 3.8 visar att frostskyddsfunktionen inte är fullt tillfredsställande. Visserligen är temperaturen i markvärmelagret mellan 5 och 10 grader lägre än den var i augusti och september, men systemet upprätthåller knappt en växthustemperatur på 5 grader över utetemperaturen.

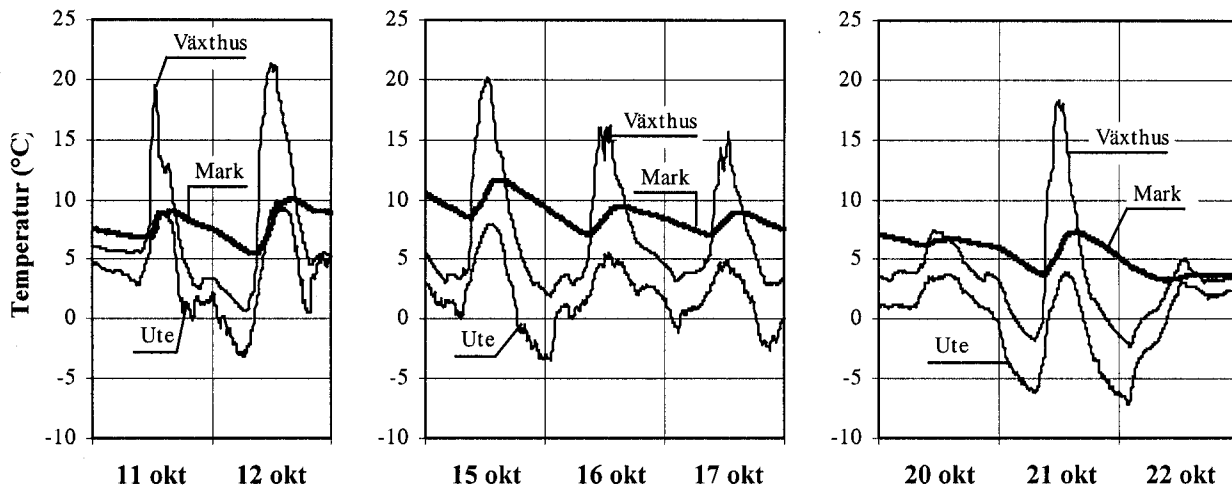


Diagram 3.8. Lufttemperaturen i växthuset, utetemperaturen samt medeltemperaturen i markvärmelagret under några dygn med låg nattemperatur då återluftcirkulationen är i drift.

Diagram 3.9 nedan visar att temperaturhöjningen på luften som passerar markvärmelagret inte är större än 3 till 4 grader. Med ett luftflöde på ca $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ motsvarar detta ett effekttillskott av ca 200 W. Detta är alldeles för låg effekt för att motverka låga temperaturer i växthuset. För att hålla temperaturen vid 10°C över utetemperaturen krävs en effekt av ca 2000 W. Vi har konstaterat att markvärmelagret direkt kan avge ca 1000 W från golvytan. Detta betyder att åters-tående 1000 W skall avges via luftcirkulationen.

Om temperaturen i lagret hade varit ca 20°C , så är det möjligt att uppnå en temperaturhöjning på luften av ca 10°C om värmeöverföringen mellan kanaler och mark förbättras. Då skulle effekttillskottet bli ca 600 W, vilket är avsevärt mycket bättre. Enda sättet att öka effekttuttaget ytterligare är att öka luftflödet. Fläkten har en större kapacitet om tryckfallet i anläggningen kan reduceras. Förslagsvis kan flera parallella kanaler användas för att minska lufthastigheten och öka den värmeöverförande ytan. Lufthastigheten bör dock inte understiga 1 m/s för att turbulent strömning skall säkerställas. Turbulent strömning är viktigt att uppnå för att värmeöverföringen mellan luften i kanalen och kanalväggen skall bli god.

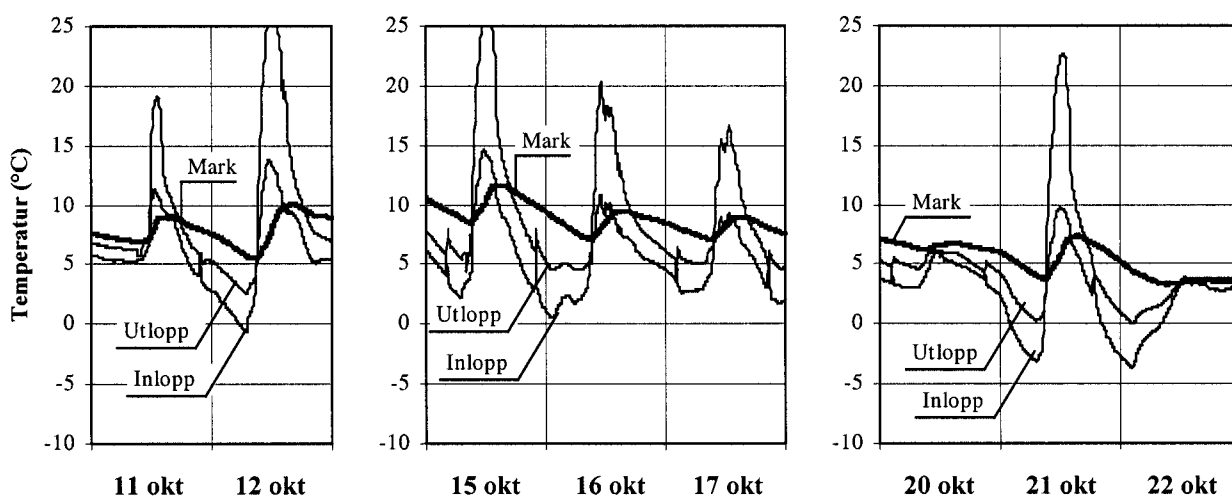


Diagram 3.9. Luftens inloppstemperatur och utloppstemperatur från markvärmelagret, samt markvärmelagrets medeltemperatur under några dygn vid låg utetemperatur, då återluftcirkulationen är i drift.

Systemutformning

Om detta system med aktivt frostskydd skall kunna göras riktigt effektivt måste värmelagret göras större och djupare för att möjliggöra lagring av värme från luftsolvärmesystemet på ett större djup där dygnsvariationerna från golvytan inte påverkar temperaturen. Luftkanalerna skall då förläggas djupare för att de skall kunna tillföra energi till värmelagret på ett djup där den stannar längre. En rekommendation är att lagret görs tre gånger så djupt (ca 1,2 m) och att kanalerna förläggs på ca 90 cm djup. Ett sådant lager har en lagerkapacitet som är tillräcklig för att värma växthuset under en kall natt. För att frostskyddet skall kunna göras dubbelt så effektivt som tidigare måste 10 till 15 kWh kunna tas ut ur värmelagret under en natt. Vid en lagervolym som är tre gånger större, innebär det att det krävs en temperatursänkning av högst 5°C för att tillgodose värmebehovet under en natt. Luftsystemet måste dimensioneras så att en värmeeffekt av mellan 500 och 1000W skall kunna avges vid en växthustemperatur på 5 till 10°C.

Vad som är optimalt beträffande lagerstorlek och förläggningsdjup av kanaler, kan endast avgöras med hjälp av simuleringar, men dessa enkla beräkningar ger ändå en fingervisning om erforderlig lagerstorlek.

Elförsörjning

Vid denna typ av frostskydd, måste fläkten köras, då det inte finns någon tillgänglig solenergi. Vid våra experiment kördes fläkten från elnätet, men i en riktig anläggning, måste fläkten drivas från batterier. Detta behöver emellertid inte vara något stort problem, eftersom ett batterisystem ändå krävs, om man vill ha belysning i stugan. Men systemet behöver göras större om det skall kunna användas för att driva fläkten. För att ladda batterierna krävs en eller två solcellspaneler, samt en laddningsregulator som skyddar batterierna från överladdning och djupurladdning.

Fläktens märkeffekt vid 24 V är 56 W. Två seriekopplade 12 V fritidsbatterier ger en drifttid för denna fläkt på ca 30 timmar. Detta motsvarar minst tre natters drift. Detta bör räcka bra för att driva fläkten vid de kallaste nätterna. Ofta inträffar ju de kalla nätterna vid klar väderlek, och då sker också en återladdning av batterierna dagtid. Efter odlingssäsongen kan fläkten stängas av fram till i mars och då kan samtliga solcellspaneler användas enbart för att ladda batterierna.

Åtgärdsförslag

Förbättringsförslag för den aktiva frostskyddsfunktionen:

- Värmeöverföringen i kanalsystemet måste förbättras och luftflödet bör höjas. Förslagsvis kan flera parallella kanaler användas för att minska lufthastigheten och öka den värmeöverförande ytan.
- Öka värmelagrets djup och volym, så att värmelagringsförmågan ökar och så att kanalerna kan förläggas på ett större djup.
- Förläggning av luftkanalerna under hela växthusdelen (även under markbäddarna).

3.8 Fläkt och solcellspaneler

Fläkten som användes i anläggningen var en LHG kanalfläkt Typ K160 M, 24 V DC. Fläkten drevs av två stycken seriekopplade solcellspaneler Neste NM 55 S.

Störande ljud

Det har konstaterats vara ett stort problem med störande ljud från fläkten. Ljudet varierar också hela tiden, eftersom varvtalet på fläkten minskar om solen går i moln. Dels uppstår ett kraftigt stomljud som hörs in i stugan. Detta ljud kan minskas om fläkten hängs upp i gummidämpare och all direktkontakt med byggnadsstommen undviks. Det uppstår också ett störande ljud vid fläktutloppet. Ljudet från utloppet kan reduceras genom att man monterar en enkel slangljuddämpare efter fläkten.

Orientering av solcell och luftsolfångare

Solcellen som driver fläkten i luftsystemet är inte placerad i samma riktning som luftsolfångaren. Därigenom blir luftflödet lägre på hösten, när solen står lågt på himmelen och instrålningen mot luftsolfångaren är hög. Om värme skall kunna tillföras lagret med större effektivitet under höst och vår bör solcellens lutning inte vara alltför låg. Skillnaden i lutning mellan solceller och luftsolfångare bör inte vara så stor. Nu är luftsolfångarens lutning optimerad för att ge maximal effekt under höst och vår, medan luftflödet är som högst under sommaren.

Minskat tryckfall

Ett sätt att höja luftflödet är att sänka tryckfallet i systemet, genom att använda grövre kanaler eller flera parallella kanaler. Fläkten drivs idag med ett kanaltryckfall på ca 200 Pa. Detta tryckfall bör kunna halveras och detta skulle öka luftflödet från 0,05 till 0,07 m³/s utan att man behöver byta fläkt.

Skuggning av solceller

Vid färdigställandet av plåtarbeten på taket täcktes delvis en av solcellspanelerna som driver fläkten. Detta medförde inte bara att den del som täcktes, inte gav någon elenergi, utan också att strömmen genom den ena av de två panelerna blockerades nästan helt. Vid seriekopplade solceller räcker det med att en av cellerna skuggas för att strömmen skall blockeras helt.

3.9 Slutsatser

Luftsolvärmsystemet fungerar enligt den tänkta principen och har viss förlängande effekt på odlingssäsongen, men systemet är underdimensionerat för att effekten skall vara påtaglig. Största problemet vad beträffar funktionen är att frostskyddet under kalla nätter inte är tillräckligt effektivt. Systemet klarar endast av att upprätthålla en temperatur på ca 5 grader över utetemperaturen. Detta är inte tillräckligt för att uppnå ett gott odlingsklimat, eftersom tomater och gurka riskerar att skadas redan när lufttemperaturen understiger 10°C.

Systemet är i dagsläget inte särskilt effektivt, men har goda möjligheter att bli bättre om systemet dimensioneras omsorgsfullt. Om man vill uppnå en bättre funktion måste värmelagret och den värmeavgivande ytan göras större. Systemets frostskyddande egenskaper kan också göras effektivare genom något av följande förslag:

1. Värmelagrets värmeöverförande yta kan ökas, genom att bygga en tung värmeackumulerande mellanvägg av stenmaterial. Väggen kan vara antingen luftvärmad eller endast värmad av solinstrålningen. Väggen måste vara så stor att den rymmer tillräckligt mycket energi för att hålla upp temperaturen i växthuset nattetid och värmeledningen skall vara så bra att den hinner ta upp och avge energiinnehållet under 8 till 10 timmar.
2. Ett aktivt frostskydd med återcirkulation av luften genom markvärmelager och växthus nattetid kan användas. Systemet har möjlighet att bli mycket effektivt om det dimensioneras rätt. Nackdelen är att det kräver en relativt stor batteribank för att fläkten skall kunna drivas nattetid och att värmelagret behöver göras betydligt större.
3. Värmebehovet kan minskas genom att isolerförmågan hos växthuset förbättras (t.ex. genom användning av tvåglasfönster eller isolerande plexiglas) genom en sådan åtgärd får luftsolvärmesystemet större effekt.

När systemet granskades i detalj upptäcktes en rad misstag, som försämrar systemets prestanda. Bland de största misstagen kan nämnas:

- Stora temperaturförluster när luften passerar genom mellanväggen.
- Luftkanalerna i markvärmelagret har förlagts under markfilten ner mot isoleringen. Detta gör att värmeöverföringen mellan luften i kanalsystemet och marken minskar.
- Ev. är luftsolfångarens baksida oisolerad och detta leder då till högre värmeförluster och att verkningsgraden minskar.

Det är svårt att bedöma hur mycket misstagen sammanlagt påverkar systemets prestanda. Orsaken till att misstag begåtts är huvudsakligen att ritningsunderlagen varit bristfälliga, samt att rutiner för arbetsledning och besiktning saknats. Vid detta experimentbygge har de rutiner som normalt tillämpas i byggbranschen inte följts, dvs. noggrann projektering, och slutbesiktning. Det är uppenbarligen extra viktigt att denna metodik följs, även vid experimentbyggnation av detta slag.

Försöken med aktivt frostskydd med återcirkulation av luften har inte visat på goda prestanda i denna anläggning. Systemet har dock goda möjligheter att bli mycket effektivt om det förses med ett större markvärmelager, om luftflödes ökas, och om värmeöverföringen mellan kanaler och mark förbättras.

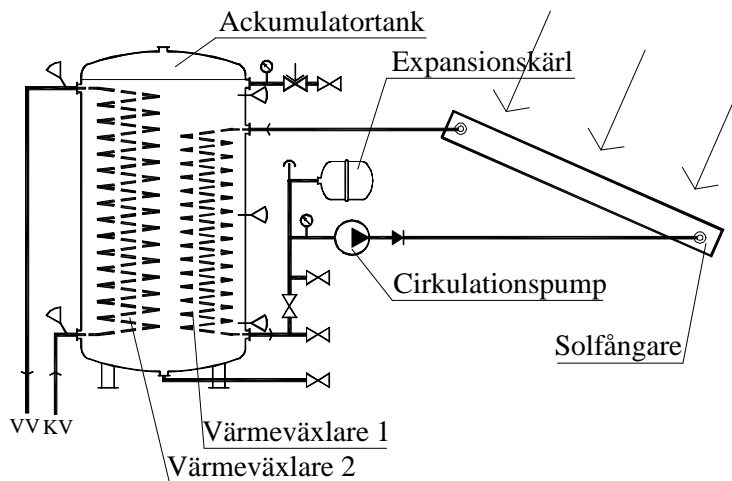
Systemets funktion kan inte ges en fullständig bedömning, eftersom mätningar endast gjorts under sommaren och hösten. En viktig period i odlingsäsongen är våren och det är viktigt att odlingen kan komma igång tidigt på våren. Det är mycket troligt att systemet fungerar bra för att snabbt uppnå en hög temperatur i marken på våren. Då är det förmodligen en fördel med ett litet markvärmelager som snabbt blir uppvärmt. Vid sådd av frön är det ju viktigare att det är varmt i marken än i luften. Dessvärre har vi inga mätningar för kolonistugan på våren, så följande frågeställningar måste lämnas obesvarade:

- När uppnås tillräckligt hög marktemperatur på våren?
- Vilken inverkan har Solvärmesystemet på våren?

4 TAPPVARMVATTENSYSTEMET

4.1 Systembeskrivning

Tappvarmvattensystemet är avsett att producera varmvatten för hushållsbehov under sommaren. Ackumulatortanken bör kunna lagra energi från en solig dag till en mulen. Varmvattnet skall räcka enbart till disk, eftersom det inte finns någon duschmöjlighet i stugan.



Figur 4.1. Principskiss över solvärmsystemet för tappvarmvattenberedning. Temperaturen mäts på tre olika nivåer i ackumulatortanken och på anslutande kall- och varmvattenledningar.

Funktion

Vid solsken startar cirkulationspumpen, som drivs av en solcellspanel, varpå det glykolblandade vattnet i solfångarkretsen cirkulerar genom solfångaren och värmeväxlare 1 i ackumulatortanken. Den absorberade solvärmen i solfångaren överförs till vattnet i ackumulatortanken. Varmvatten bereds i genomströmning med Värmeväxlare 2 vid en varmvattentappning. Expansionen i ackumulatortanken tas upp av luftkudden i toppen

4.2 Mätutrustningen

På tappvarmvattensystemet mäts temperaturen i ackumulatortanken på tre olika nivåer, samt ingående kallvatten och utgående varmvatten (för givarplacering, se figur 4.1). Dessutom mäts solinstrålningen mot tappvarmvattensolfångaren. Tappvarmvattenflödet injusterades så att det var konstant 0,1 l/s under samtliga tappningar.

4.3 Solfångarkretsen

4.3.1 Mätresultat

Av de kontinuerliga mätningarna, kan man dra slutsatsen att solvärmsystemets funktion beträffande insamling av solenergi är mycket god under sommaren vid solig väderlek. Vid mitten av september börjar varmvattenproduktionen bli betydligt sämre, trots en del soliga dagar. Förklaringen är att solfångarnas lutning är liten (endast 20°). Detta leder till att solstrålarna infaller mycket snett mot solfångaren, när solen står lågt på himlen under höst och vår. Detta reducerar energiproduktionen mycket kraftigt. Om man vill erhålla en högre varmvattenproduktion under vår och höst, måste solfångarens lutning ökas.

Luftning av solfångarkretsen

Det är brukligt att man placerar lättåtkomliga avluftningsventiler i systemets samtliga högpunkter. Så har inte skett i denna anläggning, vilket skapar stora problem vid fyllning av systemet. Luft i systemet gör det svårt att få cirkulation i kretsen. Utan cirkulation är det omöjligt att lufta systemet, om det inte finns avluftningar vid varje högpunkt.

Åtgärdsförslag

Förbättringsförslag för solfångarkretsen:

- Lättåtkomliga avluftningar skall monteras i systemets alla högpunkter.

4.4 Ackumulatortanken

4.4.1 Mätresultat

Varmvattenkomforten

Manuella varmvattentappningar utfördes slumpmässigt för att få en uppfattning om varmvattnets tillgänglighet och komfort. Varje tappning var på 12 l och vattnets medeltemperatur antecknades vid varje tillfälle. Diagram 4.1 nedan visar temperaturen i ackumulatortanken och tappvarmvattnets temperatur under augusti och september.

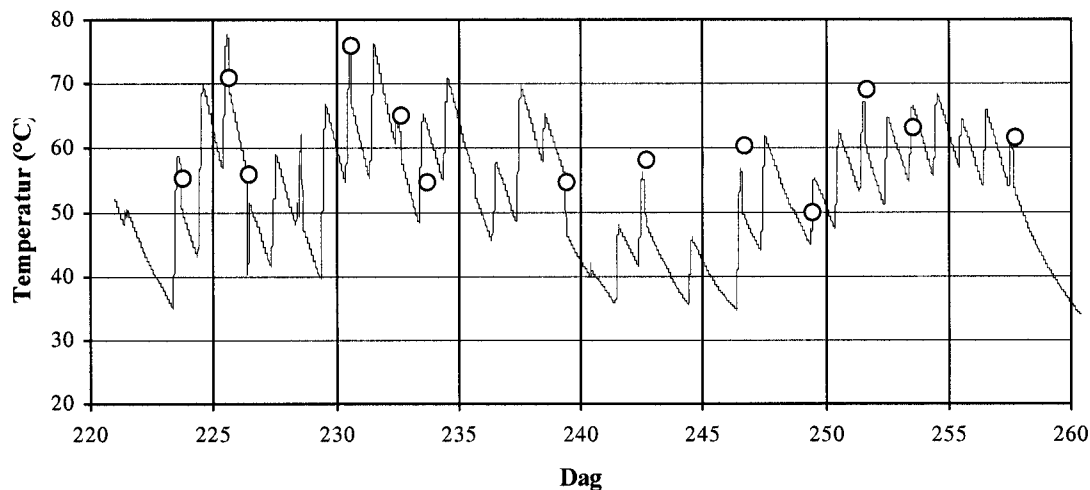


Diagram 4.1. Kurvan visar medeltemperaturen i ackumulatortanken under augusti och september. Punkterna visar medeltemperaturen på vattnet vid en varmvattentappning av 12 l.

Av varmvattentappningarna kan man konstatera att tillgången på varmvatten har varit mycket god under denna sommar. En solig dag höjs medeltemperaturen i tanken med mellan 15 och 20 grader. Energimässigt motsvarar detta en tappvattenvolym på 45 liter med en temperatur av 45°C. Den maximala varmvattenmängden som systemet kan leverera är alltså ca 45 liter per solig dag.

Varmvattentemperaturen är mycket hög vid vissa tappningar, vilket innebär en mycket stor skållningsrisk. Normen säger att temperaturen vid tappstället inte får överstiga 65°C (Boverket 1998). Under mätperioden som redovisas i diagrammet ovan är varmvattentemperaturen för hög vid tre tillfällen. Problemet kan enkelt åtgärdas genom att en blandningsventil installeras, eller genom att använda en termostatblandare med maximibegränsning. Men sådana åtgärder innebär också ökade installationskostnader, och försvårar avtappning av systemet.

Temperaturförluster

Temperaturförlusten vid varmvattenberedning mellan tankens topptemperatur och den utgående varmvattentemperaturen är ca 10°C vid höga ackumulatortemperaturer (75°C) och ca 6°C vid låga ackumulatortemperaturer (45°C). Detta är mycket goda prestanda, eftersom man strävar efter att erhålla så låga temperaturtapp som möjligt vid värmeväxling. Detta ger möjlighet att bereda varmvatten även vid låga ackumulatortemperaturer under dygn med låg solinstrålning.

Isolerstandard

Mätningarna visar att systemets förmåga att lagra energi från en solig dag till en mulen dag är relativt dålig. Orsaken är att ackumulatortanken är liten och att dess isolering inte utförts på ett bra sätt. Temperaturförlusterna under ett dygn är stor, mellan 10 och 15°C vid en temperaturskillnad av ca 55°C mellan ackumulatortemperatur och omgivningstemperatur. Temperaturen i tankens topp sjunker ofta mer än 20°C. För att uppnå en god funktion, bör inte alltför stora temperaturförluster accepteras under ett dygn.

Den goda tillgången berodde i huvudsak på att vädret var soligt nästan varje dag och att insamlingen fungerade mycket bra. I mitten av september börjar det märkas att även insamlingen av värme fungerar dåligt, trots soliga dagar. Detta beror på att taklutningen är låg (endast 20°) och detta tillsammans med låg solhöjd leder till en låg instrålning på solfångaren.



Bild 4.1. Den ännu oisolerade ackumulatortanken. Man kan se att den är placerad mot en trävägg, som utgör en köldbrygga och omöjliggör en fullgod isolering. Även röranslutningarna i tankens övre del utgör stora köldbryggor.

Teoretiskt får man en avkylning av ca 10°C per dygn om tanken isoleras med 10 cm mineralull. Detta är nog ett rimligt minimikrav, om man vill kunna lagra varmvatten från en solig till en mulen dag. Den beräknade isolertjockleken förutsätter att det inte finns några köldbryggor och att isoleringen försetts med ett yttre lufttätt skikt som förhindrar konvektionsförluster genom isoleringen. När de anslutande rören i varmvattenberedarens topp går ut genom isoleringen åt sidan skapas köldbryggor som kraftigt försämrar isolerförmågan. Av de erfarenheter som vi har från tester av solvärmesystem vid SERC har det visat sig att köldbryggor på grund av röranslutningar inverkar mycket negativt på ackumulatortankens isolerstandard. Vidare har det visat sig att en dålig isolerstandard inverkar mycket negativt på ett solvärmesystems prestanda. En ganska enkel åtgärd, som eliminerar köldbryggorna nästan helt är att dra alla rör innanför tankens isolering ner till botten och sedan passera isoleringen där.

I ett försök att förbättra isolerförmågan monterades en extra isolerskiva utanpå väggen, men det gav inte något större resultat. En förklaring kan vara att konvektionsförluster kvarstår längs träväggen och att övriga köldbryggor vid röranslutningarna fortfarande kvarstår. Dessutom kan man anta att konvektionsförlusterna genom isoleringen generellt är stor, eftersom det inte finns något yttre lufttätt konvektionsskydd runt isoleringen. Det blir med andra ord, som att försöka flyga med en läckande varmluftsballong.

Skiktning

Skiktningen i en tank gör att energiinnehållet räcker längre vid urladdning, samt att solfångaren som arbetar enligt lågflödesprincipen får en högre verkningsgrad. Skiktningen i tanken får bedömas vara mycket god, med tanke på småskaligheten i systemet. Både laddning och urladdning sker med bibehållen skiktning. Däremot utjämnas temperaturen i ackumulatortanken under nätterna. Detta tyder på värmeledning i tanken i höjddel och att värmeförluster huvudsakligen sker från tankens övre del.

Tömning av tappvattensystem

Inför vintersäsongen måste ackumulatortank och tappvattensystem tömmas för att inte frostsprängning skall uppstå. I denna anläggning har det visat sig vara komplicerat att utföra även för en fackman. Orsaken är att kopplingsschema och anvisningar saknas, samt att rördragning och placering av ventiler inte utförts med tanke på enkel och säker avtappning.

Rörinstallationerna måste utföras på ett sådant sätt att tömning och påfyllning kan ske utan att man måste anlita en fackman. Rörinstallationerna måste ändras så att tömning enkelt och säkert kan utföras av stugägaren själv. Det kräver också att tydliga instruktioner utarbetas och fästas väl synligt på ett lämpligt ställe.

Om man vill slippa tappa ur själva ackumulatortanken, kan man fylla den med glykolblandat vatten. Nackdelen är att glykol kostar pengar och att värmekapaciteten hos glykol är något lägre. Men i gengäld slipper man tappa av och fylla tanken varje år och korrosionen på ackumulatortanken blir också mindre. Tappvattenledningarna måste dock alltid tappas av.

Åtgärdsförslag

Förbättringsförslag för ackumulatortanken:

- Isolertjockleken skall ökas och ytterst förses med ett lufttätt skikt som motverkar konvektionsförluster.
- Köldbryggor skall elimineras.
- Systemet skall utformas så att avtappning enkelt och säkert kan utföras av stugägaren själv vid frostrisk.

1.1 Slutsatser

Insamlingen av solenergi fungerar bra och varmvattenproduktionen är god vid solig väderlek. Systemet samlar in energi motsvarande 45 liter varmvatten med en temperatur av 45°C under en solig dag. Detta är mer än tillräckligt för att klara matlagning och disk. Varmvattenproduktionen blir dock sämre under höst och vår när solen står lågt på himlen, eftersom solfångarens lutning är låg.

Systemets förmåga att lagra energi från en solig dag till en mulen dag är dålig, eftersom värmeförlusterna från ackumulatortanken är stora. Orsaken är att ackumulatortanken är liten (endast 90 l), relativt dåligt isolerad och har köldbryggor. Ackumulatortanken bör isoleras med minst 10 cm mineralull och köldbryggor pga. Rör genomföringar i tankens topp skall undvikas. Ytterst bör man placera ett lufttätt hölje, så att konvektionsförluster i isoleringen inte uppkommer.

Avtappning och påfyllning av ackumulatortanken skall kunna utföras av stugägaren själv. Anläggningen måste konstrueras så att tömning och påfyllning kan ske med ett enkelt handgrepp. En tydlig instruktion för tillvägagångssättet måste också utarbetas. Man skall inte behöva anlita rörmokare för att tappa av systemet varje höst.

Påfyllningen av solfångarkretsen är också mycket arbetskrävande, eftersom inga avluftningar på systemets högpunkter finns åtkomliga. Systemet måste byggas så att avluftning vid alla högpunkter kan ske.

Följande saker bör alltså förbättras på tappvarmvattensystemet:

- Tankens isolering måste förbättras, köldbryggor skall elimineras och ett lufttätt konvektionsskydd skall monteras ytterst.
- Systemet skall utformas så att avtappning och påfyllning enkelt kan utföras av stugägaren själv.
- Solfångarkretsen skall förses med lättåtkomliga avluftningsventiler på samtliga högpunkter.

2 LITTERATUR

1. Bævre, O.A. & Gislerød, H.R. (1992) *Plantedyrkning i regulert klima*. Oslo: Landbruksforlaget.
2. Boverket. (1998) *Boverkets Byggregler BBR BFS 1993:57 senaste ändring BFS 1998:38*.
3. Förlags AB VVS. (1974) *VVS-handboken, tabeller och diagram*.
4. Kreider, J. F & Kreith, F. (1981) *Solar Energy Handbook*. New York: McGraw-Hill Book Company.
5. Larsson, R. (1989) *Jords Egenskaper*. Linköping: Statens Geotekniska Institut.
6. Myrann, P. (1986) *Växthusodling*. Stockholm: LTs förlag.
7. Nilsson, C. (1991) *Preheating of Ambient Air by a Heat Source for Buildings*. Göteborg: Chalmers University of Technology.
8. Nordell, B. & Söderlund, M. (1991) *Kurskompendium: Solvärme och värmelagring 2:a upplagan* Luleå: Universitetstryckeriet.