

CHALMERS



Alternativa energikällor för varmvattenproduktion i fastigheten Galjonen

PER KNUTSSON
NILS SVENSSON

EXAMENSARBETE

Högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör
Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2006

Alternativa energikällor för varmvattenproduktion i fastigheten Galjonen

Solvärme och kylmaskinsåtervinning

PER KNUTSSON, NILS SVENSSON

Alternative sources of energy for hot-water production in the building Galjonen
Solar heat vs reproduced heat from chiller
PER KNUTSSON, 1981
NILS SVENSSON, 1980

© PER KNUTSSON
© NILS SVENSSON

Department of Civil and Environmental Engineering
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Sammandrag

Varmvattenkonsumtionen i fastigheten Galjonen är mycket hög. Att konsumtionen är så hög beror på att det i fastigheten ligger omklädningsrum med duschar på två våningsplan. För att värma vatten till dessa duschar krävs mycket energi. Idag värms allt vatten med fjärrvärme så kostnaderna för vattenuppvärmningen blir hög. Älvstranden som äger fastigheten ville därför att vi skulle titta på olika alternativ för att dra ner på konsumtionen av fjärrvärme. De alternativen som vi har arbetat på är solvärme, där vi tittat på två typer av solfångare, plansolfångare och vakuumsolfångare, samt värmeåtervinning från kylmaskin. Arbetet gick ut på att se om alternativen var lönsamma att investera i.

För att kunna dimensionera solfångarna krävs det uppgifter om solfångarens verkningsgrad, var geografiskt som solfångaren skall vara placerad samt åt vilket väderstreck den skall vara placerad. För att få rättvisa resultat hämtades uppgifterna om de olika solfångarnas verkningsgrad hos Statens provnings- och forskningsinstitut. Det finns litteratur där uppgifter om antal soltimmar i Göteborg kan hittas. Priserna på solfångarna har hämtats från de olika leverantörerna. För att kunna bestämma hur mycket energi som kunde tas tillvara från kylmaskinen krävs det att det finns uppgifter på vilka effekter som kylmaskinen går på vid vissa specifika temperaturer, samt uppgifter om drifttider. Det gjordes en loggning av kylmaskinens effekt under en vecka i maj. Med hjälp av den loggningen kunde vi bestämma effekter vid olika temperaturer. Det fanns inga uppgifter om drifttider, så en sammanställning av temperaturer och tider fick göras för att få fram drifttiderna.

Det material som används under arbetet består av intervjuer med leverantörer av solvärme, litteratur om solvärme samt data och resultat från Statens provnings- och forskningsinstitut och geovetarcentrum på Göteborgs universitets hemsidor.Handledning från några energi- och vvs-konsulter har också fåtts. Älvstrandens LCC-kalkyl användes för att räkna på lönsamheten för de olika alternativen.

Resultatet av vårt arbete blev att det skulle var lönsamt att investera i båda alternativen med solfångare. Återbetalningstiden ligger dock på cirka 20 år för alternativet med plansolfångare respektive 22 år för vakuumsolfångare. Det skulle dock inte vara lönsamt att investera i värmeåtervinning från kylmaskinen då återbetalningstiden blir cirka 26 år, vilket är längre än vad livslängden för en kylmaskin beräknas vara.

Abstract

The energy consumption for the hot-water production in the building Galjonen is very high. Because of this, Älvstranden wants to find some alternative energy sources to save money. Our purpose of this report was to find some alternatives and see if they were profitable to invest in. We decided along with Älvstranden to look at solar heating and reproduction of heat from a chiller.

We have looked at two types of sun collector, plain sun collector and vacuum sun collector. The data for these two collectors we got from the Swedish Testing and Research Institute. We had to find out how many hours the sun was shining in Gothenburg every month. With this we could decide how big area of sun collectors we needed to cover 100 % of the energy consuming for the month of July.

How much energy the reproduction of heat from the chiller would give was harder to figure out. There were no data of how much the chiller was working and no data of which effect it had at specific temperatures. This problem was solved by logging the chiller to collect data of the effect and put data of the temperature for the last five years together. When we knew the specific effects for the specific temperatures we could figure out how much energy could be used.

An LCC-calculus was used to see if the alternatives were profitable. The result of this calculus showed that the plain sun collector was the best to invest in. It was also profitable to invest in vacuum sun collector but not in the reproduction of heat from a chiller.

Keywords: reproduction, chiller, logger, LCC

Förord

Det här är ett examensarbete i högskoleutbildningen Byggnadsingenjör med inriktningen på installation. Vår uppgift har varit att titta på olika sätt att ta tillvara på energi som kan användas vid varmvattenproduktionen i fastigheten Galjonen. Alternativen är solvärme och värmeåtervinning från en kylmaskin. Vi vill här tacka våra uppdragsgivare på Älvstranden Utveckling AB Staffan Bolminger och Lars Lennartson för möjligheten vi gavs att göra detta examensarbete. Vi vill även tacka vår handledare Kurt Möller på DELTate. Vidare vill vi också tacka Thomas Reidarsson på Aquasol i Örebro, Mats Nyberg på Wikströms VVS-kontroll i Göteborg samt Göte Lidö på Göteborgs Elservice AB.

Innehållsförteckning

Sammandrag.....	I
Abstract.....	I
Abstract.....	II
Förord.....	III
Innehållsförteckning.....	IV
1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund.....	1
1.2. Syfte, avgränsningar.....	1
1.3. Metod.....	1
2. Fastigheten Galjonen.....	2
2.1. Förutsättningar.....	2
2.1.1. Tappvarmvatten.....	3
2.1.2. Solvärme.....	5
2.1.3. Kylmaskin.....	5
3. Solvärme.....	6
3.1. Teknik.....	6
3.1.1. Plansolfångare.....	7
3.1.2. Vakuumsolfångare.....	8
3.1.3. Värmelagring.....	9
3.1.4. Systemval.....	10
3.1.5. Drift och underhåll.....	10
3.2. Dimensionering.....	11
3.2.1. Dimensionering av solvärme till Galjonen.....	11
4. Kylmaskin.....	14
4.1. Beräkningar.....	15
4.2. Värmelagring.....	16
4.3. Systemval.....	17
4.4. Drift och underhåll.....	18
5. Ekonomi.....	19
5.1. Investering.....	19
5.1.1. Plansolfångare.....	20
5.1.2. Vakuumsolfångare.....	20
5.1.3. Kylmaskin.....	21
5.2. LCC-Beräkning.....	21
5.2.1. Metodik och uppbyggnad.....	21
5.2.2. Utvärdering av resultat.....	22
6. Avslutning.....	24
7. Referenser.....	25
7.1. Litteratur.....	25
7.2. Elektroniska källor.....	25
7.3. Muntliga källor.....	25

1. Inledning

Intresset för att sänka energikonsumtionen blir allt mer intensifierat då energi håller på att bli en bristvara. Nya styrmedel för energikonsumtion i fastigheter är på ingående i den europeiska unionen. Detta innebär att fastigheter måste ha energideklaration som visar dess status för energikonsumtion. Detta styrmedel kommer med stor sannolikhet belysa och öka tänkandet för att spara energi.

1.1. Bakgrund

Galjonen är en fastighet som innehåller flera olika verksamheter. Den betydande delen består av kontor för olika företag medan en annan del består av dusch och omklädningslokaler för nyttjare av Lundbystrands sporthallar och för varvsarbetare från Cityvarvet. Denna kombination av två helt olika verksamheter gör Galjonen till en komplex fastighet med avseende på att fastigheten dels har ett stort kylbehov och samtidigt har ett stort varmvattenbehov. Fastigheten Galjonen är uppförd i mitten av 1970-talet och har därför något föråldrade installationer som bidrar till en hög energikonsumtion. Återvinning på fastighetens kylmaskin saknas idag och tappvarmvatten värms enbart med fjärrvärme.

1.2. Syfte, avgränsningar

Syftet med detta projekt var att utreda vilka möjligheter som finns för att nyttja solens energi och/eller att nyttja energiåtervinning från kylmaskin för att värma tappvarmvatten och där igenom spara energi. Vi har valt att fokusera på energikonsumtionen för tappvarmvatten då detta är en betydande del av den totala energikonsumtionen samt att det är en del som är lämplig att sätta i samband med solvärme och/eller värmeåtervinning från kylmaskin.

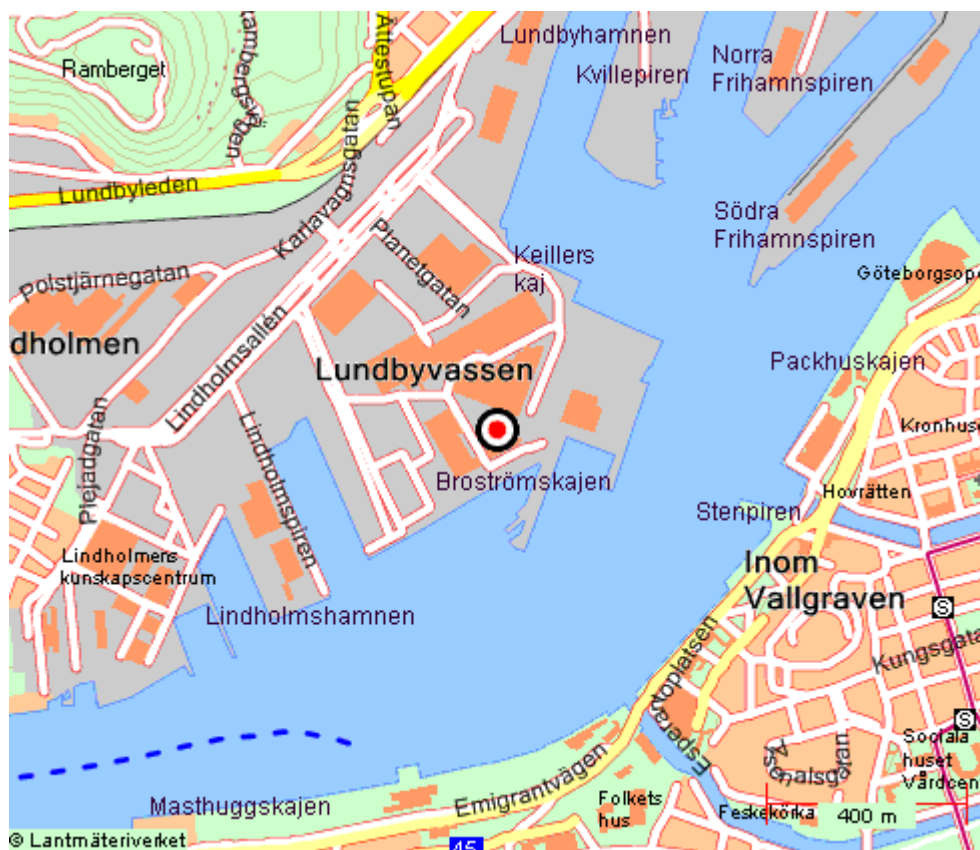
1.3. Metod

Projektet inleddes genom att studera aktuell solvärmeteknik för att sedan arbeta fram förutsättningar och resultatprognoser för solvärme. När det gällde att arbeta fram förutsättningar för värmeåtervinning från kylmaskinen fick temperaturdata för Göteborg de senaste 5 åren sammanställas. Kylmaskinen fick loggas för att kunna uppskatta medeleffekter. För att kunna se lönsamheten i de olika alternativen användes en LCC-kalkyl. Resultatet av denna kalkyl analyserades i olika aspekter. Arbetsmetoder och resultat redovisas i rapporten.

2. Fastigheten Galjonen

Fastigheten Galjonen är en kontorsfastighet belägen i området Lundbystrand i Göteborg och ägs av Älvstranden Utveckling AB som är ett kommunalt utvecklingsbolag. Fastigheten byggdes 1975 på uppdrag av varvskoncernen Götaverken. Efter varvens nedläggningar har fastigheten fått nya funktioner att fylla.

Galjonen består av en högre del på 9 våningar samt en lägre på 4 våningar. Fastigheten är även speciell på det viset att de två understa våningarna består av omklädningsrum. Fastigheten har en total yta på ca 8000m² varav 2200m² är lokaler för omklädning och duschning. Dessa omklädningslokaler används till största del utav idrottsutövare från de närliggande Lundbyhallarna. Även varvsarbetare från Cityvarvet nyttjar omklädningsrummen. I och med att det finns stora omklädningslokaler med duschar finns det också en stor varmvattenförbrukning. Den stora förbrukningen har gjort att kostnaderna för uppvärmningen av vatten är stora.



Figur 2.1 Karta Galjonen (www.eniro.se)

2.1. Förutsättningar

De höga kostnaderna för uppvärmning av varmvattnet har gjort att Älvstranden vill utreda om det finns något sätt att sänka kostnaderna med hjälp av solvärme eller kylmaskinsåtervinning. Idag produceras allt varmvatten med fjärrvärme. Det kommer i denna rapport att beskrivas två olika alternativ till att värma vattnet. Det ena alternativet är att ta hjälp av solen och det andra alternativet är att använda sig av värmeåtervinning från kylmaskinen.

2.1.1. Tappvarmvatten

Den varmvattenkonsumtion som fastigheten Galjonen har idag står i mycket stark relation till hur mycket duscharna i omklädningsrummen används. Totalt finns det 27 omklädningsrum med i genomsnitt 3 duschar per omklädningsrum. Duscharna byggdes om 1995 och är av sensortyp vilket gör att duscharna ej används mer än när duschning pågår. Resultatet av våra beräkningar ger en total varmvattenkonsumtion på ca 316 MWh. Anledningen till att vi har utfört beräkningar för varmvattenkonsumtionen är att det inte finns mätning av enbart varmvatten. De dokumenteringar som finns av mätningar är för vatten, fjärrvärme och el.

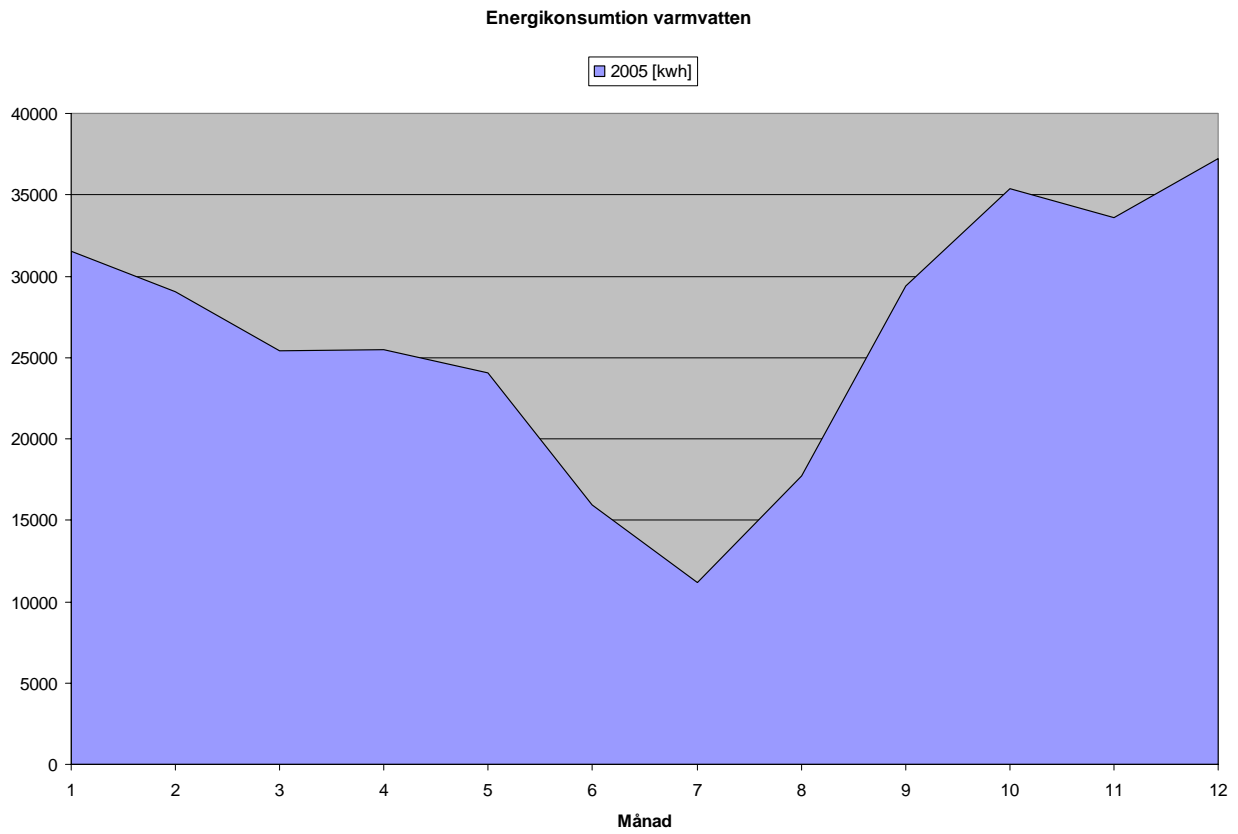
I systemet för varmvattenproduktion kan det finnas stora värmeförluster som kan vara svåra att överblicka. Den del där värmeförlusten kan anses som störst är i systemet för varmvattencirkulation (VVC-system). VVC-systemet kan innehålla långa längder av ibland dåligt isolerade rörledningar som blir som stora värmeelement som avger värme till sin omgivning. Av den värme som avges till omgivning är det en liten del som kommer bygganden tillgodo. Detta för att VVC-ledningarna ofta går i utrymmen som ej behöver uppvärmning och under sommarhalvåret blir värmeförlusten en internvärmebelastning.

Ett första antagande vi gjorde var att hälften av den totala vattenkonsumtionen är varmvatten. Med en temperaturdifferens på 47°C mellan temperatur på inkommande kallvatten och temperatur på färdigt varmvatten beräknade vi energikonsumtionen till ca 224 MWh. Detta antagande kunde senare efter nya beräkningar förkastas. De nya beräkningarna baseras på konsumtionen av fjärrvärme under de månader då ingen fjärrvärmekonsumtion går till annat än varmvattenproduktion. Konsumtionen av fjärrvärme under månaderna juli och augusti sattes mot konsumtionen av vatten under samma period och resultatet blev ett tal för åtgången energi för varmvattenproduktion med enheten kWh fjärrvärme per kubikmeter vatten [kWh/m³].

Det tal som beräknades användes sedan för beräkning av energibehovet under årets övriga månader och då med den totala vattenkonsumtionen för varje månad som grund. På detta sätt innefattar beräkningen alla värmeförluster som finns i produktionen och konsumtionen av varmvatten.

I figur 2.1 ser vi resultatet av beräkningen för varmvattenkonsumtion under år 2005.

Anledningen till att den nya beräkningen ger en så pass högre energikonsumtion än vad det första antagandet gav beror troligen på att själva antagandet just är ett antagande och inget annat men också att vi med den nya beräkningen innefattar alla värmeförluster som finns i systemet.



Figur 2.1 visar variationen av energikonsumtionen för tappvarmvatten under året 2005

2.1.2. Solvärme

Då fastigheten Galjonen har en stor varmvattenkonsumtion är förutsättningarna goda för att använda solvärme till varmvattenproduktion. Konsumtionen av varmvatten minskar under sommarmånaderna beroende på att idrottshallarna håller stängt under flera veckor på sommaren. Men även om varmvattenkonsumtionen nu minskar är det fortfarande intressant med solvärme då anläggningen dimensioneras efter den månad på året som har den lägsta varmvattenkonsumtionen. Idag står fjärrvärme för varmvattnets energibehov och på sommarhalvåret har man i Göteborg en överproduktion av fjärrvärme beroende på sopförbränning och processvärme från oljeraffinaderier. Överproduktionen gör att det råder låga priser på fjärrvärmeenergi sommartid och detta försämrar förutsättningarna för solvärme i Göteborg.

2.1.3. Kylmaskin

Fastigheten Galjonen har idag ett kylbehov både sommar och vintertid. Under vinterhalvåret är kylbehovet litet då kylbehovet endast kommer av att det finns internvärme i form av människor och apparater, detta klaras med små splittaggregat. Under sommarhalvåret finns ett betydligt större kylbehov då solen värmer bygganden samtidigt som samma internvärme finns och kylbehovet klaras då med en större kylmaskin som saknar värmeåtervinning. Ventilationssystemet påverkas och behöver kyla när utomhustemperaturen stiger vilket gör att tilluftstemperaturen skall vara lägre än utomhustemperaturen och detta kräver kyla. Kylmaskinen i fastigheten Galjonen sitter på taket till byggnadens låga del. Kylmaskinen monterades 1999 efter att de befintliga kylmaskinerna som fanns inne i byggnaden tog ur bruk och har en kyleffekt på 130 kW. Kylmaskinen körs endast april- sept. Då fastigheten Galjonen har en stor varmvattenkonsumtion är förutsättningarna goda till att under denna tid kunna återvinna en betydande mängd värmeenergi till varmvattenproduktion.

3. Solvärme

Solvärme är ett miljövänligt och hållbart energisystem som främst lämpar sig till varmvattenproduktion. Solenergi kan ses som ett gratis energilag om ingen hänsyn tas till investeringskostnader. Solvärme i sig bildar inte ett komplett energisystem för varmvattenproduktion då solvärmens kapacitet är låg vintertid och vid längre perioder med molntäcke. Kostnaderna för investering är idag en betydande orsak till att solvärme inte nyttjas mer än vad det görs. En betydande del av investeringen ligger i att bygga ett värmelager som kan ackumulera den värmeenergi som genereras under dagens soltimmar. Värmeenergin kan således lagras upp till ett par dagar. I takt med höjda energipriser kommer solvärmens säkerligen få en ökad efterfrågan.

3.1. Teknik

Solfångare för varmvattenproduktion överför absorberad solenergi till en cirkulerande vätska som i sin tur värmer varmvatten. Till vätskesystemet används en vätska som namnges värmebärare och denna värmebärare består oftast av en blandning av vatten och förstärkt glykol. Att glykolen är förstärkt innebär att den tål höga temperaturer ca $+250^{\circ}\text{C}$ vilket är nödvändigt då en solfångare ibland blir mycket varm och temperaturen i vätskesystemet blir hög. Detta innebär att vattnet i systemet kan bilda vattenånga då temperaturen överstiger kokpunkten. Kokpunkten för vattnet i solfångarens vätskesystem ligger högre än $+100^{\circ}\text{C}$ då vätskesystemet är trycksatt med cirka 4 gånger atmosfärstrycket. Om en situation uppstår där cirkulationen i systemet upphör exempelvis vid spänningsbortfall i elnätet kan temperaturen i solfångaren bli högre än värmebärarens kokpunkt och solfångaren blir överhettad. Den maximala temperatur som solfångaren kan uppnå vid en sådan situation kallas stagnationstemperatur. Stagnationstemperaturen är alltså den temperatur som solfångaren når om den endast överför sin värme till omgivningen och inte till det vätskesystem som solfångaren är kopplad till. Vid kokning i systemet bildas vattenånga och trycket stiger. Det höjda trycket kan innebära att systemets säkerhetsventil öppnar och lättar på trycket i systemet.

Resultatet av säkerhetsventilens öppnande kan innebära att det saknas vätska i systemet när temperaturen åter sjunker under kokpunkten vilket omöjliggör cirkulation i systemet. För att undvika detta förfarande nyttjas så kallad partiell förångning som innebär att när solfångaren blir överhettad tillåts ångbildningen utan att säkerhetsventilen öppnar. Detta uppnås genom att använda sig av ett större expansionskärl än normalt som kan uppta den mängd värmebärare som trycks undan av den vattenånga som bildas i solfångaren. När solfångaren senare svalnar kondenserar ångan och solfångaren fylls åter med värmebärare.

Årsutbytet varierar för olika typer av solfångare beroende på konstruktion och teknik. Med solfångarens årsutbyte beskrivs den energi som absorberas och överförs till värmebäraren under ett år. Årsutbytet varierar efter hur stor solinstrålningen är under det aktuella året. Beroende på var solfångaren placeras geografiskt varierar solinstrålningen. Exempelvis är solinstrålningen på jorden betydligt större runt ekvatorn än i Göteborg. Beroende på i vilket vädersträck som solfångaren placeras varierar också solinstrålningen, en solfångare som vinklas mot söder får mer sol under hela dagen jämfört med en som vinklas mot väster eller öster som bara tar upp solenergi under halv dagen. Även vinkeln på den lutning som solfångaren placeras i har stor betydelse för årsutbytet, det mest fördelaktiga är att ha en solfångare placeras i $30\text{-}45^{\circ}$ lutning. Det är ibland inte möjligt att luta solfångaren på ett bra sätt och då försämras årsutbytet.

Tabell 3.1 Solinstrålning i kWh/m², fördelad över årets månader för Göteborg, mot 45 graders lutning mot söder. Siffrorna är medelvärde för en 30-årsperiod

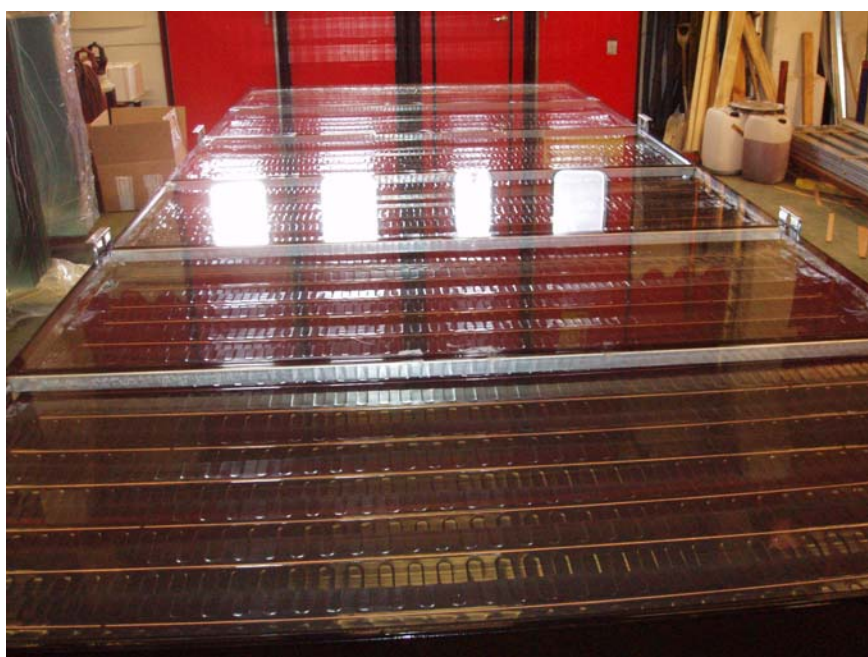
jan	feb	mar	apr	maj	juni	juli	aug	sep	okt	dec	Totalt
25	45	90	129	165	171	172	150	101	64	28	1140

3.1.1. Plansolfångare

Plansolfångaren är den vanligast förekommande solfångaren även om nu vakuumsolfångaren har utvecklats och fått en ökad marknadsandel. Plansolfångaren har ett lägre årsutbyte än vakuumsolfångaren. Plansolfångaren kan beskrivas som ett växthus med en glasskiva som släpper in solljus in i ett rum. Plansolfångaren är i grunden konstruerad som en platt låda täckt på en sida av glas. Glaset släpper in solljus in i lådan där det finns en absorbatör som absorberar solenergi.

Absorbatören överför sedan värmeenergin till en värmebärare. Absorbatören är oftast en tunn svartmålad plåt av koppar lödd eller svetsad på ett medierör. I medieröret cirkulerar värmebäraren som tar upp värmeenergi från absorbatören. Lådans övriga sidor är täckta med plåt, ofta av stål och har en värmeisoleringslag innanför sig för att minimera värmeförlusten från solfångaren. Glaset på solfångaren är inget vanligt glas som exempelvis sitter i vanliga fönster utan det är ett järnfritt glas som släpper igenom mer solljus än ett glas innehållande järn.

Plansolfångare av fabrikat Aquasol är en svensktillverkad produkt och tillverkas av ett företag i Örebro. Företaget har tillverkat plansolfångare sedan 1989 och har idag 25 % av den svenska marknaden för plansolfångare. Absorbatören är svetsad på medieröret med ultraljudssvetsning som idag är den mest effektiva metoden för svetsning av absorbatörer för solfångare. Absorbatören består av en tunn kopparplåt och medieröret är ett skarvlöst kopparrör. Solfångaren Aquasol kan fås i olika storlekar allt från 4m² upp till 17m² i varje sektion. Längden är dock 2320mm på alla modeller. En sektion bestående av 13m² väger cirka 345kg vilket gör att det krävs speciell utrustning för att lyfta solfångarna till platsen för montering oftast på ett tak av någon form. Aquasol säljer oftast sina solfångare med transport till färdigt tak inkluderat. Stagnationstemperaturen för Aquasols plansolfångare är cirka +200°C. Garantin som lämnas på deras plansolfångare är fördelaktig och innebär hela 15 års garanti.



Figur 3.2 Plansolfångare Aquasol (Per Knutsson)

3.1.2. Vakuumsolfångare

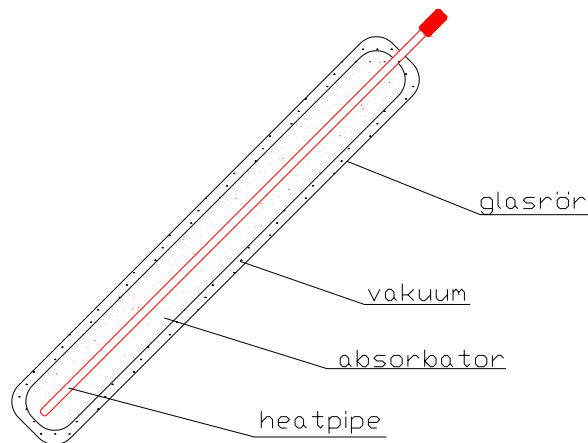
Vakuumsolfångare är effektivare än plansolfångare och har ett högre årsutbyte än plansolfångare. De senaste åren har vakuumsolfångare vunnit marknadsandelar och står idag för cirka 25 % av markanden för solfångare i Sverige. Den ökade användningen av vakuumsolfångare beror på att vakuumsolfångare har utvecklats och blivit effektivare samtidigt som priser har sjunkit. Det finns idag ingen tillverkning av vakuumsolfångare i Sverige utan import sker från Europa och Kina. För att en vakuumsolfångare skall bli en lönsam produkt måste kvaliteten vara hög. Att tillverkning sker i Kina ger inte en direkt koppling till låga priser utan kvalitet kostar även i Kina. En vakuumsolfångare består av ett antal vakuumrör som är kopplade till en samlingslåda. I samlingslådan finns en värmeväxlare som överför värmen från vakuumrörets värmegivande värmegivare till den cirkulerande värmebäraren. Vakuumröret är ett dubbelväggit glasrör och det råder vakuum mellan de två glasväggarna. Inuti detta dubbelväggiga glasrör finns en absorbatör med en heatpipe. En heatpipe är ett hermetiskt tillslutet kopparrör innehållande ett ämne i gasform och vätskeform, oftast vatten. När solen skiner på vakuumröret absorberar absorbatören solenergin och överför värmen till heatpipen. I heatpipen kokar vätskan när heatpipen blir varm och ångan som bildas stiger uppåt i röret och ångan överhettas under stigningen i röret. När den överhettade ångan når rörets topp där röret är anslutet till värmeväxlaren kondenserar ångan till vätska och följer röret ner. På detta sätt pågår cirkulation i röret så länge som röret värms.

Vakuumet i det dubbelväggiga utrymmet isolerar och minimerar värmeförlusterna från absorbatören.

Vakuumsolfångare av fabrikat Exoheat är en produkt direktimporterad från Kina av ett företag från Båstad. Solfångaren består av 24 st vakuumrör med diametern 58mm monterade i en samlingslåda. Solfångaren är 2 020 mm bred och 1 990 mm lång och väger ca 80kg. Solfångaren säljs utan transport till färdigt tak och företaget har ingen egen lagerverksamhet utan transportföretaget DHL står för lager och spedition. Stagnationstemperaturen för Exoheats vakuumsolfångare är cirka +250°C. Garantin som lämnas på deras vakuumsolfångare är inte lika fördelaktig som för plansolfångaren från Aquasol men innebär 5 års garanti.



Figur 3.3 Vakuumsolfångare Exoheat (www.exoheat.se)



Figur 3.4 Vakuumsrör

3.1.3. Värmelagring

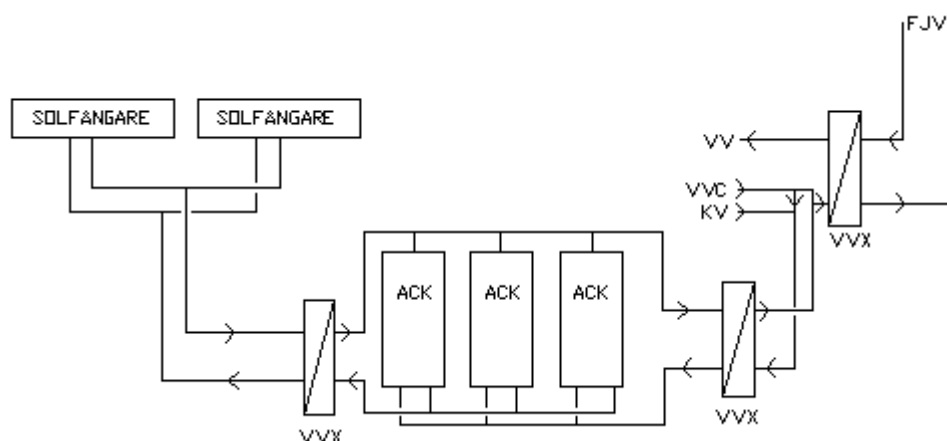
För att kunna nyttja energin från solvärme till varmvattenproduktion måste värmenenergin kunna lagras i tiden. Tiden för hur lång tid värmeenergin kan lagras beror på hur väl isolerade de värmelagringstankar som används är. I mindre solvärmeanläggningar används nästan uteslutande en tank som då innehåller tre olika rörslingor. Den slinga som är längst ned i tanken används för solvärmens absorberade solenergi. När det gäller större solvärmeanläggningar blir det betydligt mer komplicerat. En stor solvärmeanläggning kräver en stor vattenvolym för värmelagring. Det finns anläggningar som kopplas emot fjärrvärmesystem och som då använder fjärrvärmens vattenvolym i kulvertarna till värmelagring. Mer om detta beskrivs under rubriken systembeskrivning. Att det krävs en stor vattenvolym innebär att en fabricerad tank inte kan tillverkas tillräckligt stor. Att bygga en stor tank på plats innebär kostsamma arbeten med svetsning och isolering vilket i de flesta fall leder till en olönsam investering. När det gäller mycket stora solvärmeanläggningar är dock en platsbyggd tank att föredra.

Till medelstora anläggningar som i fallet Galjonen är en teknisk lösning med flera prefabricerade tankar att föredra. Tankarna kopplas då parallellt och tankarna laddas med värme via en plattvärmväxlare som då överför solvärmens till vattnet i tankarna. Vattnet i tankar är så kallat dött vatten och detta vatten förblir kvar i tanken utan att transporteras någon annan stans och innehåller inget syre. Tanken blir ett slutet system och ändringen av vattenvolym vid temperaturskiftningar kompenseras med hjälp av ett tryckexpansionskärl. Tappvarmvattnet bereds med en andra plattvärmväxlare. För att kunna säkerställa att tappvarmvattnets temperatur blir tillräckligt hög sker vid behov eftervärmning med fjärrvärme som spetsvärme. Vintertid står den så kallade spetsvärmens för all uppvärmning av varmvattnet. Tankarnas plattvärmväxlare bör då vara avsektionerade för att undvika kondens i anslutning till plattväxlaren och förhindra kylning av tankarna då ingen solvärme levereras till tankarna under en längre tid. Vid dimensionering av värmelagringsvolym finns ett grundtal som säger 0,1 m³ vatten per m² solfångare. Styrsystemet för denna typ av värmelagring och beredning av tappvarmvatten blir komplicerat.

Varmvattencirkulation är en bidragande orsak till att ytterligare komplicera systemet. För solvärmeanläggningen till fastigheten Galjonen erfordras cirka 12m³ värmelagringsvolym och detta innebär cirka 12 st prefabricerade tankar.

3.1.4. Systemval

Solvärmesystem kan i samband med fjärrvärme ofta bli en lyckad kombination då inkopplingen av solvärmeanläggningen blir billigare och inte lika utrymmeskrävande. Vid installation av solvärmeanläggning i en fastighet med fjärrvärme finns det två olika tänkbara sätt att lagra värme. Det mest förekommande är att värmelagringstankar så kallade ackumulatortankar används och att värmen från solfångarna lagras kort tid exempelvis ett par dagar. Tankarna står för en betydande del av den totala investeringen. När fjärrvärmen används som spetsvärme leder det till att fjärrvärmereturens temperatur kommer att höjas. En höjning av fjärrvärmereturen är till nackdel för fjärrvärmeleverantören som alltid eftersträvar en så låg returtemperatur som möjligt för att få en så energieffektiv värmeleverans som möjligt. Det som då skulle kunna bli effektivare är att använda fjärrvärmenätet som värmelager. Den värme som solfångarna genererar överförs till vatten från fjärrvärmenätets retur som då har låg temperatur. Det uppvärmda returvattnet pumpas sedan tillbaka i fjärrvärmenätet men då i tillloppet för fjärrvärmen. Den värme som då pumpats ut i fjärrvärmenätet kan då nyttjas av andra abonnent. När den aktuella fastigheten kallar på värme tas alla värme från fjärrvärmenätet. I vissa fall kan den solvärmeproducerade värmen kvittas emot den värme som köps av fjärrvärmebolaget. Alternativet med värmelagring i fjärrvärmenätet kräver samråd med fjärrvärmeleverantör.



Figur 3.5 Systemritning solvärme

3.1.5. Drift och underhåll

En stor fördel med solvärmeanläggningar är att det erfordras minimalt med underhåll för att kunna ha en fungerande anläggning i cirka 20 år. Den drift som solvärmeanläggningar kräver är även den minimal då det enda som vanligtvis krävs är att värmebärarens tillstånd bör kontrolleras med jämna mellanrum, exempelvis en gång om året. Anledningen till att värmebäraren bör kontrolleras är att den kan påverkas av höga temperaturer. En långvarig påverkan av hög temperatur kan få värmebäraren att sönderfalla och då bildas utfällningar och ph-värdet blir lågt, vilket kan skada anläggningen. Livslängden för en solvärmeanläggning är starkt knuten till den kvalitet som solfångarna besitter. Då plansolfångare är av en väl beprövad teknik anses den ha en längre livslängd än en solfångare av typen vakuumrör. I helhet finns det även andra delar av solvärmeanläggningar som på sikt inom sin livslängd på cirka 20 år behöver underhåll. Exempelvis måste troligen den pump som cirkulerar värmebäraren bytas efter cirka 10-15 år. Det styrsystem som styr solvärmeanläggningen kräver möjligen visst underhåll under dess livslängd på 20 år.

3.2. Dimensionering

Vid dimensionering av en solvärmeanläggning bör man underdimensionera något för att erhålla bästa tänkbara ekonomiska lönsamhet. Med underdimensionering menas kort att solfångarna dimensioneras till att klara uppvärmningen av varmvatten till 100 % under den sommarmånad som har lägst varmvattenkonsumtion. Vid överdimensionering fås ett stort energiöverskott sommartid som inte kan nyttjas vilket gör att en överdimensionering blir mindre lönsam än en underdimensionering. Det kan även bli problem med att solfångarna blir för varma och når sin så kallade stagnationstemperatur. För att kunna dimensionera solfångarna och veta hur stor yta som krävs för att kunna tillgodose behovet av solenergin, är det några parametrar som måste finnas med.

- Vilken årsverkningsgrad har solfångaren?
- Var skall solfångaren placeras geografiskt?
- Åt vilket vädersträck kommer solfångaren att placeras?
- I vilken lutning från horisontalplanet kommer solfångaren placeras?

För att kunna jämföra olika solfångarna har data för solfångares årsutbyte hämtats från tester utförda av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Solfångarnas årsutbyten är beräknade under följande förutsättningar

- Totalt tillgänglig solinstrålning är 1062 kWh/m² per år
- Solfångare vända mot söder i 45 ° lutning.
- Med 50° C medeltemperatur av värmebärarens ingående och utgående temperatur vid passage genom solfångaren.

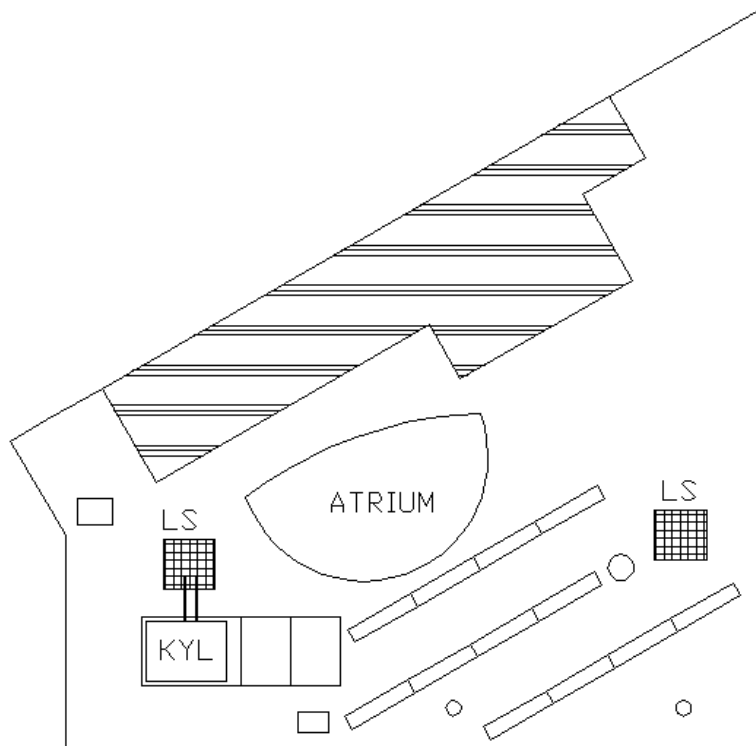
Solfångarens årsutbyte är den del energi av den instrålade solenergin som solfångaren avger till solvärmeanläggningen. Solinstrålningen på 1062 kWh/ m² per år härstammar ifrån mätningar gjorda i Stockholm 1986. Medeltemperaturen på 50°C motsvarar driftstemperatur vid varmvattenproduktion då medeltemperaturen för solfångarens värmebärare påverkar årsutbytet. En högre medeltemperatur ger ett lägre årsutbyte, därför bör en så låg temperatur som möjligt eftersträvas i solfångaren.

3.2.1. Dimensionering av solvärme till Galjonen

När det gäller dimensioneringen av solvärme till fastigheten Galjonen har vi valt att räkna med en typ av plansolfångare och en typ av vakuumsolfångare. Fastigheten Galjonen kan sägas vara uppbyggd av två olika huskroppar, en högdelen och en lågdelen. Solfångarna är tänkt att monteras på lågdelen platta tak i 45° vinkel till horisontalplanet och med riktning mot söder, detta för att åstadkomma bästa årsverkningsgrad. Taket är tak till plan 4 och har öppen vy mot söder, väster och öster. Fastighetens högdelen skuggar lågdelen ifrån norr. Ett problem med dimensioneringen av solfångare till Galjonen är att under juli månad då solfångarna ger som mest värme, har fastigheten årets lägsta konsumtion av varmvatten. Dimensioneringen bygger på att vi utgår från att ha full täckningsgrad under juli. Om nu juli hade haft en högre varmvattenkonsumtion så hade mer energi sparats under året då täckningsgraden sett på hela året blivit högre.

Tabell 3.6 Dimensionering av plansolfångare till fastigheten Galjonen

Tillverkare	Aquasol				
Typ	Plan				
Modell	Big Ar				
Yta	155 m ²				
Årsutbyte	0,42				
				Energi Sol	
	Instrålning	Utbyte	Energi VV		Täckningsgrad
Månad	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%
Jan	25	10,5	31522	1620	5%
Feb	45	18,8	29070	2916	10%
Mar	90	37,6	25388	5832	23%
Apr	129	53,9	25472	8359	33%
Maj	165	69,0	24084	10692	44%
Jun	171	71,5	15949	11081	69%
Jul	172	71,9	11146	11146	100%
Aug	150	62,7	17701	9720	55%
Sep	101	42,2	29423	6545	22%
Okt	64	26,8	35406	4147	12%
Nov	28	11,7	33565	1814	5%
Dec	17	7,1	37205	1102	3%
Totalt			315930	74976	24%

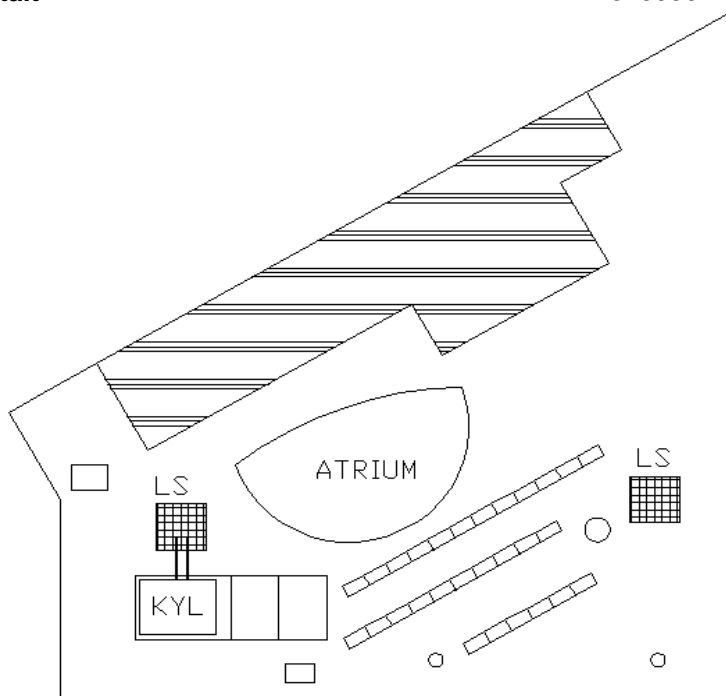


Figur 3.7 Möjlig placering av plansolfångare

Figur 3.8 Dimensionering av vakuumsolfångare till fastigheten Galjonen

Tillverkare	ExoHeat				
Typ	vakuum				
Modell	VA1858				
Yta	112 m ²				
Årsutbyte	0,58				

Månad	Instrålning kWh/m ²	Utbyte kWh/m ²	Energi VV kWh	Energi Sol	Täckningsgrad %
				kWh	
Jan	25	14,5	31522	1619	5%
Feb	45	26,0	29070	2914	10%
Mar	90	52,0	25388	5829	23%
Apr	129	74,6	25472	8353	33%
Maj	165	95,4	24084	10684	44%
Jun	171	98,9	15949	11073	69%
Jul	172	99,4	11146	11138	100%
Aug	150	86,7	17701	9713	55%
Sep	101	58,4	29423	6540	22%
Okt	64	37,0	35406	4144	12%
Nov	28	16,2	33565	1813	5%
Dec	17	9,8	37205	1101	3%
Totalt			315930	74920	24%



Figur 3.9 Möjligplacering av vakuumsolfångare

4. Kylmaskin

Tekniken med värmeåtervinning från en kylmaskin används inte speciellt ofta numera. De fastigheter som har stora kylmaskiner är främst kontorsfastigheter, dessa fastigheter har sällan något stort varmvattenbehov. För Galjonen, med sina omklädningsrum, som har en mycket hög varmvattenförbrukning lämpar sig denna teknik bra. För att kunna använda sig av värmeåtervinning från en kylmaskin krävs att kylmaskinen är försedd med någon slags värmeväxlare för återvinning. När man köper en kylmaskin idag finns värmeåtervinning som tillvalsalternativ. Kylmaskinen som sitter på Galjonens är dock ej försedd med någon värmeväxlare för återvinning. Kylmaskinen installerades 1999 och är därmed så pass ny att vi bestämde oss för att undersöka alternativet att bygga om den och förse den med värmeåtervinning, istället för att investera i en ny.

Genom att placera en värmeväxlare på tryckledningen efter kompressorn kan man ta till vara värme, en sådan värmeväxlare kallas hetgasväxlare. En hetgasväxlare återvinner cirka 10-15 % av den värme som kylmaskinen totalt genererar. Varmvattnet värms upp till ca +70°C i hetgasväxlare och kräver då ingen eftervärmning. Den tid då kylmaskinen inte har tillräckligt med drifttimmar står fjärrvärme för värmningen av varmvatten. Varmvattnet lagras i tankar för att kunna användas under en längre tid än just då kylmaskinen är i drift.



Figur 4.1 Kylmaskin Galjonen (Nils Svensson)

4.1. Beräkningar

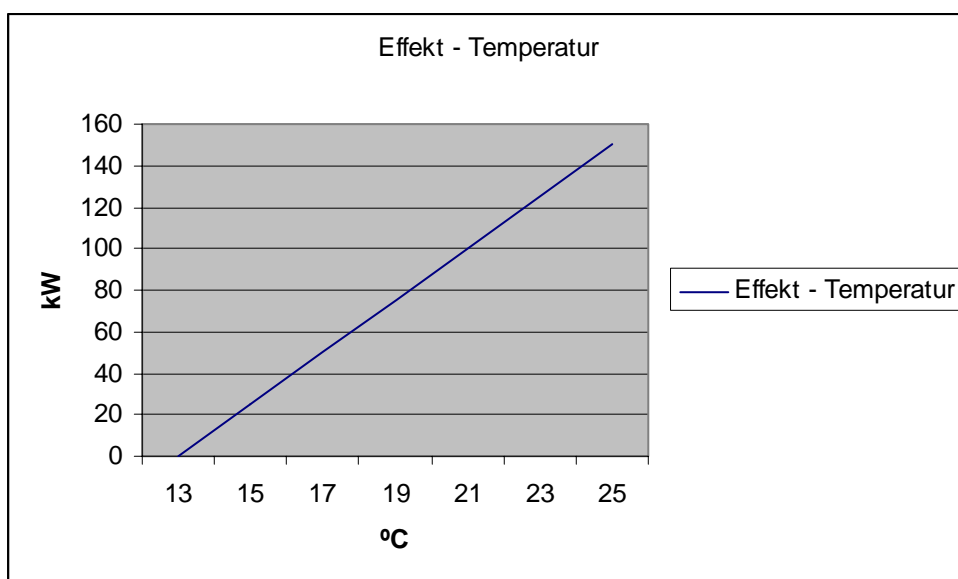
För att kunna beräkna hur mycket energi som kylmaskinen skulle kunna återvinna krävs det viss fakta om den specifika kylmaskinen. Fakta om drifttider och effekt under drift är två grundläggande uppgifter som behövs. Älvstranden saknar viktig dokumentation för Galjonens kylmaskin vilket medförde en hel del extra arbete för att arbeta fram en metod för att kunna ta reda på drifttider och effekter. Några antaganden fick göras för att avgränsa oss. Dels antogs det att kylmaskinen startade då det var +13°C sen antogs det att kylmaskinen var igång mellan klockan 06:00 och 22:00.

För att få fram de ungefärliga drifttiderna för kylmaskinen hämtades temperaturmätningar från åren 2001- 2005. Mätningarna är hämtade från Geovetarcentrums mätstation i Göteborg där mätningar utförs var 10:e minut. Med dessa mätningar kunde vi sortera ut de antal timmar mellan kl.06:00 – 22:00 som temperaturen var +13°C eller högre. Detta gjordes för alla fem åren och för varje månad. Med detta kunde ett medeltal för kylmaskinens drifttimmar, för varje månad tas fram. Med hjälp av denna sortering kunde även varje månads medeltemperatur mellan kl.06:00 – 22:00 för åren 2001-2005 tas fram.

Figur 4.2 Medeltemperatur månadsvis 2001-2005

Månad	Medel temp 2001-2005 mellan kl. 06:00 - 22:00
April	15,4°C
Maj	16,8°C
Juni	17,1°C
Juli	19,5°C
Augusti	20,1°C
September	16,1°C

För att få fram den effekt som kylmaskinen levererade vid en specifik temperatur loggades kylmaskinen under en vecka i maj. Den loggade effekten jämfördes med utetemperaturen under samma vecka för att se vilka effekter kylmaskinen gick på vid vissa temperaturer.



Figur 4.2 Kylmaskinens effekt vid utetemperatur

Därefter kunde vi räkna fram de olika effekterna för de medeltemperaturerna som räknats fram. För att få fram den effekt som kan tillgodoses för värmning av varmvattnet användes följande formel:

Värmeeffekten, $Q = K \cdot \text{Verkningsgrad för växlare}$.

De besparingar som kan göras med värmeåtervinning är följande:

Tabell 4.3 Besparing vid värmeåtervinning från kylmaskin

Månad	Energi VV kWh	Värmeeffekt kW	Timmor h	Återvunnen	
				Energi kWh	Täckningsgrad %
April	25472,4	4,7	71,0	333,7	0,01
Maj	24083,5	7,2	235,0	1692,0	0,07
Juni	15948,5	7,8	386,8	3017,0	0,19
Juli	11145,9	12,2	524,0	6392,8	0,57
Augusti	17701,3	13,8	387,2	5343,4	0,30
September	29423	5,9	387,2	2284,5	0,08
Totalt	123774,6			19063,4	0,15

4.2. Värmelagring

Det vatten som värmts genom värmeåtervinningen från kylmaskinen är tänkt att lagras i ackumuleringstankar. För att räkna ut hur stor ackumuleringsvolym som krävs, behövs det uppgifter på den största energimängd som kan tänkas lagras under ett dygn. I detta fall är det juli månad som blir dimensionerande.

Energi till VV juli: 6 392 kWh = 213 kWh/dygn

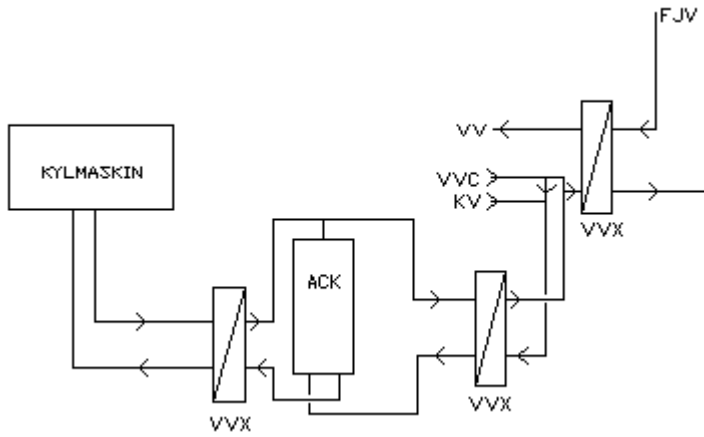
$\Delta t = +50^\circ\text{C}$

Energiåtgång, $C = 1,16 \text{ kWh för att höja } 1 \text{ m}^3 \text{ } 1^\circ\text{C}$

$\text{Acktank.volym} = (\text{VV-energi per dygn}) / (\Delta t * C)$

$\text{Acktankvolym} = 213 / (50 * 1.16) \approx 4$

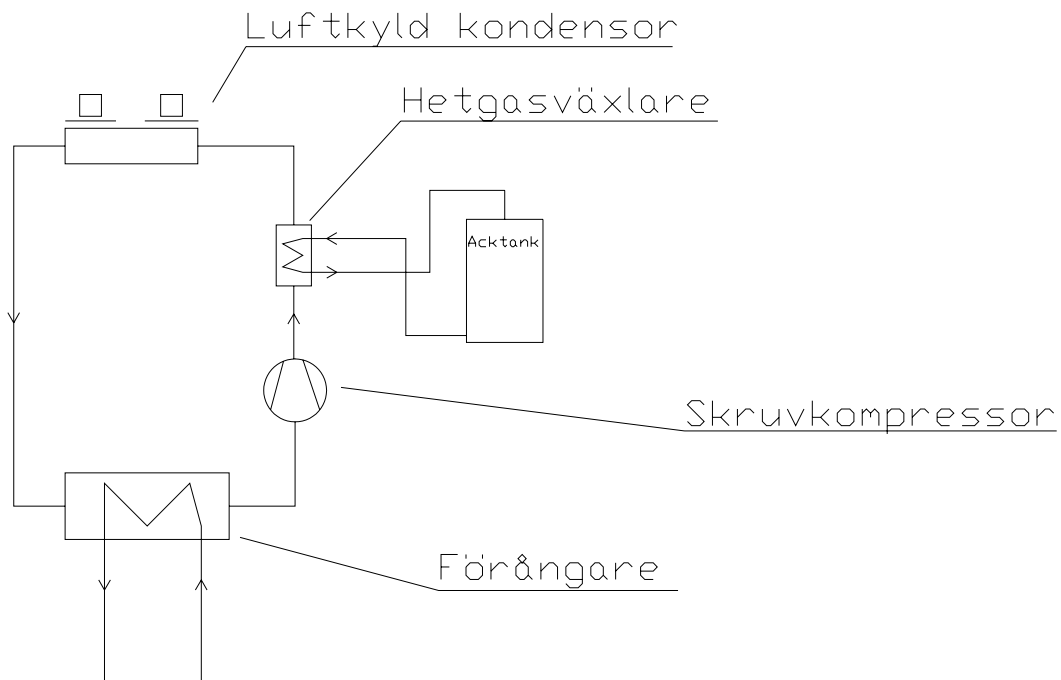
Att platsbygga en ackumulatortank på 4 m³ kostar stora pengar, samtidigt som det är svårt att få rätt skiktning på vattnet. Därför har vi här räknat med flera mindre ackumulatortankar genom att parallellkoppla dessa. Tankar som lagrar tappvarmvatten direkt måste tåla det systemtryck som finns i tappvattensystemet och den korrosionspåfrestning som tappvatten resulterar i. Systemtrycket ligger upp till 0,9 MPa vilket är det avsäkringstryck som säkerhetsventil för varmvatten ligger på. Tankar som klarar dessa krav är och har stor volymkapacitet är dyra att tillverka och därför inte intressant i detta fall. För att få en så ekonomisk fördelaktig lösning som möjligt används istället tankar med så kallat dött vatten och detta vatten förblir kvar i tanken utan att transporteras någon annan stans och innehåller inget syre. Tanken blir ett slutet system och ändringen av vattenvolym vid temperaturskiftningar kompenseras med hjälp av ett tryckexpansionskärl. Trycket i tankarna är lågt och trycket är i sig inte är något problem. Tappvarmvattnet bereds med en plattvärmväxlare, så kallad tappvattenautomat. För att kunna säkerställa att tappvarmvattnets temperatur blir tillräckligt hög sker vid behov eftervärmning med fjärrvärme som spetsvärme. Vintertid står den så kallade spetsvärmen för all uppvärmning av varmvattnet. Tankarnas plattvärmväxlare bör då vara avsektionerade för att undvika kondens i anslutning till plattväxlaren och förhindra kylning av tankarna då ingen värme levereras till tankarna under en längre tid.



Figur 4.4 Systemritning värmeåtervinning kylmaskin

4.3. Systemval

När en kylmaskin är i drift producerar den värme som motsvarar 3-4 gånger mer energi än den energi som krävs för driften av dess kompressor. Detta innebär att det kan finnas en stor potential i att kunna använda denna energi till exempelvis varmvattenproduktion. En kylmaskin ger ofta en alltför låg temperatur för att kunna producera färdigt varmvatten då värmeenergi tas ifrån dess kondensator i kylmaskinen. För att kunna få en tillräckligt hög temperatur kan man använda sig av hetgasväxlare som tar värmeenergi ifrån köldmediet efter kompressorn utan att kondensera köldmediet. Nackdelen med hetgasväxlaren är att den endast kan återvinna 10-15 % av den värmeenergi som finns tillgänglig. Valet står då emellan kvalitet eller kvantitet, en hög temperatur ger kvalitativa egenskaper medan en låg temperatur är svår att nyttja och får då dålig kvalitet men har stor kvantitet.



Figur 4.5 Principritning värmeåtervinning kylmaskin

4.4.Drift och underhåll

En värmeåtervinningsanläggning till en kylmaskin kan delas i tre olika delar som kräver drift och underhåll under de 20 år som livslängden uppskattas till. Pumpar, värmeväxlare och styrsystem. En pump är hjärtat i systemet som ser till att cirkulera värmebäraren i systemet. Vanligt förekommande i mindre anläggningar är att pumparna är av våt typ vilket innebär att de är helt underhållsfria. När en sådan pump havererar är det till att byta hela pumpens drivsida. För den tänkta anläggningen i fastigheten Galjonen krävs en större pump och det är då är det en pump med torr motor och axeltätning. En sådan pump kräver ibland byte av axeltätning och lager. Värmeväxlare som oftast är av typen plattvärmeväxlare är effektiva men känsliga för smutspartiklar som kan bilda beläggningar på de ytor som överför värmen. Beläggningar gör att växlaren tappar kapacitet till att växla värme mellan medierna. För att på lång sikt erhålla en effektiv växlare krävs rengöring av växlaren vid behov. Smutsfilter på inkommande ledningen till växlaren är ett bra sätt att förhindra större partiklar från att nå växlaren. Styrsystemet till en värmeåtervinningsanläggning kan behöva drift och underhåll efter ett antal år i drift men dess omfattning är svåruppskattad.

5. Ekonomi

När projektet inleddes var energikostnaderna för Galjonen mycket stora. Med tanke på energiprisets stegrande i framtiden kommer kostnaderna fortsätta att öka. Att investera stora pengar som kanske inte återbetalar sig för än efter kanske ca 15 år är inte alltid så lockande. Investeringskostnaderna för båda alternativen med solfångare samt alternativet med kylmaskinen är räknade i överkant för att ligga på rätt sida. Även de energipriserna som har använts och de förväntade ökningarna ligger troligen på rätt sida. Detta gör att i de verkliga fallen kommer antagligen återbetalningstiden att vara lägre än vad som anges här. Det kommer dock inte att skilja på lönsamheten mellan de olika alternativen.

För att räkna fram lönsamheten och återbetalningstiden har vi använt oss av Älvstrandens LCC-kalkyl. Vi har där jämfört de olika alternativen med varandra samt med dagens sätt att använda sig av uppvärmning med fjärrvärme.

De olika momenten som använts för att räkna på kostnader är investeringskostnader och driftkostnader. Investeringskostnaderna är den del som väger tyngst då det är svårt att veta hur vissa installationer ser ut om ca 15 år. Plansolfångarna har idag en garantitid på 15 år medan vakuumsolfångarna har en garantitid på 5 år. Detta säger endast att plansolfångaren inte kommer att medföra några kostnader inom 15 år men den kan likväl hålla 30 år. För vakuumsolfångaren gäller inga extra kostnader inom 5 år, men den kan likväl också hålla 30 år även om det inte är lika sannolikt. Dessa fakta har vägts in i LCC-kalkylen på det sättet att vakuumsolfångaren kommer att kosta mer vid reinvestering och utbyte. När man studerar resultatet bör man ha insikten att plansolfångarens kostnader är mer säkerställda än vad vakuumsolfångarens kostnader är.

5.1. Investering

För att förstå fördelarna med att investera i något av dessa alternativ krävs det en långsiktig syn på investeringar. Investeringskostnaderna för alla tre alternativen är höga om man ser till tiden som de återbetalar sig på. Med en långsiktig syn på ekonomiska investeringar och med miljömässiga hänsynstaganden är samtliga alternativ bra investeringar.

De priser som uppges för är grundade på antagande om den arbetstid och den materialmängd som behövs. Priserna på de olika solfångarna kommer från de leverantörer som säljer dessa produkter.

Vid en investering i solvärme finns det möjlighet att ansöka om solvärmebidrag. Reglerna för detta bidrag är dock lite oklara. De fastigheter som har rätt till detta bidrag är bostäder samt fastigheter som har anknytning till hobby-, fritidsverksamhet även kallat bostadsanknuten lokal. Det som gör ett bidrag till Galjonen möjligt är det att den största delen av varmvattenförbrukningen sker i duscharna i omklädningsrummen. Problemet blir dock att endast den del av fastigheten som är omklädningsrum har rätt till bidraget. Bidraget är begränsat till 5 000 kr/200 m². Detta gör att till omklädningsdelen på ca 2200 m² kan bidrag fås, istället för att få ett bidrag till hela fastigheten på 8000 m². Skillnaden gör att bidraget hamnar på ca 55 000 kr istället för 200 000 kr. Vidare ger detta att återbetalningstiden för solfångarna ökar. Det pratas dock om att ge bidrag till solvärme för kontorsfastigheter, men detta är långt ifrån klar.

Investeringskostnaderna för kylmaskinen består av att bygga om kylmaskinen och förse den med värmeåtervinning genom hetgasväxlare.

5.1.1. Plansolfångare

Investeringskostnaderna för plansolfångare med bidrag inräknat skulle bli ca 645 000 kr. Kostnaderna för detta är fördelade enligt tabellen.

Tabell 5.1 Investeringskostnader plansolfångare

Plansolfångare	Kostnad per enhet	Antal [st]	Summa
Drivpaket och styrning	40000	1	40000
Benställning	360	60	21600
Acktankar	10000	16	160000
Expansionskärl	3500	1	3500
Värmebärare	30	200	6000
Montering	350	160	56000
Injustering och driftsättning	350	10	3500
Isolering	350	40	14000
Rör, ventiler	20000	1	20000
Ombyggnad tak	75000	1	75000
Planfångare (Aquasol)	1550	155	240250
Projektering	60000	1	60000
Totalt			699850
Bidrag	55000	kr	
Investeringskostnad	644850	kr	

5.1.2. Vakuumsolfångare

Investeringskostnaderna för vakuumsolfångare med bidrag skulle bli ca 713 000 kr. Kostnaderna är fördelade enligt tabellen.

Tabell 5.2 Investeringskostnader vakuumsolfångare

Vakuumsolfångare	Kostnad per enhet	Antal [st]	Summa
Drivpaket och styrning	40000	1	40000
Benställning	360	60	21600
Acktankar	10000	16	160000
Expansionskärl	3500	1	3500
Värmebärare	30	200	6000
Montering	350	140	49000
Injustering och driftsättning	350	10	3500
Isolering	350	40	14000
Rör, ventiler	20000	1	20000
Ombyggnad tak	54000	1	54000
Vakuumsolfångare (ExoHeat)	3000	112	336000
Projektering	60000	1	60000
Totalt			767600
Bidrag	55000	kr	
Investeringskostnad	712600	kr	

5.1.3. Kylmaskin

Investeringskostnaderna för att förse kylmaskinen med värmeåtervinning skulle bli ca 190 000 kr. Kostnaderna är fördelade enligt tabellen.

Tabell 5.3 Investeringskostnader kylmaskin

Kylmaskin	Kostnad per enhet	Antal [st]	Summa
Växlare	10000	1	10000
Styrning	20000	1	20000
Montering	350	170	59500
Acktankar	10000	4	40000
Projektering	30000	1	30000
Driftframtagning	10000	1	10000
Rör, ventiler	20000	1	20000
Totalt			189500
Investeringskostnad			189500

5.2.LCC-Beräkning

LCC står för Life Cycle Cost, som betyder livscykelkostnad. En LCC-kalkyl används för att beräkna den totala kostnaden för ett objekt. Man räknar alltså med investeringskostnaden men även vad det kostar att driva objektet under dess livstid. Staffan Bolminger på Älvstranden har arbetat fram den LCC-kalkyl som vi använt oss av för att beräkna lönsamheten för de olika alternativen som vi har arbetat fram.

5.2.1. Metodik och uppbyggnad

Med LCC-kalkylen kan en total kostnad för X antal år beräknas. I en LCC-kalkyl räknas alltså det inte bara på själva investeringskostnaden för ett objekt, även driftskostnaderna tas med i beräkningen. Genom att arbeta på detta sätt kan resultatet bli att det kanske lönar sig att till exempel installera ett dyrare luftbehandlingssystem som är mer energisnålt än ett billigare system eftersom driftskostnaderna inte blir lika höga.

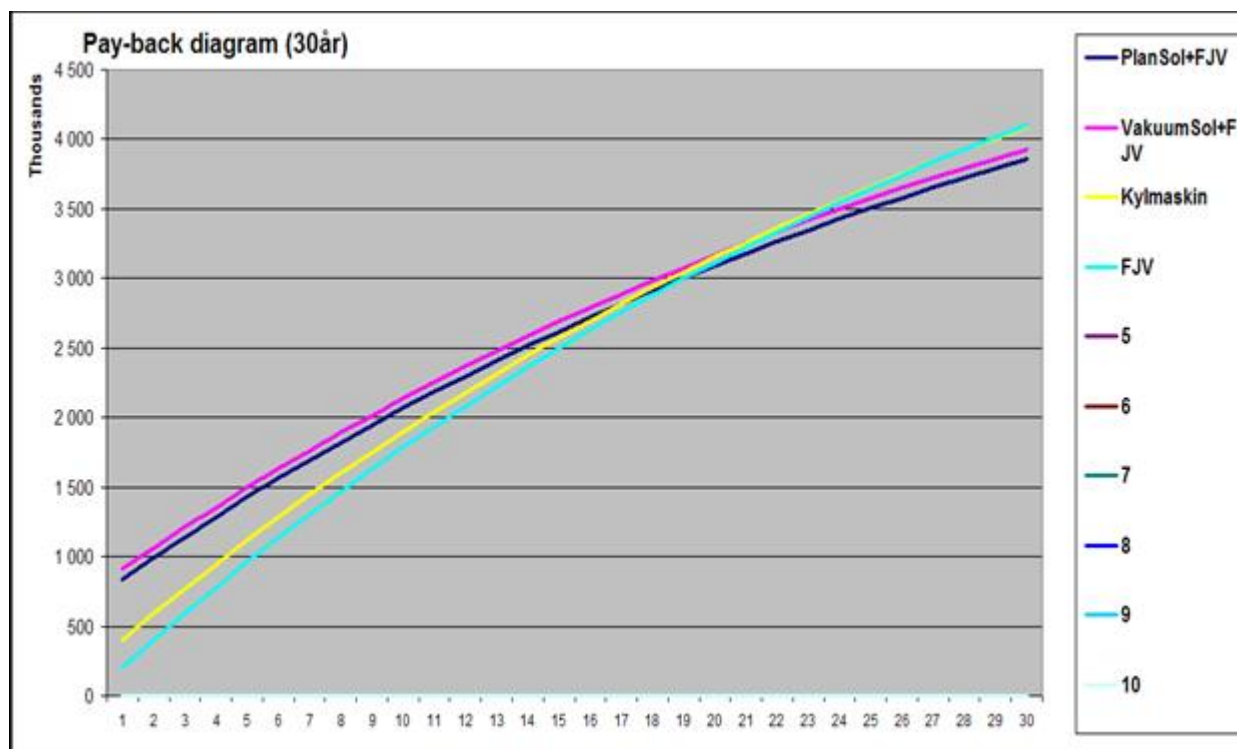
Den LCC-kalkyl vi har använt oss av är uppbyggd enligt följande. Först bestäms hur många år som det skall räknas på, sen behövs ekonomiska uppgifter på till exempel; kalkylränta, kapitalkostnader och amorteringar. Kalkylen är sedan uppbyggd av följande fyra steg:

1. Investeringskostnader
2. Reinvestering och utbyte
3. Löpande drift och underhåll
4. Energikostnader

I investeringsavsnittet har investeringskostnaderna för solfångare och ombyggnad av kylmaskinen lagts in, här har även bidragen till solvärme lagts. Kostnaderna som ligger under reinvestering och utbyte är kostnader för delar till installationerna och delar till styrningen. Löpande drift och underhåll är det som sker varje år, det vill säga någon som kontrollerar att anläggningen fungerar och underhåller de olika komponenterna, dessa kostnader beräknas till cirka 1000 kr/år. Energikostnaderna är beräknade på de priser som Älvstranden idag betalar samt de prisökningar som förväntas.

5.2.2. Utvärdering av resultat

Resultatet av LCC-beräkningen sammanfattas med diagrammet i figur 5.4 där de olika investeringsförslagen jämförs med en oförändrad varmvattenproduktion med enbart fjärrvärme. Av diagrammet kan det utläsas att det mest lönsamma alternativet är att investera i plansolfångare. Därefter följer alternativet med vakuumsolfångare. Att investera i ombyggnad av kylmaskinen är inte lönsamt alls.

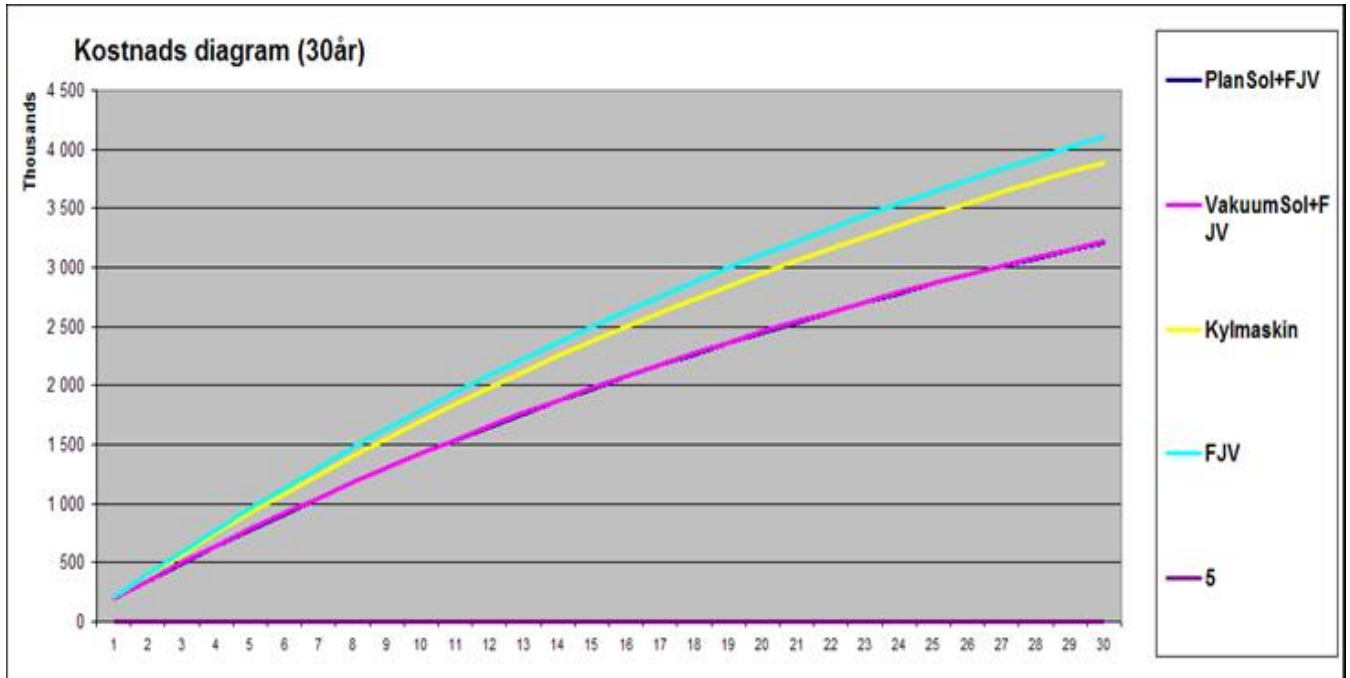


Figur 5.4 Pay-back

Återbetalningstiden blir dock ganska lång för alternativen med solfångare. Alternativet med plansolfångare är det alternativ som kommer att vara mest lönsamt. Återbetalningstiden blir dock cirka 20 år men där efter blir det en ren besparing. Det finns plansolfångare som stått i mer än 20 år och fortfarande fungerar perfekt, detta visar att det inte innebär någon större risk för stora reinvesteringar och på så sätt få en längre återbetalningstid. Alternativet med vakuumsolfångare är det näst bästa alternativet. Återbetalningstiden ligger här på cirka 22 år. Att återbetalningstiden blir längre för detta alternativ beror på de högre investeringskostnaderna som vakuumsolfångare medför. Det finns dock en risk med vakuumsolfångarna och det är att det idag inte finns några som stått särskilt länge och vi vet därför inte hur lång livstid som vakuumsolfångarna har. Detta kan komma att påverka återbetalningstiden då reinvesteringarkostnaderna kan bli stora.

Problemet med att få lönsamhet med värmeåtervinning på kylmaskinen ligger i hetgasväxlaren. Verkningsgraden för den sortens växlare är låg vilket medför att tillräckligt med effekt inte kan tas till vara för att få lönsamhet. Återbetalningstiden ligger på cirka 30 år vilket betyder att när lönsamhet nås har kylmaskinen varit igång i 37 år och livslängden på en kylmaskin ligger mellan 20 och 25 år. Hade det funnits värmeåtervinning i kylmaskinen så hade detta alternativet blivit lönsamt.

Genom att visa diagrammet över livscykelkostnaderna där inte investeringskostnaderna är medräknade kan en jämförelse göras mellan de olika förslagen utan att hänsyn tas till investeringskostnader. Detta kan vara viktigt för att kunna bedöma de olika förslagen i ett samhällsperspektiv där miljömässiga hänsyn inräknas. Exempelvis kan miljön besparas genom att använda sig av solvärme i stället för fjärrvärme.



Figur 5.5 LCC-kostnader (ej investeringskostnader)

6. Avslutning

Rapporten visar att det är lönsamt att installera solvärme för varmvattenproduktion i fastigheten Galjonen. Att solvärmeanläggning blir lönsam innebär att återbetalningstiden ligger inom ramen för anläggningens livslängd. I det aktuella fallet ligger återbetalningstiden på cirka 20 år vilket är en lång tid men med tanke på att anläggningen anses klara en livslängd på cirka 25-30 år.

Bedömningen att anläggningens livslängd är så pass lång som upp till 30 år baserar vi på att det idag finns anläggningar med plansolfångare som har varit i drift cirka 25 år. Som en ytterligare bekräftelse på den långa livslängden som vi har bedömt är garantitiden på de plansolfångare vi har räknat med hela 15 år. Vad gäller vakuumsolfångare så är denna teknik så pass ny att det inte finns anläggningar som har varit i drift mer än cirka 15 år.

När det gäller Galjonens kylmaskin visar rapporten att det inte är lönsamt att investera i en värmeåtervinning för att producera varmvatten. Att en satsning på värmeåtervinning inte blir lönsam beror på att återbetalningstiden för investeringen ligger på cirka 25 år vilket är längre än den livslängd som den befintliga kylmaskinen anses ha. Den befintliga kylmaskinen installerades 1999 vilket innebär att kylmaskinen skulle behöva ha en livslängd längre än 32 år för att få en lönsam investering, vilket vi anser vara osannolikt. Anledningen till den långa återbetalningstiden är att det endast är möjligt att återvinna cirka 10-15 % av den totalt tillgängliga energin avgiven från kylmaskinen. En ytterligare anledning till att investeringen blir olönsam är att det kostsamt att installera värmeåtervinning i en befintlig kylmaskin. I en situation där en ny kylmaskin skall installeras är värmeåtervinning ofta en lönsam investering när det föreligger ett stort varmvattenbehov som i fastigheten Galjonen.

7. Referenser

7.1.Litteratur

Hagstedt, B, Jacobsson, S, Karlsmyr, M och Rosberg,K (1982) *Värmeåtervinning med värmepump från Scaniarinken i Södertälje*. LiberTryck, Stockholm.

James & James (2003) *Solar energy houses*. Antony Rowe, Eastbourne UK.

Larson, R (1998) *Solvärme i vårt hus*. Fingraf, Södertälje.

7.2.Elektroniska källor

Exoheat, solfångare.

www.exoheat.com/ >produkter >solfångare (12/5 2006)

Göteborgsuniversitet, geovetenskap klimatstation.

<http://www.gvc.gu.se/TAK-DATA/klimat.htm> (11/5 2006)

Länsstyrelsen Västra Götaland, Bidrag till solvärme

http://www.o.lst.se/o/amnen/Boende/Energibidrag/bidrag_till_solvarme.htm (9/5 2006)

Svenska solenergiföreningen

<http://www.solklart-solvarme.nu> (7/4 2006)

Statens provning- och forskningsinstitut, P-märkta solfångare

http://www.sp.se/energy/certprod/P_solfangare_lista.htm (3/4 2006)

7.3.Muntliga källor

Bolminger, S, Älvstranden utveckling AB

Lennartson, L, Älvstranden utveckling AB

Lennermo, G, Energikonsult Alingsås. Telefonkontakt 30/3, 7/4, 27/4 2006

Nyberg, M, Wikströms VVS-kontroll Göteborg. 10/5, 16/5 2006

Reidarsson, T, Aquasol Örebro. 20/4 2006

Sandblom, U, Länsstyrelsen Västra Götaland. Telefonkontakt 9/5 2006

Sundqvist, R, Exoheat Båstad. 11/4 2006

