



KTH Industrial Engineering
and Management

Vad kan man göra för att på hållbart sätt minska värmekostnaderna för bostäder?

Arvid Broms



Pilgatan 4-10 i Landskrona



**KTH Industrial Engineering
and Management**

Bachelor of Science Thesis EGI-2019

TRITA-ITM-EX 2019:321

What can be done to reduce the heating costs of housing in a sustainable way?

Arvid Broms

Approved 2019-06-07	Examiner Björn Palm	Supervisor Björn Palm
	Commissioner	Contact person

Abstract

Solar cells, or photovoltaic cells, can capture the sun's light and convert this light into electric current. Its current can be used to operate systems that have a need for electric energy. This is what can create savings for the examined properties when it comes to heating, which in this case is what 60 percent of the total cost for the properties accounts for. The problem to be solved is thus a cost problem that the property owner wants to solve with the help of solar cells. By looking at existing solutions and screening out those that were not reasonable, it turned out that no solutions that were addressed in this report passed the requirements that the client had, but a recommendation to look more closely at an exhaust air system has been given to the property owner. Solar cells on roofs with several families below probably do not provide the amount of energy required for heating, this quantity may only be used for household electricity or stairwell lighting, but the future looks bright and hopefully solar cells will be on each rooftop to jointly work towards a fossil-free future.

Sammanfattning

Solceller kan fånga in solens ljus och omvandla detta ljus till elektrisk ström. Dennas ström kan användas till att driva system som har ett behov av energi. Detta kan i sin tur skapa besparingar för fastigheter när det kommer till uppvärmning, vilket i detta fall är vad 60 procent av den totala kostnaden för fastigheterna står för. Problemet som ska behandlas är ett kostnadsproblem som fastighetsägaren vill lösa med hjälp av solceller. Genom att titta på befintliga lösningar och sålla ut de som inte var rimliga, visade det sig att inga lösningar som togs upp i denna rapport klarade de krav som uppdragsgivaren hade, men en rekommendation av att titta närmare på ett frånluftssystem har givits till fastighetsägaren. Solceller på tak med flera familjer under ger inte alltid den mängd energi som krävs för uppvärmning, denna mängd kanske bara ska användas till hushållsel eller trapphusets lampor. Men framtiden ser ljus ut och förhoppningsvis kommer solceller vara på varje hustak för att gemensamt arbeta mot en fossilfri framtid.

Nomenklatur

Förkortningar

kW	kilowatt [kiloJoule/sekund]	Tusen watt, effektmått.
kWh	kilowattimme [kiloJoule]	Ett standardmått på energimängd.
COP	Coefficient of Performance	Effektivitet bland värmepumpar.
kvm	kvadratmeter	Mått på en yta

Innehållsförteckning

1 Introduktion	1
2 Syfte och mål	1
3 Situationsstudie	1
3.1 Fastigheten	1
3.2 Hybridsystem	2
3.3 Bergvärme	2
3.4 Frånluftsvärme	3
3.5 Lagringsmöjligheter	3
3.6 Att sälja el	4
3.6.1 Skatt	4
3.6.2 Elcertifikat	4
3.6.3 Ursprungsgarantier	5
3.6.4 Elmarknaden	5
3.7 Bergvärmesystem	5
3.8 Frånluftssystem	6
3.9 Solceller	6
3.10 Batterier	7
3.10.1 Batteri och solcellsbehovet för ett bergvärmesystem	8
3.10.2 Batteri och solcellsbehovet för ett system med frånluftssystem	9
3.11 Soltimmar	9
3.12 Krav från uppdragsgivaren	10
4 Modell/metod	11
4.1 Begränsningar	11
4.2 Sammanställning av data	11
4.2.1 Bergvärme	11
4.2.2 Frånluftssystem	12
4.2.3 Bara sälja el	12
4.3 Pay-back metoden	12
4.4 Beräkning	13
5 Resultat	14
5.1 Känslighetsanalys	14
6 Resultatanalys och Diskussion	14
7 Vidare studier	15
8 Referenser	16

1 Introduktion

Att äga en hyresfastighet kan genererar en stabil intäkt under många år om fastigheten sköts rätt. För att sköta ett hus rätt är det viktigt att tänka strategiskt, finns det en fond för underhåll om fasaden behöver putsas om? Finns det medel att fixa ett oväntat vattenläckage på vinden idag? Dessa är frågor som behöver tänkas igenom, att tänka strategiskt är alltså det viktigaste en fastighetsägare kan göra. En annan typ av strategisk fråga som inte handlar om underhåll för att behålla fastigheten som den är idag är att tänka på vad man kan göra för att göra fastigheten bättre. Att göra den bättre innebär att framtidssäkra och effektivisera den. Detta kan göras på en mängd olika sätt, men ett av dem är att minska kostnaderna utan att göra avkall på standarden som råder i dagsläget. Detta gör man genom att investera i en lösning idag, som sedan ger en besparing och alltså en ökad vinst i framtiden.

I dagsläget består värmekostnaderna för fastigheterna på Pilgatan för ca 60 procent av de totala kostnaderna. Går det att minska denna andel några procentenheter så finns det massor av pengar att spara, som kan gå till annat, t.ex. att sänka hyror. Så vad kan man göra för att på hållbart sätt minska värmekostnaderna för bostäder? Det är detta som rapporten kommer att behandla.

2 Syfte och mål

På uppdrag av en fastighetsägare i Landskrona ämnar uppsatsen att undersöka vad som kan göras för att minska lejonparten av kostnaden för huset, vilket är uppvärmningen. Detta ska göras på ett ekonomiskt och miljömässigt hållbart sätt. Syftet med rapporten är att undersöka vad för rimliga alternativ som finns, och sedan ta fram vilket alternativ fastighetsägaren bör gå vidare med. Då frågeställningen ger utrymme för en bred analys kommer många begränsningar att göras. Den största avgränsningen kommer vara att solceller kommer vara startpunkten i varje föreslagen lösning. Vidare begränsningar kommer redovisas under metoder.

Rapporten avser att redogöra för vad fastighetsägaren ska investera i idag för att på sikt spara in på värmekostnader. Följande är studiens huvudmål:

Vilken lösning anses bäst i nuläget?

Hur mycket och när sparar man på en sådan lösning?

3 Situationsstudie

3.1 Fastigheten

Fastigheten i Landskrona består av 4 huskroppar vilka byggdes år 1929. Det finns 28 lägenheter på med en total yta på 2097 kvm jämt fördelat mellan de 4 huskropparna. Taket är ett typisk sadeltak med en lutning på ca 35-40 grader mot horisonten och är riktat sydväst och nordost, den sydvästliga delen av taket har en yta på ca 430 kvm, denna delen av taket är tänkt att placera solceller på. Uppvärmningen av husen består av vattenburna element vars värme kommer från fjärrvärmenätet, där närmsta leverantör är kraftvärmeverket Energiknuten. Den årliga värmeförbrukningen uppgår till 296 349 kWh, samt en årlig elförbrukning på 31 701

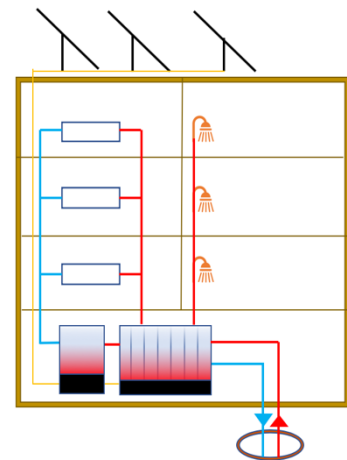
kWh. Priset på uppvärmning för 2017 var ca 233 000 kronor, det är denna kostnad som ämnas minska efter etablerad lösning.

3.2 Hybridsystem

I dagsläget finns en del flerbostadshus i Sverige som använder sig av så kallade sekundärsystem, där solvärme hjälper fjärrvärmesystemet via ackumulatorer i fastigheten som förvärmare av varmvatten (Dalenbäck m.fl., 2013). Detta system använder solvärme vilket inte tillhör avgränsningen för denna studie då endast solceller ska användas. Dock är detta ett etablerat system som skulle kunna vara ett alternativ vid ett annat tillfälle.

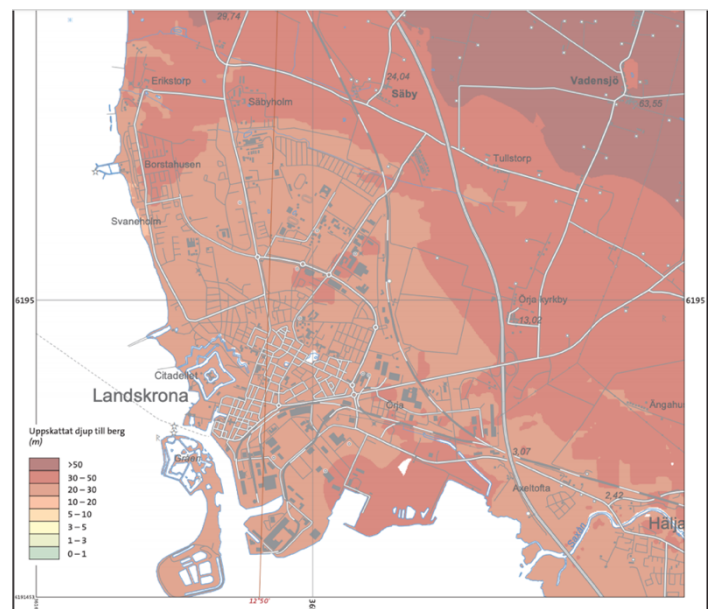
3.3 Bergvärme

Ett annat hybridsystem är bergvärme tillsammans med solpaneler, Figur 1, detta system fungerar så att solelen används nästan uteslutande på sommaren för att driva värmepumpen och på vinter när solen lyser mindre kommer det finnas behov av att köpa el till värmepumpen. Den köpta elen ska även kunna driva en ackumulatortank med en elpatron som spetsar till det sista energibehovet bergvärmesystemet behöver vid de riktigt kalla dygnet när bergvärmesystemet inte räcker till. Anledningen till att bergvärme inte dimensioneras för att täcka 100 procent av fastighetens behov är att det blir onödigt dyrt och stort enligt IVT:s tekniker (intervju IVT, 2019). IVT säger även att elpatroner är så pass effektiva att det är ingenjörsmässigt rimligt att räkna med en 100 procentig verkningsgrad för dessa dvs. att 100 kW elektricitet blir till 100 kW värmeenergi.



Figur 1: Bergvärme-solpanelsystem

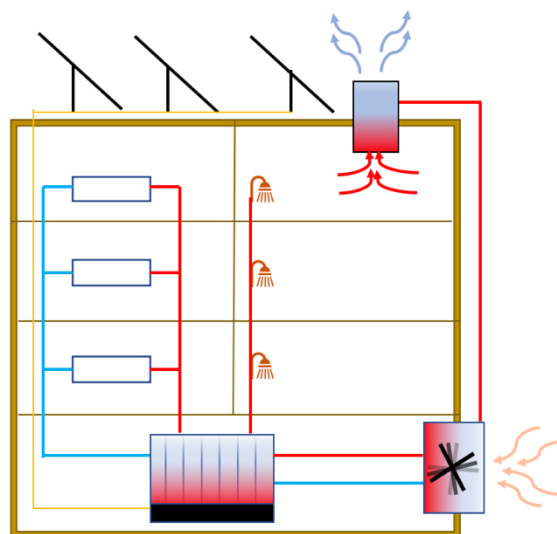
I Landskrona ligger bergdjupet på mellan 30-50 meter, se Figur 2, vilket är relativt resten av Sverige mycket djupt och har gjort det ganska ovanligt att ha just bergvärme där. Priset för att installera ett system är relativt högt vilket gör att detta alternativ inte alltid är ett kostnadseffektivt alternativ i Landskrona (Landskronas förvaltning, 2019). En uppskattning av kostnaden för installationen ligger på ca 1,3 miljoner kronor, detta kommer från branschens schablon-pris på mellan 15-17 000 kr per kW installerad effekt. I huset skulle det krävas 2 stycken 38 kW värmepumpar enligt nordens största värmepumptillverkare, IVT (mailkontakt med IVT, 2019).



Figur 2: Bergdjupet i landskrona kommun.
Källa: Sveriges Geologiska Undersökning, 2019

3.4 Frånluftsvärme

Ett annat alternativ är att använda sig av ett så kallat frånluftsbatteri på husets frånluftskanaler, vilket är en värmeväxlare som sitter mellan husets frånluft och omgivningen. Batteriet värmer en köldbärarvätska via en värmeväxlare på taket som sedan leds ner till en värmepump, se Figur 3. Frånluften i huset ligger kring 19-21 grader då luften kommer direkt från lägenheterna vilket har en stor energipotential i en värmeväxlare som i dagsläget bara släpps ut i omgivningen. Denna installation är relativt komplicerad men är mycket populär för lite större hus eller för hus som har många lägenheter vilket gör denna lösning intressant. Fastighetens tekniska förvaltare tror att denna lösning är den bästa så därför kommer denna att tas med i beräkningarna.



Figur 3: Frånluftsystem där varma frånluften hjälper en vatten-luftvärmepump.

Det sista alternativet är att få en vatten-luftvärmepump att leverera värmen till lägenheterna. En vatten-luftvärmepump fungerar så att en fläkt suger in omgivande luft som sedan leds genom en värmeväxlare som sedan kan producera varmt vatten. Fläkten ska i sin tur drivas av el från solcellerna och elnätet. Fördelen här är man direkt kan använda elen från solcellerna och på så sätt nyttja den högvärdiga energin direkt istället för att omvandla den till värme. Idag kan vatten-luftvärmepumparna producera 5 kW värme för varje 1 kW elektricitet som matas in, det kallas att pumpen har ett COP-värde på 5, vilket kan jämföras med direktverkande el där 1 kW elektricitet skapar nästan 1 kW värme i en vanlig radiator. Denna kombination avråder dock tekniker på IVT från, då det kommer krävas mycket stora luftpumpar som både låter mycket och tar stor plats. Möjligheten finns men då det är en relativt sällsynt lösning för dessa typer av fastigheter i ett tätbebyggt område. Denna lösning kommer alltså ej att behandlas här. Kontaktförsök med Mitsubishi, som producerar de stora vatten-luftvärmepumpar som skulle behövas i detta fall, har gjorts utan framgång.

3.5 Lagringsmöjligheter

Batterier används idag av privatpersoner som har solcellssystem, dessa batterier agerar som buffert då solen gått ner och på så sätt använder man mer av den elen cellerna producerar. Egenanvändandet ökar således, vilket är en viktig parameter i sammanhanget. Det finns idag stöd från Energimyndigheten för installation för lagringsmöjligheter (60 procent upp till 50 000 kr). Det dock fortfarande dyrt med batterier vilket kan leda till en hög kostnad för flerbostadshus vid investeringen (Energimyndigheten, 2019). Priset för Teslas egna batterier på 13,5 kWh ligger på ca 70 000 kr (28 000 kr betalar man själv efter subventioner) och kan garantera 10 år av drift (Tesla.com/powerwall, 2019).

Vätgas och bränsleceller är ett annat alternativ till lagring av solcellernas energi. Tekniken finns idag i ett fåtal projekt runt om i landet, ett av dessa är Skellefteå Krafts projekt Zero Sun. Systemet går ut på att solcellerna producerar vätgas på sommaren och sedan kan gasen omvandlas, via bränslecell, till elektricitet under vintern (NyTeknik, 2017). Tekniken är dock i

sin linda och kommer behöva lite tid innan det blir en kommersiell lättillgänglig produkt med enkel installation.

3.6 Att sälja el

Som mikroproducent av el så kan man sälja sitt överskott till elmarknaden. I dagsläget går det att erhålla en förtjänst av sin produktion på några olika sätt. Skattelättnad, elcertifikat, ursprungsgarantier och elen som råvara.

3.6.1 Skatt

Som mikroproducent behöver man betala energiskatt om anläggningen har en topp effekt på minst 255 kW eller säljer el för mer än 30 000 kr per år. En skattereduktion på 60 öre/kWh ges, men som högst för 30 000 kWh, alltså maximal skattelättnad på 18 000 kr per år. Därutöver behöver man betala moms på sin försäljning om värdet på den energi man säljer på elnätet överstiger 30 000kr. Maximala effekten på solcellsanläggningen får heller ej överstiga 50 kW utan att man betalar energiskatt vilket idag ligger på 34,70 öre/kWh. (Skatteverket, 2019).

3.6.2 Elcertifikat

Förutom att sälja den fysiska elen så kan man även få betalt för elcertifikat som man tjänar in via sin elproduktion. Dessa certifikat delas ut av staten och är en del av Sveriges satsning att, på ett effektivt sätt öka produktionen av förnybar energi sedan 2003. Sverige har tillsammans med Norge gjort en satsning som innebär att mellan år 2012 och år 2020 ska produktionen öka med 28,4 TWh förnyelsebar energi. Sverige har vidare ökat denna satsning med ytterligare 18 TWh till 2030. Systemet fungerar via kvotpolitik och på så sätt tvingar man kvotpliktiga företag att köpa elcertifikat. Exempel på företag med kvotplikt kan vara stora elproducenter eller elintensiva industrier (Energimyndigheten, 2014). Kravet för få ett elcertifikat är att man producerar förnybar energi genom vindkraft, vissa biobränslen, solenergi, vågenergi, geotermisk energi, vissa typer av vattenkraft samt torv i värmekraftverk. För varje MWh (1000 kWh) som produceras får man ett elcertifikat som sedan kan säljas om man inte har behovet av dem själv. Här finns alltså utrymme för mikroproducenter att sälja sin el till leverantörer som då är kvotpliktiga. Året 2018 kunde man sälja dessa för ett snittpris på 122,10 kr per certifikat, se Diagram 1 nedan.

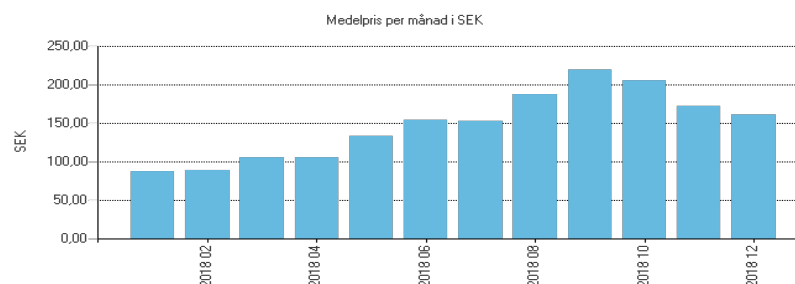


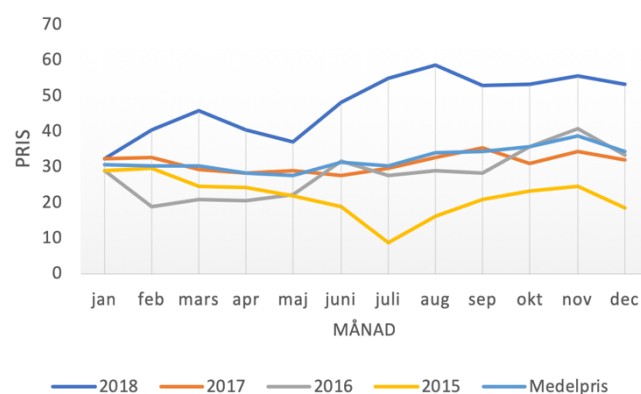
Diagram 1: Priser för elcertifikat under helåret 2018. Medelpris var 122,10 kr per certifikat. Källa: Energimyndigheten.

3.6.3 Ursprungsgarantier

Ursprungsgarantier är ett annat certifikat som staten delar ut till producenter av förnybar energi. När elbolag säger att de levererar 100 procent förnyelsebar energi så beror det på att de antingen producerar just 100 procent förnybar energi själva, eller så har de köpt ursprungsgarantier motsvarande mängden el de levererar. Dessa certifikat fungerar på samma sätt som elcertifikaten och man får då ett ursprungsgaranticertifikat för varje MWh som produceras från sina solceller. Garantierna kan alltså också säljas till leverantörer och priset ligger idag kring 1 öre/kWh (Svensksolenergi.se, 2018).

3.6.4 Elmarknaden

Elmarknaden är som vilket fri marknad som helst i Sverige, det köps och säljs fysisk el till priser som marknaden kommer överens om. I Norden sker all handel av fysisk el via Nord Pool Spot (Energimyndigheten, 2017)., vilket är elmarknadens version av Stockholmsbörsen. Det finns flera faktorer som påverkar marknaden. Ett exempel på långsiktig påverkan är klimatet där torka leder till minskade vattendepåer för vattenkraft. Även politiska beslut så som priset för utsläppsrätter som har ökat markant under 2018 har påverkan (SVD.se, 2018). Kortsiktigt så kan kalla dagar öka priserna för el då efterfrågan stiger. I Figur 4 nedan ses tydligt att under 2018 steg spot-priserna för el rejält. Där snittet för 2018 hamnade på ca 32 öre/kWh utan moms (Vattenfall, 2019). Detta är alltså det priser elbolagen köper el för, men även de priser man som producent kan sälja för (beroende på avtal). Priset för slutanvändaren hamnar betydligt högre efter avgifter och marginaler hos leverantören. Det bör också nämnas att om man säljer el för under 37 500 kr, så behöver man inte betala moms och kan då sälja elen för spotpriset plus moms, i detta fall 40 öre/kWh. Som tidigare nämnt ska produktionen inte skapa mer el än försäljningsvärdet på 30 000 kr om energiskatt ska undvikas. (Skatteverket, 2019). Ofta är avtalen hos elbolag gjorda så att man inte får sälja mer el än vad man köpt för.



Figur 4: Spotpriset i ören för el på Nord Pool Spot senaste 4 åren, i elområde 4, priser i ören/kWh. Källa NordPool

3.7 Bergvärmesystem

Ett bergvärmesystem från IVT kommer med följande uppgifter för det rekommenderade systemet för fastigheten.

Produkt	2 st. IVT Geo 238
Energimängd per år	296 000 kWh (motsvarar behovet idag)
Drivenergi till värmepump	84 860 kWh
Elpatron	1 590 kWh
Total tillförd energi	86 450 kWh
Förnybar energi (gratisenergi) per år	209 550 kWh
Kostnad tillförd energi per år ¹	66 210 kr
Besparing per år ¹	166 790 kr

¹ Om solceller inte skulle användas.

I tabellen ovan ses tydligt att kostnadsposten för uppvärmningen blir 65 tusen kronor per år, vilket ska jämföras med nuvarande kostnaden på 233 000 kronor, en sänkning med ca 72 procent. Den tillförda energin i detta exempel är räknad med samma elpris som husen har i dagsläget, men det är här solcellerna kommer in i systemet och ska på så sätt minimera den köpa elen. Med solceller som elleverantör till huset så kommer den tillförda energins kostnad att minska då möjlighet finns, men mer om det här nedan under rubriken *Solceller*. Dock ligger startkostnaden som tidigare nämnt på omkring 1,3 miljoner kronor för ett bergvärmesystem, och därtill behövs 46 000 kr för ackumulatortanken från IVT.

3.8 Frånluftssystem

Ett frånluftssystem från nordens största leverantör och tillverkare av värmepumpar (IVT) kommer med följande uppgifter för det rekommenderade systemet för fastigheten.

Produkt	1 st IVT Geo 238
Energimängd per år	296 000 kWh (motsvarar behovet idag)
Drivenergi till värmepump	65 960 kWh
Elpatron	65 270 kWh
Total tillförd energi	131 230 kWh
Förnybar energi (gratisenergi) per år	164 770 kWh
Kostnad tillförd energi per år ¹	98 690 kr
Besparingar per år ¹	134 320 kr

¹ Om solceller inte skulle användas.

Detta system en lägre verkningsgrad än vad bergvärmesystemet har, dock är startkostnaden mycket lägre. Det är svårt att säga exakt vad en sådan installation skulle kosta men enligt installatör från Bravida ligger prisnivån på mellan 150 000 - 300 000 tusen kr för just denna fastighet. Detta alternativ ger alltså inte 100 procent av fastighetens värmebehov utan är snarare ett sätt att hushålla med den energi som annars skulle gå till spillo.

3.9 Solceller

Solceller har idag olika verkningsgrad och pris. Verkningsgraden på de vanligaste panelerna ligger idag på mellan 15-20 procent, där de med högre verkningsgrad är dyrare per kvadratmeter. Ett riktpreis för solceller är ca 20 000 kr per installerad kilowatt. Ett standardvärde för solpanelers effekt i Sverige ligger på ca 270 W, eller 163,6 W/m² (Skanska-Energi.se,2018),

men det finns som sagt mer effektiva solceller än så, se tabell nedan för olika effektgrads påverkan på årsproduktionen. Hjärtat i ett solcellssystem är växelriktare, denna ser till så att den likström som cellerna skapar omvandlas till växelström som kan matas ut på elnätet. ABB tillverkar större växelriktare som kan hantera en effekt på upp till 60 kW, denna kostar ca 59 000 kronor. Det krävs också en rätt dimensionerad huvudsäkring till systemet, och för att få sälja el till elnätet är kravet att man har en säkring på max 63 Ampere, vilket är rekommenderat för ett system med maxeffekt på 44 kW. Om systemet kan ge en högre effekt än så krävs det att växelriktaren kan reglera detta. Dimensioneringen bör även ta energiskatten i beräkning, alltså att försäljningen av el inte får överstiga 30 000 kr. Maximal produktion per år för ett system som inte skapar mer elektricitet värt 30 000kr beräknas under rubriken *Soltimmar*.

Takyta (sydvästlig riktning)	Ca 430 kvm
Maximal produktion (198 W/m ²) ¹	90 400 kWh/år
Maximal produktion (188 W/m ²) ²	87 600 kWh/år
Maximal produktion (164 W/m ²) ³	72 400 kWh/år
Installerad maxeffekt (198 W/m ²)	Ca 85 kW

¹ Enligt solkartan.landskrona.se, med solceller vars effektivitet ligger på 20 procent.

² Enligt solkartan.landskrona.se, med solceller vars effektivitet ligger på 19 procent.

³ Enligt solkartan.landskrona.se, med solceller vars effektivitet ligger på 16 procent.

Med paneler med en effektgrad på 16 procent så nås inte kravet på bergvärmesystemets behov av tillförd energi, vilket betyder att man behöver köpa el från elnätet. Dock klarar man sig med paneler vars effektgrad ligger på 20 procent. Priset för denna installation skulle då kosta ca 1,7 miljoner kronor, men med stöd från regeringen på 20 procent (Energimyndigheten, 2019) så hamnar kostnaden på ca 1,4 miljoner. Det ska dock tilläggas att detta är under optimala förhållanden där solen står högt och strålningen kan falla in nästan vinkelrätt mot panelerna. Solceller med 20 procents effektivitet är de mest effektiva vanliga solceller som finns på marknaden och kommer således vara den maxeffekt som kommer användas i detta system.

Vid kontakt med Petter Eiring, en av Landskronas stadsarkitekter hos stadsbyggnadsförvaltning, framgick det att fastigheten är av kulturhistoriskt värde och av betydelse för Landskrona. Det kan alltså vara ett problem med att få bygglov för solceller. Detta bör dock undersökas ytterligare när eventuell installation av paneler görs vid ett senare tillfälle.

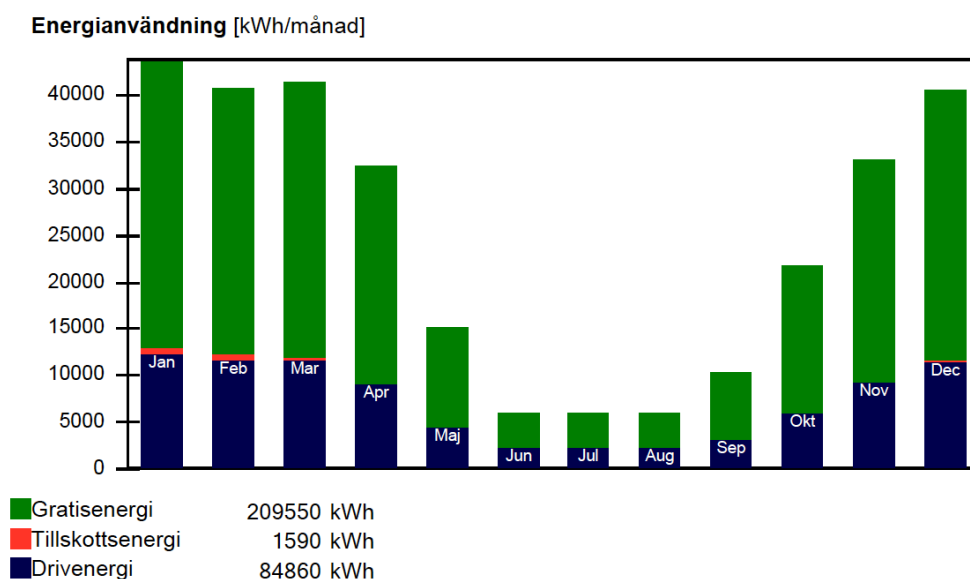
3.10 Batterier

Dagens batterier är som tidigare nämnt dyra, men de blir billigare med tiden. I dagsläget är de billigaste batterierna (mynewsdesk.com, 2018) Teslas egna, kallade Powerwall med en kapacitet på 13,5 kWh per batteri. För att dimensionera batterierna till sitt behov krävs det kunskap om hur mycket elektricitet som kan produceras på en dag, eftersom behovet av el är högre på natten/kvällen och att producera el via solceller endast kan göras på dagen när solen lyser. Detta är också den anledning till varför behovet av batterier finns, framförallt i Sverige då behovet av värme är avsevärt mycket högre än på dagen för att hålla en stabil temperatur inomhus.

3.10.1 Batteri och solcellsbehovet för ett bergvärmesystem

I Figur 5 kan man se bergvärmesystemets energibehov, detta är av stor vikt vid dimensionering av batteribank och solceller. Energiförbehovet under januari månad är ca 13 000 kWh/månad, vilket blir ca 430 kWh/dag. Då solen knappt lyser under vintermånaderna så behövs el köpas in från elnätet. Intäkterna under de mer solstarka månaderna skulle kanske kunna finansiera dessa månader då köpt elektricitet är ett måste för att driva systemet. Med en maxeffekt på 85 kW för solcellerna krävs det ca 5 timmar med sol för att producera 433 kWh/dag, vilket är behovet under mars månad, enligt Tabell 4 verkar detta uppnåeligt. Att dimensionera batteribanken för mars månad gör att huset kommer kunna vara (under ideala förhållanden) självförsörjande med elektricitet under mindre solstarka månader, då värmesystemen också jobbar mindre dessa månader. Med andra ord huset kunna vara självförsörjande för 7 av 12 månader, eller 58 procent av året. Alltså kommer överskottsel kunna säljas. Dock är batterier dyrt. Batteribanken i fallet ovan kommer alltså behöva en kapacitet på ca 433 kWh för att kunna lagra dagsbehovet av energi. Det kan låta överdrivet att ha som krav att kunna lagra ett helt dagsbehov av energi, men då det är kallare på kvällen så kommer majoriteten av energin behövas nattetid, samt att batterier både får en minskad kapacitet med tiden samt att effektiviteten på batterierna inte är 100 procent (då det finns förluster) så här tar man rygg för detta genom en lite överdimensionerad batteribank. Med Teslas Powerwall blir detta alltså 32 batterier och kommer kosta nästan 2 miljoner kronor. Att satsa på att vara självförsörjande under 7 månader blir dyrt, därför är detta nog inte rätt väg att gå.

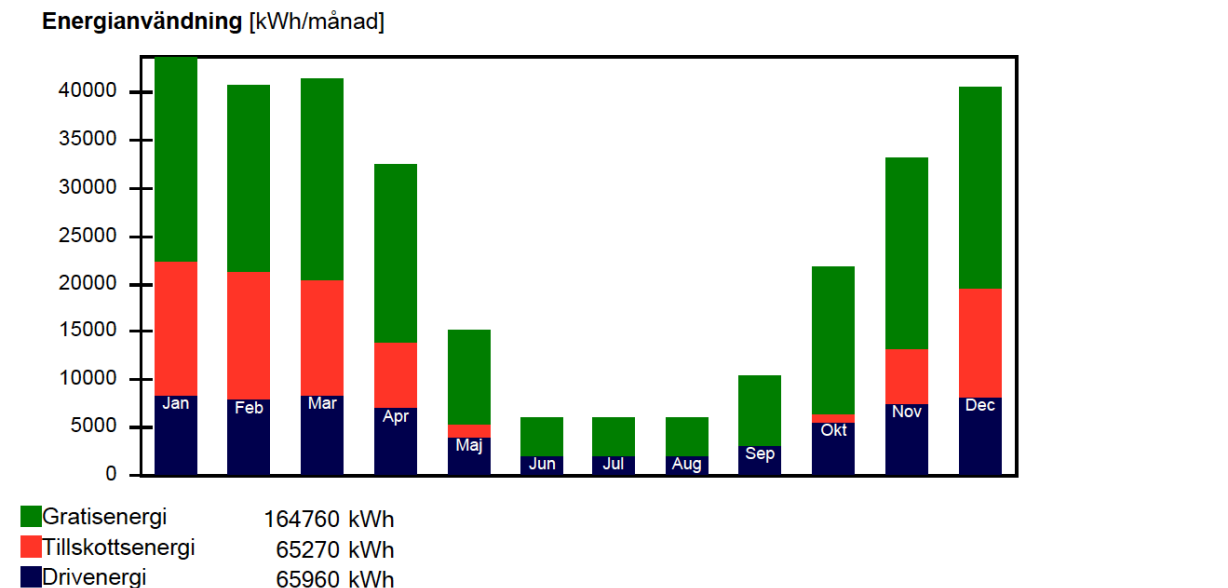
Ett rimligare alternativ är att vara självförsörjande mellan maj och oktober. Dessa månader kräver maximalt 5 000 kWh (oktober) vilket är ca 167 kWh/dag. Med maxeffekt på 85 kW behövs då 2 timmar med sol för att driva systemen, men det lyser 4 timmar per dag under oktober så resterande timmar kan säljas till elnätet. Batterierna behöver då täcka energibehovet av systemet för en dag. Detta är av samma anledning som ovan, då värmen främst behövs då solen inte lyser samt att batterierna både minskar sin kapacitet med åren och inte är 100 procent effektiva med energiåtergivningen, så behöver de överdimensioneras lite. Det kommer alltså att behövas 13 batterier, vilket kommer kosta ca 800 tusen kronor.



Figur 5: Kalkyl från IVT som behandlar bergvärmesystemet dimensionerat för fastigheten, och redogör energibehovet för systemet under ett normalår, avvikelser förekommer. Källa: IVT-maillkontakt.

3.10.2 Batteri och solcellsbehovet för ett system med frånluftssystem

Storleken för systemet med bergvärme är dimensionerat för att slippa betala energiskatt. Dimensionerna för detta system kommer vara densamma då energiskatt är något som vill undvikas. Energisammanställningen för detta ses i Figur 6.



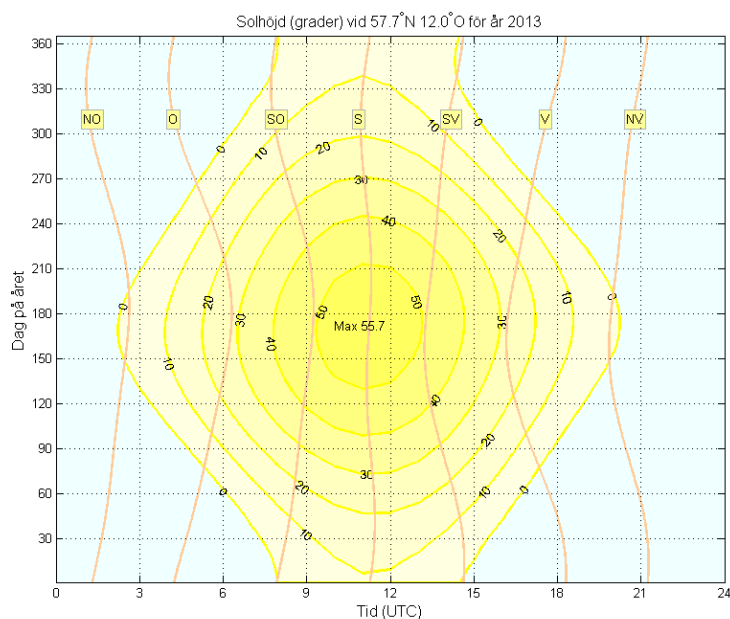
Figur 6: Kalkyl från IVT som behandlar frånluftssystemet-systemet dimensionerat för fastigheten, och redogör energibehovet för systemet under ett normalår, avvikelser förekommer. Källa: IVT-mailkontakt.

3.11 Soltimmar

Solcellerna kommer kunna täcka behovet av elektricitet under maj till och med oktober månad, resterande månader behöver el köpas in från nätet. Antalet timmar solcellerna kan producera maxeffekt är tabellerade enligt Tabell 2.

Dessa estimat har gjorts genom att titta på solbanediagram (se Figur 7) där t.ex. december och januari som inte mer än 2 timmar sol som står över 10 grader från horisonten, vägs upp av februari som inte har ca 6 h med sol över 10°. Med 10 graders vinkel på solcellerna som står i 45 grader så "ser" bara solen ca 60 procent av solpanelerna, och då kan alltså solcellerna bara producera ca 60 procent av maxeffekt. Denna siffra är dock ännu lägre då solens styrka med denna vinkel är svagare än när solen står högre på himlen.

Respektive månads snittsoltimmar kan sammanställas enligt Tabell 2. Timmar som solen står över 20 grader kommer räknas som maxeffekt för att förenkla beräkningar.



Figur 7, solbanediagram. Källa: SMHI

Januari	31
Februari	58
Mars	186
April	270
Maj	341
Juni	360
Juli	360
Augusti	326
September	240
Oktober	124
November	30
December	31

Tabell 2: Antalet timmar per dag som producerar maxeffekt för motsvarande månad

Dessa siffror tar inte hänsyn till moln, SMHI har dock data för moln på en månadsbasis och sammanställningen syns nedan för 2018.

Jan	Feb	Mar	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
80%	60%	70%	50%	30%	20%	30%	40%	50%	50%	60%	80%

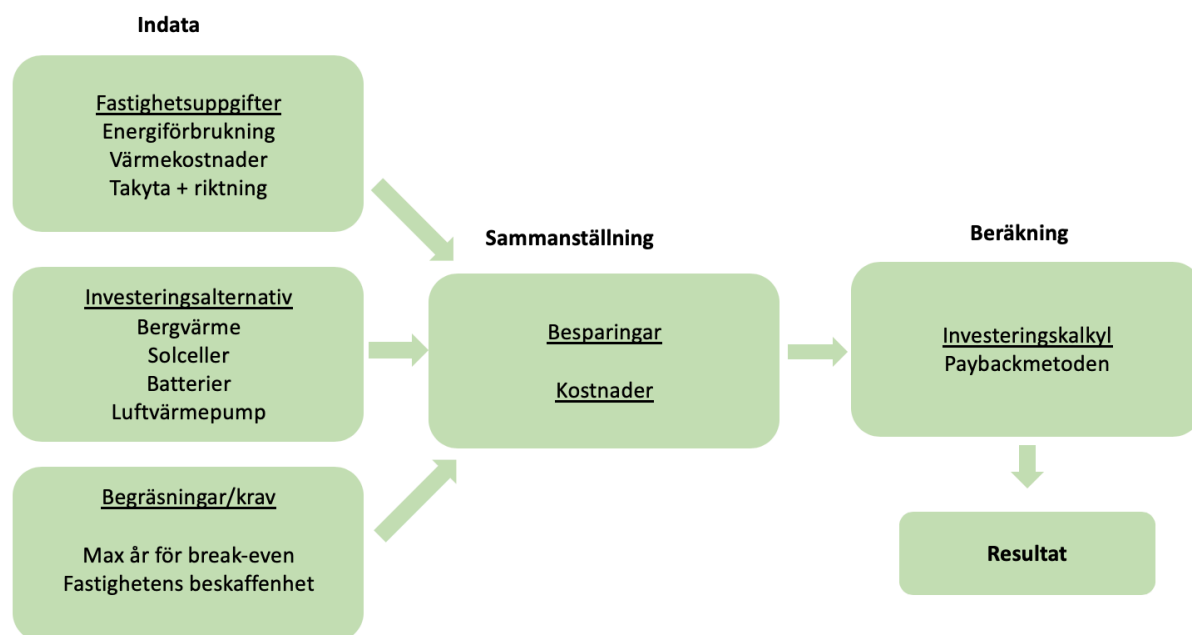
Tillsammans med Tabell 2 kan detta summeras till ca 962 "bra" soltimmar. Dessa timmar är alltså de timmar som skulle kunna ge systemet en maxeffekt, grovt räknat.

Då snittpriset för försäljning av el låg på 32 öre/kWh, spot priset på Nord Pool och den maximala försäljningen får uppgå till maximalt 30 000 kr, får en maxeffekt på solpanelerna vara ca 97 kW med 962 soltimmar. Men begränsningen för solceller på en effektivitet på 20 procent håller maxeffekten nere på 85 kW.

3.12 Krav från uppdragsgivaren

Uppdragsgivaren vill gärna se en break-even på 10 år, alltså att investeringen ska ha betalats tillbaka sig om 10 år. Vilket ligger i linje för den garanti på tekniskt livslängd som Tesla ger för sina batterier.

4 Modell/metod



4.1 Begränsningar

Endast lösningar med solceller kommer att behandlas i modellen, detta för att inte göra analysen allt för stor och för att solceller är av intresse för uppdragsgivaren. Endast el som används för uppvärmning kommer behandlas, ej sådan el som går till elektronik/lampor etc. även kallat hushållsel. Begränsningar av att enbart använda IVT som värmepumpar har gjort det lättare att räkna, men svårare att ge en mer allmän bild investeringen, dock är dessa en av de största leverantörerna av värmepumpar i Norden så deras produkter är konkurrenskraftiga.

4.2 Sammanställning av data

Data nedan som behandlar värmesystemen kommer från mailkontakt med IVT, priser på batterier och solceller kommer från litteraturstudien och resterande har beräknats utifrån fakturor från uppdragsgivaren.

4.2.1 Bergvärme

Pris för system	1 300 000 kr
Pris för ackumulator	46 000 kr
Pris för solceller	1 400 000 kr
Pris för batterier	800 000 kr
Värmekostnadsbesparingar	166 790 kr/år
Energibehov tillförsel	86 450 kW/år
Maximal produktion ¹	90 400 kWh/år
Varav överskott	3 950 kWh/år
Nettobehov av köpt el	0 kWh/år
Nettopris köpt el ²	0 kr/år
Intäkter från certifikat och garantier	11 950 kr

Intäkter elhandel	1580 kr
Skattereduktion	18 000 kr

¹För att undvika energiskatt

²Snittpris enligt fakturor från uppdragsgivaren 2018

4.2.2 Frånluftsystem

Pris för system	Mellan 150 000 till 300 000 kr
Pris för ackumulator	46 000 kr
Pris för solceller	1 400 000 kr
Pris för batterier	800 000 kr
Värmekostnadsbesparingar	134 315 kr
Maximal produktion ¹	90 400 kWh/år
Energibehov tillförsel	131 230 kWh/år
Varav överskott	0 kWh/år
Behov av köpt el	40 830 kWh/år
Pris köpt el ²	30 700 kr/år
Intäkter från certifikat och garantier	11 950 kr
Intäkter elhandel	0 kr
Skattereduktion	18 000 kr

¹För att undvika energiskatt

²Snittpris enligt fakturor från uppdragsgivaren 2018

4.2.3 Bara sälja el

Pris för system	0
Pris för ackumulator	0
Pris för solceller	1 400 000 kr
Pris för batterier ¹	0
Värmekostnadsbesparingar	0
Maximal produktion ¹	90 400 kWh/år
Varav överskott	90 400 kWh/år
Behov av köpt el ²	0
Pris köpt el	0
Intäkter från certifikat och garantier	11 950 kr
Intäkter elhandel	28 93 kr
Skattereduktion ³	18 000 kr

¹Behovet av batterier försvinner då drift av system inte finns här.

²Inget ytterligare behov av köpt el till fjärrvärmesystemet än idag.

³Maximal skattereduktion.

4.3 Pay-back metoden

Återbetalningsmetoden, pay-back metoden eller pay-off-metoden som den även kallas är en enkel metod att göra investeringskalkyl på olika investeringar. Metoden går ut på att se när sin investering betalar tillbaka sig. Ju tidigare investeringen lönar sig, desto bättre är den (Engvall, m.fl., 2017). Metoden tar inte hänsyn till att pengarnas värde idag är mindre värda imorgon, på

grund av inflation, alternativa räntor på banken eller alternativa investeringar. Metoden lämpar sig väl för att jämföra investeringar av denna typ. Formeln är enligt nedan.

$$\text{År} = \frac{\text{Grundinvestering}}{\text{Årliga besparingar}}$$

4.4 Beräkning

Bergvärmesystem		Frånluftssystem	
Pris för system	1 300 000 kr	Pris för system	150-300 000 kr
Pris för ackumulator	46 000 kr	Pris för ackumulator	46 000 kr
Pris för solceller	1 400 000 kr	Pris för solceller	1 400 000 kr
Pris för batterier	800 000 kr	Pris för batterier	800 000 kr
Grundinvestering	3 546 000 kr	Grundinvestering	2 246 000 kr
Nettopris köpt el	0	Nettopris köpt el	30 704 kr
Intäkter från certifikat och garantier	11 942 kr	Intäkter från certifikat och garantier	11 942 kr
Intäkter elhandel	1 580 kr	Intäkter elhandel	0
Skattereduktion	18 000 kr	Skattereduktion	18 000 kr
Årliga besparingar	199 106 kr	Årliga besparingar	133 553 kr

Bara sälja el	
Pris för system	0
Pris för ackumulator	0
Pris för solceller	1 400 000 kr
Pris för batterier	0
Grundinvestering	1 400 000 kr
Nettopris köpt el	0
Intäkter från certifikat och garantier	11 942 kr
Intäkter elhandel	28 928 kr
Skattereduktion	18 000 kr
Årliga besparingar	58 870 kr/år

Med nettopris menas att detta är det pris som är skillnaden mellan köpt och såld el. Köps det mer el än vad som säljs så är nettopriset positivt, säljs det lika mycket el som det behövs så är nettopriset 0 kr, det säljs alltså aldrig mer el än vad som behövs då avtalen hos elbolagen inte tillåter detta. Meningen är att under sommaren sälja el så att det täcker den extra kostnaden för behovet av el under vintern.

5 Resultat

Investering	Grundinvestering	Årliga besparingar	Antal år tills återbetalat
Bergvärmesystem	3 546 000 kr	199 106 kr	18 år
Frånluftssystem	2 396 000 kr	133 553 kr	18 - 19 år
Bara sälja el	1 400 000 kr	58 870 kr	24 år

Bergvärmesystemet betalar tillbaka sig efter 18 år, medan frånluftslösningen tar mellan 18 och 19 år beroende på grundkostnad. Att bara sälja el betalar tillbaka sig efter 24 år.

5.1 Känslighetsanalys

Detta resultat återspeglar inte verkligheten exakt. Många av variablerna har uppskattats, t.ex. är priserna medelpriser från tidigare år, alltså priser som kommer att ändra sig i framtiden. Med elpriser som varierar med 50 procent både upp och ner, samt batterier och solceller som går ner i pris med ca 50 procent, vilket är rimligt att anta då batteripriserna mellan 2011-2017 gick ner med 80 procent (Energimyndigheten, 2017), så kommer åren för återbetalning skilja sig enligt sammanställningen nedan.

Känslighetsanalys	Elpriser ner 50 %	Elpriser upp 50 %	Batterier & solceller ner 50 %
Bergvärmesystem	18 år	18 år	12 år
Frånluftssystem	16-17 år	20-22 år	10 - 11 år
Bara sälja el	32 år	19 år	12 år

Här kan man se att elprisernas förändring inte skapar några skillnader för bergvärmeinvesteringen, den kommer fortfarande inte återbetala sig förens om ca 18 år, detta beror på att både grundinvesteringen och årsbesparingarna relativt elhandeln/garantierna är mycket stora, vilket gör beroendet av elpriset mycket litet. Dock skapar en prisminskning för både batterier solceller en stor möjlighet till lönsamhet klart tidigare, närmare bestämt 7 år tidigare, detta beror av samma resonemang som ovan på att prisändringen är på en av de stora posterna, i detta fall grundinvesteringen. Men för fallet med frånluftssystemet så kan man se hög känslighet för förändringar av elpriset. Detta system reagerar starkt på elmarknadens rörelser på grund av det relativt stora behovet av inköpt elektricitet, eftersom täckningsgraden av systemet inte är fullt lika stort som för bergvärmens. Sista alternativet att bara sälja el ger ett någorlunda förväntat resultat där elhandeln, som är investeringens kärna, har en stark korrelation med återbetalningstiden på investeringen.

6 Resultatanalys och Diskussion

Bergvärmesystemet dras med en mycket tung grundinvestering, men då systemet drar ner värmekostnaden rejält varje år, nästan 60 procent, så kommer detta ändå ut som ett bra alternativ. 18 år är också under den livslängd på ca 20 år som IVT skriver på sin hemsida att en värmepump klarar av, dock är det nära inpå. Detta är dock inte ett problem utan problemet är att återbetalningstiden är mycket mer än de 10 år uppdragsgivaren har som krav, vilket även sammanföll med batteriernas garanterade tekniska livslängd. Så detta alternativ måste kasseras.

Liknande gäller för frånluftsalternativet då den också drivs av en IVT luftvärmepump och har Teslas batterier. Men i detta fall är både besparingarna och grundinvesteringen lägre. Enligt känslighetsanalysen så finns det faktiskt i bästa fall en möjlighet att detta alternativ kan klara av uppdragsgivaren relativt stränga krav på 10 år, det krävs dock att investeringens installationskostnad hamnar på runt 150 000 kronor samt att batterier och solceller blir mycket billigare.

Att bara sälja el visade sig inte vara ett bra alternativ. Med en intäkt på nästan 60 tusen kronor om året håller detta inte för grundinvesteringen på 1,4 miljoner om tidsbegränsningen är 10 år. Dock har solceller en mycket längre teknisk livslängd, ca 30 år (Fastighetsägarna, 2018).

Lösningen för att sänka värmekostnaderna finns, det råder det inga tvivel om, men att göra det med hjälp av solceller är nog inte rätt väg att gå i detta fall. Solceller fungerar bra då det sitter på ett villatak för en familj, inte när det dimensioneras för 28 lägenheter. Det är troligtvis möjligt att räkna fram en kvot mellan takyta och familjer som berättar om det är ekonomiskt försvarbart att investera i solceller, och i detta fall hade inte kvoten uppnåtts.

Frånluftalternativet är det alternativ som jag skulle rekommendera fastighetsägaren, dock utan solceller och batterier, men då genom att behålla fjärrvärmen. Luften som åker ut från husen är varmluft, och den värmen är redan betald för. Så istället för att låta denna energi försvinna ut i omgivningen kan man "återvinna" denna för både miljön och plånbokens skull.

Av nyfikenhet går det att titta på vad som blir återbetalningstiden för ett bergvärmesystem respektive frånluftssystem utan både solceller och batterier. Denna mini-analys är alltså inte tillåten enligt begränsningarna, men det är intressant att titta på. I denna beräkning behålls fjärrvärmen för att ge respektive system det extra energitillskottet som systemen kräver. Resultatet för bergvärmesystemet och frånluftssystemet blev 14 respektive 11 år. Detta är alltså det bästa alternativet för fastighetens ekonomi, men kanske inte för miljön, beroende på en mängd faktorer så som vart kraftvärmeverket får sin energi ifrån, hur miljövänligt det är med batterier och andra faktorer.

7 Vidare studier

Vidare fördjupningar krävs för att få en mer verklighetsanpassad siffra för återbetalningstid. I denna rapport har antaganden om att all mängd producerad el kommer kunna användas i systemet, detta är inte fallet då värmesystemens behov är på kvällen/natten, så här krävs det en mer djupgående analys. Även under hur lång tid som full effekt, märkeffekt, kan tas ut från solcellerna bör analyseras. Estimat i rapporten är gjorda för att kunna få fram en kvalificerad gissning.

En optimering av batteribehovet skulle kunna göras för att reda ut när det är ekonomiskt att använda sig av batterier och hur många? Samt hur utvecklingen av batterier ser ut i framtiden, vad kommer kostnaden per kWh att vara? Kan vara frågeställningar att behandla.

8 Referenser

Dalenbäck m.fl., 2013

<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/1296/solvaerme-i-fjaerrvaermesystem-fjaerrsynsrapport-2013-26.pdf>

Data för solbana och moln

<https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/kartor/monYrTable.php?myn=2018&par=clouds>
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/vad-ar-ett-solbanediagram-1.31981>

Energimyndigheten

Priser på certifikat: <https://cesar.energimyndigheten.se/WebPartPages/AveragePricePage.aspx>

Stöd för batterier: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/batterier-kopplat-till-solceller/>

Certifikatsystemet: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/>

Solceller och stöd: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solceller/>

Energiteknik Helsingborg AB, 2019

Samtal med Christer Ohlsson, Teknisk förvaltare för fastigheterna.

Fastighetsägarna, 2018

https://www.fastighetsagarna.se/globalassets/broschyrer-och-faktablad/faktablad/faq-om-solceller_aktea_november-2018.pdf

IVT, 2016, livslängd bergvärmepump

<https://blogg.ivt.se/energipararen/hur-lange-haller-en-bergvarmepump>

IVT, 2016, livslängd bergvärmepump

<https://blogg.ivt.se/energipararen/hur-lange-haller-en-bergvarmepump>

Landskronas förvaltning

Martin Lindahl

Miljöinspektör och Energi- och klimatrådgivare

Fackligt ombud för Vision, Miljöförvaltningen Landskrona stad

Mynewsdesk.com, 2018 <http://www.mynewsdesk.com/se/kundkraft/pressreleases/teslas-batteripaket-aer-billigast-men-trots-bidrag-aer-det-fortfarande-svaart-att-raekna-hem-1850194>

Modern Industriell Ekonomi, M. Engwall, A. Jerbrant, B. Karlsson, P. Storm, 2017.

SVD.se, 2018 <https://www.svd.se/hoga-elpriser-nar-vintern-star-for-dorren>

Skanska-Energi.se

<https://www.skanska-energi.se/sv-SE/Om-Sk%C3%A5nska-Energi/Blogg/Allt-du-behover-veta-om-solceller-till-ditt-hus>

Skatteverket, energiskatt

<https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/fastighet/mikroproduktionavfornybarelnaringsfastighet.4.309a41aa1672ad0c837b4e8.html?q=solceller>

Svensk Solenergi, Ursprungsgarantier

<https://www.svensksolenergi.se/nyheter/nyheter-2018/kraftigt-oekad-handel-med-ursprungsgarantier-foer-solel>

(Vattenfall, spotpriser på NordPool)

<https://www.vattenfall.se/elavtal/elpriser/roligt-elpris/timpris-pa-elborsen/>