



# CHALMERS

---



# Elinstallation och Fotovoltaisk Teknik

## i Haraldsgården Surteby Björketorp

Examensarbete inom Högskoleingenjörprogrammet Elektroingenjör

ARON S. YONIS  
PHILIP HOANG

---

Institutionen för elektroteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2018



EXAMENSARBETE 2018

# **Elinstallation och Fotovoltaisk Teknik i Haraldsgården Surteby Björketorp**

Aron Yonis  
Philip Hoang

Institutionen för elektroteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2018

Elinstallation och Fotovoltaisk Teknik i Haraldsgården Surteby Björketorp

ARON YONIS  
PHILIP HOANG

© PHILIP HOANG, ARON YONIS, 2018

Institutionen för elektroteknik  
Chalmers tekniska högskola  
Göteborg, Sverige

## FÖRORD

Detta är ett examensarbete utfört under vårterminen 2018 på Institutionen för elektroteknik vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet utfördes via Miljöbron på Haraldsgården i Surteby. Vi skulle vilja tacka Sandra Johansson på Miljöbron som möjliggjorde detta arbete för oss. Vi skulle även vilja tacka Lotta och Ingvar Gradén för den stöd de gett oss under arbetets gång. Till sist vill vi tacka Thomas Hammarström som verkat handledare och examinator, och gett oss den feedback samt expertis som behövts.

## SAMMANFATTNING

Sveriges regering har som mål vid 2040 att enbart producera förnybar energi. För att nå målet behöver mindre aktörer ta i akt. Haraldsgården Surteby Björketorp har valt att bidra till målet och därmed sökt en lösning för en mer hållbar framtid. Haraldsgården har idag en högre genomsnittlig elkonsumtion och behöver därmed lösningar för att minska elkonsumtionen. Samtidigt pågår en renovering av en byggnad, det södra flygeln, som de svenska elstandardregler kommer att implementeras som i sin tur bidrar till en bättre driftsäkerhet. Rapporten behandlar elinstallationen i södra flygeln samt fotovoltaiska lösningar, i form av solceller, som ger ägarna en inblick av möjligheter för framtiden. Arbetet präglas av svensk elstandard, ingenjörsmässiga kunskaper och antagen. Genom användning av sammanställt statistik från föregående år framtas gårdens elkonsumtion. Utifrån detta görs en proposition på hur man kan dra ner kostnaderna. För att kunna hantera konsumtionen i framtiden efter renoveringen av södra flygeln i form av en förnybar energikälla uppskattas den framtida förbrukningen till byggnaden. För elinstallationen, elmateriel och säkerhetsmässiga krav till södra flygeln används svensk elstandard för att vidare konstruera ett el-installationsschema. Uppskattning och beräkning av förnybar energi i form av solceller behandlas under rapportens gång. Slutgiltigt görs ett kostnadsförslag genom en kalkyl på pay-off tiden för en investering av solpaneler. Som resultat blev beräkningen på pay-off tiden 16 år och om projektet verkställs samt en förnybarkälla som solpaneler installeras, blir 1800-tals farmen en svensk lantgård med en mer hållbar energikälla samt en ny konstruerad byggnad som använder sig av dagens svenska elstandard.

## ABSTRACT

The Swedish government has set a goal that by 2040 that all electricity generation will be should be based on renewables. Haraldsgården Surteby Björketorp has chosen to contribute to the goal and thus sought a solution for a more renewable future. Haraldsgården have today a higher energy consumption and therefore need a solution to handle it. Meanwhile, a renovation of a building, the southern wing, is under way. The report deals with the electrical installation in the southern wing and introduces photovoltaic solutions that give the owners an insight into the possibilities for the future. Throughout the report are Swedish electrical standards, engineering knowledge and assumptions being used. By using statistics, the high consumption can be assumed. Based on this, a quotation is made on how to reduce the costs. In order to handle the consumption in the future after the renovation of the southern wing, in the form of a renewable energy source, the consumption of the building is estimated. Swedish electricity standard is used for electrical installation, electrical equipment and safety requirements for the southern wing. Further an electrical installation scheme is designed. Estimation and calculation of renewable energy in the form of solar cells is dealt with in the report. Finally, a cost proposition is made by calculating the pay-off time for an investment of solar panels. The calculation of the pay-off time was 16 years and if the project is being implemented and a renewable source as solar panels are installed, the 19th century farm becomes a Swedish farmhouse with a more sustainable energy source together with a newly constructed building that uses today's electrical standards.

## BETECKNINGAR

Beteckning	Kommentar / SI-enhet
<b>U</b>	Spänning / V
<b><math>U_n</math></b>	nominella spänningen / V
<b>R</b>	Resistans / $\Omega$
<b><math>\omega</math></b>	Vinkelfrekvens / rad/s
<b><math>f</math></b>	Frekvens / Hz
<b>P</b>	Effekt / W
<b><math>\cos(\varphi)</math></b>	Effektfaktor
<b><math>k_1</math></b>	Koefficient för Velanders formel
<b>W</b>	Effektförbrukningen / kWh
<b><math>\Delta U</math></b>	Magnitud för spänningsfall / V
<b>Z</b>	Ledarens impedans / $\Omega$
<b><math>\Delta U_{\%}</math></b>	Magnitud för spänningsfall / %
<b><math>I_B</math></b>	Belastningsström / A
<b><math>\rho</math></b>	Materialets resistivitet / $\Omega\text{cm}$
<b><math>l</math></b>	Längd / m
<b>A</b>	Tvårsnittsarea / $\text{mm}^2$



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1. INLEDNING</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Precisering av frågeställningen	2
<b>2. TEORI</b>	<b>3</b>
2.1 Elektriska formler	3
2.1.1 Grundläggande elektriska formler	3
2.1.2 Effektbaserade formler	3
2.1.3 Formler för kabeldimensionering	4
<b>3. METOD</b>	<b>5</b>
<b>4. STRUKTUR AV HARALDSGÅRDEN</b>	<b>6</b>
<b>5. HUVUDBYGGNADEN OCH NORRA FLYGEL</b>	<b>7</b>
5.1 Huvudbyggnaden	7
5.2 Norra Flygel	7
5.2.2 Energi och värmesystem	9
<b>6. SÖDRA FLYGEL</b>	<b>11</b>
6.1 Förbrukning	11
6.2 Energi	11
6.2.2 Förbrukning för ett allmänt bostadshus.	12
6.2.3 Värmegolv	12
6.2.4 Luftvärmepump	12
6.2.5 Varmvattenberedare	13
6.3 Elinstallation	13
6.3.2 Allmänna fordringar	14
6.3.3 Fordringar i Kök	14
6.3.4 Fordringar i Badrum/Toalett	15
6.3.5 Huvudcentral i byggnaden	15
6.3.6 Elinstallationsschema	17
<b>7. FOTOVOLTAISK TEKNIK</b>	<b>18</b>
7.1 Solcell	18
7.2 Typer av solceller	18
7.2.1 Kisels påverkan och funktionsprincip för solceller	19
7.3 Kiselbricksteknik	21

<b>7.4 Tunnfilmsteknik</b>	21
<b>7.5 Installation</b>	22
7.5.2 DC-AC omvandlare	23
7.5.3 Skyddsanordning	23
7.5.4 Specifikationer	23
<b>7.6 Beräkningar</b>	24
<b>7.7 Payoff time</b>	24
<b>7.8 Årstid och produktion.</b>	24
<b>7.9 Val av solpanel</b>	25
7.9.1 AXIpower poly 275 Wp 60cell	25
<b>8. DIMENSIONERING</b>	26
8.1 Effekt	26
8.2 Maximal belastning	26
8.3 Belastningsström	27
8.4 Kablar	27
8.5 Spänningsfall	28
8.5.1 Tillåtna spänningsfall	28
<b>9. KOSTNADSANALYS</b>	29
9.1 Solceller	29
9.1.1 Komponenter	29
<b>10. MILJÖ</b>	30
<b>11. RESULTAT</b>	31
11.1 Södra flygeln	31
11.1.1 Maximal effekt	31
11.1.2 Applikationer	32
11.1.2.1 Värmegolv	32
11.1.2.2 Luftvärmepump	32
11.1.2.3 Spis	32
11.1.3 Sammanlagrings effekt	33
11.1.4 Elinstallationsschema	34
11.2 Beräkningar för solcellsanläggningen	34
11.2.1 Gårdens belastningseffekt genom Velanders formel	35
11.2.2 Kalkylering med hjälp av solstrålning	35
11.3 Installation av solpaneler	36
11.3.2 Energiproduktion	37
11.3.3 Simulation med hjälp av PV*SOL	38

11.3.4 Kabeldimensionering	39
11.3.5 Spänningsfallberäkning för dimensionerande kabel	40
11.4 Kostnadsanalys för solcellsanläggningen	41
12. DISKUSSION	43
13. SLUTSATS	45
REFERENSER	46
APPENDIX	1
A. Södra Flygel	1
A.1	1
A.2	2
B. PV*SOL	3
B.1	3
B.2	4
B.3	5
B.4	6
B.5	7
B.6	8
B.7	9
C. Förbrukning	10
C.1	10
C.2	11
D. Historia	12
D.1	12

# 1. INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Haraldsgården i Surteby, Björketorp byggdes på 1700-talet. Gården består av 48 hektar mark i form av odlingsmark och skog, en huvudbyggnad som familjen bor i, flyglar i norr och södergående riktning, samt ett par gårdshus för djur. Familjen står idag inför ett större renoveringsprojekt av den södra flygeln, där dem vill bibehålla den ursprungliga karaktären av gården. Gården bedriver idag olika verksamheter som exempelvis: uthyrning av den norra flygeln, hobbyjordbruk, producering av gårdsprodukter och fårfarm.



Figur 1.1.1: Bild på Haraldsgården.

## 1.2 Syfte

Familjen Gradén, har som kund, tagit hjälp av Miljöbron, ett företag som arbetar som mellanlänk för studenter och företag i Västra Götaland. Uppdraget består av en energikartläggning och energiberäkning av gården, då den förbrukar onödig energi och därmed behövs en lösning för att få gården mer hållbar och ekonomiskt lönsam. Genom ingenjörskunskaper förväntas ett resultat, i form av en rapport, som kunden kan ta nytta av. Kunden har även framfört synpunkter och frågat om egenproducerad energi i form av solcellspark.

## 1.3 Avgränsningar

Projektets huvudsakliga fokus är renovering av den södra flygeln, som planeras att installeras ett industriellt kök och driva frågan om förnybar energi i form av solceller. Behandling av den norra flygeln och huvudbyggnaden kommer att beröras på grundlig nivå. I projektet kommer de ingenjörsmässiga frågor att behandlas, i detta fall el och energi. De avgränsningar som dras är följande:

- Elinstallationsschema och uppskattningar för södra flygelns ovanplan.
- Arbetskostnader för beräkning av solcellsanläggningens pay-off tid.
- Projektering av solcellsanläggningen kommer enbart ske inom kraven av mikroproducent
- Den ansatta effektfaktorn är  $\text{Cos}(\varphi) = 1$

## 1.4 Precisering av frågeställningen

Uppdelningen av examensarbetet skall ske enligt följande:

- Identifiera vad som konsumerar överflödigt energi på gården.
- Förslag av lösningar för att sänka den höga elkonsumtionen.
- Uppskattning av elförbrukningen i södra flygeln
- Konstruera ett el-installationsschema för södra flygeln
- Behandling av el-materiel för södra flygeln, valet ska baseras enligt svensk standard och skall uppfylla säkerhetsmässiga krav.
- Uppskattning och beräkning av förnybar energi i form av solceller.
- Kostnadsberäkning för hela arbetet skall presenteras i den slutgiltiga rapporten och kunden möjlighet att bidra med önskemål.

## 2. TEORI

Detta avsnitt presenteras olika teoretiska begrepp, konstanter och formler, för att underlätta förståelsen av självaste rapporten.

### 2.1 Elektriska formler

#### 2.1.1 Grundläggande elektriska formler

Ohms Lag:

$$U = R \cdot I \quad (1)$$

Definitionen av impedans:

$$Z = R + jX \quad (2)$$

Relationen mellan vinkelfrekvens ( $\omega$ ) och frekvens ( $f$ ):

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (3)$$

Relationen mellan reaktans ( $X$ ) och induktans ( $L$ ):

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (4)$$

#### 2.1.2 Effektbaserade formler

Effektlag för likström

$$P = U \cdot I \quad (5)$$

Formeln för effekt i trefassystem:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I \cdot \cos(\varphi) \quad (6)$$

Belastningsström:

$$I_B = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos(\varphi)} \quad (7)$$

Formel för Velanders metod:

$$P = W \cdot k_1 + \sqrt{W} \cdot k_2 \quad (8)$$

Beräkning av energiförbrukning genom Velanders metod:

$$W = \frac{-\sqrt{4 \cdot k_1 \cdot k_2^2 \cdot P + k_2^4} + 2 \cdot k_1 \cdot P + k_2^2}{2k_1^2} \quad (9)$$

### 2.1.3 Formler för kabeldimensionering

Formeln för spänningsfall:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_B \cdot Z \cdot \cos(\varphi) \quad (10)$$

För vidare omräkning spänningsfall i %:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\% \quad (11)$$

Kabelns resistans:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (12)$$

### 3. METOD

Genom att ta fram vad som konsumerar el och hur mycket det totalt konsumeras på gården kan man komma fram till vad som förbrukar onödigt mycket. Detta görs genom att man noga undersöker de befintliga elräkningar för gården som kunden har sammanställt. En granskning av typ av värmekällor som används, samt vilka typer av elektriskt krävande apparater som utnyttjas på gården kan energiboven antas och identifieras. Genom verkningsgrad och en kartläggning kan man få en överblick på förbrukningen och därmed komma på lösningar för att minska detta problem.

Genom granskning av tidigare elförbrukning skall sammanlagring uppskattas med Velanders metod, addition av större effekter och statistik. För användning av Velanders metod behövs den årliga energiförbrukningen, vilket ska uppskattas med hänsyn till södra flygelns storlek. Utifrån sammanlagringen, kan dimensionering av elmaterial utföras för flygeln. Därefter kan även el-installationsschema konstrueras genom dataprogrammet EasyEl [35].

Kunden har även tillgång till en stor markyta, därav skall en uppskattning och en utförlig beräkning göras för att konstatera om egenproducerad energi är en möjlighet och ekonomisk lönsamt. För egenproducerad energi ska applicering av solenergi vara i fokus. Genom att ta kontakt med återförsäljare kan bästa pris för en solcellspark uppskattas. För dimensionering och installationsprocess av solcellspark behövs kunskap om hur produktion av solenergi fungerar.

Kostnadsberäkning görs senare under projektets gång. Kostnadsförslaget är avgörande för projektets genomförande vilket betyder att priserna för alla delar i projektet måste uppskattas så realistiskt som möjligt så att kunden kan få en mer ekonomisk rimlig lösning.



## 4. STRUKTUR AV HARALDSGÅRDEN

Haraldsgården i Surteby består av tre större byggnader med en ladugård. I figuren 4.1, nedan är byggnaderna numrerade från 1 - 4:



Figur 4.1: Satellitbild över Haraldsgården .

- Byggnad 1 är norra flygeln.
- Byggnad 2 är huvudflygeln
- Byggnad 3 är södra flygeln
- Byggnad 4 är ladugården.

Det vitmarkerade området i figur 4.1, söder om byggnaderna är den yta som solpaneler förväntas installeras på.

Gården har idag en genomsnittlig förbrukning på 45 000 kWh per år. Södra flygeln är under konstruktion och har därför ingen förbrukning i nuläget. Det är norra flygeln och huvudbyggnaden som tillsammans ger den totala förbrukningen och estimeras att ha en likvärdig fördelning i förbrukning.

## 5. HUVUDBYGGNADEN OCH NORRA FLYGEL

I följande kapitel presenteras teorier och antaganden för de byggnaderna som idag konsumerar el. En jämförelse i energiprestanda kommer att göras, för att få en riktlinje om hur ineffektivt det nuvarande uppvärmningssystemet i den norra flygeln är.

### 5.1 Huvudbyggnaden

Byggnaden används primärt som bostad för familjen som även har renoverat delar av huset genom åren sedan tillträdet. Större renoveringar i form av nytt tak, skorsten och murstock, ska bidra till en ökad livslängd och värde av huset. De pågående renoveringar är ett nytt badrum i källarvåningen samt fönster och dörrar ska bytas för mer effektivitet mot värmeläckor. Byggnaden förbrukar uppemot hälften av hela gårdens förbrukning på 45 000 kWh per år. Huset har använt sig av jordvärme sedan 2008, som skall ge tillräckligt med energi för uppvärmning av varmvatten och termostat året runt.

### 5.2 Norra Flygel

Norra flygeln används i dagsläget som korttidsuthyrning främst för turister under sommarhalvåret på ca 30 veckor, där majoriteten av uppvärmningen i byggnaden sker med eldning av ved och elpatron i en vatten-ackumulator. Byggnaden är konstruerad i form av liggtimmer och målet är att behålla den lantliga karaktären med fönster och dörrar. Flygeln består av ett modernt kök med förhållandevis nya vitvaror, två allrum, ett badrum samt 4 sovrum. Källaren i byggnaden finns det vattenburen el och veduppvärmning med nyinstallerad elcentral med elmätare. Genom att sammanställa energistatistiken över gården kan man ungefärligt fördela elförbrukningen hos huvudbyggnaden och norra flygeln.

## 5.2.1 Förbrukning

Förbrukningen i norra flygeln beror främst på den äldre strukturen av byggnaden, samt konstruktionen med liggande timmer. Taket på byggnaden bestod av tegel innan 1950 och därefter har aluminiumplåt satts dit. Fönsterna som idag består av 2 lager glas spelar en stor roll i och med dess äldre karaktär ger en sämre värmeisoleringsförmåga, som i sin tur är en av faktorerna till högre förbrukning av gården. Flygeln förbrukar idag ca 22 000 kWh under ett år enligt den installerade elmätaren. Om man jämför antalet årliga wattimmar som krävs för att värma upp flygeln, med en genomsnittlig villa, kan man förstå det energi som behövs för att värma upp en kvadratmeter, med andra ord energiprestandan. Enligt Statistiska Centralbyrån, SCB är genomsnittliga boyta per person i Sverige på 42 m<sup>2</sup>, vilket resulterar en genomsnittlig boyta av hus på runt 150 m<sup>2</sup> beroende på familjens storlek [27]. SCB har även publicerat den senaste årliga statistik som presenterar energiförbrukningen i småhus, vilket visar att årliga energi-genomsnittet för ett hus med vattenburet el-uppvärmning och hushållsel hamnar på 20 800 kWh per år [26].

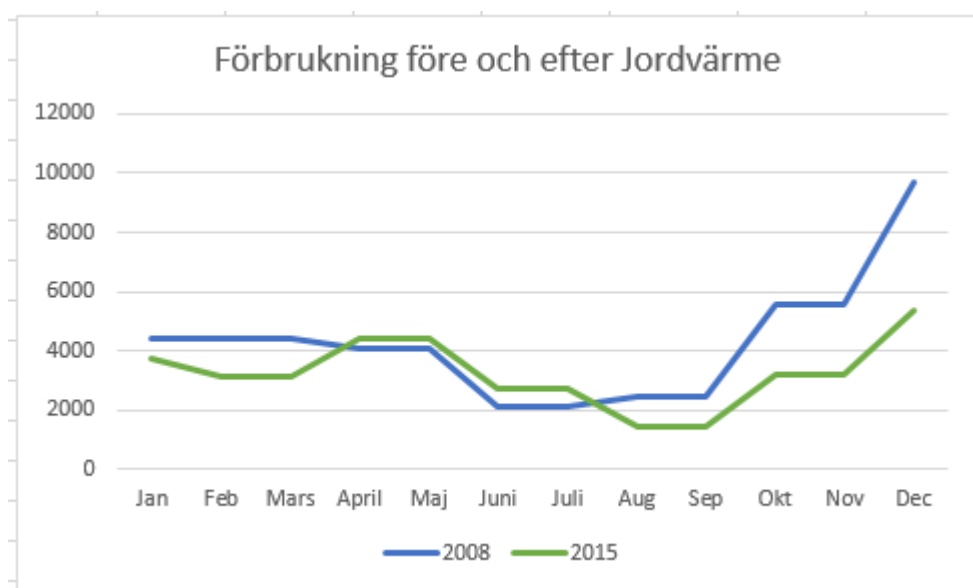
Tabell 5.2.1.1: Jämförelse mellan södra flygeln och ett genomsnittligt hus.

	Area m <sup>2</sup>	Årlig Energiförbrukning kWh	Energiprestanda kWh/m <sup>2</sup>
Södra Flygel	140	22 000	157
Genomsnittlig Småhus	150 - 168	20 800	~ 139

## 5.2.2 Energi och värmesystem

Flygeln idag använder enbart direktverkande el vilket är ett ineffektivt system på grund av att det krävs mer energi för att värma upp vatten i jämförelse med andra system. Syftet med elpatron som uppvärmning är att vid kallare väder skall den användas som ett komplimenterande system till huvudsystemet. Norra flygeln saknar idag ett huvudsystem, vilket gör att det enda sättet för att värma upp huset är med eldning av ved eller direkt el. Om en investering skulle ske på ett luft-värmepump som är dimensionerad efter flygelns storlek, kan man enligt vattenfall minska förbrukningen av värme och varmvatten med 60 - 70% [32]. Men med hänsyn till byggnadens sämre förmåga att bibehålla värme förväntas förbrukningen minska med mindre än 60%.

Efter sammanställning av energiförbrukningen som fanns tillgänglig sedan år 2005 kan man jämföra mellan åren hur kostnader och förbrukning skiljer sig (Se Appendix C.1). Det går att jämföra energiförbrukningen för hela gården före och efter installationen av jordvärme i huvudbyggnaden, på så sätt kan man få ut hur mycket mer effektivare ett geotermiskt system är. I figur 5.2.2.1 visar den energiförbrukningen för varje månad under ett år, i jämförelse mellan geotermisk energi och ursprungliga värmesystem.



Figur 5.2.2.1: Graf över förbrukningen, före och efter applicering av jordvärme.

Det illustrerar tydligt i figur 5.2.2.1 att energiförbrukningen under de kallare månaderna som november och december månad, har energiförbrukningen minskat uppemot 60% för hela gården. Under sommarhalvåret hamnar förbrukningen på ungefär samma nivå som innan, främst på grund av de fasta energiförbrukning som tillkommer från fasta installationer. Tabell 5.2.2.2 visar månadsförbrukningen under år 2008 i jämförelse med år 2015 som figur 5.2.2.1 baserar sig på.

Tabell: 5.2.2.2: Månadsvis förbrukning över gården för år 2008 och 2015

	2008	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
kWh		4440	4408	4408	4080	4080	2083	2083	2471	2471	5578	5578	9671
	2015	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
kWh		3725	3092	3092	4408	4408	2703	2703	1452	1452	3205	3205	5347

Enligt tabellen var förbrukningen under 2008 på 51,3 MWh per år och år 2015, efter jordvärme, var förbrukningen på 38,8 MWh per år. Det motsvarar en årlig förminskning av energiförbrukning på 25%.

## 6. SÖDRA FLYGEL

Södra flygeln är ett av gårdens äldsta hus och har under senare tid använts som förråd då renoveringsbehov finns. Under 2017 beviljades bidrag från Länsstyrelsen för gårdsnära livsmedelsförädling. Byggnaden ska bestå av ett större allrum med kakelugn, kök med murad bakugn där verksamhet av syltkokning och brödbak kommer att bedrivas, och ett sovloft på ovanplan. Parallellt med renovering kommer det att ske en utbyggnad på 15m<sup>2</sup> vid den södra väggen där toalett, kylrum och hall finns. Nyinstallation av el, avlopp och vatten kommer att ske till hänsyn av dagens standard.

### 6.1 Förbrukning

Förbrukningen kommer att uppskattas med hänsyn av hustypen, uppvärmningssätt, och antal elektriska apparater, sedan kommer en jämförelse mellan statistik och det beräknade uppskattningen att göras för att slutligen dras en slutsats och fortsätta med dimensionering av elartiklar. Eftersom södra flygeln är av typen timmerhus kommer en högre årsförbrukning att antas med hänsyn till det sämre isolationsförmåga i jämförelse med dagens hus.

### 6.2 Energi

I följande avsnitt följer en estimering av apparaternas förbrukning, där data och information är direkt tagna från tillverkarnas hemsida [18] - [24] och [32]. Förbrukningsvärdena används enbart som en riktlinje vid dimensionering och uppskattning av den totala effekten.

Tabell 6.2.1: Effektuppskattning av olika anläggningar.

Elanordning	Tillverkare	Modell	Maxeffekt
Kylaggregat	Norcool	CU-450	0,318 kW
Varmvattenberedare	Nibe	Compact 200-E	3/6 kW
Elvärmegolv 30m <sup>2</sup>	-	150 W/m <sup>2</sup>	4.5 kW
Induktionsspis med ugn	SMEG	C92IPX8	2 kW + 2,7 kW
Kyl/frys	SMEG	FA390X4	0,280 kW
Luft/luft värmepump	Nibe	AG-WT10-4 & AG AA10-30	0,046 kW + 1,550 kW
Diskmaskin	SMEG	STX3CL	1,8 kW
<b>Total Effekt</b>			19,188 kW

Tabellen presenterar de större energiförbrukande apparater som kommer att installeras. De maximala summerade effekten resulterade på runt 19 kW. En avgränsning som gjordes i

denna uppskattning var belysningens effekt, då effekten kan variera mellan antalet och typen av armatur.

## 6.2.2 Förbrukning för ett allmänt bostadshus.

För att estimerar elförbrukningen av ett hus används genomsnittliga förbrukningsvärden för svenska hus som SCB presenterar [26]. Enligt energimyndigheten förbrukar ett hus i genomsnitt cirka 25 000 kWh direktverkande el per år [36]. Dock står 15 000 kWh för uppvärmning och varmvatten för 5000 kWh av den genomsnittliga förbrukningen. Hushållsel står för en liten andel av den totala förbrukningen med 5000 kWh per år. Med hjälp av den totala effekten av olika apparater som ska användas i södra flygeln, i tabell 6.2.1, ska en approximativ konsumtion beräknas. Eftersom konsumtionen av belysning och allmänna elektriska apparater varierar används den totala effektberäkningen av den genomsnittliga svenska förbrukningen istället. I en genomsnittlig svensk villa eller radhus förbrukar man approximativt: 850 kWh elektricitet på grund av elektriska apparater och 1000 kWh från belysningen per år [17]. Genom denna årliga kWh förbrukning kan den maximala effekten uppskattas.

## 6.2.3 Värmegolv

Kunden har beslutat att använda sig av värmegolv i form av direktverkande el, med andra ord elvärmeslingor. Vanligtvis finns det två olika golvvärmesystem som erbjuds på marknaden; direktverkande elvärmeslingor eller vattenburet elvärmerör. Båda systemet har sina positiva och negativa egenskaper. Vattenburet har tendensen att vara mer energieffektiv genom att vatten har en högre värmekapacitet, men frågan om energieffektivitet är det förutsatt att man har ett rätt dimensionerade och effektiv värmepump. Nackdelen skulle då vara att vattenslingorna följer värmepumpens värmekurva, så under sommaren reduceras mängden producerad varmvatten vilket resulterar att golvet riskerar att stå kallt under det varmare halvåret.

Direktverkande el är däremot inte bunden till något parallellt värmesystem vilket gör att man kan manuellt ställa in när värmen ska vara verkande. Detta var ett viktigt kriterium som ställdes då värmegolv ska verka som centralt värmesystem i köket. Inom direktverkande elslingor erbjuds olika effekter per kvadratmeter. Vanligtvis i ett modernt hus krävs det enbart  $100 \text{ W/m}^2$ , men eftersom södra flygeln uppskattas ha en sämre värmeisolation rekommenderas det att installera  $150 \text{ W/m}^2$  för en mer behaglig temperatur i flygeln [20]. Eftersom klinkers kommer att sättas i köket kan man använda så pass höga effekter på värmeslingorna. Vid parkettgolv begränsas effekten till  $75 \text{ W/m}^2$  för att parketterna inte ska torka ut och buckla upp.

## 6.2.4 Luftvärmepump

Förutom värmegolv i köket kommer även en luft-luftvärmepump att installeras för att tillgodose värme för resterande delar av byggnaden. Anledningen bakom valet av luft-luftvärmepump var att kunden har valt att inte installera termostat, därmed kommer allrummet på bottenplan främst utnyttja kakelugnen. Värmepumpen kommer att nyttjas som komplimenterande värme för byggnadens två plan.



## 6.2.5 Varmvattenberedare

En varmvattenberedare kommer att installeras i det sydöstra hörnet av köket (se figur 11,1,4,1), och ska leverera varmvatten till vattenarmaturerna. Denna installation tillhör så kallade riskgruppen likaså som luftvärmepumpen och kylaggregatet för kylrummet. Riskgruppen skyddas av en egen jordfelsbrytare främst för större risk av läckström genom kondens. Det finns två effektnivåer som hos anordningen, om den kopplas till en- eller två fas får man en topp effekt på 3 kW. För att få en topp effekt på 6 kW krävs det att effekten levereras i tre faser [18].

## 6.3 Elinstallation

Elinstallation ska följa svensk elstandard för optimal driftsäkerhet. Detta delkapitel kommer att presentera de olika bedömningarna vid elinstallation i en byggnad, där svensk elstandard kommer stå som grundpelare för detta avsnitt. Elinstallationer kan se ut på olika sätt beroende på hustyper och ålder av husen, antingen med kablfiering utanpå eller inuti väggen. Vanligtvis brukar elkablar dras utanpå väggarna i gamla trähus, medan i modernare hus dras kablarna i väggen. Eftersom kunden har bestämt sig att bevara timmerhusen och komplettera med en utbyggnad av modern byggnadsteknik kommer elkablarna att dras i väggen för utbyggnaden medan i huvudbyggnaden kommer det att kablfieras på väggarna. Exempel på olika elinstallationer av brytare visas i figur 6.3.1, nedan.



Figur 6.3.1: Jämförelse mellan kablfiering.

Det kommer att presenteras olika standarder i de utrymmen som byggnaden har. Södra flygelns bottenplan på 69 m<sup>2</sup> har två huvudingångar med vardera utomhusbelysningen som tänds och släcks från insidan. I båda hallarna kommer brytare installeras så att det blir lättåtkomligt då dubbeldörrar finns. Dessa brytare skall bryta ljusarmaturerna utomhus, inne i hallen och trapprummet.

I allrummet planeras det att installera fem vägguttag med ett avstånd på 4 m mellan varandra. Lampputtag ska finnas över varje fönster samt två lamputlopp i taket för jämn fördelning av ljus i rummet. Brytare skall installeras så att det är lättåtkomligt vid ingång.

Köket består av brytare vid vardera ingångar, fyra uttag för allmänt bruk runt om utrymmet, och fem uttag för fasta installation varav två trefas för spisen och varmvattenberedaren. De fasta installationerna består bland annat av kyl och frys, diskmaskin, köksfläkt och



mikrovågsugn. Ljusarmaturer ska finnas jämt fördelade i taket för tillräckligt jämn ljusspann över rummet.

I toalettutrymmet skall det installeras totalt två ljusarmaturer varav ett på taket och ett ovanför handfatet. Eluttag kommer i en kombination med brytaren bredvid dörröppningen. Den södergående hallen kommer det att finnas ett handfat vid väggen intill badrummet, där ljusarmatur ska installeras ovanför och mitten av taket. Brytare vid ingångarna som styr ljuset i hallen, utomhusbelysningen och ljusarmaturen i form av lysrör inuti kylrummet.

### 6.3.2 Allmänna fordringar

De gemensamma fordringar som gäller för byggnaden behandlar bland annat eluttag och brytare. Enligt svensk elstandard skall eluttag vara installerad minst 200 mm från golvytan och brytare med en minimum höjd av 1 000 mm över golvytan. Beroende på ålder och hustyp kan det variera på installationer, om kablar ska vara installerade på eller i väggen. Enligt svensk standard ser fordringarna ut [28]:

- Jordade och petskyddade 2-vägs vägguttag med monteringshöjd: 200 mm.
- El-brytare med minimum höjd på 1 000 mm
- Kapslingsklass IP2X för torra utrymmen.

### 6.3.3 Fordringar i Kök

Enligt svensk elstandard ska varje kontakt ha en kapslingsklass på IP2X och en höjd på minst 200 mm över golvet [28]. Av säkerhetsskäl kommer inga vägguttag installeras i närheten av vattenarmaturer om inte en högre kapslingsklass tillämpas. Utöver kapslingsklass behandlar standarden några minimum höjder för de större elanläggningar i köket som presenteras i följande;

Tabell: 6.3.3.1: Fordringar enligt svensk standard [28].

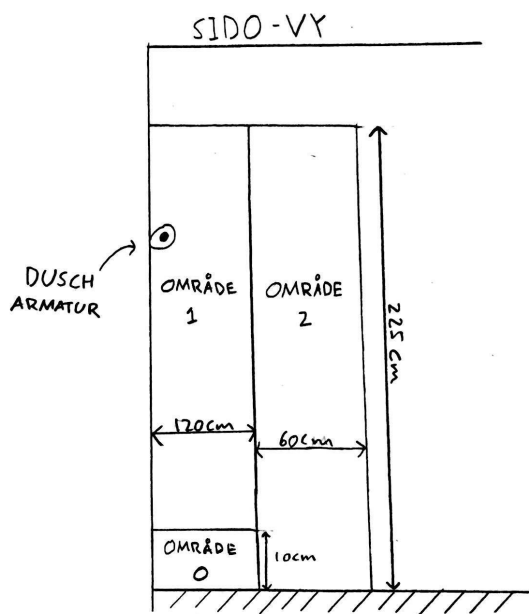
Uttag	Rekommenderad Monteringshöjd
Spis	300 mm över golvplan
Köksfläkt	2 000 mm över golvplan
Kyl/Frys	2 000 mm över golvplan
Diskmaskin	500 mm över golvplan
Allmänt bruk	1150 mm över golvplan

### 6.3.4 Fordringar i Badrum/Toalett

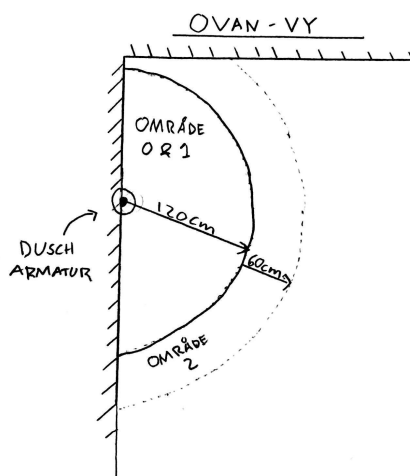
Badrumsutrymmet består av tre områden där olika fordringar gäller för varje utrymme. De områden som ingår i badrummet är: Område 0, Område 1, och Område 2. Beskrivning av de olika områden är enligt svensk elstandard följande [28]:

- Område 0: “är den invändiga delen av ett badkar eller duschkar. För duschar utan kar räknas höjden av område 0 till 10 cm och dess yta har samma horisontella utsträckning som område 1.”
- Område 1: Begränsas av:
  - “Golvnivån och den högsta punkten av endera ett horisontellt plan vid den högsta punkt där ett duschhuvud eller en tappkran är placerad eller ett horisontellt plan som ligger 225 cm över golvet.”
  - “Den vertikala ytan
    - Som omger bad eller duschkar eller,
    - på ett avstånd av 120 cm från mittpunkten av duschhuvudet för duschar utan duschkar.”
  - “Område 1 inkluderar inte område 0. Utrymmet under bad eller duschkaret räknas som område 1.”
- Område 2: Begränsas av:
  - “Golvnivån och den högsta punkten av endera ett horisontellt plan vid den högsta punkt där ett duschhuvud eller en kran är placerad eller ett horisontellt plan som ligger 225 cm över golvet.”
  - “Den vertikala ytan som gränsar till område 1 och en parallell vertikal yta på ett avstånd av 60 cm från område 1.”
  - “Område 2 finns inte vid duschar utan kar. Ett utökat område 1 förutsätts då på ett horisontellt avstånd av 120 cm.”

Följande figurer skall ge en inblick av hur de olika områdena ser ut:



Figur 6.3.4.1: Sido-vy av badrummet.



Figur 6.3.4.2: Ovan-vy av badrummet.

### 6.3.5 Huvudcentral i byggnaden

Huvudcentralen ska enligt planer installeras i utbyggnaden då nyare byggteknik används i utrymmet. Enligt svensk elstandard ska elcentralen installeras på ett icke antändligt material som gips eller betong, annars ska det finnas ett bakstycke för att hindra lättantändlig brand. Storleken på elcentralen beror på antalet apparater som uppskattas att användas i flygeln, med hänsyn till jämn lastfördelning av säkringar och jordfelsbrytare. Det kommer att installeras fyra stycken fyrpolig jordfelsbrytare som är fördelade i en gruppförteckning enligt appendix A.2. De stora effektanordningarna i flygeln kommer att erhålla en egen jordfelsbrytare, som varmvattenberedaren, spis, luftvärmepumpen och resterande apparater. Anledningen till den fördelningen var att jordfelsbrytare ska slå ifrån vid eventuell jordfel eller möjlig läckström

som medförs hos varje anordning. Den jordfelsbrytaren som är ansluten till varmvattenberedare samt luftvärmepumpen har en större chans för läckström i form av kondenserat vatten. Fördelen med denna fördelning är att övriga anordningar inte skall påverkas när en jordfelsbrytare slår till, till exempel: kyl och frys, larm, medicinska utrustning, eller uppvärmning.

Varje elapparat medförs en läckström och blir större med åldrandets av apparaten, en bra tumregel för sammanlagt läckström från elanordningar för varje jordfelsbrytare bör ligga på en tredjedel av märkutlösningström. Sedan fördelas antalet dvärgsäkringar rumsvis för att undvika strömavbrott i flera rum. Antalet dvärgbrytare som per rum beror på den uppskattade effekten eller märkströmmen. Storleken på säkringarna beror på märkströmmen i varje anslutning. Vanligtvis ser storleken på säkringen ut i de flesta hushållen, till exempel: Spis som har en högre effekt, har en märkström på 16 A vilket bidrar till en kabeldimension på  $2.5\text{mm}^2$ , se gruppförteckning i appendix A.1.

Vid dimensionering av kablar krävs det att man behandlar de faktorer som påverkar kabelns livslängd med även bidra till en säker installation. Starkströmskablar som det ofta kallas vid anläggningar, behöver en korrekt dimension med hänsyn till förhållandet för att undvika att kabel blir för varm vid drift, få för högt spänningsfall, eller att kabeln brinner upp vid ett fel. Enligt svensk elstandard kan man dimensionera en kabel för handberäkning med hänsyn till förläggningssätt, omgivningstemperatur, mm. Det går även att använda olika program som El-Vis vid dimensionering av kabel.

Vid kabeldimensionering i små byggnader, används ett mer simpelt dimensioneringsätt då längderna inte överstiger 100 m. De enkla dimensioneringsregler som gäller för kopparkabel presenteras i följande tabell:

*Tabell 6.3.5.1: svensk standard för kabeldimensionering med hänsyn till säkring [25].*

<b>Märkström A</b>	<b>Färg på säkring</b>	<b>Minsta kabeldimension <math>\text{mm}^2</math></b>
10	Röd	1.5
16	Grå	2.5
20	Blå	4
25	Gul	6

Denna mer enklare kabeltabell underlättar för installationselektriker att välja kabel för varje säkring och anordning.

### 6.3.6 Elinstallationsschema

Elinstallationsschemat för södra flygeln görs med hjälp av datorprogrammet EasyEL. Utifrån svensk standard och bestämmelser ritas schemat. Schemat ska stå till grund för de kablar som dras i husets alla väggar. Vid framtida elrelaterade projekteringar kan schemat vara bra till hands för de behöriga elinstallatörer. Det schemat visar är de olika elmaterial som används i byggnaden; dosor, brytare, kontakter, etc.

Förutom Elinstallationsschema för huset finns det även andra elschema som produktleverantörer bifogar, främst för att underlätta kopplingsarbetet för elinstallatören. För att se den aktuella elinstallationsschema för södra flygeln, se kapitel Resultat.

## 7. FOTOVOLTAISK TEKNIK

Energiförbrukningen i världen har aldrig varit så pass hög som den är idag [3]. Det finns olika typer av energikällor, och med dagens energiförbrukning behövs det att förnybara energikällor utvecklas och förbättras för att klara av en mer hållbar framtid. Se appendix D.1 för mer historia om solpanelen.

Nya metoder och användning av material utvecklades för solcellerna men det var inte förrän i slutet av 1900 talet som solcellerna blev mer populära. Detta på grund av den låga verkningsgraden och användningen av olja som ansågs vara mer effektivt samt att miljöproblemen inte var aktuella just då. Idag är föroreningar och den globala uppvärmningen en stor samhällsfråga. Då solenergi vid produktion inte har något utsläpp anses det vara framtiden för elproduktion.

### 7.1 Solcell

En typisk solcell ser ut som en bricka bestående av kisel. De kan vara olika stora men en typisk solcell är 10 kvadratcentimeter stor, är tunna och har metall ränder som skikt på den sida som exponeras för solljus samt ett metallskikt på baksidan. Vid produktion av solenergi används inte en solcell utan flera ihopkopplade, vilka tillsammans kallas en solcellsmodul. Normalt är 36 solceller ihopkopplade med en skiva av härdat glas ovanpå solcellerna för att ge en typ av skydd mot olika typer av miljöer. Metallen är i elektrisk kontakt med solcellen och när solljus exponeras på den uppstår en elektrisk spänning med de två metallskikten vilket skapar en typ av batteri när den exponeras för solljus [4].

### 7.2 Typer av solceller

Det finns tre vanligare typer av solceller, vilket är: monokristallina solceller, polykristallina solceller och tunnfilmsolceller [5].

Polykristallina solceller och monokristallina solceller använder sig av kiselbrickstekniken. Polykristallina solceller består av solceller som är tillverkade i flera mindre kiselkristaller i varje cell. Medan Monokristallina solceller består av ett kristall-kiselblock. Eftersom polykristallina solceller har en enklare tillverkningsprocess än monokristallina solceller, är priset på polykristallina solceller lägst per watt som genereras [5].

Vad som kännetecknar polykristallina solceller är dess blå mosaikskimrande färg och monokristallina solceller har en jämn blå-svart färg, det vill säga en mörkare än nyans än polykristallina celler [5]. Förutom färg skiljer även verkningsgraden mellan dem. Monokristallina solceller har en högre verkningsgrad än polykristallina solceller då monokristallina solceller består av en mer homogen struktur [34].

## 7.2.1 Kisels påverkan och funktionsprincip för solceller

Ljuskvanta kommer från solen i små energipaket som idag kallas fotoner. Fotonerna som kommer från solen kan man inte se som ett fysiskt objekt, utan det man kan se är regnbågens sju färger. För violett som har minst våglängd (380–435 nm) är storleken på fotonens energiinnehåll approximativt dubbel stor som röd färg, som har störst våglängd (625–740 nm). Det mesta energi från solen, fotonenergi gånger antal fotoner, kommer dock från de röda och gröna våglängderna [4].

Solceller är baserade på fotovoltaiska effekten och handlar om ljusets inverkan på halvledare. Halvledare är material med egenskaper lik metaller och är goda ledare av elektricitet. Den vanligaste typen av halvledare är ämnet kisel. Kisel består av fjorton elektroner där tio av de fjorton elektronerna är hårt bundna till kärnan och är därför inte av intresse för funktionen av solceller [4].

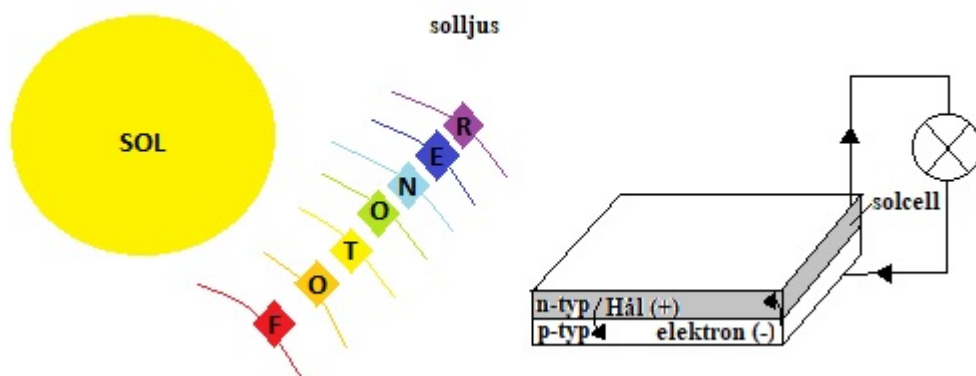
De fyra elektronerna som inte är hårt bundna till kärnan avgör kiselatomernas arrangering vid fast bildning av kiselmaterial. För produktion av fast kisel för solceller löser man ut sand som är en blandning av kisel och syre. Sanden smälts och långsamt kyls ner. Vid nedkylningen arbetar kiselatomerna för att arrangera sig i ett mönster. Kiselatomerna strävar efter att länka ihop sig med fyra grannatomer [4].

Men när kiselatomerna är fast i bindningar blir kisel en dålig ledare av elektricitet. Bindningarna kan dock brytas upp om de blir exponerade av fotoner. När elektronerna binder sig kan de elektroner som ersatts och tagit sig ur bindningen skapa ett flöde av elström genom att röra sig genom kiset. Dessa brutna bindningar är vad som blir ledande för elektricitet. Eftersom kiselatomernas elektroner kan ge olika mönster och egenskaper är anledningen till varför det kallas en halvledare. Den kan funka både som ledare och isolator [4].

Kisel kan dopas genom att tillsätta orenheter som exempelvis kisel med fosfor eller bor. Om man till exempel dopar kisel i fosfor förbinds atomerna mellan dem. Där det normalt, i en bindning, befinner sig kiselatomer kan fosfor atomer tillträda. Fosfors fyra av fem elektroner som är lösbundna från atomkärnan kan användas för bindning mellan kiselatomer. Medan den femte elektronen som är minst bunden till fosforatomen inte är upplagt och kan frigöras från bindningen.

Kisel kan dopas med bor, som består av tre löst bundna elektroner från sin atomkärna. Eftersom det är tre elektroner som är lösa så binder dig sig enbart med tre andra intilliggande kiselatomer. Genom denna process införs brutna bindningar, så kallade hål [4].

Kombinationen av kisel med fosfor ger en fungerande ledare eftersom de fortfarande har obundna elektroner i bindningen. Bindningen mellan kisel och fosfor har negativa laddningsbärare och är därmed ett material av negativ typ, n-typ. Kisel dopad med bor ger ett material av positivt typ, p-typ, eftersom den har positiva laddningsbärare [4].

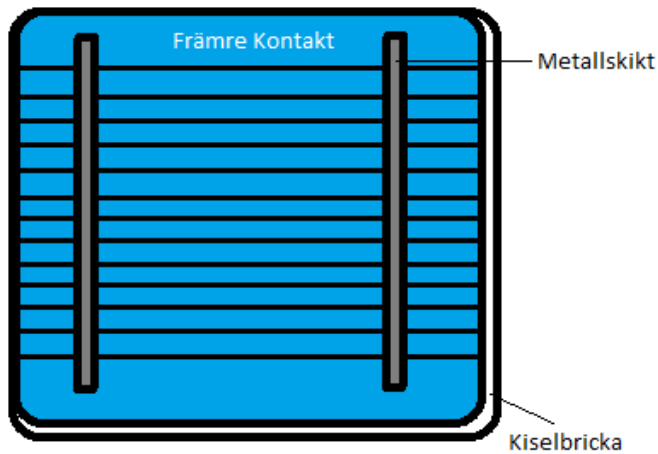


Figur 7.2.2: Energi i form av fotoner från solen till en kiselbricka där ett elektriskflöde skapas genom pn-typerna och lasten.

På den n-ledande sidan strömmar elektronerna lättare eftersom det finns gott om elektroner. På p-ledande sidan strömmar de brutna bindningarna. Elektronerna i bindningarna strävar sammanhängande efter att gå runt från n- till p-sidan och skapar därmed ett elektriskt flöde [4]. Figur 7.2.2. illustrerar en last som kopplats mellan n- och p-sidan och utnyttjar därmed det elektriska flödet.

### 7.3 Kiselbricksteknik

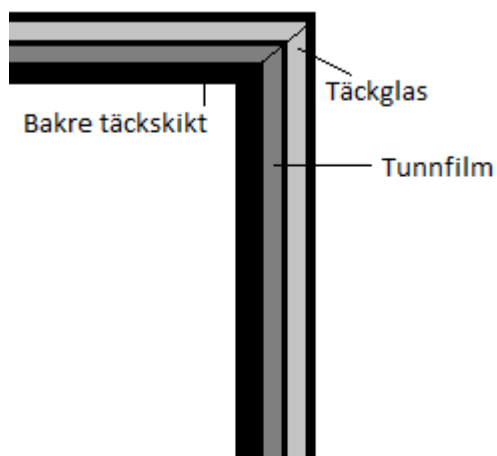
Den mest använda tekniken för produktion av solcell är kiselbrickstekniken. Som skrivet i kapitel 7.1, består solcellen av en tunn bricka av ämnet kisel med metall ränder som skikt på den sida som exponeras för solljus samt ett metallskikt på baksidan av brickan [4].



Figur 7.3.1: Ett exempel på en standard kiselbricka.

### 7.4 Tunnfilmsteknik

Ett tunt lager av fotoaktiva halvledare, läggs på exempelvis en glasskiva, som ska vara ett bärande underlag eller täckskikt. Tunnfilmstekniken är en billigare lösning än enbart självbärande kiselbricksbaserade solceller. Behovet av material minskar och tillverkningen av solcellerna kan göras på stora mängder istället för att begränsas som en kiselcell [4]. Tunnfilmstekniken är därför en bra ekonomisk lösning i vissa fall och kan även omformas, tillskillnad från kiselbrickstekniken, till speciella områden.

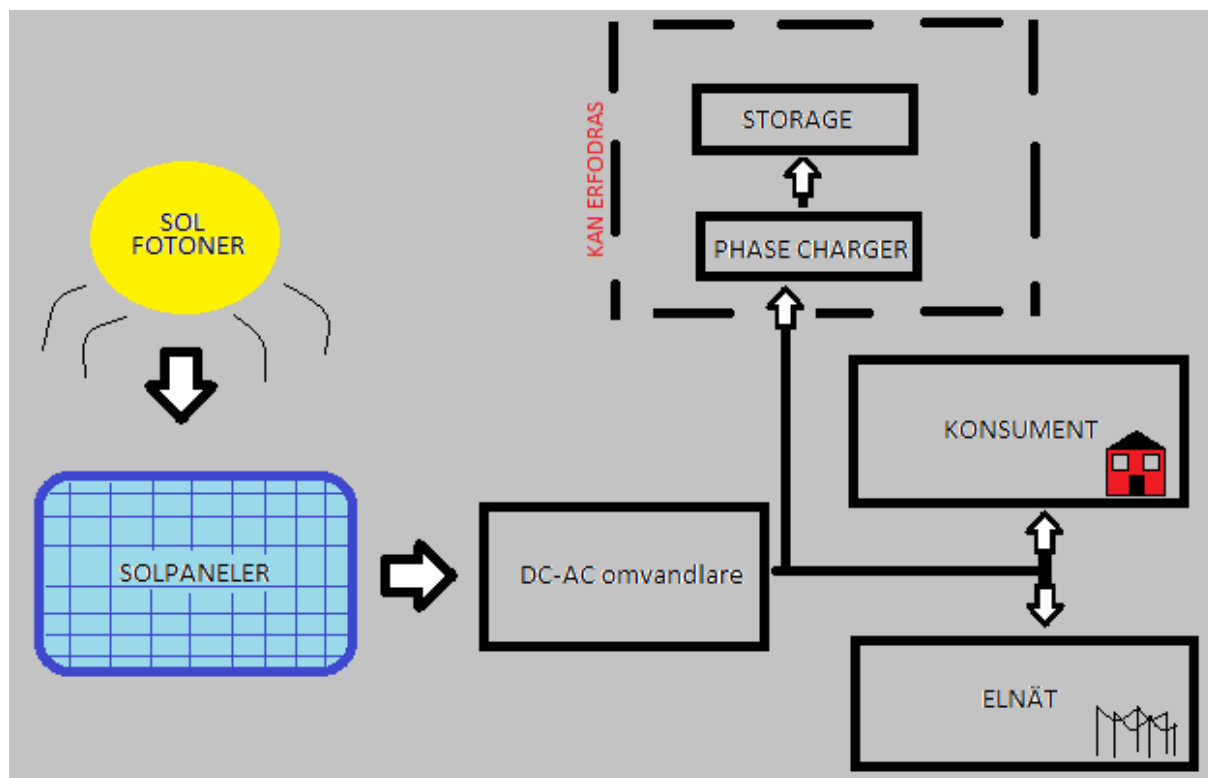


Figur 7.4.1: Material av en standard tunnfilm använd i tunnfilmsteknik.



## 7.5 Installation

Figur 7.5.1, nedan, är ett förenklat blockschema som redogör hur produktionen av solpaneler från solfotonerna till konsument fungerar vid en typisk installation. Solfotoner når solpanelerna som skickar en DC ström vidare till en DC-AC omvandlare. Omvandlaren konverterar om DC strömmen till AC ström och leder vidare till batterier för lagring eller till konsumenten och elnätet. Elen som dirigeras till elnätet kan distribueras vidare.



Figur 7.5.1: Blockschema över ett installationsschema för produktion av elektricitet från solpaneler.

Det finns olika installationstyper som exempelvis: OFF-GRID, ON-GRID med en till tre fas system. Den signifikanta skillnaden mellan de olika installationstyper är att OFF-GRID använder inte elnätet medan ett ON-GRID kopplas även till elnätet.

Ett OFF-grid system med tre fas använder sig därmed tre laddningsapparater ner till ett batteri. Detta sker mellan konsumenten och elnätet direkt från DC-AC omvandlaren. En OFF-GRID installation är oberoende av elnätet och kostar därför mer pengar då det kräver batterier för att tillvara produktionen av elen. OFF-GRID installationer är mer vanliga på landsbygden där det inte finns tillgång till något elnät. Ett ON-GRID installation är mer normalt att man använder än ett OFF-GRID, då det använder sig av det allmänna elnätet och kräver inget batteri vid installation. Den produktion av el som blir överflödigt kan i ett ON-GRID system säljas vidare i vissa fall genom elnätet som det är uppkopplat till [7].

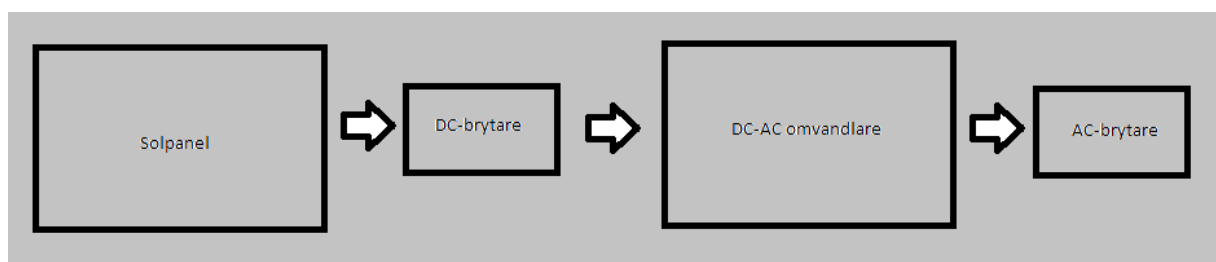
## 7.5.2 DC-AC omvandlare

Solomvandlare, konverterare eller solcell-omvandlare är en DC till AC omvandlare. Det konverterar likström (DC) till växelström (AC) för solpaneler. Samlingstermen för DC till AC omvandlaren som används för konsumenter är växelriktare. DC-AC omvandlaren som förklarar i kapitel 7.5 behövs för att solpanelen genererar DC-ström och i gården används AC-ström. Med hjälp av växelriktaren omvandlas därmed DC-strömmen till AC-ström.

Växelriktare har generellt en hög verkningsgrad på mellan 93 till 95 procent. Val av växelriktare beror helt på maximala effektproduktionen från solcellerna. Det vill säga att en växelriktare som klarar av till exempel upp till 3000 watt kan inte hantera en produktion på 5000 watt. Beroende på hur stor energiproduktionen är och om man använder en central växelriktare kan den placeras direkt i hemmet den ska tillföra energi till. Det finns även alternativ till mikroväxelriktare som kopplas direkt till varje solcellsmodul och sedan leds till en gemensam växelströmsutgång [6].

## 7.5.3 Skyddsanordning

För service och underhåll krävs DC- och AC-brytare på DC och AC sidan av DC-AC omvandlare, se figur 7.4.2.1. DC-brytaren krävs för att bryta bort likströmsdelen och AC-brytaren krävs för växelströmdelen [8].



Figur 7.5.3.1: Blockschema mellan solpanel och DC-AC omvandlare med DC och AC brytare.

## 7.5.4 Specifikationer

Elnätsägare och elleverantörer har regler vid produktion av elektricitet. För att erhålla vissa elnätsabonnemang krävs att man följer de olika kraven och storleken på elproduktion. Att erhålla en mikronivå för produktion av sol el, så kallad mikroproducent. Krävs att vissa specifikationer följs. Eftersom målet är att bli självförsörjande och inte behöva el från elnätet utan producera så pass mycket elektricitet att det även ska kunna säljas, är målet att nå en produktion på mikroproducent nivå. Samtidigt som det är tillräckligt för att upprätthålla ett helt självförsörjande produktion.

Huvudkraven för att vara en mikroproducent idag är att effekten på solcellsanläggningen får ej överstiga 43.5 kW och det kan anslutas till en huvudsäkring som har en ström på maximalt 63 A [9]. Överskottet av elektricitet säljs vidare med en ersättning beroende på vilken elleverantör som elnätsabonnemanget är abonnerad hos [10].

## 7.6 Beräkningar

Idag förbrukar gården i genomsnitt cirka 45 000 kWh enligt kapitel 3.1. Med södra flygeln, efter renovering, kommer förbrukningen att höjas.

En förbrukning på över 45 000 kWh kräver ett större antal solpaneler, om det ska produceras lika mycket, beroende på vilken typ av solpanel som väljs. Solpaneler som kan köpas från olika företag har olika specifikationer med verkningsgrader som man måste ta hänsyn till.

Efter kontakt med ett företag i Tyskland med namnet Axitec, som är världsledande inom branschen för solenergi, fick man prisförslag för deras olika typer av solpaneler. Axitec erbjuder solpanelsmoduler med 72 celler eller 60 celler. Solpanelerna har varierande effektproduktion, från 260 watt till 330 watt.

Axitec har med hjälp av föregående kunder och statistik gett oss informationen om att Sverige generellt har en solstrålning på 800 kWh/kW, vilket de kalkylerat fram genom ett solcells kalkylprogram [11]. Andra källor visar att en välfungerande solcellsanläggning ger solstrålning på cirka 850 - 1120 kWh/kW [12].

## 7.7 Payoff time

Ett mål med projektet är att finna lösningar för mer effektiviserade energialternativ. Och en lösning till detta är att tillsätta solpaneler för solenergi. Men då detta ska även ska vara en ekonomisk lösning måste pay-off time beräknas för installation av solpanelerna. Med pay-off time, menas hur lång tid det tar att få grundinvesteringen återbetald. Det vill säga att det blir ekonomiskt gynnsamt med den nya produkten som i det här fallet är solpaneler. Vid kalkylering av pay-off tiden, kan man finna kostnaderna för installation av solpaneler och priset för att ersätta dessa överstiger nuvarande energikällor.

## 7.8 Årstid och produktion.

Solpaneler försedd av Axitec har en garanterad nominell prestanda på 90 % under 10 år och 85 % under 25 år. Vilket betyder att för varje år som går blir effektiviseringen av solpanelen mindre och efter ett tag bör solpanelen bytas ut. Eftersom Axitecs solcellsmoduler garanterar en nominell prestanda på 85% efter 25 års tid beräknas livslängden därmed till 25 år.

Sverige har ett varierande klimat och att det kan snöa en stor mängd. Solpanelerna behöver då vara anpassade för låga temperaturer och höga snöfall, vilket Axitecs solpaneler är.

## 7.9 Val av solpanel

Val av solpanels typ bestäms beroende på pris, storlek, hållbarhet och mängden effekt som kan produceras.

### 7.9.1 AXIpower poly 275 Wp 60cell

Eftersom priset är en viktig faktor för oss och att projektet inte begränsas av yta, väljs de billigaste solpanelerna. Vilket i detta fall är produkten "AXIpower poly 275 Wp 60cell" [29].

AXIpower poly 275Wp 60cell består av 60 polykristallina celler, med aluminiumram och komposit på baksidan. Solpanelen har ett mått på 1640 x 992 x 35 mm.

## 8. DIMENSIONERING

Följande kapitel presenterar tillvägagångssättet vid uppskattning och dimensionering av elanläggningar med hjälp av olika metoder, bland annat; Velanders metod.

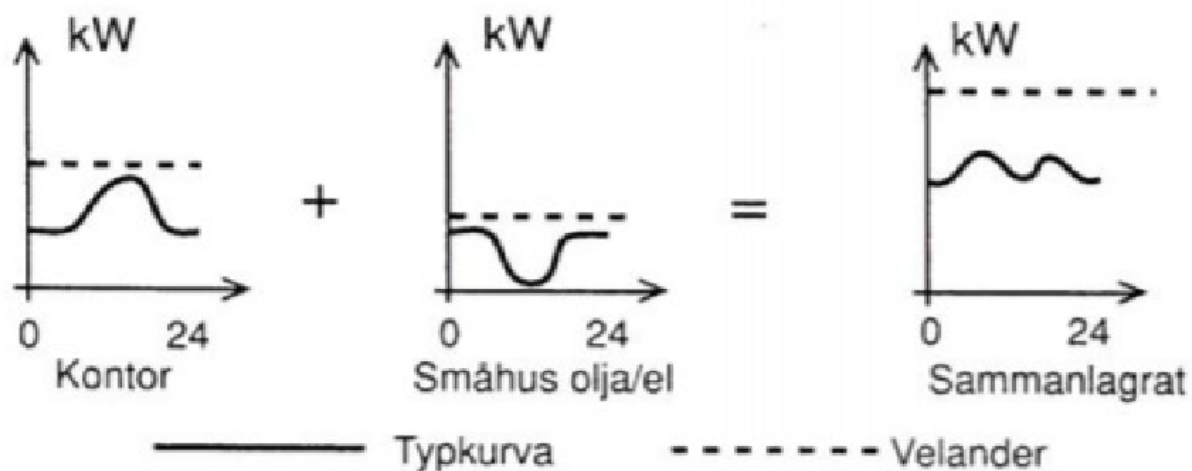
### 8.1 Effekt

Formeln för effektlagen genom ekvation 5 och ekvation 6 används för att beräkna effekt för 3-fassystem. Då kalkyleringar för produktion av elektricitet till hushåll används ekvation 6 där effektfaktorn är väsentlig med en nominell spänning på 400V. Eftersom effektfaktorn är okänd används  $\text{Cos}(\varphi) = 1$  genom projektets gång.

### 8.2 Maximal belastning

För att kunna ta reda på hur många solpaneler som behövs för att kunna producera den krävande energiförbrukningen behövs det att ta reda på den maximala belastningen för gården. Det går att ta fram den maximala belastningen med hjälp av olika metoder. En metod som kommer användas för denna rapport är Velanders metod.

Velanders metod beräknar den maximala belastningen för olika typer av lokaler, utan att ta hänsyn på tiden som belastningen sker, se figur 8.2.1. Anledningen till att Velanders metod används är för att få en uppskattning till hur mycket belastning som kan ske samtidigt [15].



Figur 8.2.1: Exempel på värden för effektberäkning med Velanders metod [15].

För att inte kablarna och produktionen av elektricitet mellan solpanelen och användaren inte ska överskridas görs denna beräkning. Velanders metod följer en formel, ekvation 8, där man använder sig av energiförbrukningen i kWh, W, och koefficienter  $k_1$  och  $k_2$  bestäms genom en tabell, se figur 8.2.2 [15].

Kategori	$k_1$	$k_2$
Flerbostadshus utan elvärme	0,000225	0,0632
Flerbostadshus med elvärme	0,000280	0,0250
Småhus utan elvärme	0,000161	0,1170
Småhus med elvärme	0,000300	0,0250
Sommarbostäder	0,000240	0,0253
Landsbygd	0,000190	0,0632
Återdistributörer i Sverige	0,000280	0,0250
Skolor	0,000256	0,0948
Vårdanstalter	0,000198	0,0727
Försvarsanläggningar	0,000196	0,0632
Statens Järnvägar	0,000230	0,3160
Gas- vatten- och renhållningsverk	0,000150	0,0632
Byggnadsverksamhet	0,000180	0,2210
Gruvor, stenbrott och sandtag	0,000158	0,2530
Cement-, betong-, glas- och porslinsindustri	0,000150	0,2050
Kemisk industri, kol och petroleumindustri	0,000150	0,1420
Metallverk och metallgjuterier	0,000196	0,2050
Maskin-, bil- och båttillverkning	0,000225	0,1580
Träindustri	0,000190	0,2340
Massa- och pappersindustri	0,000155	0,1740
Textil- och konfektionsindustri	0,000272	0,1520
Livsmedelsindustri	0,000190	0,1580

Figur 8.2.2: Tabell för val av koefficienter till Velanders formel [15].

För beräkning av södra flygeln används "Småhus med elvärme".

### 8.3 Belastningsström

För att kunna välja vilka typer och storlek av kablar som behövs belastningsströmmen kalkyleras. Genom belastningseffekten, P, effektfaktorn,  $\cos\varphi$ , och nominella spänningen,  $U_n$ , beräknas belastningsströmmen,  $I_B$  (A), vilket efter utbrytning av strömmen i ekvation 6 ger formeln för  $I_B$  ekvation 7. Eftersom elektriciteten ska leda till hushåll och anser ett 3-fassystem används den nominella spänningen,  $U_n = 400V$ .

### 8.4 Kablar

För kabeldimensionering används boken svensk elstandard SS 436 40 00 som följer svenska standardregler. Kabeldimensioneringen kommer att beräknas för att erhålla effektuttaget med så liten dimension som möjligt.

## 8.5 Spänningsfall

Genom uppskattning av spänningsfallet kan valet av kabelns dimension bestämmas. För att beräkna spänningsfallet används formeln för spänningsfall, se ekvation 9. Eftersom kabeltillverkarna i vissa fall ej presenterar impedans i deras datablad kommer enbart det presenterade resistansen att användas i av spänningsfall. Enligt svensk standard rekommenderas det att inte ha en större spänningsfall enligt tabell 8.5.1.1, detta för att försäkra sig om en viss kvalitet på spänningen som i sin tur säkerställer en driftsäkerhet i anläggningen [28].

### 8.5.1 Tillåtna spänningsfall

För att inte få för höga särskilda tröskelvärden följs svensk elstandard för spänningsfall av den nominella spänningen. Vilket visas i tabell 8.5.1.1 [28].

Tabell 8.5.1.1: Områden med godkända tröskelvärden i procent.

Område	Tröskelvärde (%)
Sammanlagt i huvudledning från servissäkring och gruppledning för annat ändamål.	4
Sammanlagt i huvudledning från servissäkring och gruppledning för belysning och småapparater	3
I huvudledning från servissäkring till gruppcentral	2

## 9. KOSTNADSANALYS

I följande kapitel presenteras de ingående delar som kommer att beräknas för en kostnadsanalys på en investering av en solcellsanläggning.

### 9.1 Solceller

Efter tidigare kontakt med det tyskbaserade företaget Axitec, valdes deras solpaneler för detta projekt. Eftersom yta inte är ett problem fokuseras det i huvudsak på priset. Deras billigaste solpanel är poly 275, se kap 7.9.1. Solpanelen kostar 0.36 euro per Watt. Med hjälp av belastnings effekten får vi fram hur många kilowatt som kan behövas vid maximalt effektbehov. Med estimeringar och beräkningar ska ett effektbehov tas fram och sedan kalkyleras priset utifrån detta.

#### 9.1.1 Komponenter

Nedan presenteras komponenterna som ska beräknas på för pay-off tiden. Priset på komponenterna tas fram i resultatet.

- Växelriktare
- DC-brytare
- AC-brytare
- Elmätare
- Kablar



## 10. MILJÖ

Arbetet är baserat på ekonomiska men även mer miljövänliga alternativ. Idag har inget land uppnått en långsiktig hållbar utveckling. Det är därför viktigt att utformningen och hanteringen av teknik görs på ett kritiskt sätt för att inte inverka natursystemet negativt [13].

Sveriges elproduktion år 2015 var 158,3 TWh med en import på 9,3 TWh. Den totala energitillförseln år 2015 hamnade därmed på 167,6 TWh. År 2015 var den näst största årsproduktionen i Sverige. Med mest produktion av vattenkraft, på 73,9 TWh, och kärnkraftverk på 54,3 [16]. Produktion som vattenkraft är problematiskt då det inte utger höga koldioxidutsläpp och anses vara en ren och förnybar energikälla men påverkar ekosystemet, främst marina miljöer [14]. Sverige har så pass lite elproduktion med hjälp av solenergi är det inte med i den årliga statistiken publicerat av energimyndigheten.

För att lösa miljöproblemen, de olika energikällorna åstadkommer, behövs inslag av multipla energilösningar. Ett långsiktigt alternativ är därför just solenergi som upptar stort fokus i denna rapport. Jorden tar emot approximativt 1000 kWh solenergi per kvadratmeter. Utvecklingen av solenergi kan vara lösningen för den ökande energikonsumtionen, där den ökande befolkningen och välfärden ger ett ökat behov av elektricitet [13].

Byggnader som byggdes under en viss period använder sig av det årets svenska elstandardregler. Med åren ökar kraven på de svenska elstandardreglerna för en mer hållbar utveckling. Vilken elstandard som ska följas beror dock på vilket år som installationen gjordes. Många hus i Sverige använde därmed system som följer äldre standardregler vilket resulterar till framtida problematik för att skapa en hållbar utveckling.

Södra flygeln, som ska renoveras, kommer använda sig av dagens svenska elstandardregler medan de resterande byggnaderna kommer fortsatt använda äldre standardregler. Med installation av solpaneler blir 1800-tals byggnaden en modern byggnad med en mer hållbar energikälla.

## 11. RESULTAT

I följande kapitel presenteras de resultat för södra flygeln respektive solcellsanläggningen. Resultatet är baserat på de teorier och antaganden som har presenterats i tidigare kapitel.

### 11.1 Södra flygeln

#### 11.1.1 Maximal effekt

Med en estimerad maximal effekt på 19,188 kW, se kapitel 6.2, och en förbrukning med elektriska apparater och belysning i kapitel 6.2.2, kan den maximala effekten för huset beräknas genom Velanders formel, ekvation 8, och värdena ur kapitel 6.2.2 får man följande effekt för belysning och övriga elapparater:

$$W = 850 \text{ kWh} + 1000 \text{ kWh} = 1850 \text{ kWh}$$

Koefficienterna bestäms genom figur 8.2.2. Eftersom södra flygeln betraktas som småhus med elvärme blir koefficienterna  $k_1$  och  $k_2$ , enligt figur 8.2.2:

$$k_1 = 0,000300$$

$$k_2 = 0,025300$$

Genom ekvation 9 får vi att den maximala belastningen för belysningen och övriga elektriska apparaterna är:

$$1850 \cdot 0,000300 + \sqrt{1850} \cdot 0,025300 = 1,643 \text{ kW}$$

Det ger den totala effekten på södra flygeln med värdet från kapitel 6,2:

$$19,188 \text{ kW} + 1,643 \text{ kW} = 20,831 \text{ kW}$$

För att ta fram förbrukningen av södra flygel i kWh används Velanders metod för omräkning av förbrukningen i kWh istället för maximala effekten, kW. Genom ekvation 9.

$$\frac{-\sqrt{4 * 0,000300 * 0,0253^2 * 20,831 + 0,0253^4} + 2 * 0,000300 * 20,831 + 0,0253^2}{2 * 0,000300^2} = 50487 \text{ kWh}$$

Enligt Velanders formel kan förbrukningen på 50 487 kWh vara den maximala förbrukningen byggnaden kan ha under ett år eftersom effekt värdet använt är baserat på apparaternas förbrukning från kapitel 6.2. En estimering kan göras av förbrukningen då det inte är rimligt att allt är igång under hela året, utan mer rimligt vore att huset använder alla apparater 8 timmar per dygn, vilket gör att förbrukningen blir en tredjedel av den maximala förbrukningen. Uppvärmningen är med kalkylerad i förbrukningen och ger en uppskattad förbrukning på:

$$\frac{50487 \text{ kWh}}{3} \approx 16\,800 \text{ kWh.}$$

## 11.1.2 Applikationer

Följande delkapitel presenterar de märkström som medför hos utrustningarna, valet av automatsäkring och kabeldimension enligt kap 6.2. För gruppförteckning av södra flygelns elcentral, se appendix A.1.

### 11.1.2.1 Värmegolv

Köket på 30m<sup>2</sup> kommer resultera på en maxeffekt på 4.5 kW vilket med effektlagen för enfas (Ekvation 5) ger oss en märkström på 19.56 A.

### 11.1.2.2 Luftvärmepump

Man valde en luft-luftvärmepump från svenska tillverkaren Nibe som exempel för beräkning av märkströmmen vid valet av säkringen. Enligt Tabell 6.2.1 och från Nibes datablad har värmepumpen en maxeffekt på 2.7 kW, vidare omräkning med effektlagen för enfas (se ekvation 5) ger märkströmmen på:

$$I_{B_{MAX}} = \frac{P}{U} = \frac{2700}{230} = 11,73 \text{ A}$$

Valet på säkringen för luftvärmepumpen blir med hänsyn till märkströmmen; 16A säkring, enligt tabell 6.3.5.1.

### 11.1.2.3 Spis

Man valde en trefasspis från den italienska vitvarutillverkaren Smeg för att beräkna ut märkströmmen för senare val av automatsäkring. Enligt tabell 6.2.1 har spisen en maximal effekt på 4.7 kW fördelade i tre faser. Med hjälp av effektlagen för trefas, se ekvation 6, kan märkströmmen beräknas enligt följande:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{4700}{\sqrt{3} \cdot 400} = 6.78 \text{ A}$$

### 11.1.3 Sammanlagrings effekt

Vid användning av Velanders metod fick man en sammanlagring beroende på valet av konstanter, eftersom flygeln kommer att inneha ett industrikök men även allmänna boendeytor, blev det svårt att uppskatta den totala sammanlagringen. De konstanterna för varje tillämpning och sammanlagringseffekten jämfördes i tabell 11.1.3.1.

Tabell 11.1.3.1: Jämförelse mellan Velanders Koefficienter

Tillämpning	Årlig Förbrukning (kWh/år)	K1	K2	Sammanlagringen (kW)
Livsmedelsindustri	15 000	0,00019	0,156	22
Småhus med elvärme (flygeln)	15 000	0,0003	0,025	7.56
Småhus med elvärme (medel för svenskt hushåll)	25 000	0,0003	0,025	11.45

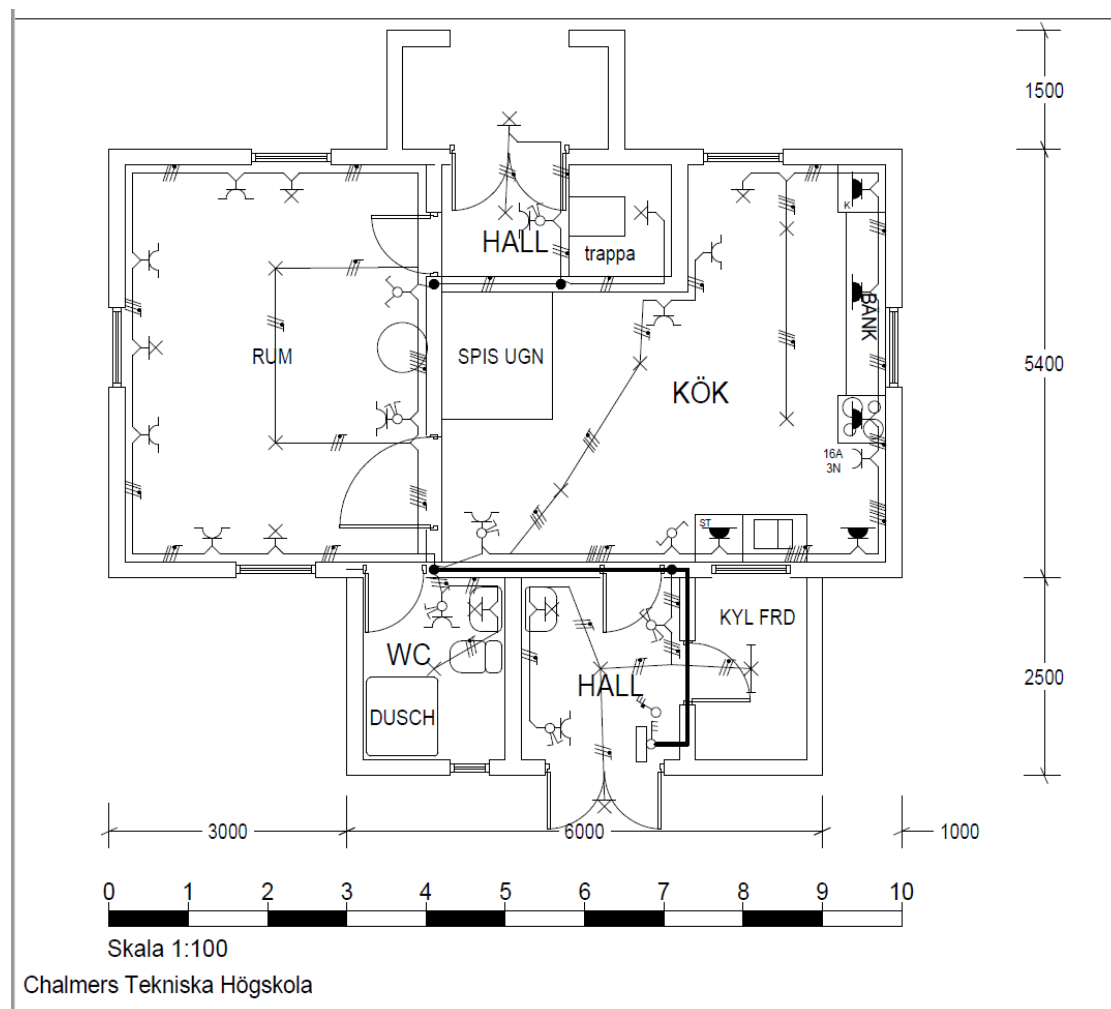
Om man jämför södra flygeln och den svenska hushållens medelsförbrukning skiljer sammanlagringen med ett fåtal kW. Om man jämför med den totala effekten som presenterades i tabell 6.2.1, skiljer det sig någorlunda med det medelvärde som beräknades ut i tabell 11.1.3.2. Utifrån de tre effektuppskattningar kan en slutgiltig sammanlagringseffekt dras. Den slutgiltiga sammanlagringseffekten som södra flygeln uppskattas att förbruka blir medelvärdet av de följande värden som presenteras i tabell 11.1.3.2 som är nedan.

Tabell 11.1.3.2: Jämförelse av effekterna för ett medelvärde

Scenario	Uppskattad Effekt
Addition av effekter enligt kap 6.1	19,188 kW
Livsmedelsindustri	22 kW
Småhus med elvärme	7.56 kW
Medelvärde	16.24 kW

## 11.1.4 Elinstallationsschema

Genom EasyEL konstruerades ett elinstallationsschema för södra flygeln, se figur 11.1.4.1. Genom användning av svensk elstandard och ingenjörsmässiga uppskattningar resulterades det till elinstallationsschemat nedan. De ifyllda uttagen skall motsvara de fasta installationer i köket som bland annat består av spis och diskmaskin.



Figur 11.1.4.1: Elinstallationsschema för södra flygeln ritad med hjälp av EasyEL.

## 11.2 Beräkningar för solcellsanläggningen

Förbrukningen av gården var 45 374 kWh år 2017, se appendix C.2. Efter renovering och installation av södra flygeln hamnar dess förbrukning på cirka 16 800 kWh. Därmed estimeras den totala förbrukningen av gården till:

$$45\,374 + 16\,800 = 62\,174 \text{ kWh}$$

Gårdens totala förbrukning uppgår då till 62 174 kWh under ett år.

### 11.2.1 Gårdens belastningseffekt genom Velanders formel

Eftersom Velanders metod är beskriver den totala effekten för ett hushåll krävs det att man hittar en genomsnittlig förbrukning för de tre byggnaderna i gården. Eftersom Haraldsgården består av tre byggnader kan den totala förbrukningen divideras på tre då koefficienterna gäller för en byggnad.

$$\frac{62174}{3} = 20\,724,66 \text{ kWh}$$

Genom denna förbrukning beräknas den maximala effekten för varje byggnad genom ekvation 8:

$$20\,724,66 \cdot 0,0003 + \sqrt{20\,724,66} \cdot 0,0253 = 9,86 \text{ kW}$$

Vilket ger en total belastningseffekt av gården:

$$9,86 \cdot 3 \approx 29,58 \text{ kW}$$

### 11.2.2 Kalkylering med hjälp av solstrålning

Enligt Axitecs beräkningar ger solcellsanläggningar i Sverige en produktion på cirka 800 kWh/kW. Genom att dividera förbrukningen som anläggningen ska kunna producera, med 800 får vi fram hur mycket effekt som krävs per år.

$$\frac{62174}{800} \approx 77,7 \text{ kW}$$

Denna estimering beror på vilken region i Sverige som solcellsproduktionen ska upprätthållas. Produktionen från solcellsanläggningar kan även uppnå upp till 1120 kWh/kW. Det inte är troligt att solstrålningen uppnår dessa värden men för att få flera värden att jämföra med beräknas det hur mycket den maximala solstrålningen skulle kräva för produktion om förbrukningen är 62 174 kWh. Effekten som krävs av den totala förbrukningen om solstrålningen är 1120 kWh/kW:

$$\frac{62174}{1120} \approx 55,5 \text{ kW}$$

## 11.3 Installation av solpaneler

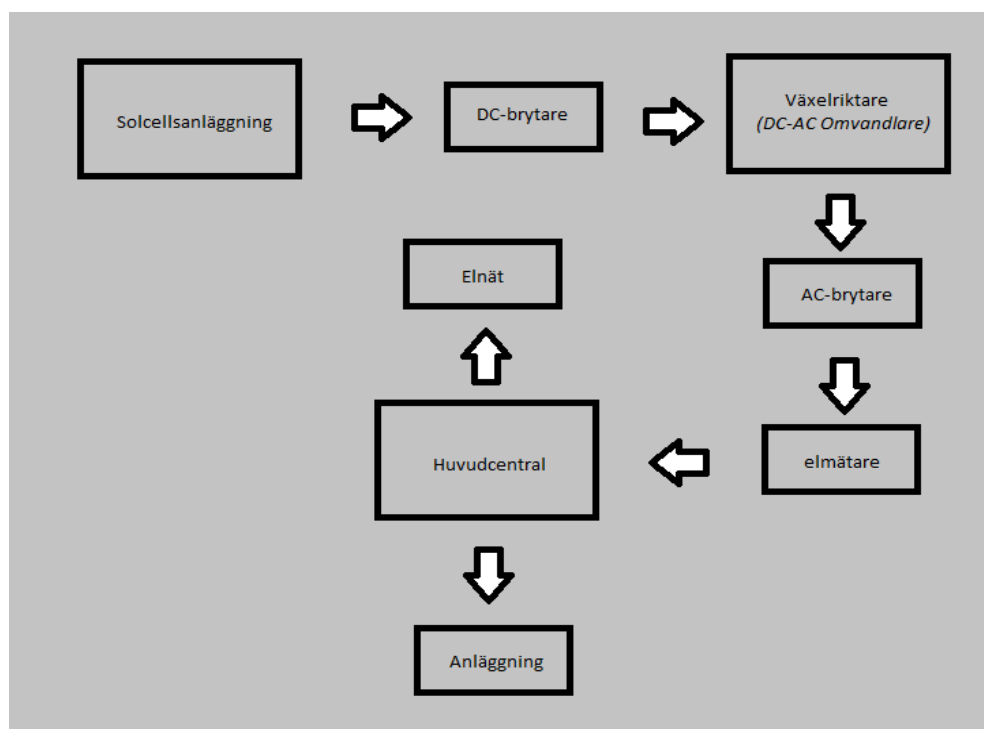
Det är optimalt att installera solpanelerna och koppla direkt till elnätet och samtidigt ha möjligheten att köpa och sälja el. Batterier blir då heller inte nödvändiga som är dyra och kan ge upphov till komplikationer vid defekt.

Eftersom kravet som mikroproducent begränsas effekt på anläggningen till 43.5 kW kunde vi räkna ut hur många 275 watts solmoduler som man får installera för att räknas som en mikroproducent.

$$\frac{43\,500}{275} = 158.18 \text{ st}$$

Växelriktaren har en driftspänning mellan 180 V till 800 V DC, vilket resulterar till tolv strängar av seriekopplade moduler, varav tretton moduler per sträng. Detta resulterar ett totalt antal moduler på 156 solpaneler. Enligt Axitecs datablad ger den valda modulen 31,25 V som resulterar en spänning på 406,25 V per sträng, vilket ligger inom driftspänningen för växelriktaren.

Ett ON-GRID installationssystem väljs för Haraldsgården eftersom produktionen ska vara på mikroproducent nivå och kommer. Solpanelerna ska till gårdens huvudcentral. Däremellan kopplas en växelriktare där det finns en DC-brytare på likströmssidan från solpanelen och en AC-brytare på växelströmsidan som är efter växelriktaren. Vidare ska en elmätare kopplas innan huvudcentralen för att hålla koll på effekten. Från huvudcentralen skickas elen vidare till anläggningen. Om det krävs kan mer el matas från elnätet och om det blir för hög produktion kan elen säljas vidare till elnätet.



Figur 11.3.1: Blockschema över installation av ON-Grid system

### 11.3.2 Energiproduktion

Axitecs kalkylering och beräkningen av den maximala solstrålningen överstiger den tillåtna produktionen för en mikroproducent av solenergi. Velanders metod underskrider dock kravet. Eftersom solceller är beroende av solstrålningen kommer produktionen från solcellsanläggningen inte vara tillräcklig om kraven för mikroproducent följs.

Om effekten som krävs skulle hamna någonstans mellan den minimala och maximala solstrålningen skulle effekten bli:

$$\frac{55,5 + 77,7}{2} \approx 66,6 \text{ kW}$$

Vid maximal produktion som mikroproducent får man därmed ut cirka:

$$\frac{43,5}{66,6} \approx 0,653 = 65,3\%$$

Som mikroproducent skulle solcellsanläggningen därmed stå för cirka 60 - 70% av den totala konsumtionen.



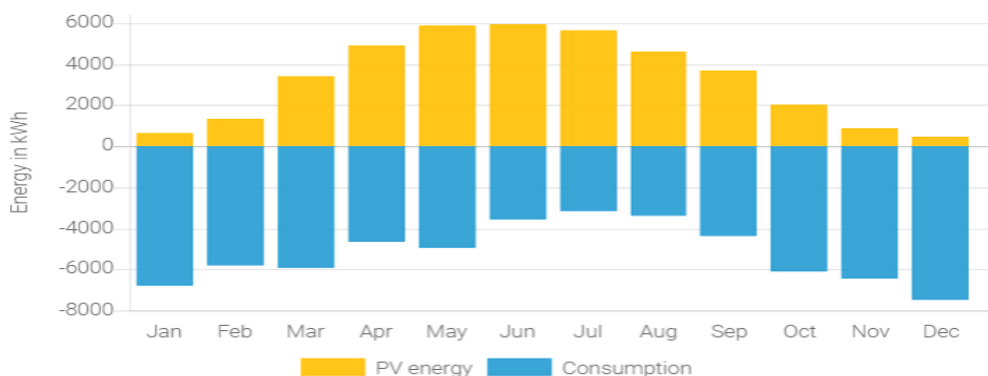
### 11.3.3 Simulation med hjälp av PV\*SOL

PV\*SOL är ett program som erbjuder beräkningar och simuleringar för fotovoltaisk och fototermisk teknik. Programmet resultat ska stå som stöd till de resultat som beräknas i föregående kapitel. Enligt programmet har Björketorp en årlig bestrålning på 928.8 kWh/kW vilket i omräkning med deras förbrukning får vi en effekt på:

$$\frac{928,8}{62\ 000} = 66.8\ kW$$

Effekten hamnar på 66.9 kW, vilket kan jämföras med beräkningarna från kapitel 11.3.2 där effekten hamna på genomsnittligt cirka 66,6 kW. Det krävs med andra ord en solcellsanläggning på ca 67 kW för att Haraldsgården ska vara självförsörjande. Detta begränsas dock av kraven för att vara mikroproducent, för att se upplägget av programmets resultat, se appendix B.

Simulationen visar att man kan få ut en årlig energi på ca 39 500 kWh, vilket skulle täcka runt 60% av gårdens totala förbrukning. Figur 11.3.3.1 presenterar ungefärlig förbrukning av gården och de producerade energin i kWh från solcellsanläggningen, under ett år.



Figur 11.3.3.1: Årlig fördelning av producerat kontra konsumerat energi.

### 11.3.4 Kabeldimensionering

Solpanelerna är uppdelade i 12 strängar där sex växelriktare tar hand om två strängar var, se kapitel 11.3. Det ger en effekt på 7 150 W per växelriktare, då en sträng är 3 575 W. Effekten är 7 150 W och effektfaktorn är okänd och tilldelades därför till  $\cos(0) = 1$ , därmed blir belastningsströmmen genom ekvation 7:

$$I_B = \frac{7150}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos(0)} = 10,32 \text{ A}$$

Sedan med vidare omräkning enligt svensk standard på grund av anhopning av kablar samt markttemperatur ges den slutgiltiga belastningsströmmen [28]:

$$I_{Bkorr} = \frac{10.32}{0.8 \cdot 1.04} = 12.403 \text{ A}$$

Enligt svensk standard resulterar den korrigerade belastningsströmmen en kabeldimension på  $1.5 \text{ mm}^2$  i PEX-isolerad kopparkabel.

### 11.3.5 Spänningsfallberäkning för dimensionerande kabel

Efter ett samtal med Bertil Hjalmarsson från Svenska Solenergigruppen AB, rekommenderades likströmskablar i dimensionerna 4 mm<sup>2</sup> till 6 mm<sup>2</sup>. Därför kommer det att väljas en dimension som Hjalmarsson rekommenderade, dock blir valet helt upp till installatör.

Sedan vid växelströmssidan kommer en kabel behövas att dimensioneras. Valet av kabel blev till slut av sorten; N1XV 0.6/1 kV kraftkabel. Enligt kabelföretaget NKTs datablad har 1.5mm<sup>2</sup> kabeln en resistans på 12.1 Ω/km medan 2.5mm<sup>2</sup> har en resistans på 7.41 Ω/km [31]. Distansen mellan solcellsanläggningen till huvudcentralen estimerades till 100m vilket ger den totala resistansen för varje kabel i vårt fall:

Tabell 11.3.5.1: Jämförelse av resistans i ledare för varje kabeldimension

Kabelarea (mm <sup>2</sup> )	Total resistans i ledare (Ω)
1.5	1,210
2.5	0,741

Enligt svensk elstandard rekommenderas en kabeldimension på 1.5mm<sup>2</sup> men det behöver även uppfylla kraven av kvalitén på spänningen som levereras till abonnenten. Med hjälp av ekvation 10 & 11 för beräkning av spänningsfall ger oss:

$$\Delta U_{1.5mm^2} = \sqrt{3} \cdot 12.403 \cdot 1.21 = 26 V$$

$$U_{\%1.5mm^2} = \frac{26}{406} \cdot 100\% = 6.4\%$$

Den spänningsfall som kabeln medför är alldeles för hög, därför testas om spänningsfallet för en större dimension skulle vara med passande för kravet enligt svensk standard.

$$\Delta U_{2.5mm^2} = \sqrt{3} \cdot 12.403 \cdot 0.741 = 15.92 V$$

$$U_{\%2.5mm^2} = \frac{15.92}{406} \cdot 100\% = 3.92\%$$

Spänningsfallet faller inom kravet vilket är godkänt, därför används en kabeldimension på 2.5mm<sup>2</sup>.

## 11.4 Kostnadsanalys för solcellsanläggningen

Solcellsanläggningen kommer att installeras på en ställning och kopplas till sex växelriktare på vardera 7 kW. Därav finns en DC-brytare mellan solcellsparken och växelriktaren och en AC-brytare efter växelriktaren. Det kopplas vidare till en elmätare och huvudcentral.

Priset för solcellsparken beräknas per watt. Ställningen för solpanelerna anser priset per solpanel och rad, där det kommer bli 12 rader med 13 paneler per rad. Solpanelerna är uppdelade i 12 strängar där sex växelriktare tar hand om två strängar var, se kapitel 11.3. Sträckan är 100m från huvudcentral till växelriktare och med sex växelriktare resulterar det till totalt 600 meter installationskabel med en area på  $2,5\text{mm}^2$ , se kapitel 11.3.3. DC- och AC-brytaren samt elmätaren har en betydelselös kostnad för pay-off tiden och kan bestämmas av en elinstallatör. Kostnaderna för alla komponenter och den totala kostnaden i tabell 11.4.1 och 11.4.2 ska beräknas med inklusive moms.

Tabell 11.4.1: Kostnadstabell för komponenter.

Komponent	Kostnad
Installations Kabel – 5G2,5 – $2,5\text{mm}^2$ / Norm 16A eller 10kW	65 SEK per kap m
Växelriktare Kostal PIKO 7 kW	22 015 SEK
Solpanel: AXIpower poly 275 Wp	0,45 euro per watt (Cirka 4,60 SEK)
Ställning för solpaneler	733 SEK per panel och 297 SEK per rad

Tabell 11.4.2: Totala kostnader för komponenter

Komponent	Kostnad (SEK)
6 stycken växelriktare	$22\ 015 \cdot 6 = 132\ 090$
156 solpaneler, med en effekt på 42 900 W	$42\ 900 \cdot 4,64 = 199\ 056$
Ställning för solpaneler	$733 \cdot 156 + 12 \cdot 297 = 117\ 912$
Kabel (600m)	$65 \cdot 600 = 39\ 000$
<b>Summa totalt</b>	488 052

Växelriktare kan behövas att bytas ut under solpanelerna förväntade livstid på 25 år. Växelriktare beräknas att bytas ut efter 12 år.

Med gårdens totala förbrukning på cirka 62 000 kWh och där solpanelerna skulle täcka cirka 60% av den förbrukningen skulle man producera cirka 39 500 kWh per år. Det beräknas att varje insparad kWh är 1kr/kWh. De insparade pengarna ses som kassaflöde. Avgifter som arbete tas ej med i beräkningen.

**Inledande investering: 488 052 SEK***Tabell 11.4.3: Beräkning av förväntad pay-off tid.*

<b>År</b>	<b>Kassaflöde</b>	<b>Kumulativt kassaflöde</b>
1	39 500	39 500
2	39 500	79 000
3	39 500	118 500
4	39 500	158 000
5	39 500	197 500
6	39 500	237 000
7	39 500	276 500
8	39 500	316 000
9	39 500	355 500
10	39 500	395 000
11	39 500	434 500
12	39 500 – 132 090 = -92 590 (Sex växelriktare)	341 910
13	39 500	381 410
14	39 500	420 910
15	39 500	460 410
16	39 500	499 910

Den kalkylerade pay-off tiden blir 16 år utan något bistående bidrag.

## 12. DISKUSSION

Vid uppskattning av förbrukning och effekt hos gården men framför allt södra flygel ges det olika värden. Som ingenjör bör man kunna tolka, resonera och dra en slutsats för de beräkningar man har. Velanders metod har ett rykte att vara osäker vid flera anläggningar, ändå används det för att det ger ett någorlunda rimligt resultat. Många andra aktörer använder helt och hållet sina egna interna riktlinjer vid uppskattning till exempel att varje hushåll har en medeleffekt på 4.5 kW. Därför i denna rapport användes två metoder för att uppskatta effekten av södra flygeln. Första var att anta att alla större elanläggningar låg på maxeffekt, sedan summering och dess effekt.

Det andra var att använda Velanders i två omgångar med olika koefficienter, ett scenario för småhus med elvärme, andra med livsmedelsindustri. Med hjälp av de tre värdena var det enklast att ta ett medelvärde utav det och sedan utvärdera ifall det låter rimligt. Man vill inte överdimensionera en anläggning men hellre det än att underdimensionera. En avgränsning var även att man inte behandlade antalet effekt från ljusarmaturerna då antalet brukar variera mellan användare till användare, annars hade den slutgiltiga effekten varit ännu högre.

Vid konstruktionen av elinstallationsschemat följdes fordringarna enligt svensk standard, dock är det bara en rekommendation för att uppnå en viss drift- och personsäkerhet. Man kan självklart låta bli att följa de rekommenderade fordringarna men då ska man kunna resonera att det är minsta lika säkert som fordringarna i svensk elstandard. För övrigt är det praktiska elinstallationen nästan färdig i den södra flygeln och det var trevligt att se att kabeldragningen stämde överens med schemat. Som fordringarna, har inte elektrikern någon skyldighet att följa ett ritat schema, utan hen har möjligheten att placera ut de el-material som hen vill.

När det gäller val av solpanel uppstod komplikationer för vilken typ av solpanel som skulle användas för installation. Kostnaden var väsentlig och därför användes den billigaste solpanelen som gav ut mest effekt. Vid installation för exempelvis den genomsnittliga svenska bostaden hade ett sådant tankesätt inte funkade eftersom ytan solpanelerna täcker är begränsad. Det valdes att installera 156 solpaneler för att täcka så mycket som möjligt av kraven för mikroproducent. Egentligen hade 158 solpaneler kunnat installeras men eftersom vidare koppling till växelriktare med 158 solpaneler skulle skapa komplikationer samt göra en ojämn installation till syn. Det var även viktigt att tänka på skuggning och därför valdes installationen på en öppen yta mot söder för att påverkan från solen ska vara optimal.

Till en början tänkte enbart en växelriktare som klarar upp mot 45 kW användas. Men eftersom okänslighet och skuggning var en viktig faktor att klara av, tilldelades de 156 solpanelerna 12 strängar med 13 solpaneler vardera. Varje sträng kopplades därmed vidare till en växelriktare. Detta ökade kostnaden men ansågs vara viktig då det skapar ett bättre system för att klara av komplikationer som kan uppstå. Solpanelerna som rekommenderades har en garanti på 25 år men växelriktarna har en garanti på 5 år, och kan höjas beroende på kundens krav. Eftersom olika källor skriver att växelriktare är mer känsliga än solpaneler när det gäller defekt estimerades en livslängd på 12 år, vilket resulterade i en kostnadsökning vid beräkningen av pay-off tiden.

Ställningen till installationen kunde även byggas på egenhand och dra ner kostnaden rejält men att estimeras kostnaden för en egen konstruerad ställning är inte det optimala därför valdes en färdigbyggd ställning. Det rekommenderas att bygga en egen ställning för att dra ner kostnaderna.

Vid beräkning av energikonsumtionen och hur mycket solpanelerna skulle producera gjordes många estimeringar. Mycket av det som beräknats för södra flygeln är estimeringar och avviker därmed de verkliga värdena när restorationen är klar.

## 13. SLUTSATS

I början av projektet var tanken att göra en kostnadsanalys för en förnybar energikälla och finna problemet till farmens höga energikonsumtion. Kunden höll på med en renovering vid projektets början och därför användes våra ingenjörskunskaper för att projektera hela renoveringen, när det gäller elinstallation och svensk elstandard. Mer fokus lades på en investering av en förnybar energikälla. Eftersom kunden idag driver en farm med kvalifikationer för att få bidrag från kommun samt EU ansågs solpaneler vara det optimala valet.

Ett elinstallationsschema konstruerades där olika standardregler kompletterades till ritningen, vilket gjordes med hjälp av boken *Elinstallationsreglerna SS 436 40 00*. Förutom elinstallation behövdes en uppskattning på byggnadens energikonsumtion. Genom att uppskatta och anta de olika komponenter som skulle användas för byggnaden kunde det maximala effektbehovet förmodas. Genom den framtagna konsumtionen i effekt omvandlades det till energiförbrukning och vidare gjordes en estimering utifrån detta med hjälp av statistik och uppskattningar. Efter att fått fram förbrukningen för den ny konstruerade byggnaden användas statistik från föregående år för de andra byggnaderna och därmed kunde en total konsumtion fås fram. Med hjälp av den uppskattade elkonsumtionen kunde kraven för en solcellspark installation framhävas.

Kostnaden är en angelägenhet och därför bestämdes att det mest effektiva vore att installera en solcellspark på mikroproducents nivå. Genom att använda program som PV\*SOL, Velanders formel och statistik för Sveriges solstrålning kom vi fram till att en solcellspark på mikroproducent nivå tillgodoser farmen med cirka 60% av deras förbrukning. Val av komponenter för installation användes från merendels grossister i Sverige samt val av solpanel valdes genom en distributör i Tyskland. Vi kom senare fram att en investering på solcellsparken skulle kunna betalas tillbaka på 16 år utan bidrag.

Beräkningen på pay-off tiden, som blev 16 år, gjordes även med moms för att få fram hur lång tid det skulle ta ifall inga bidrag eller momsavdrag nyttjas. Om projektet verkställs och en förnybar energikälla som solpaneler installeras, blir 1800-tals farmen en svensk lantgård med en mer hållbar energikälla samt en ny konstruerad byggnad som använder sig av dagens svenska elstandard.



## REFERENSER

- [1] "Solar energy," i Wikipedia. [Online]. Tillgänglig: [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_energy](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy), hämtad: 2018-02-25.
- [2] A. Chodos, "This Month in Physics History," APS NEWS, vol. 18, nr. 4, Apr 2009. [Online]. Tillgänglig: <http://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>, hämtad: 2018-02-26.
- [3] International Energy Agency, Producent, "World Energy Outlook 2017: A world in transformation," *Youtube*, 2017. [Video]. Tillgänglig: [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=14&v=MF7WkWHg52M](https://www.youtube.com/watch?time_continue=14&v=MF7WkWHg52M), hämtad: 2018-03-02.
- [4] M. Green, *SOLCELLER: Från solljus till elektricitet*. Sydney, Australien: Universty of New South Wales press Ltd, 2000.
- [5] "Olika typer av solceller," [Online]. Tillgänglig: <http://electrotecenergy.se/typer-av-solceller/>, hämtad: 2018-03-02.
- [6] Energimyndigheten, "Solceller växelriktare," [Online]. Tillgänglig: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/solceller-vaxelriktare/>, hämtad: 2018-04-05.
- [7] M. Newkirk, "How Solar Power Works, On-Grid, Off-grid and Hybrid," Tillgänglig: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2014/5/4/how-solar-works>, hämtad: 2018-04-02.
- [8] *Installationsguide: Nätanslutna Solcellsanläggningar*,. [Online]. Tillgänglig: <https://www.svensksolenergi.se/upload/pdf/installationsguidesolceller07.pdf>, hämtad: 2018-04-11.
- [9] *Tekniska krav för produktionsanläggningar: (upp till 43,5kW)*,. [Online]. Tillgänglig: <https://www.eon.se/content/dam/eon-se/swe-documents/swe-tekniska-villkor-mikroproduktion.pdf>, hämtad: 2018-03-25.
- [10] Vattenfall, "Sälj din överskottsel," [Online]. Tillgänglig: <https://www.vattenfall.se/solceller/salj-din-overskottsel/>, hämtad: 2018-04-12.
- [11] JRC, "Performance of Grid-connected PV," Tillgänglig: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>, hämtad: 2018-05-05.
- [12] SWEDENSOL, "Lönsamhet/Återbetalningstid," [Online]. Tillgänglig: <http://www.swedensol.se/lonsamhet-%C3%A5terbetalningstid-solceller>, hämtad: 2018-04-11.
- [13] F. Gröndahl, M. Svanström, *Hållbarutveckling: en introduktion för ingenjörer och andra problemlösare*. Vol. 4, Stockholm, Sverige: Liber AB, 2018.
- [14] *Den svenska elens miljöpåverkan*,. [Online]. Tillgänglig: <http://www.svenskenergi.se/Global/Dokument/publikationer/Bild-Den-svenska-elens-miljopaverkan.pdf>, hämtad: 2018-03-29.
- [15] S.Tahir, "Projektering av lokalnät," ENICON. [Online]. Tillgänglig: <https://pingpong.chalmers.se/courseId/9191/node.do?id=4314272&ts=1514896206898&u=-1021057631>, hämtad: 2018-03-05.
- [16] Energimyndigheten, "2015 var ett år med stor elproduktion och rekordstor export av el," 2016. [Online]. Tillgänglig: <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2016/2015-var-ett-ar-med-stor-elproduktion-och-rekordstor-export-av-el/>, hämtad: 2018-04-01.
- [17] Energirådgivaren, "Elförbrukning i en genomsnittlig villa respektive lägenhet," Tillgänglig: <http://www.energiradgivaren.se/2011/09/elforbrukning-i-en-genomsnittlig-villa-respektive-lagenhet/>, hämtad: 2018-04-10.
- [18] *Varmvattenberedare NIBE COMPACT*, Markaryd, Sverige, Nibe, 2017. [Online]. Tillgänglig: <https://www.nibe.se/assets/documents/24220/639624-4.pdf>, Hämtad: 15/5-18

- [19] *Cu-350 Cu-450 Cu-900*, Sverige, Norcool, u.d, [Online]. Tillgänglig: <http://www.norcool.se/wp-content/uploads/2014/10/CU-350-CU-450-CU-900.pdf>, Hämtad: 15/5-18
- [20] A.Hargefors, "El Golvvärme - Elektrisk golvvärme som värmer ex badrum," u.d,[Online]. Tillgänglig: <http://www.kakelplatta.se/elgolv.php>., hämtad: 15/5.18
- [21] *C92IPX8: Classic*, Malmö, Sverige, Nibe, u.d, [Online]. Tillgänglig: [http://www.smeg.se/smeg\\_com/docs/product\\_pdf16/C92IPX8.pdf](http://www.smeg.se/smeg_com/docs/product_pdf16/C92IPX8.pdf), Hämtad: 15/5-18
- [22] *FA390X4: Classic*, Malmö, Sverige, Nibe, u.d, [Online]. Tillgänglig: [http://www.smeg.se/smeg\\_com/docs/product\\_pdf16/FA390X4.pdf](http://www.smeg.se/smeg_com/docs/product_pdf16/FA390X4.pdf), Hämtad 15/5-18
- [23] *Installatörshandbok: AG-WT10*, Markaryd, Sverige, Nibe, u.d, [Online]. Tillgänglig: <https://proffs.nibe.se/nibedocuments/19200/331287-7.pdf>, Hämtad: 15/5-18
- [24] *Installatörshandbok: AG-AA10*, Markaryd, Sverige, Nibe, u.d, [Online]. Tillgänglig: <https://proffs.nibe.se/nibedocuments/15290/331286-4.pdf>, Hämtad: 15/5-18
- [25] Kjell & Company, "Elen i hemmet" 2018. [Elektronisk bild], omarbetad med tillstånd. Tillgänglig: <https://www.kjell.com/se/fraga-kjell/hur-funkar-det/elektronik/starkstrom/elen-i-hemmet>, Hämtad: 20/4-18
- [26] K.Jansson, "Energistatistik för småhus 2006," Statistiska Centralbyrån, Stockholm, Sverige, EN-1404-5869, 2007. [Online]. Tillgänglig: [http://www.scb.se/statistik/EN/EN0102/2006A01/EN0102\\_2006A01\\_SM\\_EN16SM0701.pdf](http://www.scb.se/statistik/EN/EN0102/2006A01/EN0102_2006A01_SM_EN16SM0701.pdf), hämtad: 15/5-18
- [27] L.Sköld "Storstadsborna bor trängst," i *Statistiska Centralbyrån*. [Online]. Tillgänglig: <http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Hushallens-ekonomi/Inkomster-och-inkomstfördelning/Inkomster-och-skatter/Aktuell-pong/302201/Behallare-for-Press/368569/#>, Hämtad: 15/5-18
- [28] *Elinstallationsreglerna SS 436 40 00 med kommentarer, 3rd ed.* Oresund, Sverige: SEK, Svenska Elstandard, 2017.
- [29] *AXIpower: 60 cell polycrystalline High performance solar module*, Tyskland, Axitec,u.d,[Online].Tillgänglig: [http://www.axitecsolar.com/data/solarpanels\\_documents/DB\\_60zlg\\_poly\\_power\\_MiA\\_EN.pdf](http://www.axitecsolar.com/data/solarpanels_documents/DB_60zlg_poly_power_MiA_EN.pdf), hämtad: 15/5-18
- [30] *Installation and Operating Guide: Photovoltaik Module Production Series AC*, Böblingen, Tyskland Axitec, 2016. [Online]. Tillgänglig: [http://www.axitecsolar.com/data/document\\_files/Manual\\_EN.pdf](http://www.axitecsolar.com/data/document_files/Manual_EN.pdf), hämtad: 15/5-18
- [31] *Kraftkabel 1 kV: N1XV 0,6/1 kV*, Sverige, NKT, u.d. [Online]. Tillgänglig: [http://www.nkt.se/fileadmin/user\\_upload/N1XV\\_0\\_6-1\\_kV\\_datablad\\_sve\\_eng.pdf](http://www.nkt.se/fileadmin/user_upload/N1XV_0_6-1_kV_datablad_sve_eng.pdf), hämtad: 17/5-18
- [32] "Luft-Vattenvärmepump: Lika bra på vintern som på sommaren", Vattenfall, [Online]. Tillgänglig: <https://www.vattenfall.se/varmepumpar/luftvattenvarmepump/>, Hämtad: 20/5-18
- [33] *STX3CL, Classic, Malm*, Sverige, Smeg, U.d, [Online]. Tillgänglig: [http://www.smeg.se/smeg\\_com/docs/product\\_pdf16/STX3CL.pdf](http://www.smeg.se/smeg_com/docs/product_pdf16/STX3CL.pdf), Hämtad: 20/5-18
- [34] Solorder.se, "Separata effektiva solpaneler / solceller för enkel montering," [Online]. Tillgänglig: <https://www.solorder.se/systemdelar/solpaneler>, hämtad: 2018-05-20.
- [35]"PK DATA",1993 [Online], tillgänglig: <https://www.pkdata.se/>, hämtad: 3/6-18
- [36] A. Personn, "Energianvändning i bebyggelsen, En Faktarapport inom IVA-projektet energiframsyn Sverige i Europa," Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, Eskilstuna, Sverige, Tech. Rep., 2002.

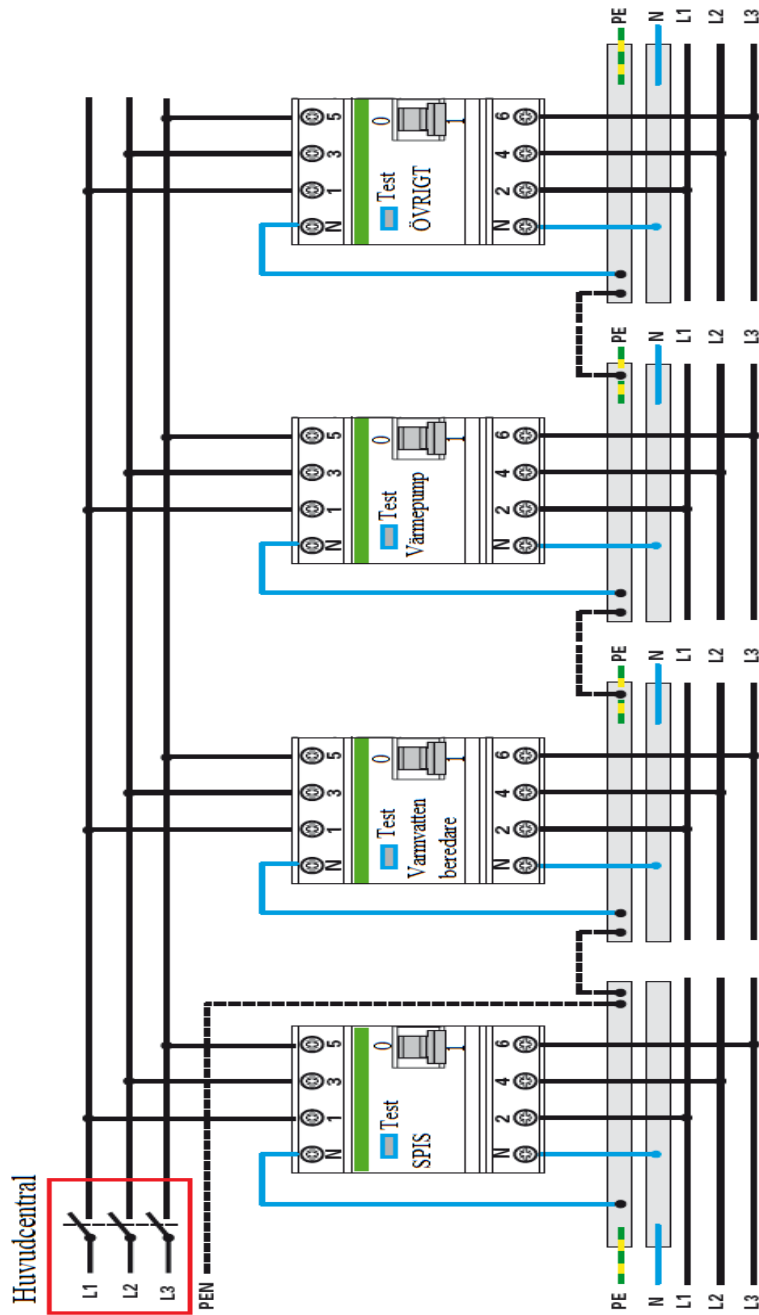
# APPENDIX

## A. Södra Flygel

### A.1

Modul/Grupp Nummer	Gruppen omfattar	Märk-Ström (A)	Ledar-area Mm <sup>2</sup>
1 – 2	Huvudbrytare	40	6
3 – 6	Jordfelsbrytare 1, 30mA	25	6
7 – 9	Spis	20	4
10	Disk	10	1.5
11	Fläkt	10	1.5
12 – 15	Jordfelsbrytare 2, 30mA	25	6
16 – 18	Varmvattenberedare	10	1.5
19	Kylrum	10	1.5
20	Luft-Luftvärmepump	10	1.5
21 – 24	Jordfelsbrytare 3, 30mA	25	6
25	Mikro	10	1.5
26	Värmegolv	20	4
27	Kyl/frys	10	1.5
28 – 31	Jordfelsbrytare 4, 30mA	25	6
32	Kök	16	2.5
33	Hall norr, Hall syd, Trappuppgång	10	1.5
34	Överplan	10	1.5
35	Allrum nederplan, Toalett	10	1.5
36	RESERV		
	Anläggning: Haraldsgården Surteby Björketorp, Södra Flygel  Elinstallatör: Student från Chalmers tekniska högskola  Vid fel ring:  Adress:		

## A.2

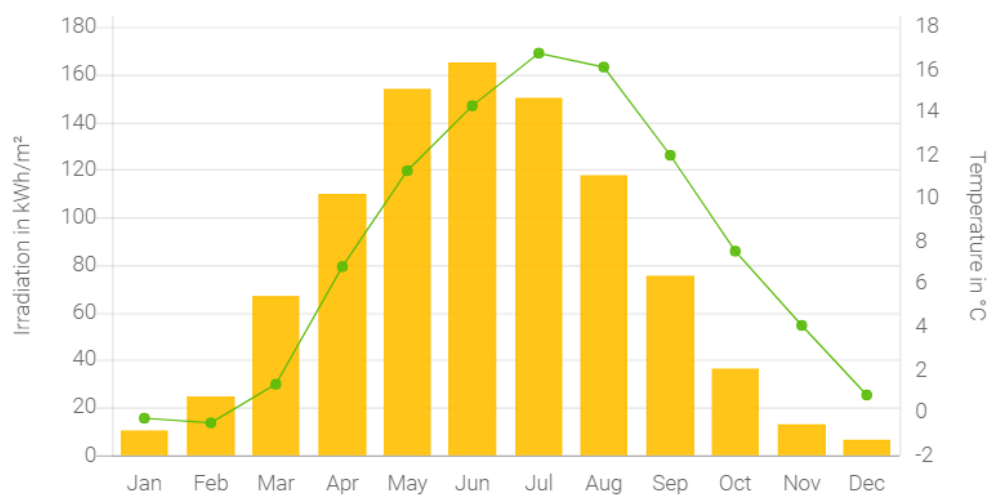


Appendix A.2: [25], omarbetad med tillstånd.

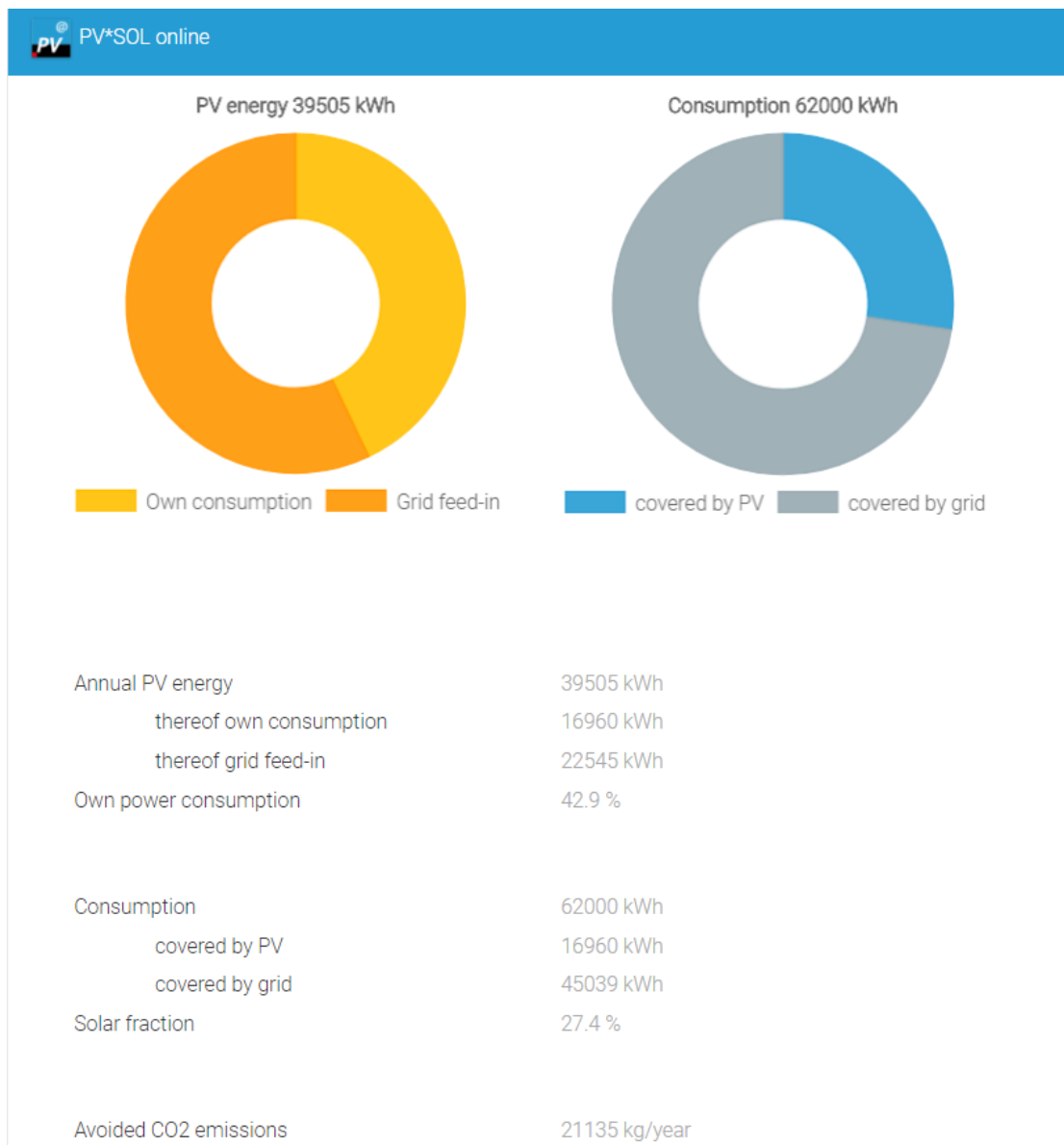
## B. PV\*SOL

### B.1

Info	
Latitude	57.44695 °
Longitude	12.51803 °
Annual global irradiation	929.8 kWh/m <sup>2</sup>
Average temperature	7.6 °

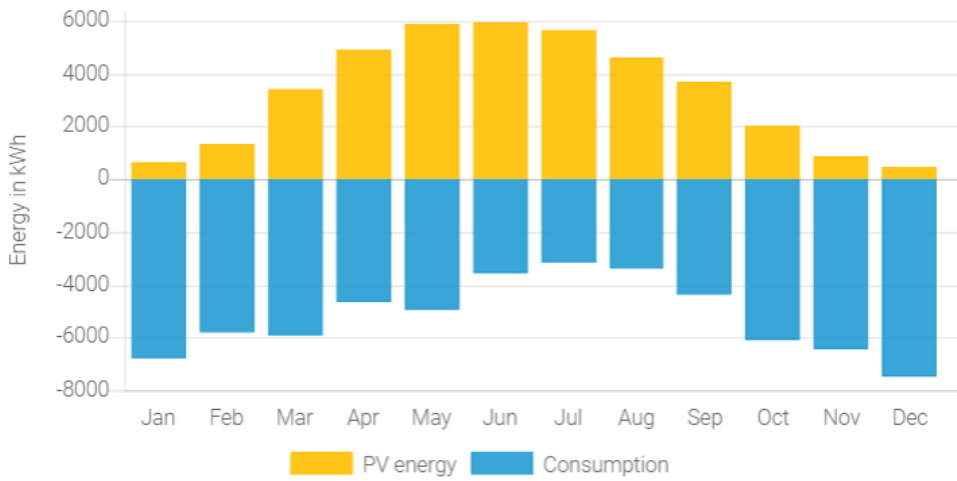


## B.2



### B.3

Annual PV energy 39505 kWh  
Spec. annual yield 920.87 kWh/kWp  
Performance ratio 90.8 %



## B.4

AXITEC Energy GmbH & Co. KG

AXIpremium AC-275M/156-60S

**i** P: 275 Wp,  $\eta$ : 16.9 %, Type: mono

No. of Modules

156

Total PV power

42.9 kWp

Inclination

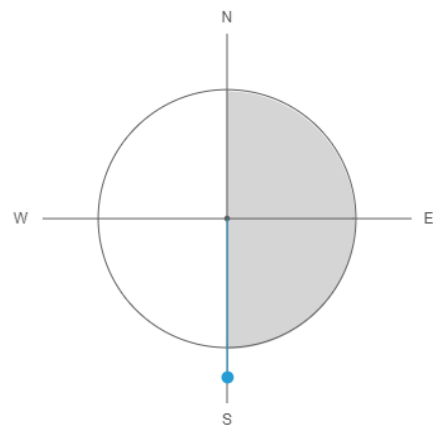
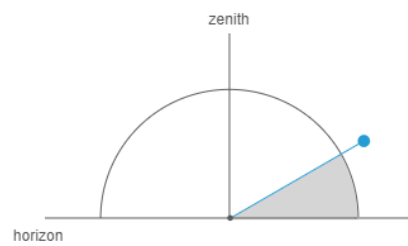
°

30

Orientation

°

180





## B.5

Installation type		Mounted - open space
Albedo	%	20
Shadowing	%	0
Soiling	%	0

---

**Inverter**

Manufacturer		Kostal
--------------	--	--------


**i** You have selected 29 inverters of Kostal

**👉 Get best configuration**

**i** Configuration info


**6 x PIKO 7,0 (Kostal)**  
→ MPP 1: 1 x 13 | MPP 2: 1 x 13

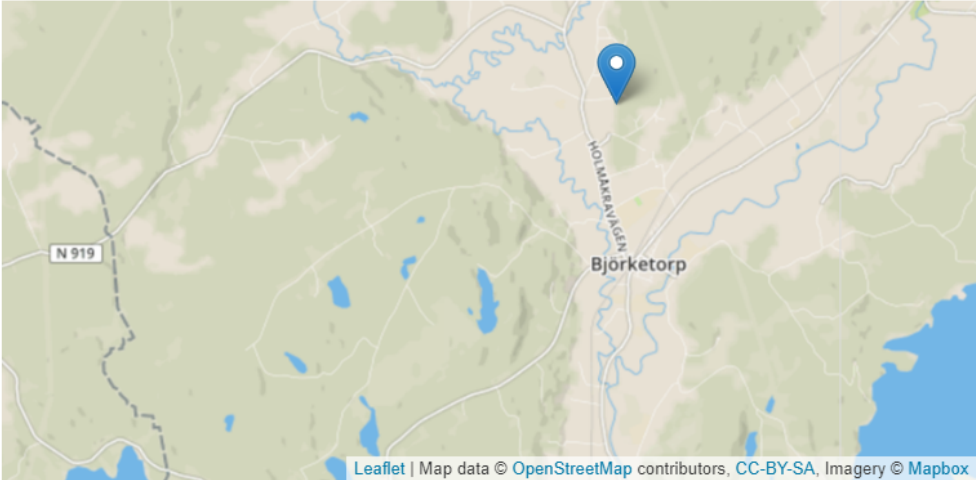
Dimensioning factor: 102.1 %



A horizontal bar chart representing the dimensioning factor. The bar is divided into five segments of different colors: orange, yellow, green, yellow, and orange. A vertical line is positioned at the end of the third segment (green), which is labeled '102.1 %' above it.

## B.6

 PV\*SOL online



Leaflet | Map data © OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA, Imagery © Mapbox

Country	Sweden
City	Holmåkra
Address	Holmåkra, Mark, Västra Götalands län, Götaland, 51994, Sweden

**i** Info

Latitude	57.44476 °
Longitude	12.51872 °
Annual global irradiation	929.8 kWh/m <sup>2</sup>
Average temperature	7.6 °

## B.7

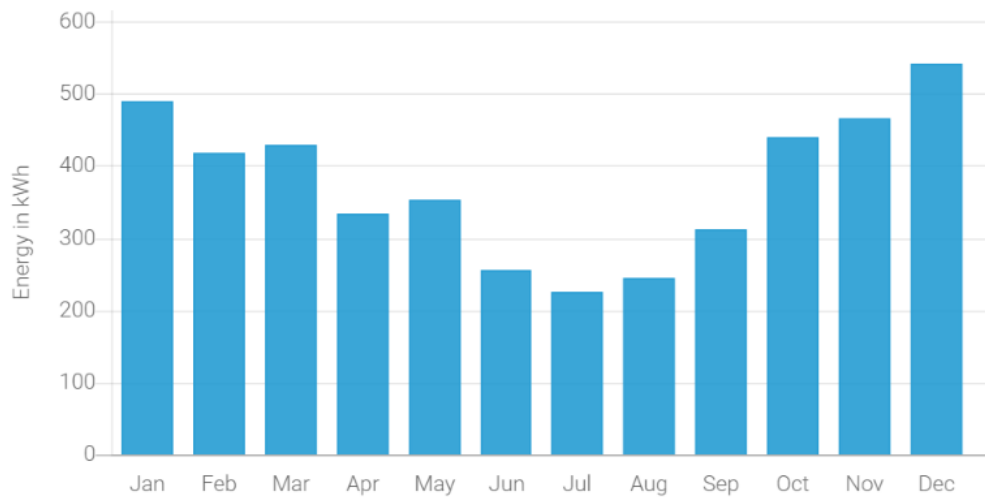
Load profile

Household - load profile with low summe ▼

Annual consumption

kWh

62000



## C. Förbrukning

### C.1

Period sta	Period slu	Dag	Förbrukning kwh	Årsförbr 12 mån
2008-02-01	2008-03-31	59	8 816	
2008-02-02	2008-04-01	59	8 816	
2008-04-01	2008-05-31	60	8 159	
2008-04-02	2008-06-01	60	8 159	
2008-06-01	2008-07-31	60	4 166	
2008-06-02	2008-08-01	60	4 166	
2008-08-01	2008-09-30	60	4 943	
2008-08-02	2008-10-01	60	4 943	
2008-10-01	2008-11-30	60	11 556	
2008-10-02	2008-12-01	60	11 556	
2008-12-01	2009-01-31	61	15 329	
2008-12-02	2008-12-31	29	9 671	
2009-02-01	2009-03-31	58	9 924	
2009-04-01	2009-05-31	60	7 980	
2009-06-01	2009-07-31	60	3 372	
2009-08-01	2009-09-30	60	2 450	50 611
2009-10-01	2009-11-30	60	8 314	47 369
2009-12-01	2010-01-31	61	12 744	44 784
2010-02-01	2010-03-31	58	10 098	44 958
2010-04-01	2010-05-31	60	6 144	43 122
2010-06-01	2010-07-31	60	3 085	42 835
2010-08-01	2010-09-30	60	3 071	43 456
2010-10-01	2010-11-30	60	7 917	43 059
2010-12-01	2011-01-31	61	12 321	42 636
2011-02-01	2011-03-31	58	12 310	44 848
2011-04-01	2011-05-31	60	7 100	45 804
2011-06-01	2011-07-31	60	2 275	44 994
2011-08-01	2011-09-30	60	2 306	44 229
2011-10-01	2011-11-30	60	5 791	42 103
2011-12-01	2012-01-31	61	11 929	41 711
2012-02-01	2012-03-31	59	10 445	39 846

## C.2

Period sta	Period slu	Dag	Förbrukning kwh	Årsförbr 12 män
2012-02-01	2012-03-31	59	10 445	39 846
2012-04-01	2012-05-31	60	5 811	38 557
2012-06-01	2012-07-31	60	2 968	39 250
2012-08-01	2012-09-30	60	2 982	39 926
2012-10-01	2012-11-30	60	7 267	41 402
2012-12-01	2013-01-31	61	11 650	41 123
2013-02-01	2013-03-31	58	10 217	40 895
2013-04-01	2013-05-31	60	8 256	43 340
2013-06-01	2013-07-31	60	2 701	43 073
2013-08-01	2013-09-30	60	3 622	43 713
2013-10-01	2013-11-30	60	7 450	43 896
2013-12-01	2014-01-31	61	11 710	43 956
2014-02-01	2014-03-31	58	9 869	43 608
2014-04-01	2014-05-31	60	5 428	40 780
2014-06-01	2014-07-31	60	2 431	40 510
2014-08-01	2014-09-30	60	2 101	38 989
2014-10-01	2014-11-30	60	4 586	36 125
2014-12-01	2015-01-31	61	7 449	31 864
2015-02-01	2015-03-31	58	6 183	28 178
2015-04-01	2015-05-31	60	8 816	31 566
2015-06-01	2015-07-31	60	5 406	34 541
2015-08-01	2015-09-30	60	2 904	35 344
2015-10-01	2015-11-30	60	6 411	37 169
2015-12-01	2016-01-31	61	10 694	40 414
2016-02-01	2016-03-31	59	10 773	45 004
2016-04-01	2016-05-31	60	7 313	43 501
2016-06-01	2016-07-31	60	2 723	40 818
2016-08-01	2016-09-30	60	2 860	40 774
2016-10-01	2016-11-30	60	8 356	42 719
2016-12-01	2017-01-31	61	12 038	44 063
2017-02-01	2017-03-31	58	10 836	44 126
2017-04-01	2017-05-31	60	8 060	44 873
2017-06-01	2017-07-31	60	3 595	45 745
2017-08-01	2017-09-30	60	3 440	46 325
2017-10-01	2017-11-30	60	9 141	47 110

## D. Historia

### D.1

Solcellens uppkomst började med att den franska fysikern Alexandre-Edmond Becquerel observerade fotovoltaisk effekt. Då han jobbade med metallektroder i en elektrolytlösning och fann att elektrisk ström producerades när ljus nådde metallen [2]. Några decennier senare, år 1873, uppfann den engelska ingenjören Willoughby Smith fotokonduktivitet av det icke metalliska grundämnet selen, när han testade material för atlantkablar.

Tio år senare skapade den amerikanska uppfinnaren Charles Fritts de första solcellerna av ämnet selen. Han hade hoppats på att konkurrera med andra tekniker för produktion av energi. Som industrialisten och uppfinnaren Thomas Edisons kol drivna kraftverk. Men eftersom Charles Fritts solcell endast hade en verkningsgrad på mindre än 1 procent uteslöts tekniken [2]. Nästan trettio år senare, mellan år 1912 och 1913, uppfanns den första typen av solkraftverk i Egypten, av den amerikanska innovatören Frank Shuman [1].