

## Projekt UPP.N.Å

- *En utvärdering av två olika energisystem i en lägenhetsbyggnad i Åseda som drivs av batterier alternativt vätgas*



**Författare:** Gabriel Nyman, Simon Kempinsky, Hilda Henningsson & Sofie Winkler

**Termin:** VT2020

**Kurskod:** 2BT006

**Handledare:** Katarina Rugar Gadd

**Beställare:** Richard Gustafsson, Per Wickman

## Sammanfattning

För att Sverige ska kunna nå det klimatmål som är satt till att nå noll nettoutsläpp av växthusgaser från och med år 2045 och framåt, krävs det nytänkande och innovation. För att underlätta innovation inom byggbranschen lagfördes det därför att bidrag kunde ges till innovativa projekt inom hållbart byggande. Ett sådant bidrag sökte Uppvidingehus AB, som är initiativtagare till detta projektarbete.

Syftet med den här rapporten är att utvärdera energibesparingar och kostnader för en helhetslösning av ett smart energisystem i en nybyggd fastighet i Åseda. Fastigheten har kvalificerat för bidrag från boverket för sin planerade användning av solhybrider, batterilagring alternativt tillsammans med vätgaslagring, bergvärme med kylanläggning, dagvattenhantering och digitalisering.

För att ge en kostnadsbild med avseende på SEK samt CO<sub>2</sub>-avtryck från elanvändning av batterilagring alternativt vätgaslagring har en enklare generell LCC-kalkyl använts. Premisserna här är satta till en 20 årig nyttjandeperiod. En energibalans har utförts för att ge en blick över vilka perioder på året som självförsörjning av elenergi kan uppnås för de båda systemlösningarna tillsammans med solhybriderna. Dagvattenhanteringen är tänkt till att försörja WC-vatten och beräkningar har gjorts på hur mycket vatten som kan samlas in för detta ändamål. Digitaliseringen är tänkt att ge hyresgästerna en chans att via en applikation följa sin el-, värme- och vattenförbrukning. Eftersom digitaliseringen ännu inte är i bruk utfördes en enkätstudie som hyresgästerna tog del av, detta i syfte för att få en bild av intresse och motivation för dess användning. För bergvärme och kylanläggningen undersöktes driftkostnaderna samt energiförbrukning till sommarmånadernas kylbehov i lägenheterna.

För batterisystemet blev den sammanlagda kostnaden för investeringen 1,9 miljoner kronor och CO<sub>2</sub>-avtrycket per år blev 140kg. För vätgassystemet var den totala investeringen cirka 6,5 miljoner kronor med ett CO<sub>2</sub>-avtryck per år på 0kg. Dessa värden är exklusive bidrag. Resultatet visade också att vätgassystemet kunde påvisa självförsörjning för fastighetsel under hela året och kunde samtidigt försörja hela husets energibehov för perioden april-augusti. Batterisystemet kunde vara självförsörjande under månaderna april-augusti. De slutsatser som kan dras är att båda energilagringalternativen tillsammans med digitaliseringen, kylanläggningen och dagvattenhanteringen bidrar till fastighetens låga energibehov. För att nå Sveriges klimatmål anses lagringalternativen vara bra alternativ.

## Summary

In order for Sweden to achieve their climates, to reach zero net greenhouse gas emissions from 2045, lots innovations are required. To stimulate and provide conditions for these innovations to be able to grow the constructions industry can apply for grants if they do projects regarding sustainable construction.

Uppvidingehus AB, who are the initiators of this project, sought such a grant.

The purpose of this report is to evaluate energy savings and cost for the overall solution of a smart energy system in a newly build apartment house in Åseda. The building has qualified for grants from the Swedish Housing Agency (Boverket) for its planned use of solar hybrids, battery storage with or without hydrogen storage, geothermal heating with cooling facilities, the ability to store and use stormwater and the implementation of digitalization.

To provide a cost analysis and investigate CO<sub>2</sub> footprints from the electricity use that's been stored in battery or hydrogen a general LCC- calculation has been used. The premises are set for a 20-year lifecycle. An energy balance has been carried out to give an overview which periods of the year that are self-sufficient of electrical energy. The rainwater storage is intended to supply water for WCs in the apartments. Calculations have been made on how much water can be collected for this purpose. The digitalization is intended to give the tenants a function to monitor their electricity, heat and water consumptions with an application. A survey was conducted to which the tenants answered in order to get an overview of interest and motivation for its use. The operation cost and energy consumption were examined for the cooling of the apartment in summer.

The total cost of investment for the battery system is calculated to 1.9 million SEK, and the CO<sub>2</sub> footprint is calculated to 140 kg/year. The total investment for the hydrogen system is calculated to 6.5 million SEK, and the CO<sub>2</sub> footprint is 0 kg/year. These investments are calculated excluding grants. The result also showed that the hydrogen gas system with support from the battery system was able to provide self-sufficiency in electricity for heating and cooling, hot tap water and shared spaces for the entire year and still have enough electricity to supply the tenants needs during April- August. The battery system alone is self-sufficient during the months April- August on heat and cooling, hot tap water, shared spaces and tenants need. The conclusion is that both energy storages alternatives, together or separate, and combined with digitalization, cooling system and rainwater storage contributes to the property's low energy demand. To achieve Sweden's climate goals, electricity storage solutions and considered good alternatives.

## Abstract

Uppvidingehus AB, som är initiativtagare till detta projektarbete, sökte år 2018 bidrag för klimatsmart byggande för att underlätta innovation inom byggbranschen. Detta är ett steg mot att Sverige ska nå det klimatmål som är satt till att nå noll nettoutsläpp av växthusgaser från och med år 2045 och framåt.

Huvudsyftet med rapporten är en undersökning och utvärdering av en kostnadsbild av två energilagringssystem till en fastighet i Åseda. Det är en korttidslagring i form av batterier och en långtidslagring i form av batterier i kombination med vätgas. För korttidslagringen är målet att se om fastigheten i Åseda kan vara självförsörjande under sommarhalvåret medan målet för långtidslagringen är att se om det går vara självförsörjande hela året.

Utöver lagringsutvärderingen utfördes tre mindre undersökningar vars syfte är att avgöra om det är möjligt att få ned fastighetens klimatpåverkan ytterligare. En undersökning av hur stor vatten- och kostnadsbesparing fastigheten kan göra vid användning av regnvatten till WC-spolning, en för den kylanläggning som fastigheten är försedd med som bidrar till en extra komfort samt digitalisering av fastigheten.

Resultatet presenteras i rapporten och indikerar att båda lagringssystemen är bra alternativ ur en hållbarhetssynpunkt samt att digitaliseringen, kylanläggningen och dagvattenhanteringen bidrar till fastighetens låga energibehov.

Vätgas, batteri, solhybrider, energiprestanda, energilagring, dagvattenhantering, kylanläggning, digitalisering, Godahus, Uppvidingehus

## Förord

Rapporten är ett resultat av fyra studenters arbete inom kursen Energisystem - projekt. Projektet är beställt av Uppvidingehus AB tillsammans med Godahus för att utvärdera två olika energisystem i en lägenhetsbyggnad i Åseda som planeras drivas av batterier alternativt vätgas.

Vi vill tacka Katarina Rutar Gadd, Richard Gustafsson, Hans-Olof Nilsson och Ewald Strandberg för handledning och hjälp under projektets gång. Vi vill även rikta ett extra tack till energirevisor Per Wickman som gav oss tillgång till energibalansberäkningar och vägledning.

# Innehåll

Sammanfattning	1
Summary	2
Abstract	3
Förord	4
1. Introduktion	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte och mål	10
1.3 Avgränsningar	11
2. Teori	12
2.1 Huset	12
2.1.1 Simulerad Elproduktion	12
2.1.2 Simulerad elförbrukning fastighet	13
2.1.3 Elförbrukning hushållsel	13
2.1.4 Egenkonsumtion av el	13
2.1.5 Off-grid	14
2.2 Solceller	15
2.2.1 Solcellspaneler	15
2.2.2 Solhybridspaneler	15
2.2.3 Verkningsgrad och effekt	15
2.2.4 Estimera anläggningens produktion	16
2.3 Vätgas	17
2.3.1 Elektrolys	18
2.3.2 Bränslecell	18
2.3.3 Lagring	19
2.4 Batterier	19
2.4.1 Batteriparametrar	19
2.4.2 Lämpliga batterialternativ till solcellssystem	20
2.4.3 Solcellssystem i kombination med batterier	20
2.5 Uppvärmningssystem	21
2.5.1 Bergvärme	21
2.5.2 Bergvärmepump	22
2.5.3 Värmeanläggning	22
2.5.4 Kylanläggning	22

2.6	Dagvattenhantering	23
2.6.1	Dagvatten hanteringen i Sverige gentemot andra länder	23
2.6.2	Dagvattensystemet i Åseda	23
2.7	Digitalisering	24
2.8	FTX-ventilation med koldioxidstyrning	25
2.9	LCC-analys	26
3.	Metod	27
3.1	Kvalitativ metod	27
3.2	Kvantitativ metod	27
3.3	Kritik av metod	27
4.	Genomförande	28
4.1	Elberäkningar från Solceller	28
4.2	Energibalans för byggnaden	28
4.3	LCC	28
4.3.1	Batteri	30
4.3.2	Vätgas	30
4.4	Digitaliseringsenkät	31
4.5	Kylanläggning	31
4.6	Dagvatten till WC-spolning	31
5.	Resultat och analys	32
5.1	Elberäkningar	32
5.1.1	Energibalans - Fastighetsel	32
5.1.2	Energibalans - Fastighetsel och hushållsel	33
5.2	Batteri	34
5.2.1	Batteri elbehov och konsumtionsberäkningar	34
5.2.2	Batteri - LCC	34
5.3	Vätgas	36
5.3.1	Vätgas – Elbehov och konsumtionsberäkningar	36
5.3.2	Vätgas – LCC	36
5.4	Digitaliseringsenkät	37
5.5	Kylanläggning	41
5.6	Dagvatten till WC-spolning	42
6.	Diskussion	43
6.1	Batterisystem	43
6.1.1	Batteri - energibalans	43
6.1.2	Batterisystem - LCC	44
6.2	Vätgassystem	44
6.2.1	Vätgas – Energibalans	44

6.2.2 Vätgas – LCC	45
6.3 Digitaliseringsenkät	46
6.4 Kylanläggning	46
6.5 Dagvattenhantering	46
7. Slutsats	48
7.1 Förbättringsmöjligheter	48
Referenser	<b>Fel! Bokmärket är inte definierat.</b>
Bilaga 1	I
Bilaga 2	I
Bilaga 3	I
Bilaga 4	I
Bilaga 5	I
Bilaga 6	I
Bilaga 7	I
Bilaga 8	I
Bilaga 9	I
Bilaga 10	I

# 1. Introduktion

På uppdrag av Uppvidingehus och Godahus ska en Energi- och CO<sub>2</sub> LCC kalkyl tas fram på ett nybyggt lågenergihus i tätorten Åseda i Uppvidinge kommun. Detta för två olika typer av smarta energilösningar som potentiellt ska göra huset självförsörjande på fastighetsel med hjälp av solceller med solhybrider. Utöver detta utvärderas även husets regnvattenupptagning och lagring till WC-spolning, husets bergvärmeanläggning för värme och kyltillförsel och den tilltänka digitalisering av huset, hur den kan tänkas användas av husets hyresgäster för att minska sin och därmed husets energiförbrukning.

## 1.1 Bakgrund

År 2017 antog Sverige ett nytt politiskt ramverk för klimatet. Detta ramverk består av en klimatlag, klimatmål samt ett klimatpolitiskt råd. Syftet med ramverket är att vara en nyckelkomponent till Sveriges arbete mot att klara Parisavtalet. Klimatmålet delas upp i ett långsiktigt mål samt ett kortsiktigt mål. [1]

Det långsiktiga målet fastslår att Sverige till år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, detta ska sedan övergå till negativa utsläpp. I siffror innebär detta att till år 2045 ska utsläppen i Sverige med referenspunkt från år 1990, ha minskat med 85 %. Det kortsiktiga klimatmålet är uppdelat i etapper till år 2020, 2030 och 2040. Precis som för de långsiktiga målen är referenspunkten år 1990, och utsläppen av växthusgaser ska minska med 40, 63 respektive 75 % till år 2020, 2030 och 2040. [1]

År 2017 hade Sverige en total energianvändning på 378 TWh. Av denna energianvändning stod industrisektorn för 143 TWh, bostäder och service för 146 TWh och transportsektorn för 88 TWh. Detta innebär att bostads- och servicesektorn står för ca 40 % av Sveriges energianvändning. [2]

För att sätta data på en produkts eller i det här fallet, byggnads klimatavtryck används idag ofta en LCC-analys (life cycle cost) med avseende på energi och CO<sub>2</sub> avtryck under dess livstid. Det vill säga husets byggnads-, användnings- och rivningsfasers kostnad i form av energi och CO<sub>2</sub>. Produkterna (bergvärme, solceller etc) i huset som används ger även dem ett LCC avtryck som behöver beaktas. [3]

I och med att begränsandet av klimatpåverkan och landets energikonsumtion ligger hand i hand och att målet så småningom är att nå noll nettoutsläpp av växthusgaser i Sverige från år 2045 och framåt, ställer detta stora krav på byggsektorns sätt att bygga nytt. Detta banar väg för nytänkande och innovation

för att göra nya hus så energisnåla som möjligt, och om husen dessutom kan producera sin egen el och värme från förnybara källor, kan husen även i praktiken vara oberoende av energiförsörjning från det statliga elnätet. För att underlätta innovation inom byggbranschen lagfördes att bidrag kunde ges till innovativa projekt inom hållbart byggande, detta bidrag kunde sökas fram till och med årsskiftet 2018-2019. [4]

Ett sådant bidrag gavs till ett innovativt projekt i Uppvidinge. Initiativtagarna för detta projektet är Uppvidingehus och Godahus. Uppvidingehus är den första initiativtagaren till projektet. De är förvaltare av lågenergihuset som byggts i Åseda och är ett kommunalt helägt bostadsföretag som verkar i de största tätorterna i Uppvidinge kommun. Sammanlagt hyr Uppvidingehus ut ytor på ca 125,000 kvm till hyresgäster som finns både privat och i den offentliga sektorn. [5] Godahus är den andra av initiativtagarna till projektet. De är en förening som har som mål att vara med och driva utvecklingen och arbetet med energieffektiva byggnader i Sveriges sydostregion. Detta vill man åstadkomma genom satsning på forskning och utveckling tillsammans med Linneuniversitetet samt privata och offentliga aktörer i regionen. [6]

Målet med projektet är att skapa energisnåla lägenhetsbyggnader samt att försöka få dem off-grid det vill säga ej beroende av det svenska elnätet. Detta ska göras med ett av två alternativ till en helsystemslösning, där det ena är att lagra överbliven solenergi till ett batteri och det andra med hjälp av lagring i en kombinerad batteri- och vätgaslösning. Det är totalt tre lägenhetshus i komplexet, men det är, som det kallas i ritningarna, "hus A" som främst inkluderas av de innovativa lösningarna i projektet. Komplexet av byggnader kan ses i bilaga 1. Hus A är uppbyggt så att det idag kräver 19,3 kWh per m<sup>2</sup> och år och har en total uppvärmnings yta på 976 m<sup>2</sup>. Med solceller har detta lyckats fås ned till 18 kWh per m<sup>2</sup> och år. Nybyggnadskravet enligt Boverket är 85 kWh per m<sup>2</sup> och år vilket innebär att huset redan uppnått väldigt låga energivärden, för energirevision på de två energisystemen se bilaga 2. [7]

För att ytterligare få ned klimatpåverkan har uppsamling av dagvatten (regnvatten) implementerats på huset. Dagvattnet samlas in på husets tak och detta ska sedan kunna användas till WC-spolning. Syftet med användandet av dagvatten till WC är att man i praktiken ska kunna minska förbrukandet av redan rent vatten, som bättre kan användas till annat. För värme och kyla under sommar och vintern används bergvärmepump för att hålla inomhustemperaturen på en komfortabel nivå.

Digitalisering av huset har även förberetts, där syftet är att olika mätinstrument i

realtid ger mätdata till en applikation som kan laddas ned i mobilen. Mätinstrumenten är kopplade till systemet i huset, det vill säga solceller, bergvärme/kylanläggning, ventilation etc. Syftet är att detta ska kunna ge en överblick av hur huset och lägenheterna konsumerar och producerar energi (solcellerna) och att denna överblick ska hjälpa till att optimera energianvändandet.

Det är här rapportens syfte tar form i att utvärdera husets systemlösning av WC-spolning, digitalisering, bergvärme, solceller med solhybrider och vätgas/batterianläggning ur ett energi- och CO<sub>2</sub> avtryck. Det vill säga, i vilken utsträckning kan fastigheten bli oberoende av det nationella elnätet.

## 1.2 Syfte och mål

Rapporten ämnar att besvara flera olika frågeställningar runt ekonomi, resursförbrukning och miljö.

Uppvidingehus AB har investera i en anläggning av solcellspaneler för produktion av elektricitet. Projektet ska undersöka och utvärdera kostnadsbild och möjlighet till självförsörjning om anläggningen utökas med teknik där energi kan lagras för att konsumeras vid ett senare tillfälle. Två alternativ för lagring undersöks; korttidslagring i batterier, samt en långtidslagring i form av batterier i kombination med vätgas och bränsleceller. Kostnadsbild för de båda alternativen bestäms genom en LCC-analys.

Projektet ska också undersöka och utvärdera insamling och lagring av regnvatten som används för WC-spolning istället för att spola med dricksvatten. Hur stor blir vattenbesparingen, blir fastigheten självförsörjande och hur ser kostnadsbilden ut.

Avgöra om kylanläggningen kan uppfylla de preferenser som ses som komfort och vad är kostnaden för komforten från kylanläggningen.

Projektet undersöker också om en så kallad digitalisering av el och vattenförbrukning kan leda till en kostnads- och energibesparing då hyresgästerna kontinuerligt kan följa sin egen förbrukning av vatten, värme/kyla och elektricitet. Undersökningen utförs genom en enkätstudie baserad på hyresgästernas intresse för att använda digitalisering till att minska sina energibehov.

### 1.3 Avgränsningar

Mätdata för huset och specifikationer på solceller/hybrid, bergvärmepump, vätgasbränslecell tillhandahålls av beställare och underleverantörer och tas inte fram från projektgruppen. Beräkningar begränsas därmed utifrån dessa data. Kostnaderna beräknas från LCC-analyser. Riskerna kring vätgashantering kommer inte att beröras.

## 2. Teori

I följande kapitel presenteras teori kring de olika delarna i projektet, som behövs för att förstå rapporten.

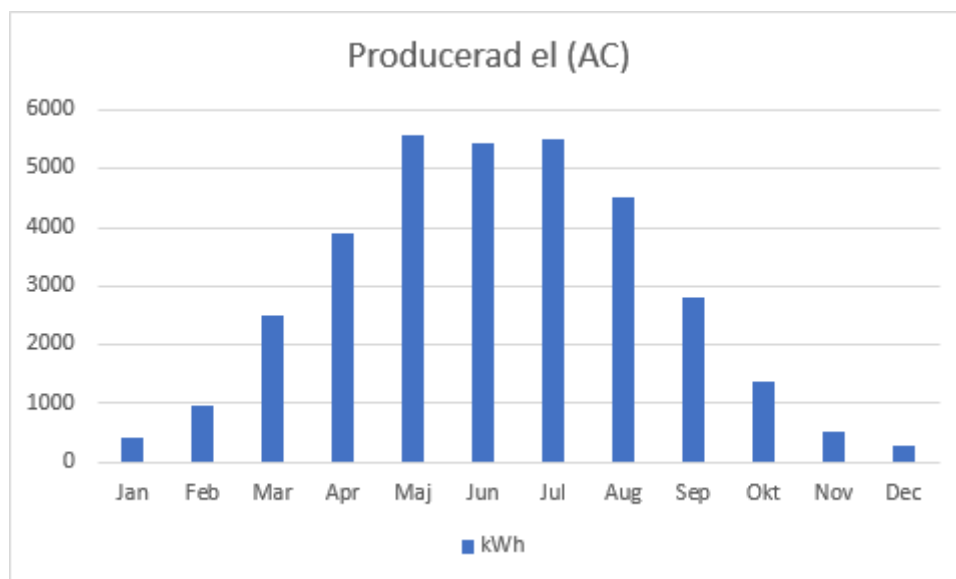
### 2.1 Huset

Här tas en förklaring upp gällande husets parametrar.

#### 2.1.1 Simulerad Elproduktion

Till fastigheten planeras det att anslutas 144 solpaneler. Dessa fördelas på 96 PV-paneler om 325 Watt och 48 PVT-paneler om 300 Watt vilket ger en total effekt på 45,36 kW. Panelerna monteras på förråd och servicefastigheter runt bostadshuset och i rak västlig respektive östlig riktning med lutning på 30 grader. Storleken på dessa paneler är 1002 \* 1675 mm, det vill säga 1,66 m<sup>2</sup>.

Simuleringar för elproduktion är utförd av VD på Solhybrid AB, med hjälp av Polysun från Vela Solaris AG, som är en programvara som simulerar solenergi. Se bilaga 3. Elproduktionen fördelar sig månadsvis enligt figur 1.

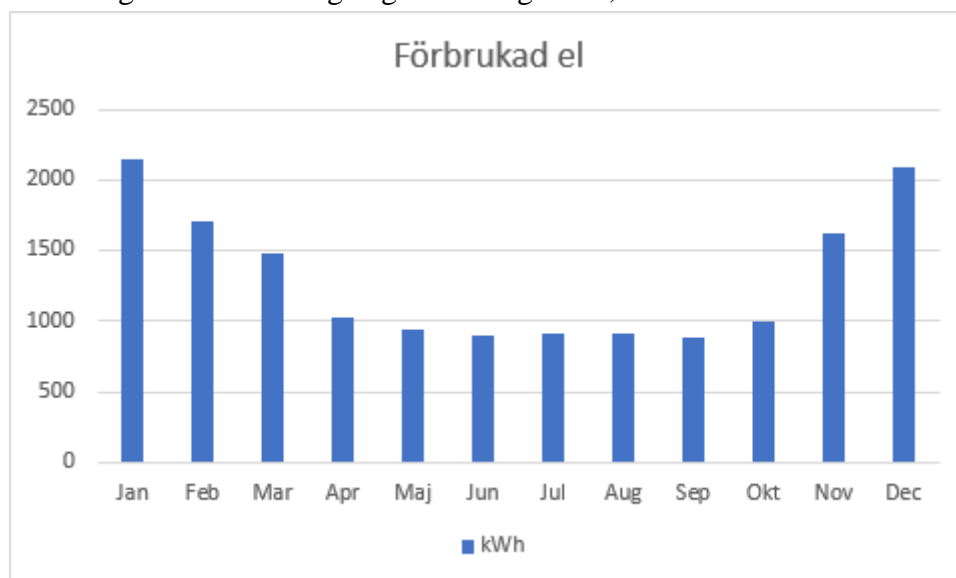


Figur 1: Simulerad elproduktion i kWh per månad

Programvaran hanterar inte en blandning av flera olika paneltyper, varför input till simuleringen varit 144 paneler om 316 Watt, det vill säga panelernas medeleffekt. Den totala elproduktionen på årsbasis beräknas till 33798 kWh. Detta är konverterat till AC (växelström) samt hänsyn taget till förluster i kablage och växelriktare.

### 2.1.2 Simulerad elförbrukning fastighet

Polysun simulerar även fastighetens elförbrukning och fördelningen per månad visas i figur 2. Simuleringen gäller fastighetsel, inte hushållsel.



Figur 2: Simulerad elförbrukning av fastighetsel i kWh per månad.

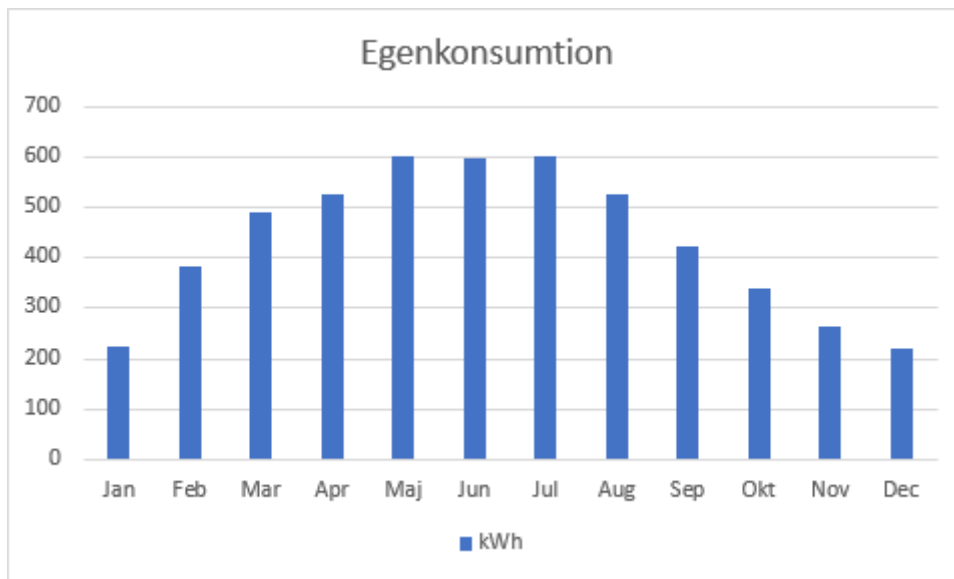
Den totala årsförbrukningen för fastigheten summeras till 15641 kWh.

### 2.1.3 Elförbrukning hushållsel

För hushållsel baserar sig prognosen på en förbrukning om 30 kWh/m<sup>2</sup> bostadsyta, vilket ger den totala mängden hushållsel 27960 kWh/år. Någon månatlig simulering för konsumtion av hushållsel är inte gjord, utan detta värde fördelas jämnt över 12 månader, det vill säga 2330 kWh/månad.

### 2.1.4 Egenkonsumtion av el

Produktion av elektricitet och konsumtion av elektricitet sammanfaller ofta inte tidsmässigt. Den el som direkt konsumeras benämns egenkonsumtion. I simuleringen tar Polysun hänsyn till hur stor andel av producerad el som direkt används av fastigheten. Denna egenkonsumtion visas i figur 3. Egenkonsumtionen ger en uppskattning av det verkliga produktionsöverskottet respektive produktionsunderskottet. På årsbasis är egenkonsumtionen 5201 kWh.



Figur 3: Egenkonsumtion av el i kWh per månad.

### 2.1.5 Off-grid

Begreppet off-grid är ett amerikanskt uttryck vilket innebär att en fastighet etableras oberoende av elnätet. Sannolikt saknas också andra tjänster som normalt ses som självklara, till exempel vattenförsörjning, fjärrvärme, gas och avlopp. [8]

Att bygga off-grid innebär således att det inte finns någon begränsning till områden där ovanstående infrastruktur är etablerad, utan ger möjlighet att bygga och bosätta sig långt ut i naturen. Detta är en livsstil som lockar fler och fler. Andra orsaker till att bo off-grid kan vara att personer inte vill vara beroende av extern försörjning, eller av miljömässiga skäl vill minimera sitt ekologiska avtryck. Tekniska framsteg har gjort att det idag är relativt enkelt att producera egen energi och det går att bo off-grid utan att göra avkall på komfort eller bekvämlighet. Den energi hushållet förbrukar behöver således produceras själva. [8]

Vanliga energikällor är solpaneler eller små vindkraftverk. Svårigheten är att produktionen av energin tidsmässigt inte sammanfaller med behovet. Solpaneler producerar till exempel ingen energi under dygnets mörka timmar, då behovet av belysning och uppvärmning är som störst. Utmaningen för hus off-grid är att kunna lagra överskottsenergin tills behovet uppstår. En vanlig och enkel, men utrymmeskrävande metod är att lagra energi i batterier. Generatorer drivna av förbränningsmotorer förekommer också, tyvärr med negativ miljöpåverkan. En annan variant är att lagra energi i form av vätgas. [8]

## 2.2 Solceller

Teknik och kunskap runt solceller har funnits sedan upptäckten på 1930-talet. I takt med klimatförändringar och höjda energi och oljepriser, har intresset för elproducerande solceller ökat. [9]

Fortfarande är kisel det ämne som är den dominerande basen för solceller. En solcell består i princip av två tunna kiselskikt med ett isolerande material emellan. De båda kiselskikten har dopats med ytterligare något ämne. Skiktet som är vänd mot solen dopas ofta med grundämnet bor och kallas P-skikt. Det andra skiktet kallas N-skikt och dopas med tex fosfor. När solljus träffar det P-dopade skiktet kommer elektroner att exciteras till fria elektroner. Antalet valenselektroner hos bor och fosfor avgör sedan vart dessa fria elektroner tar vägen. Ansluter man P-skiktet till N-skiktet kommer elektroner att vandra över - och en strömkälla är skapad. Både ström och spänning är låga, men genom att seriekoppla och parallellkoppla flera solceller ökar man spänning och ström till användbara nivåer. [9]

### 2.2.1 Solcellspaneler

Solceller byggs samman i större moduler, så kallade solcellspaneler. Dessa paneler monteras sedan upp på till exempel ett tak. Ju större yta som solpanelerna täcker desto högre blir effekten. Dagens solpaneler av monokristallin uppbyggnad kan under optimala förhållanden omvandla cirka 15 % - 22 % av den infallande solenergin till elektricitet. De något billigare panelerna av polykristallin uppbyggnad har en något lägre verkningsgrad. För optimal prestanda behöver panelerna placeras så ljuset faller in vinkelrät mot panelens yta. Vidare ska inte panelerna placeras så de skuggas av träd eller annan växtlighet. [10]

### 2.2.2 Solhybridspaneler

Ett problem med solceller är att effekten sjunker om panelerna blir varma. För att motverka detta har solcellshybrider utvecklats. I dessa paneler cirkulerar ett köldmedium som kyler av panelerna. Värmen som tillförs köldmediet kan tas tillvara på och passerar till exempel en värmeväxlare och överskottsvärmen kan användas i värmepumpar eller för att återvärma borrhål i bergvärmsystem. Den totala verkningsgraden höjs i dessa kombinerade system som alstrar både el och värme. [10]

### 2.2.3 Verkningsgrad och effekt

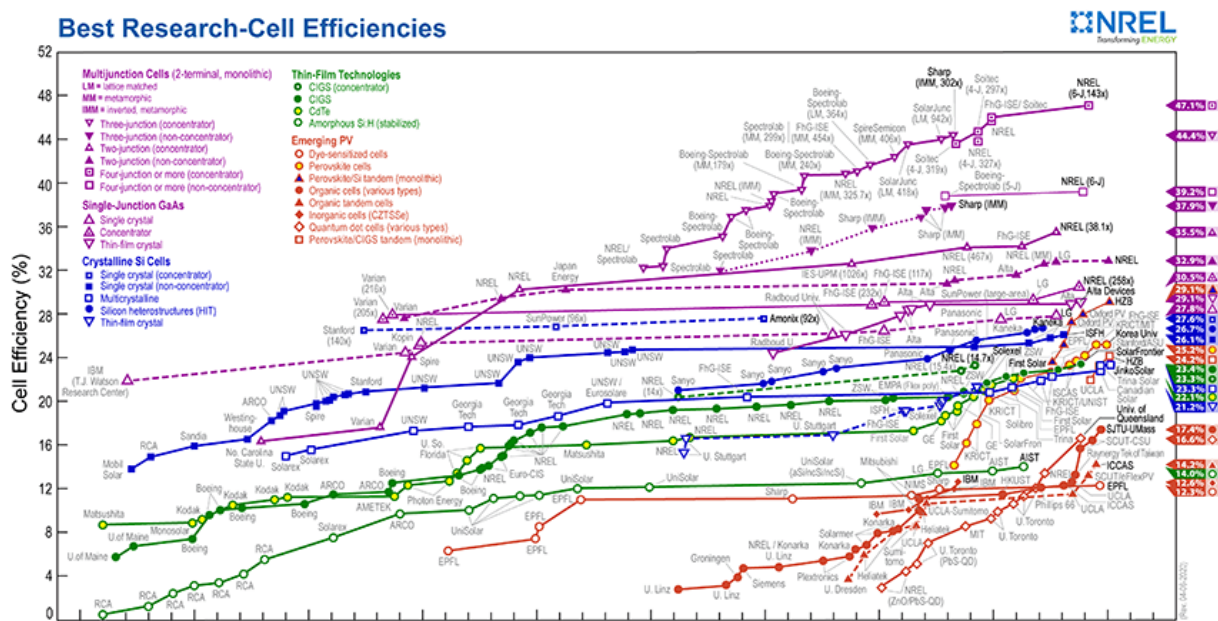
För att kunna bestämma hur effektiv en solpanel är, det vill säga effekt- och verkningsgrad, används ett standardiserat testförfarande – STC, Standard Test

Conditions. Vid STC belyses panelen med en solinstrålning om 1000W/m<sup>2</sup> och en solcellstemperatur på 25 grader Celsius. [11]

En vanlig storlek på en monteringsfärdig panel är 100 \* 160 cm, det vill säga en area om 1,6 m<sup>2</sup>. Normal effekt för en standardpanel med denna storlek är ca 300 Watt. Verkningsgraden kan då beräknas som  $300 \text{ W} / (1000 \text{ W/m}^2 * 1,6 \text{ m}^2) = 18,75 \%$ .

Utvecklingen och forskning runt solceller gör hela tiden nya framsteg. Nya tekniker gör att verkningsgraden hos solceller har förbättrats avsevärt sedan tekniken uppfanns. [11]

Amerikanska NREL – The National Renewable Energy Laboratory – publicerar regelbundet de framsteg som görs. NREL tillhandahåller också information som uppdateras regelbundet med aktuella värden och resultat. Se figur 4. Figuren visar hur verkningsgraden för olika typer och tekniker av solceller förändrats över tid. Detta är värden uppmätta i labbmiljö och behöver inte nödvändigtvis vara tekniker som hamnar i konsumentprodukter. Syftet med att visa diagrammet i denna rapport är att ge information att det gjorts stora framsteg och att det i framtiden bör kunna förväntas produkter som ger en avsevärt bättre verkningsgrad än de 17 - 19 % som är standard på dagens paneler. [11]



Figur 4: Utveckling av verkningsgrad för solceller.

### 2.2.4 Estimera anläggningens produktion

För att estimera en solcellsanläggningens möjliga elproduktion finns det flera faktorer att ta hänsyn till. Antal soltimmar, solpanelernas riktning och lutning,

eventuella träd som skuggar, anläggningens effekt, förluster i kablage och växelriktare. [12]

En solkarta från Global Solar Atlas, se bilaga 4, ger information om vilken energimängd som kan förväntas på en specifik plats, beroende på antal soltimmar och solens infallsvinkel. För Åseda ges värdet 998 kWh/kWp på årsbasis – vilket ska tolkas som att för varje kW paneleffekt genereras 998 kWh elektricitet vid optimal placering av panelerna. För Åseda gäller att panelerna ska vara riktade rakt åt söder med en lutning på 40 grader. [12]

Monteras panelerna med annan lutning eller mot annat väderstreck behöver detta kompenseras. Tabell 1 ger ett grovt estimat hur elproduktionen försämras och vilka procentsatser som kan användas vid omräkning. En panel som monteras med 30 % lutning i rak västlig eller östlig riktning ger ca 86 % av det optimala värdet. [12]

Tabell 1: *Kompensation för lutning och väderstreck, uttryckt i procent.*

Lutning	Väderstreck / Riktning				
	270° v	225° sv	180° s	135° sö	90° ö
0	90	90	90	90	90
10	89	94	96	94	90
20	87	96	98	96	88
30	86	96	100	96	86
40	82	95	100	96	84
50	78	92	97	93	80
60	74	87	93	89	76
70	69	82	87	84	70
80	63	75	80	77	65
90	56	67	71	69	58

### 2.3 Vätgas

Vätgasen spelar en stor roll i en av vår tids största utmaningar, att klara energiförsörjningen samtidigt som klimatpåverkan begränsas och våra utsläpp av föroreningar minskar. Runt om i världen ökar användningen och aktiviteten inom vätgasområdet. [13]

En utmaning med effektiv lagring och transport av vätgas är dess låga energidensitet per volymenhet, trots den höga energidensiteten per massenhet. De vanligaste sätten att lagra vätgas är antingen i komprimerad form vid 200 – 700 bar eller i flytande form, vilken den antar vid -253 grader Celsius. [13]

Likt elektricitet och olja är vätgas ingen primär energikälla utan en energibärare. Flexibiliteten är stor eftersom vätgas kan produceras ur alla typer av energikällor. Vätgas är en gas som kan lagras, transporteras och tillhandahållas genom fossil energi men också förnybar energi som vind, vatten och sol. Denna energi kan utnyttjas i bränslecellstekniker och resulterar bland annat i avgasfria bilar och bussar men också elektricitet till byggnader, där det enda utsläppet blir vatten. Bränslecellerna används i hela världen, framförallt vid lagring av energi. Detta leder till allt fler självförsörjande bostäder. [13]

### 2.3.1 Elektrolys

Ett sätt att framställa vätgas på är elektrolys där man använder elektricitet för att spjälka vattenmolekyler till vätgas och syre. Det som avgör hur miljövänlig denna process är, är varifrån elektriciteten kommer, till exempel elektricitet från solenergi kontra elektricitet från ett kolkraftverk. Cirka 30 - 40% av primärenergien förloras genom elektrolysen men tekniken utvecklas konstant för att höja effektiviteten. [14]

### 2.3.2 Bränslecell

För att kunna använda vätgas som ett bränsle, el eller värme behövs en energiomvandlare och det är här bränslecellen kommer till användning. Bränslecellen omvandlar energi på ett effektivt sätt, från kemiskt bunden energi till elektricitet. En fördel med förbränning av vätgas är att endast vatten blir en restprodukt samt bildning av värme som kan tas tillvara på i värmesystemet eller till tappvarmvatten. Vätgasproduktion innebär ofta höga energiförluster, detta kompenseras med bränslecellens höga verkningsgrad. [13]

En bränslecell har en anodsida och en katodsida som separeras med ett membran som endast tillåter protoner att passera. En katalysator på anodsidan delar upp väteatomerna i protoner och elektroner, som inte kan passera membranet utan leds till en extern krets där de genererar elektriciteten. Protonerna passerar genom membranet och på katodsidan förenas elektronerna och protonerna och ansluter till syrgas från luften, denna reaktion bildar vatten enligt totalreaktionen  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ . Många bränsleceller, en så kallad ”stack”, kombineras för högre spänning då en bränslecell endast producerar 0,7 volt. [13]

När vätgas och bränsleceller ersätter fossila bränslen och traditionell förbränningsteknik växer en ny industri fram. Det innebär efterfrågan på nya komponenter, system- och marknadslösningar. Möjligheterna för utveckling och nya arbetstillfällen är stora. [13]

### 2.3.3 Lagring

I takt med att ojämna förnybara källor som vind, sol och vågkraft ökar, ökar också behovet av att kunna lagra elektricitet. Lagringen är viktig då de ojämna energikällorna ibland producerar mer energi än vad elnätet kan ta emot och energi går därför till spillo. Det är också viktigt när energitillgången är låg till exempel när det inte blåser eller när solen gått ner. Dessa metoder för mellanlagring behövs för att de förnybara källorna ska få en betydande roll i framtidens energisystem och här kan vätgas verka som en effektutjämnare och lager för överskottsenergi. Att lagra energi i just vätgas ger större möjligheter att lagra större energimängder vid längre tid än om man jämför med till exempel batterier, detta ger lägre krav på nätets kapacitet men också möjlighet för självförsörjning. [13]

Några fördelar med vätgassystem är att de är avgasfria och tystgående jämfört med motordrivna generatorer. De kan också användas i slutna utrymmen, är lämpliga för miljön, har lång drifttid gentemot batterier och kräver minimalt underhåll. Beräkningar visar på en hög kostnad initialt för tillverkning av ett fåtal enheter men vid tillverkning i 1000-tal sjunker styckkostnaden snabbt. När bränslecellsbranschen tar fart förväntas ytterligare kostnadsreduktion i takt med att billigare komponenter utvecklas. [13]

## 2.4 Batterier

För att förnyelsebara energikällor i framtiden ska kunna etablera sig stadigt på marknaden krävs det säkra och välutvecklade energilagringstekniker. En av dessa lagringstekniker är batterier. Batterier är uppbyggda av en eller flera elektrokemiska celler, där varje cell innehåller bland annat två elektroder (en anod och en katod), ett membran och en elektrolyt. De elektrokemiska cellerna i batteriet lagrar kemisk energi som i takt med att batteriet laddas ur omvandlas till elektrisk energi. Den elektriska energin går sedan att använda i exempelvis glödlampor. För att den elektriska energin ska bildas krävs det att det sker två oberoende elektrokemiska reaktioner, en oxidationsreaktion och en reduktionsreaktion, i cellerna och elektronerna förflyttas från anoderna till katoderna. När batteriet återuppladdas sker omvandlingen i motsatt riktning och med hjälp av en yttre spänning omvandlas den elektriska energin till kemisk energi genom att elektroderna tvingas röra sig från katoden till anoden i cellerna. [15]

### 2.4.1 Batteriparametrar

Ett batteris användbarhet baseras med hänsyn till ett par olika parametrar, bland annat dess livslängd som kan mätas i antalet år det beräknas fungera men också i hur många upp- och urladdningscykler som det klarar av att leverera. En annan

parameter är batteriets kapacitet som är ett mått på hur mycket energi som batteriet klarar av att lagra och anges i amperetimmor eller wattimmar. En tredje parameter är batteriets urladdningsdjup som anges i procent och är ett mått på hur mycket av energin i ett batteri som kan eller har laddats ur i jämförelse med dess ursprungliga kapacitet. Det vill säga om batteriet kan laddas ur till 70 % av dess kapacitet betyder det att dess urladdningsdjup är 30 %. [16]

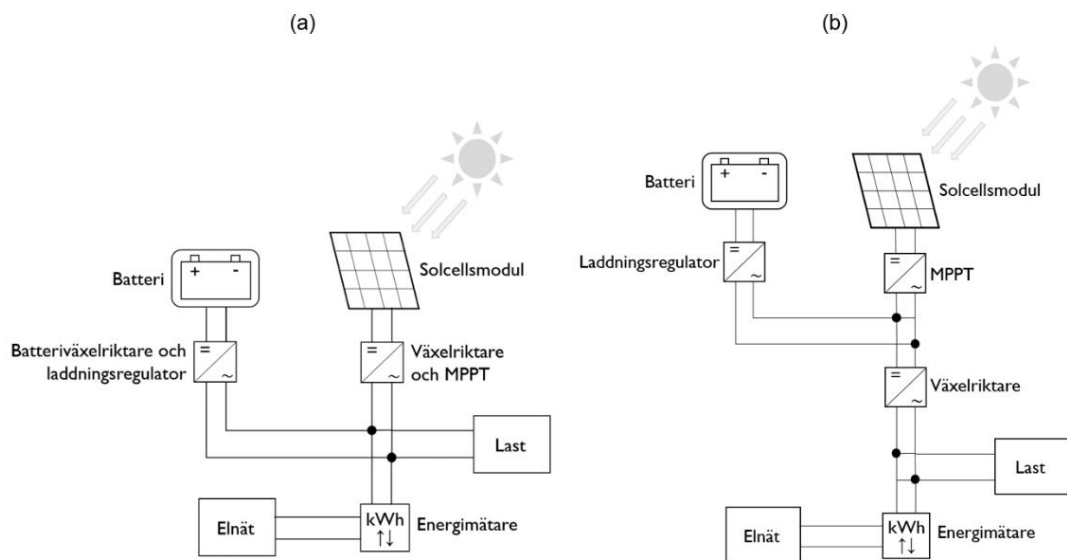
#### 2.4.2 Lämpliga batterialternativ till solcellssystem

Några av dem vanligaste batteriteknikerna som används tillsammans med solcellssystem är blysyra, litiumjon och nickelmetallhydrid. Blysyra är den mest utvecklade lagringstekniken men litiumjonbatterier har både högre lagringseffektivitet och högre energitäthet vilket gör den till lagringstekniken med störst potential för framtida utveckling. [17] Nickelmetallhydrider däremot har längre livslängd än litiumjonbatterier och dess energitäthet är relativt hög men den betydande barriären hos dessa batterier är dess höga självurladdningshastighet. Dess elektrolyt är vattenbaserad och det medför att batterier av denna typ är mer miljövänligare än andra batterier. [15] Ny forskning från Stockholms universitet visar en ny metod gällande nickelmetallhydrider för att flerdubbla livslängden. Det innebär att batterierna klarar betydligt fler laddningscykler utan att dess kapacitet försämras. [18]

För fastigheten i Åseda är det bestämt att nickelmetallhydrider ska användas som lagringsalternativ till solcellerna och det kommer vara tre stycken 42 kWh batterier som kopplas ihop med solcellssystemet. [19]

#### 2.4.3 Solcellssystem i kombination med batterier

I huvudsak finns det två valmöjligheter när det kommer till design av ett system bestående av både solceller och batterilagret. Dessa presenteras i figur 5. Det första alternativet visas i figur 5a och betecknas som ett AC-kopplat system. Här placeras batterilagret på växelströmssidan i systemet och det krävs då en separat växelriktare och laddningsregulator för batteriet. Det andra alternativet, som visas i figur 5b, benämns som ett DC-kopplat system och här ansluts systemet först till en laddningsregulator och kopplas därefter samman med solcellsmodulernas växelriktare. Batterilagret placeras då på likströmssidan. [17]



Figur 5: En översikt över två system innehållande solceller och batterilagring, (a) batterilagret är placerat på växelströmssidan, (b) batterilagret är placerat på likströmssidan

Det är vanligare att placera batterilagret på växelströmssidan än på likströmssidan eftersom det resulterar i fler fördelar. Det gör det till exempel möjligt att lagra el från elnätet och därmed minska effekttoppar som uppstår på elnätet. En annan fördel är att de separata delarna gör systemet mer flexibelt vilket i sin tur medför att det är enklare att göra efterjusteringar eller att vid behov byta ut separata delar. Att istället placera batterilagret på likströmssidan har fördelen att energin lagras i batteriet innan den omvandlas till växelström och onödiga omvandlingsförluster kan på det sättet undvikas. [17]

## 2.5 Uppvärmningssystem

Det finns flera olika sorters uppvärmningssystem som är anpassningsbara till en större fastighet. För att ett uppvärmningssystem ska fungera behöver det vara anslutet till en energikälla. I den här rapporten kommer endast bergvärme beskrivas, eftersom det är den energikälla som används i fastigheten i Åseda, samt hur värmepumpen är länken mellan energikällan och fastigheten.

### 2.5.1 Bergvärme

Bergvärme är en förnyelsebar energikälla som används till att värma upp samt kyla ned fastigheter. Ett bergvärmesystem fungerar genom att värme utvinns ur berget via ett borrhål och används som värmekälla till en bergvärmepump. Den värme som utvinns ur berget är främst lagrad solenergi men också geotermisk

värme som är den värme som alstras i jordens inre och transporteras till värmepumpen via en kollektorslang. [20]

Under vinterhalvåret när bergvärmesystemet utvinnet värme ur berget kyls berget ner ett par grader för att sedan under sommarhalvåret återigen värmas upp med hjälp av värmen från solen. Likaså värms berget upp under sommarhalvåret genom användning av bergkyla som bygger på samma princip som bergvärme men här nyttjas bergets temperatur för kylning istället genom att värme skickas ner i borrhålet som berget tar upp. [21]

### 2.5.2 Bergvärmepump

För att kunna använda bergvärme som en energikälla krävs det att en bergvärmepump är kopplad till systemet. En värmepump består i huvudsak av en förångare, en kompressor, en kondensator och en expansionventil. Dessa kopplas samman genom ett slutet rörsystem som ansluter till en kollektorslang som transporterar värmen från borrhålet till värmepumpen. I såväl kollektorslangen som i rörsystemet är det ett köldmedium som cirkulerar. [22]

Det är i förångaren som en överföring av värme sker från kollektorvätskan till värmepumpens köldmedium, och mediet förångas. Därefter transporteras köldmediet till kompressorn där temperaturen på köldmediet stiger i takt med att trycket i kompressorn ökar. Nästa del i värmepumpen är kondensorn där köldmediet kondenseras från gas till vätska och i samband med kondenseringen avges värme till fastighetens uppvärmningssystem. Därefter återgår köldmediet via expansionsventilen till förångaren och processen börjar om. [22]

### 2.5.3 Värmeanläggning

En värmeanläggnings grundläggande uppgift är att förse en bostad med värme. Det sker genom att värmepumpen tillförs värme från energikällan som den sedan avger till fastigheten genom det tillsatta uppvärmningssystemet. Den levererade värmen kan sedan användas som till exempel uppvärmning eller till tappvarmvatten i en bostad. [23]

Som redan nämnts i inledningen av detta kapitel kommer värmeanläggningen på fastigheten i Åseda utgöras av bergvärmepumpar. Dessa är kopplade till ett bergvärmesystem och kommer genom golvvärme se till att lägenheterna förse med värme. [19]

### 2.5.4 Kylanläggning

En kylanläggnings huvudsakliga uppgift är att förse en lokal eller byggnad med en temperatur lägre än omgivningens [24]. Ett sätt att tillföra kyla till sin bostad

är att göra som fastigheten i Åseda, där varje lägenhet är försedd med en kylkonvektor med tillhörande manöverpanel där det manuellt går att ställa in temperaturen i varje enskild lägenhet. Kylkonvektorn är ansluten till kallvatten direkt från borrhålet. Kallvattnet från borrhålen leds även, via en stigarledning, till solhybriderna som är monterade på taket på fastigheten där vattnet kyler ner solhybriderna så att deras verkningsgrad höjs. Det uppvärmda vattnet leds sedan återigen till borrhålen och kyls ned. [19]

## 2.6 Dagvattenhantering

I det kommande avsnittet kommer användandet av dagvattenhantering i Sverige gentemot andra länder jämföras. Det kommer också beskrivas hur uppsamlingen av regnvatten går till på fastigheten i Åseda.

### 2.6.1 Dagvatten hanteringen i Sverige gentemot andra länder

En av dem äldsta teknikerna för att förse människor med rent vatten är genom insamling av regnvatten men den tekniken har under åren ersatts av centraliserade system för dricksvatten. Däremot har allt fler länder valt att återigen gå tillbaka till regnvatteninsamling, främst på grund av teknisk utveckling i kombination med vattenbrist. [27]

I Australien har utveckling av moderniserade system för regnvatteninsamling kommit en bra bit på vägen och ungefär hälften av systemen används för inomhusbruk. Även i Europa är det en del länder som har utvecklat en bred teknik för att minska åtgången av dricksvatten. Tyskland är ledande på området i Europa, där det i nästan en tredjedel av nyproduktionerna installeras system för regnvatteninsamling. Även i länder som Österrike, Schweiz, Storbritannien och Danmark har system blivit allt mer populära i takt med att kostnaden för dricksvatten ökat. [25]

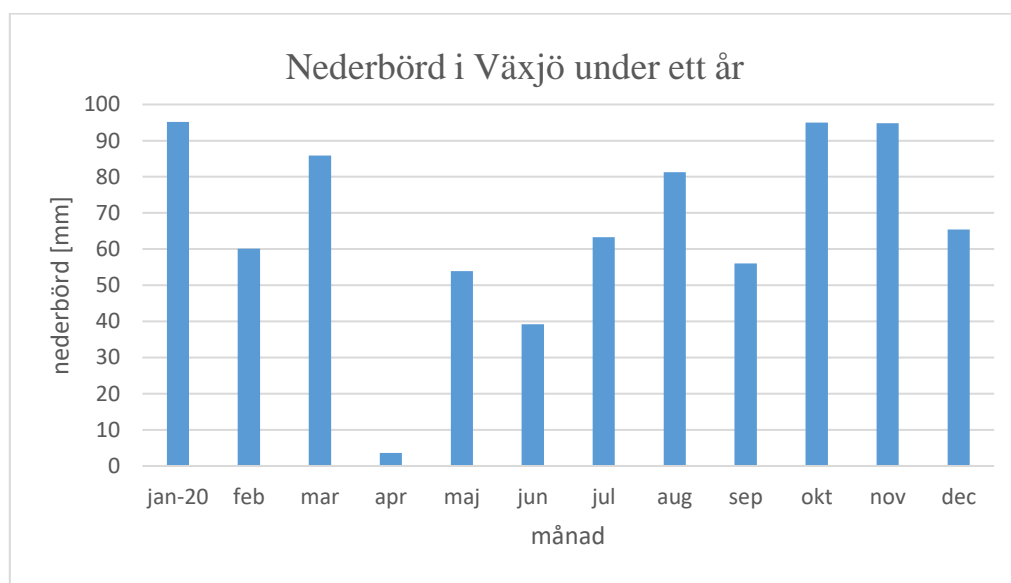
I Sverige har det inte förekommit regnvatteninsamlingar för hushållsbruk i någon större skala. Det kan bero på att kostnaden för dricksvatten i Sverige fortfarande är relativt låg jämfört med andra länder och för att behovet därför inte har funnits. [25]

### 2.6.2 Dagvattensystemet i Åseda

I fastigheten samlas regnvattnet in genom att det avleds från takytorna ner till en slamavskiljare där löv och dylikt filtreras bort. Efter slamavskiljaren kommer vattnet ledas ner till en förrådstank, som när den fyllts till brädden kommer att kopplas på fastigheten. Vattnet kommer sedan att pumpas genom ett vattenfilter och vidare in i fastigheten. Väl i fastigheten kommer det omhändertagna

regnvattnet användas till spolning av just toaletter. Eftersom regnvatten är en resurs som tillfälligt skulle kunna ta slut har anläggningen kopplats så att toaletterna går att spola även med dricksvatten. Det gör att om tanken någon gång skulle stå tom på regnvatten fylls den istället med dricksvatten och fungerar på samma sätt. [19]

Den närmsta aktiva mätstationen för årlig nederbörd ligger i Växjö, ungefär 50 km från Åseda, och den totala mängden nederbörd som föll där, mellan februari 2019 och februari 2020, var enligt SMHI 794 mm [26]. Se figur 6. Den totala takarean på dem byggnader på fastigheten där dagvatten samlas in är 159,95 m<sup>2</sup> och en kubikmeter vatten kostar i Uppvidinge kommun 23,75 kr. [27]



Figur 6: *Nederbörd i Växjö från februari 2019 till januari 2020*

## 2.7 Digitalisering

För att lätt kunna mäta allt från temperatur till fukt och lufttryck i en byggnad samt följa alla energimätningar är fastigheters styrsystem i stort sett helt digitala. Detta bidrar till full kontroll över vad som händer både i och utanför fastigheten och det blir då lättare att göra den energieffektiv. Värmesystem, kylanläggning och ventilation ska kunna samverka och anpassas efter varandra samt följa klimatet, vädret, fastighetens utveckling och hyresgästens förändrade energibeteenden. [28]

Ett bra sätt att sänka energibehovet i en byggnad är att få boende att hushålla med energin genom att införa individuell mätning för respektive lägenhet och att synliggöra kostnader för el, värme och varmvatten och därmed viljan att minska energinotan. Detta ger en möjlighet för hyresvärd och andra utomstående att

följa energiförbrukningen för hela fastigheten och lägenhetsinnehavaren kan också följa sin egen förbrukning. Den sänkta energiförbrukningen blir samtidigt ett bidrag till en hållbar miljöutveckling. [29]

I fastigheten i Åseda finns flera system som kan bidra till sänkt energiförbrukning. De olika digitaliserade områden som finns i byggnaden är solceller/solhybridsystem, växelriktare, elcentral, värmecentral, laddningsuttag för bilar, fläktar (FTX) och multimediacentral. För att kunna få fram olika värden krävs olika mätare som till exempel elmätare för eventuell producerad el, köpt el, förbrukad el, vätgas/hybrider/varmvatten/fläkt, laddningsstation samt vattenmätare för spillvatten och köpt vatten och en centralenhet för samtliga mätare. [19]

## 2.8 FTX-ventilation med koldioxidstyrning

I lägenheter med FTX-system (från- och tilluftssystem med värmeväxlare), som också kallas balanserad ventilation, ges full kontroll över mängden friskluft som tillförs. Ett FTX-system använder sig av ett kanalsystem som transporterar bort använd luft och tillför ny och frisk luft. För att spara energi används energin i den använda luften (frånluften) till att värma upp den kalla inkommande luften. Därefter värms luften upp ytterligare av en energikälla innan luft med rätt temperatur tillförs i lägenheten. Tilluftsventiler placeras vanligtvis i vardags- och sovrum och frånluftsventilerna i badrum, toalett och tvättstuga. Detta leder till luftomväxling och hög komfort med minimal risk för kallras, vilket är kallt nedåtriktat luftdrag på insidan av ett fönster eller liknande. FTX-systemet kan återvinna mellan 50 - 80 % av den värme som behöver tillföras luften vilket kan vara en besparing på 5000 - 7000 kWh per år för normalstor villa, radhus eller lägenhet. Ventilationen är också separerad från uppvärmningen vilket ger valmöjligheter när det gäller energikälla. [30]

Enligt socialstyrelsen och Boverket ska luftomsättningen i en lägenhet vara 0,5 ggr/timme motsvarande 0,35 l/s och m<sup>2</sup>, vilket betyder att en stor del av luften är utbytt efter två timmar. Utöver de balanserade ventilationssystemet filtreras även föroreningar, damm och pollen som finns i luften bort. [30]

I kombination med ett FTX-system kan en CO<sub>2</sub>-givare kontrollera ventilationen via koldioxidhalter. Eftersom koldioxid finns i människans utandningsluft är detta ett bra sätt att mäta ventilationen för att veta när luften bör bytas ut. Mätvärdet bör ligga under 1000ppm. Om givaren detekterar en högre CO<sub>2</sub>-halt än börvärdet förs mer använd luft ut och ny frisk luft förs in. [31]

## 2.9 LCC-analys

För att kunna jämföra olika systemlösningar används ibland en livscykelkostnadsanalys (LCC-analys), framförallt handlar det om att välja inköp som ger mest värde baserat på en totalkostnad över tid. En LCC berör alla kostnader som är förknippade med vara, tjänst eller byggtrepreneurad, kostnaden kan också handla om arbetstidsåtgång eller kostnader för externa miljöeffekter. Det finns många olika versioner av hur en LCC kan se ut och de är ofta begränsade och anpassade för just det som vill fås fram. Till exempel kan LCC-analyser fokusera på miljöeffekter och därmed innefatta kostnader för utsläpp av växthusgaser och andra förorenande ämnen. [32]

LCC-analysen i detta projekt kommer genomföras med hjälp av en generell LCC-kalkyl från Upphandlingsmyndigheten. Kalkylen innehåller parametrar som behövs för att göra en analys och skapa sig en uppfattning över inköpens totalkostnad över tid.

Genom att jobba med LCC i stegen innan inköpsprocessen kan förutsättningarna för att fatta ekonomiskt långsiktiga beslut och bidra till att uppnå en bättre affär öka. Enligt en studie utförd av PriceWaterhouseCoopers (PWC) år 2009 har tillämpning av LCC visats ha en besparingspotential på i genomsnitt 1 % i sju länder i EU och i Sverige låg siffran på 1,2 %. Den offentliga upphandlingen i Sverige ligger på runt 600 miljarder vilket innebär en potentiell besparing på 7,2 miljarder årligen. Studien visar också att LCC-analyser inte används fullt ut inom offentlig upphandling i dagsläget och att det främst är inom transporter och byggnadssektorn som besparingen finns. [32]

Några ekonomiska parametrar som tas med i en LCC är livslängd och kalkylränta. Livslängd beskriver hur länge en produkt ska användas, ju längre livslängden är desto mindre påverkan har investeringskostnaden då den sprids ut på alla år. Livslängden som kalkylen grundar sig på baseras på den uppskattade tiden som produkten förväntas användas på och inte den faktiska livslängden, man brukar också tala om nyttjandetid. En längre nyttjandetid gynnar också en minskad resursanvändning och minskar därmed miljöpåverkan. Kalkylräntan i en LCC-kalkyl baseras ibland på nuvärdesmetoden där framtida kostnader och intäkter räknas om till dagens värde för att kunna få jämförbara värden mellan olika alternativ. Eftersom räntan är en osäker faktor och kan påverka resultatet kan en känslighetsanalys användas för att se hur utfallet ändrats med olika kalkylräntor används. Till exempel kan en hög ränta påverka drift- och underhållskostnaderna och förändra utfallet. [32]

### 3. Metod

För att ge djupare kunskap om ämnet vad gäller systemlösning för fastigheten i Åseda samt att göra de nödvändiga beräkningarna för att kunna påvisa slutmålet, har både kvalitativa och kvantitativa metoder använts.

#### 3.1 Kvalitativ metod

Datainsamling genomförs av samtliga projektmedlemmar, främst från rapporter levererade från nationella och internationella institutioner men även från bilagor och rapporter som samlats in från beställare och referenspersoner. Referenspersoner vars kunskap inom ämnet är stor, används till rådfrågning i hur projektet bör fortgå och bollande av idéer för lösningar av syftets frågeställningar. Datainsamling har också tillhandahållits från leverantörerna av de systemdelar som bildar hela systemet i nyproduktionen i Åseda, där specifikationer och mätdata delats till projektgruppen för användning i den kvantitativa studien. För att uppskatta intresset av en digitalisering av nyproduktionen har dess hyresgäster fått svara på en enkät vars avsikt delvis varit att ta reda på intresse men även motivation till användandet.

#### 3.2 Kvantitativ metod

Energiberäkningar för prestanda inom el och värmeproduktion från systemet genomförs. Detta för att kunna ge data på energikonsumtion kontra energiproduktion i nyproduktionen samt påvisa möjlighet till grad av självförsörjning av elenergi i praktiken. Vidare har klimatpåverkan med avseende på CO<sub>2</sub> beräknats utifrån en generell LCC-kalkyl från upphandlingsmyndigheten, med de givna värdena från datainsamlingen.

#### 3.3 Kritik av metod

Mätdata från leverantörer har mätts över en kortare tid eller är projekterade. Dessa har inte kunnat valideras av projektgruppen. Resultaten från LCC kommer baseras på avgränsad data som är blandade projekterade värden och uppmätta värden. Mer korrekta värden kan önskas och därmed utifrån resultatet och den mall som använts kan en mer omfattande LCC fortsättas på det påbörjade arbetet.

## 4. Genomförande

Följande kapitel visar tillvägagångssätt för att nå ett resultat för delmomenten i projektet.

### 4.1 Elberäkningar från Solceller

Fastighetens årliga elproduktion har simulerats med programvaran Polysun. Med hjälp av de för fastigheten simulerade värdena för elproduktion respektive elkonsumtion beräknas månadsvis vilket netto som uppnås. Det är extra intressant att notera vilka månader som det råder underskott. Resultatet redovisas både för fastigheten med sin förbrukning, samt för fastighet och hushållsel tillsammans.

### 4.2 Energibalans för byggnaden

Energibalansen är gjord av extern energirevisor från Godahus, som för husets totala energibehov kan ses i bilaga 5. Eftersom ingen mätdata fanns för hushållselens verkliga konsumtion fördelat över årets månader, utan värdena är projekterade för en total årlig konsumtion, har de avgränsats till att jämnt fördelas över månaderna. För fastighetselen fanns en mer omfattande uppskattning av dess behov fördelat över årets alla månader enligt bilaga 6 från Nilsson Energy som i det här fallet använts. Då den termiska energin från elektrolysören och bränslecellen kan omfördelas till nybyggnationens uppvärmning kan fastighetselen skrivas ned med 4,4 kWh per dag.

### 4.3 LCC

För LCC-kalkylerna användes upphandlingsmyndighetens generella LCC-kalkyl [33]. För kalkylerna behövdes vissa förutsättningar fyllas i av beställare, i det här fallet värden överenskomna med Uppvidingehus och Godahus [34]. I figur 7 visas ett utdrag från LCC-kalkylen med de överenskomna grundförutsättningarna.

**Förutsättningar (anges av beställaren)**

PROJEKT: UPP.N.Å  
 DATUM: 2020-05-11  
 HANDLÄGGARE: Per Wickman, Richard Gustafsson

1.1	Antal		1	stk
1.2	Nyttjandetid		20	år
1.3	Kalkylränta		5,00%	
1.4	Energipris	El (välj i listan)	1,66	kr/kWh
1.5	Årlig prisförändring energi (frivillig)		2%	
1.6	Klimatpåverkan energianvändning (frivillig)		0,80	kgCO <sub>2</sub> /kWh
1.7	Finansieringskostnad vid leasing eller hyra		0	kr/år/stk

Figur 7: Parametrar som gav grundförutsättningarna för upphandlingsmyndighetens LCC-kalkyl, figuren är tagen från en av rapportens LCC-kalkyler.

I figur 7 och således de LCC-kalkyler som gjorts, är nyttjandetiden för systemen satt till 20 år, kalkylränta på 5 %, energipriset i el är satt efter dagligt värde på ca 1,66 kr per kWh med en uppskattad årlig prisförändring på 2 %. Klimatpåverkan från inköpt energi till huset, är utifrån nordiskt miljöindex (se Bilaga 7) satt till 0,80 gram koldioxid per köpt kWh från elnätet. Elpriset på 1,66 kr avser dock fallet då el behöver köpas in från energibolag. Vid egenproducerad elförsörjning ses kostnaden för fastighetselen således som en besparing på 1,66 kr per kWh istället. Hushållsel som säljs till hyresgästerna är satt till 1,80 kr per kWh, vidare antas koldioxidavtryck från den egna el- och värmeproduktionen till fastigheten vara 0.

Utöver förutsättningar angivna av beställare användes fasta kostnader i form av inköpspris och årlig underhållskostnad samt den elenergi som producerades och behövdes under de olika delarna på året. Hur dessa parametrar fylldes i redovisas i figur 8.

Indata från anbudsgivare				
Namn		Vätgas	Batteri	
<b>Investeringskostnader</b>				
2.1	Inköpspris	kr/stk	5 600 000	2 100 000
2.2	Kostnad för leverans, installation och driftsättning	kr/stk		
2.3	Omställningskostnader	kr/stk		
<b>Drift &amp; underhållskostnader</b>				
3.1	Energianvändning	El	kWh/år/stk	
3.2	Kostnader förbrukningsartiklar		kr/år/stk	
3.3	Kostnader för service och underhåll		kr/år/stk	130 000
3.4	Arbetskostnader		kr/år/stk	30 000
<b>Övriga kostnader</b>				
4.1	Försäkringar, skatter och avgifter		kr/år/stk	
4.2	Hyra eller leasing		kr/år/stk	
4.3	Licenser		kr/år/stk	
4.4	Kostnader för sluthantering		kr/stk	
4.5	Restvärde		kr/stk	

Figur 8: *Utdrag från upphandlingsmyndighetens generella LCC-kalkyl med ifyllda värden från anbudsgivare.*

I figur 8 redovisas värden för *Inköpspris* och *Kostnader för service och underhåll*. I LCC-kalkylerna används även i separata kalkyler *Energianvändning El* vars kostnad/inkomst adderas till de fasta kostnaderna för en total livscykelkostnad. Inköpspris och kostnader för service och underhåll är tillhandahållna av beställare av projektet, Uppvidingehus AB. På grund av avgränsningar eller irrelevans lämnades övriga fält tomma.

#### 4.3.1 Batteri

Begränsningar i LCC-kalkylen gjorde för batterisystemet att olika elpriser inte kunde inräknas på samma kalkyl. Detta beroende på de olika scenarier som uppstod i och med försäljning av el till hushållet eller till elnätet. Detta ledde fram till att flera olika LCC-kalkyler fick göras med avseende på fasta kostnader, elpriser och CO<sub>2</sub>-avtryck. Dessa sammanställdes sedan i ett separat Excel-ark för framtagning av batteriets totala kostnad.

För uppdelning av den totala producerade elen från solceller till ändamålen fastighet, hushåll och överflöd som säljs till nätet, användes data och beräkningar från Solenergi och Nilsson Energy, se bilaga 6. Dessa värden delades upp med följande antaganden:

I första hand ska fastighetselen förses, i andra hand hushållselen och i sista hand överflöd säljas vidare till EON. Uppdelningen gjordes i MS Excel, för dessa beräkningar se bilaga 8.

#### 4.3.2 Vätgas

För vätgasen kan överflödiga solenergi under sommarmånaderna istället lagras. Detta gör att ingen el längre behöver säljas ut på nätet. Den lagrade vätgasens energi kan då i första hand användas till fastighetselen som ger en besparing på 1,66 kr per kWh. Det som blir över antas säljas som hushållsel till hyresgäster för 1,80kr per kWh. Vid omvandlingen av vätgas till elenergi, används en uppskattad omvandlingsfaktor på 0,66 [35]. Den termiska energin som blir från bränslecellen och elektrolysören har projekterats att återanvändas till värme och tappvarmevatten, detta ger en besparing på kompressorns arbete på 1621 kWh som bidrar till ett minskande av fastighetselen som används i el-beräkningarna till LCC-kalkylen, jämför bilaga 5a och 5b. På samma sätt som för LCC-kalkylen för batterisystemet får besparing för fastighetsel och försäljning till hushållsel delas upp i två kalkyler och dessa sammanställdes i MS Excel, för el-beräkningar se bilaga 8. Beräkningarna är gjorda utifrån antagande om att inga

bidrag ges, på denna totala kostnad dras sedan det projekterade bidraget på ca 4,2 miljoner kronor som jämförelse [34].

#### 4.4 Digitaliseringsenkät

För att snabbt och effektivt få information om intresset av digitalisering av en lägenhet användes Survey monkey, en enkätplattform där enkäten skapades och därefter spreds genom en länk och QR-kod. Survey monkey följer dessutom GDPR och ger inte ut några personliga uppgifter från de hyresgäster som svarar på enkäten. Tidsbegränsning hindrade enkäten från att vara öppen för svar en längre period.

För att uppnå bästa resultat utformades enkätfrågorna, se bilaga 9, på ett sätt där svaret ger information om hur intressant en applikation för kontroll av egen energiförbrukning är men också om hyresgästerna tror att deras energiförbrukning kommer att minska då de får uppdaterad information av förbrukningen under månaden. Dessutom efterfrågades motivation till att minska denna energiförbrukning.

För att sprida enkäten gjordes ett blad, se bilaga 10, där projektgruppen presenterade sig kort och förklarade intresset av hyresgästernas åsikter om digitaliseringen, samt länkade enkäten med en QR-kod som hyresgästerna kunde skanna för att få upp länken till Survey monkey. VD från Uppvidingehus AB mejlade ut bladet till berörda hyresgäster och svar samlades sedan in.

#### 4.5 Kylanläggning

Data för kylanläggningen har tagits fram och använts för uppskattning av installation- och inköpskostnad. [19] Energiåtgången för kylanläggningen togs från bilaga 5.

#### 4.6 Dagvatten till WC-spolning

För att kunna beräkna volymen regnvatten som går att lagra i anslutning till fastigheten och som kan användas istället för dricksvatten till WC-spolning samlades relevant data in. Den insamlade data bestod av area över taken där insamlingen sker, kostnad för en m<sup>3</sup> dricksvatten, antal personer boende på fastigheten, ungefärligt värde på årig nederbörd och storlek på tank. Därefter gjordes beräkningar på hur stor vattenvolym som beräknas användas till spolning av toaletter under ett år. Den årliga vattenåtgången beräknades genom att multiplicera antalet personer boende på fastigheten med ett genomsnittligt värde på hur många gånger en person spolrar i toaletten per dag samt hur många liter

som går åt vid varje spolning. Därefter multiplicerades värdet med antal dagar på ett år för att få ut ett årligt värde.

Den totala volym nederbörd som hade kunnat samlas in under det senaste året beräknades genom att den årliga nederbörden multiplicerades med den totala takarean. Med hjälp av total insamlad nederbörd under ett år kunde andelen regnvatten som kan ersätta dricksvatten vid spolning av toaletter beräknas. Även den kostnadsbesparing som det ger beräknades genom att multiplicera volymen insamlad nederbörd med kostnaden för en kubikmeter vatten.

## 5. Resultat och analys

Här presenteras projektets resultat på de olika delmomenten.

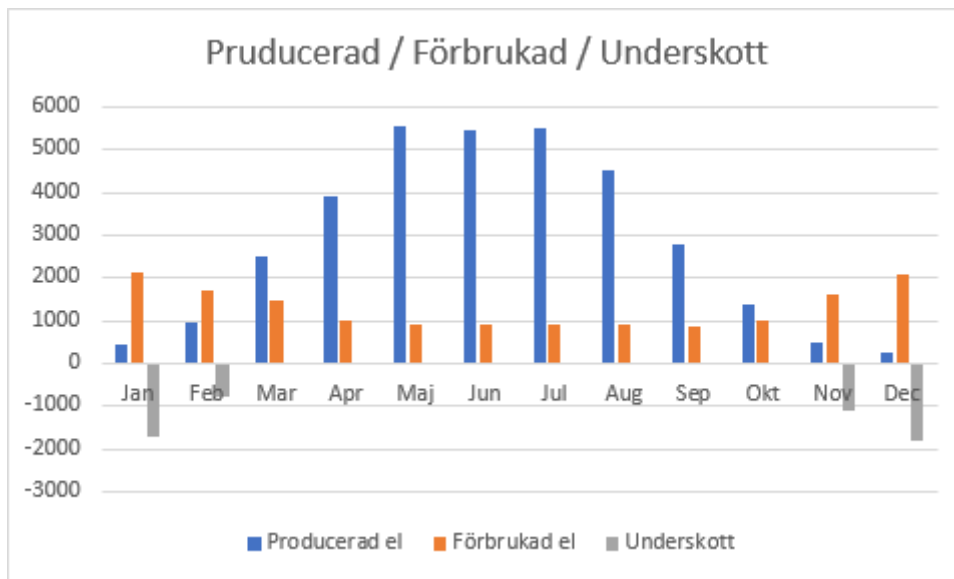
### 5.1 Elberäkningar

Här presenteras de elberäkningar som är till grund för fastighetens och hushållets elbehov.

#### 5.1.1 Energibalans - Fastighetsel

En sammanställning av elproduktion och fastighetens elkonsumtion (exkl. hushållsel) visas i figur 9. Figuren har också kompletterats med staplar de månader då det finns ett produktionsunderskott av el. Summan av detta underskott ligger till grund för lagringsbehovet i form av vätgas.

Underskottet som behöver lagras i form av vätgas har simulerats till 4160 kWh/år. Om lagringslösning saknas måste motsvarande elmängd inköpas från nätet



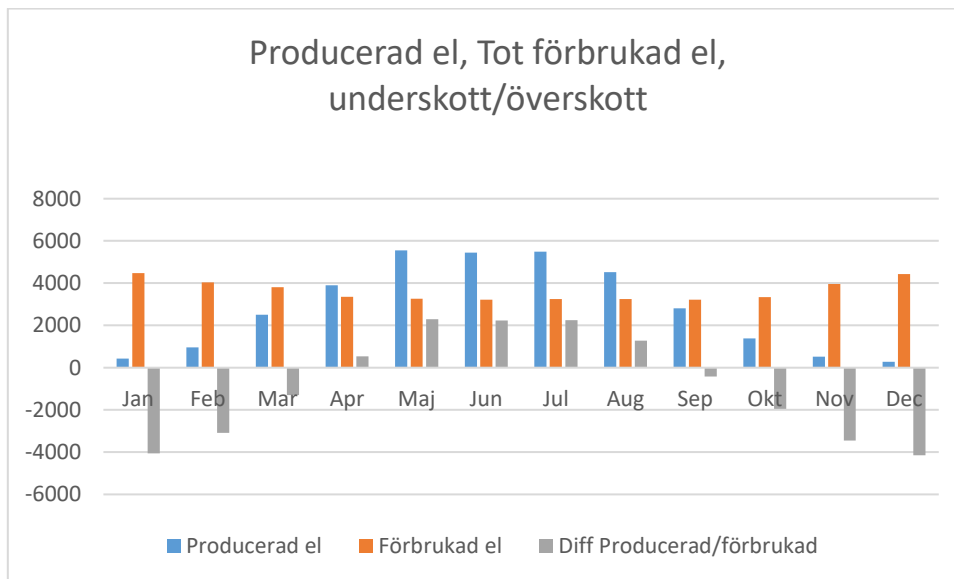
Figur 9: *Pruducerad, förbrukat och underskott av fastighetsel i kWh under året*

### 5.1.2 Energibalans - Fastighetsel och hushållsel

En sammanställning av fastighetens elproduktion samt total förbrukning - inklusive hushållsel om 2300 kWh/mån - visas i diagram 10. Diagrammet har även kompletterats med överskottsenergi för de månader som solcellerna producerar mer energi än vad som konsumeras. Diagrammet visar också den energi som behöver kompletteras under de månader då solcellerna inte ger tillräckligt med el.

Vid en lagringslösning med batteri om 126 kWh ger simulering att 4160 kWh fastighetsel samt 13300 kWh hushållsel behöver köpas in från nätet för de månader då konsumtionen är större än produktionen.

För de månader det råder produktionsöverskott ger simulering att 7860 kWh säljs till nätet. Utav elproduktionen kan 14400 kWh användas som hushållsel av de boende.



Figur 10: Simulerad produktion, total konsumtion, överskott/underskott i kWh

## 5.2 Batteri

Här presenteras resultat för Batterisystemets elbehov, elkonsumtion och LCC-kalkyl.

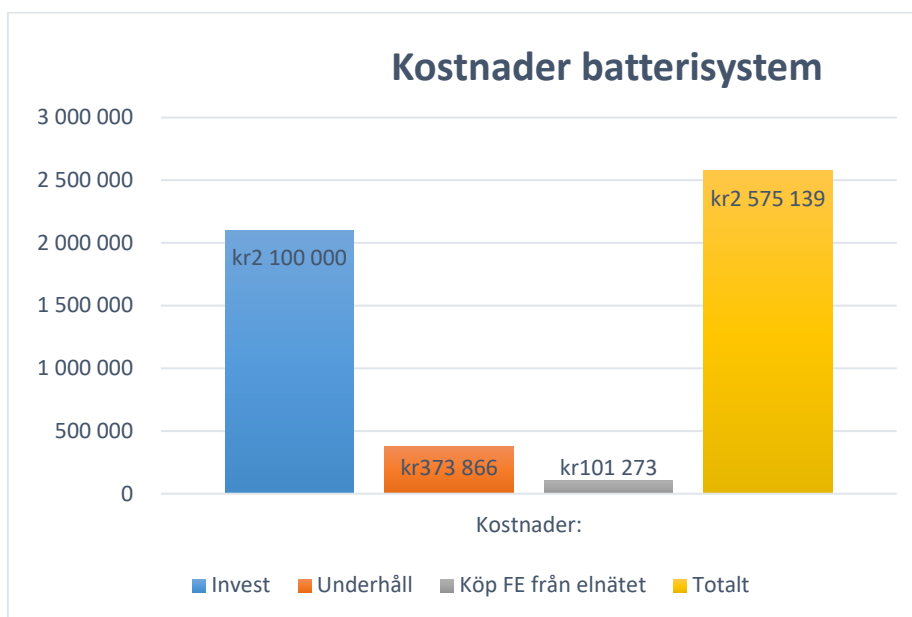
### 5.2.1 Batteri elbehov och konsumtionsberäkningar

Utifrån resultatet i energibalansen kunde följande uppdelning av årets energiproduktion och konsumtion göras för batterisystemet:

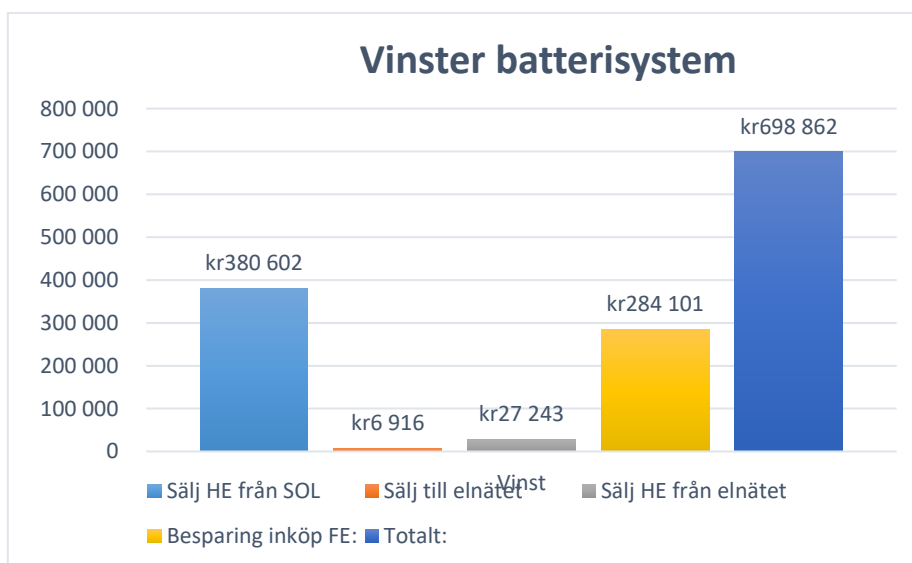
- 14400 kWh kan säljas direkt från solenergi till hushållsel.
- 11670 kWh kan användas till att försörja fastighetsel.
- 13296 kWh behöver köpas in från nätet till hushållsel.
- 4160 kWh behöver köpas in till fastighetsel.

### 5.2.2 Batteri - LCC

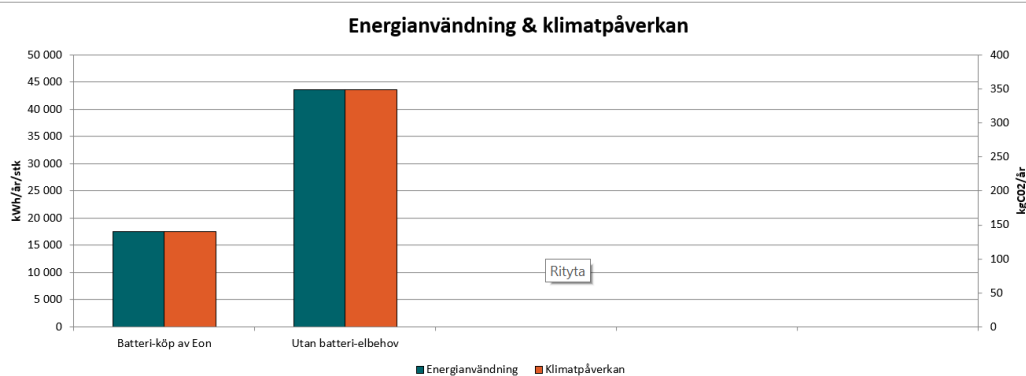
Figur 11 och figur 12 sammanställer LCC-kalkylen för batterisystemets kostnader respektive vinster. Den sammanlagda kostnaden, exklusive bidrag, är 2 575 139 kr och den totala vinsten 698 862 kr. Differensen dessa emellan ger en total kostnad för investeringen, under en 20 årig nyttjandetid, på 1 876 227 kr. Detta är exklusive bidrag som kan tillkomma för husets energisystemdelar. Då totalbehovet av inköpt el från nätet till hushåll och fastighet är 17456 kWh blev det totala CO<sub>2</sub>-avtrycket enligt kalkylen 140 kg per år, detta jämfört med 340 kg CO<sub>2</sub> om allt elbehov köps in på nätet. Figur 13 visar utdrag av LCC-kalkylens resulterade CO<sub>2</sub>-avtryck.



Figur 11: Sammanställer de kostnader som uppstår från investeringen av ett batterisystem under en 20-årig nyttjandetid. Dessa delas upp i investeringskostnader, underhållskostnader och köp av fastighetsel (FE) från nätet, dessa sammanställs i en totalkostnad i SEK.



Figur 12: Sammanställer de vinster som uppstår från investeringen av ett batterisystem under en 20-årig nyttjandetid. Dessa delas upp i försäljning till hushållsel, försäljning till elnätet, försäljning till hushållsel från nätet och besparing från inköp av fastighetsel. Dessa sammanställs i en totalvinst.



Figur 13: Utdrag från upphandlingsmyndighetens LCC-kalkyl. Stapeln till vänster visar det årliga CO<sub>2</sub>-avtrycket av den inköpta elenergin från nätet om batteri används. Den högra stapeln visar CO<sub>2</sub>-avtrycket om all elenergi köps in från nätet. Den gröna stapeln symboliserar det totala inköpet av elenergi från nätet, det orangea det resulterade CO<sub>2</sub>-avtrycket, totalt 140 kg per år för batteri.

### 5.3 Vätgas

Här presenteras resultat för Vätgassystemets elbehov, elkonsumtion och LCC-kalkyl.

#### 5.3.1 Vätgas – Elbehov och konsumtionsberäkningar

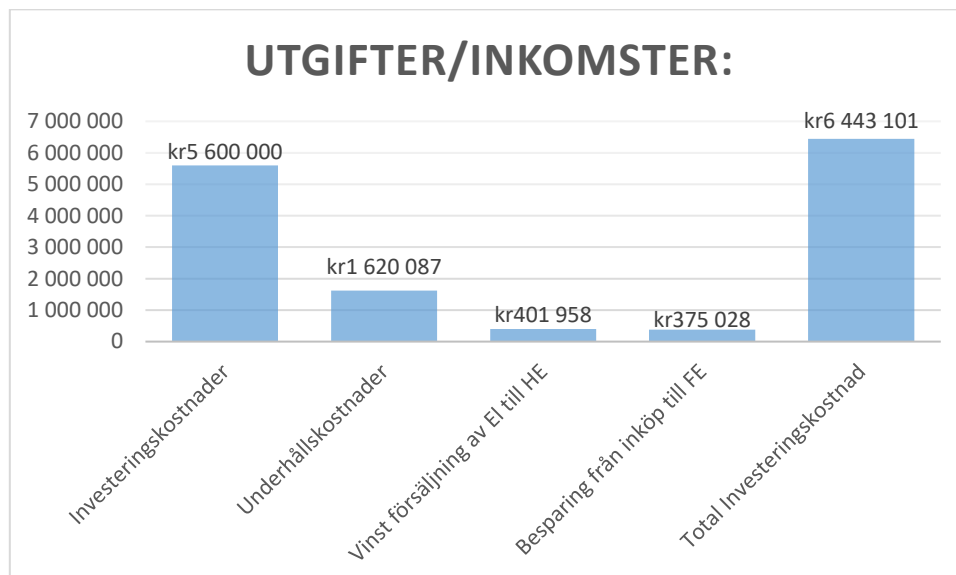
Utifrån resultatet i energibalansen kunde följande uppdelning av årets energiproduktion och konsumtion göras för vätgassystemet:

- 11643 kWh kan säljas direkt från solex till hushållsel mellan april och augusti.
- 4410 kWh kan användas till att försörja fastighetselen mellan april och Augusti.
- 8520 kWh kan från solex omvandlas till vätgas mellan april och augusti, detta motsvarar 5623 kWh el till vinterhalvåret.
- 9216 kWh behövs till fastighetselen mellan september-mars.
- Solex och 5623 kWh lagrat i vätgas täcker allt behov till fastighetselen under vinterhalvåret.
- 1991 kWh i lagrad vätgas blir över från fastighetsel till hushållsel.
- 5177 kWh över från solex och vätgas kan säljas som hushållsel mellan september-mars.

#### 5.3.2 Vätgas – LCC

LCC-kalkylen resulterade i kostnader på 7 220 087 kr samt inkomster och besparingar på 776 986 kr. Detta ger en total investeringskostnad på 6 443 101 kr under en 20-årig nyttjandeperiod. Detta är exklusive bidrag som kan tillkomma till för helheten av husets energisystem. LCC-kalkylen från

upphandlingsmyndigheten sammanfattas i figur 14. Figur 14 delar upp och redovisar investering, inkomster samt totala investeringskostnaden för vätgasset.



Figur 14: Redovisar investeringskostnader, underhållskostnader, vinster från försäljning av HE (Hushållsel) och besparingar från inköp av fastighetsel (FE). Detta resulterar i en total investeringskostnad under en 20-årig nyttjandetid.

#### 5.4 Digitaliseringsenkät

Enkäten för digitalisering fick in tretton svar under perioden 7 maj till 11 maj 2020. Första frågan på enkäten var hur många det är i hushållet, resultat presenteras i tabell 2. Svaren visar att hushåll med två personer är flest och att inget hushåll med tre personer har svarat. Frågan användes för att utan personuppgifter uppskatta hur många olika hushåll svaren kan ha kommit ifrån. Minst nio olika hushåll har svarat.

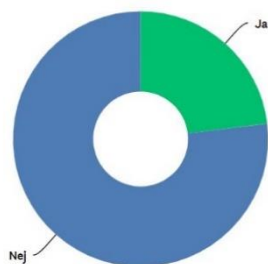
Tabell 2: Resultat från enkätfråga ett, hur många personer det är i varje hushåll

Antal personer i hushåll	Svarsfrekvens
1	4
2	6
3	0
4	2
5	1

Fråga två, om hyresgästerna vet vad deras energi- och vattenförbrukning är i nuläget visas i figur 15 och resultatet visar att en majoritet på 77 % uppger att de inte har koll.

Vet du vad din energi- och vattenförbrukning är i nuläget?

Answered: 13 Skipped: 0



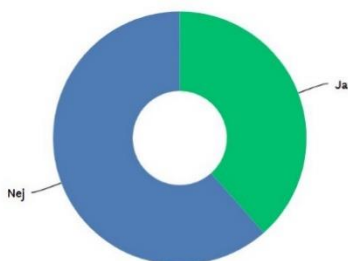
SVARSVAL	SVAR	
Ja	23,08%	3
Nej	76,92%	10
TOTALT		13

Figur 15: Resultat från enkätfråga 2

Fråga tre, om hyresgästerna vet när deras vatten- och energiförbrukning går upp och ner under året, visas i figur 16 och resultatet visar att en majoritet på 62 % uppger att de inte har koll på detta.

Vet du när din vatten- och energiförbrukning går upp och ner under året?

Answered: 13 Skipped: 0



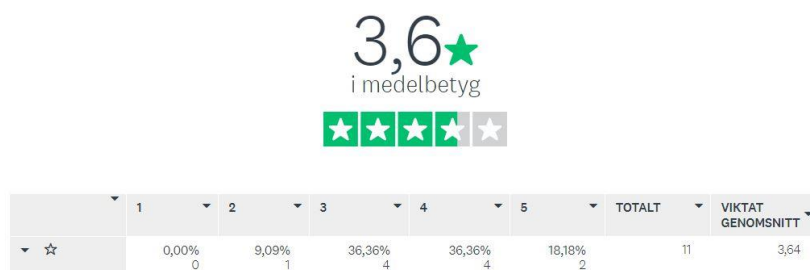
SVARSVAL	SVAR	
Ja	38,46%	5
Nej	61,54%	8
TOTALT		13

Figur 16: Resultat från enkätfråga 3

Fråga fyra, hur intressant det är för hyresgästerna att i en mobilapplikation följa sin energiförbrukning, visas i figur 17. Resultatet visar ett snitt på 3,6/5 med en majoritet av svar som valt 3 och 4. Två personer valde 5 och en person 2.

Hur intressant skulle det vara att kunna följa hela din energiförbrukning direkt i en mobilapplikation?

Answered: 11 Skipped: 2

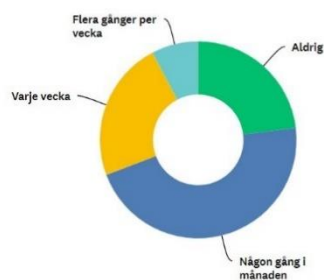


Figur 17: Resultat från enkätfråga 4

Fråga fem, hur ofta hyresgästerna använt denna mobilapplikation, visas i figur 17. Resultatet visar att flest personer, 46,15 %, hade använt applikationen någon gång i månaden och att användning varje dag och flera gånger per vecka inte var lika aktuellt.

Hur ofta hade du använt denna applikation?

Answered: 13 Skipped: 0



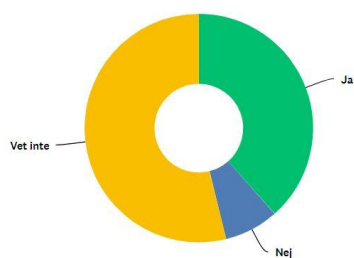
SVARSVAL	SVAR
Aldrig	23,08% 3
Någon gång i månaden	46,15% 6
Varje vecka	23,08% 3
Flera gånger per vecka	7,69% 1
Varje dag	0,00% 0
TOTALT	13

Figur 18: Resultat från enkätfråga fem

Fråga sex och sju, om hyresgästerna hade minskat sin energiförbrukning från ventilation om de haft koll på hur mycket det drar i energi respektive kostnad i kronor visas i figur 19 respektive figur 20. Resultatet visar att flest personer inte vet om energiförbrukningen minskat om de vetat vad ventilationen dragit, 54 % då det varit i energi och 62 % i kronor. Fler personer anser att de hade sänkt sin energiförbrukning än de som anser att de inte gjort det, 38 % respektive 8 % för energi och 31 % respektive 8 % för kronor.

Om du hade haft koll på hur mycket ventilation drar i energi, hade det minskat din energiförbrukning?

Answered: 13 Skipped: 0

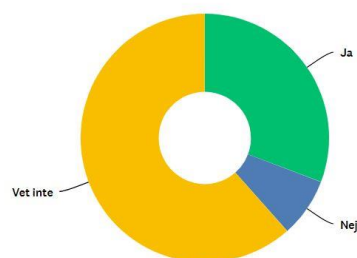


SVARSVAL	SVAR	
Ja	38,46%	5
Nej	7,69%	1
Vet inte	53,85%	7
TOTALT		13

Figur 19: Resultat från enkätfråga sex

Om du hade haft koll på hur mycket ventilation drar i kronor direkt från mobilen, hade det minskat din energiförbrukning?

Answered: 13 Skipped: 0



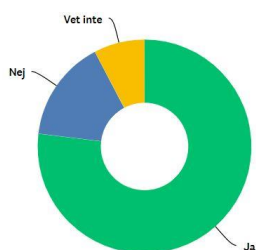
SVARSVAL	SVAR	
Ja	30,77%	4
Nej	7,69%	1
Vet inte	61,54%	8
TOTALT		13

Figur 20: Resultat från enkätfråga sju

Fråga åtta, om hyresgästerna hade ändrat sina vanor hur de förbrukar vatten om de haft koll på sin vattenförbrukning, visas i figur 21. Majoriteten på 77 % svarade att de ändrat sina vanor medan 15 % inte hade gjort det. 8 % vet inte om de hade ändrat sina vanor.

Om du kunde mäta och se din vattenförbrukning direkt i mobilen, skulle detta ändra din vana hur du förbrukar vatten?

Answered: 13 Skipped: 0



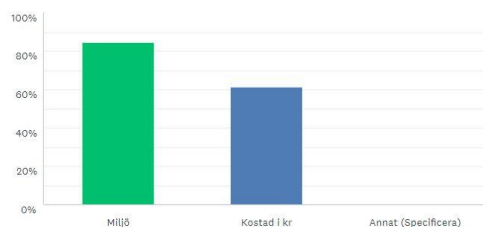
SVARSVAL	SVAR	
Ja	76,92%	10
Nej	15,38%	2
Vet inte	7,69%	1
<b>TOTALT</b>		<b>13</b>

Figur 21: Resultat från enkätfråga åtta

Fråga nio, vad som motiverade hyresgästerna att minska sin energiförbrukning (att välja flera alternativ var tillåtet), visas i figur 22. Sex personer valde både miljö och kostnad i kronor, två personer valde endast kostnad i kronor och fem personer endast miljö.

Vad motiverar dig till att minska din energiförbrukning? (Att välja flera alternativ är tillåtet)

Answered: 13 Skipped: 0



SVARSVAL	SVAR	
Miljö	84,62%	11
Kostad i kr	61,54%	8
Annat (Specificera)	Svar 0,00%	0
<b>Totalt antal svarande: 13</b>		

Figur 22: Resultat från enkätfråga nio

## 5.5 Kylanläggning

Kylanläggningen är beräknad att dra totalt 750 kWh/år. Detta fördelas på de månader som lägenhetsbyggnaden behöver kyla vilket är maj till augusti. Det blir därför en energiförbrukning på 187,5 kWh/månad med eventuella energiförluster från värme, ventilation och sanitet. Installationskostnaden för kylanläggningen är antagen att bli runt 220000 kr för de tolv lägenheterna i hus A.

En eldriven kylanläggning som är i drift 1000 h/år med ett COP på 3,5 skulle istället dra 10000 kWh/år. Detta blir en besparing på 9250 kWh/år vid användning av kylanläggning kopplad till borrhål i marken, en besparing på 92,5% elenergi.

### 5.6 Dagvatten till WC-spolning

I figur 6, i avsnitt 2.6.2, går det se att under januari 2020 och oktober 2019 var nederbörden i Växjö ungefär 95 mm medan det i april 2019 knappt föll 4 mm, resten av året varierade nederbörden däremellan. Den totala nederbörden, från februari 2019 till januari 2020, i Växjö var 794 mm.

Volymen dricksvatten som kan ersättas med regnvatten under ett år blir drygt 126 m<sup>3</sup> och användningen av dricksvatten sänks därmed med 29 % från 438 m<sup>3</sup> till 312 m<sup>3</sup>. Den totala kostnaden under ett år sänks med 3015 kronor och går från 10402 kronor till 7 287 kronor per år.

## 6. Diskussion

Här diskuteras projektets resultat på de olika delmomenten.

### 6.1 Batterisystem

Här sammanfattas och analyseras batterisystemet resultat med avseende på LCC-kalkylen och energibalans.

#### 6.1.1 Batteri - energibalans

En svårighet med elproduktion med solceller är att produktionen ofta tidsmässigt inte sammanfaller med konsumtionen. Simulering som gjorts visar att den så kallade egenkonsumtionen är relativt låg. Ur ett ekonomiskt perspektiv är det ogynnsamt att sälja produktionsöverskottet på nätet och sedan köpa tillbaka el till högre pris när behov uppstår. Mer gynnsamt är det om man som producent har möjlighet att lagra sitt elöverskott tills elbehov uppstår.

Lagringslösningen med batterier som projektet räknat på är baserat på tre batteripaket med total lagringskapacitet om 126 kWh. Jämfört med fastighetens totala årskonsumtion om ca 43000 kWh kan detta verka som en låg kapacitet. Men i själva verket motsvarar detta ca en dags total elkonsumtion för fastighetsel och hushållsel. Under april till augusti råder ett produktionsöverskott, och i teorin är fastigheten under denna period självförsörjande med både hushålls och fastighetsel, men förutsätter att solen skiner tillräckligt mycket varje dag så batterierna kan återuppladdas.

Resterande månader råder ett produktionsunderskott och solpanelerna täcker inte fastighetens totala elbehov. Däremot täcker den producerade elen det teoretiska behovet av fastighetsel på månadsbasis även under mars, september och oktober. Resterande månader köps huvuddelen av fastighetens el in från nätet.

Utöver att höja egenkonsumtionen har lagringslösningen med batteri ytterligare fördelar. Dels är fastigheten mindre känslig för avbrott och störningar i den nätdistribuerade strömförsörjningen. Dels ger lagringslösningen en viss möjlighet att bestämma när i tid som el ska tas från nätet. Under vissa tider på dygnet är elnätet ansträngt av hög belastning. Med en egen lagringslösning kan konsumenten själv styra när ström ska tas från elnätet, och när ström ska tas från batteri. Att en enstaka konsument har denna möjlighet påverkar inte elnätet nämnvärt, men om lagringslösningar för el blir mera spridd kan detta positivt påverka belastningen på elnätet.

### 6.1.2 Batterisystem - LCC

Resultatet av LCC-analysen för batterisystemet visar att de totala inkomsterna hamnar på knappt 700 000 kr och kostnaderna på knappt 1,9 miljoner kr, detta är exklusive eventuella bidrag som kan tillkomma. På grund av detta kan totalkostnaden minska. Kostnader kan tillkomma då batterikapaciteten under livslängden försämras och en rekonditionering kan vara aktuell av batterierna i huset. Samtidigt med det sökta bidraget, kan det utifrån hur man väljer att dela upp det över kylanläggning, batterisystem, digitalisering, solhybrider och dagvattenhantering bli en ren nettovinst.

Från LCC-kalkylen kan man också dra slutsats att man i absolut största mån vill undvika sälja överflödiga elenergi ut till nätet då under en 20 årig nyttjandetid endast ca 7000 kr gjordes till vinst på denna försäljning, det ska dock tilläggas att det aktuella priset är för året väldigt lågt och det kan antas att det i framtiden kommer gå att sälja el till nätet för en större summa i kronor per kWh än idag. Större vinster och besparingar görs dock på försäljning till egna hushållselen i lägenheterna samt att inte behöva köpa in elenergi till fastighetselen. Vinsten för försäljning av inköpt el till hushållselen är också relativt låg under nyttjandetiden sett till den totala kostnaden.

Totalt visade LCC-kalkylen att 140kg CO<sub>2</sub> per år, blir som konsekvens av behovet av inköpt elenergi från nätet. Då detta sätts i relation till det minskade behovet av inköpt elenergi får det ses som en markant minskning vilket också kunde urskiljas i figur 13.

## 6.2 Vätgassystem

Här sammanfattas och analyseras vätgassystemets resultat med avseende på LCC-kalkylen och energibalans.

### 6.2.1 Vätgas – Energibalans

Med den projekterade producerade effekten från solhybriderna kunde all fastighetsel försörjas för månaderna mars-oktober. Under månaderna april-augusti kan dessutom hushållselen helt täckas av solhybridernas elproduktion, med tillräckligt överflöd till elektrolysören för att producera den mängd vätgas som behövs för att täcka övriga månaders behov för fastighetsel, detta med ytterligare 1463 kWh värt av vätgas över till hushållsel.

Det ska påpekas, att eftersom ingen mätdata fanns för hushållselens verkliga konsumtion, utan det projekterade årliga hushållselbehovet fördelades jämnt över årets månader, är inte dessa värden helt tillförlitliga sett till hur mycket vätgas som kan produceras. Det kan antas att hushållselens behov betar sig någorlunda

likartat som fastighetselens behov, det vill säga lägre elkonsument under perioden april-augusti.

Detta leder till antagandet att vätgasproduktionen i själva verket är högre än den teoretiskt beräknade mängden och således att överflödet till hushållselens behov också är något lägre än den beräknade. Från den marginal som dock uppstår mellan solhybridernas elproduktion och fastighetselens behov på totalt 18392 kWh över ett år, anses det att trots de ovan nämnda felkällor i beräkningar att byggnaden är självförsörjande på elenergi med avseende på fastighetsel.

Ur ett miljöperspektiv är således ett energisystem med energilagring i vätgas en väldigt lovande teknik för ett större kommersiellt bruk. Detta speciellt i ett klimat som Sveriges, med majoriteten av årets soltimmar ojämnt fördelat över året. Vätgasens lagringsmöjligheter löser då de problem som uppstår där överflödet av solenergi från sommarmånaderna inte annars kan tas vara på under vintermånaderna.

#### 6.2.2 Vätgas – LCC

LCC-kalkylen från upphandlingsmyndigheten med avseende på vätgassystemet visar på höga kostnader sett till besparingar och inkomster från elproduktionen. Den totala investeringen över en 20-årig nyttjandeperiod blev 6 443 101kr och fördelat per år blir det således en årlig kostnad på 322 155kr. För vätgassystemet kan det sökta bidraget från boverket också bidra till en lägre total kostnad beroende på hur bidraget fördelas över de olika delarna i husets energisystem och dagvattenhantering. CO<sub>2</sub>-avtrycket kan också efter givna förutsättningar (vätgassystemet skulle endast försörja behovet av fastighetsel) antas vara noll med avseende på energianvändning.

LCC-kalkylen ger trots eventuella bidrag, bilden av att tekniken är en dyr investering sett till återbetalning. Med rätt utveckling och med en större etablering av den här typen av energisystem skulle priserna dock kunna antas minska. Förändringar i elpriser kan också förbättra utsikterna för en mer lukrativ investering, dagens elpriser är generellt låga och vid en prisökning blir det betydligt mer värdefullt att kunna producera sin egen energi.

Eftersom LCC-kalkylen som används är generell ger den en god basöverblick över kostnaden för investering utefter de förutsättningar som getts, men resultatet skulle kunna se annorlunda ut med andra mer omfattande modeller. Dessa ställer dock högre krav på tillgängliga mätdata, kostnader och erfarenhet från användare.

### 6.3 Digitaliseringsenkät

Resultatet från enkäten om digitalisering av en lägenhet visar att intresset av en applikation som visar individuell vatten- och energiförbrukning är relativt högt, i snitt 3,6/5. Resultatet visade också skillnad i hur hyresgästerna svarade på fråga sex och åtta, om de hade minskat sin energiförbrukning från ventilation respektive vattenförbrukning, om de kunnat se förbrukningen i applikationen. De flesta svarade vet ej på frågor om ventilation men ja på vattenförbrukning. Detta kan bero på att vattenförbrukningen är lättare att styra över och att de inte vet hur lätt det är att påverka energiförbrukningen från ventilationen.

Majoriteten av hyresgästerna som svarade på fråga nio valde alternativet miljö som motivering till att minska sin vatten- och energiförbrukning, 38 % endast miljö och 46 % både miljö och kostnad i kronor. Kostnaden i kronor var viktigast för endast 15 %. Detta visar att miljön är något viktigare för hyresgästerna som svarade på enkäten men att en kombination av miljö och kostnad i kronor är störst motivation till en minskad energiförbrukning.

För att gå vidare i undersökningen kring digitalisering behöver denna tjänst brukas en viss tid för att kunna avgöra om tjänsten använts tillräckligt för att det ska bli lönsamt och därmed visa en minskning av energiförbrukning. Intresset för digitalisering ger en god ingångspunkt till minskad vatten- och energiförbrukning och vidare studier kan utföras då digitaliseringen data tagits fram.

### 6.4 Kylanläggning

Installeringen av kylanläggningen har en relativt hög investeringskostnad, men driftkostnaden är så pass låg att anläggningen i längden blir gynnsam. Det antogs att kostnaderna för en alternativ kylmetod driven av pumpar var ungefär samma, men med husets kylanläggning kunde energikostnaden i jämförelse minska med 92,5 %.

Komforten detta medför är ett mervärde för hyresgästerna och gör bostaden mer attraktiv. Även ur en miljömässig synpunkt är det en fördel att utnyttja borrhålets kyla istället för att köpa in el. En annan fördel är att vattnet från borrhålet kan utnyttjas till att höja verkningsgraden på dem installerade solhybriderna på fastigheten i Åseda och på så sätt producera mer solenergi.

### 6.5 Dagvattenhantering

Resultatet visar att användningen av dagvatten till spolning av toaletter i fastigheten i Åseda gör att en kostnadsbesparing på 3015 kronor kan göras och

det medför i en procentuell kostnadsbesparing på 29 %. Det är ingen större ekonomisk vinning men uttryckt i den volym dricksvatten som går att bespara under ett år framstår vinningen betydligt större, närmare bestämt 126 m<sup>3</sup>. Det skulle kunna användas till att försörja 170 personer med dricksvatten i ett år, om man räknar med att varje person dricker ungefär två liter vatten om dagen.

Att Sverige inte kommit lika långt i utvecklingen gällande uppsamling av regnvatten avsedd för hushållsbruk jämfört med andra länder kan bero på att kostnaden för dricksvatten i Sverige generellt är lägre. Detta går hand i hand med att även den ekonomiska vinningen blir lägre. En annan bidragande faktor skulle kunna vara att tillgången till vatten är större i Sverige jämfört med länder som Tyskland och Australien.

Som det ser ut nu används det insamlade vattnet i fastigheten i Åseda endast till spolning av toaletter men i framtiden skulle det kunna vara möjligt att införskaffa en större tank och samla in vatten från en större yta och på så sätt även kunna använda regnvatten till andra vattenkrävande sysslor i hemmet, till exempel tvättmaskiner.

## 7. Slutsats

Vätgassystemet kunde påvisa självförsörjning på fastighetsdelen för hela året och kunde samtidigt försörja hela husets energibehov för perioden april-augusti. Batterisystemet kunde vara självförsörjande under månaderna april-augusti. En slutsats som kan dras på LCC-kalkylerna är att det i dagsläget inte är någon ekonomisk vinning i att installera varken batterisystem eller vätgassystem och att det kan fortsätta behövas bidrag från myndigheter för en fortsatt utveckling av dessa. För att nå miljömål och stadgar kan det dock vara en nödvändighet att investera i energisystem likt dessa. Skulle tekniken kring dessa typer av energisystem användas mer globalt skulle priserna kunna sjunka och systemen skulle bli mer ekonomiskt hållbara.

Digitaliseringsenkäten indikerar på ett miljöintresse bland hyresgästerna och sina energi- och vattenförbrukningar. Resultatet från dagvattenhanteringen visar att även om inte behovet av WC-vatten helt kan tillgodoses, är det i längden en besparing och resulterar i en bättre hushållning av rent vatten. Kylanläggningen bidrar till en högre komfort i lägenheten med en försumbar driftkostnad.

### 7.1 Förbättringsmöjligheter

Några förbättringsmöjligheter som är av intresse skulle vara en mer omfattande LCC-kalkyl av såväl vätgas som batterisystem. Detta kräver en längre tidsperiod. Likaså skulle det vara av intresse att göra undersökningen på husets energisystem, kylanläggning, dagvattenhantering och digitalisering om ett par år när faktiska värden kan användas istället för projekterade. Det skulle generera i en mer verklighetstrogen bild av huset.

## ettareferenser

- [1] Naturvårdsverket, "naturvardsverket.se," 12 December 2019. [Online]. Available: [naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Sveriges-klimatlag-och-klimatpolitiska-ramverk/](http://naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Sveriges-klimatlag-och-klimatpolitiska-ramverk/). [Använd 12 April 2020].
- [2] Energimyndigheten, "energimyndigheten.se," 3 Juni 2019. [Online]. Available: <http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilag/>. [Använd 12 April 2020].
- [3] Energimyndigheten, "energimyndigheten.se," 19 September 2017. [Online]. Available: <http://www.energimyndigheten.se/nrp/incitament-for-energieffektivisering/metodstod/atgardsplaner-for-energieffektivisering/>. [Använd 15 April 2020].
- [4] Boverket, "boverket.se," 5 Februari 2020. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/bidrag--garantier/bidrag-som-inte-langre-gar-att-soka/stod-for-innovativt-och-hallbart-bostadsbyggande/>. [Använd 13 April 2020].
- [5] Uppvidingehus, "uppvidingehus.se," [Online]. Available: <https://www.uppvidingehus.se/om-o>. [Använd 12 April 2020].
- [6] Godahus, "godahus.se," [Online]. Available: [http://godahus.se/om\\_goda\\_hus.html](http://godahus.se/om_goda_hus.html). [Använd 12 April 2020].
- [7] Boverket, "boverket.se," 9 Januari 2019. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/>. [Använd 15 April 2020].
- [8] Vattenfall, "Är det möjligt att leva off grid - vattenfall," Vattenfall, [Online]. Available: <https://www.vattenfall.se/fokus/trender-och-innovation/kan-vi-leva-off-grid/>. [Använd 12 04 2020].
- [9] Wikipedia, "solcell," 12 03 2020. [Online]. Available: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Solcell>. [Använd 15 04 2020].
- [10] Energimyndigheten, "Olika typer av solceller," 17 01 2019. [Online]. Available: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/olika-typer-av-solceller/>. [Använd 17 04 2020].
- [1] nrel, "Best research-cell efficiency Chart," nrel, [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>. [Använd 17 04 2020].
- [1] jämtkraft, "Verkningsgrad för solceller i olika väderstreck," jämtkraft, [Online]. Available: <https://www.jamtkraft.se/kundservice/guider/solel/verkningsgrad/>. [Använd 17 04 2020].
- [1] Vätgas sverige, "Vätgas Sverige," 2020. [Online]. Available: [www.vatgas.se](http://www.vatgas.se).
- [1] Myfuelcell, "Framställning av vätgas," 2015. [Online]. Available: <https://www.myfuelcell.se/framstallning-av-vatgas/>.

- [1 X. Luo, "Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation," i *Applied Energy*, Elsevier, 2014, pp. 511-536.
- [1 E. Wennerberg, "Solcellssystem i kombination med batterilager," Uppsala 6] Universitet, Uppsala, 2017.
- [1 R. Luthander, "Photovoltaic self-consumption in buildings: A review," 7] *Applied Energy*, 15 03 2015. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914012859>. [Använd 18 05 2020].
- [1 P. Höök, "Flerdubblar livslängden på laddningsbara NiMH-batterier," 8] *Energinyheter*, 20 12 2018. [Online]. Available: <https://www.energinyheter.se/20190803/19887/flerdubblar-livslangden-pa-laddningsbara-nimh-batterier?fbclid=IwAR3oYzW77huhUxDziRogeuPd635QnfgsvRg79vyUACGuw5vcxMObGnET20>. [Använd 18 05 2020].
- [1 P. Wickman, Interviewee, *Zoom-konversation med energirevisor Per* 9] *Wickman*. [Intervju]. 21 April 2020.
- [2 Geotec, "Geoenergi är solenergi lagrad i marken," [Online]. Available: 0] <https://geotec.se/geoenergi/vad-ar-bergvarme-och-geoenergi/>. [Använd 18 05 2020].
- [2 Svenskt geoenergicentrum, "Så funkar geoenergi," 2020. [Online]. 1] Available: <http://geoenergicentrum.se/geoenergi-2/sa-funkar-geoenergi/>. [Använd 19 05 2020].
- [2 Svenskt geoenergicentrum, "Så funkar Geoenergi," 2020. [Online]. 2] Available: <http://geoenergicentrum.se/geoenergi-2/sa-funkar-geoenergi/>. [Använd 19 05 2020].
- [2 Nationalencyklopedin, "Värmeanläggning," [Online]. Available: 3] <https://www.ne.se/uppslagsverk/ordbok/svensk/v%C3%A4rmeanl%C3%A4ggning>. [Använd 19 05 2020].
- [2 Nationalencyklopedin, "Kylanläggning," [Online]. Available: 4] <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/kylanläggning>. [Använd 19 05 2020].
- [2 A. Campisano, "Urban rainwater harvesting systems: Research, 5] implementation and future perspectives," *Water Research*, vol. 115, pp. 195-209, 2017.
- [2 SMHI, "Nederbördsmängd Växjö," SMHI, 2020. [Online]. Available: 19. 6]
- [2 C. Lindau, Interviewee, *Hanläggare för abonnentfrågor på Uppvidinge* 7] *kommun*. [Intervju]. 13 05 2020.
- [2 Indoor energy, "Energimätning i fastigheter," 2020. [Online]. Available: 8] <https://indoor.se/tjanster/styr-och-reglerteknik/smarta-funktioner-for-fastigheter/>.

- [2] QT systems, "Mätning (IMD)," 2020. [Online]. Available: [https://www.qt-9systems.se/losningar/matning-imd?gclid=EAIaIQobChMI2r3L59vg6AIVF-WaCh3IoAAZEAAAYAiAAEgJgAvD\\_BwE](https://www.qt-9systems.se/losningar/matning-imd?gclid=EAIaIQobChMI2r3L59vg6AIVF-WaCh3IoAAZEAAAYAiAAEgJgAvD_BwE).
- [3] Svensk Ventilation, "FTX – Ventilation med värmeåtervinning," 2020. [Online]. Available: <http://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/ftx-varmeatervinning/>.
- [3] Svenska termoinstrument, "CO2-GIVARE," 2020. [Online]. Available: <https://www.svenskatermoinstrument.se/sortiment/transmitter-co-co2-o2-co2-givare.html>.
- [3] Upphandlingsmyndigheten, "Livscykelkostnader (LCC)," 2017. [Online]. Available: <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/omraden/lcc/>.
- [3] S. Efraimsson, "upphandlingsmyndigheten.se," 24 September 2018. [Online]. Available: <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/omraden/lcc/lcc-kalkyler/>. [Använd 13 Maj 2020].
- [3] P. Wickman och R. Gustafsson, Interviewees, *Zoom-möte med VD på Uppvidingehus och energirevisor från Godahus*. [Intervju]. 2020.
- [3] H.-O. Nilsson, Interviewee, *Mailkonversation med Hans-Olof Nilsson från Nilsson Energy*. [Intervju]. 22 April 2020.

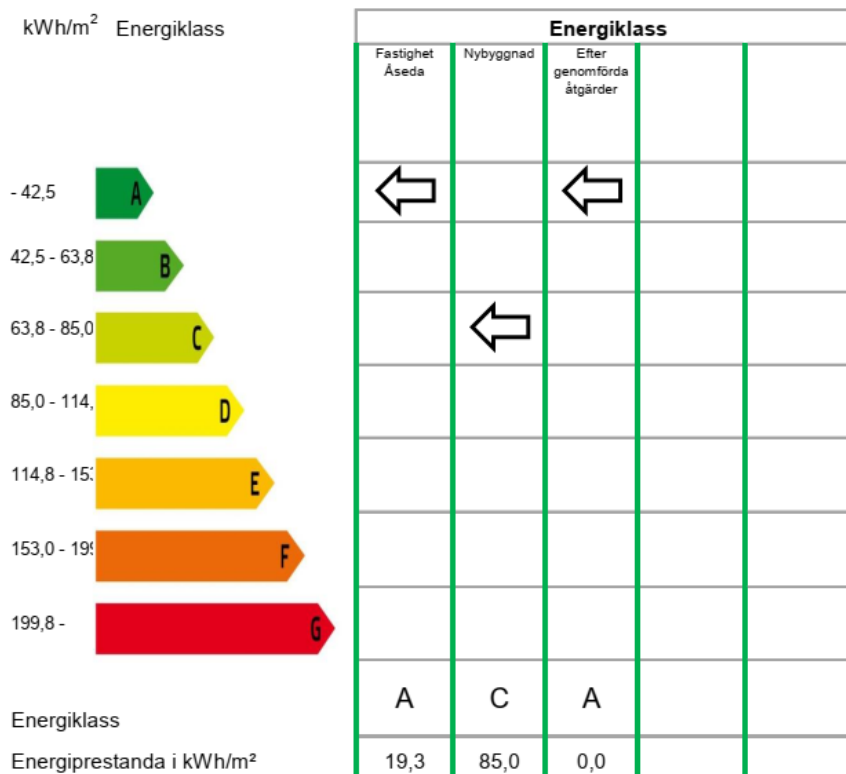


## Bilaga 2

Vätgassystem:

### EnergiRevisor

#### Rapport: Energiklass byggnad



#### Krav på IMD Värmemätning

Det föreligger inte krav på IMD Värmemätning före genomförande av åtgärder

Det föreligger inte krav på IMD Värmemätning efter genomförande av åtgärder

Det föreligger inte krav på IMD Värmemätning efter byte av uppvärmning

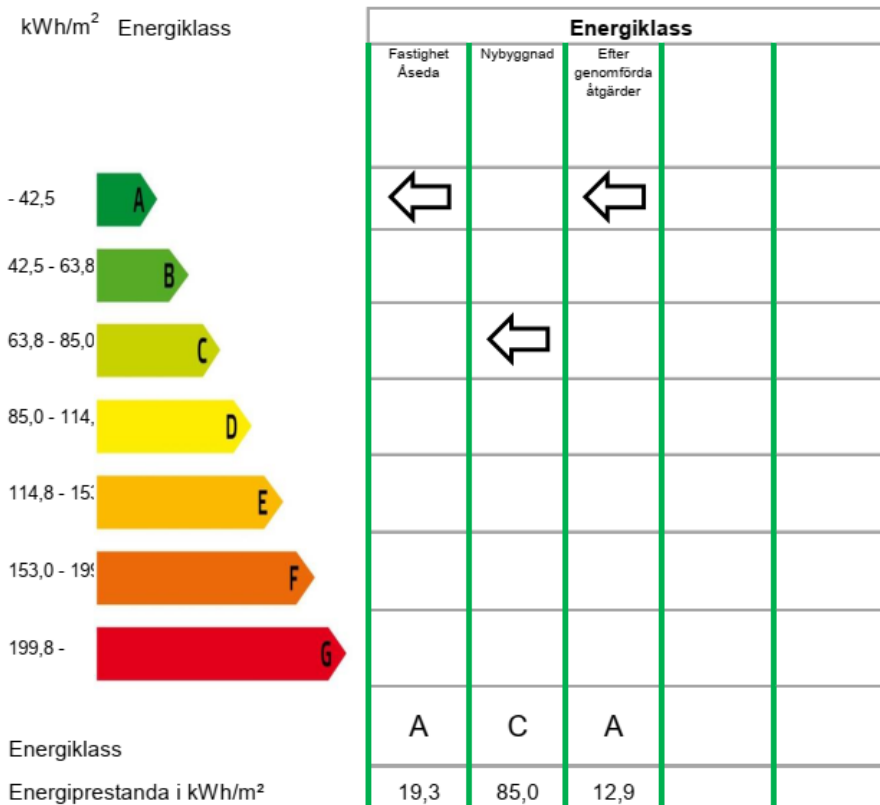
Nuvarande årliga koldioxidutsläpp 0,6 ton  
Metod för att värdera el: Nordisk medel

Årliga koldioxidutsläpp efter effektiviseringsåtgärder 0 ton

Batterisystem:

# EnergiRevisor

## Rapport: Energiklass byggnad



### Krav på IMD Värmemätning

Det föreligger inte krav på IMD Värmemätning före genomförande av åtgärder  
 Det föreligger inte krav på IMD Värmemätning efter genomförande av åtgärder  
 Det föreligger inte krav på IMD Värmemätning efter byte av uppvärmning

Nuvarande årliga koldioxidutsläpp 0,6 ton  
 Metod för att värdera el: Nordisk medelel

Årliga koldioxidutsläpp efter effektiviseringsåtgärder 0,1 ton

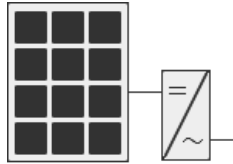
# Bilaga 3

## Professionell rapport

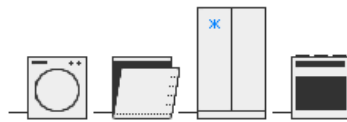
The resource of this report item is not reachable.

Åseda Järnvägsgatan

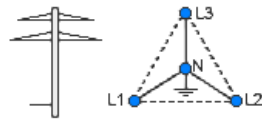
Åseda Järnvägsgatan 2019-11-15 hela anläggningen 45,36kW  
konsumtion15641kWh/år



Solel: PLM-315M-60  
Antal moduler: 144  
Total nominell effekt DC: 45,36 kW



Antal elektriska konsumtionsprofiler: 3  
Total konsumtion av profilerna: 15 641 kWh



Externt elnät: Trefas (230V/400V, 50 Hz, Y-koppling)  
Spänning lokalt ledningsnät: 400 V

Begränsning för inmatad aktiv effekt: nej

### Plats för anläggningen

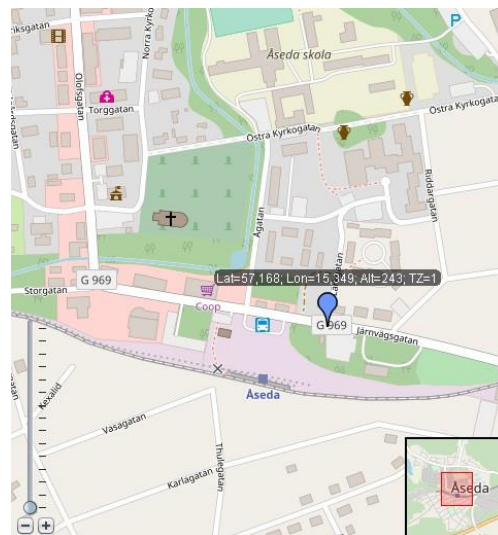
Åseda Järnvägsgatan 6  
Longitud: 15,349°  
Latitud: 57,168°  
Meter över havet: 243 m

### Denna rapport är skapad av:

Magnus Johansson  
Magnus Johansson

Tel: 0760-311106 Email: magnus@solhybrid.se

### Kartans sektioner



### Systemöversikt (årsvärden)

Total strömförbrukning [Ecs]	15 641 kWh
------------------------------	------------

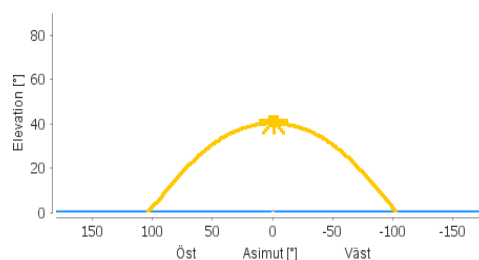
### Översikt solex (årsvärden)

Total bruttoyta	234,7 m <sup>2</sup>
Energiproduktion DC [Qpvf]	34 719,9 kWh
Energiproduktion AC [Qinv]	33 798,7 kWh
Total nominell effekt DC	45,36 kW
Performance ratio	83,3 %
Specifik årligt utbyte	745 kWh/kWp
Obalans fas	0 kVA
Reaktiv energi [Qinvr]	0 kvarh
Skenbar energi [Qinva]	33 798,7 kVAh
CO2 besparing	18 130 kg

### Översikt elektricitet (årliga värden)

Årlig konsumtion	15 641 kWh
Egenkonsumtion	5 202 kWh
Egenkonsumtionsandel	15,4 %
Autarkigrad	33,3 %

### Horisontlinje



### Väderdata-Översikt

Medeltemperatur utomhus	7,1 °C
Globalstrålning, årlig summa	929 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrålning, årlig summa	458 kWh/m <sup>2</sup>

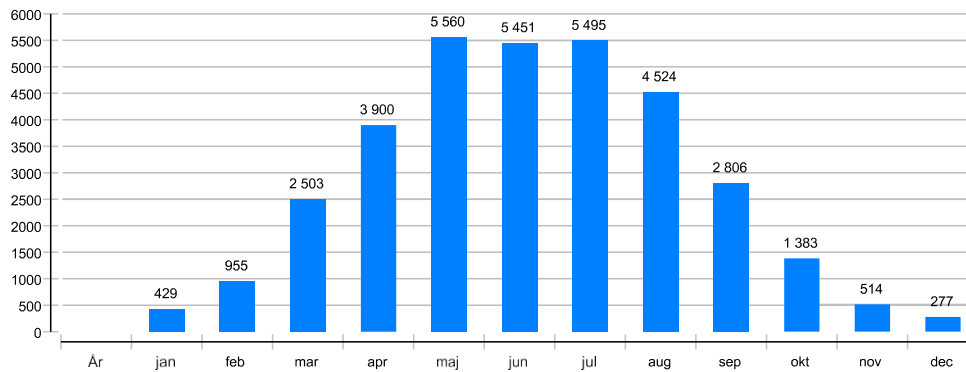
### Komponentöversikt (årsvärden)

Elektriska förbrukare 1	Standard	
Strömförbrukning [Ecs]	kWh	15 641
Profilernas strömförbrukning [Epcs]	kWh	15 641
Egenkonsumtion [Eocs]	kWh	5 202
Egenkonsumtionsandel [Rocs]	%	15,4
Autarkigrad [Raut]	%	33,3

Solel	PLM-315M-60	
Tillverkare		Perlight Solar Co. Ltd.
Faktakälla		Photovoltaikforum
Antal moduler		144
Antal moduler (dimensionering)		144
Total nominell effekt DC	kW	45,36
Total bruttoyta	m <sup>2</sup>	234,72
Växeriktare 1: Namn		Sunny Tripower STP 15000TL-10
Växeriktare 1: Tillverkare		SMA Solar Technology AG
Växeriktare 1: Antal faser		3
Projekt 1: Antal växeriktare		2
Projekt 1: A antal strängar		1
Projekt 1: A moduler per sträng		24
Projekt 1: A riktning	°	-90
Projekt 1: A lutning	°	30
Projekt 1: B antal strängar		1
Projekt 1: B moduler per sträng		24
Projekt 1: B riktning	°	90
Projekt 1: B lutning	°	30
Växeriktare 2: Namn		Sunny Tripower STP 15000TL-10
Växeriktare 2: Tillverkare		SMA Solar Technology AG
Växeriktare 2: Antal faser		3
Projekt 2: Antal växeriktare		1
Projekt 2: A antal strängar		1
Projekt 2: A moduler per sträng		24
Projekt 2: A riktning	°	-90
Projekt 2: A lutning	°	30
Projekt 2: B antal strängar		1
Projekt 2: B moduler per sträng		24
Projekt 2: B riktning	°	90
Projekt 2: B lutning	°	30
Total nominell effekt AC	kVA	45
Energiproduktion DC [Qpvf]	kWh	34 720
Energiproduktion AC [Qinv]	kWh	33 799
Specifik årligt utbyte	kWh/kWp	745
Reaktiv energi [Qinvr]	kvarh	0
Skenbar energi [Qinva]	kVAh	33 799
Kabelförluster [Qcb]	kWh	190
Derating växeriktare [Qderi]	kWh	0
Förluster beroende på derating [Qder]	kWh	0

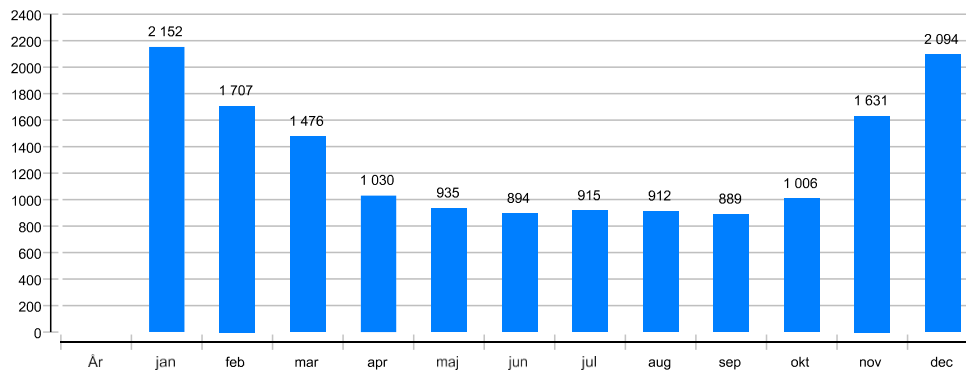
Utbyte solet AC [Qinv]

kWh



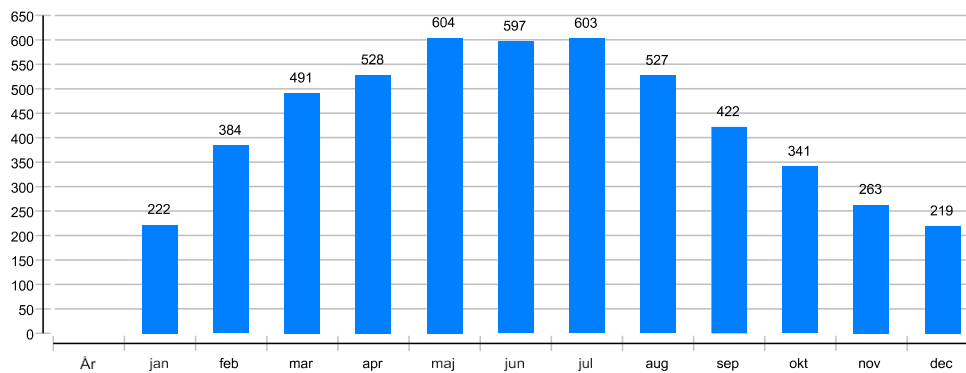
Total strömförbrukning [Ecs]

kWh



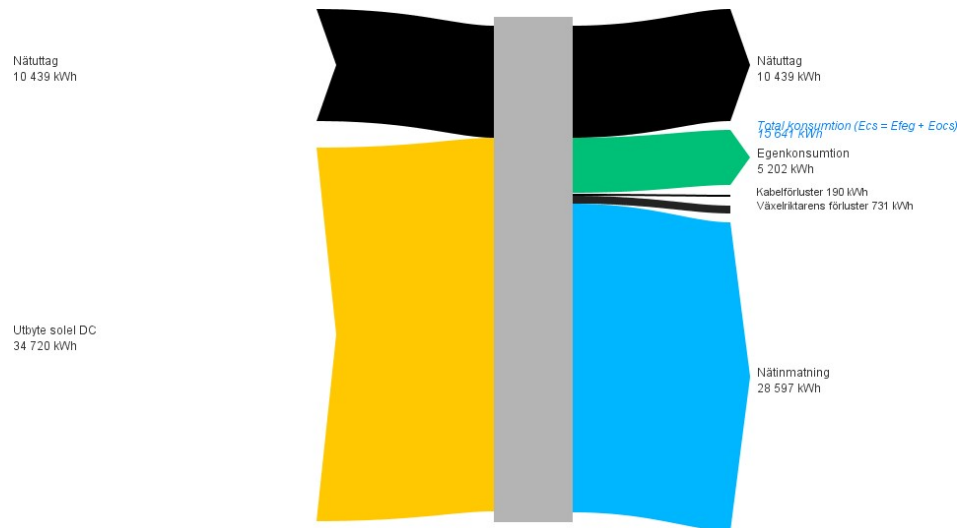
Egenkonsumtion [Eocs]

kWh



År	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	
<b>Utbyte solet DC [Qpvf]</b>													
kWh	34720	458	995	2575	3997	5688	5582	5625	4634	2884	1435	546	301
<b>Strålning på modulplanet [Esol PV]</b>													
kWh	209856	2767	5877	15015	23570	34198	33961	34563	28560	17498	8669	3331	1849
<b>Utbyte solet AC [Qinv]</b>													
kWh	33799	429	955	2503	3900	5560	5451	5495	4524	2806	1383	514	277
<b>Total strömförbrukning [Ecs]</b>													
kWh	15641	2152	1707	1476	1030	935	894	915	912	889	1006	1631	2094
<b>Egenkonsumtion [Eocs]</b>													
kWh	5202	222	384	491	528	604	597	603	527	422	341	263	219

Diagram över energiflöden (årlig balans)



## Bilaga 4

### Åseda

57°10'05", 15°20'57" ↘

6 Järnvägsgatan, Åseda, Kronobergs län, Sweden

Time zone: UTC+01, Europe/Stockholm [CET], Daylight saving time not considered



Open detail



Bookmark



Share



Reports

#### SITE INFO



##### Map data

Per year ↘

Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	<b>998</b>	kWh/kWp ↘
Direct normal irradiation	DNI	<b>954</b>	kWh/m <sup>2</sup> ↘
Global horizontal irradiation	GHI	<b>968</b>	kWh/m <sup>2</sup> ↘
Diffuse horizontal irradiation	DIF	<b>507</b>	kWh/m <sup>2</sup> ↘
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI <sub>opta</sub>	<b>1169</b>	kWh/m <sup>2</sup> ↘
Optimum tilt of PV modules	OPTA	<b>40 / 180</b>	°

# Bilaga 5

## Bilaga 5A

hus med inverterstyrd berg-/markvärmepump och FTX-ventilation

Data ifyllda av: **Per Wickman Kvalificerad certifierad Energig** version 7.1 filb  
Datum: **2020-05-12**

Fritextruta/kommentarer:

Flerfamiljshus hus A Aseda 12:1 Digitalisering=mätning av energieffektiv varmvatten enl Ben-närvarostyrning av ventilation med CO 2 givare i varje lägenhet  
Köpt el=12882 kwh/m2 efter digitalisering - med reduktion för solceller/solhybrider inkl värme borrhål ökat till 130%  
El till kyla i lägenheter med 1450 kwh/år  
Enl nya värden Granflo och provtryckning varmvatten 20 kwh/m2 enl Boverket

INDATA		Typ av beräkning: <b>Projekterad byggnad</b> där alla färgmarkerade indata är projekterade värden.	
<b>Allmänt</b>		<b>Värmeproduktion</b>	
Hustillverkare:	<b>Uppvidingehus AB</b>	Antal värmepumpar	<b>1</b> (st)
Husmodell:	<b>Nybygg flerfamhus</b>	BVP6000inv	(-) (W/st)
Antal våningar:	<b>4</b>	COP/P <sub>varme, min</sub> 0/35°C	<b>3,60</b> <b>12000</b>
Antal lägenheter:	<b>12</b>	COP/P <sub>varme, nom</sub> 0/35°C	<b>3,70</b> <b>24000</b>
Typ av lägenheter:	<b>normala</b>	COP/P <sub>varme, max</sub> 0/35°C	<b>3,80</b> <b>30000</b>
Beställningsnummer:	<b>1</b>	COP/P <sub>varme, min</sub> 0/45°C	<b>3,40</b> <b>1000</b>
Ordernummer:	<b>1</b>	COP/P <sub>varme, nom</sub> 0/45°C	<b>3,50</b> <b>21000</b>
Kommun/klimator:	<b>Uppvidinge_Aseda</b>	COP/P <sub>varme, max</sub> 0/45°C	<b>3,60</b> <b>27000</b>
Geografisk justeringsfaktor:	<b>1,0</b>	COP/P <sub>varme, min</sub> 0/55°C	<b>3,30</b> <b>10000</b>
Fastighetsbeteckning:	<b>Aseda 12:1</b>	COP/P <sub>varme, nom</sub> 0/55°C	<b>3,40</b> <b>20000</b>
Adress:	<b>Aseda</b>	COP/P <sub>varme, max</sub> 0/55°C	<b>3,50</b> <b>25000</b>
Beställare:		Markvärmepump	<b>nej</b>
<b>Brukande</b>		Kollektorstorlek	<b>130</b> (%)
Trum, medel, uppv.säsong	<b>21,0</b> (°C)	Superheater, varmvatten	<b>ja</b>
Personvärme, specifik	<b>80</b> (W/person)	A-klassad brinepump	<b>ja</b>
Närvarotid, medel	<b>14</b> (h/dygn)	Tomgångseffekt VVB+VVC, el	<b>162</b> (W)
Varmvattenanv. specifik	<b>20</b> (kWh/(m <sup>2</sup> år))	Tomgångseffekt VVB+VVC, värme	<b>558</b> (W)
Antal personer	<b>30,0</b> (st)	varav intern värmeavgivning	<b>100</b> (%)
Hushållsel	<b>30</b> (kWh/(m <sup>2</sup> år))	Installerad eleffekt / värmepump	<b>8500</b> (W/st)
<b>Byggnad</b>		<b>Värmedistribution</b>	
T <sub>luft, medel</sub>	<b>6,2</b> (°C)	A-klassade cirk.pumpar	<b>ja</b>
Tidskonstant (τ)	<b>96</b> (h)	Pel cirk.pump, medel	<b>70</b> (W)
DVUT, aktuell	<b>-14,0</b> (°C)	Återkopplad reglering	<b>ja</b>
A <sub>temp</sub>	<b>932,0</b> (m <sup>2</sup> )	Vattenburen golvvärme	<b>900,0</b> (m <sup>2</sup> )
A <sub>garage</sub>	<b>0,0</b> (m <sup>2</sup> )	Max temp. fram vid DVUT	<b>35,0</b> (°C)
A <sub>zon, total</sub>	<b>1534,0</b> (m <sup>2</sup> )	Energieffektiva blandare	<b>ja</b>
Byggnadens tyngd	<b>lätt</b>	IMD av tappvarmvatten	<b>ja</b>
U <sub>m</sub>	<b>0,190</b> (W/(K m <sup>2</sup> ))	<b>Ventilation</b>	<b>FTX100</b>
UA <sub>tot</sub>	<b>291,5</b> (W/K)	Antal FTX-aggregat	<b>12</b> (st)
Lufttäthet q <sub>50</sub>	<b>0,19</b> (l/s m <sup>2</sup> )	Eleffektiv ventilation	<b>ja</b>
Avskärmning från vind	<b>måttlig</b> (-)	Pel fläktar, medel	<b>252</b> (W)
Passiv solinstråling	<b>normal</b> (-)	Spec. luftflöde, medel (q <sub>medel</sub> )	<b>0,2458</b> (l/s/m <sup>2</sup> )
Värmeeffektbehov, P <sub>tot</sub>	<b>13,95</b> (kW)	<b>Normaldrift</b>	
<b>Spisfläktar/käpor</b>	<b>F200</b>	Pel fläktar	<b>325</b> (W)
Luftflöde, forcerat / lgh	<b>40</b> (l/s)	Spec. luftflöde, inkl. garage	<b>0,35</b> (l/s/m <sup>2</sup> )
Pel, forcerat / lgh	<b>30</b> (W)	Spec. luftflöde, exkl. garage	<b>0,35</b> (l/s/m <sup>2</sup> )
Drifttid	<b>0,5</b> (h/dygn)	Luftflöde	<b>326,2</b> (l/s)
		SFP	<b>1,0</b> (W/l/s)
		<b>Reducerat flöde</b>	<b>ja</b>
		Frånvarotid	<b>10</b> (h/dygn)
		Pel fläktar	<b>150</b> (W)
		Spec. luftflöde	<b>0,10</b> (l/s/m <sup>2</sup> )
		Luftflöde	<b>93,2</b> (l/s)
		<b>Värmeåtervinning</b>	
		Nominellt flöde	<b>19,1</b> (l/s)
		Temp.verkn.grad (+7 °C)	<b>80,0</b> %
		<b>Avfrostning, Tute &lt;</b>	<b>-3,0</b> °C
		Temp.verkn.grad (DVUT)	<b>70,0</b> %
		<b>Solel</b>	<b>ja</b> <b>SOLEL 3</b>
		Totalt levererad solel	<b>33797</b> (kWh/år)
		Andel reduktion energianv. BBR 24	<b>4,9</b> (%)
		<b>Direktvärmekomplement</b>	
		Elektrisk för-/eftervärme FTX	<b>0</b> (kWh/år)
		Elektriska handdukstorkar	<b>0</b> st
		termostat och/eller timer	<b>nej</b>
		årlig energianvändning	<b>0</b> (kWh/år)
		Elgolvvärme (badrum/hall)	<b>0,0</b> m <sup>2</sup>
		termostat och/eller timer	<b>nej</b>
		årlig energianvändning	<b>0</b> (kWh/år)
		<b>Märkeffekt direktvärmekomplement</b>	<b>0</b> (W)
		Övrig fastighetsel	<b>1450</b> (kWh/år)
		varav intern värmeavgivning	<b>80</b> (kWh/m <sup>2</sup> år) (%)
		<b>UTDATA</b>	
		E hushållsel	<b>27960</b> (kWh/år)
		E ut värmesystem	<b>17157</b> (kWh/år)
		E varmvattenanv.	<b>18640</b> (kWh/år)
		E värmeläckage VVB	<b>4889</b> (kWh/år)
		E el fläktar	<b>2274</b> (kWh/år)
		E el cirk.pump, värmedistr.	<b>268</b> (kWh/år)
		E el vp kompressor+brinepump	<b>8890</b> (kWh/år)
		varav till värme	<b>4832</b> (kWh/år)
		E elpatron, tillskott	<b>0</b> (kWh/år)
		varav till värme	<b>0</b> (kWh/år)
		E direktvärmekomplement	<b>0</b> (kWh/år)
		<b>E el till värme, totalt</b>	<b>4832</b> (kWh/år)
		E övrig fastighetsel	<b>1450</b> (kWh/år)
		E red. p.g.a. solel (exkl. hush.el)	<b>1660</b> (kWh/år)
		E köpt energi (exkl. hushållsel)	<b>11222</b> (kWh/år)
		E köpt energi totalt, netto	<b>7045</b> (kWh/år)
		E energianvänd. (exkl. hush.el)	<b>44678</b> (kWh/år)
		E energianvändning, totalt	<b>72638</b> (kWh/år)
		E energibesparing värmepump	<b>31796</b> (kWh/år)
		<b>Primärenergital (EP<sub>net</sub>)</b>	<b>19,3</b> (kWh/m <sup>2</sup> /år)
		Kravnivå BBR 25 (BFS 2017:5)	<b>85</b> (kWh/m <sup>2</sup> /år)
		Energiklass BED 9 (BFS 2016:14)	<b>A</b>
		P el max vp kompr.+brinepump	<b>3,85</b> (kW)
		P elpatron, max, dim	<b>0,00</b> (kW)
		P direktvärmekomplement	<b>0,00</b> (kW)
		<b>Dim. eleffekt för uppvärmning</b>	<b>3,85</b> (kW)
		<b>Installerad eleffekt, totalt</b>	<b>8,50</b> (kW)
		Kravnivå BBR 25 (BFS 2017:5)	<b>24,55</b> (kW)

# Bilaga 5B

## hus med inverterstyrd berg-/markvärmepump och FTX-ventilation

Data ifyllda av: **Per Wickman Kvalificerad certifierad energislag**  
 Datum: **2020-05-12**

Fritextruta/kommentarer:

Flerfamiljshus hus A Aseda 12:1 Digitalisering=mätning av energieffektiv varmvatten enl Ben-närvarostyrning av ventilation med CO 2 givare i varje lägenhet köpt el=12882 kwh/m2 efter digitalisering - med reduktion för solceller/solhybrider inkl värme borrhål ökat till 130%  
 El till kyla i lägenheter med 1450 kwh/år  
 Enl nya värden Granflo och provtryckning varmvatten 20 kwh/m2 enl Boverket

INDATA		Typ av beräkning: <b>Projekterad byggnad</b> där alla färgmarkerade indata är projekterade värden.	
<b>Allmänt</b>		<b>Värmeproduktion</b>	
Hustillverkare:	<b>Uppvidingehus AB</b>	Antal värmepumpar	<b>1</b> (st)
Husmodell:	<b>Nybygg flerfamhus</b>	<b>BVP6000Inv</b>	(-) (W/st)
Antal våningar:	<b>4</b>	COP/P <sub>varme,min</sub> 0/35°C	<b>3,60 12000</b>
Antal lägenheter:	<b>12</b>	COP/P <sub>varme,norm</sub> 0/35°C	<b>3,70 24000</b>
Typ av lägenheter:	<b>normala</b>	COP/P <sub>varme,max</sub> 0/35°C	<b>3,80 30000</b>
Beställningsnummer:	<b>1</b>	COP/P <sub>varme,min</sub> 0/45°C	<b>3,40 1000</b>
Ordernummer:	<b>1</b>	COP/P <sub>varme,norm</sub> 0/45°C	<b>3,50 21000</b>
Kommun/klimatort:	<b>Uppvidinge_Aseda</b>	COP/P <sub>varme,max</sub> 0/45°C	<b>3,60 27000</b>
Geografisk justeringsfaktor:	<b>1,0</b>	COP/P <sub>varme,min</sub> 0/55°C	<b>3,30 10000</b>
Fastighetsbeteckning:	<b>Aseda 12:1</b>	COP/P <sub>varme,norm</sub> 0/55°C	<b>3,40 20000</b>
Adress:	<b>Aseda</b>	COP/P <sub>varme,max</sub> 0/55°C	<b>3,50 25000</b>
Beställare:		Markvärmepump	<b>nej</b>
<b>Brukande</b>		Kollektorstorlek	<b>130</b> (%)
Trum, medel, upp.v.säsong	<b>21,0</b> (°C)	Superheater, varmvatten	<b>ja</b>
Personvärme, specifik	<b>80</b> (W/person)	A-klassad brinepump	<b>ja</b>
Närvarotid, medel	<b>14</b> (h/dygn)	Tomgångseffekt VVB+VVC, el	<b>162</b> (W)
Varmvattenanv. specifik	<b>12</b> (kWh/(m <sup>2</sup> år))	Tomgångseffekt VVB+VVC, värme	<b>558</b> (W)
Antal personer	<b>30,0</b> (st)	varav intern värmeavgivning	<b>5,2</b> (kWh/m <sup>2</sup> år)
Hushållsel	<b>30</b> (kWh/(m <sup>2</sup> år))	Installerad eleffekt / värmepump	<b>100</b> (%)
<b>Byggnad</b>			<b>8500</b> (W/st)
T <sub>ute,medel</sub>	<b>6,2</b> (°C)	<b>Värmedistribution</b>	
Tidskonstant (τ)	<b>96</b> (h)	A-klassade cirk.pumpar	<b>ja</b>
DVUT, aktuell	<b>-14,0</b> (°C)	Pel cirk.pump, medel	<b>70</b> (W)
A <sub>temp</sub>	<b>932,0</b> (m <sup>2</sup> )	Återkopplad reglering	<b>0,7</b> (kWh/m <sup>2</sup> år)
A <sub>porrage</sub>	<b>0,0</b> (m <sup>2</sup> )	Vattenburen golvvärme	<b>900,0</b> (m <sup>2</sup> )
A <sub>vent,totall</sub>	<b>1534,0</b> (m <sup>2</sup> )	Max temp. fram vid DVUT	<b>35,0</b> (°C)
Byggnadens tyngd	<b>lätt</b>	Energieffektiva blandare	<b>ja</b>
U <sub>m</sub>	<b>0,190</b> (W/(K m <sup>2</sup> ))	IMD av tappvarmvatten	<b>ja</b>
UA <sub>tot</sub>	<b>291,5</b> (W/K)	<b>Ventilation</b>	<b>FTX100</b>
Lufttäthet q <sub>50</sub>	<b>0,19</b> (l/(s m <sup>2</sup> ))	Antal FTX-aggregat	<b>12</b> (st)
Avskärmning från vind	<b>måttlig</b> (-)	Eleffektiv ventilation	<b>ja</b>
Passiv solinstrålning	<b>normal</b> (-)	Pel fläktar, medel	<b>252</b> (W)
Värmeeffektbehov, P <sub>tot</sub>	<b>13,95</b> (kW)	varav via separat F-vent.	<b>2,4</b> (kWh/m <sup>2</sup> år)
<b>Spisfläktari-kåpor</b>	<b>F200</b>	Spec. luffflöde, medel (q <sub>max,del</sub> )	<b>0,0</b> (l/s)
Luftflöde, forcerat / lgh	<b>40</b> (l/s)	<b>Normaldrift</b>	
Pel, forcerat /lgh	<b>30</b> (l/s)	Pel fläktar	<b>325</b> (W)
Drifttid	<b>0,5</b> (h/dygn)	Spec. luffflöde, inkl. garage	<b>0,35</b> (l/s/m <sup>2</sup> )
		Spec. luffflöde, exkl. garage	<b>0,35</b> (l/s/m <sup>2</sup> )
		Luftflöde	<b>326,2</b> (l/s)
		SFP	<b>1,0</b> (W/l/s)
		<b>Reducerat flöde</b>	<b>ja</b>
		Frånvarotid	<b>10</b> (h/dygn)
		Pel fläktar	<b>150</b> (W)
		Spec. luffflöde	<b>0,10</b> (l/s/m <sup>2</sup> )
		Luftflöde	<b>93,2</b> (l/s)
		<b>Värmeåtervinning</b>	
		Nominellt flöde	<b>19,1</b> (l/s)
		Temp.verkn.grad (+7 °C)	<b>80,0</b> %
		Temp.verkn.grad (DVUT)	<b>-3,0</b> °C
		Avfrostning, Tute <	
		Temp.verkn.grad (DVUT)	<b>70,0</b> %
		<b>Solel</b>	
		Totalt levererad solet	<b>ja 33797</b> (kWh/år)
		Andel reduktion energianv. BBR 24	<b>4,3</b> (%)
		<b>Direktelvärm, komplement</b>	
		<b>Elektrisk för-/eftervärme FTX</b>	<b>0</b> (kWh/år)
		<b>Elektriska handduktorkar</b>	<b>0</b> st
		termostat och/eller timer	<b>nej</b>
		årlig energianvändning	<b>0</b> (kWh/år)
		<b>Elgolvvärme (badrum/hall)</b>	<b>0,0</b> m <sup>2</sup>
		termostat och/eller timer	<b>nej</b>
		årlig energianvändning	<b>0</b> (kWh/år)
		<b>Märkeffekt direktelvärm</b>	<b>0</b> (W)
		<b>Övrig fastighetsel</b>	<b>1450</b> (kWh/år)
		varav intern värmeavgivning	<b>1,6</b> (kWh/m <sup>2</sup> år)
			<b>80</b> (%)
		<b>UTDATA</b>	
		E hushållsel	<b>27960</b> (kWh/år)
		E ut värmesystem	<b>17157</b> (kWh/år)
		E varmvattenanv.	<b>11184</b> (kWh/år)
		E värmeläckage VVB	<b>4889</b> (kWh/år)
		E el fläktar	<b>2274</b> (kWh/år)
		E el cirk.pump, värmedistr.	<b>268</b> (kWh/år)
		E el vp kompressor+brinepump	<b>7269</b> (kWh/år)
		varav till värme	<b>4832</b> (kWh/år)
		E elpatron, tillskott	<b>0</b> (kWh/år)
		varav till värme	<b>0</b> (kWh/år)
		E direktelvärm, komplement	<b>0</b> (kWh/år)
		<b>E el till värme, totalt</b>	<b>4832</b> (kWh/år)
		E övrig fastighetsel	<b>1450</b> (kWh/år)
		E red. p.g.a. solet (exkl. hush.el)	<b>1457</b> (kWh/år)
		E köpt energi (exkl. hushållsel)	<b>9804</b> (kWh/år)
		E köpt energi totalt, netto	<b>5424</b> (kWh/år)
		E energianvändn. (exkl. hush.el)	<b>37222</b> (kWh/år)
		E energianvändning, totalt	<b>65182</b> (kWh/år)
		E energibesparing värmepump	<b>25961</b> (kWh/år)
		<b>Primärenergital (EP<sub>net</sub>)</b>	<b>16,8</b> (kWh/m <sup>2</sup> /år)
		Kravnivå BBR 25 (BFS 2017:5)	<b>85</b> (kWh/m <sup>2</sup> /år)
		Energi klass BED 9 (BFS 2016:14)	<b>A</b>
		P el max vp kompr.+brinepump	<b>3,85</b> (kW)
		P elpatron, max. dim	<b>0,00</b> (kW)
		P direktelvärm	<b>0,00</b> (kW)
		<b>Dim. eleffekt för uppvärmning</b>	<b>3,85</b> (kW)
		<b>Installerad eleffekt, totalt</b>	<b>8,50</b> (kW)
		Kravnivå BBR 25 (BFS 2017:5)	<b>24,55</b> (kW)

# Bilaga 6



												Year	Month	Full day	
Line	Description	Unit	Total	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
24	Vätgas produktion vid direktdrift	Nm³	4009			5.5	15.4	25.4	27.5	26.1	21.0	9.8	0.3		
25	Vätgas produktion vid batteridrift	Nm³	19							0.6					
26	Total vätgasproduktion	Nm³	4028			171	461	789	826	827	652	293	9		
27	Termisk energi från elektrolysören	kWh t	4833			205	554	946	991	992	783	352	10		
<b>Bränslellskapacitet och vätgasförbrukning</b>															
28	Bränslecell drifttid per dygn	h	12												
29	Bränslecell kapacitet	kW		3.8	1.7									2.7	3.9
30	Bränslecell kapacitet *worst case*	kW		4.8	4.4									3.9	4.5
31	Termisk värme från bränslecellen reducerar et till värme pump	kWh													
32	Bränslecell vätgas konsumtion	Nm³	3709	1191	485									809	1223
33	Elektrisk energi från bränslecellen	kWh	4415	1418	578									963	1456
34	Termisk energi från bränslecellen	kWh t	4636	1488	607									1012	1529
<b>Batteri</b>															
35	Total batteri kapacitet	kWh	24	23.5											
36	Kapacitet för drift av maximal nattförbrukning	kWh	24	23.5											
37	Kapacitet för elektrolysör drift	kWh	3							3.3					
<b>Kompressor</b>															
38	Kompressor kapacitet	Nm³/h	4												
39	Total drifttid på kompressor	h	1007			1.4	3.8	6.4	6.9	6.7	5.3	2.4	0.1		
<b>Vätgaslagring</b>															
40	Lagringstryck @ 20° C	bar	300												
41	Vikt på vätgasen	kg	358												
42	Lagringsbehov i vattenvolym	m³	18.6			0.8	2.1	3.7	3.8	3.8	3.0	1.4			
43	Tryckkärl 1 925L L=6.6m - Diam 0.74m	st	9.7			0.4	1.1	1.9	2.0	2.0	1.6	0.7			

Created: 2020-05-07  
Nilsson Energy: HO00119

Page 2/2

ver5 - Run date: 2020-05-12  
Uppvidingeus - Linnéuniversitetet



												Year	Month	Full day	
Line	Description	Unit	Total	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Projekt</b>															
0	Uppvidingeus - Linnéuniversitetet														
<b>Väderdata</b>															
1	Sollimmar	h	1440	34.0	63.0	100.0	151.0	214.0	218.0	202.0	193.0	125.0	72.0	45.0	23.0
2	Medel dyngstemperatur	°C	7.9	-0.6	-0.5	2.0	6.0	11.5	15.4	16.8	16.5	13.1	9.1	4.5	1.1
<b>Förnybar energi</b>															
3	Indikering på installerad solcellseffekt	kWp	45												
4	Total solcellsproduktion	kWh	33797	429	955	2503	3900	5560	5451	5495	4524	2806	1383	514	277
5	Snitt solcellsproduktion per dag	kWh		14	34	81	130	179	182	177	146	94	45	17	9
<b>Fastighet - Energiförbrukning</b>															
6	Värme	kWh	4661	792	606	559	418	280	47	47	47	280	373	513	699
7	Tappvarmvatten	kWh	4050	344	311	344	333	344	333	344	344	333	344	333	344
8	Fläktar	kWh	2708	230	208	230	223	230	223	230	230	223	230	223	230
9	Pumpar	kWh	1728	147	132	147	142	147	142	147	147	142	147	142	147
10	Golvvärme	kWh	810	138	104	97	73	49	8	8	8	49	65	89	122
11	Övrig fastighetsel	kWh	1450	123	111	123	119	123	119	123	123	119	123	119	123
12	Total energikonsumtion i fastigheten	kWh	15405	57	53	48	44	38	29	29	29	38	41	47	54
13	Total installerad effekt i fastigheten	kW	1												
<b>Sammanfattning - Energiförbrukning</b>															
14	Total energikonsumtion dagtid	kWh	8968	33.7	30.9	28.3	25.4	21.9	16.6	16.5	16.5	22.1	24.0	27.7	31.6
15	Total energikonsumtion nattid	kWh	6437	23.5	21.7	20.1	18.2	15.9	12.5	12.5	12.5	16.1	17.3	19.6	22.1
16	Energi balans (månads medelvärde)	kWh		-45.7	-20.6	30.4	84.6	139.9	151.4	147.0	115.7	53.7	1.5	-32.1	-47.0
<b>Säsongslagring</b>															
17	Överskottsenergi att lagras i vätgas	kWh	22163			30.4	84.6	139.9	151.4	147.0	115.7	53.7	1.5		
18	Andel direktdrift av elektrolysör	kWh	22050			-30.4	-84.6	-139.9	-151.4	-143.4	-115.7	-53.7	-1.5		
19	Andel batteridrift av elektrolysör	kWh	102							-3.3					
<b>Elektrolysörkapacitet och vätgasproduktion</b>															
20	Elektrolysör kapacitet	Nm³/h	4.0												
21	Direktdrift av elektrolysören (sollimmar)	h	1002			1.4	3.8	6.4	6.9	6.5	5.3	2.4	0.1		
22	Batteridrift av elektrolysören	h	5							0.2					
23	Total drifttid på elektrolysören	h	1007			1.4	3.8	6.4	6.9	6.7	5.3	2.4	0.1		

Created: 2020-05-07  
Nilsson Energy: HO00119

Page 1/2

ver5 - Run date: 2020-05-12  
Uppvidingeus - Linnéuniversitetet

## Bilaga 7

Miljödata uppvärmning fastighet		Miljödata drivmedel			
Miljödata individuell uppvärmning, g/kWh					
Värmesyste	Svaveldioxid	Kväveoxid	Koldioxid	Stoft	VOC
Oljepanna	0,038	0,245	302	0,054	0,013
Kombipanna olja-el	0,038	0,245	302	0,054	0,013
Kombipanna pellets-el	0,002	0,338	4,396	0,121	0,108
Pelletspanna	0,002	0,338	4,396	0,121	0,108
Gaspanna	0,013	0,151	199,1	0,001	0,009
Fjärrvärme databas	0,155	0,330	0,000	0,013	0,080
Fjärrvärme ändrade uppgifter					
Fjärrvärmeföretag Solör Bioenergi Fjärrvärme AB					
Miljöutsläpp elanvändning g/kWh					
Metod för att beräkna utsläppen	Svaveldioxid	Kväveoxid	Koldioxid	Stoft	VOC
Nordisk medelel	0,049	0,057	0,8	0,009	0,011
Kolkondens på marginalen	0,606	0,371	795,8	0,224	0,017
Metod för att beräkna utsläpp vid elproduktion					
Nordisk medelel					



## Bilaga 9

Enkät digitalisering:

- 1. Hur många är ni i hushållet?**

Textsvar

- 2. Vet du vad din energi- och vattenförbrukning är i nuläget?**

Ja, Nej

- 3. Vet du när din - och energiförbrukning går upp och ner under året?**

Ja, Nej

- 4. Skulle det vara intressant att kunna följa hela din energiförbrukning direkt i en mobilapplikation från köpt el till husets producerade el från solceller?**

Inte alls – Väldigt Intressant

- 5. Hur ofta hade du använt denna applikation?**

Inte alls – Flera gånger i veckan

- 6. Om du hade haft koll på hur mycket ventilation och värmeelement drar i energi, hade det minskat din energiförbrukning?**

Ja, Nej, Vet inte

- 7. Om du hade haft koll på hur mycket ventilation och värmeelement drar i kronor direkt från mobilen, hade det minskat din energiförbrukning?**

Ja, Nej, Vet inte

- 8. Om du kunde mäta och se din vattenförbrukning direkt i mobilen, skulle detta kunna ändra din vana i hur du förbrukar vatten, dusch, WC etc.**

Ja, Nej, Vet inte

- 9. Vad motiverar dig till att minska din energiförbrukning (Kan kryssa flera alternativ).**

Miljö, Kostnad i kr, annat (specificera)

## Bilaga 10

### Digitalisering = energibesparing?



Hej! Vi är fyra studenter från Linnéuniversitetet i Växjö som på uppdrag av Uppvidingehus AB vill undersöka intresset för digitalisering av detta hus. Undersökningen tar max fem minuter och hade hjälpt oss vidare i vårt projektarbete. Allas åsikter är viktiga så alla i hushållet välkomnas till att svara på enkäten. För att svara på enkäten, vänligen scanna in QR-koden nedan med kameran i din mobiltelefon eller med en nerladdad QR-applikation.



