



Linnéuniversitetet

Institutionen för teknik

Rapport i kursen "Energisystem - Projekt"

Energimässig och ekonomisk jämförelse av energisystemen i två likvärdiga flerbostadshus



Författare: Maria Augustsson,
Erik Johansson, Ludvig Persson
och Nathalie Tofte

Handledare: Katarina Rupar-
Gadd, Per Wickman

Datum: 2020-06-07

Kurskod: 2BT006

Sammanfattning

Rapporten berör projekt Backgårdsgatan 1–11 i Vårgårda. Det berör ett bostadsområde med totalt 118 lägenheter som byggdes på 70-talet. Husen började sedan renoveras och rustades upp med ny klimatskärm, ventilation och va-installation för att nå så låg energiförbrukning som möjligt. De skulle även ha tillgång till solceller och vätgaslager för att bli så kallade nära-noll-hus. Två av husen, hus 1 och hus 5 står klara år 2020 där solcellsanläggningen är i bruk. Vätgasanläggningen väntar fortfarande på tillstånd och används därför inte för tillfället.

Rapportens syfte har två huvuddelar. Analysera och jämföra de färdiga husens energisystem och beräkna livscykelkostnader för byggnadernas energisystem (exklusive solceller och vätgaslagring). Därav är målet att ta reda på vilket av systemen som är mest lönsamt, dels gällande energianvändande samt ekonomiskt. Beräkningar görs med beräkningsprogrammet TMF Energi, samt energideklarationer, och livscykelkostnadsanalysen är gjord med hjälp av Upphandlingsmyndighetens generella kalkyl. Användning av solceller och vätgaslagring har inte räknats mer i beräkningarna i denna rapport.

Hus 5 har bättre konstruktion på ytterväggarna, en extra isoleringsplatta i markplan, samt bättre isolerade fönster, vilket har lett till att hus 5 är bättre isolerat än hus 1. Lufttätheten för hus 5 är även något bättre än hus 1. Båda byggnaderna har bergvärmepump och frånluftsventilation med värmeåtervinning. Värmeåtervinningen i hus 1 används för att värma vätskan i bergvärmepumpen, medan i hus 5 används frånluften i en luftvärmepump, för att värma vattnet som leds i radiatorkretsen. Energisystemet i hus 5 uppskattas vara mer effektivt för att mer värmeenergi kan tas tillvara vid denna typ av återvinning.

Primärenergitalet för hus 1 fastställdes till $51 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år respektive $45 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år för hus 5, enligt energideklarationer. Detta innebär att hus 5 drar cirka 12% mindre energi än hus 1. Enligt beräkningar var primärenergital för hus 1, $34,5 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år, och för hus 5, $31,7 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Det verkliga värdet enligt energideklarationerna var för hus 1, 48% högre än det beräknade värdet enligt TMF, och för hus 5 var det verkliga värdet 42% högre än det beräknade värdet. Möjliga anledningar till att båda byggnaderna använder mer energi än beräknat är lägre verkningsgrad på värmeåtervinning, mer förluster via exempelvis köldbryggor och rörledningar samt mer vädring än vad som räknats med i beräkningarna. Hus 1 en livscykelkostnad på 3 350 889 kronor och hus 5 har en livscykelkostnad på 3 018 304 kronor. Kostnaden för hus 5 är cirka 10 % mindre än kostnaden för hus 1.

Slutsatser kan då dras att energisystemet i hus 5 är mer lönsamt, både energimässigt och ekonomiskt, vilket innebär att de förändringar som utfördes inför med hus 5 visade sig vara effektivt. Även om byggnaderna drar mer energi än beräknat, drar de betydligt mindre än kravet enligt BBR.

Summary

The report concerns the project Backgårdsgatan 1-11 in Vårgårda. It is a residential area with a total of 118 apartments built in the 70s. Later a renovation started containing a new climate screen, ventilation, and VA installation to get as low energy consumption as possible. The renovation also included solar cells and a hydrogen gas storage to make the houses into so-called near-zero houses. Two of the houses, house 1 and house 5, are currently finished and the solar plant is installed and in use. The hydrogen storage is still waiting for approval.

The purpose of the report has two main parts. Analyze and compare the finished houses' energy systems and calculate the life cycle costs of the buildings. By doing that we can calculate which is the best house in terms of energy use and economically. Calculations are done with the calculation program TMF Energy. The life cycle cost analysis is done with the help of Upphandlingsmyndighetens general calculation. The use of solar cells and hydrogen storage has not been included in the calculations in this report.

House 5 has better construction on the exterior walls, an extra isolationplate on the ground floor, and better isolated windows, which has led to house 5 being better isolated than house 1. The air tightness of house 5 is also slightly better than house 1. Both buildings have a heat pump and exhaust air ventilation with heat recovery. The heat recovery in housing 1 is used to heat the liquid in the heat pump, while in house 5 the exhaust air in an air heat pump is used to heat the water which is conducted in the radiator circuit. The energy system in house 5 is estimated to be more efficient, because more thermal energy can be utilized in this type of recycling.

The primary energy use for house 1 was calculated to 51 kWh / m² year and 45 kWh / m² year for house 5. According to the TMF calculations, the primary energy for house 1 was 34.5 kWh / m² and for house 5, 31.7 kWh / m². The actual value according to the energy declarations for house 1 was 48% higher than the calculated value according to TMF. For house 5 the actual value was 42% higher than the calculated value. Possible reasons why both buildings use more energy than expected are lower efficiency on heat recovery, more losses in cold bridges and pipelines, and more ventilation than expected in the calculations. House 1 has a life cycle cost of SEK 3,350,889 and house 5 has a life cycle cost of SEK 3,018,304. The cost of house 5 is about 10% less than the cost of house.

Conclusions can then be drawn that the energy system in house 5 is better both energy wise and economically. Although the buildings draw more energy than expected, they draw significantly less than the BBR requirement.

Abstract

Sex flerbostadshus i Vårgårda ska renoveras för att bli energieffektiva som möjligt. I dagsläget är två år färdigställda och dessa har olika värmeåtervinningssystem. Syftet med denna rapport är att fastställa vilket energisystem som är mest lönsamt, både energimässigt och ekonomiskt. Energiberäkningar och energideklarationer har gjorts på båda systemen, samt en livscykelkostnadsanalys.

Resultaten visar att primärenergitalet för hus 1 blev $34,5 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år, och för hus 5 blev motsvarande siffra $31,7 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Energideklarationerna, det vill säga det faktiska energianvändandet, blev $51 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år för hus 1 och $45 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år för hus 5. Hus 5 använder alltså 12 % mindre energi än hus 1. Livscykelkostnaden för energisystemet i hus 1 beräknades till ungefär 3 350 000 kronor och 3 020 000 kronor för hus 5. Kostnaden för energisystemet i hus 5 är alltså cirka 10% mindre än hus 1.

Hus 5 är mer lönsamt både energimässigt och ekonomiskt och därför bör denna typ av energisystem användas i resterande byggnader.

Primärenergital, energiprestanda, LCC, energiberäkning, energideklaration, flerbostadshus.

Förord

Denna rapport är resultatet av ett projekt som gjorts i kursen ”Energisystem, projekt” i högskoleingenjörsprogrammet Energi och Miljö. Fyra elever har arbetat med detta projekt, och det innefattar totalt 7,5 hp per person, varav 4,5 hp är avsatt för rapporten. Projektet är gjort på uppdrag av Vårgårda Bostäder, via projektledare Anders Eriksson.

Under kursens gång har Per Wickman, oberoende kvalificerad energiexpert, agerat som handledare till studenterna. Per har varit till stor hjälp med att förmedla information om energiberäkningar i bostäder, samt utfört TMF-beräkningar och deklARATIONER som används i rapporten. Även Katarina Rupar-Gadd har handlett gruppen, särskilt med projektmetodik och rapportskrivande. Vi vill tacka Anders Eriksson, Per Wickman och Katarina Rupar-Gadd för all hjälp under projektets gång.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	I
Summary	II
Abstract	III
Förord	IV
Innehållsförteckning	V
1. Introduktion	1
1.1 Bakgrund till Projekt Backgårdsgatan 1–11, Vårgårda	1
1.1.1 Uppskattade energiberäkningar	2
1.1.2 Färdigställning av byggnader	2
1.1.3 Systemlösningar	3
1.1.3.1 Skillnaden i energisystemens effektivitet	3
1.2 Syfte och mål	4
1.3 Avgränsningar	4
2. Teori	5
2.1 Energifalans för byggnader	5
2.1.1 Energitillförsel och förluster i byggnader	5
2.1.2 Energikrav för fastigheter enligt Boverket	6
2.1.3 Beräkningsprogrammet TMF Energi	8
2.1.4 Energideklaration	8
2.1.5 Projekterade kontra faktiska energiberäkningarna	9
2.2 Energisystem i byggnader	10
2.2.1 Uppvärmning	10
2.2.2 Ventilation	12
2.3 Varmvattenanvändning i flerbostadshus	13
2.3.1 Jämförelse av tappvarmvattenanvändning	13

2.4 Livscykelanalyser	13
2.4.1 Livscykelkostnadsanalys (LCC)	14
2.4.2 Kalkylränta	14
2.4.3 Nyttjandetid	14
2.5 Solceller med vätgaslagring	14
2.5.1 Solcell	15
2.5.2 Elektrolysör	15
2.5.3 Vätgas	15
2.5.4 Bränslecell	16
3. Metod	18
4. Genomförande	19
4.1 Information om byggnaderna och insamlade mätdata	19
4.2 Energiberäkning och energideklaration	19
4.3 LCC	20
4.3.1 Elpris	20
4.4 Tappvarmvattenanalys	21
5. Resultat och analys	22
5.1 Sammanfattning av insamlad information och mätdata	22
5.1.1 Elförbrukning	22
5.2 Energiprestanda och primärenergital	23
5.3 LCC	24
5.4 Varmvattenanalys	25
6. Diskussion och slutsatser	27
7. Referenser	29
8. Bilagor	34
Bilaga 1. Sweco Systems AB – beräkning av energiprestanda	1

Bilaga 2. Energideklaration hus 1	1
Bilaga 3. Energideklaration för hus 5.	1
Bilaga 4. Energiklass hus 1	1
Bilaga 5. Energiklass hus 5	1
Bilaga 6. TMF-beräkning för hus 1	1
Bilaga 7. TMF-beräkning för hus 5	1

1. Introduktion

Med hänsyn till klimatkrisen har bland annat Europakommissionen tagit fram ”Den europeiska gröna given” som är ett åtgärds paket för hur Europa ska bli den första världsdelen till att vara helt klimatneutral år 2050. I den gröna given kan man finna en rad sektorer som behöver åtgärdas, samt en plan för hur detta ska göras, däribland återfinns att byggnader ska bli energieffektivare. [1]

I Sverige har man vidtagit åtgärder så som en ny klimatlag. Den 1 januari 2018 trädde den nya klimatlagen i kraft. Denna innebär att Sveriges utsläpp från och med år 2045 ska vara netto noll. Mellan 1990 och 2016 minskade Sveriges territoriella utsläpp med 26% och för att nå målet om ett nettoutsläpp på noll år 2045 behöver framtida minskningstakt i genomsnitt ligga på 5–8% årligen. [2]

Sedan 1990 har de största faktorerna till de minskade utsläppen kommit från uppvärmning av bostäder och lokaler. De främsta åtgärderna som bidragit till detta har varit utbyggnad av fjärrvärmenäten, som sedan följdes av att man övergick från oljeeldade värmepannor till både el och fjärrvärme. På senare år har även användandet av biobränslen inom industrin spelat roll för minskningen [2]. Bygg- och fastighetssektorn stod år 2017 tillsammans för 32% av Sveriges totala energianvändning, där denna bestod till 64% av förnybar energi [3]. Inom bygg och fastighetssektorn är det uppvärmningen av byggnaderna och lokalerna som står för hela 74% av den totala energianvändningen. Byggnader har en mycket lång livstid och de valen som görs idag får konsekvenser decennier framåt. Genom att energieffektivisera kan man minska utsläppen av växthusgaser och motverka miljöskador, även minska behovet av att bygga nya anläggningar för el- och värmeproduktion [4].

1.1 Bakgrund till Projekt Backgårdsgatan 1–11, Vårgårda

Mellan 1973 och 1975, på en åkermark i Vårgårda, byggdes ett antal miljonprogrambyggnader. Adressen Backgårdsgatan 1–11 fick på det sättet sex byggnader med totalt 118 lägenheter. Kring 2012 påbörjade man en diskussion om att renovera och rusta upp byggnaderna för att öka deras livslängd ytterligare. Planerna var att man vid renovering skulle lägga till ett nytt våningsplan för att få ut så mycket fördelar som möjligt, så som ny klimatskärm och hiss för att öka användarvänligheten i byggnaderna. Det sändes även en ansökan om solcellsstöd hos Länsstyrelsen, som skulle kunna möjliggöra ett investeringsstöd av staten. Runt 2017 beviljades solcellsstöd och därmed även möjlighet att söka investeringsstöd. Projektet var redan i långt skridet stadium och de befintliga energiberäkningarna man hade då påvisade att man kunde nå en mycket låg energiförbrukning vid renovering med ny klimatskärm, ventilation och VA-installation. Beräkningarna gav en mycket låg energiförbrukning även utan solcellsanläggningens energiutvinning inräknad.

Med beviljat stöd för solcellsanläggning påbörjades ett arbete om hur man skulle kunna lagra överskottet från sommaren till vintern, där vätgaslagring snabbt påtänktes. En förstudie gjordes där det bekräftades att förslaget att lagra solenergin i vätgastankar, ihop med en bergvärmepump, var fullt utförbart både tekniskt och ekonomiskt. [1]

1.1.1 Uppskattade energiberäkningar

Innan byggprojektet kunde påbörjas skulle beräkningar utföras för att fastigheten skulle bli så energieffektivt som möjligt och därmed uppnå kraven för Boverkets byggregler. Byggnadens primärenergital fick max vara $85 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år enligt Boverkets byggregler. A_{temp} är den golvyta i byggnaden som värms till minst 10°C och detta beskrivs vidare i rubrik 2.1.2.1 Byggnadens energiprestanda. Beräkningen som Sweco Systems AB fick i uppdrag att göra tillsammans med en oberoende kvalificerad energiexpert, visade att primärenergitalet beräknats till $14,6 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år, vilket är 82% lägre än Boverkets krav. Byggnadens energianvändning skulle enligt beställarens krav ligga under 25 kWh/m^2 . Efter beräkningar kunde energianvändningen fastställas och var $9,1 \text{ kWh/m}^2$ vilket utgjorde 36% av beställarens krav, se Bilaga 1.

Då Sweco gjorde en beräkning om primärenergitalet utan solceller och vätgaslagring i beaktning räknade man med ett primärenergital om $30,8 \text{ kWh/m}^2$ och år, se Bilaga 1 avsnitt 6.3, tabell 10. Swecos beräkning gäller fastigheten med adress Backgårdsgatan 1, som i denna rapport kommer benämnas som hus 1. För byggnaden med adress Backgårdsgatan 5, vidare benämnd som hus 5, förväntades enligt involverad energiexpert ha en 10–15% lägre energiförbrukning än hus 1 [2].

År 2020 stod hus 1 och hus 5 klara. Det är planerat att alla sex byggnader ska vara färdigrenoverade till 2022. I nuläget är solcellsanläggningen monterad och togs i bruk maj 2020. Komponenterna för vätgaslagringen finns tillgänglig, men är inte i drift än. Det enda som fattas idag är myndigheternas godkännande för att kunna lagra vätgasen. [3]

1.1.2 Färdigställning av byggnader

Renoveringen av hus 1 och 5 utfördes inte på exakt samma sätt vilket medförde att husen fick olika värmegenomgångskoefficient, U_{medel} . I hus 5 installerades en extra isoleringsplatta på markplan och även bättre isolerade fönster. Hus 5 byggdes med en bättre regelkonstruktion i ytterväggen i jämförelse med hus 1, vilket motiverade en sänkning av köldbryggornas negativa påverkan på U värdet. En sammanställning av förbättringarna i hus 5 resulterade i ett U_{medel} på $0,240 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ gentemot $0,304 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ för hus 1. [4]

I hus 1 påbörjades inflyttning på plan 1 och 2 vecka 50 år 2018. På plan 3 påbörjades inflyttning 1 januari 2019, med undantag för enstaka inflytt mellan

februari-mars. Under 2019 var det i snitt en lägenhet i huset som var obebodd under en tid motsvarande sex månader. Husets upprustning ökade in- och utflytt något. För hus 5 fanns inga motsvarande siffror då huset ej var inflyttningsbart förrän slutet av 2019. [5] Hus 1 hade den 15 april 2020 39 vuxna boende och 19 barn. Hus 5 hade vid samma tidpunkt 39 vuxna boende, samt 21 barn. Många av de vuxna boende tillhör den övre medelåldern. [5]

1.1.3 Systemlösningar

I de två byggnader som undersöks används det liknande systemlösningar gällande värme- och elektricitetsproduktion, men värmeåtervinningsmetoderna skiljer sig åt markant. Bägge metodernas uppgift är att utvinna värmeenergi ur byggnadens frånluft.

Värmeåtervinningssystemet för hus 1 använder sig av frånluft för att förvärma borrhålen i berget. Frånluften passerar genom en värmeväxlare där värmeenergin överförs till den vätska som pumpas ner i bergutrymmet. Borrhålet tar upp den tillförda värmen vilket innebär att mer värme kan extraheras ur det, på så sätt höjs temperaturen och därmed värmepumpens verkningsgrad.

Värmeåtervinningssystemet för hus 5 leder byggnadens frånluft till en luftvärmepump. Luftvärmepumpen nyttjar frånluften för att minska mängden elektricitet som krävs för att producera varmvatten. Varmvattnet kan därefter användas i byggnadens radiatorkrets. [2]

Följande text beskriver de delar av systemen som återfinns i båda fastigheterna. I dagsläget är båda värmeåtervinningssystemen i bruk men all utrustning kring vätgassystemet är inte installerad. Solpaneler har installerats på taken och ska generera ett elektricitetsöverskott utöver den momentana förbrukningen. Den likström som genereras från solpanelerna ska omvandlas till växelström av en växelriktare för vidare transport. Elektriciteten ska antingen ledas till ”teknikrummet” för att ladda batterier eller till vätgaslagret för att driva en elektrolysör, vilken används för att producera vätgas. I första hand laddas batterierna vilkas syfte är att användas ifall solpanelerna inte kan generera tillräckligt med ström till fastigheten. Batterierna är tänkta att kunna nyttjas i 1–2 dygn utan extern tillförsel av elektricitet [6]. Om batterierna urladdats fullständigt ska energiproduktion baserad på vätgas inledas. När batterierna är fulladdade ska överskottselektriciteten ledas till en elektrolysör för att producera vätgas. Den nybildade vätgasen leds därefter till tuber där den trycksätts och förvaras tills den behövs vid ett senare tillfälle. [2]

1.1.3.1 Skillnaden i energisystemens effektivitet

Innan energiberäkningarna utförts så gjordes en uppskattning av involverad energiexpert om att energisystemet i hus 5 skulle vara mer effektivt än systemet i hus 1. Trots att borrhålen i hus 1 värms upp av byggnadens frånluft ökar inte dess temperatur markant, dessutom bör en viss del av värmeenergin försvinna

under dess transport. I hus 5 används frånluften istället direkt av en luftvärmepump vilken då håller en högre temperatur än den som hämtas från borrhålen i hus 1. [2]

1.2 Syfte och mål

Det slutgiltiga syftet för Vårgårda Bostäder gällande dessa sex byggnader (Backgårdsgatan 1–11) är att de ska renoveras och ett extra våningsplan ska läggas till. De ska byggas så energisnåla som möjligt och sedan är visionen att de ska vara så kallade nära-noll-hus, det vill säga att ingen, eller så liten som möjligt, extern energi ska användas för fastighetsenergin. Inga fossila bränslen ska heller användas samt att fastigheterna inte ska generera några utsläpp av växthusgaser. Detta planeras göras genom att använda solceller, batterier, vätagaslager och bränsleceller, vilket kommer beskrivas kortfattat i denna rapport.

Syftet med den här rapporten är att studera energisystemen i de två fastigheter som i dagsläget är helt färdigställda och i drift, hus 1 och hus 5. Målet med rapporten är att ta reda på vilket av systemen som är mest lönsamt, dels gällande energianvändande samt ekonomiskt. Energianvändandet har analyserats genom att jämföra byggnadernas energiprestanda med hjälp av deras primärenergital EP_{pet} ($\text{kWh/m}^2 A_{temp}$ och år), vilket är framtaget via energideklarationer för respektive hus. Primärenergitalet enligt deklARATIONERNA kommer även jämföras med projekterade energiberäkningar med hjälp av programmet TMF Energi. För den ekonomiska analysen har en enkel livscykelkostnadsanalys (LCC) gjorts för energisystemen. Utöver detta har tappvarmvattenförbrukningen för byggnaderna studerats och jämförts med standardiserade värden som används i energiberäkningar.

1.3 Avgränsningar

Framställandet av denna rapport är tidsbegränsad till totalt 800 timmar under en löptid på 10 veckor. LCC har gjorts endast på husens energisystem och eventuella skillnader i kostnad för ombyggnationen har inte tagits i hänsyn.

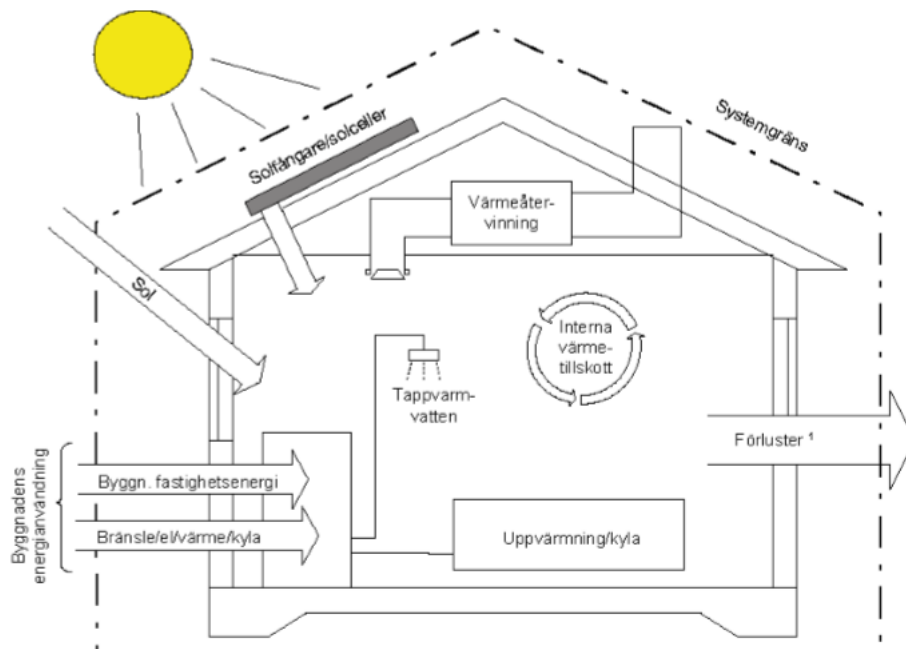
2. Teori

2.1 Energibalans för byggnader

För att driva olika verksamheter i en byggnad krävs energianvändning av olika slag, till exempel i form av värme och elektricitet. På grund av både ekonomiska och miljömässiga anledningar vill man att den energi som man behöver tillföra till byggnaden, så kallad köpt energi, ska vara så liten som möjligt. För att kunna beräkna hur mycket köpt energi som används behöver man förstå hur energi tillförs samt bortförs i en byggnad. Detta kallas för byggnadens *energibalans*.

2.1.1 Energitillförsel och förluster i byggnader

Den energin som aktivt tillförs i en byggnad är energi för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsel. Andra tillskott av energi sker genom interna värmetillskott (till exempel kroppsvärme från människor och värme från olika applikationer så som lampor och datorer), passiv solinstrålning samt energi från solceller och solfångare. Fastighetsel innebär energi som krävs för att fastigheten ska kunna drivas, till exempel energi till värmepumpar, ventilation, gemensamma utrymmen, hissar med mera. Elen som används inom hushållet, hushållsel, räknas inte in i byggnadens energibalans. [7] Förlust av energi sker via varmvattnet [8], ventilationen, läckage och transmission [7]. För en översikt för energivinster och förluster i en byggnad, se figur 1.



Figur 1. Översyn av energiflöden in och ut ur en byggnad. [7]

2.1.1.1 Förluster via varmvattencirkulation och vädring

Varmvattencirkulationen (VVC) i en byggnad består av ett rörsystem där uppvärmt vatten cirkulerar i väntan på att användas i byggnaden. Detta används för att minska väntetiden på varmvatten via kranar i byggnaden. I detta system sker värmeförluster via rörledningarna. Hur stora dessa förluster är varierar väldigt mycket beroende på hur långa ledningarna är samt hur de är utformade. Enligt en kartläggning gällande VVC-förluster, som har gjorts på 12 flerbostadshus, ligger förlusterna på energiprestandan mellan 2,3–28 kWh/m² A_{temp} och år. I många energiberäkningar används 4 kWh/m² A_{temp} och år som standardvärde. [9] Se avsnitt 2.1.2.1 (Byggnadens energiprestanda) för mer detaljerad beskrivning av energiprestanda och A_{temp}.

Inomhustemperaturen i flerbostadshus kan vara svårt att ställa in på grund av att alla människor föredrar olika temperaturer vilket kan leda till att de boende vädrar för att sänka inomhustemperaturen. Detta leder till att värmeenergi förloras på grund av vädringen. Hur mycket energi som förloras är väldigt svårt att veta, och det krävs fler undersökningar och mätningar för att förstå detta bättre. [2]

2.1.1.2 Förlust via byggnadens klimatskärm

En byggnads isoleringsförmåga kan uttryckas med hjälp av begreppet värmegenomgångskoefficient (U_m), och har enheter W/(m²*K). Detta är ett genomsnittligt mått på hur mycket värmeenergi som transporteras per kvadratmeter genom byggnadens klimatskärm, det vill säga fönster, dörrar, ytterväggar, tak och golv. Desto lägre U_m, desto bättre isolerat är byggnaden. [10]

2.1.1.3 Förlust via otätheter

Vid uppförandet av en byggnad bildas alltid ofrivilliga glapp mellan byggnadens olika delar, det vill säga att byggnaden inte blir helt tät. Dessa otätheter skapar oplanerade luftflöden in och ut genom byggnaden, vilka påverkar byggnadens primärenergital. Ett mått på tätheten på en byggnad är lufttäthet (l/s*m²). [10] Dock krävs det luftutbyte i byggnaden för att förhindra fukt- och mögelskador, men om det finns ett fullgott ventilationssystem bör lufttätheten vara så låg som möjligt för att spara energianvändning. Om ventilationen däremot är beroende av byggnadens otätheter måste ventilationssystemet förbättras innan eventuella åtgärder för att tätas byggnaden sker. [11]

2.1.2 Energikrav för fastigheter enligt Boverket

När man ska bygga ett nytt hus eller renovera ett befintligt hus måste man följa Boverkets byggregler, BBR. De uppdateras löpande och den senaste i skrivande stund är BBR 28 (BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2019:2) som började gälla 1 oktober 2019. [12]

2.1.2.1 Byggnadens energiprestanda

För att ta reda på hur mycket energi som krävs för att driva en byggnad används byggnadens så kallade *energiprestanda*, numera uttryckt som primärenergital. Tidigare uttrycktes denna som byggnadens specifika energianvändande. Där ingår så kallad köpt energi som innefattar energi för uppvärmning, kylning, tappvarmvatten och övrig fastighetsel. Enheten är kWh/m² A_{temp} och år. Det innebär att man beräknar hur många kWh energi som används totalt i byggnaden per kvadratmetergolvyta. A_{temp} är den golvyta i byggnaden som värms upp till minst 10°C. Utrymmen så som garage räknas alltså inte med. Men det här värdet visar hur mycket *slutlig* energi som byggnaden kräver och därför har man istället infört begreppet primärenergitalet (EP_{pet}). [13]

Energi kan aldrig skapas eller förstöras utan endast omvandlas. Men för att kunna använda energin måste någon form av energikälla tas till vara på och omvandlas till en energiform som går att använda. Exempel på primära energikällor är sol, vind, fossila bränslen och värme från berggrund, och exempel på slutlig energi är varmvatten och elektricitet. En byggnads specifika energianvändande är som sagt ett mått på hur mycket *slutlig* energi som används i fastigheten. Men för att kunna jämföra energianvändandet mellan olika typer av byggnader, med olika uppvärmningssystem och med olika geografiska placeringar, vill man ta reda på hur mycket *primär* energi som det krävs för att driva fastigheten. För att göra detta kan det så kallade primärenergitalet (EP_{pet}) användas. [13]

För att beräkna primärenergitalet använder man byggnadens specifika energianvändande samt två olika faktorer; en geografisk justeringsfaktor och en primärenergifaktor. Uppvärmningsenergin divideras med den geografiska justeringsfaktorn som gäller för det området byggnaden ligger i. [13] Det specifika energianvändandet för respektive energibärare (el, fjärrvärme, fjärrkyla, biobränsle, olja och gas) multipliceras sedan med respektive primärenergifaktorn [14]. Därefter divideras summan med A_{temp}, se ekvation 1. [13]

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left(\frac{E_{uppv,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} + E_{tvv,i} + E_{f,i} \right) \times PE_i}{A_{temp}} \quad \text{Ekvation 1}$$

EP_{pet}= primärenergitalet [kWh/m² A_{temp} och år]

A_{temp}= uppvärmd (minst 10°C) golvyta [m²]

E_{uppv}=energi för uppvärmning [kWh/år]

E_{kyl}=energi för kylning [kWh/år]

E_{tvv}=energi för tappvarmvatten [kWh/år]

E_f= fastighetsel [kWh/år]

För att utföra dessa beräkningar kan olika beräkningsprogram användas, till exempel via www.energiberakningar.se och TMF Energi.

2.1.2.2 Energikorrigerings för inomhustemperatur

Vid beräkning av energiförbrukning vid uppvärmning tas även medelinomhustemperatur i beaktning. Den medelinomhustemperatur som erhålls kan korrigeras upp eller ned till önskad inomhustemperatur. Korrigeringen påverkar energiåtgången med 5% per grad Celsius. Korrigeras temperaturen ned från en högre temperatur till en lägre blir den totala energiåtgången 5% lägre än vid den verkliga medelinomhustemperaturen. [15]

2.1.2.3 Krav enligt BBR för Backgårdsgatan 1–11 i Vårgårda

För fastigheterna på Backgårdsgatan 1–11 i Vårgårda måste, enligt BBR 28, primärenergitalet vara mindre än $85 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år, och den högsta tillåtna genomgångskoefficienten (U_m) är $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Eftersom fastigheterna är flerbostadshus finns inga specifika krav för lufttäthet, utan det som gäller enligt BBR är att husets klimatskal ska vara så pass tätt att kraven för byggnadens primärenergital uppnås. Men för småhus med en A_{temp} på under 50 m^2 får lufttätheten ligga på max $0,6 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$, vid 50 Pa tryckskillnad, vilket kan användas som ett riktmärke även för flerbostadshus. Den geografiska justeringsfaktorn för Vårgårda är 1,0. [13]

2.1.3 Beräkningsprogrammet TMF Energi

TMF Energi är ett beräkningsprogram som är utvecklat av RISE (Research Institutes of Sweden) på uppdrag av TMF (Trä- och möbelföretagen). Programmet kan användas till att utföra beräkningar för energianvändandet i antingen småhus eller flerbostadshus. Beräkningarna kan göras dels innan fastigheten byggs för att få en uppskattad energianvändning samt efter byggnaden är upprättad för att få en mer korrekt energianvändningen. Information om byggnaden samt energisystem krävs för att utföra beräkningen och det huvudsakliga resultatet är byggnadens energiprestanda uttryckt i primärenergital. Programmet följer Boverkets gällande byggregler, BBR och BEN, och kräver en licens för att användas. [16]

2.1.4 Energideklaration

För de allra flesta byggnader måste en energideklaration upprättas under något skede av byggnadens livstid. De byggnader som måste energideklareras är nya byggnader, byggnader med en A_{temp} på minst 250 m^2 som ofta besöks av allmänheten, byggnader som ska säljas samt byggnader med nyttjanderätt. Nyttjanderätt innebär att ägaren har rätt att hyra ut eller på andra vis låta andra personer använda byggnaden. [17] Byggnaderna som studeras i denna rapport innefattas alltså under dessa bestämmelser.

Energideklarationen visar det faktiska resultatet på byggnadens energiprestanda, vilket uttrycks som primärenergital sedan 1 januari 2019. Den information som

krävs för att utföra deklARATIONEN är A_{temp} , energianvändande för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten, ventilation samt byggnadens fastighetsel, vilket sedan kan utläsas från deklARATIONEN. Övrig information som kan utläsas är specifik energianvändning (tidigare benämnt som energiprestanda), krav på energianvändning enligt BBR som gällde då byggnaden upprättades, vilket värmesystem som används, samt huruvida ventilationskontroll (OVK) och radonmätning är utfört. [18]

Beroende på resultatet från deklARATIONEN anges även en energiklass (A-G) där A är den bästa klassen. De olika klasserna utgår från kraven på energiprestanda om byggnaden skulle uppföras idag. Om byggnaden har klassning A-C har byggnaden en lägre eller lika stor energiprestanda som krävs, och D-G innebär att byggnaden har en högre energiprestanda än vad som skulle vara godkända för en ny byggnad. [18]

EnergideklARATIONEN utförs direkt via Boverkets hemsida av certifierade energiexperter, och finns sedan tillgänglig för allmänheten. Det är byggnadens ägare som är skyldig att anlita energiexperten samt ansvarar för att låta en ny deklARATION upprättas efter giltighetstiden har utgått. EnergideklARATIONEN är giltig i 10 års tid. [19]

2.1.5 Projekterade kontra faktiska energiberäkningarna

Enligt en undersökning som branschtidningen Bygginindustrin har utfört använder nybyggda hus i genomsnitt 20 % mer energi än vad som var projekterat innan byggandet. Totalt har 57 byggnader undersökts i två olika städer, Linköping och Stockholm. De projekterade siffrorna för specifik energianvändning varierade mellan 48–72 kWh/m² och år, medan energideklARATIONERNA visade en specifik energianvändning på 45–112 kWh/m² och år. Möjliga orsaker till detta tros vara att uppförandet av byggnaderna inte sker exakt enligt ritning vilket kan resultera i köldbryggor, samt att den verkliga verkningsgraden för ventilationen med värmeåtervinning inte överensstämmer med produktinformationen. Ofta används olika leverantörer för värme-, ventilations- och värmeåtervinningssystem vilket eventuellt också kan medföra negativa konsekvenser för energianvändningen. Felberäkningar kan även till viss del bero på att de schablonvärden för till exempel värmevinster via elektriska applikationer är ålderstigna och behöver uppdateras. Detta eftersom elektriska produkter har förbättrats mycket de senaste åren och inte avger lika mycket spillvärme. Ett eventuellt förslag till förbättring enligt undersökningen var även att anlita en energisamordnare för projektet för att på så vis få en överblick över energisystemen och därmed förbättra resultaten. Enligt artikeln anses detta vara ett generellt problem för nybyggda hus i hela Sverige men för att få mer kunskap menar de att det krävs fler och mer detaljerade mätningar. [20]

Enligt ett projekt utfört av Lunds universitet, via forskningsprogrammet E2B2, har beteendet hos boende väldigt stor påverkan på energianvändandet i nära-noll-hus (NNE-hus). De menar på att det finns för lite information och kunskap om

hur beteende varierar från person till person vilket medför att de projekterade energiberäkningarna för byggnaderna inte stämmer överens med verkligheten. [21] I deras projekt har de bland annat studerat användandet av hushållsel och tappvarmvatten i cirka 1300 hushåll under sex års tid. Deras resultat visar till exempel att energianvändandet mellan två NNE-hus i Södra Sverige kan variera med 17 kWh/m^2 och år och motsvarande 25 kWh/m^2 och år för två NNE-hus i norra Sverige. Dessa skillnader minskade med ökande antal lägenheter i byggnaden. Ett annat resultat visade att användning av hushållsel och tappvarmvatten varierade stort och att hushåll med en boende kunde ha större användande än hushåll med två boende. Detta innebär bland annat att standardvärden som används i energiberäkningsprogram ibland inte är tillräckligt. [22]

2.2 Energisystem i byggnader

En byggnads totala energianvändning beror mycket på dess olika system. Systemen används för att värma upp, utbyta luft och kyla byggnaden. Det är viktigt att välja dessa utifrån byggnadens behov.

2.2.1 Uppvärmning

Det finns många olika tekniker för hur ett hus kan värmas upp och det står för en stor del av husets totala energianvändning. Därför är det viktigt att använda rätt värmesystem beroende på typ av hus och var i landet det befinner sig.

2.2.1.1 Bergvärme

Bergvärme är en vanlig metod för att transportera värme till bostäder. Metoden föddes tidigt då man insåg dess enkla konstruktion [23]. Grundprincipen för att använda värmepumpar är att kunna utnyttja värmeenergin vid låga temperaturer. Därmed kan man omvandla den låga temperaturen till höga, genom att tillsätta drivenergi. Formeln lyder: $Q_1 = Q_2 + E = \text{Värmeavgivning}$. Där Q_1 är värmen som avges efter värmepumpen verkan, Q_2 är den tillförda temperaturen och E är Drivenergin. [24]

En vanlig värmepumpsteknik är förångningsprocessen. Pumpen innehåller en kall sida där förångaren sitter. Ett köldmedium går igenom förångaren där det värms upp och förångas. För att höja trycket går ångan ut till kompressorn. Därifrån följer sedan kondensorn där värmen kan överföras till byggnaden. Mediet finns fortfarande kvar i systemet men omvandlas till vätska när värmen överförs. En expansionsventil sänker trycket på mediet som kan gå tillbaka till förångaren. Cykeln kan då börja om på nytt. [25]

När det kommer till bergvärme betyder det att energin hämtas från naturen. I princip är det solvärme som används då den värmer upp marken [23]. Berg kan lagra värmeenergi på ett praktiskt sätt vilket går att utnyttja när hus ska värmas

upp. De flesta berg har en god ledningsförmåga och specifik värmekapacitet. Yttemperaturen av ett berg kan förändras hastigt beroende på väder och årstider. Temperaturförändringarna dämpas dock efter ett par meter ner, då temperaturen är närmare bestämt konstant och oberörd från andra faktorer. Ett snötäcke på berget, som ofta finns på kallare platser kan värma berget då det ger en isolerande effekt. Ju längre ner i berget man kommer stiger temperaturen då jordens kärna kan uppnå temperaturer på 4000 °C. Att nyttja värmen från ett berg är även effektivt på grund av dess värmetröghet. Det betyder att det tar lång tid för värme eller kyla att sprida sig, vilket gör att ett och samma borrhål kan användas under en lång tid utan att bergets temperatur påverkas på en viss radie från hålet. [24]

Borrhålet borrar ofta med hjälp av sänkhammarbörning där borsten jobbar sig ner genom berget. Ett hål kan vara mellan 100 meter och 250 meter. Hålet innehåller en bergvärmekollektor. Kollektorn är ihopkopplade plaströr formade som ett U. Dessa kan bestå av en eller flera parallella U-rör. Alltså blir det en sluten krets. I kretsen förs ett köldmedium med hög fryspunkt, till exempel Etanol. Köldmediet innehåller även vatten. Flödet av köldmediet påverkar värmeöverföringen. Detta ökar bergvärmepumpens effekt. Hålet täcks sedan med ett glaslock som håller tätt. Slangarna kan sedan föras direkt till husens värmepanna och element för att transportera värme. Värmeelement finns ofta på många platser runt om i husen. De innehåller vatten som värmepumpen värmer. [24]

När värme tas från borrhålet kommer temperaturen runt om sjunka med tiden. Det kommer leda till att värme längre bort från hålet söker sig mot kollektorn. Därför är solen en viktig källa för att en bergvärmepump ska fungera. Solen värmer upp marken runt om vilket innebär att systemet laddar upp sig själv med hjälp av solen. [24]

När en bergvärmepump ska användas i en bostad finns en del faktorer att tänka på för att kunna utnyttja värmen på bästa sätt. Den producerade värmen ska uppnå en viss mängd per år och ska även hålla en god effekt. Varmvattenberedaren ska också hålla hög temperatur från värmen som bergvärmepumpen producerar. Storleken på pumpen är viktig då det skiljer sig beroende på vart i Sverige som huset befinner sig. Eftersom vintrarna ofta är kallare ju längre upp i landet, behövs en pump med högre effekt för att klara sig när värmen behövs som mest. I de södra delarna av Sverige där vintern ofta ligger runt 0 grader Celsius passar en liten värmepump bättre. [25] Det går även att använda sig av en bergvärmepump trots att det inte finns ett tillgängligt berg i närheten. Hål kan grävas nere på sjöbotten eller i gräsmattan för att hämta värme. [26]

2.2.1.2 COP

Ett viktigt begrepp vad gäller värmepumpar är COP, vilket betyder *Coefficient of Performance*. Det är effektiviteten av pumpen. En pump kan ha olika COP, vilket beskriver hur mycket tillförd energi som kan generera värmeenergi.

Pumpen kan till exempel ge 1 kW tillförd energi och producera 4 kW. Detta ger ett COP-tal på 4. [24]

2.2.2 Ventilation

Ett ventilationssystem är viktigt i bostäder då det förhindrar fukt, mögel, partiklar och gaser som tillförs via bland annat utandning och duschande. Om fukten inte ventileras bort får man kondens. Kondens visar sig först på kalla ytor, men vid stor spridning kan den även visa sig på möbler och väggar. Vid längre exponering för kondens bildas till slut fukt- och mögelskador. Med en effektiv ventilation kan detta förhindras och öka livslängden på huset.

2.2.2.1 Frånluftsventilation

Frånluftsventilation, i detta fall fläktstyrd, fungerar genom att luften sugas ur bostaden med hjälp av fläktar. Frånluftsventilationen är en utveckling av det naturliga självdraget och målbilden är att kunna styra tilluften. Luften kommer in genom antingen ventiler eller tilluftsdon och filtreras med ett partikelfilter, medan den vid självdrag ofta kommer in genom springor och olika typer av läckor [27].

2.2.2.2 FTX – ventilation med värmeåtervinning

FTX står för från- och tilluftsventilerings med värmeväxlare.

Ventilationssystemet är fläktstyrt och ger en full kontroll över hur mycket friskluft som tillförs. FTX-systemet fungerar med hjälp av kanalsystem som dras till huset/fastigheten som ska utrustas. I kanalerna transporteras både använd luft och friskluft. Innan frånluften, det vill säga den använda varma inomhusluften, transporteras ut passerar den ett värmeåtervinningsaggregat.

Värmeåtervinningsaggregatet använder energin från den varma frånluften för att värma upp den kalla inkommande friskluften. Ett FTX-system återvinner mellan 50–80% av den värmen som behöver tillföras friskluften.

2.2.2.3 Värmeväxlare

Värme kan komma från många olika källor i en bostad. För att minska spillvärmens ska allt tas om hand om, då värme lätt kan söka sig ut ur bostaden. Detta gör att energikostnaderna kan minska, då man återvinner värmen. Detta är värmeväxlarens uppgift. Huvudprincipen är att göra om den kalla luften som tas från huset och värma upp den. [10]

Det finns olika typer av värmeväxlare, där teknikerna kan passa olika situationer. Plattvärmeväxlaren är en korsström och motströmsvärmeväxlare. Det är en av de vanligaste tekniker som används i bostäder. Då passerar den varma luften veckade aluminiumplåtar. Plåtarna värms upp och den kalla luften passerar dem i motsatt riktning vilket leder till att den kalla luften tar upp värmen. En annan typ av teknik är den roterande värmeväxlaren. Den består av veckade

aluminiumplattor som sitter på ett roterande hjul. Den varma luften passerar och värmer upp rotorn. När den kalla luften sedan passerar värms den upp. [28]
 Batterivärmeväxlare är en typ av värmeväxlare som används i byggnader där det ska vara säkert att ingen överföring sker. Det vill säga i till exempel sjukhus eller laboratorier. Där pendlar vatten mellan två batterier. Ett i frånluftskanalen och ett i tilluftkanalen. I frånluftkanalen värms vattnet upp och kan avge värmen i tilluftkanalen. [29]

2.3 Varmvattenanvändning i flerbostadshus

Den energi som används för tappvarmvatten utgörs av den direkta energin som används för uppvärmningen, men även förluster i distribution och ledningar kan räknas in. Vid bestämning av en byggnads energiprestanda används alltid ett schablonvärde, det värdet är normaliserat och skiljer sig ofta mot den verkliga användningen. Anledningen till att man använder schablonvärde är för att olika byggnaders energiprestanda ska bli jämförbara, oberoende av de som bor där och hur mycket varmvatten de använder.

Enligt Boverkets författningssamling BFS:2017:6 BEN 2 är brukardata för nya flerbostadshus med energisnåla blandare satt till 20Wh/A_{temp} år. [15]

2.3.1 Jämförelse av tappvarmvattenanvändning

För att kunna jämföra varmvattenanvändningen i hushåll med olika temperaturer på varmvattnet görs en omräkning för att göra resultaten jämförbara. Ekvation 2 visar ekvationen som används vid beräkning av den energin som går åt för att värma det förbrukade varmvattnet. [30]

$$Q = \frac{Vv \cdot p \cdot C_p \cdot (T_{vv} - T_{kv})}{3600} \quad \text{Ekvation 2}$$

där

Q = energianvändning för uppvärmning av varmvatten [kWh]

Vv = volym på varmvattnet som använts [m³]

p = vattnets densitet [kg/m³]

Cp = vattnets specifika värmekapacitet [J/(kg*°C)]

Tvv = inkommande varmvattnets temperatur [°C]

Tkv = inkommande kallvattnets temperatur [°C]

2.4 Livscykelanalys

Det existerar ett stort utbud av livscykelanalyser att utföra på till exempel olika produkter eller system, där vissa lämpar sig bättre än andra beroende på vilken

undersökning som ska utföras. LCI, en förkortning av life cycle inventory, används för att bestämma en produkts totala energi och råvaruanvändning med mera, från dess konstruktion till dess demolering. [31] LCA, en förkortning för life cycle assesment är ett annat analysverktyg inriktat på att bestämma en produkts, process eller ett besluts miljöpåverkan. Resultatet kan användas för att till exempel bestämma vad som bör göras för att minska miljöpåverkan eller motivera ett beslut om inköp. I detta projekt skulle en ekonomisk analys utföras vilket ledde till nyttjandet av en LCC analys. [32]

2.4.1 Livscykelkostnadsanalys (LCC)

Förkortningen LCC står för life cycle cost vilken är en ekonomisk analysmetod. LCC används för att bestämma en produkts eller en tjänsts alla kostnader under hela dess livslängd. De utgifter som förväntas uppstå i framtiden omräknas till dagens värde så att en nuvärdeskostnad kan framställas. [33] Analysen används främst för att göra en ekonomisk jämförelse när flera alternativa investeringar finns att tillgå. Vilket alternativ som blir mest attraktivt beror på ett antal variabler så som nyttjandetid, inköpspris, löpande kostnader och kalkylränta. De löpande kostnaderna varierar från fall till fall men kan inkludera saker som förbrukningsartiklar, personal, underhåll etc.

2.4.2 Kalkylränta

Kalkylräntan används för att bestämma nuvärdet på en kostnad som förväntas uppstå en viss tid efter investeringens startpunkt. Beställaren måste själv avgöra hur mycket en framtida kostnad är värd i dagsläget, vilket görs genom att höja eller sänka kalkylräntan. Höjs kalkylräntan påverkar en avlägsen kostnad nuvärdeskostnaden mindre. Sänks kalkylräntan kommer nuvärdeskostnaden påverkas mer av utgifter i framtiden. Löpande utgifter så som underhåll, förbrukningsartiklar och personal påverkas alltså av kalkylräntan men kostnader som sker direkt vid investering påverkas däremot inte. [34]

2.4.3 Nyttjandetid

Nyttjandetiden, det vill säga hur länge objektet beräknas kunna användas, har en central roll i LCC-analyser. En längre nyttjandetid ger löpande kostnader en större påverkan gentemot en kort nyttjandetid där inköspriset får en central roll. Kalkylräntans betydelse blir därmed också påverkad av nyttjandetiden då antalet framtida utgifter ändras. [34]

2.5 Solceller med vätgaslagring

Vätagas kan användas som ett energilagringalternativ för energikällor där den direkta produkten ej går att lagra effektivt. Överskottsenergi från energikällor så

som vindkraft och solkraft, som annars går till spillo eller får säljas, kan användas för att producera vätgas. Vätgasen lagras och kan därefter nyttjas för att åter generera elektricitet när efterfrågan ökat. [35] I följande kapitel beskrivs delar av energisystemet för hus 1 och 5 samt allmän information om vätgas och dess lagringsegenskaper.

2.5.1 Solcell

Solpaneler används för att omvandla solstrålning till elektricitet. En solpanel består av ett antal solceller som seriekopplas för att tillsammans generera önskad spänning. En solcell är uppbyggd av ett halvledarmaterial som består av två skikt, ofta benämnt p-typ och n-typ. P-typ lagret består av ett material med egenskaper som gör att elektroner fritt kan röra sig i skiktet. N-typ lagret består av ett material med sådana egenskaper att det villigt tar emot elektroner. Ett skikt av p-typ och ett av n-typ sätts samman i en solcell och utsätts för solstrålning. Solstrålningen frigör elektroner från de två skikten och ett elektriskt fält bildas där de möts. Det elektriska fältet tvingar över de frigjorda elektronerna till n-sidan vilket gör den negativt laddad, då elektroner bortförs från p-sidan får den en positiv laddning. Skikten sammankopplas med en ledning som möjliggör transport av elektroner från n-skiktet som har ett elektronöverskott till p-skiktet med ett elektronunderskott. Elektroner som förflyttar sig i en ledning genererar en elektrisk ström. Denna process fortgår så länge som solcellerna utsätts för solstrålning, utan den frigörs inga ytterligare elektroner och elektrontransporten upphör. Solceller producerar likström som antingen kan användas direkt eller omvandlas till växelström med hjälp av en växelriktare för vidare transport. [36]

2.5.2 Elektrolysör

Vätgas kan tillverkas av vatten via elektrolys vilket möjliggör vätgasproduktion överallt där vatten finns att tillgå. Elektrolysören använder sig av elektricitet för att driva en kemisk reaktion. Vattenmolekylen spjälkas upp vilket innebär att syre och väteatomerna i vattenmolekylen delar på sig för att bilda vätgas och syrgas. [37]

2.5.3 Vätgas

Vätgas är en tvåatomig molekyl bestående av två väteatomer. Väte är det lättaste grundämnet vilket innebär att vätgas är en väldigt lätt gas. En genomsnittlig luftmängd väger ungefär 14 gånger mer än vätgas vid samma fysikaliska förhållanden. På grund av dess låga densitet har väte den högsta effusions- och diffusionsförmågan i jämförelse med resterande grundämnen. Detta innebär att väte lätt sprider sig i en behållare och har en stor tendens till att läcka ut. Gasen är lättantändlig vid tillgång till syre och kan explodera givet rätt förhållanden.

Vätgas är väldigt energirik i relation till dess vikt. Per viktenhet innehåller vätgas ungefär tre gånger så mycket energi jämfört med bensin, dock är energiinnehållet för vätgas mycket lägre i relation till dess volym vid jämförelse med bensin. Vid flytande form krävs 3,5 gånger så stor volym för att lagra samma energimängd, hade vätet istället varit i gasfas hade det krävts en ännu större volym för att nå samma energimängd som bensin. [38]

2.5.3.1 Vätgaslagring

Lagringsalternativen för vätgas består i dagsläget huvudsakligen av antingen trycksatt gas eller väte i vätskefas men även teknik gällande lagring i fast fas förekommer. Vid lagring i gasfas trycksätts vätgasen vanligtvis till 200–700 bar, vilket medför att mer energi kan lagras på samma utrymme på bekostnad av det arbete som krävs vid trycksättningen.

Vid vätgaslagring i gasfas bör behållarna vara gjorda av kompositmaterial utvalda för att erhålla följande egenskaper. Det yttre skalet bör vara konstruerat för att motstå mekaniska skador. Behållaren bör också bestå av ett lager som är konstruerat för att förhindra vätegenomträngning. Dessa behållare kan komma att utsättas för materialutmattning från olika källor. Materialutmattning kan bero på höga tryckförändringar under lång tid eller vätesprödning, vilket innebär att vätet reagerar med materialet och påverkar dess hållfasthet. Figur 2 visar ett exempel på hur vätgasen ska lagras i Vårgårda. Tuberna som ska fyllas med vätgas är placerade i en välventilerad container som en extra säkerhetsåtgärd. [3]

Lagring i vätskefas ger möjligheten att lagra mer vätgas på samma volym i jämförelse med lagring i gasfas. I vätskefas kan $70,8 \text{ kg/m}^3$ väte lagras i jämförelse med 39 kg/m^3 i gasfas vid trycket 700 bar. Vid lagring i vätskefas måste vätgasen hållas nedkyld vid omkring -250 grader Celsius beroende på omgivande tryck för att inte avdunsta. Trycket påverkar inte kokpunkten nämnvärt. [39]

2.5.4 Bränslecell

För att utvinna energin ur vätgas kan en bränslecell användas. Bränslecellen använder sig av vätgas och syrgas för att producera elektricitet. Syrgas kan hämtas direkt från omgivande luft men vätgas måste utvinnas eller produceras och därefter ledas till bränslecellen. Bränslecellen består av en katodsida, en anodsida och ett membran, membranet skiljer katoden från anoden. På anodsidan delas vätemolekylerna upp i beståndsdelarna protoner och elektroner. Protonerna leds över till katodsidan genom att passera via membranet men elektronerna kan inte passera denna väg. Elektronerna passerar istället genom en kabel vilket ger upphov till en elektrisk ström som kan tas tillvara på. På katodsidan återförenas protonerna med elektronerna och med tillgång till syret i luften bildas vatten. Endast vatten och värme är de restprodukter som bildas. Värmen kan användas till uppvärmning och på så sätt öka systemets verkningsgrad. [40] Figur 3 visar den bränslecell som kommer att användas i Vårgårda när systemet är i drift.



Figur 2. Vätgastuberna som ska användas i Vårgårda



Figur 3. Bränslecellen installerad i Vårgårda.

3. Metod

För att undersöka vilket energisystem som är mest lönsamt har informationssökning gjorts via internetsökningar samt via deltagande på olika föreläsningar och seminarium. Handledarmöten har även använts för att få information och ett studiebesök till byggnaderna i Vårgårda har genomförts. Energiberäkningarna samt energideklarationerna har utförts av en kvalificerad energiexpert, med hjälp av lämpliga beräkningsprogram. För att utföra beräkningarna har relevant mätdata samlats in via projektledare från Vårgårda Bostäder.

Relevant mätdata har samlats in för att kunna utföra LCC-analysen på energisystemen och ett lämpligt LCC-verktyg har hittats via internetsökning. Därefter har analysen utförts genom att nyttja det mest passande verktyget.

För att beräkna energianvändningen för tappvarmvattnet har relevant mätdata samlats in från de två husen. Mätdata hämtades från bilagor innehållande vattenförbrukning, inkommande och utgående temperatur på varm- och kallvattnet. För beräkningen användes en ekvation hämtad ur en liknande undersökning av Energimyndigheten och energikorrigeringen gjorde enligt BEN2.

Arbetet med rapporten har kvalitetssäkrats genom att använda en projektmetodik som innefattar projektdirektiv, projektplan, milstolpeplan, PBS, WBS, projektdagbok och aktivitetsschema.

4. Genomförande

Informationssökningar har genomförts via Google-sökningar samt sökmotorn ScienceDirect för vetenskapliga rapporter. För information om projektmetodik samt gruppdyamik har deltagande gjorts på flertalet föreläsningar. Ett webb-baserat seminarium med före detta VD för Vårgårda Bostäder har även använts som informationskälla. Under seminariet förmedlades information om hur idén till vätgaslagring inom Vårgårda Bostäder uppkom samt kortfattad information om hur denna teknik fungerar. Ett studiebesök i Vårgårda genomfördes för att studera energisystemen där projektledare från Vårgårda Bostäder visade runt. Handledarmöten med energiexperthar anordnats löpande för att utöka kunskaper kring bland annat energiberäkningar.

4.1 Information om byggnaderna och insamlade mätdata

All information om byggnaderna och mätdata som har använts i denna rapport är insamlad via projektledare från Vårgårda Bostäder. Den information och mätdata som är insamlad är produktspecifikationer, kostnader för energisystemen, elförbrukningar, varmvattenförbrukningar, kall- och varmvattentemperaturer, inomhustemperaturer, antal boende, byggnadsritningar, A_{temp} (golvyta som uppvärms till minst 10°C) exklusive teknikrum, värmegenomgångskoefficient (U_{medel}) samt täthetsprovningar. Värmegenomgångskoefficienterna är framtagna av Sweco Systems AB och täthetsproverna är utförda av AT Power Svenska AB.

Elförbrukning för hus 1 fanns tillgängligt både månadsvis (2019–01 till och med 2020–03) samt dygnsvis (från 2019-12-17 till och med 2020-04-12) medan för hus 5 fanns endast dagsförbrukningarna (samma period som hus 1) tillgängligt. För hus 1 summerades månadsförbrukningarna för hela år 2019 till en årsförbrukning. För hus 5 jämfördes tillgängliga dagsförbrukningar mot motsvarande förbrukningar för hus 1 och en procentsats beräknades för hus 5 jämfört med hus 1. Denna procentsats multiplicerades sedan med årsförbrukningen för hus 1 för att få fram en uppskattad årsförbrukning på hus 5.

I den A_{temp} för hus 1 och 5 som mottogs av Vårgårda Bostäder var inte teknikrummet inräknat. Därför beräknades golvytan för teknikrummet i byggnadsritningarna och adderades till den angivna A_{temp} . Det har utförts två täthetsproverna för hus 1 och tre prover för hus 5 och ett medelvärde för respektive hus har beräknats.

4.2 Energiberäkning och energideklaration

För att utföra energiberäkningarna samt energideklarationerna användes mätdata och information gällande byggnaderna och dess energisystem. Dessa sammanställdes och vidarebefordrades till energiexperten som utförde energiberäkningarna via TMF Energi samt energideklarationerna via Boverkets hemsida. TMF-beräkningarna visade resultat för hur energiprestanda bör vara

enligt den information och mätdata som finns angående byggnaderna, och energideklarationerna visar den faktiska energiprestandan med uppmätta värden. Energin för uppvärmning korrigerades med 5 % per grad på inomhustemperaturen som översteg det standardiserade värdet på 21 °C. För användning av tappvarmvatten användes ett standardiserat värde för både energiberäkningarna och energideklarationerna ($20 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år).

4.3 LCC

LCC-analysen genomfördes genom att ett Excel-dokument skapat av Upphandlingsmyndigheten användes. Dokumentet är utformat för utförandet av LCC-analyser. Programmet kräver att användaren skriver in viss information enligt följande. Analysen inleddes med att de inparametrar som gäller för båda energisystemen skrevs in först, dessa bestod av livslängd, elpris, kalkylränta, årlig elprisförändring och mängden utsläppt koldioxid per förbrukad kilowattimme. De inparametrar som är unika för respektive energisystem skrevs in separat, vilket inkluderar underhåll, elförbrukning och inköpspris. Inköpsprisen är inlagda som engångskostnader vid nyttjandetidens start. Underhåll och elförbrukning är inlagt som årliga kostnader. Programmet utförde därefter beräkningar baserat på inskrivna data och jämförde energisystemen ur ett ekonomiskt perspektiv.

4.3.1 Elpris

Elpriset per kilowattimme beräknades utifrån insamlat material och bestod av elöverföring och elhandelskostnader. Först beräknades elnätsavgiften vilken bestod av kategorierna abonnemang, elöverföring och energiskatt. Abonnemangskostnaden var en årlig kostnad vilken räknades om till en kostnad per kilowatt genom att ta abonnemangskostnaden för 75 dagar och dividera den på elförbrukningen under samma period. Kostnaden för elöverföring och energiskatten var bestämda i öre per kilowattimme.

Elhandelskostnaden bestod av kategorierna årsavgift, el och elcertifikat. Årsavgiften räknades om till en kostnad per kilowatt genom att ta årsavgiften för 30 dagar och dividera den på elförbrukningen under samma period. El och elcertifikatkostnaden behövde inte omräknas.

Elnätsavgiften och elhandelsavgiften summerades, därefter inkluderades momsens vilket resulterade i det slutgiltiga elpriset.

4.4 Tappvarmvattenanalys

För att beräkna energianvändningen för tappvarmvattnet samlades relevant mätdata från de två husen. Mätdata som hämtades innehöll vattenförbrukning, inkommande och utgående temperatur på varm- och kallvattnet i respektive hus. Mätdata erhöles av beställare på Vårgårda Bostäder. Excel valdes som lämpligt beräkningsprogram.

För beräkningen användes en ekvation hämtad ur en liknande undersökning av Energimyndigheten, där man undersökt förbrukning av kall- och varmvatten i 44 olika hushåll. Studiens huvudsyfte var att förstå hur mycket av energiförbrukningen i ett hushåll som går åt för uppvärmning av vattnet. Vid beräkningen gjordes antaganden om vattnets densitet och specifika värmekapacitet, tagna ur energi- och kemiteknisk formelsamling. Resultatet angavs då i kWh/år. Eftersom tillräckliga mätdata saknades för hus 5 antogs detta ha samma varmvattenförbrukning som hus 1. För att få en förbrukning per kvadratmeter och dividerades årsförbrukningen med A_{temp} både med och utan teknikhus. Ytterligare beräkningar gjordes för att korrigera för medelinomhustemperaturen enligt Boverkets författningssamling BFS2017:6 BEN 2. I detta fall korrigerades medelinomhustemperaturen ned vilket resulterade i en 5% lägre energiförbrukning per grad som korrigerades.

5. Resultat och analys

Nedan följer resultat för insamlad information och mätdata, energiprestanda, livscykelkostnadsanalys samt tappvarmvattenanvändning.

5.1 Sammanfattning av insamlad information och mätdata

Den information om byggnaderna som har samlats in och använts i energiberäkningarna kan utläsas ur tabell 1. Övrig information om bland annat produktspecifikationer har endast hanterats av energiexperten. A_{temp} för hus 1 och 5 var tidigare beräknat till 2019 m² men sedan den beräkningen har ett teknikrum för delar av energisystemen tillkommit på båda byggnaderna. Därför beräknades golvytan för teknikrummet i byggnadsritningarna och adderades till den angivna A_{temp} , vilket summerades till 2054 m² för både hus 1 och 5.

Tabell 1. Sammanfattning av den information och mätdata som använts till energiberäkningar och energideklaration.

	Hus 1	Hus 5
Antal våningar [styck]	3	3
Antal lägenheter [styck]	29	29
Antal boende [personer]	58	60
A_{temp} utan teknikrum [m ²]	2019	2019
A_{temp} med teknikrum [m ²]	2054	2054
Lufttäthet [l/(s*m ²)]	0,29	0,21
U_{medel} [W/(K*m ²)]	0,304	0,240
Korrigerad medelinomhustemperatur [°C]	21	21
Verklig medelinomhustemperatur [°C]	22,1	21,6
Antal luftvärmepumpar [styck]	1	2

5.1.1 Elförbrukning

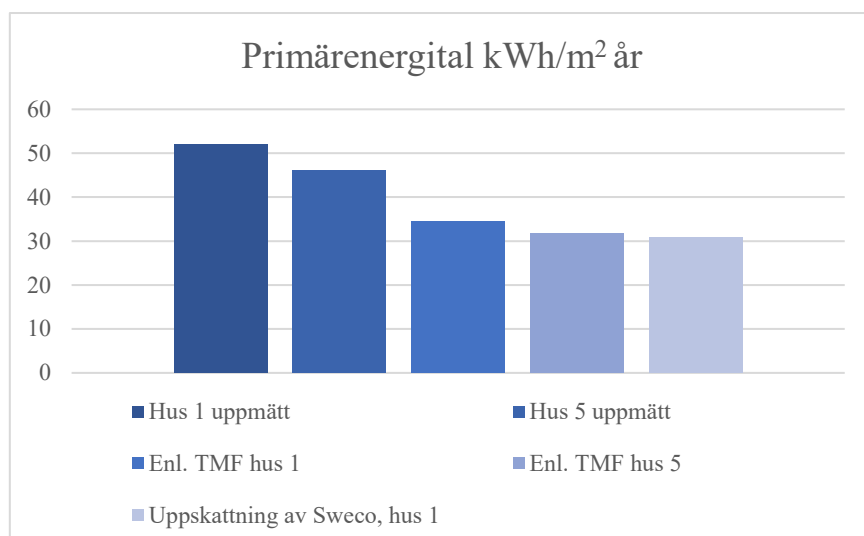
Den månadsvisa elförbrukningen för hus 1 (2019-01 till och med 2019-12) summerades till en årsförbrukning på 65 522 kWh. Dagsförbrukningen för hus 1 respektive hus 5 summerades för perioden 2019-12-17 till och med 2020-04-12. Resultatet för hus 1 var cirka 29 990 kWh och för hus 5 blev summan cirka 26 470 kWh, vilket är cirka 88,26 % jämfört med hus 1. Denna procentsats multiplicerades sedan med årsförbrukningen för hus 1, för att beräkna ett

uppskattat värde på årsförbrukningen för hus 5. Resultatet blev därmed cirka 57 830 kWh.

5.2 Energiprestanda och primärenergital

Enligt energideklarationerna är primärenergitalet 51 kWh/m² A_{temp} år för hus 1 respektive 45 kWh/m² A_{temp} och år för hus 5. För fullständig energideklaration för respektive hus se Bilaga 2 och Bilaga 3. Således konstaterades uppmätt primärenergital för hus 1 vara 68,8% högre än beräknade värde av Sweco innan byggnaderna uppfördes, och för hus 5 konstaterades uppmätt primärenergital vara 49,4% högre än beräknade värde, se figur 4. Hus 5 hade ett cirka 12% lägre primärenergital än hus 1.

Enligt TMF-beräkningar för hus 1 var primärenergitalet 34,5 kWh/m² och för hus 5 beräknades primärenergitalet till 31,7 kWh/m², se bilagor 6 och 7. Det verkliga värdet enligt energideklarationerna för hus 1 var 48% högre än det beräknade värdet enligt TMF, och för hus 5 var det verkliga värdet 42% högre än det beräknade värdet.



Figur 4. Diagram över uppmätt och beräknat primärenergital för hus 1 och 5 samt uppskattat värde för hus 1

Energideklarationerna visar att den köpta elen är uppdelad och kommer från ett antal olika källor. Den totala energiförbrukningen på 64 177 kWh för hus 1 är uppdelad i markvärmepump och tappvarmvatten. Markvärmepumpen använder 16 368 kWh och tappvarmvattnet 41 080 kWh. Fastighetselen för hus 5 är 6729 kWh. För hus 5 är den totala energiförbrukningen 56 980 kWh detta är uppdelat i tappvarmvatten som använder 41 080 kWh. De övriga är markvärmepump och

frånluftvärmepump som använder 4070 kWh respektive 6100 kWh. I bostaden används 5730 kWh fastighetsel.

Enligt TMF-beräkningarna har både hus 1 och 5 energiklass A, och enligt deklARATIONEN har båda husen energiklass B, se bilaga 4 och 5. De byggnader som nybyggs måste enligt BBR:s krav hamna i energiklass C eller över.

5.3 LCC

Investeringskostnaderna för energisystemet i hus 1 (bergvärmepump och frånluftsvärmepump med respektive installation samt styr- och brandfunktion) var cirka 775 000 kronor, och motsvarande kostnad för hus 5 (bergvärmepump och frånluftsassagregat med integrerad värmepump med tillhörande installation samt styr-och brandfunktion) kostade cirka 720 000 kronor. Kostnaden för systemet i hus 5 var cirka 7 % lägre än systemet i hus 1.

Driftkostnader för energisystemen är den årliga elanvändningen samt underhåll av de olika pumparna. Elanvändningen för hus 1 ligger på cirka 65 500 kWh/år och för hus 5 är motsvarande siffra cirka 57 800 kWh/år, vilket är cirka 88,26 % av elanvändningen jämfört med hus 1. För exakta värden se tabell 2. Underhåll för båda systemen uppskattas vara liknande, det vill säga filterbyte med tillhörande arbetskostnad en gång per år. Materialkostnaden för filter uppskattas till 5000 kronor per år för respektive systemen, och arbetskostnaden för servicen uppskattas till 10 000 kronor per år för respektive system.

Nyttjandetid för systemen uppskattas till 25 år och kalkylräntan sätts till 5 % efter samråd med Vårgårda Bostäder. Priset för elektriciteten beräknades till 2,1 kr/kWh med en estimerad prisökning på 2% per år. Klimatpåverkan är satt till 0 kg CO₂/kWh. Enligt Vårgårdas elavtal används endast förnyelsebar energi där kärnkraft är exkluderad, vilket medför en obefintlig miljöpåverkan. [41]

Enligt den använda kalkylen, Upphandlingsmyndighetens generella kalkyl, har hus 1 en livscykelkostnad på 3 350 889 kronor och hus 5 har en livscykelkostnad på 3 018 304 kronor. Kostnaden för hus 5 är 9,93 % mindre än kostnaden för hus 1.

Tabell 2. Använd information till livscykelkostnadsanalys om energisystemen i byggnaderna på Backgårdsgatan 1 och 5 i Vårgårda, samt systemens totala kostnad.

Byggnad	Backgårdsgatan 1	Backgårdsgatan 5
Nyttjandetid [år]	25	25
Kalkylränta [%]	5	5
Investeringskostnad [kr]	775 000	720 000
Elanvändning [kWh/år]	65 522	57 830
Elpris [kr/kWh]	2,1	2,1
Klimatpåverkan elanvändning [kg CO ₂ /kWh]	0	0
Elprisförändring [%-ökning per år]	2	2
Materialkostnad underhåll [kr/år]	5000	5000
Arbetskostnad underhåll [kr/år]	10 000	10 000
Total kostnad (nuvärdesberäknad) [kr]	3 350 889	3 018 304

5.4 Varmvattenanalys

Hus 1 hade år 2019 en årlig varmvattenförbrukning om 741,741m³. För hus 5 saknades fullständiga mätdata då huset endast varit i drift i ett halvår, därför uppskattas hus 5 ha samma varmvattenförbrukning som hus 1.

Hus 1 beräknades ha en årlig energiförbrukning för tappvarmvatten om cirka 39 498 kWh. Detta resultat gavs då hus 1 beräknades ha en medeltemperatur inomhus på 22,1 grader Celsius. Vid korrigering av medelinomhustemperatur till 21 grader Celsius gavs istället en årlig energiförbrukning om cirka 38 313,6 kWh för hus 1, vilket resulterade i en energiförbrukning om cirka 18,98 kWh/m² år utan teknikhus i beaktning, och med teknikhus 18,65 kWh/m² år. Resultatet med teknikhus medräknat gav en cirka 5,4% lägre energiförbrukning än det normaliserade värdet enligt BEN 2 för energisnåla blandare och 4,4% lägre energiförbrukning än det projekterade värdet från Sweco, se tabell 3.

Tabell 3. Jämförelse av resultat på varmvattenanalys med normaliserat samt projekterat värde.

Tappvarmvattenanvändning	kWh/m^2 A_{temp} och år
Uppmätta värden med teknikhus	18,65
Uppmätta värden utan teknikhus	18,98
Normalisering enl. BEN 2	20,00
Uppskattat av Sweco Systems AB	19,50

.

6. Diskussion och slutsatser

Resultatet visade att det finns olikheter mellan de båda husens energiförbrukning. Hus 1 primärenergital är 51 kWh/m^2 och år medan hus 5 är 45 kWh/m^2 och år. Det kan bero på ett antal olika faktorer. Hus 1 renoverades först och var som ett testobjekt för hur de andra husen skulle se ut. När hus 5 renoverades infördes en del förbättringar på konstruktion och lufttäthet. Till exempel isolerades bottenplattan för ökad täthet. Detta resulterade i en lufttäthet på $0,29 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ för hus 1 respektive $0,21 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ för hus 5. Det innebär att det tydligt går att se att det finns skillnad på energiförbrukningen. Även fönsterna visade sig vara mer energieffektiva i hus 5 då U-medel var ungefär 21% mindre i hus 5.

En annan anledning till att energisystemet i hus 5 drar mindre energi än hus 1 är att värmeåtervinningen i hus 5 är mer effektiv. Detta beror på att i hus 5 används frånluften med en temperatur på cirka 20°C för att värma upp varmvatten till 55°C , medan i hus 1 används frånluften till att värma vätskan i bergvärmen. Denna vätska varierar mellan cirka $4\text{--}8^\circ\text{C}$. Den värmemängd som kan utnyttjas i energisystemet i hus 5 är alltså större än i hus 1 och därför är det mer effektivt.

Energideklarationerna visade sig vara sämre än TMF-beräkningarna. När husen renoverades användes den gamla grunden, eftersom det antogs löna sig mer ekonomiskt. Det innebär en större köldbrygga i den gamla bottenplattan. Därför kan det ha påverkat att deklARATIONerna blev sämre än vad det först var tänkt. En annan anledning till att husen använder mer energi än beräknat kan bero på att de beräknade U_{medel} -värdena inte stämmer med verkligheten, köldbryggor i konstruktionen och att de boende vädrar mycket. Husen är dock väldigt energieffektiva jämfört med kraven från BBR (85 kWh/m^2 och år) och när de får tillstånd att använda solcellerna och vätgas kommer resultatet att förbättras ännu mer.

Energin för varmvattenuppvärmningen konstaterades vara lägre än både projekterat samt normaliserat värde för varmvattenförbrukning som användes i beräkningar. Faktorer som eventuellt påverkat resultatet kan ha varit felvända mätare i hus 1. Mätdata som erhöles från Vårgårda Bostäder med avseende på hus 1 visades sig vara ofullständiga då två mätare varit felvända. Mätarna fanns i samma lägenhet, 1 ROK på 42m^2 där en vuxen stod folkbokförd. I vilken utsträckning detta påverkat resultatet är svårt att svara på då förbrukningen skiljer sig på individnivå. Resultatet kan även ha påverkats av olika angivelser om A_{temp} i projekteringen kontra uppmätta värden. I projekteringen som Sweco Systems AB utfört har teknikhuset om 35m^2 ej tagits med i beräkningarna. De analyser och beräkningar som gjorts i denna undersökning har inkluderat teknikhuset i A_{temp} . Detta har med största sannolikhet påverkat resultatet något.

Efter att LCC-analysen utförts kunde det konstateras att livscykelkostnaden för energisystemet i hus 5 var ungefär 10 % billigare än för systemet i hus 1. Delas livscykelkostnaden upp i dess två beståndsdelar, investeringskostnader och

driftskostnader så var hus 5 billigare i båda fallen. Investeringskostnaden för hus 5 var ungefär 7% billigare och driftkostnaderna var ungefär 12 % billigare i jämförelse med hus 1.

Då hus 1 och 5 är jämlika med till exempel samma antal lägenheter och A-temp innebär det att båda energisystemen utför ungefär samma arbete. Detta möjliggör en ekonomisk jämförelse utan att ett av systemens kostnader måste skalas ner för att det till exempel tillgodoser behoven för en större fastighet. Resultatet kan ha påverkats av hyresgästerna vilket inte har undersökts i denna rapport. Vädning är en faktor som kan öka fastighetens energiåtgång vilket i sin tur ökar dess driftkostnad. I vilken utsträckning detta kan ha påverkat driftkostnaden är inte fastställt. Hyresgästernas egen energikonsumtion i form av elektriska apparater med mera påverkar inte driftkostnaderna i den utförda analysen då denna form av energiförbrukning inte tagits hänsyn till.

Underhållskostnaderna för systemen är uppskattade värden då hus 1 endast varit i drift sedan slutet av 2018 och hus 5 sen 2019. För att få mer verklighetstroga värden skulle systemen behövt vara driftsatta under en längre tid och verkliga kostnader som uppstått använts i en LCC-analys. Utifrån utförd LCC-analys kan det konstateras att energisystemet för hus 5 är bättre utifrån ett ekonomiskt perspektiv.

Energisystemet i hus 5 är mer lönsamt, både energimässigt och ekonomiskt, jämfört med hus 1. Det finns 4 byggnader till som håller på eller ska bli renoverade till år 2022, och dessa ska enligt projektledare från Vårgårda Bostäder, använda samma energisystem som finns i hus 5. Dessutom är det samma byggbolag som renoverar alla husen och därför kommer de få mer och mer erfarenhet gällande just dessa byggnader och resultatet av konstruktionen på byggnaderna kommer med största sannolikhet bara bli bättre och bättre. Detta bör leda till att de kommande byggnadernas energiprestanda fortsätter, eller till och med, blir bättre än de som redan är färdigställda.

Även om båda husen drar mer energi i praktiken än enligt beräkningar, drar de betydligt mindre energi än kraven enligt BBR, cirka 39 % mindre för hus 1 och 46 % mindre för hus 5. Detta är utan vare sig solceller eller vätgaslagring inräknat. När detta är i bruk kommer den köpta energin som krävs för att driva byggnaden att minska ytterligare. Om fler flerbostadshus renoveras eller nybyggs på ett likvärdigt sätt som byggnaderna på Backgårdsgatan 1–11 i Vårgårda skulle det vara en stor bidragande faktor till att Sverige minskar sin energianvändning och därmed även utsläpp av växthusgaser.

7. Referenser

- [1] J. Thorsson, Beskriva visionen hur Vårgårda satsades på energilösningen.
- [2] P. Wickman, Interviewee, *Studiebesök*. [Intervju]. 03 April 2020.
- [3] A. Eriksson, Interviewee, *Studiebesök i Vårgårda*. [Intervju]. 3 April 2020.
- [4] S. Tommy, Jag har räknat ut ett nytt U-medel, Göteborg.
- [5] A. Eriksson, *Mejl*, Vårgårda, 2020.
- [6] J. Thorson, Interviewee, Vätgas & bränslecell - ett fossilfritt energisystem. [Intervju]. 21 April 2020.
- [7] Boverket, "Handbok för Energihushållning enligt boverkets byggregler," Augusti 2012. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2012/handbok-for-energihushallning-enligt-boverkets-byggregler.pdf>. [Använd 17 april 2020].
- [8] Varmahus, "Värmeförluster från varmvatten," [Online]. Available: <http://varmahus.se/varmeforluster-fran-varmvatten/>. [Använd 08 maj 2020].
- [9] BEBO, "Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus - mätningar i 12 fastigheter," BEBO, 2015.
- [10] Boverket, "Krav på klimatskärmen," 13 februari 2019. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/krav-pa-klimatskarmen/>. [Använd 23 april 2020].
- [11] Fuktcentrum, Lunds Tekniska Högskola, "Lufttäthet - Kan ett hus bli för tätt?," 06 november 2015. [Online]. Available: <http://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjaelpmedel/fuktskador/lufttaethet/>. [Använd 19 maj 2020].
- [12] Boverket, "Om Boverkets byggregler, BBR," 01 oktober 2019. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/om-boverkets--byggregler-bbr/>. [Använd 17 april 2020].
- [13] Boverket, "Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR," 2019. [Online]. Available:

https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf. [Använd 17 april 2020].

- [14] Boverket, "Vad är primärenergital?," 01 juli 2017. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/energi-hushallning/vad-ar-primarenergital/>. [Använd 17 april 2020].
- [15] Boverket, "Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår," 26 juni 2017. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/ben---bfs-201612/>. [Använd 14 05 2020].
- [16] TMF, Trä- och Möbelföretagen, "TMF Energi," [Online]. Available: <https://www.tmf.se/bransch/teknik--forskning/tmf-energi/>. [Använd 08 maj 2020].
- [17] Boverket, "Dessa byggnader ska energideklareras," 15 januari 2020. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/dessa-byggnader-ska-energideklareras/>. [Använd 15 maj 2020].
- [18] Boverket, "Energideklarationens innehåll," 9 januari 2019. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/>. [Använd 19 maj 2020].
- [19] Boverket, "Ska din byggnad ha en energideklaration?," 03 januari 2019. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/>. [Använd 05 maj 2020].
- [20] Byggindustrin, "Nybyggda hus använder mer energi än projekterat," 29 april 2020. [Online]. Available: <https://www.byggindustrin.se/artikel/nyhet/nybyggda-hus-anvander-mer-energi-projekterat-29510>. [Använd 15 maj 2020].
- [21] A.-S. Borglund, "Brukarnas påverkan på energianvändning och effektbehov i NNE-byggnader," E2B2, 18 mars 2020. [Online]. Available: <https://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/beteende/brukarnas-paaverkan-paa-energianvaendning-och-effektbehov-i-nne-byggnader/>. [Använd 15 maj 2020].
- [22] H. Bagge, V. Fransson, C. Hiller, D. Johansson och J. Rydén, "Resultatblad - Uppvärmning av nära-noll-byggnader: extra viktigt att förstå de boendes

- energianvändning,” E2B2, februari 2018. [Online]. Available: https://www.e2b2.se/library/4058/resultatblad_brukarnas_paverkan_pa_energianvandning_och_effektbehov_i_nye_byggnader.pdf. [Använd 15 maj 2020].
- [23] Vattenfall, ”Så fungerar bergvärme,” [Online]. Available: <https://www.vattenfall.se/varmepumpar/bergvarme/hur-fungerar-bergvarme>. [Använd 16 04 2020].
- [24] B. E. e. al., Bergvärme på djupet, Stockholm: US-AB, 2013.
- [25] R. M. P. V., ”Termisk energilagring i borrhål,” KTH Institutionen för Energiteknik, Stockholm, 2014.
- [26] NIBE, ”BERGVÄRME - LAGRAD ENERGI I MARKEN,” [Online]. Available: <https://www.nibe.eu/sv-se/kunskapsbank/sa-fungerar-det/bergvarme---lagrad-energi-i-marken>. [Använd 16 04 2020].
- [27] Soliduct AB, ”ventilation.se,” 2020. [Online]. Available: <https://ventilation.se/om-ventilation>. [Använd 19 04 2020].
- [28] Svensk Ventilation, ”Olika typer av värmeväxlare,” [Online]. Available: <http://www.svenskventilation.se/ventilation/varmevaxlare/>. [Använd 17 04 2020].
- [29] ”VÄRMEVÄXLARE INOM VENTILATION,” [Online]. Available: <https://www.kubenventilation.se/vaermevaexlare>. [Använd 20 05 2020].
- [30] Energimyndigheten, ”Mätning av kall- och varmvattenförbrukning i 44 hushåll,” Statens energimyndighet, 2009.
- [31] S. S. muthu, ”Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain,” 2014.
- [32] Sveriges lantbruksuniversitet, ”Vad är livscykelanalys?,” 14 November 2019. [Online]. Available: <https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/>. [Använd 19 Maj 2020].
- [33] Upphandlingsmyndigheten, ”Vad är LCC?,” 03 Juli 2017. [Online]. Available: <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/omraden/lcc/perspektiv/>. [Använd 6 Maj 2020].
- [34] Upphandlingsmyndigheten, ”Ekonomiska parametrar i en LCC-beräkning,” 12 Januari 2017. [Online]. Available:

- <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/omraden/lcc/perspektiv/ekonomiska-parametrar/>. [Använd 6 Maj 2020].
- [35] Vätgas Sverige, "Vätgas som energilager," [Online]. Available: <http://www.vatgas.se/faktabank/energilagring/>. [Använd 15 April 2020].
- [36] D. Sigurd och L. Stolt, "solcell," [Online]. Available: <https://www-ne-se.proxy.lnu.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/solcell>. [Använd 15 April 2020].
- [37] B. Holmström, "elektrolys," [Online]. Available: <https://www-ne-se.proxy.lnu.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/elektrolys>. [Använd 20 April 2020].
- [38] C.-J. Österberg, L. I. Elding och R. Wiktor, "väte," [Online]. Available: <https://www-ne-se.proxy.lnu.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/v%C3%A4te>. [Använd 16 April 2020].
- [39] M. Ball och M. Wietschel, *The Hydrogen Economy Opportunities and Challenges*, Cambridge University Press, 2009.
- [40] G. Löthgren och A. Johansson, "Utredning ny teknik för fastigheten Klockarebolet 5 i Vårgårda.," Göteborg, 2017.
- [41] A. Eriksson, Interviewee, *Videomöte*. [Intervju]. 13 Maj 2020.
- [42] Europeiska Kommissionen, "En europeisk grön giv - sträva efter att bli världens första klimatneutrala kontinent," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sv. [Använd 16 april 2020].
- [43] Naturvårdsverket, "Fördjupad analys av svensk klimatstatistik 2017," 2017.
- [44] Boverket, "Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft," 16 januari 2020. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/>. [Använd 16 april 2020].
- [45] Naturvårdsverket, "Energieffektivisering i bostäder och lokaler," 26 augusti 2019. [Online]. Available: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Energieffektivisering/Bostader-och-lokaler/>. [Använd 16 april 2020].

- [46] A. Eriksson, Interviewee, [Intervju]. 3 april 2020.
- [47] IV produkt, "Frånluftsvärmepump NYA EcoHeater 060-300," Växjö.
- [48] Lantmäteriet, "Nyttjanderätt," [Online]. Available:
<https://www.lantmateriet.se/sv/Fastigheter/Andra-fastighet/Tillgang-till-annans-mark/Nyttjanderatt/>. [Använd 15 maj 2020].
- [49] Boverket, "Byggnader som inte behöver energideklareras," 25 september 2019. [Online]. Available:
[https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/dessa-byggnader-behoover-inte-energideklareras/](https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/ dessa-byggnader-behoover-inte-energideklareras/). [Använd 19 maj 2020].

8. Bilagor

Bilaga 1. Sweco Systems AB – beräkning av energiprestanda

Bilaga 2. EnergideklARATION hus 1

Bilaga 3. EnergideklARATION för hus 5.

Bilaga 4. Energiklass hus 1

Bilaga 5. Energiklass hus 5

Bilaga 6. TMF-beräkning för hus 1

Bilaga 7. TMF-beräkning för hus 5

Bilaga 1. Sweco Systems AB – beräkning av energiprestanda



RAPPORT

VÅRGÅRDA BOSTÄDER AB
FRISTAD BYGG AB

BACKGÅRDSGATAN 1

BERÄKNING AV ENERGIPRESTANDA ENLIGT BBR 25



UPPDRAGSNUMMER 12501127000
2018-05-09

Sweco Systems

Energi & miljö

Göteborg

Av: Tommy Schröder i samråd med Per Wickman, Energirevisor ERW AB

rip0001.docx 2012-05-28

Sweco Skånegatan 3 Box 5397 SE 402 28 Göteborg, Sverige Telefon +46 (0)31 62 75 00 www.sweco.se	Sweco Systems AB RegNo: 556030-9733 Styrelsens säte: Stockholm	Tommy Schröder VVS- & Energikonsult Göteborg Telefon direkt +46 (0)3 161 78 36 Mobil +46 (0)722 31 99 19 tommy.schröder@sweco.se
--	--	---

ST \segofts003\projekt\22575\12501127_backgårdsgatan_vårgårda\000_backgårdsgatan_vårgårda\13_beräkningar\04. energiberäkningar\resultatrapport energianvändning backgårdsgatan 2018-05-09 - rev.docx

Ändringsförteckning

Version	Datum	Ändring	Granskning
1.0	2018-03-05		Per Wickman
1.1	2018-03-06	Ändrat systemtemperatur i kapitel 5.9.1	
1.2	2018-04-04	Justerat texter gällande beskrivning av energiproduktion.	
1.3	2018-05-09	Justerat indata från Nilsson Energy under kapitel 5.9.2, 5.11, 5.12, 6.1, 6.2, 6.3 och sammanfattning.	Per Wickman

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	1
1.1	Metod och avgränsningar	1
2	Projektbeskrivning	2
3	Krav enligt BBR 25	3
3.1	Byggnadens energiprestanda	3
3.2	Installerad eleffekt	3
3.3	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient	4
3.4	Klimatskärmens luftläckage	4
3.5	Uppföljning	4
4	Beställarens krav	4
5	Indata till energiberäkning	5
5.1	Modellen	5
5.2	Klimatfil	5
5.3	Byggnadens area	5
5.4	Krav på termisk komfort	6
5.5	Internlaster	6
5.6	Klimatskal	7
5.7	Luftläckage	7
5.8	Luftbehandling	7
5.9	Värmesystem	8
5.10	Fastighetsel	9
5.11	Energiproduktion	9
5.12	Överskottsenergi	9
6	Resultat	10
6.1	Byggnadens energianvändning	10
6.2	Byggnadens totala energianvändning	11
6.3	Byggnadens energiprestanda	12
6.4	Klimatskalets U-värde	13

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	1
1.1	Metod och avgränsningar	1
2	Projektbeskrivning	2
3	Krav enligt BBR 25	3
3.1	Byggnadens energiprestanda	3
3.2	Installerad eleffekt	3
3.3	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient	4
3.4	Klimatskärmens luftläckage	4
3.5	Uppföljning	4
4	Beställarens krav	4
5	Indata till energiberäkning	5
5.1	Modellen	5
5.2	Klimatfil	5
5.3	Byggnadens area	5
5.4	Krav på termisk komfort	6
5.5	Internlaster	6
5.6	Klimatskal	7
5.7	Luftläckage	7
5.8	Luftbehandling	7
5.9	Värmesystem	8
5.10	Fastighetsel	9
5.11	Energiproduktion	9
5.12	Överskottsenergi	9
6	Resultat	10
6.1	Byggnadens energianvändning	10
6.2	Byggnadens totala energianvändning	11
6.3	Byggnadens energiprestanda	12
6.4	Klimatskalets U-värde	13

1 Inledning

Sweco har i samråd med Per Wickman, ERW AB fått i uppdrag att göra energiberäkningar för Backgårdsgatan 1.

Rapporten redovisar beräkning och resultatet omfattar delar enligt kapitel 5 och 6. Byggnadens årliga energianvändning och energiprestanda har beräknats enligt BBR 25¹ och dels för den totala energianvändningen.

I den totala energianvändningen ingår förutom byggnadens energianvändning även energi relaterat till hushållsel.

1.1 Metod och avgränsningar

Definition i BBR 25 av "byggnadens energianvändning".

"Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi".

Som fastighetsenergi benämns den energi som är knuten till byggnadens installationer (pumpar, fläktar etc), belysning i allmänna utrymmen och övrig fastighetsel.

De i rapporten presenterade värdena på beräknad årsenergianvändning är en prognos. Den faktiska årsenergianvändningen för byggnaden kan avvika från prognosen beroende på avvikelser mellan beräkningsmodell och bland annat det slutliga utförandet på byggnadens konstruktion, VVS-konstruktion, framtida utomhusklimat och byggnadens verkliga användning som t ex verksamhetsanvändning i form av internlast och drift.

1.1.1 Beräkningsprogram

För att beräkna det förväntade energibehovet har en modell över byggnaden byggts upp i programmet IDA ICE 4.7 och TMF Energi.

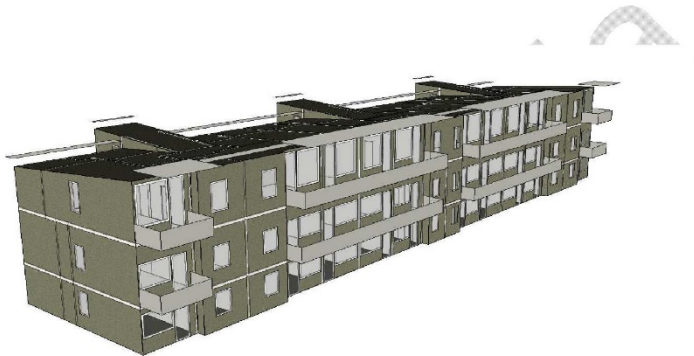
IDA ICE 4.7 är ett dynamiskt energisimuleringsprogram för modellering och simulering av hela byggnaden och byggnadens olika delar och som simuleras som ett system där hänsyn tas till växelverkan mellan olika delsystem.

TMF Energi är ett statiskt beräkningsprogram för energianvändning i flerfamiljshus och är upprättat av Rise enligt EU standarder.

¹ Regelsamling för byggande. Boverkets byggregler, BBR 25, BFS 2017:5

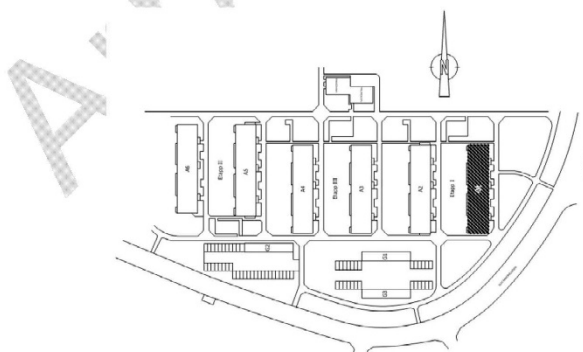
2 Projektbeskrivning

Backgårdsgatan 1 är ett miljonprogramets flerbostadshus i 3 plan där plan 1 och 2 är befintligt och plan 3 är en ny påbyggnad. Byggnaden är ett pilotprojekt och planerar att bli en off-grid byggnad som ska producera sin egen el med solceller i kombination med energilagring i form av vätgas. Byggnaden kommer genomgå en upprustning med nytt välisolerat klimatskal för att nå låga nivåer på energibehovet. Projektet kommer leda till erfarenheter för att färdigställa även resterande liknande byggnader i området.



Figur 1. 3D-vy av energimodellen i IDA ICE, Backgårdsgatan 1.

Byggnaden placeras i centrala Vårgårda och skuggas av liknande fastigheter.



3 Krav enligt BBR 25

Byggnaden klassas som flerbostadshus enligt BBR 25 och ska uppnå kraven som är formulerade under kapitel 3.

3.1 Byggnadens energiprestanda

Tabell 1. Krav för byggnadens primärenergital enligt BBR 25.

		Övre gränsvärden
Byggnadens primärenergital (EP_{pet})	[kWh/m ² A_{temp} och år]	85
Summa		85

Byggnadens energiprestanda uttryckt som primärenergital (EP_{pet}) har ett övre gränsvärde på 9,1 kWh/m² A_{temp} och år baseras på grundkravet som för flerbostadshus ligger på 85 kWh/m² A_{temp} och år.

3.2 Installerad eleffekt

Tabell 2. Krav för max installerad eleffekt enligt BBR 25.

		Övre gränsvärden
Max installerad eleffekt för uppvärmning	[kW]	4,5
Tillägg då A_{temp} är större än 130m ²	[kW]	47,2
Summa		51,7

Övre gränsvärde för byggnadens installerade eleffekt för uppvärmning 51,7 kW baseras på grundkravet ligger på 4,5 kW samt ett tillägg för då A_{temp} är större än 130 m².

Tillägget för A_{temp} större än 130m² räknar man ut genom att ta:

$(0,025 + 0,02 * (F_{\text{geo}} - 1)) * (A_{\text{temp}} - 130)$ där F_{geo} är 1,0 och A_{temp} för den här byggnaden är 2019 m². Det ger ett tillägg på 47,2 kW.

3.3 Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient

Den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten får enligt BBR 25 maximalt vara 0,40 [W/m², K].

3.4 Klimatskärmens luftläckage

Byggnadens klimatskärm ska vara så tät att kraven på byggnadens primärenergital och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls.

3.5 Uppföljning

Byggnadens specifika energianvändning ska enligt BBR 25 följas upp efter att byggnaden uppförts. För att möjliggöra en så korrekt uppföljning som möjligt ska energibehovet mätas och fördelas per användningsområde. BBR ger som allmänt råd att byggnadens elbehov delas upp i verksamhets/hushållsel samt fastighetsel för att underlätta uppföljning av byggnadens energianvändning. Följande mäts för att underlätta uppföljning:

- All levererad energi för uppvärmning av radiatorsystem, ventilationssystem och beredning av tappvarmvatten samt VVC.
- Användning av tappvarmvatten för att bestämma hur stor del av levererad värme som används för beredning av tappvarmvatten.
- El till fastighet respektive hushållsel eller verksamhetsel.

4 Beställarens krav

Enligt dokumentet *Rambeskrivning Energi Totalentreprenad 2017-05-04* finns energikravet att byggnadens totala köpta energi för uppvärmning och fastighetsel får per år inte överstiga 25 kWh/m², A_{temp} och år. Det kan jämföras med resultatet i kapitel 6.1.

5 Indata till energiberäkning

5.1 Modellen

Modellen är uppbyggd på zonnivå, det vill säga att varje fasadrum är en egen zon och rum inne i byggnaden är grupperade till en zon per lägenhet.

5.2 Klimatfil

Orten Göteborg/Landvetter har använts vid simuleringarna då ort för Vårgårda saknas i beräkningsprogrammet IDA ICE. Det är av mindre betydelse då för energiberäkningar är data från klimatfilen som används vid helårssimuleringar.

Tabell 3. Indata för ort och klimatfil i energimodellen.

Ort	Göteborg/Landvetter
Klimatfil	SWE_VÅRGÅRDA_102246(SMHI-SVEBY)

5.3 Byggnadens area

Indata baseras på underlag från arkitekt daterat 2018-01-12.

Byggnadens energianvändning beräknas per kvadratmeter A_{temp} vilket definieras som golvarean i temperaturreglerande utrymmen avsedda att uppvärmas till mer än 10 °C, se Tabell 4.

Tabell 4. A_{temp} i modellen.

A-temp	
Plan 1, 2 och 3	673 m ² per plan
Totalt	2019 m²

5.4 Krav på termisk komfort

Indata baseras på BEN 2².

Tabell 5 sammanfattar börvärden för inomhustemperaturer som har använts i energimodellen.

Tabell 5. Börvärde för lufttemperaturer inomhus under vinter och sommar.

Typrum	Vintertid	Kommentar
Samtliga rum	Min +21°C	

5.5 Internlaster

Indata baseras på BEN 2.

Internlaster består av personer och hushållsel. Tabell 6 sammanfattar antaganden kring interna laster utslagen på A_{temp} samt deras drifttider som beskrivs under kapitel 5.5.

Tabell 6. Interna laster i modellen.

	Internlaster	Drifttid	Underlag för indata
Personlast [personer/m ²]	0,025 pers/m ²	14 h/dygn	BEN 2
Utrustning [W/m ²]	8,3 W/m ²	10 h/dygn	BEN 2

5.5.1 Personbelastning

Antalet personer baseras på BEN 2.

Inomhuskläder för personer antas vara 0,75 CLO ± 0,25 CLO vilket betyder att personerna har möjlighet att justera sin klädsel mer eller mindre med CLO 0,25 från grundklädseln 0,75 CLO.

Personerna har en aktivitet på 0,8 MET vilket motsvarar 80 W.

5.5.2 Hushållsel

Hushållselen har varierats över dygnet enligt schema som anpassats till hushållets drifttider och beräknas till 30 kWh/m², och år enligt BEN 2.

70% kan tillgodogöras som internvärme.

² BEN 2 är Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår.

5.6 Klimatskal

Indata baseras på underlag från konstruktör. Tabell 7 sammanfattar U-värden som har använts i modellen.

Tabell 7. Konstruktionen i modellen.

	Area [m ²]	U [W/(K,m ²)]	U*A [W/K]	Kommentar
Yttervägg 1	651	0,108	70	Långsida
Yttervägg 2	298	0,136	41	Kortsida och trapphus
Yttertak	638	0,078	50	
Golvbjälklag 1	603	0,265 (0,52)	159,5	Befintligt. Inkl markmotstånd. Inom parantes U-värde utan markmotstånd.
Golvbjälklag 2	29	0,087 (0,107)	2,5	Nya trapphus. Inkl markmotstånd. Inom parantes U-värde utan markmotstånd.
Fönster/dörr	370	0,9	333	
Köldbryggor			132	20% påslag
TOTALT	2589	0,304	788	

Köldbryggor har beräknats i energiberäkningen och ger ett påslag motsvarande ca 20 % av transmissionsförlusterna.

5.7 Luftläckage

Infiltration är inlagd i modellen motsvarande 0,25 l/s, m² fasadarea vid 50 Pa övertryck.

5.8 Luftbehandling

Indata baseras på underlag från V- och VS-konsult.

Tabell 8. Indata för luftbehandling i modellen.

Medelluftflöde under uppvärmningssäsong.	0,40 [l/sm ²]
SFP	0,6 [kW/m ³ /s]
Drifttid	Dygnet runt

5.8.1 Luftbehandlingssystem

Byggnaden är uppdelad på ett luftbehandlingsaggregat som är av typen frånluftssystem.

5.8.2 Ventilationsflöden

Grundluftflödet är 0,39 l/sm² för alla ytor.

Forcering i kök är 30 l/s per lägenhet i 30min per dag.

Medelluftflödet är sammanslaget grundluftflöde och forceringsluftflöde och redovisas i Tabell 8.

5.8.3 Värmeåtervinning och verkningsgrad

Värmeåtervinningen är av typen återvinningsbatteri som sitter i frånluftssystemet. Den återvunna energin går till förvärmning av bergvärmepumpens inkommande brinekrets.

Enligt aggregatkörning från IV produkt beräknas 18,4 kW värmeeffekt kunna återvinnas kontinuerligt vilket ger en årlig energimängd på ca 160 000 kWh. Av detta kan en del tillgodogöras och minska elförbrukningen till bergvärmepumpen med teoretiskt 18,3%. Detta är svårt att uppskatta då verkliga förhållanden kan se annorlunda ut.

5.9 Värmesystem

5.9.1 Värmekällor

För uppvärmning används bergvärme med ett beräknat COP³ på 2,87.

Systemtemperaturen till rumsvärmare är +55 / 35°C.

Värmeförluster från varmvattenberedare beräknas till 1,5 kWh/m² och år.

För fönstervädring har ett påslag gjorts motsvarande 4 kWh/m², och år.

Reglerförluster är beräknat med ett påslag om 5% av totala värmebehovet för uppvärmning.

5.9.2 Tappvarmvatten

För produktion av tappvarmvatten används bergvärme med ett beräknat COP på 2,87.

Byggnaden är utrustad med snålspolande armaturer och individuell mätning och debitering av tappvarmvatten vilket kan reducera tappvarmvattenbehovet med 5 kWh/m² och år.

Återvunnen värmeenergi från bränslecellerna beräknas ge ett energitillskott på 6,0 kWh/m² och år, se kapitel 5.12.

³ COP står för Coefficient Of Performance och är värmepumpens verkningsgrad.

VVC-förlusterna motsvarar 5,5 kWh/m² och år enligt beräknade rörlängder från VS-konsult.

Tappvarmvattenbehovet har där efter antagits som en konstant last på **ca 19,5 kWh/m²** och år ink VVC-förluster enligt underlag från BEN 2.

5.10 Fastighetsel

Den totala fastighetselen för fläktar, pumpar samt övrig fastighetsel beräknas till 4 kWh/m² och år och specificeras separat i Tabell 9 och Tabell 10.

I övrig fastighetsel ingår el för hissar som beräknats till 1,1 kWh/m² och år varav 80% kan tillgodoses som internvärme.

5.11 Energiproduktion

Backgårdsgatan 1 beräknas installera solceller som ger en energi på 91 000 kWh per år eller 45 kWh/m², A_{temp} och år.

Enligt kraven i BBR kan man tillgodogöra sig solel för att reducera fastighetselen vilket har beräknats till **ca 20 400 kWh/år eller 10,1 kWh/m² och år**. Beräkningen är baserad på Boverkets systemgräns och är från dem en grov uppskattning av hur stor andel olika elförbrukande installationer kan förväntas utnyttja solel när den väl är tillgänglig.

Soleltillskottet beräknas enligt nedan.

(Kompressorel till uppvärmning) / 16
 + (Kompressorel till varmvatten och värmeförluster från varmvattenberedare) / 8
 + (El till fläktar) / 4
 + (El till cirkulationspumpar) / 8
 + (Direktelvärm, komplement) / 8
 + (Annan specifik elförbrukare) / 8
 - (Eventuell elektrisk för-/eftervärme FTX) / 8

5.12 Överskottsenergi

När energilagret töms på vätgas för att producera el så bildas överskottsvärme från bränslecellerna. Överskottsvärmen används till att producera varmvatten till fastigheten och beräknas vara **ca 12 000 kWh/år eller ca 6,0 kWh/m², A_{temp} och år** vilket reducerar tappvarmvattenbehovet.

6 Resultat

6.1 Byggnadens energianvändning

Byggnadens energibehov, det vill säga den energi som vid normalt brukande under ett normalår behöver levereras ut inom byggnaden i form av värme, tappvarmvatten och fastighetsel.

Byggnadens energianvändning, det vill säga den energi som vid normalt brukande under ett normalår behöver levereras till en byggnad och oftast benämns som köpt energi alternativt den specifika energianvändningen enligt tidigare BBR 24.

Byggnadens energianvändning ska för den här byggnaden jämföras med beställarens krav som är max 25 kWh/m² A_{temp} och år.

För den här byggnaden som använder bergvärme för produktion av värme och tappvarmvatten så blir dessa energiposter för energianvändning lägre än energibehovet då anledningen är att man hämtar en stor del gratisenergi från berggrunden och även återvunnen värme från luftbehandlingssystemet. I Tabell 9 anges en reduktionsfaktor (RF) som visar den totalt besparade energin med bergvärme och återvinning.

I Tabell 9 specificeras resultatet för byggnadens energianvändning och som beräknades till 9,1 kWh/m² A_{temp} och år i snitt eller 18 370 kWh och år vilket är 36 % av beställarens krav. I Figur 2 specificeras resultatet där streckade linjer är reducerad energi från sol.

Tabell 9. Resultat av byggnadens energianvändning för Backårdsgatan 1.

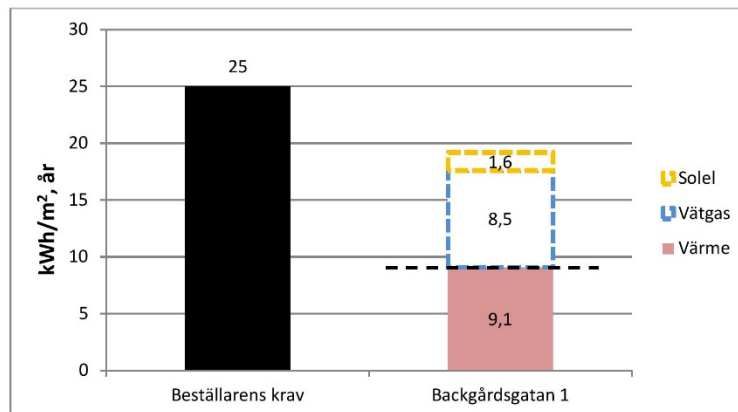
		Energibehov		Energianvändning	
		MWh/år	kWh/m ² , år	RF	kWh/m ² , år
Fastighetsel	Fläktel	4,6	2,3	-	2,3
	Pumpar	1,2	0,6	-	0,6
	Övrig fastighetsel	2,2	1,1	-	1,1
Värme	Uppvärmning	133,3	66	82 %	11,6
	Tappvarmvatten	35,3	19,5	82 %	3,6
Solenergi	Solel				-1,6
	Vätgas				-8,5
Summa energi		176,6	89,5		9,1

10 (13)

RAPPORT
2018-05-09

reg001.docx 2012-03-29

ST \segofts003\projekt\22575\12501127_backårdsgatan_värgårda\000_backårdsgatan_värgårda\13_beräkningar\04_energiberäkningar\resultat\rapport energianvändning backårdsgatan 2018-05-09 - rev.docx



Figur 2. Beräknad energianvändning (köpt energi) för Backgårdsgatan 1 jämfört med beställarens krav.

6.2 Byggnadens totala energianvändning

Byggnadens totala energianvändning, det vill säga även inklusive hushållsel beräknades till 39,1 kWh/m² A_{temp} och år eller 78 950 kWh och år i snitt för den här byggnaden.

6.3 Byggnadens energiprestanda

Byggnadens energiprestanda uttryckt som primärenergital ska för den här byggnaden jämföras med kravet för BBR 25 som är 85 kWh/m² A_{temp} och år.

Vid beräkning av primärenergitalet så utgår man från byggnadens energianvändning som redovisas i kapitel 6.1 och Tabell 9. Man korregerar energi till uppvärmning med en geografisk justeringsfaktor (F_{geo}) som är 1,0 för Västra Götaland och Vårgårda. Varje enskild energibärare multiplicerats med en primärenergifaktor (PE_i) som är olika beroende på vilket energislag som används och fördelats på A_{temp}. För den här byggnaden används el i samtliga energiposter vilket har primärenergifaktor 1,6.

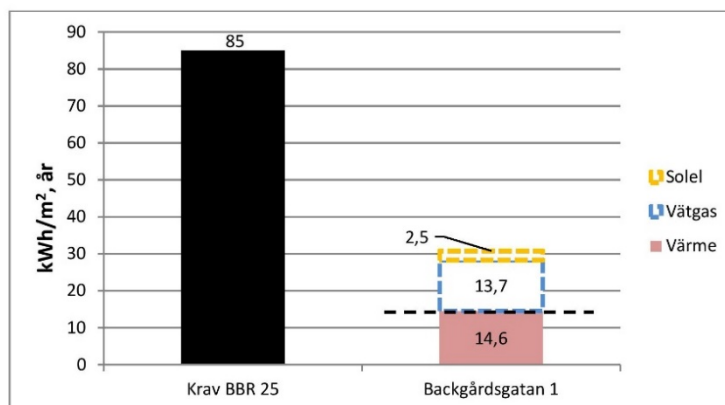
Primärenergitalet beräknas genom följande formel:

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left(\frac{E_{uppv,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} + E_{tvp,i} + E_{f,i} \right) \times PE_i}{A_{temp}}$$

I Tabell 10 specificeras resultatet för byggnadens energiprestanda uttryckt som primärenergital och beräknades till **14,6 kWh/m² A_{temp} och år** vilket är 17% av kravet i BBR 25. I Figur 3 specificeras resultatet där streckade linjer är reducerad energi från sol.

Tabell 10. Resultat av byggnadens energiprestanda för Backgårdsgatan 1.

		Energianvändning		Primärenergital	
		MWh/år	kWh/m ² , år	PE _i	kWh/m ² , år
Fastighetsel	Fläktel	4,6	2,3	1,6	3,7
	Pumpar	1,2	0,6	1,6	1,0
	Övrig fastighetsel	2,2	1,1	1,6	1,8
Värme	Uppvärmning	23,4	11,6	1,6	18,5
	Tappvarmvatten	7,3	3,6	1,6	5,8
Solenergi	Vätgas	-17,2	-8,5	1,6	-13,7
	Solel	-3,2	-1,6	1,6	-2,5
Summa energi		18,3	9,1		14,6



Figur 3. Beräknad energiprestanda för Backgårdsgatan 1 jämfört med BBR 25.

6.4 Klimatskalets U-värde

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar och köldbryggor (W/m^2K), U_m beräknades till $0,304 W/(m^2K)$.

Maximalt tillåtet U_m enligt BBR 25 är $0,40 W/(m^2K)$.

Bilaga 2. Energideklaration hus 1

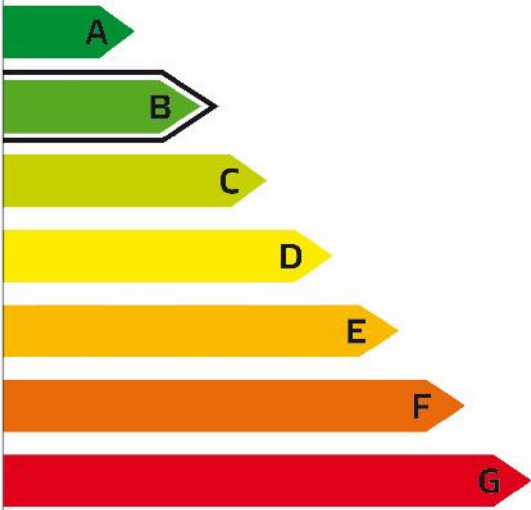
Sammanfattning av

ENERGIDEKLARATION

Backgårdsgatan 1A, 447 33 Vårgårda
Vårgårda kommun

Nybyggnadsår: 2018
Energideklarations-ID: 1083942

ENERGIKLASSER





DENNA BYGGNADS
ENERGIKLASS

Energiprestanda, primärenergital:
51 kWh/m² och år

**Krav vid uppförande av
ny byggnad, primärenergital:**
Energiklass C, 85 kWh/m² och år

**Specifik energianvändning
(tidigare energiprestanda):**
32 kWh/m² och år

Uppvärmningssystem:
Markvärmepump (el)

Radonmätning:
Inte utförd

Ventilationskontroll (OVK):
Utförd

Åtgärdsförslag:
Har inte lämnats

Energideklarationen är utförd av:
Per Wickman, 2020-05-19

Energideklarationen är giltig till:
2030-05-19

**Energideklarationen i sin helhet
finns hos byggnadens ägare.**

För mer information:
www.boverket.se

Sammanfattningen är upprättad enligt
Boverkets föreskrifter och allmänna råd
(2007:4) om energideklaration för byggnader.

Byggnaden - Identifikation

Län Västra Götaland		Kommun Vårgårda	OBS! Småhus i bostadsrätt ska deklarerars av bostadsrättsföreningen. ☐ Egna hem (privatägda småhus)	
Fastighetsbeteckning (anges utan kommunnamn) Klockarebolet 5			Egen beteckning Vårgårda Backårdsgatan 1A-C	
Husnummer 1	Prefix byggnadsid 1	Byggnadsid 21 16154	Orsak till avvikelse Adressuppgifter är fel/saknas ☐	
Adress Backårdsgatan 1A		Postnummer 44733	Postort Vårgårda	Huvudadress ☒
Adress Backårdsgatan 1B		Postnummer 44733	Postort Vårgårda	Huvudadress ☐
Adress Backårdsgatan 1C		Postnummer 44733	Postort Vårgårda	Huvudadress ☐

Utförda energieffektiviseringsåtgärder sedan föregående energideklaration

Rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder

Övrigt

Har byggnaden besiktigats på plats?	Vid nej, vilket undantag åberopas
☒ Ja ☐ Nej	Kommentar
	Medeltemperatur i lägenheter 22.1 grader justeras till 21 grader dvs 5% per grad Varmvattenförbrukningen 41080 kwh/år uppmätt kallvatten till varmvatten Solcellerna producerar ingen el till huset

Annat arbete med hänvisning till hälsa och miljö som utförts på byggnaden, t.ex. miljöklassning, enkäter eller kommentarer till energideklarationsuppgifterna
Elanvändning år 2019 65522 kWh/år (Uppmätta siffror enligt Vårgårda Bostäder) Deklarationen justerad till uppmätta värden

Expert

Förnamn	Efternamn	
Per	Wickman	
Datum för godkännande	E-postadress	
2020-05-19	per.wickman@energirevisor.se	
Certifikatnummer	Certifieringsorgan	Behörighetsnivå
2011	Kiwa Swedcert	Kvalificerad
Företag		

Uppgifter om ventilationskontroll

Finns det krav på återkommande ventilationskontroll i byggnaden?		☒ Ja	☐ Nej
Typ av ventilationssystem	☐ FTX	☐ FT	☒ F med återvinning
	☐ F	☐ Självdrag	
Är ventilationskontrollen utförd vid tidpunkten för energideklarationen?	☒ Ja	☐ Nej	☐ Delvis ⁷ %
Är ventilationskontrollen utan anmärkning vid tidpunkten för energideklarationen?	☒ Ja	☐ Nej	

⁷ Avser när byggnaden har fler ventilationsaggregat.

Uppgifter om luftkonditioneringssystem

Finns luftkonditioneringssystem med nominell kyleffekt större än 12kW?	☐ Ja	☒ Nej
--	--------------------------	--------------------------------------

Uppgifter om radon

Är radonhalten mätt?	☐ Ja	☒ Nej
----------------------	--------------------------	--------------------------------------

Energianvändning

Mätperiod Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM) 1901 - 1912		Beräknad energianvändning Beräknad energianvändning vid normalt brukande och ett normalår anges för byggnader där det inte går att få fram uppgifter om den uppmätta energianvändningen. ☐	
Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BFS 2016:12) Angivna värden ska inte vara normalårskorrigerade.		Omvandlingsfaktorer för bränslen i tabellen nedan gäller om inte annat uppmätts: Eldningsolja 10 000 kWh/m³ Naturgas 11 000 kWh/1 000 m³ (effektivt värmevärde) Stadsgas 5 880 kWh/1 000 m³ Pellets 4 500-5 000 kWh/ton, beroende av träslag och fukthalt Källa: Energimyndigheten För övriga biobränsle varierar värmevärdet beroende av sammansättning och fukthalt. Det är expertens ansvar att omräkna bränslets vikt eller volym till energi på ett korrekt sätt.	
Energi för uppvärmning tappvarmvatten Fjärrvärme (1) kWh Eldningsolja (2) kWh Naturgas, stadsgas (3) kWh Ved (4) kWh Flis/pellets/briketter (5) kWh Övrigt biobränsle (6) kWh El (vattenburen) (7) kWh El (direktverkande) (8) kWh El (luftburen) (9) kWh Markvärmepump (el) (10) 16368 kWh Värmepump-frånluft (el) (11) kWh Värmepump-luft/luft (el) (12) kWh Värmepump-luft/vatten (el) (13) kWh Tappvarmvatten (el) (14) 41080 kWh		Övrig el som ingår i energiprestanda Fjärrkyla (15) kWh El för komfortkyla (16) kWh Fastighetsele (17) 6729 kWh Övrig energi (ingår inte i energiprestanda) Hushållsele (18) 60570 kWh Verksamhetsele (19) kWh	
Energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsele Summa 1 - 17 64177 kWh		Finns solvärme? ☐ Ja ☒ Nej Ange solfångararea m² Beräknad energiproduktion kWh/år	
Ort (Energi-Index) Herrljunga		Finns solcellssystem? ☒ Ja ☐ Nej Ange solcellsarea 648 m² Beräknad elproduktion 85395 kWh/år	
Byggnadens energianvändning ⁵ (Normalårskorrigerat värde (Energi-index)) 66032 kWh/år		Byggnadens primärenergianvändning ⁶ 105651 kWh/år	
Energiförbrukning (primärenergital) 51 kWh/m², år	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav) 85 kWh/m², år	Referensvärde 2 (liknande byggnader) 99 kWh/m², år	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad) kWh/m², år

¹ Den el som ingår i fastighetsenergin.

² Den el som ingår i hushållsenergin.

³ Den el som ingår i verksamhetsenergin.

⁴ Den energimängd som levereras till byggnaden vid normalt brukande.

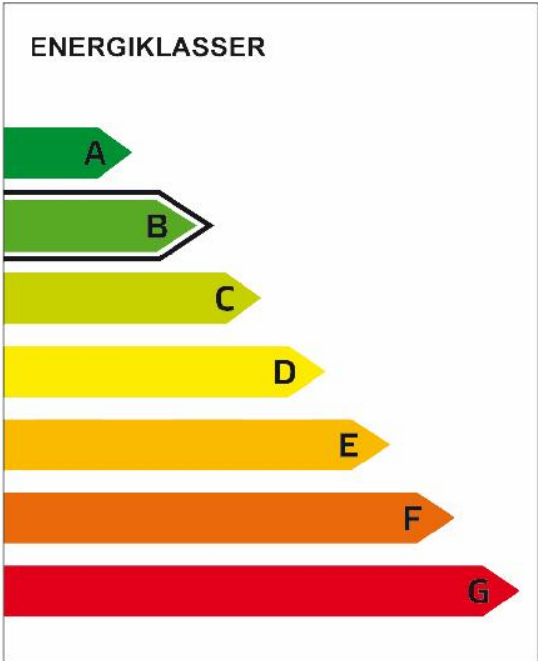
⁵ Enligt definition i Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd.

⁶ Underlag för energiprestanda.

Byggnaden - Egenskaper

Typkod		Byggnadskategori	
320 - Hyreshusenhet, bostäder		Flerbostadshus	
Byggnadens komplexitet		Byggnadstyp	Nybyggnadsår
☒ Enkel ☐ Komplex		Friliggande	2018
Atemp (exkl. Avarmgarage)		Verksamhet	
2054 m²		Fördela enligt nedan:	
Avarmgarage		Procent av Atemp (exkl. Avarmgarage)	
m²		Bostäder (inkl. biarea, t.ex. trapphus och uppvärmd källare)	
Antal källarplan uppvärmda till >10°C (exkl. garageplan)		Hotell, pensionat och elevhem	
0		Restaurang	
Antal våningsplan ovan mark		Kontor och förvaltning	
3		Butiks- och lagerlokaler för livsmedelshandel	
Antal trapphus		Butiks- och lagerlokaler för övrig handel	
3		Köpcentrum	
Antal bostadslägenheter		Vård, dygnet runt	
29		Vård, dagtid (samt serviceboende, frisersalong o. dyl)	
Finns till övervägande del lägenheter med boarea om högst 35 m² vardera?		Skolor (förskola-universitet)	
☐ Ja ☒ Nej		Bad-, sport-, idrottsanläggningar (ej utomhusarenor)	
Projekterat genomsnittligt hygieniskt uteluftsflöde i lokalbyggnader eller flerbostadshus		Teater-, konsert-, biograflokaler och övriga samlingslokaler	
0,35 l/s,m²		Övrig verksamhet - ange vad	
Finns installerad eleffekt >10 W/m² för uppvärmning och varmvattenproduktion		Energirum	
☒ Ja ☐ Nej		2	
Är byggnaden skyddad som byggnadsminne eller en sådan särskilt värdefull byggnad som avses i 8 kap 13 § PBL?		Summa	
☒ Nej ☐ Ja, enligt 3 kap KML ☐ Ja, enligt SBM-förordningen ☐ Ja, är utpekad i detaljplan eller områdesbestämmelser ☐ Ja, är utpekad i annan typ av dokument ☐ Ja, egen bedömning		100	

Bilaga 3. Energideklaration för hus 5.

sammanfattning av	
ENERGIDEKLARATION	
Backgårdsgatan 5A, 447 33 Vårgårda Vårgårda kommun	
Nybyggnadsår: 2019 Energideklarations-ID: 1083939	
ENERGIKLASSER 	 DENNA BYGGNADS ENERGIKLASS Energiprestanda, primärenergital: 45 kWh/m² och år Krav vid uppförande av ny byggnad, primärenergital: Energiklass C, 85 kWh/m² och år Specifik energianvändning (tidigare energiprestanda): 28 kWh/m² och år Uppvärmningssystem: Värmepump-frånluft (el) och markvärmepump (el) Radonmätning: Inte utförd Ventilationskontroll (OVK): Utförd Åtgärdsförslag: Har inte lämnats Energideklarationen är utförd av: Per Wickman, 2020-05-19 Energideklarationen är giltig till: 2030-05-19
Energideklarationen i sin helhet finns hos byggnadens ägare. För mer information: www.boverket.se Sammanfattningen är upprättad enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2007:4) om energideklaration för byggnader.	

Byggnaden - Identifikation

Län Västra Götaland		Kommun Vårgårda	OBS! Småhus i bostadsrätt ska deklarerars av bostadsrättsföreningen. ☐ Egna hem (privatägda småhus)	
Fastighetsbeteckning (anges utan kommunnamn) Klockarebolet 7			Egen beteckning Vårgårda Backårdsgatan 5A-C	
Husnummer 2	Prefix byggnadsid 1	Byggnadsid 1841711	Orsak till avvikelse Adressuppgifter är fel/saknas ☐	
Adress Backårdsgatan 5A		Postnummer 44733	Postort Vårgårda	Huvudadress ☒
Adress Backårdsgatan 5B		Postnummer 44733	Postort Vårgårda	Huvudadress ☐
Adress Backårdsgatan 5C		Postnummer 44733	Postort Vårgårda	Huvudadress ☐

Utförda energieffektiviseringsåtgärder sedan föregående energideklaration

Rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder

Övrigt

Har byggnaden besiktigats på plats?	Vid nej, vilket undantag åberopas
☒ Ja ☐ Nej	Kommentar
	Medeltemperaturen i lägenheterna är ca 21.6 grader justeras till 21 Varmvattenförbrukningen 41080 kwh/år uppmätt kallvatten beräknat till varmvatten (hus 1) Solceller producerar ingen el till huset

Annat arbete med hänvisning till hälsa och miljö som utförts på byggnaden, t.ex. miljöklassning, enkäter eller kommentarer till energideklarationsuppgifterna
Elanvändning år 2019 57830 kWh/år (Beräknade siffror med procentsatsen 88,26% av totala användningen för Backgårdsgatan 1) Deklarationen justerad till uppmätta värden

Expert

Förnamn	Efternamn	
Per	Wickman	
Datum för godkännande	E-postadress	
2020-05-19	per.wickman@energirevisor.se	
Certifikatnummer	Certifieringsorgan	Behörighetsnivå
2011	Kiwa Swedcert	Kvalificerad
Företag		

Uppgifter om ventilationskontroll

Finns det krav på återkommande ventilationskontroll i byggnaden?		☒ Ja	☐ Nej
Typ av ventilationssystem	☐ FTX	☐ FT	☒ F med återvinning
	☐ F	☐ Självdrag	
Är ventilationskontrollen utförd vid tidpunkten för energideklarationen?	☒ Ja	☐ Nej	☐ Delvis ⁷ %
Är ventilationskontrollen utan anmärkning vid tidpunkten för energideklarationen?	☒ Ja	☐ Nej	

⁷ Avser när byggnaden har fler ventilationsaggregat.

Uppgifter om luftkonditioneringssystem

Finns luftkonditioneringssystem med nominell kyleffekt större än 12kW?	☐ Ja	☒ Nej
--	--------------------------	--------------------------------------

Uppgifter om radon

Är radonhalten mätt?	☐ Ja	☒ Nej
----------------------	--------------------------	--------------------------------------

Energianvändning

Mätperiod Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM) 1901 - 1912		Beräknad energianvändning Beräknad energianvändning vid normalt brukande och ett normalår anges för byggnader där det inte går att få fram uppgifter om den uppmätta energianvändningen. ☐	
Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BFS 2016:12) Angivna värden ska inte vara normalårskorrigerade.		Omvandlingsfaktorer för bränslen i tabellen nedan gäller om inte annat uppmätts: Eldningsolja 10 000 kWh/m³ Naturgas 11 000 kWh/1 000 m³ (effektivt värmevärde) Stadsgas 5 880 kWh/1 000 m³ Pellets 4 500-5 000 kWh/ton, beroende av träslag och fukthalt Källa: Energimyndigheten För övriga biobränsle varierar värmevärdet beroende av sammansättning och fukthalt. Det är expertens ansvar att omräkna bränslets vikt eller volym till energi på ett korrekt sätt.	
Energi för uppvärmning tappvarmvatten Fjärrvärme (1) kWh Eldningsolja (2) kWh Naturgas, stadsgas (3) kWh Ved (4) kWh Flis/pellets/briketter (5) kWh Övrigt biobränsle (6) kWh El (vattenburen) (7) kWh El (direktverkande) (8) kWh El (luftburen) (9) kWh Markvärmepump (el) (10) 4070 kWh Värmepump-frånluft (el) (11) 6100 kWh Värmepump-luft/luft (el) (12) kWh Värmepump-luft/vatten (el) (13) kWh Tappvarmvatten (el) (14) 41080 kWh		Övrig el som ingår i energiprestanda Fjärrkyla (15) kWh El för komfortkyla (16) kWh Fastighetsele (17) 5730 kWh Övrig energi (ingår inte i energiprestanda) Hushållsele (18) 60570 kWh Verksamhetsele (19) kWh	
Energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsele Summa 1 - 17 56980 kWh		Finns solvärme? ☐ Ja ☒ Nej Ange solfångararea m² Beräknad energiproduktion kWh/år	
Ort (Energi-Index) Herrljunga		Finns solcellssystem? ☒ Ja ☐ Nej Ange solcellsarea 648 m² Beräknad elproduktion 85395 kWh/år	
Byggnadens energianvändning ⁵ (Normalårskorrigerat värde (Energi-index)) 58133 kWh/år		Byggnadens primärenergianvändning ⁶ 93012 kWh/år	
Energiförbrukning (primärenergital) 45 kWh/m², år	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav) 85 kWh/m², år	Referensvärde 2 (liknande byggnader) 99 kWh/m², år	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad) kWh/m², år

¹ Den el som ingår i fastighetsenergin.

² Den el som ingår i hushållsenergin.

³ Den el som ingår i verksamhetsenergin.

⁴ Den energimängd som levereras till byggnaden vid normalt brukande.

⁵ Enligt definition i Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd.

⁶ Underlag för energiprestanda.

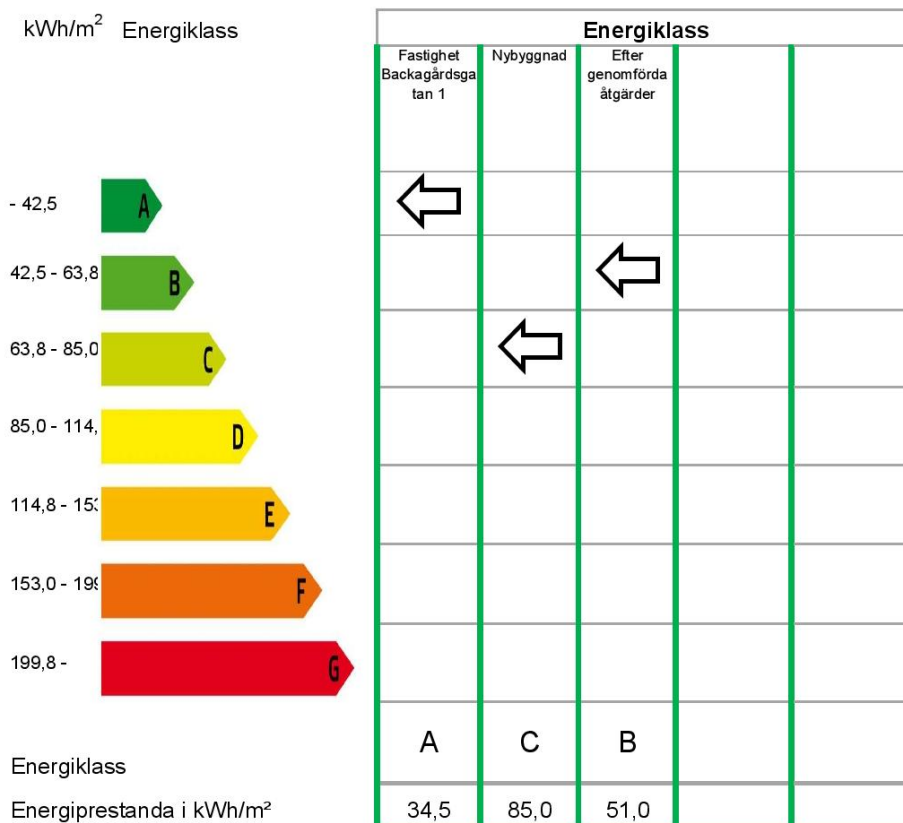
Byggnaden - Egenskaper

Typkod 320 - Hyreshusenhet, bostäder		Byggnadskategori Flerbostadshus	
Byggnadens komplexitet ☒ Enkel ☐ Komplex		Byggnadstyp Friliggande	
Nybyggnadsår 2019			
Atemp (exkl. Avarmgarage) 2054 m²		Verksamhet Fördela enligt nedan:	
Avarmgarage m²		Procent av Atemp (exkl. Avarmgarage)	
Antal källarplan uppvärmda till >10°C (exkl. garageplan) 0		Bostäder (inkl. biarea, t.ex. trapphus och uppvärmd källare) 98	
Antal våningsplan ovan mark 3		Hotell, pensionat och elevhem	
Antal trapphus 3		Restaurang	
Antal bostadslägenheter 29		Kontor och förvaltning	
Finns till övervägande del lägenheter med boarea om högst 35 m² vardera? ☐ Ja ☒ Nej		Butiks- och lagerlokaler för livsmedelshandel	
Projekterat genomsnittligt hygieniskt uteluftsflöde i lokalbyggnader eller flerbostadshus 0,35 l/s,m²		Butiks- och lagerlokaler för övrig handel	
Finns installerad eleffekt >10 W/m² för uppvärmning och varmvattenproduktion ☒ Ja ☐ Nej		Köpcentrum	
Är byggnaden skyddad som byggnadsminne eller en sådan särskilt värdefull byggnad som avses i 8 kap 13 § PBL? ☒ Nej ☐ Ja, enligt 3 kap KML ☐ Ja, enligt SBM-förordningen ☐ Ja, är utpekad i detaljplan eller områdesbestämmelser ☐ Ja, är utpekad i annan typ av dokument ☐ Ja, egen bedömning		Vård, dygnet runt	
		Vård, dagtid (samt serviceboende, frisersalong o. dyl)	
		Skolor (förskola-universitet)	
		Bad-, sport-, idrottsanläggningar (ej utomhusarenor)	
		Teater-, konsert-, biograflokaler och övriga samlingslokaler	
		Övrig verksamhet - ange vad Energirum 2	
		Summa 100	

Bilaga 4. Energiklass hus 1

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
 Metod för att värdera el:

0 ton
 Nordisk medelel

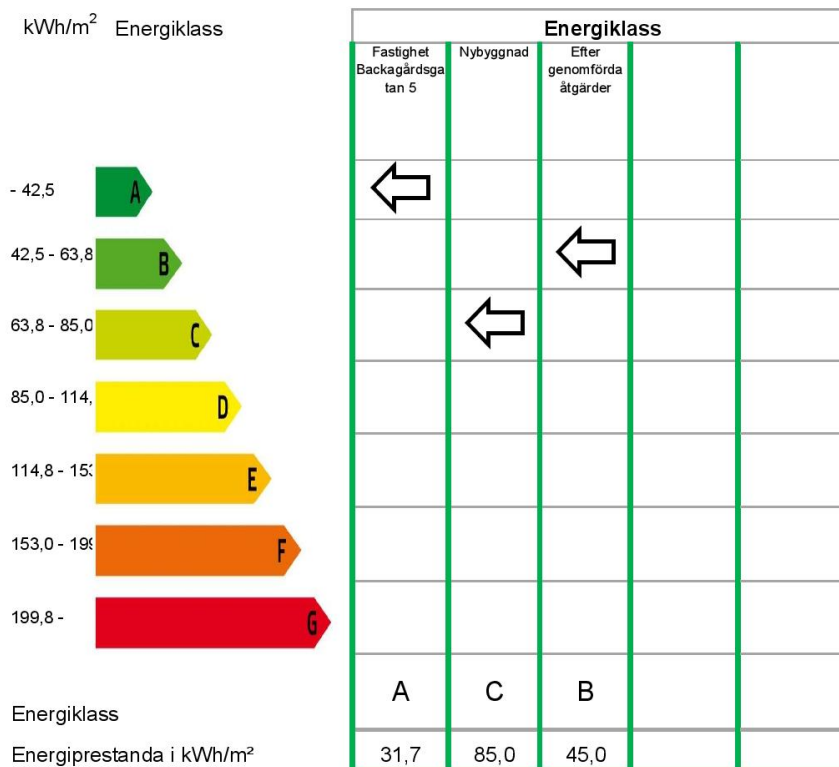
Årliga koldioxidutsläpp efter
 effektiviseringsåtgärder

0 ton

Bilaga 5. Energiklass hus 5

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 ton
 Metod för att värdera el: Nordisk medelel

Årliga koldioxidutsläpp efter effektiviseringsåtgärder 0 ton

Bilaga 6. TMF-beräkning för hus 1

hus med inverterstyrd berg-/markvärmepump och F-ventilation

Data ifyllda av: **Per Wickman-**
Datum: **2020-04-28**

TMF Energi version 7.1 ffb

Filextruta/kommentarer:

Alt 1-rev. Solel beräknat 85395 kWh/år ej använd
Rev enl Sweco 20 kWh/m² varmvatten
Thermia-IVP-konstant flöde ventilation inkl trapphus -21 grader medel
18.4 kw värme till borrhålsm motsvara 130% ökad borrhålsyta

INDATA	Typ av beräkning:	Projekterad byggnad där alla färgmarkerade indata är projekterade värden.	
Allmänt Hustillverkare: Värgårda Bostäder AB Husmodell: Omb flerfam etapp 1 Antal våningar: 3 Antal lägenheter: 29 Typ av lägenheter: normala Beställningsnummer: 1 Ordernummer: 1 Kommunikationsort: Värgårda Geografisk justeringsfaktor: 1,0 Fastighetsbeteckning: klockareboet 5 Adress: Beställare:	Värmeproduktion Antal värmepumpar: 1 (st) Husmodell: BVPThermia xl inv COP/P _{värme} /min 0/35°C: 3,70 20330 COP/P _{värme} /nom 0/35°C: 3,50 52180 COP/P _{värme} /max 0/35°C: 3,20 87790 COP/P _{värme} /min 0/45°C: 3,10 20000 COP/P _{värme} /nom 0/45°C: 3,71 49260 COP/P _{värme} /max 0/45°C: 3,28 82510 COP/P _{värme} /min 0/55°C: 2,79 19880 COP/P _{värme} /nom 0/55°C: 2,87 47870 COP/P _{värme} /max 0/55°C: 2,81 78330 Markvärmepump: nej Kollektorstorlek: 130 (%) Superheater, varmvatten: ja A-klassad brinepump: ja Tongångseffekt VVB+VVC, el: 450 (W) Tongångseffekt VVB+VVC, värme: 1259 (W) varav intern värmeavgivning: 5,4 (kWh/m ² år) Installerad eleffekt / värmepump: 8500 (W/st)	Solel Totalt levererad solel: 85395 (kWh/år) Andel reduktion energianv. BBR 24: 0,0 (%) Direktelvärm, komplement Elektriska handduktorkar : 0 st termostat och/eller timer: nej årlig energianvändning: 0 (kWh/år) Elgolvvärme (badrum/hall) : 0,0 m ² termostat och/eller timer: nej årlig energianvändning: 0 (kWh/år) Märkeffekt direktelvärm : 0 (W) Övrig fastighetsel : 2220 (kWh/år) varav intern värmeavgivning: 1,1 (kWh/m ² år) varav intern värmeavgivning: 80 (%)	
Brukande Trum, medel, uppv.säsong: 21,0 (°C) Personvärme, specifik: 80 (W/person) Närvarotid, medel: 14 (h/dygn) Varmvattenanv. specifik: 20 (kWh/(m ² år)) Antal personer: 51,0 (st) Hushållsel: 30 (kWh/(m ² år))	Värmedistribution A-klassade cirk.pumpar: ja Pel cirk.pump, medel: 70 (W) Tongångseffekt VVB+VVC, värme: 0,3 (kWh/m ² år) Återkopplad reglering: ja Vattenburen golvvärme: 0,0 (m ²) Max temp. fram vid DVUT: 45,0 (°C) Energieffektiva blandare: ja IMD av tappvarmvatten: ja	UTDATA E hushållsel: 61620 (kWh/år) E ut värmesystem: 119588 (kWh/år) E varmvattenanv.: 41080 (kWh/år) E värmeläckage VVB: 14339 (kWh/år) E el fläktar: 6729 (kWh/år) E el cirk.pump, värmestr.: 427 (kWh/år) E el cirk.pump, VBX/FLM-modul: 788 (kWh/år) E el vp kompressor+brinepump: 34135 (kWh/år) varav till värme: 25496 (kWh/år) E elpatron, tillskott: 0 (kWh/år) varav till värme: 0 (kWh/år) E direktelvärm, komplement: 0 (kWh/år) E el till värme, totalt : 25496 (kWh/år) E övrig fastighetsel: 2220 (kWh/år) E red. p.g.a. solel (exkl. hush.el): 0 (kWh/år) E köpt energi (exkl. hushållsel): 44298 (kWh/år) E köpt energi totalt, netto: 105918 (kWh/år) E energianvändn. (exkl. hush.el): 184382 (kWh/år) E energianvändning, totalt: 246002 (kWh/år) E energibesparing värmepump: 140084 (kWh/år) Primärenergital (EP_{net}) : 34,5 (kWh/m ² år) Kravnivå BBR 25 (BFS 2017:5): 85 (kWh/m ² år) Energiklass BED 9 (BFS 2016:14): A	
Byggnad T _{int} , medel: 6,8 (°C) Tidskonstant (τ): 51 (h) DVUT, aktuell: -15,1 (°C) A _{temp} : 2054,0 (m ²) A _{garage} : 0,0 (m ²) A _{om, total} : 2570,0 (m ²) Byggnadens tyngd: lätt U _m : 0,304 (W/(K m ²)) U _{A, tot} : 781,3 (W/K) Lufttätthet q ₅₀ : 0,29 (l/(s m ²)) Avskärmning från vind: måttlig (-) Passiv solinställning: normal (-) Värmeeffektbehov, P _{tot} : 59,44 (kW)	Ventilation Antal frånluftsfläktar/aggregat: 1 (st) Frånluftsvarmeftervinning: ja A-klassad cirk.pump: ja Pel cirk.pump, medel: 90 (W) Elektroventilation: ja Pel fläkt(ar), medel: 750 (W) Spec. luftflöde, medel (q _{medel}): 718,9 (l/s) Normaldrift Pel fläkt(ar): 750 (W) Spec. luftflöde, inkl. garage: 0,35 (l/s/m ²) Spec. luftflöde, exkl. garage: 0,35 (l/s/m ²) Luftflöde: 718,9 (l/s) SFP: 1,0 (W/l/s) Reducerat flöde : nej Frånvarotid: 0 (h/dygn) Pel fläkt(ar): 1 (W) Spec. luftflöde: 0,10 (l/s/m ²) Luftflöde: 205,4 (l/s)	P el max vp kompr.+brinepump: 16,55 (kW) P elpatron, max, dim: 0,00 (kW) P direktelvärm: 0,00 (kW) Dim. eleffekt för uppvärmning : 16,55 (kW) Installerad eleffekt, totalt : 8,50 (kW) Kravnivå BBR 25 (BFS 2017:5): 52,60 (kW)	
Spisfläktar-kåpor Luftflöde, forcerat / lgh: 50 (l/s) Pel, forcerat / lgh: 30 (W) Drifttid: 0,5 (h/dygn)			

Beräkning av specifik energianvändning för hus med bergvärmepump och F-ventilation

Typ av beräkning:	Underlag till Byggnamålan. Projekterad byggnads förväntade specifika energianvändning enligt avsnitt 9.2 i Boverkets Byggregler BBR 25, baserat på normalt brukande under ett normalår enligt kapitel 2 i BEN 2, projekterade värden och bygghandlingar.	
Beräkningen avser:	Husmodell:	Omb flerfam etapp 1
	Antal våningar:	3
	Antal lägenheter:	29
	Beställningsnummer:	1
	Ordernummer:	1
	Kommunklimatort:	Värgårda
	Geografisk justeringsfaktor:	1,0
	Fastighetsbeteckning:	klockareboet 5
	Adress:	
	Beställare:	

För att uppfylla de krav som Boverkets byggregler ställer på energianvändningen, enligt avsnitt 9 i BBR 25 (BFS 2017:5), har vid beräkningen följande indata använts för att representera "normalt brukande" enligt kapitel 2 i BEN 2 (BFS 2017:6):

- inomhustemperatur;	21 °C, under uppvärmningssäsongen
- hushållsel;	30 kWh per m ² tempererad golvarea och år
- tappvarmvatten;	20 kWh per m ² tempererad golvarea och år
- personvärme;	80 W/person, närvarotid 14 h/dygn
- antal personer;	51,0 st
- närvarotid, medel;	14 h/dygn

För den aktuella byggnaden har bl.a. följande projekterade indata använts:

- tempererad golvarea;	2054 m ²	- energieffektiva blandare;	ja
- omslutande yta;	2570 m ²	- energieffektiv ventilation;	ja
- U _{in} -värde	0,30 (W/(K m ²))	- närvarostyrd ventilation;	nej
- lufttäthet;	0,29 l/(s m ²)	- medelluftflöde;	718,9 l/s

Vidare har fabrikantdata för följande installationer använts:

Mark-/bergvärmepump typ;	BVPTermia xl inv
Frånluftsfläkt/-aggregat typ;	F100
Spisfläktar/-kåpor typ;	F200

Beräkningen har gett följande resultat:

Totalt levererad/köpt elenergi ¹ ;	105918 kWh/år
Energianvändning ² ;	44298 kWh/år
Byggnadens primärenergital ^{2,3};	35 kWh/m² per år
Kravnivå enligt BBR 25 (BFS 2017:5);	85 kWh/m ² per år
Energiklass enligt BED 9 (BFS 2016:14);	A
Dim. eleffektbehov för uppvärmning ⁴;	16,5 kW
Installerad märkeffekt ⁵;	8,5 kW
Kravnivå enligt BBR 25 (BFS 2017:5);	52,6 kW



- 1) Avser endast den beräknade byggnadens energianvändning, inte hela fastighetens energianvändning.
- 2) Exklusive hushållsel, men inklusive driftel för fläktar, pumpar, etc. Beräknad med primärenergifaktor 1,6 för el enligt BBR 25, Tabell 9.2b.
- 3) För beräkning av färdigställd byggnad är detta också värdet för energideklarering av dess energianvändning enligt BED 9 (BFS 2016:14). Beräkningen har skett med marginal för variationer i tillverkningsprocess och variationer i "normalt brukande". Vid en energimedveten användning bör verklig energianvändning kunna bli 10-20 % lägre än beräknat. Vid ett energislösande beteende kan verklig energianvändning istället bli 10-20 % högre, eller mer.
- 4) Beräknat eleffektbehov för uppvärmning och varmvatten vid DVUT, exklusive eleffekt till fläktar och cirkulationspumpar för värmedistribution.
- 5) Summan av installerade eleffekter för uppvärmning och varmvatten, exklusive eleffekt till fläktar och cirkulationspumpar för värmedistribution.

Beräkningen har gjorts med beräkningshjälpmedel som framtagits av RISE, Research Institutes of Sweden på uppdrag av TMF, Trä- och Möbelföretagen, för trähustillverkande medlemmar inom TMF. Beräkningshjälpmedlet är i huvudsak baserat på SS-EN ISO 13790:2008 men med anpassning av defaultvärden till svenska förhållanden. Indata är i tillämpliga delar baserade på provningsresultat från EN-standarder för respektive typ av installation (EN-14511, EN-1148, EN-1151, EN-13141-3, -4, -7)



Beräkningen har gjorts av: Per Wickman-
Värgårda Bostäder AB
2020-04-28



TMF Energi version 7.1 fb

Eventuella kommentarer:

Alt 1-rev. Solel beräknat 85395 kwh/år ej använd
Rev enl Sweco 20 kwh/m2 varmvatten
Thermia-IVP -konstant flöde ventilation inkl trapphus -21 grader medel
18.4 kw värme till borrhålen motsvara 130% ökad borrhålsyta

Bilaga 7. TMF-beräkning för hus 5

hus med inverterstyrd berg-/markvärmepump och F-ventilation

Data ifylla av: **Per Wickman-**
Datum: **2020-04-28**

TMF Energi version 7.1 ffb

Fritextruta/kommentarer:

Solel beräknat 85395kwh/år ej använd-ej heller välgas
Rev Anders 20 kwh/m2 varmvatten
Thermia-IVP -konstant flöde ventilation-21 grader medel -20 kwh/m2 varmvatten

INDATA		Typ av beräkning: Projekterad byggnad där alla färgmarkerade indata är projekterade värden.	
Allmänt	Hustillverkare:	Vårgårda Bostäder AB	Värmeproduktion
	Husmodell:	Omb flerfam etapp 2	Antal värmepumpar
	Antal våningar:	3	2 (st)
	Antal lägenheter:	29	FVP-BVPTermia xl inv
	Typ av lägenheter:	normala	(-) (W/st)
	Beställningsnummer:	1	COP/P _{värme,min} 0/35°C
	Ordernummer:	1	4,86 22360
	Kommunklimatort:	Vårgårda	COP/P _{värme,nom} 0/35°C
	Geografisk justeringsfaktor:	1,0	4,71 52180
	Fastighetsbeteckning:	klockareboet 7	COP/P _{värme,max} 0/35°C
Brukande	Adress:		3,94 87790
	Beställare:		COP/P _{värme,min} 0/45°C
	Trum, medel, uppv.säsong	21,0 (°C)	3,52 20000
	Personvärme, specifik	80 (W/person)	3,71 49260
	Närvarotid, medel	14 (h/dygn)	COP/P _{värme,max} 0/45°C
	Varmvattenanv. specifik	20 (kWh/(m ² år))	3,28 82510
	Antal personer	51,0 (st)	COP/P _{värme,min} 0/55°C
	Hushållsel	30 (kWh/(m ² år))	2,79 19880
			COP/P _{värme,nom} 0/55°C
			2,87 47870
Byggnad			2,81 78330
			Markvärmepump
			nej
			Kollektorstorlek
			100 (%)
			Superheater, varmvatten
			ja
			A-klassad brinepump
			ja
			Tomgångseffekt vvb+vvc, el
Solel			450 (W)
			Tomgångseffekt vvb+vvc, värme
			1259 (W)
			5,4 (kWh/m ² år)
			varav intern värmeavgivning
			100 (%)
			Installerad eleffekt / värmepump
			8500 (W/st)
Värmedistribution			A-klassade cirk.pumpar
			ja
			Pel cirk.pump, medel
			50 (W)
			0,2 (kWh/m ² år)
			Återkopplad reglering
			ja
			Vattenburen golvvärme
			0,0 (m ²)
			Max temp. fram vid DVUT
Ventilation			45,0 (°C)
			Energieffektiva blandare
			ja
			IMD av tappvarmvatten
			ja
			F100
			Antal frånluftsfåktar/-aggregat
			1 (st)
			Frånluftsvärmeåtervinning
			ja
F200			A-klassad cirk.pump
			ja
			Pel cirk.pump, medel
			90 (W)
			Eleffektiv ventilation
			ja
			Pel fläkt(ar), medel
			650 (W)
			2,8 (kWh/m ² år)
			Luftflöde, medel
Normaldrift			718,9 (l/s)
			Spec. luftflöde, medel (q _{medel})
			0,39 (l/s/m ²)
			Pel fläkt(ar)
			650 (W)
			Spec. luftflöde, inkl. garage
			0,35 (l/s/m ²)
			Spec. luftflöde, exkl. garage
			0,35 (l/s/m ²)
			Luftflöde
SFP			718,9 (l/s)
			0,9 (W/l/s)
			Reducerat flöde
			nej
			Frånvarotid
			0 (h/dygn)
			Pel fläkt(ar)
			1 (W)
			Spec. luftflöde
			0,10 (l/s/m ²)
Luftflöde			205,4 (l/s)
Solel			nej
			SOLEL 3
			Totalt levererad solel
			85395 (kWh/år)
			Andel reduktion energianv. BBR 24
			0,0 (%)
			Direktelvärm, komplement
			Elektriska handdukstorkar
			0 st
			termostat och/eller timer
Direktelvärm, komplement			nej
			Årlig energianvändning
			0 (kWh/år)
			Elgolvvärme (badrum/hall)
			0,0 m ²
			termostat och/eller timer
			nej
			Årlig energianvändning
			0 (kWh/år)
			Märkeffekt direktelvärm
			0 (W)
Övrig fastighetsel			2220 (kWh/år)
			1,1 (kWh/m ² år)
			varav intern värmeavgivning
			80 (%)
UTDATA			61620 (kWh/år)
			E hushållsel
			103425 (kWh/år)
			E ut värmesystem
			41080 (kWh/år)
			E varmvattenanv.
			11030 (kWh/år)
			E värmeläckage VVB
			5853 (kWh/år)
			E el fläktar
			293 (kWh/år)
			E el cirk.pump, värmedistr.
			788 (kWh/år)
			E el cirk.pump, VBX/FLM-modul
			31546 (kWh/år)
			E el vp kompressor+brinepump
			20941 (kWh/år)
			varav till värme
			0 (kWh/år)
			E elpatron, tillskott
			0 (kWh/år)
			varav till värme
			0 (kWh/år)
			E direktelvärm, komplement
			0 (kWh/år)
			E el till värme, totalt
			20941 (kWh/år)
			E övrig fastighetsel
			2220 (kWh/år)
			E red. p.g.a. solel (exkl. hush.el)
			0 (kWh/år)
			E hushållsel
			40701 (kWh/år)
			E köpt energi (exkl. hushållsel)
			102321 (kWh/år)
			E energianvändn. (exkl. hush.el)
			163901 (kWh/år)
			E energianvändning, totalt
			225521 (kWh/år)
			E energibesparing värmepump
			123200 (kWh/år)
			Primärenergip (EP _{pe})
			31,7 (kWh/m ² /år)
			Kravnivå BBR 25 (BFS 2017:5)
			85 (kWh/m ² /år)
			Energi klass BED 9 (BFS 2016:14)
			A
			P el max vp kompr.+brinepump
			17,05 (kW)
			P elpatron, max, dim
			0,00 (kW)
			P direktelvärm
			0,00 (kW)
			Dim. eleffekt för uppvärmning
			17,05 (kW)
			Installerad eleffekt, totalt
			17,00 (kW)
			Kravnivå BBR 25 (BFS 2017:5)
			52,60 (kW)

Beräkning av specifik energianvändning för hus med bergvärmepump och F-ventilation

Typ av beräkning: Underlag till Byggnamålan. Projekterad byggnads förväntade specifika energianvändning enligt avsnitt 9:2 i Boverkets Byggregler BBR 25, baserat på normalt brukande under ett normalår enligt kapitel 2 i BEN 2, projekterade värden och bygghandlingar.

Beräkningen avser:

Husmodell:	Omb flerfam etapp 2
Antal våningar:	3
Antal lägenheter:	29
Beställningsnummer:	1
Ordernummer:	1
Kommun/klimatort:	Värgårda
Geografisk justeringsfaktor:	1.0
Fastighetsbeteckning:	klockareboet 7
Adress:	
Beställare:	

För att uppfylla de krav som Boverkets byggregler ställer på energianvändningen, enligt avsnitt 9 i BBR 25 (BFS 2017:5), har vid beräkningen följande indata använts för att representera "normalt brukande" enligt kapitel 2 i BEN 2 (BFS 2017:6):

- inomhustemperatur;	21 °C, under uppvärmningssäsongen
- hushållsel;	30 kWh per m ² tempererad golvarea och år
- tappvarmvatten;	20 kWh per m ² tempererad golvarea och år
- personvärme;	80 W/person, närvarotid 14 h/dygn
- antal personer;	51,0 st
- närvarotid, medel;	14 h/dygn

För den aktuella byggnaden har bl.a. följande projekterade indata använts:

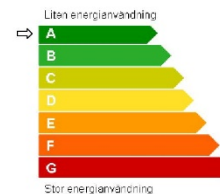
- tempererad golvarea;	2054 m ²	- energieffektiva blandare;	ja
- omslutande yta;	2570 m ²	- energieffektiv ventilation;	ja
- U _m -värde	0,24 (W/(K m ²))	- närvarostyr ventilation;	nej
- lufttätethet;	0,21 l/(s m ²)	- medelluftflöde;	718,9 l/s

Vidare har fabrikantdata för följande installationer använts:

Mark-/bergvärmepump typ;	FVP-BVPThermia xl inv
Frånluftsfläkt/-aggregat typ;	F100
Spisfläktar/-kåpor typ;	F200

Beräkningen har gett följande resultat:

Totalt levererad/köpt elenergi ¹ ;	102321 kWh/år
Energianvändning ² ;	40701 kWh/år
Byggnadens primärenergital ^{2,3};	32 kWh/m² per år
Kravnivå enligt BBR 25 (BFS 2017:5);	85 kWh/m ² per år
Energiklass enligt BED 9 (BFS 2016:14);	A
Dim. effekttbehov för uppvärmning ⁴;	17,0 kW
Installerad märkeffekt ⁵;	17,0 kW
Kravnivå enligt BBR 25 (BFS 2017:5);	52,6 kW



- 1) Avser endast den beräknade byggnadens energianvändning, inte hela fastighetens energianvändning.
- 2) Exklusive hushållsel, men inklusive driftel för fläktar, pumpar, etc. Beräknad med primärenergifaktor 1,6 för el enligt BBR 25, Tabell 9:2b.
- 3) För beräkning av färdigställd byggnad är detta också värdet för energideklarering av dess energianvändning enligt BED 9 (BFS 2016:14). Beräkningen har skett med marginal för variationer i tillverkningsprocess och variationer i "normalt brukande". Vid en energimedveten användning bör verklig energianvändning kunna bli 10-20 % lägre än beräknat. Vid ett energislösande beteende kan verklig energianvändning istället bli 10-20 % högre, eller mer.
- 4) Beräknat effekttbehov för uppvärmning och varmvatten vid DVUT, exklusive effektt till fläktar och cirkulationspumpar för värmddistribution.
- 5) Summan av installerade effekter för uppvärmning och varmvatten, exklusive effektt till fläktar och cirkulationspumpar för värmddistribution.

Beräkningen har gjorts med beräkningshjälpmedel som framtogs av RISE, Research Institutes of Sweden på uppdrag av TMF, Trä- och Möbelföretagen, för trähustillverkande medlemmar inom TMF. Beräkningshjälpmedlet är i huvudsak baserat på SS-EN ISO 13790:2008 men med anpassning av defaultvärden till svenska förhållanden. Indata är i tillämpliga delar baserade på provningsresultat från EN-standarder för respektive typ av installation (EN-14511, EN-1148, EN-1151, EN-13141-3, -4, -7)



Beräkningen har gjorts av: Per Wickman-
Värgårda Bostäder AB
2020-04-28



TMF Energi version 7.1 filb

Eventuella kommentarer:

Solel beräknat 85395kwh/år ej använd-ej heller välgas
Rev Anders 20 kwh/m2 varmvatten
Thermia-IVP -konstant flöde ventilation-21 grader medel -20 kwh/m2 varmvatten