

Linnéuniversitetet

Institutionen för teknik

(Rapport i kursen Energisystem – projekt)

Utvärdering av Energieffektiviseringar Ekgatan i Lenhovda



Författare: Sofia Lindell, Lisa Folkesson, Simon Röstedal, Ahmed Ali & Alexander Klinga

Termin: VT 22

Kurskod: 2BT006

Sammanfattning

Behovet av att renovera befintliga bostäder är stort för att uppfylla hållbarhetsmålet till 2050, att halvera energiförbrukningen i Sverige. Hushåll står idag för ungefär en fjärdedel av all energianvändning där stora delar används bara för uppvärmning av bostaden och tappvarmvatten.

Denna rapport utvärderar de planerade energieffektiviseringsåtgärderna för byggnader tillhörande fastigheten Lenhovda 71:4. Rapportens syfte är att ge en bredare och större förståelse för vilka effekter de planerade energieffektiviseringarna kan komma att ge. Bakgrunden till projektet är att höga värden av radon har uppmätts i fastigheterna, enligt Strålsäkerhetsmyndigheten är den högsta tillåtna radongashalten 200 Bq/m^3 för bostäder. Den högsta uppmätta halten av radon är $2590 \pm 330 \text{ Bq/m}^3$ i en utav bostäderna. De åtgärder som skall genomföras med mål om att sänka radonhalterna och att energieffektivisera är att installera frånluftsvärmepumpar, utbyte av kulvertar, installation av solceller, driftoptimera, installera nya radiatorventiler samt installation av nya intagsgaller bakom radiatorer. Målet är att presentera ett resultat som visar hur mycket energibesparing som uppnås vid renovering av bostäderna, samt kostnadsbesparingar och återbetalningstid. Studien bygger på litteratursundersökningar om tidigare studier och fakta inom området energieffektiviseringar, studiebesök hos Uppvidingehus samt kontinuerliga möten med handledare och beställare för tillgång till fakta och dokumentation kring bostäderna.

Projektets resultat gav en minskning på primärenergitalet från $3 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ till $73,7 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$. Före energirenoveringarna uppmättes respektive byggnad i fastigheten har en energianvändning per år på $140\,965 \text{ kWh}$, där $93\,242 \text{ kWh}$ går till uppvärmning av byggnaden, $24\,350 \text{ kWh}$ går till tappvarmvatten och 8250 kWh till fastighetsel vilket ger ett primärenergital på $111,3 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$. Efter energieffektiviseringarna minskar energibehovet till $128\,346 \text{ kWh/år}$, detta gav ett primärenergital på $73,7 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$.

Reduceringen av energiförbrukningen står för 33,5%.

Energieffektiviseringen ger möjlighet till det statliga bidraget på 30% av renoveringskostnaden. Renoveringskostnaden uppskattas $1\,169\,750 \text{ kr}$ där investering och energibesparingen uppskattas till $442\,000 \text{ kWh/år}$. Vid olika höga elpriser beräknas återbetalningstiden olika lång. Vid ett elpris på $6,30 \text{ kr/kWh}$ beräknades återbetalningstiden bli ca 6 år och vid ett elpris på $0,70 \text{ kr/kWh}$ beräknades återbetalningstiden bli ca 40 år. Med det statliga bidraget minskas den totala kostnaden med 30% och då också återbetalningstiden. Sammanfattningsvis leder renoveringen till en energibesparing på 33%, samt en hälsosammare inomhusmiljö.

Summary

To achieve the sustainable development goal of reducing the primary energy consumption by up to 50% to 2050, one requirement is to renovate multi-family buildings. The building sectors are responsible for almost one-fourth of the total final energy consumption.

This report evaluates the planned energy efficiency measures concerning apartment buildings belonging to the property Lenhovda 71:4. The purpose of the report is to provide a broader and greater understanding for which effects that the planned energy efficiencies may have. The background for the project is that high values of radon have been measured in the properties. According to the Swedish Radiation Safety Authority, the maximum permitted radon gas content is 200 Bq/m³ for homes. The highest measured content of radon is 2590 ± 330 Bq/m³ in one of the homes. The measures to be implemented with the aim of lowering radon levels and at the same time making energy more efficient are to install exhaust air heat pumps, replace culverts, install solar cells, optimize operation, install new radiator valves and install new intake grilles behind radiators. The aim of the study is to demonstrate the possible energy savings that can be made from renovating multifamily residential buildings in Lenhovda, Uppvidinge municipality. Cost saving in terms of energy units and monetary value will also be presented, and the payback time should be estimated for the investment cost in the renovation. The report is based on previous studies regarding the same subjects and documentation/information provided by the project's supervisor, and the property manager responsible for the implantation in renovating of multifamily building in Lenhovda.

The results of the projects show a decrease in primary energy value from 111.3 kWh/m²/year before the renovation, to 73.7 kWh/m²/year after the building renovation. Prior to energy renovation of each building, the energy consumption per year was 140 965 kWh. After the energy renovation we see that the energy consumption per year was 128 346 kWh. The new primary energy value shows a decrease in building energy consumption of 33,5 %, which makes the projects eligible for government financial support. The renovation costs is estimated to 1 169 750 kr where the investment and energy savings is estimated to 44200 kWh/year. With fluctuating prices on electricity, the repayment period is calculated to vary in length. With an electricity price at 6,30kr/kWh the repayment period is calculated to be about 6 years and at a price of 0,70kr/kWh the repayment period is calculated to about 40 years. With the government grants the total cost will decrease with 30%. In conclusion will the renovation have an energy saving of 33 % and contribute to a healthier indoor climate.

II

Sofia Lindell, Simon Röstedal, Lisa Folkesson,
Alexander Klinga & Ahmed Ali

Abstract

Genom denna studie undersöks och utvärderas vilken påverkan och resultat de planerade energieffektiviseringarna av fyra flerbostadshus har i fråga om energibesparing samt ur en ekonomisk aspekt. De energieffektiviseringar som planeras och utvärderas är installation av inverterstyrda frånluftsvärmepumpar, utbyte av kulvertar, installation av solceller, driftoptimering av ventilation, installation av nya radiatorventiler samt installation av nya intagsgaller bakom radiatorer.

Studien baseras på information från det planerade projektets projektledare och extern energirevisor samt resultat från tidigare studier. Beräkningar är utförda i programmet *TMF Energy* där tidigare utförda energideklarationer stått som grund.

Resultatet visar på en minskning av primärenergitalet från 111,3kWh/m²/år till 73,7 kWh/m²/år efter renovering. Kostnaden för renoveringen uppskattas till 1 169 750 kr vilket vid ett elpris på 0,70 kr/kWh skulle ge en återbetalningstid på 40 år.

Nyckelord: *Energieffektivisering, energirenovering, frånluftsvärmepump, klimatnytta, primärenergital.*

Förord

Detta projektarbete är en del i kursen *Energisystem i samhället – projekt* som läses som en del i utbildningen för högskoleingenjör - energi och miljö på Linnéuniversitetet vilken omfattar 7,5 hp. Arbetet är gjort på uppdrag av och tillsammans med Uppvidingehus, med handledning av Per Wickman på Energirevisor ERW AB.

Vi som arbetat fram rapporten hoppas att den kan bidra med ökad kunskap och förståelse för vad energieffektivisering av flerbostadshus kan bidra till dels i bred bemärkelse och dels för berörda parter inom projektet för den planerade reoveringen av fastigheten Ekgatan 71:4 i Lenhovda.

Vi vill rikta ett stort tack till energirevisor Per Wickman för den kunskap och erfarenhet som han delat med sig av och som hjälpt oss mycket i projektet.

Tack även till Uppvidingehus projektledare för fastigheter Roland Axelsson samt Ewald Strandberg från Åseda Värme & Sanitet för deras bidrag med kunskap och information samt ett trevligt studiebesök.

Till sist vill vi tacka Katarina Rupar Gadd som varit vår handledare från Linnéuniversitetet för feedback och goda råd i arbetet med projektet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	I
Abstract	III
Förord	IV
1. Introduktion	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Tidigare studier	2
1.1.2 Projektets bakgrund	7
1.2 Syfte och mål	9
1.3 Avgränsningar	9
2. Teori	10
2.1 Energibalans	10
2.2 Energideklaration	10
2.2.1 Omräkning till primärenergital	11
2.3 Livscykelkostnadsanalys	12
2.4 Energieffektivisering flerbostadshus	12
2.4.1 Solceller	14
2.4.2 Frånluftsvärmepumpar	16
2.4.3 Kulvertar	17
2.4.4 Tilluft bakom radiatorer	18
2.5 Radon	18
2.6 Planerade åtgärder	19
3. Metod	21
3.1 Insamling av fakta	21
3.2 Beräkningar	21
4. Genomförande	23
4.1 Beräkningar	23
4.2 Jämförelser	23
5. Resultat och analys	24
5.1 Före energieffektiviseringar	24
5.2 Efter energieffektivisering	26
5.3 Kostnadsanalys	27
6. Diskussion och slutsatser	29
6.1 Genomförande och jämförelser	29
6.2 Koppling till tidigare studier	30
6.3 Förbättringsförslag	32
6.4 Slutsats	33
7. Referenser	34
8. Bilagor	39

1. Introduktion

År 2019 stod bostäder för cirka 21 % av världens totala slutkonsumtion av energi [1] och i takt med en globalt växande befolkning samt att levnadsstandarden förväntas öka i låg- och medelinkomstländer förväntas även energibehovet för boende att öka. Med redan allt för höga utsläppshalter av koldioxid till atmosfären, med en global uppvärmning som följd och de katastrofscenarion som därpå målas upp, blir det av stor vikt att bygga så klimatsmarta och energieffektiva bostäder som möjligt.

EU-kommissionen beskriver i en rapport från 2020 [2] att mer än 220 miljoner byggnadsenheter uppfördes inom EU före 2001, vilket motsvarar cirka 85 % av EU:s hela byggnadsbestånd. Av dessa förväntas 85 – 95 % att stå kvar år 2050. I EU står drift och användning av byggnader för ca 30 % av den totala energiförbrukningen och ca 36 % av växthusgasutsläpp från energi. Samma rapport pekar på att endast 11 % av det befintliga byggnadsbeståndet genomgår någon form av renovering under ett år och det är då sällan som energirenovering ingår. Den årliga energirenoveringskvoten räknas vara så låg som 1 % och i vissa regioner förekommer inte energirenovering över huvud taget. [2] Detta visar att energirenovering och energieffektivisering kan vara en starkt bidragande faktor i steget mot de av EU uppsatta klimatmålen om att bli klimatneutralt till 2050.

Vid energieffektivisering av byggnader är syftet att effektivisera sammanhörande energisystem till högre verkningsgrader. På så sätt besparas befintlig energiförbrukning genom renoveringsåtgärder i byggnaden, vilket möjliggör tillgång till mer energi i samhället, utan att öka på dess energiproduktion och sammanhörande koldioxidutsläpp. Energieffektivisering av byggnader som flerfamiljshus är bland de mest kostnadseffektiva åtgärder som kan göras för att minska på koldioxidutsläpp av samhället fram till år 2030 [3]. Energiförbrukningen i EU hushåll är främst indelat i uppvärmning, varmvattenförbrukning, elektriska apparater samt energi för matlagning. Den största energiförbrukningen kan spåras till energibehovet för uppvärmningen under de kalla månaderna i Europa [4]

1.1 Bakgrund

Sverige hade 2019 en total energianvändning på 369 TWh när man räknar bort omvandlings- och överföringsförluster. Hushållen står idag för ca 25% av denna energianvändning där hälften används bara för uppvärmning och varmvatten. [5] Det finns därmed en stor energibesparingspotential i att energieffektivisera äldre bostäder med ett gammalt och ineffektivt värme- och ventilationssystem.

Vid resonemang kring energi i byggnader nämns ofta termerna *Energiprestanda* eller *primärenergital*. En byggnads energiprestanda talar om hur en byggnad presterar utifrån ett energiperspektiv och beskrivs med hjälp av ett primärenergital. Primärenergital är ett omräknat mått för den energianvändning som krävs för ett normalt bruk för en byggnad under ett år. I en energideklaration är det primärenergitalet som ligger till grund för vilken energiklass en byggnad får. Omräkningen, som ska ske enligt Boverkets föreskrifter, görs för att man ska kunna jämföra olika stora byggnader vid olika geografisk placering. [6] Mer om detta kan läsas i kap 2.2.

Den svenska regeringen kom 2021 med förslag om stöd för energieffektivisering av flerbostadshus vilken antogs och sattes i drift i oktober 2021. Det blev då möjligt för ägare av byggnader som till största del består av bostadslägenheter, som upplåts som hyresrätter eller bostadsrätter, att söka ekonomiskt stöd för planerade energieffektiviseringsåtgärder. Beroende på om det är ett stort, medelstort eller litet företag som ansöker ges ett stöd på motsvarande 30 %, 40 % eller 50 % av det stödberättigande underlaget. För att stödet ska beviljas krävs att byggnaden som stödet söks för vid söktillfället har en energiprestanda som överstiger 100 kWh/m² och år, samt att åtgärderna beräknas medföra en förbättrad energiprestanda med minst 20 %. Har den befintliga byggnaden sedan tidigare installerad fjärrvärme får den nyinstallerade värmeförseln dock ej överstiga 50% av den totala värmeförseln. [7] Flerbostadshus med ursprung i miljonprogrammet är oftast en passande kandidat för stödansökan av energirenovering och energieffektivisering av flerbostadshus. Majoriteten av bostäderna i miljonprogrammet byggdes innan oljekrisen mellan åren 1965–1974, där effektiv energihushållning inte hade lika mycket betydelse som efter år 1991 då den svenska miljöpolitiken [8].

1.1.1 Tidigare studier

Följande kapitel presenterar tidigare studier gällande energirenoveringar genomförda på flerbostadshus och hus byggda under miljonprogrammet.

1.1.1.1 Energieffektivisering av Sveriges flerbostadshus

Energieffektivisering av Sveriges flerbostadshus är en rapport skriven vid Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien [8] där hinder och möjligheter tas upp för hur Sverige ska nå en halverad energianvändning till 2050. Att uppnå en halverad energianvändning fram till 2050 skulle innebära besparing av energi, mer oberoende av elkostnader samt mindre miljöpåverkan. Renovering av flerbostadshus innebär att minska energiförlusterna och att energieffektivisera, detta genom att se över

värmtransporter, ventilation och elanvändning. Att tilläggsisolera, byta fönster, tidsstyrning, byta till energieffektiv belysning och vitvaror, installation av värmväxlare eller byte av värmepump är exempel på renoveringar som kan göras på flerbostadshus för att uppnå målen till 2050. Att installera system för att kunna återanvända värme från frånluften är effektivt för att minska energianvändningen och energiförlusterna, ytterligare ett alternativ är att sätta solpaneler på flerbostadshusen vilket innebär gratis energi när solen lyser, vilket minskar energikostnader och energianvändning. [8]

Ett problem som studien tar upp och som uppkommer i samband med ett energieffektivare samhälle och som kommer behöva diskuteras politisk är fjärrvärmens och hur behovet av kraftvärmeverken kommer se ut i framtiden. I takt med att energianvändningen minskar genom återvinningssystem eller solpaneler kommer behovet av fjärrvärme minska. [8]

För att underlätta energieffektiviseringen av flerbostadshus har skärptare byggregler och betydande krav på energideklarationen införts. Energideklarationer måste idag vara baserat på uppmätta värden, samt förslag på åtgärder med en tidsplan. [9]

1.1.1.2 Fallstudie med fokus på tre bostadsområden utspridda i Sverige

En studie av det befintliga bostadsbeståndet med fokus på energieffektivisering i flerbostadshus är en studie gjord av Emma Åslund Hedman och Anton Jensen Wennberg via Kungliga Tekniska högskolan [10]. Syftet med studien var att studera flerbostadshus i Sverige och se om dagens teknik är tillräcklig för att nå de uppsatta målen om en halverad energianvändning samt om det är ekonomiskt hållbart i längden. Litteraturstudier och en fallstudie har genomförts för att kunna uppnå studiens syfte. Fallstudien fokuserar på tre olika områden utspridda i Sverige, de utvalda områdena är Stockholm, Göteborg och Alingsås. I alla dessa tre bostadsområden har energirenoveringar genomförts, fallstudien har fokuserat på de åtgärder som har genomförts, hur energianvändningen har förändrat och om renoveringen varit ekonomisk lönsam. Studien har enbart fokuserat på gamla flerbostadshus som innan 2050 behöver genomgå en renovering för att uppnå hållbarhetsmålen. Att renovera fasaden, tilläggsisolera och byta fönster är nödvändiga åtgärder för att minska värmtransporten i hus. Dessa åtgärder bidrar till att värmeläckagen minskar, vilket direkt bidrar till minskad energianvändning. Vid tätning av hus, där utbytet av luft genom väggar och fönster minskar blir det viktigt att installera bra ventilation för att upprätthålla en bra inomhusmiljö. Att installera frånluftsventilation eller från-och tilluftsventilation innebär att utbytet av luft kan ske kontrollerat, dessa typer av ventilation kan kombineras med en värmepump för att kunna återvinna värmen som leds ut

ur huset. Värmeåtervinningen kan användas för att till exempel värma varmvattnet vilket leder till stor energibesparing. Vid planering av större renoveringar bör det planeras i samband med att genomföra andra energieffektiviseringar, detta ur ett ekonomiskt perspektiv. [10]

Fallstudien med fokus på tre områden i Sverige består alla av flerbostadshus från miljonprogrammet. Området som var utvalt i Stockholm omfattade sju stycken flerbostadshus med mål att minska energianvändningen. Studien har valt att fokusera på två stycken utav husen, Nystad 7 och Trondheim 4. De åtgärder som genomfördes på Nystad 7 med mål att minska energianvändningen med 30 % var att tilläggsisolera fasaden, vind och källarväggar, byta fönster och dörrar, installera från-och tilluftsventilation i kombination med en värmeväxlare, byte av värmesystem samt byte av belysning. Åtgärderna ledde till en energibesparing på 35 %, om renoveringsprojektet anses ekonomisk lönsamt eller inte beror på vart systemgränsen sätts. Trondheim 4 genomförde liknade åtgärder som Nystad 7 med ytterligare åtgärder som isolering av vattenledningar med mål att nå en minskning på 46 %. Projektet nådde en energibesparing på strax över 37 %. [10]

Området i Alingsås omfattade totalt 16 flerbostadshus och samtliga med stora behov av renovering, renoveringarna innebar en energibesparing på 57 %. Projektet kan anses ekonomiskt lönsamt, energieffektiviseringarna har bidragit till betydligt lägre drift- och underhållskostnader. Sista området i fallstudien är i Göteborg och omfattar drygt 1500 lägenheter. Målet med åtgärderna var att uppnå en energibesparing på 66 % genom att byta till från- och tilluftsventilation i kombination med en värmeväxlare, tilläggsisolering och tätning samt nya balkonger. Energibesparing uppgick till 70 %, ur ett ekonomiskt perspektiv anses projektet dock inte lönsamt, avkastningskravet kräver en halvering för ett lönsamt resultat. [10]

Fallstudien visar att renoveringsprojekten tillsammans minskat energianvändningen med ett snitt på 50,8 %, vilket innebär att hållbarhetsmålet gällande en halvering av energianvändningen till 2050 uppnås. Om renoveringsprojekten anses ekonomisk lönsamt är dock enligt studien svårare att besvara, och skiljer sig stort beroende på bland annat på systemgräns, om fokus är på det enskilda projektet eller ur ett samhällsperspektiv och på aktuella kostnader. [10]

1.1.1.3 Radon i energieffektiva flerbostadshus

En studie av institutet för industriell ekologi [11] har studerat radon i energieffektiva flerbostadshus, hur radon uppkommer i inomhusmiljön samt dess påverkan på människor. Förhöjda uppmätta värden på radon i bostaden beror ofta på marken runt om bostaden, byggmaterial och kombination med

långt utbyte av luft i bostäderna. Att leva i bostäder med höga värden av radon kan orsaka bland annat lungcancer. Studien visar att installera frånluftsventilation i kombination med teknik för värmeåtervinning är en viktig del i att förbättra inomhusmiljön vilket leder till minskade värden av radon. Genom att täta bland annat kulvertar och sprickor i husets klimatskal menar studien att radon som finns i marken kan förhindras från att påverka inomhusmiljön. [11]

1.1.1.4 Energieffektiviseringar av flerbostadshus i Karlskrona

En tidigare studie som gjorts är examensarbetet från Linneuniversitetet ”Energieffektivisering av flerbostadshus från miljonprogrammet” skrivet av Jonas Cullsjö, Jonas Ekman och Johan Östsjö [12]. Syftet med studien var att hitta en lösning för att sänka energiförbrukningen för en specifik byggnad i Karlskrona från 152kWh/m²/år till minst 100kWh/m²/år. Byggnaden är byggd på 1960-talet och ingår i det så kallade miljonprogrammet. I examensarbetet använde de sig utav två program för att beräkna energiförbrukningen för byggnaden innan några lösningar införts. Författarna använde sig av VIP-energy som är ett vetenskapligt program och energiberakning.se som används av flera byggföretag och byggkonsulter.

För att sänka energianvändningen beräknade de på att installera en frånluftvärmepump från IV-produkt, de använde då IV-produkts egna program, IV-produkt designer. Ytterligare en åtgärd som beräknades på var installation av solceller. Isolering av tak och byte av fönster och dörrar utförs också som en åtgärd för att sänka energibehovet. Fönster med lägre U-värde är mer energieffektiva och bidrar då till minskat energibehov. [12]

Resultatet på examensarbetet visade att målet att sänka energiförbrukningen till under 100 kWh /m²/år uppnåddes. Åtgärderna gav en sänkning på 56 kWh /m² /år vilket motsvarade 37% minskning av energibehovet. Byggnadens energiklass var F enligt tidigare genomförd energideklaration. Efter de beräknade åtgärderna uppmättes byggnadens energiklass till D. Rapportens resultat visar också genom beräkningar i VIP att de största energiförlusterna sker vid transmission och ventilation. Författarna menar att tilläggsisolering av tak och installering av värmeväxlare är bra åtgärder för att minska energiförbrukningen. Byggnadens frånluft har alltså gått från att vara lika varm som inne temperaturens luft ner till 2 C på grund av åtgärden med frånluftsvärmepumpen som återvinner värmen från luften inomhus. Byggnadens nya fönster och dörrar bidrar även de till minskad energianvändning, då energibehovet minskar. I resultatet presenteras det att solcellernas elproduktion får räknas bort från byggnadens totala energiförbrukning vid energideklarering av byggnaden vilket också bidrar till minskad energiförbrukning. Alla dessa bidragande faktorer ledde fram till att målet kunde uppnås. [12]

I rapportens diskussion tas den ekonomiska aspekten upp. I resultatdelen nämns inget om den ekonomiska vinningen eller förlusten av att göra dessa renoveringar, detta på grund av att det saknas fördjupning i undersökningen. [12]

För ytterligare energieffektiviseringar kunde även väggar tilläggsisoleras, vilket dock inte ansågs ekonomiskt lönsamt i detta fallet. Värmejustering är en annan parameter som kunde minska energiförbrukningen, vilket innebär att beräkningar görs utifrån en lägre inomhustemperatur. Slutsatsen av rapporten visar att den mest lönsamma energieffektiviseringen är att installera frånluftsvärmepump då det stod för 31% av energibesparingen av totalt 37%. [12]

1.1.1.5 Dokumentation av renoveringar av miljonprogramsbyggnader

I studien ” Building status obtained before renovating multifamily buildings in Sweden”, skriven av Karin Fasäter, Paulin Strandberg och Åsa Whalström [13] undersöks dokumentation vid renoveringar av miljonprogramsbyggnader.

I studien tas problemet upp med att dokumentation innan och efter en renovering inte är gjord i så stor utsträckning för dessa renoveringar. Författarna skriver om att dokumentationen är viktig för att i inledningsfasen av en renovering kunna fatta rätt beslut om vilka renoveringar som skall utföras. Det är även viktigt att utvärdera en renovering för att kunna se åtgärdernas effekt på byggnaden. Det krävs därför riktlinjer, rutiner och uppföljning. Enligt Squares som är ett svenskt kvalitetssäkringssystem bör utvärderingen av ett renoveringsprojekt innehålla både energiaspekten men även inomhusmiljön vad gäller radonhalter, PCB, temperatur etc. Ett annat problem som diskuteras i studien är felmarginalerna vid beräkningar av energiförbrukningen för en byggnad. En av de parametrarna som ger störst osäkerhet vid beräkningar är energiprognozen för tappvarmvatten och inomhustemperaturen som kan variera. Inomhustemperaturen påverkas även av den mänskliga faktorn, vilken är svår att styra över. Köldbryggor är ytterligare ett exempel på en parameter där beräkningar skiljer sig åt, lika så A-temp vilket är antal kvadratmeter som uppvärms till minst 10 °C, och luftläckage kan variera mellan olika beräkningar. [13]

Målet med studien var att ta reda på vad som hade varit känt om byggnaden innan renoveringar skett och hur det påverkade renoveringsprocessen. Studien undersöker åtta flerbostadshus från miljonprogrammet utsprida över hela Sverige, som har genomgått en renovering mellan åren 2008-2016. De viktigaste parametrarna i studien var energianvändningen, de byggnadsfysiska egenskaperna som köldbryggor och lufttäthet, och inomhusmiljöfaktorer som radonhalt, buller och temperatur. Studien

utfördes med hjälp av enkäter som genomfördes av nyckelpersoner för flerbostadshusens olika renoveringsprojekt. [13]

Resultatet i studien visar att utsträckningen för olika mätningar varierar över dessa åtta flerbostads hus. Exempelvis har 7 av 8 byggnader beräknat energiförbrukningen för uppvärmning av husen medan det sista huset endast beräknat efter standaliserade värden på tappvarmvatten och varmvattenanvändningen. I 7 av 8 av fallen fastställdes ett U-värde för tak, väggar, dörrar och fönster. För de olika fallen användes olika metoder för att beräkna U-värdet. Lufttätheten hade uppmätts för renoveringen i 5 av fallen men efter renoveringen hade endast 2 projekt genomfört en uppmätning av lufttätheten för att kunna utföra en utvärdering. Vad gäller radonhalten i flerbostadshusen är det endast 2 projekt som har genomfört mätningar både före och efter renoveringen, i de fallen gavs ingen skillnad på radonhalten för de olika mätningarna. I ett annat fall har mätningar gjorts före renoveringen och i ytterligare ett annat fall har endast mätningar gjorts efter renoveringen. Resultatet på mätningarna visade att halterna låg inom gränsvärdet som ligger på 200 Bq/ m³. [13]

Slutsatsen som dras i studien är att dokumentation kring dessa renoveringar sällan sker på ett systematiskt sätt eller efter rutiner. De olika projektens utsträckning av data skiljer sig mycket mellan projekten. Informationen dokumenteras oftast av en eller några inblandade i projektet vilket gör det svårt att ta del av den informationen som finns. Energianvändning för rumsuppvärmning, anläggning, lufttäthet, radonhalter och inomhusmiljöfaktorer fastställdes genom mätningar, medan särskilda varmvattenmätningar, hushållens elanvändning och halter av radongas sällan fastställdes i de olika projekten. [13]

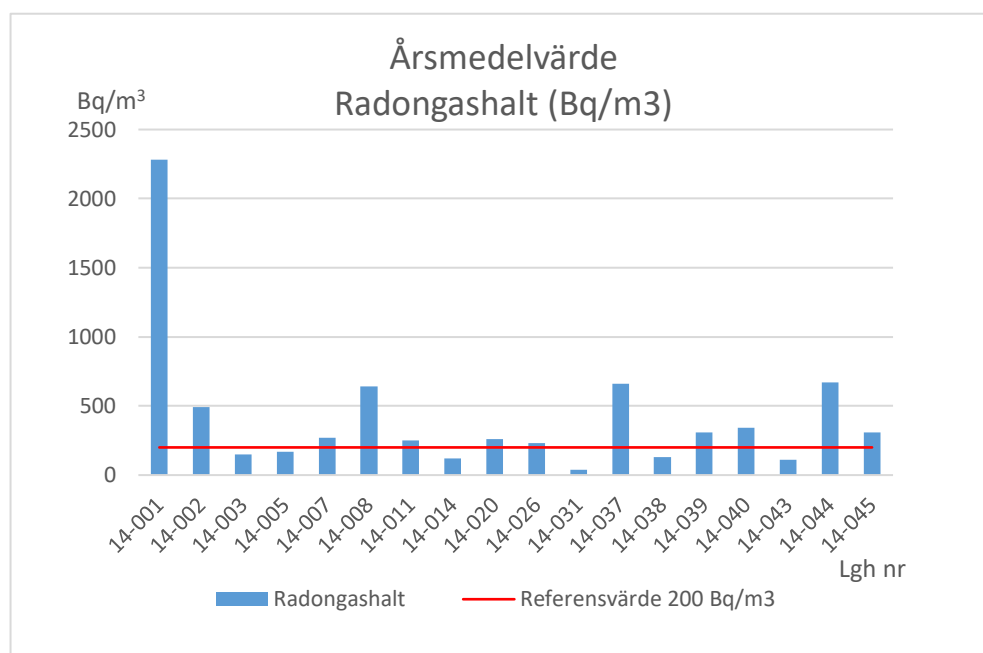
1.1.2 Projektets bakgrund

Under åren 1965 – 1974 byggdes det i Sverige över en miljon bostäder där över två tredjedelar var lägenheter i flerbostadshus [14]. För att dessa fastigheter ska kunna fortsätta brukas finns idag ett stort behov av renovering. Det finns därför stor möjlighet att samtidigt titta över och renovera de system för värme och ventilation som idag finns i dessa fastigheter och som ofta tjänat ut sin tekniska livslängd.

Det kommunala bostadsföretaget Uppvidingehus i Uppvidinge kommun förvaltar ca 800 bostäder samt garage och lokaler fördelade på orterna Alstermo, Lenhovda, Norrhult/Klavreström, Åseda och Älghult. På Ekgatan i Lenhovda ombesörjs idag fyra flerbostadshus med sammanlagt 48 lägenheter. Dessa byggnader uppfördes 1969 under det så kallade ”miljonprogrammet”. Bostadshusen står idag inför ett stort behov av

renovering där höga halter av radon är en påskyndande faktor. År 2020 beslutade företaget att fastighetens byggnader skulle genomgå en omfattande energieffektivisering genom renovering och utveckling av värme- och ventilationssystemet.

Byggnaderna är idag anslutna till fjärrvärme för både rumsuppvärmning och tappvarmvatten med internkulvertar mellan husen. Dessa kulvertar är sedan byggnaderna uppfördes och har med åren slitits och blivit omoderna. Ventilationen styrs med hjälp av en frånluftsfläkt för varje hus (utan återvinning) samtidigt som tilluft sker genom spaltventiler i fönstren. År 2022 utfördes energideklarationer enligt BBR 29 för de fyra byggnaderna med mätvärden från år 2020. Då byggnaderna är identiskt byggda visar deklARATIONERNA samma resultat vilket är att byggnaderna har ett primärenergital på 111,3 kWh/m² och år. Tidigare har förhöjda halter av radon funnits i byggnaderna och enligt en utredning utförd av Radonsanering Sydost från 2020 kan radonförekomsten orsakas av både radonavgång från väggarna av blåbetong och av radonavgång från marken, då i huvudsak via otätheter mot kulverten. Detta är något som fastighetsägaren är i stort behov av att lösa. Figur 1.1.3.1 visar uppmätta radongashalter i flertalet lägenheter fördelat på de fyra husen som utfördes under perioden 2020-02-11 till 2020-04-23.



Figur 1.1.3.1 Årsmedelvärde för radongashalter uppmätta i olika lägenheter.

1.2 Syfte och mål

Med utgångspunkt i planerade energieffektiviseringsåtgärder för byggnader tillhörande fastigheten Lenhovda 71:4 syftar denna studie till att ge en bredare och större förståelse för vilka effekter dessa åtgärder kan komma att ge. För effekter och resultat kalkyleras dels för energibesparingar och minskade koldioxidutsläpp men det ges också en ekonomisk kalkylering för projektet.

Målet är att beräkningar ska visa på skillnaden i energiprestanda före och efter effektiviseringsåtgärderna räknat i kilowattimmar samt kostnaden för åtgärderna. De åtgärder som planerats och som i denna studie utvärderas är följande:

- Installation av frånluftsvärmepumpar
- Utbyte/förbättring av internkulvertar
- Installation av solceller
- Injustering av värmesystem
- Installation av nya radiatorventiler
- Installation av nya intagsgaller bakom radiatorer.

Utöver detta finns också ett behov att åtgärda förhöjda radonhalter i delar av fastigheten. Studien syftar därför till att även ge åtgärdsförslag för att komma till rätta med detta problem.

1.3 Avgränsningar

Detta arbete omfattas och begränsas av totalt 1000 arbetstimmar och kommer att fokusera på de fyra flerbostadshusen tillhörande fastigheten Ekgatan 71:4. Studien kommer inte att innefatta några nya mätningar utan baseras på tidigare utförda mätningar och dess resultat. Dessa mätningar utfördes under januari – december år 2020.

Beräkningar och utvärderingar kommer att avgränsas till de i förväg planerade effektiviseringsåtgärderna beskrivna under kap 1.2.

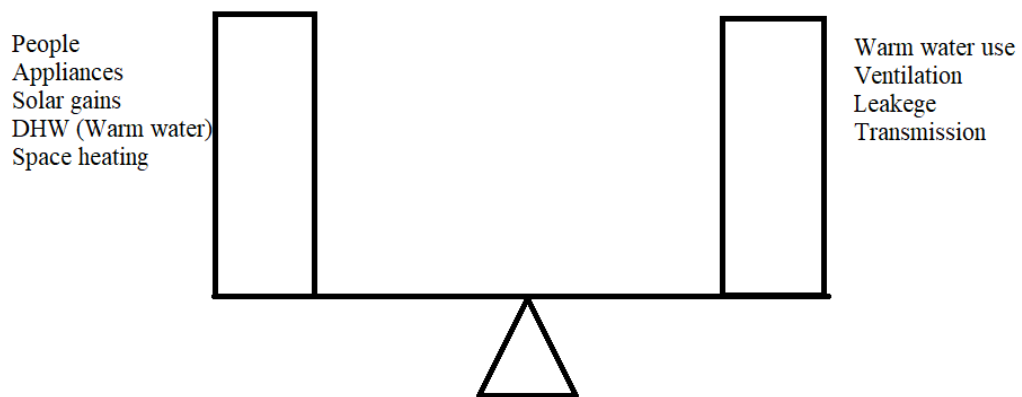
2. Teori

Teorin förklarar de energieffektiviseringar som ska genomföras på flerbostadshusen i Lenhovda samt energibalans, energideklaration och livscykelkostnadsanalys.

2.1 Energibalans

Energibalans är när energin för uppvärmning av en byggnad är lika stor som förlusterna från byggnaden. Balansen visas i figuren 2.1.1.

För uppvärmning av en byggnad inkluderas värmesystem som fjärrvärme eller värmepumpar, varmvatten, värme från solinstrålning, värmekällor som spisar eller ugnar och värme från inneboenden. Alla dessa resurser hjälper till att värma upp byggnaden och tillför energi till den. För förluster inkluderas använt varmvatten, ventilation, värmebryggor eller läckor från väggar och transmission av värme genom väggarna. Dessa resurser utgör en förlust av värme och därmed energi från byggnaden. [15]



Figur 2.1.1 Energibalans visualiserad som en balansbräda med uppvärmning är till vänster och förluster till höger.

2.2 Energideklaration

EU styr genom sitt ”direktiv 2010/31/EU kring byggnaders energiprestanda” över delar av energiarbetet inom unionen. Alla medlemsländer ansvarar för att uppfylla de uppsatta mål som ges i direktivet och som följd av detta

beslutade Sverige år 2006 att införa energideklarationer för byggnader. Energideklarationerna syftar till att frambringa mer energieffektiva byggnader och samtidigt främja ett bättre inomhusklimat. [16]

I ”lagen (2006:985) om energideklaration för byggnader” [17] framgår bland annat för vilka byggnader kravet om energideklarationer gäller samt föreskrifter för hur dessa ska utföras. 5§ säger bland annat att kravet gäller byggnader som delvis eller helt upplåts med nyttjanderätt, vilket exempelvis menas bostäder med hyresrätt eller bostadsrätt. Energideklarationen ska utföras av en oberoende certifierad energiexpert.

I en energideklaration är det primärenergitalet som ligger till grund för vilken energiklass en byggnad får. Primärenergital är ett omräknat mått för den energianvändning som krävs för ett normalt bruk för en byggnad under ett år. [6]

2.2.1 Omräkning till primärenergital

Omräkning till primärenergital sker genom ett antal beräkningssteg. Vid omräkningen tas först hänsyn till vilken typ av energitillförsel som används genom multiplicering av byggnadens energianvändning med en viktningfaktor för respektive energibärare. El har till exempel en viktningfaktor på 1,8 medan fjärrvärme har en faktor på 0,7. Detta för att det är viktigt att hushålla med olika typer av energi och fjärrvärme anses i detta fall prioriterat i förhållande till el för produktion av värme. Utöver el har även fossila bränslen höga viktningfaktorer. För att kunna jämföra byggnader vid olika geografisk placering divideras sedan uppvärmningsenergin med en geografisk justeringsfaktor. Till sist divideras resultatet med byggnadens A_{temp} , som är en beskrivning av den area där rumsluften värms upp till över 10°C. På detta sätt fås ett primärenergital som beskriver energiförbrukning per kvadratmeter för en byggnad. [6]

Beräkningen av primärenergitalet kan också beskrivas av följande formel: [18]

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

där

E_{uppv} = Energi för uppvärmning

E_{kyl} = Energi för komfortkyla

E_{tvv} = Energi för tappvarmvatten

E_f = Byggnadens fastighetsenergi

F_{geo} = Geografisk justeringsfaktor
 VF = Viktningsfaktor (beroende på energibärare)
 A_{temp} = Rumsarea uppvärmd till $>10^{\circ}C$

2.3 Livscykelkostnadsanalys

En livscykelkostnadsanalys baseras på en produkts totalkostnad under hela dess livslängd, det innebär att en LCC-analys inkluderar både investeringskostnaden, driftkostnaderna samt underhållskostnaderna. Vid upphandlingar kan en LCC-analys bidra till ekonomiska och hållbara investeringar, eftersom en LCC-analys inkluderar alla delar och kostnader över hela livslängden. En LCC-analys blir viktig när produkten kräver energi, eftersom produktens driftkostnader och underhållskostnader kan komma att vara betydligt högre än investeringskostnaden. [19]

Alla inköp som sker inom stat eller kommun måste ske enligt lagen om offentlig upphandling, LOU, detta för att inköpen ska bli kostnadseffektiva och hållbara. [19]

Vid offentliga inköp är det därav en stor fördel att genomföra en LCC-analys, eftersom det ger en medvetenhet kring totala kostnader, energikostnader samt vilka resurser som krävs och hur marknaden ser ut. [19]

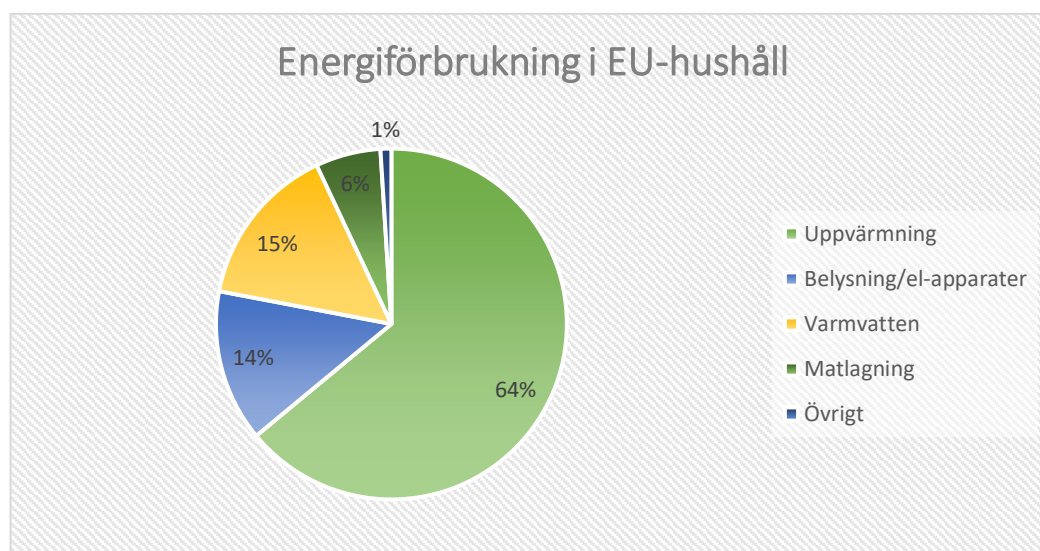
2.4 Energieffektivisering flerbostadshus

År 2019 påbörjades byggandet på 37 700 flerbostadshus i Sverige, detta kan jämföras med cirka 100 000 bostäder som byggdes årligen under miljonprogrammets bostadsbyggande [20]. Under år 2021 uppgick en i Sverige till 140 TWh, där bostäder och service stod för 75 TWh, vilket motsvarar cirka 54 % av den totala elanvändningen i Sverige [21]. Det blir ännu viktigare att minska sin elanvändning då elpriserna varierar. Elpriserna varierade mellan 630öre/kWh och 70öre/kWh under 2021. [22] Den höga elanvändningen av hushåll i samhället kan förklaras av ett åldrande byggtillstånd i behov av energirenovering. Flerbostadshus har generellt sett behov av energi i form av;

- Uppvärmning
- Varmvatten
- Belysning, elektriska apparater & matlagning

Uppvärmning av hus under de kalla månaderna på året, är den absolut största källan till energiförbrukning i europeiska hushåll. Cirka 63 % av energiförbrukningen av hushåll går till uppvärmning [4]. Det finns flera

olika system som kan används för uppvärmning av bostäder. Hushåll kan vara kopplade till ett fjärrvärmenät som massproducerar varmvatten till inkopplade kunder. Decentraliserade lösningar som värmepumpar och vedpannor kan även användas som värmesystem, även då en kombination av de nämnda är vanligast [23]. Decentraliserade lösningar som värmepumpar och vedpannor kan även användas som värmesystem, även då en kombination av de nämnda är vanligast [24], i stället för exklusive användning av ett specifikt värmesystem. Oavsett vilket system som används, så kommer de största energiförbrukningar i hushållet avgöras av värmesystemet under årets lopp. Genom effektivisering av energiförbrukning och värmesystemets prestanda, kan energi besparas, och på så sätt pengar sparas på räkningar. Varmvatten och belysning samt elektriska apparater, har liknande energiförbrukning på cirka 15 % var [4]. I figuren 2.4.1 ses hur energiförbrukning för EU hushåll är uppdelat.



Figur 2.4.1. *Energikonsumtion i EU-hushåll uppdelat i uppvärmning, belysning och användning av elektroniska apparater samt matlagning och övriga förbrukningar.* [4]

Det dominerade uppvärmningssystemet bland flerbostadshus i svenska tätorter är fjärrvärme, kunderna är då inkopplade till ett regionalt fjärrvärmenät [25]. Fjärrvärme har sina fördelar, bland annat att de kan vara mer ekonomisk lönsamt att massproducera värmen för tätorter, och att elektricitet kan samproduceras vilket gynnar verksamhetens lönsamhet. Fjärrvärme är ett sätt att producera den energi som behövs för att värma på hus. Återvinning av den energi som fjärrvärme förser med är en problematik om man exklusivt använder fjärrvärme som värmesystem, då systemet inte är dimensionerat för värmeåtervinning i större skala. Verkningsgrader för kraftvärmeverk, där mycket av fjärrvärme som används produceras, gynnas av lägre returtemperaturer, vilket innebär högre utnyttjande av tillgänglig energi. [26]

Fjärrvärmeinstallationer omfattas av bland annat kulvertar och fjärrvärmecentraler, som inte har förmågan för värmeåtervinning på samma sätt som värmepumpar av frånlufts typer har. Frånluften från bostäder har ett visst energinnehåll vilket avlägsnas från byggnaden vid ventilering, då temperaturen är konstant under året är även energinnehållet i frånluften konstant. Genom installationer av frånluftsvärmepumpar kan den förlorade energin som ventilerats från byggnaden återanvändas och på så sätt ta vara på annars förlorad energi, vilket ökar byggnadens energieffektivitet. [27]

2.4.1 Solceller

En av effektiviseringarna för projektet är installation av solceller som ska täcka energiförbrukningen från frånluftsvärmepumparna. Men för att uppnå det målet finns vissa parametrar som behövs tänkas på. Däribland val av solceller, hur stor area de kan täcka, var de kan monteras samt risker och problem det finns med solceller. Valet av solcell är viktigt då olika modeller av solceller ger olika verkningsgrad och kan ge påverkan på byggnadens exteriör.

2.4.1.1 Monokristallina och polykristallina

Idag är de vanligaste med monokristallina celler eller polykristallina celler. Monokristallina är skivor av kiselkristaller och kallas monokristallina just för att kiset endast innehåller en kiselkristall. Dessa celler har en högre verkningsgrad på 15-22 %. Detta är något högre än polykristallina celler som är silokonfragment ihop smälta till celler och kallas därför polykristallina då den har flera kristaller i cellerna och inte bara en. De har en verkningsgrad på 15-17 % och användes oftare än monokristallina då den var billigare. Men idag är denna skillnad i kostnad nästan borta och monokristallina celler blir vanligare. Cellerna ser bra ut med en svart till mörkblå färg och kan vara väldigt tåliga mot väder och slitage. [28]

2.4.1.2 Tunnfilmssolceller.

Tunnfilmssolceller har flera problem som gör den mindre attraktiv vid installation. Dessa celler är oftast mycket dyrare för att få ut samma mängd energi som från kiselceller. De kan också kräva vissa miljöfarliga metaller som kadmium. Solcellens verkningsgrad är 10-16 %. Det som gör tunnfilmssolceller attraktiva är just deras förmåga att formas och böjas efter behov. De kan lätt appliceras på ställen där kiselceller inte får plats och kan lätt smälta in i en byggnads utseende. [29]

2.4.1.3 Solceller som ersätter takmaterialet.

En solcell som lätt smälter in i byggnadens tak är solceller konstruerade att ersätta takmaterialet. Dessa solceller är inte vanliga och har en betydligt högre kostnad än de andra solcellerna. Men de utvecklas snabbt då de inte påverkar husets utseende något som är eftertraktat och kan inom några år bli ett bra alternativ emot andra solceller. [29]

2.4.1.4 PVT (photovoltaic thermal hybrid)

Den sista kommersiella solceller är PVT eller photovoltaic thermal hybrid solar collector. Dessa celler producerar både el och värme. De kommer i flera olika varianter med varierande kostnad. Generellt är denna cell effektiv när en byggnad är i stort behov av energi och värme vid ett begränsat utrymme. Då den både ger el och värme så ökar den sin verkningsgrad beroende på ytan den utnyttjar. Detta gör att cellen kan fungera utmärkt för små hus med begränsad tillgång till en annan värmekälla. [29]

2.4.1.5 Elsäkerhet

Vid installation av solcellerna är det viktigt att placera dem på ett sätt som inte försämra takets stabilitet och att elsäkerheten enligt ELSÄK-FS upprätthålls. ELSÄK-FS är ett dokument med regler för att på ett säkert sätt dra starkströmsledningar och hur de får dras till byggnader. Detta för att minimera risken för brand. [30] I en studie gjord av BRE, testades säkerheten på solceller genom att studera incidenter där brand uppstått på byggnader med solceller samt tester på material och ledningar. Den visar att risken för brand är väldigt liten för en solcellsanläggning. Ungefär 60 anläggningar av 1 miljon menar dem började brinna på grund av solcellerna. Bränderna uppstod inte heller för att cellerna blev varma och själv antände då cellernas syfte är att absorbera solljuset och inte varma upp sig eller sin omgivning. De bränder som startades var för att ledningarna blev för varma från mängden ström som passerade igenom dem. Ledningarna och kopplingarna smälte då plasten som skyddade dem samtidigt som kopplingarna låg för nära varandra. Luft kan inte leda ström men vid tillräckligt hög styrka kan luften joniseras till plasma. Den joniserade plasman som då bildas tänder fyr på närliggande brännbart material som byggnadens tak. Men risken för brand är relativt låg men därför är regler runt hur ledningar får dras viktigt för att sänka risken för brand mer. [31]

Ett problem som är betydligt mer vanlig är att solcellerna med tid tappar sin effektivitet. De utsätts för hagel, snö, grenar och annat som faller på dem och kan skada cellerna. Eller att ramen som håller fast cellerna böjs lite av de varierande temperaturskillnaderna och då skadar cellerna. Detta sänker effektiviteten på cellerna och kan då bli en extra kostnad för att laga dem eller i värsta fall ersätta hela panelen av celler som kan bli väldigt dyrt. Men

dagens moderna solceller motverkar detta väldigt bra. De har oftast en glasskiva ovanför och under cellerna för att skydda dem från naturen och håller emot böjningar. Denna design av solceller kallas glas-glas moduler. ECOKRAFT är ett installations- och leverantörsföretag för solceller som använder sig av glas-glas moduler med monokristallina solceller som dem menar kommer bli marknads dominant de kommande åren. Företaget garanterar att solcellerna ska ha en så bra hållbarhet att på 30 år ska cellerna fortfarande kunna producera 87 % av sin ursprungliga produktion. Dessa solceller har då enligt företaget en väldigt lång användningsperiod innan de behövs bytas ut. [32] [15]

2.4.2 Frånluftsvärmepumpar

Frånluftsvärmepumpar är en teknisk anordning som kan bidra med att återvinna den värmeenergi som finns i frånluften till byggnadens värmesystem genom värmeväxling [33]. Frånluften som ventileras bort från bostäder har en temperatur likt rumstemperaturen. Det innebär då att frånluften som ventileras ut ur byggnaden med rumstemperatur, har en del av energin i sig som gick till att värma huset. Utifall man inte har möjlighet att gräva till exempel för användning av bergvärmepump, kan frånluftsvärmepumpar vara ett attraktivt alternativ. Energiförluster på frånluft utan värmeåtervinning varierar under årets lopp. De är minst under sommaren, när temperaturskillnaderna mellan inne- och utomhus är som lägst. Den är dock som störst när de är som kallast och temperaturskillnaderna mellan inne- och utomhus är som störst. [34]

Från oktober till april varje år i Sverige är det av ytterst vikt att kunna ha ett fungerade ventilationssystem som kan dra in ny tilluft och göra sig av med frånluft, då fönster under vinterperioden oftast hålls stängda. Under en kall vinterdag, kan temperaturer sjunka till ett par minusgrader, behovet av ett behagligt inomhusklimat är dock konstant året runt. Det här innebär då att under de kalla månaderna måste uppvärmningssystemet kunna värma på tilluften med tvåsiffrigt värde, beroende på utomhustemperaturen. [35]

Frånluften kan ses som en energiresurs, och kan utnyttjas för att uppnå energibesparingar på byggnadens uppvärmning, vilket står för majoriteten av energiförbrukning i hushåll. Frånluft har en temperatur likt rumstemperaturen, vilket kan utnyttjas av frånluftsvärmepumpar med varierande effektivitet för värmeåtervinning innan bortventileringen. [36] I ett scenario under en kall vinterdag med utetemperaturen på -10 °C , behöver uppvärmningssystemet värma luften på minst 30 °C för att uppnå ett behagligt inomhusklimat. Utifall man skulle kunna återvinna värmen i frånluften, kan det vara möjligt att höja temperaturen på tilluften innan uppvärmningssystem börjar arbeta. På så sätt minskas den

energiförbrukningen som det externa uppvärmningssystemet använder. Detta kan i vissa fall leda till energibesparingar, och kan vara bland de mest gynnsamma energieffektiviseringsåtgärderna som kan göras för byggnaders energisystem speciellt i kallare klimat. [37]

Projektet omfattar installationer av 2 frånluftsvärmepumpar i fasigheten Lenhovda 71:4. Den återvinna värmeenergin använd främst till byggnadens radiatoruppvärmning och varmvattenbehov. Behovet av energi för radiatoruppvärmning varierar med året, där behovet är som störst under de kalla månaderna av året. Behovet av energi för varmvatten är dock konstant året om. Genom att prioritera användningen av den återvinna energi från frånluftsvärmepumpen till varmvatten, kan beroende av fjärrvärme minskas när behovet är som störst under de kalla månaderna. [38]

Värmefaktor för värmepumpar anger hur effektiv den tekniska anordningen är på att producera värme eller kyla, i förhållande till dess energiförbrukningen. Värmefaktor kan ses som ett momentant värde, där förhållandet mellan producerad arbete och konsumerad elenergi visas. För värmepumpar som arbetar mer effektivt under en viss del av året, bör Seasonal Coefficient Performance faktorn (SFP) användas för att illustrera en mer "rättvis bild" över värmesystemets prestanda i jämförelse med COP. Detta är pga. att COP faktorn är betydligt högre under de kallare månaderna för frånluftsvärmepumpen, och lägre under de varmare månaderna, då den återvunna energin från byggnadens värmesystem är som störst när det är som kallast. För att ge ett realistiskt värde som sträcker sig över en hel säsong, kan SFP användas för att illustrera energiprestandan, vilket tar hänsyn till säsongsvariationerna som uppstår under året för värmepumpar. [39]

2.4.3 Kulvertar

Vid framledning av varmvatten från fjärrvärmecentraler och kraftvärmeverk används kulvertar, vilket är rörledningar för vattentransporter. Kulvertarna ledningar kan vara i drift i drygt 50 år och kommer med olika längder samt olika isoleringsmaterial, vilket påverkar energiförlusterna som sker under framledningen [40]. Ansvar över kulvertar varierar beroende på vilken typ av kulvert som är i fråga. Interna kulvertar som går mellan fastigheter inom ett bostadsområde, kan vara fastighetsägarens ansvar att underhålla. I regel brukar kommunens ansvar över ledningar sluta vid förbindelsepunkten hos fastighetsägaren, vilket är då fjärrvärmecentralen [41]. Vid utebliven renovering av fastigheten, kan de interna kulvertarna ha samma ålder som själva fastigheten. Det innebär att värmeförlusterna i vissa fall kan vara väldigt höga, och det kan vissa sig vara lönsamt att byta ut kulvertarna eller lägga till ytterligare isolering. [4]

Cirka 15 % av energiförbrukning kan spåras till varmvattenförbrukningen i hushåll. Att energieffektivisera varmvattenförbrukningen innebär bland annat att se till att värmeförluster i kulvertar är så minimala som ekonomiskt är lönsamt för projektet. Värmeförluster av kulvertar bestäms av vattnets temperatur in i systemet och vattnets temperatur ut ur systemet. Beroende på arean och materialets specifika värmegenomgångskoefficient samt vattnets temperaturskillnader, kan de teoretiska värmeförlusterna beräknas. Under senare tid har värmegenomskoefficient för kulvertmaterial förbättrats med hjälp av ny teknik som hjälpt sänkt värmeförlusterna som sker i kulvertarna. [4]

Installation av frånluftsvärmepumpar i fastigheten Lenhovda 71:4 innefattar även utbyte av internkulvertar. Byte av internkulvertar görs för att bespara på energiförluster som sker i värmesystemet, samt för att kunna öka effektiviteten av det installerade frånluftsvärmepumpar.

Frånluftsvärmepumpen är som regel aktiv när utetemperaturen är under 10 °C, vilket omfattar cirka 180 dagar under året. För de resterande dagarna av året är kulvertsystem fortfarande i bruk, men i stället har en majoritet där värmets ursprung i fjärrvärme. Den totala uppskattade energibesparing som sker i kulvertförluster har uppskattats till 18 304 år kWh per år. [38]

2.4.4 Tilluft bakom radiatorer

För tilluft till lägenheterna i projektet används nu så kallade spalt- eller fönsterventiler. Fönsterventilierna sitter i övre kant på fönsterna och kan skapa en lägre komfort då kall luft strömmar in i bostaden. Problemet har blivit att hyresgäster stänger ventilerna på grund av den kalla luften, trots att tilluften är nödvändig för ventilationen. [42]

Efter projektets renovering skall tilluften istället placeras bakom radiatorerna, alltså bakom lägenheternas element. Detta innebär att den kalla luften utifrån som strömmar in kan förvärmas av elementen och skapar då ett mer behagligt luftflöde. Risker för att hyresgäster stänger ventilerna minimeras. Att installera tilluftsventilierna bakom radiatorerna ökar effekten med ca 10%. [43]

2.5 Radon

Radon är en osynlig, luktfri och smakfri radioaktiv ädelgas som tillhör ett av våra grundämnen. Det finns i huvudsak tre naturligt förekommande isotoper av radon – ^{222}Rn , ^{220}Rn och ^{219}Rn – som har sitt ursprung ur sönderfallskedjan av respektive uranisotop – ^{238}U , ^{232}Th och ^{235}U . Isotopen ^{219}Rn har en så låg halveringstid ($T_{1/2} = 3,98 \text{ s}$), samt att ^{235}U endast utgör 0,72 % av naturligt uran, att dess påverkan helt kan uteslutas. ^{222}Rn , som är

den isotop som normalt kallas *Radon*, utgör alltså 99,28 % av uranet samt har en mycket längre halveringstid ($T_{1/2} = 3,8$ dygn) vilket gör att den får en mycket större inverkan på vår hälsa. [44]

Radon förekommer på flera platser, främst i marken men också i byggnadsmaterial som baseras på berg- och stenmaterial, som exempelvis betong, men det kan också förekomma i vatten. Gasen tenderar att koncentrera sig i slutna utrymmen och kan därför bli en hälsorisk i hus och byggnader. [45]

Radongasen som eventuellt andas in innehåller alfapartiklar som interagerar med vävnaden i lungorna vilket i sin tur orsakar DNA-skador. Detta kan till slut leda till lungcancer. Efter rökning uppskattas radon vara den största orsaken till lungcancer där 3 – 14 % (beroende på medelkoncentration radon i landet) av lungcancerfallen orsakas av radon. [44] [45]

Enligt Strålsäkerhetsmyndigheten är den högsta tillåtna radongashalten 200 Bq/m³ för bostäder, nya byggnader, skolor och andra allmänna lokaler. Radonhalten mäts upp i becquerel per kubikmeterluft. Enheten visar sönderfallet som sker per sekund i varje kubikmeterluft, där allt över 200 sönderfall per sekund i varje kubikmeterluft inte anses vara hälsosamt under en längre exponering [46].

2.6 Planerade åtgärder

De energieffektiviseringar som ska genomföras på Ekgatan i Lenhovda är följande:

- Installation av frånluftsvärmepumpar
- Utbyte/förbättring av internkulvertar
- Installation av solceller
- Injustering av värmesystem
- Installation av nya radiatorventiler
- Installation av tilluftsventiler bakom radiatorer.

Husen som omfattas av renoveringarna är fyra flerbostadshus på Ekgatan 1, 3, 5 och 7 i Lenhovda. Det kommer att installeras en anläggning med frånluftsvärmepumpssystem på två hus, anläggningarna kommer installeras i hus 3 och hus 5. Frånluftsvärmepumpen i hus 3 kommer försörja hus 3 & 1 och frånluftsvärmepumpen i hus 5 kommer försörja hus 5 & 7. Utifrån

principskiss kommer frånluftsfläkten att placeras på vinden, den återvunna värmen kommer sedan användas i värmepumpen som placeras i källaren. Den värme som värmepumpen utvinnet kommer användas till tappvarmvatten och uppvärmning av husen, med prioritering för tappvarmvatten. Se bilaga 1 för principskiss. Värmepumpen kan ersätta upp till ungefär 50 % av fjärrvärmen, på grund av avtal måste dock 50 % av energibehovet utvinnas från fjärrvärmen. Fjärrvärmen kommer in till en central som ligger på andra sidan gatan av husen, ifrån centralen leds fjärrvärmen in i hus 5 genom kulvert. Internkulvertar mellan hus 1 och 3, samt hus 5 och 7 kommer att bytas ut, kulvert mellan centralen och hus 5 samt kulvert mellan hus 5 och 3 kommer inte att bytas ut vid renoveringen. Se bilaga 2 för skiss över kulvertar. Tankar kommer installeras för att kunna lagra varmvatten, detta för att kunna värma upp varmvatten när elen är som billigast under natten.

Vid installation av solceller kommer värmepumpens el behov att täckas, vilket bidrar till att byggnaderna inte kräver mer el från nätet i jämförelse med innan renovering. Den el som produceras utöver byggnadernas el behov kommer kunna säljas till nätet, vilket leder till att det är el som kommer till användning och inte går förlorad.

Tilluftsventilerna kommer vid renovering placeras bakom radiatorerna, för att säkerställa att ventilerna alltid är öppna samt att tilluften kan förvärmas av elementen. Att tilluftsventilerna placeras bakom radiatorerna blir en säkerhet till ett bra luftflöde, vilket är en möjlig åtgärd för att minska radonhalterna i lägenheterna.

Byte av fönster samt tätning av kulvertgångarna till husen har genomförts vid tidigare renoveringar, tätning av kulvertgångarna genomfördes som en åtgärd för att påbörja arbetet med att minska radonhalterna i lägenheterna.

3. Metod

Studien bygger på litteratursundersökningar, studiebesök, handledarmöten och beräkningar. I litteratursundersökningen kommer tidigare studier och fakta inom området att användas. Studiebesök och kontinuerliga handledarmöten genomförs, vilket ger bakgrund till byggnaderna och insamling av data för att kunna utföra beräkningar i programmet TMF.

3.1 Insamling av fakta

Litteratursundersökningar i form av läsning av tidigare studier och fakta inom området energieffektiviseringar kommer att användas för att förstå projektet och ge en omvärldsanalys inom ämnet. Fakta om projektet som inkluderar bakgrund till bostäderna, vilka energieffektiviseringarna som ska genomföras och anledningarna till att renoveringen ska genomföras hämtas från studiebesök hos Uppvidingehus. Projektledare för fastigheterna från Uppvidingehus och Ewald Strandberg från Åseda Värme & Sanitet närvarade för att visa bostäderna, berätta om renoveringarna samt svara på våra frågor. Kontinuerliga möten med beställare och projektledare för Uppvidingehus har genomförts för att hämta information, få tillgång till dokumentation samt guidning genom projektet.

3.2 Beräkningar

I projektet skall genomförda energideklarationer före energieffektiviseringarna jämföras med beräkningar för de planerade energieffektiviseringarna. Energideklarationerna som görs, genomförs utifrån uppmätta värden på de fyra olika husen. I och med att flerbostadshusen i princip är identiska, visar energideklarationerna samma primärenergital. Beräkningarna som görs utifrån planerade energieffektiviseringar, beräknas endast för ett av flerbostadshusen men med uppskattade genomsnittliga värden för byggnaderna.

Beräkningarna görs med beräkningsprogrammet TMF-energi som är anpassat för beräkningar för småhus och enklare flerbostadshus. Programmet är under ständig utveckling och förbättring för att kunna anpassa sig efter nya regler och standarder i BBR. TMF-energi är nu anpassat till BBR 29 och BEN 3 och beräkningar görs efter standarden SS-EN ISO 52016-1:2017. BBR står för Boverkets byggnadsregler och BEN innehåller regler för hur normalt brukande ska hanteras vid beräkning och mätning av byggnadens energianvändning. Resultaten i programmet visas i årlig energiförbrukning och primärenergital som energiprestanda.

Programmet beräknar bland annat utifrån byggnadens klimatzon, Atemp, värmeproduktion, solex, ventilation och dess energiförluster. [47]

En kostnadsanalys görs utifrån antagna värden av energirevisorn. Se bilaga 7. Excel används för att göra kostnadsanalysen. Antagna värden används för energieffektiviseringarnas kostnader samt energibesparingen för vardera energieffektiviseringar. I kostnadsanalysen beräknas återbetalningstiden.

4. Genomförande

Genomförandet delas upp i genomförda beräkningar och jämförelser med tidigare beräkningar. Det har även genomförts handledarmöten och studiebesök där data och dokument samlats in som används för beräkningar och i rapporten.

4.1 Beräkningar

Beräkningar som genomfördes i projektet omfattades av TMF beräkningar innan och efter energirenoveringen samt kostnadsanalys av effektiviseringsåtgärder, med hjälp av specifika data. Data som användes i TMF var lufttäthet, kulvertförluster, frånluftsvärmepumpens effektproduktion, data för ventilation och solel. Kostnadsanalysen gjordes utifrån de antagna värden. Kostnad för alla energieffektiviseringar sammanställdes och total energibesparing beräknades. Utifrån två olika elpris beräknades två olika återbetalningstiden för energieffektiviseringarna med och utan statligt bidrag. Kostnadsanalysen gjordes för ett flerbostadshus, analysen blir densamma för alla fyra flerbostadshusen.

4.2 Jämförelser

Jämförelser gjordes emot tidigare utförda projekt med liknande grunder och effektiviseringar som detta projekt och från beställarens beräkningar. Resultaten ställdes emot varandra för att se ifall sådana här renoveringar är effektiva för att sänka en byggnads energikrav till en godtagbar nivå för att få de bidrag som behövs för att göra renoveringen kostnadseffektiv. Skillnader i projekten så som extra isolering av byggnaden eller annorlunda värmesystem kan ge en bra inblick ifall vissa metoder av effektiviseringar är bättre än andra och därför bör utnyttjas i stället vid framtida renoveringar.

5. Resultat och analys

Projektets resultat presenteras utifrån byggnadens förutsättningar innan och efter renoveringen, som har som syfte att energieffektivisera.

Energieffektiviseringen av fastigheten bör uppnå en 20% besparing av energiprestanda, för att vara berättigad till stöd från staten. Resultatet omfattar projektgruppens tolkning och beräkning av byggnadens energiprestanda.

5.1 Före energieffektiviseringar

Energideklarationer för byggnader tillhörande fastigheten Lenhovda 71:4 är utförda av en energirevisor under datum 2022-04-08. Samtliga byggnaders energiprestanda finns med i energideklarationen, och är utförd innan någon planerad renovering av fastigheten ägt rum. Energideklarationer i sin helhet är utförd enligt Boverkets Byggregler 29 (BBR 29) och ses som bifogad bilaga 3. Utförda energideklarationer är identiska för alla fyra byggnader som omfattas i fastigheten Lenhovda 71:4. Respektive byggnad i fastigheten har en energianvändning per år på 140 965 kWh, där 93 242 kWh går till uppvärmning av byggnaden, 24 350 kWh går till tappvarmvatten och 8250 kWh till fastighetsel. Byggnaderna har även en energikonsumtion från hushållsel på 36 000 kWh, vilket inte ingår i beräkningarna för byggnadens energiprestanda. Samtliga byggnader har ett uträknat primärenergital på 111,3 kWh/m²/år och en specifik energianvändning på 145 kWh/m²/år. Vid uträkning av byggnadens totala årliga primärenergianvändning fås värdet 107 751 kWh/år, vilket är något lägre än det uträknade energianvändningen av byggnaden. Detta kan förklaras genom att byggnaden innan energirenovering har fjärrvärme som uppvärmningssystem, och att fjärrvärmesystem gynnas i primärenergiberäkningar i BBR 29, enligt beräkningsprinciper från Boverket. I tabell. 5.1.1 nedan kan en sammanställning av energiförbrukningen för fastigheten ses innan energirenovering med data från utförda energideklarationer.

Tabell 5.1.1 *Energiförbrukning för fastigheten Lenhovda 71:4 enligt utförd energideklaration innan renovering.*

Adress	Energianvändning [kWh/år]		
	Uppvärmning	Tappvarmvatten	Fastighetsel
Ekgatan 1	93242	24350	8250
Ekgatan 3	93242	24350	8250
Ekgatan 5	93242	24350	8250
Ekgatan 7	93242	24350	8250
Total:	372968	97400	33000

Från uppmätta värden som återfinns i energideklaration innan renovering ägt rum på fastigheten Lenhovda 71:4, kan det ses att energi för uppvärmning är den absolut största källan till energiförbrukning. Cirka två tredjedelar av byggnadens energikonsumtion, där hushållsel på 36 000 kWh är exkluderat, består av energi för uppvärmning. Det innebär att renovering och energieffektivisering av fastighetens värmesystem, kommer visa de största energibesparingarna i projektet.

TMF beräkningar utförda av energirevisorerna innan renovering med hjälp av projekterade värden visar energiförbrukningar som skiljer sig från energideklarationerna. Från TMF beräkningar som getts ut av projektbeställaren kan hushållselen ses sjunka från 36 000 kWh/år i energideklarationen till 29 200 kWh/år i TMF. Energiförbrukning för varmvatten ses även sjunka från energideklarations värde på 24 350 kWh/år till 21 915 kWh/år som kan hittas i TMF. Energiförbrukning för uppvärmning baserad på TMF beräkningar innan utförd renoveringen visar energiförbrukning på 124 246 kWh per år, vilket är högre än den angivna energiförbrukningen funnen i energideklaration på 93 242 kWh per år. Värmeläckaget som sker på den interna kulvert när fjärrvärme används som värmesystem, uppskattades till 30 660 kWh per år. Det projekterade primärenergitalet för respektive byggnad i fastigheten innan någon renovering skett beräknades till 111,3 kWh/m² per år. Se bilaga 4. för fullgjord projekterad TMF – beräkning innan renovering.

Radonmätningar har utförts under en testperiod mellan 2020-02-11 och 2020-04-23 på ett antal utvalda lägenheter i fastigheten Lenhovda 71:4. Mätningarna har utförts a mätansvarig hos Eurofins Radon Testing Sweden AB.

Från radonmätningarna utförda på fastigheten kan vi se att de uppmätta värdena har stora variationer, där det maximala uppmätta radongashalten låg på 2590 ± 330 Bq/m³ och det lägsta på 50 ± 10 Bq/m³. Resultatet visar även att en minoritet av de uppmätta värdena på cirka 36 % av det totala, har en radongashalt som är lägre än det högsta tillåtna värdet angivet av Strålsäkerhetsmyndigheten. En större majoritet av de uppmätta värdena på cirka två tredjedelar har hamnat över 200 Bq/m³, där extrema fall har observerats i lgh 14–001. Lägenheten 14–001 på fastigheten har visat uppmätta värden för garderob och skåp på 2590 ± 330 respektive 1960 ± 250 Bq/m³, vilket är de högsta uppmätta radongashalterna i hela fastigheten. Se bilaga 5 för sammanställning över samtliga radonmätningar utförda av mätansvarige från Eurofins Radon Testing Sweden AB.

5.2 Efter energieffektivisering

Modelleringen av byggnadens energiprestanda efter renoveringen har skett med hjälp av energirevisorernas bifogade energiberäknings program. Programmet kan med hjälp av byggnads specifika indata ge utdata på byggnadens energiprestanda. I TMF har modelleringen av energieffektiviseringen främst varit baserad på tillskottet av sol, det nya introducerade värmesystemet samt energibesparing i kulvertförluster som indata för beräkning av byggnadens energiprestanda. Den fullständiga TMF efter energirenoveringen kan ses som sin helhet i bilaga 6. Tillskottet av sol under året har uppskattats till 5000 kWh/år efter byggnadens renovering. För den nya frånluftsvärmepumpen som är inverterstryd varierar effekten mellan 10 – 34 kW, beroende på värmebehovet. Det beräknade värmeförluster som sker i kulvertarna relaterat till frånluftsvärmepumpen, varmvatten bredare samt ackumulatortanken har uppskattats till 12 264 kWh per år, vilket är en besparing på cirka 18 300 kWh per år jämfört med innan renovering. Seasonal performance factor (SFP) för värmepumpen har uppskattats till 4,2 och för SFP total inklusive tillsats av värme till 1,8.

Modelleringen efter angivna indata baserat på energirenoveringen av fastigheten i TMF har gett en årlig energiförbrukning av värme på 43 502 kWh per år, energiförbrukning för varmvatten har angivits som 21 915 kWh/år och fastighet el på 22 967 kWh per år. Se bilaga 6. för fullgjord projekterad TMF – beräkning efter renovering. Vid energirenoveringen visar den modulerade energiförbrukningen att uppvärmning har minskat som mest av de olika energieffektiviseringsåtgärder. Energiförbrukningen för varmvatten har visat sig vara konstant genom renoveringen, och fastighetselen har setts öka efter energirenoveringen. Det nya beräknade primärenergivalet har bestämts till 73,7 kWh/m²/år, och visar en reduktion på 33 % i primärenergiförbrukning, jämfört med primärenergivalet innan energirenoveringen. En sammanställning av energiförbrukning som bestämts med hjälp av TMF kan ses i tabell 5.2.1 nedan.

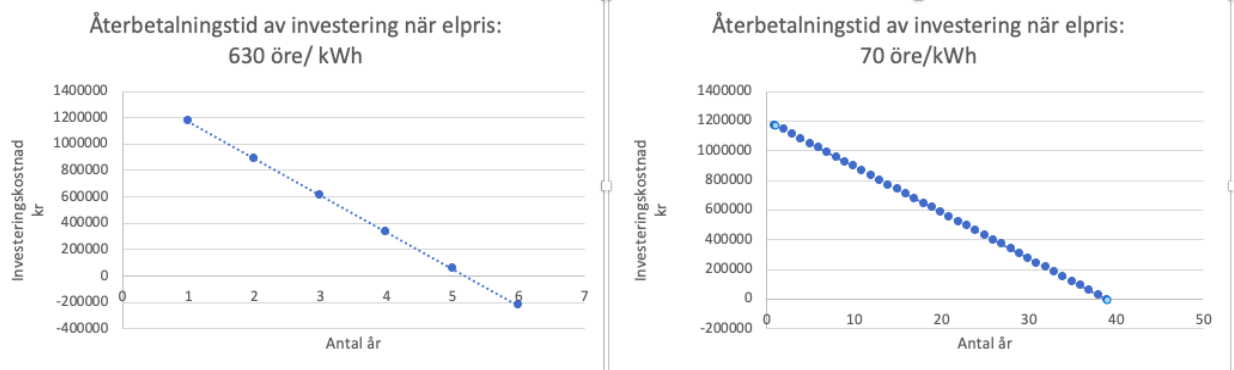
Tabell 5.2.1 Modulerad energiförbrukning i TMF innan respektive efter renoveringen

Adress	Energianvändning [kWh/år]					
	Uppvärmning		Tappvarmvatten		Fastighetsel	
	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Ekgatan 1	124 246	43 502	21 915	21 915	12 187	22 967
Ekgatan 3	124 246	43 502	21 915	21 915	12 187	22 967
Ekgatan 5	124 246	43 502	21 915	21 915	12 187	22 967
Ekgatan 7	124 246	43 502	21 915	21 915	12 187	22 967
Total:	496 984	174 008	87 660	87 660	48 748	91 868

Efter energirenoeringen ses byggnadens energiklass förbättras från E till C. Den specifika energianvändningen av byggnaden ses även sjunka från 140,1 kWh/m²/år till 68,2 kWh/m²/år, vilket är en energibesparing i specifika energianvändning på cirka 48 %. Energibesparingen för den specifika energianvändningen är betydligt större än energibesparing i primärenergitalet, detta kan förklaras med att beräkning av primärenergitalet tar hänsyn till viktningfaktor som gynnar fjärrvärme gentemot el uppvärmning, vilket frånluftsvärmepumpar använder sig av.

5.3 Kostnadsanalys

Det projekterade energieffektiverings åtgärder som är tänkt att göras, omfattas av tätning av fönster och dörrar, frånluftsvärmepump med ventilation, installation av intagsgaller, driftoptimering av värmeanläggning, utbyte av termostatventiler, byta delar av internkulvert och installera solceller. Samtliga åtgärder har en investeringskostnad och en kvantifierbar energibesparing, som har uppskattats av projektbeställaren, där investeringskostnaderna inkluderar moms. Totala investeringskostnaden för samtliga åtgärder i byggnadsrenoveringen är 1 169 750 kr per byggnad. Den uppskattade energibesparingen som åstadkommas genom renoveringen är 44 200 kWh/ år. Investeringskostnads samt uppskattad energibesparingen för respektive åtgärd kan ses i bifogat dokument 5. Då elpriset varierar under årets gång kan återbetalningstiden för samtliga åtgärder uppskattas baserat på ett högt elpris samt ett lågt, för att ge en överskådlig kostnadsanalys. Det högsta elpriset under 2021 var 630 öre/kWh och det lägsta elpriset under året låg på 70 öre/ kWh. Den beräknade återbetalningstiden var som kortast när el priset var som högst, och återbetalningstid var som längst när elpriset var som lägst. När elpriset var som högst på 630 öre/kWh var återbetalningstiden på cirka 6 år. När elpriset var som lägst på 70 öre/kWh var återbetalningstiden cirka 40 år. Återbetalningstiden och hur den förändras över tid ses presenteras i figur 5.3.1.



Figur 5.3.1. Kostandanalys över återbetalningstid för investeringar i energieffektiviseringsåtgärder i fastigheten Lenhovda 74:1.

Med hjälp av stöd som kunde sökas för energirenovering av flerbostadshus från Boverket, kan företag söka stöd utifall projektet uppnår energireduktioner på mer än 20%. Projektet kan anses vara preliminärt berättigad till stöd, då det uträknade energibesparingen hamnar på cirka 33 %. Uppvidinge hus definieras som ett medelstort kommunalt bolag, och möjligheten att få upp till 30 % i stöd för energieffektiviseringsåtgärder. Det innebär att återbetalningstiden på 6 och 40 år kan reduceras med 30%, beroende på om hänsyn tas till ett högt eller lågt elpris, vilket ökar lönsamheten för energieffektiviseringen av fastigheten Lenhovda 71:4.

6. Diskussion och slutsatser

I diskussionen jämförs energideklarationer och projektets resultat. Projektets resultat diskuteras utifrån tidigare studier. Förbättringsförslag presenteras och en slutsats av projektets arbete utförs.

6.1 Genomförande och jämförelser

Resultatet som presenteras i denna studie ska ses utifrån de förutsättningar som givits för att göra beräkningar. Eftersom energieffektiviseringsåtgärderna endast är i planeringsstadiet finns det inga bestämda produkter eller givna värden att basera beräkningar på som till hundra procent kommer gälla när åtgärderna väl är utförda. Som grund ligger tidigare energideklaration samt förslag från en ensam entreprenadfirma på vilka tekniska produkter som kan komma i fråga vid installation. Det är dessa uppgifter som beräkningar baseras på. Utöver detta har projektgruppen inga tidigare kunskaper eller erfarenheter kring beräkningsprogrammet TMF vilket medfört att beräkningar till stora delar bygger på energirevisor- och tillika handledares tidigare utförda beräkningar.

Resultatet för denna studie visar slutligen på en energiprestanda för byggnaderna med ett primärenergital på 73,7 kWh/m²/år efter renovering. Före renoveringen hade byggnaderna ett primärenergital på 111,3 kWh/m²/år. Studien visar en besparing på 37,5 kWh/m²/år, vilket motsvarar en energibesparing på 33 %.

Studien har inte innefattat nya mätningar varpå beräkningar endast grundas på tidigare mätningar. Då tidigare mätningar ej innefattat mätning av kulvertförluster har det varit svårt att göra en exakt beräkning av de befintliga kulvertars förluster. Detta har gjort att beräkningar för dessa bygger på tidigare uppskattade värden som energirevisor antagit. För mer exakta värden krävs mätvärden för temperaturer samt volymflöden i kulvertar.

Kostanden för renoveringarna beräknas uppnå över 4 miljoner för samtliga fyra bostadshus. För att få en uppfattning om energibesparingarnas påverkan ur det ekonomiska perspektivet, antogs ett lågt och ett högt elpris. Elpriset har stor betydelse för hur lång återbetalningstid projektet kommer ha. Ett högt elpris innebär en betydligt kortare återbetalningstid, vilket gör det lönsamt för företag att investera i energieffektiviseringar när elpriserna är höga. Med hjälp av stöd som kunde sökas från boverket kan återbetalningstiden förkortas ytterligare, detta projekt har rätt till 30 % i stöd

för att genomföra de planerade energieffektiviseringarna vilket innebär att återbetalningstiden blir betydligt kortare.

6.2 Koppling till tidigare studier

Bakgrunden till projektet är de förhöjda radongasvärdena för flerbostadshusen. Med ett högre luftflöde beräknas problemet med förhöjda radonvärden minska till under gränsvärdet på 200Bq/m³. Enligt tidigare studier skall installation av frånluftsvärmepump öka kvalitén på inomhusluften och därmed minska radonvärdena vilket stärker anledningen att installera just en frånluftsvärmepump. Samma rapport nämner även att en åtgärd för att minska markradon är genom att täta kulvertarna. På Ekgatan i Lenhovda har tätningar av kulvertgångarna till de fyra flerbostadshusen gjorts före projektets start för att reducera radonvärdena. I projektet har däremot inga radonmätningar gjorts efter energieffektiviseringarna, på grund av att energieffektiviseringarna ännu inte utförts. För ett mer tillförlitligt resultat att radonhalterna ligger på godkända nivåer bör mätningar genomföras efter avslutade renoveringar.

Uppvidingehus valde även att planera en större renovering än bara de nödvändiga lösningarna för att lösa radonproblemet. Att genomföra energieffektiviseringar i samband med enskilda renoveringsbehov anses positivt. Hur ekonomiskt lönsamt projektet är visar dock inte rapportens resultat då ingen ekonomisk kalkyl genomförts. I samband med att de höga radonvärdena uppmättes, fanns även det statliga bidraget vid energieffektivisering av flerbostadshus tillgängligt, som därmed ger Uppvidingehus en större ekonomisk möjlighet att genomföra projektet.

Att installera två frånluftsvärmepumps-anläggningar på Ekgatan i Lenhovda påverkar inte bara de förhöjda radonvärdena på ett positivt sätt. Resultatet i rapporten visar även att byggnadernas totala energibehov minskar i samband med en sådan installation. Frånluftsvärmepumparna tar vara på den befintliga varma inomhusluften och sparar därmed energi samt kostnader för fjärrvärme. Återigen finns inga uppmätta värden på energibesparingen efter genomförd installation. Flera tidigare studier och projekt visar dock på en hög energibesparing vid installation av frånluftsvärmepumpar. En rapportens resultat ger en energibesparing på upp till 31% av ursprungliga energibehovet.

Utifrån deklARATIONEN ska solcellerna generera 5000 kWh/år som då ska täcka 50% utav byggnadens energiförbrukning. För att uppnå detta kommer troligtvis den vanligaste solcells typen att användas som är monokristallina celler och förhoppningsvis glas-glas modulerna med dennes långa hållbarhet. Solcellerna kommer troligtvis då kosta lite mer än vid

användning av polykristallina men den ökningen är marginell samt att byggnaden får mer producerad el. Trots att solcellerna har en så lång levnadsperiod bör det monteras några extra för att bibehålla 5000 kWh/år de kommande 25 åren då cellernas verkningsgrad sjunker för varje år. De borde i alla fall producera 5000 kWh/år tills luftvärmepumparna behövs bytas ut. För de solceller som väljs i projektet får hela dess förbrukning räknas bort från det totala energibehovet. Att välja solceller med hög kapacitet gynnar därför det slutliga primärenergitalet. Att välja rätt dimension på solceller är dock viktigt ur den ekonomiska aspekten. I projektet skall solcellerna täcka merparten av energibehovet för värmepumpen. Att överdimensionera solcellerna gör att energi går förlorad eller att elen säljs på elnätet där den ekonomiska lönsamheten är oklar.

Att byta kulvertar med bättre isoleringsförmåga innebär att värmeförlusterna minskar, vilket leder till att vattnet från fjärrvärme eller värmepump inte svalnar av under transporten mellan pump och användning. De befintliga kulvertarna på Ekgatan är sedan huset byggdes, där energi inte var i samma fokus som idag och därav innebär byte av kulvertar stora energibesparingar. Det är endast två av totalt fyra kulvertar som under renoveringarna på Ekgatan kommer att bytas, om alla kulvertar hade bytts skulle ytterligare energibesparingar vara ett faktum.

Tilluftventiler kommer vid renovering att placeras bakom radiatorer istället för att behålla de befintliga där tilluftventilerna sitter vid fönsterkarmarna. Tidigare studier visar att lågt utbyte av luft i lägenheter är en bidragande faktor till att höga värden av radon uppmäts. Att ha intag bakom radiatorer blir en nödvändig åtgärd för att minska radonhalterna i lägenheterna eftersom tilluftventilerna aldrig kommer kunna stängas, vilket bidrar till att utbyte av luft alltid kommer ske.

Befintlig fjärrvärme kommer fortfarande användas för uppvärmning av bostad och tappvarmvatten, detta för att täcka behovet utöver vad tilluftsvärmepumpen kan generera. Värmepumpen får dock inte stå för mer än 50% av energiförbrukningen, på grund av gällande avtal. En tidigare studie från kungliga ingenjörsvetenskapsakademien diskuteras fjärrvärmeverkens framtid, eftersom produktionen av energi minskar när fler hus blir energieffektiva och installerar system för att kunna återvinna värme. Att energieffektivisera är ett krav för att uppnå en halvering av energianvändningen till 2050, studien tar dock upp problemet med att fjärrvärmen halverar sin produktion vilket kräver en diskussion politiskt eftersom fjärrvärmen har en stor roll i dagens samhälle.

Målet om att uppnå en halvering av Sveriges energianvändning till 2050 kräver att bostäder blir mer energieffektiva. En tidigare studie via Kungliga Tekniska högskolan har studerat tre bostadsområden i Sverige som

genomfört energieffektiviseringar med varierande resultat. Resultatet visar dock att snittet för de tre områdena har uppnått 50 % energibesparing. De beräknade resultatet som energieffektiviseringarna i Lenhovda innebär är ungefär 33% energibesparing. För att uppnå en halvering av energianvändningen behöver inte alla renoveringar uppnå en halvering, däremot innebär det att många renoveringar måste uppnå en energibesparing på över 50% om snittet på alla renoveringar ska uppnå 50 % energibesparing för att Sverige ska kunna uppnå hållbarhetsmålen till 2050.

Vad gäller dokumentation kring projektet är arbetet delvis genomfört. Energideklarationer har genomförts utifrån uppmätta värden för de fyra flerbostadshusen innan energirenoveringen genomförts. Beräkningar för energirenoveringarna har genomfört utifrån antagna värden. För en mer helhetlig dokumentation av projektet bör energideklarationer genomföras med uppmätta värden för de fyra flerbostadshusen, efter att energieffektiviseringarna har genomförts. Fördelen med att ha ett resultat före och efter energieffektiviseringarna är att jämförelser och utvärderingar av projektet kan göras. Energideklarationer gjorda med samma metod, rutiner och mätinstrument leder till att bättre och mer trovärdiga jämförelser kan utföras. Dokumentationen av liknande projekt har varit knapphändig och varierande, vilket gör det extra viktigt att göra en komplett uppföljning av projektet.

6.3 Förbättringsförslag

Under projektets gång visade det sig att tätningar inte kommer genomföras, då det gjordes vid en tidigare renovering av byggnadernas fönster. Men då tätningar är en billig och lätt utförd energibesparing så kan detta ske vid ett senare tillfälle när värmeförlusterna på de nya fönsterna ökat. Tätningen sker med plastremor som placeras runt fönster och dörrar där man sett att förluster uppkommit efter fönsterna eller dörrarna studerats med en värmekamera.

Då projektet är i upphandlings stadiet gick de inte att genomföra en fullständig LCCA av projektet. Det har inte bestämts än vilka sorts kulvertar eller frånluftspumpar som kommer installeras och företaget har inte blivit upphandlade att utföra arbetet. Detta gör att för tillfället vet varken beställare eller Uppvidingehus vilken exakt kostnad renoveringarna kommer ha. Men när renoveringarna påbörjats och alla produkteter samt företag har blivit upphandlade för projektet går det att genomföra en fullständig LCCA. Uppvidingehus räknar med att det ska ske innan sommaren. Ut efter det kan denna rapport uppföljas och då inkludera det ekonomiska perspektivet av projektet. Dessutom går det att utmäta de mer exakta värdena renoveringarna ger till byggnaden i form av besparad energi samt sänkta

radonhalter. Med de mer exakta värdena går det att dra mer exakta slutsatser ifall renoveringen är positiv och ger en bra energibesparing som bör appliceras på fler byggnader i framtida projekt. Något som inte går att göra för tillfället med de teoretiska värdena som finns i denna rapport. Men värdena ger för tillfället en bra överblick över ett möjligt framtida resultat på projektets besparingar.

6.4 Slutsats

Sammanfattningsvis visar resultatet att energiprestandan sänks med 33% vilket är mer än de 20% som var nödvändigt för att få tillstånd till det statliga bidraget på 30%. En översiktlig kostnadsanalys genomfördes, men i och med bristande information om vad som exakt skall installeras och genomföras kunde inte en fullständig kostnadsanalys göras. Det som genomförts är ett överslag på hur olika återbetalningstider ser ut beroende på elpriser utifrån de energibesparingar som görs. Några beräkningar på minskade koldioxidutsläpp beräknas inte i projektet.

Radonhalten i flerbostadshusen beräknas sjunka med planerade energirenoveringar men det finns inga mätningar gjorda efter utförda renoveringar. Slutsatsen blir att mätningar måste genomföras efter att åtgärderna genomförts för att bekräfta renoveringarnas påverkan på radonhalten.

7. Referenser

- [1] IEA, International Energy Agency, "Data and statistic 1990-2019," 14 April 2022. [Online]. Available: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCbySector>. [Använd 14 April 2022].
- [2] Europeiska Kommissionen, "(COM(2020) 662 final) - En renoveringsvåg för Europa – miljöanpassa våra byggnader, skapa jobb och förbättra liv," Europeiska Kommissionen, Bryssel, 2020.
- [3] IPCC, "Mitigation of climate change," 2007.
- [4] Eurostat, "Eurostat," [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20200626-1>. [Använd 01 05 2022].
- [5] Energimyndigheten, "Energiläget 2021 - en översikt," Energimyndigheten, 2021.
- [6] Boverket, "Primärenergital och byggnadens energiprestanda," 19 April 2022. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energi-hushallningskrav/primarenergital-och-byggnadens-energi-prestanda/>. [Använd 9 April 2022].
- [7] Sveriges Riksdag, "(SFS 2021:664) Förordning om stöd till energieffektivisering i flerbostadshus," Sveriges Riksdag, Stockholm, 2021.
- [8] Allmännyttan, "Miljonprogrammet," [Online]. Available: <https://www.allmannyttan.se/historia/tidslinje/miljonprogrammet/>. [Använd 20 Maj 2022].
- [9] E. Åslund Hedman och A. Jensen Wenberg, "Energieffektivisering av flerbostadshus; En studie av det befintliga bostadsbeståndet," Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, 2016.

- [10] IVA, "Energieffektivisering av Sveriges flerbostadshus," Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, Stockholm , 2012.
- [11] I. Yarmochenko, G. Malinovsky, A. Vsdilyev och A. Onishchenko, "Model of radon entry and accumulation in multi-flat energy-efficient buildings," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 9, nr 4, pp. 1-16, Aug 2021.
- [12] J. Cullsjö, E. Jonas och J. Östsjö, "Energieffektivisering av flerbostadshus från miljonprogrammet," Linneuniversitetet, Fakulteten för teknik, Växjö, 2017.
- [13] K. Farsäter, P. Strandberg och Å. Wahlström, "Building status obtained before renovating multifamily buildings in Sweden," *Journal of Building Engineering*, vol. 24, nr 1, pp. 1-9, July, 2019.
- [14] Boverket, "Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder.," Boverket, 2020. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/>. [Använd 13 April 2022].
- [15] M. Sula, Skribent, *Energy Balance in Buildings*. [Performance]. Linnéuniversitet, 2022.
- [16] Boverket, "Bakgrund och vem gör vad," 2019. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/bakgrund/>. [Använd 10 maj 2022].
- [17] Sveriges Riksdag, *SFS; Lag (2006:985) om energideklaration för byggnader*, Stockholm: Sveriges Riksdag, 2006.
- [18] Boverket, "BFS 2020:4 BBR 29; Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd;," 1 Juli 2020. [Online]. Available: <https://rinfo.boverket.se/BFS2011-6/pdf/BFS2020-4.pdf>. [Använd 27 maj 2022].
- [19] Upphandlingsmyndigheten, "LCC för långsiktigt hållbart inköp," Upphandlingsmyndigheten, [Online]. Available: <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/om-hallbar->

upphandling/ekonomiskt-hallbar-upphandling/lcc-for-langsiktigt-hallbara-inkop/. [Använd 09 Maj 2022].

- [20] S. Centralbyrån, ”scb.se,” [Online]. Available: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/bostadsbyggande-och-ombyggnad/nybyggnad-av-bostader/pong/statistiknyhet/paborjad-nybyggnation-av-bostadslagenheter-2019-preliminara-uppgifter/>. [Använd 01 05 2022].
- [21] Ekonomifakta, ”ekonomifakta.se,” [Online]. Available: <https://www.ekonomifakta.se/fakta/energi/energibalans-i-sverige/elanvandning/>. [Använd 01 05 2022].
- [22] E. Rydegran, ”Elåret 2021. Från rekordlåg till rekordhög elpris,” Energiföretagen, [Online]. Available: <https://www.energiforetagen.se/pressrum/pressmeddelanden/2021/elaret-2021.-fran-rekordlagt-till-rekordhogt-elpris/>. [Använd 01 05 2022].
- [23] A. Boss, ”Fjärrvärmecentral och frånluftsvärmepump i kombination,” Svensk Fjärrvärme AB, 2012.
- [24] A. Boss, ”Fjärrvärmecentral och frånluftsvärmepump i kombination,” Svensk Fjärrvärme AB, 2012.
- [25] Energimyndigheten, ”Energistatistik för flerbostadshus 2016,” Svenska Energimyndigheten, Eskilstuna, 2016.
- [26] B. L. J. C. & V. M. J.F. Castro Flores, ”Assesing the techno-economic impact of low-temperature subnets in conventional district heating networks,” *Energy Procedia*, p. Volume 116, 2017.
- [27] R. McMullan, *Environmental Science in Building*, Hampshire: Palgrave, 2007.
- [28] ELAVSOL, ”Monokristallina eller polykristallina paneler?,” 6 mars 2020. [Online]. Available: <https://www.elavsol.se/monokristallina-eller-polykristallina-paneler/>. [Använd 19 april 2022].

- [29] Energimyndigheten , ”Olika typer av solceller,” 17 Januari 2019. [Online]. Available: <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/olika-typer-av-solceller/>. [Använd 19 april 2022].
- [30] C. C. D. D. C. Steve Pester, ”Fire and Solar PV Systems - Investigation and Evidence,” 17 Juli 2017. [Online]. Available: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/630639/fire-solar-pv-systems-investigations-evidence.pdf. [Använd 19 april 2022].
- [31] Elsäkerhetsverket, ”Elsäkerhetsverket,” 7 februari 2022. [Online]. Available: <https://www.elsakerhetsverket.se/yrkespersoner/arbets-med-elinstallationer/att-tank-pa-vid-elinstallationer/installera-solcellsanlaggningar/installera-solceller-vad-galler/>.
- [32] ECOKRAFT, ”Solceller,” [Online]. Available: <https://www.ecokraft.se/solceller>. [Använd 19 april 2022].
- [33] Comfort Zone, ”How exhaust air heating work?,” [Online]. Available: <https://www.comfortzone.se/en/how-exhaust-air-heating-works/>. [Använd 20 Maj 2022].
- [34] Thermia Värmepumpar, ”Frånluftsvärmepump,” [Online]. Available: <https://www.thermia.se/luftvarmepump/fraanluftsvarmepump/fakta-franluftsvarmepump/>. [Använd 20 Maj 2022].
- [35] SMHI, ”Vinter,” [Online]. Available: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/arstider/vinter/vinter-1.22843>. [Använd 20 05 2020].
- [36] Soliduct AB, ”Frånluftsventilation,” [Online]. Available: <https://ventilation.se/om-ventilation>. [Använd 20 Maj 2022].
- [37] D. Q. & M. B. Fdhila, ”Värmeåtervinning i ventilationsluft: En studie om FX- och FTX-ventilation vid energieffektivisering av flerbostadshus,” Mälardalens Högskola, Västerås, 2018.
- [38] E. Strandberg, Interviewee, *Värmepumpsexpert*. [Intervju]. 04 05 2022.

- [39] A. Hepbasli, "4.4 Heat pumps," i *Comprehensive energy system*, Elsevier, 2018, pp. 98-124.
- [40] Uppsalahem, "Renovering av kulvertar," [Online]. Available: <https://www.upsalahem.se/renovering/sa-tar-vi-hand-om-vara-hus/ovriga-atgarder/kulvertar/>. [Använd 01 Maj 2020].
- [41] A. A.-K. & J. Yrlund, "Infrastrukturkulvert: En jämförelse av ekonomisk lönsamhet mellan infrastrukturkulvert och traditionellt ledningssystem.," Örebro Universitet, Örebro, 2020.
- [42] Energy Building Solutions in Sweden AB, "Energy bulding," Energy Building Solutions in Sweden AB, 2021. [Online]. Available: <https://www.energybuilding.se/friskluftsventil/>. [Använd 9 Maj 2022].
- [43] HSB, "HSB.se," HSB brf luftvärnet, 2022. [Online]. Available: <https://www.hsb.se/malmo/brf/luftvarnet/for-medlemmar/ventilation-och-radiator-don-luftintag-bakom-element/#:~:text=Med%20en%20ventil%20f%C3%B6r%20tilluft,f%C3%B6r%20kallras%20och%20kalla%20golv.> [Använd 9 Maj 2022].
- [44] G. Pantelić, I. Čeliković, M. Živanović, I. Vukanac, J. Krneta Nikolić, G. Cinelli och V. Gruber, "Qualitative overview of indoor radon surveys in Europe," *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 204, pp. 163-174, Aug. 2019.
- [45] WHO (World Health Organization), "Handbook on Indoor Radon.," WHO, Genève, 2009.
- [46] T. Rönnqvist, "Analysis of Radon Levels in Swedish Dwellings and Workplaces," Strålsäkerhetsmyndigheten, Uppsala, 2021.
- [47] Besmå, "energieffektivasmahus.se," Besmå, 2017. [Online]. Available: <https://energieffektivasmahus.se/projects/vidareutveckling-av-berakningsverktyget-tmf-energi/#:~:text=TMF%20energi%20%C3%A4r%20ett%20energi ber%C3%A4kningsprogram,av%20Boverkets%20byggregler%20och%20solel.> . [Använd 9 Maj 2022].

8. Bilagor

Bilaga 1: Principskiss för frånluftsvärmepump

Bilaga 2: Skiss över kulvertar

Bilaga 3: Energideklarationer

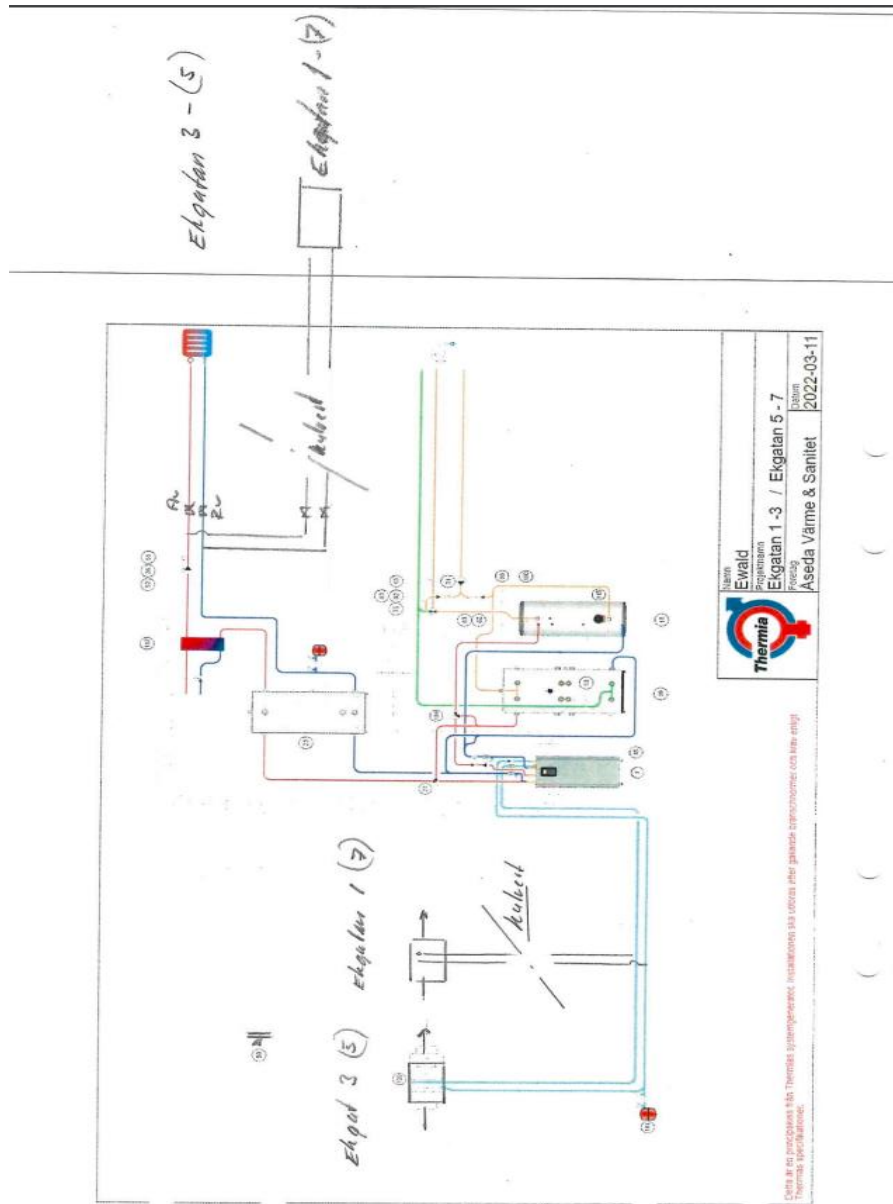
Bilaga 4: TMF-beräkningar före energieffektiviseringar

Bilaga 5: Uppmätta radonvärden

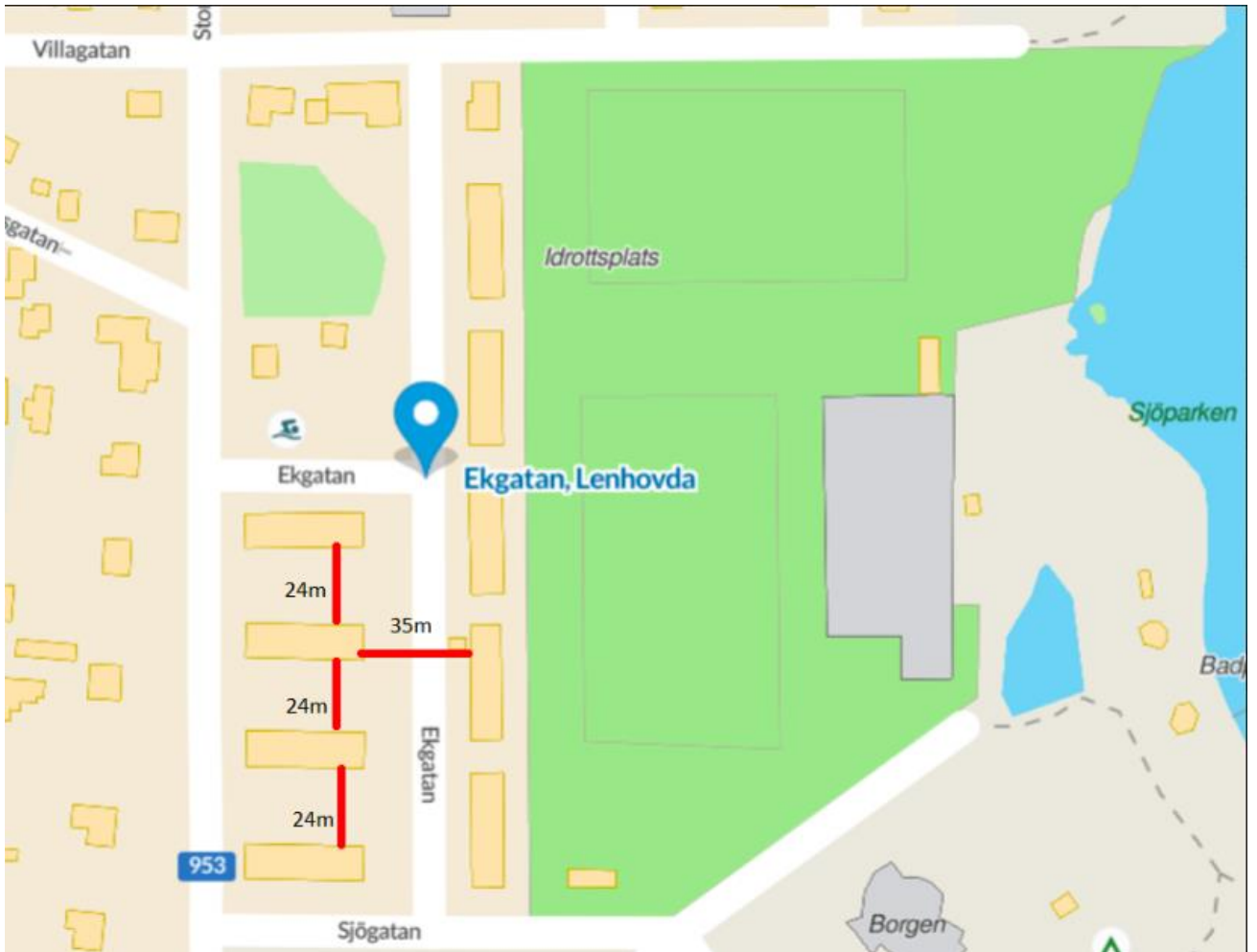
Bilaga 6: TMF-beräkningar efter energieffektiviseringar

Bilaga 7: Verifiering av beräknade energibesparingar

Bilaga 1



Bilaga 2



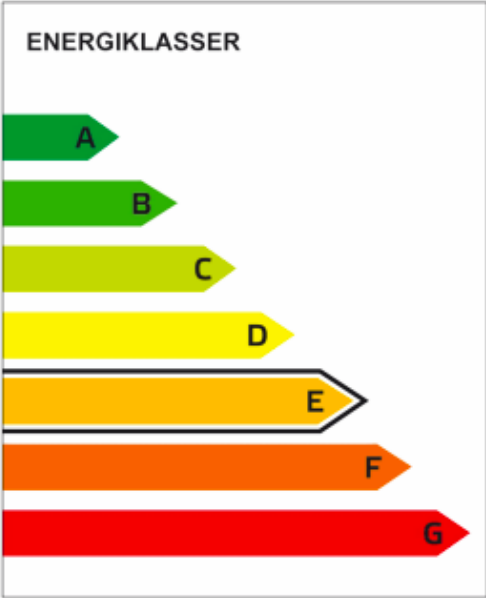
Bilaga 3

Sammanfattning av


ENERGIDEKLARATION

Ekgatan 1A, 364 42 Lenhovda
Uppvidinge kommun
Nybyggnadsår: 1969
Energideklarations-ID: 1280980

ENERGIKLASSER



The diagram shows seven energy classes represented by horizontal arrows pointing to the right. Class A is dark green, B is medium green, C is light green, D is yellow, E is orange-yellow, F is orange, and G is red. Class E is highlighted with a white border.



DENNA BYGGNADS
ENERGIKLASS

Energiprestanda, primärenergital:
111 kWh/m² och år

**Krav vid uppförande av
ny byggnad, primärenergital:**
Energiklass C, 75 kWh/m² och år

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

Uppvärmningssystem:
Fjärrvärme

Radonmätning:
Utförd

Ventilationskontroll (OVK):
Utförd

Åtgärdsförslag:
Har lämnats

Energideklarationen är utförd av:
Per Wickman, 2022-04-08

Energideklarationen är giltig till:
2032-04-08

**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.

Energianvändning

Mätperiod Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)		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.																																																	
2001 - 2012		<input type="checkbox"/>																																																	
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.		Övrig el som ingår i energiprestanda																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Energi för</th> <th></th> </tr> <tr> <th></th> <th>uppvärmning</th> <th>tappvarmvatten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fjärrvärme (1)</td> <td>93242</td> <td>24350 kWh</td> </tr> <tr> <td>Olja, fossil (2)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Gas, fossil (3)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Ved (4)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Fäls/pellets/briketter (5)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Övrigt biobränsle (6)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>El (vattenburen) (7)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>El (direktverkande) (8)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>El (luftburen) (9)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Markvärmepump (el) (10)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-frånluft (el) (11)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/luft (el) (12)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/vatten (el) (13)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Tappvarmvatten (el) (14)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> </tbody> </table>		Energi för				uppvärmning	tappvarmvatten	Fjärrvärme (1)	93242	24350 kWh	Olja, fossil (2)		kWh	Gas, fossil (3)		kWh	Ved (4)		kWh	Fäls/pellets/briketter (5)		kWh	Övrigt biobränsle (6)		kWh	El (vattenburen) (7)		kWh	El (direktverkande) (8)		kWh	El (luftburen) (9)		kWh	Markvärmepump (el) (10)		kWh	Värmepump-frånluft (el) (11)		kWh	Värmepump-luft/luft (el) (12)		kWh	Värmepump-luft/vatten (el) (13)		kWh	Tappvarmvatten (el) (14)		kWh	Fjärrkyla (15) kWh El för komförtkyla (16) kWh Fastighetsel ¹ (17) 8250 kWh	
Energi för																																																			
	uppvärmning	tappvarmvatten																																																	
Fjärrvärme (1)	93242	24350 kWh																																																	
Olja, fossil (2)		kWh																																																	
Gas, fossil (3)		kWh																																																	
Ved (4)		kWh																																																	
Fäls/pellets/briketter (5)		kWh																																																	
Övrigt biobränsle (6)		kWh																																																	
El (vattenburen) (7)		kWh																																																	
El (direktverkande) (8)		kWh																																																	
El (luftburen) (9)		kWh																																																	
Markvärmepump (el) (10)		kWh																																																	
Värmepump-frånluft (el) (11)		kWh																																																	
Värmepump-luft/luft (el) (12)		kWh																																																	
Värmepump-luft/vatten (el) (13)		kWh																																																	
Tappvarmvatten (el) (14)		kWh																																																	
		Energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komförtkyla och fastighetsel																																																	
		Summa ² (1-17) 125842 kWh																																																	
		Övrig energi (ingår inte i energiprestanda)																																																	
		Hushållsel ³ (18) 36000 kWh Verksamhetsel ⁴ (19) kWh																																																	
		Finns solvärme? <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej																																																	
		Ange solfångararea m ² kWh/år																																																	
		Beräknad energiproduktion kWh/år																																																	
		Finns solcellssystem? <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej																																																	
		Ange solcellsarea m ² kWh/år																																																	
		Beräknad elproduktion kWh/år																																																	
		Byggnadens energianvändning ⁵ (Normalårskorrigerat värde (Energi-index))																																																	
		140965 kWh/år																																																	
Ort (Energi-Index)		Byggnadens primärenergianvändning ⁶																																																	
Åseda		107751 kWh/år																																																	
Energiprestanda (primärenergital)	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)	Referensvärde 2 (liknande byggnader)	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)																																																
111 kWh/m ² ,år	75 kWh/m ² ,år	114 kWh/m ² ,år	0 kWh/m ² ,år																																																

¹ Den el som ingår i fastighetsenergin.

² Den energimängd som levereras till byggnaden vid normalt brukande.

³ Den el som ingår i hushållsenergin.

⁴ Den el som ingår i verksamhetsenergin.

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

⁶ Underlag för energiprestanda.

Bilaga 4

hus med fjärrvärme och F-ventilation

Data ifyllda av: **Per Wickman**

TMF Energi version 9.2 filb

Fritextruta/kommentarer:

Företag: **Energirevisor ERW AB**

Datum: **2022-05-07**

Inkl interkultvert säg 20% Byggt 1969 Bytt fönster och tilläggsisolerat vind och en gavel Nya termostater

Gammal fläkt

INDATA		Typ av beräkning: Projekterad byggnad där alla färgmarkerade indata är projekterade värden.	
Allmänt		Värmeproduktion FVC6000	Solel
Hustillverkare:	Uppvidingehus	Värmeläckage inkl. VVC 3500 (W)	Totalt levererad solel nej SOLEL 3
Husmodell:		31,5 (kWh/m ² år)	Andel reduktion energianv. BBR 29 0 (kWh/år)
Antal våningar:	3	varav intern värmeavgivning 80 (%)	Andel reduktion energianv. BBR 29 0,0 (%)
Antal lägenheter:	12	Solvärme nej SOL1000	Direktelvärm, komplet
Typ av lägenheter:	normala	Täckningsgrad, varmvatten 40 (%)	Elektriska handduktorkar 0 st
Beställningsnummer:	1	Täckningsgrad, värme 10 (%)	årlig energianvändning 0 (kWh/år)
Ordernummer:	1	Q el cirk.pump, solvärme 200 (kWh/år)	märkeffekt handduktorkar 0 (W)
Kommun/klimator:	Uppvidinge_Aseda	Värmedistribution	Komfortgolvvärme (el) 0 st
Geografisk justeringsfaktor:	1,0	A-klassade cirk.pumpar nej	årlig energianvändning 0 (kWh/år)
Fastighetsbeteckning:	Lenhovda 71:4	Pel cirk.pump, medel 425 (W)	märkeffekt komfortgolvvärme 0 (W)
Adress:	Ekgatan	3,8 (kWh/m ² år)	Märkeffekt direktelvärm, totalt 0 (W)
Beställare:		Återkopplad reglering nej	Ingen kyla 0 (kWh/år)
Brukande		Vattenburen golvvärme 0,0 (m ²)	Övrig fastighetsel 1217,5 (kWh/år)
Trum	21,0 (°C)	Energieffektiva blandare ja	varav intern värmeavgivning 1,3 (kWh/m ² år)
Personvärme, specifik	80 (W/person)	IMD av tappvarmvatten nej	
Närvarotid, medel	14 (h/dygn)	Ventilation	
Varmvattenanv. specifik	22,5 (kWh/(m ² år))	Antal frånluftsfläktar/aggreat 1 (st)	UTDATA
Antal personer	24,4 (st)	Elektiv ventilation nej	E hushållsel 29220 (kWh/år)
Hushållsel	30 (kWh/(m ² år))	Pel fläkt(ar), medel 950 (W)	E ut värmesystem 71689 (kWh/år)
Byggnad		8,5 (kWh/m ² år)	E varmvattenanv. 21915 (kWh/år)
T _{uts, medel}	6,2 (°C)	Luftflöde, medel 360,4 (l/s)	E värmeläckage VVC 30660 (kWh/år)
Tidskonstant (τ)	90 (h)	Spec. luftflöde, medel (d _{medel}) 0,37 (l/s/m ²)	E el fläktar 8322 (kWh/år)
DVUT, aktuell	-14,2 (°C)	Normaldrift	E el cirk.pump, värmedistr. 2647 (kWh/år)
A _{temp}	974,0 (m ²)	Pel fläkt(ar) 950 (W)	E el cirk.pump, solvärme 0 (kWh/år)
A _{garage}	0,0 (m ²)	Spec. luftflöde, inkl. garage 0,37 (l/s/m ²)	E direktelvärm, komplet 0 (kWh/år)
A _{om, total}	1300,0 (m ²)	Spec. luftflöde, exkl. garage 0,37 (l/s/m ²)	E el komfortkyla, totalt 0 (kWh/år)
Byggnadens tyngd	tung	Luftflöde 360,4 (l/s)	E övrig fastighetsel 1218 (kWh/år)
U _m	0,430 (W/(K m ²))	SFP 2,6 (W/l/s)	E red. p.g.a. solel (exkl. hush.el) 0 (kWh/år)
U _{A, tot}	559,0 (W/K)	Reducerat flöde	E köpt el (exkl. hushållsel) 12187 (kWh/år)
Lufttäthet q ₅₀	0,60 (l/(s m2))	Frånvarotid 0 (h/dygn)	E fjärrvärme+sol 124246 (kWh/år)
Avskärning från vind	måttlig (-)	Pel fläkt(ar) 88 (W)	E fjärrvärme 124246 (kWh/år)
Passiv solinstrålning	normal (-)	Spec. luftflöde 0,15 (l/s/m ²)	E köpt energi (exkl. hushållsel) 136433 (kWh/år)
Värmeeffektbehov, P _{tot}	34,92 (kW)	Luftflöde 146,1 (l/s)	E köpt el totalt, netto 41407 (kWh/år)
Spisfläktar-kåpor F200			E köpt energi totalt, netto 165653 (kWh/år)
Uteluftflöde, forcerat / lgh	40 (l/s)		E energianvändn. (exkl. hush.el) 136433 (kWh/år)
Drifttid	0,5 (h/dygn)		E energianvändning, totalt 165653 (kWh/år)
			E energibesparing solvärme 0 (kWh/år)
			Primärenergital (EP_{net}) 111,8 (kWh/m ² /år)
			Kravnivå BBR 29 (BFS 2020:4) 75 (kWh/m ² /år)
			Energiklass BED 10 (BFS 2018:11) E
			Specifik energianvändning (BBR 24) 140,1 (kWh/m ² /år)
			Installerad eleffekt, totalt 0,00 (kW)
			Kravnivå BBR 29 (BFS 2020:4) 25,60 (kW)

Bilaga 5

Sammanställning över samtliga radongashalt mätningar i fastigheten Lenhovda 71:4

Radongashalt [Bq]									
Lgh nr	Byrå	Bok- hylla	Vitrin- skåp	Sov- rum	Vardags- rum	Kök	Skänk/ bänk	Garder ob	Skåp
14-001								2590 ± 330	1960 ± 250
14-001					510 ± 70	470 ± 60			
14-003	130 ± 20	160 ± 20			150 ± 20				
14-005			180 ± 20						
14-007			240 ± 30	300 ± 40					
14-008			650 ± 90			640 ± 80			
14-011					240 ± 30	260 ± 40			
14-014		110 ± 20				130 ± 20			
14-020	250 ± 30					280 ± 40			
14-026	170 ± 30					280 ± 40			
14-031			610 ± 80	50 ± 10	30 ± 10		720 ± 90		
14-038					120 ± 20	140 ± 20			
14-039	310 ± 40			310 ± 40					
14-040									
14-043	105 ± 20								
14-044	675 ±90								
14-045				380 ± 50			240 ± 30		

Bilaga 6

hus med frånluftsvärmepump(ar) och fjärrvärmespets

Data ifyllda av: **Per Wickman, LEE**
Företag: **Energirevisor ERW AB**
Datum: **2022-05-07**

TMF Energi version 9.2 nb

Fritextrutakommentarer:

Luftintag bakom radiator Täbning av huset Utbytt av termostater gjort Byta inre/kuvert-dela av det

INDATA

Typ av beräkning:

Projekterad byggnad där alla färgmarkerade indata är projekterade värden.

Allmänt		Värmeproduktion	FVP/FJV1800	Solel	ja	SOLEL 3
Hustillverkare:	Uppvidingehus	Antal värmepumpar	1 (st)	Totalt levererad solel	10000	(kWh/år)
Husmodell:		Q nom per värmepump	500 (l/s)	Andel reduktion energianv. BBR 29	45,3	(%)
Antal våningar:	3	P vp värme / vp, nom 20/45°C	9500 (W)	Direktelvärme, komplement		
Antal lägenheter:	12	COP, värme, nom 20/45°C	3,8 (-)	Elektriska handdukstorkar		st
Typ av lägenheter:	normala	COP, varmvatten, nom 20/55°C	3,5 (-)	årlig energianvändning	0	(kWh/år)
Beställningsnummer:	1	Tomgångseffekt, el	400 (W)	märkeffekt handdukstorkar		(W)
Ordernummer:	1	Tomgångseffekt VVB+VVC, värme	1333 (W)	Komfortgolvvärme (el)	0	st
Kommunklimatort:	Uppvidinge_Åseda	12,0 (kWh/m ² år)		årlig energianvändning	0	(kWh/år)
Geografisk justeringsfaktor:	1,0	Installerad effekt / värmepump	1100 (W/st)	märkeffekt komfortgolvvärme	0	(W)
Fastighetsbeteckning:	Lenhovda 71:4	Värmedistribution		Märkeffekt direktelvärme, totalt	0	(W)
Adress:	Ekgatan	A-klassade cirk pumpar	ja	Ingen kyla	0	(kWh/år)
		Pel cirk.pump, medel	82 (W)	Övrig fastighetsel	1217,5	(kWh/år)
			0,6 (kWh/m ² år)	varav intern värmeavgivning	80	(%)
Beställare:		Aterkopplad reglering	nej			
Brukande		Vattenburen golvvärme	0,0 (m ²)			
Trum	21,0 (°C)	Energieffektiva blandare	ja			
Personvärme, specifik	80 (W/person)	IMD av tappvarmvatten	nej	UTDATA		
Närvarotid, medel	14 (h/dygn)	Ventilation		E hushållsel	29220	(kWh/år)
Varmvattenanv. specifik	22,5 (kWh/(m ² år))	Elektiv ventilation	ja	E ut värmesystem	70009	(kWh/år)
Antal personer	24,4 (st)	Pel fläkt(ar)	1000 (W)	E varmvattenanv.	21915	(kWh/år)
Hushållsel	30 (kWh/(m ² år))	Spec. luftflöde, totalt	9,0 (kWh/m ² år)	E värmeläckage VVB	12264	(kWh/år)
Byggnad		Luftflöde	360,4 (l/s)	E el fläktar	8760	(kWh/år)
T _{int, medel}	6,2 (°C)	varav via separat F-vent.	0,0 (l/s)	E el cirk.pump, värmedistr.	523	(kWh/år)
Tidskonstant (τ)	96 (h)	Spec. luftflöde, medel (q _{medel})	0,37 (l/s/m ²)	E el vp kompressor	17000	(kWh/år)
DVUT, aktuell	-14,0 (°C)	SFP	2,8 (W/l/s)	varav till värme	13728	(kWh/år)
A _{temp}	974,0 (m ²)			E direktelvärme, komplement	0	(kWh/år)
A _{garage}	0,0 (m ²)			E el till värme, totalt	13728	(kWh/år)
A _{zon, total}	1300,0 (m ²)			E el komfortkyla, totalt	0	(kWh/år)
Byggnadens tyngd	tung			E övrig fastighetsel	1218	(kWh/år)
U _m	0,345 (W/(K m ²))			E red. p.g.a. solel (exkl. hush.el)	4532	(kWh/år)
UA _{tot}	448,5 (W/K)			E köpt el (exkl. hushållsel)	22967	(kWh/år)
Lufttäthet q ₀₂	0,60 (l/s m ²)			E köpt el totalt, netto	46720	(kWh/år)
Avskärmning från vind	måttlig (-)			E fjärrvärme, tillskott	43502	(kWh/år)
Passiv solinstrålning	normal (-)			varav till värme	26130	(kWh/år)
Värmeeffektbehov, P _{tot}	30,90 (kW)			E köpt energi (exkl. hushållsel)	66469	(kWh/år)
Spisfläktar-kåpor	F200			E köpt energi totalt, netto	90221	(kWh/år)
Uteluftflöde, forcerat / lgh	40 (l/s)			E energianvändn. (exkl. hush.el)	114888	(kWh/år)
Drifttid	0,5 (h/dygn)			E energianvändning, totalt	143908	(kWh/år)
				E energibesparing värmepump	43686	(kWh/år)
				Primärenergital (EP_{prim})	73,7	(kWh/m ² år)
				Kravnivå BBR 29 (BFS 2020:4)	75	(kWh/m ² år)
				Energiklass BED 10 (BFS 2018:11)	C	
				Specifik energianvändning (BBR 24)	68,2	(kWh/m ² år)
				Installerad effekt, totalt	1,1	(kW)
				Kravnivå BBR 29 (BFS 2020:4)	25,60	(kW)

