

Avdelningen för Byggnadsfysik  
Examensarbete TVBH 5101  
Lund 2019

---

# Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

– En fallstudie av Örebrogatan 2, Helsingborg

Jakob Olsson  
Omar Al Mawla



**LUNDS**  
UNIVERSITET



# Energieeffektivisering av befintligt flerbostadshus

## En fallstudie av Örebrogatan 2, Helsingborg

Jakob Olsson  
Omar Al Mawla

Examensarbete 22,5 hp

Avdelningen för Byggnadsfysik  
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi  
Lunds Universitet  
Box 118  
221 00 Lund

© Jakob Olsson & Omar Al Mawla

ISRN LUTVDG/TVBH—19/5101—SE(97)  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 LUND

# Sammanfattning

Detta examensarbete behandlar en energieffektivisering av Örebrogatan 2A-C i Kv. Hallonet som Helsingborgshem äger och förvaltar. Genom att ge förslag på olika åtgärder för att få en sänkt energianvändning på den idag energislukande byggnaden är förhoppningen att arbetet ska kunna användas som underlag i en framtida renovering av byggnaden. Byggnaden från 1954 består idag av 20 lägenheter fördelade på 3 trapphus och 4 våningar ovan källarplan.

Sveriges befolkning ökar för varje år och med en ökad befolkning krävs nya byggnader. Nyproduktionerna skjuter i höjden men många äldre byggnader finns fortfarande kvar och har i princip stått orörda sedan de byggdes. Då dessa byggdes fanns inte samma krav eller hållbarhetstänk som vi idag har vilket gör att många av dessa byggnader än idag har en alldeles för stor energianvändning. Lösningen till detta är inte att riva alla äldre och, ur energisynpunkt, sämre byggnader. Istället är det viktigt att energieffektivisera dessa genom såväl mindre som större åtgärder.

Resultatet baseras på litteraturstudier, platsbesök, ritningsgranskningar och möten med kunniga inom området. Energi- och kostnadsberäkningar och simuleringar har gjorts både för hand och med energiberäkningsprogrammet VIP-Energy och kalkylprogrammet Wikells sektionsdata. Detta har gjorts för att kunna jämföra byggnadens energibehov före och efter åtgärder samt för att ge beställaren ett pris på vad åtgärderna kommer att kosta.

De slutsatser som kan dras efter arbetet är att det finns många energiförbättrande åtgärder som kan göras för byggnaden. Alla bidrar till en sänkt energianvändning men till betydligt olika grader. En annan stor skillnad är priset för dessa renoveringar då det skiljer över 2 miljoner SEK mellan den billigaste och den mest kostsamma åtgärden. Att få en större lönsamhet vid beräkning av endast en byggnad har visat sig vara svårt och troligtvis hade man fått större lönsamhet vid beräkning av hela kvarteret.

**Nyckelord:** Energieffektivisering.

**Titel:** Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus – En fallstudie av Örebrogatan 2, Kv. Hallonet.

**Författare:** Jakob Olsson och Omar Al Mawla.

**Handledare:** Petter Wallentén, Lunds Universitet – Avd. för byggnadsfysik.

**Examinator:** Lars-Erik Harderup, Lunds Universitet – Avd. för byggnadsfysik.

# Abstract

This thesis is about an energy efficiency improvement of Örebrogatan 2 in Kv. Hallonet that Helsingborgshem owns and manages. By giving suggestions for different actions to get a reduced energy consumption on the today energy-wasteful building is the hope that the work and the conclusions can be used for a future renovation of the building. Whilst Sweden is growing with many new buildings, there are still many older buildings that are untouched since they were built, which makes many of the buildings today still have far too high energy consumption. The solution to this problem is to energy improve those buildings by both larger and smaller measures. The results are based on literature studies, visits of the building and meetings with proficient people in energy efficiency. Energy- and cost calculations and simulations have been made by hand calculations and with the energy calculation program VIP-Energy and the cost calculation program Wikells Sektionsdata. The conclusions after the work are that there are many energy-improving measures for the building. All contribute to lower energy consumption but by different levels. Another difference is the price for these renovations, as it separates over 2 million SEK between the cheapest and the most expensive measure.

## Förord

Som avslutning på vårt treåriga högskoleingenjörsprogram byggt teknik med arkitektur genomfördes detta examensarbete om 22,5 hp. Idén till arbetet uppkom i början av terminen då båda författarna fann ett mycket stort intresse för ämnet energieffektivisering.

Vi vill framföra ett stort tack till vår handledare Petter Wallentén, Universitetslektor vid avdelningen för byggnadsfysik som genom hela arbetets gång varit en stor inspirationskälla för ämnet med idéer och stor kunskap.

Vi vill även rikta ett stort tack till följande personer som bidragit till att examensarbetet kunde genomföras och slutföras:

Johan Clementz, fastighetsteknisk chef på Helsingborgshem som lät oss undersöka och få underlag till byggnaden.

Rikard Sundling, doktorand vid avdelningen för byggproduktion vid Lunds Universitet för understöd vid ekonomiberäkningar.

Karin Farsäter, doktorand vid avdelningen för installations- och klimatiseringslära vid Lunds Universitet.

Niclas Olsson på skånska energilösningar för hjälp med både energi- och kostnadsberäkningar för värmepumparna.

Johann Lanner med fastighetsskötare på Helsingborgshem för rundvisningen på Kv. Hallonet och nyttig information.

Ett stort tack även till byggnadsnämnden på Helsingborgs Stad för att de delat med sig av bygglovsritningar på byggnaden samt A-konsult som delat med sig av nyare handlingar och DWG-filer på byggnaden.

*Helsingborg i maj 2019*

*Jakob Olsson & Omar Al Mawla*





# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	i
Abstract .....	ii
Förord .....	iii
Innehållsförteckning .....	v
1 Inledning .....	1
1.1 Introduktion .....	1
1.2 Bakgrund .....	1
1.3 Syfte .....	3
1.4 Målformulering .....	3
1.5 Problemformulering .....	3
1.6 Avgränsningar .....	4
1.7 Metodik .....	4
2 Teori .....	7
2.1 Ventilation .....	7
2.1.1 Självdragsventilation, S-system .....	7
2.1.2 Frånluftsventilation, F-system .....	8
2.1.3 Till- och frånluftsventilation med värmeväxling, FTX-system .....	8
2.2 En byggnads klimatskärm .....	9
2.2.1 Köldbryggor .....	9
2.3 Värmesystem .....	10
2.3.1 Fjärrvärme .....	11
2.3.2 Värmepump .....	12
2.5 Beräkningsprogram .....	15
2.5.1 Energi- och byggtekniska beräkningar .....	15
2.5.2 Ekonomi .....	18
3 Litteraturstudie .....	21
3.1 Folkhemsbygget .....	21
3.2 Energieffektivisering av flerbostadshus enligt fastighetsägaren .....	22
3.3 Tidigare studier i energieffektiviserande renoveringar .....	25
3.3.1 Klackvägen - Stockholmshem AB .....	25
3.3.2 Maratonvägen 36 - HFAB .....	28
3.5 Övriga litteraturstudier .....	30
3.6 Lämpliga åtgärder baserade på litteraturstudierna .....	31
4 Fallstudie .....	33
4.1 Helsingborgshem .....	33
4.2 Områdesbeskrivning .....	34
4.3 Objektsbeskrivning – Örebrogatan 2 .....	35
4.4 Fastighetens konstruktion .....	35
4.4.1 Ytterväggar och grund .....	36
4.4.2 Tak och bjälklag .....	36
4.4.3 Fönster och dörrar .....	37
4.5 Köldbryggor .....	39
4.6 Fastighetens energi .....	41
4.7 Fastighetens ventilation .....	41
5 Metod .....	43
5.1 Arbetsgång .....	43

5.2 Beräkningsmetoder.....	44
5.2.1 Energi och byggteknik .....	44
5.2.2 Ekonomi .....	47
5.3 Beräkningsprogram .....	47
5.3.1 VIP-Energy.....	47
5.3.2 Ekonomiberäkningar .....	47
5.4 Handlingar och ritningar .....	47
5.5 Platsbesök.....	48
6 Resultat och analys .....	49
6.1 Energiberäkningar .....	49
6.1.1 Handberäkning .....	49
6.1.2 VIP-Energy.....	51
6.1.3 Värmepumpar .....	56
6.1.4 Beräkningsjämförelser .....	58
6.2 Ekonomiberäkningar .....	58
6.2.1 Wikells kalkyler .....	59
6.2.2 Offerter för värmepumparna .....	60
6.2.3 LCP.....	60
7 Diskussion .....	65
7.1 Felanalys.....	65
7.2 Åtgärder.....	66
7.2.1 Byte av fönster och dörrar.....	66
7.2.2 Tilläggsisolering av vindsbjälklaget.....	67
7.2.3 Tilläggsisolering av källarväggen .....	67
7.2.4 Tilläggsisolera utfackningsväggar.....	67
7.2.5 Installation av frånluftsvärmepump .....	68
7.2.6 Installation av bergvärmepump .....	68
7.3 Generalisering .....	69
7.3.1 Liknande byggnader .....	69
7.3.2 Andra byggnader .....	69
7.4 Sammanfattning av rapportens gång .....	69
8 Slutsats .....	71
8.1 Sammanställning .....	71
Referenser.....	73
Appendix .....	77

# 1 Inledning

*I detta kapitel ges en grundläggande bakgrund till det valda ämnet i examensarbetet. Målen med arbetet beskrivs precis som syftet, problemen och avgränsningarna. Vidare ges en kort insyn i hur hela arbetet är strukturerat genom underkapitlet metodik.*

## 1.1 Introduktion

Dagens samhälle står inför stora utmaningar där en av de absolut viktigaste och mest aktuella är den utmaningen som rör klimatet och global hållbarhet. Låg energianvändning innebär lägre miljöpåverkan och för energianvändningen står bostäder och lokaler för en stor del. Därför står byggsektorn idag inför en stor utmaning i energifrågan. Det går inte bara att fortsätta bygga nya byggnader, istället måste redan befintliga energislösande byggnader rustas upp både för att tjäna pengar men också för att få en mer hållbar framtid.

När hus byggdes förr i tiden var inte miljökonsekvenstänket lika stort som det är idag. Teknikutvecklingen hade heller inte kommit så långt som den idag är kommen vilket ledde till att de byggnads- och energitekniska lösningar som idag används inte kan jämföras med hur det byggdes förr. Kunskapen om energieffektivisering var också mycket lägre och därför står man idag inför ett omfattande renoveringsbehov av stora fastighetsbestånd.

Idag finns det många befintliga byggnader som inte lever upp till dagens krav vad gäller energi vilket är ett stort problem för hela byggsektorn. Alternativen som finns är att riva de idag energislukande byggnaderna och ersätta med nya energisnåla byggnader eller renovera de befintliga byggnaderna för att uppnå dagens energikrav. Ur både ett miljö- och ekonomiskt perspektiv kan det vara bra att renovera dessa byggnader för att uppnå kraven. Därför är detta examensarbete fokuserat kring energieffektivisering av befintliga byggnader genom renoveringsåtgärder och hur detta påverkar byggnaden och dess ägare.

## 1.2 Bakgrund

Idag är behovet av en kraftig minskad energianvändning en av de högsta prioriteringarna i byggsektorn. Att bygga energisnåla byggnader är viktigt men något som är minst lika viktigt är att förbättra befintliga hus för att minska energianvändningen. Att ta vara på det redan byggda är viktigt, särskilt byggnader med kulturhistoriska värden där det kan vara svårare att hitta åtgärder för energibesparingen. Där gäller det att fastighetsägaren ansvarar för att hitta balans mellan bevarandet och energibesparingen för fastigheten (Mittbygge, 2019).

Helsingborgs kommun har ambitiösa målsättningar inom energi och klimat för att nå ett långsiktigt hållbart samhälle. Enligt Helsingborgs kommun skall man reducera energianvändningen med 50 procent till år 2035 jämfört med år 2005. Helsingborg vill även minska primärenergianvändningen med 30 procent till år 2035 (Helsingborgs Stad, 2018).

Nationellt delas energianvändningen vanligen upp i tre delar: industri, bostäder och service samt transport. Bostäder och service använder energi framförallt genom fjärrvärme, biobränslen och el och dess energianvändning utgörs till 90 % av bebyggelsens energibehov. Sektorn står även för ca 40 % av Sveriges totala energianvändning och är med det den största konsumenten tillsammans med industrisektorn (Energikommissionen, 2017).

Energianvändningen är en viktig punkt både för Sverige men även för hela Europa. EU fastställde 2007 ett mål för att minska den årliga energianvändningen med 20 procent fram till 2020. Energieffektiviseringsåtgärder är ett sätt att uppnå en hållbar energiförsörjning, minska växthusgasutsläppen, förbättra försörjningstryggheten och minska importkostnaderna. (Europaparlamentet, 2018). Energieffektivisering är en prioriterad strategi inom ”Energiunionen och klimatpolitiken” som är en av 10 kommissioner som är prioriterade för perioden 2015–2019 i EU. (Europeiska kommissionen, u.å.). För närvarande diskuteras även de framtida målen för perioden efter 2030 (Europaparlamentet, 2018).

Högre energianvändning resulterar i högre koldioxidutsläpp. Utsläpp som uppstår genom uppvärmning av hus eller hushållsanvändning av energi påverkar jordens klimat negativt. Ökning av koldioxidhalten i luften leder till allvarliga konsekvenser då det bidrar till en ökad medeltemperatur på jorden. Högre temperaturer kommer att leda till oönskade förändringar som stigande havsnivå, smältande glaciärer, översvämningar, ökat antal naturkatastrofer m.m. (Energihandboken, 2008).

Det kostar mycket att genomföra åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser, det kostar ännu mer att inte göra någonting. Största andelen utsläpp sker inte via energianvändningen i byggnader utan det sker via andra verksamheter. Dock har studier från *International Energy Agency* (IEA) kommit fram till att 45 % av åtgärderna som har störst potential för att minska påverkan på klimatet är energieffektivisering av slutanvändning av energi. Och av dessa 45 % står åtgärder inom byggnader för nästan  $\frac{2}{3}$  (Energihandboken, 2008).

I Sverige finns 16 miljö kvalitetsmål där framförallt det 15:e målet, God bebyggd miljö, är intressant för detta arbete. Riksdagens definition av miljö kvalitetsmålet säger: “Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas” (Sveriges miljömål, 2018).

Miljö kvalitetsmålet “God bebyggd miljö” har bland annat två delmål som berör energianvändningen och som påverkar människans hälsa. Delmål 6 “Energianvändningen m.m. i byggnader” som yrkar till att minska den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder och övriga byggnader. Minskningen bör vara 20 % till år 2020 och 50

% till år 2050 i förhållande till användningen 1995. Till år 2020 skall beroendet av fossila bränslen för energianvändningen i bebyggelsesektorn ha försvunnit samtidigt som andelen förnybar energi ska öka kontinuerligt. Delmål 7 "God inomhusmiljö", år 2020 skall byggnader och deras egenskaper inte påverka människans hälsa negativt. Därför skall det bl.a. säkerställas att samtliga byggnader där människor vistas ofta eller längre period har en dokumenterat fungerande ventilation och att radonhalten i alla bostäder år 2020 är lägre än 200 Bq/m<sup>3</sup> luft (Sveriges miljömål, 2018).

Under mellankrigstiden genomfördes i Sverige en stor bostadssocial utredning för att framförallt motverka den trångboddhet som rådde i landet. Den nya bostadspolitiken fokuserade på bostaden som en social rättighet och det sattes mål om att det i ett rum inte skulle behöva bo mer än 2 personer. Planerna genomfördes, med delmålet att få ner arbetslösheten och få fart på den inhemska ekonomin, och sattes i verk under efterkrigstiden. Med generös långivning ville det erbjudas alla, oavsett social bakgrund, ett kvalitativt hem och motverka segregation och trångboddheten. Många hus byggdes under just efterkrigstiden och kom att kallas folkhemsbygget. Under denna period gick Sverige från att vara ett i Europa trångbott land till att ha en av världens högsta genomsnittliga bostadsstandarder (Ahre fastighetsbyrå, u.å.). Än idag finns många av dessa bostäder kvar och även om de på sin tid höll hög standard så når de inte dagens standarder och krav. Det krävs att många av byggnaderna från folkhemsbygget idag genomgår såväl omfattande som mindre omfattande renoveringar för att klara av kraven och bidra till ett mer hållbart samhälle.

### 1.3 Syfte

Syftet med arbetet var att, tillsammans med fastighetsbolaget Helsingborgshem, låta undersöka lönsamheten för energieffektiviserande åtgärder i en av deras fastigheter. Genom att ge förslag till vad som kan göras med den specifika fastigheten och vad dessa förslag hade mynnat ut i både gällande energiprestanda och kostnadsbesparingar. Arbetet jämför olika renoveringsåtgärder för energieffektivisering för att visa vad som är mest lönsamt.

### 1.4 Målformulering

Målet med examensarbetet var att ge förslag på renoveringsåtgärder på en av Helsingborgshems fastigheter och genom det sänka energianvändningen för fastigheten för att både gynna brukaren och fastighetsägaren. Efter genomförd undersökning och beräkningar presenteras de olika åtgärderna till fastighetsägaren för att ge dem en blick i hur man kan spara energi på bästa möjliga sätt.

### 1.5 Problemformulering

- Hur kan man energieffektivisera fastigheten?
- Vilka åtgärder är mest gynnsamma för energieffektiviseringen?

- Vad kostar de olika åtgärderna?
- Är det lönt att utföra åtgärden?
- Hur kan denna fallstudie generaliseras för att kunna täcka in ett så stort område som möjligt?

## 1.6 Avgränsningar

- Examensarbete behandlar bara en specifik fastighet som Helsingborgshem äger och förvaltar. Den byggnaden finns på Örebrogatan 2 A-C i Kv. Hallonet i Helsingborg. Detta arbete är därför enbart direkt tillämpligt på just den fastigheten men lär kunna användas även på andra liknande fastigheter i framförallt Helsingborgsregionen.
- Det sker inga praktiska mätningar i byggnaden utan arbetet sker endast genom handberäkning, modellering genom datorprogram och offentliga handlingar.
- I handberäkningen beräknas inte köldbryggor. De värden som används i handberäkningen tas fram genom schablonvärden.
- De ekonomiska delarna för åtgärderna beräknas genom beräkningsprogram och handberäkning. Det gäller inte värmepumparna vars pris bestäms genom offerter.
- Temperaturen inomhus som används i arbetet är vald genom antagande som författarna anser är rimligt för byggnaden.
- För brukarbeteendet har schablonvärden använts i simuleringen av byggnaden.
- Åtgärden injusterings tas inte med i arbetet på grund av att det är svårt att avgöra dess resultat utan att praktiskt genomföra det.

## 1.7 Metodik

Detta avsnitt beskriver den metod som valts för att kunna genomföra examensarbetet och ge svar på frågeställningarna. Från det första teoriavsnittet med grundläggande information om saker som är relevanta för ämnet vidare till litteraturstudierna där andra liknande studier har studerats och analyserats. En beskrivning av fallstudien och det verkliga fallet går sedan vidare till ett kapitel där resultat och analys av åtgärderna redovisas. Slutligen mynnar resultatet ut i både diskussioner om dessa och en sammanfattad slutsats.

### Teori

Teoridelen syftar på att förklara på ett mer grundligt sätt om de delar som är väsentliga för energianvändningen i en fastighet. I detta kapitel förklaras olika typer av ventilation och hur de fungerar, köldbryggor, en byggnads klimatskal och värmepumpar som kan vara lämpliga att sätta in i en fastighet. Även grundläggande information om värmesystem har tagits upp och mer information om hur fjärrvärme fungerar.

### Litteraturstudie

Litteraturstudien syftar på att få reda på vad som sedan tidigare har skrivits i ämnet och på så sätt få reda på vad som kan göras vid en byggnad vid en renovering med syftet att

energieffektivisera. Genom litteraturstudien ska läsaren få en bredare förståelse för vad som studerats för att skriva examensarbetet.

### **Fallstudie**

I detta examensarbete kommer det specifika fallet vara en fastighet som det allmännyttiga bostadsbolaget Helsingborgshem äger och förvaltar. Fastigheten heter Örebrogatan 2 och ligger i Kv. Hallonet på området Wilson Park i Helsingborg. Grundläggande fakta om området Wilson Park precis som fakta om bostadsbolaget Helsingborgshem redovisas i denna del. Därefter följer information kring hur byggnaden är uppbyggd rent konstruktionsmässigt men också information kring hur stor energianvändningen är idag.

### **Metod**

I metodkapitlet får läsaren en förståelse över vad författarna har gjort för att få fram de underlag som har behövts i resultat och analys.

### **Resultat och analys**

Kapitlet resultat och analys är det avsnitt där resultaten från energiberäkningarna och simuleringarna tas upp. Kapitlet delas upp utifrån hur de olika åtgärderna ger för besparingar för att på så sätt snabbt kunna ta reda på vad som är mest effektivt.

### **Diskussion**

Kapitlet diskussion är ett kapitel där författarna analyserar och diskuterar det som de kom fram till i resultat och analys. Det är i detta kapitel som felanalysen tas upp för att se vad som hade kunnat göras annorlunda och vad som var mindre bra med studien. Det tas även upp vad som kan göras i fler framtida studier kring ämnet och hur man kan generalisera studien så att det passar in på fler byggnader.

### **Slutsats**

Detta kapitel syftar till att författarna redovisar de slutsatser de dragit från studien och det är även här frågeställningarna som ställdes i kap. 1.5 besvaras.

### **Referenser**

Här har alla referenser som använts i examensarbetets listats. Författarna av detta arbete har valt att använda sig av Harvard-systemet vid referering. I referenslistan har sedan källorna delats upp så att de tryckta källorna står för sig och internetbaserade källor står för sig.

### **Appendix**

Här finns alla de bilagor som kan anses behövas för en vidare och bättre förståelse för läsaren eller vid stort intresse. Här finns mer övergripande tabeller med siffror som annars inte behövs i examensarbetet.





## 2 Teori

*Kapitlet innehåller inte enbart det som nödvändigtvis är använt i fallstudien utan ses som en allmän insyn i grundläggande teori kring ämnet. En del av den kunskap som finns samlat här ska kunna appliceras på andra liknande studier inom området. Syftet är att ge en generell kunskap i den teori som finns bakom bl.a. ventilation, klimatskärmar, specifika beräkningsprogram m.m.*

### 2.1 Ventilation

Syftet med ventilation i en byggnad är följande:

- Tillföra frisk luft och föra bort den förorenade luften.
- Medverka till att föroreningar inte sprids i byggnaden.
- Skapa ett undertryck inomhus.
- I vissa fall värma eller kyla byggnaden.

Enligt BBR 18:s krav i avsnitt 6:2 “Luft” så ska byggnader och deras installationer utformas så att de kan ge en god luftkvalité i rum där människor vistas mer än tillfälligt. Kraven på inneluftens kvalité bestäms utifrån rummets avsedda användning i byggnaden. Luften får inte innehålla föroreningar i en mängd som kan medföra några negativa hälsoeffekter eller besvärande lukt. Och enligt BBR 18:s krav i avsnitt 6:25 ska ventilationssystem utföras så att behövligt uteluftsflöde kan tillföras till byggnaden. Ventilationssystemet ska också kunna föra bort hälsofarliga ämnen, fukt, besvärande lukt, utsöndringsprodukter från personer och byggmaterial samt föroreningar från verksamheter i byggnaden om dessa inte förs bort på ett annat sätt (BBR, 2018). Ventilationens syfte är helt enkelt att ge ett bra inneklimat till de boende i fastigheten genom att tillföra frisk luft till de rum man mest vistas i som ex. allrum eller sovrum.

#### 2.1.1 Självdragsventilation, S-system

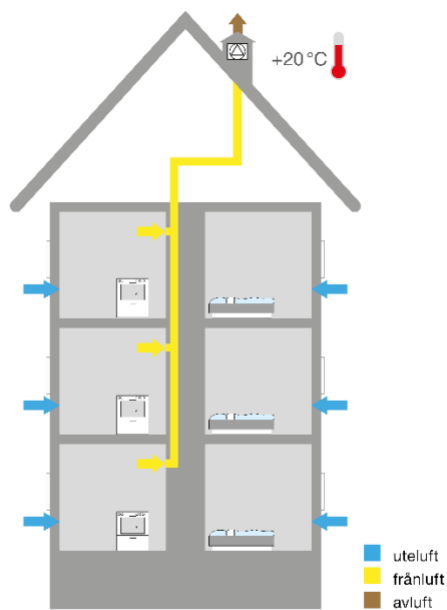
En idag mindre använd metod för ventilering av hus men desto vanligare i hus byggda före 1970 (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Det är ett system som drivs av termiska krafter och därmed saknar fläkt. På grund av densitetsskillnader i luften stiger den varma luften i frånluftskanalerna och skapar ett undertryck i byggnaden samtidigt som den nya luften sugas in utifrån via ventiler eller otätheter på fasaden (Svensk ventilation, u.å.).

I många fall är det ett ganska problematiskt system som ex. bidrar till att det kan upplevas dragigt under vintern och det faktum att det vid små temperaturskillnader mellan utomhus och inomhus kan inneklimatet upplevas som kvavt då det blir mindre luftströmningar.

### 2.1.2 Frånluftsventilation, F-system

Ett ventilationssystem där en frånluftsfläkt skapar ett stabilt undertryck i byggnaden samtidigt som uteluftsventiler förser byggnaden med ny luft till de rum där behovet är som störst av frisk luft. I de mer utsatta rummen som toaletter och kök sugas den gamla luften ut.

I det renodlade frånluftssystemet sker ingen återvinning av värmen i frånluften, däremot är det goda möjligheter att komplettera frånluftssystemet med en frånluftsvärmepump, s.k. FVP-system. En värmepump, precis som fläkten, kräver dock en del underhåll, tillsyn och allmän skötsel. FVP-systemet ger även möjlighet till användaren att kontrollera ventilationsflödet (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Figur 2.1 visar hur F-systemet fungerar i en byggnad.



Figur 2.1 – Princip av en byggnad med frånluftssystem (Svensk ventilation).

### 2.1.3 Till- och frånluftsventilation med värmeväxling, FTX-system

Till skillnad från de mer traditionella självdrag- och frånluftssystemen är inte FTX-systemet beroende av vädret i samma omfattning. Systemet behöver två kanalsystem, ett för tilluften och ett för frånluften och ett större aggregat. FTX-aggregatet innehåller fläktar, filter, värmeåtervinnare och batteri för kylning. Då inga uteluftsventiler används tas uteluften in via en kanal som placeras högt upp på byggnaden för att få bättre luftkvalitet (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Tilluftsventilerna placeras, som tidigare, i ex. vardagsrum och sovrum och frånluftsventilerna placeras i ex. kök och badrum. I köket används dock en separat spiskåpa och frånluftsfläkt för den starka forceringen. Ett FTX-system återvinner 50 - 80 % av värmen som behöver tillföras tilluften (Svensk ventilation, u.å.).

## 2.2 En byggnads klimatskärm

Med en byggnads klimatskärm menas allt på byggnaden som gränsar mot den yttre omgivningen. Klimatskärmen är något som har en direkt påverkan på byggnadens energibehov och är därför väldigt viktigt att förstå vid energieffektivisering. Byggnadens klimatskärm ska vara välisolerat och lufttätt. Boverkets byggregler – BBR, har idag krav på genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten och luftläckage beroende på typ av byggnad.

Det varierar vilken byggnadsdel som bidrar till mest värmeförlust i en byggnad. Detta skiljer sig från byggnad till byggnad beroende på hur välisolerad och tät byggnadens olika delar är. Enligt energimyndighetens schablonberäkning för värmeförluster i byggnadsdelar gäller följande resultat för andel värmeförlust:

Tak:	15 %
Väggar:	20 %
Golv/källare:	15 %
Fönster och dörrar:	35 %
Ventilation:	15 %

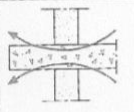
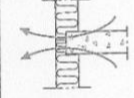
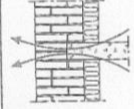
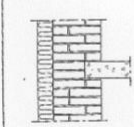
Orsaken till att fönster och dörrar står för så stor del av värmeförlusterna beror först och främst på otätheten men även på U-värdet för fönstren och dörrarna (Byggahus, Lars Bårtås, 2016).

Det finns många fördelar med att ha ett välisolerat och tätt klimatskal på en byggnad. En bra klimatskärm håller värmen inomhus och läcker heller inte in kyla vilket gör att både uppvärmningsbehovet och kylbehovet blir lägre. Det sänker även energianvändningen och innebär mindre påverkan på miljön, beroende på vilket energislag som används för uppvärmningen. Temperaturen i byggnaden blir jämnare över hela året och därmed minskar risken för kalldrag under vinterhalvåret. Desto tätare klimatskärmen är desto bättre ljudisolering och mindre problem med buller som kommer utifrån (Byggahus, Lars Bårtås, 2016).

### 2.2.1 Köldbryggor

När ett material med dålig värmeisolering möter ett annat material med annan värmeisolering i en konstruktion kallas det för köldbrygga. Det kan vara lite missledande när det kallas för köldbrygga då det i själva verket är värmen som strömmar ut från byggnaden. Exempel på en sådan köldbrygga är anslutningen mellan betongbjälklag och en invändigt isolerad yttervägg där ett två- eller tredimensionellt värmeflöde sker, likadant gäller vid ex. hörn. Köldbryggor är oönskade i alla byggnader då de bidrar till bl.a. ökade värmeförluster, ökade risker för kondens på kalla ytor, lokal invändig nedsmutsning då smuts lättare fastnar på kalla ytor och fel temperaturreglering om en termostat placeras nära

en köldbrygga (Sandin, 2010). Figur 2.2 visar exempel på köldbryggor och hur dessa påverkar byggnaden.

Skiss	Beskrivning	Extra värmefflöde (W/mK)	U-värde (W/m <sup>2</sup> K)		Yttemperatursänkning på insidan (°C)
			utan köldbrygga	med köldbrygga	
	Utkragande balkongplatta genom lättbetongvägg	0,49	0,39	0,57	16,8→10,0
	Bjälklagsanslutning i träregelvägg	0,16	0,28	0,38	17,6→15,4
	Invändig tilläggsisolering av 1/2-stens tegelvägg	0,17	0,30	0,38	17,9→12,6
	Utvändig tilläggsisolering av 1/2-stens tegelvägg	0,005	0,30	0,30	17,9→17,9

Figur 2.2 – Exempel på köldbryggor och hur dessa påverkar en byggnad (Sandin, 2010).

## 2.3 Värmesystem

En byggnads värmesystem ska under vinterhalvåret skapa ett behagligt inneklimat både vad gäller lufttemperatur, temperaturgradient, strålningsförhållanden och lufthastighet. Vad för värmesystem som väljs eller redan är valt till byggnaden beror på ekonomi, vad för krav på underhåll det har och hur det påverkar miljön. Under 1900-talet var den absolut vanligaste värmekällan oljan men det kom att, i många fall, ersättas av elektricitet som värmekälla och på senare tid har fjärrvärmens varit den klart mest dominerande värmekällan i tätorterna. Däremot så har andelen värmepumpar ökat kraftigt tillsammans med anläggningar som tar vara på solenergin som solceller och solfångare. I byggnaden ska värmen fördelas mellan de olika avdelningarna/rummen och distributionen ska vara anpassad så att rätt mängd värme kommer till rätt värmare (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Ett värmesystem är uppbyggt av fyra delar som alla har olika funktioner och uppgifter:

- Värmare i rummen, ex. radiatorer eller konvektorer.
- System för distributionen av värmen i byggnaden.
- Huvudsakliga värmekällan.
- Ett system för styrning och reglering av tillförseln av värme.

### 2.3.1 Fjärrvärme

Fjärrvärme är idag den vanligaste värmekällan i Sverige och det är beräknat att ungefär hälften av all uppvärmning kommer från denna källa. Det är en gemensam typ av värme vilket innebär att istället för att alla fastigheter eller byggnader ska ha sitt eget uppvärmningssystem så delar man på den. Denna värme kommer oftast från en större gemensam anläggning i närområdet. Denna anläggning, antingen fjärrvärme- eller kraftvärmeanläggning, hettar upp vatten som sedan sprids till de uppkopplade hushållen i deras fjärrvärmenät (Energiföretagen, 2018). I Helsingborgsregionen är det Öresundskraft som tillhandahåller fjärrvärmen. Deras nät började byggas och togs i drift redan 1964 och är idag 540 km långt och omfattar ca 10 500 kundanläggningar för 48 000 familjer. Större delen av dessa kunder bor i flerbostadshus (Öresundskraft, u.å.).

Det varma vattnet pumpas fram från produktionsanläggningen i så kallade framledningsrör till kundens anläggning där det tas tillvara på för att sedan kylas av och skickas tillbaka till Öresundskrafts produktionsanläggning i så kallade returledningsrör. Vattnet i framledningsrören håller en temperatur på ca 65 - 110 °C och på vägen tillbaka i returledningsrören håller det en temperatur på ca 30 - 55 °C. Både framlednings- och returledningsrören är nedgrävda och isolerade för att behålla värmen (Öresundskraft, u.å.). Den värme som kommer in i fastigheten från fjärrvärmenätet överförs i en värmväxlare till fastighetens värmedistributionssystem samtidigt som en annan värmväxlare överför den till varmvattenproduktionen i fastigheten. Kylningen av vattnet från fjärrvärmeledningarna sker i värmväxlarna och där försöka få ut en så låg temperatur som möjligt till returledningsrören för att i slutändan få en så bra effektivitet som möjligt.

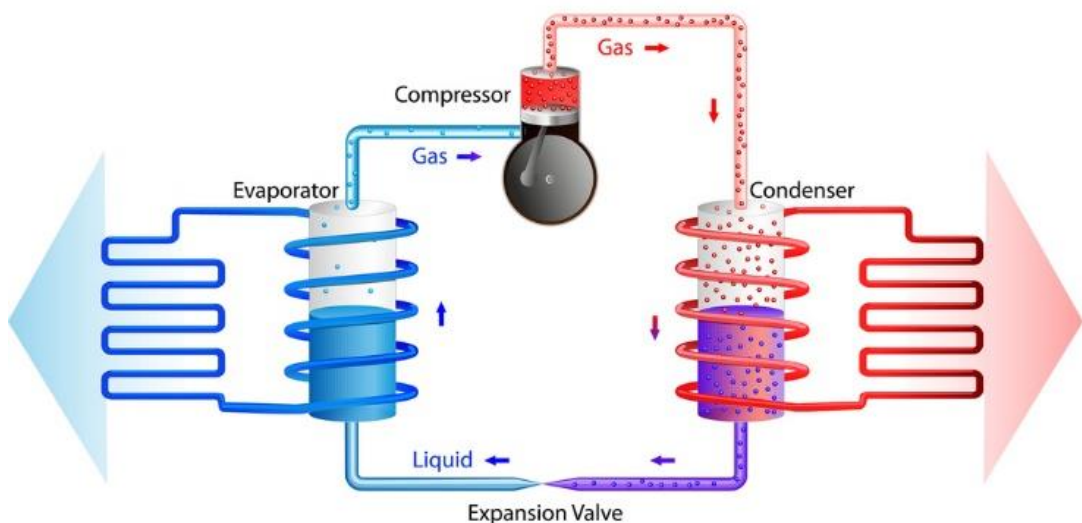
Vanligtvis äger byggnadsägaren fjärrvärmecentralen och ansvarar således även för dess skötsel när fjärrvärmeleverantören enbart debiterar den energi som fastigheten använt. Det är även fastighetsägaren som ansvarar för fastighetens specifika värmedistributionssystem (Adalberth & Wahlström, 2007).

Fjärrvärme och husets eget värmesystem står i byggnadens fjärrvärmecentral som i vissa fall även kallas undercentral. I fjärrvärmecentralen har man alltså två värmväxlare, där värmväxlaren använder fjärrvärmevattnet för att värma upp fastighetens värmesystem och tappvarmvatten. Det finns även en värmemängdsmätare, alltså en energimätare som ger underlag för värmedebiteringen. Den mäter och loggar temperaturen och fjärrvärmeflödet på både inkommande och utgående vatten (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Fjärrvärmecentralen tar ingen stor plats, oftast är den lika stor som ett badrumsskåp och placeras oftast i källaren. Vattnet som pumpas runt i fastigheten är skild från fjärrvärmevattnet då det är två olika system som inte kommer i kontakt med varandra förutom i fjärrvärmecentralen där fjärrvärmevattnets energi värmer fastighetsvattnet. När detta är gjort så transporteras det nedkylda fjärrvärmevattnet tillbaka till fjärrvärmeverket för att värmas upp på nytt och sedan tillbaka i ett slutet kretslopp. Det är i princip samma sak gällande fastighetsvattnet då det nedkylda vattnet transporteras tillbaka till

fjärrvärmecentralen där den värms upp och sedan transporteras tillbaka till fastigheten (Bollnäsenergi, u.å.).

### 2.3.2 Värmepump

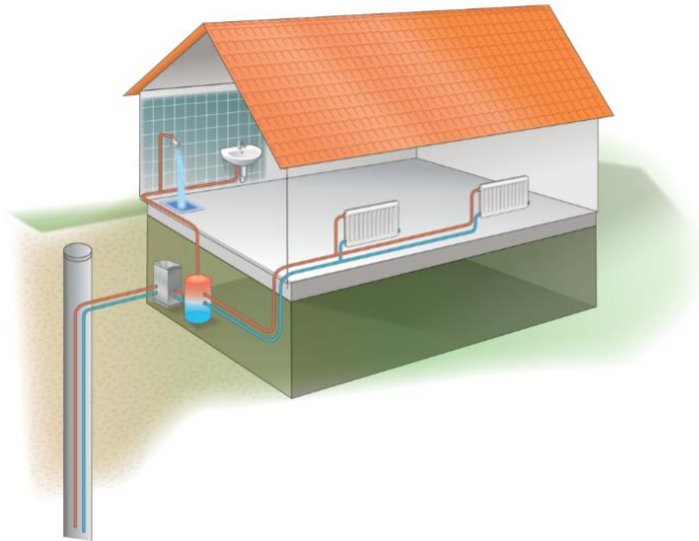
I byggnader som inte är anslutna till fjärrvärmenätet är det vanligt att en värmepump används. Värmepumpar blir allt vanligare i och med att den som värmekälla minskar elenergiebehovet jämfört med ett vattenburet system som drivs av el. En värmepump är uppbyggd på så sätt att det flyter runt ett köldmedium i pumpen som förångas vid lågt tryck och temperatur och samma köldmedium kondenserar vid högt tryck och temperatur. Köldmediet värms upp av ex. uteluft eller frånluft i den del av pumpen som förångar och kyls sedan av och övergår till kall ånga. Kompressorn höjer sedan trycket och ångans temperatur. Det är den varma ångan som fortsätter till kondensorn där ångan kondenseras till varmare vätska och den energi som tas upp vid kondenseringen går sedan över till värmesystemet. Då den varma vätskan passerar en strypventil sjunker trycket och temperaturen på köldmediet likaså. På detta sätt pumpas värmen från låg temperatur till en högre temperatur med kompressorn. (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Figur 2.3 visar de olika stegen.



Figur 2.3 – Princip över en värmepump (EKRS).

### **Bergvärmepump:**

En bergvärmepump tar vara på solenergin som finns lagrad i berggrunden. Det görs genom att borra hål i berget och sänka ner en kollektor som cirkulerar en vätska som i sin tur avger energi till värmepumpens lågtemperatursida. Bergvärmepump är idag den vanligaste lösningen för större byggnader. Det är p.g.a. att den tar en liten yta och samtidigt levererar en jämn temperatur året runt. I de flesta fallen dimensionerar man bergvärmepumparna heltäckande, då de vanligtvis består av flera parallellkopplade enheter (SKVP, 2015). Illustration på hur kopplingen mellan en byggnad och bergvärmepumpen visas i figur 2.4.



Figur 2.4 – Hus anslutet till bergvärme (EKRS).

### **Frånluftsvärme och bergvärme:**

Frånluftsvärme och bergvärme är en vanlig lösning i fastigheter med mekanisk frånluft utan värmeåtervinning. Genom att ta vara på energin i frånluften kan man reducera antalet borrhål för att använda två system. Det sker genom att låta frånluften passera ett luftbatteri som förflyttar energin till värmepumpens lågtemperatursida. Mängden energi som återvinns beror helt och hållet på mängden frånluft och är därför begränsad. Komplettering med tidigare beskrivna bergvärme är en mycket vanlig lösning för att ge maximal effekt (SKVP, 2015).

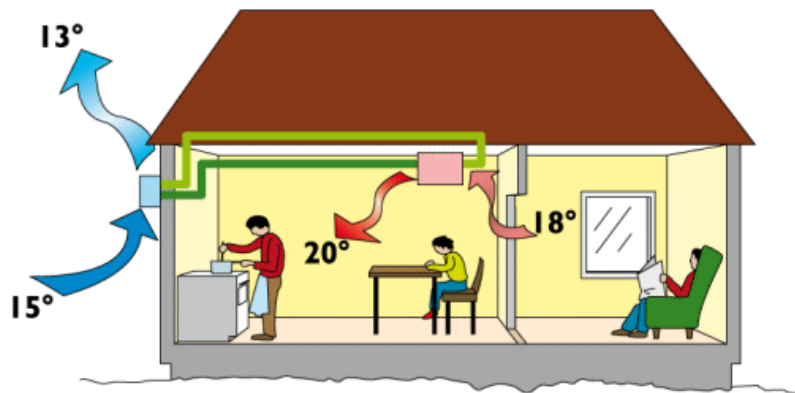
### **Bergvärme och naturkyla:**

En del fastigheter kan vara i behov av både värmebehov och kylbehov. Naturkyla från berget är det som är mest ekonomiskt och miljövänligt för att producera komfortkyla. Det är en kyleffekt på ungefär 30 till 50 gånger mer än pumparnas driveffekt. Det är också därför naturkyla inte kan jämföras med en kylmaskin eller fjärrkyla då effekten från naturkyla är så pass hög. Eftersom kylbehovet är störst under sommaren och värmebehovet är mindre

använder man den bortförda värmen till att återladda borrhålen. Genom att göra på det sättet så förbättras anläggningens årsverkningsgrad och ger en ökad besparing (SKVP, 2015).

### Uteluftvärme:

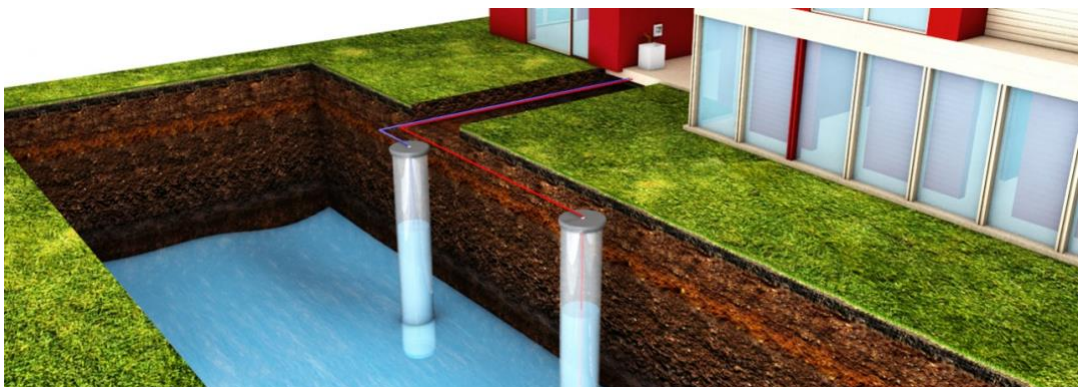
En uteluftsvärmepump tar vara på solenergin som finns i utomhusluften genom att låta uteluften passera ett luftbatteri där energin överförs till värmepumpens lågtemperatursida. Det fungerar på samma sätt som den tidigare nämnda frånluftsvärmen. Denna typ passar bäst för de som inte kan utnyttja energin från berg, jord eller vatten. Det negativa med den är att effekten sjunker med sjunkande utetemperatur och därför behöver kompletteras med någon form av tillsatsvärme (SKVP, 2015). I Figur 2.5 visas hur en uteluftspump ser ut i förhållande till en fastighet.



Figur 2.5 – Hus anslutet till en uteluftsvärmepump (Energimyndigheten).

### Grundvattenvärme:

I grundvattnet finns det lagrad solenergi som kan tas tillvara på med hjälp av en grundvattenvärmepump. Genom att borra hål ner till grundvattnet i marken kan vattnet pumpas upp till den berörda fastigheten. Det pumpade vattnet cirkuleras och avger energi till värmepumpens lågtemperatursida för att sedan pumpas tillbaka till grundvattnet utanför fastigheten igen. Det kan vara en bra och smart lösning om fastigheten i fråga har en god



Figur 2.6 – Hus anslutet till grundvattenvärmepump (Jifon AB).



tillgång till grundvatten. Lösningen ger även bra effekt året runt då grundvattentemperaturen vanligtvis ligger runt 10 °C i södra Sverige oavsett årstid och lösningen ger även goda möjligheter till att få naturkyla upp till fastigheten (SKVP, 2015). En koppling mellan en fastighet och grundvattenvärme visas i figur 2.6.

### **Frånluftsvärme:**

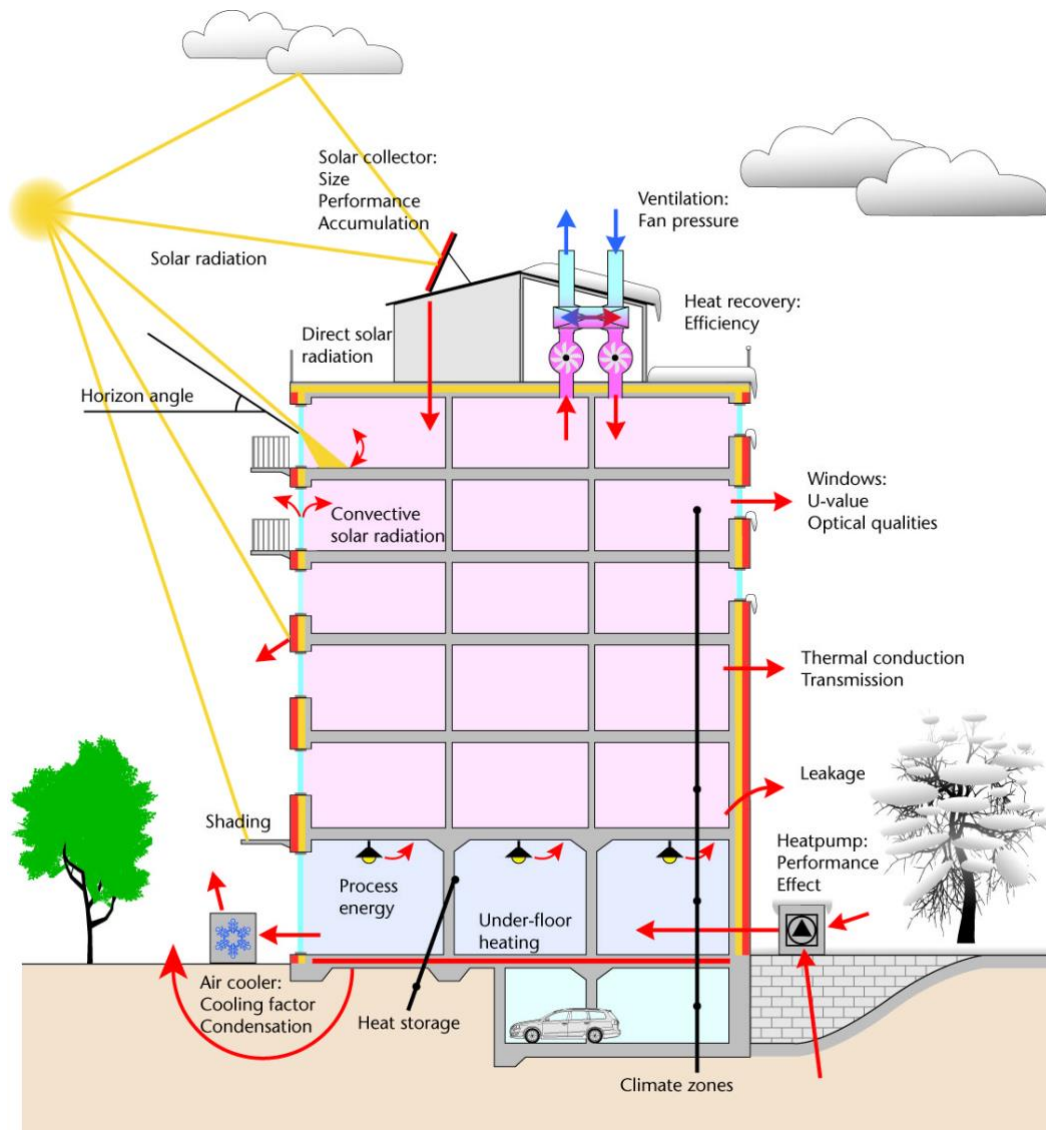
En frånluftsvärmepump tar tillvara på den energin i form av värme i den befintliga inomhusluften. En förutsättning för att man ska kunna använda en frånluftsvärmepump, FVP, i en byggnad är att byggnaden ska ha samlade ventilationskanaler och en mekanisk fläktventilation samt en frånluftskanal där den installerade värmepumpen kan hämta in värmen. Då frånluften i byggnaden för det mesta har en temperatur som ligger runt 20 °C är detta en utmärkt värmekälla att återanvända (Energi- & Klimatrådgivningen, 2017). FVP-systemet är utformat och fungerar som ett vanligt frånluftssystem med skillnaden just att värmen i frånluften tas tillvara. Värmepumpens förångare placeras i en avluftskanal (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Den installerade frånluftsvärmepumpen kan efter återvinning använda den värme som kommer från frånluften till antingen värme åt det vattenburna värmesystemet eller ut till tappvarmvattnet alt. båda delar. En nackdel med systemet är att energimängden är begränsad till det avgivna ventilationsflödet från byggnaden. Sätts en frånluftsvärmepump in i en byggnad med relativt lågt energibehov och mekanisk frånluftsventilation så är systemet vanligtvis lönsamt och som exempel sparar en frånluftsvärmepump för enbart varmvatten i en villa ungefär 2000 - 3000 kWh/år och om den avger värme även till radiatorerna i huset blir besparingen ännu större. Vid installation dimensioneras inte värmepumpen efter husets värmebehov utan efter ventilationsflödet i frånluftskanalerna. Den värme som finns i dessa kanaler täcker inte hela husets uppvärmnings- och varmvattenbehov när behovet är som störst och därför är en vanlig lösning till detta att värme upp resterande med el. Dagens nyutvecklade frånluftsvärmepumpar klarar av att sänka temperaturen i frånluften från + 20 °C till - 15 °C vilket ger ett extra värmetillskott i frånluften då kondensering sker. Detta ställer däremot mer krav på att tilläggsisolera de gamla frånluftskanalerna för att inte få fuktproblem vid kondensering av värmen i frånluften (Energi- & Klimatrådgivningen, 2017).

## **2.5 Beräkningsprogram**

För att lösa alla beräkningar och all statistik så har författarna behövt använda sig av tekniska hjälpmedel i form av datorprogram som Lunds Universitet har tillhandahållit samt hjälp från lärare m.fl. för att bättre förstå programmen.

### **2.5.1 Energi- och byggtekniska beräkningar**

De energiflöden som beräknas i programmet *VIP-Energy* illustreras i figur 2.7.



Figur 2.7 – De energiflöden som beräkna i programmet VIP-Energy (Strusoft AB).

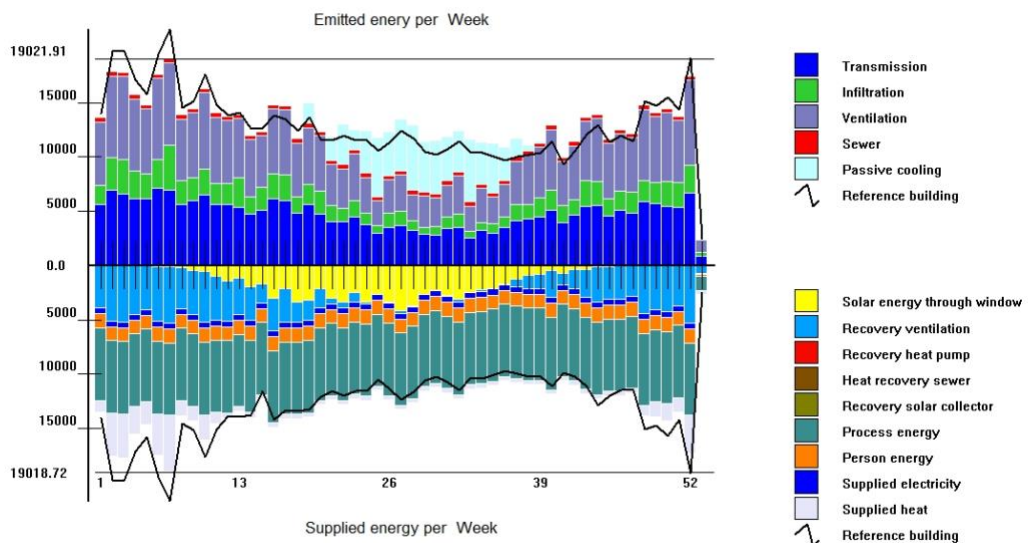
VIP-Energy är ett dynamiskt energiberäkningsprogram utvecklat av Strusoft AB i mer än 30 år. Beräkningsprogrammet har blivit validerat av världens mest kända bedömningsystem LEED och även av BREEAM och Ashrae-140. Programmet används idag av samtliga aktörsled i byggbranschen som konsulter, arkitekter, entreprenörer och förvaltare.

VIP-Energy är ett enkelt program att använda och ändra indata i. Programmet saknar dock en grafisk visualisering av byggnaden och därmed sker uppbyggnaden i en simpel form av dialogrutor. Indata i programmet är uppdelat i tre större delar som är uteklimat, installationer och byggnadsfysik. Uteklimat innefattar bl.a. sol, vind, fukt och temperatur. Denna klimatdata kan även bestämmas genom val av ort som finns installerat i programmet, alternativt kan man ladda ner orten om den inte finns.

Gällande installationer finns det ett brett val av alternativ där man både kan ändra och bestämma styrningen av värmepump, kylmaskin, solfångare, golvvärme och ventilationen med konstant eller variabelt luftflöde. Ex. finns det ett stort antal värmepumpar förinstallerade i programmet som användaren kan välja mellan, alternativt kan den som är mest lik den redan angivna värmepumpen väljas för att sedan ändra i den specifika indatan för den valda värmepumpen.

För byggnadsfysiken kan luftläckage, köldbryggor, värmelagring i byggnadsmaterial och mark, solavskärmning styrd av inne- och uteklimat anges. Dessa är utöver standardinmatningen av ytterväggarna, fönstren o.s.v. En egenskap som programmet har är att det kan utföra all areaberäkning i en separat fil som senare laddas ner för fortsatt beräkning i en annan fil. På så sätt ändras inte areorna för objektet förutom i den separata filen.

Redovisningen av programmets resultat sker i två olika former. Första formen är grafisk där resultaten på tillförd och avgiven energi redovisas i ett stapeldiagram alternativt i två cirkeldiagram. Andra redovisningsformen är numerisk, där redovisas nyckeltal, energibalans, specifikation av energiflöden och anpassningsbara utskriftsmallar. Exempel på stapeldiagram visas i figur 2.8.



Figur 2.8 – Exempel på stapeldiagram i VIP-Energy (Strusoft AB).

Anledningen till att VIP-Energy är det programmet som används i rapporten är eftersom den ansågs vara det mest träffsäkra programmet. IDA ICE och ISOVER Energi var två andra alternativ som kunde ha använts i arbetet, dock är dessa inte lika enkelt att ändra förutsättningarna för byggnaden som i VIP-Energy. Detta ger en stor fördel för VIP-Energy

då arbetet handlar om förändring av förutsättningarna i byggnaden som i slutändan ska medverka till en energisnål byggnad (Strusoft AB, u.å.).

## 2.5.2 Ekonomi

### Kalkyler

*Wikells byggberäkningar* (WB) är ett företag som sedan starten 1963 hjälpt företag inom bygg, el och VVS att spara tid och pengar med hjälp av deras kalkylverktyg. Genom åren har företaget utvecklats och utökat sina hjälpmetoder. Idag finns Wikells hjälpmedel i form av böcker som innehåller sammanställningar av byggdelar med kostnader och tekniska värden. Denna kallas *Sektionsfakta* och förnyas vartannat år. En annan hjälpform är företagets datorprogram *Sektionsdata*. *Sektionsdata* är ett komplett kalkylsystem med databaser för Nybyggnad, ROT, EL, VS, Luft och Industrirör. Idag finns *Sektionsdata*, som hela tiden utvecklas i samarbete med sina kunder, både som molntjänst och för flera Windows-system (Wikells, u.å.).

*Sektionsdata* är ett simpelt program med många möjligheter för användaren. Programmet fungerar på följande sätt: Användaren väljer först vilken typ av databas som ska användas, där kan ex. ROT väljas. Sedan finns det färdiga byggdelar för rivning, komplettering och nya konstruktioner. Trycker man på en viss byggdelen så visas det en liten bildruta som illustrerar byggdelen och det öppnas en ruta för byggdelsinnehåll som visar vad byggdelen innehåller för moment, material, hur många timmar byggdelen tar att utföra, prissumma m.m. Figur 2.9 illustrerar hur det ser ut i programmet då en användare trycker på en viss byggdelen som i detta fall är "Takpannor + underlag mm bytes" (Wikells, u.å.).

För att anpassa byggdelen efter det egna fallet är det möjligt att ändra, lägga till och ta bort poster från innehållet i byggdelen. Det gäller även materialpriser och summor då en del företag får lägre priser på olika material och även annorlunda arbetslöner för deras arbete. På det sättet kan varje företag anpassa programmet efter de egna beräkningarna samtidigt som företaget kan utnyttja programmets förmåga att kalkylera (Wikells, u.å.).

I kalkylen som programmet gör kan användaren lägga till dokument eller offerter direkt i kalkylen. Programmet kan även erbjuda användaren vikter för den rivna byggdelen eller rivna materialet och tippavgifter. Slutligen kan användaren välja att få utskrifter för det man har valt och visa tydliga kalkyler (Wikells, u.å.). Figur 2.10 visar hur en utskrift kan se ut.

Bygghandling

11.006 - Isolerat åstak med papp rivs  
 11.007 - Träsar med papptak rivs  
 11.008 - TRP-plåt med isolerat papptak rivs  
 11.009 - Lättbetongelement med papptak rivs  
 11.010 - Befintligt papptak omtäckes med papp  
 11.011 - Befintligt papptak omtäckes med plastduk  
 11.012 - Takpannor bytes  
 11.013 - Takpannor + underlag bytes  
**11.014 - Takpannor + underlag mm bytes**  
 11.015 - Bandtäckt plåttak bytes  
 11.016 - Nytt plåttak på befintligt etemittak  
 11.017 - Befintligt lättbetongtak omtäckes med papp  
 11.018 - Befintligt lättbetongtak tillägnas

11.014 - Tekniska  
 Vikt 54/54 kg/m<sup>2</sup>  
 Brandklass -  
 Vikt rivet material 40 kg/m<sup>2</sup>  
 Borttransport och tippavgifter ingår ej.

Bygghandling  
 A-prislista

Bygghandling

Kapitel » 11 - YTTERTAK » 11.014 - Takpannor + underlag mm bytes

< Till kalkyl **11.014** Takpannor + underlag mm bytes ... 1,00 m<sup>2</sup> ...

Nr	BSAB	Benämning	Åtgång	Enh	Material		Tid	UE	Summa
1	AFG.51	Hakställning	2,00	m <sup>2</sup>	70,00	wi	0,47	0,00	266,56
2	BED.4	Tegeltakpannor rivs	1,00	m <sup>2</sup>	0,00	wi	0,07	0,00	27,30
3	BED.4	Bär-ströläkt rivs	1,00	m <sup>2</sup>	0,00	wi	0,05	0,00	21,84
4	BED.4	Underlagspapp rivs	1,00	m <sup>2</sup>	0,00	wi	0,05	0,00	21,84
5	BED.4	30 % skadad takpanel rivs	1,00	m <sup>2</sup>	0,00	wi	0,04	0,00	16,38
6	JUC.1	Betongtakpannor, standard, röda	1,00	m <sup>2</sup>	67,52	wi	0,23	0,00	165,80
7	JUC.1	Frakt för betongtakpannor	1,00	m <sup>2</sup>	16,75	wi	0,00	0,00	16,75
8	HSD.141	25x38 bärläkt	3,00	m	12,87	wi	0,08	0,00	45,63
9	HSD.141	25x25 ströläkt	2,00	m	7,48	wi	0,03	0,00	18,40
10	JSC.112	Underlagspapp YAP 2200	1,00	m <sup>2</sup>	54,59	wi	0,10	0,00	98,27
11	HSD.1331	30 % ny 17 råspontad panel	1,00	m <sup>2</sup>	19,47	wi	0,27	0,00	134,13
12	BEY	Stomme behålles	1,00	m <sup>2</sup>	0,00	wi	0,00	0,00	0,00
		<b>Summa:</b>			<b>248,68</b>		<b>1,39</b>	<b>0,00</b>	<b>832,90</b>
		<b>Omkostnadspåslag:</b>							<b>59,06</b>
		<b>Sektionskostnad:</b>						<b>SEK/m<sup>2</sup></b>	<b>891,96</b>
		<b>Totalt inkl omkostnader:</b>	1,00	m <sup>2</sup>	<b>248,68</b>		<b>1,39</b>	<b>0,00</b>	<b>891,96</b>

Figur 2.9 – Exempel på hur det ser ut vid beräkning av, i detta fall, takbyte i sektionsdata (Wikells).

## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

Wikells Byggberäkningar AB 0470-701970		Ort		Räknat	Datum	Rev	Sida			
Objekt <b>Takbyte Villa</b>		Växjö					<b>1 (1)</b>			
Kapitel <b>SAMMANSTÄLLNING</b>		Mängd	Enhet	Material		Tid		Underentreprenader		Anm (P-kod)
				Enh.-pris	Summa SEK	Tim/Enh.	Timmar	Enh.-pris	Summa SEK	
	Trpt									
1	KAPITEL									
	SIDA									
2	11 YTTERTAK				96 290		378,11			
3	13 PLÅTARBETEN				-				40 000	
4	17 SAKVAROR				21 692		36,60			
5					=====		=====		=====	
6					117 982	SEK	414,70	tim	40 000	SEK
7										
8	<b>Materialkostnad</b>				117 982					
9	<b>Total arbetslön 414,70 tim x 420,00 SEK</b>				174 174					
10	<b>Underentreprenader</b>				40 000				332 156	SEK
11										
12	<b>Omkostnadspålägg material</b>	15,00 %			17 697					
13	<b>Omkostnadspålägg UE</b>	10,00 %			4 000			21 697	SEK	
14	<b>Spik lim skruv</b>	0,50 %						1 769	SEK	
15	<b>Diverse oförutsett/Garantiarbeten</b>	2,00 %						7 077	SEK	
16										
17	<b>TOTALSUMMA EXKL MOMS</b>				362 700				453 375	SEK
18	<b>MOMS (25,00 %)</b>				90 675				SEK	
19	<b>TOTALSUMMA INKL MOMS</b>				453 375				SEK	
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
	Trpt									

Figur 2.10 – Exempel på hur en färdig utskrift ser ut i sektionsdata (Wikells).

### Beräkningar

Det finns många olika kalkyler för att beräkna hur pass kostnadseffektiv en energieffektiviseringsåtgärd kan bli. De faktorer man oftast tar hänsyn till är:

1. Energikostnaden och dess reala utveckling
2. Real kalkylränta
3. Kalkylperiod
4. Investeringskostnad
5. Underhållskostnader

### LCC – Life Cycle Cost

Används ofta av beställare vid inköp eller annan investering för att se vilket förslag som är mest energi- och kostnadseffektivt. Det är vanligt att denna metod används vid anbudsutvärdering. LCC är alltså en total kostnad för en produkt under hela dess livslängd och är mycket utförlig då den räknar med ränte- och energiaspekter.

### LCP – Life Cycle Profit

En variant på livscykelkostnaden är det som kallas LCP - Life Cycle Profit och betyder livscykelvinst. Det är en bedömning av betalningsflöden som på lång sikt ska ge en maximal lönsamhet för investeringen.

### 3 Litteraturstudie

*Vid start av denna fallstudie genomfördes en litteraturstudie om de byggnader som uppfördes under folkhemsbygget för att få en bredare förståelse för hur husen uppfördes, byggtkniska detaljer och varför husen uppfördes. Litteraturstudien är också mycket inriktad på vilka åtgärder, som kan göras för att sänka energianvändningen av ett flerbostadshus. Även andra liknande studier om renoveringar och energieffektiviseringar har analyserats och beskrivits i detta kapitel.*

#### 3.1 Folkhemsbygget

Under mellan- och efterkrigstiden präglades de svenska bostäderna av trångboddhet och genomgående dålig standard. Detta var något den sittande regeringen ville råda bot på och i den bostadssociala utredningen som utgavs 1945 presenterades riksdagens målsättning: att skapa hygieniska och goda bostäder åt alla till ett pris som var överkomligt för alla svenskar. Dessa mål var något som hade misslyckats föregående decennium och därför satsades det nu hårt för att det skulle lyckas. Ett mycket viktigt arbete av den bostadssociala utredningen kom 1942 i form av en generell statlig långivning som innebar förmånliga lån om lägenheterna som byggdes uppfyllde vissa krav. Dessutom infördes hyresregleringar för att motverka spekulation i bostadsbyggandet. Den bostadspolitik som implementerades kom att utgöra en stor roll i den "svenska modellen" och genom de statliga subventionerna fick Sverige en jämnare och högre bostadsstandard än någonsin tidigare (Västergötlands museum, 2009).

På 1940-talet kom den tidigare så populära funktionalismen att ändras då det ansågs att staden i stort hade blivit allt för tråkig. Inspiration hämtades av engelska förebilder och nu började det satsas på grannskapsenheter genom att gruppera bostäderna runt gårdar. Byggnaderna anpassades även efter den kringliggande terrängen för att bergsknallar, skogsdungar m.m. skulle kännas närmre än tidigare. Dessa grannskapsenheter planerades dessutom med kompletterande skolor, butiker, parker etc. så att området skulle få en känsla av gemenskap (Västergötlands museum, 2009).

Vad gällde arkitekturen under folkhemsbygget skapades ett mer varierat och livfullt utseende. Tegelfasaderna blev återigen populära samtidigt som de putsade fasaderna fick mer livfulla kulörer än tidigare. De platta taken som varit så populära under funktionalismen övergick återigen till sadeltak och dekorationer på huskropparna blev i viss mån populärt igen. För att ge fasaderna en mer uttrycksfull form så byggdes burspråk och balkonger som ett stort inslag i fasaderna (Västergötlands museum, 2009).

##### 3.1.1 Hustyper

Bostadsbyggandet hade i Sverige avstannat i samband med andra världskrigets utbrott och vid krigets slut skedde en kraftig inflyttning till städerna vilket ledde till en allvarlig bostadsbrist. För att täcka upp bostadsbristen var det tvunget att bygga många nya bostäder i framförallt storstadsregionerna. Den allra vanligaste bostadstypen som byggdes var

flerbostadshus i form av *lamellhus*. Dessa hus karakteriseras av sina ljusa trapphus med fönster och att entréplan ligger en halv våning upp från marknivå. Precis som det tidigare byggts så var husen oftast i tre våningar men även två och fyra våningar förekom. Efter kriget slog lättbetongen igenom på allvar mycket på grund av den stora volym som byggdes men också för att framställningen av det som kom att kallas *gasbetong*, var både enkel och billig. Gasbetong är vad som idag kallas för lättbetong i form av murblock och var på sin tid en svensk industriell specialitet. Det som tilltalade med detta material var den låga vikten i förhållande till volymen, dess goda värmeisoleringsförmåga och den enkla tekniken för att mura samman dessa block (Björk, Kallstenius, Reppen, 2003).

### 3.2 Energieffektivisering av flerbostadshus enligt fastighetsägaren

I detta underkapitel används endast en källa, rapporten "*A management perspective on energy efficient renovations in Swedish multi-family buildings*" (Nair, Azizi & Olofsson, 2017).

I Sverige utgör flerbostadshusen ungefär 55 % av de totala bostadsenheterna. Det är ca 2,5 miljoner flerbostadshus. Ägandet av dessa flerbostadshus kategoriseras i kommunalt, privat och även kooperativt ägande. Ungefär 40 % av lägenheterna tillhör kommunala bostadsföretag medan resterande är lika delade mellan privata företag och kooperativa bostadsföreningar. Var och en av dessa företag och föreningar har olika prioriteringar och begränsningar gällande energirenoveringar. Företagens och föreningarnas policy angående energieffektivisering skiljer sig åt beroende på beslut av ägarna.

För att förbättra energieffektiviseringen inom byggsektorn är det minst lika viktigt att rikta in sig på befintliga byggnader så som nya. I Sverige ökade antalet bostäder med cirka 10 % från 1991 till 2008. De bostäder som byggdes under den perioden var mindre energislösande än de äldre byggnaderna. Dock räcker det inte med att bygga mer energisnåla byggnader, för att minska energianvändningen i hela byggsektorn är det minst lika viktigt att förbättra energieffektiviteten hos befintliga byggnader.

Nair m.fl. (2017) visar att energieffektiva byggnader kan medföra betydande energibesparingar för byggnadsägaren. Den visar också att det finns hinder som begränsar ägarna från att påbörja en del av energieffektiviseringsåtgärderna. Först och främst är det osäkerheten på kostnaderna och återbetalningsperioden som är de största hindren. Många ägare misstänker även att energirenoveringar inte är kostnadseffektiva. Byggnadsägaren kan marknadsföra åtgärderna för att antingen locka nya hyresgäster eller behålla befintliga. Sedan kan valet av vilka åtgärder en byggnadsägare väljer att utföra bero på vilka entreprenörer som byggnadsägaren litar på.

Nair m.fl. (2017) har intervjuat ett antal representanter som arbetar i de tre olika kategorierna av flerbostadshusägandet, för att få en inblick på hur olika typer av ägande tänker kring energieffektiviseringen på flerbostadshusen. Det valdes att intervjua en representant från:



- Ett mindre kommunalägt bostadsbolag.
- Ett större kommunalägt bostadsbolag.
- Ett privat företag.
- En kooperativ bostadsförening.
- Kommunens energirådgivare.

Representanten från det mindre kommunalägda bostadsbolag som även var Vd:n talade om ett projekt som var aktuellt för energieffektiviseringen som påbörjades 2016. Han var övertygad om energibesparingspotential i kommunens byggnader. Han berättade även att hans företag köper en tjänst från privata företag som specifikt jobbar med energirevisionsrapporter med möjliga energibesparande åtgärder. Bostadsbolaget som han representerar väljer därefter vilka åtgärder som skall utföras baserat på återbetalningsperioden. Den genomsnittliga återbetalningsperioden som förväntas är 12 år. Innan projektet 2016 hade kommunstyrelsen ingen aning om vilka energibesparingsåtgärder deras byggnader hade säger Vd: n. Han säger även att "... energifrågan är inte så stor och det lär vara ett problem med att skaffa pengar för stora (energieffektiviserings) projekt". Gällande projektet 2016 så var det inte särskilt svårt att övertala kommunstyrelsen då han tyckte besparingen var noggrant redovisad inför styrelsen. Inför framtiden tyckte Vd:n att man ska övervaka energieffektiviseringsprojekten, man ska se vilka möjligheter det finns och utifrån det bestämma hur pass mycket man ska satsa på energieffektiviseringen.

Representanten från det större kommunalägda bostadsbolaget nämnde att hans organisation har ett mål för energibesparing för år 2020. Enligt honom så har inte bostadsbolaget någon särskild strategi för att minska energianvändningen för tillfället i sina byggnader men han talar däremot om att om en byggnad kräver en större renovering så kan bostadsbolaget tänka sig att utföra energieffektiviseringsåtgärder i byggnader. Han förklarar även att utmaningen i att göra en stor energieffektiv renovering är att bolaget kanske är tvunget att öka hyran för att återhämta investeringen, vilket i sin del kan leda till missnöje bland hyresgästerna. Representanten berättar att bostadsbolaget nyligen har bytt chef och att den nya chefen har planer på att påbörja en ny strategi för att energieffektivisera bolagets byggnader.

Det privata bostadsbolaget äger flera byggnader, största delen av byggnaderna är kommersiella medan de också äger ett begränsat antal bostadshus. För kommersiella byggnader betalar hyresgästerna själva värme- och elräkningarna separat från hyran. För bostadshusen ingår värmen i hyran medan elräkningen betalas av hyresgästerna. Enligt den intervjuade, Vd:n för bolagets fastighetsavdelning, är den ekonomiska ersättningen den största drivkraften för att genomföra någon typ av energieffektiviseringsåtgärd. Bolaget brukar föredra en återbetalningsperiod om 3 till 5 år för all investering utöver de traditionella investeringarna. Ett stort hinder som specifikt finns i kommersiella byggnader är att om du har flera hyresgäster så blir det väldigt svårt att övertala dem om en energieffektivisering. Hade det däremot varit endast en hyresgäst så hade man kunnat övertala den och komma

överens med den hyresgästen säger Vd: n. Sedan uttrycker han sig på följande sätt gällande energikostnaden “Om det kostar mer att köpa energi så hade det varit mer intressant... pengar talar”.

Den kooperativa bostadsföreningen har två byggnader med 12 lägenheter tillsammans. En av byggnaderna byggdes år 1938 och den andra år 1992. Representanten från den kooperativa bostadsföreningen är föreningens ordförande. Bostadsföreningen består av en organisation och alla i styrelsen har detta som ett extra jobb utöver sitt vardagliga jobb. För några år tillbaka gjorde föreningen en stor renovering i sin gamla byggnad. Renoveringen utfördes p.g.a. byggnadens dåliga tillstånd, särskilt elkablarna, dräneringssystemet och fönstren. Byggnaden står mot en gata med tung trafik vilket har orsakat en hög bullernivå för de boende. Dock berättar ordföranden i bostadsföreningen att fönsterbytet resulterade i minskad bullernivå och att de boende är glada över det. Han säger även “... vi diskuterar inte något om energi när vi renoverar. Hur som helst är fönstren nya och på så sätt är det mer energieffektivt nu”. I framtiden kan föreningen vara intresserad av solvärmesystem som ett försök till att minska inköpt energi, i övrigt har ordföranden inte analyserat energifrågorna. Vidare berättar han att “... varje gång något annat än rutin (vanlig renovering) ska göras, måste vi prata med varje lägenhetsägare och förklara vad vi planerar att göra och det är mycket arbete. Vi har ingen person som får betalt för att göra allt detta”.

När kommunens energirådgivare intervjuades berättade han att i Sverige ger kommunen gratis och opartisk rådgivning till allmänheten om energifrågor. Energirådgivaren har ungefär sex års erfarenhet i energirådgivning och har blivit inbjuden flera gånger av olika bostadsföreningar för att ge sin åsikt om specifika energiproblem. Enligt honom har bostadsrättsföreningar svårigheter med att ta upp energiproblem. Svårigheterna är en kombination av bristande i kunskap och ekonomiska hinder. Rådgivaren sa även att många bostadsföreningar vill göra energiåtgärder, spara pengar och spara energi med tanke på den heta debatten om klimatförändringar. Bostadsföreningarna behöver dock mer kunskap inom energi för att kunna fatta beslut för en energieffektivisering för en bostad.

Resultaten från föregående intervjuer tyder på att flerbostadshus kan, beroende på typ av ägande möta specifika hinder för energieffektiviseringar. Kooperativa bostadsföreningar har begränsade resurser som begränsar deras insats för att genomföra energieffektiviseringsåtgärder. De privata bostadsbolagen föredrar kortare återbetalningsperiod för sina investeringar i energieffektiviseringsåtgärder. I kommunalägda flerbostadshus kan den låga kunskapen hos beslutsfattare för energibesparingspotential begränsa utbredningen av energieffektiva renoveringar i flerbostadshusen. Viljan hos beslutsfattarna spelar även stor roll i hur energieffektiviseringen i de kommunägda flerbostadshusen utförs.

### 3.3 Tidigare studier i energieffektiviserande renoveringar

I detta kapitel redovisas tidigare genomförda studier inom ämnet energieffektivisering av befintliga flerbostadshus i Sverige.

De studierna som presenteras här är gjorda av *BeBo*, beställargruppens bostäder - ett samarbete mellan *Energimyndigheten* och fastighetsägare/förvaltare av flerbostadshus. Det är ett projekt som startade 1989 och idag bedrivs utvecklingsprojekt med syftet att energieffektivisera och miljöanpassa.

#### 3.3.1 Klackvägen - Stockholmshem AB

I detta underkapitel används endast en källa, rapporten "Klackvägen - Stockholmshem AB", (Snygg, Levin & Falkelius, 2014) åt *BeBo*.

Bostadsbolaget *Stockholmshem* har genomfört renoveringar med syftet att få en effektivare och lägre energianvändning på deras bostäder på Klackvägen på Solberga söder om Stockholm. *Stockholmshem* har ambitioner om en generell energibesparing på 50 % men har för sina byggnader från 1940 - och 50 talet satt en nivå på 40 % i energibesparing då de ej vill tilläggsisolera de gamla fasaderna.

Bostäderna på Klackvägen är lamellhus i tre våningar med källare byggda kring 1950. De åtgärder som är utförda är utbyte och tillökning av isoleringen på vinden, enkelglasen i fönstrens innerbåge är utbytta mot en isolerruta och värmeåtervinning i frånluften har tillkommit via en frånluftsvärmepump som installerats. Fastigheten Klackvägen består av de tre huskropparna Klackvägen 7–15, klackvägen 19–21 och klackvägen 25–29. Tabell 3.1 visar en beskrivning av byggnaderna på klackvägen.

Tabell 3.1 – Byggnadsbeskrivning av Klackvägen.

	Klackv. 7–15	Klackv. 19–21	Klackv. 25–29	Hela husgruppen
Antal lgh.	45	12	21	78
BOA, m <sup>2</sup>	2020	778	954	4020
A <sub>temp</sub> , m <sup>2</sup>	3164	1218	1530	5912

Alla tre byggnaderna är uppbyggda på samma tidstypiska sätt med en bärande konstruktion av murverk av betongsten och lättbetong med gjutna bjälklag av betong. Utförlig konstruktionsbeskrivning finns under tabell 3.2.

Tabell 3.2 – Konstruktionsbeskrivning av Klackvägen.

Stomme	Bärande konstruktion av murverk av betongsten och lättbetong med gjutna betongbjälklag.
Ytterväggar	20 mm puts, 250 mm lättbetong, 15 mm puts.
Källarvägg	10 mm puts, 200 mm betong, 30 mm träullsplatta, 10 mm puts.
Tak	Kallvind med sadeltak. Vindsbjälklag av 150 mm betong samt 200 mm granulerad masugnsslagg och 150 mm isolering i form av lösull.
Fönster	Kopplade tvåglasfönster i trä, beklädda med plåt utvändigt. Tätningsslister av silikongummi, ev. finns textillister kvar på några ställen.
Grund	Källare, grundlagd med murar till berg. Källargolvet är 100 mm betong på ett dränerande lager. På Klackvägen 7–15 finns stora sättningar i delar av huset.
Balkong	Balkonger med utkragande betongplattor. ½ m närmast balkongen finns extra träullsplattor ingjutna i taket invändigt. Balkongvägg ca 130 mm tjock, med 70 mm isolering, utvändig panel och skivmaterial.

Vad gäller de tekniska installationerna så finns dessa under tabell 3.3.

Tabell 3.3 - Installationstekniska system som finns i fastigheterna på klackvägen.

Ventilation	Frånluftssystem. Tilluft via spaltventiler i karm/båge, men antalet bedömdes vid inventering vara för litet. Äldre spaltventiler under fönsterbänkar finns också, de ska vara igensatta. Luft tas även in via skafferiventiler i kök.
Uppvärmning	Fjärrvärme till undercentral i källaren på Klackvägen 15. Huvudledningar av stål är original liksom isolering. De är förlagda i mittgång i källarvåning. Radiatorerna är i de allra flesta fall originalradiatorer. Termostaterna och radiatorventilerna är utbytta år 2004. Injustering av värmesystemet och byte av termostater är gjort inom de senaste tre åren. Kulvert mellan byggnaderna är utbytt under 2010.
Tappvarmvatten	Huvudledningar för kall-, varm- och cirkulationsvarmvatten är förlagda i tak i mittgång i källarvåning. Ny rörinstallation i koppar och ny isolering på KV- och VVC-rör. Ventiler för stammar upp till lägenheter är nya, ändrar på VVC-stråk är försedda med injusteringsventil typ STAD. Vattenserviser till alla tre husen är separata, rörinstallationen är original, merparten av isolering och ventiler är också original.

## Resultat

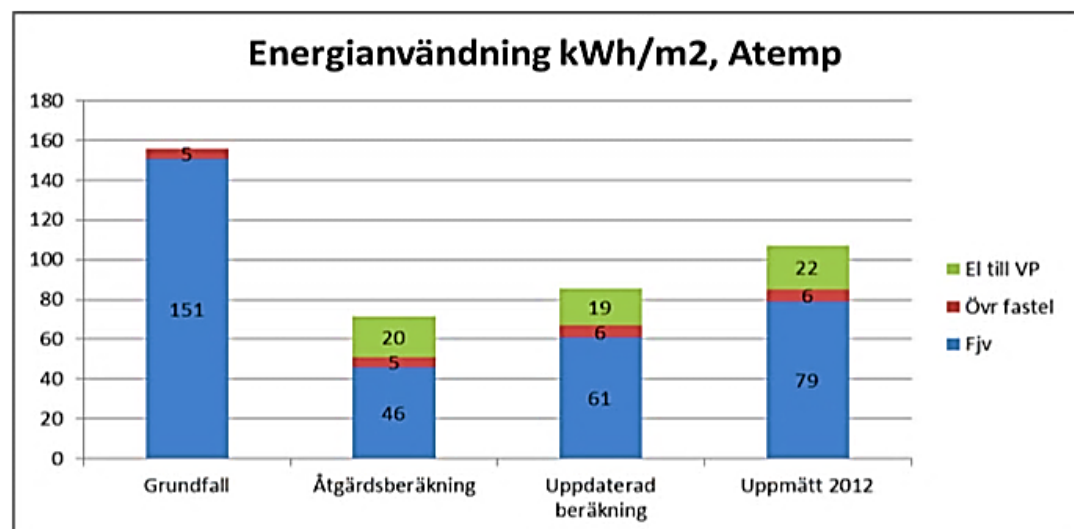
I september 2011 inleddes arbete med uppföljningen av energirenoveringen. Då man inte nådde de förväntade resultaten redan första året efter renoveringen så sträcker sig mätperioden ytterligare ett år. De sammanställda uppmätta värdena på energianvändningen före och efter renoveringen visas i tabell 3.4.

Tabell 3.4 - Uppmätta värden på förbrukningen i fastigheten Klackvägen före och efter renovering.

	Före åtgärder (2010)	Efter åtgärder (2012)	Besparing	Efter åtgärder (2013)
Fjärrvärme (MWh)	894,2	468,6	48 %	513,2
Fastighetsenergi (MWh)	31,7	164,9	- 420 %	139,2
Hushållsel(MWh)	161,8	167,2	- 3 %	167,2*
Tappkallvatten (m <sup>3</sup> )	7019	saknas		Saknas
Tappvarmvatten (m <sup>3</sup> )	3243	2684	17 %	2674

\*Ingen ny mätning av hushållsel genomförd.

2012 gjordes en uppdaterad energiberäkning både genom statistik på energin i huset och hur värmepumpen har fungerat. Som syns i figur 3.1 så är fortfarande skillnaden mellan den beräknade och den faktiskt uppmätta energianvändningen stor. Detta berodde på att värmepumpen hade en sämre värmefaktor än beräknat och därmed även en högre elanvändning, den uppmätta fjärrvärmem var också högre precis som den specifika energianvändningen.



Figur 3.1 - Uppdaterad energiberäkning från 2012 från Klackvägen (BeBo).

## Slutsats

De inledande energiberäkningarna visade på att man kunde göra en potentiell besparing på 50 % av de åtgärder som skedde under renoveringen. Den verkliga energibesparingen uppmättes däremot till 30 - 35 % och därmed mindre än den beräknade besparingen. Anledningen till detta är framförallt en större fjärrvärmeanvändning än förväntat. Andra anledningar är haveri och driftsproblem som lett till sämre utnyttjande av värmepumpen. Utvärderingen visar också på att åtgärdspaketet som har genomförts inte är lönsamma men att det är marginellt. Om åtgärderna och framförallt den beräknade energibesparingen hade gett så mycket som man först beräknat så hade renoveringen varit lönsam. Däremot har *Stockholmshem* fått nöjda boende i husen i och med att det upplevs varmare i huset på grund av vindsisoleringen och mindre buller utifrån med de nya tilläggsisolerade fönstren.

### 3.3.2 Maratonvägen 36 - HFAB

I detta underkapitel används endast en källa och det är rapporten ”Maratonvägen 36 - energieffektiv renovering”, (BeBo, u.å.).

Bostadsbolaget *Halmstads Fastighets AB* renoverade år 2011 51 lägenheter på Maratonvägen i Halmstad. Maratonvägen är ett typiskt miljonprogramsområde med totalt 580 lägenheter fördelade på 21 hus. Dessa byggnader hade, förutom badrumsrenoveringar några år tidigare, genomgått mycket få förändringar sedan de byggdes år 1965 och var därför i underhållsbehov. Byggnaderna var dessutom dåligt isolerade och hade ett självdragssystem för ventilationen. Byggnaderna på Maratonvägen var typiska för 60-talet och hade betongväggar i källaren och resterande ytterväggar av 200 mm lättbetong följt av 120 mm tegel. Vid balkongerna fanns lätta utfackningsväggar och på vinden fanns 125 mm värmeisolering. Alla fönster i byggnaderna var genomgående tvåglasfönster. De boende i lägenheterna upplevde deras hem som dragiga och att dessa hade en dålig termisk komfort p.g.a. det luftläckage som skedde genom utfackningsväggarna vid balkongerna. Syftet med renoveringen var att man siktade på en energiminskning med 50 % av det nuvarande. Tabell 3.5 visar de åtgärder som gjordes rent byggnadstekniskt och tabell 3.6 visar de förändrade U-värdena av samma åtgärder.

Tabell 3.5 – Åtgärderna som gjordes vid renoveringen.

Byggdel	Efter renovering
<b>Ytterväggar</b>	Utvändig tilläggsisolering med 45 mm av utfackningsvägg
<b>Tak</b>	Tilläggsisolering med 400 mm
<b>Fönster</b>	3-glas
<b>Dörrar</b>	Nya dörrar

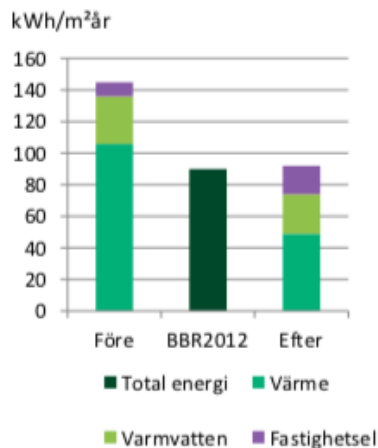
Tabell 3.6 – U-värde för de åtgärdade byggnadsdelarna före och efter renovering.

Byggdela	U-värde före renovering (W/m <sup>2</sup> K)	U-värde efter renovering (W/m <sup>2</sup> K)
<b>Ytterväggar (utfackningsväggar)</b>	0,82	0,43
<b>Tak</b>	0,35	0,08
<b>Fönster</b>	2,7	1,0
<b>Dörrar</b>	2,7	1,4

De installationstekniska åtgärderna som gjordes vid renoveringen var injustering av värmesystemet och nya termostatventiler på radiatorerna. Då byggnaderna sedan tidigare var anslutna till fjärrvärmenätet sattes det vid renovering dit nya fjärrvärmeundercentraler samt byte av de gamla kulvertarna. Det skedde även byte av de gamla tvättmaskinerna i tvättstugorna mot nya, energieffektiva tvättmaskiner anslutna till fjärrvärmen. Istället för självdragssystemet som användes innan så installerades nu ett FTX-system med motströmsvärmeväxlare. Även nya lågenergilampor sattes in där det tidigare suttit mer energislukande lysrör i de publika rummen.

### Resultat

Den totala energibesparing som gjordes var 53 kWh/m<sup>2</sup> tack vare minskade transmissionsförluster, värmeåtervinning i ventilationssystemet och en minskad användning av tappvarmvatten genom nya snålspolande tvättmaskiner. Totalt sett blev det en minskning av 62 kWh/m<sup>2</sup> av dessa minskningar men det som väger upp till 53 kWh/m<sup>2</sup> är en ökning av elanvändningen åt det nya FTX-systemet som installerades. I figur 3.2 syns ett diagram över energianvändningen före och efter åtgärderna är gjorda.



Figur 3.2 – Energianvändning före och efter åtgärder (BeBo).

### Slutsats

Då huset redan var i behov av underhåll så passade det bra att göra byggnaden mer energieffektiv samtidigt. Man minskade energianvändningen med 35 % vilket var mindre än förväntat. Hyresgästerna blev däremot väldigt nöjda med renoveringen trots en hyresökning på 109 kr/m<sup>2</sup> och år. Anledningen var framförallt en inglasning av balkongerna men även att de inte längre upplever drag från utfackningsväggarna och att det upplevs som varmare inomhus. Utifrån kommer inte lika mycket ljud in i lägenheterna och handdukarna i badrummen torkar fortare med hjälp av det nya ventilationssystemet och injusteringen av värmesystemet. Samtidigt som hyran höjs med 109 kr/m<sup>2</sup> och år så minskar energikostnaderna med 53 kr/m<sup>2</sup> och år. Överlag var *Halmstad Fastighets AB* nöjda med renoveringen.

### 3.5 Övriga litteraturstudier

Författarna har valt att lyfta fram rapporter och artiklar som ansetts vara mest intressanta och lämpliga för fallet. Dock har litteraturstudien varit mycket mer omfattande i verkligheten. Det fanns många liknande rapporter som behandlade samma ämne - energieffektivisering av flerbostadshus. De rapporter som inte tagits upp tidigare beskrivs kort nedan:

- “Energieffektivisering i befintlig bebyggelse”. (Grönlund & Rydetorp, 2010). Beskriver den ekonomiska och energibesparande potentialen med energieffektivisering i det äldre byggnadsbeståndet.
- “Energieffektivisering av ett flerbostadshus från miljonprogrammet”. (Hakim & Ali, 2010) En fallstudie av Kungsfågelgatan 12 i Västerås i samarbete med *AB Verner Andersson*, 2010.
- “Energieffektivisering av flerbostadshus”. (Åslund Hedman & Jensen Wennberg, 2016). Studie av det befintliga bostadsbeståndet.
- “Energikartläggning och energieffektivisering av Trinnliden 7:5”. (Lindmark, 2015). Simulering av energibesparande åtgärder i *IDA Indoor Climate and Energy*.
- “Energieffektivisering av Malmö Studenthus”. (Törnblom & Johansson, 2015). Fallstudie av Taxeringsintenten 3.
- “Energieffektivisering”. (Liivo & Jansson, 2010). Beskriver energieffektivisering av miljonprogrammet på Drottninghög i Helsingborg.
- “Energieffektivisering av byggnader”. (Persson & Mared, 2016). Energibesparing med fokus på värmebehovet i en byggnad.
- “Energieffektivisering av flerbostadshus”. (Blom, Johnson & Klit, 2017). Energieffektiviseringspotentialen undersöks i ett kvarter med flerbostadshus från 1940-talet.



### 3.6 Lämpliga åtgärder baserade på litteraturstudierna

Efter en lång litteraturstudie på ämnet energieffektiviseringen och minskad energianvändning av befintliga byggnader kom författarna fram till en ordningsföljd i vilket i vanliga fall följs vid renovering. Denna ordningsföljd är gjord utefter det som har genererat mest energibesparing till den lägsta kostnaden och vad som har varit möjligt att åtgärda i tidiga studier.

Tabell 3.7 – Ordningsföljd för åtgärder.

Ordningsföljd	Åtgärd
1.	Tilläggsisolera vinden
2.	Byte av fönster
3.	Injustera värmesystemet
4.	Byte av ventilationssystem
5.	Tilläggsisolera fasaderna
6.	Byte av värmesystem
7.	Täta klimatskärmen

Ovanstående åtgärder behöver inte överensstämma med fallet som rapporten behandlar. Ordningen skiljer sig från byggnad till byggnad beroende på två faktorer. Första faktorn är om åtgärden är möjlig att genomföra på objektet och den andra faktorn är om det finns ekonomi till att genomföra åtgärden.



## 4 Fallstudie

*Kapitlet beskriver det specifika fallet som undersökts – Örebrogatan 2 i Helsingborg. Fastighetsägaren och förvaltaren Helsingborgshem AB beskrivs precis som området byggnaden är uppförd i. Fastighetens konstruktion, från grund till tak, samt dess energianvändning och ventilation idag beskrivs.*

### 4.1 Helsingborgshem

Helsingborgshem är ett allmännyttigt bostadsbolag som Helsingborgs stad äger. De har i dagsläget ca 12000 lägenheter fördelade på 31 områden i Helsingborgs kommun och är den största aktören på marknaden i Helsingborg. Det är beräknat att ca var femte helsingborgare bor hos Helsingborgshem. Helsingborgshem har, utöver vanliga lägenheter, även ca 700 lokaler som hyrs ut till alltifrån vårdcentraler till privata företag. I företaget jobbar idag ca 200 anställda utspridda på 6 kontor i och runt staden. Fastigheterna är inte enbart placerade i Helsingborgs tätort utan det finns fastigheter även i Kattarp, Domsten, Laröd, Mariastaden, Påarp, Ödåkra och Mörarp vilket sammanslaget ger ett stort geografiskt område i Helsingborgs kommun.

Precis som övriga kommunalägda bolag så jobbar Helsingborgshem för att främja utvecklingen i kommunen, vara till nytta för kommunens invånare och hjälpa till att förverkliga kommunens mål, såväl långsiktiga som kortsiktiga. Deras uppdrag är att utveckla attraktiva bostäder som folk kan trivas i och som gör att staden Helsingborg kan växa, utvecklas och vara en bra stad att leva i för invånarna. De ska också se till att det finns god service i de olika stadsdelarna, bidra till att göra Helsingborg till en öppen, inkluderande och trygg stad att leva i.

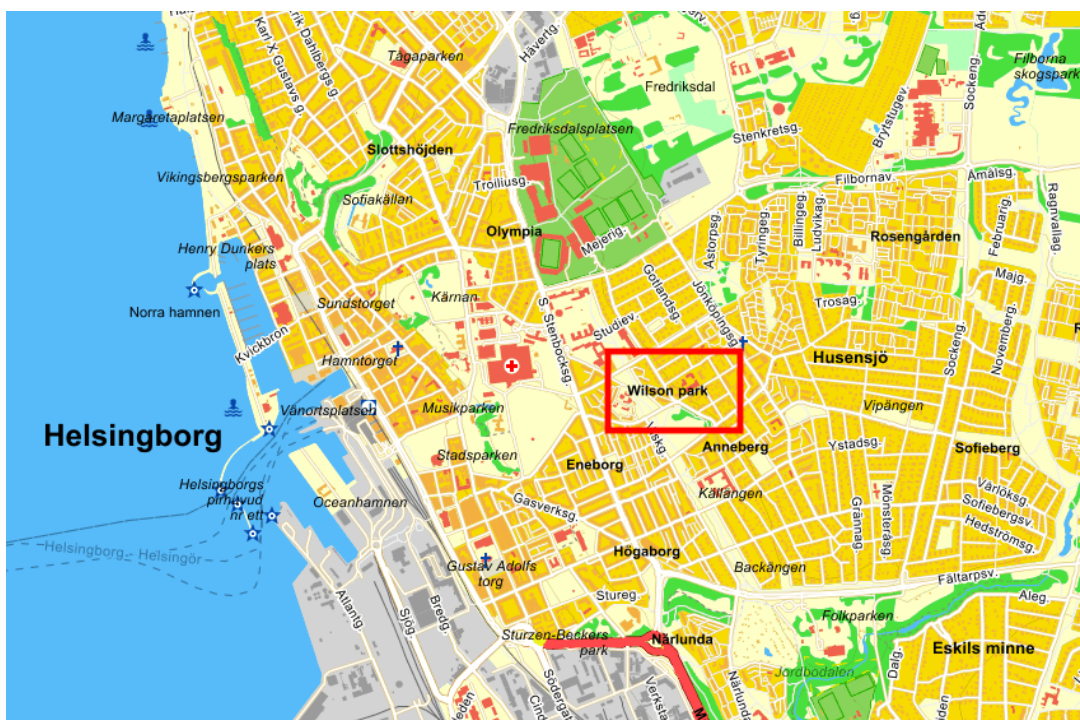
På 1940-talet fastslog riksdagen att samhällets ansvar för försörjning av bostäder gällde alla, inte bara de mer utsatta grupperna. Den svenska modellen har kännetecknats av “goda bostäder åt alla” och på så sätt blev de kommunala bostadsbolagen ett mycket viktigt instrument för politiken. Då kommunerna uppmuntrades att bilda allmännyttiga bostadsbolag så startades Helsingborgshem 1946 och har sen dess spelat en viktig roll i Helsingborgs utveckling.

Helsingborgshem har som bostadsbolag en stor inverkan på närmiljön och därför väljer de att jobba hårt för hållbarheten. Hållbarheten delas in i tre områden: social, ekologisk och ekonomisk hållbarhet. Den sociala hållbarheten går ut på att främja en gemenskapskänsla och trygghet samt skapa levande förutsättningar för staden och dess befolkning. Helsingborgshem arbetar på en rad fronter inom detta under ett projekt som kallas attraktiva stadsdelar. Den ekologiska hållbarheten sköts genom arbetet med att underhålla lägenheterna och fastigheterna och vid nyproduktion skapa en variation av bostäder som möter alla möjliga människors behov. Helsingborgshem ser fastigheter som långsiktiga investeringar. Den ekologiska hållbarheten går ut på att arbeta mot ett sänkt energibehov i

bostäderna. Målsättningen är att den energi som används ska påverka miljön så lite som möjligt och detta görs genom ex. miljömärkt el och miljövänlig fjärrvärme. Vid nyproduktion arbetar man dessutom med att bygga i stationsnära läge så att hyresgästerna ex. ska kunna åka kollektivt på ett enkelt sätt. Den ekonomiska hållbarheten går ut på att säkerställa goda boendemiljöer för dagens och morgondagens invånare. Genom en bra och ansvarsfull fastighetsförvaltning tillsammans med en stabil ekonomisk utveckling i företaget skapas förutsättningarna för hållbara bostäder under en längre period (Helsingborgshem, u.å.).

## 4.2 Områdesbeskrivning

Wilson Park är ett område i sydöstra Helsingborg. Det fick sitt namn från byggmästaren Anders Wilson som köpte mark av Helsingborgs Stad för att bygga upp en villastad i Helsingborg för framförallt förmögna invånare. Försäljningen gick dock trögt och marken styckades istället upp i mindre bitar och såldes istället till mindre förmögna människor. Under 1900-talet uppfördes många villor i Wilson Park men även en del hyreshus som än idag står kvar (Helsingborgs stad, 2019). Idag är Wilson Park en central stadsdel men känns ändå avlägsen med alla de parker och grönområden som finns i och kring Wilson Park. Det finns en stor variation av hustyper och många av dessa är än idag villor, såväl enfamiljs- som tvåfamiljsvillor. Helsingborgshems bostäder på Wilson Park ligger utspridd i olika kvarter. Totalt sett så finns det ungefär 530 bostäder i området (Helsingborgshem, u.å.). Figur 4.1 visar en övergripande karta över Helsingborg med Wilson Park och dess läge i Helsingborg rödmarkerat.



Figur 4.1 – Översiktskarta på Helsingborg med stadsdelen Wilson Park markerat (Eniro).

### 4.3 Objektsbeskrivning – Örebrogatan 2

Fastigheten Örebrogatan 2 i Kv. Hallonet är uppbyggt som ett tidstypiskt lamellhus under efterkrigstiden. Byggnaden består av tre våningsplan samt källare och lägenhetsinredd vind. Byggnaden har tre trapphus som var och en betjänar två lägenheter på entréplan, plan 2 och plan 3. De två yttre trapphusen betjänar även vars en mindre lägenhet på vindsplan. Alla lägenheter på entréplan, plan 2 och plan 3 har tre rum och kök och de två mindre lägenheterna på vindsplan består av ett rum och kök. I källaren finns idag en tvättstuga, två torkrum, ett pentry, en toalett, förråd till lägenheterna på både vinden och nere i källaren och även andra gemensamma rum till de som bor i lägenheterna. Alla lägenheter, förutom de på gavlarna i vindsvåningen, är genomgående och har balkong på den sydvästra fasaden. Våningshöjden är 2,6 meter på entréplan, plan 2 och plan 3 och på vindsplan samt källare är våningshöjden 2,3 meter. Huset värms idag upp med fjärrvärme från det kommunala fjärrvärmenätet. Tabell 4.1 visar övergripande byggnadsfakta om Örebrogatan 2 i Kv. Hallonet. I appendix 1.1 – 1.4 syns plan- och fasadritningar över fastigheten. I figur 4.4 syns bilder på byggnaden.

Tabell 4.1 – Allmänna byggnadsfakta om Örebrogatan 2A-C i Kv. Hallonet.

Adresser	Örebrogatan 2A-C
Byggnadsår (färdig byggnad)	1954
Antal byggnader	1
Lägenheter	20
Affärslokaler	3 i kvarteret
Soprum	1 i kvarteret
Tvättstugor	1 i källaren
Torkrum	1 i källaren
Lägenhetsyta	1440 m <sup>2</sup>
Antal trapphus	3
A <sub>temp</sub>	2079 m <sup>2</sup>

### 4.4 Fastighetens konstruktion

Nedan beskrivs varje byggnadskonstruktion i en god detaljerad nivå för att skapa tydligare förståelse om hur byggnaden är uppbyggd och konstruerad. Byggnaden står på en platta på mark av betong och har även ytterväggar bestående av betong upp till entréplanet. Från entréplan upp till taket består ytterväggen av huvudsakligen lättbetong och tegel. Byggnaden har fyra betongbjälklag. Taket består av ramverkstakstolar täckta av råspont följt av underlagspapp och strö- och bärläkt samt tegelpannor ytterst. Byggnaden har ingen egentlig isolering med bra värmeisoleringsförmåga som ex. cellplast eller mineralull.

Byggnadens beskrivna konstruktion är författarnas tolkningar av de bygglovshandlingar från 1950-talet som är hämtade från stadsbyggnadskontoret i Helsingborg.

#### 4.4.1 Ytterväggar och grund

Grunden består av 80 mm betong följt av ett förmodat dränerande skikt om 150 mm makadam.

I byggnaden finns 5 identifierade typer av ytterväggar. Byggnadens källarytterväggar, YV5, som går upp till entréplan består av 340 mm tjock betong. Nästa yttervägg (YV1) som är byggnadens huvudsakliga ytterväggstyp och går från entréplan upp till taket består av, utifrån sett, 120 mm tegel följt av 220 mm lättbetong och invändig puts. Alla typer av väggar kan ses i figur 4.2.

Detta var en mycket vanlig teknik att bygga flerbostadshus under folkhemsbygget med. Ingen isolering användes och istället byggdes husen av lättbetong för att få en bättre värmeisolering.

Vid balkongerna finns det två olika typer av utfackningsväggar (YV3 och YV4) som består av 220 mm lättbetong i delen under och vid sidan om fönster och dörrarna på balkongen (YV3). Väggen ovanför (YV4) består av 175 mm betong följt av 125 mm lättbetong på utsidan i den övre delen av väggen ovanför balkongens fönster och dörrar.

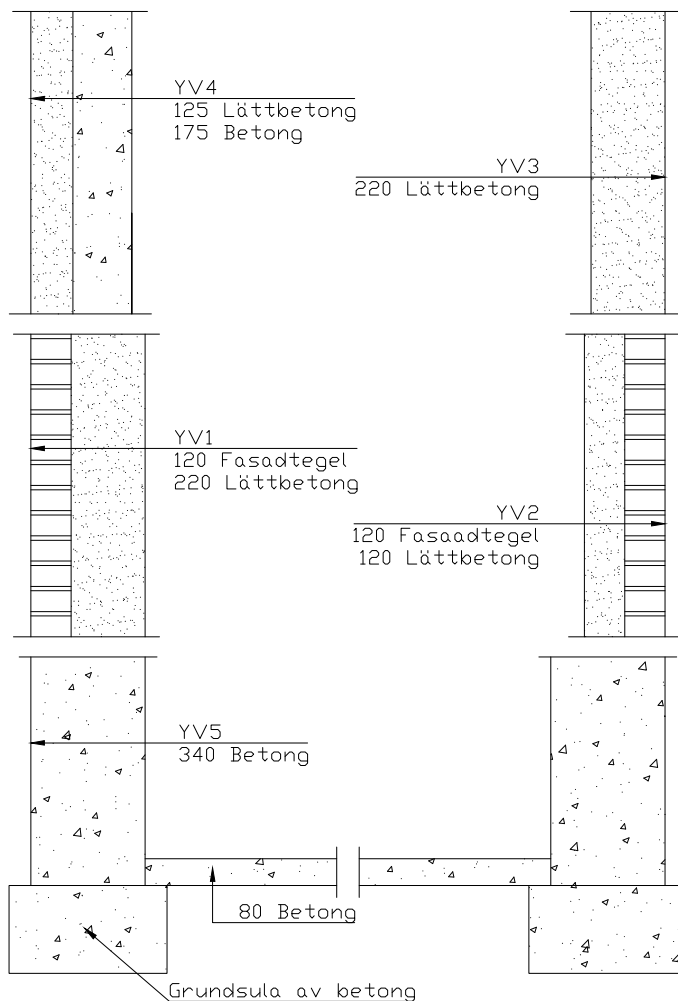
Den sista typen av yttervägg hittar man bakom radiatorerna under fönstren. Denna väggen (YV2) har karvats ut för att få mer plats åt radiatoren och består av 120 mm lättbetong följt av 120 mm tegel på utsidan.

#### 4.4.2 Tak och bjälklag

Takkonstruktionen består av en ramverkstakstol. Ramverkstakstolen har ett c/c-avstånd på 1200 mm. Virket på överramen har dimensionerna 64 x 152 mm<sup>2</sup>. Stödbenet för takstolen har dimensionerna 64 x 152 mm<sup>2</sup> och fästs i en betongklack som sticker upp från vindsbjälklaget, betongklacken har dimensionerna 100 x 100 mm<sup>2</sup>. Sedan finns två stycken snedsträvor och två stycken hanbjälkar med dimensionerna 38 x 127 mm<sup>2</sup>.

Alla bjälklag har en total tjocklek på 300 mm och består av följande skikt från ovansidan och ner:

25 mm	golveläggning
30 mm	betong
85 mm	cellbetong
160 mm	betong



Figur 4.2 – Konstruktionsritning över de olika väggarna samt grund på Örebrogatan 2 (författarna).

#### 4.4.3 Fönster och dörrar

##### Fönster

Byggnaden har totalt 132 fönster i varierande storlekar. Alla fönster är kopplade tvåglasfönster med en luftspalt som skiljer sig åt beroende på storleken på fönstren. Generellt verkar det vara enligt att luftspalten är större på större fönster och mindre på mindre fönster. Uppdelningen av fönstren är enligt tabell 4.2. De befintliga fönstren har enbart genomgått en estetisk uppgradering på senare tid genom att ha plåtats om och ser således ut som nya och fina aluminiumfönster utifrån sett.

Tabell 4.2 – förteckning över fastighetens fönster.

Storlek (mm) / benämning	Antal (st.)	Beskrivning
1400x1400	66	2-lufts-fönster som finns på alla sidor av byggnaden. Finns i varje sovrum, kök och trapphus i byggnaden. Kopplade bågar.
1400x640	3	1-lufts-fönster som finns på sista våningen i trapphusen på nordöstra fasaden.
2000x1400	6	1-lufts-fönster placerade på gavlarna i nordvästlig och sydostlig riktning. Placerade i köken på de berörda lägenheterna. Kopplade bågar.
1550x1400	18	1-lufts-fönster placerade i vardagsrummen ut mot balkongerna på sydvästra fasaden. Direkt ansluta till balkongdörren. Kopplade bågar.
Vindsvånings fönster	2	3-lufts-fönster med vinklar som är placerade på gavlarna i nordvästlig och sydostlig riktning. Pentagonfönster för lägenheterna på vindsvåningen.
Takfönster	6	Mindre fönster som följer takets lutning. Används som inspektionsluckor för att komma ut på taket.
1200x800	8	1-lufts-fönster placerade i källaren på sydvästra fasaden.
950x800	10	1-lufts-fönster placerade i källaren på sydvästra fasaden.
950x500	10	1-lufts-fönster placerade i källaren på den nordöstra fasaden.
600x600	1	1-lufts-fönster placerat i tvättstugan i källaren på sydvästra fasaden.
2000x600	2	2-lufts-fönster placerade i källaren på sydöstra och nordvästra fasaden.

### Dörrar

Det finns totalt 24 dörrar som sitter i byggnadens klimatskärm. Dessa är fördelade på balkongdörrar, källardörrar och entrédörrar där 18 av dessa är balkongdörrar, 3 stycken är källardörrar och 3 stycken är entrédörrar vid trapphusen. Uppdelningen av dörrar enligt tabell 4.3. Precis som fönstren så har balkongdörrarna genomgått en estetisk uppgradering i



form av utvändiga plåtdetaljer för att se modernare ut. Entrédörrarna förmodas ha bytts någon gång under 1980-talet.

Tabell 4.3 – förteckning över fastighetens dörrar.

Storlek (mm) / benämning	Antal (st.)	Beskrivning
Balkongdörr, 2100x840	18	Dörr med kopplade bågar. Luftspalt på 34 mm mellan glasen. Placerade på sydvästra fasaden.
Källardörr, 2100x1020	3	Massiva plåtdörrar. 2 av dessa hade glasruta om 700x700 mm mitt på.
Entrédörrar, 2200x1400	3	Glasdörrar med ej öppningsbart glasparti bredvid. Placerade på nordöstra fasaden.

## 4.5 Köldbryggor

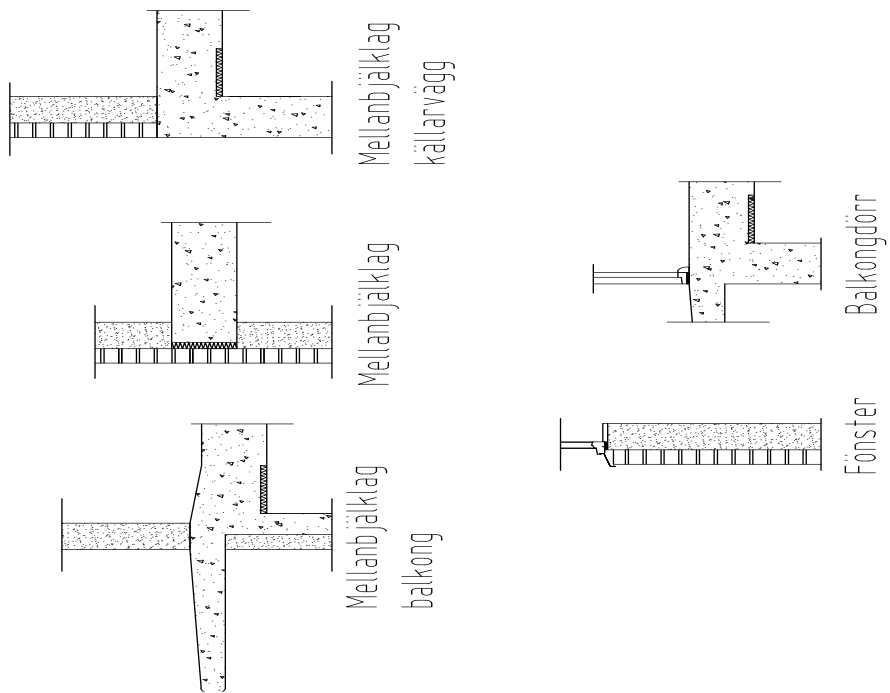
I byggnaden finns identifierade köldbryggor i följande delar:

1. Anslutningen mellan olika bjälklag och olika former av yttervägg
2. Runt fönster vid infästning i vägg
3. Runt dörrar vid infästning i vägg

Dessa köldbryggor syns i form av konstruktionsritningar i figur 4.3.

Köldbryggor mellan olika bjälklag och ytterväggar uppstår när bjälklaget bestående av betong möter någon av ytterväggarna YV1, YV2, YV3, YV4 och/eller YV5. Det mötet bidrar till att närstående ytor blir kallare och temperaturen vid dessa ytor kan vara kallare än resterande ytor. Det som gjordes för att förebygga köldbryggan vid byggnationen var att lägga till en träullsplatta mellan betongplattan och fasaden på utsidan av byggnaden. I vissa fall lades den träullsplattan på nedre delen av bjälklagets betongplatta.

Köldbryggor runt fönster och dörrar uppstår när två olika material med olika värmeledningsförmåga berör varandra och skapar köldbrygga för den ytan. Dessa köldbryggor är olika allvarliga beroende på hur väl utförd drevningen och isoleringen mellan fönstret/dörren och ytterväggen är. För att förebygga den typen av köldbryggor vid byggnationen så utfördes drevning runt om fönster och dörrar för att minska köldbryggan så mycket så möjligt.



Figur 4.3 – Konstruktionsritningar av byggnadens identifierade köldbryggor (författarna).



Figur 4.4 – Bilder av byggnaden utifrån sett (författarna).

## 4.6 Fastighetens energi

I den senaste (2019-01-21) sammanfattningen av energideklarationen (upprättad enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2007:4)) om energideklaration för byggnader) för byggnaden framgår det att byggnadens energiklass är E. Byggnadens energiprestanda/primärenergital är 137 kWh/m<sup>2</sup> och år som kan jämföras med kravet för primärenergialtet för nybyggnad (energi klass C) som ligger på 85 kWh/m<sup>2</sup> och år. Primärenergialtet är måttet på en byggnads energiprestanda och som infördes i Boverkets byggregler den 1 juli 2017. Det är ett jämförelsetal som används för att avgöra om byggnaden klarar eller inte klarar detta krav. Det är alltså inte byggnadens verkliga energianvändning (BBR, 2017). Den specifika energianvändningen för byggnaden är 124 kWh/m<sup>2</sup> och år. Uppvärmningssystemet är fjärrvärme från det kommunala fjärrvärmenätverket och energianvändningen för fjärrvärme är fördelat på uppvärmning och tappvarmvatten. Uppvärmningen är uppmätt till 185 631 kWh och för tappvarmvattnet är det uppmätt till 51 973 kWh. Uppmätningarna genomfördes under kalenderåret 2017 och i mätningarna ingår även fastighetselen som uppmättes till 6 100 kWh. Sammanlagt ger detta en energi för uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsel på 243 704 kWh. Det normalårskorrigerade värdet för byggnadens energianvändning hamnar på 258 696 kWh/år och primärenergianvändningen på 284 648 kWh/år fördelat på en  $A_{temp}$  (Den uppvärmda arean i en byggnad) om 2079 m<sup>2</sup>. Byggnaden har idag varken solceller eller solvärme. Den utförda energideklarationen för Örebrogatan 2A-C finns under appendix 2.1 – 2.3.

## 4.7 Fastighetens ventilation

Byggnaden har ett ventilationssystem av typen frånluft med frånluftsfläktar placerade på vinden. Alla tre trapphus har sitt eget frånluftssystem och därför sitter också tre fläktar på vinden som var och en betjänar vars ett system. Även tvättstugan i källaren har ett eget frånluftssystem med egen fläkt. Enligt den obligatoriska ventilationskontrollen (OVK) som gjordes hösten 2015 så har de tre fläktarna som betjänar trapphusen en effekt på 0,187 kW vardera. Fläkten i källaren som betjänar tvättstugan har en mindre effekt på 0,08 kW. Börvärdet på flödet i frånluftskanalerna är 170 l/s för varje trapphus och ett börvärde för tvättstugan på 50 l/s. Frånluftsventilerna är i lägenheterna placerade i köket och toaletten. I köket är köksfläkten en kolfilterfläkt av äldre modell med ett frånluftsdon placerad högt i vägg ovan fläkten. Det övriga frånluftssystemet installerades 1994 då det skedde ventilationsbyte i alla byggnader på både fastigheterna Kv. Hallonet och Kv. Björnbäret. Tidigare hade det endast funnits självdragssystem i byggnaderna sen den tid då kvarteren uppfördes.



## 5 Metod

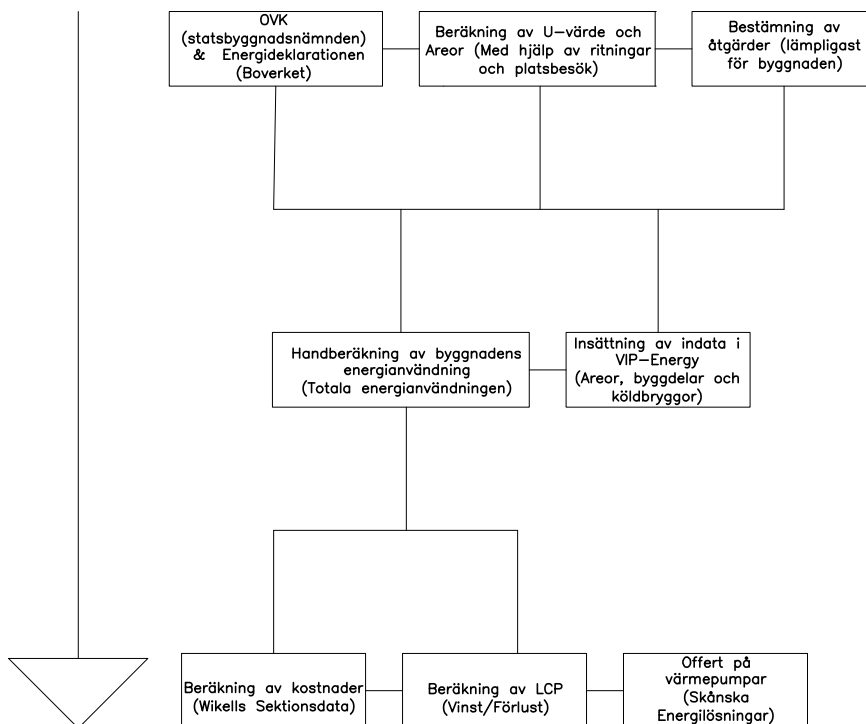
De beräkningar som använts i de olika beräkningsmetoderna redovisas utförligt genom att ange relevanta formler för beräkningarna. Kapitlet beskriver också hur författarna har jobbat med arbetet.

### 5.1 Arbetsgång

Vid arbetet med beräkningar och beräkningsprogrammen har trovärdiga siffror tagits från bl.a. OVK och senast utförda energideklaration. Med hjälp av platsbesök och måttsättningar på ritningar kunde byggnaden och dess delar beräknas både vad gäller längder, areor och slutligen även U-värde och transmissionsberäkningar. Genom att se från tidigare utförda studier kunde dessutom många av de planerade åtgärderna uteslutas och begränsas till ett fåtal. Arbetet med beräkningarna går att följa ur figur 5.1.

Handberäkning genomfördes med givna formler och jämfördes sedan med resultatet från beräkningen som VIP-Energy gav.

Vad gäller de ekonomiska beräkningarna så hämtades kostnader framförallt in från Wikells förpackerade kostnader trots att vissa materialkostnader har hämtats in från andra källor. Det har även beräknats priser från offerter för att sedan se hur dessa står sig i de handberäknade LCP-beräkningarna.



Figur 5.1 – Modell över författarnas arbetsgång vid energiberäkningar (författarna).

## 5.2 Beräkningsmetoder

Detta underkapitel syftar till att reda ut de formler som används inom respektive område och varför just dessa används.

### 5.2.1 Energi och byggteknik

För att räkna ut en byggnads energibehov krävs beräkningar med givna formler. Värme försvinner ut från en byggnad genom transmissionsförluster genom byggdelar men också via köldbryggor. Vidare försvinner det värme genom luftläckage i otätheter i klimatskärmen och även i ventilationen försvinner värme då den uteluft som kommer in måste värmas upp av värmesystemet.

Transmissionsförlusterna,  $Q_t$ , beräknas genom (Warfvinge & Dahlblom, 2010):

$$Q_t = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + \sum_{k=1}^m \Psi_k \cdot l_k + \sum_{j=1}^p X_j \quad (\text{W/K}) \quad (5.1)$$

där

$U_i$	= värmegenomgångstal för en byggnadsdel (W/m <sup>2</sup> K)
$A_i$	= byggnadsdelens invändiga area (m <sup>2</sup> )
$\Psi_k$	= värmegenomgångstal för linjär köldbrygga (W/mK)
$l_k$	= linjära köldbryggans längd (m)
$X_j$	= värmegenomgångstal för punktformig köldbrygga (W/K)

Värmeförlusterna genom ventilationen beräknas av ventilationens specifika värmeförlustfaktor,  $Q_v$ , med formeln (Warfvinge & Dahlblom, 2010):

$$Q_v = \rho \cdot c_p \cdot q_v \quad (\text{W/K}) \quad (5.2)$$

$\rho$  = luftens densitet, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_p$  = luftens specifika värmekapacitet, 1000 J/kgK

$q_v$  = styrt ventilationsflöde (m<sup>3</sup>/s)

Värmeförlusterna för en byggnads luftläckage beräknas med den specifika läckageförlusten,  $Q_{ov}$ , med formeln (Warfvinge & Dahlblom, 2010):

$$Q_{ov} = \rho \cdot c_p \cdot q_{ov} \quad (\text{W/K}) \quad (5.3)$$

$\rho$  = luftens densitet, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_p$  = luftens specifika värmekapacitet, 1000 J/kgK

$q_{ov}$  = oavsiktligt ventilationsflöde (m<sup>3</sup>/s)

För att sedan få ut den totala värmeförlusten används formeln (Warfvinge & Dahlblom, 2010):

$$Q_{tot} = Q_t + Q_v \cdot (1 - \eta) + Q_{ov} \quad (\text{W/K}) \quad (5.4)$$

(5.4) är anpassad för en byggnad där värmen i ventilationsluften återvinns, varför faktorn  $1 - \eta$  används då  $\eta$  är verkningsgraden för återvinningen.

Då energianvändningen för ett helt år behöver beräknas så kan gradtimmemetoden användas. För att det ska gå att använda behöver byggnadens gränstemperatur  $T_g$  beräknas enligt formeln (Warfvinge & Dahlblom, 2010):

$$T_g = T_{inne} - \frac{P_g}{Q_{tot}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (5.5)$$

Där  $P_g$  är den interna energin som tillkommer från ex. personers och elapparaters alstrade värmetillskott till rummet.

När gränstemperaturen är känd behövs normalårstemperaturen,  $T_{un}$  ( $^\circ\text{C}$ ) för en viss region/ort. Denna normalsårstemperatur är utetemperaturens medianvärde under ett helt år. Med  $T_g$  och  $T_{un}$  kända tas värdet för antalet gradtimmar,  $G_t$ , fram genom given tabell.

Formeln för byggnadens slutgiltiga årsenergibehov beräknas med formeln (Warfvinge & Dahlblom, 2010):

$$E_{uppv} = Q_{tot} \cdot G_t \quad (\text{Wh/år}) \quad (5.6)$$

Byggnadens primärenergital beräknas enligt formeln (BBR26):

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 (\frac{E_{uppv,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} E_{tvv,i} + E_{f,i}) \cdot PE_i}{A_{temp}} \quad (\text{kWh/år och m}^2) \quad (5.7)$$

$E_{uppv,i}$	= energi till uppvärmning för energibärare (kWh/år)
$F_{geo}$	= geografisk justeringsfaktor (-)
$E_{kyl,i}$	= energi till komfortkyla för energibärare (kWh/år)
$E_{tvv,i}$	= energi till tappvarmvatten för energibärare (kWh/år)
$E_{f,i}$	= energi till fastighetsenergi för energibärare (kWh/år)
$PE_i$	= primärenergifaktor för el, fjärrvärme, fjärrkyla, biobränsle, olja och gas (-)
$A_{temp}$	= Arean av samtliga våningsplan för temperaturreglerande utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 grader ( $\text{m}^2$ )

Vad gäller de mer byggtekniska beräkningarna är det framförallt byggnadens olika delar och materials U-värde samt värmeövergångsmotstånd, R, som har beräknats. U-värdet beräknas genom formeln (Sandin, 2010):

$$U = \frac{1}{\sum R} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (5.8)$$

R = värmeövergångsmotstånd ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )

Vid beräkning av värmeövergångstalet R så används formeln (Sandin, 2010):

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (\text{m}^2\text{K/W}) \quad (5.9)$$

d = materialets tjocklek (m)

$\lambda$  = materialets värmekonduktivitet ( $\text{W/mK}$ )

För att beräkna ett medelvärde för U-värde för en byggdel med olika U-värden används en förenklad formel enligt (Sandin, 2010):

$$U_{medel} = \frac{A_1 \cdot U_1 + A_2 \cdot U_2}{A_{tot}} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (5.10)$$

där

$A_1$  och  $U_1$  = första byggdelens invändiga area och U-värde ( $\text{m}^2$  resp.  $\text{W/m}^2\text{K}$ )

$A_2$  och  $U_2$  = andra byggdelens invändiga area och U-värde ( $\text{m}^2$  resp.  $\text{W/m}^2\text{K}$ )

$A_{tot}$  = sammanlagda arean för byggdelarna ( $\text{m}^2$ )



## 5.2.2 Ekonomi

Vid ekonomiberäkningar i fallstudien har LCP-metoden använts. Detta sätt att räkna är vanligt förekommande och tar hänsyn till bl.a. kalkylränta, kalkylperiod och restvärde.

LCP beräknas genom formeln (Olander, 2016):

$$LCP = \sum_{t=0}^n \frac{I_t - U_t}{(1+r)^t} - A + \frac{R_n}{(1+r)^n} \quad (5.11)$$

A	= Anskaffningsavgift	(SEK)
I <sub>t</sub>	= Inkomster år t	(SEK)
U <sub>t</sub>	= Utgifter år t	(SEK)
I <sub>t</sub> -U <sub>t</sub>	= Driftnetto år t	(SEK)
R <sub>n</sub>	= Restvärde efter n år	(SEK)
r	= kalkylränta	(%)
n	= ekonomisk livslängd	(år)

I fallstudien har en mer förenklad modell använt och i (5.11) har den sista termen  $\frac{R_n}{(1+r)^n}$  inte använts då den anses som försumbar i alla åtgärder.

## 5.3 Beräkningsprogram

### 5.3.1 VIP-Energy

Beräkningen av energiprestandan för byggnaden har beräknats via *VIP-Energy* programmet som snabbt och enkelt simulerar vad som händer med byggnaden för varje timme under ett helt år. Därefter har insättningen av renoveringsåtgärderna skett enskilt för att se vilken effekt var och en av åtgärderna har för byggnaden enligt programmets beräkning av energianvändningen. För att få ut det bästa möjliga paketet av åtgärder sätts de mest gynnsamma åtgärderna sedan tillsammans för att framställa den verkliga och slutliga lösningen i programmet.

### 5.3.2 Ekonomiberäkningar

Vid de ekonomiska beräkningarna har vanlig överslagsräkning till stor del använts innan detta har placerats i *Excel*-filer för att på så sätt ge ut mer exakta och tydligare beräkningar. För att få fram faktiska priser på material så har *Wikells sektionsdata* använts och till viss del även offerter från kunniga experter.

## 5.4 Handlingar och ritningar

En del planritningar över fastigheten samt all energistatistik över byggnaderna har Helsingborgshem bidragit med. För mer kompletterande ritningar som konstruktionsritningar och en del installationsritningar kontaktades stadsbyggnadsnämnden på Helsingborgs Stad som visade sig ha många exemplar på dessa från tidigare sökta bygglov

kring fastigheten. Ytterligare relevanta dokument och andra handlingar inhämtades från A-konsult i Helsingborg då dessa hade gjort en trygghetscertifiering på området år 2016. A-konsult bidrog också med Dwg-filer till arbetet som har hjälpt till mycket vid bl.a. måttbestämningar för mått som inte fanns utsatta på ritningarna.

## **5.5 Platsbesök**

För att få en personlig bild av hur fastigheten ser ut, hur den är uppbyggd och för att se hur läget runt omkring byggnaden är skedde ett antal platsbesök. En del besök var utvändiga runt om byggnaden och en del var invändiga då det fanns personal som kunde öppna och göra de möjligt att se byggnadens insida. Det har tagits bilder från dessa besök på saker som tycktes vara viktiga för rapporten. Även en rundtur med en fastighetsskötare har skett ute på plats där denne gav nyttig information om området i stort och den berörda byggnaden i synnerhet.

## 6 Resultat och analys

I resultat och analys beskrivs de resultaten som har framkommit i fallstudien genom beräkningar, såväl hand- som använda programberäkningar. Resultaten visar både de ekonomiska aspekterna och de energibesparande effekterna av åtgärderna.

### 6.1 Energiberäkningar

#### 6.1.1 Handberäkning

Vid handberäkningen av fastigheten Örebrogatan 2 användes siffror från OVK såväl som mått från ritningarna på byggnaden. Vid transmissionsberäkningen beräknades köldbryggor med ett schablonpåslag på 30 % av transmissionsförlusterna (Miljöbyggnad 3.0). Tabell 6.1 redovisar hela fastighetens olika delar och hur mycket som förloras genom transmission för dessa delar. För mer utförlig redogörelse för areor och U-värden se appendix 3.1 – 3.3.

Tabell 6.1 – Transmissionsförluster genom byggnadens olika delar

Byggdela	Transmissionsförlust (W/K)
Vägg 220 lbtg + 120 tegel – YV1	263,0
Vägg 120 lbtg + 120 tegel – YV2	61,3
Vägg 220 lbtg – YV3	75,1
Vägg 175 btg + 125 lbtg – YV4	20,8
Vägg 340 btg (källarvägg) – YV5*	379,6
Grund	137,3
Vindsbjälklag (tak)	380,5
Tvåglasfönster	621,5
Entrédörr	22,1
Källardörr	12,9
Balkongdörr	69,9
<b>Summa</b>	<b>2 043,9 W/K</b>

\*Källarväggen sträcker sig 1,5 m under marknivå samt 0,8 m över marknivå och är i direkt kontakt med uteluften. För att få fram ett U-värde har beräkningen skett genom  $U_{medel}$ -metoden som finns på appendix 3.2–3.3.

Insättning av siffror i (5.1) gav:

$$Q_t = \sum U \cdot A = 2043,9 \text{ W/K för hela fastigheten}$$

Köldbryggornas påverkan fås genom påslaget på 30 % till  $2043,9 \cdot 0,30 = 613,2 \text{ W/K}$

Insättning av siffror från byggnadens OVK i (5.2) gav:

$$Q_v = 1,2 \cdot 1000 \cdot \frac{(170 \cdot 3 + 50)}{1000} = 672 \text{ W/K för hela fastigheten}$$

Där det styrda ventilationsflödet är beräknat utifrån det börvärde som är angiven i OVK. På vinden fanns tre frånluftsfläktar med börvärde på vardera 170 l/s samt en frånluftsfläkt i tvättstugan på källarplan med börvärde om 50 l/s.

Insättning av siffror i (5.3) gav:

$Q_{ov} = 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,14 = 168,0 \text{ W/K}$  för hela fastigheten där värdet på det oavsiktliga ventilationsflödet,  $q_{ov}$  hämtades från extern källa (Harryson, 2011).

Tillsammans ger dessa värden som mynnar ut i (5.4):

$$Q_{tot} = 2043,9 + 613,2 + 672 + 168 = 3497,1 \text{ W/K}$$

3 497,1 W/K är den slutgiltiga värmeförlusten (inklusive de 613,2 W/K som påslaget för köldbryggorna om 30 % gav) för hela fastigheten som framkommit av handberäkningen.

För vidare beräkning med gradtimmemetoden behövs siffror för gratisvärmerna från ex. människor som bor i lägenheterna. För dessa siffror har kurslitteratur använts för att ge en så rättvis bild som möjligt av byggnadens energibehov.

Gratisenergin,  $P_g$ , ges av tabell 6.2 (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Tabell 6.2 – Överslagsvärde för internt värmetillskott.

Verksamhet	Personvärme ( $\text{W/m}^2\text{A}_{temp}$ )	Belysning ( $\text{W/m}^2\text{A}_{temp}$ )	Elapparater ( $\text{W/m}^2\text{A}_{temp}$ )
Bostäder	1,5	4	3

$$P_g = ((1,5 + 4 + 3) \cdot 2079) = 17671,5 \text{ W}$$

Från detta värde kunde sedan gränstemperaturen räknas ut genom (5.5):

$$T_g = 19 - \frac{17671,5}{3497,1} = 13,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

Årsmedeltemperaturen för Helsingborg (Lund) togs fram till  $T_{un} = 7,9^\circ\text{C}$

Med dessa siffror kunde antalet gradtimmar räknas ut via interpolering av given tabell 6.3 (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Tabell 6.3 - Förkortad tabell av använda gradtimmar vid interpolering.

$T_g$	$T_{un}$ °C	
	7	8
°C		
14	70 600	62 700
13	64 300	56 600

Interpolering av värdena ur tabell 6.3 gav följande  $G_t$ :

$$G_t = 62\,878 \text{ } ^\circ\text{Ch}/\text{år}$$

Utifrån detta beräknades det slutgiltiga årsenergibehovet för värmen genom insättning i (5.6):

$$E_{uppv} = 3\,497,1 \cdot 62\,878 = 219\,888 \text{ kWh}/\text{år}$$

Totala energianvändningen för fastigheten fås då summering av byggnadens värmeårsenergibehov summeras med årsenergibehovet för varmvattnet och årsenergibehovet för fastighetselen. D.v.s.  $E_{tot} = E_{uppv} + E_{varmvatten} + E_{fastighetsel}$

Värdena för varmvatten och fastighetselen har hämtats från byggnadens energideklaration Utöver dessa tas hänsyn till vädring i byggnaden. Den sätts till 4 kWh/m<sup>2</sup> år (BFS 201716, BEN 2).

$$E_{tot} = 219\,888 + 51\,973 + 6\,100 + (4 \cdot 2\,079) = 286\,277 \text{ kWh}/\text{år}$$

Totala energianvändningen för byggnaden fås då  $E_{tot}$  divideras med  $A_{temp}$

$$\frac{286\,277}{2\,079} = 137,7 \text{ kWh}/\text{år}, \text{m}^2$$

För att få fram primärenergitalet används (5.7):

$$EP_{pet} = \frac{\left( \left( \frac{219\,888}{0,9} \right) + 51\,973 \right) \cdot 1,0 + (6100 \cdot 1,6) + (4 \cdot 2079)}{2079} = 151,2 \text{ kWh}/\text{år}, \text{m}^2$$

### 6.1.2 VIP-Energy

Först beräknas energianvändningen för byggnaden för att jämföra resultatet från programmet med resultaten från energideklarationen och handberäkningen. Indatan som används i programmet VIP-Energy består av följande:

- Areor för respektive byggdel
- Konstruktionen för hela byggnaden
- Orientering för respektive byggdel
- Köldbryggor
- Ventilationsflöde och frånluftsfläkten
- Klimatdata
- Tidschema för driftfall
- Krav för BBR26

I princip används samma indata för beräkning av energianvändningen för byggnaden med åtgärderna. Det som skiljer sig är att konstruktionen ändras utifrån åtgärderna.

### **Utan åtgärder**

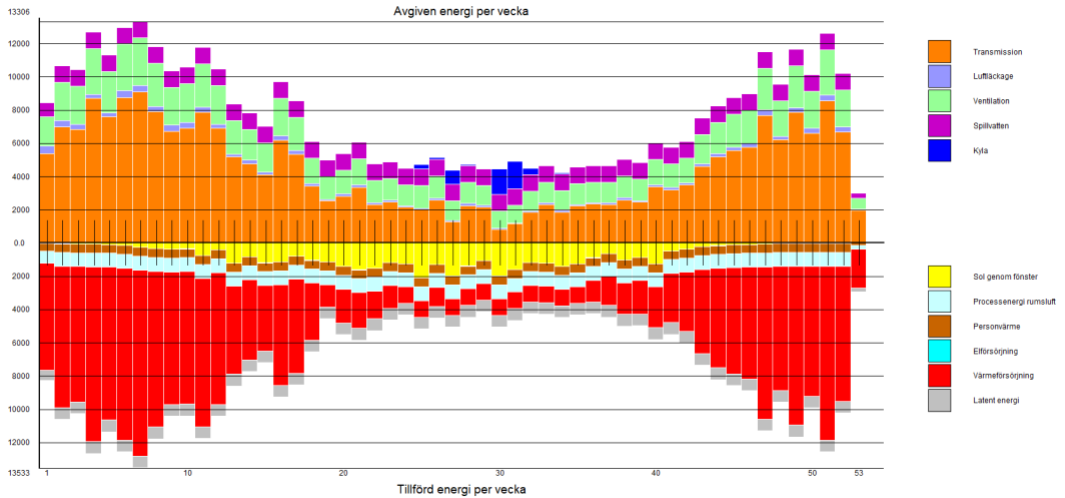
Insättning av all indata som beräknats för byggnaden i VIP-Energy gav olika typer av statistiska resultat på avgiven energi och tillförd energi. Figur 6.1 visar den avgivna samt den tillförda energin per vecka för byggnaden idag utan några åtgärder, där följande parametrar ingår i resultatet:

– Avgiven energi:

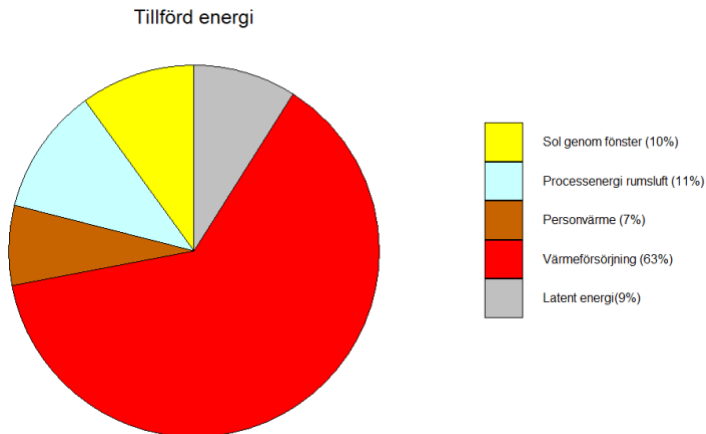
- Transmission
- Luftläckage
- Ventilation
- Spillvatten
- Kyla (kyla i programmet motsvarar vädring)

– Tillförd energi:

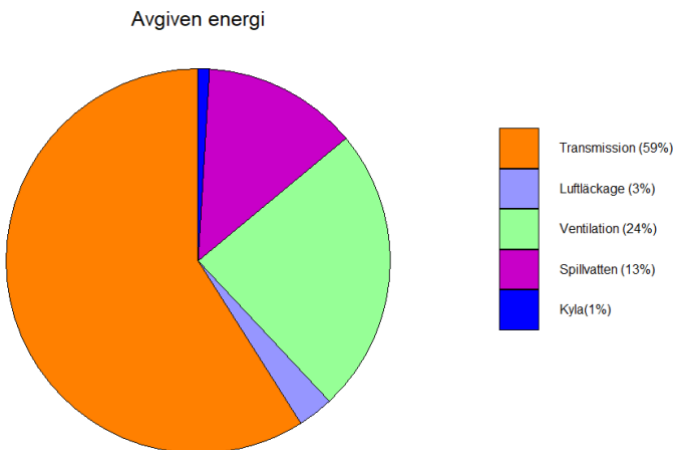
- Sol genom fönster
- Processenergi rumsluft
- Personvärme
- Värmeförsörjning
- Latent energi



Figur 6.1 – Veckoredovisning av tillförd och avgiven energi.



Figur 6.2 – Procentuell redovisning av avgiven energi.



Figur 6.3 – Procentuell redovisning av tillförd energi.

För en tydligare uppfattning av energiuppdelningen redovisas den avgivna energin och tillförda energin i figur 6.2 respektive 6.3 där resultaten redovisar andelarna procentuellt. I tabell 6.4 syns byggnadens energianvändning i dagsläget jämfört med nybyggnadskraven i BBR26.

Tabell 6.4 – Byggnadens beräknade energivärde före åtgärder.

Energikrav	Beräknat värde	Tillåtet värde
<b>U-värde</b>	1,285	0,400
<b>Energianvändning (kWh/m<sup>2</sup>år)</b>	121,1	-
<b>Primärenergital (kWh/m<sup>2</sup>år)</b>	131,9	85,0

### Med åtgärder

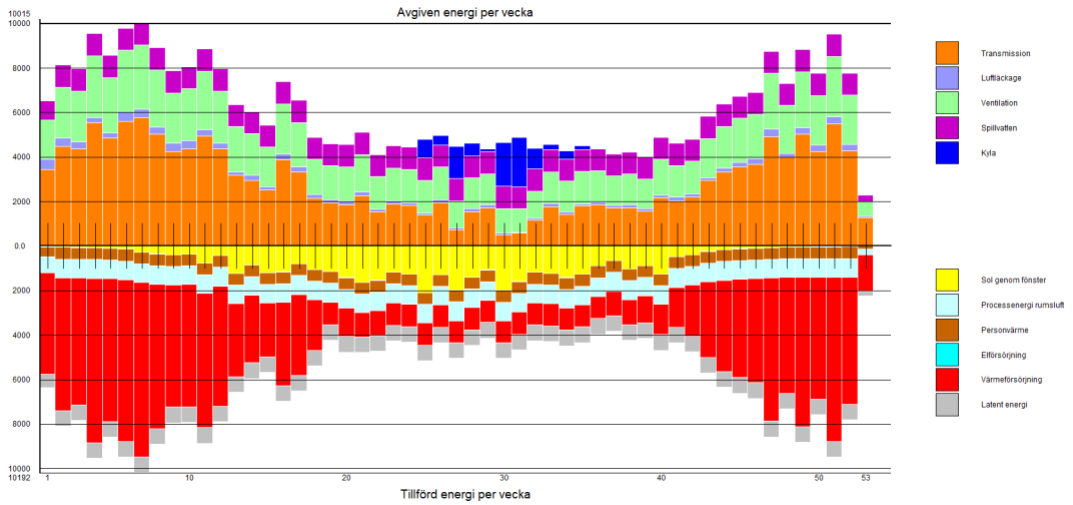
Insättning av känd data i VIP-Energy gav statistik i form av veckovis energianvändning som syns i figur 6.4 för byggnaden med alla åtgärder samlade i ett paket. En utförlig energiberäkning med VIP finns i appendix 4.1 – 4.9. I figur 6.5 syns den avgivna energin och i figur 6.6 visas tillförd energi. Genom att tillsätta alla åtgärder som inte rör värmepumparna sänks byggnadens energibehov avsevärt. Statistiken för den nya användningen togs fram genom VIP-Energy och jämfördes med BBR26 som är den senaste uppdateringen av Boverkets Byggregler. I tabell 6.5 syns den nya energianvändningen i en jämförelse med BBR26. För mer utförlig redogörelse för U-värden se appendix 5.1 – 5.2.

Åtgärder som genomförs och beräknas i VIP:

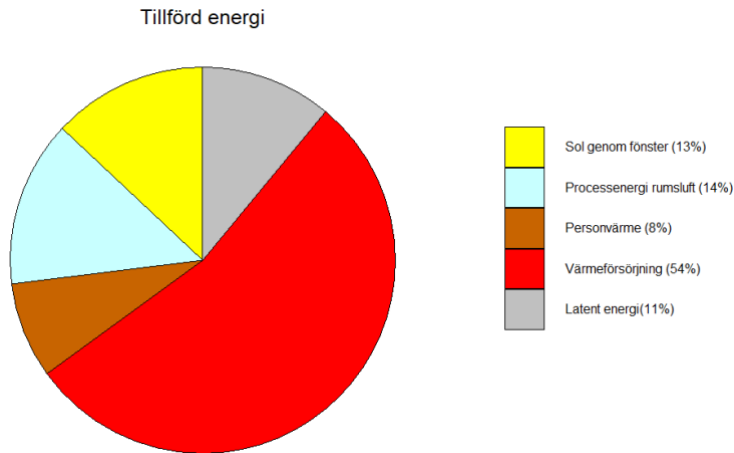
- Byte av fönster ger betydligt bättre U-värde. Från tidigare 2,7 till 1,0
- Byte av balkongdörrar ger förändrat U-värde från 2,2 till 0,95.
- Byte av entrédörrar ger förändrat U-värde från 2,5 till 1,0.
- Byte av källardörrar ger förändrat U-värde från 2,0 till 0,9.
- Tilläggsisolering med 100 mm på källarväggen.
- Tilläggsisolering med 80 mm på utfackningsväggarna YV3 och YV4.
- Lösullsisolering med 500 mm på vindsbjälklaget.



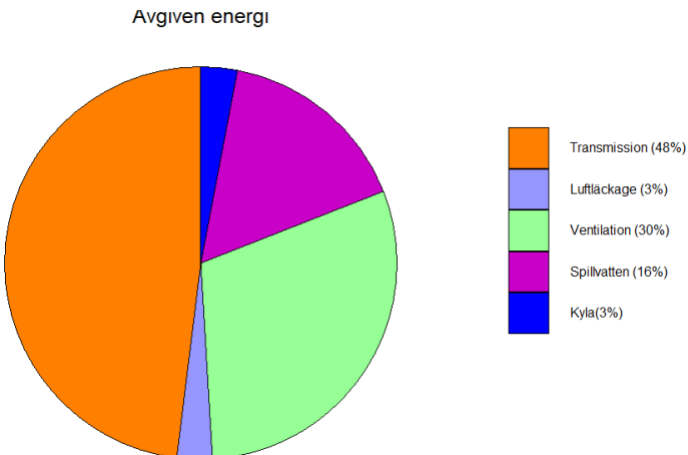
## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus



Figur 6.4 – Veckoredovisning av tillförd och avgiven energi.



Figur 6.5 – Procentuell redovisning av avgiven energi.



Figur 6.6 – Procentuell redovisning av tillförd energi.

Som syns ur tabell 6.5 klarar inte byggnaden nybyggnadskraven även om alla åtgärder tillsätts. Resultatet är under förväntningarna men i likhet med de studerade renoveringarna från BeBo klarade inte dessa renoveringar heller kraven för BBR26. Däremot är inte värmepumparna inkluderade i detta resultat då beräkningar gjorts enskilt för dessa.

Tabell 6.5 – Byggnadens beräknade energivärde efter åtgärder.

Energikrav	Beräknat värde	Tillåtet värde
<b>U-värde</b>	0,794	0,400
<b>Energianvändning (kWh/m<sup>2</sup>år)</b>	84,3	-
<b>Primärenergital (kWh/m<sup>2</sup>år)</b>	91,0	85,0

### 6.1.3 Värmepumpar

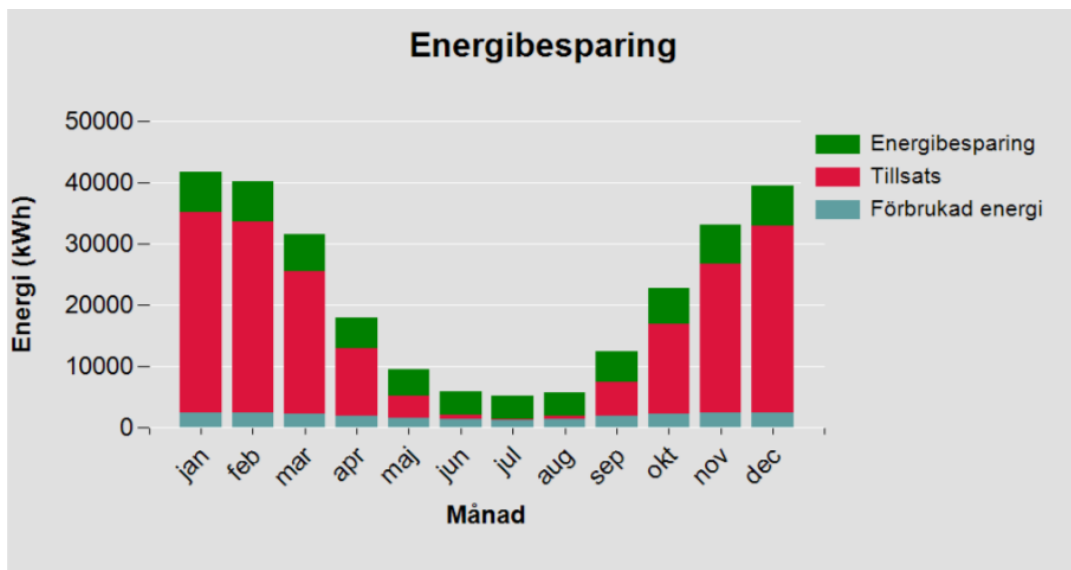
För beräkning av både energibesparingar och kostnader för de två individuella åtgärderna installation av frånluftsvärmepump samt installation av bergvärmepump kontaktades Skånska energilösningar, ett specialiserat energiföretag inom bl. a värmepumpar för uppgiften. Företaget lämnade både pris och förväntad energibesparing för resp. åtgärd på byggnaden.

Vid installation av bergvärmepump har fastighetsvärmepumpen Mega XL HGW från Thermia valts. Detta är en modell som har en effekt på upp till 88 kW och använder sig av varvvalsstyrd kompressor för att kontinuerligt anpassa effekten utefter rådande behov. Det kallas inverterteknik och innebär att värmepumpen kan leverera 100 % energitäckning.

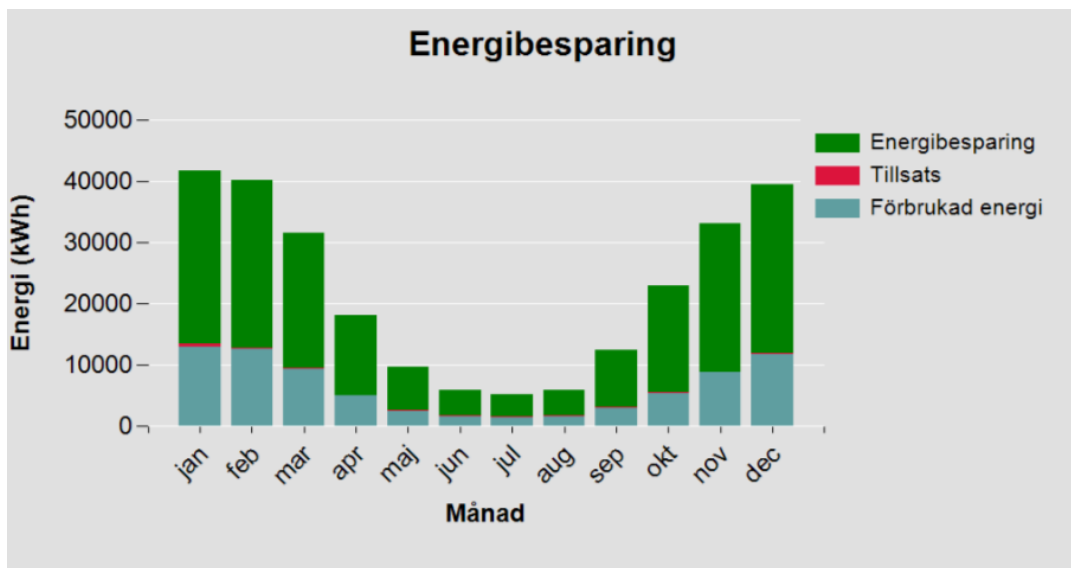
För just fastigheten Örebrogatan 2 har energiexperterna räknat med ett energibehov på 267 009 kWh/år som det ser ut idag. Det är en liten uppräknig från den specifika energianvändningen angiven i energideklarationen och görs för att vara på säkra sidan. Efter installation av den offererade bergvärmepumpen räknas det med ett nytt energibehov om 78 500 kWh/år vilket ger en energibesparing på hela 188 509 kWh/år. I figur 6.7 syns energibesparingen från värmepumpen under ett helt år. Hela anläggningen har en årsverkningsgrad (förhållandet mellan utnyttjad och tillförd energi) på 3,4.

För att installera en bergvärmepump krävs det borrning i berget fastigheten är belägen på. För Örebrogatan 2 krävs det 8 skilda borrhål ner till 190 meters djup med en borrhålsdiameter om 115 mm.

Vid installation av frånluftsvärmepump har det även i detta fall valts en modell från Thermia. Diplomat Inverter M är den valda modellen och liksom vid beräkning av bergvärmepumpen så är byggnadens energibehov idag 267 009 kWh/år. Besparingen som fås av frånluftsvärmepumpen är 63 824 kWh/år och således en fortsatt förbrukning på 204 006 kWh/år. Figur 6.8 visar energibesparingen för frånluftsvärmepumpen under ett helt år. Hela anläggningen har en årsverkningsgrad på 1,31. För frånluftsvärme krävs det att man fortfarande driver husets uppvärmning med fjärrvärmen som idag är kopplad till byggnaden.



Figur 6.7 – Energibesparingen från bergvärmepumpen Mega XL HGW).



Figur 6.8 – Energibesparing med frånluftsvärmepump Diplomat Inverter M. De röda sektionerna står för den värmekälla, fjärrvärme, som byggnaden redan idag har (Thermia).

### 6.1.4 Beräkningsjämförelser

Jämförelse mellan de beräkningar och dokumentation i form av energideklaration har gjorts. Dessa jämförelser behandlar husets energibehov innan de presenterade åtgärderna och skiljer sig åt en del. Tabell 6.3 visar hur förhållandet mellan de olika underlagen ser ut.

Tabell 6.6 – Jämförelse mellan de olika beräkningarna och underlagen.

	<b>Energideklaration</b>	<b>VIP-Energy</b>	<b>Handberäkning</b>
<b>Byggnadens primärenergianvändning (kWh/år)</b>	284 648	274 220	314 369
<b>Tappvarmvatten (kWh/år)</b>	51 973	51 904	-
<b>Primärenergital (kWh/m<sup>2</sup>år)</b>	137,0	131,9	150,2

### 6.2 Ekonomiberäkningar

Alla åtgärder som har redovisats för att minska byggnadens energianvändning har ett pris, det priset redovisas med hjälp av beräkningsprogram och offerter från företag. För att beräkna hur mycket byte av fönster, dörrar och tilläggsisolering av källarväggar, utfackningsväggar vindsbjälklag kostar användes kalkylprogrammet *Wikells Sektionsdata*. Kostnaderna för värmepumparna har tagits fram med hjälp av offerter från Skånska energilösningar. För energipriser har det använts 0,90 kr/kWh för fjärrvärme och 1,20 kr/kWh för elpriser.

## 6.2.1 Wikells kalkyler

I Figur 6.9 redovisas resultaten från Wikells Sektionsdata där vissa åtgärders kostnader har beräknats. Priset som redovisas i figuren innefattar alla ingående delar i processerna av fönster- och dörrbyten och tilläggsisoleringen av källarväggarna, utfackningsväggarna och vindsbjälklaget. Det finns även ett mer utförligt exempel av detaljnivån på hur kostnaderna för schaktningen beräknas i programmet Wikells Sektionsdata, se appendix 6.

Identitet 1 och 6 berör tilläggsisolering av källarväggarna. Identitet 7 berör tilläggsisolering av utfackningsväggarna YV4 och YV5. Identitet 9 står för kostnaderna av tilläggsisoleringen av vindsbjälklaget och i identitet 16 ingår alla byten av fönster och samtliga ytterdörrar inkl. balkongdörrar.

Nr	Post	Identitet	Mängd	Enh	Sorteringssiffra	ÅTA	Material	Tid	UE	Summa	
<b>1 - SCHAKTER</b>											
1	1.001	Schakt runt byggnad i gräsyta	55	m	01		0,00	0,00	120 230,00	132 253,00	
2	1.001	Schakt runt byggnad i gräsyta	31,50	m	01		0,00	0,00	66 528,00	73 180,80	
3	1.004	Schakt runt byggnad i plattytta	85	m	01		0,00	0,00	221 085,00	243 193,50	
							<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>407 843,00</b>	<b>448 627,30</b>	
<b>6 - GRUNDMURAR</b>											
1	6.006	Befintlig grundmur + utvändigt cellplast	246	m <sup>2</sup>	01		47 625,60	91,02	0,00	114 327,79	
							<b>47 625,60</b>	<b>91,02</b>	<b>0,00</b>	<b>114 327,79</b>	
<b>7 - YTTERVÄGGAR</b>											
1	7.031	Lättbetongvägg isoleras utvändigt - ny fasad...	107	m <sup>2</sup>	01		56 415,75	161,25	0,00	174 583,85	
							<b>56 415,75</b>	<b>161,25</b>	<b>0,00</b>	<b>174 583,85</b>	
<b>9 - BJÄLKLAG</b>											
1	9.061	Befintligt vindsbjälklag isoleras - 200 lösull	480	m <sup>2</sup>	01		0,00	0,00	100 800,00	110 880,00	
							<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100 800,00</b>	<b>110 880,00</b>	
<b>16 - SNICKERIER</b>											
1	16.002	Fönster 14x14 rivs	66	st	01		0,00	39,60	0,00	29 020,07	
2	16.001	Fönster 950x500 rivs	10	st	01		0,00	5,00	0,00	3 664,15	
3	16.003	Fönster 1400x2000 rivs	6	st	01		0,00	4,80	0,00	3 517,58	
4	16.003	Fönster 1600x1400 rivs	18	st	01		0,00	10,80	0,00	7 914,56	
5	16.001	Fönster 1400x640 rivs	3	st	01		0,00	1,50	0,00	1 099,25	
6	16.003	Vindvänningsfönster rivs	2	st	01		0,00	2,00	0,00	1 465,66	
7	16.002	Fönster 1200x800 rivs	8	st	01		0,00	4,00	0,00	2 931,32	
8	16.001	Fönster 950x800 rivs	10	st	01		0,00	4,00	0,00	2 931,32	
9	16.001	Fönster 600x600 rivs	1	st	01		0,00	0,30	0,00	219,85	
10	16.003	Fönster 2000x600 rivs	2	st	01		0,00	1,20	0,00	879,40	
11	16.004	Balkongdörr 840x2100 rivs	18	st	01		0,00	14,40	0,00	10 552,75	
12	16.007	Entrédörr 1400x2200 rivs	3	st	01		0,00	4,80	0,00	3 517,58	
13	16.006	Källardörr 1000x2100 rivs	3	st	01		0,00	3,60	0,00	2 638,19	
14	16.036	Fönster 1400x1400, utåtgående 2luft	60	st	01		444 198,60	191,88	51 912,00	641 917,22	
15	16.036	Fönster 1400x1400 av aluminiumklätt trä, utå...	6	st	01		39 001,86	19,19	5 191,20	58 773,72	
16	16.036	Fönster 1550x1400 av aluminiumklätt trä, utå...	18	st	01		119 790,99	58,43	17 242,20	181 575,20	
17	16.036	Fönster 1400x640 av aluminiumklätt trä, utåt...	3	st	01		14 908,82	7,94	2 595,60	23 581,18	
18	16.036	Fönster 2000x1400 av aluminiumklätt trä, utå...	6	st	01		61 303,74	22,21	7 416,00	85 738,96	
19	16.036	Vindvänningsfönster av aluminiumklätt trä, utåtg...	2	st	01		27 239,68	8,64	2 472,00	36 293,46	
20	16.036	Fönster 1200x800 av aluminiumklätt trä, utåt...	8	st	01		38 881,60	18,58	5 932,80	59 020,73	
21	16.036	Fönster 950x800 av aluminiumklätt trä, utåtg...	10	st	01		44 281,50	21,74	5 871,00	66 671,32	
22	16.036	Fönster 950x500 av aluminiumklätt trä, utåtg...	10	st	01		39 921,80	16,40	5 871,00	58 398,31	
23	16.036	Fönster 600x600 av aluminiumklätt trä, Fast ...	1	st	01		1 909,36	1,55	370,80	3 453,13	
24	16.036	Fönster 2000x600 av aluminiumklätt trä, Fast...	2	st	01		8 058,12	5,73	2 472,00	14 977,90	
25	16.049	Entréparti 14x22 av aluminium	3	st	01		2 117,40	2,19	63 330,00	73 385,30	
26	16.055	Källardörr 10x21 av trä	3	st	01		24 121,41	15,49	1 476,00	37 098,01	
27	16.045	Fönsterdörr 800x2100 av aluminium, Inåtgäe...	18	st	01		80 564,31	112,39	8 845,20	172 658,26	
							<b>946 299,19</b>	<b>598,36</b>	<b>180 997,80</b>	<b>1 583 894,...</b>	
							<b>Summa exkl moms:</b>	<b>1 050 34...</b>	<b>850,63</b>	<b>689 640,80</b>	<b>2 432 313...</b>

Figur 6.9 – Resultaten av åtgärdernas kostnader i Wikells sektionsdata. Resultaten är här placerade på samma kalkyl men fortsättningsvis beräknas åtgärderna var för sig.

### 6.2.2 Offerter för värmepumparna

I offerten från Skånska energilösningar angående de olika värmepumparna gavs ett grovt uppskattat pris på frånluftsvärmepumpen och installation av denna samt ett mer exakt pris på bergvärmepumpen. Då båda värmepumpar är större anläggningar så gav det höga priser.

Bergvärmepumpen Mega XL HGW kostade 1 921 051 kr exkl. moms vilket ger ett slutgiltigt pris för beställaren på 2 561 401 kr. Det är en stor investering där en stor del av priset ligger i att borra i berget. Kostnaden för borrhningen hamnar på 825 000 kr.

Frånluftsvärmepumpen Diplomat Inverter M är billigare än bergvärmepumpen och uppskattas kosta 1 100 000 kr exkl. moms vilket för beställaren hamnar på 1 466 667 kr. Anledningen till att en frånluftsvärmepump är i dessa prisklasser för byggnaden är att det centrala pannrummet är placerat i en annan byggnad på området.

### 6.2.3 LCP

För att få ut en rättvis kostnadsbedömning för beställaren har LCP-metoden använts. För alla åtgärder har en kalkylperiod om 30 år och en kalkylränta på 5 % valts. Detta är en avvägning som författarna själva har gjort utefter rådande förhållanden. LCP-metoden har använts på alla de undersökta åtgärderna och kostnaden för dessa redovisas nedan. Beräkningarna har skett enligt (5.11) för varje enskild åtgärd. Exempel på hur beräkningen utförs finns att se på appendix 7.

Ingående parametrar i LCP-beräkningen är följande:

- **Anskaffningsavgift:** Vad åtgärden kostar att genomföra både material och arbetskostnader.
- **Inkomster år t:** Skillnaden på värmeförlustkostnaden på byggdelen före och efter reovering per år.
- **Utgifter år t:** Vad det kostar att underhålla byggdelen efter reoveringen per år.
- **Livslängd:** Hur många år åtgärden förväntas fungera utan behov av byte.
- **Summa:** Summan av besparingen på 30 års period.
- **LCP:** Summan av vinst eller förlust för åtgärden under 30 års period.

### Byte av fönster och dörrar

Byte av alla dörrar och alla fönster (förutom takfönster) innebär en stor åtgärd. Genom sektionsdata och inhämtade priser från fönster- och dörrleverantörer har det tagits fram kostnader på såväl material som arbete för detta. Utgifterna är beräknade utifrån de underhållskostnaderna som de nya dörrarna och fönstren kräver och inkomsterna är skillnaden i transmissionsförluster på de äldre gentemot de nya komponenterna. Tabell 6.7 visar resultatet av LCP-beräkningen.

Tabell 6.7 – Livscykelvinst för byte av dörrar och fönster.

<b>Kostnad 1 (valda fönster o dörrar)</b>	2 111 860 SEK
<b>Kostnad 2 (billiga alternativ)</b>	1 583 895 SEK
<b>Anskaffningsavgift*</b>	527 965 SEK
<b>Inkomster år t</b>	39 503 SEK
<b>Utgifter år t</b>	1 390 SEK
<b>Livslängd</b>	30 – 50 år
<b>Summa</b>	585 878 SEK
<b>LCP</b>	<b>57 922 SEK</b>

\* Då fönster- och dörrbyte är nödvändigt sker en jämförelse i kostnadsskillnad mellan valda fönster och dörrar med de billigare fönster och dörrar. Kostnadsskillnaden blir anskaffningsavgiften som används i LCP-formeln.

### Tilläggsisolering av vindsbjälklaget

Att tilläggsisolera vinden är vanligtvis en enkel åtgärd att utföra. Mycket energi sparas i förhållande till det låga priset på både arbete och material. Anskaffningsavgiften är hämtad från Wikells sektionsdata och inkomster är den energikostnad man sparar genom att lösullsisolera på vinden. Utgifterna är obefintliga då det inte räknas med någon underhållskostnad. Tabell 6.8 visar resultatet av LCP-beräkningen.

Tabell 6.8 – Livscykelvinst för tilläggsisolering av vinden.

<b>Anskaffningsavgift</b>	110 80 SEK
<b>Inkomster år t</b>	30 113 SEK
<b>Utgifter år t</b>	0 SEK
<b>Livslängd</b>	30 – 50 år
<b>Summa</b>	462 912 SEK
<b>LCP</b>	<b>352 032 SEK</b>

### Tilläggsisolering av källarväggar

Källarväggarna kostar inte mycket att isolera. Det som kostar däremot är att schakta runt om för att kunna genomföra åtgärden. En del av källarväggarna är över marknivån och är i kontakt med uteluften och resterande del möter lera. Schaktningen står för ungefär 80 % av anskaffningsavgiften för åtgärden. Inkomsterna är energikostnad som man besparar genom att tilläggsisolera. Utgifterna är obefintliga då åtgärden inte kräver något underhåll. Tabell 6.9 visar resultatet av LCP-beräkningen.

Tabell 6.9 – Livscykelvinst för tilläggsisolering av källarväggar.

<b>Anskaffningsavgift</b>	562 953 SEK
<b>Inkomster år t</b>	27 583 SEK
<b>Utgifter år t</b>	0 SEK
<b>Livslängd</b>	30 – 50 år
<b>Summa</b>	424 021 SEK
<b>LCP</b>	<b>-138 932 SEK</b>

Vid beräkning med att schaktningen runt byggnaden sker i samband med dräneringsbyte minskas summan på anskaffningsavgiften till 114 326 kr då schaktningen kostar 448 600 kr. Därmed beräknas LCP till 309 695,39 kr.

### Tilläggsisolering av utfackningsväggarna vid balkong

Energiförluster minskas genom att tilläggsisolera utfackningsväggarna då dessa väggar har flest andel köldbryggor. Anskaffningsavgiften stiger främst p.g.a. behov av ställningar för att kunna genomföra åtgärden. Inkomsten är andel energikostnad som sparas genom att tilläggsisolera utfackningsväggarna. Utgifterna är obefintliga då inget underhållsarbete krävs. Tabell 6.10 visar resultat av LCP-beräkningen.

Tabell 6.10 – Livscykelvinst för tilläggsisolering av balkongens utfackningsväggar.

<b>Anskaffningsavgift</b>	174 586 SEK
<b>Inkomster år t</b>	4 839 SEK
<b>Utgifter år t</b>	0 SEK
<b>Livslängd</b>	30 – 50 år
<b>Summa</b>	77 494 SEK
<b>LCP</b>	<b>- 97 090 SEK</b>



### Installation av frånluftsvärmepump

Genom att installera en frånluftsvärmepump får man en återvinning av luften i fastigheten. Den tillvaratagna luften omvandlas till värme som hjälper det befintliga värmesystemet att värma upp bostaden. Anskaffningsavgiften av frånluftsvärmepumpen är hämtad från Skånska energilösningar och inkomsten är beräknad från den årliga energin som sparas då man installerar pumpen. Utgiften är den årliga underhållskostnaden. Tabell 6.11 visar resultatet av LCP-beräkningen.

Tabell 6.11 – Livscykelvinst för installation av frånluftsvärmepump.

<b>Anskaffningsavgift</b>	1 466 667 SEK
<b>Inkomster år t</b>	57 442 SEK
<b>Utgifter år t</b>	1 000 SEK
<b>Livslängd</b>	22 år (byte av kompressor)*
<b>Summa</b>	792 646 SEK
<b>LCP</b>	<b>-674 021 SEK</b>

\*Byte av kompressor kostar ungefär 75 000 kr och subtraheras från summan av besparingen på 30 års period.

### Installation av bergvärmepump

När en bergvärmepump installeras betyder det att denna energikälla är den primära värmekällan för fastigheten. Således är en bergvärmepump dyr i inköp men i gengäld ger den stora energibesparingar. Anskaffningsavgiften är, liksom frånluftsvärmepumpen, hämtad från Skånska energilösningar och utgifterna är det underhållsarbete som krävs varje år. Inkomsterna är den kostnadsskillnaden som finns mellan tidigare använda mängden fjärrvärme mot den nya mängden el till pumpen. Tabell 6.12 visar resultatet av LCP-beräkningen.

Tabell 6.12 – Livscykelvinst för installation av bergvärmepump.

<b>Anskaffningsavgift</b>	2 561 401 SEK
<b>Inkomster år t</b>	169 659 SEK
<b>Utgifter år t</b>	3 000 SEK
<b>Livslängd</b>	22 år (byte av kompressor)*
<b>Summa</b>	2 029 922 SEK
<b>LCP</b>	<b>-531 479 SEK</b>

\*Byte av kompressor kostar ungefär 170 000 kr och subtraheras från summan i besparingen på 30 års period.



## 7 Diskussion

*I diskussionsdelen kommer alla identifierade felanalyser tas upp för en bättre förståelse över de presenterade resultatet. Alla genomförda åtgärder diskuteras för att förstå deras för- och nackdelar samt varför de borde genomföras eller inte genomföras. För att få en mer allmän bild av renoveringsåtgärderna diskuteras hur åtgärderna kan appliceras på andra byggnader och i andra situationer för en bättre generalisering av arbetet. Diskussion om hur arbetet har gått sker också i detta kapitel.*

### 7.1 Felanalys

Med tanke på omständigheterna så har en del antagande gjorts för att kunna fortsätta arbetet och kunna få fram resultat på olika delar. Dessa antagande har tagits med hänsyn på när byggnaden är uppbyggd och på hur man byggde under den tiden. Ett annat exempel på avgörande antagande är innetemperatur som antogs vara mellan 24°C och 18°C. Med tanke på att det inte fanns tidsåtgång för att kunna mäta upp temperaturen i olika delar av byggnaden året om så har det varit svårt att uppskatta temperaturen som är en avgörande del för ett korrekt resultat.

Fönster och dörrar har varit svåra att undersöka då det är svårt att beräkna U-värdet på ex. en ytterdörr. Därmed har antagande på värden som känts rimliga gjorts, som i sin del också kan vara felaktigt.

Byggnaden är byggd år 1954, hur mycket man än försöker gräva sig in på vad som har skett med byggnaden sedan den byggdes och vad som har renoverats så kan man aldrig komma fram till exakt allt. Det har varit svårt att ta reda på vad som skett med tanke på att byggnaden är gammal och personal som ansvarar för byggnaden har bytts många gånger under byggnadens livslängd som lett till att den ansvariga för byggnaden idag inte vet så mycket om byggnadens historik och uppförande. Utifrån den informationen som har tagits emot från Helsingborgshem och platsbesöken så stämmer resultaten men om det finns någon åtgärd som har genomförts och som inte har rapporterats så skulle de påverka arbetets resultat.

VIP-Energy är ett väldigt bra energiberäkningsprogram. Programmet visar däremot ingen visuell modell av byggnaden, VIP erbjuder mycket för användaren men inte någon bild på hur den informationen som har tagits emot ser ut eller uppfattas enligt programmet. Många siffror används när det är en så pass stor byggnad vilket gör att det lätt sker misstag vid inmatningen av siffrorna. Då programmet inte erbjuder användaren en visuell bild av det så blir det svårt att identifiera felet.

Det finns flera beräkningsmetoder att nyttja när det gäller energiberäkningar. Resultaten kan även se annorlunda ut beroende på vilken standard eller allmänna råd som används i beräkningen. Beräkningsmetoden har också en påverkan på beräkningsresultaten. Det är en anledning till att det finns skillnader i resultaten från beräkningarna i arbetet och

energideklarationen då energideklarationen kan ha beräknats med hjälp av en annan metod eller utifrån olika standarder.

I början av rapporten beskrivs vilken begränsning och fördjupningsnivå rapporten har. I vissa delar i rapporten har en del formler förenklats. LCP-beräkningen ex., den har förenklats då det används en förenklad version av LCP. Det har säkerligen påverkat den slutliga summan av åtgärderna till en viss del. Samma gäller för köldbryggor i handberäkningen, där energianvändningen beräknas med schablonvärde. Det har medfört en ökning i energianvändningen för byggnaden jämfört med resultaten från energideklarationen och VIP-Energy.

## 7.2 Åtgärder

### 7.2.1 Byte av fönster och dörrar

Att byta ut alla fönster och dörrar i byggnaden kan ses som en mycket drastisk åtgärd men då vi vet att Helsingborgshem idag redan har planerat för en sådan åtgärd kändes den mycket angelägen att ta upp. Alla fönster i byggnaden är idag av mycket dåligt skick och tros vara originalen från 1954. Den enda åtgärd som har gjorts är att träfönstren har genomgått utvändiga plåtarbeten för bättre skydd mot väder och vind samt för byggnadens estetik. Även om beställaren går back på affären så är ett fönsterbyte nödvändigt då fönster har ett bäst-före datum som i detta fall anses ha passerats. Vad gäller dörrar så är entrédörrarna troligtvis inte original men fortfarande av äldre modell och detsamma kan gälla även för källardörrarna. Balkongdörrarna anses, likt alla fönster, vara original och även dessa har plåtats utvändigt för bättre skydd mot väder och fukt.

Då det i byggnaden finns 132 fönster och 24 dörrar bli kostnaden hög men nödvändig. Vid byte av fönster och dörrar mer än halverar man dessutom dessa bygdelars U-värde och då den sammanlagda arean av fönster och dörrar är stor så påverkas även hela byggnadens U-värde förhållandevis mycket.

Ett alternativ till att byta ut allting hade varit att renovera de redan befintliga. Kostnaden hade blivit lägre då man endast hade behövt byta ut dagens glas mot ex. energiglas med ev. argongasfyllning. Nackdelen med denna åtgärd är att det hade blivit svårare att nå de låga U-värden som följer med vid ett rent byte. En annan nackdel är det faktum att fönstren och dörrarna troligtvis hade behövt bytas ut inom de närmsta åren ändå.

Vid beräkning av LCP för denna åtgärd valdes det att jämföra priser mellan de valda fönstren och dörrarna med billigare fönster och dörrar med något lägre prestanda. Det gjordes för att det var nödvändigt att byta framförallt fönster på byggnaden och var något som har varit inplanerat ett tag. Det som är intressant i detta fall är vad kostnadsskillnaden mellan de två alternativen är och det är även anskaffningsavgiften som används i LCP-beräkningen för byte av fönster och dörrar.

### 7.2.2 Tilläggsisolering av vindsbjälklaget

Som kan ses ur resultat så är tilläggsisolering av vinden med 500 mm lösull den mest lönsamma åtgärden för byggnaden. I den beräkningen tas dock inte hänsyn till de intäkter som går förlorade då man vid tilläggsisoleringen "stänger av" hela vindsvåningen och på det sätt förlorar de två lägenheterna som idag finns på denna våning. Av den anledningen försvinner två månadshyror om uppskattningsvis 4 500 kr varje månad vilket ger en förlust på 9 000 kr i månaden. Utöver det så försvinner även de lägenhetsförråd som idag finns placerade på vinden men då alla lägenheterna idag har ett förråd både i källaren och på vinden anses det tillräckligt för varje lägenhet att enbart ha förråd i källaren. Ett platsbesök på vinden gav också ett intryck av att dessa förråd används i mycket liten utsträckning.

Ett alternativ hade varit att behålla lägenheterna och istället isolera runt lägenhetsvolymerna och tillhörande trapphus för att behålla värmen. Exakt hur detta skulle göras eller vad det hade resulterat i är oklart men hade mest troligt gett en sämre energibesparing gentemot det valda alternativet.

### 7.2.3 Tilläggsisolering av källarväggen

Den i dagsläget oisolerade källarväggen av 340 mm betong är en av byggnadens sämsta delar ur energisynpunkt. Genom att tilläggsisolera väggen får man ett betydligt bättre U-värde som påverkar hela byggnaden i och med dess stora area. Genom att tilläggsisolera med 100 mm utvändigt isolering förändras väggens egenskaper avsevärt till det bättre. Däremot kommer det till en hög kostnad som främst beror på det faktum att schaktning krävs runt hela byggnaden för att genomföra åtgärden.

Förslagsvis är detta en åtgärd som genomförs samtidigt som annat schaktarbete är nödvändigt som t.ex. vid byte av kulvert eller ännu bättre då man behöver dränera om byggnaden. Det har inte framgått när detta har gjorts tidigare men en inspektion av marken och markbeläggningen runt byggnaden verkar inte detta har gjorts på ett bra tag. Eftersom byte av dränering är helt nödvändig att genomföra med jämna mellanrum så anses det som en god idé att tilläggsisolera källarväggen samtidigt.

### 7.2.1 Tilläggsisolera utfackningsväggar

En av de mindre åtgärderna på byggnaden är att tilläggsisolera utfackningsväggarna mot balkongen. Idag består dessa endast av lättbetong och betong och har ett högre U-värde än övriga väggar ovanför källarplan. Utvändig tilläggsisolering med 80 mm isolering hade avsevärt förbättrat dessa väggars egenskaper samtidigt som balkongerna hade förlorat storlek i djup i de redan relativt smala balkongerna.

Denna åtgärd ses som onödig att genomföra ensam då byggnadens energianvändning inte kommer påverkas nämnvärt av den. Däremot kan det vara en bra åtgärd om det har planerats in andra åtgärder vid balkongerna som ex. fönster- och dörrbyte eller renovering av

balkongerna i stort. Ett annat alternativ är att genomföra åtgärden i samband med att putsa byggnadens fasad då en hel del kostnader beräknas bort från åtgärden.

Anledningen till att denna åtgärd prövades var för att det är känt att vid balkongerna så finns det flest köldbryggor och tanken var att dessa skulle förminskas mycket vid tilläggsisoleringen.

### **7.2.5 Installation av frånluftsvärmepump**

Att installera en frånluftsvärmepump är vanligtvis en bra åtgärd i ett hus med befintligt frånluftssystem utan värmeåtervinning. Genom att återvinna den värme som kommer in i huset kan man åstadkomma stora energiförbättringar. I just detta fall väger dock nackdelarna över då det centrala pannrummet inte finns i byggnaden vilket leder till stora kostnader för en i förhållandet icke lönsam åtgärd. Om frånluftsvärmepump skulle installeras skulle det gjorts för alla byggnaderna i både Kv. Hallonet och närliggande Kv. Björnbäret som alla är av samma typ av byggnad. På så sätt hade man kunnat få igenom en bättre totalsumma och energiförbättringar i alla hus då det ger en minskning med i snitt 25 % minskad energianvändning.

Ett alternativ till att installera en frånluftsvärmepump är att installera FTX-system. Detta hade lett till en mer omfattande renovering men i gengäld en ännu lägre energianvändning efter åtgärdens slut. Inga beräkningar har gjorts på detta men idag bygger man i princip enbart byggnader med installerade FTX-system av den anledningen att det ger en lägre energianvändning.

### **7.2.6 Installation av bergvärmepump**

En av de mer drastiska åtgärderna som presenteras i arbetet är att helt avsäga byggnaden från fjärrvärmen och istället installera en bergvärmepump för att hämta energi åt byggnaden. Detta är en mycket dyr åtgärd som i gengäld ger en mycket mindre energianvändning för byggnaden i fråga. I det presenterade bergvärmesystemet sparar man hela 70,6 % i energianvändning vilket är den överlägset bästa åtgärden i ren energibesparing men också den överlägset dyraste. För att få en bättre lönsamhet gäller samma som med frånluftsvärmepumpen, d.v.s. att man installerar bergvärme för både Kv. Hallonet och Kv. Björnbäret. Det hade blivit en betydligt större anläggning och följaktligen mer kostsam men sammanfattat hade det gett ett bättre ekonomiskt resultat.

Alternativet till bergvärmepumpen är att istället använda sig av exempelvis jordvärme eller grundvattenvärme men då Skånska energilösningar rekommenderade bergvärme känns detta som det bästa alternativet. Det finns egentligen inga andra alternativ än en värmepump som kan ersätta fjärrvärmen.

## 7.3 Generalisering

För att uppnå miljö- och energimålen så krävs det en energieffektivisering av många befintliga och framförallt äldre byggnader. Åtgärderna som tagits upp i rapporten är valda utifrån förutsättningarna för den byggnaden som fallstudien handlar om. Det har däremot ingen betydelse med tanke på att det tydligt utmärker sig att en del åtgärder är och har varit avgörande för energieffektiviseringen för denna byggnad och tidigare renoverade byggnader.

### 7.3.1 Liknande byggnader

Örebrogatan 2, resterande del av Kv. Hallonet och Kv. Björnbäret är byggt samma år, 1954, och är även uppbyggda på samma sätt. De åtgärder som har presenterats i detta arbete är direkt tillämpbart även på de övriga byggnaderna i kvarteren även om resultaten kan skilja sig åt beroende på hur mycket de olika byggnaderna förbrukar i dagsläget. Även byggnadernas orientering kommer spela en viss roll i det slutgiltiga resultatet.

För liknande byggnader i Sverige uppbyggda på samma sätt och tidsepok som Örebrogatan 2, kan de presenterade åtgärderna appliceras. Detta beror mycket på att husen som uppfördes under folkhemsbygget använde sig av samma konstruktion och såvida inget hänt med dessa byggnader sedan uppförandet kan dessa åtgärder ses som en vägledning för framtida renoveringar.

Det som anses spela störst roll för liknande byggnader är deras geografiska position då energin till stor del beror på omgivande temperaturer och ex. vad marken består av. För en liknande byggnad i Luleå krävs det ex. tjockare isoleringsskikt för att nå de nivåer på energianvändning som uppnåtts på denna fallstudie. Anledningen är ett kallare klimat året runt än vad det är i Helsingborg.

### 7.3.2 Andra byggnader

För byggnader som inte är uppförda under folkhemsbygget eller med samma teknik går det även här att tillämpa åtgärderna från resultatet. Det som är direkt tillämpbart är det som inte egentligen har med byggnadens utformning och byggnadsteknik att göra som installation av värmepump eller att byta fönster och dörrar vid behov. Om ekonomin finns så är det en bra investering att installera en bergvärmepump eller likvärdig för att få ner energianvändningen och om byggnaden har äldre och dåliga fönster och dörrar så är det absolut en idé att byta ut dessa för att minska den totala transmissionen. Detsamma gäller för tilläggsisolering av vindsbjälklaget som är en billig åtgärd i förhållande till hur mycket energi den kan spara.

## 7.4 Sammanfattning av rapportens gång

Ett arbete kan aldrig bli för bra, det går alltid att göra saker på ett annorlunda sätt och ibland bättre sätt. I vissa delar av arbetet förenklas en del formler för att underlätta beräkningen och för att spara tid. Ett par exempel på detta är att handberäkning för energianvändningen beräknas med ett schablonvärde och LCP-beräkningen sker med en förenkling. Resultaten

hade däremot inte förändrats i en hög grad men den hade blivit mer exakt. Ett annat sätt som skulle kunna förbättra arbetet är att söka mer handledning i beräkning- och kalkylprogram. Programmen som används i rapporten är breda och kräver mycket indata för ett exakt resultat vilket har tagit mycket tid som kunde lagts på exempelvis handberäkningar eller mer utförlig text.

Utifrån förutsättningarna tycker vi att arbetsgången har varit väldigt bra. Det har varit svårt att lista ut och ta reda på vad som har inträffat för byggtekniska händelser i byggnaden genom åren. Alla problem som dykt upp under tiden har varit lösbara och har både löst sig genom bra handledning och genom fördjupning i ämnet. Med tanke på den informationen som har blivit tilldelat så har rapporten haft en ganska hög nivå av trovärdighet gällande beräkningsvärden både i energiberäkningen och den ekonomiska beräkningen. Hela arbetet håller en bra sammanhållning till ämnet och glider inte utanför bestämda begränsningar.

Kommunikationen i arbetet har bedömts vara på en god nivå då båda författarna har en ständig dialog genom framförallt fysiska möten på Campus Helsingborg där större delen av arbetet har skrivits tillsammans. Då författarna av olika anledning inte kunnat sitta tillsammans och skriva så har de ändå haft ständig kontakt via antingen sociala medier, mail eller telefonkontakt. Anledningen till att författarna har valt att föra kommunikationen på detta viset är att de anser den fysiska kontakten är den tveklöst bästa metoden då de gemensamt kan diskutera eventuella svårigheter och frågor som dyker upp. Att hela tiden ha direkt kontakt underlättar mycket och sparar framförallt mycket tid i arbetets framfart.

Kommunikationen med kontaktpersoner på Helsingborgshem har framförallt hållits via mail eller telefon. Vid enstaka tillfällen har även fysisk kontakt förts via möte för att få mer klarhet i vissa komplicerade frågor. Vad gäller kontakten med handledaren från Helsingborgshem så var den fysiska kontakten under många perioder omöjlig då personen hade mycket att göra med andra projekt under tiden.



## 8 Slutsats

*I slutsatsen presenteras de slutsatser som diskussionen lett fram till och kopplar dessa till frågeställningarna i kap 1.5. Vilka åtgärder har varit mest gynnsamma för byggnaden och vilka åtgärder är mindre gynnsamma?*

### 8.1 Sammanställning

Samtidigt som människan utvecklas bör den utveckla och förbättra allt omkring den. Samhället utvecklas och nya metoder dyker upp. Det bör människan nyttja för en mer stabil och hållbar framtid. Byggnader har en planerad livslängd redan innan uppförande. Den livslängden påverkas av allt från omgivande klimat till människorna i och runtomkring den. För att förlänga en byggnads livslängd bör den renoveras. För att förbättra byggnaden och förnya livslängden på byggnaden bör den energieffektiviseras. Beroende på vad byggnaden behöver bör en byggnad energieffektiviseras varje 30–40 år, ungefär samtidigt som en byggnad måste renovera en del av byggdelarna som har en livslängd på 30–40 år.

Enligt LCP-beräkningen är åtgärden tilläggsisolering av vinden den mest gynnsamma och det var även vad litteraturstudien visade i frågan om vilken åtgärd som generellt är mest gynnsam. Andra åtgärder som byte av fönster och dörrar var väldigt bra för energianvändningen då nya fönster och dörrar medverkar till mindre värmeförluster. Rent ekonomiskt bör man inte byta fönster och dörrar förrän det är tvunget att byta dem. När livslängden på fönster och dörrar överskrids beräknas ekonomin på ett annorlunda sätt med tanke på att bytet av fönster och dörrar blir ett måste och ekonomiska beräkningen blir därmed positiv. Gällande tilläggsisolering av källarväggarna där schaktkostnaderna är så pass höga att de endast blir lönsamt om marken omkring byggnaden skall schaktas i ett annat syfte som byte av dräneringsrör eller liknande. Isolering av utfackningsväggarna var den absolut minst gynnsamma åtgärden ur energisynpunkt. Större åtgärder som installation av frånluftsvärmepump och installation av bergvärmepump är mer beroende av antalet byggnader. Det är väldigt lönsamt om både Kv. Hallonet och Kv. Björnbäret byter värmesystem till bergvärme och installerar bergvärmepump, samma gällande installation av frånluftsvärmepump. Byggnaden som har centrala pannrummet kan däremot installera frånluftsvärmepump då det bli gynnsamt om de inte behöver schaktas och installeras rör från byggnaden fram till centrala pannrummet.

Ordningsföljden och åtgärder i tabell 3.7 som är baserat på litteraturstudien är inte densamma som den ordningsföljden och åtgärder som visade sig var mest passande för fallet. Utifrån andel energibesparing och kostnad att genomföra varje åtgärd har en ordningsföljd av fallets undersökta åtgärder gjorts och den har följande ordning:

1. Tilläggsisolering av vinden.
2. Byte av fönster och dörrar.
3. Tilläggsisolering av källarväggarna.
4. Installation av bergvärmepump.
5. Tilläggsisolering av utfackningsväggarna.
6. Installation av frånluftsvärmepump.

Den byggnaden som undersöktes i rapporten är en av många byggnader som behöver förbättras genom energieffektivisering. Åtgärderna som tagits upp är generaliserade på sätt och vis till alla byggnader runt om i Sverige. Tilläggsisolering av vinden i spetsen och därefter byte av fönster och dörrar och sedan stegvis på resterande åtgärder som tilläggsisolering av väggar med höga energiförluster, byte av värmesystemet eller ventilationssystemet osv. Beroende på var en byggnad befinner sig och när den är byggd kan energieffektiviseringen skilja sig åt. Byggnaden kan undersökas och en plan på energieffektivisering kan tas fram därefter. Ägaren kan sedan överväga vinsterna eller förlusterna av investeringen och fatta ett beslut för energieffektiviseringen. Det beslutet kommer att vara avgörande om byggnadens livslängd ska förlängas eller inte.

## Referenser

### Böcker:

Adalberth, K, Wahlström. Å. (2007). *Energibesiktning av byggnader – flerbostadshus och lokaler*. Stockholm: SIS Förlag.

Björk, C, Kallstenius, P, Reppen, L. (2003). *Så byggdes husen - 1880 - 2000*. Stockholm: Formas.

*Energihandboken: energismarta tips och idéer för installatörer, tekniker, förvaltare, fastighetsägare, energiaktörer och andra*. (2008). Stockholm: Svensk innemiljö.

Hansson, B, Olander, S, Landin, A, Aulin, R, Persson U. (2015). *Byggledning - Projektering*. Lund: Studentlitteratur.

Sandin, K. (2010). *Praktisk byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.

Warfvinge, C, Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur.

### Examensarbete:

Blom, E., Johnson, J., & Klit, M. (2017). *Energieffektivisering av flerbostadshus* (examensarbete). Halmstad: Högskolan i Halmstad.

Grönlund, T., & Rydetorp, A. (2010). *Energieffektivisering i befintlig bebyggelse* (examensarbete). Göteborg: Institutionen för bygg- och miljöteknik, Chalmers Tekniska Högskola.

Hakim, A., & Ali, A. (2010). *Energieffektivisering av ett flerbostadshus från miljonprogrammet* (examensarbete). Västerås: Akademin för hållbar samhälls- och teknikutveckling, Mälardalens Högskola.

Lindmark, J. (2015). *Energikartläggning och energieffektivisering av Trinnliden 7:5* (examensarbete). Umeå: Högskoleingenjörsprogrammet i energiteknik, Umeå Universitet.

Liivo, B., & Jansson, E. (2010). *Energieffektivisering* (examensarbete). Lund: LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg, Lunds Universitet.

Persson, V., & Mared, O. (2016). *Energieffektivisering av byggnader* (examensarbete). Stockholm: Skolan för Industriell teknik och Management, Kungliga Tekniska Högskolan.

Törnblom, G., & Johansson, O. (2015). *Energieffektivisering av Malmö Studenthus* (examensarbete). Lund: LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg, Lunds Universitet.

Åslund Hedman, E., & Jensen Wennberg, A. (2016). *Energieffektivisering av flerbostadshus* (examensarbete). Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.

### **Föreläsningar:**

LCC i fastighetsbranschen, Stefan Olander. (2016). (Föreläsning Lunds Universitet).

### **Hemsidor:**

Ahre Fastighetsbyrå. (u.å.). Vår stads arkitektur - Folkhemsbygget. Hämtad 2019-04-13.  
<https://www.ahre.se/byggnadsstil/folkhemsbygget>

Bollnäsenergi. (u.å.). Fjärrvärme. Hämtad: 2019-03-22.  
<https://www.bollnasenergi.se>

Byggahus. (2016). Så fungerar husets klimatskal, av Lars Bärtås. Hämtad: 2019-03-26.  
<https://www.byggahus.se>

Energi- och klimatrådgivningen. (2017). *Frånluftsvärmepump - Faktablad*. Hämtad: 2019-03-17.  
<https://energiradgivningen.se>

Energiföretagen. (2018). *Fjärrvärme - resurseffektiv uppvärmning*, publicerad av Eva Rydegran. Hämtad: 2019-03-22.  
<https://www.energiforetagen.se>

Europaparlamentet. (2018). *Energieffektivitet*, publicerad av Frédéric Gouardères. Hämtad: 2019-05-23.  
<http://www.europarl.europa.eu>

Europa kommissionen. (u.å.). 10 prioriteringar för 2015-2019. Hämtad: 2019-06-12.  
<https://ec.europa.eu>

Helsingborgshem. (u.å.). *Om oss*. Hämtad: 2019-03-27.  
<https://www.helsingborgshem.se>

Helsingborgs Stad. (2013). *Wilson Park, Husensjö och Sofieberg*. Hämtad: 2019-04-02

<https://helsingborg.se>

Mitt bygge. (2019). *Mitt bygge*. Hämtad: 2019-03-17.

<https://www.mittbygge.se>

SKVP. (u.å.). Värmepumpar för större fastigheter. Hämtad: 2019-03-25.

<https://skvp.se/varmepumpar/fastighet>

Strusoft. (u.å.). *VIP-Energy*. Hämtad: 2019-03-14.

<https://strusoft.com>

Sveriges Miljömål. (u.å.). *God bebyggd miljö*. Hämtad 2019-03-13.

<http://www.sverigesmiljomal.se>

Svensk Ventilation. (2019). *Ventilationssystem*. Hämtad: 2019-03-18.

<http://www.svenskventilation.se/ventilation>

Wikells. (u.å.). *Om Wikells*. Hämtad: 2019-04-29.

<http://wikells.se/>

Öresundskraft. (2019). Fjärrvärme. Hämtad: 2019-04-02.

<https://www.oresundskraft.se>

### **Rapporter:**

BeBo. (u.å.). *Maratonvägen 36 - energieffektiv renovering*. Halmstad: Bebo.

Harryson, C. (2011). Energianvändningen i flerbostadshus kan halveras! *Bygg- och energiteknik*, (2/11), sid. 38-44.

Helsingborgs Stad. (2018). *Klimat- och energiplan för Helsingborg 2018-2024*. Helsingborg: Helsingborgs Stad.

Larsson, U, Molander, L. (2009). *Efterkrigstidens bostadsbebyggelse - Rapport från Etapp I*. (Byggnadshistorisk rapport 2009:14). Skara: Västergötlands museum.

Nair, G, Azizi, S, Olofsson, T. (2017). *A management perspective on energy efficient renovations in Swedish multi-family buildings*. (Energy Procedia, 132). Umeå: Department of Applied Physics and Electronics, Umeå University.

Snygg, J, Levin, P, Falkelius, C. (2014). *Rekorderlig Renovering - Slutrapport för klackvägen*. Stockholmshem AB. Stockholm: Bebo.

Warfvinge. C, Wahlström Å. (2017). *Miljöbyggnad 3.0 – Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader*. Stockholm: Sweden Green Building Council.

**Myndigheter:**

BBR26. (2018). *Boverkets byggregler BBR - BFS 2011:6 med ändringar till och med 2018:4 (BBR26)*. Karlskrona: Boverket.

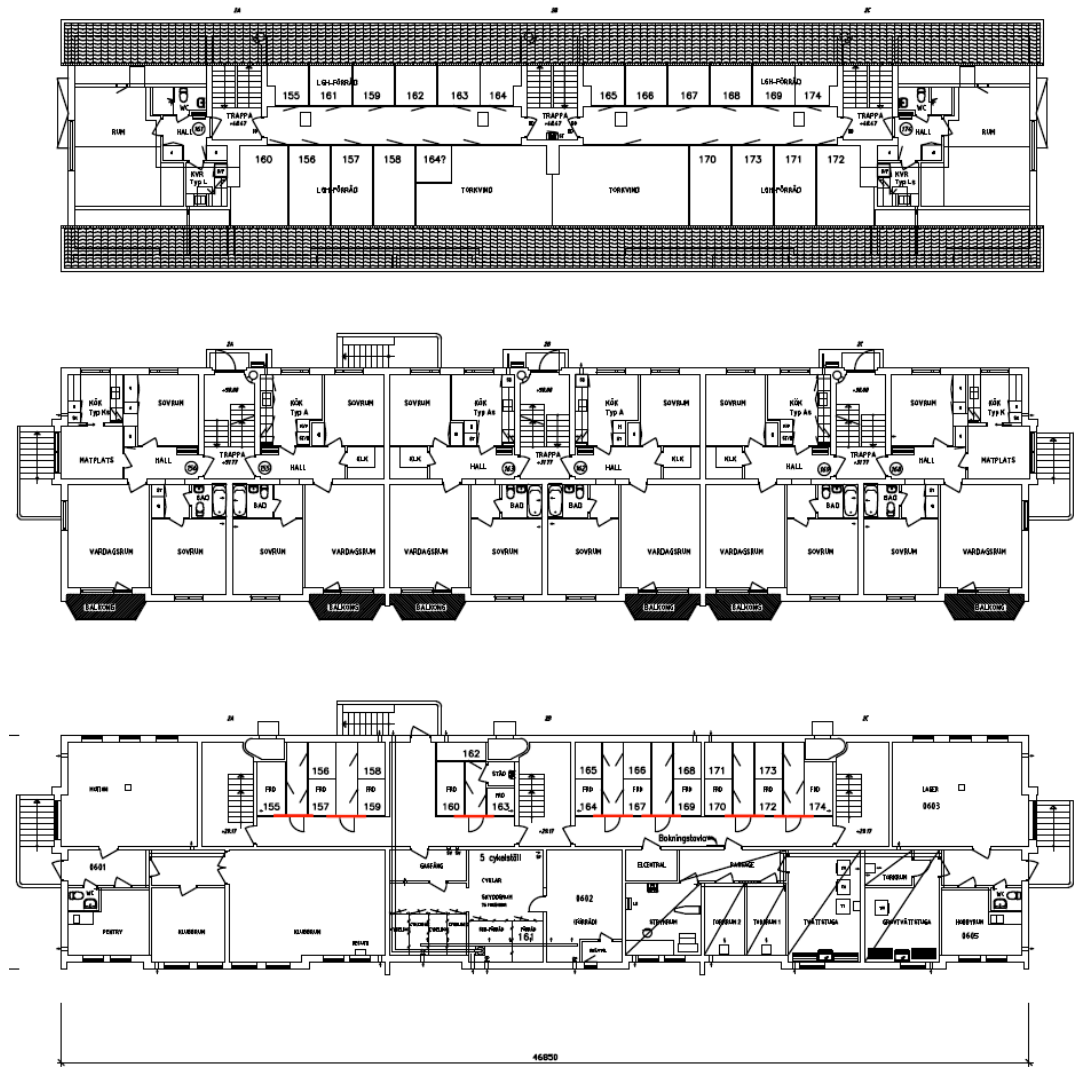
BBR25. (2017). *Boverkets byggregler BBR - BFS 2017:5 Vad är primärenergital (BBR25)*. Karlskrona: Boverket.

Boverket. (2019). *Beräkning av energiprestanda/primärenergital för några byggnader*. Boverket: Karlskrona

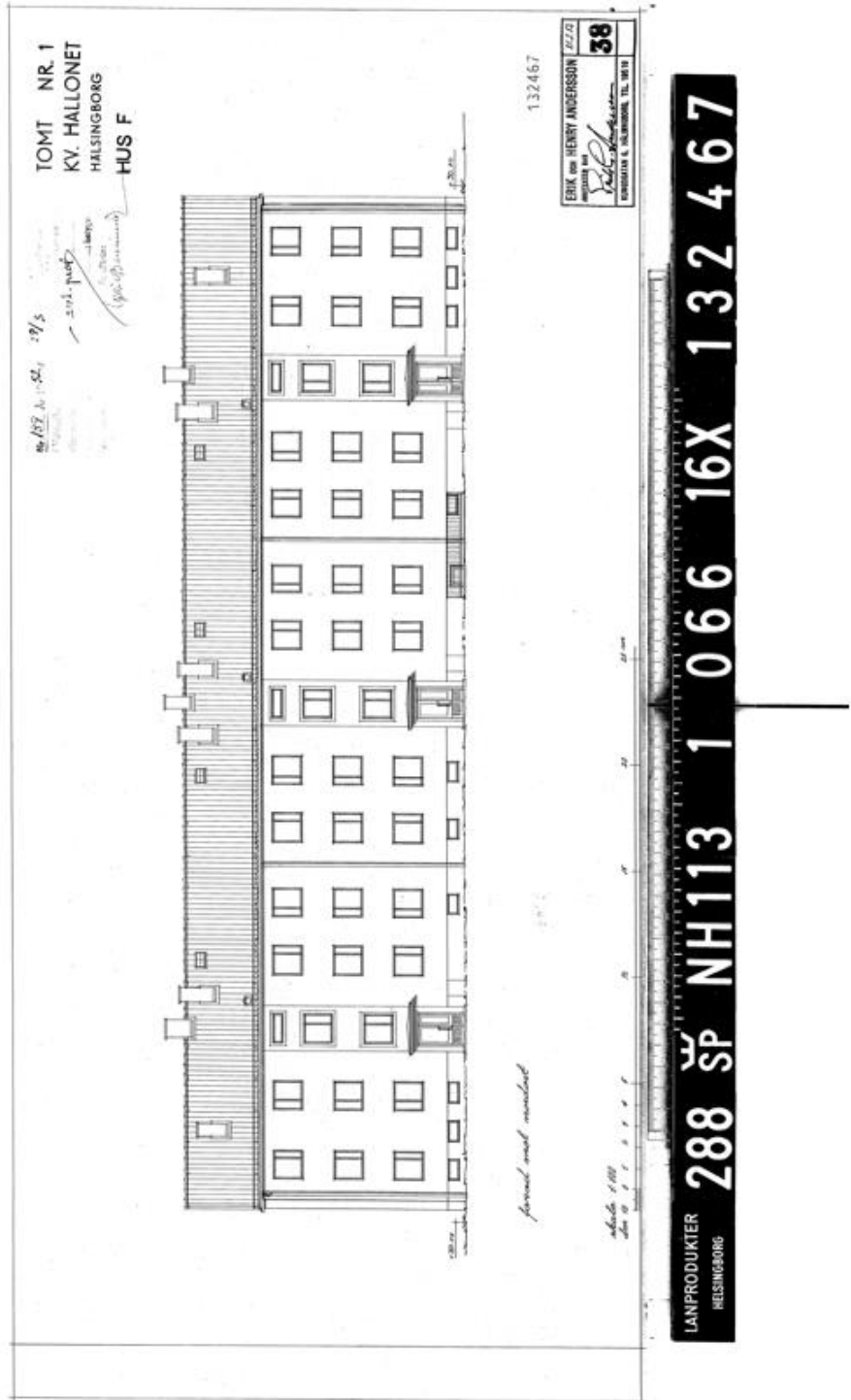
Boverkets författningssamling. (2007). *Boverkets föreskrifter om ändring av verkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår*. Boverket: Karlskrona.

Energimyndigheten. (2015). *Energianvändning och energitillförsel - Underlag till Energikommission*. Eskilstuna: Energimyndigheten.

## Appendix

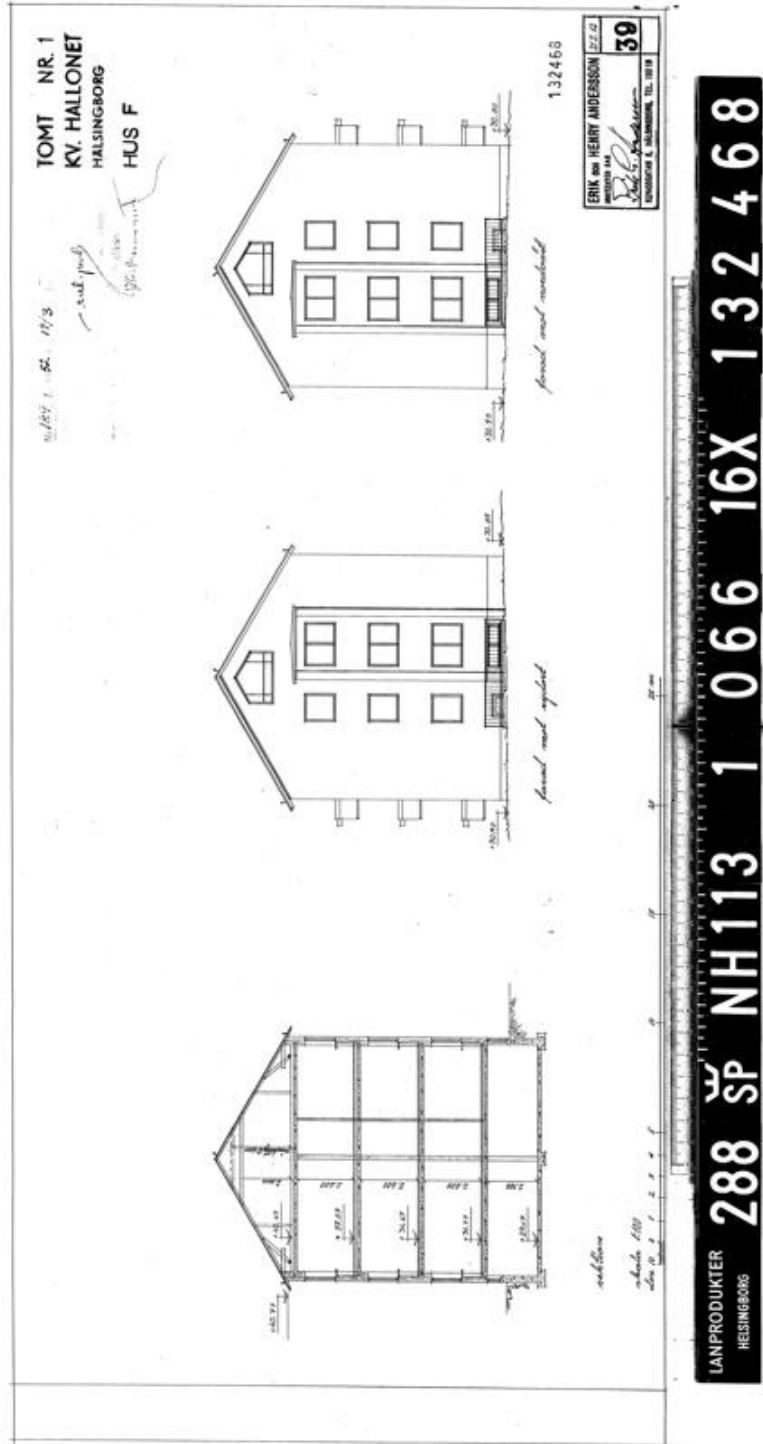


Appendix 1.1 – Planritning för källarplan, plan 1 och vindsplan.

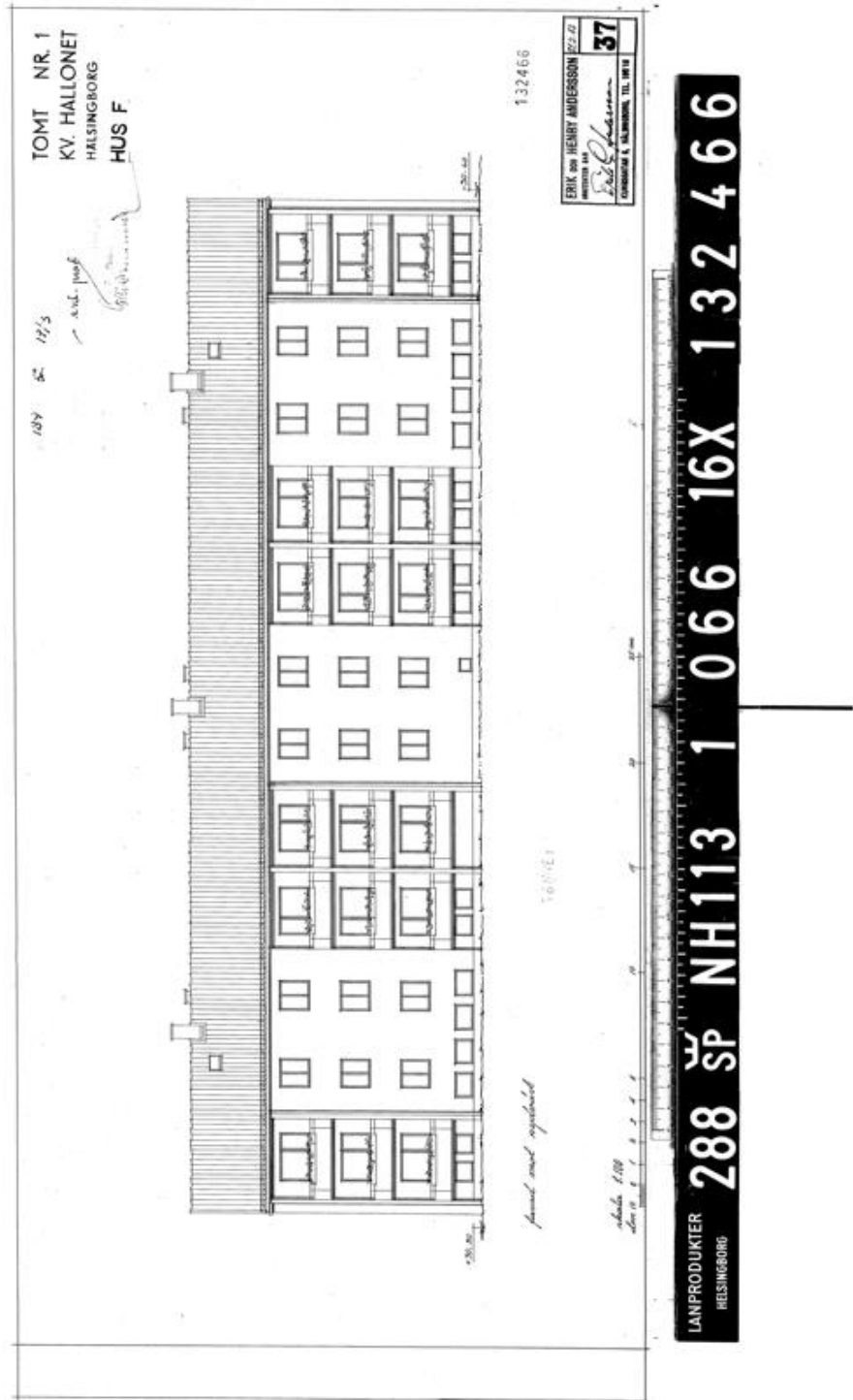


Appendix 1.2 – Fasadritning nordost.





Appendix 1.3 – Sektionsritning och fasadritning nordväst och sydost.



Appendix 1.4 – Fasadritning mot sydväst.

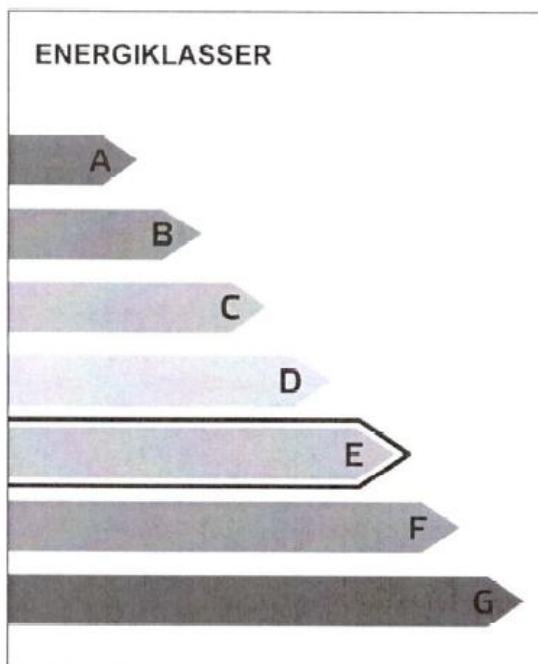
Sammanfattning av

# ENERGIDEKLARATION

Örebrogatan 2A, 252 47 Helsingborg  
Helsingborgs stad

Nybyggnadsår: 1950

Energideklarations-ID: 893790



DENNA BYGGNADS  
ENERGIKLASS

**Energiprestanda, primärenergital:**  
137 kWh/m<sup>2</sup> och år

**Krav vid uppförande av  
ny byggnad, primärenergital:**  
Energiklass C, 85 kWh/m<sup>2</sup> och år

**Specifik energianvändning  
(tidigare energiprestanda):**  
124 kWh/m<sup>2</sup> och år

**Uppvärmningssystem:**  
Fjärrvärme

**Radonmätning:**  
Inte utförd

**Ventilationskontroll (OVK):**  
Utförd

**Åtgärdsförslag:**  
Har lämnats

**Energideklarationen är utförd av:**  
Adam Skoog, T Hedgren  
Energiteknik AB, 2019-01-21

**Energideklarationen är giltig till:**  
2029-01-21

Energideklarationen i sin helhet  
finns hos byggnadens ägare.

**För mer information:**  
[www.boverket.se](http://www.boverket.se)

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

Appendix 2.1 – Sammanfattning av energideklaration.

## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

### Energianvändning

<b>Mätperiod</b> Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet AA/MM)		<b>Beräknad energianvändning</b> Beräknad energianvändning vid normalt brukande och ett normalår anges för byggnader där det inte går att få fram uppgifter om den uppmätta energianvändningen.	
1701 - 1712		<input type="checkbox"/>	
Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? <b>Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BFS 2016:12)</b> Angivna värden ska inte vara normalårskorrigerade.		Omvandlingsfaktorer för bränslen i tabellen nedan gäller om inte annat uppmätts	
Energi för uppvärmning      tappvarmvatten		Eldningsolja      10 000 kWh/m <sup>3</sup> Naturgas      11 000 kWh/1 000 m <sup>3</sup> (effektivt värmevärde) Stadsgas      5 600 kWh/1 000 m <sup>3</sup> Pellets      4 500-5 000 kWh/ton, beroende av träslag och fukthalt	
Fjärrvärme (1)	185631	51973	kWh
Eldningsolja (2)			kWh
Naturgas, stadsgas (3)			kWh
Ved (4)			kWh
Flis/pellets/briketter (5)			kWh
Övrigt biobränsle (6)			kWh
El (vattenburen) (7)			kWh
El (direktverkande) (8)			kWh
El (luftburen) (9)			kWh
Markvärmepump (el) (10)			kWh
Värmepump-frånluft (el) (11)			kWh
Värmepump-luft/luft (el) (12)			kWh
Värmepump-luft/vatten (el) (13)			kWh
Tappvarmvatten (el) (14)			kWh
		Källa: Energimyndigheten För övriga biobränsle varierar värmevärdet beroende av sammansättning och fukthalt. Det är expertens ansvar att omräkna bränslets vikt eller volym till energi på ett korrekt sätt.	
		Övrig el som ingår i energiprestanda	
		Fjärrkyla (15)	kWh
		El för komfortkyla (16)	kWh
		Fastighetse <sup>1</sup> (17)	6100 kWh
		Övrig energi (ingår inte i energiprestanda)	
		Hushållse <sup>2</sup> (18)	kWh
		Verksamhete <sup>3</sup> (19)	kWh
Energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetse <sup>1</sup>		Finns solvärme?	
Summa 1 - 17 <sup>4</sup>	243704 kWh	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej	Ange solfångararea      Beräknad energiproduktion m <sup>2</sup> kWh/år
Ort (Energi-Index)		Finns solcellsystem?	
Helsingborg		<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej	Ange solcellsarea      Beräknad elproduktion m <sup>2</sup> kWh/år
Byggnadens energianvändning <sup>5</sup> (Normalårskorrigerat värde (Energi-index))		Byggnadens primärenergianvändning <sup>6</sup>	
258696 kWh/år		284648 kWh/år	
Energiförbrukning (primärenergital)	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav)	Referensvärde 2 (liknande byggnader)	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad)
137 kWh/m <sup>2</sup> .år	85 kWh/m <sup>2</sup> .år	159 kWh/m <sup>2</sup> .år	kWh/m <sup>2</sup> .år

<sup>1</sup> Den el som ingår i fastighetsenergin.

<sup>2</sup> Den el som ingår i hushållsenergin.

<sup>3</sup> Den el som ingår i verksamhetsenergin.

<sup>4</sup> Den energimängd som levereras till byggnaden vid normalt brukande.

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

<sup>6</sup> Underlag för energiprestanda.

### Appendix 2.2 – Energianvändning enligt energideklaration.

## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

### Byggnaden - Egenskaper

Typkod <b>320 - Hyreshusenhet, bostäder</b>		Byggnadskategori <b>Flerbostadshus</b>	
Byggnadens komplexitet <input checked="" type="radio"/> Enkel <input type="radio"/> Komplex		Byggnadstyp <b>Friliggande</b>	
Atemp (exkl. Avarmgarage) <span style="float: right;">m<sup>2</sup></span> <b>20/9</b>		Procent av Atemp (exkl. Avarmgarage)	
Avarmgarage <span style="float: right;">m<sup>2</sup></span>		<b>100</b>	
Antal källarplan uppvärmda till >10°C (exkl. garageplan) <b>1</b>		Beståder (inkl. biarea, t.ex. trapphus och uppvärmd källare)	
Antal våningsplan ovan mark <b>4</b>		Hotell, pensionat och elevhem	
Antal trapphus <b>3</b>		Restaurang	
Antal bostadslägenheter <b>20</b>		Kontor och förvaltning	
Finns till övervägande del lägenheter med boarea om högst 35 m <sup>2</sup> vardera? <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej		Butiks- och lagerlokaler för livsmedelshandel	
Projekterat genomsnittligt hygieniskt uteluftsflöde i lokalbyggnader eller flerbostadshus <span style="float: right;">l/s.m<sup>2</sup></span>		Butiks- och lagerlokaler för övrig handel	
Finns installerad eleffekt >10 W/m <sup>2</sup> för uppvärmning och varmvattenproduktion <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej		Köpcentrum	
Är byggnaden skyddad som byggnadsminne eller en sådan särskilt värdefull byggnad som avses i 8 kap 13 § PBL? <input checked="" type="radio"/> Nej <input type="radio"/> Ja, enligt 3 kap KML <input type="radio"/> Ja, enligt SBM-förordningen <input type="radio"/> Ja, är utpekad i detaljplan eller områdesbestämmelser <input type="radio"/> Ja, är utpekad i annan typ av dokument <input type="radio"/> Ja, egen bedömning		Vård, dygnet runt Vård, dagtid (samt serviceboende, frisersalong o. dyl) Skolor (förskola-universitet) Bad-, sport-, idrottsanläggningar (ej utomhusarenor) Teater-, konsert-, biograflokaler och övriga samlingslokaler	
		Övrig verksamhet - ange vad	
		<b>Summa</b> <b>100</b>	

*Appendix 2.3 – Byggnadens egenskaper enligt energideklaration.*

**Area- beräkning:**

Kvadratmeter

<b>Väggar:</b>	
220 lbtg + 120 tegel (YV1):	579
120 lbtg + 120 tegel (YV2):	84
220 lbtg (YV3):	150.3
175 btg + 125 lbtg (YV4):	27.4
340 btg (YV5):	245.7

<b>Grund:</b>	
Grunden:	529.4

<b>Tak:</b>	
Vindbjälklag:	479.5

<b>Fönster &amp; dörrar:</b>	
Fönster:	230.2
Entrédörrar:	8.8
Källardörrar:	6.4
Balkongdörrar:	31.8

**U-värde beräkning:**

<b>Vägg 220 lbtg + 120 tegel (YV1):</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (kvmK/W)
Inne (Rsi)			0.13
Lättbetong	220	0.12	1.83
Tegel	120	0.6	0.2
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>2.20</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.45 W/kvmK</b>

<b>Vägg 120 lbtg + 120 tegel (YV2):</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Lättbetong	120	0.12	1
Tegel	120	0.6	0.2
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>1.37</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.73 W/kvmK</b>

Appendix 3.1 – Area- och U-värdesberäkningar för befintlig byggnad.

Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

<b>Vägg 220 lbtg (YV3):</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Lättbetong	220	0.12	1.83
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>2.00</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.50 W/kvK</b>

<b>Vägg 125 lbtg + 175 tegel (YV4)</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Betong	175	1.7	0.10
Lättbetong	125	0.12	1.04
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>1.31</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.76 W/kvK</b>

<b>Vägg 340 btg (Mot mark 0-1 m) (YV5):</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Betong	340	1.7	0.20
Lera (0-1 m)		1.3	0.5
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>0.87</b>
<b>U-värde:</b>			<b>1.15 W/kvK</b>

<b>Vägg 340 btg (Mot mark 1-2 m) (YV5):</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Betong	340	1.7	0.20
Lera (1-2 m)		1.3	1.7
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>2.07</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.48 W/kvK</b>

<b>Medel-U-Värdet (Mark):</b>	
Total yta:	Kvm
0-1 m	123.7
1-2 m	61.85
U-medel:	0.93 W/kvK

Appendix 3.2 – Fortsättning av U-värdesberäkningar.

Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

<b>Vägg 340 btg (Mot luft)</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Betong	340	1.7	0.20
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>0.37</b>
<b>U-värde:</b>			<b>2.70 W/kvK</b>

<b>Medel-U-Värdet (hela betongväggen)</b>	
	Kvm
Väggen mot luft	98.96
Väggen mot mark	185.55
<b>U-medel (hela betongväggen) (YV5):</b>	<b>1.54 W/kvK</b>

<b>Grund</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
Inne (Rsi)			0.17
Betong	80	1.7	0.047
Makadam	150		0.2
Lera (0-6 m)		1.4	3.4
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>3.86</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.26 W/kvK</b>

<b>Vindsbjälklag</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
(R-vind)			0.3
Inne (Rsi)			0.1
Betong	160	1.7	0.09
Cellbetong	85	0.12	0.71
Slitlager betong	30	1.7	0.02
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>1.26</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.79 W/kvK</b>

<b>U-värde fönster:</b>	<b>2.7 W/kvK</b>
-------------------------	------------------

<b>U-värde entrédörrar:</b>	<b>2.5 W/kvK</b>
-----------------------------	------------------

<b>U-värde balkongdörrar:</b>	<b>2.2 W/kvK</b>
-------------------------------	------------------

<b>U-värde källardörrar:</b>	<b>2 W/kvK</b>
------------------------------	----------------

Appendix 3.3 – Fortsättning av U-värdesberäkningar.





**INDATA**

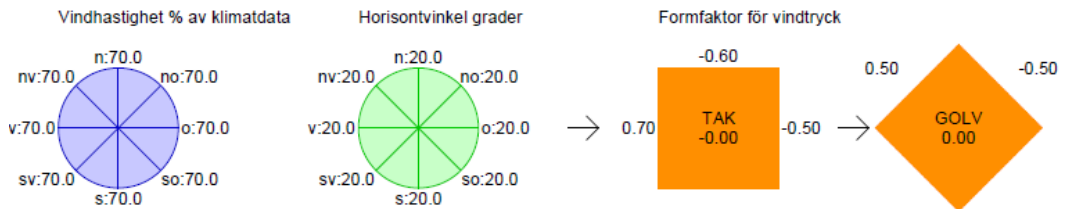
**Kommentarer**

Användaruppgifter läser programmet in från filen Title.vpd när programmet startas.

Uppgifterna i filen uppdateras under Katalogdata->Uppdatering av kataloger.

Kryssrutan för användaruppgifter ska vara ifylld.

**Yttre förhållanden**



Solreflektion från mark: 20.00 [%]  
 Lufttryck: 1013 [hPa]  
 Markegenskaper värmeledningstal: 1.4 [W/m\*K]  
 Lera, dränerad sand , dränerat grus.

**Klimatdata**

Klimatfil: MALMÖ 1981-2010 Laditud: 55.6 grader

	Högsta värde	Medelvärde	Minsta värde	
Utetemperatur	28.1	8.8	-9.6	°C
Vindhastighet	15.5	4.5	0.1	m/s
Solstrålning global	894.3	116.4	0.0	W/m²
Relativ fuktighet utomhus	100.0	81.0	28.0	%

**Materialkatalog**

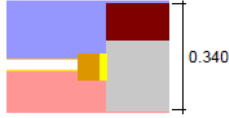
Materialnamn	Värme- ledningstal W/m,K	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kg,K	Kostnad kr/kg	
Aluminium	200.000	2700.000	890.000	0.0	Blue
Betong Normal RH	1.700	2300.000	800.000	0.0	Green
Cellplast 36	0.036	25.000	1400.000	0.0	Light Blue
Lätต์betong 500	0.120	550.000	1050.000	0.0	Grey
Lösssprutad ull	0.042	40.000	800.000	0.0	Yellow
Mineralull 31	0.031	50.000	840.000	0.0	Yellow
Mineralull 40	0.040	80.000	840.000	0.0	Yellow
Fasadtegel	0.600	1500.000	840.000	0.0	Dark Red
Trä Gran	0.140	500.000	2300.000	0.0	Orange
Träullsplatta	0.075	200.000	1510.000	0.0	Orange
Cellbetong	0.120	2300.000	800.000	0.0	Purple
Glas	1.000	50.435	1056.522	0.0	Yellow
Lera	1.400	50.435	1056.522	0.0	Dark Red
INNE					Pink
UTE					Blue

**Bygghelstyper 1-dimensionella Katalog**

Bygghelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tj. m	U-värde W/m <sup>2</sup> ,K	Delta- U-värde W/m <sup>2</sup> ,K	Otätthets- faktor q50 l/s,m <sup>2</sup>	Sol- absorp- tion %	
Grund	Lera Betong Normal RH	5.100 0.080	0.259	0.010	0.10	0.00	5.180
YV1	Fasadtegel Lättbetong 500	0.120 0.220	0.454	0.010	0.50	50.00	0.340
YV2	Fasadtegel Lättbetong 500	0.120 0.120	0.730	0.010	0.50	50.00	0.240
YV3	Mineralull 31 Lättbetong 500	0.080 0.220	0.218	0.010	0.50	50.00	0.300
YV4	Mineralull 31 Lättbetong 500 Betong Normal RH	0.080 0.125 0.175	0.257	0.010	0.50	50.00	0.380
YV5	Cellplast 36 Betong Normal RH	0.115 0.815	0.260	0.010	0.50	50.00	0.930
Vindsbjälklag	Lösssprutad ull Betong Normal RH Cellbetong Betong Normal RH	0.500 0.500 0.085 0.160	0.076	0.000	0.10	0.00	1.245

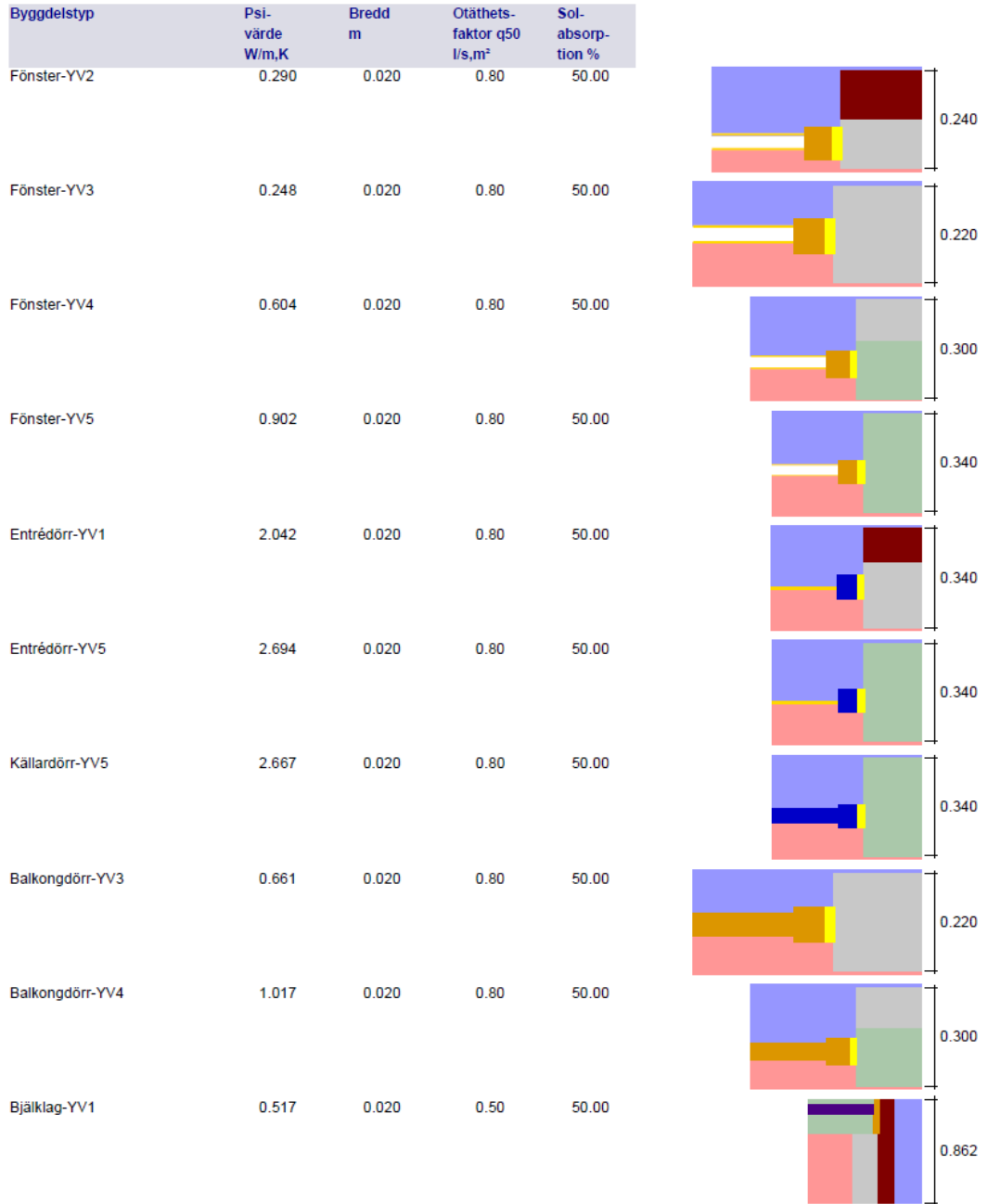
**Bygghelstyper 2-dimensionella Katalog**

Bygghelstyp	Psi- värde W/m,K	Bredd m	Otätthets- faktor q50 l/s,m <sup>2</sup>	Sol- absorp- tion %	
Fönster-YV1	0.245	0.020	0.80	50.00	0.340



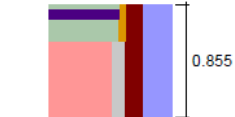



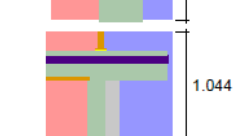
Appendix 4.2

## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus



Appendix 4.3

## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

Bygghelstyp	Psi-värde W/m,K	Bredd m	Otätthets- faktor q50 l/s,m <sup>2</sup>	Sol- absorp- tion %	
Bjälklag-YV2	0.735	0.020	0.50	50.00	
Bjälklag-YV3	0.434	0.020	0.50	50.00	
Bjälklag-YV4	1.417	0.020	0.50	50.00	
Bjälklag-YV5	1.826	0.020	0.50	50.00	
Balkongdörr-Bjälklag	1.742	0.020	0.50	50.00	

### Fönster och dörrar

Bygghelstyp	Glas- andel %	Soltransmittans Total g %	Direkt ST %	U-värde W/m <sup>2</sup> ,K	Otätthets- faktor q50 l/s,m <sup>2</sup>	Kontroll- funktioner
2-Glas kopplat max	70.000	76.000	60.800	1.000	0.800	
Källardörr	20.000	0.000	0.000	0.900	0.800	
Entrédörr	70.000	0.000	0.000	1.000	0.800	
Balkongdörr	45.000	0.000	0.000	0.950	0.800	

### Byggnad

Ventilerad volym 5040.0 [m<sup>3</sup>]

Golvarea (ga) 2079.0 [m<sup>2</sup>]

Antal lägenheter 20

Beskrivning	Bygghelstyp	Orientering	Rotation [°]	Lutning [°]	Mängd Area m <sup>2</sup> Längd m Antal st	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angräns- ande temp. °C	U- Psi- Chi- värde med mark och D-U
YV1	YV1	SYDOST	0.0	0.0	63.2 m <sup>2</sup>	0.0	11.6		0.464 W/m <sup>2</sup> K
YV5	YV5	SYDOST	0.0	0.0	22.7 m <sup>2</sup>	0.0	2.3		0.270 W/m <sup>2</sup> K
YV2	YV2	SYDOST	0.0	0.0	12.5 m <sup>2</sup>	0.0	1.0		0.740 W/m <sup>2</sup> K
YV5	YV5	NORDVÄST	0.0	0.0	22.7 m <sup>2</sup>	0.0	2.3		0.270 W/m <sup>2</sup> K
YV1	YV1	NORDVÄST	0.0	0.0	63.2 m <sup>2</sup>	0.0	11.6		0.464 W/m <sup>2</sup> K
YV2	YV2	NORDVÄST	0.0	0.0	12.5 m <sup>2</sup>	0.0	1.0		0.740 W/m <sup>2</sup> K
YV5	YV5	SYDVÄST	0.0	0.0	93.6 m <sup>2</sup>	0.0	2.3		0.270 W/m <sup>2</sup> K
YV1	YV1	SYDVÄST	0.0	0.0	162.0 m <sup>2</sup>	0.0	9.3		0.464 W/m <sup>2</sup> K
YV2	YV2	SYDVÄST	0.0	0.0	24.8 m <sup>2</sup>	0.0	1.0		0.740 W/m <sup>2</sup> K
YV3	YV3	SYDVÄST	0.0	0.0	71.0 m <sup>2</sup>	0.0	2.0		0.228 W/m <sup>2</sup> K

### Appendix 4.4

## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

Beskrivning	Bygghelstyp	Orientering	Rotation [°]	Lutning [°]	Mängd	Lägsta	Högsta	Angräns- ande temp. °C	U- Psi- Chi- värde med mark och D-U
					Area m <sup>2</sup>	nivå m	nivå m		
					Längd m				
					Antal st				
YV4	YV4	SYDVÄST	0.0	0.0	27.2 m <sup>2</sup>	0.0	0.4		0.267 W/m <sup>2</sup> K
YV1	YV1	NORDOST	0.0	0.0	248.7 m <sup>2</sup>	0.0	9.3		0.464 W/m <sup>2</sup> K
YV2	YV2	NORDOST	0.0	0.0	50.4 m <sup>2</sup>	0.0	1.0		0.740 W/m <sup>2</sup> K
YV5	YV5	NORDOST	0.0	0.0	100.9 m <sup>2</sup>	0.0	2.3		0.270 W/m <sup>2</sup> K
2000x1400	2-Glas kopplat max	SYDOST	0.0	0.0	8.40 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
1400x1400	2-Glas kopplat max	SYDOST	0.0	0.0	5.88 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
Vindsvån.fönster	2-Glas kopplat max	SYDOST	0.0	0.0	5.00 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
Källardörr	Källardörr	SYDOST	0.0	0.0	2.10 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		0.900 W/m <sup>2</sup> K
2000x600	2-Glas kopplat max	SYDOST	0.0	0.0	1.20 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
2000x1400	2-Glas kopplat max	NORDVÄST	0.0	0.0	8.40 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
1400x1400	2-Glas kopplat max	NORDVÄST	0.0	0.0	5.88 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
Vindsvån.fönster	2-Glas kopplat max	NORDVÄST	0.0	0.0	5.00 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
Källardörr	Källardörr	NORDVÄST	0.0	0.0	2.10 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		0.900 W/m <sup>2</sup> K
2000x600	2-Glas kopplat max	NORDVÄST	0.0	0.0	1.20 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
1600x1400	2-Glas kopplat max	SYDVÄST	0.0	0.0	40.3 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
Balkongdörr	Balkongdörr	SYDVÄST	0.0	0.0	32.0 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		0.950 W/m <sup>2</sup> K
1400x1400	2-Glas kopplat max	SYDVÄST	0.0	0.0	35.3 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
1200x800	2-Glas kopplat max	SYDVÄST	0.0	0.0	7.68 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
950x800	2-Glas kopplat max	SYDVÄST	0.0	0.0	6.10 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
600x600	2-Glas kopplat max	SYDVÄST	0.0	0.0	0.360 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
1400x1400	2-Glas kopplat max	NORDOST	0.0	0.0	82.3 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
1400x640	2-Glas kopplat max	NORDOST	0.0	0.0	2.70 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
Entrédörr	Entrédörr	NORDOST	0.0	0.0	9.18 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
950x950	2-Glas kopplat max	NORDOST	0.0	0.0	4.80 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		1.000 W/m <sup>2</sup> K
Källardörr	Källardörr	NORDOST	0.0	0.0	2.10 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		0.900 W/m <sup>2</sup> K
Grund	Grund	GOLV	0.0	0.0	529.4 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		0.269 W/m <sup>2</sup> K
Tak	Vindsbjälklag	TAK	0.0	0.0	480.0 m <sup>2</sup>	0.0	2.4		0.076 W/m <sup>2</sup> K
Fönster-YV1	Fönster-YV1	NORDOST	0.0	0.0	151.2 m	0.0	0.0		0.245 W/mK
Fönster-YV2	Fönster-YV2	NORDOST	0.0	0.0	50.4 m	0.0	0.0		0.290 W/mK
Fönster-YV5	Fönster-YV5	NORDOST	0.0	0.0	29.0 m	0.0	0.0		0.902 W/mK
Entrédörr-YV1	Entrédörr-YV1	NORDOST	0.0	0.0	12.6 m	0.0	0.0		2.042 W/mK
Entrédörr-YV5	Entrédörr-YV5	NORDOST	0.0	0.0	9.00 m	0.0	0.0		2.694 W/mK
Källardörr-YV5	Källardörr-YV5	NORDOST	0.0	0.0	6.20 m	0.0	0.0		2.667 W/mK
Bjk-YV1	Bjälklag-YV1	NORDOST	0.0	0.0	59.5 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Bjk-YV2	Bjälklag-YV2	NORDOST	0.0	0.0	33.6 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Källarbjk-YV1	Bjälklag-YV1	NORDOST	0.0	0.0	25.6 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Källarbjk-YV2	Bjälklag-YV2	NORDOST	0.0	0.0	16.8 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Källarbjk-YV5	Bjälklag-YV5	NORDOST	0.0	0.0	46.5 m	0.0	0.3		1.826 W/mK
Vindsbjk-YV1	Bjälklag-YV1	NORDOST	0.0	0.0	46.5 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Fönster-YV1	Fönster-YV1	NORDVÄST	0.0	0.0	32.0 m	0.0	0.0		0.245 W/mK
Fönster-YV2	Fönster-YV2	NORDVÄST	0.0	0.0	12.5 m	0.0	0.0		0.290 W/mK
Fönster-YV5	Fönster-YV5	NORDVÄST	0.0	0.0	5.20 m	0.0	0.0		0.902 W/mK
Källardörr-YV5	Källardörr-YV5	NORDVÄST	0.0	0.0	6.20 m	0.0	0.0		2.667 W/mK
Bjk-YV1	Bjälklag-YV1	NORDVÄST	0.0	0.0	15.2 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Bjk-YV2	Bjälklag-YV2	NORDVÄST	0.0	0.0	6.80 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Källarbjk-YV1	Bjälklag-YV1	NORDVÄST	0.0	0.0	7.60 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Källarbjk-YV2	Bjälklag-YV2	NORDVÄST	0.0	0.0	3.40 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Källarbjk-YV5	Bjälklag-YV5	NORDVÄST	0.0	0.0	11.0 m	0.0	0.3		1.826 W/mK
Vindsbjk-YV1	Bjälklag-YV1	NORDVÄST	0.0	0.0	8.70 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Vindsbjk-YV2	Bjälklag-YV2	NORDVÄST	0.0	0.0	2.30 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Fönster-YV1	Fönster-YV1	SYDOST	0.0	0.0	32.0 m	0.0	0.0		0.245 W/mK
Fönster-YV2	Fönster-YV2	SYDOST	0.0	0.0	12.5 m	0.0	0.0		0.290 W/mK
Fönster-YV5	Fönster-YV5	SYDOST	0.0	0.0	5.20 m	0.0	0.0		0.902 W/mK
Källardörr-YV5	Källardörr-YV5	SYDOST	0.0	0.0	6.20 m	0.0	0.0		2.667 W/mK
Bjk-YV1	Bjälklag-YV1	SYDOST	0.0	0.0	15.2 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Bjk-YV2	Bjälklag-YV2	SYDOST	0.0	0.0	6.80 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Källarbjk-YV1	Bjälklag-YV1	SYDOST	0.0	0.0	7.60 m	0.0	0.3		0.517 W/mK

### Appendix 4.5

## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

Beskrivning	Byggdeltyp	Orientering	Rotation [°]	Lutning [°]	Mängd	Lägsta	Högsta	Angräns- ande temp. °C	U- Psi- Chi- värde med mark och D-U
					Area m <sup>2</sup>	nivå m	nivå m		
					Längd m				
					Antal st				
Källarbjk-YV2	Bjälklag-YV2	SYDOST	0.0	0.0	3.40 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Källarbjk-YV5	Bjälklag-YV5	SYDOST	0.0	0.0	11.0 m	0.0	0.3		1.826 W/mK
Vindsbjk-YV1	Bjälklag-YV1	SYDOST	0.0	0.0	8.70 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Vindsbjk-YV2	Bjälklag-YV2	SYDOST	0.0	0.0	2.30 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Fönster-YV1	Fönster-YV1	SYDVÄST	0.0	0.0	75.6 m	0.0	0.0		0.245 W/mK
Fönster-YV2	Fönster-YV2	SYDVÄST	0.0	0.0	25.2 m	0.0	0.0		0.290 W/mK
Fönster-YV3	Fönster-YV3	SYDVÄST	0.0	0.0	54.0 m	0.0	0.0		0.248 W/mK
Fönster-YV4	Fönster-YV4	SYDVÄST	0.0	0.0	28.8 m	0.0	0.0		0.604 W/mK
Fönster-YV5	Fönster-YV5	SYDVÄST	0.0	0.0	69.4 m	0.0	0.0		0.902 W/mK
B.dörr-YV3	Balkongdörr-YV3	SYDVÄST	0.0	0.0	37.8 m	0.0	0.0		0.661 W/mK
B.dörr-YV4	Balkongdörr-YV4	SYDVÄST	0.0	0.0	15.3 m	0.0	0.0		1.017 W/mK
B.dörr-Källarbjk	Balkongdörr-Bjälklag	SYDVÄST	0.0	0.0	5.10 m	0.0	0.0		1.742 W/mK
B.dörr-Bjk	Balkongdörr-Bjälklag	SYDVÄST	0.0	0.0	10.2 m	0.0	0.0		1.742 W/mK
Bjk-YV1	Bjälklag-YV1	SYDVÄST	0.0	0.0	40.9 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Bjk-YV2	Bjälklag-YV2	SYDVÄST	0.0	0.0	16.8 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Bjk-YV3	Bjälklag-YV3	SYDVÄST	0.0	0.0	35.4 m	0.0	0.3		0.434 W/mK
Bjk-YV4	Bjälklag-YV4	SYDVÄST	0.0	0.0	68.4 m	0.0	0.3		1.417 W/mK
Källarbjk-YV1	Bjälklag-YV1	SYDVÄST	0.0	0.0	15.4 m	0.0	0.3		0.517 W/mK
Källarbjk-YV2	Bjälklag-YV2	SYDVÄST	0.0	0.0	8.40 m	0.0	0.3		0.735 W/mK
Källarbjk-YV3	Bjälklag-YV3	SYDVÄST	0.0	0.0	17.7 m	0.0	0.3		0.434 W/mK
Källarbjk-YV5	Bjälklag-YV5	SYDVÄST	0.0	0.0	46.5 m	0.0	0.3		1.826 W/mK
Vindsbjk-YV1	Bjälklag-YV1	SYDVÄST	0.0	0.0	46.5 m	0.0	0.3		0.517 W/mK

### Driftdata

Namn	Verksamhetsenergi			Fastighetsenergi		Person- värme W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/m <sup>2</sup>	W/lgh	Fukttill- skott mg/s,m <sup>2</sup>	Rumstemperatur		
	Rumsluft W/m <sup>2</sup>	W/lgh	Extern W/m <sup>2</sup>	Rumsluft W/m <sup>2</sup>	Extern W/m <sup>2</sup>					Högsta °C	Lägsta °C	Passiv forc °C
Flerbostadshus	2.40	1.00	0.00	0.00	0.00	1.50	2.85	0.00	0.80	24.00	18.00	23.00

### Drifttider

Driftfall	Veckodagar	Veckonr	Tid
Flerbostadshus	Måndagar, Tisdagar, Onsdagar, Torsdagar, Fredagar, Lördagar, Söndagar	1 - 53	0 - 24

### Ventilationsaggregat

Aggregatnamn	Tilluft		Frånluft		Reglerfall	Tidsschema
	Fläkttryck Pa	Verkningsgr. %	Fläkttryck Pa	Verkningsgr. %		
FF-1F	0.00	0.00	70.00	85.00	---	Flerbostadshus

### Ventilationstider

Tidsschema	Veckodagar	Tilluft l/s	Frånluft l/s	Veckonr	Tid
Flerbostadshus	Måndagar, Tisdagar, Onsdagar, Torsdagar, Fredagar, Lördagar, Söndagar	560.000	560.000	1 - 53	0 - 24

### Appendix 4.6

### Reglerfall

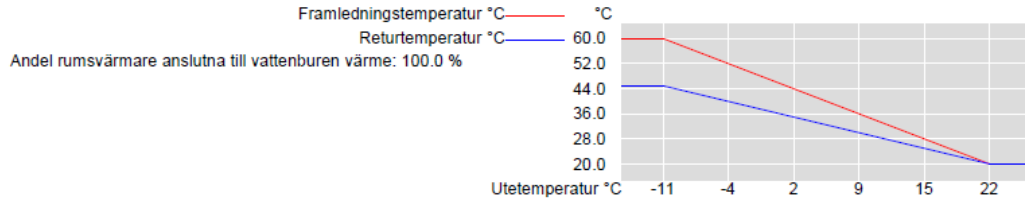
---  
Ingen reglerfunktion aktiverad

### Tappvarmvatten

Temperatur kallvatten: 8.0 °C  
Temperatur tappvarmvatten: 55.0 °C

### Vattenvärmesystem

Reglering av framledningstemperatur mot utomhustemperatur



### Kylförsörjning

Passiv kylförsörjning  
Max relativ fuktighet i rumsluft: 100.0 %  
Dimensionerande utetemperatur för kylning: 100.0 °C

### Krav

Dimensionerande rumstemperatur: 20.0 °C  
Dimensionerande utetemperatur: -99.0 °C  
Dimensionerande marktemperatur: 20.0 °C  
Elvärme till uppvärmning ventilation  
BBR25, BBR26  
Flerbostadshus stora lgh  
Geografisk justeringsfaktor: 0.9

### RESULTAT

Beräkningsperiod Dagar: 1 - 365  
Beräkningsdatum: 2019-05-24 11:35:05

### Energibalans per månad

Period	Avgiven energi [kWh]					Kyla	Tillförd energi [kWh]					
	(23) Trans- mission	(24) Luft- läckage	(21) Ventila- tion	(28) Spill- vatten			(27) Sol- energi fönster	(25) Person- värme	(45) Process- energi intern	(33) Värme- försörj- ning	(34) El- försörj- ning	(52) Latent energi
Mån 1	20486	1499	10524	4408	0	384	2320	3727	27238	34	3094	
Mån 2	20892	1442	10623	3982	0	1088	2096	3366	27687	31	2794	
Mån 3	18507	1237	10265	4408	0	3066	2320	3727	22376	34	3094	
Mån 4	13692	963	8486	4266	0	4206	2245	3607	14153	33	2994	
Mån 5	8103	626	6781	4408	0	6303	2320	3727	5179	34	3094	
Mån 6	7359	550	6305	4266	1267	6353	2245	3607	4291	33	2994	
Mån 7	4508	479	5489	4408	5323	7356	2320	3727	4408	34	3094	
Mån 8	6269	453	5880	4408	2700	5734	2320	3727	4408	34	3094	
Mån 9	7158	490	5856	4266	18	3970	2245	3607	4702	33	2994	
Mån 10	11109	664	7189	4408	0	2356	2320	3727	11202	34	3094	
Mån 11	16603	1042	8992	4266	0	471	2245	3607	21520	33	2994	
Mån 12	20840	1289	10688	4408	0	254	2320	3727	27761	34	3094	
Summa	155525	10733	97079	51904	9308	41541	27318	43884	174926	404	36424	

Appendix 4.7

## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

### Energibalans

Avgiven energi	kWh	kWh/m <sup>2</sup> (ga)	Tillförd energi	kWh	kWh/m <sup>2</sup> (ga)
(23) Transmission	155525	74.808	(27) Solenergi genom fönster	41541	19.981
(24) Luftläckage	10733	5.162	(25) Personvärme	27318	13.140
(21) Ventilation	97079	46.695	(45) Processenergi rumsluft	43884	21.108
(28) Spillvatten	51904	24.966	(33) Värmeförsörjning	174926	84.139
(22) Passiv kyla	9308	4.477	(34) Elförsörjning	404	0.194
			(52) Latent energi	36424	17.520

### Specifikation av energitillförsel

Energipost	kWh	kWh/m <sup>2</sup> (ga)
(33) VÄRMEFÖRSÖRJNING	174926	84.139
(2) Värmesystem	123022	59.173
(3) Tappvarmvatten	51904	24.966
(47+48) KYLFÖRSÖRJNING	9308	4.477
(48) Kylning i rumsluft	9308	4.477
(48S) Sensibel kylning i rumsluft	9308	4.477
(48L) Latent kylning i rumsluft	0	0.000
(34) ELFÖRSÖRJNING	404	0.194
(13) El Frånluftsfläkt	404	0.194
(26) PROCESSENERGI	43884	21.108
(40) Verksamhetsenergi rumsluft	43884	21.108
(43) VÄRMESYSTEM	123022	59.173
(44) TAPPVARMVATTEN	51904	24.966

### Solel per månad

Period	Producerad Solel	till El-värme	till Elför-sörjning	till Fastighets-energi	till Verksamhets-energi
Mån 1	0	0	0	0	0
Mån 2	0	0	0	0	0
Mån 3	0	0	0	0	0
Mån 4	0	0	0	0	0
Mån 5	0	0	0	0	0
Mån 6	0	0	0	0	0
Mån 7	0	0	0	0	0
Mån 8	0	0	0	0	0
Mån 9	0	0	0	0	0
Mån 10	0	0	0	0	0
Mån 11	0	0	0	0	0
Mån 12	0	0	0	0	0
Summa	0	0	0	0	0

Appendix 4.8



### Nyckeltal

Inre värmekapacitet	58.17	[Wh/m <sup>2</sup> *°C]
Yttre värmekapacitet	108.95	[Wh/m <sup>2</sup> *°C]
Medeltemperatur uppvärmning	18.00	[°C]
Medelvärde ventilation	560.00	l/s
Medelvärde Processenergi	2.41	[W/m <sup>2</sup> ]
Medelvärde Personvärme	1.50	[W/m <sup>2</sup> ]
Omslutningsarea	2279.39	[m <sup>2</sup> ]
U-värde	0.794	[W/m <sup>2</sup> K]
U-värde * Omslutningsarea	1810.02	[W/K]
Luftläckage vid 50 Pa	820.39	[l/s]
Luftläckage vid 50 Pa	0.36	[l/s,m <sup>2</sup> ]
Dim. effekt transmission:	215.39	[kW]
Dim. effekt Ventilation:	80.21	[kW]
Dim. effekt Luftläckage:	20.47	[kW]
Avgiven värmeeffekt	316.07	[kW]
Medel invändigt tryck	-1.94	[Pa]
Specifik fläkteffekt	0.08	[kW/(m <sup>2</sup> /s)]
Rel. area Omslutning/Golv	1.10	
Rel. area (Fönster+Dörrar)/Golv	0.13	
Tidskonstant	48.30	[h]

### *Appendix 4.9*

**U-värde beräkning: (Renovering)**

<b>Vägg 220 lbtg (YV3):</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Lättbetong	220	0.12	1.83
Tilläggsisolering	80	0.032	2.5
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>4.50</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.22 W/kvMK</b>

<b>Vägg 125 lbtg + 175 tegel (YV4)</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Betong	175	1.7	0.10
Lättbetong	125	0.12	1.04
Tilläggsisolering	80	0.032	2.5
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>3.81</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.26 W/kvMK</b>

<b>Vägg 340 btg (Mot mark 0-1 m) (YV5):</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Betong	340	1.7	0.20
Cellplast	100	0.035	2.86
Lera (0-1 m)		1.3	0.5
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>3.73</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.27 W/kvMK</b>

<b>Vägg 340 btg (Mot mark 1-2 m) (YV5):</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Betong	340	1.7	0.20
Cellplast	100	0.035	2.86
Lera (1-2 m)		1.3	1.7
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>4.93</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.20 W/kvMK</b>

<b>Medel-U-Värdet (Mark):</b>	
Total yta:	Kvm
0-1 m	123.7
1-2 m	61.85
<b>U-medel:</b>	<b>0.25 W/kvMK</b>

Appendix 5.1 – U-värdesberäkning efter renoveringsåtgärder.

<b>Vägg 340 btg (Mot luft)</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
Inne (Rsi)			0.13
Betong	340	1.7	0.20
Cellplast	100	0.035	2.86
Puts	10	0.01	0.01
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>3.24</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.31 W/kvK</b>

<b>Medel-U-Värdet (hela betongväggen)</b>	
	Kvm
Väggen mot luft	98.96
Väggen mot mark	185.55
<b>U-medel (hela betongväggen) (YV5):</b>	<b>0.26 W/kvK</b>

<b>Vindsbjälklag</b>			
Skikt	d (mm)	lambda (W/mK)	R (m2K/W)
(R-vind)			0.3
Inne (Rsi)			0.1
Betong	160	1.7	0.09
Cellbetong	85	0.12	0.71
Slitlager betong	30	1.7	0.02
Lösull	500	0.042	11.9
Ute (Rse)			0.04
<b>Summa:</b>			<b>13.16</b>
<b>U-värde:</b>			<b>0.08 W/kvK</b>

<b>U-värde fönster:</b>	<b>1.0 W/kvK</b>
-------------------------	------------------

<b>U-värde entrédörrar:</b>	<b>1 W/kvK</b>
-----------------------------	----------------

<b>U-värde balkongdörrar:</b>	<b>0.95 W/kvK</b>
-------------------------------	-------------------

<b>U-värde källardörrar:</b>	<b>0.9 W/kvK</b>
------------------------------	------------------

Appendix 5.2 – Fortsättning av U-värdesberäkning.

Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

Lunds Tekniska Högskola  
Elevlicens 6911 giltig till 2019-06-30

**Kostnadsberäkning**

Objekt	Ort		Räknet	Datum	Rev	Sida			
Örebrogatan 2 A-C	Helsingborg			2019-05-03		1 (2)			
Kapitel	Mängd	Enhet	Material		Tid		Underentreprenader		Avm. (P-kod)
SAMMANSTÄLLNING			Enh.-pris	Summa SEK	Tim/Enh.	Timmar	Enh.-pris	Summa SEK	

1	KAPITEL	SIDA							
2	1	SCHAKTER							
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

Utskrivet: 2019-05-14 13:36

Lunds Tekniska Högskola  
Elevlicens 6911 giltig till 2019-06-30

**Kostnadsberäkning**

Objekt	Ort		Räknet	Datum	Rev	Sida			
Örebrogatan 2 A-C	Helsingborg			2019-05-03		2 (2)			
1	Mängd	Enhet	Material		Tid		Underentreprenader		Avm. (P-kod)
SCHAKTER			Enh.-pris	Summa SEK	Tim/Enh.	Timmar	Enh.-pris	Summa SEK	

1	1.001	Schakt runt byggnad i gräsyta	55,0	m					
2	BFE	Matjordsavtagning H=200 B=2000	55,0	m	-	-	-	67,00	3 685
3	CBB.22	Jordschakt vid byggnad 4 m <sup>2</sup> /m	55,0	m	-	-	-	387,00	21 285
4	CBB.22	Borttransport jordmassor	110,0	m <sup>3</sup>	-	-	-	137,00	15 070
5	PBB.53	ø 110 plaströr + makadam	55,0	m	-	-	-	395,00	21 725
6	CEF.1214	Tillförda grusmassor	110,0	m <sup>3</sup>	-	-	-	324,00	35 640
7	CEF.1214	Befintliga grusmassor	110,0	m <sup>3</sup>	-	-	-	135,00	14 850
8	DCL.12	Befintlig matjord H=200 B=2000	55,0	m	-	-	-	88,00	4 840
9	DDB.111	Grässädd B=2000	55,0	m	-	-	-	57,00	3 135
10									
11	1.001	Schakt runt byggnad i gräsyta	31,5	m					
12	BFE	Matjordsavtagning H=200 B=1000	31,5	m	-	-	-	41,00	1 292
13	CBB.22	Jordschakt vid byggnad 4 m <sup>2</sup> /m	31,5	m	-	-	-	387,00	12 191
14	CBB.22	Borttransport jordmassor	63,0	m <sup>3</sup>	-	-	-	137,00	8 631
15	PBB.53	ø 110 plaströr + makadam	31,5	m	-	-	-	395,00	12 443
16	CEF.1214	Tillförda grusmassor	63,0	m <sup>3</sup>	-	-	-	324,00	20 412
17	CEF.1214	Befintliga grusmassor	63,0	m <sup>3</sup>	-	-	-	135,00	8 505
18	DCL.12	Befintlig matjord H=200 B=1000	31,5	m	-	-	-	61,00	1 922
19	DDB.111	Grässädd B=1000	31,5	m	-	-	-	36,00	1 134
20									
21	1.004	Schakt runt byggnad i plattytta	85,0	m					
22	BED.1214	Rivning asfalt B=2000	85,0	m	-	-	-	100,00	8 500
23	BFE	Matjordsavtagning H=200 B=2000	85,0	m	-	-	-	67,00	5 695
24	CBB.22	Jordschakt vid byggnad 4 m <sup>2</sup> /m	85,0	m	-	-	-	387,00	32 895
25	CBB.22	Borttransport jordmassor	170,0	m <sup>3</sup>	-	-	-	137,00	23 290
26	PBB.53	ø 110 plaströr + makadam	85,0	m	-	-	-	395,00	33 575
27	CEF.1214	Tillförda grusmassor	170,0	m <sup>3</sup>	-	-	-	324,00	55 080
28	CEF.1214	Befintliga grusmassor	170,0	m <sup>3</sup>	-	-	-	135,00	22 950
29	DCL.12	Befintlig matjord H=200 B=2000	85,0	m	-	-	-	88,00	7 480
30	DDB.111	Grässädd B=2000	85,0	m	-	-	-	57,00	4 845
31	DCG.2	Betongplattor återlägges B=1000	85,0	m	-	-	-	315,00	26 775
32									

Utskrivet: 2019-05-14 13:36

Appendix 6 – Kostnader för schaktning enligt Wikells sektionsdata.

## Energieffektivisering av befintligt flerbostadshus

<b>Anskaffningsavgift</b>	110880
<b>Inkomster år t</b>	30113.1
<b>Utgifter år t</b>	0
<b>Ekonomisk livslängd</b>	30-50
<b>Kalkylränta</b>	0.05
<b>Kalkylperiod</b>	30

LCP beräknas genom formeln:

$$LCP = \sum_{t=0}^n \frac{I_t - U_t}{(1+r)^t} - A$$

där

A = Anskaffningsavgift

I<sub>t</sub> = Inkomster år t

U<sub>t</sub> = Utgifter år t

I<sub>t</sub>-U<sub>t</sub> = Driftnetto år t

r = kalkylränta

År (t)	
1	28679.14
2	27313.47
3	26012.83
4	24774.12
5	23594.40
6	22470.86
7	21400.82
8	20381.73
9	19411.17
10	18486.83
11	17606.51
12	16768.10
13	15969.62
14	15209.16
15	14484.92
16	13795.16
17	13138.25
18	12512.62
19	11916.78
20	11349.31
21	10808.87
22	10294.16
23	9803.96
24	9337.11
25	8892.48
26	8469.03
27	8065.74
28	7681.66
29	7315.87
30	6967.49

<b>SUMMA:</b>	<b>462912.16</b>
<b>LCP:</b>	<b>352032.16</b>

Appendix 7 – Exempel på räkning med LCP-metoden för i detta fall vindsisolering.