



UPPSALA  
UNIVERSITET

ISRN UTH-INGUTB-EX-B-2016/32-SE

Examensarbete 15 hp  
Juni 2016

# En jämförelse mellan Boverkets byggregler och Miljö-byggnad-silver för ett omvårdnadsboende

En studie om det ekonomiska utfallet

Åke Sandström



# **En jämförelse mellan Boverkets byggregler och Miljöbyggnad silver för ett omvårdnadsboende**

**En studie om det ekonomiska utfallet**

**Åke Sandström**

Institutionen för teknikvetenskaper, Byggt teknik, Uppsala universitet  
Examensarbete 2016

Detta examensarbete är framställt vid institutionen för  
teknikvetenskaper, Tillämpad mekanik, Byggteknik,  
Uppsala universitet, Box 337, 751 05 Uppsala  
Typsnitt: Book Antiqua

Copyright©Åke Sandström  
Institutionen för teknikvetenskaper, Tillämpad mekanik,  
Byggteknik, Uppsala universitet



UPPSALA  
UNIVERSITET

**Teknisk- naturvetenskaplig fakultet  
UTH-enheten**

Besöksadress:  
Ångströmlaboratoriet  
Lägerhyddsvägen 1  
Hus 4, Plan 0

Postadress:  
Box 536  
751 21 Uppsala

Telefon:  
018 – 471 30 03

Telefax:  
018 – 471 30 00

Hemsida:  
<http://www.teknat.uu.se/student>

## Abstract

### **A comparison between Boverket's building regulations and Miljöbyggnad silver for a nursing home**

Åke Sandström

The production cost and life cycle cost have been analyzed in this work considering two different building standards for the same building. The standards are Miljöbyggnad silver and Boverket's regulations for buildings. The costs have been compared between the two different standards.

The studied object is a nursing home in Åkersberg which is a district in Enköping. The home is divided into 57 apartments and spaces like the kitchen, dinery, lounge, toilets and area for the staff that you find in a nursing home. The total floorarea is 4634 m<sup>2</sup> and the building has 3 storeys. The framework consists of wood and concrete.

An energy calculation was performed using the building energy simulation program VIP-energy by a consultant. This calculation was used in this report. Due to removal of photovoltaic cells and less effective outer building components, the energy consumption was then increased. In the calculation program Bidcon a quantity calculation was made according to the original building. Due to the changes in VIP-energy with the removal of photovoltaic cells and a less effective outer building component the quantity calculation was modified.

The calculations show that the production cost was about 1.6 million SEK higher for the buildingstandard of Miljöbyggnad silver, than for the buildingstandard of Boverket's regulations. The life cycle cost calculated with economic life span of 30 years for the outer building component shows that it was about 200 000 SEK more expensive when built according to the building standard BBR19, than when built according to Miljöbyggnad silver.

Handledare: Linus Karlsson  
Ämnesgranskare: Annica Nilsson, Arne Roos  
Examinator: Caroline Öhman Mägi  
ISRN UTH-INGUTB-EX-B-2016/32-SE  
Tryckt av: Polacksbackens Repro Uppsala universitet

## Sammanfattning och nyckelord

En miljövänligare byggnad kan ofta uppfattas som mer kostsam. När en kommun tar beslutet om att alla kommunala byggnader ska ingå i det svenska miljöcertifieringssystemet Miljöbyggnad med betyg silver kan det störa skattebetalare att det byggs enligt en förhöjd standard och i allmänhetens uppfattning även dyrare.

I detta arbete har produktionskostnaden och livscykelkostnaden analyserats med tanke på två olika byggstandarder för samma boende. Den ena standarden är enligt Miljöbyggnad silver och den andra är enligt Boverkets byggreglers föreskrifter. Kostnaderna har sedan jämförts mellan de två olika standarderna.

Det studerade objektet är ett omvårdnadsboende i Åkersberg som är en stadsdel i Enköping. Boendet består av 57 lägenheter samt de vanliga utrymmen som kök, matsal, allrum, toaletter samt personalutrymmen som finns i ett omvårdnadsboende. Den totala arean är 4634 m<sup>2</sup> och huset är på 3 våningsplan. Boendet har solceller på taket och utnyttjar energin i berggrunden för att värma och kyla byggnaden. Ventilationen har från- och tilluft med värmeåtervinning på frånluften. Stommen består av trä och betong.

En energiberäkning var gjord i VIP-energy av en konsult och denna beräkning användes under detta arbete. Energianvändningen i byggnaden gjordes högre genom att försämra byggnadens klimatskal och ta bort byggnadens solceller i energiberäkningen. I kalkylprogrammet Bidcon gjordes en mängdkalkyl av den ursprungliga byggnaden. Denna kalkyl ändrades med hänsyn till saknaden av solceller och det sämre klimatskalet, och en ny beräkning gjordes i VIP-energy.

Beräkningarna i arbetet visar att produktionskostnaden blev drygt 1,6 miljoner kronor dyrare enligt Miljöbyggnad silver än produktionskostnaden för boendet byggt enligt Boverkets byggregler. Livscykelkostnad beräknad på en ekonomisk livslängd på 30 år för klimatskalet blev däremot knappt 200 000 kronor dyrare för Boverkets byggreglers standard jämfört med livscykelkostnaden för miljöbyggnad silver.

Nyckelord:

Energiberäkning, energianvändning, produktionskostnad, livscykelkostnad, miljöbyggnad, boverkets byggregler.

## Förord

Detta examensarbete utgör de sista 15 högskolepoängen för högskoleingenjörsutbildningen i Byggteknik på Uppsala Universitet. Arbetet är skrivet för Enköpings kommun inom fastighetsavdelningen. Arbetet utförs under vårterminens sista period 2016.

Idén till detta examensarbete kommer från Enköpings kommun där energianvändning och ekonomi är av stor betydelse

Jag vill rikta ett stort tack till de personer och företag som gjort detta arbete möjligt:

Linus Karlsson, projektledare inom miljö och energi på Enköping kommuns fastighetavdelning, som har varit ett stort stöd och alltid svarat på de frågor jag har ställt.

Strusoft AB, som har svarat på mina frågor angående VIP Energy.

Annica Nilsson, Institutionen för teknikvetenskaper, Fasta tillståndets fysik, min ämnesgranskare som har hjälpt mig att skriva rapporten.

Arne Roos, professor emer. i fasta tillståndets fysik vid Institutionen för teknikvetenskaper, Fasta tillståndets fysik. Min andra ämnesgranskare som har läst min rapport och hjälpt mig ändra rapporten till det bättre.

Uppsala, juni 2016

Åke Sandström

## Ordlista

U-värde = Beskriver hur bra en byggnadsdel leder värme. Ett lågt U-värde leder värme sämre. U-värdet beror på material, tjocklek och eventuella köldbryggor[1].

LCC = Livscykelkostnad, den totala kostnaden för en investering inräknat underhåll och energi under den ekonomiska livslängden. I den ekonomiska livslängden ingår kalkylräntan och nusummefaktorn

Kalkylränta = Det avkastningskrav som marknaden ställer på värderingsobjektet under drift[2].

Nusummefaktor = Med hjälp av nusummefaktorn räknas de löpande kostnaderna såsom underhåll och energianvändning om till dagens värde[3].

$A_{temp}$  = Den golvarea som värms upp till över 10°C[4].

BBR = Boverkets byggregler.

Mängdbestämma = Att med hjälp av ritningar bestämma hur mycket av ett visst material som behövs.

FTX = Från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning på frånluften. Frånluften värmer tilluften.



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrundsbeskrivning	1
1.2	Syfte och mål	1
1.3	Frågeställning	2
1.4	Avgränsningar	2
<b>2</b>	<b>BYGGNADENS ENERGIBALANS</b>	<b>3</b>
2.1	Krav för att uppnå certifieringen Miljöbyggnad	3
2.2	Kriterier och indikatorer för slutbetyg	4
2.2.1	Indikator 1 – Energianvändning	5
2.2.2	Indikator 2 – Värmeeffektbehov	5
2.2.3	Indikator 3 – Solvärmelast	6
2.2.4	Indikator 4 – Energislag	7
2.2.5	Indikator 5 – Ljudmiljö	8
2.2.6	Indikator 6 – Radon	8
2.2.7	Indikator 7 – Ventilationsstandard	9
2.2.8	Indikator 8 – Kvävedioxid	10
2.2.9	Indikator 9 – Fukt	10
2.2.10	Indikator 10 och 11 - Termiskt klimat vinter och sommar	11
2.2.11	Indikator 12 – Dagsljus	13
2.2.12	Indikator 13 – Legionella	14
2.2.13	Indikator 14 - Dokumentation av byggvaror	15
2.2.14	Indikator 15 - Utfasning av farliga ämnen	16
2.3	Boverkets byggregler	16
2.4	VIP-energy - Byggnadssimulering	17
2.4.1	Förutsättningar i VIP-energy	18
2.4.2	Redovisning av energianvändning i VIP-energy	18
2.5	Bidcon – Mängdberäkning	19
2.6	Livscykelkostnad	19
<b>3</b>	<b>METODIK</b>	<b>21</b>
3.1	Studerat objekt	21
3.2	Att göra en energiberäkning i VIP-energy	22
3.3	Beräkna produktionskostnad i Bidcon	22
3.4	LCC	22
<b>4</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>23</b>
4.1	Byggnad som uppfyller Miljöbyggnad silver	23
4.1.1	Energiberäkning	23
4.1.2	Mängdberäkning	24
4.2	Studerad byggnad i BBR-version	25
4.2.1	Energiberäkning	25
4.2.2	Mängdberäkning	26
4.2.3	Skillnad i produktionskostnad	28
4.3	Kostnad för byggdelsförändringar	29
4.4	Beräkning av LCC	30

4.4.1	LCC Miljöbyggnad silver .....	30
4.4.2	LCC BBR .....	31
4.5	LCC skillnad Miljöbyggnad silver och BBR .....	32
4.6	LCC vid längre ekonomisk livslängd.....	32
<b>5</b>	<b>ANALYS OCH DISKUSSION.....</b>	<b>33</b>
5.1	VIP-energy .....	33
5.2	Bidcon .....	33
	Byggfukt .....	34
5.3	Energianvändning inte verifierad .....	34
5.4	LCC.....	34
5.5	Miljöaspekter med att bygga enligt en bättre standard .....	35
<b>6</b>	<b>SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER.....</b>	<b>37</b>
6.1	Rekommendationer .....	37
<b>7</b>	<b>FORTSATTA STUDIER .....</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>REFERENSLISTA .....</b>	<b>41</b>
8.1	Internet.....	41

# 1 INLEDNING

## 1.1 Bakgrundsbeskrivning

År 2012 beslutade Enköpings kommuns kommunstyrelse att alla nya kommunala byggnader ska byggas minst enligt standarden Miljöbyggnad silver. Detta för att kommunen vill satsa på bra kvalité samt sin image som en hållbar och miljövänlig kommun.

År 2009 sattes ett miljöcertifieringssystem som heter Miljöbyggnad. Detta system sköts idag av Swedish Green Building Council, vilket är en ideell organisation som arbetar för att få byggindustrin att producera mer hållbara och miljövänliga byggnader[5]. Nyproducerade och befintliga byggnader går att certifiera enligt Miljöbyggnad.

Denna rapport handlar om prisskillnaden genom att bygga upp ett omvårdnadsboende i två olika standarder. Både produktionskostnaden och livscykelkostnaden har tagits i beaktning. Byggnaden är ett nybyggt omvårdnadsboende i Enköping i stadsdelen Åkersberg. I detta omvårdnadsboende finns det 57 lägenheter för de människor som behöver extra omvårdnad. Enligt Enköping kommuns bestämmelser är byggnaden uppförd enligt standarden Miljöbyggnad silver, men i skrivande stund är byggnaden endast preliminärt certifierad, verifiering kommer att ske senare. Denna byggnad har sedan ändrats med hjälp av byggnadssimuleringar för att uppfylla Boverkets byggreglers lägre krav.

I och med att kommunen har valt att endast uppföra kommunala byggnader enligt standarden Miljöbyggnad silver kan det skapa diskussioner inom kommunens befolkning att standarden hålls högre än vad som kan vara nödvändigt med tanke på ekonomin. Det kan också skapa diskussioner inom kommunens olika förvaltningar och nämnder. En högre standard betyder oftast dyrare material och mer tidsödande tillverkning, men det kan också betyda en mer genomarbetad projektering vilket i slutändan kan spara mycket pengar, bidra till en bättre hälsa och miljö vilket gynnar kommunens invånare.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med denna rapport har varit att utvärdera hur stor skillnaden mellan de två olika byggnadsstandarderna är i både produktionskostnad och livscykelkostnad. Skillnaderna har simulerats med programmen VIP-energy och Bidcon.

Målsättningen har varit att ta fram underlag för kommunen och dess fortsatta planering av nybyggnation.

### 1.3 Frågeställning

Politiker och kommunbefolkningen är tveksamma till Miljöbyggnad silver då standarden är högre än vad de kan tycka är nödvändigt. Att bygga enligt den sämre men beboeliga standarden gör att pengar kan läggas på annat i kommunens intresse.

### 1.4 Avgränsningar

Åkersberg omvårdnadsboende är en så pass stor byggnad att vissa avgränsningar i detta arbete har varit nödvändiga. Att jämföra de allra minsta aspekterna är inte aktuellt i detta arbete. Här har endast klimatskalet med väggar, golv, tak, fönster, dörrar samt solpanelerna tagits i beaktning. Vid försämring av klimatskalet har inte de bärande byggdelarna ändrats. Endast material kring stommen har förändrats, till exempel tunnare väggar och isolering med sämre isolerförmåga. I denna rapport har inga konstruktionsberäkningar gjorts. Några ändringar på byggnadens utformning förekommer inte heller i detta arbete.

## 2 BYGGNADENS ENERGIBALANS

Åkerbergs omvårdnadsboende består av träregelväggar, golvbjälklag av betong och takstolar av trä. Byggnadens uppvärmningssystem består av fjärrvärme med fri-kyla och fri-värme från borrhål. Ventilationssystemet i byggnaden är av typen FTX. Med FTX menas att ventilationen har en mekanisk från- och tilluft som ger ett bra inomhusklimat. Via frånluften återvinns energi som värmer upp tilluften, detta ger en låg energikostnad. Solceller på taket har installerats och vid överskott av energi från solcellerna kan energi säljas.

### 2.1 Krav för att uppnå certifieringen Miljöbyggnad

För att nå certifieringen Miljöbyggnad måste byggnaden uppfylla krav enligt femton olika indikatorer:

1. Energianvändning
2. Värmeeffektbehov
3. Solvärmelast
4. Energislag
5. Ljudmiljö
6. Radon
7. Ventileringsstandard
8. Kvävedioxid
9. Fuktsäkerhet
10. Termiskt klimat vinter
11. Termiskt klimat sommar
12. Dagsljus
13. Legionella
14. Dokumentation av byggvaror
15. Utfasning av farliga ämnen

Dessa indikatorer går igenom mer grundligt i följande avsnitt. Alla dessa kriterier delas upp i 3 olika nivåer: guld, silver och brons, där guld är den högsta nivån.

Åkersbergs omvårdnadsboende är klassificerat enligt manualversion 2.1 i Miljöbyggnad.

## 2.2 Kriterier och indikatorer för slutbetyg

Sammanvägningen inleds med att identifiera övergången från indikatorer till aspekter, enligt tabell 2.1. Indikatorer är de femton olika punkterna inom Miljöbyggnad. Det sämsta betyget från indikatorerna sätter betyget för aspekter. Aspekterna binder ihop indikatorerna i mindre grupper, vissa indikatorer blir en egen aspekt. Därefter vägs betygen från aspekterna över till områdesnivån. Betygen från aspekterna flätas ihop till ett betyg för områden. Inom områden bildas tre större grupper inom energi, inomhusmiljö och material. Inom områdesnivån är det återigen det sämsta betyget som är betygssättande, men betyget tillåts att höjas om minst hälften av betygen är bättre än det lägsta (se aspekt 5-13). Sedan sker övergången till byggnadsnivå genom det sämsta betyget från områdesbetygen. För att nå miljöbyggnad guld krävs det att ingen indikator kan ha betyg brons.

Tabell 2.1 Exempel på hur betyg inom indikatorer blir ett slutligt betyg för byggnaden.

Indikatorer		Aspekter		Områden	Byggnad
1. Energianvändning	GULD	Energianvändning	GULD	GULD	SILVER
2. Värmeeffektbehov	SILVER	Effektbehov	SILVER		
3. Solvärmelast	GULD				
4. Energislag	GULD	Energislag	GULD		
5. Ljudmiljö	SILVER	Ljudkvalitet	SILVER	SILVER	
6. Radon	SILVER	Luftkvalitet	BRONS		
7. Ventilationsstandard	BRONS				
8. Kvävedioxid	SILVER				
9. Fuktsäkerhet	SILVER	Fukt	SILVER		
10. Termiskt klimat vinter	BRONS	Termiskt klimat	BRONS		
11. Termiskt klimat sommar	GULD				
12. Dagsljus	SILVER	Dagsljus	SILVER		
13. Legionella	BRONS	Legionella	BRONS		
14. Byggdokumentation	GULD	Dokumentation	GULD	GULD	
15. Utfasning av farliga ämnen	SILVER	Utfasning	SILVER		

### 2.2.1 Indikator 1 – Energianvändning

Energianvändningen i byggnaden är av väldigt stor betydelse. Syftet med denna indikator är att få ner energikostnaden samt att spara på energin. Den specifika energianvändningen mäts i kWh/m<sup>2</sup>,år  $A_{temp}$ .  $A_{temp}$  är den yta i byggnaden som värms upp till över 10°C.

Den specifika energianvändningen jämförs mot Boverkets byggreglers krav. Med specifik energianvändning menas den köpta fastighetsenergin:

- Värme
- Varmvatten
- Kyla
- Fläktar
- Pumpar
- Belysning i allmänna utrymmen

Betygsättning på specifik energianvändning för nyproduktion[6] anges i tabell 2.2

Tabell 2.2 Specifik energianvändning jämfört mot Boverkets byggreglers krav

Indikator 1	BRONS	SILVER	GULD
Bostäder	≤ BBR	≤ 75 % BBR	≤ 65 % BBR
Lokalbyggnader			
Handelsbyggnader med normal internlast			
Lokalbyggnader med hall med normal internlast			
Vårdlokaler			

### 2.2.2 Indikator 2 – Värmeeffektbehov

Värmeeffektbehovet[6] är den högsta värmeeffekt som byggnaden behöver för att klara att hålla inomhusklimatet vid DVUT, dimensionerad vinter utetemperatur. Värmebehovet utgörs av transmission, luftläckage och uppvärmning av uteluften till ventilationen.

Transmissionen är den mängd värmeenergi som förloras genom till exempel väggar, fönster, golv och tak. För att minimera transmissionsförluster ska

byggnaden ha ett bra U-värde samt vara fackmannamässigt uppfört. Luftläckage beror på otätheter i fasaden och uppstår ofta vid anslutningar, till exempel när vägg möter dörr och fönster. Ventilationens uppvärmningsbehov beror på hur mycket uteluften måste värmas upp innan den når önskad inomhustemperatur.

Detta kan sammanfattas i ekvationen (2.1)

$$P_{total} = P_{transmission} + P_{luftläckage} + P_{ventilation} \quad (2.1)$$

där P står för effektbehov

### 2.2.3 Indikator 3 – Solvärmelast

Vid solvärmelast[6] undersöks hur mycket sol som kommer in i förhållande till golvarean. Ett överskott av solvärmelast ska undvikas, denna last måste kylas om den blir för stor. Problem med solvärmelast är störst på sommaren då värmen behövs som minst.

Det finns två olika sätt att räkna fram solvärmelast. Det första sättet är att räkna med en fast solinstrålning. Det andra sättet är att göra en simulering med hjälp av en klimatfil med soldata. Sedan ritas byggnaden upp och positioneras i rätt väderstreck.

Vid solvärmelast tas hänsyn till:

- Golvarea
- Glasarea, fönster, glasdörrar
- Ett sammanvägt g-värde för fönsterglas och solskydd
- Solinstrålning

Glasets g-värde är den andel solenergi som tränger igenom glaset[7]. Sammanvägningen inkluderar solskydd för fönsterglas och till exempel takutsprång som skyddar från solen.

Betygssättning för indikator 3 solvärmelast anges i tabell 2.3

Tabell 2.3 Betyg för indikator 3 solvärmelast

Indikator 3	BRONS	SILVER	GULD
Solvärmelast W/m <sup>2</sup> , golv	≤ 38	≤ 29	≤ 18



### 2.2.4 Indikator 4 – Energislag

De olika energislagen[6] delas upp i 4 olika kategorier där kategori 1 anses vara mest miljövänlig och kategori 4 anses vara minst miljövänlig. Dessa kategorier redovisas i tabell 2.4. Betyget för indikator energislag sammanvägs enligt tabell 2.5.

Tabell 2.4 Energislagens fyra olika kategorier

Kategori 1	Sol
	Vind
	Vatten
Kategori 2	Biobränslen, värmeverk
	Godkända biobränslepannor
Kategori 3	Icke godkända biobränslepannor
Kategori 4	Olja
	Kol
	Naturgas
	Kärnkraft

Tabell 2.5 Sammanvägning energislag

Indikator 4	BRONS	SILVER	GULD
Bostäder och alla typer av lokalbyggnader	> 50 % från miljökategorierna 1, 2 och 3	> 10 % från miljökategori 1 och < 25 % från miljökategori 4 Alternativt: > 50 % från miljökategori 2 och < 25 % från miljökategori 4	> 20 % från miljökategori 1 och < 20 % från vardera miljökategori 3 och 4 Alternativt: > 50 % från miljökategori 2 och < 20 % från vardera miljökategori 3 och 4

För att uppnå betyg silver eller guld måste förnybar energi användas men en liten del av energianvändningen kan användas från kategori 3 eller 4.

## 2.2.5 Indikator 5 – Ljudmiljö

Vid indikatorn ljudmiljö[6] i Miljöbyggnad är det dessa parametrar som iakttas:

- Ljud från installationer inomhus
- Luftljudsisolering
- Stegljudsisolering
- Ljud utifrån, till exempel från trafik

Luftljudsisolering beskriver hur bra en byggnad kan minimera luftljudet mellan två rum. Luftljud kan färdas genom håligheter i byggnaden, till exempel ventilationssystem och skarvar[8]. Stegljudsisolering beskriver hur bra en byggnad kan minimera stegljudet från golv i närliggande utrymmen. Stegljudsisolering minskar stegljudet samt gör att golvet blir mjukare att gå på[9]. Dessa parametrar bedöms enligt de svenska ljudstandarderna SS 25267 för bostäder och SS 25268 för lokalbyggnader.

## 2.2.6 Indikator 6 – Radon

Radon är ett radioaktivt ämne som finns naturligt i luft, vatten och mark[10]. När det gäller bostäder kan radon komma från marken, från byggnadsmaterial samt dricksvattnet. Betygsättningen redovisas i tabell 2.6[6].

Radonhalten mäts i Bq/m<sup>3</sup> för inomhusluften. Becquerel är måttenheten för radioaktivt sönderfall, med 1 becquerel menas ett radioaktivt sönderfall per sekund[11]

Tabell 2.6 Betyg för olika radonhalter

Indikator 6	BRONS	SILVER	GULD
Bostäder och lokalbyggnader	≤ 200 Bq/m <sup>3</sup>	≤ 100 Bq/m <sup>3</sup>	≤ 50 Bq/m <sup>3</sup>

För att undvika att byggnaden har en för hög radonhalt ska golv och väggar vara täta då det är mest troligt att radon kommer från marken. Bygghandlingar ska redovisa den tänkta konstruktionen beroende på uppmätt radonhalt i marken.

## 2.2.7 Indikator 7 – Ventilationsstandard

Syftet med denna indikator[6] är att främja kvaliteten på inomhusluften. Standarden bedöms med ventilationsflödet i liter/sekund för varje m<sup>2</sup> golvyta för bostäder och liter/sekund med påslag för varje person som befinner sig i rummet för lokaler. Ventilationen ska alltid vara minst 0.35 liter/sekund för varje m<sup>2</sup> beroende på byggnad. Betygen för olika ventilationsflöden redovisas i tabell 2.7.

Tabell 2.7 Betyg beroende på olika ventilationsflöden

Indikator 7	BRONS	SILVER	GULD
Lokalbyggnader inklusive byggnader för vård, handel eller med hall	Uteluftsflöde $\geq 7$ l/s,pers + 0,35 l/s,m <sup>2</sup> golv eller enligt råd i AFS 2009:2.	BRONS + Möjlighet till forcering av ventilationsflöde i mötesrum, konferensrum, samlingssalar eller motsvarande med varierande belastning. Manuell styrning är accepterad.	BRONS + Automatiskt behovsstyrt av ventilationsflöde i vistelserum med varierande belastning. Godkänt enkätresultat eller egendeclaration.
Bostäder	Uteluftsflöde $\geq 0,35$ l/s,m <sup>2</sup> golv.	Uteluftsflöde $\geq 0,35$ l/s,m <sup>2</sup> golv. Möjlighet till forcering av frånluftsflöde i kök enligt BFS 1998:38	SILVER + Frånluftsflöde i bad-, dusch- eller tvättrum enligt BFS 1998:38. Godkänt enkätresultat eller egendeclaration.

AFS 2009:2 är ett dokument som innehåller föreskrifter som gäller för utformning av arbetsplatser[12].

BFS 1998:38 är ett dokument som innehåller föreskrifter om hur Boverkets byggregler kan frångås[13].

## 2.2.8 Indikator 8 – Kvävedioxid

Syftet med denna indikator[6] är att byggnader inte ska anläggas för nära tungt trafikerade vägar. Är inte detta möjligt ska uteluftsintaget positioneras på en vägg bort från den tungt trafikerade vägen. Det som bedöms i denna indikator är kvävedioxidhalten inomhus och betygen redovisas i tabell 2.8.

Halten mäts i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabell 2.8 Betyg för olika kvävedioxidhalter

Indikator 8	BRONS	SILVER	GULD
Bostäder och lokalbyggnader	$> 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Alternativt byggnad utanför tätort: placerad mer än 250 m från väg med fler än 10 000 fordon/dygn

## 2.2.9 Indikator 9 – Fukt

Syftet är att främja byggnader där de i projektering och byggnation har tagit de största åtgärderna för att undvika framtida vatten- och fuktskador[6]. Betygssättning anges i tabell 2.9.

Tabell 2.9 Betygssättning för indikator 9 fukt

Indikator 9	BRONS	SILVER	GULD
Fuktsäkerhet	Fuktkritiska konstruktioner är identifierade och dokumenterade, kontrollplaner finns och utförandet dokumenteras	BRONS + Aktuella branschregler följs för utförande av våtrum. Fuktsäkerhetsprojektering enligt Bygga F eller motsvarande. Fuktmätningar i betong utförs enligt Rådet för ByggKompetens.	SILVER + En diplomerad fuktsakkunnig och en fuktsäkerhetsexpert ska vara utsedda. I småhus krävs att en fuktsäkerhetsansvarig är utsedd. Enkätresultat visar att högst 10 % av svarande brukare upplever hälsobesvär eller mögellukt.

Mycket om denna indikator handlar om att dokumentera de olika lösningar som har utförts under bygget vid de kritiska konstruktionerna. Boendet måste projekteras för att konstruktionen ska vara så fukttålig som möjligt. För det högsta betyget krävs en diplomerad fuktsakkunnig och en fuktsäkerhetsexpert och det kostar mycket pengar.

#### 2.2.10 Indikator 10 och 11 - Termiskt klimat vinter och sommar

Syftet är att byggnaden ska ha ett väl uppfyllt termiskt klimat både sommar och vinter[6]. Det termiska klimatet mäts enligt PPD(percent people dissatisfied) som anger hur många procent som är missnöjda med klimatet i byggnaden. PPD kan anges med hjälp av datorsimulering eller av enklare beräkningar för vinter- och sommartid. På vintertid beräknas en transmissionsfaktor med hjälp av fönsters U-värde, fönstrets area samt golvarea. På sommartid beräknas en solvärmefaktor med hjälp av ett sammanvägt g-värde för fönster och solskydd, glasarea i fönster och dörrar samt golvarea för det beräknade rummet.

PPD beror på dessa faktorer:

- Operativ temperatur - ett viktat medelvärde av lufttemperatur samt medelstrålningstemperaturen från omgivande ytor.
- Lufthastighet
- Brukarnas klädsel
- Brukarnas aktivitet
- Luftfuktighet
- U-värde på fönster

I tabell 2.10 anges kraven för betyg vid det termiska klimatet vinter.

Tabell 2.10 Indikator 10 för termiskt klimat vinter

Indikator 10	BRONS	SILVER	GULD
PPD-index och datorsimulering	PPD $\leq$ 20 % som visas med datorsimulering.	PPD $\leq$ 15 % som visas med datorsimulering.	PPD $\leq$ 10 % som visas med datorsimulering. Enkätresultat som visar att minst 80 % av svarande brukare anser att det termiska klimatet vintertid är acceptabelt eller bra.

I tabell 2.11 anges kraven för betyg vid det termiska klimatet sommar.

Tabell 2.11 Indikator 11 för termiskt klimat sommar

Indikator 11	BRONS	SILVER	GULD
PPD-index och datorsimulering	PPD $\leq$ 20 % som visas med datorsimulering. Öppningsbara fönster i bostäder och skolor.	PPD $\leq$ 15 % som visas med datorsimulering. Öppningsbara fönster i bostäder och skolor.	PPD $\leq$ 10 % som visas med datorsimulering. Öppningsbara fönster i bostäder och skolor. Enkätresultat som visar att minst 80 % av svarande brukare anser att det termiska klimatet vintertid är acceptabelt eller bra.

Skillnaden mellan kraven för vinter och sommar är att vid sommar så finns ett krav för att rummet ska vädras. I datorsimuleringar för båda årstider anges parametrar som brukarnas klädsel aktivitetsnivå.

## 2.2.11 Indikator 12 – Dagsljus

Syftet är att byggnaden ska ha en god tillgång till dagsljus. Denna indikator[6] kan bedömas med tre olika metoder:

- Dagsljusfaktor - görs via datorsimulering
- Fönsterglasandel AF, förenklad metod:

$$AF = \frac{A_{glas}}{A_{golv}} * 100 \quad (2.2)$$

$A_{glas}$  = Area fönsterglas

$A_{golv}$  = Arean golv, även under inredning såsom golv, köksbänkar etc.

I tabell 2.12 anges betygssättningen för dagsljusfaktor. Med procentsatsen menas andelen lux av belysningsstyrkan utomhus. Är belysningsstyrkan utomhus 10 000 lux är det 100 lux inomhus vid dagsljusfaktor 1,0 %.

Tabell 2.12 Indikator 12 betygssättning via dagsljusfaktor

Indikator 12	BRONS	SILVER	GULD
Dagsljusfaktor	≥ 1,0 %	≥ 1,2 %	≥ 1,2 % visad med datorsimulering.

Det valda rummet för beräkning är på det plan som är representativt för hela byggnaden. Rummet med sämst förutsättningar för dagsljus beräknas först, sedan det näst sämsta och så vidare. 20 % av våningsplanets  $A_{temp}$  ska vara bedömt.

## 2.2.12 Indikator 13 – Legionella

Syftet är att minimera risken för tillväxt och förökning av legionella-bakterier i tappvarmvattnet. Legionella är en bakterie som finns naturligt i tappvattnet. Bakterierna kan orsaka lunginflammation hos personer med dåligt immunförsvar. Tillväxten av bakterierna sker mellan 20-50°C och tillväxthastigheten är som störst vid 37°C[6]. Betygssättningen för indikator 13 anges i tabell 2.13.

Tabell 2.13 Betygssättning för indikator 13 legionella

Indikator 13	BRONS	SILVER	GULD
Legionella	Temperatur på stillastående tappvarmvatten i t.ex. beredare och ackumulator-tankar $\geq 60$ °C. Gemensam rörledning till flera duschplatser där temperaturen är högst 38 °C ska inte vara längre än 5 meter.	BRONS + Riskvärdering genomförs med avseende på tillväxt och spridning av legionella i äldre- och gruppboende, hotell, sporthallar, simhallar, sjukhus och flerbostadshus. Åtgärder genomförs som minskar legionellarisken.	SILVER + Termometrar monteras på utgående varmvatten och på returen i vvc-krets. Instruktioner ska finnas för regelbundna kontroller av vv- och vvc-temperatur i äldre- och gruppboende, hotell, sporthallar, simhallar, sjukhus och flerbostadshus.

Ju mer förebyggande åtgärder för att motverka spridningen av legionella i tappvarmvattensystemet desto högre betyg kan man vara berättigad. Kallvattenledningar ska ha ett sådant avstånd från varmvattenledningar att kallvattnet inte får en temperatur på över 20 °C. Kallvattenledning ska inte läggas i rum med hög temperatur.



## 2.2.13 Indikator 14 - Dokumentation av byggvaror

Syftet är att ha en god kontroll på vilka material som används i byggnaden. Detta underlättar vid en eventuell framtida sanering. Byggvarorna loggas i en loggbok och den ska omfatta material som byggs in i grundkonstruktion, stomme, ytterväggar, yttertak och innerväggar. Byggvarorna ska redovisas i produktkategorierna enligt BSAB96[6]. I tabell 2.14 redovisas betygsättningen för indikator 14

Tabell 2.14 Indikator 14 Dokumentation av byggvaror

Indikator 14	BRONS	SILVER	GULD
Dokumentation av byggvaror	En byggnadsrelaterad loggbok upprättas med information om byggvaror i produktkategorier E, F, G, H, I, J, K, L, M, N och Z enligt BSAB 96. Loggboken ska minst innehålla uppgifter om typ av byggvaror, varunamn, tillverkare, innehållsdeklaration och årtal för dess upprättande.	BRONS + Loggboken är digital och administreras på företagsnivå hos fastighetsägaren.	SILVER + Loggboken innehåller information om byggvarors ungefärliga placering och mängd i byggnaden.

Loggboken upprättas och den ska innehålla byggmaterial som byggs in i grundkonstruktion, stomme, ytterväggar, innerväggar och som ingår i produktkategorierna enligt BSAB 96. Produktkategorierna anges i tabell 2.15

Tabell 2.15 Produktkategorier enligt BSAB 96

E	Platsgjutna konstruktioner
F	Murverk
G	Konstruktioner av monteringsfärdiga element
H	Konstruktioner av längdformvaror
I	Skikt av termoisolervaror
J	Skikt av byggpapp, tätskiktsmatta, asfalt, duk, plastfilm, plan, plåt, överläggsplattor
K	Skikt av skivor
L	Puts, målning, skyddsbeläggningar, impregneringar mm
M	Skikt av beläggings- och beklädnadsvaror
N	Kompletteringar av sakvaror mm
Z	Konstruktioner av diverse mängd, form eller sakvaror

Syftet med loggboken är att den ska gynna den framtida saneringen när byggnaden ska rivas. Byggmaterial som tillhör installation- och elsystem behöver inte loggas.

#### 2.2.14 Indikator 15 - Utfasning av farliga ämnen

Syftet är att få bort de byggmaterial som innehåller farliga ämnen. Det som bedöms är de byggvaror från indikator 14 som innehåller farliga ämnen som är bestämda av Kemikalieinspektionen[6]. Betygsättningen för indikator 15 anges i tabell 2.16

Tabell 2.16 Indikator 15 Utfasning av farliga ämnen

Indikator 15	BRONS	SILVER	GULD
Utfasning av farliga ämnen	Dokumentation saknas	Utfasningsämnen enligt KEMIs kriterier förekommer i mindre omfattning hos loggbokens byggvaror och är dokumenterade i en avvikelislista	Utfasningsämnen enligt KEMIs kriterier förekommer inte i de dokumenterade byggvarorna i loggboken.

Kemikalieinspektionens lista och kriterier för utfasningsämnen innehåller ämnen som är cancerogena, kan ge fosterskador, hormonstörande och som är ozonstörande mm. Listan anger egenskaper, risker och haltgränser.

### 2.3 Boverkets byggregler

Boverket är en myndighet som med hjälp av allmänna råd och föreskrifter beskriver hur byggnader ska byggas enligt tillgänglighet, bostadsutformning, rumshöjd, hälsa och miljö, brandskydd och energihushållning med mera[14]. I denna rapport har endast den specifika energianvändningen samt medel-U-värdet tagits i beaktning från Boverkets byggregler.

## 2.4 VIP-energy - Byggnadssimulering

VIP-energy är ett energiberäkningsprogram gjort för byggindustrin. Modellen byggs upp i programmet genom att mängdbestämma väggar, golv, tak, fönster, dörrar. I modellen anges ventilationsflödet, inomhustemperatur samt hur mycket tappvarmvatten som ska användas med mera. Modellen positioneras geografiskt med hjälp av klimatfilen och byggnadens positionering enligt väderstrecken anges i uppbyggnaden av klimatskalen. I VIP-energy kan ett obegränsat antal zoner räkas in för att få ett helt projekts energianvändning. Ett exempel på en zon är en byggnad som ligger i anslutning till huvudbyggnaden men har andra egenskaper. Ventilationen kan vara mer tilltagen i huvudbyggnaden och då är det bra att göra den mindre byggnaden till en enskild zon för att inte få för hög energianvändning i sin beräkning.

De faktorer som VIP-energy tar i beräkning är:

- Uteklimat - I en klimatfil fås all data som till exempel vindhastighet, temperatur, solinstrålning och uteluftens relativa fuktighet. Klimatfilen beror på var i landet byggnaden är tänkt att placeras.
- Installationer - Det finns möjlighet att simulera byggnaden med olika typer av värmepumpar, kylförsörjning, ventilationstyper, solfångare med mera.
- Byggnadsfysik - I programmet finns en stor mängd av olika material. Det finns också färdiga ytterväggar för att simulera vanliga typbyggnader. I VIP-energy kan material specificeras för att det ska passa in på ett visst materials egenskaper. Programmet kan beräkna hur bra byggnadsmaterialen och marken är på att lagra värme. Programmet tar hänsyn till köldbryggor i byggnaden. En köldbrygga är när ett material med högre värmeledningsförmåga bryter igenom ett annat material som har lägre värmeledningsförmåga. Ett exempel på en köldbrygga är en träregelvägg med mineralull. Är regeln genomgående i väggen blir det en stor köldbrygga. För att motverka köldbryggor byggs väggen i flera lager, så att träregeln inte blir genomgående.

### 2.4.1 Förutsättningar i VIP-energy

För att en energiberäkning ska bli så sanningsenlig som möjligt så krävs ett visst underlag från de som har projekterat byggnaden. Några exempel på uppgifter som är nödvändiga att ha tillgång till redovisas nedan:

- Materialbeskrivning - Att ha de material och byggnadskomponenter som ska användas för byggnaden är en stor fördel vid en noggrann energiberäkning. Allt ifrån storlek på dörrar och fönster samt U-värde och andra värden som bestämmer komponenternas egenskaper.
- Väl studerade ritningar - Ett måste i VIP-energy är att mängda upp ytterväggarnas area, fönstereor, dörrareor, takareor, golvarea inomhus och att veta vilken typ av byggnad är i fråga, till exempel bostad eller lokal.

### 2.4.2 Redovisning av energianvändning i VIP-energy

Via VIP-energi fås energiberäkningen med hjälp av:

- Jämförelse mot Boverkets byggregler - Den specifika energianvändningen jämförs mot Boverkets byggreglers krav. I detta val redovisas även medel-U-värde för hela byggnaden samt den totala golvarean inomhus som värms upp till över 10 °C.
- Energibalans - Energibalansen jämför den tillförda energin med den avgivna energin från byggnaden. I VIP-energy justeras den tillförda och den avgivna energin så att inomhustemperaturen justeras inom ett anggett intervall, det blir aldrig för kallt eller för varmt i byggnaden. Till den avgivna energin hör den totala transmissionen, luftläckage, förluster inom ventilation, spillvatten samt passiv kyla. Den avgivna energin är den energi som går förlorad. I den tillförda energin ingår sol genom fönster, återvinning av ventilationsluft, solfångare, personvärme, elförsörjning, värmeförsörjning samt processenergi till rum. Processenergi är den energi som krävs för att få byggnaden att bli beboelig. I processenergin ingår fastighetenergi och verksamhetsenergi. Fastighetenergi är den energi som krävs för el, pumpar och fläktar[15]. I verksamhetsenergin ingår energin till spis, kyl, frys och andra hushållsmaskiner[16]. Tanken är att energibalansen ska vara som den heter, i balans. Är den inte i balans är den tillförda energin för hög, det vill säga att byggnaden

blir för varm, eller om den avgivna energin är för hög så blir byggnaden för kall.

- Specifikation av energiflöden - Denna redovisningsform anger mer detaljerat vad som ingår i de punkter som ingår i energibalansen. Det kan vara fläktar för elförsörjningen eller kylning av tilluft i byggnadens kylsystem.
- Diagram - Slutligen redovisas tillförd energi, avgiven energi och energibalans i olika diagram. Vid tillförd och avgiven energi redovisas de olika energiformerna i cirkeldiagram. Vid energibalansen så redovisas den avgivna energin uppåt på y-axeln i diagrammet. Den tillförda energin visas nedåt på y-axeln i diagrammet. Energibalansen visas som ett stapeldiagram.

## 2.5 Bidcon - Mängdberäkning

Bidcon är ett kalkylprogram framtaget av Elecosoft[17]. I programmet kan material mängdbestämmas och montagetider kan fås för olika byggdelar. Med hjälp av montagetider och mängdbestämningen kan produktionskostnaden erhållas. Det finns många parametrar i programmet som går att ändra så att kalkylen passar för ens egen verksamhet. Några parametrar är till exempel lönekostnad per timme och kapacitet. Med kapacitet menas hur mycket som blir producerat per tidsenhet. Mer erfarna hantverkare kan ha en högre kapacitet medan oerfarna hantverkare kan ha en lägre kapacitet. Kalkylen kan vidareutvecklas i ett annat program för att få fram en tidplan.

## 2.6 Livscykelkostnad

Livscykelkostnaden(även kallad LCC) är ett mått på hur kostsam en investering är. Beräkningen tar upp allt från investeringskostnad, årligt underhåll, kalkylränta, energipriser samt hur lång kalkylperioden är. Kalkylperioden beror på materialens ekonomiska livslängd. Med detta medel kan två investeringar jämföras mot varandra över en längre tid. Livscykelkostnaden visar att en dyrare investering kan vara mer lönsam på längre sikt. Är byggnaden byggd för att ha en lägre energiförbrukning så blir den billigare i drift än en byggnad med högre energiförbrukning. Detta gör att den mer kostsamma byggnaden kan vara mer lönsam under en längre tidsperiod, beroende på energipris och kalkylränta.



### 3 METODIK

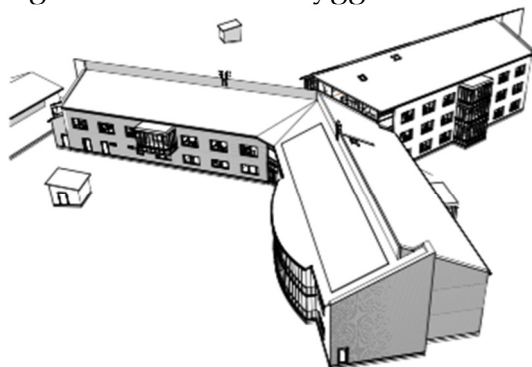
I detta kapitel kommer den valda metodiken för denna rapport gås igenom. En beskrivning av det omvårdnadsboendet i Åkersberg kommer att redovisas. De två programmen VIP-energy och Bidcon kommer att beskrivas samt hur de användes för att färdigställa denna rapport. Till sist redovisas beräkningen för livscykelanalysen med dess olika parametrar.

#### 3.1 Studerat objekt

Det valda objektet för denna rapport är ett omvårdnadsboende i Åkersberg som är en stadsdel i Enköping. Boendet består av 57 st. lägenheter och  $A_{temp}$  uppgår till 4634 m<sup>2</sup>. Stommen består av träregelväggar med tegelfasad, en grundplatta av betong med cellplastisolering, yttertak av betongpannor liggandes på bär- och ströläkt. Under läkten finns råspont som är spikade på takstolar av trä, mellan takstolarna finns mineralullsisolering. Vid kallvindarna återfinns ett golvbjälklag av betong med överliggande lösullsisolering. Fönstren är 2+1 kopplade fyllda med argon för att få ett lägre U-värde. Fönstren är gjorda i aluminium och trä. Ett 2+1-fönster är ett fönster med en 2-glas isolerruta på insidan av fönsterbågen och ett vanligt enkelglas på utsidan av fönsterbågen[18].

Boendet är utrustat med från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning. Luften förvärms eller förkyls med luft via borrhål från berggrunden. Detta ger en låg energiförbrukning. På taket återfinns solceller som ger elenergi.

Det studerade objektet är uppdelat i tre olika byggnader, se figur 3.1. I en av byggnaderna finns ett orangeri med glasfasad. Byggnaderna har fyra våningsplan, de tre första planen innehåller allt ifrån lägenheter, matsal, kök, expedition, toaletter, duschrum, till allrum. Det fjärde planet består av lägenhetsförråd i en byggnad och i de två andra är det kallvind.



Figur 3.1 Åkersbergs omvårdnadsboende perspektivbild

### 3.2 Att göra en energiberäkning i VIP-energy

För att säkerställa att den ursprungliga energiberäkningen blir så rättvis som möjligt har konsultens energiberäkningar använts. I VIP-filen har allt ifrån areor på klimatskal, ventilationsflöden, zonindelningar, geografiskt läge och positionering angetts. VIP-filen är beräknad för standarden Miljöbyggnad silver. Energiberäkningen har sedan försämrats till att hålla standarden enligt Boverkets byggregler. Detta gjordes genom att försämma klimatskalet samt att ta bort solpanelerna.

### 3.3 Beräkna produktionskostnad i Bidcon

I och med att det endast är skillnaden mellan produktionskostnaden och livscykelkostnaden som jämförs måste den ursprungliga byggnaden modularas i Bidcon för att sedan ändras till en sämre kvalitet. Det är endast klimatskalet som ska modularas i och med att ventilationssystem, innerväggar, och övriga installationer förutom solceller ska anses vara lika. Solcellernas kostnad fås enligt faktura.

### 3.4 LCC

Genom ändringarna av klimatskalet kommer givetvis både kostnaderna energianvändningen att ändras. Livscykelkostnaden är den totala kostnaden under produktens hela ekonomiska livstid. I uträkningen ska underhållskostnader och driftkostnader ingå. Dessa definieras enligt:

$$LCC_{tot} = investering + LCC_{energi} + LCC_{underhåll} \quad (3.1)$$

$$LCC_{energi} = nusummefaktor * \text{årlig energikostnad} \quad (3.2)$$

$$LCC_{underhåll} = nusummefaktor * \text{årlig underhållskostnad} \quad (3.3)$$

$$Nusummefaktor = \frac{[1 - (1 + 0,01 r_k)^{-n}]}{(0,01 r_k)} \quad (3.4)$$

där  $r_k$  är kalkylräntan i procent och  $n$  är produktens ekonomiska livslängd.



## 4 RESULTAT

För att nå betyget silver för energianvändning i Miljöbyggnad ska den specifika energianvändningen motsvara 75 % eller mindre av BBR-kravet. BBR-kravet för version BBR19 är 90 kWh/m<sup>2</sup>,år. Den ursprungliga byggnaden ska därmed understiga energianvändningen 67.5 kWh/m<sup>2</sup>, år. I det här kapitlet redovisas de beräknade resultaten inom kategorierna energiberäkning, mängdberäkning, produktionskostnad och livscykelkostnad.

### 4.1 Byggnad som uppfyller Miljöbyggnad silver

#### 4.1.1 Energiberäkning

Via konsultens original-filer simulerades ett års energiförbrukning i den nyare versionen VIP-energy 3.0.0. Klimatfilen som har använts är STOCKHOLM 1996-2005. Resultaten redovisas i tabell 4.1

*Tabell 4.1 Energianvändning enligt BBR19 nuvarande byggnad*

BBR19	Beräknat värde	Tillåtet värde	
Medel-U-värde	0,235	0,400	W/(m <sup>2</sup> K)
Energianvändning	60	90	kWh/(m <sup>2</sup> ,år)

Enligt tabell 4.1 klarar byggnaden kravet för Miljöbyggnad silver inom indikatorn energianvändning.

#### 4.1.2 Mängdberäkning

Enligt den ursprungliga VIP-energy filen samt ritningar framkom dessa mängder som redovisas i tabell 4.2.

Tabell 4.2 Mängdberäkning och U-värden enligt nuvarande byggnad

Bygghelstyp	Material från utsida till insida	Skiktjocklek [m]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Total area [m <sup>2</sup> ]
Tak Kasset	Trä gran	0,020	0,138	315
	Reglar s1200 med mineralull 36	0,300		
	Gipsskiva	0,013		
Tak Betong	Trä gran	0,020	0,110	1720
	Lösssprutad ull	0,400		
	Betong normal fukthalt	0,200		
Golv Betong 100	Cellplast 36	0,300	0-1 m = 0,111 1-6m = 0,091	1926
	Betong normal fukthalt	0,100		
	Trä gran	0,020		
Golv Orangeri	Betong normal fukthalt	0,100	1-6 m = 0,272	77
Vägg Åkersberg	Murtegel poröst	0,060	0,132	1762
	Cellplast 21	0,050		
	Gipsskiva	0,013		
	Reglar s600 med mineralull 38	0,170		
	Reglar s600 med mineralull 38	0,070		
	Plywood	0,012		
	Gipsskiva	0,013		

Vid en kallvind anses innetemperaturen vara lika som utetemperaturen. En stor del av vindsplanet i byggnaden är en kallvind. Därav används kallvindens golvbjälklag (Tak betong) som tak i denna beräkning. Tak kasset används för beräkning i byggnaderna med lägenhetsförråd där temperaturen är högre.

I tabell 4.3 redovisas areorna för fönster och dörrar samt parametrar som ingår i dessa byggdelar. Dessa areor och uppgifter är tagna från den originala VIP-filen från konsult. I grundfilen redovisas 40 m<sup>2</sup> solceller som återfinns på byggnadens tak.

Tabell 4.3 Mängdberäkning och U-värden nuvarande byggnad

Benämning	Byggdelstyp	g-värde	Glasandel [%]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Total area [m <sup>2</sup> ]
Fönster	Kopplat 2+1 glas med Argon	0,55	80	0,90	564
Dörr		0	0	1,0	45

## 4.2 Studerad byggnad i BBR-version

### 4.2.1 Energiberäkning

Energianvändningen efter försämringen av byggnaden redovisas i tabell 4.5. Det är ändringen av klimatskalet samt saknaden av solceller som ger denna förändring som redovisas i tabell 4.4.

Tabell 4.4 Energianvändning enligt BBR19 försämrade byggnad

BBR19	Beräknat värde	Tillåtet värde	
Medel-U-värde	0,328	0,400	W/(m <sup>2</sup> K)
Energianvändning	83	90	kWh/(m <sup>2</sup> ,år)

## 4.2.2 Mängdberäkning

Mängdberäkningar och ändringar i klimatskalet redovisas i tabell 4.5. Ändringar redovisas med text i **fet** stil.

Tabell 4.5 Mängdberäkning och U-värden för försämrad byggnad

Byggdelstyp	Material från utsida till insida	Skikt tjocklek [m]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Total area [m <sup>2</sup> ]
Tak Kasset	Trä Gran	0,020	<b>0,150</b>	315
	Reglar s1200 med mineralull <b>40</b>	0,300		
	Gipsskiva	0,013		
Tak Betong	Trä Gran	0,020	<b>0,203</b>	1720
	Lösssprutad Ull	<b>0,200</b>		
	Betong normal Fukthalt	0,200		
Golv Betong 100	Cellplast <b>38</b>	<b>0,200</b>	0-1m = <b>0,157</b> 1-6m = <b>0,118</b>	1926
	Betong normal Fukthalt	0,100		
	Trä Gran	0,020		
Golv Orangeri	Betong normal Fukthalt	0,100	1-6 m = 0,272	77
Vägg Åkersberg	Murtegel poröst	0,060	<b>0,177</b>	1762
	Cellplast <b>38</b>	<b>0,040</b>		
	Gipsskiva	0,013		
	Reglar s600 med mineralull <b>40</b>	0,170		
	Reglar s600 med mineralull <b>40</b>	<b>0,045</b>		
	Plywood	0,012		
	Gipsskiva	0,013		

För Tak kasset ändrades endast kvaliteten på mineralullen på grund av att takstolen är 300 millimeter tjock och att ändra tjockleken på mineralullen skulle endast ställa till problem vid montering. Antingen så skulle det finnas luft invid mineralullen och luft i rörelse gör att mineralullens isolerförmåga blir lägre. Det skulle vara tidsödande att montera gipsskivan 100 millimeter in från takstolens botten så att minska tjockleken är ej rekommenderat. Vid Tak Betong kunde tjockleken på lagret med lössprutad ull ändras då det ej medför några problem. Cellplastens kvalitet och tjocklek kunde ändras på Golv Betong 100 då det ej medför några problem i montering eller i byggnadens användningsområde. I byggdelstypen Golv Orangeri har inga ändringar gjorts, på grund av att byggdelstypen redan är så enkelt utformad. De två olika U-värdena under byggdelstypen Golv Betong 100 beror på att isolerförmågan ökar i grundplattan ju högre temperatur den underliggande marken har. I mitten har grundplattan

högre temperatur än i kanten. På Vagg Åkersberg har cellplastens tjocklek minskats med 10 millimeter, isolerförmågan har också försämrats. Den bärande träregeln har samma tjocklek på grund av att den är bärande, mineralullen invid regeln har en sämre isolerförmåga. Innanför den bärande regeln finns ytterligare träreglar med en förminskad tjocklek och mineralull med sämre isolerförmåga. Siffrorna bakom isoleringsmaterial står för det lambda-värdet materialet har. Ju högre siffra, desto sämre är isolerförmågan i materialet.

Mängdberäkning och prestanda för de sämre fönstren i BBR-versionen av byggnaden redovisas i tabell 4.6

Tabell 4.6 Mängdberäkning och U-värden för försämrad byggnad

Benämning	Byggdelstyp	g-värde	Glasandel (%)	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Total area [m <sup>2</sup> ]
Fönster	PVC-fönster 2 glas	0,55	80	<b>1,43</b>	564
Dörr		0	0	1,0	45

De fönstren till BBR-versionen av boendet består till stor del av de billigaste pvc-fönstren från Kronfönster[18]. De mer speciella storlekarna på fönster återfanns på Fönsterbolaget.se[19] och Hemfint.se[20]. Med så många fönster och olika U-värden fick ett viktat medel-U-värde på fönstren beräknas. Det gjordes på samma sätt som att räkna ut medel-U-värde på byggnaden. Arean multipliceras med U-värdet för alla fönster, detta delas med den totala arean på fönstren. Ett medel-U-värde på 1,43 W/m<sup>2</sup>K beräknades med denna uträkning. G-värden för fönstren har inte hittats på leverantörernas hemsidor. Därav användes de g-värden från de bättre fönstren. Dörrarnas egenskaper har inte ändrats. Solcellerna är borttagna från taket på byggnaden enligt BBR-versionen. I Boverkets byggregler finns inget krav på en viss andel förnybar energi, varför solcellerna togs bort. Energi från solceller räknas som gratis energi, denna förnybara energi måste ersättas av köpt energi. Detta gör att den årliga energikostnaden samt energianvändningen blir högre.

### 4.2.3 Skillnad i produktionskostnad

I tabell 4.7 redovisas skillnaden i produktionskostnad för de byggdelstyper och byggdelar i tusentalskronor enligt det simulerade huset uppbyggt i Bidcon. Det är inte den totala produktionskostnaden för hela projektet utan kostnaden för klimatskalet och byggdelar som beaktas i denna rapport. Innan ändring anger byggnaden enligt Miljöbyggnad silver och efter ändring anger byggnaden enligt BBR.

Tabell 4.7 Produktionskostnad när byggnaden uppfyller Miljöbyggnad silver respektive BBR

	<b>MB Silver</b>	<b>BBR</b>
<b>Arbetstimmar [h]</b>	7 106	6 971
		[kkkr]
<b>Kollektivlöner (370 kr/tim)</b>	2 629	2 579
<b>Materialkostnader</b>	6 609	6 081
<b>Arbetsledning (20% av löner)</b>	526	516
<b>Maskiner div. (10 kr/tim)</b>	71	70
<b>Förbrukningsmaterial (5% av material)</b>	330	304
<b>Underentreprenör</b>	691	213
<b>Solceller</b>	554	-
<b>Produktionskostnad</b>	11 411	9 763

Differensen mellan omvårdnadsboendet byggt enligt Miljöbyggnad silver och boendet byggt enligt Boverkets byggregler är ca 1,6 miljoner kronor eller drygt 14 %. Detta resultat är taget från Bidcon där både material, arbetskostnad och kringkostnader är beräknade. Lika inställningar är använda för de båda kalkylerna. Kostnaden för solcellerna ergavs enligt faktura. Kostnaden för fönster är framtagna från byggleverantörers hemsida, där gavs endast kostnaden för själva fönstret. Kringmaterialen för fönster såsom fönstersmyg är lika stora för båda utföranden. Löner och materialkostnader påverkar flera punkter som bidrar till en större skillnad. Kringkostnaderna runt arbetsmaterial och lönekostnad utgör en mindre skillnad i produktionskostnaden, beroende på att de utgör en mindre andel av lönekostnad och materialkostnaden. De största skillnaderna ligger vid underentreprenör och solceller. Solceller utgör en stor skillnad enbart för att de inte återfinns på byggnaden i BBR-versionen. Underentreprenören utför byggdelstyperna Tak Betong och Golv Betong 100. Underentreprenören räknar in arbetskostnader och material. Detta gör att det blir en stor skillnad i total kostnad för underentreprenören eftersom i Tak Betong används bara hälften av lösullen jämfört med taket i Miljöbyggnad silver.

### 4.3 Kostnad för byggdelsförändringar

Ändringsåtgärderna är olika effektiva och för att vikta deras effektivitet kan besparingen i kronor jämföras med skillnaden i energianvändningen. I tabell 4.8 redovisas medel-U-värde, energiförbrukning, besparing för vald åtgärd och lönsamhet för besparing.

Tabell 4.8 Besparing och skillnad i energianvändning för varje enskild åtgärd

Förändring för att erhålla BBR-version av byggnaden	Medel-U-värde	Energianvändning [kWh/m <sup>2</sup> , år]	Skillnad energianv. [ $\Delta$ kWh/m <sup>2</sup> , år]	Besparing vid förändring [kkkr]	Besparing/skillnad i energianv. [kkkr/( $\Delta$ kWh/m <sup>2</sup> , år)]
Startvärde Miljöbyggnad silver	0,235	60	-	-	-
Efter försämring av Golv betong 100	0,249	62	2	456	228
Efter försämring av fönster	0,289	68	6	80	13
Efter försämring av Vägg Åkersberg	0,302	69	1	79	79
Efter försämring av Tak betong	0,327	72	3	372	124
Efter försämring av Tak kassett	0,328	72	0	106	-
Inga solceller	0,328	83	11	554	50

Med startvärdet menas de värden som byggnaden enligt Miljöbyggnad silver innehar. Skillnaden i energianvändning blir olika beroende på vilken ordning man utför förändringen, dock blir slutresultatet det samma. Det är likadant med U-värdet, vissa förändringar ger en större skillnad i U-värde men det slutliga U-värdet blir det samma. Besparingen för åtgärderna innehåller materialkostnad, arbetskostnad, förbrukningsmaterial, arbetsledning, maskinkostnad samt kostnad till underentreprenör. Om besparingen i kronor är liten i förhållande till besparingen i energianvändning så kommer kvoten besparing per skillnad i energianvändning att vara låg. Detta innebär att det har liten betydelsen för kostnaden om denna förändring genomförs. Om besparingen i kronor däremot är stor i förhållande till besparingen i energianvändning så kommer kvoten besparing per skillnad i energianvändning att vara hög. Utifrån rapportens uppgift så skall en byggnad enligt Miljöbyggnad silver jämföras mot

en byggnad enligt BBR. En förändring med hög besparing talar för att bygga enligt BBR och en förändring som ger en låg besparing talar för att bygga enligt Miljöbyggnad silver.

#### 4.4 Beräkning av LCC

Skillnaden på LCC mellan Miljöbyggnad silver och Boverkets byggregler beror på investeringen, den årliga underhållskostnaden, den årliga energikostnaden, materialens ekonomiska livslängd samt den bestämda kalkylräntan. Då det studerade objektet är en nybyggnation blir underhållskostnaderna låga de första åren, medan de ökar över tiden. Underhållskostnaderna blir samma för de två olika byggnadsstandarderna.

I beräkningen av livscykelkostnaden är den ekonomiska livslängden för de material i fråga är 30 år. Den årliga energikostnaden beror på den specifika energianvändningen hittas i tabell 4.1 och 4.5. Den använda investeringskostnaden är projektkostnaden som hittas i tabell 4.9. Kalkylräntan är satt till 4 % och 1 kWh beräknas kosta 1 krona.

##### 4.4.1 LCC Miljöbyggnad silver

Nusummeffaktorn beror på den ekonomiska livslängden och kalkylräntan och beräknas enligt ekvation 3.4 till 17,3. Med hjälp av nusummeffaktorn räknas energikostnaden och underhållskostnaden om till dagens värde.

Den årliga underhållskostnaden redovisas i tabell 4.9

Tabell 4.9 Underhållskostnad under 30 år

Tidsperiod	Kostnad/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Årlig underhållskostnad [kr]
År 1-10	5	4634	23 170
År 11-20	35	4634	162 190
År 21-30	50	4634	231 700

Den årliga medelunderhållskostnaden beräknades till 139 kkr och är ett medelvärde för de 30 åren. Under de första åren är underhållskostnaden lägre jämfört med i slutet av den ekonomiska livslängden.

Den årliga energikostnaden beräknas utgående ifrån den specifika energianvändningen, byggnadens bruksarea och energikostnaden per kWh. För Miljöbyggnad silver blir energikostnaden 278 kkr.



Nusummefaktorn multipliceras med den årliga medelunderhållskostnaden och detta ger enligt ekvation 3.3 livscykelkostnaden 2 404 kkr för underhållet under 30 år.

Nusummefaktorn multipliceras med den årliga energikostnaden och detta ger enligt ekvation 3.2 livscykelkostnaden 4 807 för energikostnaden under 30 år.

Kostnaden för investeringen återfinns i tabell 4.8 uppgår till 11 411 kkr. Produktionskostnaden är kostnad för material, lön, maskiner, arbetsledning och förbrukningsmaterial.

Livscykelkostnaden för investeringen, energikostnaden och underhållskostnaden under en 30-årsperiod enligt ekvation 3.1 blir 18,6 miljoner kronor för byggnaden enligt Miljöbyggnad silver.

#### 4.4.2 LCC BBR

Lika nusummefaktor används för de båda byggstandarder då materialen är samma men i olika tjocklekar och värmeledningsförmåga. Nusummefaktorn beräknas enligt ekvation 3.4 till 17,3.

Underhållskostnaden beräknas vara lika som för byggnaden enligt Miljöbyggnad silver då materialen endast skiljer i tjocklek och värmeledningsförmåga. Den årliga medelunderhållskostnaden beräknas till 139 kkr.

Den årliga energikostnaden uppgår till 385 kkr och är högre på grund av den specifika energianvändningen är högre i byggnaden enligt Boverkets byggregler än byggnaden enligt Miljöbyggnad silver.

Nusummefaktorn multipliceras med underhållskostnaden enligt ekvation 3.3 och livscykelkostnaden för underhåll uppgår till 2 404 kkr. Detta visar att underhållskostnaden är lika för byggnaden enligt Boverkets byggregler och byggnaden enligt Miljöbyggnad silver.

Nusummefaktorn multipliceras med den årliga energikostnaden enligt ekvation 3.2 som ger en livscykelkostnad på 6 651 kkr. Detta medför att för byggnaden enligt Boverkets byggregler får en högre livscykelkostnad för energi.

Kostnaden för investeringen återfinns i tabell 4.8 uppgår till 9 763 kkr. Produktionskostnaden är kostnad för material, lön, maskiner, arbetsledning och förbrukningsmaterial.

Livscykelkostnaden för investeringen, energikostnaden och underhållskostnaden under en 30-årsperiod enligt ekvation 3,1 blir 18,819 miljoner kronor för byggnaden enligt BBR.

#### 4.5 LCC skillnad Miljöbyggnad silver och BBR

LCC Miljöbyggnad silver - LCC BBR

18 622 - 18 819 = -197 kkr

De nuvarande klimatskalen och installationerna gör att Miljöbyggnad silver blir 197 000 kr billigare under en 30-årsperiod än klimatskalet enligt Boverkets byggreglers standard. Enligt LCC lönar det sig att bygga enligt Miljöbyggnad silver beräknat på en 30-årsperiod.

#### 4.6 LCC vid längre ekonomisk livslängd

Vid en längre ekonomisk livslängd blir resultaten till en större fördel för Miljöbyggnad silver. En snabb redovisning för 40 och 50 år är beräknat. Vid en ekonomisk livslängd på 40 och 50 år har underhållskostnaden uppskattningsvis ökat med 15 respektive 30 %. Kalkylränta samt energikostnad är densamma.

LCC för Miljöbyggnad silver för 40 och 50 år blir 20,1 respektive 21,3 miljoner kronor.

LCC för BBR för 40 och 50 år blir 20,5 respektive 22,2 miljoner kronor.

Ju längre den beräknade ekonomiska livslängden blir desto större blir skillnaden i livscykelkostnaden för de två olika byggstandarderna. Skillnaden vid 50 år blir ca 900 000 kronor.

## 5 ANALYS OCH DISKUSSION

I detta kapitel ska metoderna analyseras och det ska diskuteras vilka parametrar som kan skilja från det verkliga resultatet.

### 5.1 VIP-energy

Filerna från konsulten har varit i en äldre version av programmet. Utav kostnadsskäl så kunde inte en äldre version av programmet installeras. Den nyare versionen av programmet är mer noggrann och tar upp fler faktorer än den gamla versionen, därav erhöles inte exakt samma resultat som för konsultens grundfiler.

Solceller finns inte tillgängligt i programmet och därför har solcellerna modulerats som solfångare av konsulten. Enligt VIP-energy har solfångarna dimensionerats för att ge en tillförd energi på 47 520 kWh över ett år. Solcellerna har gett en tillförd energi på 63 912 kWh mellan året 2015-2016 och beräknas producera 59-65 MWh/år. Med resultatet för året 2015 ger detta en skillnad på 34.5% och det är en stor skillnad.

Ventilationssystemet med förvärmning och förkylning av ventilationsluften har simulerats med en högre återvinning vid värmeväxlaren. Energianvändningen och återvinning för ventilationen är lika i båda fallen.

Energiberäkningen är gjord med tanke på att byggfukt inte finns och att byggdelarnas relativa fuktighet är i jämvikt med inomhusklimatet. Mer om byggfukt läses under rubrik 5.3.

### 5.2 Bidcon

De material som har använts för att bygga omvårdnadsboendet stämmer inte helt med de material som använts i Bidcon, men programmet ger en bra översiktlig bild om hur stor kostnadsskillnaden blir. För vissa material, som till exempel fönster, har en nästan fullständig faktura funnits i underlaget. Med hjälp av fakturan har en fullständig kostnad uppskattats med stor noggrannhet.

Fördelarna med att beställa alla fönster från en leverantör är att ett mer fördelaktigt pris fås. De billigare pvc-fönstren hade haft en större kostnadsskillnad om alla fönster hade beställts från samma leverantör. Dörrarna har ej försämrats då de från början höll en låg standard. Ett U-värde på 1,0 W/m<sup>2</sup>K är ett värde som är svårt att försämma.

### 5.3 Byggfukt

Med tanke på att Åkersbergs omvårdnadsboende är nyproducerat innehåller byggnaden en större mängd fukt de första åren innan byggdelarna når jämvikt med den relativa fuktigheten inomhus. Byggfukt är den fukt som materialen innehåller när de inkapslas med omgivande byggmaterial. Fukten gör att byggdelarna har en sämre isolerförmåga de första åren. Detta påverkar inte resultatet i denna rapport då byggfukt skulle återfinnas i båda byggnader.

### 5.4 Energianvändning inte verifierad

Omvårdnadsboendet i Åkersberg är så nybyggt att energianvändningen i VIP-energy inte är verifierad. Konsulten är säkerligen så erfaren att denne har en bra säkerhetsmarginal i sina beräkningar. Att till exempel lägga sig på en nivå nära gränsen mellan betyg silver och brons kan bli väldigt kostsamt ifall energianvändningen hamnar på nivå brons. Ska energianvändningen minska genom att göra ändringar på den färdigställda byggnaden kan detta bli väldigt dyrt. I denna rapport har energianvändningen från den ursprungliga VIP-filen från konsulten använts.

### 5.5 LCC

Enligt resultaten lönar det sig att investera i att byggnaden ska klara kraven för Miljöbyggnad silver. Lite oklarheter har dock uppstått i beräkningarna. Det är främst nusummefaktorn och det årliga underhållet där oklarheter har uppstått. I och med att nusummefaktorn och det årliga underhållet är lika för de två olika standarder ska inte detta påverka det slutliga resultatet.

Genom en känslighetsanalys varierar indata för att se hur resultatet slår. De indata som har testats är en skillnad på kalkylräntan och energipriset. Fyra olika beräkningar med 3 och 5 % i kalkylränta samt 0,8 och 1,2 kr i pris per kWh har använts. Det som framgår av beräkningarna att vid ett lägre pris per kWh så har byggnaden enligt Miljöbyggnad silver en närliggande eller högre livscykelkostnad än byggnaden enligt Boverkets byggregler. Den största skillnaden i livscykelkostnaden fås vid kalkylränta 3 % och 1,2 kr i pris per kWh, då blir Boverkets byggregler 860 kkr dyrare. Den minskade skillnaden fås vid kalkylränta 3 % och 0,8 kr i pris per kWh, då blir BBR endast 24 kkr dyrare.

## 5.6 Miljöaspekter med att bygga enligt en bättre standard

Som namnet beskriver så ska certifieringen Miljöbyggnad vara bra för miljön. Det gäller inte bara en lägre energianvändning och en större användning av förnybara energikällor. Med hjälp av byggdokumentationen fås en god vetskap om vilka material som finns i byggnaden. Detta hjälper vid återvinning av byggmaterialet. Utfasning av farliga ämnen är både bra för människa och miljö.



## 6 SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Syftet med denna rapport var att utvärdera hur stor skillnaden mellan de två olika byggnadsstandarderna är i både produktionskostnad och livscykelkostnad.

Enligt produktionskostnadsanalysen är investeringen 1,648 miljoner kronor dyrare. För en stor byggnad som ska stå kvar i många år är detta inte mycket.

Den lägre energianvändningen i byggnaden enligt Miljöbyggnad silver gör att livscykelkostnaden för de olika byggnaderna går nästan jämnt ut på en 30-årsperiod. Livscykelkostnaden ger en mer realistisk bild med tanke på att den beräknas under en längre tid. Det går inte bara att se på investeringskostnaden. Att lägga ner mer pengar på byggnaden gör att pengar kan sparas i framtiden. Livscykelkostnaden för boendet byggd enligt standarden Boverkets byggregler är 197 000 kronor dyrare än boendet byggd efter Miljöbyggnad silver. Dessa resultat är ett gott underlag för Enköpings kommun i dess fortsatta plan av nybyggnation.

### 6.1 Rekommendationer

Denna rapport har inte varit tänkt att komma fram till entydligt svar om det är ekonomiskt försvarbart att bygga kommunala byggnader enligt standarden Miljöbyggnad silver. Denna rapport har endast visat vilka ekonomiska skillnader det finns med att bygga enligt miljöbyggnad silver gentemot BBR.

Det är upp till läsaren att själv bestämma om det är lönsamt att bygga enligt standarden Miljöbyggnad silver att i det långa loppet är det mer ekonomiskt och miljövänligare att bygga enligt Miljöbyggnad silver.





## 7 FORTSATTA STUDIER

Det finns mycket att studera vidare inom i detta ämne. För att kunna hitta det mest ekonomiska sättet att förbättra/försämma byggnaden skulle jag titta vidare på ventilationssystemet. Det kan finnas en möjlighet att dimensionera om ventilationssystemet till ett lägre luftflöde. Det kan dock inte underdimensioneras. Att den specifika energianvändningen inte är verifierad ser jag som en möjlighet att studera vidare i detta ämne. Utgå ifrån den verifierade energianvändningen vid eventuella fortsatta studier. En reviderad energiberäkning kan göras i VIP-energy om så behövs. Den nya versionen är mer noggrann än den gamla som energiberäkningen är gjord i.

Flera möjligheter att minimera kostnaden har inte tagits upp i detta arbete. Allt ifrån takpannor till golvmaterial. Men ha i åtanke underhållskostnaden och den ekonomiska livslängden. En möjlighet att dra ner på produktionskostnaden är att gå ifrån Bidcon och begära offerter från byggleverantörer. Vid en större beställning finns möjlighet till mängdrabatt.

Den miljömässiga fördelen med att bygga enligt en bättre standard kan studeras vidare i en fortsatt studie. Indikatorerna som främjar inomhusklimatet och därmed människan kan få en djupare betydelse i fortsatta studier.

En liknande studie kan göras på ett annat boende. De resultaten kan då jämföras mot mina resultat. Resultaten kan då jämföras med krona/area i besparing om boenden inte är i samma storlek.



## 8 REFERENSLISTA

### 8.1 Internet

[1] (PVC Fönster, 2016)

<http://www.pvcfonster.nu>

[2] (Pronova, 2016)

<http://www.pronovafast.se/179.html>

[3] (Jernkontoret, 2016)

<http://www.energihandbok.se/formler-och-berakningar/livscykelkostnad>

[4] (Boverket, 2014)

<http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/Atemp/>

[5] (Swedish Green Building Council, 2016)

<https://www.sgbc.se/om-oss>

[6] (Sweden Green Building Council)

<https://www.sgbc.se/docman/certifieringssystem-1/106-bedomningskriterier-nyproducerade-byggnader/file>

[7] (Semco, 2016)

<http://www.semcoglas.com/se/fassade/produkte/klimaglas/tekniska-data.html>

[8] (Akustikforum af AB, 2016)

<http://www.akustikforum.se/luftljudsisolering/>

[9] (Akustikforum af AB, 2016)

<http://www.akustikforum.se/stegljudsisolering/>

[10] (Länsstyrelsen Uppsala län)

<http://www.lansstyrelsen.se/uppsala/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2010/Radon.pdf>

[11] (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2011)

<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Om-myndigheten/Aktuellt---Bilagor/Forklaring-av-begrepp/>

- [12] (Arbetsmiljöverket, 2015)  
<https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/arbetsplatsens-utformning-afs-20092-foreskrifter/>
- [13] (Boverket)  
<https://rinfo.boverket.se/BBR%5CPDF%5C1998-38BBR7.pdf>
- [14] (Boverket, 2016)  
<http://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/>
- [15] (Boverket, 2014)  
<http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energikrav/byggnadens-fastighetsenergi/>
- [16] (Boverket, 2014)  
<http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energikrav/hushallsenergi-och-verksamhetsenergi/>
- [17] (Elecosoft, 2016)  
<http://www.elecosoft.se/programvaror/bidcon>
- [18] (Kronfönster, 2016)  
[http://www.kronfonster.se/butiken/model/41-billigast\\_fonster\\_pvc\\_fonster\\_budgetu-varde\\_115.html](http://www.kronfonster.se/butiken/model/41-billigast_fonster_pvc_fonster_budgetu-varde_115.html)
- [19] (Fönsterbolaget, 2016)  
<http://fonsterbolaget.se/2-glasfonster-era/2-glasfonster-era/manufacturer/?categorylayout=0&showcategory=1&showproducts=1&productsublayout=0>
- [20] (Hemfint, 2016)  
<http://www.hemfint.se/2-glasfonster-utatgaende-1-luft-vit>