

# En studie om passivhus



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg

Institutionen för byggvetenskaper

Examensarbete 22,5 hp

Högskoleingenjör Byggteknik med arkitektur 2020

Lisa Gustafsson



© Copyright Lisa Gustafsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2020

## Sammanfattning

Intresset för miljöfrågor har de senaste åren ökat, och likaså har vikten av dem. Enligt direktiv från EU ska alla byggnader som byggs inom EU efter år 2021 byggas som så kallade *närarenergibygnader*. Att bygga energisnålt kan därmed komma att bli allt mer populärt och nödvändigt.

Ett passivhus är en byggnad vars syfte är att ha en låg energiförbrukning samtidigt som en god inomhusmiljö kan uppnås. För att åstadkomma detta krävs bland annat ett väl fungerande klimatskal och ett genomtänkt ventilationssystem.

Syftet med examensarbetet är att undersöka innehållet i begreppet passivhus för svenska förhållanden. Undersökningen ska ta hänsyn till byggnadernas tekniska lösningar, tillgängliga certifieringarna och byggprocessen för passivhus. Målet med arbetet är att tydliggöra begreppet passivhus, både under byggprocessen och i fråga som färdig produkt. Metoden för studien är litteraturstudier samt kvalitativa intervjuer.

Studien visar att det finns många olika tekniska lösningar för att uppnå passivhusstandard, samt att det finns lösningar som är mer vanligt förekommande än andra. Studien visar även att de två certifieringssystemen som har undersökts skiljer sig åt, och ställer olika typer av krav på passivhusbyggande. Den svenska certifieringen FEBY18 anpassar sig bättre till svenska förhållanden och byggnormer, jämfört med den internationella certifieringen enligt PHI. Utöver detta visar studien hur de olika delarna i byggprocessen påverkas av passivhusbyggande i jämförelse till konventionellt byggande, och att det generellt, utöver vid låg erfarenhetsnivå, inte är någon skillnad gällande kostnads- och tidsaspekt samt underhållsbehov.

### **Nyckelord:**

Passivhus, energieffektivitet, lågenergihus, klimatskal, FEBY, PHI, närarenergibygnader

## Abstract

The interest in environmental issues has increased in recent years, and so has the significance of them. According to an EU directive, all buildings built within the EU after year 2021 are to be built as so-called *near-zero energy buildings*. Building energy efficient can thus become increasingly more popular and necessary.

A passive house is a building whose purpose is to have a low energy consumption while a good indoor climate can be achieved. To attain this, a well-functioning building envelope and ventilation system, amongst other things, is needed.

The purpose of the project is to investigate the concept of passive house for Swedish conditions. The study will take into account the technical solutions of the buildings, the available certifications and the construction process for passive houses. The aim of the study is to clarify the concept of passive house, both in terms of what the construction process entails and what the finished product could be. Literary studies and qualitative interviews are used as the essay's method.

The study shows that there are many different technical solutions for achieving passive house standards, and that there are solutions that are more commonly occurring than others. The study also shows that the two certifications systems that has been examined differ, and set different types of requirements for passive house building. The Swedish certification FEBY18 adapts better to Swedish conditions and build norms compared to the international certifications, according to PHI. Furthermore, the study shows how the different parts of the construction process are affected by passive house construction compared to conventional construction, and that there generally, apart from when the experience level is low, is no difference regarding cost and time aspects as well as maintenance needs.

### **Keywords:**

Passive house, energy efficiency, low energy house, building envelope, FEBY, PHI, near-zero energy buildings

# Terminologi

$A_{temp}$	Utgör den invändiga arean för våningsplan, vindsplan och källarplan som värms till mer än 10 °C i byggnaden.
BBR	Boverkets byggregler. En samling av föreskrifter och allmänna råd som fastställs av Boverket och gäller för svenska byggnader. Nu gällande är BBR 28.
DVUT	Dimensionerande vinterutetemperatur. Ett mått på medelutemperaturen under minst ett dygn. Beror på månad och ort.
FEBY	Forum för energieffektivt byggande.
FTX-system	Ett från- och tilluftsventileratsystem med värmeväxling.
g-värde	Ett uttryck för hur många procent av den passiva solvärmen som når fönstret och tas tillvara på invändigt. En stor mängd passiv solvärme ger en hög procentdel.
IMD	Individuell mätning och debitering. Innebär att endast den egna förbrukningen betalas, istället för husets genomsnittliga.
Petrokemiska material	Kemiska material som framställs med petroleum (olja och naturgas) som råvara.
PHI	The Passive House Institute, (Passivhusinstitutet).
U-värde	Värmegenomgångskoefficient [ $W/m^2K$ ]. Mäter hur god isolering en byggnadsdel har. Ett lågt U-värde indikerar på god isolerförmåga.
$U_m$	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [ $W/m^2K$ ].
$Q_{medel}$	Genomsnittligt luftflöde [ $m^3/s$ ].

## Förord

Detta examensarbete som omfattar 22,5 högskolepoäng har utförts under våren 2020 som ett avslut på högskoleingenjörsutbildningen Byggteknik med inriktning Arkitektur vid Lunds Tekniska Högskola, Campus Helsingborg. Jag vill med arbetet visa möjligheterna med energieffektivt byggande.

Ett stort tack till min handledare Urban Persson, Teknisk doktor på institutionen för byggvetenskaper, Lunds Tekniska Högskola, för stöd och råd under hela processen. Jag vill även rikta ett tack till Karin Adalberth och Ulf Johansson för ert engagemang och för att ni har delat med er av era kunskaper och erfarenheter.

Ett extra stort tack till respondenterna, jag är väldigt tacksam att ni tog er tid att berätta om era erfarenheter.

Slutligen vill jag tacka Linnea Lindahl, Anna Mellstig och Ellen Lundborg för betydande hjälp längs arbetets gång. Tack!

Helsingborg, maj 2020.



Lisa Gustafsson

# Innehållsförteckning

<b>1 INLEDNING</b>	<b>3</b>
1.1 BAKGRUND	3
1.2 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING	4
1.3 PROBLEMFÖRMULERING	4
1.4 MOTIVERING AV EXAMENSARBETET	4
1.5 AVGRÄNSNINGAR	4
<b>2 METOD</b>	<b>5</b>
2.1 STUDIENS TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	5
2.2 LITTERATURSTUDIE	6
2.3 KVALITATIV INTERVJUTEKNIK	6
2.4 URVAL AV RESPONDENTER	7
2.5 STUDIENS RELIABILITET OCH VALIDITET	7
2.6 METODKRITIK	8
2.7 KÄLLKRITIK	8
<b>3 TEORI</b>	<b>10</b>
3.1 DET FÖRSTA PASSIVHUSET	10
3.2 ANDRA LÅGENERGIHUS	10
3.2.1 Nära-nollenergibyggnader enligt BBR	11
3.3 PASSIVHUSETS DELAR	12
3.3.1 Klimatskalet	13
3.3.2 Ventilationssystem	14
3.3.3 Övriga lösningar	14
3.2.4 Gestaltning	15
3.2.5 Inomhusmiljö	15
3.4 KRAVKRITERIER FÖR PASSIVHUS	16
3.4.1 Internationella kravkriterier	16
3.4.2 Svenska kravkriterier	17
3.5 PASSIVHUS I PRAKTIKEN	19
3.5.1 Projektering och produktion av passivhus	19
3.5.2 Drift och underhåll av passivhus	20
3.6 KRITIK TILL PASSIVHUS	20
<b>4 EMPIRI</b>	<b>22</b>
4.1 INTRODUKTION AV RESPONDENTER OCH PROJEKT	22
4.2 VARFÖR BYGGS PASSIVHUS?	23
4.3 LÖSNINGAR	24
4.4 ATT PROJEKTERA PASSIVHUS	25
4.5 ATT PRODUCERA PASSIVHUS	25
4.6 ATT FÖRVALTA OCH BO I PASSIVHUS	26
4.7 LÄRDOMAR FRÅN PASSIVHUSBYGGANDE	26
<b>5 SAMMANSTÄLLNING OCH ANALYS</b>	<b>28</b>
5.1 SKILLNADER MELLAN PHI OCH FEBY	28
5.2 MOTIV TILL PASSIVHUSBYGGANDE	28
5.3 PASSIVHUSENS DELAR OCH LÖSNINGAR	29
5.4 PROJEKTERING OCH PRODUKTION	30
5.5 FÖRVALTNING, DRIFT OCH UNDERHÅLL	30
<b>6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER</b>	<b>32</b>
6.1 PASSIVHUS I PRAKTIKEN	32
6.2 PASSIVHUSKRITERIER	33



6.3 PASSIVHUS GENTEMOT NÄRA-NOLLENERGIHUS .....	33
6.4 PASSIVHUS I BYGGPROCESSEN.....	33
6.5 ALTERNATIV TILL PASSIVHUS.....	34
6.6 VIDARE FORSKNING .....	34
<b>7 REFERENSER .....</b>	<b>36</b>
<b>8 BILAGOR.....</b>	<b>40</b>
BILAGA 1 SAMMANFATTNING AV INTERVJU MED RESPONDENT 1.....	40
BILAGA 2 SAMMANFATTNING AV TELEFONINTERVJU MED RESPONDENT 2 .....	41
BILAGA 3 SAMMANFATTNING AV INTERVJU MED RESPONDENT 3.....	43
BILAGA 4 SAMMANFATTNING AV INTERVJU MED RESPONDENT 4.....	44
BILAGA 5 SAMMANFATTNING AV INTERVJU MED RESPONDENT 5.....	45
BILAGA 6 SAMMANFATTNING AV TELEFONINTERVJU MED RESPONDENT 6 .....	49
BILAGA 7 SAMMANFATTNING AV INTERVJU MED RESPONDENT 7.....	50



# 1 Inledning

*I inledningen beskrivs bakgrunden till studien, dess syfte och mål, frågeställningar samt rapportens avgränsningar.*

## 1.1 Bakgrund

Intresset för miljöfrågor har ökat de senaste åren och likaså har vikten av dem. I EU-direktivet om byggnaders energiprestanda som antogs 19 maj 2010 var ett av motiven att energieffektivisera bebyggelsen (Europeiska unionens officiella tidning, 2010). Smarta och energisnåla lösningar för bostäder är därmed nödvändiga för att vi ska nå rådande miljömål. Att bygga ett passivhus istället för ett vanligt bostadshus är ett alternativ på en sådan lösning.

Ett passivhus kan kort beskrivas som ett hus som värms upp ”passivt” istället för ”aktivt”, genom exempelvis radiatorer (Gross, 2009). I boken *Beckomberga passivhus*, 2009, tydliggör Svensson, Fänge, Winblad och Roos att passivhus värms, med hjälp av ventilationsluften, upp av den passiva värmen från personer, elektriska apparater och instrålad sol.

Ett hus – eller rättare sagt det liv som pågår i ett hus – alstrar alltid mycket värme. Vi människor alstrar värme. Vi lagar mat, vi ser på tv, använder elektriska apparater, har lampor tända och mjölken på kylning. Allt detta alstrar värme i alla hus. Skillnaden är att ett passivhus tillvaratar spillvärmen mycket effektivt och överför den till den friska tilluften. (Svensson et al, 2009, s. 46)

Passivhuskonceptet syftar till att konstruera byggnader med en minskad energiförbrukning samtidigt som en god komfort kan bibehållas (Wollberg, 2010). För att kunna uppnå en bra innemiljö och en god termisk komfort med enbart passiva värmekällor krävs det att allt värmeläckage från byggnaden minimeras. Detta kan göras genom särskilt lufttäta och väldigt välisolerade byggnadsdelar och konstruktioner, samt genom ett genomtänkt ventilationssystem (Gross, 2010).

I dagsläget finns det ingen säker siffra på hur många passivhus som finns i Sverige, men goda möjligheter finns för att bygga fler och på så sätt göra en god gärning för miljön (Karringer, 2008).

## 1.2 Syfte och målsättning

Syftet med studien är att undersöka begreppet passivhus för svenska förhållanden. Undersökningen ska ta hänsyn till husens tekniska lösningar, de tillgängliga kravcertifieringarna och byggprocessen. Examensarbetets mål är att tydliggöra begreppet passivhus, både vad det innebär under byggprocessen och som färdig produkt.

## 1.3 Problemformulering

- Hur fungerar passivhus?
- Vilka kriterier finns för passivhus?
- Vilka skillnader finns gentemot BBRs nära-nollenergibygnader?
- Hur fungerar projektering, produktion och förvaltning av passivhus?

## 1.4 Motivering av examensarbetet

Energieffektivt byggande har länge varit något som har intresserat mig. Att kunna fördjupa mig i passivhus, och på ett enkelt sätt redogöra hur de fungerar är därför intressant. Att energieffektivt byggande ofta är svåråtkomligt för gemene man är något jag vill ändra på och av den anledningen vill jag med hjälp av rapporten redogöra för hur passivhus fungerar i praktiken och på så sätt göra det mer lättillgängligt för oerfarna.

## 1.5 Avgränsningar

Studien kommer inte att innefatta förklaringar av hur de tekniska lösningarna, som finns för att uppnå passivhus-standard, fungerar.

Studien avgränsar sig även endast till passivhus i Sverige och tar endast hänsyn till svenska lagstiftningar och föreskrifter.

Projekten som studeras är huvudsakligen lokaliserade i Syd- och Västsverige samt är byggda 2016 och tidigare. Husen är därmed inte byggda enligt gällande kriterier, men har däremot varit i drift under en längre tid.

## 2 Metod

*I metodkapitlet redogörs studiens tillvägagångssätt och trovärdighet samt hur litteraturstudien, intervjuerna och urvalet av respondenter har genomförts.*

### 2.1 Studiens tillvägagångssätt

Vid uppstarten av examensarbetet togs en tidplan samt en arbetsgång för studiens tillvägagångssätt fram (se Figur 1). Denna har sedan följts under processen.



*Figur 1: Studiens tillvägagångssätt*

#### Syfte & frågeställningar

Efter att huvudfrågorna fastställdes arbetades frågeställningarna fram för att upprätthålla rapportens riktning under processens gång. Vägledning kring frågeställningarna samt projektets avgränsningar har handledare på Lunds Tekniska Högskola bistått med.

#### Litteraturstudie och Intervjuer

Rapporten inleddes med en litteraturstudie för att skapa en kunskapsgrund baserad på relevant teori och forskning. För att komplettera teorin och förankra den till verkligheten genomfördes intervjuer med olika aktörer inom passivhusprojekt samt sakkunniga på ämnet. Relevanta intervjufrågor har resonerats fram. Intervjuerna har skett via mejl bortsett från två intervjuer där respondenterna föredrog att ta det via telefon. Vid de intervjuer som skett via mejl har respondenterna haft god tid på sig att svara på frågorna.

#### Empiri

Materialet från intervjuerna sammanställdes i empirin tillsammans med en jämförelse mellan svaren.

#### Sammanställning & analys

Det teoretiska och empiriska materialet sammanställdes och jämfördes.

## Diskussion & slutsats

Utifrån en diskussion kring teorin, det empiriska materialet och analysen besvarades studiens frågeställningar.

### 2.2 Litteraturstudie

För att skapa en bred och djup kunskapsgrund inom ämnet och ett gott teoretiskt underlag till studien, genomfördes en litteraturstudie där relevant teori och tidigare forskning samlades. Aktuellt material i form av litteratur, vetenskapliga rapporter och tidigare uppsatser inom ämnet studerades. Den litteratur som studien är huvudsakligen baserad på är *Energismarta småhus* av Gross (2010), *Beckomberga passivhus* av Svensson, Fänge, Winblad och Roos (2009) och *Introduktion till passivhus* av Kyrkander, Linde och Helmfridsson (2014).

De vetenskapliga rapporterna är till största delen skrivna av Boverket på uppdrag av regeringen. Uppsatserna är tidigare examensarbeten som behandlar ämnet passivhus på olika vis.

### 2.3 Kvalitativ intervjuteknik

Kvalitativa intervjuer utvecklade kunskapen inom ämnet som kompletterade litteraturstudien (Merriam, 1988). Intervjufrågor formulerades utifrån litteraturstudien och aktuell respondent för att kunna besvara frågeställningarna. Intervjuerna genomfördes via mejl och telefon. Vid de intervjuer som besvarades via mejl hade respondenterna god tid på sig att ge genomtänkta och noggranna svar. För de intervjuer som skedde via telefon skickades frågorna ut i förväg för att ge liknande förutsättningar som övriga respondenter. Samtliga telefonintervjuer spelades in och har därefter transkriberats.

Intervjuerna som genomfördes var till grunden strukturerade (Merriam, 1988), med förberedda frågor och frågeföljd. Respondenten kunde däremot själv välja i vilken ordning frågorna besvarades. Vissa intervjuer var mer utforskande och går att likna vid delvis strukturerade intervjuer. Denna typ av intervjuteknik möjliggör enligt Merriam svar på frågor som utvecklas utifrån de redan färdigformulerade frågorna.

För att förenkla jämförelsen till det empiriska kapitlet sammanställdes samtliga respondenters svar i ett dokument. På så sätt kunde avvikande respektive gemensamma svar enkelt identifieras.

## 2.4 Urval av respondenter

För att kunna komplettera teorigrunden som litteraturstudien resulterade i, valdes respondenter som tidigare varit delaktiga i passivhusprojekt ut. Respondenterna hade olika befattningar och olika mängd erfarenhet och kunskap inom ämnet. Mångfalden bland respondenterna är god eftersom gruppen består av män och kvinnor i olika åldrar. Spridningen anses därför som tillräcklig. För att få en variation på svaren valdes åtta respondenter ut med erfarenheter kring olika typer av passivhusprojekt. Se tab. 2.1 för redovisning av respondenter.

Tabell 2.1: Redovisning av respondenter

Namn	Befattning	Bilaga
Respondent 1	Energiexpert	1
Respondent 2	Arkitekt	2
Respondent 3	Arkitekt	3
Respondent 4	Arkitekt	4
Respondent 5	VVS- och energisamordnare	5
Respondent 6	Arkitekt samt Cert. Passivhusbyggare	6
Respondent 7	Affärschef	7

## 2.5 Studiens reliabilitet och validitet

Validitet handlar enligt Merriam (1988) om i vilken utsträckning ens resultat stämmer överens med verkligheten. För att uppnå en hög validitet på studien har olika typer av litterära

källor använts och analyserats, utöver empirin som har baserats på respondenter utan inbördes påverkan.

Studiens reliabilitet avser hur troligt det är att samma resultat uppnås om studien upprepas (Merriam, 1988). För att öka reliabiliteten i studien har begrepp och teori från olika källor granskats och verifierats i förhållande till varandra. Eftersom utvecklingen av passivhus som begrepp har varit nästintill oförändrad under de senaste åren anses liknande resultat kunna uppnås vid en upprepad studie. Det är även till följd av detta som flertalet äldre källor kunnat användas. Trots detta har ett större antal respondenter intervjuats, för att hämta aktuell kunskap från verkligheten.

## 2.6 Metodkritik

Eftersom passivhus inte har nämnts under författarens utbildning, utan endast funnits som ett bakomliggande intresse, krävdes en del inläsning i början av studien för att kunna presentera en relevant litteraturstudie. Intervjufrågorna arbetades därför fram parallellt med litteraturstudien, vilket innebar att en jämförelse mellan teori och empiri inte kunde göras för alla delar av analysen.

Eftersom studien genomfördes under våren 2020 kunde inte fysiska intervjuer genomföras, detta på grund av rådande Corona-pandemi.

## 2.7 Källkritik

Informationshämtningen hanterades genom direkt källdokumentation vid informationsanvändningen. Processen bearbetades på ett källkritiskt sätt och alla källor som har använts under arbetets gång bedöms vara trovärdiga utifrån befintliga förutsättningar. Majoriteten av den information och data som samlats in i litteraturstudien har inhämtats från upprättare inom olika kunskapsområden, såsom Boverket och upprättare av certifieringssystem. Hänsyn har tagits till publiceringsdatum.

Empiriunderlaget har baserats på oberoende respondenter med skilda erfarenheter inom passivhusbyggande. Urvalet av respondenter har gjorts med hänsyn till deras befattning och



till byggnadsår för projekten de medverkat i. Spridningen av respondenterna anses kunna varit bredare eftersom flera av respondenterna har liknande befattning.

## 3 Teori

*Teorikapitlet ger en introduktion till begreppet passivhus, redogör gällande kravkriterier, presenterar möjliga lösningar samt beskriver byggprocessen för passivhus.*

### 3.1 Det första passivhuset

Passivhuskonceptets utveckling började under 1980-talet vid Lunds Tekniska Högskola efter en idé av den svenske professorn Bo Adamsson (Gross, 2010). Tekniken utvecklades sedan fram av Dr. Wolfgang Feist, en medarbetare till Adamsson, som år 1991 byggde det första passivhuset, ett flerbostadshus i Darmstadt, Tyskland (Svensson et al, 2009). Passivhuset i Darmstadt fungerar, mer än 20 år senare, fortfarande som planerat och har haft en konstant energiförbrukning på mindre än 15 kWh/m<sup>2</sup> och år, enligt The Passivehouse Institutes rapport ”Active for more comfort: Passive House” från 2018.

De första svenska flerbostadshusen byggda med passivhusteknik finns i Lindås, söder om Göteborg, och består av 4 radhus. Husen är ritade av arkitekten Hans Eek och stod klara 2001. År 2007 byggde Vårgårdahus den första svenska passivhusvillan vilken är belägen utanför Linköping (Svensson et al, 2009).

### 3.2 Andra lågenergihus

Utöver passivhus finns en mängd begrepp för olika typer av lågenergihus. Gemensamt för de olika typerna är att de har en lägre energiförbrukning än vad BBR kräver. För passivhus finns det en kravspecifikation framtagen av Forum för Energieffektiva Byggnader, FEBY, där även olika nivåer för klassning av energieffektivitet specificeras. Andra begrepp, såsom nollenergihus och plusenergihus, bygger på samma principer som vid byggandet av passivhus, men med ett tillägg av egenproducerad förnybar energi (Trivselhus, u.å.).

Nollenergihus är hus vars energiförbrukning är mindre än eller lika med summan av egenproducerad energi under ett år. Blir det ett överskott av den egenproducerade energin kallas det för plusenergihus istället. (Gross, 2010)

### 3.2.1 Nära-nollenergibyggnader enligt BBR

En nära-nollenergibyggnad definieras som en byggnad vars energiprestanda är mycket hög (Boverket, 2020). Enligt ett direktiv från EU som kom 2010 ska alla nya byggnader som byggs inom EU fr.o.m. 2021 vara nära-nollenergibyggnader. Energiprestandan i byggnaderna ska uttryckas med en numerisk indikator för primärenergianvändning. Energin som tillförs byggnaden bör tillföras i form av energi från förnybara källor. Eftersträvan är en balans mellan utfasning av fossila bränslen och en minskad slutlig energianvändning (2020).

Energiprestandan, som uttrycks som ett primärenergital, utgår från byggnadens energianvändning, vilket är den köpta energi som levereras till byggnaden vid normalt brukande under ett normalår (Boverket, 2020). Tidigare inom BBR användes begreppet specifik energianvändning som ett mått på energiprestandan hos en byggnad. Begreppet ändrades i juni 2017 som en början i att fasa ändringarna in och med det nya EU-direktivet. Avsikten är att först genomföra systemändringen med införandet av primärenergital som mått på energiprestandan i byggnader, och att därefter kunna revidera sätta kravnivåerna i en senare ändring (2020). De reviderade kravnivåerna på primärenergital, som föreslogs i en EU-anmälan i början av 2020, redovisas i tab. 3.1 nedan tillsammans med gällande kravnivåer. Kravnivåerna anger det högst tillåtna värdet enligt respektive byggnadstyp.

Tabell 3.1: Kravnivåer för primärenergital - (Boverket, 2020)

Gällande kravnivåer		Föreslagna reviderade kravnivåer	
Byggnadstyp	Primärenergital $EP_{pet}$ [kWh/m <sup>2</sup> $A_{temp}$ och år]	Byggnadstyp	Primärenergital $EP_{pet}$ [kWh/m <sup>2</sup> $A_{temp}$ och år]
Småhus	90	Småhus > 130 m <sup>2</sup> $A_{temp}$	90
		Småhus > 90-130 m <sup>2</sup> $A_{temp}$	95
		Småhus > 50-90 m <sup>2</sup> $A_{temp}$	100
Flerbostadshus	85	Flerbostadshus	75
Lokaler	80	Lokaler	70

Kravet på primärenergital gäller inte för bostäder och lokaler med  $A_{temp}$  mindre än 50 m<sup>2</sup>.

Ett tillägg till kravet får göras för flerbostadshus och lokaler som har ett ökat ventilationsbehov. Ventilationstillägget beräknas enligt följande  $70 \times (q_{medel} - 0,35)$  (Boverket, 2020).

Primärenergitalet sammanväger energieffektiviteten hos alla delar i byggnaden, vilket innebär att en viss dels höga energieffektivitet kan kompensera för en annans dels lägre energieffektivitet. Därför finns det kompletterade krav i BBR gällande installerad eleffekt och  $U_m$  som säkerställer en miniminivå på energieffektiviteten hos de två komponenterna. Även här sattes en första kravnivå 2017, för att senare kunna göra en revidering (Boverket, 2020).

Kravet på installerad eleffekt har en grundnivå på 4,5 kW. Beroende på aktuell byggnads storlek och lokalisering i Sverige kan tillägg på grundnivån tillåtas. Effektkravet gäller inte för byggnader med  $A_{temp}$  mindre än 50 m<sup>2</sup> (Boverket, 2017).

De gällande och föreslagna reviderade kravnivåerna för  $U_m$  redovisas i tab. 3.2 nedan. Kravnivåerna anger det högst tillåtna värdet enligt respektive byggnadstyp.

Tabell 3.1: Kravnivåer för  $U_m$  - (Boverket, 2020)

Gällande kravnivåer		Föreslagna reviderade kravnivåer	
Byggnadstyp	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient $U_m$ [W/m <sup>2</sup> K]	Byggnadstyp	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient $U_m$ [W/m <sup>2</sup> K]
Småhus	0,40	Småhus	0,30
Flerbostadshus	0,40	Flerbostadshus	0,40 (oförändrat)
Lokaler	0,40	Lokaler	0,50
Småhus och lokaler < 50 m <sup>2</sup>	0,33	Småhus och lokaler < 50 m <sup>2</sup>	0,33 (oförändrat)

### 3.3 Passivhusets delar

För att få den passiva gratisvärmens från människor, solinstrålning och apparater att räcka för att värma upp huset under större delen av året, krävs det att värmeförlusterna från huset minimeras menar Kyrkander, Linde och Helmfridsson i *Introduktion till Passivhus* (2014).

Detta görs bäst genom ett lufttätt och välisolerat klimatskal och ett väl effektivt ventilationssystem (Gross, 2010).

### 3.3.1 Klimatskalet

Enligt Kyrkander, Linde och Helmfridsson (2014) är ett bra klimatskal grundläggande för att klara passivhuskraven. För att uppnå detta krävs det att alla dess delar är lufttäta och välisolerade, tak som dörrar. Det gäller även att inte ha några otätheter i klimatskalet och att antalet genomföringar minimeras (Gross, 2010).

Tätskiktet är, enligt Wollberg (2010), den troligtvis viktigaste funktionen i passivhuset. Wollberg menar att ett punkterat tätskikt påverkar inte bara energiförbrukningen och komforten, utan kan även konsekvenser gällande fukt. Ett tätt tätskikt är även en av de mest ekonomiskt hållbara åtgärderna som kan göras i en energieffektiv byggnad (The Passive House Institute, 2018).

The Passivehouse Institute menar likaså att förebyggandet av köldbryggor är en av de mest effektiva energibesparingsmetoder som finns. Enligt Svensson et al (2009) beror detta på att passivhus har ett så pass lågt energibehov att köldbryggorna får ett procentuellt sett större betydelse, jämfört med konventionella hus. En vanlig köldbrygga från balkonger kan undvikas genom att ha en effektiv infästning eller att friställa balkongen från stommen (2009).

När det kommer till isolering av konstruktionen i övrigt krävs det mer isolering i tak jämfört med i marken. Detta beror på att temperaturskillnaden mellan ute och inne är högre i takkonstruktionen jämfört med i golvkonstruktionen (Kyrkander et al, 2014).

För ytterdörrar krävs det låga U-värden för att uppnå ett välisolerat klimat skal, och för fönster gäller en optimering av låga U-värden och höga g-värden för att kunna uppnå den bästa energibalansen (Kyrkander et al, 2014).

### 3.3.2 Ventilationssystem

Passivhus konstrueras vanligtvis med ett FTX-system menar Gross (2010), och ger en betydligt högre boendekomfort eftersom en kontroll över luftflödena finns (Kyrkander et al, 2014).

När ett FTX-system finns och värmedistributionen sker via ventilationsluften innebär det även att ett separat uppvärmningssystem inte behövs. För att få ner energianvändningen ytterligare kan ventilationen behovsstyras med t.ex. koldioxid- eller temperatursensorer. Då kan ett gott inomhusklimat bibehållas samtidigt som överventilation undviks (Kyrkander et al, 2014).

En bypassfunktion kan installeras på systemet för att undvika övertemperaturer under sommarhalvåret. Denna kopplar luftflödet förbi värmeväxlaren när behovet av värmeåtervinning inte finns. För att klara av kylan under vinterhalvåret kan en avfrostningsfunktion på värmeväxlaren installeras, alternativt kan en jordslinga anläggas, som kan förvärma luften innan den når värmeväxlaren (Kyrkander et al, 2014).

### 3.3.3 Övriga lösningar

Utöver ett gott klimatskal och ett välfungerande ventilationssystem kan ytterligare lösningar sänka energiförbrukningen och höja komforten i ett passivhus (Svensson et al, 2009).

#### 3.3.3.1 Solskydd

Ett effektivt sätt att förhindra övertemperaturer under sommarhalvåret är att begränsa solinstrålningen i huset genom att använda sig av utvändiga solavskärmning. Detta kan göras med utstickande takutsprång och balkonger (Svensson et al, 2009), eller med mer rörliga solskydd (The Passive House Institute, 2018). Detta ska särskilt tas i åtanke på sydvända fasader, eftersom solen står som högst där under sommaren (Svensson et al, 2009). Det är dock viktigt att i söderläge kunna släppa in den lågt strålande vintersolen menar Kyrkander et al (2014).

### 3.3.3.2 Vindfång

För att minska värmeförlusterna ytterligare kan ett vindfång eller en sluss med två dörrar användas (Gross, 2010). Enligt Kyrkander et al (2014) minskar detta risken att större mängder uppvärmd inomhusluft går förlorad när ytterdörren öppnas.

### 3.2.4 Gestaltning

När det kommer till utformning av energisnåla hus menar Kyrkander et al (2014) att större byggnader generellt har lägre värmeförluster per m<sup>2</sup> än mindre, samt att byggnader med mer kompakta volymer kan både ha mer fönster och mindra tjocka väggar än en utdragen byggnad med samma volym.

Åtanke vid placering av fönster bör tas, där stora fönsterytor åt söder föredras enligt Kyrkander et al (2014). På så sätt kan den högt stående sommarsolen lättare skärmas av (2014) samtidigt som vintersolen kan tillvaratas (Gross, 2010). Detta bidrar även till ett återkommande och tydligt kännetecken av passivhus, vilket är de olika formerna av solavskärmning, genom exempelvis takutsprång och balkonger på fasader i framförallt söderläge (Svensson et al, 2009).

Orienteringen av passivhus spelar ingen större roll menar Svensson et al (2009), utan istället bör dess individuella egenskaper anpassas utefter husets lokalisering (The Passive House Institute, 2018). Kyrkander et al (2014) ser det däremot lämpligt att bygga passivhus på vindskyddade lägen med goda solförhållanden.

### 3.2.5 Inomhusmiljö

Passivhus eftersträvar ett bra inomhusklimat där nivåerna på temperatur, luftomsättning, ljud och ljus är goda (Andrén och Tirén, 2010). Kvaliteten på inomhusklimatet beror framförallt på den relativa fuktigheten i luften samt att luften är ren och har rätt temperatur. Med hjälp av den lufttäta konstruktionen i passivhus kan ventilationen styras mer exakt, vilket ökar förutsättningarna att skapa ett bra inomhusklimat. Välisolerade byggnader ger även en minskad risk för kallras och kallstrålning (2010).

När det kommer till ljudnivåer i passivhus är det förhållandevis lite ljud som tas in utifrån jämfört med konventionella byggnader. Därmed blir de ljud som uppkommer i byggnaden

mer påtagliga och måste förebyggas för att inte försämra komforten (Andrén och Tirén, 2010).

### 3.4 Kravkriterier för passivhus

Begreppet ”passivhus” är varumärkesskyddat i Sverige och det krävs därmed att en rad kriterier uppfylls innan en byggnad får kallas för passivhus (Svensson et al, 2009). För byggnader i Sverige finns två passivhuscertifieringar att tillgå; en internationell certifiering från The Passive House Institute, PHI, (IG Passivhus, 2020) och en svensk certifiering från organisationen FEBY, Forum för energieffektivt byggande (FEBY, u.å). Gemensamt för de två certifieringarna är att det finns en mängd kravkriterier som måste uppfyllas, samt att certifieringarna har olika klassningar (IG Passivhus, 2020) (FEBY, u.å), vilka förklaras nedan.

#### 3.4.1 Internationella kravkriterier

Den internationella kravstandarden för passivhus har utvecklats av Wolfgang Feist, professor på The Passive House Institute, PHI, i Darmstadt, Tyskland (The Passive House Institute, 2015). Certifieringskraven delas in i tre kategorier, beroende på byggnadens behov av förnybara primärenergikällor samt mängden förnybar energi som genereras i byggnaden. De tre nivåerna är: Passive House Classic, Passive House Plus och Passive House Premium (The Passive House Institute, 2020). För samtliga kategorier gäller det att uppvärmningsbehovet och kylbehovet inte överstiger 15 kWh/m<sup>2</sup>a, alternativt att uppvärmningslasten och kyllasten inte överstiger 10 kWh/m<sup>2</sup>a. Det krävs även att byggnaden provtrycks och att resultatet inte får överstiga 0,6 oms/h vid 50 Pa tryckskillnad (2020). De kategorispecifika kraven redovisas i tab. 3.3 nedan.

Tabell 3.3: Kravnivåer för PHIs certifiering - (The Passive House Institute, 2020)

	<b>Förnybar primärenergi</b> [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	<b>Genererad förnybar energi</b> [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]
Passive House Classic	≤ 60	-
Passive House Plus	≤ 45	≥ 60
Passiv House Premium	≤ 30	≥ 120



Utöver kraven ovan ska även ett antal minimikrav uppfyllas för samtliga kategorier. Dessa minimikrav tar hänsyn till överhettningfrekvens, frekvens på höga fuktvärden, termisk isolering, fuktskydd samt tillfredsställelsen hos de boende där det bland annat ställs krav på öppningsbara fönster och att ett kontrollerbart ventilationssystem finns (The Passive House Institute, 2020).

De kriterier som kräver uträkning måste vara beräknade med den senaste versionen av Passivhusinstitutets egna beräkningsprogram Passive House Planning Package, PHPP. Det ska även redovisas och lämnas in dokument på bl.a. dörr- och fönsterplacering, ventilationsritningar och ritningar över samtliga köldbryggor (The Passive House Institute, 2020).

### 3.4.2 Svenska kravkriterier

Den svenska passivhusstandarden skapades av FEBY, Forum för energieffektiva byggnader, på uppdrag av Energimyndigheten, med syftet att utifrån de internationella kriterierna anpassa en standard för svenska förhållanden med avseende på byggnormer och klimat (Svensson et al, 2009).

Likt den internationella standarden finns det i den aktuella svenska standarden, FEBY18, fyra byggnadskategorier: FEBY Brons, FEBY Silver, FEBY Guld samt FEBY Guld Plushus, där den sistnämnda är en utökning av FEBY Guld. Skillnaden mellan de tre första kategorierna ligger i krav på värmeförlusttal samt årsenergi för elvärmda byggnader. För byggnader som inte är elvärmda finns inga speciella kriterier för respektive kategori (FEBY, 2020). Kriterierna för elvärmda byggnader redovisas i tab. 3.4 nedan.

Tabell 3.4 – Kravnivåer gällande levererad energi för elvärmda byggnader – (FEBY, 2020)

	<b>Levererad el (uppvärmning, varmvatten och fastighetsenergi)</b> [kWh/m <sup>2</sup> ]
FEBY Brons	38
FEBY Silver	32
FEBY Guld	26

Ett tillägg till de ovanstående kriterierna finns för byggnader med luftflöden inom intervallet 0,45-1,0 l/sm<sup>2</sup> (FEBY, 2020).

Kraven på värmeförlusttal beror på byggnadens storlek samt dess luftflöde. (FEBY, 2020)  
För byggnader större än 600 m<sup>2</sup> gäller krav enligt tabellen nedan, tab. 3.5.

Tabell 3.5 – Kravnivåer gällande värmeförlust för byggnader över 600 m<sup>2</sup> – (FEBY, 2020)

	<b>Värmeförlusttal</b> [kW/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]
FEBY Brons	22
FEBY Silver	19
FEBY Guld	14

Ett tillägg till kravet finns där små byggnader, som är mindre än 600 m<sup>2</sup>, tillgodoses en anpassad beräkning av värmeförlusttal, vilket ger ett mer gynnsamt värde. Ytterligare tillägg gällande värmeförlusttal finns för byggnader med ett medelluftflöde på över 0,45 l/sm<sup>2</sup> samt för byggnader i klimat där DVUT är lägre än -17°C samt -22,1°C (FEBY, 2020).

Klassningen på byggnaden sker efter den lägst uppfyllda nivån för årsenergi och värmeförlusttal (FEBY, 2020).

Den sista byggnadskategorin, FEBY Guld Plus, är en utökning av FEBY Guld, där samtliga krav för FEBY Guld gäller samt att den årliga summan för levererad viktad energi till byggnaden ska vara mindre än eller lika med den årliga summan levererad viktad energi från byggnaden (FEBY, 2020).

Utöver de tidigare nämnda kriterierna krävs det specifika krav gällande ljud och luftläckage genom klimatskärmen för samtliga byggnadskategorier. Det krävs även att byggnadens solvärmelast beräknas och att en fuktsäkerhetsplan finns. Även ett visst antal val gällande energieffektiva installationer krävs, omfattningen på kraven beror på byggnadens typ och

storlek. Krav på att upprätta en kontrollplan gäller för alla byggnadstyper större än 600 m<sup>2</sup>. (FEBY, 2020)

Samtliga beräkningar, gällande värmeförlusttal, årsenergi, årsvärmefaktor samt värmebalans för luftvärmade byggnader, ska redovisas och dokumenteras (FEBY, 2020).

### 3.5 Passivhus i praktiken

Gross (2010) hävdar att konceptet med tillvaratagandet av passiv energi är något som blir allt vanligare i Europa och resten av världen. Målsättningen med energismarta småhus är enligt Gross att, sommar som vinter, kunna åstadkomma en hög termisk komfort med en god innemiljö samtidigt som mängden köpt energi är så låg som möjligt. Gross menar att energi troligtvis kommer vara en bristvara i framtiden, och att det för den enskilde husägaren kan vara lockande att inte vara i behov av en större mängd energi. Detta för att kunna begränsa inverkan av ökade energipriser eller en eventuell försörjningskris.

#### 3.5.1 Projektering och produktion av passivhus

Enligt The Passive House Institute är lämplig planering av största vikt när det kommer till projektering och produktion av passivhus. Då passivhus är särskilt känsliga för bl.a. köldbryggor bör detaljutformningar såsom balkonger och dylikt tidigt införas i beräkningar. (Svensson et al, 2009) I rapporten *Passivhus ur en brukares perspektiv*, 2009, menar Samuelsson och Lüddeckens att det även är viktigt att i projekteringsskedet uppmärksamma riskerna gällande övertemperaturen på sommaren och otillräcklig uppvärmning på vintern. Enligt Svensson et al (2009) är det viktigt med information och utbildning för samtliga inblandande gällande de specifika krav som finns rörande passivhus. De menar även att kvalitet bör gå före tid, eftersom noggrannhet och omsorg för detaljer är särskilt viktigt under både projektering och produktion. Om det till exempel slarvas på byggarbetsplatsen eller om kunskaperna är bristfälliga blir det svårare att skapa energieffektiva konstruktioner (Gross, 2010).

Den högre noggrannheten som krävs i byggprocessen medför enligt Kyrkander et al (2014) en högre kapitalkostnad vid investeringen, men merkostnaden som uppstår vid produktion av passivhus jämfört med konventionella hus betalar sig redan efter några år (Gross, 2010). Vid ökad erfarenhet av passivhusproduktion minskar även kostnaderna som uppstår till följd av

den noggrannhet som krävs av entreprenörerna. Den ökade erfarenheten kan även sänka tidsåtgången för vissa kritiska moment. Överlag är dessutom den långsiktiga kostnaden att driva och äga passivhus tydligt lägre jämfört med konventionella byggnader (Kyrkander et al, 2014).

### 3.5.2 Drift och underhåll av passivhus

Kyrkander et al (2014) menar att passivhus i regel kräver mindre underhåll än konventionella hus. Skillnader i boendekomfort är exempelvis att de välisolerade väggarna och fönsterna gör det mycket tyst, vilket ställer högre krav på ett tyst ventilationssystem (2014). Däremot undviks trafikljud och buller som annars kan störa (Gross, 2010).

### 3.6 Kritik till passivhus

En kritiker till passivhusbyggande är Christer Harrysson, professor i byggt teknik vid Örebro Universitet. I artikeln *Varför så svårt att spara energi i småhus?*, Bygg och teknik (2014) skriver Harrysson om varför det är bättre att vidareutveckla goda lösningar än att ”uppfinna hjulet” på nytt, vilket kan medföra ökande kostnader, komfortproblem samt risk för fukt och mögel bland annat.

Harrysson menar att passivhus är dyra att bygga eftersom mer isolering behövs och det komplicerade utförandet kräver mer arbete, transporter och material. Ytterligare menar Harrysson att detta blir en ökad miljöbelastning då mer material måste tillverkas och transporteras. En ökad risk för fukt och mögel finns eftersom den tjocka isoleringen försvårar uttorkningen i väggarna, detta ställer dessutom höga krav på utförandet då springor i isoleringen ökar både värmeförlusterna och risken för fukt- och mögelskador (2014).

Passivhusens värmesystem med värmeåtervinning av ventilationsluften gör det, enligt Harrysson, svårt att få en god inomhusmiljö med jämna temperaturer. För att uppnå detta krävs en effektiv ventilation, vilket är svårt att uppnå och kan medföra torr luft menar Harrysson (2014).

Harrysson ser istället att det byggs enkelt med beprövade metoder och pålitlig teknik, vilket kan uppnå lika låg energieffektivitet. Detta trots att både riskerna för byggskador och inomhusmiljöproblem minskar samt att kostnaderna blir lägre (2014).

Ytterligare en kritiker till passivhus är ekobyggkonsulten och journalisten Cathrine Bülow som i artikeln *Hög tid för helhetsyn på klimatsmarta hus*, Byggnadskultur nr 1 (2019) skriver om behovet av att se på byggnaders livscykel istället för att endast mäta U-värden.

Bülow menar att ett ensidigt fokus på uppvärmningsbehov inte måste innebära mindre klimatutsläpp, utan kan istället innebära det motsatta om petrokemiska material och mekanisk ventilation används. Att riva äldre hus, såsom timmerhus och massivträhus, och ersätta dem med nya 'klimatsmarta' hus är enligt Bülow inte försvarbart, utan hon menar istället att byggbranschen har mycket att lära av traditionellt byggande. Enligt Bülow kan en kombination av ny grön teknik och nygamla lösningar, i form av naturmaterial och långlivade konstruktioner, användas för att uppfylla vår tids energikrav (2019).

## 4 Empiri

*I kommande kapitel är det empiriska materialet från intervjuerna sammanställt. Respondenternas gemensamma och avvikande svar är jämförda och presenterade. Respondenterna och de aktuella projekten redogörs i tab. 4.2 respektive tab. 4.1 nedan.*

### 4.1 Introduktion av respondenter och projekt

Tabell 4.1: Projektlista

Namn	Ort	Byggnadsår	Certifiering	Byggnadstyp
Plusenergihus Villa Åkarp, Åkarp	Åkarp	2009	-	Småhus
Söndrums kyrkby	Halmstad	2009	FEBY07	Flerbostadshus
Hopalyckan i Simlångsdalen	Halmstad	2010	FEBY09	Flerbostadshus
Argentum	Falun	2011	FEBY09	Flerbostadshus
Kv. Oden	Lund	2014	FEBY09	Flerbostadshus
Plusenergihus i Harplinge	Halmstad	2014	HFAB++ *	Flerbostadshus
Kollaskolan	Kungsbacka	2014	FEBY12	Lokal
Kv. Tenoren	Malmö	2016	FEBY12	Flerbostadshus samt lokal

\*HFAB++ är en mönsterskyddad definition som har tagits fram av Halmstads Fastighets AB, HFAB. Definitionen togs fram, tillsammans med HFAB+, i samband med planeringen av plusenergihuset i Harplinge eftersom ingen definition eller certifiering för plusenergihus fanns i Sverige.

Tabell 4.2: Respondentlista

Namn	Befattning	Projekt
<b>Respondent 1</b>	Energiexpert	Byggherre och brukare av Villa Åkarp. Medverkat i 20-30 st. passivhusprojekt.
<b>Respondent 2</b>	Arkitekt	Kv. Tenoren, Malmö
<b>Respondent 3</b>	Arkitekt	Argentum, Falun
<b>Respondent 4</b>	Arkitekt	Kv. Oden, Lund
<b>Respondent 5</b>	VVS- och energisamordnare	Söndrums kyrkby, Hopalyckan och plusenergihus i Harplinge, Halmstad. Medverkat i 6 st. passivhusprojekt.
<b>Respondent 6</b>	Arkitekt samt cert. Passivhusbyggare	Kollaskolan, Kungsbacka Medverkat i ca 50 st. passivhusprojekt.
<b>Respondent 7</b>	Affärschef	Plusenergihus i Harplinge, Halmstad

#### 4.2 Varför byggs passivhus?

För flera av projekten är det på uppdrag av byggherren som beslutet att bygga passivhus tas. I Kollaskolans fall hade byggherren endast byggt passivhus innan så det var en självklarhet.

För passivhusprojektet Söndrums kyrkby som byggdes 2009 på beställning av HFAB kom initiativet inifrån företaget. Respondent 5 som energisamordnare fick gehör i att undersöka passivhustekniken i syfte av att kunna energieffektivera HFABs byggande och möta de energimål som satts några år tidigare.

För Respondent 1 handlade det om att omsätta sina kunskaper inom byggnadsfysik i praktiken, vilket resulterade i Sveriges första plusenergihus.

### 4.3 Lösningar

Bland de olika passivhusprojekten som har studerats finns det olika lösningar för att uppnå passivhusstandard. Gemensamt för flera av projekten är fönster med låga U-värden och extra, utefter vanliga mått mätt, isolering i både väggar, tak och golv. Även FTX-system är vanligt förekommande för flertalet av projekten, där en hög temperaturverkningsgrad nämns som mycket viktigt. I Kollaskolan i Kungsbacka kombineras detta med en närvarostyrd ventilation samt med luftslussar vid samtliga entréer för att minska risken att uppvärmd luft försvinner ut ur byggnaden. Många av respondenterna lägger stor vikt vid god lufttäthet som en nyckelfaktor för att kunna uppnå önskvärt resultat.

I plusenergihuset Villa Åkarp finns det används inte bara värmeväxling av luft utan även värmeväxling av avloppsvatten. Detta för att kunna dra nytta av det varma spillvattnet och på så sätt sänka uppvärmningsbehovet ytterligare. Man har även installerat både solceller och solfångare på huset.

För plusenergihusprojektet i Harplinge förklarar Respondent 5 att de använde sig av olika typer av vattensparutrustning och energisnåla installationer samt IMD för både vatten och hushållsel för att minska resursanvändningen hos hyresgästerna, och på så sätt minska byggnadens resursbehov. Ett ytterligare incitament för hyresgästen att spara på varmvatten och hushållsel är att HFAB, som registrerad elhandlare, säljer hushållsöverskottet vidare till hyresgästerna för 1.3 kr/kWh. För att få ett tillskott på energi finns solceller installerade på taket. Det finns även solavskärmning mot både öst, väst och syd.

Respondent 6, som var med i projektet Kollaskolan, anser det vara viktigt med en kompakt modul som inte har för många hörn eller är för smal. Detta sätts i praktik i projektet Kv. Oden i Lund där Respondent 4 förklarar att projektet inte projekterades som ett passivhus utan resulterade i ett till följd av en optimal omslutningsarea, sandwichelement och fristående balkonger med begränsat antal infästningar.



#### 4.4 Att projektera passivhus

Gemensamt för projekten är att det är detaljnivån för passivhus som kan vara tidskrävande. Enligt Respondent 5 är det inte så stor skillnad nu för tiden jämfört med att bygga konventionella hus, men att det var stor skillnad för 10 år sedan. Respondenten menar att de krav som idag ställs på BBRs nära-nollenergihus är i stort sett lika krävande. För projektet i Harplinge, som var det första plusenergihuset i flerbostadsform, tog det 1 månad längre tid att projektera och bygga än vad motsvarande med ett konventionellt byggande hade tagit.

Respondent 6 pekar på vikten av kommunikation mellan samtliga parter. Respondenten trycker på vikten av att alla vet vad slutmålet är, att det är just ett passivhus som ska byggas, för att undvika att det fastslås halvvägs in i processen vilket skulle leda till nya krav att förhålla sig till. Detta stämmer väl överens med det övriga respondenter anser, eftersom det är just detaljutformning i avseende på lufttäthet, minimering av köldbryggor, uppbyggnad av ytterväggar m.m. som de menar är de moment som tar tid. Respondent 2 tror att det kan bero på att man i vanliga fall har en massa erfarenhet som man snabbt kan omsätta, och att sådan erfarenhet rörande passivhus först utvecklas vid byggandet av flera sådana, vilket skulle leda till att tidsskillnaden mellan dessa och konventionella projekt minskar.

Några skillnader utöver tidsaspekten menar både Respondent 1 och 3 att det inte är.

#### 4.5 Att producera passivhus

Vid produktion av passivhus är det även här är det, enligt respondenterna, tiden som är det stora skillnaden mellan passivhusprojekt och konventionella husprojekt. Vikten av en större noggrannhet gör att det tar lite längre tid menar både Respondent 1 och 7. Respondent 7 menar att man bör lägga ner tid på att utbilda produktionspersonalen, för att framförallt tätningen av fuktskyddet i väggarna ska bli rätt. Detta förlänger dock inte bara tiden utan ökar även kostnaderna. Vikten av kunskap och kompetens är även något som Respondent 5 tycker är viktigt. Respondenten menar tidsramen blir oförändrad om samtliga inblandade, beställare, projektörer, byggare och installatörer m.m.; är förtrodda och kan tekniken.

En svårighet med att bygga passivhus anses av Respondent 7 även vara det stora fokus som finns på att säkerställa att materialet som byggs in inte har för höga fukthalter.

#### 4.6 Att förvalta och bo i passivhus

Samtliga respondenter anser att det inte är några större skillnader gällande drift och underhåll av passivhus gentemot konventionella byggnader. Respondent 5 menar att de utmärkande skillnaderna inte beror på att det är just ett passivhus jämfört med ett konventionellt hus, utan att de skillnader som finns är beroende på husens olika utformning. I HFABs fall finns det mindre förvaltningsproblem att beakta gällande bl.a. kolfilterfläktar, som har installerats för att, i FTX-systemet, slippa hantera ersättningsluft i samband med forcerad ventilation. Ett ytterligare problem är ”sommarfallet”, där det är viktigt att ha fungerande solavskärmning och kylåtervinningsfunktioner på ventilationsaggregaten för att undvika övertemperaturer.

Respondent 5 tror att de som bor i HFABs olika passivhus är nöjd med sitt boende, vilket är något som Respondent 7, som har medverkat i plusenergihusprojektet, håller med om. Respondent 7 menar att de boende har varit extra stolta över huset de bor i och har tagit hand om det på ett ’fantastiskt sätt’, även om de ”bara” är hyresgäster. Hen tror att det kanske är så generellt med passivhus.

Respondent 1, bosatt i plusenergihuset Villa Åkarp, är väldigt nöjd med sitt passivhus, och det är något hen skulle rekommendera andra att bo i. Enligt respondenten har de det varmt och skönt vintertid och uppvärmningskostnaden av huset är så pass låg att den inte påverkar privatekonomin.

I Argentum i Falun finns det däremot problem med för tysta lägenheter, där ett obehag upplevs då inte fåglar hörs utifrån. Många har även problem med mobiltäckning.

#### 4.7 Lärdomar från passivhusbyggande

Majoriteten av respondenterna har tagit med sig lärdomar från passivhusprojekten, dels att ta med sig i konventionella byggprojekt, men även lärdomar kring vad som hade kunnat göras annorlunda i projekten idag.

Flera av respondenterna har lärt sig mycket gällande minimering av energianvändning och att bygga energieffektivt. Respondent 6 menar att det idag finns hårdare krav i BBR när det kommer till energi, och att man kan ta med sig tänket från passivhusprojekt in i

konventionella projekt, även om det för passivhusprojekt krävs ytterligare nivåer av energieffektivitet.

För Respondent 5 har det handlat om insikten i mängden energi som används i företagets olika byggnader. Respondenten fann att de vid minimering av uppvärmningsenergi upptäckte hur mycket energi användningen av varmvatten drog, och vid minimering av energianvändningen för varmvatten upptäcktes det hur mycket hushållsel som förbrukas.

Från projektet Kv. Tenoren i Malmö tar Respondent 2 med sig möjligheterna kring att kunna optimera ljusinsläpp med bra energivärden, samt kombinationen av att kunna bygga högt och välisolerat samtidigt.

Respondent 3 som var delaktig i projektet Argentum i Falun, där vissa klagomål kring för tysta lägenheter finns, har efter projektet reflekterat kring mängden isolering som behövs. Hen undrar exempelvis om det är klokt att isolera så pass mycket om man har tillgång till miljövänlig fjärrvärme. Respondenten tycker att idén med passivhus är bra, men anser att de krav som finns är för styrande. Istället tror hen på ett system som ser på helheten.

Hade Respondent 1 gjort om Villa Åkarp idag hade helt oorganiska konstruktioner valts.

## 5 Sammanställning och analys

*I kapitlet analyseras och jämförs litteraturstudien och det empiriska materialet.*

### 5.1 Skillnader mellan PHI och FEBY

Det finns en del utmärkande skillnader mellan det internationella certifieringssystemet och det svenska, men övergripande sett är de mycket lika. Bortsett från att det i FEBY ligger fokus på värmeförlusttal och årsenergi, medan det i PHI är fokus på uppvärmnings- och kylbehov samt finns krav på förnybar primärenergi. Likheter på kravkriterier i de båda certifieringarna återfinns i bl.a. PHIs krav kring överhettningfrekvens och FEBYs krav på beräkning av solvärmelast, samt PHIs krav gällande beräkning av fuktfrekvens och krav på fuktskydd kontra FEBYs krav på en fuktsäkerhetsplan. De uttalade krav som återfinns i den ena certifieringen kan i den andra formuleras på ett annat vis eller endast finnas med som ett ”bör”-krav. Detta gäller t.ex. kravet på förnybar primärenergi enligt PHI där det finns kravgränser för varje nivå medan det i FEBY inte finns några ytterligare krav på primärenergital än vad som sägs enligt BBR. Något som däremot finns i FEBY och inte i PHI är möjligheten till kravtillägg beroende på byggnadens luftflöde, area och framför allt i vilket klimat byggnaden är placerad, med hänsyn till DVUT.

Gemensamt för de två system är kravet på redovisning och dokumentation av de beräkningar som måste göras för de olika parametrarna. Det finns däremot fler krav i PHI på vad som ska dokumenteras, exempelvis dörrplaceringsritningar osv., jämfört med i FEBY.

Gällande de olika nivåerna inom certifieringarna finns det i FEBY fler nivåer, med en lägre första nivå jämfört med PHI. I FEBY återfinns Brons, Silver, Guld och Plushus, medan det i PHI återfinns Classic, Plus och Premium, där en parallell kan dras mellan FEBYs Plushus och PHIs Plus.

### 5.2 Motiv till passivhusbyggande

Enligt teorin är målsättningen med energismarta småhus att kunna erhålla en god komfort samtidigt som mängden köpt energi hålls låg. Att inte vara i behov av en större mängd energi kan enligt kapitlet vara lockande. I empirin redogörs däremot strävan att uppnå miljömål och att utveckla möjligheterna kring energieffektivt byggande som några av motiven till projekten som berörts.

### 5.3 Passivhusens delar och lösningar

Gällande de byggkomponenter och lösningar som krävs för att uppnå passivhusstandard finns de alternativ som redovisas i teorin representerade i projekten som behandlas i empirin.

I kap. 3.2 i teorin beskrivs de olika tekniska lösningar som kan användas för att bygga ett passivhus. Störst fokus appliceras på ett välisolerat klimatskal och ett välfungerande ventilationssystem. Detta är även något som överensstämmer med respondenternas svar i kap. 4.3, där mer omfattande isolering och ett värmeväxlande ventilationssystem är gemensamt för majoriteten av projekten. Vikten av ett välfungerande tätskikt tas upp i litteraturkapitlet 3.2.1 och det är även något som samtliga respondenter uppmärksammat som en nödvändig faktor vid passivhusbyggande.

FTX-system med behovsstyrning nämns i teorin och är även något som används i de studerade projekten. I det empiriska kapitlet 4.3 förklaras det att det i Kollaskolan i Kungsbacka finns närvarostyrd ventilation installerad för att minska energiförbrukningen ytterligare. I Kollaskolan finns även luftslussar installerade vid samtliga entréer, vilket också en alternativlösning som tas upp i teorin.

Utformningen av passivhusen visar på skilda lösningar, men i kap. 4.3 i empirin förklarar respondent 6 vikten av kompakta byggnader. Vikten av kompakta byggnader hävdar också Kyrkander et al (2014) i kap. 3.2.8.1 i teorin. I empirin redogörs även hur projektet Kv. Oden kunde uppnå passivhuskriterierna med hjälp av bl.a. en optimal omslutningsarea samt fristående balkonger, vilket återfinns i kap. 3.2.4.

Solskydd nämns i litteraturkapitlet 3.2.3.1 som ett effektivt sätt att förhindra övertemperaturer under sommarhalvåret, och i kap. 3.2.8.1 förklaras det varför solavskärmning placeras främst på fönster i söderläge. Detta finns bl.a. installerat på plusenergihusprojektet i Harplinge, tillsammans med avskärmning mot öst och väst.

Något som inte nämns i teorin är värmeväxling av avloppsvatten, vilket används i Villa Åkarp. Även solceller och solfångare redogörs ej för i teorin som betydande lösningar för passivhus, men är något som finns installerat på flera av de aktuella projekten.

## 5.4 Projektering och produktion

Vid både projektering och produktion av passivhus är det enligt teorin viktigt med planering och att tidigt tänka kring detaljutformningar. Detta bekräftas i kap. 4.5 då flera av respondenterna menar att detaljnivån som krävs i många delar av byggprocessen är det som framförallt påverkar projektens tidsåtgång. Det redogörs även för respondenternas tankar kring erfarenhet av passivhusbyggande som en faktor i tidsåtgången, samt skillnaderna mot konventionella projekt idag och för 10 år sedan, vilket är en relevant diskussion eftersom kraven för konventionella byggnader har skärpts. Respondent 5 menar i kap. 4.5 att det i stort sett är lika krävande att bygga enligt BBRs nya nära-nollenergihus som att bygga passivhus. Att tidsåtgången kan minskas i takt med ökad erfarenhet är också något som tas upp i teorikapitlet 3.3.1. I samma kapitel nämns även vikten av utbildning för samtliga inblandade i projektet. Detta är även något som föreslås i empirin, då som en förutsättning för att framförallt fuktskyddet ska bli ordentligt tätt.

Fokus på att kunna säkerställa låga fukthalter i det materiel som byggs in är enligt kap. 4.6 en svårighet, men är inget som tas upp i teoriavsnittet.

## 5.5 Förvaltning, drift och underhåll

Enligt teorin krävs det i regel mindre underhåll av passivhus jämfört med konventionella hus. Detta stämmer någorlunda överens med det empiriska kapitlet 4.6 där respondenterna anser att det inte är några större skillnader gentemot konventionella byggnader och att de eventuella skillnaderna beror på husens olika utformning, och inte på att det är just ett passivhus.

Att passivhus kan ha en tystare inomhusmiljö är även något som tas upp i kap. 3.3.2, och behovet av att förebygga eventuellt påtagliga ljud inifrån nämns i kap. 3.3.5. Vikten av detta bekräftas i empirin där det i ett av projekten nämns som ett problem hos de boende.



## 6 Diskussion och slutsatser

*I 'Diskussioner och slutsatser' sammanställs reflektioner kring litteraturstudien och det empiriska materialet. Teori, intervjuresultat och egna reflektioner kopplas samman genom slutsatser utifrån studiens frågeställningar.*

### 6.1 Passivhus i praktiken

Det är mycket som skiljer ett passivhus ifrån ett annat. Skillnader kan ses i allt ifrån utformning och gestaltning till vilka tekniska lösningar som används för att uppnå de kriterier som krävs. Många av de lösningar som används, både gällande utformning, byggnadsfysik och konstruktion, har likheter med varandra, men inget passivhus är det andra likt. Att därför svara på hur ett passivhus fungerar är svårt, men några generella slutsatser kan dras.

Gemensamt för många passivhus är den större mängden isolering i väggar, golv och tak, och även de högre U-värdena i fönster och dörrar, alla vilka resulterar i ett klimatskal med ett högt värmemotstånd. Utöver detta återfinns även det kritiska fuktskyddet för att kunna sluta skalet helt. För att sedan uppnå ett gott luftflöde i det täta huset krävs ett smart ventilationssystem, vilket i många fall resulterar i ett FTX-system.

De lösningar som nämns ovan är de mer beprövade lösningarna, men fler lösningar finns för att optimera passivhuset ytterligare. Exempelvis avloppsvärmeväxlare, solceller och solfångare är mindre beprövade lösningar som tas upp i rapporten. Utöver de som redogörs för finns det ytterligare lösningar som är beprövade och säkerligen ännu fler som inte har testats ännu. En betydande anledning till varför det till stor del är liknande lösningar som används i passivhus är, tror jag, för att de är beprövade. I många delar av byggprocessen kan både tid och pengar sparas in om just beprövade delar och moment används. Det kan vara svårmotiverat att då göra något som kanske aldrig har gjorts förut i ett byggprojekt som redan kan vara främmande för många av de inblandade. Det är med det i åtanke som vissa riktar kritik mot passivhus, men även om utveckling av redan välfungerade och beprövade metoder är bra kan även ett nytänk kring dagens "pålitliga" byggtekniker behövas för att sporra utvecklingen av det beprövade och kan på sikt även komma fram till lösningar vi inte visste att vi behövde.



## 6.2 Passivhuskriterier

Passivhus som byggs i Sverige kan certifieras av både det internationella PHI och det svenska FEBY. Vilket certifikat som däremot passar bäst i det svenska klimatet, för husets egna förutsättningar och kanske vad som är ”enklast” att uppnå är en annan fråga.

Det går tydligt att se att den svenska certifieringen FEBY18 enklare kan jämföras med övriga byggnormer enligt BBR, och även att en mer gynnsam anpassning till det svenska klimatet kan göras i FEBY, i och med att tillägg finns för vilket DVUT som är aktuellt för området. Däremot kan den internationella certifieringen enligt PHI verka mer noggrann och skärpt eftersom fler parametrar ska tas hänsyn till samt att de kravnivåer som finns når högre än FEBY.

De kriterier som finns på passivhus kan därför variera beroende på vilken certifiering en väljer att bygga utefter. Målet med byggnaderna är däremot densamma, att minimera uppvärmningsbehovet och uppnå en god inomhusmiljö, oavsett certifieringssystem.

## 6.3 Passivhus gentemot nära-nollenergihus

Kraven som finns på nära-nollenergihusbyggnader kan enkelt uppfyllas med ett passivhus. De krav på nära-nollenergibyggnader som finns gällande primärenergital är densamma för passivhus, och kraven på installerad eleffekt och U-värde går att uppnå med FEBY18s Brons-nivå. Det som framförallt skiljer nära-nollenergibyggnaderna mot ett Brons-klassat passivhus enligt FEBY18 är de övriga krav som ställs i FEBY rörande exempelvis värmeförlusttal, årsenergi och solvärmelast.

## 6.4 Passivhus i byggprocessen

För de olika faserna i byggprocessen kan en tänka att det borde ta både längre tid samt medföra högre kostnader att bygga passivhus jämfört med konventionella hus, men enligt studien behöver det inte vara på det viset. Många av de tidskrävande momenten som uppstår vid projektering och produktion av passivhus kan med rätt utbildning och motivation minimeras med erfarenhet. Nya byggtekniker kommer ständigt att kritiseras för att de är mer krävande både tidsmässigt och ekonomiskt, och är inget som är utmärkande för just passivhus. Med mer erfarenhet kring byggnation av passivhus och andra klimatsmarta

byggnader finns möjligheter för att det i framtiden inte kommer skilja något från konventionellt byggande.

Vad gäller förvaltning och drift av passivhus blir det tydligt att de installationer som krävs för att bibehålla funktionen i passivhusen måste fungera. Vikten av att exempelvis byta filter i ventilationssystemet och att ha fungerande solskydd blir allt större, men egentligen skiljer inte underhållet märkvärt från konventionella hus.

Passivhus har i regel en god inomhusmiljö med en hög komfort, men klagomål finns rörande att det kan vara mycket tyst i husen vilket resulterar i att de ljud som uppstår i byggnaden upplevs som högre. En utveckling av framförallt ventilationssystemen kan komma att krävas för att minimera problemet. Utöver detta visar studien på att det inte finns något särskilt att anmärka på gällande boendekomforten.

## 6.5 Alternativ till passivhus

Det är inte aktuellt för alla att bygga passivhus, men att ha i åtanke är att de lösningar som nämnts i rapporten inte nödvändigtvis är lösningar endast för den som ska bygga ett passivhus, utan även för den som ska bygga ett hus. Begreppet passivhus är, som tidigare nämnt, skyddat i Sverige vilket är bra för att bibehålla den kvalitet som krävs, men det betyder inte att de tankar och idéer som finns kring passivhusbyggande är låsta där. Att, som Bülow (2019) föreslår, tänka på helheten vid byggande och att tillvarata äldre byggtekniker i kombination med nya gröna lösningar är något som alla som bygger hus bör ha i åtanke.

## 6.6 Vidare forskning

I och med de nya krav som ställs på husbyggande inom Sverige och EU från och med 2021 finns det många utvecklingsmöjligheter för att bygga klimatsmart. Det finns tydliga direktiv rörande vad som gäller för nära-nollenergihus samtidigt som det finns många möjligheter kring hur de ska uppnås. Ett intressant grepp hade varit att se hur det i praktiken går till att uppnå de nya kraven som ställs, både inom projektering och produktion, samt att kolla på boendekomforten i de nya byggnaderna.

Ett till område som hade varit intressant att reda ut är problematiken rörande inomhusmiljön i passivhus. Det hade kunnat genomföras med hjälp av en enkätundersökning där flertalet passivhusboende får svara på hur inomhusmiljön upplevs för att se vilka problemområden som finns och hur utbrett det är. Detta kan även göras i jämförelse till inomhusmiljön som upplevs i konventionella hus.

I denna studie har endast nybyggnation av passivhus tagits i beaktning men hur det fungerar vid ombyggnation till passivhus av redan existerande hus har inte berörts. Med detta i åtanke skulle det vara intressant att redogöra för hur det går till vid ombyggnation till passivhus. Vilka problemområden som finns och vilka alternativa lösningar som finns för att kringgå det som kan vara svårt att uppnå i en redan färdigställd byggnad, för att uppnå passivhusstandard.

## 7 Referenser

Andrén, L. och Tirén, L. (2010). *Passivhus – en handbok om energieffektivt byggande*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Boverket (2011). *Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR*. [https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad\\_bbr\\_2011-6.pdf](https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf) [2020-03-10]

Boverket (2017). *Effektkrav*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/effektkrav/> [2020-04-17]

Boverket (2020). *Konsekvensutredning BFS 2020:XX*. <https://www.boverket.se/contentassets/929102d4a011446daf0ad4d5d6f544d0/konsekvensutredning-bbr---eu-anmalan.pdf> [2020-04-17]

Bülow, C. (2019). Hög tid för helhetssyn på klimatsmarta hus. *Byggnadskultur 2019, nr 1*. <https://byggnadsvard.se/hog-tid-for-helhetssyn-pa-klimatsmarta-hus/>

Europeiska unionens officiella tidning (2010). *Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda (omarbetning) L 153/16* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=LT> [2020-04-24]

FEBY (u.å.). *Kriterier*. <https://www.feby.se/Kriterier> [2020-02-26]

FEBY (2018). *Kravspecifikation för energieffektiva byggnader – Bostäder och lokaler – FEBY18*. <https://www.feby.se/files/2019-01/kravspecifikation-feby18.pdf> [2020-03-05]

Gross, H. (2010). *Energismarta småhus*. Stockholm: Gross Produktion AB

Harrysson, C. (2014). Varför så svårt att spara energi i småhus? *Bygg- och energiteknik*, 2/14. 38-41. <http://byggochenergiteknik.se/press/Vaforsasvartsparaenergibyggoteknik2.2014.pdf>.

IG Passivhus (u.å.). *Vad är ett passivhus?*. [https://www.igpassivhus.se/?page\\_id=47](https://www.igpassivhus.se/?page_id=47) [2020-02-05]

Karringer, A. (2009). *Passivhus – studie om miljövänliga och energisnåla bostäder*. (Examensarbete, Lunds Universitet, Helsingborg) Hämtad från: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1352875&fileOid=8960558> [2020-01-28]

Kyrkander, A., Linde, A., och Helmfridsson, J. (2014). *Introduktion till Passivhus*. [https://www.alingsas.se/sites/default/files/infobroschyr-passivhus\\_2015.pdf](https://www.alingsas.se/sites/default/files/infobroschyr-passivhus_2015.pdf) [2020-02-26]

Merriam, B.S. (1994). *Fallstudien som forskningsmetod*. 1 uppl. Lund: Studentlitteratur.

Passipedia (2017). *Passipedia – Basics*. <https://passipedia.org/basics> [2020-02-06]

The Passive House Institute (2015). *Passive House Institute / About us*. [https://passivehouse.com/01\\_passivehouseinstitute/01\\_passivehouseinstitute.htm](https://passivehouse.com/01_passivehouseinstitute/01_passivehouseinstitute.htm) [2020-02-27]

The Passive House Institute (2016). *Criteria for the Passive House, ENerPHit and Low Energy Building Standard*. [https://passiv.de/downloads/03\\_building\\_criteria\\_en.pdf](https://passiv.de/downloads/03_building_criteria_en.pdf) [2020-03-05]

The Passive House Institute (2018). *Active for more comfort: Passive House*. [https://www.passivehouse-international.org/upload/GRBR\\_EN\\_2018\\_Sammelmappe/GRBR\\_EN\\_2018\\_Sammelmappe.html](https://www.passivehouse-international.org/upload/GRBR_EN_2018_Sammelmappe/GRBR_EN_2018_Sammelmappe.html) [2020-02-26]

Samuelsson, M. och Lüddeckens, T. (2009) *Passivhus ur en brukares perspektiv*. (Examensarbete, Växjö Universitet, Växjö) Hämtad från:

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:220810/FULLTEXT01.pdf> [2020-03-05]

Svensson, A., Fänge, M., Winblad, J. och Roos, M. (2009). *Beckomberga Passivhus: erfarenheter från ett bostadsprojekt, de första passivhusen med bostadsrätter i Stockholm*. Stockholm: Brunnberg & Forshed Arkitektkontor AB; NCC Boende AB.

Trivselhus (u.å.). *Framtidens nära-nollenergihus är här*.  
<https://www.trivselhus.se/lagenergihus/nollenergihus-passivhus/> [2020-02-27]

Wollberg, J. (2010). *Vilka risker finns det med framtiden energieffektiva byggnader?*. (Examensarbete, Lunds Universitet, Lund) Hämtad från:  
<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1689229&fileOid=1691764> [2020-03-05]



## 8 Bilagor

### BILAGA 1 Sammanfattning av intervju med Respondent 1

Befattning: Energiexpert

Varför valde du att bygga ett passivhus i form av ett plusenergihus?

*- Eftersom min kunskap finns inom byggnadsfysik, så var det bara att omsätta detta i praktik.*

Hur många passivhusprojekt har du medverkat i?

*- 25-30 st.*

Uppstod det några särskilda svårigheter under projekteringen och produktionen av huset?

*- Nej, inte tekniskt, utan mer ifrågasättande från oinvigda personer.*

Hur påverkades projekteringstiden och byggtiden för projektet om du jämför med ett konventionellt projekt i likande storlek?

*- Är lite lägre, då lite större noggrannhet behövs. Avser lufttätethet, solvärmeinstrålning och fuktsäkra detaljer.*

Vilka lösningar har ni valt för att uppnå "plusenergistandard"?

*- Tjock isolering i golv, väggar och tak, högpresterande isolering. Låga U-värden för fönster och dörrar, hög lufttätethet, hög värmeåtervinning ur ventilationsluften, värmeväxling av avloppsvatten, solceller, solfångare.*

Är det något som du skulle ändra på om du hade byggt huset idag?

*- Helt oorganiska konstruktioner skulle väljas.*

Hur länge har du varit bosatt i bostaden?

*- 10 år, inflyttning oktober 2009.*

Märker du av några för- och nackdelar med att bo i ett passivhus jämfört med i ett konventionellt hus? Om ja, vilka?

*- Vi har det varmt och skönt vintertid, och uppvärmningskostnaden är så låg att den inte påverkar privatekonomin.*

Finns det några utmärkande skillnader mellan förvaltning/underhåll av ett passivhus jämfört med ett konventionellt hus?

*- Nej.*

Skulle du rekommendera andra att bo i ett passivhus?

*- Ja, absolut.*



## BILAGA 2 Sammanfattning av telefonintervju med Respondent 2

Befattning: Arkitekt

Hur kom det sig att ni ritade ett passivhus?

*- Skanskas idé. De har inte gjort så stor grej utav det. Inte säkert att alla som bor där vet om att de bor i ett passivhus.*

Hur många passivhusprojekt har du medverkat i?

*- Var med från start i Tenoren, från första diskussioner med stadsbyggnadskontoret. Andra som jobbat mer i detalj med vissa tekniska lösningar. Inte jobbat med andra passivhus innan eller efter. Arbetar nu med ett projekt med höga miljöambitioner, men inte ett passivhus.*

Uppstod det några särskilda svårigheter under projekteringen av passivhuset Tenoren i Malmö?

*- Svårt med ytterväggarna. Mycket isolering samtidigt som man vill ha så mycket bostadsyta som möjligt. Ytterväggen får inte bli för tjock. Jobbade väldigt mycket med hur ytterväggen ska konstrueras. Tunna betongelement bitvis med tjockare pelare som kan bära huset.*

*Solvärmelasten är också en svårighet. Vill ha stora fönster för ljus i lägenhet och samtidigt mindre fönster för att minska energiförluster. Fick lägga ner tid på för att optimera kombinationen av detta.*

Hur påverkas projekteringstiden för ett passivhusprojekt jämfört med ett konventionellt projekt?

*- Tog längre tid. Hade mycket att göra med ytterväggens uppbyggnad. Det var nytt för både Celsing och Skanska. Annars har man massa erfarenhet som man snabbt kan omsätta. Kan inte bedöma hur mycket längre tid. Även mer tid pga solvärmelast, att lösa fönster som både gav mycket ljus och samtidigt bra energivärden.*

Vilka lösningar har ni valt för att uppnå passivhus-kriterierna?

*- 4-glasfönster. Tjocka väggar med extra isolering. I tidigt skede var man inne på att det inte behövdes radiatorer. Behövs en radiator som inte behöver sitta under fönster, men nu sitter det en under varje fönster. Vet inte varför. Valde att ha i alla rum under fönsterna ändå.*

Är det några speciella lärdomar ni tagit med er från passivhusprojektet till andra konventionella projekt?

*- Kombination av att bygga högt och välisolerat. Lätt att säga att man ska ha små fönster, men samtidigt vill man ha stora fönster för ljus. Kunna optimera ljusinsläpp med bra energivärden är något de tar med sig i kommande projekt.*

### BILAGA 3 Sammanfattning av intervju med Respondent 3

Befattning: Arkitekt

Hur kom det sig att ni ritade ett passivhus?

*- Det var byggherrens beslut.*

Hur många passivhusprojekt har du medverkat i?

*- Endast Argentum i Falun.*

Uppstod det några särskilda svårigheter under projekteringen av Argentum?

*- Vi arkitekter hade inga problem. Men det var svårt att hitta ett system som gav rätt värme i alla lägenheter och alla rum. Till slut blev det radiatorer i några rum.*

Hur påverkas projekteringstiden för ett passivhusprojekt jämfört med ett konventionellt projekt?

*- Eftersom det var det första passivhusprojektet för oss flesta tog det längre tid. Vet inte hur mycket mer tid det tog, men för oss var det ungefär samma tid som det brukar.*

Vilka lösningar har ni valt för att uppnå passivhus-kriterierna i Argentum?

*- Tjocka ytterväggar, extra isolering i tak och platta, FTX, bra fönster, tätt hus.*

Är det några speciella lärdomar ni tagit med er från era passivhusprojekt till andra konventionella projekt?

*- För tyst inne i lägenheterna, man hör inte fåglarna. Många har problem med mobiltäckning. Vi undrar om det är klokt att isolera så mycket om man har tillgång till miljövänlig fjärrvärme. Jag tycker att idén med passivhus är bra, men kraven man får på sig om det ska kallas passivhus är för styrande. Tror mer på system där man ser på helheten.*

## BILAGA 4 Sammanfattning av intervju med Respondent 4

Befattning: Arkitekt

Hur många passivhusprojekt har du medverkat i?

- *Endast ett*

Var det några skillnader vid projekteringen av Kv. Oden jämfört med konventionella projekt?

- *Nej*

Finns det några särskilda lärdomar som du tagit med dig från projekteringen av passivhuset till projektering av konventionella byggnader?

- *Nej*

Vilka speciella lösningar fanns i byggnaden för att uppnå passivhus-kriterierna i de olika projekten?

- *Balkongerna har en fristående stomme och begränsat med infästningar för att minimera köldbryggor. Kv. Oden i Lund projekterades inte som ett passivhus, det blev bara effekten av att vi valde sandwichelement samt hade en optimal omslutningsarea på huset.*

## BILAGA 5 Sammanfattning av intervju med Respondent 5

Befattning: VVS- och energisamordnare

Hur många passivhusprojekt har du medverkat i?

- 6 st.

Varför valde ni att bygga just passivhus i projekten i Simlångsdalen, Söndrum och Harplinge?

- *Vi formulerade ett tydligt kvantifierbart mål 2002 att energieffektivisera HFAB. 2005 skärpte vi det ytterligare "Vi skulle minska energiförbrukningen 20% på 10 år, år 2001-2010.*

*Som energisamordnare fick jag gehör hos ledningen för att undersöka passivhustekniken. Man hade byggt Lindåshuset och Fabo i Falkenberg hade byggt sina första passivhus. Jag kontaktade Karin Adalberth som hjälpte oss. På den vägen var det....*

Vilka är de största skillnaderna när det kommer till projektering av passivhus jämfört med konventionella byggnader?

- *Nu är det inte så stor skillnad. Men för tio år sedan var det stor skillnad.*

*Det som var karaktäristiskt för passivhusen var bättre isolering, god lufttätethet och FTX-ventilation. Och dessutom började vi göra riktiga energiberäkningar.*

Finns det några särskilda svårigheter som har uppstått under projekteringen av passivhusen?

- *Undvikande av köldbryggor. Detaljutformning avseende lufttätethet.*

Finns det några fördelar med att bygga passivhus, utöver att det medför en lägre energiförbrukning? Om ja, vilka?

- *Mindre värmeeffektbehov. Husen är tysta, bra ljudisolerade.*

Finns det några särskilda lärdomar som du tagit med dig från projekteringen av passivhus till projekteringen av konventionella byggnader?

- *Vi har tagit med oss det mesta från passivhusprojekten. Dessutom har passivhusprojekten lärt oss att när man minimerar energianvändningen för uppvärmning upptäcker man hur mycket varmvatten som förbrukar energi.*

*När man minimerat energianvändningen för varmvatten upptäcker man hur mycket hushållsel det förbrukas. Dessa insikter gjorde vi i plusenergiprojektet.*

Hur påverkas projekteringstiden för ett passivhusprojekt jämfört med ett konventionellt projekt?

*- Den påverkas inte om projektörerna är förtrogna och kan tekniken. Det är alltså en kunskaps- och kompetensfråga i alla led. Beställare, projektörer, byggare, installatörer.*

Hur påverkas kostnaderna för ett passivhusprojekt jämfört med ett konventionellt projekt?

*- Jag vill påstå att det endast är några procent dyrare att bygga ett passivhus jämfört med ett BBR hus. Kraven som ställs i BBRNNE (Nära-nollenergihus) är i stort sett lika krävande.*

Vilka lösningar har ni valt för att uppnå passivhus-kriterierna i de olika projekten?

*- För att klara passivhuskraven följde vi reglerna i FEBY 2007 och FEBY2009. Där ställs egentligen ett krav på max effektbehov för uppvärmning. Vi byggde med max 0.9 i u-värde på fönster,*

*87% temperaturverkningsgrad på värmexlaren och lufttäthet bättre än 0.3 l/s,m<sup>2</sup> omslutningsarea vid 50Pa tryckskillnad. U-värdena på golv, väggar, tak var också goda.*

*Plusenergiprojektet ledde oss till ytterligare bättre prestanda på vattensparutrustning, snåla vattenarmaturer, IMD Individuell mätning av varmvatten, solceller på taket, köp av el i en punkt och fördelningsmätning IMD hushållsel, energisnåla hushållsapparater, energisnål belysning, energisnåla hissar, bergvärmepumpar, kylåtervinningsfunktion på ventilationsaggregaten sommartid, elbilsladdstolpar med IMD-debitering, solavskärmning mot öster, söder, väster. HFAB är numera registrerad elhandlare och säljer i alla nyproduktioner hushållselen vidare till hyresgästerna mot ersättning 1.3 kr/kWh, alltså enbart i rörligt elpris. Det ger hyresgästen incitament att spara på varmvatten och hushållsel.*

Finns det några utmärkande skillnader gällande förvaltning och underhåll av ett passivhus jämfört med en konventionell byggnad, samt har de boende upplevt några för- och nackdelar med att bo i ett passivhus.

*- mitt svar blir att de utmärkande skillnaderna oftast INTE beror på att det är ett passivhus jämfört med ett BBR-hus utan beroende på att husen utformats olika.*

*Våra passivhus-plusenergihus-lågenergihus är enkla att förvalta och underhålla. Vi arbetar med beprövade lösningar, standardkomponenter men är noggranna med att ställa krav.*

*Men några reflektioner kommer här:*

- *när vi bygger så täta hus som vi gör har vi valt att installera FTX-ventilation. Det är positivt. Men för att slippa hantera ersättningsluft i samband med forcerad ventilation vid matlagning har vi valt att installera kolfilterfläktar över varje spis. Kolfiltren byter vi generellt vart 3:e år i samband med OVK Obligatoriska*

Ventilationskontrollen. Det kostar oss pengar men det är något vi måste göra. Så köksventilationen är ett förvaltningsproblem att beakta.....

- man måste vara noggrann (vilket vi är) med "sommarfallet" dvs se till att ha solavskärmning, kylåtervinningsfunktioner på ventilationsaggregaten för att minimera problemen med övertemperaturer i lägenheterna sommartid. Vi har som standard solskyddsglas i alla fönster mot öster, söder och väster om vi inte har fast solavskärmning.
- när värmeeffektbehoven är så små i de enskilda rummen är värmeinjusteringen krävande; vi har valt att ha konventionella radiatorer med en maxtemperaturbegränsad termostat. Mycket beroende på att våra hyresgäster känner igen detta uppvärmningssystem;
- man måste vara ytterst noggrann med att undvika ofrivillig värmeavgivning från varmvatten- och varmvattencirkulationsledningar, dessa rör måste isoleras ordentligt så att man inte får problem med onödigt höga temperaturer inomhus sommartid.
- jag vågar påstå att våra hyresgäster i passivhusen-plusenergihuset-lågenergihusen är mycket nöjda.
- hyresgästerna upplever husen som tysta

#### Passiv- och plusenergihuscertifiering enligt HFAB

När vi i HFAB 2012 drog upp planerna för det som blev Sveriges första flerbostadsplusenergihus gjorde vi så här, Karin Adalberth och jag:

##### *Plusenergihus i Harplinge*

*Ett flerbostadshus HFAB++ med 8 lägenheter byggt med plusenergiteknik för att på årsbasis producera mer energi än vad huset förbrukar för uppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel*

*Karin hade då byggt Sveriges första plusenergihus i form av sin Villa Åkarp men definition på ett plusenergihus saknades:*

- *Nollenergihus. Fanns definition på. FEBY12*
- *Passivhus. Fanns definition på. FEBY12*
- *Minienergihus. Fanns definition på. FEBY12*
- *Plusenergihus? Definition saknades.*
- *Plusvärmehus? Definition saknades.*

*Förvirringen var (och är) stor.....*

*Vi ville vara tydliga med vad vi menade!*

*Därför införde vi följande definitioner som vi "mönsterskyddade"*

- *HFAB+ skyddades*

- HFAB++ skyddades

### **Plusenergihus HFAB+**

Husets energiproduktion ska på årsbasis täcka husets behov av energi för värme, varmvatten och fastighetsel

### **Plusenergihus HFAB++**

Husets energiproduktion ska på årsbasis täcka husets behov av energi för värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel

Så enkelt var det med det!!

Så här i efterhand är jag otroligt glad över vad vi åstadkom. Jag tror faktiskt att vi var med om att föra utvecklingen framåt på ett bra sätt.....

Jag brukar beskriva det så här.....

Vi hade i byggbranschen fokuserat på energiförbrukningen för värme, varmvatten och fastighetsel.

Första stora steget kom med passivhusreglerna i FEBY2007 som medförde att vi skärpte kraven på isolering, lufttäthet och ventilationsvärmeåtervinning.

När vi hade gjort det i HFAB 2009 kom det ut som "ett töcken ur dimman". Oj vad det går mycket energi till varmvatten.

Så koncentrerade vi oss på att åtgärda det.

Då kom det ut som "ett nytt töcken ur dimman". Oj vad det går mycket energi till hushållsel.

Genom HFAB++ visade vi hur mycket det finns att förbättra när det gäller att få ner all energiförbrukning.

Vi försåg redan 2012 vårt hus med laddstolpar för elbilsladdning, något som idag ter sig ganska självklart. Är till och med lagstiftning på gång.

Spännande att få ha varit med om...



## BILAGA 6 Sammanfattning av telefonintervju med Respondent 6

Befattning: Arkitekt och certifierad passivhusexpert

Hur kom det sig att ni ritade ett passivhus?

*- Eksta Bostadsbolag, byggherren, har bara byggt passivhus innan Kollaskolan skulle byggas. De hade direktiv från ägarna, politikerna att de skulle jobba. Var en självklarhet för dem när de började jobba med skolan.*

Hur många passivhusprojekt har du medverkat i?

*- Projekt som är byggda – 5? 50?*

Hur påverkas projekteringstiden för ett passivhusprojekt jämfört med ett konventionellt projekt?

*- Den är ungefär lika lång under förutsättningar att alla är med på att det är ett passivhus från början. Kommer man på det halvvägs in i processen, så måste man tänka om kring mycket.*

Vilka lösningar har ni valt för att uppnå passivhus-kriterierna?

*- Det är olika skalor på det. Att man har en kompakt modul, inte för mycket hörn och för smal. Mycket arkitekt. Inte för mycket fönsterarea. Tänka i början. Ganska många olika discipliner som samverkar. Energiberäkning, hur bygger vi upp väggen. Ventilationen. Alla som är med i projektet måste dra åt alla håll. Fönster med låga u-värden, extra isolering, närvarostyrd ventilation, luftslussar i alla entréer, stor lufttäthet, med provtryckning och bra tätning.*

Är det några speciella lärdomar ni tagit med er från era passivhusprojekt till andra konventionella projekt?

*- Nu för tiden är, även om man bara ska följa BBR så är inte det jättelätt, man måste få ner energivärdena ändå, så mycket lärdomar tas med även till andra konventionella projekt. Sen när man gör passivhus, måste man växla upp en nivå till. Men i alla projekt måste man tänka på energieffektivitet.*

## BILAGA 7 Sammanfattning av intervju med Respondent 7

Befattning: Affärschef

Hur många passivhusprojekt har du medverkat i?

- 1.

Vilka är de största skillnaderna när det kommer till produktion av passivhus jämfört med konventionella byggnader?

*- Det kräver mer noggrann projektering gällande placeringar av installationer i klimatskalet, man vill också ha fler raka ytterväggar och mindre hörn för att minimera riskerna för läckor och förenkla för produktion.*

*Viktigt att projektera för att få in mindre solljus, större risk för hög temp på sommarhalvåret. Boende blir överkänsliga för ljud, eftersom det generellt är mycket tystare. Måste hanteras i proj. Man bör också lägga tid på att utbilda produktionspersonalen för att det ska göra rätt, framförallt för att få ett tätt fuktskydd i ytterväggarna. Det är viktigt att det blir helt tätt. Kostsamt!*

Finns det några särskilda svårigheter som har uppstått vid produktionen av passivhus?

*- Omfattande arbete med tätningar. Kräver också ännu större fokus på att säkerställa att materialet som byggs in har låg fukthalt.*

*Boende i Lyngåkra har varit extra stolta över sitt hus, de har tagit hand om det på ett fantastiskt sätt trots att de "bara" är hyresgäster. Kanske är det så generellt att man är mer försiktig med denna typen av hus. Beror också på hur HFAB har marknadsfört.*

Vilka är för- och nackdelarna med att arbeta med produktion av passivhus jämfört med konventionella byggnader?

*- Inte utöver tätningarna av plasten som jag nämnt tidigare.*

Hur påverkas byggtiden för ett passivhus jämfört med ett konventionellt projekt?

*- Det tog ca 1 månad längre tid att projektera och bygga.*