



HÖGSKOLAN I BORÅS
INSTITUTIONEN INGENJÖRSHÖGSKOLAN

Från normhus till passivhus

**Utökade krav på organisation och
framställning för hus 1 i Kallebäck**

From standard house to passive house

Extended demands on the organization and
the development of "hus 1" in Kallebäck.

Lars Larsson (s051231@utb.hb.se)

Från standardhus till passivhus - Utökade krav på organisation och framställning för hus 1 i Kallebäck

From standard house to passive house - Extended demands on the organization and the development of "hus 1" in Kallebäck.

Examensarbetet är utfört på programmet Industriell ekonomi inriktning affärsingenjör, specialisering byggteknik under vårterminen 2008.

Handledare Högskolan i Borås: Jan Isberg

Handledare AF Bygg: Malin Svanberg

Examinator: Tomas Wahnström

Sammanfattning

Från standardhus till passivhus - Utökade krav på organisation och framställning för hus 1 i Kallebäck

Passivhus är ett energismart byggnadssätt ur miljösynpunkt. Det finns delade meningar huruvida passivhus är det framtida byggnadssättet då dess ekonomiska vinning ifrågasätts. Den aktuella rapporten innehåller en analys över vad det innebär att bygga ett passivhus kontra om det skulle ha byggts enligt standardnormerna. Det hus som används som referens är AF Byggs hus 1 i Kallebäck, vilket byggs idag enligt standardnormerna. Rapporten visar vilka åtgärder gällande installationer och konstruktion som är nödvändiga för att byggnaden skall klassas som ett passivhus. Vidare finns det även en analys över vilka förväntningar som väntas ställas på organisationen under byggprocessen.

Vad som framgår av rapporten är att det krävs ganska stora förändringar gällande både konstruktion och installationslösningar för att man skall nå passivhus nivå. En av de stora utmaningar som hittats är att passivhus konceptet bygger på att man inte får ha något uppvärmningssystem. Vidare har det även framkommit att det ställs högre krav på organisationen.

Abstract

Passive house is a way to construct buildings that is energy efficient. There are different opinions about the future of passive houses. The method has been doubted because of the, believed, lack of economic profit. In the current report an analysis has been made between passive house and standard ways to build a house. As a reference case the building "hus 1" in Kallebäck Gothenburg has been used, which is work in progress made by AF Bygg. The building is being produced as a standard house. The report will give an account of the measures concerning installations and constructions, which are necessary to do if the building should be able to be classified as a passive house. Further more the requirements on the organization during the manufacture process will be introduced. The result of the report shows that big changes, of both installations and constructions, are necessary if you want to reach the level of passive house. One of the big challenges is that the passive house concept doesn't allow any heating system. Furthermore the report also shows that higher demands are putting on the organization.

Förord

Under tiden jag skrivit detta arbete finns det vissa personer som varit till stor hjälp och bidragit med mycket feedback. Jag vill först och främst tacka AF Bygg som lät mig göra mitt examensarbete hos dem. De är den främsta anledningen till att jag kunnat göra detta examensarbete.

Vidare vill jag tacka Jan Isberg för alla goda råd och all feedback samt framförallt för hans alltid lika positiva och optimistiska inställning.

Jag vill även tacka Hans Eek på Passivhuscentrum i Alingsås som har bidragit med mycket kunnande kring passivhus och varit till mycket stor hjälp.

Slutligen ett stort tack till Jerker Johnsson som varit min handledare och studierektor samt även skulle vara min examinator. Tack för din hjälp!

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| 1. Inledning | 1 |
| 2. Bakgrund | 2 |
| 2.1. Ämnesområde | 3 |
| 2.2. Frågeställning..... | 3 |
| 2.3. Syfte och avgränsningar..... | 3 |
| 3. Metod & tillvägagångssätt | 5 |
| 3.1. Insamling av material..... | 5 |
| 3.1.1. Insamlingsmetodik | 5 |
| 3.1.2. Litteratursökning | 5 |
| 3.1.3. Intervjuer som syftar att utreda hur man skall gå tillväga..... | 5 |
| 3.1.4. Intervjuer som syftar att utreda nulägesanalysen | 6 |
| 3.2. Analys | 6 |
| 3.2.1. Bearbetningsmetodik..... | 6 |
| 3.2.2. Energibalans | 7 |
| 4. Teori | 8 |
| 4.1. Beskrivning Passivhus | 8 |
| 4.2. Krav på passivhus | 8 |
| 4.2.1. Fönster..... | 9 |
| 4.2.2. Ventilation | 9 |
| 4.2.3. Uppvärmningssystem | 10 |
| 4.2.4. Konstruktion..... | 11 |
| 4.2.5. Byggprocessen | 11 |
| 4.2.6. Sammanfattning av krav - Passivhus | 12 |
| 4.3. Standardhus | 13 |
| 4.3.1. Sammanfattning av krav - Normhus | 14 |
| 5. Nuläge | 15 |
| 5.1. Objekt..... | 15 |
| 5.2. Materialval | 16 |
| 5.2.1. Fönster..... | 16 |
| 5.2.2. Ventilation | 16 |
| 5.2.3. Uppvärmningssystem | 16 |
| 5.3. Konstruktion..... | 17 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.3.1. | Balkonginfästning | 18 |
| 5.3.2. | Anslutning yttervägg-bjälklag..... | 19 |
| 6. | Analys..... | 20 |
| 6.1. | Konstruktion..... | 20 |
| 6.2. | Uppvärmningssystem..... | 20 |
| 6.3. | Byggprocessen | 20 |
| 7. | Slutsats | 23 |
| 7.1. | Övriga reflektioner kring passivhus | 23 |
| 8. | Förslag på fortsatt forskning | 25 |
| 9. | Referenslista | 26 |

Bilagor

Bilaga 1 Intervjuer som syftar att utreda hur man skall gå tillväga

1. Inledning

Under de senaste tio åren har miljö- och energifrågor varit i ropet, vilket haft som naturlig följd att fokus hamnat på byggnaders energianvändning. En stor anledning kan vara att just byggnader står för en stor del av samhällets energiförbrukning.

Mycket forskning och utvecklande av idéer har bedrivits kring hur vi ska bära oss åt för att minska energianvändningen. Utöver att miljön vinner på att minska energianvändningen på ett hus, finns det även de som hävdar att man även vinner ur ekonomisk synpunkt. En metod som går ut på att bygga hus på ett energismart sätt kallas för passivhus. Vinningen, både ur en miljö- och ekonomisk synpunkt, har medfört att passivhus blivit mycket intressant inom branschen och att allt fler bygger bostäder enligt denna modell.

Åsikter går dock isär gällande hur lönsamt det är att bygga enligt passivhusmodellen. Vissa påpekar att det inte går att bygga mer ekonomiskt än det görs idag. Vad det innebär att arbeta utifrån passivhusmodellen och vilka extra krav det ställer på organisationen som ska framställa ett hus enligt denna modell är något jag tänkt besvara i denna rapport.

Jag kommer i en första del beskriva vad det innebär att bygga enligt passivhusmodellen, dels med fokus på tekniska aspekter såsom konstruktion och materialval, men även vad det innebär för organisationen som helhet i form av merkrav. Vidare kommer jag även att beskriva det flerbostadshus som AF Bygg för tillfället uppför på Smörgatan i Kallebäck. Idag sker arbetet inte utifrån passivhusmodellen. Syftet är att se till vilka kompletteringar AF Bygg kommer att ställas inför om de i framtiden vill bygga ett liknande hus som byggs i Kallebäck fast enligt passivhusmodellen. Resultatet förväntas bli en redogörelse för det underlag organisationen kommer att behöva om de i framtiden kommer att få ett behov av att framställa ett passivhus. Samt de förväntningar som organisationen kommer att ställas inför.

2. Bakgrund

AF Bygg ligger i Göteborg och de har ett dotterbolag som heter AF Bygg Syd som har säte i Halmstad samt ett som heter AF Bygg Decom som också ligger i Göteborg. Företaget hette tidigare JK-Bygg AB men blev 1 januari 2007 uppköpta av AF Gruppen ASA i Norge, vilka sedan ytterligare ett par år tillbaka ägt 67,5% av aktierna.

I AF Byggs verksamhet, som inkluderar hela stor Göteborg, återfinns flera olika verksamhetsområden. De olika områdena är uppdelade i flera olika avdelningar. Dels finns en byggserviceavdelning som arbetar med renoveringar, ombyggnader och reparationer. Sen finns det även en avdelning som heter Bostad, vilket arbetar med nyproduktion och ombyggnader av bostäder. Vidare finns Hus och Industri som sysslar med nyproduktion och ombyggnader av industrilokaler samt även med kontor och offentliga byggnader. Slutligen finns en avdelning som heter Projektutveckling som bland annat utvecklar idéer till nya hus och bostäder. (<http://www.afbygg.se>, 08-04-03)

I december 2006 startades nybyggandet av cirka 200 lägenheter på Smörgatan i Kallebäck. Totalt skall fyra hus byggas varav ett av husen byggs i egen regi, de övriga husen byggs på totalentreprenad med Tornstaden som beställare. Det huset som byggs i egen regi och även kallas för hus 1 skall efter färdigställandet säljas i form av bostadsrätter som privatpersoner kan köpa. Lägenheterna byggs efter dagens byggnormer, vilka är framtagna av Boverket. Jag har fått i uppdrag av AF Bygg att utvärdera vad det skulle innebära för AF Bygg att bygga enligt passivhusmodellen istället för att bygga enligt standard normerna. Att bygga enligt passivhusmodellen skulle bland annat innebära att man kommer att halvera sin energianvändning, då denna modell ställer betydligt högre krav på byggnadens klimatskal samt uppvärmningssystem.

Av dagens totala energianvändning går cirka 40 % till byggnader. Varav 75 % av den energin går till uppvärmning av bostaden, övrigt går till drift av apparater i hemmet samt fastighetsinstallationer (Glad, 2006).

Vidare kommer 50 % av samhällets koldioxidutsläpp från byggnader, vilket gör att jämföra med trafikens 25 % (<http://www.passivhusentrum.se>, 08-05-06). På grund av att en så stor mängd koldioxidutsläpp kommer från byggnader har samhället börjat få upp ögonen för detta.

Den nationella myndigheten Boverket, som ansvarar för frågor kring byggande och förvaltning, har beslutat att landets byggnader bör minska onödig energianvändning. Som ett viktigt verktyg på vägen har det även beslutats att alla som äger byggnader såsom hyresrätter och bostadsrätter skall ta fram en energideklaration för sin byggnad. Energideklarationen skall formuleras av en oberoende energiexpert tillsammans med byggnadsägare. Denna skall visa byggnadens energianvändning samt innehålla råd och förslag på hur byggnaden skulle kunna bli energismartare. Efter att ha tagit fram dessa förslag kan sedan kostnadseffektiva åtgärder göras för att både spara pengar och miljö. (<http://www.boverket.se>, 08-04-04)

Svenska riksdagen beslutade i juni 2006 att ett nytt miljömål skulle fastslås. Beslutet som antogs grundar sig från 1995 års energianvändning, där man sa att energianvändningen skall minskas med 20 % fram till 2020, samt med 50 % till 2050. (<http://www.boverket.se>, 08-04-04)

2.1. Ämnesområde

I och runt Göteborg får byggföretag vara med och spekulera och bjuda på mark som Göteborgs stad säljer ut, med förutsättning att man bygger det som avses för den marken. Från Göteborgs Stads sida har det bestämts att ett visst antal bostadshus skall byggas i Göteborg.

Vid utvecklandet av nya hus och bostäder kan man bygga i egen regi för att sedan sälja vidare till något bostadsföretag. Vad man eftersträvar är att dels få en kund som känner sig så nöjd som möjligt samt även att projektet ska ge så bra avkastning som möjligt. Vad gäller avkastning på projektet jämför man generellt vad produktionskostnaden är och vad man får betalt för projektet. Målet med att utveckla nya projekt är i slutändan att det ska generera mervärde till organisationen, vilket mäts oftast i hur bra betalt man får av kunden.

Det finns ett antal olika aspekter som påverkar hur mycket man får betalt för ett projekt. En aspekt är hur stor energianvändning fastigheten har. Har fastigheten en låg energianvändning krävs mindre energi för uppvärmning. Något som gör det mer ekonomiskt lönsamt för fastighetsägaren på längre sikt.

Utöver de ekonomiska fördelarna med att göra energibesparingar är det även ur miljösynpunkt väldigt fördelaktigt. Miljömedvetenheten har ökat de senaste åren och efter riksdagens beslut från juni 2006 att energianvändningen skall minska med 50 % till 2050 kommer det inte längre att vara ett aktivt val att tänka och arbeta för ett mer hållbart samhälle utan snarare ett måste.

Att det forskas och utvecklas mycket kring energianvändningen i våra bostäder samt alternativa uppvärmningskällor är helt i linje med vad både svenska staten och även EU förespråkar. Först kom lågenergihus och nu har även ett antal fastigheter byggts efter den så kallade passivhusmodellen. Vill man vara med i utvecklingen är detta ett steg man måste ta. Därav ser jag det mycket intressant att göra detta examensarbete som är ett litet steg på den väg som är nödvändig att gå.

2.2. Frågeställning

Tanken med detta examensarbete är att i teoridelen beskriva vad passivhusmodellen innebär, samt i en nuläges del beskriva flerbostadshuset på Smörgatan 1 i Kallebäck (hus 1) som AF Bygg bygger i egen regi. Detta hus byggs nära de riktlinjer BBR satt upp som minimikrav på en byggnad.

Vidare skall det utvärderas vad det skulle innebära för AF Bygg att bygga enligt passivhusmodellen istället för att bygga enligt standard normerna. Resultatet förväntas bli en redogörelse för det underlag organisationen kommer att behöva om de i framtiden kommer att få ett behov av att framställa ett passivhus.

2.3. Syfte och avgränsningar

Att bygga lågenergihus är inget nytt och de flesta vet idag vad det innebär. En väsentlig skillnad mellan lågenergihus och passivhus är att det senare nämnda skall byggas utan något uppvärmningssystem. Först på 2000 talet har nya byggnader byggts enligt passivhusmodellen och kunskapen om vilka ytterligare krav som ställs på alla delar i framställningen är för många relativt okänt.

Många ser det som ekonomiskt icke lönsamt att bygga enligt denna princip. Men det finns även de som anser att den extra kostnad man får betala för ett tätare och mer välisolerat hus betalar sig oftast ganska fort i form av lägre driftkostnader. Hur lönsamt det är har givetvis stor betydelse för hur man som byggherre kalkylerar, åsikterna går dock isär och det finns delade meningar. Syftet med denna rapport är att analysera vilka delar man som byggherre bör ha i beaktelse vid framställningen av en byggnad som framställs enligt passivhusmodellen. Istället för att bygga enligt normerna som Boverket har tagit fram.

Området som kommer att beröras är främst från det att en byggherre har en idé och ett behov att framställa en ny byggnad fram till själva produktframställningen. Rapporten kommer att ge en mer överskådlig syn och inte gå in djupt på någon detalj nivå. Ser man på den totala omslutningsarean för hela byggnaden står ytterväggarna inkluderat fönstren för den största delen av omslutningsarean i förhållande till taket och grunden, därav kommer tyngdpunkten att finnas på dessa byggdelar.

Etagevåningen är platsbyggd på ett delvis annorlunda byggnadssätt, i form av utfackningsväggar, än övriga våningarna. Samma krav finns som på övriga konstruktionen vad gäller täthet och U-värde. Med U-värde avses materialets värmegenomgångskoefficient som anger dess isolerande egenskap. Etagevåningen utgör dock en så liten del i den totala omslutningsarean för byggnaden att jag har valt att därför bortse från denna byggdel i min rapport.

I energibalansen som är framtagen av ABT Konsult AB framgår hur stora transmissionsförlusterna är för olika byggdelar i konstruktionen, dock är det inte preciserat hur stora transmissionsförlusterna är vid köldbryggor vid balkonginfästningar och vid anslutningar mellan bjälklag och yttervägg. För att ta reda på hur stora dessa verkligen är krävs detaljerade uträkningar, detta är något som inte kommer att ligga inom ramarna för rapporten. Dessa transmissionsförluster kommer därför ses som att det är inkluderade i ytterväggens genomsnittliga transmissionsförlust. Skall man göra en mer noggrann analys av energibalansen för klimatskalet om man har behov av att framställa ett passivhus bör dock dessa köldbryggor tas i beaktelse.

3. Metod & tillvägagångssätt

Följande kapitel beskriver den metod som valts att användas i rapporten. Vidare kommer även alternativa metoder presenteras tillsammans med en motivering varför de inte passar för syftet med rapporten.

3.1. Insamling av material

3.1.1. Insamlingsmetodik

Med kvalitativ insamlingsmetod innebär att man samlar in information som ofta gjorts via observationer och intervjuer. Metoden skildras av att man analyserar och införskaffar information växelvis under arbetets gång. Vidare gör man kontinuerliga jämförelser mellan den information man införskaffat och försöker skapa sig en hypotes om det. (Olsson & Sörensen, 2001; Patel & Davidsson, 1994)

En kvantitativ insamlingsmetod, tillskillnad från en kvalitativmetod, bygger på att man samlar in data på systematiskt sätt. Vidare karaktäriseras metoden av att man generaliserar och separerar informationsinsamling och analys. Exempel på insamlingsmetoder är enkätundersökning och attitydformulär. (Olsson & Sörensen, 2001; Patel & Davidsson, 1994)

På grund av att huset i Kallebäck ännu inte är färdigframställt lämpar sig inte kvantitativa mätningar av värden och liknande. Vidare är det heller inte aktuellt att samla in information om passivhus genom att dela ut enkäter till aktörer inom området. Istället har kvalitativa intervjuer utförts för att ta reda på hur huset i Kallebäck utformats och hur byggprocessen för detta fungerar. Även vad gäller införskaffandet av information för att ta reda på vilka krav som ställs på passivhus har en kvalitativ metod används. Det finns en kravspecifikation som ligger till grund för vad som får kallas för passivhus men för att få en större och djupare inblick i vad som menas med passivhus och vilka krav som ställs har intervjuer gjorts med experter inom området samt har besök gjorts på passivhuscentrum i Alingsås.

3.1.2. Litteratursökning

En litteratursökning har utförts på området kring passivhus, detta för att få inspiration och god kännedom om området i stort. Som stöd vid litteratursökningen användes Högskolan i Borås egna sökfunktion Katalogen samt även Libris.

Då området kring passivhus idag är relativt nytt finns det dessvärre inte vidare mycket skriven litteratur att hämta. Utan som teoretisk förankring till arbetet har istället hemsidorna för ett flertal olika ledande aktörer inom området använts. För att få ytterligare information om passivhus har även ett studiebesök gjorts på Passivhuscentrum i Alingsås samt även deltagit på ett föredrag, hållet av Hans Eek, om passivhus. Hans Eek anses som en av världens främsta passivhusexpert och var bland annat med och skapade 2001 de första husen i Sverige, i Lindås utanför Göteborg, som klarar kraven för att få kallas passivhus. För övrigt vann Hans Göteborgs internationella miljöpris 2003.

3.1.3. Intervjuer som syftar att utreda hur man skall gå tillväga

Efter att området kring passivhus i stort utforskat via en litteratursökning, utfördes sedan intervjuer med byggherrar där bland annat frågor kring hur man skall planera och projektera inför byggandet av ett passivhus. Intervjuerna har inte tillfört

information till teoridelen, utan har snarare hjälpt till att utröna hur AF Bygg bör gå tillväga då de skall bygga ett passivhus och därigenom även hur arbetet för den aktuella rapporten strukturerats. Mer information om frågor och svar hittar du i bilaga 1.

3.1.4. Intervjuer som syftar att utreda nulägesanalysen

På grund av att bygget i Kallebäck är en total entreprenad har det inte gjorts några bygghandlingar i skriftlig form, istället har ett antal intervjuer utförts för att få tillräckligt god grund till nulägesanalysen. Detta för att bland annat ta reda på hur huset i Kallebäck utformats och hur byggprocessen för detta fungerar. Frågorna ställdes till såväl platschefen på bygget samt även de underentreprenörer som är involverade i projektet. Fokus för frågorna var att ta reda på hur de delar, som enligt modellen för passivhus är viktiga, ser ut i Kallebäck. Exempel på frågor som ställdes är:

- Hur är uppvärmningssystemet uppbyggt?
- Hur är konstruktionen dimensionerad?
- Vilka materialval har valts?
- Hur har projekteringen sett ut?
- Vilka krav ställdes på byggnaden efter färdigställandet?
- Hur såg förutsättningarna ut innan projekteringen startade?

3.2. Analys

3.2.1. Bearbetningsmetodik

Då data bearbetas kvalitativt analyserar man på ett djupare perspektiv den information som tillhandahållits. Ambitionen med kvalitativ bearbetning är att analysera och förstå helheten. Under tiden man bearbetar materialet gör man löpande analyser och hypoteser. (Olsson & Sörensen, 2001; Patel & Davidsson, 1994)

En kvantitativ bearbetningsmetod handlar mycket om att på ett statistiskt angreppssätt bearbeta data. Slutsatser man presenterar grundar sig oftast utifrån statistiska siffror med vilka man försöker generalisera ett stickprov man tagit att motsvara en population vilket även skall vara slumpmässigt. Till skillnad från den kvalitativa bearbetningsmetoden införskaffar man data innan man analyserar och försöker generalisera resultatet. (Olsson & Sörensen, 2001; Patel & Davidsson, 1994)

Tanken med min rapport är att analysera vilka förbättringar som anses nödvändiga för att nå passivhusmodellen. Samt analysera vilka krav som förväntas ställas på organisationen vid framställning av hus 1 ifall man skulle bygga enligt passivhusmodellen. För att kunna nå en djup förståelse och komma fram till mitt resultat har jag under bearbetningen av mitt material växelvis analyserat data som jag införskaffat den.

Under bearbetningen har jag gjort intervjuer med underentreprenörer som jobbar med hus 1 i Kallebäck samt med experter inom området för passivhus. Under dessa intervjuer har jag analyserat teorin bakom passivhus samt nuläget för hus 1. Under tiden jag arbetat med rapporten har jag styrt arbetet efter min bearbetning och analys av den information jag tillhandahållit. Jag har således använt mig av en kvalitativ bearbetningsmetod. Att använda sig av en kvantitativ bearbetning har inte varit

aktuellt då jag varit tvungen att på ett djupare sätt sätta mig in i ett specifikt projekt, där mycket av den nödvändiga information jag varit beroende utav inte kan införskaffas på ett kvantitativt sätt.

3.2.2. Energibalans

Vid projektering av en bostad tar man alltid fram en energibalans för byggnaden för att se att byggnaden klarar kraven för hur mycket energi en byggnad får förbruka. Tanken är att se hur denna energibalans ser ut.

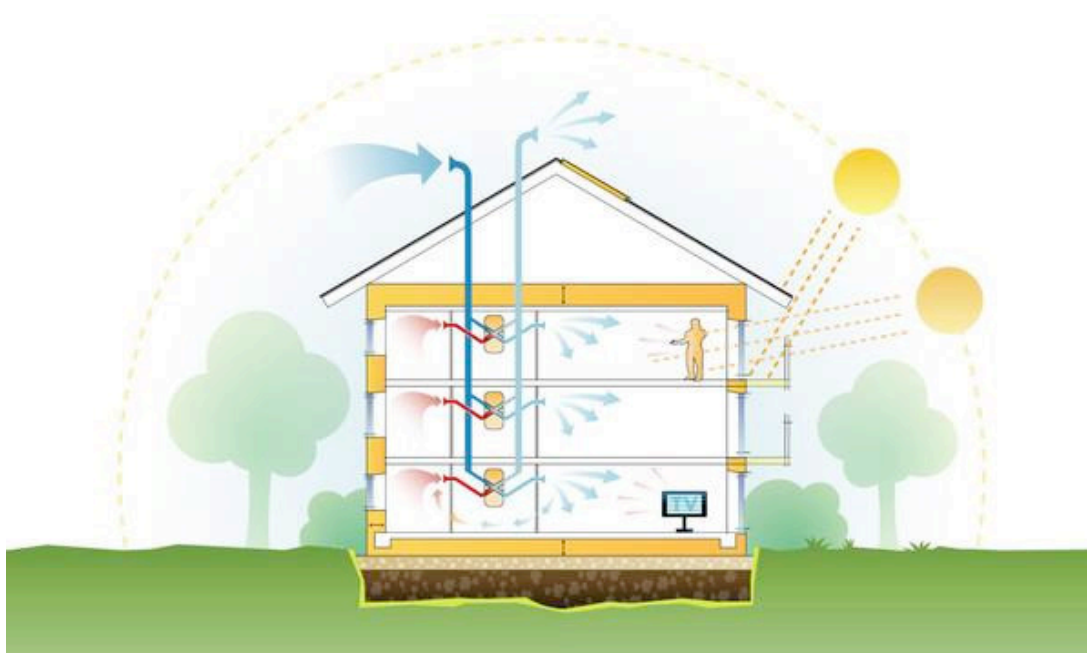
När man väl vet hur energibalansen ser ut i konstruktionen får man sedan ta reda på vad som framgår av bygghandlingarna för att ta reda på vad som är praktiskt mest fördelaktigt och genomförbart. Vidare görs en bedömning och värdera vilka olika delar av konstruktionen som är mest lönsam att förbättra. Nackdelen med att se det ur ett kortare perspektiv är att skulle man göra en förbättring som är bra på kort sikt är det inte säkert att den är lönsam på lång sikt. Mitt antagande är att det kommer att bli en kombination av förbättringar.

4. Teori

Följande kapitel innehåller både de teorier som finns inom ramarna för passivhus samt även den teoretiska förankring som används inom standardnormen för bostadsbyggande.

4.1. Beskrivning Passivhus

Ordet passivhus kommer ursprungligen från tyskans passivhaus. Syftet med konceptet passivhus är ungefär som det låter, att man passivt tar tillvara på den energi som finns i bostaden. Tanken är att kunna minimera den tillförda energin. Bostaden skall istället värmas upp genom att ta tillvara på den energi som uppstår från personer som befinner sig i bostaden, instrålad sol och elektriska apparater. (<http://www.passivhus.nu>, 08-04-04)



Figur 1: Så fungerar passivhus (bild hämtar från webbplatsen <http://www.passivhuscentrum.se>)

Exempel på vad man skall tänka på när ett hus skall byggas inom ramarna för passivhus är till stor del att ha välisolerat och tätt klimatskal, såsom väggar, tak, golv, fönster och dörrar. Ett tätt klimatskal hjälper till att minimera värmeförlusterna. Vidare behövs ett bra och välfungerande ventilationssystem. I ventilationssystemet bör man även ha en värmeväxlare som tar tillvara på den värmeenergi som finns i frånluften som sedan kan värma upp tilluften. Konceptet bygger alltså på att minimera värmeläckaget så mycket som möjligt. (<http://www.passivhus.nu>, 08-04-04)

4.2. Krav på passivhus

Tidigare fanns vissa oklarheter över vilka krav som ställdes på byggnader för att man skulle få klassificera de som passivhus. Energimyndigheten tillsatte därför en styrgrupp med önskan att ta fram en kravspekifikation, dessa i sin tur vände sig till Forum för energieffektiva byggnader och gav i uppdrag att ta fram denna kravspekifikation. Tillsammans med branschen tillsattes så en teknikgrupp, vilka tog fram vissa grundläggande krav som denna byggnad måste uppfylla för att få klassificera sig som passivhus. Tillsammans bildar dessa den kravspekifikation, som nu är gällande för att få klassificera en byggnad för att vara ett passivhus.

Dessa krav grundar sig mycket utefter de tyska kraven på passivhus. De förändringar som finns lägger sig främst till grund utifrån de geografiska skillnader som finns länderna emellan.

(<http://www.passivhus.nu/Kravspecifikation.pdf>, 08-04-04)

4.2.1. Fönster

Sedan 1 januari 2006 kan den som vill installera energieffektiva fönster söka bidrag hos länsstyrelsen. Hela 100 miljoner är avsatt som stöd, för att minimera energiförbrukningen i våra bostadshus. För att optimera värmeförluster är energieffektiva fönster till stor hjälp.

Att installera energieffektiva fönster ger flera fördelaktiga aspekter. En fördel är att man får en minskad energikostnad. Ett stort problem med gamla fönster är att de ofta bidrar till kallras. Vilket beror på att de är för dåligt isolerade. Kallras är när den varma inneluften kyls ned mot den kalla glasrutan som sedan faller ner mot golvet, eftersom kall luft är tyngre än varm luft. Vilket bidrar till att man kan få en känsla av att det är dragigt i rummet. Oftast höjer man då temperaturen för att få bort denna känsla vilket gör att man förbrukar mer energi än vad man egentligen behöver. Således ger energieffektiva fönster ett bättre inomhusklimat. Dels kan man minska antalet element under fönstren samt för att man kan minska innetemperaturen och ändå få en lika bra komfort. En annan fördel är att man gynnar miljön på så vis att man med bättre fönster minskar utsläppen av växthusgaser genom lägre energiförluster. Vidare kan man också öka tillvaratagandet av passiv solenergi.

I passivhus är kraven på fönster att de inte får överstiga $0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Värmeförluster genom fönster kan ske på tre olika sätt. Det är genom ledning, strålning och konvektion. (Incropera & DeWitt, 1996)

4.2.2. Ventilation

Generellt för alla byggnader är valet av ventilationssystem väldigt viktigt för byggnadens energianvändning, för inneklimatets komfort och för människorna som bor i byggnaden. Förorenad inomhusluft påverkar i hög grad människans psykiska och fysiska hälsa. På grund av dålig inomhusluft dör varje år cirka 500 människor i lungcancer. Vidare beror den största bidragande orsaken till allergier bland barn på dålig inneluft. (<http://www.svenskventilation.se>, 08-04-21)

För passivhus är tätheten i klimatskalet av stor betydelse eftersom möjligheten att ta tillvara på passiv energi är större ju tätare byggnaden är. Vid täta hus ställs högre krav på bra ventilation då risken för fukt i konstruktionen blir större. Ur energisynpunkt är det också viktigt med rätt ventilationssystem, en stor del av det energiförluster som finns i en byggnad står ventilationen för en betydande del.

Självdrag

Denna form av ventilations lösning finns oftast i äldre hus. Ventilationen i byggnaden bygger på densitetsskillnader mellan luften ute och inne samt mellan tryckskillnader på uteluften och inneluften. På grund av detta får man ett varierande ventilationsflöde i byggnaden. Systemet använder sig således av den naturliga drivkraften. Höga byggnader har en större fördel av att ha detta system då dessa har större densitetsskillnader mellan våningsplanen.

Mekanisk ventilation

Det finns tre olika system vid val av mekanisk ventilation. De olika systemen kallas för F – frånluft, FT – till och frånluft och FTX – till och frånluft med

värmeåtervinning. Samtliga av systemen bygger på att man med mekanisk hjälp, oftast i form av olika typer av fläktar, kan styra och reglera ventilationen efter önskat behov. Denna form av ventilationssystem är mycket bra ur energisynpunkt, detta då den ger bäst värmeåtervinning. Det är inget krav att ha den här typen av system i ett passivhus men möjligheten till energibesparingar är störst vid val av detta system.

Hybridventilation

Detta ventilationssystem är en blandning av självdrag och mekanisk ventilation. Den fungerar på så vis att den använder sig av den naturliga drivkraften så länge det går och när den inte räcker till används istället ett mekaniskt fläktsystem. (<http://www.sp.se>, 08-04-21)

4.2.3. Uppvärmningssystem

De olika uppvärmningssätten för flerbostadshus har varierat stort under det senaste 30-40 åren. Under 70-talet var oljeeldning den i majoritet vanligaste uppvärmningskällan, men har idag minskat betydligt. Idag står fjärrvärme för ungefär 75-80 procent av de olika uppvärmningskällor som finns.

Andra uppvärmningskällor som varit vanliga de senaste 30-40 åren är el, olja och värmepump, samt även kombinationer av uppvärmningskällor. Att ha en kombination av uppvärmningskällor är den näst vanligaste formen för uppvärmning, följt efter fjärrvärmen. Det uppvärmningssystem som ökat mest procentuellt de senaste sex, sju åren är värmepumpar. En anledning till att dessa tagit sådan fart kan vara på grund av att de har en väldigt hög verkningsgrad. Det avger minst två till tre gånger så mycket energi som de förbrukar, då oftast i form av el för kompressorn.

Tanken med att bygga enligt passivhusmodellen är att man bygger ett hus utan värmesystem. Istället för att ha ett värmesystem som värmer upp innetemperaturen för att få en behaglig komfort.

För att ett hus skall bli så pass välisolerat och tätt att energiförlusterna är så små att det räcker med att ha friskluften som värmesystem, behöver man ta tillvara på den värmeenergi som finns i frånluften för att värma upp tilluften. Detta tillsammans med den värmeenergi som personerna i huset avger och även den energi man får i form av solinstrålning räcker för att få ett behagligt inneklimat.

Vill man bygga ett hus efter passivhusmodellen är det således inte tillåtet att använda sig utav ett värmesystem i form av en värmepump för den huvudsakliga uppvärmningen. Det kan ses som ett krav att ha ett FTX-system för denna uppvärmning. Dock är det tillåtet att använda sig utav värmepump som en extra energikälla, likväl som många har fjärrvärme. (Personlig kontakt, Eek, 080426¹)

Vad mer som anses nödvändigt i de flesta fall är en värmekälla för tappvarmvattnets skull. Här är solfångare något som är mycket populärt. Men det finns en mängd olika alternativ man kan använda sig av. Något som förespråkas är att man skall använda sig utav förnyelsebar energi, såsom sol, vind och vatten. Dock är det vanligt förekommande att använda sig av andra alternativ såsom fjärrvärme. (Energistatistik för flerbostadshus, 08-05-02)

¹ Hans Eek arkitekt och aktiv utbildare från Passivhuscentrum, telefonintervju den 26 april 2008

4.2.4. Konstruktion

Vid projekteringen av byggnaden är det flera saker som är viktiga att tänka på. Då tanken med passivhus är att den tillförda energin ska minimeras ställs höga krav på konstruktionen. En betydande del i den passiva uppvärmningen är solinstrålningen som är till en stor hjälp på vintrarna, medan på sommaren mindre hjälp. Vad man kan göra är att konstruera bygganden på ett sådant sätt att man får en avskärmning mot solens instrålning på sommaren. Detta kan göras genom att förlänga eller bygga ut taket så pass mycket att stor del av solens instrålning avskärmas. På vintern, när solen står lägre än på sommaren, maximeras andelen instrålning då solens strålar inte avskärmas av taket.

Vidare kan man, för att få så mycket instrålning som möjligt, försöka lägga de flesta glaspartierna i de riktningarna som man har mest sol, med andra ord i väst och söderläge. Samtidigt som man bör lägga färre glaspartier på norrsidan.

Vad som kan upplevas som ett problem med att ha välisolerade och täta hus är att på sommaren kan det bli mycket varmt inomhus. Detta gör att det är viktigt att konstruera byggnaden på ett sådant sätt det går att minimera värmen, exempelvis med ventilationen eller med hjälp av andra reglersystem som ventilationsluckor som gör att det går att minimera värmen om så önskas.

Vad gäller klimatskalets konstruktion finns inga direkta krav och regler som måste följas till 100 procent. Det finns istället vissa riktlinjer och rekommendationer som bör följas. Vad gäller ytterväggens dimension bör det vara omkring 40 cm isolering. För yttertakets bör det vara cirka 50 cm isolering och för grunden bör det vara runt 30 cm isolering. U-värdet för konstruktionen styr helt och hållet vilka dimensioner det skall vara. Exempelvis för omslutnings arean bortsett från fönstren bör det vara 0.1 W/m²K eller mindre. För fönstren bör det vara 0.9 W/m²K eller mindre. Ju lägre U-värdet är för fönstren desto fler fönster är möjligt att ha, detta är en balansgång. (<http://www.passivhuscentrum.se>, 080510; Personlig kontakt, Eek, 080512²)

4.2.5. Byggprocessen

Av den totala energianvändningen i en byggnad står den/de personer som bor där för cirka 90 procent. I byggprocessen kan denna del kallas för användning eller produktanvändning.

Byggprocessen kan delas in i fyra grupper. Det första skedet börjar med att en byggherre, såsom exempelvis en person, ett företag eller en organisation, har ett behov av en ny-, till- eller ombyggnad. Därefter måste det bestämmas hur byggnaden skall vara utformad, hur den skall vara konstruerad och vilka funktionskrav byggnaden skall ha. Exempelvis val av uppvärmningssystem samt vilken energianvändning byggnaden skall ha. Denna del kallas för produktbestämning. Därefter kommer produktframställningen, då byggnaden byggs och slutligen kommer produktanvändningen.

Då den största delen av byggnadens energianvändning ligger på brukarens användning av byggnaden är det av stor vikt vilka krav byggherren ställer på byggnaden redan i det första skedet av byggprocessen. När idén till ett projekt skapas

² Hans Eek arkitekt och aktiv utbildare från Passivhuscentrum, telefonintervju den 26 april 2008

är det viktigt att byggherren har kunskapen samt erfarenheten av vad det innebär att framställa det hus som han önskar bygga.

I forskar avhandlingen "Aktiviteter för passivhus" som Glad (2006) skrivit, har hon bland annat följt tre stycken projekt som har byggts enligt passivhusmodellen. Det är radhusen i Lindås Park, husen på Bottnevägen i Torslanda samt radhusen på Oxtorget i Värnamo. Hon har endast koncentrerat sig på de två första skedena av byggprocessen, vilket betyder att hon inte följt med projekten in i produktframställningen. Vad som kan anses gemensamt för de tre projekten under de två första skedena är att samtliga beställare för projekten är alla väl inlästa på området kring passivhus, de förstår vad modellen går ut på och vad det innebär. Vidare var de även väl medvetna på de krav som kommer att ställas på byggnaden när den är färdig.

Vad som anses viktigt under de två skedena, från att ett behov skapats och produktbestämning, är att få samtliga inblandade parter att så tidigt som möjligt sträva mot samma mål. Att bygga enligt passivhusmodellen kräver nämligen att samtliga parter tänker på samma sätt och har samma mål med projektet, annars finns det risk för att projektet misslyckas. Att ha en bra organisation som gärna har erfarenhet från liknande projekt sedan tidigare är även något som är till stor fördel. (Glad, 2006; Nordstrand, 2006)

4.2.6. Sammanfattning av krav - Passivhus

De krav som ställs är dels ett effektkrav, energikrav, byggnadskrav samt inomhusmiljökrav. Nedan följer en beskrivning av dem.

Effektkrav

Maximalt avgiven effekt för hela byggnaden, får högst vara 10 W/m^2 . Dimensionerat för en innetemperatur på 20°C .

Energikrav

Med energikrav menas den totala köpta energin för byggnadens energianvändning, och då är inte hushållselen medräknat, som innefattar varmvatten, värme och driftsel. Även energikravet utgår från en dimensionerande innetemperatur på 20°C . Energikravet är mindre eller lika med 45 kWh/m^2 . Varav max 15 kWh/m^2 och år får användas till uppvärmning.

För varmvattenproduktionen gäller det att energianvändning:

$$E_{vv} = V_{vv} \cdot 55/A_{temp} \text{ (kWh/m}^2\text{)}$$

Där den årliga varmvattenanvändningen, $V_{vv} \text{ (m}^3\text{)}$, för lägenheter är:

$$12 \text{ m}^3/\text{lgh} + 18 \text{ m}^3/\text{person}$$

Citerar: " A_{temp} = golvarean i temperaturreglerade utrymmen avsedda att värmas till mer än 10°C begränsade av klimatskärmens insida (m^2), dvs på så sätt som den är definierad i BBR 2006." (Kravspecifikation för passivhus i Sverige – Energieffektiva bostäder, 2007).

Byggnadskrav

Vad gäller luftläckning får inte klimatskalet släppa igenom mer än 0.3 l/s m^2 vid plus/minus 50 Pa .

Vad gäller byggnadens fönster, vilket innefattar glas, karm och båge, får inte det genomsnittliga U-värdet överstiga $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Till hushållsapparater bör man använda A-klassade vitvaror och lågenergilampor.

Vad mer som gäller angående byggnadskraven låter jag citera: ”För att i efterhand kunna verifiera byggnadens energitekniska egenskaper ska energianvändningen på månadsbasis kunna avläsas för hushållsel och värmeenergi var för sig. Därutöver mäts vattenvolym till varmvattenberedning och antal boende noteras.” (Kravspecifikation för passivhus i Sverige – Energieffektiva bostäder, 2007).

Innemiljökrav

Vad gäller innemiljökraven citerar jag: ”Ljud från ventilationssystemet skall klara minst ljudklass B i sovrum, enligt SS 02 52 67. Tillufttemperatur efter eftervärmare skall uppgå till högst 52 grader i respektive tilluftsdon när tilluftssystemet ska användas som värmebärare.” (Kravspecifikation för passivhus i Sverige – Energieffektiva bostäder, 2007).

Enligt Eek³ (2008, personlig kontakt) har uppvärmningssystem i ett passivhus ett krav på FTX-system. Att ha en uppvärmningskälla i form av en värmepump, såsom bergvärme är således inte ett alternativ. För att beräkna vad som är ett passivhus eller inte gäller det att titta på byggnadens värmebehov, det vill säga det behov av värme som är nödvändigt för att täcka transmissionsförluster, ventilations- och läckningsförluster samt behov av värme till uppvärmning och tappvarmvatten.

När man räknar på byggnadens värmebehov får man således räkna på vad byggnaden har för värmebehov utan något uppvärmningssystem såsom värmepump och fjärrvärme.

4.3. Standardhus

Sett till hur byggbranschen ser ut och hur den utvecklats så går den mycket hand i hand med hur Boverkets byggregler ser ut. Med fokus på kostnadsbesparingar byggs och konstrueras oftast bostäderna utefter vad kraven i BBR säger. Konstruktionerna och dimensionerna ligger oftast precis på gränsen för att klara kraven, såväl när det gäller isolering i väggar, tak, bottenplatta som fönster och dörrar.

Med fokus på energianvändning så har BBR:s krav inte förändrats speciellt mycket de senaste 20-30 åren. Detta har medfört att viljan och drivkraften från byggsektorns aktörer, såsom byggherrar, arkitekter, byggentreprenörer och underentreprenörer, varit begränsat med avseende på att tillsammans utveckla nya energieffektiva lösningar. Detta både vad gäller klimatskal samt uppvärmningssystem. Anledningen till detta är mycket på grund av att fokus alltför ofta ligger på den kortsiktiga investeringskostnaden och inte på var kostnader blir i det långa loppet.

Att bygga ett hus kan ses som ett projekt då det finns en klar startpunkt och ett klart slut. Däremot kan projektet i sig se ut som en process. Processen börjar med ett behov från en byggherre, därefter kommer det till planering, projektering, produktion och förvaltning.

Det finns två olika aspekter att ta i beaktelse när man ser på ett hus energianvändning. Dels den tekniska biten samt även den del som mer handlar om det sociala. Med den tekniska biten menas huruvida tekniken och kunskapen finns för att skapa och bygga ett energieffektivt hus. Teoretiskt sett har tekniken och kunskapen funnits där sedan tidigare, då det redan idag finns en del forskning på området.

Vidare menas med den sociala biten att alla inblandade aktörer i projektet samverkar och strävar efter samma mål. En annan del som är viktig är att det finns ett fungerande

³ Hans Eek arkitekt och aktiv utbildare från Passivhuscentrum, telefonintervju den 26 april 2008

samspel de olika aktörerna emellan. Vad som kan ses som den svåra biten är att få samspelet mellan alla inblandade parter att dra åt samma håll och vilja att utveckla. Vidare gäller det även att se till de långsiktiga fördelarna med att bygga energieffektivt och för att göra detta krävs det att personerna i fråga är kunniga inom området. Bland de olika parter som är inblandade i projektet och processen finns det alltid vissa som har större respektive mindre inflytande på vilket resultatet blir.

Här har bland annat byggherren en viktig roll då det är han som är beställare av projektet och kan ställa krav och mål på byggnaden. Vidare kan han även ta beslut om vilka som ska få utföra arbetet. Även arkitekten har en nyckelroll. Han är med i ett tidigt skede av processen, där han ritar och utformar bostaden med avseende på hur klimatskalet skall se ut, detta inklusive hur fönstrena skall se ut, något som har stor betydelse för exempelvis solens inverkan på uppvärmningen. (Glad, 2006)

4.3.1. Sammanfattning av krav - Normhus

Boverket

I Sverige har vi tre stycken lagar som bestämmer hur energianvändningen skall se ut och hur vi ska förhålla oss till olika miljöaspekter. Det krav som ställs på en byggnad ur energisynpunkt finns främst i Boverkets byggregler (BBR). Allmänna miljöaspekter finns i Plan och bygglagen samt i miljöbalken.

Energikrav

Byggnadens specifika energianvändning får inte överstiga 110 kWh/m^2 golvarea (A_{temp}).

Byggnadskrav

Byggnadens genomsnittliga värmegenomgångskoefficient (U_m) som omsluter byggnaden får inte vara mer än $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Alternativt krav för byggnadens energianvändning, om golvarean inte överskrider 100 m^2 , A_f uppgår till högst $0.2 A_{\text{temp}}$ samt att inget kylbehov behövs. Kan istället dessa krav på byggnadens täthet, värmeisolering samt värmeåtervinning infrias.

Fönster: U-värde max $1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vägg: U-värde max $0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$

Golv: U-värde max $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tak: U-värde max $0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$

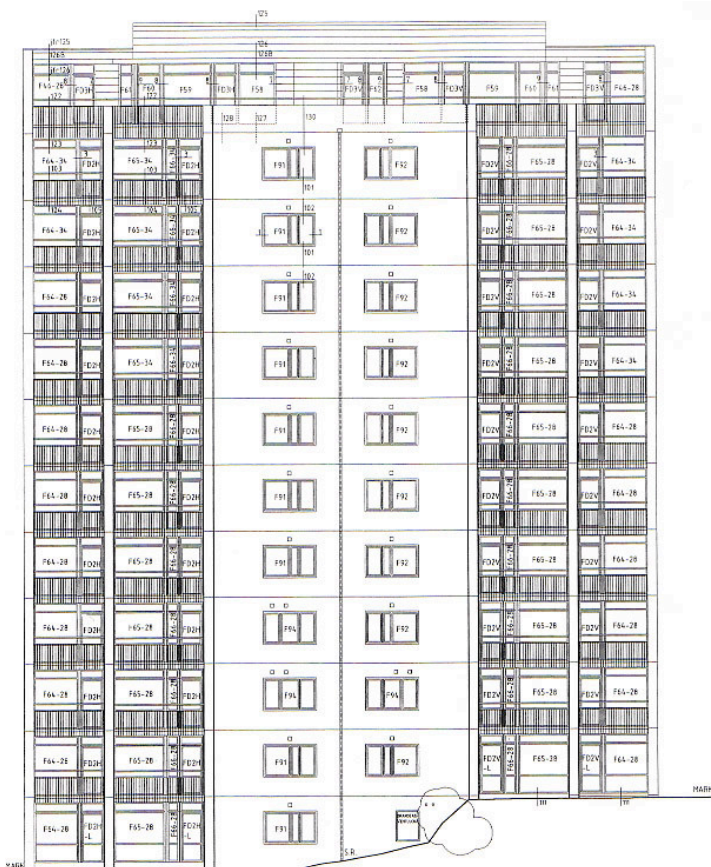
Ytterdörr: U-värde max $1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Klimatskalets luftläckning skall inte släppa igenom mer än 0.6 l/s m^2 vid plus 50 Pa tryckskillnad. Ifall byggnadens A_{temp} överstiger 60 m^2 skall det även finnas värmeåtervinning av ventilationsluften.

5. Nuläge

I delen för nuläget beskrivs hur energibalansen samt konstruktionen för hus 1 i Kallebäck ser ut idag.

5.1. Objekt



Figur 2: Fasadritning mot norr (hus 1 i Kallebäck)

På Smörgatan i Kallebäck planeras det att byggas fyra stycken punkthus som vardera består av cirka 45-50 stycken lägenheter. Beställare av husen är Tornstaden. Totalentreprenör av uppförandet av husen är AF Bygg i Göteborg, vilka också bygger hus 1 i egen regi. Det är hus 1 som är i fokus för rapporten och som fungerar som referensbyggnad. Det är denna byggnad man är intresserad av att se vad det skulle innebära att bygga denna enligt passivhusmodellen istället för att bygga den enligt standard normerna som man bygger efter idag. Syftet med rapporten är som tidigare nämnts att presentera det underlag som AF Bygg behöver sammanställa för att kunna räkna ut vad det skulle kosta.

De olika underentreprenörerna för projektet är Gicon installationsledning AB som är projektör och projekterat vilka installationer som skall vara i husen. Vilka har beräknat vad som är mest ekonomiskt lönsamt. På VVS sidan har man ABT Konsult VVS, vilka även har tagit fram energibalans och principalschema över husen. För ventilationen är det SWECO Theorells AB som står för installationen. Projektör för alla elinstallationer är Partille El. För utförandet står dock Mölnlycke El.

Då man än så länge endast håller på med hus 2 och 3 finns inga färdigställda uppgifter kring vilka värden angående U-värde, täthet och energianvändning hus 1 har. Vad man gjort är att man som tidigare nämnt tagit fram energibalans där man räknat ut

vilka tänkta värden byggnaden kommer att ha, förutsatt att man bygger enligt de förutsättningar man bestämt sedan tidigare. Hur exakta dessa värden är styrs alltså över hur exakt man följer de tänkta handlingar man tagit fram.

5.2. Materialval

5.2.1. Fönster

För samtliga fönster och glaspartier har man valt Elitfönster AB som leverantör. Tanken bakom konstruktionen av fönster och partier varierar lite olika beroende på var någonstans i huset de skall vara. Det gemensamma kravet för samtliga fönster och partier är att det skall uppfylla ett U-värde på cirka $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Materialvalet för fönstren och partierna är att det på insidan skall vara träbeklädnad och utsidan skall vara aluminiumbeklädnad. Ljudkravet varierar även det, beroende på var fönstren är placerade. Ljudkravet är således högre ställt för de fönstren som skall vara placerade i sovrum.

5.2.2. Ventilation

På ventilations sidan har man valt ett F-system med värmeåtervinning. Vilket är sammankopplat med en värmepump och hjälper till med uppvärmning av byggnaden samt tappvarmvattnet. Tilluftsventilerna är placerade under fönstren vid radiatorerna. Tanken är att vid denna placering får man en uppvärmning av tilluften och därigenom en bättre inomhuskomfort.

Tanken är att värmeåtervinningen av frånluften skall värma allt tappvarmvatten samt uppvärmningen av bostaden under sommarhalvåret.

5.2.3. Uppvärmningssystem

Tornstaden är beställare av hus 1, 2, 3 och 4. Hus 1 har följt med de andra husen och ser i det största likadant ut, det kan finnas vissa skillnader vad gäller snickerier i inredningen. Projektörens uppdragsgivare är Tornstaden, vilka man skulle kunna säga är beställare av samtliga hus. Med den skillnaden att hus 1 finansieras och byggs i egen regi av AF Bygg.

Från beställaren fick projektören färdiga konstruktionsritningar där planlösning samt yttermåttan var färdiga från tidigare. Beslutsprocessen vid valet av uppvärmningssystem var således inte lika svår då det fanns vissa begränsningar. På grund av dessa begränsningar fanns egentligen inga fler alternativ än fjärrvärme och bergvärme.

Projektören var först inne på ett FTX-system med tillskottsenergi av fjärrvärme. Att sätta in ett FTX system skulle antingen innebära en värmepump på taket eller i källaren. Det första alternativet skulle AF Bygg sannolikt inte få bygglov till samt att det även skulle ha inneburit att man varit tvungen till att tilläggsisolera ytterväggen cirka 20 cm för att klara inomhuskomforten. Detta bedömde man inte vara speciellt lönsamt eftersom man skulle förlora mycket på hyresintäkter.

Projektören fick fria händer vad gäller val av uppvärmningssystem och räknade ut vilket system som skulle vara mest ekonomiskt lönsamt. Han begärde in en offert från Göteborgs energi angående vad det skulle kosta att de kopplade upp sig på fjärrvärme nätet. Vad han kom fram till var att bergvärmesystemet skulle vara det mest ekonomisk lönsammast.

Ytterliggare en aspekt som påverkade vid valet av bergvärme eller fjärrvärme var att om man skulle ha fjärrvärme var det tvunget att ändra på planlösningen, något de inte var intresserad utav.

Angående vilka krav som skulle ställas på byggnaden och uppvärmningssystemet vid färdigställandet, var det upp till projektören att fastställa dessa. Från beställaren fanns inga direkta krav, fanns endast begränsningar i form av färdiga konstruktionsritningar, med färdig planlösning.

Det kommer att finnas en bergvärmepump i varje hus, där det är borrat sex till sju borrhål på olika djup per värmepump. Meningen är att värmepumpen kommer att gå vid behov. Tappvarmvattnet samt uppvärmningen av bostaden värms under sommarhalvåret upp av värmeåtervinningen från frånluften. Pumpen kan regleras så att man kan få önskad drift via en kännare som reglerar driften. Om det exempelvis är så pass varmt i huset att värmeåtervinningen från frånluften klarar uppvärmningen samt tappvarmvattnet slår värmepumpen helt enkelt av. Värmeåtervinningen från frånluften är integrerad med värmepumpen, den värmeåtervinnig som sker från frånluften sker alltså i värmepumpen. Det finns således ingen separat pump till just värmeåtervinning för frånluften.

5.3. Konstruktion

Huset vilar på en platta på mark som är cirka 20 cm tjock. Tjockleken i voterna, vilket är den yttersta delen av grundplattan som ytterväggarna står på, varierar mellan 50-70 cm. Ett uppskattat genomsnitt hamnar på cirka 35 cm. Under plattan är det isolerat med cellplast, tjockleken har ett genomsnitt på 15-20 cm.

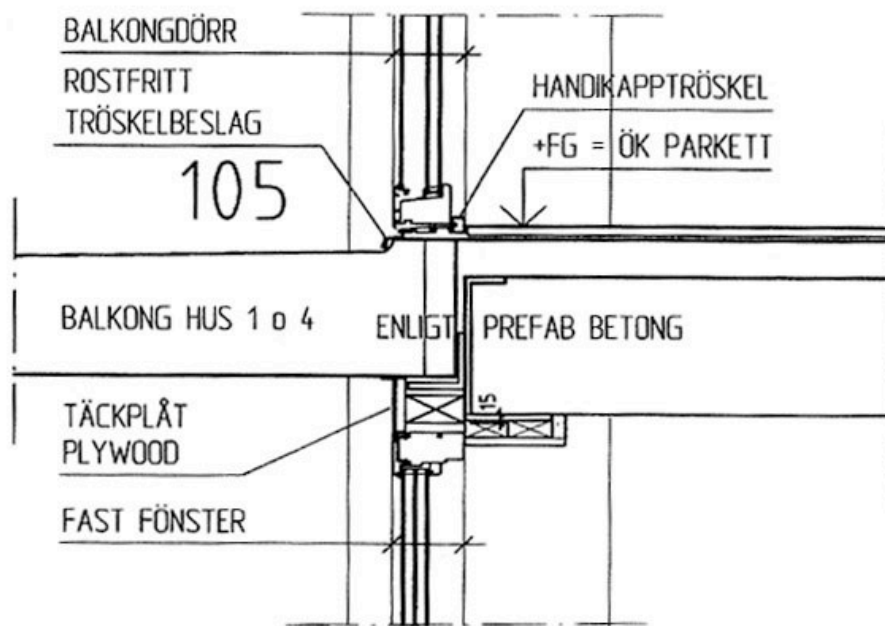
Huset består av tolv våningar, varav elva av dessa våningar ser i stort sett likadana ut. Den översta våningen är en etage våning som är platsbyggd, med terrass. Som val av yttervägg har prefabricerade väggar valts, vilka kommer färdig monterade från fabrik. Vidare har man valt ett bärande system av 150 mm betong. Utanför den bärande delen har man en cellplast på 200 mm och ytterligare utanför den ett ytterskal av 70 mm betong. Enligt energibalansen som ABT Konsult VVS har framställt har denna konstruktion ett U-värde på 0,191 W/m²K. Tätheten i denna konstruktion är uppskattad enligt energibalansen att ligga på 0,8 l/m² s vid 50 Pa.

Etagevåningens ytterväggar består av två olika konstruktioner, dels utfackningsväggar som är mot väst och halva delen som är mot norr respektive mot söder. Resterande del är prefabricerade betongväggar. Vilka har samma konstruktion som övriga ytterväggar av betong, 150 betong, 200 cellplast och 70 betong.

Inne från sett består utfackningsväggarna av 13 gips, 12 K-plywood, 45 isolering, 120 isolering, vindskyddsskiva, 28*70 stående läkt samt liggande fasadskivor av typ Tepro cemberit.

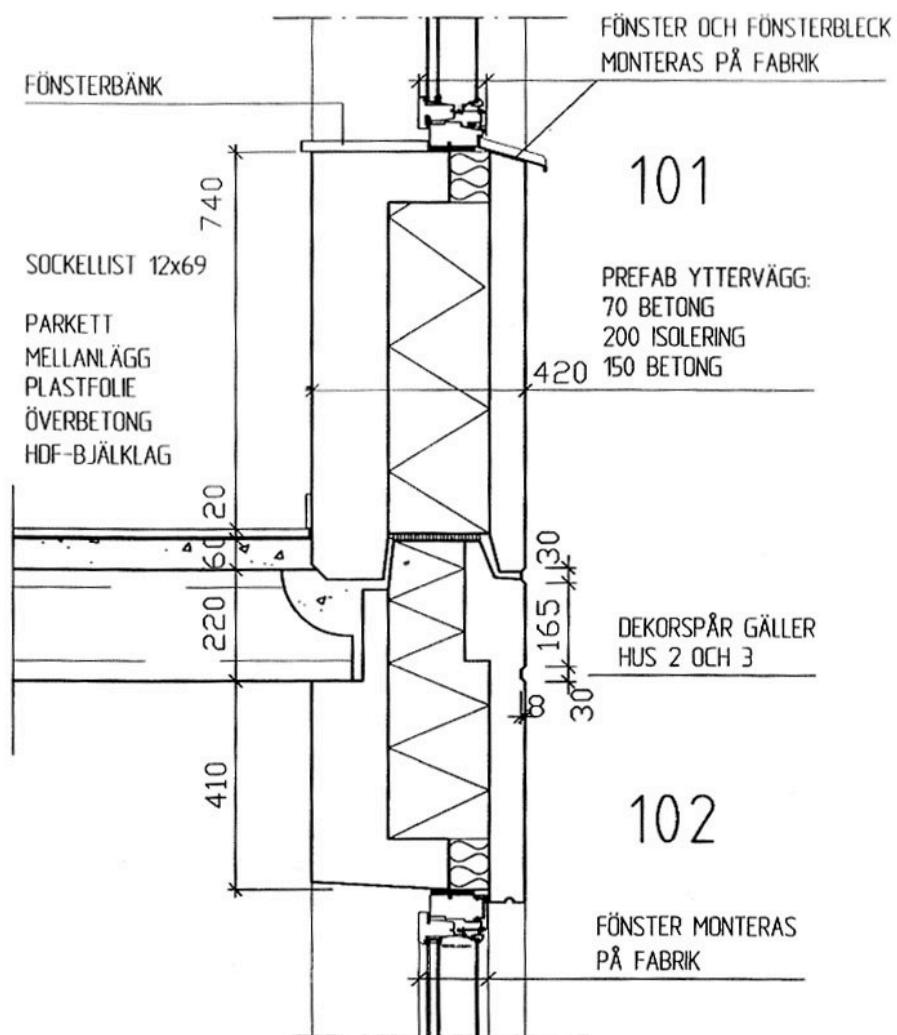
Invändigt består yttertaket av 13 gips, 28*70 glespanel, diffspärr, 400 lösull, råspont, underlagspapp och ytpapp.

5.3.1. Balkonginfästning



Figur 3: Balkonginfästning

5.3.2. Anslutning yttervägg-bjälklag



PRINCIP BJÄLKLAG-ELEMENTSKARV
FABRIKSMONTERADE FÖNSTER

Figur 4: Anslutning yttervägg - bjälklag

6. Analys

Följande kapitel analyserar vilket underlag och vilka åtgärder som krävs för att hus 1 i Kallebäck skall byggas enligt passivhusmodellen.

6.1. Konstruktion

Om man vill bygga enligt passivhusmodellen istället för att bygga enligt standard normerna finns vissa saker som behövs ändras på ur konstruktions synpunkt. Det som är det väsentliga är det genomsnittliga U-värdet för omslutningsarean, U_{om} . Alltså byggnadens genomsnittliga U-värde för klimatskalet, där man väger samman både fönster, dörrar, ytterväggar, tak och grund.

Betongplattan har idag en isolerings tjocklek på 150-200 mm, det normala för passivhus är att isolerings tjockleken ligger runt 300 mm. Denna siffra är som många andra en riktlinje, i detta fall då grunden har en mindre betydelse om man ser till den totala omslutningsarean tror jag att en ökning av isolertjockleken inte är nödvändig om det skulle innebära praktiska svårigheter.

Idag har ytterväggarna ett U-värde på $0,191 \text{ W/m}^2\text{K}$, för att nå passivhus nivå bör man ner på $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Efter ett personligt möte med Hans Eek antog han att det skulle innebära att man bör dubbla isoleringen i väggarna, från 200 mm cellplast till 400 mm. Fönstren ligger idag på $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ vilka bör ner till $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Fönster leverantören är Elitfönster, för att klara $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ bör man istället välja deras Elitextreme fönster som har ett U-värde på just $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dessa värden bör ses som en riktlinje, man kan välja fönster med sämre U-värde men då får man minska på den sammanlagda fönster arean eller bygga ännu bättre ytterväggar.

Vad mer som anses viktigt ur passivhus synpunkt är byggnadens täthet, i detta fall klarar man sig ganska bra då man använder sig av en bärande stomme i betong för det prefabricerade ytterväggarna. Betongen är lufttät i sig själv, man slipper på så vis lägga in en byggplast i konstruktionen.

6.2. Uppvärmningssystem

Vid val av uppvärmningssystem eller värmekälla finns det ett krav att ha ett FTX-system, vilket gör att andra alternativ går bort. Däremot är det fritt fram att använda vilken energikälla man vill för den extra tillskottsenergin för tappvarmvattnet. Att säga vilket val som skulle vara bättre än något annat är svårt att svara på, men i det här fallet tror jag det mest naturliga skulle vara att koppla in sig på fjärrvärmenätet. Vilket val man gör styrs av flera faktorer. De aspekter som styr är bland annat var byggnaden är placerad, finns det ett fjärrvärme nät att koppla in sig på. Hur är byggnaden utformad, finns det möjlighet att sätta upp solfångare på taket. Så att avgöra vilket alternativ man vill ha kräver mycket eftertanke, vad är praktiskt möjligt och vad är ekonomiskt mest lönsamt. Här kan det vara bra att göra så kallade LCC-beräkningar, life cycle cost, vilket är en beräkning av en produkts total kostnad över hela dess livslängd, från det att den installeras tills att den tas ur bruk, för att ta reda på vilket alternativ som är mest lämpligt.

6.3. Byggprocessen

Jag har varit i kontakt med flera byggherrar som låtit framställa byggnader enligt passivhusmodellen för att få höra vilka erfarenheter de har av detta byggnadssätt. De jag har varit i kontakt med är Stanlybostäder AB i Malmö vilka bygger ett

flerbostadshus i västra hamnen i Malmö. Uddevallahem AB som har byggt 27 stycken radhuslägenheter och 12 stycken lägenheter i grupp i Misteröd i Uddevalla. Samt Falkenbergs Bostäder AB som bygger 54 stycken lägenheter i två åttavåningshus på Hertings gård i Falkenberg.

De slutsatser jag dragit ifrån dessa intervjuer som jag varit i kontakt med är flera. Vad de har gemensamt är att de inte tidigare har någon erfarenhet av liknande projekt, bortsett från Stanlybostäder som byggt en villa enligt passivhusmodellen. Samtliga såg det som mycket väsentligt att skapa sig erfarenheter kring detta nya byggnadssätt innan de satte sig ner och satte upp vilka krav de skulle ha på den nya byggnaden. För att få kunskap om passivhus konceptet valde alla att kontakta tidigare byggherrar och åkte även ut på studiebesök för att ta lärdom ifrån andras erfarenheter samt få idéer och inspiration vilka de kunde ta med till sina projekt. Vilket jag kan se som en bra idé, dels för att få inspiration men också för att få erfarenhet från de som tidigare gjort liknande projekt, då man på så vis kan lära sig av andras misstag innan man själv gör samma sak.

Ett antagande är att det kan vara en bra idé att ta hjälp av någon expert inom området vid projekterings fasen. Just för att få förslag och tips på tidigare lyckade projekteringar och val av installationer. Har man ingen tidigare erfarenhet av passivhus tror jag det är av stor vikt.

Vid produktbestämningen innan framställningen startas görs alltid en ekonomisk kalkyl, denna kalkyl bygger oftast på en så kallad LCC-beräkning, livscykelkostnad. Vid produktbestämningen bestämmer man bland annat materialval, installations lösningar och byggnadens utformning. När man skall göra denna ekonomiska kalkyl kan man ha flera olika tillvägagångssätt, ett sätt kan vara att ta fram ett huvudalternativ som man räknar på och som man tror fungerar. Ett sätt kan vara att göra LCC-beräkningar på en mängd olika alternativ och göra olika beräkningar för varje materialdel.

Min slutsats efter att varit i kontakt med dessa byggherrar samt med Hans Eek. Är att jag anser det prioriterat att i första hand ta fram ett alternativ för att se ifall det över huvud taget är intressant att gå vidare med objektet. Man bör då konsultera med experter inom passivhus för att få ett utlåtande ifall de anser att det dimensioner i konstruktionen samt de installationslösningar man valt ligger inom ramarna för vad som får klassas som ett passivhus, till sin hjälp kan man också räkna ut en energibalans med hjälp av ett beräkningsprogram som exempel Enorm 1000.

Vidare jämför man den ekonomiska kalkylen man har för hus 1 och sedan göra de ändringar som är nödvändiga för det alternativet man tagit fram. Sedan räkna ut vad detta skulle kosta och jämföra skillnaden mellan de två kalkylerna.

Ligger man långt ifrån ekonomisk lönsamhet kan man då ta en diskussion ifall man vill gå vidare. Vill man senare fördjupa sig och gå ner mer i detalj för att hitta ännu bättre lösningar kan man göra det i ett senare skede efter att man kommit fram till att det skulle vara intressant att gå vidare och man tror sig att det skulle vara lönsamt.

Då detta byggnadssätt är relativt nytt och ställer större krav på organisationen i så väl som projekteringskedet som i framställandet ser jag det som väsentligt att låta inblandade medarbetare i projektet gå en snabbkurs i hur det fungerar att bygga passivhus och vilka krav som ställs på samtliga parter för att projektet skall gå i hamn. För att projektet skall bli lyckat och man skall nå de mål man satt upp är det av stor vikt att alla medarbetare och under entreprenörer strävar åt samma mål. Efter att ha pratat med de olika byggherrar jag tidigare nämnt kan jag inte se någon speciell

entreprenadform som skulle vara mer fördelaktigt än någon annan. Vad som är bäst är nog väldigt individuellt från fall till fall.

7. Slutsats

Resultatet för rapporten förväntades bli en redogörelse för det underlag AF Bygg kommer att behöva om de i framtiden kommer att få ett behov av att framställa ett passivhus. Som utgångspunkt för det eventuellt framtida huset är hus 1 i Kallebäck. Detta hus byggs redan nu nära de riktlinjer BBR satt upp som minimikrav på en byggnad.

Rapporten har beskrivit vad det innebär att bygga enligt passivhusmodellen. Då nulägesanalysen gjordes av hus 1 i Kallebäck som AF Bygg framställer i egen regi, fanns det viss indikation på att huset redan idag håller en lägre energianvändning än ett normhus. Sett till energikravet låg hus 1 i Kallebäck redan idag inom gränserna för passivhus.

Efter samtal med experter inom området och efter införskaffandet av informationsmaterial av passivhus framgick det tydligt att orsaken till den låga energianvändningen berodde på att hus 1 i Kallebäck har ett väldigt effektivt uppvärmningssystem med stor energibesparing. Eftersom passivhus inte får ha något uppvärmningssystem föll hypotesen att hus 1 redan låg på passivhus nivå.

Vidare framgick att vid dimensionering av byggnaden skall tyngdpunkten ligga på effektkravet och inte på energikravet, vilket betyder att man skall räkna på byggnadens effektbehov och inte energianvändning. Effektbehovet skall således beräknas utan att det finns uppvärmningssystem. Utan det effektiva uppvärmningssystem som hus 1 har idag ligger hus 1 i nivå med normhus. Detta betyder att det måste göras väsentliga förändringar gällande exempelvis konstruktion- och installationslösningar.

Att gå från det normhus som byggs idag till att bygga samma hus fast enligt passivhusmodellen skulle innebära att följande underlag behövs tas fram för att sedan kunna räkna ut vad det skulle kosta:

- Öka isoleringen i väggarna.
- Öka isoleringen i grunden.
- Byte till bättre fönster.
- Byte av dagens frånluft system med värmeåtervinning till ett FTX system.
- Ändra planlösningen.
- Eventuellt utbyte av bergvärmepump till annan tillskottsenergi, typ fjärrvärme.
- Minska andelen uthyrbar lägenhets area.

Utöver ovanstående underlag finns det även behov av att organisationen stärker sin kunskap kring passivhus och vad det innebär att bygga enligt passivhusmodellen med avseende på samarbete mellan underentreprenörer, projektörer, finansiärer och övriga inblandade i projektet. Min erfarenhet efter att ha varit ute och träffat aktörer inom branschen har varit att det är väldigt viktigt att få samtliga inblandade med i passivhus tänkandet för att man skall lyckas införa konceptet.

7.1. Övriga reflektioner kring passivhus

Min känsla efter att jag gjort detta examensarbete är att många som låtit framställa flerbostadshus enligt passivhusmodellen är statliga aktörer och inte privata. Vad man

bör ha i åtanke är ifall dessa har låtit framställa byggnaderna för att det är ekonomiskt mer lönsamt eller ifall det är i syfte att mer med gott exempel. När jag har varit i kontakt med aktörerna på området säger samtliga att konceptet är mer ekonomiskt lönsamt samt att alla är mycket nöjda med valet att just bygga enligt denna modell. Det är av naturliga skäl ingen som vill visa hur deras kalkyler ser ut. Detta innebär således att man inte vet hur de har räknat ut sina kalkyler med nuvärdesberäkningar och kalkylränta. Att veta det är något som skulle vara av intresse, då det kan skilja sig en del beroende på vilka antaganden man gör.

Då jag varit i kontakt med olika byggherrar som låtit framställa passivhus har de tagit hjälp av konsulter med att göra LCC-beräkningar på byggnaderna. I och med detta fanns det inga uppgifter kring huruvida det är mer lönsamt det är att bygga enligt denna modell än att bygga enligt normerna. Därav finns endast deras ord på att det är mer lönsamt eftersom det inte finns några exakta uppgifter på huruvida det stämmer, eller så är de bara inte intresserade av att lämna ut det.

Personligen tycker jag att ur energi och miljösynpunkt är passivhusmodellen mycket bra. Ska man bygga ett hus finns dock fler aspekter att ta i beaktelse, för ett företag som AF Bygg vilket är ett vinstdrivande företag, är den viktigaste aspekten i deras fall att deras verksamhet och projekt går med vinst. Skall man bygga ett flerbostadshus måste det således vara ekonomiskt lönsamt. Ur detta hänseende är det svårt att ha en åsikt om vad man tycker om passivhus. För att få en åsikt ser jag det som ett måste att först göra en ekonomisk kalkyl och nuvärdesberäkning innan man kan bilda sig en åsikt.

I jämförelse med andra branscher som exempelvis tillverkningsindustrin är min uppfattning att byggbranschen är väldigt konservativ och utvecklingen där går betydligt långsammare. I förhållande till många andra branscher, såsom bilindustrin och telekomindustrin, har effektiviseringar och kostnadsbesparingar varit i fokus under lång tid. Jag tror att byggbranschen från vissa undantag varit bortskämda där kunderna ofta kommit till dem och inte tvärtom. Därav har man inte på samma sätt haft detta behov. Jag anser att man har mycket att lära ifrån dessa branscher, sett till perspektivet att vara med i förändringar. Anledningen till att jag anser att just passivhusmodellen är bra är att den är nyskapande och nytänkande. Passivhusmodellen kan ses som en ny produkt, vilken jag tycker byggherrar borde vara mer öppna och intresserade av. Vidare anser jag att innan man skapar sig en uppfattning om passivhusmodellen bör man först göra en kalkyl som underlag innan man skrotar idén.

Jag tror att om man i framtiden vill vara med som en stark aktör på marknaden är det nödvändigt att vara öppen för förändringar och nytänkande, för mig är passivhus en sådan sak. Den som överlever längst är inte den som är störst och starkast, det är den som är bäst på att anpassa sig efter förändringar. Byggbranschen behöver alltså utvecklas och vara öppen för förändringar, för företagets framtid. Eller som grundaren bakom datorföretaget Dell brukar säga under sina presentationer:

”Change or die”

Michael Dell, Endeavor Entrepreneurs Summit (Miami, Florida, May 1, 2007)

8. Förslag på fortsatt forskning

Tanken från början var att göra en investeringsanalys över vad det skulle kosta i extra investeringskostnad ifall man ville bygga hus 1 enligt passivhusmodellen istället för att bygga enligt normerna. För att kunna göra analysen behövde jag först läsa in mig på området kring passivhus för att veta vilka delar jag behövde ha med i uträkningen. Då detta arbete var utfört visade det sig vara för omfattande för den tid som finns avsatt för examensarbetet. Ett beslut togs tillsammans med mina handledare att endast ta fram det material som behövs för en uträkning av investeringskonstanden. Rapporten har därmed tagit fram underlaget för uträkningen samt även beskrivit vad det skulle innebära i ett större perspektiv att bygga enligt denna modell.

Som förslag på fortsatt forskning skulle därmed vara att göra en ekonomisk kalkyl med nuvärdesberäkningar över hus 1- Detta för att se ifall det skulle vara ekonomiskt lönsamt att bygga enligt passivhusmodellen istället för att bygga enligt standard normerna.

9. Referenslista

- AF Bygg* (senast uppdaterad: ingen uppgift). [Elektronisk]. Tillgängligt: <<http://www.afbygg.se>>. [08-04-03]
- Boverket* (senast uppdaterad: ingen uppgift). [Elektronisk]. Tillgängligt: <<http://www.boverket.se>>. [08-04-04]
- Glad, Wiktor. (2006) *Aktiviteter för passivhus – En innovations omformning i byggprocesser för energisnåla bostadshus*. Linköping: LiU-tryck.
- Incropera, Frank & DeWitt, David (1996) *Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Fourth edition*. USA: Wiley & Sons Inc.
- Isberg, Jan. (2007) Kurs i byggt teknik för *Högskoleingenjörsprogrammet Industriell ekonomi*.
- Kravspecifikation för passivhus i Sverige – Energieffektiva bostäder (2007:1). Forum för energieffektiva byggnader. 10 skärmsidor. Kräver Adobe Acrobat Reader. Tillgängligt:<<http://www.passivhus.nu/Kravspecifikation.pdf>>. [08-04-04]
- Nordstrand, Uno (2006). *Byggprocessen*. Stockholm: Liber.
- Olsson, Henny & Sörensen, Stefan. (2001) *Forskningsprocessen – Kvalitativa och kvantitativa perspektiv*. Stockholm: Liber.
- Passivhus – Forum för energieffektiva byggnader* (senast uppdaterad: ingen uppgift). [Elektronisk]. Tillgängligt: <<http://www.passivhus.nu>>. [08-04-04]
- Passivhuscentrum* (senast uppdaterad: ingen uppgift). [Elektronisk]. Tillgängligt: <<http://www.passivhuscentrum.se>>. [08-05-06]
- Patel, Runa & Davidsson, Bo. (1994) *Forskningsmetodikens grunder – Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur.
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut* (senast uppdaterad: ingen uppgift). [Elektronisk]. Tillgängligt: <<http://www.sp.se>>. [08-04-21]
- Energistatistik för flerbostadshus (2006). Sveriges officiella statistik – statistiska meddelanden. 46 skärmsidor. Kräver Adobe Acrobat Reader. Tillgängligt: <www.scb.se/statistik/EN/EN0101/2006A01/EN0101_2006A01_SM_EN16SM0702.pdf>. [08-05-02]
- Svensk ventilation* (senast uppdaterad: ingen uppgift). [Elektronisk]. Tillgängligt: <www.svenskventilation.se>. [08-04-21]

Frågor till byggherrar

Stanlybostäder, västra hamnen i Malmö

- **Hur såg er förstudie ut, gjordes det LCC-beräkningar innan ni började med projekteringen?**
Svar: Nej, det gjordes endast en LCC-beräkning på det alternativet som vi valde. Denna LCC-beräkning gjordes av en konsult som har erfarenheter från Tyskland, han har gjort många beräkningar sedan tidigare och hade ett sådant program att räkna ut det med. Efter att vi hade tittat på hur Landskronahem hade löst sina installationer i Glumslöv, visste vi hur vi skulle göra och efter de erfarenheterna fanns det endast ett alternativ som vi räknade på. Detta alternativ visade sig också vara mer ekonomiskt lönsamt att bygga än att bygga efter standardnormerna som BBR har satt upp. Därför valde vi att endast titta på ett enda alternativ och byggde sedan efter det.
- **Hur många LCC-beräkningar gjordes? Tog ni fram flera alternativ?**
Svar: Fanns endast ett alternativ för vår del vilket var det vi valde.
- **Hur såg projektorganisationen ut vid planeringsstadiet?**
Svar: Med tanke på att vi är också ett byggföretag var det självklart att vi själva skulle bygga huset. Således var vi vår egen byggentreprenör och var med under hela processen från det att idén skapades.
- **Har tidigare erfarenheter av liknande projekt?**
Svar: Vi har byggt en villa enligt denna modell sedan tidigare, vilket fungerade lite som en referensbyggnad. Sedan var vi också och besökte Glumslöv där Landskronahem har byggt 35 stycken radhus. Där tittade vi en del på hur de hade löst konstruktionsbiten men framförallt hur de hade löst alla installations bitar, såsom uppvärmningssätt.

Uddevallahem AB, Misteröd i Uddevalla, Margaretha Johnsson

- **Hur såg er förstudie ut, gjordes det LCC-beräkningar innan ni började med projekteringen?**
Svar: Vi ansåg att passivhusmodellen skulle passa oss bra på dessa hus, vi ställde därför vissa krav i vårt förfrågningsunderlag till de olika entreprenörerna där vi fastslog att huset skulle byggas enligt passivhusmodellen. Entreprenörerna kom sedan med förslag eller lösningar där vi ansåg att Skanska var de som uppfyllde våra krav bäst, vilka vi satt upp sedan tidigare. Efter att upphandlingen var klar tog sedan Skanska fram ett alternativ på passivhus som vi tyckte verkade intressant och så körde vi på det. Vi var och besökte husen i Lindås Park och i Landskrona för att se hur de var konstruerade samt hur de hade löst sina installationslösningar. Vi tog dock inte med oss något utifrån hur de hade gått tillväga med val av installationer med mera.

- **Hur många LCC-beräkningar gjordes? Tog ni fram flera alternativ?**
Svar: Var bara ett alternativ som Skanska tog fram. Vi var begränsade med vissa saker vilket gjorde att det inte fanns så många alternativa lösningar, bland annat var fjärrvärme uteslutit på grund av att det inte var framdraget. Det kravet vi hade var att det skulle vara så lite tekniska installationer som möjligt.
- **Har ni tidigare erfarenheter av liknande projekt?**
Svar: Nej, de har vi inte.

Falkenbergs Bostäder AB, Hertings gård i Falkenberg

- **Hur såg er förstudie ut, gjordes det LCC-beräkningar innan ni började med projekteringen?**
Svar: Har haft sedan lång tid tillbaka som mål att minska vårt energiberoende, där vi framförallt vill minska vår elförbrukning och hellre satsa på naturliga energikällor såsom biobränsle, vatten och vind. Med de målen ansåg vi att passivhus är rätt väg att gå, lågenergihus är minikravet men helst passivhus. Vi hade vissa krav innan vi tog kontakt med projektören som är Prime project, vilka även var med och projekterade i Glumslöv. Bland kraven hade vi bland annat att det skulle vara så lite elanvändning som möjligt. Vidare var vi ganska bestämda hur ventilationen samt uppvärmningssystemet skulle se ut.
- **Hur många LCC-beräkningar gjordes? Tog ni fram flera alternativ?**
Svar: Prime project tog fram tre stycken alternativ, vad som skilde mest var konstruktionsbiten då uppvärmningssystemet samt ventilationen redan var klara.
- **Hur såg projektorganisationen ut vid planeringsstadiet?**
Svar: Man kan säga att det vi gjorde var att ta fram vissa krav på verkningsgrad för ventilation och uppvärmningen samt vilket uppvärmningssystem och ventilationssystem vi skulle ha. Sedan från ett mycket tidigt stadium tog vi med oss en lokal byggtreprenör som följde med under hela processen. Vi besökte tidigare byggda passivhus såsom Lindås park och Glumslöv för att få idéer och inspiration. Vad vi bygger nu är inte alls samma som dessa två, dock har vi tagit med det vi tyckt bäst om, så vissa likheter finns. Entreprenadformen vi valt är partnering, därav har vi gått mycket hand i hand med byggtreprenören under hela processen. Vi tycker att allt så här långt gått mycket bra, vi är mycket glada och tillfreds. Vi är nöjda.
- **Har tidigare erfarenheter av liknande projekt?**
Svar: Det här är vårt första projekt, men det kommer absolut att bli fler!