

Den Hållbara Villan

- Design och energistudie av ett passivhus



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för Arkitektur och Byggd Miljö / Bebyggelsevård

Examensarbete:
Olof Martell
Oscar Pålsson

© Copyright Olof Martell, Oscar Pålsson

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 2010

Sammanfattning

Detta examensarbete är ett resultat av empiriska studier, energiberäkningar samt datormodelleringar/renderingar. Arbetsmetoden har varit att först inhämta kunskap, för att sedan ha utfört den arkitektoniska utformningen. Därefter har konstruktionsmässiga lösningar utarbetats som följer de arkitektoniska kraven. Slutligen har arbetet utvärderats i form av energiberäkningar utförda i VIP Energy samt en analys av dessa beräkningar.

Termen ”Passivhus” syftar till en frivillig standard som många nya byggnader idag uppfyller. Termen myntades under 80-talet av svensken Bo Adamson då den svenska och danska staten skärpte reglerna som styrde energiförbrukningen för nya byggnader. Utvecklingen av moderna apparater som är viktiga för passivhus, som exempelvis FTX-system med värmeåtervinning, och flerglasfönster med lågt u-värde, påskyndades av bl.a. ökad miljömedvetenhet och stigande energipriser. Begreppet syftar till en byggnad vars energiförbrukning är förhållandevis låg och där uppvärmningen till stor del sker med spillvärme från apparater samt personvärme. Utvecklingen av passivhus har till stor del skett med lärdom från världens första passivhus som byggdes i Darmstadt, Tyskland. Detta bostadshus använde på sin tid helt ny teknik för energieffektivt byggande och i många fall utvecklades den nya tekniken specifikt för detta passivhus. Tekniken har sen dess förfinats och används även i moderna passivhus. Utbredningen av passivhusen tog sedan fart i form av ett framgångsrikt projekt i Europeiska Unionens regi som gick under namnet CEPHEUS. Man sponsrade i projektet 221 bostadsenheter i olika klimat och länder för att bevisa att konceptet var applicerbart i åtminstone hela Europa och områden med liknande klimat.

I nybyggda svenska byggnader som skall klassas som passivhus gäller de krav och råd som har satts upp av organisationen Forum för Energieffektivt Byggande (förkortas FEBY). I FEBYs kravspecifikation skiljer man på orden ”projekterad för passivhus enligt FEBY” och ”Verifierat passivhus enligt FEBY” när det kommer till marknadsföringen av passivhus skiljer man på så vis på termerna beroende på i vilket fas i byggprocessen byggnaden befinner sig i.

Även om passivhus bedöms vara en god ekonomisk investering finns det fortfarande en del hinder som håller tillbaka utvecklingen. En konservativ byggbransch gör att inte alla företag åtar sig byggande av passivhus. I vissa fall saknas kompetens som krävs vad gäller lufttätt- och fuktsäkert byggande som är särskilt känsliga faktorer när man bygger passivhus. Den termiska komforten är ett annat problem som finns i vissa svenska passivhus.

Resultatet av detta arbete är designen av ett modernt passivhus som, om slutrekommendationerna följs, uppfyller samtliga krav och råd som FEBY har satt upp för passivhus. Byggnaden är även utformad så att energieffektivt byggande går hand i hand med dagens krav på estetik, ljusinsläpp och komfort.

Nyckelord: Passivhus, Energieffektivt Byggande, FEBY, VIP Energy

Abstract

This graduate thesis is a result of empirical studies, energy calculations and computer mock-up rings. The work method has been to first acquire knowledge, in order to then carry out the architectural formulation. Then the structural design solutions have been prepared that follows the architectural requirements. Finally, the work has been evaluated in the form of energy calculations performed in VIP Energy as well as an analysis of these calculations.

The term "Passive house" refers to a voluntary standard that many new buildings meet. The term was coined during the 1980s, by the Swede Bo Adamson, when the Swedish and Danish State tightened up the rules which governed the energy consumption of new buildings. The development of modern appliances that are important for passive houses, such as balanced mechanical ventilation with heat recovery, and multiple glass windows with low u-value, was increased by heightened environmental awareness and rising energy prices. The term refers to a building whose energy consumption is relatively low and where heating demands are largely supplied by waste heat from appliances and heat from humans. The developments of passive houses have largely been with lessons learned from the world's first passive house that was built in Darmstadt, Germany. This residential building used in its time entirely new technologies for energy efficient design and, in many cases, new technology was developed specifically for this passive house. Technology has since then been refined and is now used in most modern passive houses. The proliferation of passive houses started off in the form of a successful project in the European Union auspices that went under the name CEPHEUS. The project sponsored 221 housing units in different climates and countries to prove that the concept was applicable in at least the whole of Europe and areas with similar climates.

In modern Swedish buildings to be classified as passive houses, there are special requirements and advice that has been set up by the organization Forum for Energy Efficient Building (abbreviated FEBY in Swedish). In FEBYs requirements specification, a difference is made between the words "designed passive house according to FEBY" and "Verified passive house according to FEBY" when it comes to marketing of passive houses. These terms depend on the phase of which the building process the building is in.

Although passive houses are considered to be a good economic investment, there are still some obstacles that are holding back development. A conservative construction industry leads to that not all companies undertake building of passive houses. In some cases lack of competence regarding

airtight- and moisture safe construction, which are particularly sensitive factors when building passive houses, is also holding back development. The thermal comfort is another problem that exists in some Swedish passive houses.

The result of this work is the design of a modern passive house which, if the recommendations are followed, meets all the requirements and advice that has been set up by FEBY for passive houses. The building is also designed so that energy efficient building design goes hand in hand with today's requirements of aesthetics, lighting and comfort.

Keywords: Passive house, Energy efficient design, FEBY, VIP
Energy

Förord

Detta examensarbete är riktat till både privatpersoner och företag som vill få en inblick i begreppet passivhus samt många av de koncept som förknippas med passivhus. Det kan även tjäna som en inspirationskälla för arkitekter och konstruktörer då det i dokumentet beskrivs tämligen ingående hur processen kan se ut när man utformar ett passivhus, vilka system och egenskaper som är av större vikt, samt hur man kan gå tillväga för att möta de krav som i allmänhet ställs på moderna bostäder.

Till vår hjälp har vi använt oss av flera kunskapskällor och handledare. Vi vill därför här tacka vår examinator Kerstin Barup vid institutionen för Arkitektur och Byggd Miljö, LTH. Hon har inte bara agerat inom ramarna för en examinator utan har även varit en viktig handledare som har guidat oss igenom den arkitektoniska processen. Kerstin Barup har även hjälpt oss att komma i kontakt med personer som har hög kompetens inom områden som berör vårt arbete. Vi vill även tacka vår officiella handledare Åke Blomsterberg vid institutionen för Energi och Byggnadsdesign. Hans forskningsresultat inom energieffektivt byggande har varit ovärderliga för våra egna resultat.

När det kommer till de energiberäkningar som har utförts i detta examensarbete vill vi tacka Stephen Burke, vid institutionen för Byggnadsfysik, som har hjälpt oss med att lära oss programmet VIP Energy. Programmet är ett kraftfullt redskap men kan bara användas av de som har de rätta kunskaperna. Utan Stephens hjälp hade arbetet med energiberäkningar blivit en mycket utdragen process. Ett särskilt tack ska också riktas till Mats Dahlblom vid institutionen för Installationsteknik. I de fall Stephen Burke har varit upptagen med andra uppgifter har Mats visat sig vara till stor hjälp inom ventilationsteknik och i programmet VIP Energy.

Slutligen vill vi rikta ett stort tack till företaget Strusoft AB som har sponsrat oss med en licens till VIP Energy. Tack vare denna gest har arbetet gått smidigare då större tid kunde ägnas åt energiberäkningar. Företaget Saint-Gobain Isover AB har även varit hjälpsamma med sin värdefulla kunskap rörande energieffektivt byggande, samt sitt bidrag med illustrationer som exemplifierar detsamma.

Innehållsförteckning

1 Konceptet "Passivhus"	3
1.1 Passivhusets historia	3
1.1.1 Världens första passivhus	4
1.1.2 Passivhusens spridning i världen	5
2 Passivhus i Sverige och dess krav	6
2.1 Kvalité och värde på energi	7
2.2 Krav för passivhus	9
2.3 Rekommendationer och råd	14
2.3.1 Ventilation	14
2.3.2 Varmvatten.....	14
2.3.3 Energianvändning	14
2.3.4 Termisk komfort	15
2.3.5 Fönster.....	15
2.3.6 Isolering	16
3 Problem med passivhus	17
4 Introduktion till ett nytt passivhus	20
4.1 Designprocessen inleds	20
4.1.1 Brukare	20
4.1.2 Tomten.....	20
4.1.3 Program	20
4.2 Villan tar form	21
4.2.1 Konstruktionen	25
5 Presentation av den hållbara villan	29
5.1 Design	30
5.1.1 Planritning.....	30
5.1.2 Zonritning (redovisn. av areor)	31
5.1.3 Fasader.....	32
5.1.4 Exteriör/Tomt	33
5.1.5 Hall.....	39
5.1.6 Badrum	40
5.1.7 Tvättstuga	41
5.1.8 Sovrum 1 & 2	42
5.1.9 Sovrum 3	43
5.1.10 Kök.....	45
5.1.11 Vardagsrum	47
5.2 Konstruktionsanslutningar	49
5.2.1 Anslutning 1: Grund/Yttervägg	52
5.2.2 Anslutning 2: Grund/Hjärtvägg	53
5.2.3 Anslutning 3: Yttervägg/Tak	54

5.2.4 Anslutning 4: Hjärtvägg/Tak	55
5.2.5 Anslutning 5: Tak/Yttervägg	56
5.2.6 Anslutning 6: Yttervägg/Tak	57
5.2.7 Anslutning 7: Yttervägg/Takfönster	58
5.3 Resultat av energiberäkningar	59
5.3.1 Introduktion	59
5.3.2 Presentation av resultat	60
5.3.3 Utvärdering av resultat	70
5.3.4 Råd till förbättringar	71
6 Slutord	72
7 Källförteckning	73
8 BILAGOR	75

Inledning

Genom vår utbildning har vi fått en bra och bred grund inom konsten och tekniken att skapa ett hus. Något som vi har märkt är att passivhus blir vanligare inom byggbranschen. Detta är något vi ville fördjupa oss inom och har därför valt att basera vårt examensarbete på detta. Vi hoppas på så sätt få mer kunskap inom området som vi tror är framtiden.

Detta arbete syftar till att utveckla ett passivhus och att presentera de energiberäkningar som krävs för att visa att huset kan klassas som passivhus. Vi ska ta fram a-ritningar och visualiseringar på villan. Vi ska även ta fram vägg-, tak- och grunddefinitioner som vi anser vara bäst lämpade för att användas till ett passivhus. Den utvecklade villan skall även vara estetiskt tilltalande och väl designad utifrån arkitektoniska, byggnadstekniska och komfortmässiga aspekter. I arbetet ska vi sedan utvärdera villan ur energisynpunkt med stöd av beräkningsresultaten.

Vi tänker utgå från en eluppvärmd enfamiljsvilla på två vuxna och två barn. Denna fiktiva familj representerar den genomsnittliga svenska familjen i avseende på elförbrukning, dagliga vanor och behov. Vi har valt att begränsa oss till staden Helsingborg med omnejd och har även bestämt att använda oss av en fiktiv tomt.

På grund av det valda ämnesområdet och den begränsade tiden har vi valt att endast ytligt beröra byggnadens egenskaper vad gäller hållfasthet, ljus, ventilation, fukt och akustik. Några beräkningar vad gäller dessa faktorer kommer inte att göras i någon större omfattning. Vi kommer dock att ha dessa aspekter i åtanke under designprocessen. Genom hela processen kommer vi att göra kvalificerade antaganden och rimlighetsbedömningar utifrån vår erfarenhet.

Metod:

Källor till kunskap som kommer att användas är:

- Litteratur i form av rapporter, utredningar och kurslitteratur.
- Trovärdiga källor på Internet t.ex. universitet och företag inom området.
- Eventuella intervjuer med personer med kunskap inom området.

Datorverktyg som eventuellt kommer användas är följande:

- Google SketchUp
- VIP Energy v. 1.1
- ArchiCAD
- AutoCAD
- Microsoft Office
- Adobe Photoshop

Arbetsprocessen som har följts i arbetet är enligt nedan:

1. Kunskapsinhämtning, inhämtning av material
2. Arkitektonisk utformning av enfamiljsbostad utefter estetiska krav som samtidigt är baserade på kunskaper rörande energieffektivitet
3. Konstruktionsmässig utformning av enfamiljsbostad utefter de arkitektoniska skisserna och modellerna av densamma.
4. Utvärdering av enfamiljsbostad som inkluderar energiberäkningar ur programmet VIP+ för att säkerställa uppfyllandet av kraven för passivhus.

Resultat:

Slutprodukten i projektet är A-ritningar, snitt av byggnadselement samt anslutningar, visualiseringar och energiberäkningar till ett passivhus. En presentation av relevant information rörande passivhus finns även att hämta i rapporten så att läsaren lätt kan sätta sig in i ämnet. Faktorer så som kostnad, miljöpåverkan, estetik och komfort har beaktats vid utformningen av villan och dess design.

1 Konceptet "Passivhus"

Termen "Passivhus" syftar till en frivillig standard som många nya byggnader idag uppfyller. Denna standard har blivit allt mer modern och vanlig inom byggbranschen tack vare ökad miljömedvetenhet, ökande el- och oljepriser samt den ständiga utvecklingen av byggteknik och byggnadsmaterial. Passivhus förknippas idag med byggnader som generellt använder väldigt lite energi och som i vissa fall är helt självförsörjande på energi. Det senare kallas dock istället för plusenergihus och åstadkoms oftast genom att ta tillvara på naturens krafter och omvandla sol- och vindkraft till mer behövliga energiformer. I detta kapitel förklaras vad som har lett fram till fenomenet passivhus, hur äldre passivhus fungerar idag samt dess utbredning.

1.1 Passivhusets historia

Konceptet passivhus formades under 80-talet då den svenska och danska staten skärpte reglerna som styrde energiförbrukningen för nya byggnader. Med andra ord infördes en ny standard med syfte att göra byggnader mer energisnåla. Det praktiska införandet av denna standard underlättades av nyvunna kunskaper för att minimera köldbryggor samt att öka byggnaders lufttäthet. Relativt nya uppfinningar så som fönster med lågt U-värde och värmeåtervinning i ventilationssystem var också till hjälp (Wolfgang, 2010).



(Källa: *Passivhaus Institut*)

Under denna period myntade den svenske Professorn Bo Adamson (se bild), från Lunds Universitet, begreppet "Passivhus" efter att ha fört en konversation med Wolfgang Feist från *Institut für Wohnen und Umwelt*. Detta översätts till *Institutet för boende och miljö*. Bo Adamson fortsatte därefter att utveckla konceptet i Tyskland fram till sin pension, och lyckades definiera begreppet som en byggnad där behovet av aktiv uppvärmning, i centraleuropa, var obefintlig eller på annat sätt kompenseras av övrig värmealstrande utrustning eller personer. Man insåg snabbt att en byggnad enligt denna definition kunde klassas som passivhus bara genom att använda så kallade "ineffektiva apparater", som konsumerar mycket ström och därmed alstrar mycket värme utan att för den sakens skull klassas som aktiv uppvärmning. Man forskade vidare inom området och kom fram till att den interna alstringen av värme i ett normalt hushåll bör vara ca. 2-10 W/m² (Wolfgang, 2010).

1.1.1 Världens första passivhus

Idéerna om energisnåla passivhus fick stor uppmärksamhet under slutet av 80-talet och i början på 90-talet, inte minst i de politiska kretsarna. Ministeriet för ekonomi och teknologi i Hessen (HMWT) beslutade att sponsra utvecklingen. Man tillsatte en arbetsgrupp som hade syftet att ta fram underlag för byggnationen av världens första passivhus som skulle vara placerad i den tyska staden Darmstadt. Arbetsgruppen utvecklade nya metoder och system:

- Man ville förbättra graden av återvinning i ventilationssystemets värmeväxlare.
- Man optimerade nivåerna för behaglig och hälsosam luftväxling som minimerade mängden onödigt ventilerad luft.
- Man utvecklade dessutom nya fönster och ramar med bättre isolerande egenskaper.
- Stor vikt lades ner på att minimera antalet köldbryggor i konstruktionen.
- Metoder för att återvinna värmen i spillvatten undersöktes.

Förutom dessa system valde man även att sätta in solpaneler för uppvärmning av varmvatten som redan existerade på den tiden.

Tabell 1.1 *Det första passivhusets viktigaste komponenter och dess egenskaper. (Wolfgang, 2010)*

Byggnadskomponent	U-värde (W/m ² K) / Effektivitet (%)
Värmeåtervinning (Vent.)	Återvinningsgrad ca 80%
Tak	0,1
Ytterväggar	0,14
Fönster	0,7
Källartak	0,13

Passivhuset i Darmstadt byggdes till slut och stod klart 1991. Byggnadskostnaderna blev visserligen väldigt höga beroende på det faktum att de flesta system för diverse värmeåtervinning som fanns på marknaden inte hade tillräckligt hög verkningsgrad för att lämpa sig för ett passivhus. De system som användes i Darmstadt fick därför utvecklas specifikt för det projektet och dessutom tillverkas för hand. Trots detta bedömdes byggnaden som en framgång vid en utvärdering 16 år senare. Man hade inte bara lyckats spara ca 88% av den energi som hade gått åt för en konventionell byggnad, utan komfortnivån och den generella trivseln i byggnaden var dessutom mycket hög enligt statistiska undersökningar (Wolfgang, 2010). Byggnaden har en öppen och luftig planlösning med mycket ljusinsläpp och god termisk komfort. Exempelvis bör nämnas att när yttertemperaturen når 35°C, överstiger byggnadens innetemperatur aldrig 26°C. Värmesystemet behöver

inte sätts igång även om yttertemperaturen sjunker till -10°C (Wolfgang, 2010). Tack vare detta projekt fanns det nu en handfull nyutvecklade system och kunskaper som ökar energieffektiviteten hos byggnader i framtiden. Utbudet var dock litet men det var ett steg i rätt riktning.

1.1.2 Passivhusens spridning i världen

Det första passivhuset i Darmstadt var ett demonstrationsprojekt som fångade uppmärksamheten hos många entreprenörer och politiker i ett flertal länder. Utvecklingen kom dock att vara begränsad till Nordamerika och Europa där det fanns kunskaper, ekonomi och klimat för att implementera passivhus-tekniken. I Tyskland byggdes passivhus i Stuttgart (1993), Naumburg (1997), Hesse (1997), Wiesbaden (1997) och Köln (1997) (Cox, 2005). Därefter beslutade Europeiska Unionen att sponsra utvecklingen av passivhus i Europa och man drog därför igång ett projekt som gick under namnet CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards). Syftet var dels att bevisa att konceptet passivhus var applicerbart i flera olika länder med varierande klimat inom E.U. Man ville också få fart på utvecklingen av nya energieffektiva system och på så sätt göra dem billigare och mer tillgängliga på marknaden (CEPHEUS, 2001).

CEPHEUS- projektet sponsrade totalt 221 bostadsenheter som byggdes under 14 olika byggprojekt. Byggnaderna var utspridda i Tyskland, Sverige, Österrike och Frankrike. År 2001 utvärderades projektet och bedömdes vara en stor framgång med avseende på:

- Funktionell livskraftighet av passivhusen på alla platser.
- Bevisad energibesparing på över 80% jämfört med konventionella bostäder.
- Bevisad applicerbarhet av passivhuskonceptet på en stor mängd olika byggnadstyper och stilar.
- Att byggande av passivhus är ekonomiskt försvarbart.
- Komforten och acceptansen hos boende i passivhusen.

En annan bonus med CEPHEUS- projektet var att det efter projektets färdigställande fanns ett flertal nya produkter med sådana egenskaper att de kan rekommenderas för användande i passivhus. Exempelvis kan det nämnas att det år 2001 fanns över 20 produkter av fönster som lämpar sig för passivhus (dvs. ett U_w -värde på under $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$). Vidare fanns det 10 produkter av typen värmeåtervinningssystem som rekommenderas för passivhus (med en återvinningsgrad på över 80%). Projektet var med andra ord en framgång både för projektet i sig men också för marknaden kring passivhusen (CEPHEUS, 2001).

Spridningen gick något långsammare i Nordamerika där det visserligen funnits stort intresse sedan byggnaden i Darmstadt färdigställdes, men där ekonomin fortfarande var en begränsande faktor. År 2003 fanns det dock ett flertal relativt billiga system och säkerställda byggmetoder att använda. Detta gjorde att USAs första passivhus blev byggt samma år i Urbana, Illinois. Ytterligare ett byggdes senare i Bemidji, Minnesota år 2006 (E-co Lab, 2010).

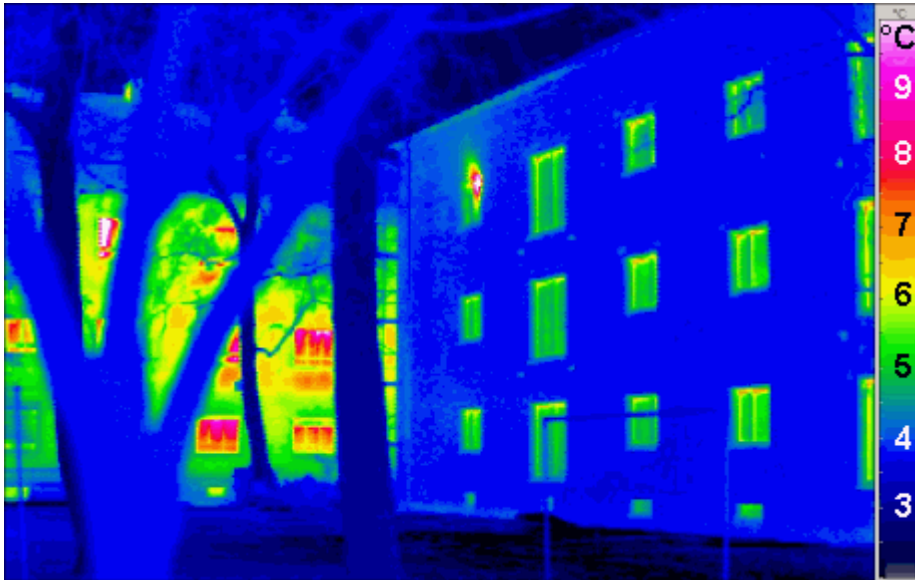


Bild tagen av värmekamera illustrerar skillnaden mellan ett passivhus (höger) och en konventionell byggnad (vänster). (Källa: Passivhaus Institut)

Utvecklingen har varit mer dämpad i Nordamerika jämfört med i Europa, troligen främst på grund av att forskningsresultat och övrig litteratur om ämnet huvudsakligen är på tyska. Dessutom var värmeåtervinnare och värmepumpar (en betydande komponent hos ett passivhus) relativt ovanliga produkter, åtminstone i USA jämfört med Europa. År 2008 gick det fortfarande inte att tillgodoräkna sig användandet av en värmepump när man ska energiklassificera sin byggnad (Rosenthal, 2008).

2 Passivhus i Sverige och dess krav

Idag finns det uppskattningsvis över 15, 000 passivhus runt om i världen (11th International Conference on Passive Houses, 2007). De flesta finns i Tyskland och Österrike men en betydande andel finns också i Sverige. De skärpta kraven på nybyggda svenska hus var, som beskrivs i tidigare kapitel, en faktor som gjorde att passivhuset utvecklades. Man har sedan dess infört krav i Sverige som gäller specifikt för passivhus. Dessa krav är frivilliga men måste uppfyllas för att en byggnad ska bli klassad som passivhus.

Kraven har utarbetats av "Forum för Energieffektiva Byggnader", förkortat FEBY, och gäller främst för nybyggnation men kan också gälla för renovering av befintliga byggnader till passivhus. Det sistnämnda har dock få exempel i Sverige (Blomsterberg, 2009).

Det finns även krav vad gäller marknadsföring av byggnader då termen "Passivhus" annars kan användas på ett felaktigt och missvisande sätt. Man skiljer här på orden:

- "Projekterad för passivhus enligt FEBY", dvs. byggnaden är i teorin klassad som ett passivhus.
- "Verifierat passivhus enligt FEBY", där byggnaden genom olika metoder för mätning är ett verifierat passivhus när den är färdigbyggd och i drift (FEBYa, 2009).

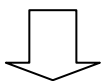
Kraven finns för att minska behovet av den energi som krävs för att värma huset och på ett sätt effektivisera komforten. Mängden förbrukad energi ska alltså minskas samtidigt som den termiska komforten bibehålls eller ökas. Observera dock att termen passivhus inte syftar till en byggnad som inte kräver någon aktiv uppvärmning under någon del av året. Den skall dock, enligt FEBYS funktionella kravspecifikation för passivhus, vara så liten att uppvärmningen vid behov kan ske via hygienluftsflödet vars temperatur i så fall högst får vara 52°C. Att välja att faktiskt ha uppvärmning via hygienluftflödet är ytterst frivilligt och kan ersättas eller kombineras med radiatorer, golvvärme eller dylikt. (FEBYa, 2009)

2.1 Kvalité och värde på energi

Det finns också krav på resurseffektiviteten i byggnaden. Vilken typ av energi och hur mycket av den som används vid uppvärmning behandlas i kriterierna för passivhus. FEBY ger råd om hur byggaren och brukaren kan hjälpas åt för att minska energiförbrukningen och effektivisera användandet av energi. Dessa råd kallas för energieffektiviseringstrappan, en enkel checklista för hur effektiviseringsprocessen kan gå till (FEBYc, 2009):

Byggaren (Projektering och byggnation)

- 1) Effektivisera prestandan på byggnaden.
- 2) Effektivisera systemen som används i byggnaden

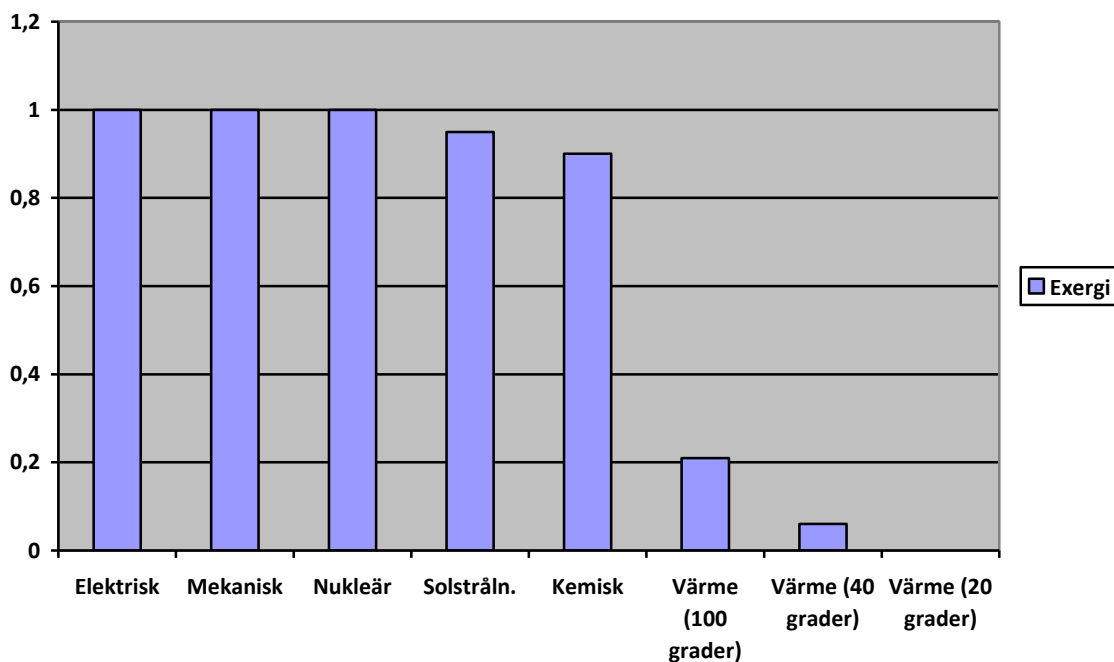


Brukaren (Den löpande driften av byggnaden)

- 3) Minska energiförbrukningen genom ändrat beteende
- 4) Ändra leverantör av energi till en som tillhandahåller miljömässigt bättre alternativ

Det finns även en rangordning av energiformerna efter deras "kvalité". Det är t.ex. allmänt känt att en person kan uträtta fler saker med 1kWh elektrisk energi än med 1kWh värmeenergi. Detta beror på att den elektriska energin kan omvandlas till andra typer av energi, t.ex. rörelseenergi innan samma energimängd omvandlas till värme, som är den lägsta formen av energi. Således vet vi att det går att rangordna olika typer av energi efter deras kvalité som baseras på hur "nyttiga" de är. Hur en sådan rangordning bör se ut och hur de kan jämföras med varandra på ett enkelt sätt är dock en svårare uppgift. Ett försök till detta har gjorts där man använder så kallad exergi- kvalitetsfaktorer på olika energislag (FEBYc, 2009):

Fig. 2.1 En del energislags exergi- kvalitetsfaktorer. Observera att referensen är 20°C termisk energi.



Några exakta beräkningar utifrån dessa värden är dock inte att rekommendera, men det är tydligt att en given mängd elektrisk energi motsvarar en betydligt

större mängd värmeenergi, och det är därför inte rekommenderat att använda elektricitet direkt till värme. Energin kan istället utföra ett nyttigare arbete innan det oundvikligen blir värme i slutändan. Därför har man infört så kallade *energiformsfaktorer* som används som multiplikator på den köpta energin så som den definieras i BBR (FEBYc, 2009).

Exergi är alltså ett mått på hur nyttig en energiform är, men det är lika viktigt att veta vilken energikälla som är mest hållbar och miljövänlig. Denna rangordningen är lite enklare att utföra eftersom den tar hänsyn till mängden koldioxid och andra ämnen som frigörs såväl som förnybarheten hos bränslet. Observera att rangordningen sker med det bästa alternativet överst (FEBYc, 2009).

- Sol- och vindkraft
- Vattenkraft
- Förnybara bränslen (biobränsle)
- Semi- fossila bränslen (t.ex. torv)
- Icke- förnybara bränslen (t.ex fossila bränslen och kärnenergi)

Att kärnenergi hamnar i klassen icke-förnybara bränslen är dock omdiskuterat eftersom bränslet uran visserligen inte är förnybart, men har en teoretisk hållbarhet i tusentals år och går inte riktigt att jämföra med fossila bränslen ur miljösynpunkt då metoden inte frigör någon koldioxid till atmosfären (Carl-Eric, 2004).

Klassningen ovan används för att fastställa något som kallas för *energiformsindex*. Det är inte ännu implementerat i systemet för att beräkna mängden köpt energi men är ett förslag på hur man kan ta hänsyn till det hållbara och miljömässiga perspektivet när man beräknar energimängden (FEBYc, 2009).

2.2 Krav för passivhus

Konkreta krav på byggda och projekterade passivhus ställs i dokumentet *Mätning och Verifiering* samt *Kravspecifikation för Passivhus* som utfärdas av Forum för Energieffektiva Byggnader. I dokumenten ges exempel på hur kraven kan verifieras utifrån leverantörers uppgifter eller diverse mätningar. Här följer ett utdrag ur detta dokument:

Tabell 2.1 Krav och exempel på verifiering

Krav	Värde	Passivhus verifikat
Fönster	U-värde <0,90	Leverantörsuppgift
Ljudklass	Klass B	Mätning – eller dokumentation på ljudprojektering.
Tilluftstemp.	Max 52°C	Projekteringsvärde
Täthet	< 0,3 l/s,m ²	Mätning
Effektkrav	< xW/m ²	Kalkyl + dokumenterade indata - Effektförlustmätning
<u>Rekommenderade prestanda</u>		
Energi	< x kWh/m ²	Kalkyl + dokumenterade indata – Energimätning
Inneklimat sommar		Förenklad kalkyl eller fördjupad. – Enkät
Fuktsäkert byggande		Fuktsäkerhetsbeskrivning

Källa: FEBYb, 2009

De värden som är aktuella i denna rapport är fönster, tilluftstemp, energi och inneklimat sommar. Faktorer som fuktsäkert byggande och ljudklass är inte aktuella i rapporten. Vidare är värdet på täthet en faktor som beror till stor del på brister i själva byggprocessen och kan inte säkerställas förrän efter byggnaden står klar.

För fönster ska u-värdet ha räknats fram av ett ackrediterat provningslaboratorium enligt standard SS-EN ISO 12567-1 för ett fönster inklusive fönsterkarm, glas och båge. Detta gäller då för ett representativt fönster på exempelvis 12x12 m. För övriga storlekar på glaspartier ska beräkningar utföras enligt SS-EN ISO 10077-1. När det kommer till mätning och verifiering av byggnadens energiegenskaper när den står klar, måste energianvändningen kunna läsas av separat för värmeenergi, fastighetsel och tvättstuga. El till tvättstuga ingår inte i gruppen fastighetsel, vilket bör observeras. Vidare måste all betydande energianvändning som äger rum utanför klimatskalet kunna mätas separat då spillvärmens från denna inte kommer uppvärmningen till godo (FEBYa, 2009), (FEBYb, 2009).

Vid en byggstart skall alltså bevis ha tillhandahållits att byggnaden preliminärt uppfyller kraven för passivhus- certifiering (FEBYb, 2009):

- Effekt- och energikalkyl
- Ljudberäkning
- Utbildningsintyg (frivilligt tills vidare)

- Inneklimatkalkyl
- Fuktsäkerhetsbeskrivning

I effekt- och energikalkylen kan en rad enkla antaganden göras. Användningen av elektricitet i byggnaden alstrar spillvärme och således kan man anta följande enligt FEBY:

- 100% av spillvärmerna från alla pumpar, fläktar (i tilluften), ackumulatorer, lampor och VVC (varmvattencirkulation) som är placerade inne i byggnaden tillgodogörs i värmebehovet.
- 80% av spillvärmerna från fläktar i frånluften om de är placerade före värmeväxlaren, annars är det 0%.

Man ger även rådet att minska spillvärmerna hos vitvaror och dylikt, vilket i sin tur gör att A-klassade vitvaror och lågenergilampor är ett bra alternativ för att uppnå detta. Detta minskar även önskad uppvärmning under årets varmare delar och kan spara in på den energi som krävs för att kyla byggnaden i de fall detta är nödvändigt (FEBYb, 2009).

När det kommer till kraven för energianvändning varierar kraven för olika platser i Sverige. De tre olika zonerna representerar Sverige från nord till syd, där zon III är den sydligaste och mest aktuell för denna rapporten eftersom vår valda plats är Helsingborg, Skåne

Tabell 2.2 Effektbehov för uppvärmning vid dimensionerande utetemperatur.

<p><i>Krav</i></p> <p><i>Effektkrav bostäder och lokaler:</i></p> <p>zon III</p> <p>zon II</p> <p>zon I</p> <p><i>Effektkrav för mindre en- och tvåfamiljshus < 200 m²/bostad:</i></p> <p>zon III</p> <p>zon II</p> <p>zon I</p>	<p>$P_{max} = 10 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$</p> <p>$P_{max} = 11 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$</p> <p>$P_{max} = 12 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$</p> <p>$P_{max} = 12 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$</p> <p>$P_{max} = 13 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$</p> <p>$P_{max} = 14 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$</p>
--	---

Källa: FEBYb, 2009

För att beräkna det viktade totala energibehovet hos en byggnad används följande formel med de tidigare beskrivna energiformsfaktorerna som multiplikatorer för de olika energikällorna:

Formel 2.1

$$E_{viktad} = \sum (e_{el} * E_{el} + e_{fv} * E_{fv} + e_{bp} * E_{bp} + e_{s,v} * E_{s,v}) \leq E_{krav} \text{ kWh}_{viktad}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$$

E_{el}, e_{el} Levererad elenergi, respektive energiformsfaktorn för el.

E_{fv}, e_{fv} Levererad fjärrvärme, respektive energiformsfaktorn för fjärrvärme.

E_{bp}, e_{bp} Levererad energi i form av värmevärdet i ett biobränsle, respektive energiformsfaktorn för biobränsle.

$E_{s,v}, e_{s,v}$ Levererad sol- och vindenergi, respektive energiformsfaktorn för sol- och vindenergi.

I kapitel 2.1 beskrivs hur olika energiformer är bättre än andra ur hållbarhetsperspektiv. Detta visar sig i BBRs energiformsfaktorer som ska användas i samband med beräkningen av energibehovet hos en byggnad. Dessa energiformsfaktorer är olika för de 3 olika zonerna. Köpt elektricitet, som har ett stort nyttigt värde, har i zon III en energiformsfaktor på $e_{el} = 2$. Biobränsle och fjärrvärme är mer hållbara och har således en energiformsfaktor som är $e_{fv} = e_{bp} = 1$ för alla zoner. När det kommer till elektricitet producerad av vind- eller solkraft på den egna tomten är man mer generös och har därför satt energiformsfaktorn på denna till "gratis", dvs. $e_{s,v} = 0$ (FEBYa, 2009), (FEBYc, 2009).

Kraven som gäller allmänt för bostäder gäller självfallet även för passivhus och därför ska kraven på köpt energi och klimatskärmens egenskaper enligt Boverkets Byggregler (BBR 16, BFS 2008:20 i skrivande stund) alltid uppfyllas. Dessa krav är relativt lågt satta för ett passivhus då de är generella för alla nya byggnader i Sverige:

Tabell 2.3 Energikrav enligt BBR för bostäder med annan uppvärmning än elvärme.

Klimatzon	I	II	III
Specifik energianvändning (kWh/m ² A _{temp} och år)	150	130	110
Genomsnittligt U-värde (W/m ² K)	0,5	0,5	0,5

Tabell 2.4 *Energikrav enligt BBR för bostäder med elvärme.*

Klimatzon	I	II	III
Specifik energianvändning (kWh per m ² A _{temp} och år)	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning (kW)	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,035(A _{temp} - 130)	0,030(A _{temp} - 130)	0,025(A_{temp} - 130)
Genomsnittligt U-värde (W/m ² K)	0,40	0,40	0,40

Speciellt för tabell 2.3 är att värdena för en byggnad kan tillåtas överskrida de nämnda kraven med upp till 20% om speciella omständigheter råder. Sådana speciella omständigheter kan vara om byggnaden är av kulturell betydelse och att energikraven av den anledningen inte kan uppfyllas. En annan omständighet kan vara att den underliggande geologin eller omgivningen inte tillåter installation av värmepump eller att omständigheterna inte gör det realistiskt att installera fjärrvärme eller biobränsleförbrännare.

Några egentliga krav på maximalt tillförd energi finns dock inte specifikt för passivhus, men FEBY tillhandahåller råd och rekommendationer angående detta, som förklaras i nästa kapitel (BBR 16, 2009), (FEBYa, 2009).

2.3 Rekommendationer och råd

FEBY ger ut råd som man i projekteringsstadiet med enkelhet kan välja att följa för att uppnå de övriga energikraven för passivhus, samtidigt som en god energihushållning och miljötänkande efterföljs.

2.3.1 Ventilation

Ventilationssystemet anses ofta vara själva hjärtat i ett passivhus (åtminstone ur energisynpunkt) då det dels ser till att den värme som ventileras ut återvinns i den luften som ventileras in. Därtill kommer att den ytterligare värme som huset kan tänkas behöva tillförs även den via ventilationen.

För ventilationssystemet ges rådet att ett kombinerat från- och tilluftssystem används. På så vis kan en ventilationsvärmeväxlare användas som reducerar ventilationens systemförluster. De rekommenderade egenskaperna på en sådan värmeväxlare ligger på minst 70% återvinning av värmen i frånluften jämfört med samma byggnad med endast ett frånluftssystem utan värmeväxlare. En återvinning på 70% är tämligen låg i dagsläget där de flesta värmeväxlare på marknaden uppges ha en återvinning på 80-90%. Ventilationssystemet bör även ha ett SFP-värde (elenergiåtgång per m³ luft som ventileras) på högst 1,5 kW/(m³/s) (Fresh, 2010), (FEBYa, 2009).

2.3.2 Varmvatten

För varmvatten finns det råd om att resurseffektiva ettgreppsblandare installeras. Ett exempel kan vara en blandare där stor vridning åt det "varma" hållet krävs för att kunna få ut varmvatten. Detta begränsar mängden oavsiktlig varmvattenanvändning i hushållet.

2.3.3 Energianvändning

I tidigare kapitel återfinns kraven för den totala energi som får användas till en bostad. De är generella för alla nya svenska bostäder, men det finns än så länge endast rekommendationer som gäller specifikt för passivhus. Dessa rekommendationer är enligt följande (FEBYa, 2009):

Tabell 2.4 Råd för maximal mängd köpt energi för bostäder, beräknat enligt formeln för viktad köpt energi.

Zon	Rekommendation, $E_{viktad} \leq x$ (kWh _{viktad} /m ² A _{temp+garage})
Zon I	68
Zon II	64
Zon III	60

Det finns även alternativa råd som är enklare i de fallen bostaden är uppvärmd med enbart elvärme eller enbart en annan form av uppvärmning. Formeln för att få fram E_{viklad} är mer anpassad för en bostad där uppvärmningssystemet är en hybrid av olika energikällor. Rekommendationerna för ett renodlat system ser enligt FEBY ut som följande (FEBYa, 2009).

Tabell 2.5 Råd för maximal mängd köpt energi för bostäder med renodlade system för energiförsörjning.

Zon	Rekommendation, $E_{köpt} \leq x$ ($kWh_{köpt}/m^2 A_{temp+garage}$)	Energiförsörjning
Zon I	58	Icke elvärmade byggnader
	34	Elvärmade byggnader
Zon II	54	Icke elvärmade byggnader
	32	Elvärmade byggnader
Zon III	60	Icke elvärmade byggnader
	30	Elvärmade byggnader

2.3.4 Termisk komfort

Vid fallet termisk komfort är kraven i bästa fall diffusa när det kommer till höga temperaturer vid årets varmare delar. Dock finns det rekommendationer som gäller för passivhus och så kallade "nollenergihus" där temperaturen under perioden april - september inte bör överstiga 26 grader mer än högst 10% av perioden april-september i det mest utsatta utrymmet av byggnaden. Detta är speciellt viktigt vid större glaspartier i byggnaden där operativ temperatur vid DUT (ortens dimensionerande utetemperatur) bör beräknas för att temperaturen inte ska upplevas som för hög (FEBYa, 2009).

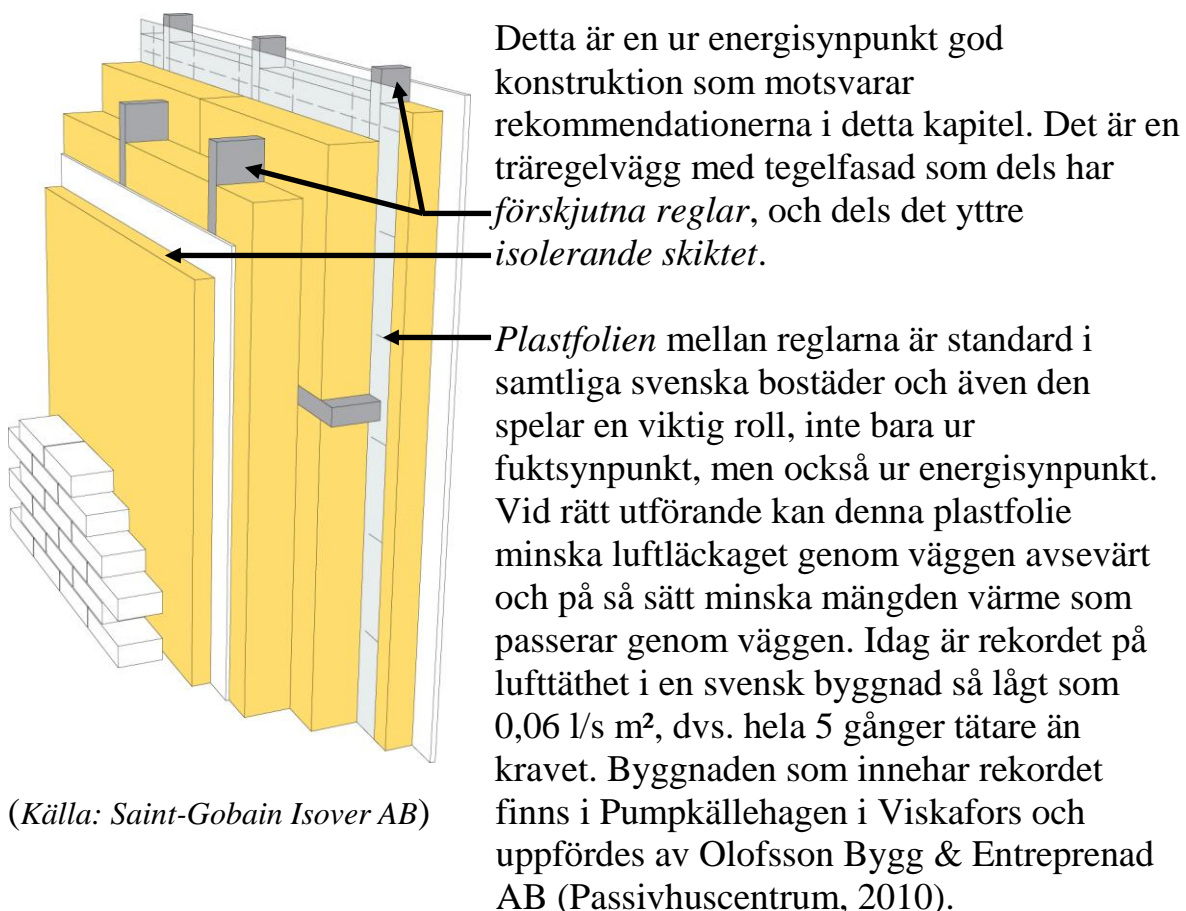
2.3.5 Fönster

Val av fönster och fönsterstorlek är ofta en balansgång mellan en byggnads energieffektivitet och hur det upplevs av brukarna. Ett fönster har generellt ett högre U-värde än väggarna, taket och grunden och släpper således ut värme i större utsträckning. Det upplevs samtidigt som trivsamt för brukarna att ha en stor fönsterarea som släpper in ljus och ger en känsla av rymd även i en liten bostad. Några rekommendationer angående fönsterarea har dock inte lämnats ut av FEBY, men enligt en studie av ett antal passivhus som redan existerar i Sverige, ligger fönsterarean på 15-17% av den totala golvarean. I samma studie anges siffran 15% som normen bland svenska passivhus (Blomsterberg, 2009).

2.3.6 Isolering

Ett välkonstruerat passivhus i Sverige har sedan länge haft ett väl isolerat klimatskal som således har ett lågt U-värde. Klimatskalet hos ett passivhus brukar i snitt bestå av 500 mm isolering i tak, 400 mm isolering i ytterväggar och 300 mm isolering under byggnaden. Jämfört med byggnormen i Sverige är detta dubbelt så mycket isolering, och därtill kommer att passivhus i regel är tre gånger så täta som byggnormen föreskriver (Passivhuscentrum, 2010).

Det räcker dock inte bara med att ha ett välisolerat klimatskal. Så kallade köldbryggor kan lätt försämra dess U-värde och därför rekommenderas inte att använda genomgående bärande element så som trä- eller stålreglar. Man bör istället använda två eller flera lager regler som är förskjutna i förhållande till varandra för att inte få oönskade köldbryggor. Därtill är det rekommenderat att slutligen ha ett lager isolering som inte innehåller några andra element förutom just isolering. Detta lager behöver inte vara speciellt tjockt och tjänar som den slutgiltiga spärren för köldbryggor. Se bild nedan för exempel:



3 Problem med passivhus

Passivhus är ett relativt nytt fenomen när man ser på byggbranschens långa historia. Med nya metoder och uppfinningar kommer alltid nya problem som är förknippade med dessa som måste övervinnas. Så är även fallet med passivhus och i detta kapitel utreds de huvudsakliga problemen som branschen ställs inför.

Det troligtvis största problemet hos passivhus idag ligger hos själva byggbranschen. Ett inbyggt fel i en byggnad är oftast dyrt och komplicerat att rätta till för både brukaren och byggaren. Därtill kommer det faktum att ett fel i en byggnad är svårt att upptäcka innan det är för sent. Dessa faktorer har över lång tid gjort att byggbranschen har utvecklats till en mycket konservativ bransch och det är resultatet av en riskbedömning som styr vilka projekt man vill åta sig. Studier visar exempelvis att platschefer inom byggbranschen tenderar att ta mindre risker och har mindre behov av omväxling och förändring än chefer inom många övriga branscher. Man vill inte gärna bygga med nya metoder och material som inte är väl beprövade och håller sig då till det man redan använder. Detta gör i sin tur att begreppet passivhus har tagit relativt lång tid på sig att etablera sig som produkt på marknaden. Samtidigt kräver byggandet av ett passivhus en mycket större kompetens hos byggföretaget för att det ska få ett korrekt utförande som stämmer överens med kraven för hur ett passivhus ska fungera (Simu, 2009), (Sveriges Arkitekter, 2010).

Ett annat problem, som oftast går hand i hand med kompetensen hos den som bygger passivhus, är att byggnadens tätskikt måste ha rätt utförande och uppfylla sin funktion. Som jämförelse kan det nämnas att ett passivhus generellt tål att ha en total otäthet på ungefär en handflatas storlek, vilket är ca. 1000 spikhål. Detta kan låta som ett mildt krav med tanke på att den genomsnittliga brukaren inte kommer spika upp så många tavlor under byggnadens livslängd. Å andra sidan låter det som ett hårt krav för den som ska bygga huset, speciellt när elektrikern kommer i efterhand och ska dra kablage och dyligt. Här är det extra viktigt att entreprenören och samtliga underentreprenörer arbetar tillsammans för att säkra kvalitén i hela ledet av byggnadsfasen så att alla kraven uppfylls (Sveriges Arkitekter, 2010).

Den termiska komforten är också ett omdiskuterat problem rörande passivhus. Det beskrivs i tidigare kapitel att det i projekteringsstadiet måste säkerställas huruvida det kommer bli för varmt på grund av solinstrålning i vissa utsatta delar av huset. Detta är orsakat av att värme som strålar in genom fönster i ett passivhus på sommaren inte försvinner i samma takt jämfört med ett konventionellt hus vilket kan störa den termiska komforten och de boende

anser att det blir för varmt. För kallt kan det också bli eftersom husets temperatur upprätthålls av brukarens aktiviteter. Detta visas i en forskningsrapport rörande passivhus i Lindås Park utanför Göteborg. Här har EFEM Arkitektkontor ritat lågenergiradhus och dessa har sedan utvärderats utifrån de boendes egna åsikter i en empirisk studie gjord för Linköpings Universitet. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut har även utrett byggnaden ur ett tekniskt perspektiv. Det man kom fram till var att de boende överlag ansåg att bostäderna såväl området de befann sig i var trivsamma. Dels var en stor majoritet av de tillfrågade nöjda med att ljudförhållandena mellan radhusen var över förväntan, samt att luftkvalitén och den termiska komforten var hög. Några problem de boende hade anmärkningar på var i hög grad förknippade med den enskilda utformningen av radhusen och inte det faktum att de var passivhus. Dessa problem var exempelvis att det var lyhört inom bostaden samt att förråden inte var isolerade från början. Andra problem som vissa hade upplevt hade dock en korrelation med passivhusen i sig. Det var nämligen så att de bostäder som låg i radhusens utkanter hade en mycket mer ojämn temperatur än de bostäder som hade radhus vid båda sidorna. Här var den termiska komforten det största problemet då man ansåg att temperaturen var för låg i badrummet på ovanvåningen och att golven på nedanvåningen kändes kalla. Problem ansågs även uppstå efter en tids inaktivitet då familjen exempelvis hade varit på semester. Då blir värmeproduktionen kraftigt nedsatt och temperaturen sjunker som en följd av detta, speciellt under vintermånaderna. Värmebatteriet i ventilationssystemet är inte utformat för en längre avsaknad av värmeproduktion från familjens aktiviteter och den termiska komforten är då låg när familjen återvänder. Det kan sedan ta uppemot ett dygn innan temperaturen är återställd till komfortabla nivåer igen. Vissa ansåg även att temperaturen var ojämn i bostaden, främst beroende på att värmealstrande apparater var olika fördelade i bostaden och temperaturen blev således olika hög beroende på var i bostaden man befinner sig. (Boström, Glad, Isaksson, Karlsson, Persson, Werner, 2003), (Jensfelt, 2005).

Problemet i Lindås var också att mängden total köpt energi hade överskridit byggnadernas målvärden, främst på grund av att den projekterade temperaturen ansågs av de boende vara för låg (20°C som idag är standard vid projektering). En del sade sig vilja ha 23°C och vissa nöjde sig med 20-21°C och de boende hade således köpt extra radiatorer för att få upp temperaturen. Temperaturer över 20°C betraktas dock i studien inte som nödvändigt och det konstateras därför vid utvärderingen att energiförbrukningen kan minskas genom att ändra de boendes vanor samt att använda sig av mer energieffektiva vitvaror för att på så vis få ner inomhustemperaturen till den projekterade temperaturen på 20°C och på så vis uppnå de målvärden man hade vid

projekteringen av radhusen (Boström, Glad, Isaksson, Karlsson, Persson, Werner, 2003) , (Ruud, Lundin, 2004).

Ett något motsägelsefullt problem med passivhus är, i vissa fall, att de helt enkelt förbrukar för lite energi. Det menas från energibolagens håll att passivhus förbrukar så lite energi att det inte är ekonomiskt hållbart att bygga ut energiförsörjning till områden med bara passivhus. Detta visar sig i ett fall i Luleå där det kommunalt ägda bolaget Luleå Energi AB har vägrat bygga ut fjärrvärmenätet till flera passivhus av den anledningen att det inte är lönsamt. Det har även varit liknande problem med elförsörjningen till nybyggda passivhus i Luleå. Situationen sägs bero på att det så kallade stamnätet för el och fjärrvärme är förhållandevis glest i områden som Norrland. Det gör att det blir extra dyrt att bygga ut stamnätet mot enskilda platser i kommunerna, speciellt när byggnadernas energibehov inte är särskilt stort. Problemet finns inte i syd- och mellersta Sverige då stamnäten för el och fjärrvärme där är mer utbyggda. Det kan dock uppkomma problem även där om det beslutas att passivhus ska byggas på en enskild plats långt från det befintliga stamnätet. Exempel på en sådan situation finns dock inte idag (Ericson, 2008).

Passivhus är också ofta dyrare att investera i, vilket avskräcker många blivande köpare eller byggare av passivhus. Det blir dock svårt att jämföra ett existerande passivhus med ett existerande konventionellt hus då de båda är unika ur många aspekter och jämförelsen blir då orättvis. Jämförelsen kan dock ske genom att jämföra byggkostnaden per kvadratmeter. Här har man kommit fram till att vissa passivhus är lika dyra att bygga som konventionella hus, men att det generellt är så att passivhus kostar några procent mer att bygga (Bolminger, 2007).

Investeringskostnaden anses dock som försumbar när man börjar titta på de extra besparingar man gör med passivhus. Enligt en rapport med LCC-beräkningar av ett höghus som går under namnet "Hamnhuset" i Älvstaden får man tillbaka den extra investeringskostnaden inom 15 år i form av besparingar jämfört med samma hus i konventionellt utförande (Bolminger, 2007).

Alla problem i detta kapitel har visat sig vara ett hinder för framtida passivhusbyggande. Det man har kommit fram till från olika håll är dock att dessa problem är långt från oöverkomliga. Vissa problem är till och med bara problem på kort sikt (som den extra investeringskostnaden) och är därför av den naturen att de löser sig själva med tiden. När det kommer till den oekonomiska utbyggnaden av stamnäten för energiförsörjning är detta en fråga som måste behandlas på kommunal och statlig nivå. Huruvida det blir fråga om skattelättnader eller bidrag till energibolag för att bygga ut stamnäten till

passivhus, eller om landsbygden helt enkelt blir fri från passivhus, är upp till framtiden att avgöra.

4 Introduktion till ett nytt passivhus

Med all historia, krav, rekommendationer och problem som är förknippade med passivhus i åtanke, är det dags att utforma ett nytt passivhus som är både energieffektivt och komfortabelt. Därtill kommer alla de krav som ställs av dagens konsument när man ska köpa en ny och modern villa.

4.1 Designprocessen inleds

Det första man alltid bör göra innan man börjar designa en byggnad är att sätta sig ner och tänka över vilka husets brukare kommer vara, vilka förutsättningar man har, hur tomten ser ut och hur vilka estetiska önskemål som finns. Detta görs för att hitta problem och integrera önskemål/krav i designen så tidigt som möjligt. Detta har gjorts och resultatet blev följande.

4.1.1 Brukare

Eftersom vi inte skapar en villa till en riktig familj har vi skapat en fiktiv familj som ska representera en genomsnittlig familj i Sverige idag. Familjen består av två vuxna och två barn.

4.1.2 Tomten

Vi valde att använda en fiktiv tomt utanför Helsingborg i nord-västra Skåne. Jorden under Helsingborg utgörs av en blandning av sand, lera och grus där postglacial sand är den mest dominerande jordarten. Lera och sand är goda jordarter ur energisynpunkt då de leder värme från grunden sämre än exempelvis berg. För en mer detaljerad karta över Helsingborgs jordmån, se Bilaga 1 (Sveriges Geologiska Undersökning, 2010).

4.1.3 Program

Vi sammanställde en lista med vad vi tyckte skulle integreras i designen och vad som skulle vara med:

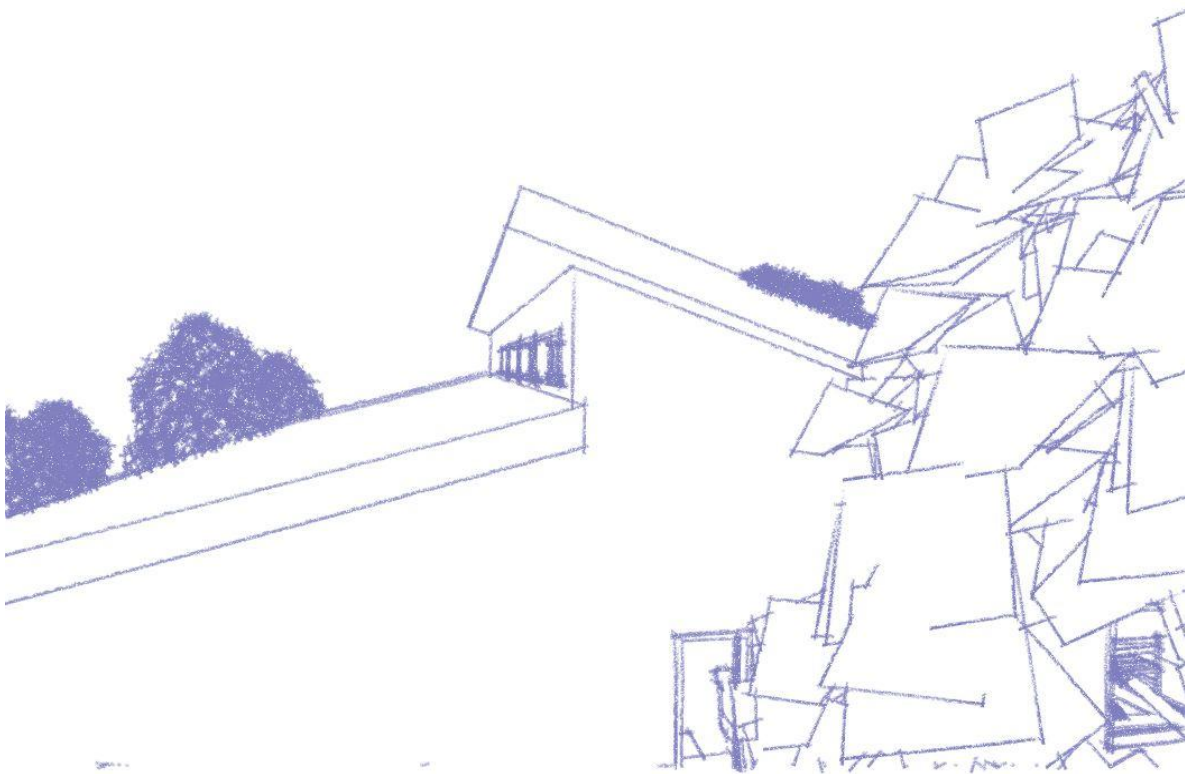
- 3 sovrum varav 1 stort till föräldrarna och 2 lite mindre till barnen.
- Hjärtvägg i mitten av huset för att underlätta skapandet av öppna ytor. Detta underlättar även konstruktionsprocessen och gör på så vis byggnaden mer ekonomiskt hållbar.
- 1 stort badrum och eventuellt 1 lite mindre i föräldrarnas sovrum.
- Solskydd för fönster eller fönster med solskyddsglas. Detta för att minska mängden strålningsenergi som strömmar in i byggnaden under

årets varmare perioder.

- Värmeväxlare samt ett direktverkande elbatteri till ventilationen med ett FTX- system, som är vanligast hos majoriteten av passivhus.
- Trästomme då branschen är väl insatt i arbetet med trä vid villabygge, samtidigt som det är ekonomiskt och mer isolerande än t.ex. stål eller betong.
- Ett så kallat "varmtak" som inte har en uteluftsventilerad vind. Detta för att minska risken för framtida fuktproblem.
- Grunden skall vara platta på mark. Saknar särskild motivering förutom att det är enkelt att bygga samt att vissa alternativ, främst kryppgrund (även kallad torpargrund), har i sin historia varit starkt förknippad med fuktproblem och mögelskador.
- Eventuellt plats till vindkraftverk bör finnas på tomten.
- Så många stora öppna ytor som möjligt. Detta för att minska risken att byggnaden känns för liten. Passivhus har i regel mindre yta per person än konventionella hus då man på så vis kan minska värmebehovet per kvadratmeter (Rosenthal, 2008).
- Öppen planlösning i köket.
- Ett plan för att minimera ytterväggens area i förhållande till golvarean och på så vis minska värmebehovet.
- En golvyta på ungefär 140 kvadratmeter är för familjen acceptabelt.
- Byggnaden bör ha en form som är så nära en kvadrat som möjligt (åter igen för att minska väggarean i förhållande till golvarean) samtidigt som ljusinsläppet inte påverkas negativt i allt för hög grad.

4.2 Villan tar form

När väl huset är definierat utifrån sina viktigaste komponenter och vilka rum samt system som bör finnas, satte vi oss ner med vår examinator Kerstin Barup som är arkitekt. Med hjälp av henne arbetade vi fram en enkel skiss över villan. Det kommer vara en rektangulär, nära kvadratisk villa med sadeltak. Då det är svårt att få bra ljus i mitten av en kvadratisk villa som samtidigt ska ha en begränsad fönstearea, är det en bra lösning att här förskjuta de två takdelarna i höjdlid. Utrymmet som bildas mellan takdelarna kan då användas för placering av fönster som möjliggör ljusinsläpp i mitten av byggnaden och skapar en intressant form hos byggnaden. Ljusinsläppet från dessa fönster sker i vårt fall till det stora rummet i huset som används som kök, matsal och vardagsrum som då släpper in ljus från norr och hjälper till att göra huset ljust och luftigt. Dessa fönster går även att öppna vid händelsen att det blir för varmt i huset på sommaren. Eftersom varm luft stiger är det en praktisk lösning som inte kräver mekanisk vädring.

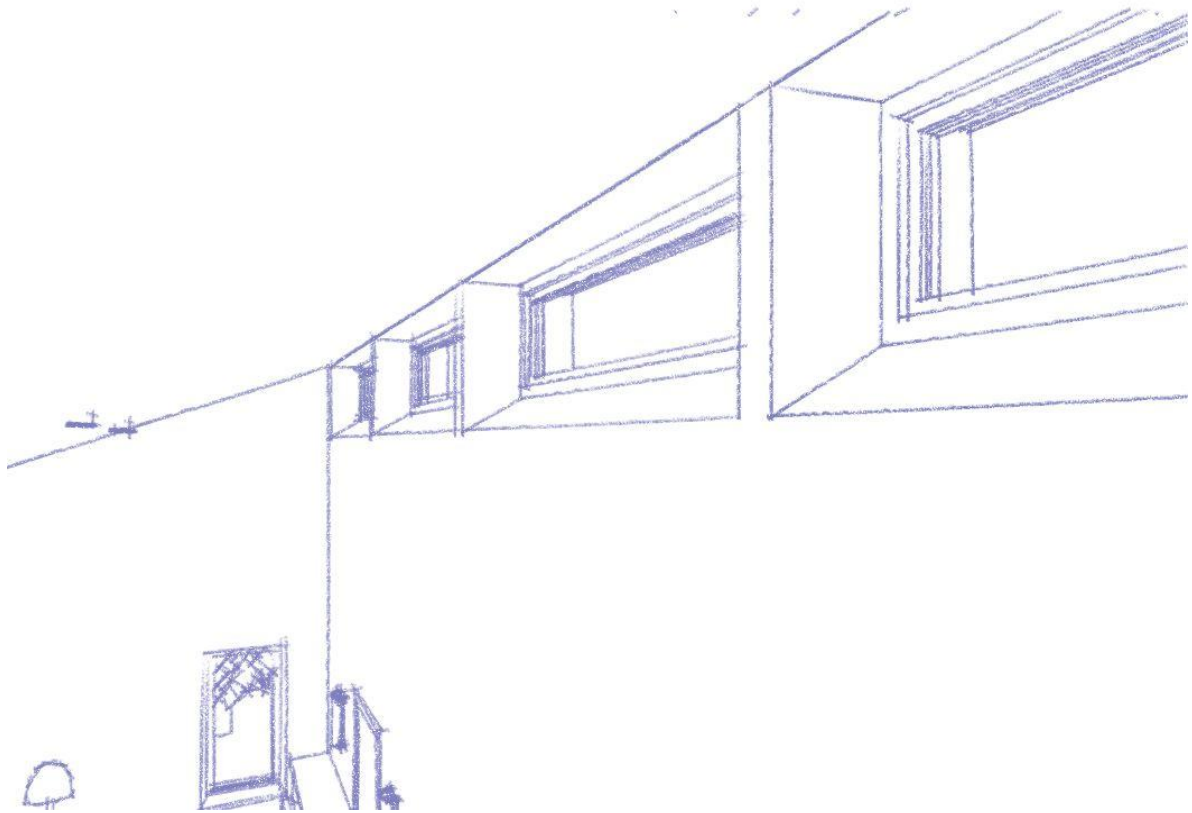


Skiss som visar förskjutningen i höjded på sadeltaket.

Vi har valt att göra alla rum med takhöjden 2,5 meter (minst 2,4 meter enligt BBR) för att skapa en luftig innemiljö med rum som känns lyxiga och moderna.

Eftersom fönsterplaceringen i passivhus är mycket viktig är all fönsterplacering noga genomtänkt för att maximera ljusinsläpp med minimal fönsterarea. Detta får naturligtvis inte göra så att bostaden känns som ett instängt utrymme utan någon kontakt med omgivningen. Vi vill skapa en luftig och ljus villa som känns som ett vanligt hus med den extra egenskapen att det är ett hållbart passivhus. Detta kan man uppnå genom att försöka ha så lite väggar inne i huset som möjligt och maximera de öppna ytorna. Detta bidrar även till att huset känns modernt och lyxigt. Man får dessutom se till att inte ha för smala fönster då fönstersmygen är djup på passivhus. Det kan ofta uppgå till fyra decimeters djup och är fönstret då för smalt kan man endast se fönstret från en liten del av rummet. En positiv effekt av djupa fönstersmygar är att man kan skapa intressanta skuggor och ljussättningar i rum med hjälp av fönstrets placering. Något vi gjort med fönstren i taket i vardagsrummet. Man kan även vinkla smygen till höger och vänster om fönstret för att på så vis skapa en "tratt" för ljuset. Detta för att maximera mängden ljus som en viss area glas kan släppa igenom i ett passivhus. Denna vinkling är gjord på

samtliga fönster i villan, inklusive takfönstren, där vi har valt att även vinkla smygen under fönstret för att maximera spridningen nedåt.



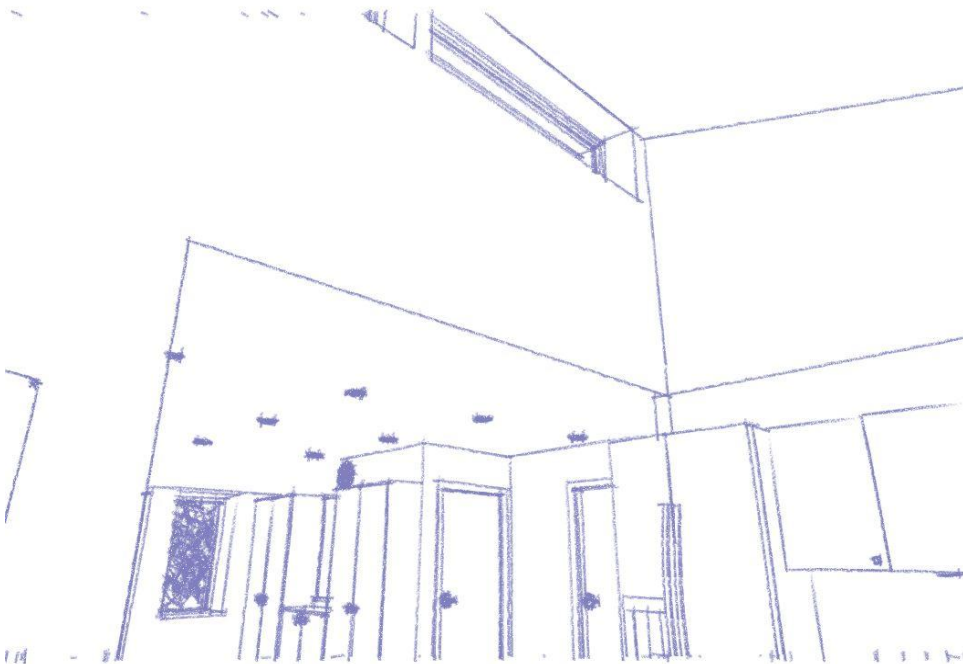
Skiss som visar takfönster med vinklad fönstersmyg för ökat ljusinsläpp.

Vardagsrummet ligger i husets södra del med ett hörnfönster mot syd-väst för att släppa in den varma kvällssolen i rummet samtidigt som det skapar en intressant detalj i fasaden. Eftersom vardagsrummet även är matsal och kök är inredningen mycket viktig och något som vi tänkt igenom noga. Soffgruppen i hörnan skapar automatiskt en gräns mellan matsal och vardagsrum. Köksdörren skapar även den en naturlig avskiljning men mellan kök och resten av rummet. Den skapar även en siktlinje genom huset.



Skiss som visar hörnfönster och delvis vardagsrummet.

Husets entré leder en in i en hall som i sin tur leder till sovrum, badrum samt tvättstuga. Takhöjden är 2,5 meter vilket leder till en dramatisk effekt när man kommer in i vardagsrummet där takhöjden är den dubbla.



Skiss som illustrerar skillnaden i takhöjd mellan vardagsrum och hall.

I tvättstugan finns husets alla maskiner som sköter FTX- ventilationen samt tvättmaskin och torktumlare. Här finns även möjlighet till att tvätta av sig om man har smutsiga ytterkläder eller skor. Detta är bra med tanke på att familjen har barn. Tvättstugans ytterdörr leder ut till parkeringsplatsen och kallförrådet som är friliggande från huset.

Villans väggar är klädda med horisontell svartmålad fjällpanel vilket är relativt underhållsfritt och passar i övrigt väl ihop med byggnadens träkonstruktion. Taket är klätt med mörkröda tegelpannor. Fönster är i naturfärgat aluminium. Vattenavrinningen utförs i zink. Alla dessa kombinationer av svart, vitt och rött skapar ett vackert och modernt utseende som gör byggnadens design mer speciell än majoriteten av befintliga byggnader. Ett företag som riktar in sig på liknande brytningar i färgsättning är det danska företaget Vandkunsten som även visar sina objekt på sin hemsida (För ytterligare läsning, besök <http://www.vandkunsten.com/>).

4.2.1 Konstruktionen

Efter att vi tänkt igenom listan i kap 4.1.3 samt bestämt oss för den arkitektoniska utformningen, började vi titta på vilken konstruktion vi skulle ha i huset. Det är alltid viktigt att inte gå för långt i designprocessen utan att titta på konstruktionsmässiga lösningar för att uppnå den önskade arkitektoniska utformningen. Eftersom vi inte ska göra konstruktionsdokument för projektet har vi för enkelhetens skull inspirerats av moderna men beprövade konstruktioner. U-värdet är beräknat i energiprogrammet VIP+, förutom grundplattan vars värde är modifierat med avseende på underliggande mark. Nedan följer en redovisning av husets olika konstruktioner och dess olika lager (U-värde, $W/m^2 K$, inom parentes).

4.2.1.1 Platta på mark (0, 10)

För en grundkonstruktion är U-värdet inte bara beroende av vad grundkonstruktionen består av. Det är även viktigt att veta vad den underliggande marken består av. I tidigare kapitel beskrivs hur jordmånen ser ut i just Helsingborg och att den där främst utgörs av sand men har också inslag av grus och lera. För enkelhetens skull anger vi därför sand som huvudkomponent i den underliggande marken. Grundens form är också avgörande för hur U-värdet kommer se ut. Vi har därför i efterhand räknat ut U-värdet för grunden (efter att grundplattans form är fastställd) med hjälp av följande formel och tabell:

Formel 4.1

$$B' = A / (0,5 \times P)$$

(Enligt ISO 13370)

A= Plattans area (m²) = 168 m²

P= Plattans omkrets (m) = 52 m

B' **6,46 m**

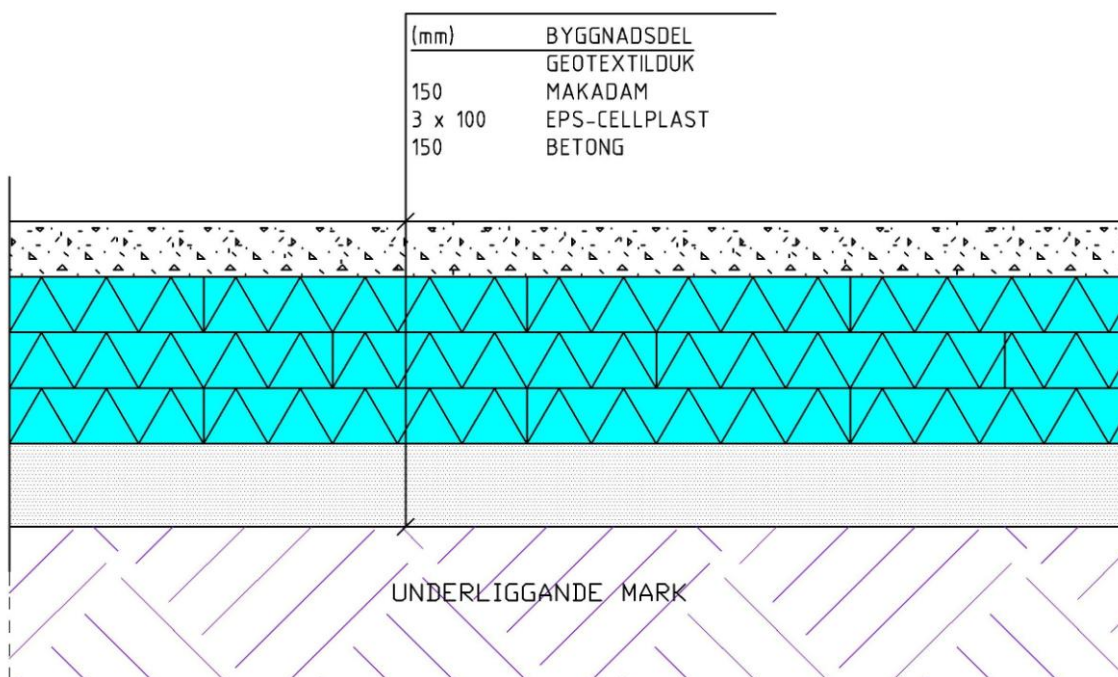
Observera att i formeln ovan används endast måtten för grundplattan under den uppvärmda byggnaden. Ouppvärmda ytor av grundplattor som är friliggande från den uppvärmda ytan är oviktiga i detta fallet.

Tabell 4.1

Tabell för U- värdebestämning, beroende av B' samt jordmån

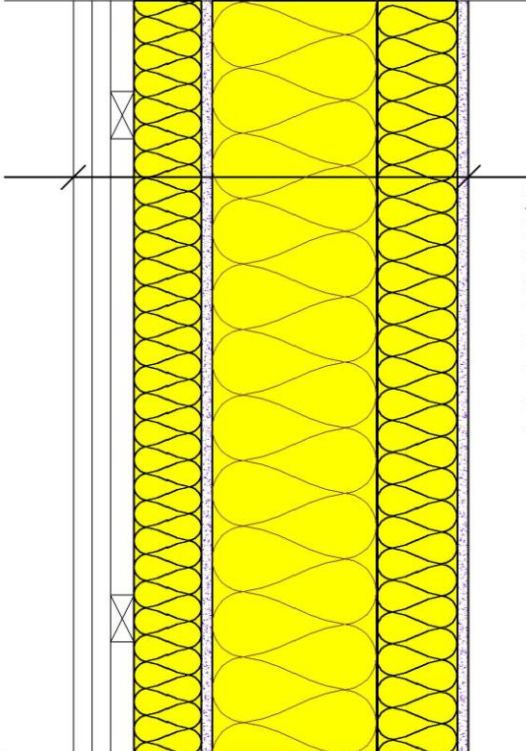
U-värde (W/m ² K)			
B'	Lera, Silt	Sand, Grus, Morän	Berg
0-5	0,10	0,11	0,11
5-10	0,09	0,10	0,11
10-15	0,08	0,08	0,10

En kombination av en sandig jordmån och det faktum att B' ligger mellan 5 och 10 gör att vi slutligen får U-värdet **0,10** (W/m² K). Det bör observeras att detta u-värde fortfarande kan variera beroende på var exakt huset skall placeras. Variationerna i markens värmemotstånd är dock små (som man ser i tabellen) i jämförelse med själva grundkonstruktionens värmemotstånd.



Yttervägg (0,10)

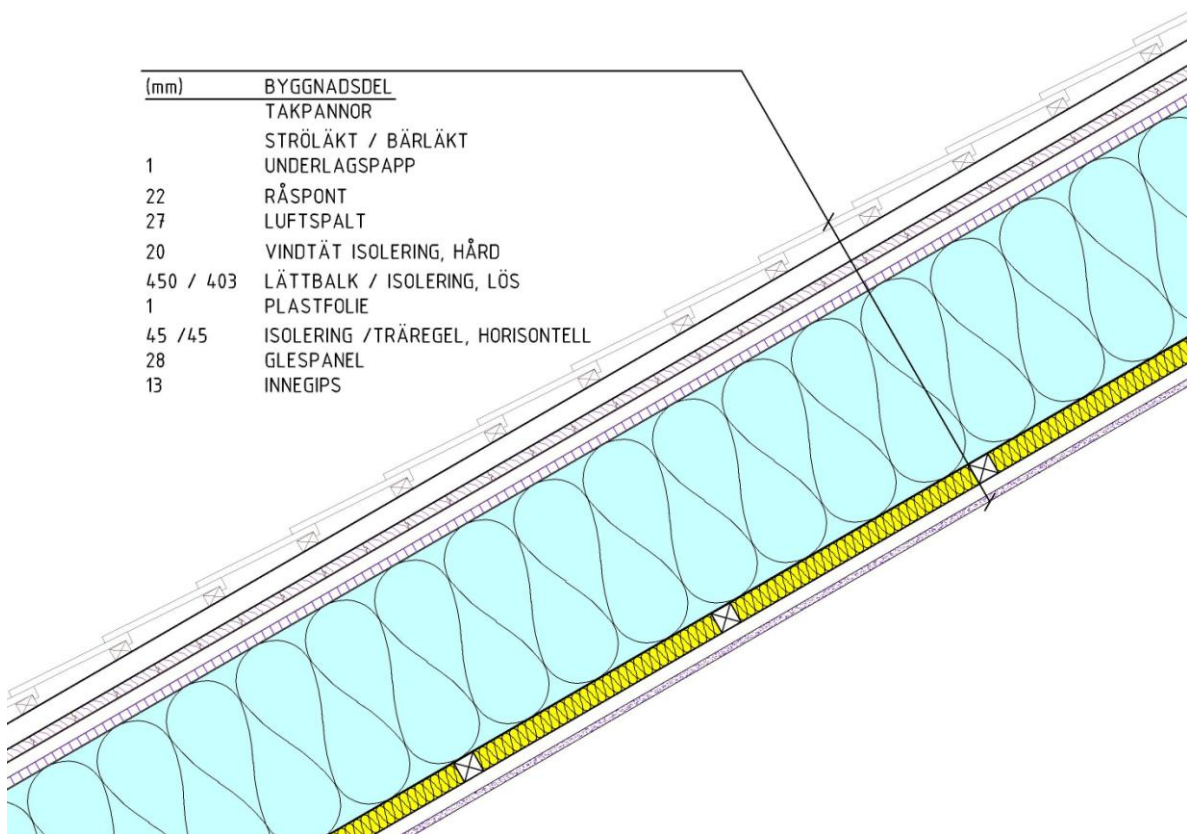
Ytterväggen är uppbyggd på så vis att den är försedd med en yttre- och en inre träregelvägg. På så vis kan de vertikala reglarna förskjutas i förhållande till varandra för att undvika onödiga köldbryggor. Den överensstämmer även med tidigare kapitel där det rekommenderades att använda en isolerande fasadskiva för att ytterligare förhindra köldbryggor.



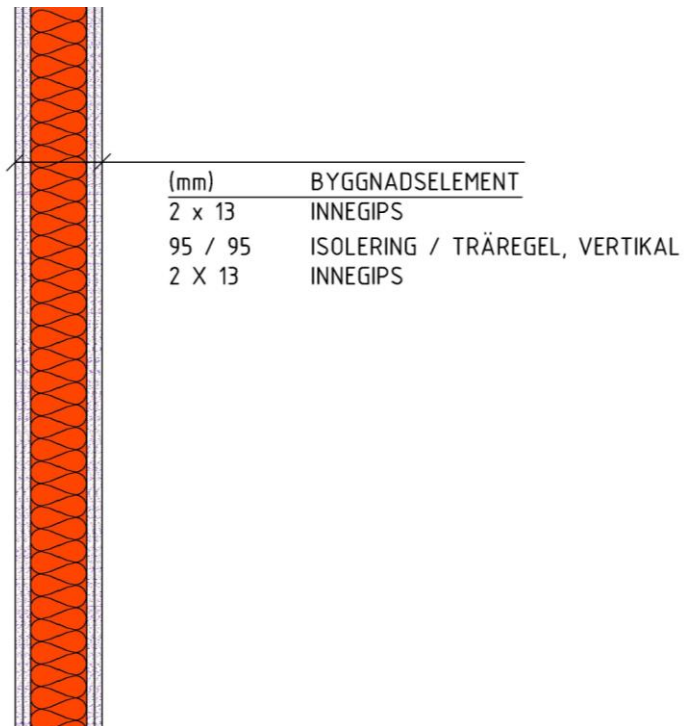
(mm)	BYGGNADSDEL
22+22	FJÄLLPANEL
28	LUFTSPALT
80	FASADSKIVA
13	UTEGIPS (GIPSBASERAD KOMPOSITSKIVA)
195 / 195	ISOLERING / TRÄREGEL, VERTIKAL
1	PLASTFOLIE
95 / 95	ISOLERING / TRÄREGEL, VERTIKAL
13	INNEGIPS

4.2.1.2 Tak (0,08)

Taket är den viktigaste komponenten i en byggnad ur bl.a. energisynpunkt av det naturliga skälet att varm luft stiger uppåt och den varmaste luften kommer således att befinna sig i takhöjd. Det är därför extra viktigt att ha ett välisolerat tak för att förhindra onödiga transmissionsförluster. Villans tak har den mängden isolering som lämpar sig för passivhus där det viktigaste lagret är lättbalkar med mellanliggande lös isolering. Lös isolering har goda egenskaper ur energisynpunkt då det stänger in stora mängder luft i förhållande till sin vikt samt att det är bättre på att fylla ut den volymen som skall isoleras än vad hårdare isolering är. Det bildas med andra ord inga fickor utan isolering i taket, förutsatt att arbetet har utförts korrekt av byggaren. Lös isolering används nästan uteslutande i takkonstruktioner när det kommer till villor.



4.2.1.3 Innervägg



Innerväggens konstruktion är i stort sett oviktig rent energimässigt, men är å andra sidan väldigt viktig med tanke på akustik och brandskydd. Villans innervägg är därför försedd med brandresistent och akustikdämpande isolering som både minskar lyhörddheten i bostaden såväl som den till viss del uppehåller ett brandförlopp om detta skulle inträffa.

4.2.1.4 Fönster (0,8)

Eftersom vi designar ett passivhus får vår fönsterarea vara mer begränsad då även det bästa fönster försämrar byggnadens totala energieffektivitet. Konventionella hus har lägre krav och man kan således skapa en större fönsterarea innan man bryter mot kraven. För att maximera fönsterarean är det brukligt att använda fönster med så lågt u-värde som möjligt i likhet med de övriga byggnadsdelarna. Normalt för moderna passivhus är att fönsterarean är runt 15 % av golvarean (Blomsterberg, 2009). Detta motsvarar ca. 21 kvadratmeter fönsterarea för den aktuella villan förutsatt att önskemålet på 140 m² i bostadsyta är uppfyllt. Detta utesluter såklart inte att mindre fönsterarea än så används om detta är möjligt. Alla fönster i huset har u-värdet 0,8 och är produkter från företaget Elitfönster AB. Produkten går under namnet ”Elit Passiv” och som namnet kanske avslöjar är det ett fönster speciellt utformat för passivhus med minimala inbyggda köldbryggor. Fönstret är ett 3-glasfönster (varav 2 av typen energiglas) med argongas i luftspalterna. Materialen är trä av lamellimmad furu med en utvändig beklädnad av aluminium. Det är även öppningsbart vilket i praktiken är ett måste för passivhus på sommaren (förutsatt att luftkonditionering inte används) då behovet av kylning är stort. (För ytterligare läsning, besök <http://www.elitfonster.se/Archive/Documents/Produktblad/Produktblad%20Passiv.pdf>)

4.2.1.5 Dörrar (0,9)

Dörren vi har valt är en produkt från SWEDOOR och går under produktnamnet ”Puccini”. Det är en stilren vit dörr utan fönster som har ett u-värde som står sig väl i jämförelse med moderna dörrar på marknaden idag. Den lämpar sig därför väl för bland annat passivhus. (För ytterligare läsning, besök http://www.swedoor.se/sv_mof_2010_web_v2.pdf)

5 Presentation av den hållbara villan

En noga utförd designprocess med flera olika faktorer som utseende, fuktsäkerhet, praktisk tillämpbarhet, ekonomi men framförallt energieffektivitet har föranlett denna slutgiltiga presentation av en hållbar villa. Presentationen består av två steg, nämligen ett större avsnitt rörande villans design och ett lite mindre rörande villans konstruktion när det kommer till anslutningar.

5.1 Design

I detta kapitel presenteras den färdiga arkitektoniska utformningen av den hållbara villan i sin helhet. Observera att rubrikerna till kapitlen (förutom kap 5.1.2) hänvisar till namngivningen enligt planritningen.

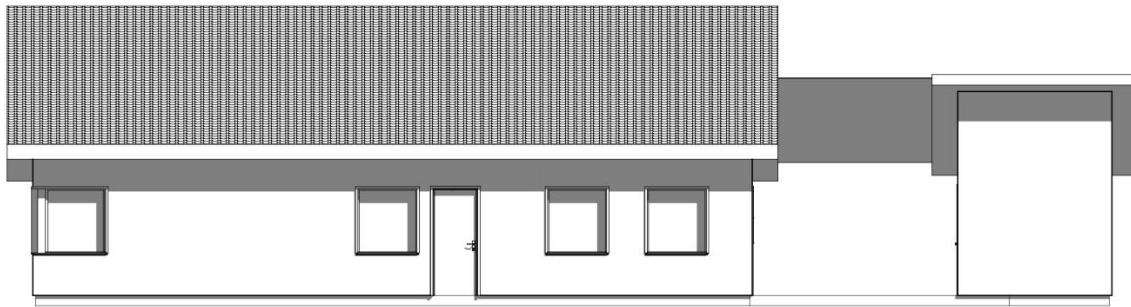
5.1.1 Planritning



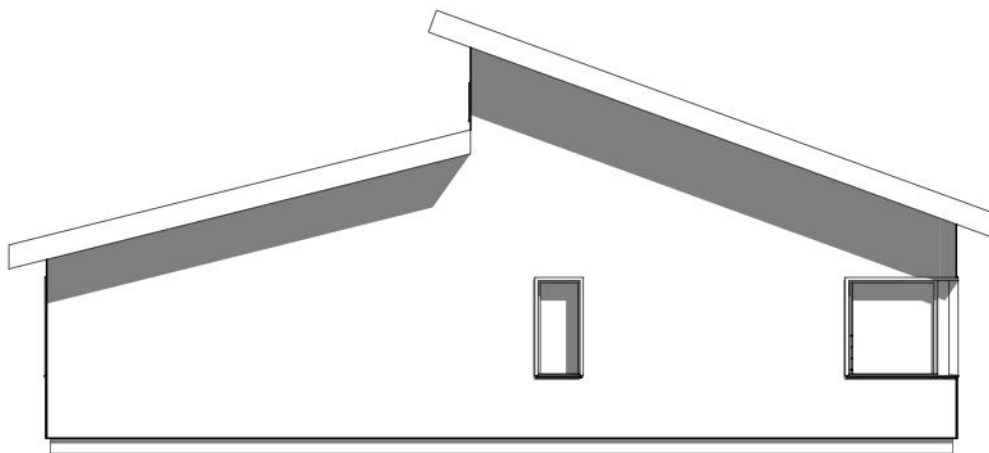
5.1.2 Zonritning (redovisn. av areor)



5.1.3 Fasader



Sydlig fasad.



Västlig fasad.

5.1.4 Exteriör/Tomt

5.1.4.1 Tomten

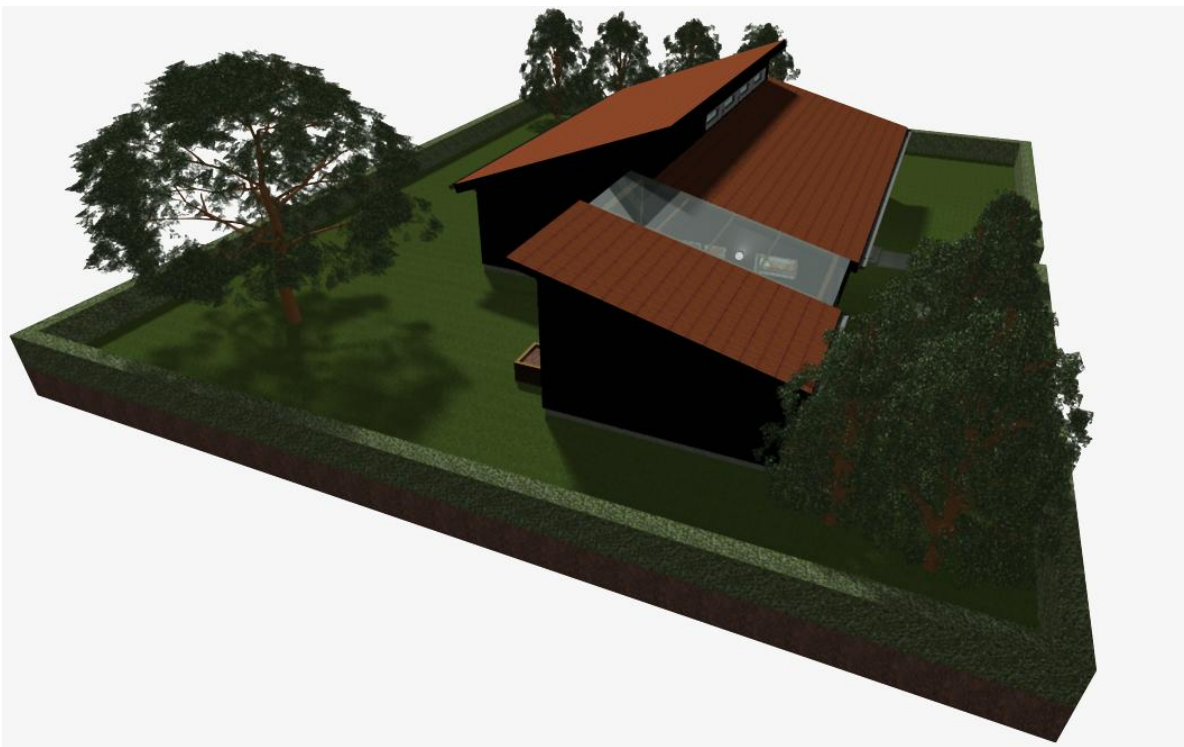
Designen av tomten är tänkt att skapa en trevlig och rogivande omgivning för de boende i villan. Tomten är omgiven av en tät häck för att skydda tomten mot insyn samt till viss mån vind. Tomten är omgiven av träd som även hindrar en stor del av vinden mot att blåsa direkt mot huset. Detta har också en liten effekt på uppvärmningskostnaderna eftersom minskad vind minskar även värmetransporten från byggnaden. Den norra delen där man går in i huset har några låga träd i mitten som skapar lä och minskar insynen på tomten. Där finns även några högre träd som ger skugga och skapar lä i det nord-östra hörnet.

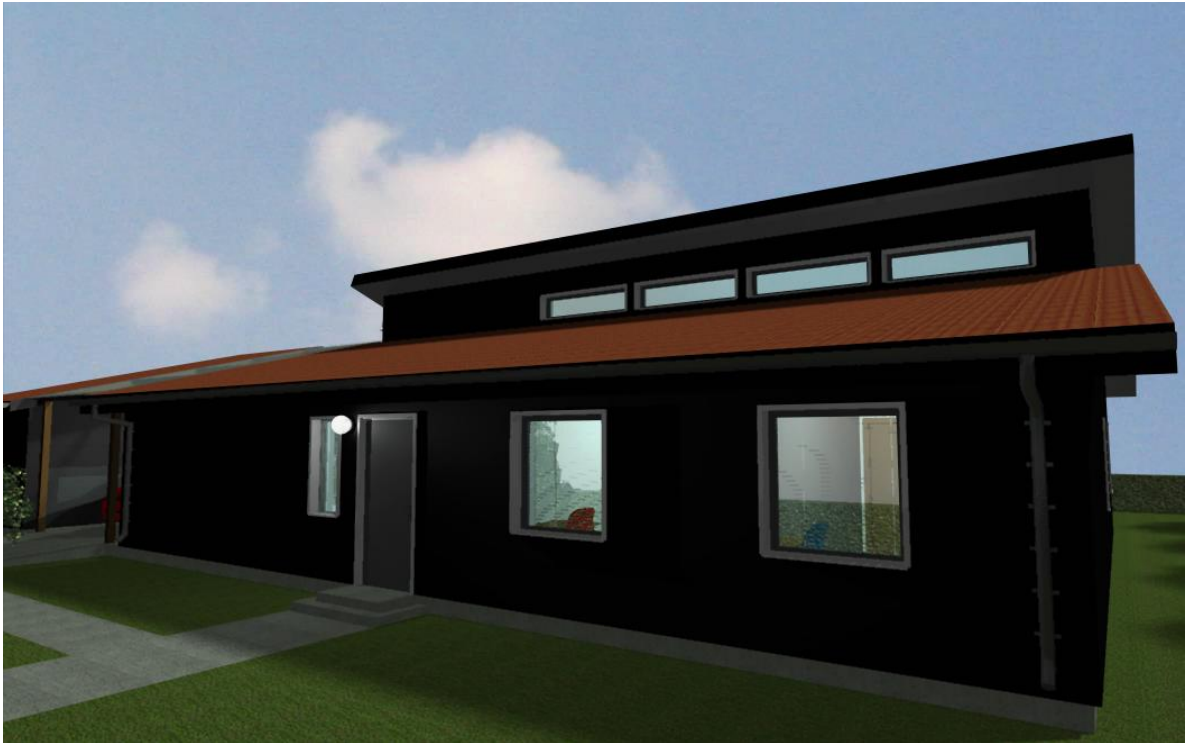
På husets baksida som vetter mot söder finns ett stort och högt träd som skapar en yta med naturlig skugga undertill. Här kan man sitta under varma sommardagar och läsa en bok i suset från trädet. Detta träd kommer även skugga delar av huset, där det stora sovrummet ligger, på morgonen. Detta kommer förmodligen uppskattas av de boende då temperaturen i sovrummet blir lägre på sommaren utan behov av markis eller persienner. På baksidan finns även en veranda som gör att de boende får en extra yta till huset. Delar av verandan kan skuggas av markis som sitter fast i husväggen.

Den västra sidan av tomten har en sträcka med höga smala träd som stoppar den västliga vinden som är den dominerande vindriktningen i Helsingborg. Detta gör att huset blir mer skyddat mot vädermakterna och skonar fasaden från onödigt slitage. Denna passage mellan träden och huset skapar en korridor som är perfekt för barn att t.ex. sparka boll eller kasta frisbee utan att riskera att skada närliggande fönster eller dylikt.

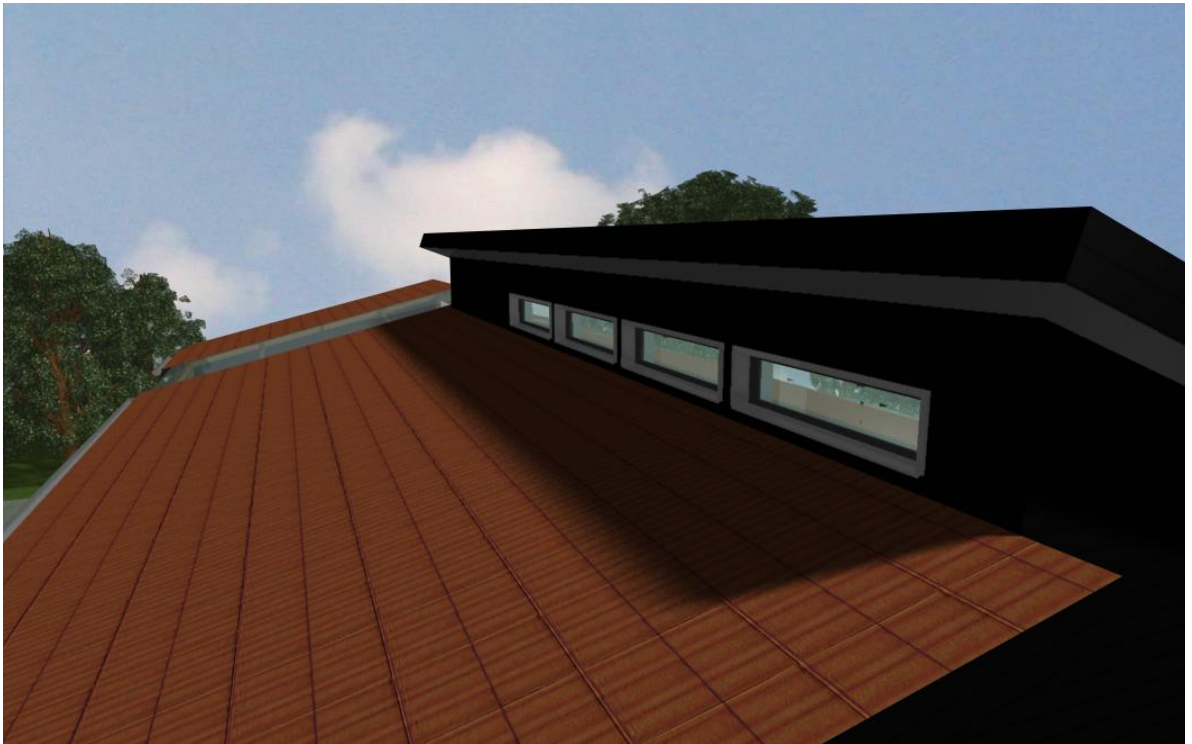
5.1.4.2 Glastaket

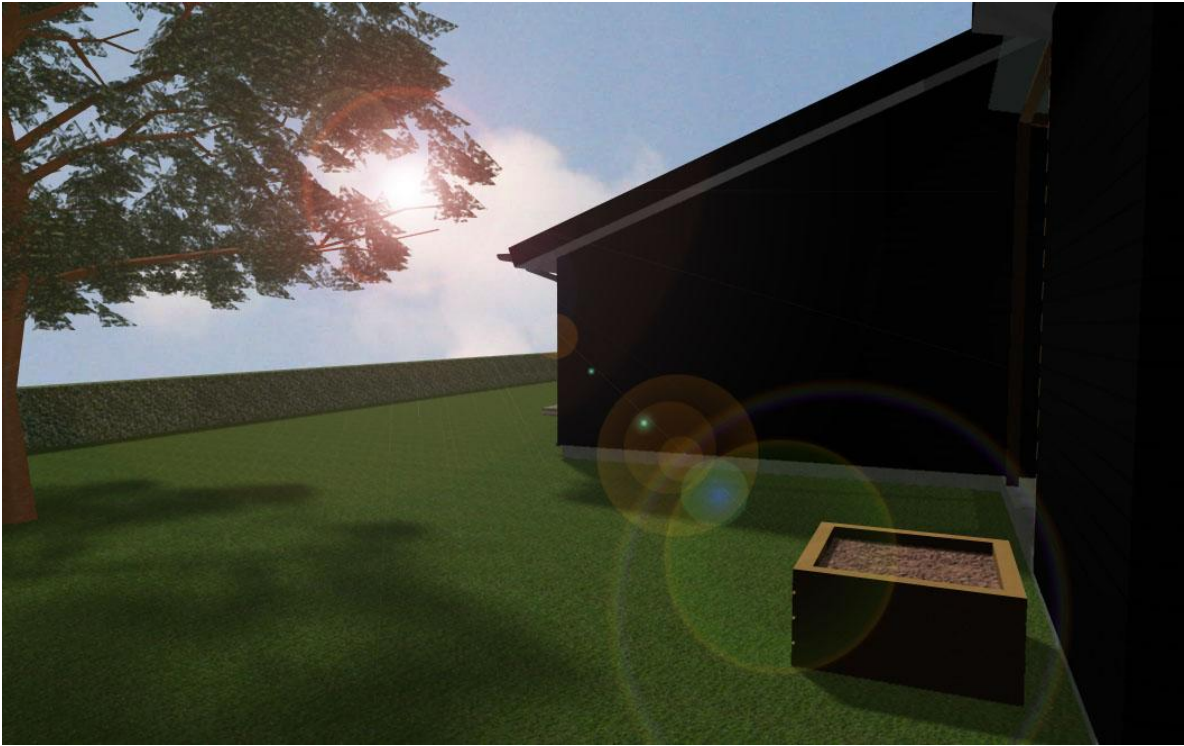
För att skydda ytan mellan huset och förrådet finns där ett tak som skyddar bilen från regn och snö. Detta tak bör vara gjort av ett transparent material som inte skapar kondensvatten på morgonen. Förslag på ett sådant material är glaspannor eller kanalplast. Det gör även att huset får en snygg övergång mellan de två byggnaderna då taken har samma lutning. Det skyddar även mot väder när man lastar ut saker från bilen till huset via tvättstugan.











5.1.5 Hall





5.1.6 Badrum





5.1.7 Tvättstuga





5.1.8 Sovrum 1 & 2





5.1.9 Sovrum 3







5.1.10 K k





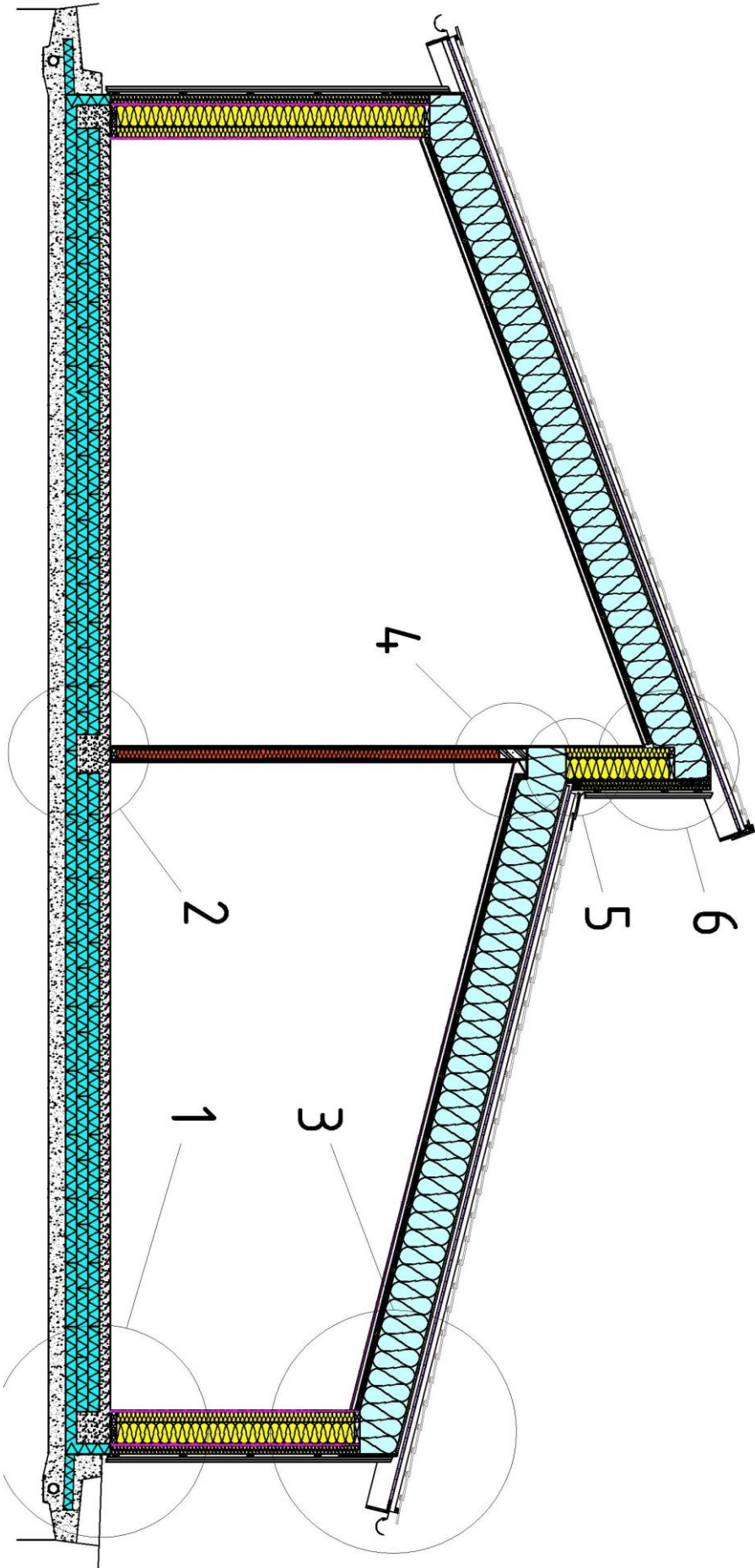
5.1.11 Vardagsrum

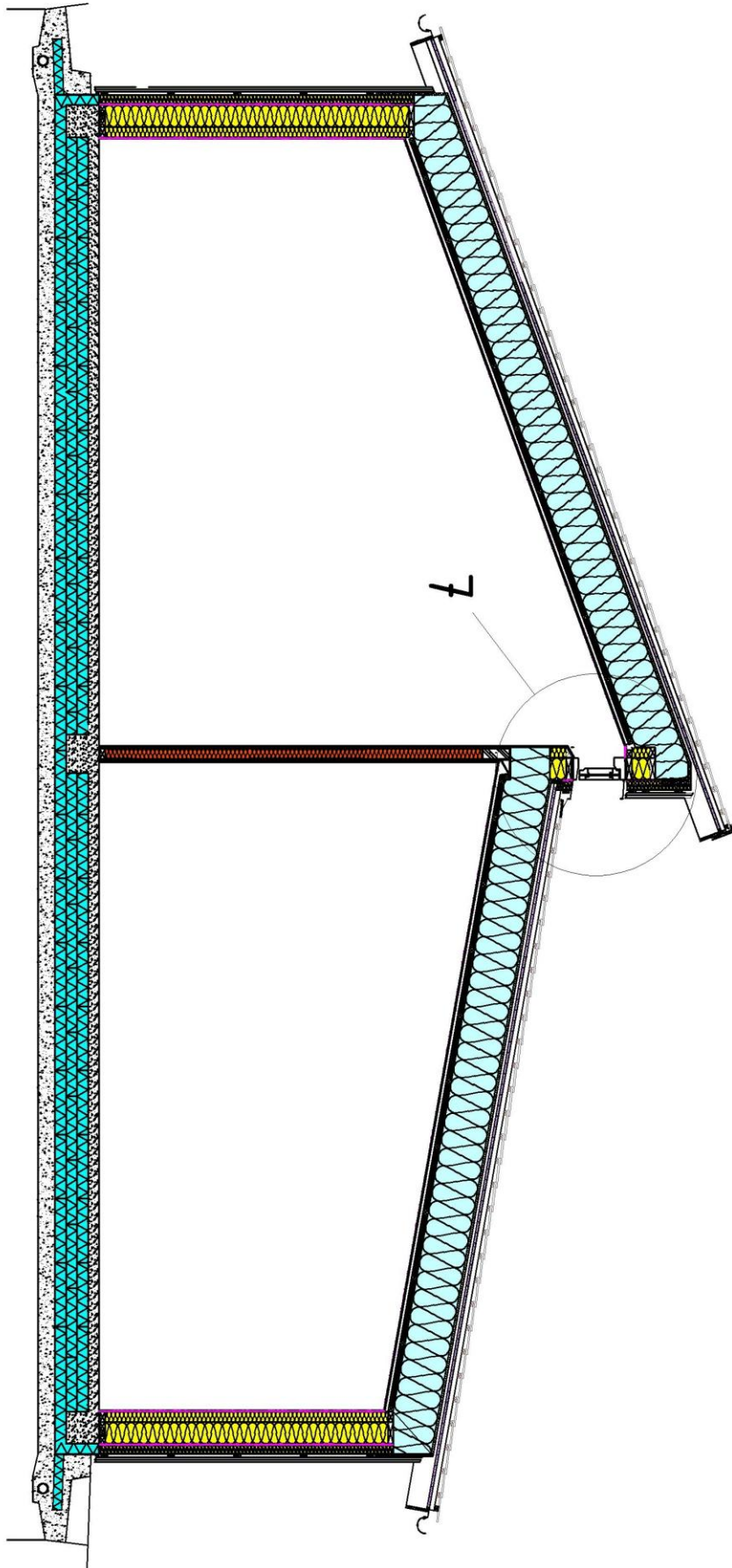




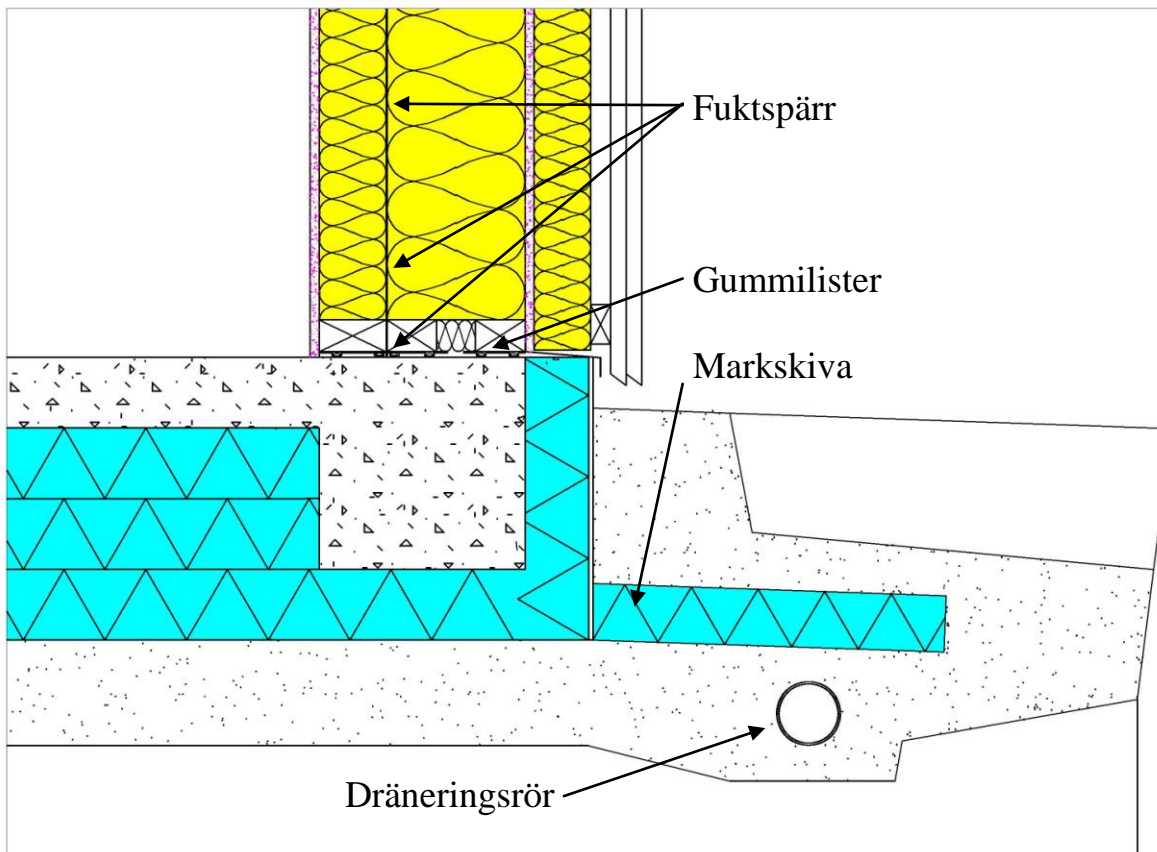
5.2 Konstruktionsanslutningar

Villans konstruktion utgår från de element som beskrivs i kap. 4.1.4. En av de viktigaste konstruktionsmässiga aspekterna är dock där de olika elementen möter varandra. Vi börjar därför med en överblick över villan bestående av två sektioner av byggnaden. Sektionerna följs av en närmare titt på de olika anslutningarna samt en kort beskrivning av dessa.



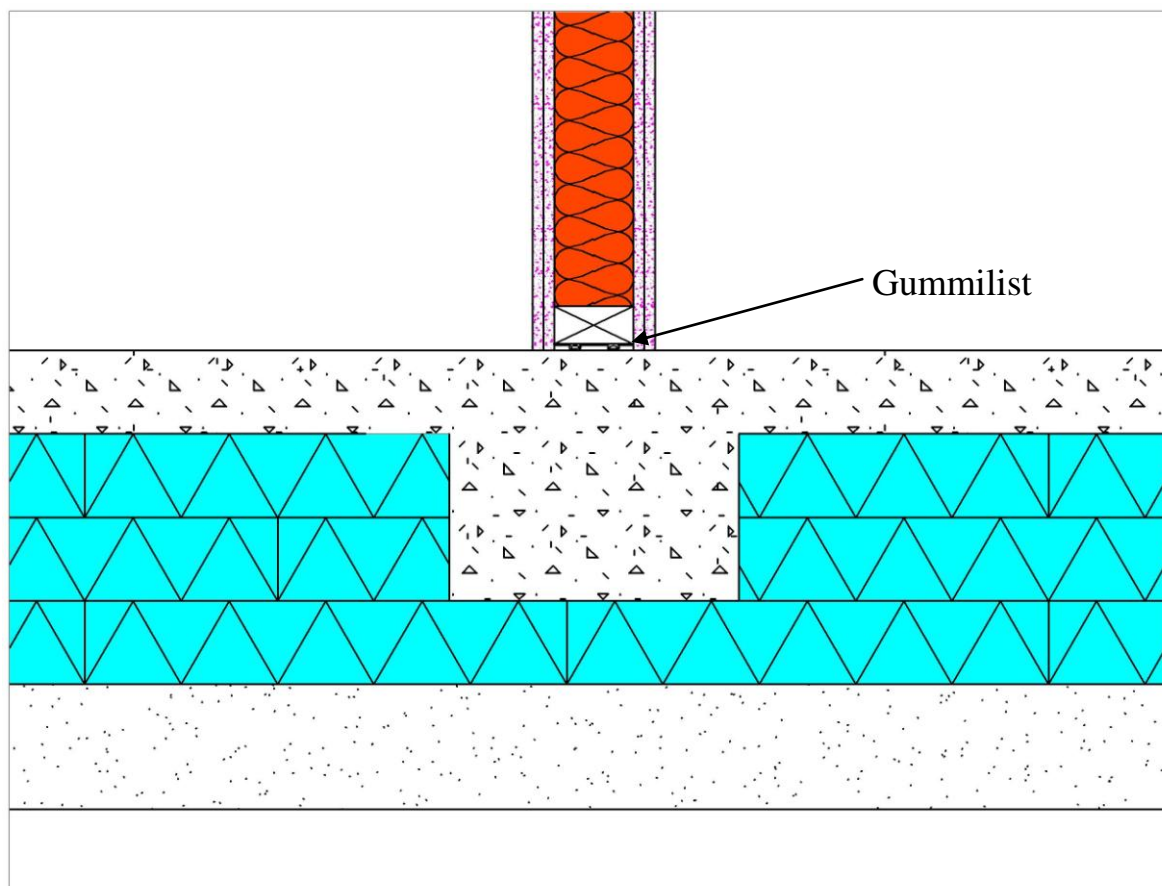


5.2.1 Anslutning 1: Grund/Yttervägg



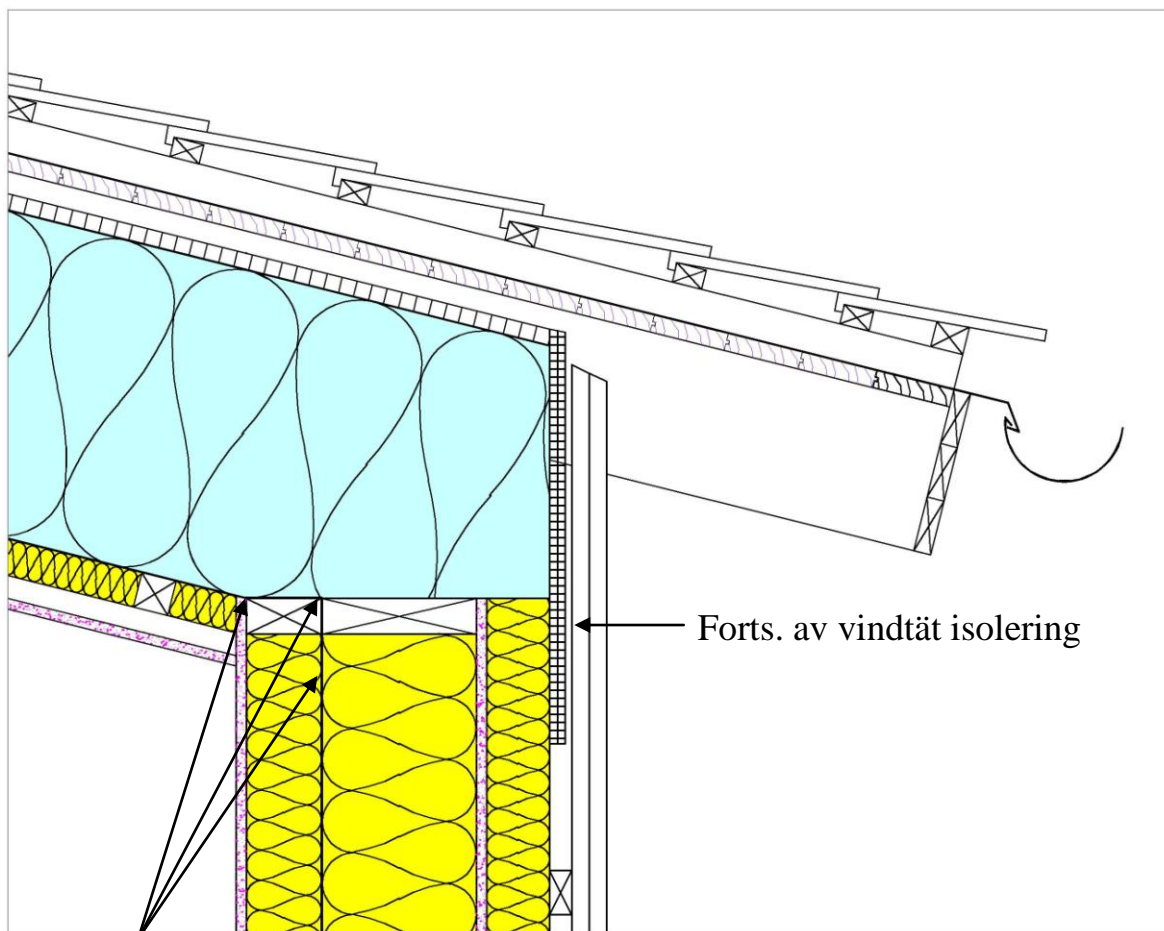
Anslutningen är designad för att skapa minimalt med köldbryggor och har därför ingen genomgående kontakt mellan utsidan och insidan skapad av bärande element. Plastfolien är invikt under gummilisten som är placerad under regelväggens syll för att skapa den täthet man behöver. Vidare är en plåt invikt bakom utegipset för att effektivt avleda fritt vatten som har hamnat bakom fjällpanelen. Markskivan som är placerad ovanför dräneringsröret är något som används allt mer vid nybyggnation då den hindrar värmetransport från den "värmeydnan" som uppstår under huset efter att ha varit i bruk en längre tid.

5.2.2 Anslutning 2: Grund/Hjärtvägg



Hjärtväggen tar upp större delen av lasten från takkonstruktionen och behöver således betydande förstärkningar i grundplattan. Bedömningen om huruvida grundplattan dessutom behöver armering är upp till hållfasthetsberäkningar att avgöra. Hjärtväggens syll är relativt väl skyddad mot fukt och kyla, men är för säkerhets skull försedd med gummilister som skyddar mot den något kallare grundplattan där kondens eventuellt kan bildas.

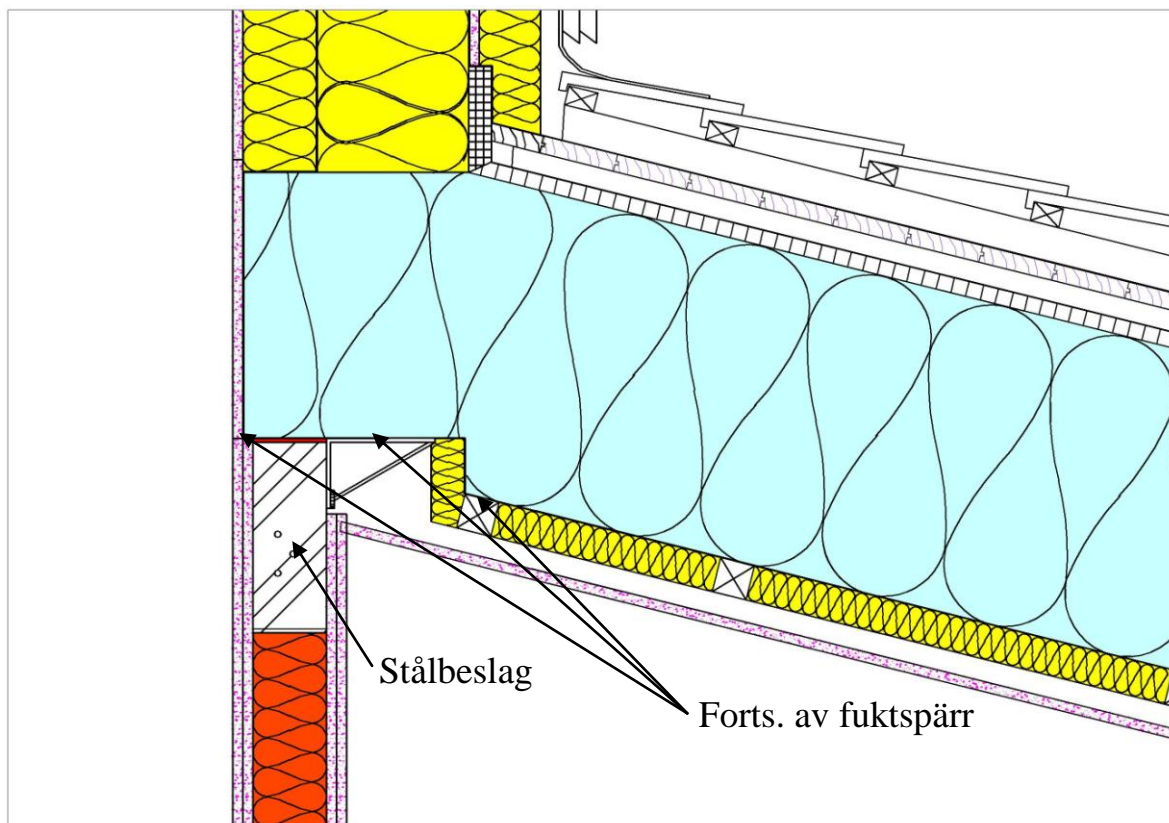
5.2.3 Anslutning 3: Yttervägg/Tak



Forts. av fuktspärr

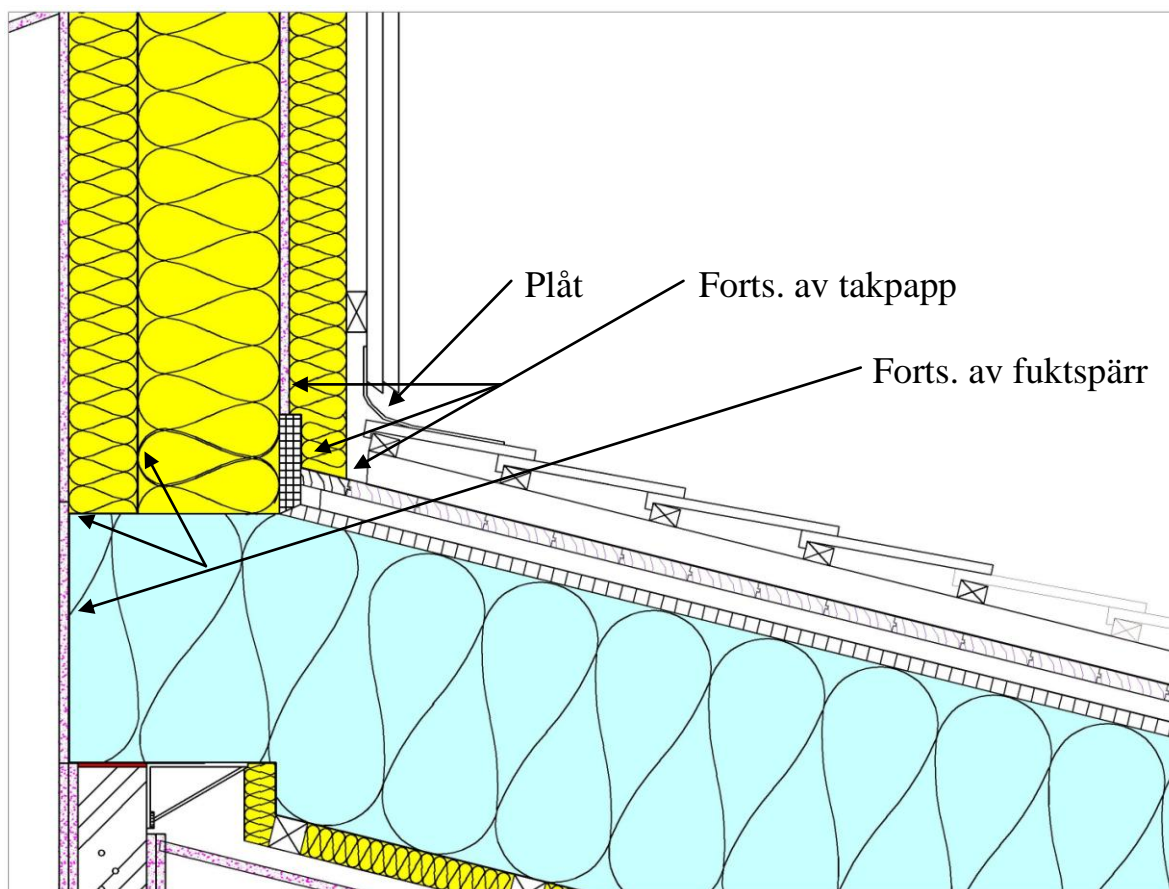
Takets utformning är svårare med avseende på köldbryggor då takbalkarna, som är den största och viktigaste komponenten i konstruktionen, är nästan helt genomgående. Detta problem har minimerats med hjälp av att använda lättbalkar som dels är sämre värmeledare och som dels avlastar hjärtväggen. Isoleringen mellan lättbalkarna är känslig för luftrörelser och en fortsättning på takets vindtäta isolering har därför gjorts.

5.2.4 Anslutning 4: Hjärtvägg/Tak



Anslutningar hos ett tak där de båda takhalvorna har olika lutningar och där ett mellanrum skapas där de båda möts är alltid speciella och kan vara en utmaning ur fuktsynpunkt (ibland även hållfasthetsmässigt i de fallen en hjärtvägg inte är möjlig). I vårt fall ansåg vi att det var mest ekonomiskt hållbart att använda en hjärtvägg så att inga dyra stålbalkar eller dylikt måste användas för att ta upp så stora laster över långa spännvidder. För att ta upp lasten från både den inre och den yttre regelväggen ovanpå takstolarna är ett stålbäslag placerat på hjärtväggens regler.

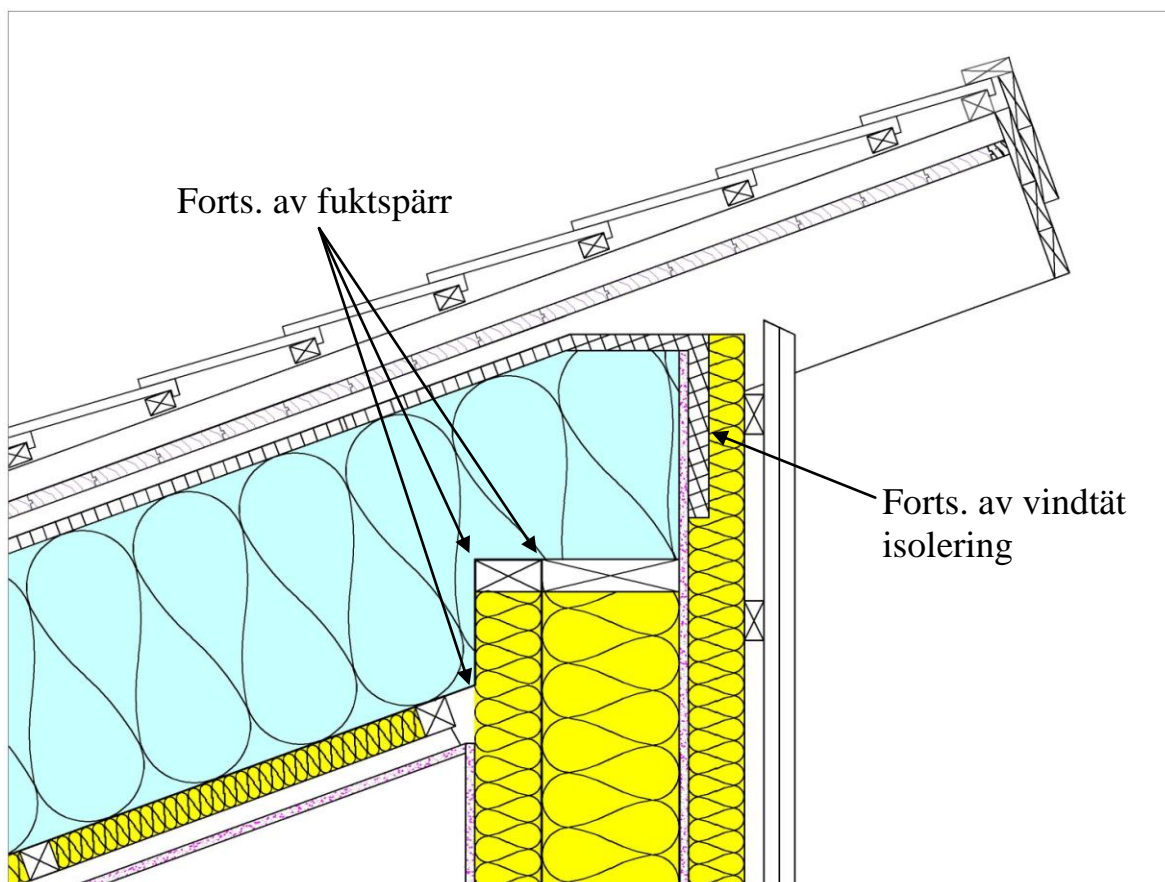
5.2.5 Anslutning 5: Tak/Yttervägg



I denna anslutning måste man se till att regn och snö inte i alltför stor utsträckning kan ta sig in under takpannorna. Snö är här det största problemet då vinden blåser mot väggen och lämnar betydande snödrivor i hörnet mellan takpannor och träpanelen (i likhet med hur det blir vid grund/vägganslutningen). Därför har vi valt att placera en plåt som är vikt bakom träpanelen och som överlappar takpannorna för att förhindra att snö och regn blåser eller läcker in i konstruktionen.

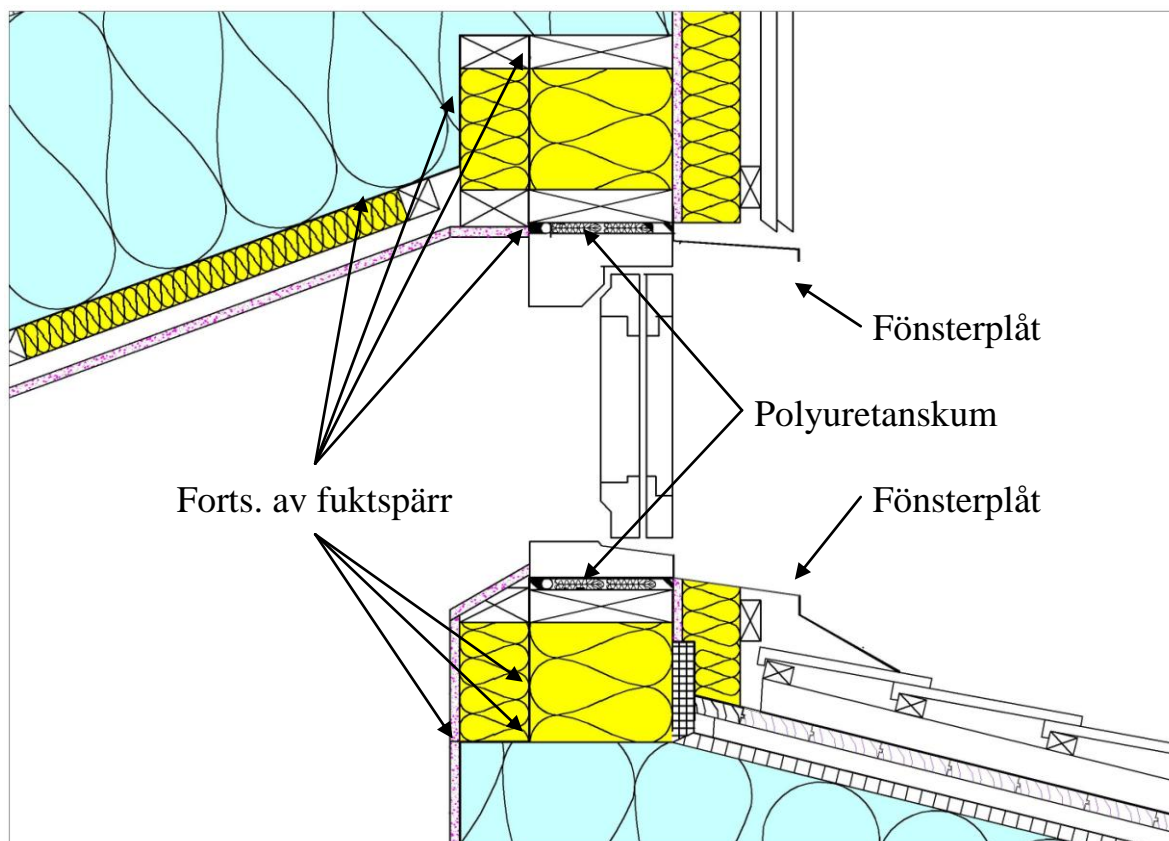
Fukt som hamnar bakom träpanelen hindras av väggens utegips och kan sedan följa takpappen som är uppvikt bakom gipset.

5.2.6 Anslutning 6: Yttervägg/Tak



Även här är isoleringen mellan lättbalkarna skyddad mot luft rörelser genom att vi har använt vindskyddande isolering som överlappar ytterväggens gips och fasadskiva.

5.2.7 Anslutning 7: Yttervägg/Takfönster



I denna illustration är det viktigt att observera att fönstret inte är representativt för verkligheten och följer således inte produktens verkliga utseende förutom när det kommer till dess djup i väggen. Fönstrets interna konstruktion är endast en förenkling.

Fuktspärren som går i väggen är invikt under fönstrets polyuretanskum både där uppe och där nere för att säkerställa fuktskyddet och lufttätheten. För att skydda mot snö och regn från utsidan är fönsterplåten fäst vid takpannorna och överlappar dessa i likhet med anslutning 5.

5.3 Resultat av energiberäkningar

5.3.1 Introduktion

Programmet VIP Energy är ett av marknadens bästa datorverktyg när det kommer till energiberäkningar, men har även en del begränsningar som man inte kan bortse ifrån. Det är även viktigt att känna till de begränsningar som finns hos oss själva som användare.

5.3.1.1 Begränsningar i VIP Energy

VIP Energy skiljer sig mot verkligheten på många sätt och ett resultat som till fullo stämmer överrens med verkligheten är oftast inte möjlig bl.a. på grund av att husets brukare nästan aldrig konsumerar lika mycket energi som programmet har inprogrammerat. Här följer en lista över de begränsningar som är inbyggda i programmet och som man måste ta hänsyn till när man betraktar resultatet från detsamma:

- Klimatdata över olika platser i Sverige är begränsad. Det finns med andra ord inga klimatdata för Helsingborg i VIP Energy, och vi har således fått välja Malmö som är den mest närliggande orten med tillgänglig klimatdata.
- Man kan inte specificera en byggdels uppbyggnad. Exempelvis kan man endast välja "träreglar c/c 600 med mellanliggande isolering" och inte tjockleken på träreglarna osv. Använder man ett lager träreglar till kan man heller inte välja om dessa ska vara förskjutna i förhållande till varandra. Vill man göra mer detaljerade analyser där detta tas i beaktning får man använda ett datorverktyg vid namn Heat 2.
- Vid temperaturberäkningar rörande inomhusklimatet antas alltid att alla fönster är stängda även under sommaren. Detta har kunnat kringgås genom att vi har ökat luftflödet vid temperaturer över 25 grader (endast för illustrativt syfte, detta har ingen påverkan på själva energiåtgången) för att på så vis simulera öppna fönster som ger tvärdrag.
- Beräkning av oavsiktlig ventilation, dvs. läckage, för varje byggdel är en komplicerad process och är därför förenklad i VIP Energy. (främst då detta beror på hur noggrant det utförs i verkligheten) och vi har därför använt det högsta tillåtna värdet för passivhus (0,3 l/s, m²).

5.3.1.2 Begränsningar hos användarna av VIP Energy

Den största begränsningen som vi har upplevt är den begränsade tiden vi hade att använda VIP Energy. Större tid åt att specificera parametrar i programmet gör självklart beräkningarna mer korrekta. Vi hade föredragit att sätta ihop en egen klimatfil för Helsingborg i VIP Energy, men vår handledare avrådde oss från detta då det är en mycket utdragen process som ofta tar över en månad för

en erfaren användare. Erfarenheten var också en annan begränsning då vi under vår utbildning aldrig har använt VIP Energy för energiberäkningar. Vår handledare, Stephen Burke, gav oss dock en genomgång av programmet som var tillräckligt ingående för att vi skulle kunna sätta oss in i programmet och göra någorlunda korrekta energiberäkningar.

5.3.2 Presentation av resultat

Följande resultat är avsedda att ge läsaren en uppfattning om hur energiåtgången för villan kommer se ut. Det illustreras även varifrån energin kommer och hur den är fördelad utifrån helheten. Detsamma gäller för den energin som lämnar byggnaden. När det kommer till temperaturberäkningar för inneklimatet presenteras två diagram, beroende på om familjen bestämmer sig för att öppna sina fönster på sommaren eller inte. Det förstnämnda är dock att föredra rent komfortmässigt. Indata som har använts är den information som FEBY rekommenderar att man använder för passivhus vad gäller varmvattenkonsumtion, mängd tillgodoräknad personvärme osv. I övrigt är värden för rekommenderade flöden för ventilation och dylikt hämtade ur Boverkets Byggregler. Vad gäller återvinning av värmen i FTX- systemet, har verkningsgraden på värmeväxlaren angivits som 85% i programmet. Anledningen till detta är att många moderna värmeväxlare som är avsedda för att installeras i från/tilluftssystem har en verkningsgrad på nära 90%. Detta värde är dock uppmätt av tillverkaren under särskilda förhållanden och vi har därför beslutat att sänka det för att ta hänsyn till verkliga förhållanden. Samtliga redovisade värden har enheten kWh om inget annat anges.

Tabell 5.1 Specifikation av energiflöden.

Specifikation av energiflöden		
	Aktuellt hus	
	Aktuell drift	
	[kWh]	[kWh/m ²]
(33)VÄRMEFÖRSÖRJNING	3565	25.41
(1)Vent. aggregat	0	0.00
(2)Värmesystem	419	2.98
(3)Tappvarmvatten	3146	22.42
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00
(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00
(49)Kylning i rumsluft	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	777	5.54
(35)El värmepump	0	0.00
(14)El tilluftsfläktar	65	0.47
(13)El Frånluftsfläkt	76	0.54
(15)El cirkpump värmesystem	635	4.53
(10)El cirkpump solfångare	0	0.00
(12)El cirkpump kyla	0	0.00
(11)El kylmaskin	0	0.00
(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00
(4)Vent. aggregat	0	0.00
(5)Värmesystem	0	0.00
(6)Tappvarmvatten	0	0.00
(36)SOLFÅNGARE	0	0.00
(7)Vent. aggregat	0	0.00
(8)Värmesystem	0	0.00
(9)Tappvarmvatten	0	0.00
(26)PROCESSENERGI	6140	43.76
(40)Verksamhetsenergi rumsluft	4911	35.00
(41)Verksamhetsenergi extern	1229	8.76
(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00
(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00
(42)VENT. AGGREGAT	1865	13.29
(43)VÄRMESYSTEM	1054	7.51
(44)TAPPVARMVATTEN	3146	22.42

Tabell 5.2 Nyckeltal & Energibalans.

Nyckeltal		
	Aktuellt hus Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	53.52	[Wh/m ² *C]
Yttre värmekapacitet	91.50	[Wh/m ² *C]
Medel lägsta rumstemp	20.00	[°C]
Medelvärde ventilation	0.19	oms/h
Medelvärde Processenergi	5.00	[W/m ²]
Medelvärde Personenergi	1.68	[W/m ²]
Omslutningsarea	456.38	[m ²]
Luftläckage vid 50 Pa	141.59	[l/s]
Medelvärde invändigt tryck	-1.48	[Pa]
Omslutnings-/Golv-area	3.25	
SFP	0.74	[kW/(m ³ /s)]

Energibalans		
	Aktuellt hus Aktuell drift	
	[kWh]	[kWh/m ²]
Avgiven energi		
[23]Transmission	8636	61.55
[24]Luftläckage	791	5.64
[21]Ventilation	3763	26.82
[28]Spillvatten	3146	22.42
Tillförd energi		
[27]Sol genom fönster	3297	23.50
[20]Återvinning ventilation	1723	12.28
[19]Återvinning värmepump	0	0.00
[29]Återvinning till tappvv	0	0.00
[18]Återvinning solfångare	0	0.00
[45]Processenergi rumsluft	4911	35.00
[25]Personvärme	2065	14.72
[34]Elförsörjning	777	5.54
[33]Värmeförsörjning	3565	25.41

Tabell 5.3 Jämförelse med BBR (ej med kraven för passivhus).

BBR 16			
ATemp: 140.30			
Verksamhetstyp: Bostad			
Klimatzon III			
Energikrav			
	Aktuellt hus	Tillåtet	
	Pländerad drift	värde	
U-värde	0.148	0.400	W/m ² °C
Specifik energianvändning	31	55	kWh/år
Värmeförsörjning	25.4		
El till värmepump	0.0		
El till kylmaskin	0.0		
Fjärrkyla	0.0		
El till fläktar	1.0		
El till pumpar	4.5		
Övrig fastighetsel	0.0		
Effektkrav			
Effekt	2.1	4.8	kW
Transmission: 1.8 Luftläckage: 0.3 Ventilation: 0.1 kW			

Tabell 5.4 Värmesystemets effektkrav baserat på den högsta erforderliga effekten på hela året för att upprätthålla 20°C inomhus. DUT₂₀ är satt till -9,7°C enl. FEBYa, Bilaga 1 (för Malmö, som är närmsta orten samt en tidskonstant för byggnaden på 150 h).

Tidsperiod	Avgiven energi [kWh]					Tillförd energi [kWh]										Summa period														
	(23) Trans-mission	(24) Luft-läckning	(21) Ventila-tion	(28) Spill-vatten	(22) Passiv kyla	(27) Sol-energi	(20) Ater-vinning	(19) Ater-vinning	(29) Ater-vinning	(18) Sol-fångare	(25) Person-värme	(46) Process-energi	(33) Värmeför-sörjning	(34) Elför-sörjning	8636	791	3763	3146	0	3297	1723	0	0	0	2065	4911	3565	777		
Tim 1	1.45	0.19	0.51	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.45	0.40																
Tim 2	1.49	0.21	0.51	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.49	0.41																
Tim 3	1.51	0.21	0.51	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.49	0.41																
Tim 4	1.35	0.22	0.52	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.53	0.42																
Tim 5	1.59	0.24	0.53	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.57	0.43																
Tim 6	1.61	0.24	0.53	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.58	0.44																
Tim 7	1.85	0.26	0.53	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.62	0.45																
Tim 8	1.67	0.26	0.52	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.67	0.28																
Tim 9	1.69	0.27	0.51	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.67	0.01																
Tim 10	1.70	0.25	0.52	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	0.81	0.31																
Tim 11	1.69	0.25	0.53	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.15	0.44																
Tim 12	1.64	0.24	0.53	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.15	0.44																
Tim 13	1.58	0.22	0.52	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.09	0.41																
Tim 14	1.58	0.24	0.53	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.22	0.46																
Tim 15	1.60	0.26	0.53	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.31	0.49																
Tim 16	1.62	0.26	0.53	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.31	0.49																
Tim 17	1.64	0.26	0.53	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.31	0.49																
Tim 18	1.63	0.24	0.53	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.28	0.48																
Tim 19	1.63	0.24	0.53	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.28	0.48																
Tim 20	1.61	0.22	0.52	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.25	0.47																
Tim 21	1.60	0.22	0.52	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.24	0.47																
Tim 22	1.57	0.21	0.51	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.21	0.46																
Tim 23	1.56	0.21	0.51	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.21	0.46																
Tim 24	1.53	0.19	0.51	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.24	0.56	1.21	0.46																

Anmärkning: Vad gäller kraven för installerad värmeeffekt för passivhus är värde (33)Värmeförsörjning för den aktuella timmen av stort intresse. Mer dom detta på nästa sida.

Enligt FEBY ska det maximala effektkravet, P_{byggnad} , beräknas enligt de riktlinjer som FEBY har satt upp i sin kravspecifikation (FEBYa). Man kan med andra ord inte ta det största värdet ur tabell 5.4 som är 1,31 kW och därmed använda detta till att jämföra med det maximala effektkravet. För nyfikenhetens skull räknar vi ut vad detta värde hade blivit:

$$P (\text{max. värmeförsörjning}) / A_{\text{temp}} = 1310 / 140 = \underline{9,36 \text{ W/m}^2}.$$

Skillnaden mellan VIP Energys beräkning och de beräkningsanvisningar som FEBY tillhandahåller är bl.a. att man i beräkningen enligt den sistnämnda endast får använda sig av maximalt 4 W/m² i tillskottsvärme från människor och apparater. I VIP Energy har man ingen gräns för detta utan tillskottsvärmen är beroende av bl.a. hur många personer som bor i byggnaden. En annan stor skillnad är att den effekt man får av solinstrålning enligt FEBY anses vara försumbar och skall därmed inte räknas med.

En summering av beräkningsanvisningarna enligt FEBY ger följande:

$$P_{\text{byggnad}} = (P_{\text{transmission}} + P_{\text{vent}} + P_{\text{läck}}) / A_{\text{temp}} - P_{\text{intern}} \quad \text{Formel 5.1}$$

där	$P_{\text{transmission}}$	Summan av transmissionsförlusterna genom väggar,tak, mark, fönster osv.
	P_{vent}	Energiförluster som ventileras bort av byggnadens ventilationssystem.
	$P_{\text{läck}}$	Energiförluster som ventileras bort av oavsiktlig ventilation genom otätheter i byggnaden.
	P_{intern}	Tillskottsvärme från människor och apparater.
	A_{temp}	Den totala uppvärmda ytan.

Dessa värden kan exporteras från VIP Energy för en handberäkning förutsatt att man vet under vilken timme på året som den lägsta temperaturen uppnås samt vilken temperatur detta blir. En studie av klimatfilen (en överblick finns i fig. 5.4 samt 5.5) ger att den lägsta temperaturen som uppnås är -11°C. Den aktuella timmens energivärden (i kWh) har exporterats och återfinns nedan:

Tabell 5.5

Återvinning (vent.)	Läckage	Ventilation	Transmission
0,41158	0,26868	0,515462	1,73744

En omvandling av dessa värden till de som anges i formel 5.1 ger således följande:

$$P_{\text{transmission}} = 1,73744 \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vent}} = P_{\text{vent}} - P_{\text{återvinning, vent.}} = 0,515462 - 0,41158 = 0,103882 \text{ kWh}$$

$$P_{\text{läck}} = 0,2868 \text{ kWh}$$

När det kommer till P_{intern} , kan man se i tabell 5.2 att detta värde blir $5 + 1,68 = 6,68 \text{ W/m}^2$. Detta skall således begränsas till 4 W/m^2 .

$$A_{\text{temp}} = 140,3 \text{ m}^2 \text{ (se tabell 5.3)}$$

Med dessa siffror kan vi till slut beräkna det maximala effektbehovet, P_{byggnad} :

$$(1,73744 + 0,103882 + 0,2868) / 140,3 - 4 = \underline{0,01168 \text{ kW/m}^2}.$$

Detta översätts till $11,68 \text{ W/m}^2$ för den kallaste timmen på året.

Fig. 5.1 Tårtdiagram över tillförd energi.

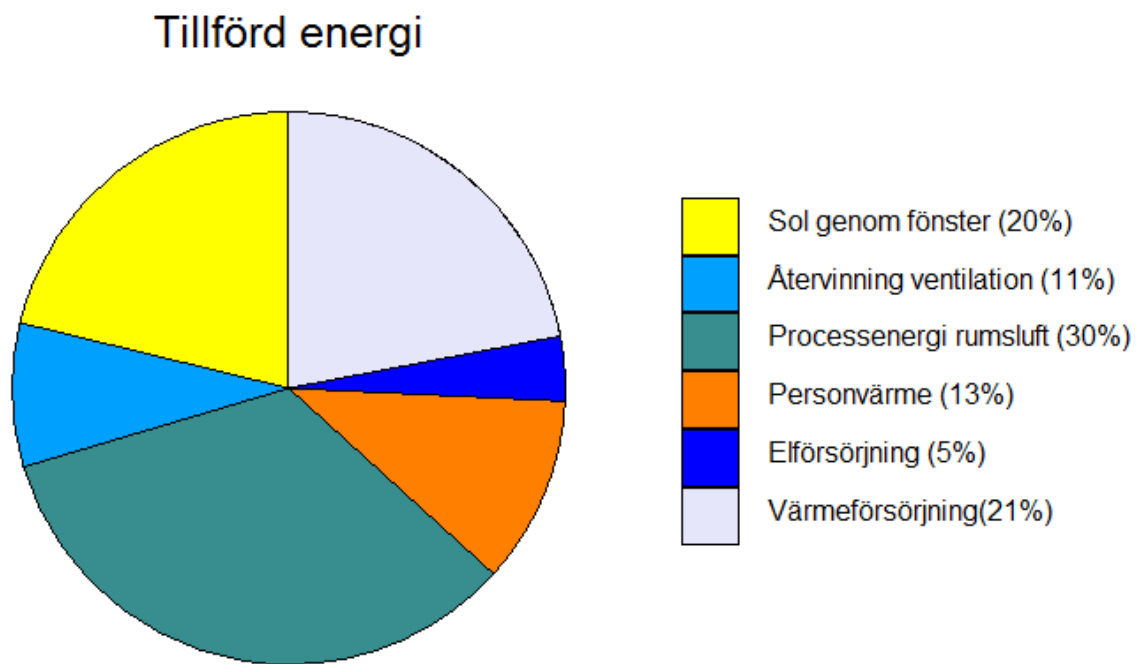


Fig. 5.2 Tårtdiagram över avgiven energi.

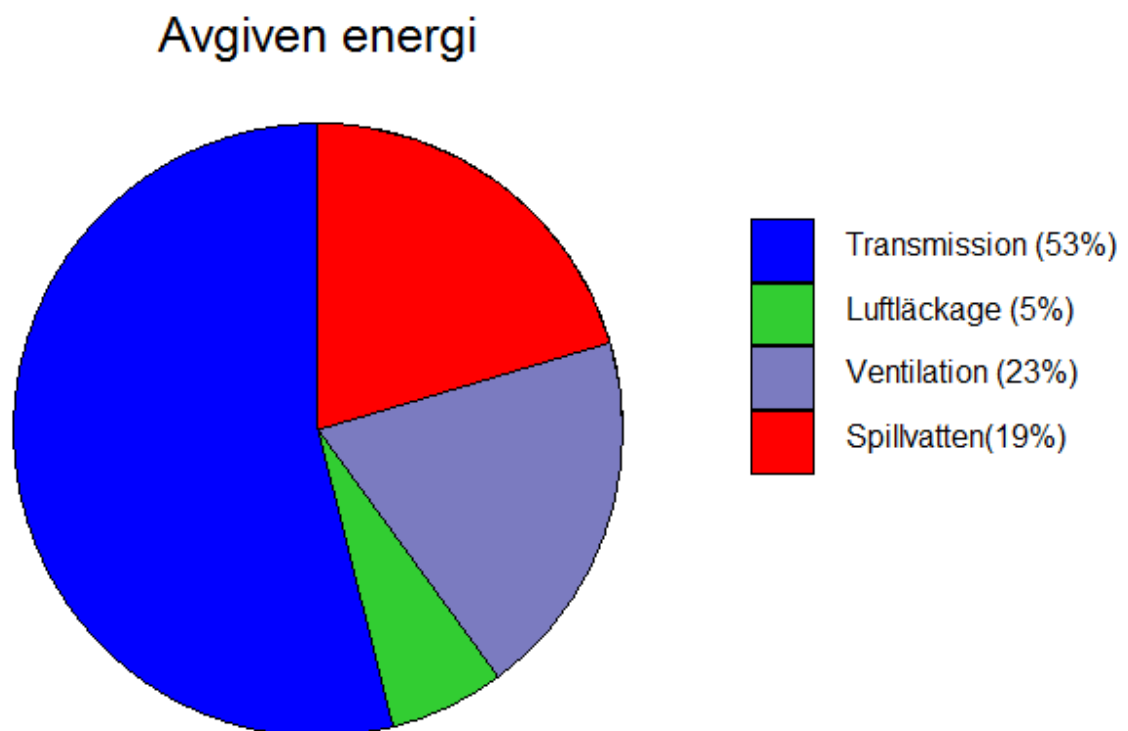


Fig. 5.3 Veckodiagram över avgiven/tillförd energi.

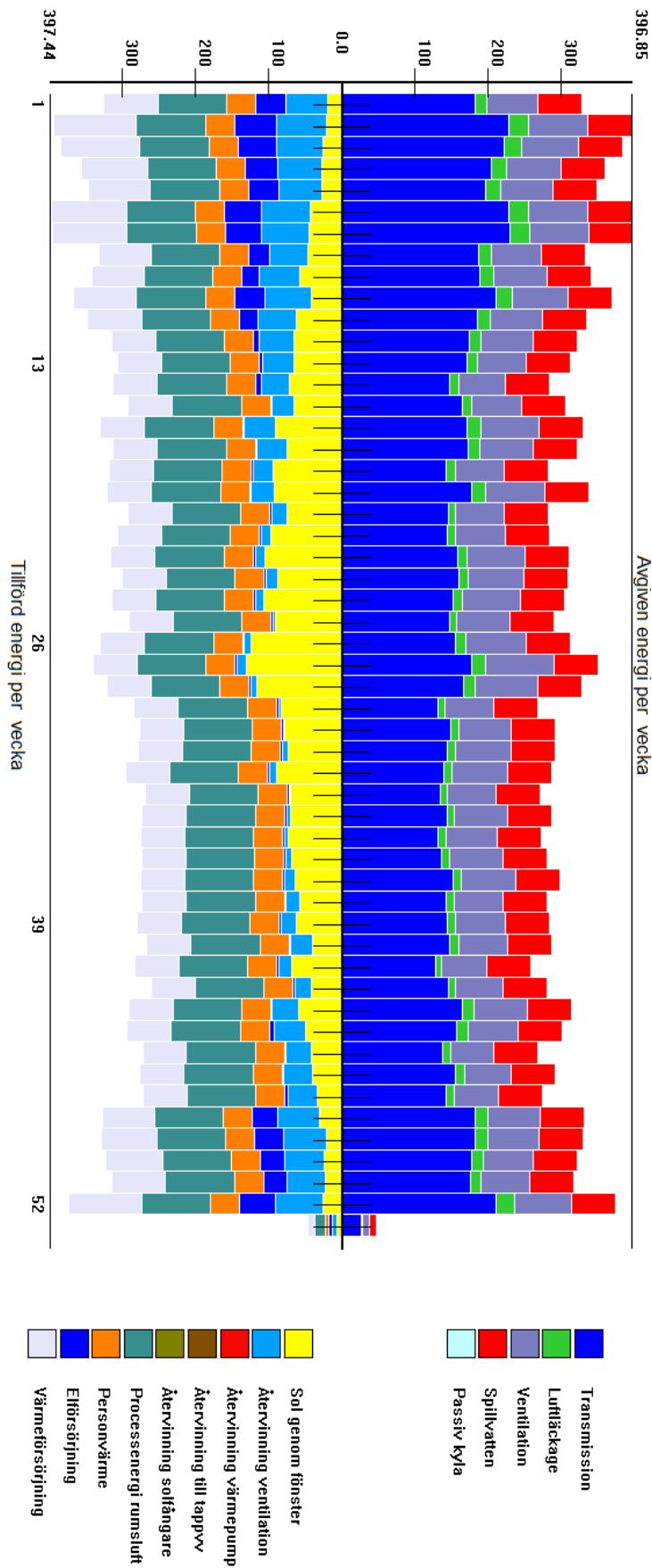


Fig. 5.4 Temperaturdiagram (°C) med stängda fönster under sommartid.

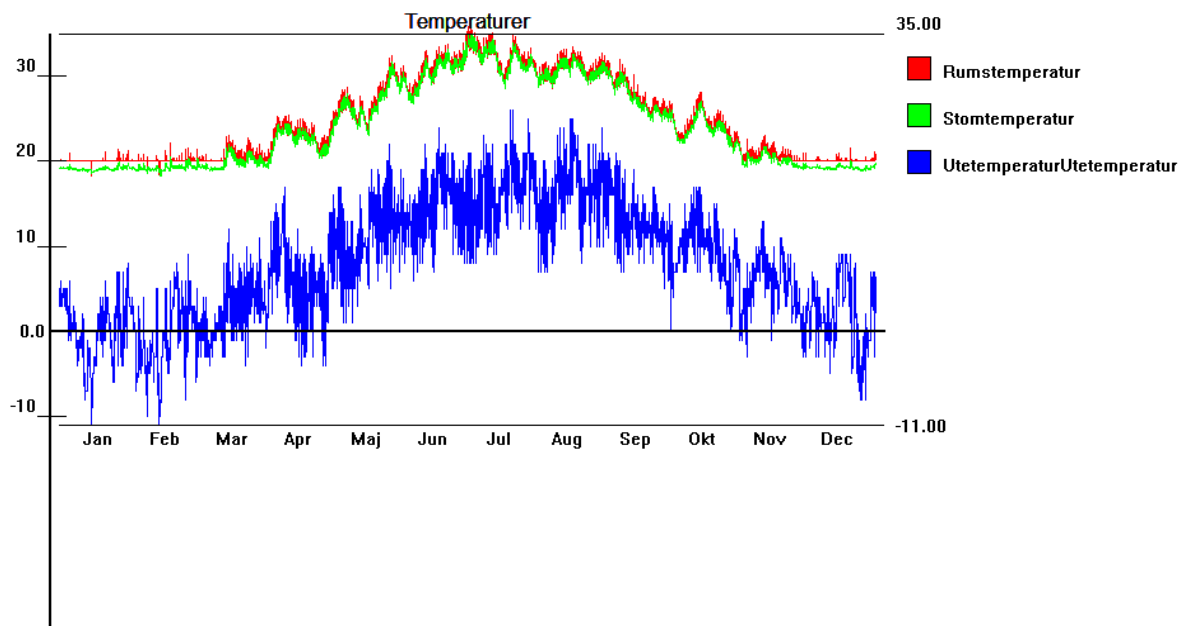
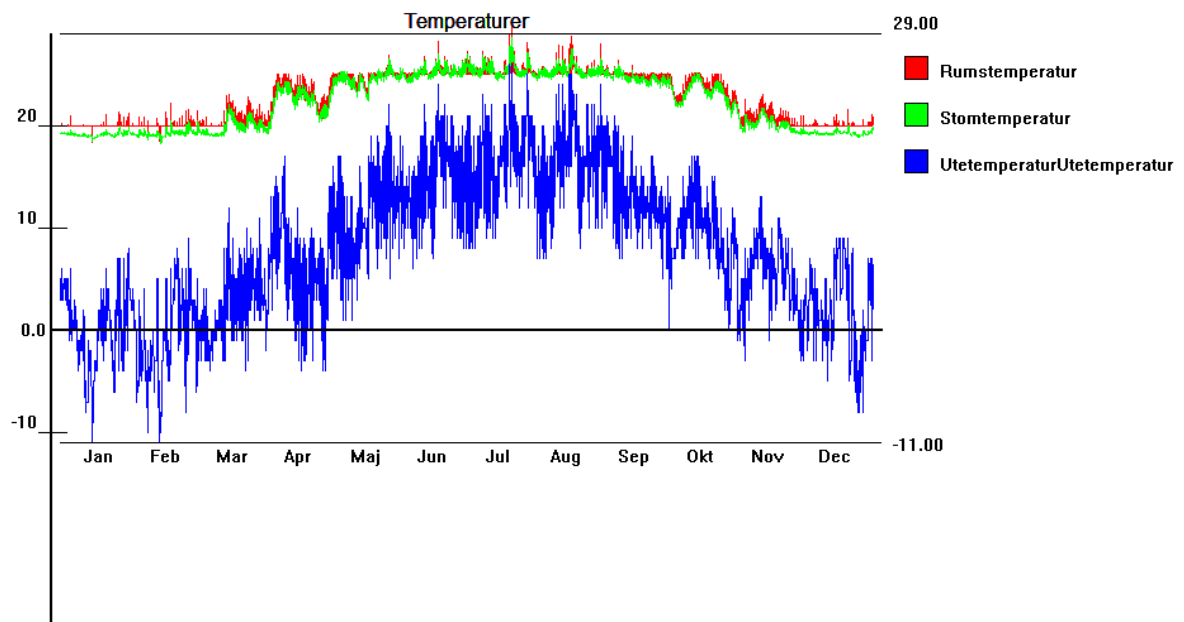


Fig. 5.5 Temperaturdiagram (°C) med öppna fönster då innetemperaturen stiger över 25 °C



5.3.3 Utvärdering av resultat

En utvärdering av resultatet från energiberäkningarna sker på bästa sätt i form av en jämförelse med kraven och de rekommendationer som presenteras i kap. 2.2- 2.3. Vi börjar således med den viktigaste biten, kraven, och ser om dessa i teorin är uppfyllda så att byggnaden kan klassas som ”projekterad för passivhus enligt FEBY”. Här är en sammanställning av kraven som var aktuella i rapporten och som går att säkerställa med hjälp av de energiberäkningar och leverantörsuppgifter som hittills har presenteras:

Tabell 5.6 Sammanställning av gällande krav

Krav	Värde	Värde, Aktuellt hus
Fönster	U-värde $<0,90$ (W/m ² K)	0,80 (W/m ² K)
Klimatskal	U _m -värde $<0,4$ (W/m ² K)	0,148 (W/m ² K)
Effektkrav	< 12 (W/m ²)	11,68 (W/m ²)
Installerad eleffekt för uppvärmning	$< 4,75$ (kW), gäller för aktuell A _{temp}	$\geq 1,31$ (kW)
Specifik energi-användning enl. BBR (gällande elvärme)	< 55 (kWh per m ² A _{temp} och år)	31 (kWh per m ² A _{temp} och år)

Här ser man att samtliga energimässiga krav som ställs på passivhus är uppfyllda för det aktuella huset. Det lämnas även en betydande marginal på de flesta punkter som tar hänsyn till brukarnas varierande vanor vad gäller önskad inomhustemperatur och dylikt. Lägg märke till att en jämförelse med kravet för temperaturen i tilluften inte är illustrerat ovan, beroende på att en sådan beräkning inte är möjlig i VIP Energy. En handberäkning är heller inte tillförlitlig då vi inte kan säkerställa exakt vilken verkningsgrad värmeväxlaren har vid gällande temperaturer när värmeförseln i tilluften är som störst. Vi kan således inte säkerställa vilken temperaturhöjning det blir i värmeväxlaren och därmed ej heller vad den slutgiltiga temperaturen blir efter en ytterligare effektförsel. Man kan dock tämligen säkert säga att en effekt på 11,68 W/m² har väldigt svårt att höja tilluftstemperaturen till över 52 °C även med den mest effektiva värmeväxlaren, förutsatt att man samtidigt uppfyller kravet för hygienluftflöde.

När vi har säkerställt att kraven som ställs på passivhus är uppfyllda, börjar vi sedan titta på huruvida rekommendationerna följs. Rekommendationerna vad gäller ventilationssystem är uppfyllda då den aktuella villan har ett SFP-värde på 0,74 kW/(m³/s) jämfört med rekommendationen på under 1,5 kW/(m³/s). Vi tittar även på rådet att temperaturen inte bör överstiga 26 °C under mer än 10% av tiden under perioden april-september. Det är ganska uppenbart utan vidare beräkningar att denna rekommendation inte är uppfylld om man tittar på fig. 5.4 som gäller för stängda fönster året runt. Observera dock att denna

temperatur är ett medelvärde för inomhustemperaturen och gäller alltså inte ”det mest utsatta utrymmet”. Bedömer de boende i byggnaden att temperaturerna är för höga under perioden april-september har man möjlighet att sänka denna, som fig. 5.5 visar. Här stiger temperaturen bara över 26 °C vid några få tillfällen och beror då på att utomhustemperaturen är nära eller över denna temperatur. Slutligen har vi valt att titta på den rekommenderade gränsen för total köpt energi. Denna gräns är satt till $30 \text{ kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp+garage}}$ jämfört med vårt beräknade värde på $31 \text{ kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp+garage}}$. Arean för garaget är ej medräknat då detta inte är en uppvärmd yta och är heller inte integrerat med klimatskalet. Det visar sig således att vi missar rekommendationen med 1 kWh.

5.3.4 Råd till förbättringar

Det har visat sig att samtliga konkreta råd och rekommendationer utifrån energiberäkningarna har uppfyllts förutom på en punkt. Den totala mängden köpt energi har överskridits, då vi har valt att använda el som uppvärmningsmetod. Då villan fortfarande är i projekteringsstadiet är det en bra idé att överväga andra energiformer till uppvärmning. Används exempelvis fjärrvärme, hamnar gränsen för mängden köpt energi på $60 \text{ kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp+garage}}$ och rekommendationen är, utan att ha förändrat byggnaden i något annat avseende, uppfylld. Man kan också överväga sol- eller vindkraft för att generera elektrisk energi då dessa energiformer enligt tidigare kapitel klassas som ”gratis” och dras med andra ord av från den totala mängden köpt energi förutsatt att brukaren inte ökar sin energikonsumtion som en följd av detta. Ett annat sätt att minska mängden köpt energi är även att återvinna en del av den värme som försvinner med spillvattnet. Genom att titta på fig. 5.2 ser man att hela 19% av den totala energin som lämnar huset, finns i spillvattnet. Återvinningen kan ske genom att värmen i spillvattnet återförs i tappkallvattnet.

6 Slutord

I detta dokument har det presenterats en villa som är utformad utefter krav, råd och rekommendationer från Forum för Energieffektivt Byggande. Det framgår av resultatet att det är fullt möjligt att utforma en byggnad som följer passivhus- principen, samtidigt som byggnaden inte skiljer sig nämnbart från moderna konventionella villors egenskaper när det kommer till komfort, estetik och ljusinsläpp. Det är dock viktigt att arkitekter och konstruktörer arbetar tillsammans och är inblandade i varandras arbete under hela projekteringsfasen. På så vis kan arkitekten tillsammans med konstruktören välja en designstil som lämpar sig väl för billigare och mer miljövänliga hus. Ett närmare samarbete mellan de båda gör även att arkitekten kan välja en planlösning som enligt konstruktören möjliggör mindre dimensioner på bärande element och en ökad energieffektivitet på klimatskalet.

Det är även viktigt att byggbranschens konservativa hållning inte påverkar passivhusens utbredning och utveckling på ett negativt sätt. Med rätt utbildning vad gäller energieffektivt och fuktsäkert byggande hos byggföretagen, finns det ingen tvekan om att byggandet enligt passivhus- principen kommer hjälpa kommande generationer att skapa en mer hållbar framtid.

7 Källförteckning

Observera att förkortningen för källan som den visas i den löpande texten är markerad inom []. Källor till bilder redovisas direkt under bilden i de fall den är copyright- skyddad av en juridisk person.

[11th International Conference on Passive Houses, 2007] 11th International Conference on Passive Houses. (2007).
http://www.passivhaustagung.de/elfte/english/01_start_home.html. 2010-03-28.

[BBR 16, 2009] Boverket. (2009). *Boverkets Byggregler, BBR 16*. (BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 2008:20)

[Blomsterberg, 2009] Blomsterberg, Å. (2009). *Lågenergihus - En studie av olika koncept*. (Rapport EBD-R--09/28). Lund: Lunds Tekniska Högskola.

[Bolminger, 2007] Bolminger, S. (2007). *LCC-Beräkningar Hamnhuset*. Göteborg, Älvstranden Utveckling AB.

[Carl-Eric, 2004] Carl-Eric, W. (2004). *Uran - En Hållbar Energikälla*. (Faktaserie från Analysgruppen vid KSU, 8:36, November 2004).

[CEPHEUS, 2001] Wolfgang, F & Søren, P & Manfred, G. (2001). CEPHEUS - Projectinformation No. 38. *Final Publical Report*.

[Cox, 2005] Cox, P. (2005). Passivhaus. *Building for a future*. 3: 16-21

[E-colab, 2010] E-colab. <http://www.e-colab.org/ecolab/SmithHouse.html>. 2010-04-15.

[Ericson, 2008] Ericson, J. (2008). *Kapad värmenota med passivhus*.
http://www.barometern.se/nyheter/miljo_konsument/kapad-varmenota-med-passivhus%28936522%29.gm. 2010-04-15.

[FEBYa] Forum för Energieffektiva Byggnader. (2009). *Kravspecifikation för Passivhus*.

[FEBYb] Forum för Energieffektiva Byggnader. (2009). *Mätning och Verifiering*.

[FEBYc] Forum för Energieffektiva Byggnader. (2009). *Energiformsfaktorn*.

[Fresh, 2010] Fresh AB.
http://www.fresh.se/index.php?show=106487_SWE&&page_anchor=http://www.fresh.se/p106487/p106487_swe.php. 2010-03-31.

[Jensfelt, 2005] Jensfelt, A. (2005). *Passivhus På Offensiven*.
<http://www.arkitekt.se/s14338>. 2010-04-06.

[Passivhuscentrum, 2010] Passivhuscentrum. (2010).
<http://www.passivhuscentrum.se>. 2010-04-06.

[Rosenthal, 2008] Rosenthal, E. (2008, 26 December). No Furnaces but Heat Aplenty in 'Passive Houses'. *New York Times*.

[Ruud, Lundin, 2004] S Ruud, L Lundin. (2004). *Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem - resultat från två års mätningar*. (SP Rapport 2004:31). Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

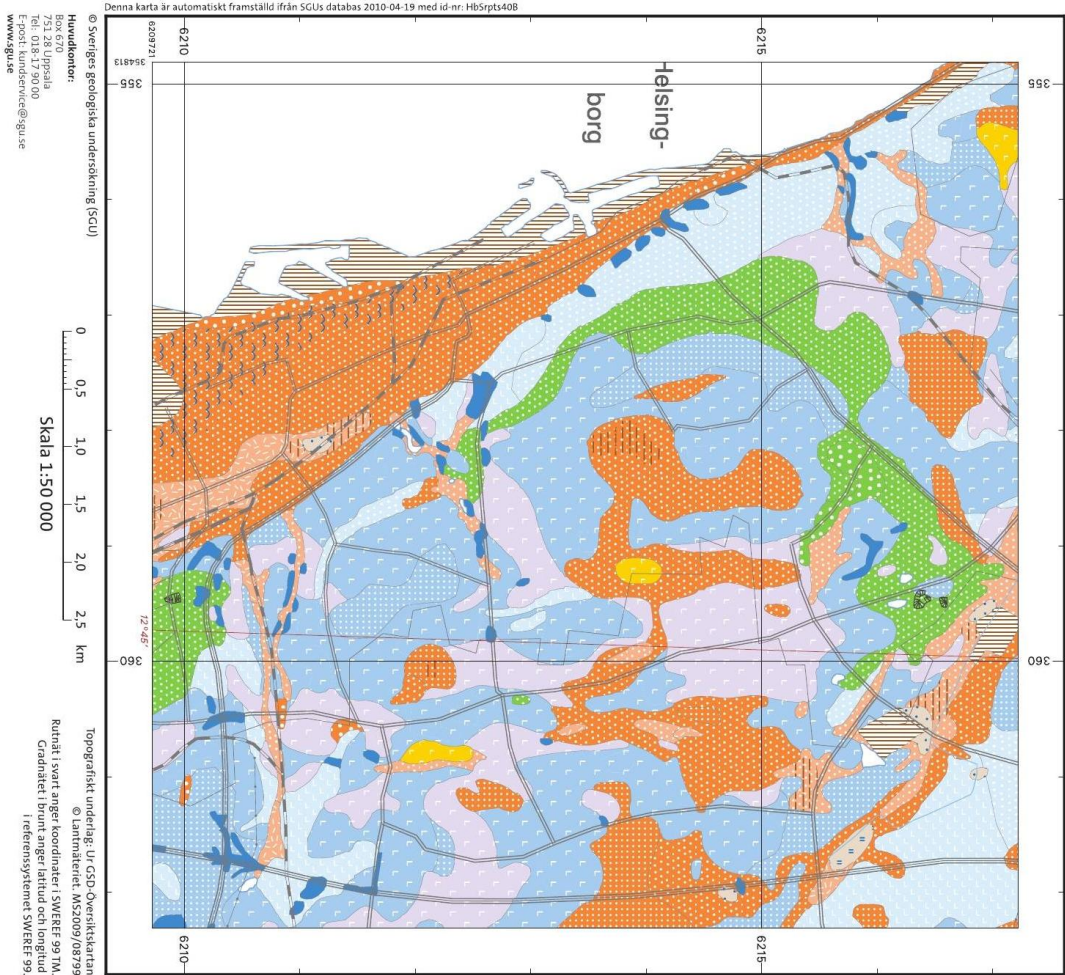
[Simu, 2009] Simu, K. (2009). *The Construction Site Manager's Impact on Risk Management Performance*. Luleå, Lunds Tekniska Universitet.

[Sveriges Geologiska Undersökning, 2010] SGU - Sveriges Geologiska Undersökning. (2010). *Jordartskartan - Detaljerad Undersökning*.
<http://maps2.sgu.se/kartgenerator/sv/maporder.html>. 2010-05-24.

[Wolfgang, 2010] Wolfgang Feist. *15th Anniversary of the Darmstadt - Kranichstein Passive House*.
http://www.passivhaustagung.de/Kran/First_Passive_House_Kranichstein_en.html. 2010-03-25.

8 BILAGOR

Bilaga 1: Geologisk undersökning av Helsingborg med omnejd (OBS! Ritning är ej skalenlig).



Jordartskartan

Detaljerad undersökning

SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Kartan visar utbedningen av jordarter i eller nära markytan. Informationen är anpassad för visning i skala 1:50 000, vilket innebär att minsta ytor som finns representerade har en diameter på 50 m i naturen. Lagensgränshöjden är vanligtvis bättre än 50 meter. Generaliseringar förekommer. Exempelvis kan områden med många, små, närliggande hallar presenteras som en sammanhängande hall på kartan, och avlagringar som bara täcker små ytor i verkligheten men som har stor betydelse för förståelsen av den geologiska utvecklingen i ett område, som isäsvavlagningar, kan ha överdrivits i kartbilden.

Ytterligare information, om till exempel jordarternas utbedning under ytan, finns lagrad i SGUs databas och kan, liksom bland annat kartbadsbeskrivningar, beställas från SGU.

	Karttonv
	Gytta
	Tunt eller osammanhängande ytlager av torv
	Alvsediment, ler-silt
	Alvsediment, sand
	Flygsand
	Postglacial grovsilt-finsand
	Postglacial sand
	Svallsediment, grus
	Clacial lera
	Isälsediment, sand
	Isälsediment, grus
	Moränlera
	Sandig morän
	Lerg sandig morän
	Sandig siltig morän
	Lerg sandig-siltig morän
	Sedimentär berggrund
	Fyllning
	Vatten
	Jord- eller grusstikt