

# Energianalys av CTEN™ byggsystem

- CTEN implementerat i småhus som passivhus



**LUNDS**  
**UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg**  
**Byggteknik med Arkitektur**

Examensarbete:  
Carl Eneroth



© Copyright Carl Eneroth

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

## Energianalys av CTEN™ byggsystem

Byggsektorns energiförbrukning svarar för ca 40 % av Sveriges totala energi. Passivhuskonceptet har genom sitt inträde på marknaden skapat en möjlighet att minska energibehovet under brukartiden med nästan en halvering mot dagens energihushållningskrav. Tankesättet har funnits en längre tid men har inte anammats förrän cirka ett decennium tillbaka. Ett initiativ från Kristianstads kommun att anordna en tävling inför BoDagarna09 gällande ett område för att exploatera för passivhus gav företaget Kreativahus Arkitekter anledning till tänka till och se hur de kunde använda sig av byggsystemet CTEN™ och hur detta kan vidareutvecklas till ett system för passivhus.

I rapporten redovisas de fördelar CTEN™ byggsystem har för att bygga hus som klarar de krav som kravs i specifikation för passivhus i Sverige anger. Detta byggsystem jämförs med ett fiktivt hus kallat Referenshuset som är uppfört som ett mer konventionellt murat hus. Vid byggandet av passivhus uppstår ett antal frågor kring exempelvis fukt, täthet mm. av olika konstruktionslösningar. Rapporten sätter passivhusets och referenshusets byggsystem i relation till varandra för att hitta de för och nackdelar båda systemen kan tänkas ge. Det visade sig i energiberäkningarna som utförts på passivhus Villa Alba 130 som byggs med CTEN™ klarade passivhuskraven. Analysen visar att det hade varit svårt att uppföra ett passivhus med Referenshusets konstruktion och ändå använda sig av dess monoväggar med en hyfsad tjocklek. Referenshuset uppvisar dock inga svårigheter att klara kraven enligt BBR. Inför byggnationen av Alba 130 gjordes vissa ändringar i byggsystemet för att minska köldbryggor men också några mer generella anpassningar för få ett tätare klimatskal. Detta visade sig ge ett positivt resultat vid beräkningar för energi- och effektbehov.

Rapporten visar inte att något av de studerade systemen är betydligt sämre än det andra men att CTEN™ har en större fördel vid byggnation av passivhus då man på ett smidigt sätt minimerar risk för fuktangrepp, på och i klimatskalet, samt att man på ett relativt enkelt sätt minska köldbryggor som blir betydligt mer viktigt att beakta i ett hus med så låg energiförbrukning som passivhus. Systemet som redan använts i ett antal lågenergihus visade sig vara enkelt att ändra för att få ett bättre U-värde. Byggsystemet möjliggör även en konstruktionslösning med limmade fönsterkassetter vilket ger ett lägre U-värde för fönsterkonstruktionen. Den största nackdelen som CTEN™ uppvisar är att systemet i sig inte är särskilt känt vilket medför att byggentreprenörer känner viss osäkerhet.

Nyckelord: CTEN, Passivhus, Effektbehov, Energibehov, Köldrygga

## Abstract

### Analysis of CTEN™ building system

Approximately 40 % of the total energy consumption in Sweden is being consumed in the building market. The introduction of passive houses to the market have created circumstances for a reduction of nearly half the energy consumption compared with today's energy regulations. The idea of how to do this is well known but has never gained any foothold until about a decade ago. An initiative from Kristianstads municipality to arrange an competition during Bodagarna09 regarding an area set out for building passive houses gave Kreativahus Arkitekter a reason to rethink their building system CTEN™ and how they could adapt it to meet the passive house standards.

This report shows the benefits of CTEN™ building system has when building houses that meets the Swedish standards. This building system will be compared with a traditionally built brick wall house here called Referenshuset. When building a passive house there appear questions such as moisture, air tightness and others concerning the solutions of the detailed construction design. The passive house and Referenshuset are put in relation to each other to try to find benefits and the setbacks of both building systems. The analysis of the energy calculations for Alba 130, which is built with CTEN™, shows how it meets the passive house standards. While it would be a difficult case to solve with a decent thickness of the mono brick wall which Referenshuset is built with. Referenshuset doesn't show any problems with the governmental demands on energy standards according to BBR. A couple of changes were made in building system of Alba 130 to reduce for example thermal bridges and a couple of other more general adjustments to secure the air tightness of the climate shell. These adjustments turned out give positive results in the calculations of energy demand and nominal heat output. None of the studied building systems shows any obviously signs of being less better than the other, but CTEN™ shows a much more secure system because of the resistance of moisture and the easiness of reducing the thermal bridges. These, which in a house with this low energy consumption, would stand out much more and therefore more important to solve. The system that has already been used in several so called "low energy houses" was easy to adjust for passive house standards and lower its thermal capacity. The building system also gives a great benefit with the possibility to glue windows, without frames, directly onto the outside of the climate shell. The most negative reaction CTEN™ has is its anonymity within the industry of contractors and therefore is some contractors hesitant to the system.

Keywords: CTEN, Passive house, nominal heat output, energy demand, thermal bridge

## Förord

Med rapporten hoppas jag att läsaren ska få en inblick hur ett relativt nytt byggsystem med idéer som ligger utanför den vanliga tankeboxen inom byggbranschen. Jag hoppas även den skall ge läsaren en bild av att det inte behöver vara så svårt att uppnå de specifikationer ett passivhus kräver. Rapporten är ett examensarbete inom utbildningen Byggteknik med inriktning Arkitektur vid Lunds Tekniska Högskola, Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg.

Det har varit en lång resa fram till föreliggande arbete, som förutom utbildningen inkluderat 3 års praktiskt konstruktionsarbete vid företaget Kreativa Arkitekter i Åhus.

Jag skulle vilja tacka följande personer för hjälp och stöd under arbetets gång:

- Examinator Lars Sentler, LTH
- Handledare Jan-Åke Andersson, Kreativahus Arkitekter
- Programledare Anders Robertsson

Slutligen vill jag också rikta ett tack till Lisa, min familj och till Lars Carlsson.

# Innehållsförteckning

<b>1. Varför passivhus?</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Behovet av energisnåla hus</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Syfte</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Problemformulering</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5 Metod</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Nulägesbeskrivning</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Beskrivning av området</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Området</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Konstruktionsbeskrivningar</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 Passivhus Alba 130</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 Cellplasten</b> .....	<b>7</b>
3.2.1 EPS S200[5] .....	7
3.2.2 EPS typ Graphite .....	8
<b>3.3 Alba 130</b> .....	<b>8</b>
3.3.1 Grundläggning .....	8
3.3.2 Väggar .....	9
3.3.3 Fönster.....	12
3.3.4 Tak.....	13
3.3.5 Ventilationssystem .....	14
3.3.6 Övriga installationer .....	15
3.3.6.1 Solfångare .....	15
3.3.6.2 Kamin .....	16
<b>3.4 Referenshuset (Murad stomme)</b> .....	<b>17</b>
3.4.1 Grundläggning .....	17
3.4.2 Väggar .....	18
3.4.3 Fönster.....	18
3.4.4 Tak.....	19
3.4.5 Ventilations och värmesystem.....	19
<b>4 Energiberäkningar</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 Introduktion program</b> .....	<b>20</b>
4.1.1 Energihuskalkylen .....	20
4.1.2 Isover Energi 2 .....	20
4.1.3 Unorm .....	20
4.1.4 Enorm .....	20
<b>4.2 Sidoberäkningar</b> .....	<b>21</b>
4.2.1 U-värdesberäkningar passivhus Alba 130 .....	21
4.2.1.1 Grundläggning .....	21
4.2.1.2 Väggar.....	21
4.2.1.3 Tak .....	24

4.2.2 U-värdesberäkningar Referenshuset.....	25
4.2.2.1 Grundläggning .....	25
4.2.2.2 Väggar .....	25
4.2.2.3 Tak.....	25
<b>5 Köldbryggor.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Vad är köldbryggor? .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Köldbryggor Alba 130.....</b>	<b>26</b>
5.2.1 Grund/Vägg.....	27
5.2.2 Fönster .....	27
5.2.3 Vägg/Tak.....	27
5.2.4 Inner- och ytterhörn i ytterväggar.....	27
<b>5.3 Köldbryggor Referenshuset.....</b>	<b>28</b>
5.3.1 Grund/Vägg.....	28
5.3.2 Fönster .....	28
5.3.3 Vägg/Tak.....	28
<b>6 Jämförelse .....</b>	<b>29</b>
<b>7 Diskussion och slutsatser .....</b>	<b>33</b>
<b>7.1 Diskussion.....</b>	<b>33</b>
<b>7.2 Slutsatser .....</b>	<b>34</b>
<b>7.3 Förslag till fortsatt undersökning (examensarbete) .....</b>	<b>38</b>
<b>8 Referenser .....</b>	<b>39</b>



# 1. Varför passivhus?

## 1.1 Bakgrund

Strävan efter att få ner energiförbrukningen grundar sig på tillgång och efterfrågan av den energi som utvunnits vid förbränning av olja. Behovet av energi har hela tiden ökat och eftersom olja är en ändlig resurs har kostnaden för t ex uppvärmning ökat. Samtidigt har det under det senare decenniet blåst nya vindar för en allmän sänkning och förändring av energibehovet delvis på grund av den ökande kunskapen om den globala uppvärmningen. Här har man inte bara koncentrerat sig på företagens och hushållens konsumtion av energi utan också av deras produktion. Att det finns en stor produktion av energi i t ex ett hushåll förstår man snabbt om man tänker efter. Att återvinna denna energi har länge gjorts men på senare tid har man alltmer fokuserat på metoder för att inte släppa ut den återvunna energin genom läckage. Detta i kombination med en allmän användning av dåligt isolerade byggnadsdelar har lett fram till den utveckling av passivhus, som denna rapport handlar om.

I Sverige var det först 1975 som man lade fram en energiproposition. Den resulterade i ett energisparande statsbidrag för investeringar i industri och byggnader. Mellan 70-talet och 1986 minskades oljebehovet från cirka 85 % till 40 %. Man övergick då till eluppvärmning och fjärrvärme för fastbränsle medan själva husen fortfarande förbrukade mycket energi. Redan 1981 byggdes Taberg som är ett flerbostads hus som idag klarar BBR:s krav på 110 kWh/m<sup>2</sup>, år, huset förbrukar 100 kWh/m<sup>2</sup>. Året efter, 1982, byggdes småhus i Skultorp som förbrukar 52 kWh/m<sup>2</sup>, år. Kunskap fanns alltså men inte den motivation och marknad som var en förutsättning för en större satsning på passivhus.

Passivhus är inom byggbranschen och framför allt Tyskland är egentligen inget nytt. Man har sedan början av 90-talet i Tyskland och Österrike redan uppfört ett flertal hus med det konceptet som kommit att kallas passivhus.[1] Inom EU hade man ett önskemål om att man 2016 skulle använda sig av byggnormer som passivhusen har idag. Det talas nu om att 2016 skall en tidsplan göras inom respektive EU land för hur det skall gå till. Vissa länder har redan tagit beslut om att tidigarelägga dessa krav. Exempelvis Storbritannien ska bygga efter dessa normer redan 2013 och Tyskland år 2012 men det återstår att se då de ekonomiska aspekterna talar emot.

Grundaren av konceptet "Passivhus" är Dr Wolfgang Feist, som forskade vid Lunds Tekniska Högskola under Professor Bo Adamsson i början av 90-talet, ville i Sverige uppföra de första passivhusen men då ingen av de tillfrågade

kommunerna i Sverige var intresserade vände de sig till Dr Feist hemland Tyskland och fick där upp intresset för byggandet av det första huset i Hessen. Huset uppfördes med blandade resultat men av detta hus lärde man sig mycket om vad som krävdes att göra för att kunna utveckla den nya generationens hus.

Vad är då ett passivhus? Det finns tre centrala grundpelare som förklarar hur ett passivhus fungerar.

*Det första* är att de har en mycket god isolering i tak, väggar, grund samt fönster och dörrar, där fönster har ett krav på ett genomsnittligt U-värde på  $0,9 \text{ W/m}^2, \text{ K}.$ <sup>1</sup> Till det här krävs även att man minimerar köldbryggorna. Har man stora förluster på grund av dessa spelar det ingen roll hur väl isolerat ett hus är.

*Det andra* är att husets täthet är mycket god, då läckage innebär utebliven återvinning av värme i ventilationssystemet. Det krav som skall uppfyllas är  $0,3 \text{ l/s, m}^2.$

*Det tredje* är ventilationssystemet där återvinning är nödvändig eftersom grundtanken att all genererad energi i form av kroppsvärme, matlagning (värme från spis), värme från lampor med mera ska utnyttjas. Därför sägs huset vara ”passivt uppvärmt”. Huset verkar som en ”termos” med återvinning. Den vanligaste ventilationen är FTX ventilation (Från- och Tilluftsventilation med värmeväXling).

Då husets  $A_{\text{temp}}$  är under  $200 \text{ m}^2$  skall det klara ett effektbehov på  $10+2=12 \text{ W/m}^2.$  Husets energibehov gällande så kallad köpt energi får inte överstiga  $45+10=55 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}.$  Med köpt energi menas varmvatten, värme och driftel (pumpar, fläktar etc.).<sup>1</sup>Först då dessa villkor är uppfyllda kan ett hus definieras som ett passivhus. I grunden är det Boverkets krav som skall uppfyllas och kravspecifikationerna är således bara råd och inga egentliga krav.

I denna rapport ligger inte fokus på konstruktionen i form av hållfasthet. Det skall dock beaktas att hållfasthetskonstruktion och energikonstruktion har gemensamma nämnare.

## **1.2 Behovet av energisnåla hus**

Ungefär 40 procent av Sveriges totala energiförbrukning går till bostadssektorn. Det ligger här ett intresse av att kunna minska denna del och

---

<sup>1</sup> Enligt Kravspecifikation för passivhus i Sverige. Version 2008:1. Bilaga 5

på så sätt också gynna brukaren av boendet och genom att sänka dennes energikostnader. Samtidigt kan brukaren, t ex småhusägaren, dra sitt strå till stacken för miljön och klimatet. En viktig faktor för införandet av passivhus är att boendeformen inte ska behöva ändra på människors levnadsstandard men öka deras medvetenhet om vilken energiförbrukning de har för sitt boende.

Under september året 2009 arrangerade Kristianstads kommun BoDagarna2009 i nordöstra Skåne där det bland annat visades arkitektur, nya tekniska och konstruktionsmässiga lösningar för passivhus där man hoppas på en stimulering av utveckling hos företag och ett ökat intresse hos beställarna. Kristianstads kommun har genom sitt ägande av mark, ”öronmärkt” sju tomter i Åhus (Täppet) för uppförande av hus med konceptet passivhus. Dessa passivhus skall utföras som småhus och ska följa bestämmelser vad gäller detaljplan för befintligt område. Selektionen av entreprenörer har skett genom tävling, arkitektoniskt såväl som tekniskt och konstruktionsmässigt, där Kreativahus Arkitekter som tillhandahåller byggsystemet CTEN<sup>TM</sup> är en av aktörerna. JSB (John Svensson Byggnadsfirma) står som byggnadsentreprenör.

Husen skall mätas i två år efter att de tagits i bruk för att kontrollera att de klarar kriterierna för passivhus (för projektet gällande är Version 2008:1) enligt de svenska normerna. Det skall även ske kontroll av fukt i väggar och tak.

Det byggsystem som granskas i denna rapport har sin bakgrund i Nuteks tävling (”2000-talets småhus”) som arrangerades -1996/97 och som sedan dess har utvecklats ytterligare. Ett flertal småhus i form av lågenergihus har uppförts runt om i landet med främst 400 mm CTEN<sup>TM</sup> block. Man har nu tagit nästa steg för att minska energiförbrukning och ökat isoleringen i väggarna till block som är 500 mm.

### **1.3 Syfte**

Syftet med denna rapport är att beskriva och diskutera vilka konstruktioner som man med byggsystemet CTEN<sup>TM</sup> behöver göra för att klara kravspecifikationer för passivhus i Sverige<sup>2</sup>. I rapporten studeras särskilt ett antal konstruktionslösningar som är kritiska för att uppnå de kvalitéer som passivhuskonceptet kräver. Utifrån de resultat som diskuteras i rapporten kan man vidareutveckla byggsystemet CTEN<sup>TM</sup> och därmed också påverka den allmänna konstruktionsutvecklingen för passivhus och kanske också småhus i allmänhet

---

<sup>2</sup> Enligt Kravspecifikation för passivhus i Sverige. Version 2008:1. Bilaga 1

## 1.4 Problemformulering

Med hänvisning till den problemformulering som beskrivits ovan kan rapporten sägas grunda sig på två frågeställningar:

1. Vilka konstruktionslösningar krävs av CTEN<sup>TM</sup> för att klara kravspecifikationen för passivhus i Sverige?
2. Var och på vilket sätt kan man förbättra eller ändra i konstruktionen för att eliminera köldbryggor och därmed säkrare klara passivhuskraven?

## 1.5 Metod

Rapporten bygger på en analys av passivhus, Alba 130, med byggsystemet CTEN<sup>TM</sup>. Detta jämförs med ett annat hus med murad stomme, som i rapporten kommer att kallas Referenshuset, och som motsvarar de befintliga energikraven enligt BBR 08. Passivhuset kommer att stå i fokus men kommer alltså att jämföras med Referenshuset. För att jämföra husen kommer de att ”beläggas” med ett antal gemensamma konstruktionsparametrar.

Alla värden är projekterade och således inga reella värden men kommer att jämföras med mätningar<sup>3</sup>.

Vid energi- och effektbehovsberäkningar av Alba 130 har programmet Energihuskalkylen<sup>4</sup>[3] använts då projektets<sup>5</sup> alla entreprenörer varit bundna till att redovisa sina passivhus i detta program. Beräkningar av standardhusen har beräknats med Isover Energi 2 då man enligt BBR 08 inte behöver påvisa effektbehovet. Till skillnad från Referenshuset redovisas mer ingående detaljkonstruktioner för passivhuset Alba 130.

Referenshuset redovisas på följande sätt:

- Konstruktionsmässigt redovisas generella detaljsektioner såsom grund/vägg, vägg/tak.
- U-värden är uppskattade efter schablonvärden och i vissa fall beräknade (dessa redovisas)
- Köldbryggor är uppskattade efter schablonvärden<sup>6</sup>[4]
- Grundläggning utgörs av platta på mark
- Väggar är av typen murad stomme av lättklinkerbetong
- Tak antas vara platt och av samma typ av konstruktion som Alba 130

---

<sup>3</sup> Se kapitel 7.3 Förslag till examensarbete

<sup>4</sup> <http://www.energihuskalkyl.se/menus/index/23>

<sup>5</sup> BoDagarna2009

<sup>6</sup> IsolerGuiden08

I rapporten kommer även beräkningar för alla de parametrar som kräver en komplett projektering av passivhus som småhus att redovisas.

Metoden för jämförelsen sker genom att vissa konstruktionsparametrar läggs på husen och på så vis visas vad som krävs för att klara passivhuskraven. I och med detta kommer också eventuella skillnader i produktionskostnader att framgå vilket visserligen inte ingår i syftet med rapporten men som kommer att beröras i rapportens avslutande del. De olika parametrarna är

- A. Köldbryggor
- B. Täthet
- C. Isolering
- D. Fönster
- E. Ventilationssystem

Det finns förstås ett flertal andra parametrar men som grund av den avgränsning som gjorts inte kommer att diskuteras i rapporten .

## 2 Nulägesbeskrivning

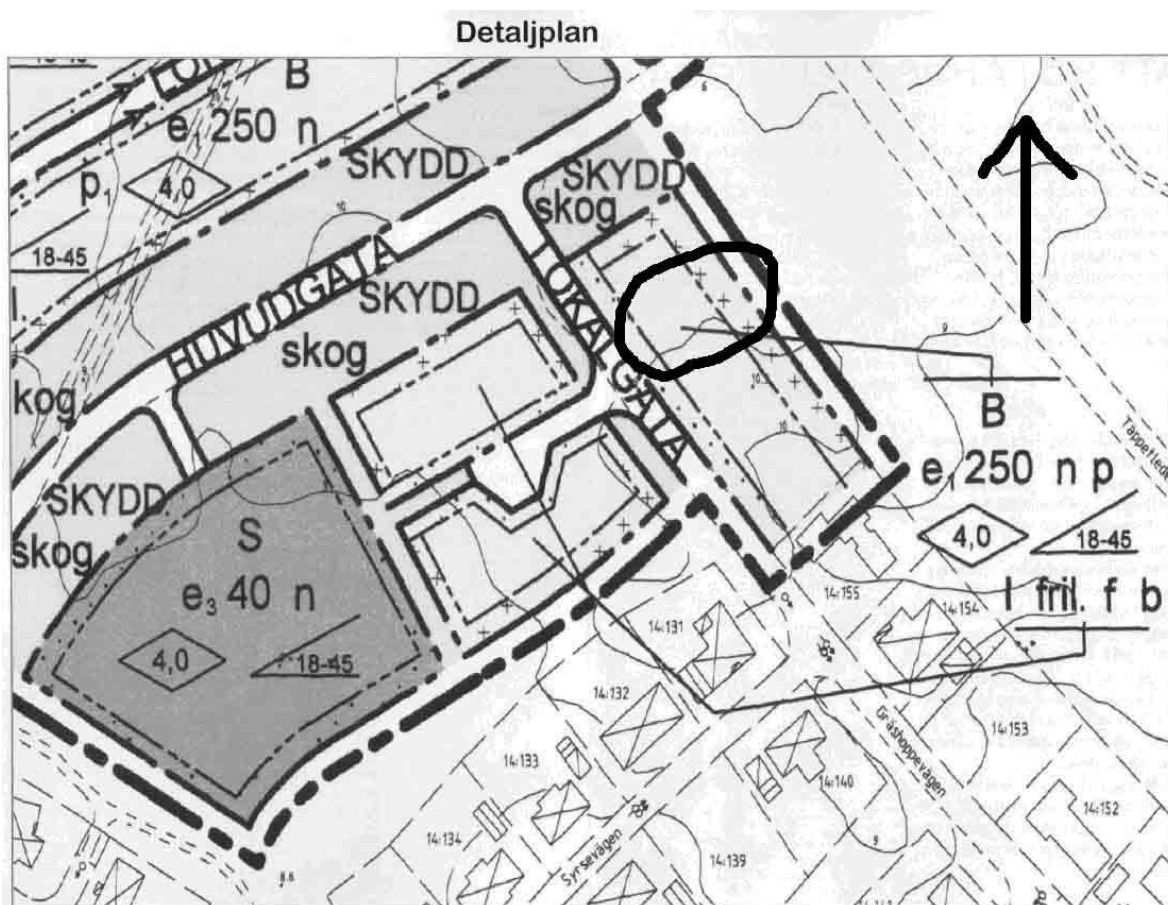
### 2.1 Beskrivning av området

Befintligt markområde för det studerade passivhuset (och det tänkta referenshuset) är kustnära med finkornig sand och tallskog. Infrastruktur med tele, vatten och avlopp anläggs innan påbörjad gjutning av grund.

### 2.2 Området

Husens läge angränsar till ett nybyggt villaområde. Området (se Figur 1.) ligger intill ett skjutfält och består av relativt tätvuxen tallskog. Inom kort kommer ytterligare ett hundratal tomter att bebyggas vilket kommer att resultera i att visst vindskydd i form av träd kommer att försvinna. Detta antas dock inte påverka beräkningarna då nybyggnation av hus skyddar istället. En förskola som är planerad intill området kommer att byggas i ett senare skede.

Gällande detaljplan för området framgår av Figur 1.



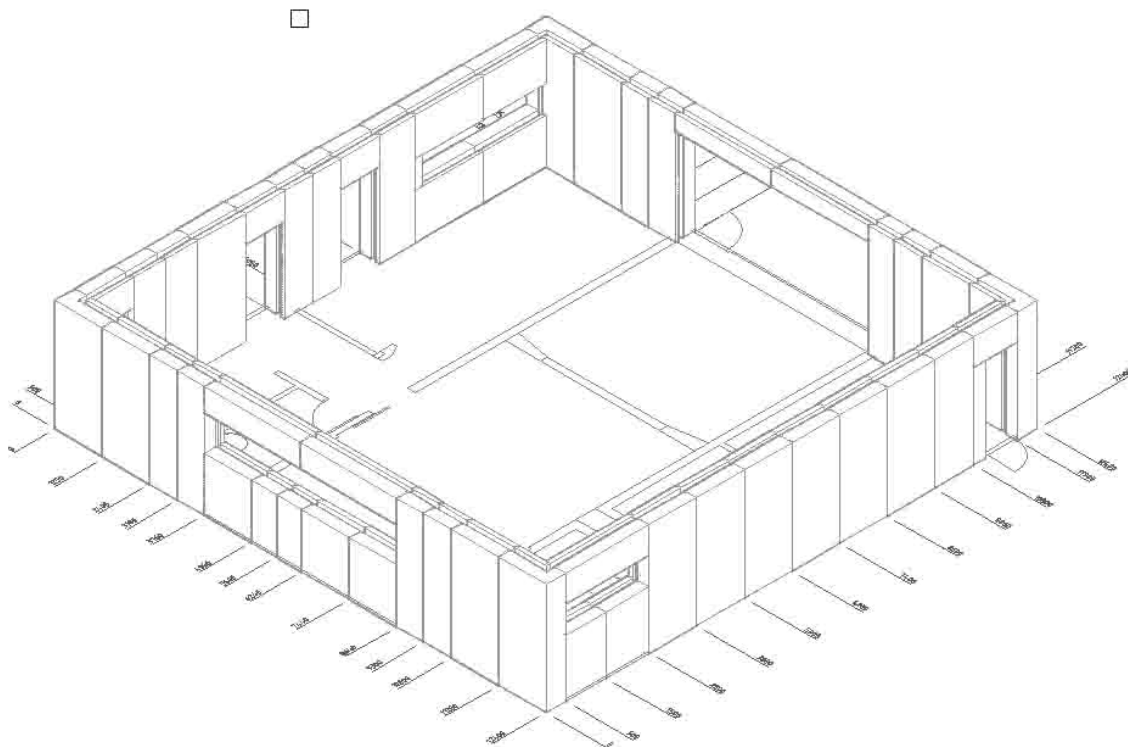
Figur 1. Detaljplan över området. Passivhuset byggs i den nordöstra delen av området.

### 3 Konstruktionsbeskrivningar

Nedan förklaras de två husen var för sig. Passivhuset Alba 130 beskrivs mer ingående då Referenshuset antas illustrera en mer vedertagen byggmetod.

#### 3.1 Passivhus Alba 130

Huset är utfört med byggsystemet CTEN<sup>TM</sup> och beskrivs nedan. Figur 2 visar husets geometri.



Figur 2. Isometrisk bild över CTEN<sup>TM</sup> block i ytterväggar Alba 130

#### 3.2 Cellplasten

##### 3.2.1 EPS S200<sup>7</sup>[5]

Isoleringen utgörs av cellplast typ EPS (expanderad polystyren). EPS är ett organiskt material och den vanligaste vad gäller isolering av cellplaster. Den utgör ett säkert skydd mot svamp och mikroorganismer då materialet inte påverkas av dessa. Det kan alltså inte t ex mögla. EPS skyddar dock inte mot gnagare men dessa kan inte livnära sig av materialet. Det ger med andra ord lika bra skydd som t ex mineralull som konventionellt används i ytterväggar. EPS består av 98% luft som finns i slutna celler. Den är godkänd som kappilärbrytande material under grundläggning mot mark och utvändigt

<sup>7</sup> Stycket bygger på ”EPS i väggarna”

isolering vid källarväggar. Fuktupptagningen är under fem volymprocent vid placering ovanför grundvattenyta och tester har visat att även vid långvarig nedsänkning är fuktupptagning kan vara 8 %. Vid brand produceras koldioxid och vatten om god syretillförsel finns samt även vissa giftiga gaser på grund av tillsatta ämnen för att få de hållfasthetsegenskaper materialet har.

Brandtester utförs på hela konstruktionen då cellplaster är en inbyggd komponent. Dock kan inte EPS utsättas för högre värmen än 80° C då den börjar smälta. Vid tillverkning skall cellplasten ”vila” i 6-8 veckor då den har en krympning under denna tid på ca fem promille. EPS skall skyddas mot UV-strålning som med tiden påverkar cellplastens kvalitet och gör den sprödare. Detta motverkas enkelt med att fasadmaterial utförs på ett korrekt sätt.

Som isolering är värmeledningsförmågan direkt jämförbar med mineralull med ett lambda ( $\lambda_d$ ) på 0,034 W/m, K för kvalitet S200. Cellplast är även en god putsbärare.

### 3.2.2 EPS typ Graphite

Graphite är en mjukare cellplast och har således en lägre tryckhållfasthet än övrig cellplast i Alba 130. Fördelen med Graphite är att den har ett lägre värmekonduktiviteten ( $\lambda_d=0,032$ ). Den har använts i takets konstruktion där krav på tryckhållfasthet är låg. Korttidslast är 70 kPa och långtidslast 20 kPa.

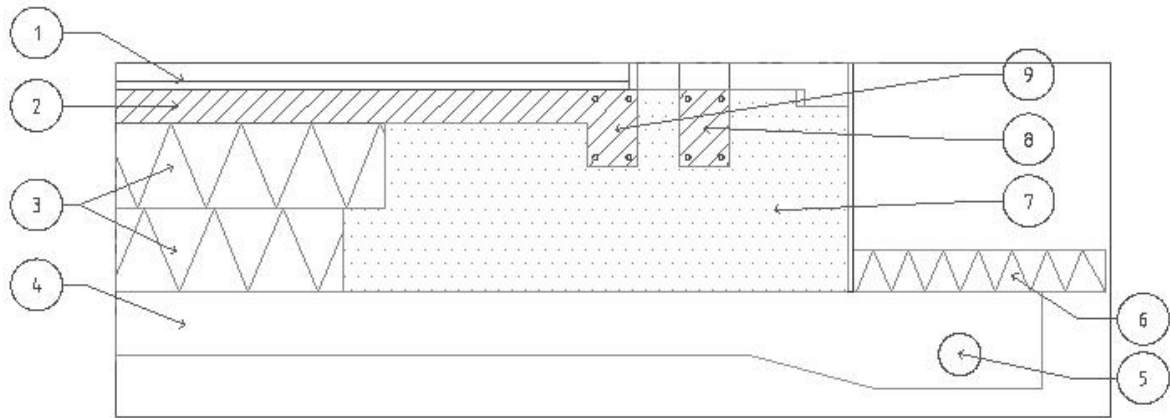
## 3.3 Alba 130

### 3.3.1 Grundläggning

Grundens uppbyggnad är av typen platta på mark och består av 2x200 mm EPS med kvalitet S200. Enbart 80 mm betong för plattan har valts då den fyller funktionen som värmelagring för få en längre tidskonstant.

Kreativahus Arkitekter har, för byggsystemet, tagit fram ett nytt kantelement för att minimera materialåtgången av betong och köldbryggor (se Figur 3.). Elementet har i ytterkant en urfasning på 40 mm (not) och CTEN<sup>TM</sup> block har en klack (fjäder) som gör att inpassning vid montering skall bli lättare. Detta kräver att utsättning av grunden utförs med stor noggrannhet. Kantelementet är djupare än vad ett konventionellt L-element normalt är och tar därmed upp större del av grundisoleringen. Kantelementet har en urfasning (Figur 3, pos. 8) som utgör plattans kantbalk och ligger helt centriskt under bärande betongstommen i ytterväggen. Kantelementets cellplastkvalitet är S200 och klarar därmed stora trycklaster. Mellan pos. 8 och pos. 9 skapas en brytning av köldbryggan på 100 mm. Kantbalk och platta är således helt separerade. För Alba 130 har man i grunden valt att använda sig av två lager EPS S200 á 200 mm. Det visade sig vara onödigt krångligt för dragnig av rör för avlopp mm. Ur energisynpunkt hade det ingen inverkan.





FÖRKLÄRINGAR:

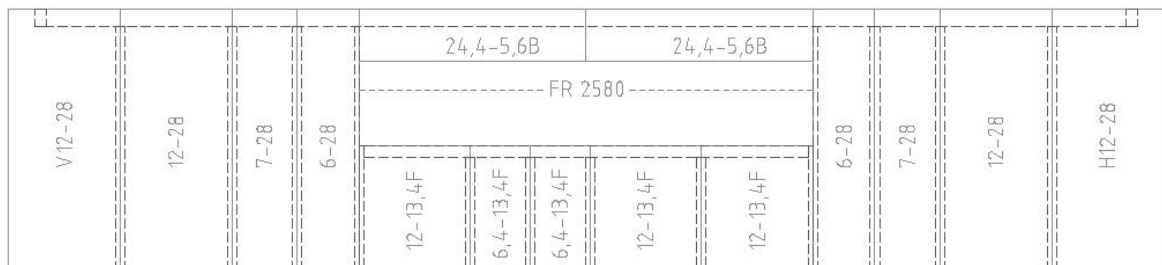
ALLA MÅTT I MM

1. GOLVBELÄGGNING TYP BAMBUGOLV
2. 80 BETONG, AMR, N615D
3. 2X200 EPS, KVALITET 5200
4. MIN. 15D DRÄNERANDE SKIKT
5. DRÄNERINGSRÖR, LUTNING MIN. 1:200
6. 100 TJÄLSISOLERING, LÄGGS 600 UT FRÅN VÄGG
7. CTEN KANTELEMENT
8. 120X180 KANTBALK, ARM. 4Φ12 I UK OCH ÖK. UPPLÄG FÖR LASTER FRÅN VÄGG
9. 120X180 KANTFÖRSTYVNING, GJUTS SAMMAN MED PLATTAN

**Figur 3. CTEN™ Kantelement där väggens bärande betongstomme kommer ner på den yttre kantbalken**

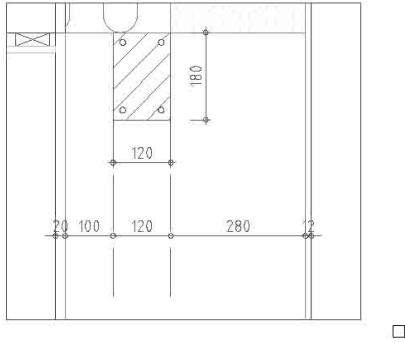
### 3.3.2 Väggar

Till väggar, som till ytan är den största byggnadsdelen omslutande arean ( $A_{om}$ ) och där man även kommer ha den största delen av värmeförlust, används 500 mm CTEN™ block. Varje block är littererade och kommer konfektionerade till varje byggarbetsplats (se Figur 4.). Alla block är urfasade i överkant (se Figur 5.) vilken utgör bärande betongbalk i överkant (är motsvarande hammarband). Vid montering limmas väggblocken med Goodrich PL200 och två stycken fixeringskilar (hajtänder) slås i varje skarv (undertill och sidor).



SYDVÄST

**Figur 4. Uppställningsritning för montering av CTEN™ på byggarbetsplats**

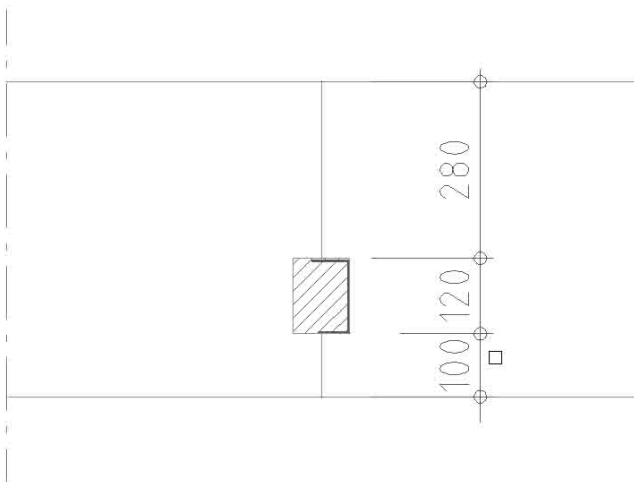


**Figur 5. Horisontell detaljsektion av vägg (mått i överkant av CTEN™ block).**

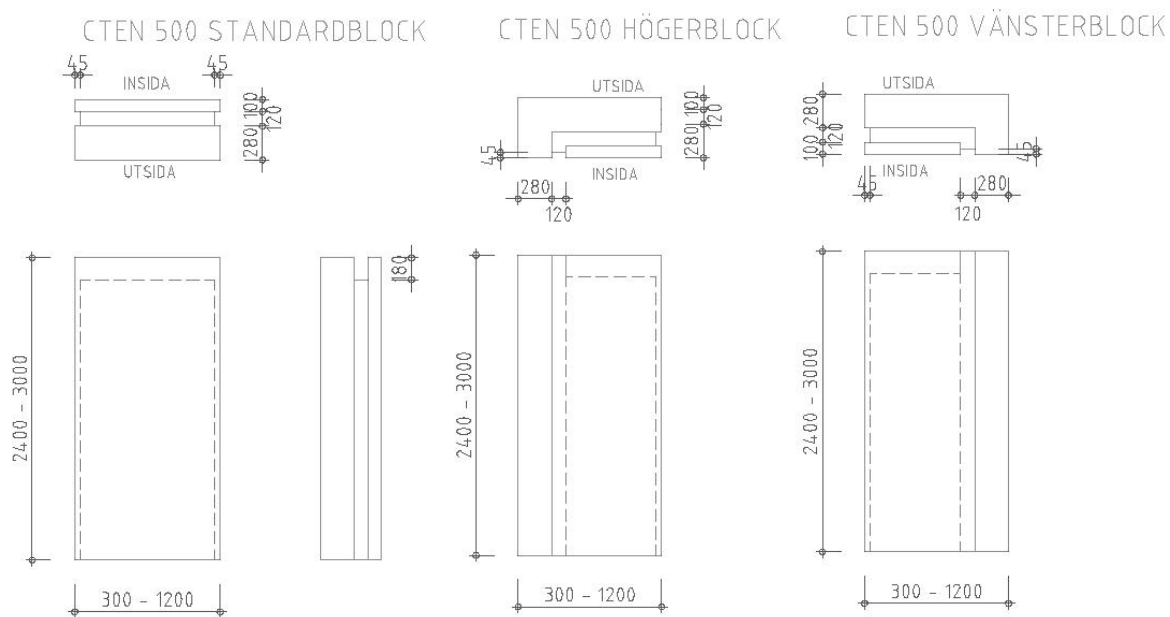
Armeringen i den överliggande balken är 2+2 $\phi$ 12 i överkant och underkant med ett täcksikt på 25 mm.

Urfasningar (120x45 mm) görs även på var sida om på blocken. När två block limmas och spikas (fixeringskilar) samman skapar de en pelare (Figur 6). Den blir gjutform för betong och pelaren blir då 120x90 mm. I pelaren placeras en förstärkningskena SKY120 (monteras innan sammansättning) som utgör armering och täcker upp skarv mellan block med flänsarna. Detta är en vidareutveckling av tidigare armering av betongpelare med 2 $\phi$ 8 centriskt placerade i pelarens veka riktning och förenklar gjutningen för att komma ner med slang och undvika luftfickor i betongen.

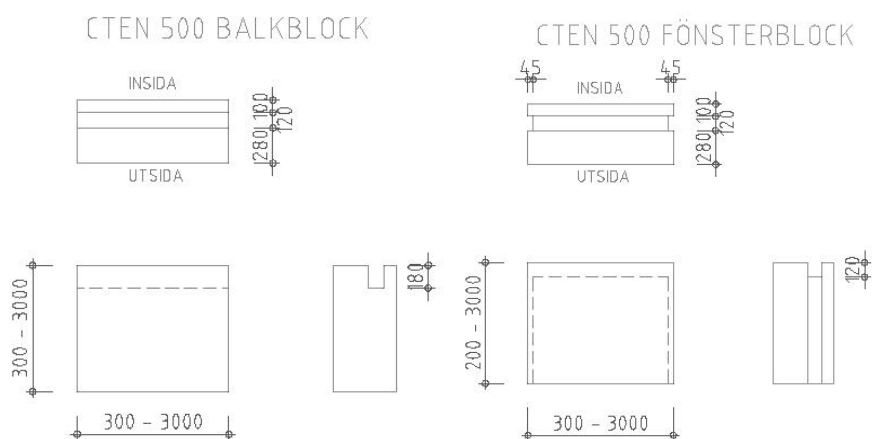
I grundutförande finns sju olika typer av block: standardblock, högerblock, vänsterblock (se Figur 5), balkblock, fönsterblock (se Figur 6), höger innerblock och vänster innerblock (se Figur 7). Dessa block kan med enkelhet kompletteras med specialblock som är helt konfektionerade beroende på funktion och utseende. För Alba 130 har sådana specialblock använts till delar av fönsternischer (Figur 8).



**Figur 6. vertikal detaljsektion över två block sammansatta. Betongpelare i mitten**



**Figur 7. Generella ritningar för CTEN<sup>TM</sup> standardblock, höger- och vänsterblock**

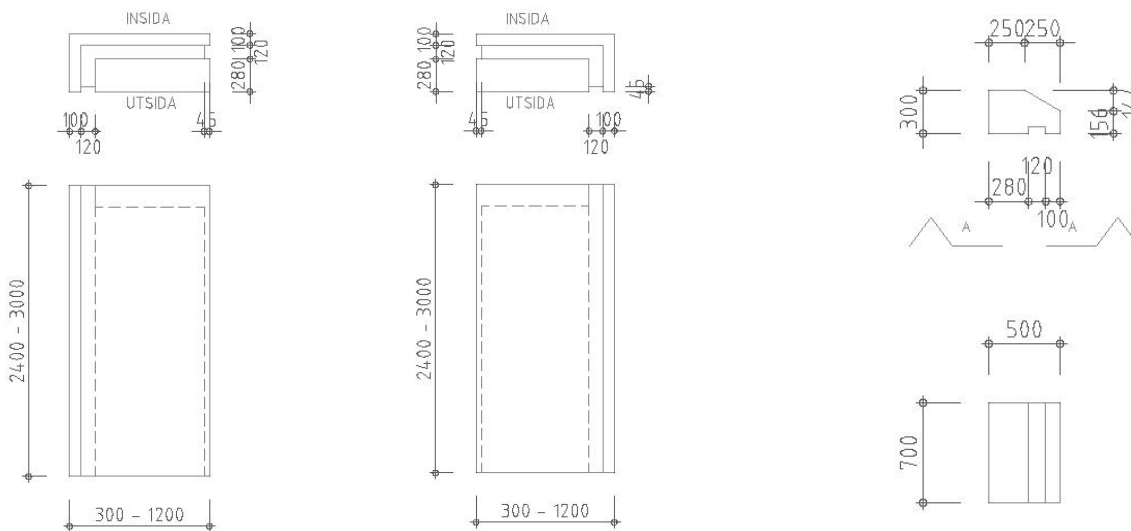


**Figur 8. Generella ritningar för CTEN<sup>TM</sup> balk- och fönsterblock**

CTEN 500 INNER HÖGERBLOCK

CTEN 500 INNER VÄNSTERBLOCK

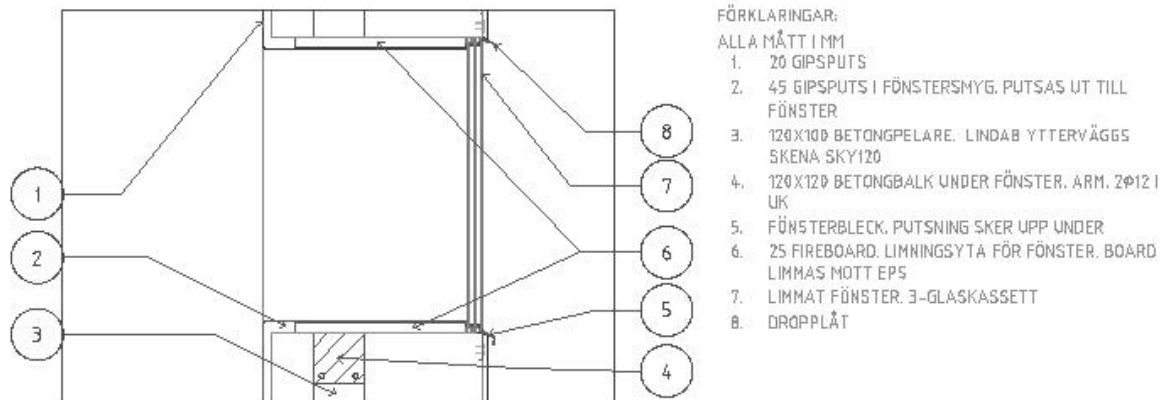
CTEN SPECIALBLOCK



Figur 9. Generella ritningar för CTEN<sup>TM</sup> Höger- och vänster inner block

### 3.3.3 Fönster

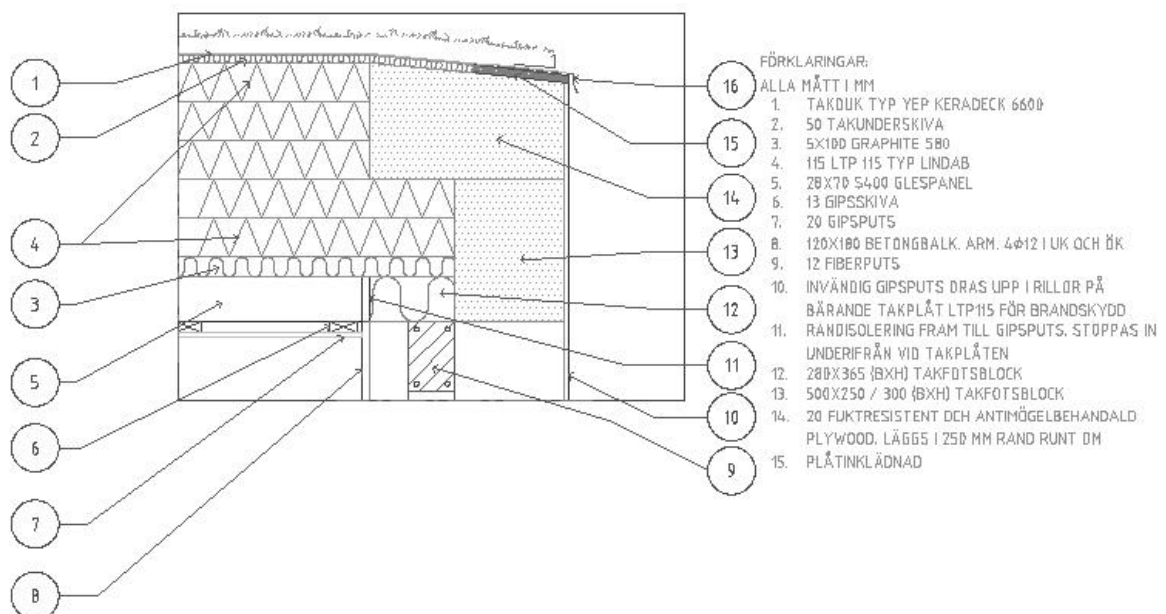
Ur energiteknisk synpunkt är fönsterkarmar den svagaste punkten på detta hus. På det studerade passivhuset förekommer två konstruktioner av fönster. Den första typen är öppningsbar och den andra har limmade fönster direkt på stommen (se Figur 9.). Med limmade fönster minimerar man köldbryggorna då man för glaskassetter kan åstadkomma låga U-värden ( $0,6 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ ). Öppningsbara fönster har enbart använts i de rum där det behövs eller kan vara önskvärt med vädring. Istället utnyttjas glasdörrar för att ha praktisk kombination av vädring och funktion. Limmade fönster ger alltså både en praktisk fördel men även en arkitektonisk för dem som inte gillar karmar. Öppningsbara fönster redovisas inte då de anses vara ”triviala”. I Alba 130 har de ett U-värde på  $1,0 \text{ W/m}^2, \text{ K}$  och köldbryggor är inräknade. Alla fönster på Alba 130 sitter i liv med fasad vilket diskuteras i kapitel 7 Diskussion och slutsatser, ur en energiteknisk synpunkt. Arkitektoniskt är det ofta ett tilltalande inslag. Alla fönster och fönsterdörrar i öster, söder och väster har försetts med utvändigt solavskärmning.



Figur 10. Detaljsektion för limmat fönster i fasad

### 3.3.4 Tak

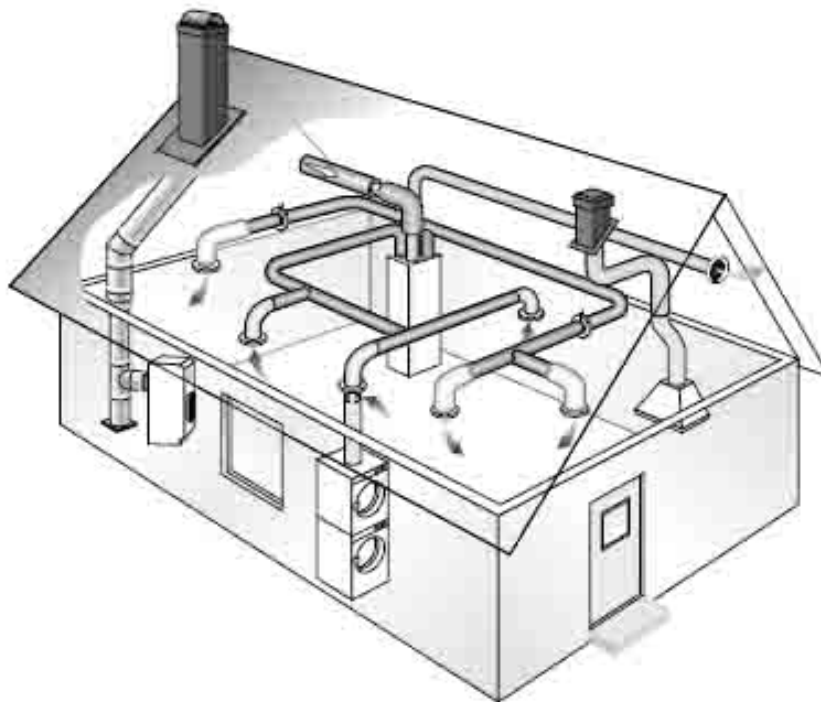
Takets konstruktion är av typen platt tak med takkupor. Takkuporna har två sorters fönster. Ett större fönster över kök och vardagsrum som är limmat. Det andra, som ligger över hygienutrymmet, är typ Velux GGL08. Då programmet inte hanterar takfönster har dessa korrigerats genom viktning av takets uträknade U-värde (se Tabell 4.). Taket isoleras med 500 mm Graphite<sup>8</sup>. Den bärande konstruktionen är fribärande högprofilerad takplåt av typen LTP115 från Lindab. Takplåten kan vara exponerad eller kläs med ett innertak vilket är fallet i Alba 130. Takets utvändiga beklädnad är takduk och förberetts för ett moss-sedumtak vilket ger ett extra skydd. En mer ingående detaljkonstruktion enligt Figur 11. Här visas CTEN<sup>TM</sup> takfotsblock som är ett specialblock vilka nämns i kapitel 3.2.4.



Figur 11. Detaljsektion i anslutningen tak och vägg.

<sup>8</sup> Se 4.2.1 U-värdesberäkningar passivhus Alba 130 samt förklaring under kapitel 3.1

### 3.3.5 Ventilationssystem



Figur 12. Isometrisk bild på ett FTX system

FTX-systemet har funnits i flera år men fått ett skamfilat rykte på grund av vissa felaktiga konstruktioner i form av felaktiga kanal konstruktioner som har gjorts och dålig verkningsgrad. Verkningsgraden har dock förbättrats avsevärt sedan början av 2000-talet.

Hjärtat i ett passivhus är ventilationssystemet med dess återvinning. I de flesta fall har FTX system använts men är inte nödvändigt. Fördelen med dessa system i det här sammanhanget är att luften används som värmebärare. Luft i sig är dock ingen bra värmebärare men den kan enkelt distribueras till rum som kräver tilluft. I Alba 130 har man använt sig av REC Temovex RS250-EC. Värdet från leverantör är:

Tabell 1. FTX aggregatets egenskaper

<b>REC Temovex RS250-EC</b>	<b>HW-utförande</b>
Märkeffekt aggregat:	144 W
Märkeffekt värmare:	1200 W
Märkeffekt fläktar:	2x72 W
Återvinningsgrad:	85 %
Filter TL/FL:	F7/G3
Mått.	430x620x1900 mm

Fläktarnas märkeffekt ovan är maximerad effekt. Vid normal drift har beräkning utgått från 40 Watt enligt leverantörens anvisningar. Som redan påpekats kan systemet på ett enkelt sätt använda luften som värmebärare och distribuera frisk tilluft till avsedda rum. Andra fördelar är att inkommande, värmd frisk tilluft, filtreras och ger därmed ett rent och behagligt inomhusklimat. Detta resonemang stämmer dock inte i alla fall. Det har visat sig i fall där ventilationskanalerna blir alltför smutsiga uppstår en motsatt effekt. Systemet kräver därför en mer frekvent rengöring och underhåll än ventilationssystem utan kanaler, t ex F ventilation. En annan omständighet är att fläktar efter en tid blir slitna och kan avge ett lågt men irriterande surrande. Här skall dock tilläggas att en allmän utveckling av fläktar har skett som bidragit till att de blivit tystare, effektivare och mer driftsäkra.

### 3.3.6 Övriga installationer

De övriga installationer som beskrivs i detta avsnitt utgörs av solfångare och vattenmantlad kamin. Solfångare är ett bra komplement för att klara de krav som ställs på ett passivhus. Passivhus har som nämnts ovan inget värmesystem och solfångarna hjälper därför enbart till med uppvärmning av tappvarmvattnet såvida det inte är ett FTX system av utförande liknande detta hus, där det är ett värmebatteri av varmvattenutförande som är kopplat till återvinningsenheten. Vattenmantlad kamin kan vara en installation som installeras i nybyggda hus men detta är inte särskilt vanligt. Båda dessa installationer, dvs. solfångare och vattenmantlad kamin, kräver ackumulatortank.

#### 3.3.6.1 Solfångare

De solfångare som valts är av typen Lesol 4 som är en platta solfångare. Dessa kan läggas ned och blir därmed inte alltför iögonfallande. De har en ungefärlig livslängd på ca 20-30 år och kan placeras vertikalt och horisontellt. För Alba 130 har de placerats i 60° mot söder. Solfångaren består av tre moduler. De har beräknats att täcka 50 % av varmvattenbehovet på årsbasis. Nackdelen med solfångare är att man under vinterhalvåret inte kan tillgodoräkna sig hela behovet medan under sommarhalvåret klarar den hela varmvattenproduktionen. Detta kompenseras av att man under vintertid drar fördel av den vattenmantlade kaminen.

Tabell 2. Faktaruta solfångare Lesol 4 AR

<b>Lesol 4 AR</b>	
Yttermått/modul:	1960x940x135 mm
Vikt/modul	46 kg
Byggarea/modul:	1,84 m <sup>2</sup>
Referensarea:	1,62 m <sup>2</sup>
Glas:	4 mm, låg järnhalt, antireflexbehandlat (AR), transmission 96 %
Absorbator:	Fullplate, helplåtsabsorbator av Aluminium med selektiv yta. Alfa=0,94, Epsilon=0,05
Anslutningar:	12x0,5 mm kopparrör, lasersvetsas på baksida
Vätskevolym:	1,6 l/modul
Isolering:	Botten, 80 mm min. ull med svart yta Kant, 30 mm min. ull med svart yta
Material i låda:	Galvaniserad plåt med plåtsolering på synliga delar

### 3.3.6.2 Kamin

Den vattenmantlade kaminen har valts utifrån anpassning till passivhus vilket innebär att den inte ger för mycket energi till rummet utan värmeenergin går till ackumulatortanken Den är av typen Nordic R15. Enligt uppgifter från leverantör skall den ha ett förhållande 20/80, där 20 % är strålningsvärme till rummet och 80 % går till uppvärmningen av varmvatten. I energiberäkningen står den som panna med 83 % återvinning. Det på grund av viss osäkerhet då energiberäkningen skulle göras.



Tabell 3. Faktaruta kamin Nordica 15R

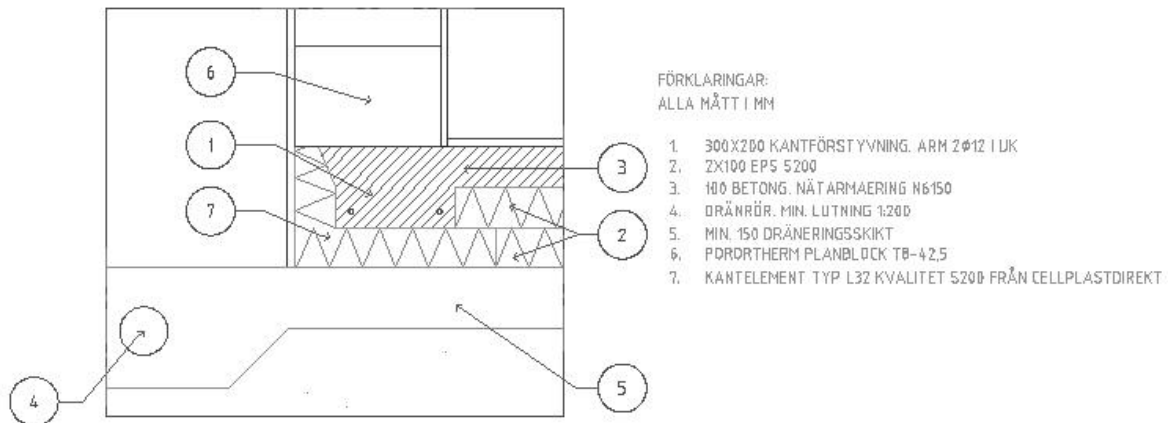
<b>Nordica 15 R</b>	
Effekt total:	14,9 kW
Till vatten:	13 kW
Till luft:	Max 1,9 kW
Skorstensanslutning dim.:	200 mm
Emission CO:	>0,3 %
Verkningsgrad:	75 %
Rökgastemp.:	240 °C
Höjd:	860 mm
Bredd:	682 mm
Djup:	537 mm
Vattenmantel:	33 liter
Vikt:	156 kg
Vedlängd:	500 mm
Övrigt:	Rak front

### 3.4 Referenshuset (Murad stomme)

Referenshuset antas vara murat för att få en så liknande byggnadsmetod som möjligt samt att väggjockleken skall motsvara de väggar som används i passivhuset, CTEN<sup>TM</sup>. Husets utformning och utseende är lika Alba 130 (se Figur 2.)

#### 3.4.1 Grundläggning

Grundkonstruktionen är av typ platta på mark, samma typ som Alba 130. Isoleringen uppgår till 200 mm EPS S200 med L-element typ Cellplastdirekts L32[6]. Dessa L-element är 300 mm höga och 500 mm djupa med kvalitet S200. Betongplattan är 80 mm tjock med vattenburna golvvärmslingor



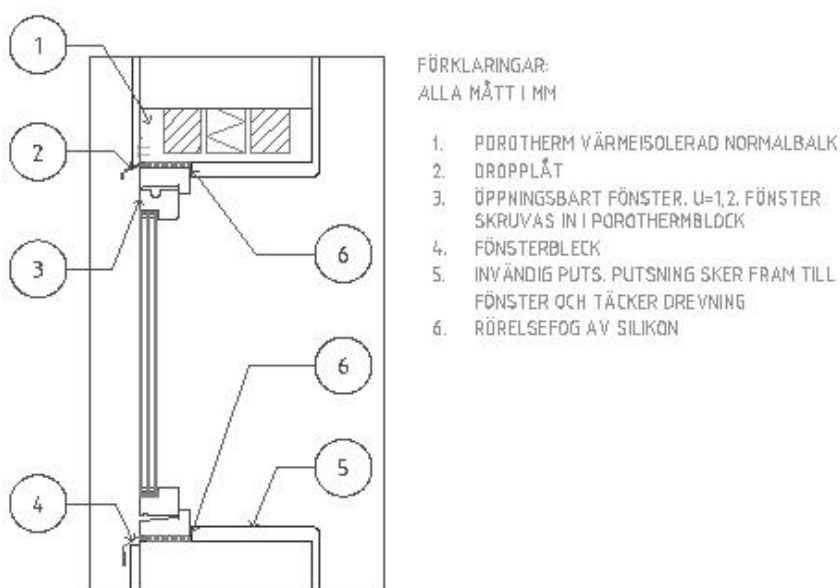
Figur 13. Detaljsektion kantelement typ L32 i Referenshuset

### 3.4.2 Väggar

Ytterväggarna har valts för Standard huset till Wienerbergers[6] Porotherm planblock T8-42,5 med invändig puts på 15 mm och en utvändig puts på 20 mm. Hela konstruktionen har ett U-värde på  $0,18 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ , enligt leverantör. Blocken har ett U-värde på  $0,08 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ . Totala tjockleken för ytterväggen blir 460 mm.

### 3.4.3 Fönster

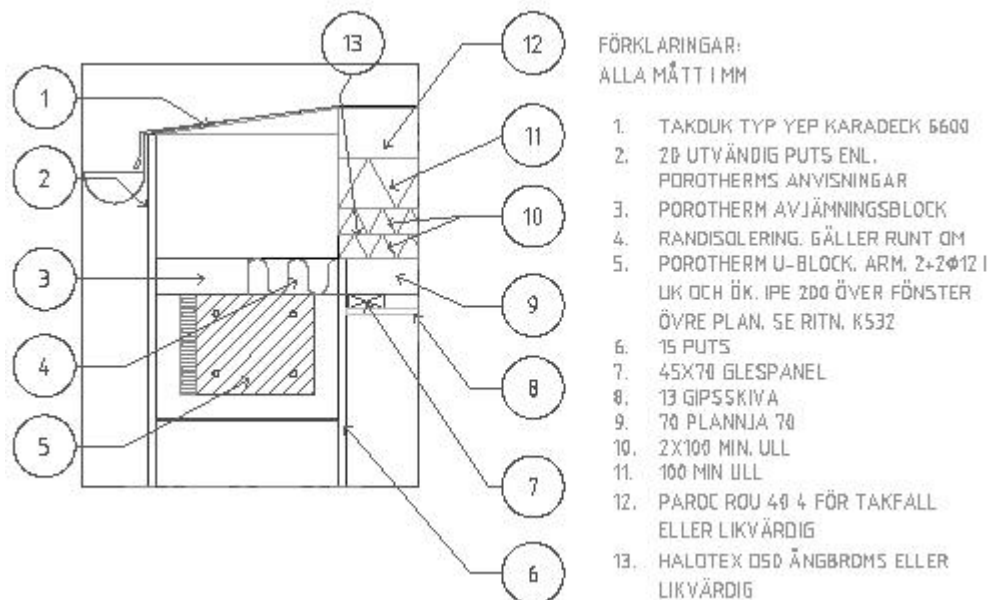
Fönster för huset är enbart av typen öppningsbara, alltså vanliga konventionella fönster med karm. U-värdet för fönstren har satts till  $1,2 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ . Dessa fönster ligger liksom passivhuset i liv med fasad, lika Alba 130.



Figur 14. Detaljsektion för öppningsbart fönster i Referenshuset

### 3.4.4 Tak

Taket är till konstruktionen lika med Alba 130 men en isoleringstjocklek på 300 mm Graphite.



Figur 15. Detaljsektion vid anslutning tak och vägg

### 3.4.5 Ventilations och värmesystem

Referenshuset har i energiberäkningarna försetts med frånluftvärmepump Nibe Fighter 360P. Hela husets värmesystem antas vara vattenburen golvvärme.

## 4 Energiberäkningar

Utifrån beskrivningarna av konstruktion och installationer har energiberäkningar utförts på Alba 130 och Referenshuset.

Energiberäkningarna för de två husen har använt sig av olika program då de lämpar sig bäst för respektive hus. T ex är beräkningar för passivhus grundade på  $DUT_{20}$ , som är den före detta metoden vid beräkning av effektbehovsberäkningar enligt Boverket. Det ger sämre förutsättningar (kallare temperaturer) i förhållande till  $DVUT^9$ .  $DVUT$  gynnar byggnader med en kort tidskonstant och missgynnar byggnader med lång tidskonstant.<sup>10</sup> Vid beräkning för Referenshuset används  $DVUT$  (Dimensionerande Vinter Ute Temperatur) och är gällande enligt BBR.

<sup>9</sup> Enligt standard EN ISO 15927-5:2005 T1:2007

<sup>10</sup> Kravspecifikation för passivhus i Sverige. Version 2008:1. Bilaga 1. sida 5

Tidskonstanten är den möjlighet för byggnaden att behålla en jämn innetemperatur utifall att det blir t ex strömavbrott eller en hastig sänkning av temperaturen utomhus

För att kunna utföra en korrekt beräkning på båda husen erfordras U-värdesberäkningar (eller uppskattade värden) samt beräkningar för köldbryggor. Dessa finns under sidoberäkningar.

## **4.1 Introduktion program**

### **4.1.1 Energihuskalkylen**

Programmet är ett webbaserat program framtaget av Aton Teknikkonsult AB för på ett relativt enkelt sätt kunna utföra energi- och effektbehovsberäkningar av passivhus och s.k. minienergihus. I projekteringen av alla hus för BoDagarna09 bestämdes att detta program skulle användas för att bland annat kunna få jämförbara siffror mellan de projekterade passivhusen med olika byggsystem. Programmet är ett av de godkända program för beräkning av passivhus, som finns på marknaden.

### **4.1.2 Isover Energi 2**

Isover Energi 2 är en mjukvara som är framtagen av LTH och sedan köpt av Isover och är en uppdatering från Isover Energi för att kunna räkna efter gällande energikrav enligt BBR08. Detta program utför inte beräkningar av effektbehovet då BBR08 inte kräver det. Klimatdata är satt till att motsvara Lund på grund av att det finns bara ett begränsat antal platser i programmet och Lund är närmast beläget.

### **4.1.3 Unorm**

Unorm är ett program som har utvecklats av Gad Byggnadsfysik och används för beräkningar av U-värde och köldbryggor i 2- respektive 3-dimensionella fall. Köldbryggor (psi-värde) som har beräknats för Alba 130 är utförda med detta program. Köldbryggor för Referenshuset är uppskattade utifrån Isolerguiden08 [4] och är ett genomsnittligt värde.

### **4.1.4 Enorm**

Enorm är ett äldre program för energiberäkningar och har därför inte använts för beräkningar av energi. Däremot har U-värdesberäkningar för Villa Alba 130 utförts med hjälp av programmet.

## 4.2 Sidoberäkningar

I detta kapitel redovisas beräkningar för U-värden och köldbryggor. De köldbryggor som inte är beräknade har tagits från Isolerguiden08 [4]. Alla köldbryggor för ett hus är dock inte redovisade utan endast de vanligaste och största. Samma sorts köldbryggor finns för respektive hus. Det är under beräkningar för köldbryggor som variationer har gjorts för att utvärdera eventuella förbättringar av konstruktioner på Alba 130. Ändringar kommer att beskrivas under respektive köldbrygga som det utförts på och kommenteras i Kapitel 7.

### 4.2.1 U-värdesberäkningar passivhus Alba 130

Utfört med Enorm. Figur 15 visas här bara för att beskriva hur programmets utseende. Figurer för övriga U-värdesberäkningar återfinns i Bilaga 3.

#### 4.2.1.1 Grundläggning

U-värdesberäkning för platta på mark resulterar i  $U=0,0643 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ . Kantelementets utformning har anpassats för att kunna bryta köldbryggan så mycket som möjligt. För uppbyggnad av grunden se kapitel 3.3.1.

#### 4.2.1.2 Väggar

Bärande betongstommen för normal väggdel utan fönster etc. har räknats in i U-värdet. Figureerna nedan är en total beräkning för U-värdesberäkningen, för homogena samt inhomogena delar. För uppbyggnad se kapitel 4.1.4.

Indatasida nr 1. Homogena skikt och korrektionstermer.

Beräkningen utförs av:  Telefon:

Välj "Ändring av startinställningar" för att ändra namn och telefonnummer

Objekt:

På denna sida inmatas homogena skikt (fält med ytandel 100 %). Inhomogena förs in på sidan 2!

Material	d, mm	Lambda	Motstånd	Material	d, mm	Lambda	Motstånd
Puts	12	1.000	0.012		0	0	0
Cellplast	280	0.036	7.778		0	0	0
Cellplast	100	0.036	2.778		0	0	0
Puts	20	1.000	0.020		0	0	0
Rsi+se	0	0	0.170		0	0	0

R-övre=  R-undre=  R-medel=  Max.fel, %=  U-teor.=

Korrektioner av teoretiskt U-värde (U-teor.) till praktiskt tillämpbart U-värde (Up):

Delta-Uw=  Delta-Ug=  Delta-Uk=  Delta-Uf=

Praktiskt U-värde, Up, W/m<sup>2</sup>.K =

Figur 16. U-värdesberäkning homogena skikt Alba 130

Indatasida nr 2. Uppgifter om inhomogena skikt

Mata in inhomogena skikt (skikt med regler osv). Ytsumman skall vara 100 %.

Fält, litt.	A	B	C	D	E	F
Ytandel i %	18.000	82.000	0	0	0	0
Skikt nr 1. d=	120 mm					
Material	Betong	Isoler				
Lambda	1.700	0.036	0	0	0	0
Motst.	0.071	3.333	0	0	0	0
Skikt nr 2. d=	70 mm					
Material						
Lambda	0	0	0	0	0	0
Motst.	0	0	0	0	0	0
Skikt nr 3. d=	70 mm					
Material						
Lambda	0	0	0	0	0	0
Motst.	0	0	0	0	0	0
Skikt nr 4. d=	0 mm					
Material						
Lambda	0	0	0	0	0	0
Motst.	0	0	0	0	0	0

0.0817

Figur 17. U-värdesberäkning inhomogena skikt Alba 130

### 4.2.1.3 Tak

Beräkning av U-värdet för tak är beräknat med Enorm. I Figur 17 visas indata och resultat. Som nämnts har taket viktats för de två takfönster som finns, se Tabell 4 nedan. För takets uppbyggnad se avsnitt 3.3.4.

Indatasida nr 1. Homogena skikt och korrektionstermer.

Beräkningen utförs av:  Telefon:

Välj "Ändring av startinställningar" för att ändra namn och telefonnummer

Objekt:

På denna sida inmatas homogena skikt (fält med ytandel 100 %). Inhomogena förs in på sidan 2!


Material	d, mm	Lambda	Motstånd	Material	d, mm	Lambda	Motstånd
Board	20	0.036	0.556		0	0	0
EPS	500	0.033	15.152		0	0	0
Board	50	0.036	1.389		0	0	0
Gips	13	1.000	0.013		0	0	0
Rsi+se	0	0	0.170		0	0	0

R-övre=  R-undre=  R-medel=  Max.fel. %=  U-teor.=

Korrektioner av teoretiskt U-värde (U-teor.) till praktiskt tillämpbart U-värde (Up):

Delta-Uw=  Delta-Ug=  Delta-Uk=  Delta-Uf=

Praktiskt U-värde, Up, W/m<sup>2</sup>.K =



Figur 18. U-värdesberäkning för tak på Alba 130

Tabell 4. viktning av U-värde för tak och takfönster

Area Tak	Area Fönster	$U_t$	$U_f$	$A_t$ (%)	$A_f$ (%)	
132,43	4,53	0,0579		0,7	0,965	0,0342
<b>Viktat U-värde</b>						
$U_{tv}$	0,056	$U_{medel}$		0,0798		
$U_{fv}$	0,024					

$U_t$  är takets U-värde

$U_f$  är fönstrets U-värde

$A_t$  är takets procentuella yta

$A_f$  är fönstrets procentuella yta

$U_{tv}$  är takets viktade U-värde

$U_{fv}$  är fönstrets viktade U-värde

$U_{medel}$  är totala konstruktionens viktade U-värde



#### **4.2.2 U-värdesberäkningar Referenshuset**

Alla U-värden för Referenshuset är beräknade förutom väggar där värdet har tagits från leverantörens materialbeskrivning.

##### **4.2.2.1 Grundläggning**

U-värdesberäkning för platta på mark uppgår till  $U=0,0782 \text{ W/m}^2, \text{K}$  enligt uppbyggnad i kapitel 3.4.1. U-värdet har avrundats av programmet till  $0,08 \text{ W/m}^2, \text{K}$ .

##### **4.2.2.2 Väggar**

Väggarna för Referenshuset är för hela konstruktionen  $0,18 \text{ W/m}^2, \text{K}$  enligt leverantör. För uppbyggnad av vägg se avsnitt 3.3.2.

##### **4.2.2.3 Tak**

Takets utformning är lika Alba 130 men med 300 mm isolering. Uppbyggnad enligt avsnitt 5.1.4.

## 5 Köldbryggor

### 5.1 Vad är köldbryggor?

Köldbryggor är nedsättning av isoleringsförmågan i en byggnadsdel på grund av t ex konstruktion. Typiska köldbryggor är karmar på fönster, infästningsdon (skruvar) som löper igenom flera skikt och har kontakt med utetemperatur samt inner- och ytterhörn i ytterväggar. De delar som här är föremål mer ingående granskning är fönsters placering (djupet) i väggar och större brytningar i kantelementet. Beräkningarna är utförda på samma sätt som befintlig köldbrygga fast dimension har ändrats.

De köldbryggor som redovisas i denna rapport är:

- Anslutning, grundläggning och vägg
- Fönster (limmade och öppningsbara)
- Anslutning tak och vägg
- Inner- och ytterhörn på ytterväggar

### 5.2 Köldbryggor Alba 130

Alla köldbryggor är beräknade med  $U_{norm}$ . Under grund vägg visas hur en beräkning ser ut (Figur 18.) i  $U_{norm}$ . Övriga beräkningar återfinns i Bilaga 4.

## 5.2.1 Grund/Vägg

Den beräknade köldbryggan vid grund och vägg är  $\psi = 0,0264 \text{ W/m, K}$ .

Namn: CTEN Passivhus Kantelement

Mått i meter: x → 0.4, 0.2, 0.012, 0.28, 0.12, 0.1, 0.02, 0.08, 0.6; y ↓ 0.5, 0.08, 0.1, 0.08, 0.12, 0.1, 0.2

**Material:**  
 1. Aktivera aktuellt fall—  
 2. Välj läge med pilarna  
 3. Välj  $\lambda$ -värde med klick här  
 4. Byt  $\lambda$  i gröna fält

Materiallista:  
 EPS s200 0.034  
 Dränerat grus 1.4  
 Dränerad sand 1.4  
 Puts 1800 1  
 Betong 1.7  
 Inneluft / Uteluft —  
 Innesluten luft Beräknas

**Randvillkor:**  
 Norr  
 Väster  Öster  Söder  
 1. Välj färgruta och riktning →  
 2. Klicka på rand eller på R

Temperaturer:  
 0.13 → 20  
 0.1 20  
 0.17 20  
 Uppvärmat utrymme

0.04 0  
 0 0  
 0 0  
 0 0  
 Icke Uppvärmat utrymme

Värmeledning = 0  
 Visa alla randvillkor

FlödeB = 5.398 FlödeR = 4.871  
 $\Psi = 0.0264$   $T_{ytta} = 19.35$

Ökat värmeledning genom väggen ger  $\Psi_1 = 0.016$   
 Ökat värmeledning genom plattan ger  $\Psi_2 = 0.010$

Måttet x får vara högst en fjärdedel av husbredden. Det är inte tillåtet att ha en golvbeläggning ovanpå betongplattan. Det kompenseras du genom att ange ett större  $R_{si}$ -värde för plattan. Två referensfall genereras automatiskt. Det ena är väggen med värmeledning = 0 nedåt. Det andra är plattan, beräknad med hjälp av U-värdet enligt markstandard. Då behövs tre indata ( $\lambda$ ,  $\mu$  och  $R_F$ ) som bestäms av inmatade data ovan samt plattans area A och omkrets P, som du får ange här.

$\lambda$	$\mu$	$R_F$	A	P
1.4	0.532	11.812	130.00	45.60

Markens utsträckning ändras automatiskt och beror på kvoten A/P.

Diagram: Alla ovanför betongen redovisas som  $R_{si}$ -värde. Gäller till husmitt. Mått 0.2 justeras av programmet till korrekta värden.

Figur 19. Köldbrygga vid anslutning grundläggning och tak

## 5.2.2 Fönster

Beräkningen visar limmat glaskassett mot Fireboard. Lambdavärdet på Fireboard kommer från leverantör Knauf Danogips. Materialet har valts för att få en så liten köldbrygga som möjligt samtidigt som man får en bra yta att limma emot. Då trä inte ingår någon annanstans i klimatskalet valdes detta inte. Värdet på  $\psi = 0,0243 \text{ W/m, K}$ . Här har dimensionen för placeringen av fönstret (djupet) ändrats för att visa skillnaden på storleken på köldbryggan (se bilaga 4)

## 5.2.3 Vägg/Tak

Den minsta homogena tjockleken av isolering utanför bärande stomme är 280 mm cellplast. Beräknat  $\psi = 0,0329 \text{ W/m, K}$ .

## 5.2.4 Inner- och ytterhörn i ytterväggar

Beräknade  $\psi = 0,0243 \text{ W/m, K}$ . Här skall tilläggas att stommen är redan inräknad i väggkonstruktionens U-värde och är förmodligen inte så stor som

detta värde visar. Beräkningen är ändå utförd med detta värde för köldbryggan för att få tillräcklig marginal.

### **5.3 Köldbryggor Referenshuset<sup>11</sup>**

För Referenshuset har Isolerguiden08 använts. Utgångspunkten är det genomsnittliga värde som i guiden är angivet som normalfall. Att använda sig av medelvärdet är lämpligt eftersom arbetsutförande bland annat är okänt. Metoden visar alltså varken det värsta eller det bästa scenariot, detta för att huset skall motsvara ett genomsnittligt hus.

#### **5.3.1 Grund/Vägg**

Köldbryggan  $\psi$  ( $\psi$ ) 0,17 W/m, K grundar sig i normalfallen med intervallet 0,07-0,26 W/m, K. Perimetern för beräkning av kantbalken är 45,6 m. Totala köldbryggan för platta på mark har då räknats fram till 7,75 W/K.

#### **5.3.2 Fönster**

Fönsternas genomsnittliga  $\psi$  har räknats fram till 0,03 W/m, K utifrån intervallet 0,01- 0,04 W/m, K. Den sammanlagda längden på fönsternas karmar inklusive dörrar är 65,5 m. Det ger en total förlust på 1,97 W/K.

#### **5.3.3 Vägg/Tak**

Vid anslutning vägg och tak ligger det uppskattade  $\psi$  värdet på 0,1 W/m, K och har en total längd på 47,36 m. Det ger en total förlust på 4,74 W/K.

---

<sup>11</sup>Alla värden för köldbryggor till Referenshuset kommer från IsolerGuiden08

## 6 Jämförelse

Vilka förändringar har man då gjort under projekteringen för att klara passivhuskraven för Alba 130. Med utgångspunkt i nedanstående parametrar (A-E) visas skillnader i respektive huskonstruktion och hur de påverkar energibehoven.

### A Köldbryggor

Enligt BBR08 är det ett krav att redovisa köldbryggor och att de tas med i energiberäkningen. Det har visat sig i andra studier att köldbryggor kan stå för en stor del av energiförlusten. För ett passivhus skulle detta vara otänkbart då ett hus med så pass lågt energibehov visar sig köldbryggorna betydligt mer framträdande. För att undvika köldbryggor krävs att man under projekteringstiden vidtar åtgärder för att minimera dessa. Det som för passivhuset Alba 130 har påvisats gällande köldbryggor är att konstruktionen bryter köldbryggan på ett effektivt sätt. Detta till skillnad från ett L-element L32 som används på Referenshuset. Idag finns till skillnad mot CTEN en större produktion av L32 och för närvarande görs det inte kantelement av CTEN. Produktionskostnaden blir därmed lägre för ett L-element.

När det gäller andra delar på CTEN<sup>TM</sup> såsom bärande anslutning vid tak och vägg ligger konstruktionen 280 mm in. Det ger mer isolering än en vanlig vägg med träregelstomme där stommen ofta är genomgående. Köldbryggor vid fönster förekommer alltid och att placera dessa i liv med fasaden är ur energiteknisk synpunkt inte optimalt. För limmade glaskassetter som på Alba 130 innebär det att man har ett  $U=0,6 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ . Dessa får ett bra genomsnittligt U-värde även inklusive köldbryggor.

### B Täthet

För att kunna tillgodose att FTX-aggregatet återvinner så mycket som möjligt ur frånluften (uppvärmd begagnad luft) krävs att man uppnår en god täthet på klimatskalet. Vid byggnation av Alba 130 fann man det svårt då precisionen av väggarna var viktig. Som nämnts i avsnitt 3.2.1 krymper cellplasten vid tillverkning och det är här viktigt att låta den fullfölja denna process på fabrik för att få en så bra inpassning som möjligt. Otätheter kan dock enkelt tätas med fogskum men detta tar onödig arbetstid. Dock bör påpekas att tätningskikt såsom plastfolie mm inte behöver appliceras samt att ofrivillig hålltagning i plasten försvinner. Otätheter kan också av hjälpas om alla parter (el, VVS m fl) är informerade av vikten av ett tätt hus. Vid montering av

väggblocken limmas de samman i sidor och mot plattan vilket också medför bättre tätning. Putsen fyller dock ingen funktion för tätning av luftflödet. Trycktesterna för Alba 130 visar på ett läckage på 0,25 l/s, m<sup>2</sup> och kraven ligger på 0,3 l/s, m<sup>2</sup>. Detta är hälften till vad Boverkets krav medger 0,6 l/s, m<sup>2</sup>. Dessa regler har tagits bort då ett stort läckage innebär att man inte kommer klara passivhus normerna.

Referenshuset är som nämnts ett ”genomsnittligt” hus. Denna konstruktion förutsätter en god drevning vid fönster och dörrar. En risk som dock skall tas i beaktande är eventuella kaminer med vidhängande skorstensgenomföringar. Det har visat sig att även om kaminsystemet är tätt kan läckage förekomma runt om det slutna systemet.

## C Isolering

För passivhus kan man säga att uppvärmningssystemet försvinner och att dessa kostnader istället läggs på isoleringen. För CTEN<sup>TM</sup> har det inneburit en extra tjocklek på 100 mm på ytterväggarna och med det en merkostnad i förhållande till vanliga 400 mm CTEN<sup>TM</sup> block. Det har inte medfört några konsekvenser i övrigt då väggarna även fungerar som tätskikt och med putsen behövs ingen ventilerad konstruktion. Sätter man den här konstruktionen i relation till en t ex träregelstomme, som är vanligaste stommen för småhus, skulle en vägg med 500 mm isolering innebära ett flertal skikt av regler samt tätnings-skikt med ventilationsspalt.

Montering av CTEN<sup>TM</sup> blocken för en van byggare av systemet uppskattas till ca två arbetsdagar och påverkas inte av byggfukt under byggtiden. När man använder sig av så tjocka isoleringsskikt i en byggnadsdel behöver man noga veta var kondenspunkten ligger. Det förekommer även i dessa block men vad som sker i denna punkt är svårt att svara på. Då det kan förekomma en långsam vandring av fukt i cellplast (ångmotståndet  $Z=133 \times 10^3$  s/m) innebär det att en helt horisontell vandring genom ett block (500 mm) skulle ta ca tre dygn. En horisontell vandring förekommer inte på grund av tyngdlagen vandring (se avsnitt 3.2.1). Även i EPS råder jämvikt beroende på rådande väder och temperatur (inne och ute). Då EPS är ett organiskt material men kan inte mögla är den enda skadan som kan uppstå att isoleringsförmågan sänks. Mätningar av fukt i väggarna som kommer att göras för alla husen i projektet kommer att ge mer kunskap om detta. I projekteringen av de aktuella husen och vid tidigare byggda hus med CTEN<sup>TM</sup> byggsystem, har inga komplikationer uppstått rörande mögel etc.

Referenshuset har Porothermblock som isolering men ligger, för vad ett hus borde, något under det normala för ett murat hus. Det skall tilläggas att det

finns murblock som har samma murningsstid men ett lägre U-värde<sup>12</sup>. Murningsstiden är enligt Wienerberg [6] kortare än för många andra murblock. Dessa block är heller inte påtagligt påverkningsbara av väderförhållande vid montering.

## D Fönster

De limmade glaskassetterna är en av de stora fördelarna för CTEN<sup>TM</sup> byggsystem. Genom att limma glaskassett direkt på cellplasten utsida kan man enkelt minimera den köldbrygga som annars hade uppstått i karmen. Under projektering tog man även tillvara på iden för de dörrar som projekterades och gjorde dessa av glas för utnyttjande av dagsljus och vy. En glasdörr har till skillnad från en vanlig ytterdörr ett sämre U-värde. En vanlig ytterdörr utan större fönster kan exempelvis isoleras på ett annat sätt. Dörrar har använts för att kunna vädra när det behövs och har därför kunnat minimera öppningsbara fönster och därmed köldbryggor. Glaskassetten har ett U-värde på  $0,6 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ , vilket är långt under vad kraven<sup>13</sup> på  $0,9 \text{ W/m}^2, \text{ K}$  som är det genomsnittliga U-värdet för fönster och dörrar trots de öppningsbara fönstren.

Att placera fönstren i liv med fasaden är egentligen enbart, för det här projektet, en arkitektonisk aspekt. Planeringen av fönstren för huset har inte helt följt de vanliga indikationerna att den stora andelen fönsterarea helst skall ligga i söder. Fördelen med att placera den stora fönsterarean i söder respektive väster är att man höst och vår kan ta tillvara på de soltimmar som finns. Utvändigt solavskärmningen med aluminiumpersienner bidrar till att överhettning inte sker sommartid.

Fönster är ett önskvärt inslag för att tillgodogöra sig så mycket ljus som möjligt men samtidigt förödande för det genomsnittliga U-värdet av vägg som byggnadsdel. Riktlinjer för area fönster på ett passivhus ligger runt 15-20 %. Alba 130 har 21,2 % och är ett försök att klara kraven med CTEN<sup>TM</sup> och de limmade fönstren.

Referenshusets energiberäkning är utförd med samma mängd fönsterarea. På det huset förekommer inga limmade fönster utan bara konventionella fönster med karmar med  $U=1,2 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ .

## E Ventilationssystem

Passivhusets ventilationssystem kräver ett större underhåll än många andra men kan jämföras med en skorsten som behöver fejas. Andra nackdelar som

---

<sup>12</sup> Porothersm

<sup>13</sup> Enligt Kravspecifikation för passivhus i Sverige. Version 2008:1. Bilaga 1

valet av system medför är att ett särskilt utrymme för kanaldragningar behövs. Planeras detta in vid projekteringen försvinner dock problemet.

Möjligheter till filter talar för ett FTX-system då man kan filtrera bort partiklar i uteluften. Systemet rekommenderas för till exempel för allergiker. De viktigaste anledningarna till att ett sådant här system är fördelaktigt i ett passivhus är det låga effektbehovet och att man relativt enkelt kan distribuera ny luft till de rum som kräver detta. Det är allmänt känt att luft som en dålig värmebärare, vilket är en nackdel. Temperaturen i tilluften får inte överstiga 52°C då luft tenderar att "lukta" bränt damm.

Ur kostnadssynpunkt är systemet inte påtagligt dyrare men kan förmodligen bli mycket dyrare i större hus och med mer komplicerade planlösningar men samtidigt har systemen utvecklats betydligt de senaste åren.

Referenshuset har en frånluftsvärmepump vilket är ganska likartat FTX. Den återvinner värmen i frånluften och för in denna i varmvattnet som sedan tjänar som uppvärmning och tappvarmvatten. Systemet har kanaldragning för frånluft från de rum som kräver det. Vatten är en god värmebärare men kräver en hög effekt vilket talar emot detta system för passivhus. I konventionella hus, som har en låg energiförbrukning är det dock ett mycket bra system.



## 7 Diskussion och slutsatser

### 7.1 Diskussion

Detta kapitel inleds med en diskussion om konceptet passivhus. 40 % av Sveriges totala energiförbrukning går till byggsektorn. Passivhuskonceptet är förhållandevis ganska svår lösning för att sänka energiförbrukningen på grund av okunskap om vikten vid bland annat täthet från byggarbetarnas sida. Lösningen består av återvinning i ventilation, mer isolering, bättre fönster och tätare hus, vilket leder in på nästa del. Täta hus mögla inte för att de är täta utan för att man inte har en ordentlig ventilation. De konstruktioner som brukar mögla till exempel trästommar gör det på grund av felaktig konstruktion. Torpargrund var bra när man hade springer i golvbräder och därmed fick en ”god” ventilering. Hur man vill ha sitt hus är självklart en smaksak men energi har sitt pris och kommer nog inte bli billigare i framtiden.

Dagens hus, som byggs enligt Boverkets krav, har redan en relativt låg energiförbrukning. De har en god ventilation och är täta. Med relativt menas att man redan för ca 30 år sedan byggde hus som klarar dagens krav. Nästa steg är att ta tillvara på den energi som produceras inomhus och utnyttja den till att värma upp huset igen. Det som krävs är att isolera mera och göra ett noggrant arbete med de lösningar som diskuteras i denna rapport.

Då kan man fråga sig vad kommer att hända med energiförbrukningen när LED-lampor gör sitt stora intåg och en TV förbrukar minimalt med energi? Det är svårt att svara på, men en vision är att man framöver kommer att använda sig av än mer datorer och elektronik i hus än som finns idag och med en mer automatisering av styrsystem. Troligtvis kommer att kunna utnyttja solenergi på ett effektivare sätt med bland annat solceller och bättre möjligheter att lagra energi.

I Referenshuset har murblock använts som producerats av lera och som klarar de krav Boverket har. Referenshuset är gediget hus med många fördelar ur energiteknisk synvinkel för produktion och dess livslängd. Tittar man på passivhuset byggt av CTEN<sup>TM</sup> kan man ifrågasätta produktionen då den i grunden är baserad på fossilt material (olja). Dock produceras ett material med en god beständighet vars användning i byggnader bidrar till att spara energi från förbränning av fossila material för till exempel uppvärmning och därmed även utsläpp av växthusgaser etc.

Massproduktion av produkter till passivhus är ännu inte helt standard men kommer sannolikt bli det. Kan en effektiv industrialisering göras av de produkter, som passivhusen kräver, kommer priserna att bli lägre. Ett bra exempel är kantelementen som används på Alba 130. Ett annat exempel är fönster. I Sverige föredrar man fönster med träkarmar men i exempel Tyskland är karmar av plast en mer etablerad lösning. Skillnaden i utseende är inte avsevärt stor men man kan där sänka U-värdet för denna svaga byggnadsdel. Här handlar det om tradition och en mentalitet som måste ändras

Det som fram till idag är den typiska beställaren av passivhus är att framför allt privatpersoner med särskilt intresse för byggnadslösningar. Men exempelvis landets kommuner kan i allmänhet göra mer för att fler passivhus byggs. Östersunds kommun erbjuder kostnadsfria bygglovsansökningar vid byggnation av passivhus. Kristianstads kommun har gjort det fast med en inriktning mot entreprenörer aktiva under BoDagarna09 och på så sätt försökt öka intresset hos privatpersoner. Andra åtgärder som kommuner och staten kan bidra med är subventioner av olika slag, liknande bilindustrin. Ett annat sätt är att förbättra informationen till allmänheten för att privatpersoner skall lära sig och våga prova nya lösningar. Att bygga ett nytt hus är förmodligen den största investeringen en person är med om i sitt liv.

Entreprenörerna har även de ett stort ansvar för att verkligen leva upp till de krav som ställs på byggnader. Ett mer noggrant arbete skulle medföra bättre hus men även en längre byggtid, tid är pengar och alla parter vill spara så mycket som möjligt.

EU hade ett önskemål om ett direktiv som innebar att passivhusnormerna skulle vara byggstandard i hela EU år 2016. Det är dock inte troligt på grund av rådande ekonomi som många EU länder står inför. De nya normerna kommer antingen medföra en stor omställning och komma plötsligt eller redan vara en helt naturlig del beroende på berörda aktörers/entreprenörers vilja och kunskap. Hade den ekonomiska marknaden styrts och en större medvetenhet hos beställare funnits, hade förmodligen passivhus redan byggts i större skala. Det är fler som tänker på ekonomin än de som är "idealister" eller pionjärer och än så länge tycks marknaden tro att husen är avsevärt mycket dyrare och att de är "för" täta.

## **7.2 Slutsatser**

Vilka slutsatser kan man då dra från den beskrivning och analys som redovisats? Jag har valt att dela in slutsatserna i två delar, konstruktion och energi. Är det svårt att skapa ett hus som uppfyller kraven på ett passivhus? Vilka lärdomar kan man dra från konstruktion och byggande av passivhus och

hur kan dessa appliceras på befintliga byggnader (småhus) och nybyggnationer med konventionella metoder? Diskussionen följer efter nedanstående punkter.

## Konstruktion

De märkbara delar som man under projekteringstid har lagt stor vikt vid och där konstruktionen skiljer sig listats nedan. Listan består av de viktigaste delarna som tidigare diskuterats i rapporten och som skiljer sig mellan ett konventionellt byggt hus såsom Referenshuset och ett passivhus typ Alba 130 byggt med CTEN<sup>TM</sup>.

- Fönsters placering och area. Här ligger kostnaderna under projekteringstiden och påverkas av val av fönster. Planeringen av fönster och dess läge hade varit den samma. De limmade glaskassetterna är i förhållande till ett vanligt öppningsbart fönster billigare men att arbetstiden blir kanske längre metoden inte är konventionell och därmed ovanlig för byggentreprenören.
- Utvändig solavskärmningen är inte nödvändig på Referenshuset och innebär därför en merkostnad för Alba 130. Projektering för solavskärmning är som regel väster, söder och öster.
- Kantelementen har tagits fram för passivhuset Alba 130 och är för marknaden speciellt. En ringa projekteringskostnad.
- Takfotsblock på Alba 130 är specialblock men är ändå för byggsystemet en trivial detalj. Konstruktionen minimerar köldbryggan då den bärande stommen ligger helt i uppvärmt utrymme.
- Isoleringen har ökats på väggarna CTEN 400 till CTEN 500. Detta har dock inte inneburit någon extra projekteringskostnad mer än beräkning av U-värdet
- För passivhuset krävs en noggrann planering av ventilationssystemet FTX för att utnyttja utrymmen och längder på kanaler men det är också fallet för Referenshuset.
- Tätheten för husen skiljer sig ganska stort. Alba 130 har ett läckage på ca hälften av Referenshuset. För passivhus krävs här en extra noggrann arbetsinsats då inga otätheter får finnas.

Hade man flyttat in fönstren ca 10 cm på Alba 130 hade köldbryggan kunnat minskas ytterliga från 0,0243 W/m, K till ca 0,01 W/m, K. Energiberäkningen visar att de köldbryggor som är mest märkbara är just vid fönster (se Bilaga 1). Detta beror på att det är en ”finkänslig” konstruktionsdel samt det antal löpmeter som omfattas.

En generell kunskap om brytning av köldbryggan finns men utseendet på CTEN<sup>TM</sup> kantelement är nytt. Det tycks vara möjligt att utforma ett

kantelement för det här byggsystemet för att helt eliminera köldbryggan utan att märkbart höja produktionskostnaden eller arbetstiden. Dock är det förmodligen inte möjligt att göra så på ett helt hus, då mer material direkt medför ett merarbete, men man skulle kunna koncentrera sig på utvalda, kritiska punkter.

Liknande utförandena kan dock användas på hus med konventionell byggmetod och därmed bidra till att minska energiförluster på många nybyggda hus.

Varför ställer inte Boverket högre krav på täthet då ventilationssystemen som finns på marknaden klarar kraven för ett mycket tätt hus? Man bör komma ihåg att det inte Boverket som drivit fram nya lösningar till förbättringar i form av energiminskande utan drivande företag och personer.

För att sänka kostnader behövs en större produktion av byggmaterial och ett produkturval som klarar kravspecifikationerna för passivhus i Sverige. Det behövs troligen en större ambition hos byggtreprenörer då deras arbete helt avspeglar sig i husets slutliga prestanda.

Hur har då Alba 130 anpassats för att klara kraven?

Den största fördelen är väggblocken. Genom att använda sig av material som har god beständighet mot fuktangrepp i grund, väggar och tak har man en god säkerhet för dessa risker. En ökad väggisolering från 400 till 500 mm utan genomgående bärande konstruktion ger en god förutsättning för att minimera köldbryggor samt att få ett tätt hus. Ett tätt hus ger större utdelning än mer isolering. Byggsystemet tillåter att på ett estetiskt tilltalande sätt fästa in glaskassetter utan karm vilket ger ett lägre genomsnittligt U-värde på hela fönsterkonstruktionen.

Bärande takplåt har framförallt lett till att takstolar av trä (möjligsbart material) kunnats tas bort. Takets isolering har ökats från ca 300 mm till totalt 570 mm.

Ett speciellt framtaget kantelement som projekterats fram för Alba 130 har bidragit till minskad köldbrygga.

Vad kan då förbättras i form av brytning av köldbryggor?

Egentligen kan alla kritiska punkter förbättras med mer isolering. Alternativa material kan bytas ut, t ex kan hårdplastprofiler användas istället för plåt, stål och aluminium där så medges.

Att förbättra brytning av köldbryggor kommer att ge högre projekteringskostnad. Detta bör dock kunna ses som en momentan kostnad då det i kommande projekt kan återanvändas. Det är sådant som får utvecklingen att gå framåt.

Ett tidigt samarbete mellan olika projektörer (VVS, el m fl) kommer även det att minska köldbryggor då läckage är en stor orsak till energiförlust.

## Energi

Det är mängden köpt energi, exklusive hushållsel, som kan jämföras med varandra för respektive hustyp. Alba 130 har en köpt energi på 54,5 kWh/m<sup>2</sup>, år och Referenshuset 82 kWh/m<sup>2</sup>, år. Det innebär en energibesparing på 27,5 kWh/m<sup>2</sup>, år, vilket blir 3575 kWh/år i skillnad. Det kan tyckas vara en liten skillnad men här skall tilläggas att Referenshuset antas vara ett nybyggt bra hus.

Alba 130 förbrukar 22,4 kWh/m<sup>2</sup>, år för värmeenergi och Referenshusets värmeenergi är 44,4 kWh/m<sup>2</sup>, år<sup>14</sup>, vilket är det dubbla. Passivhuset tar till vara på överskottsenergi medan Referenshuset, när det blir kallt, måste värma upp till erforderlig inomhus temperatur.

Som man kan se på Energiberäkningen för Alba 130 i Bilaga 1, sida 1 så visar den tydligt att fönster och dörrar (i det här fallet är alla dörrar fönsterdörrar) är den byggnadsdel med störst energiförluster per kvadratmeter. Detta är dock detsamma oberoende av vilka krav man arbetar efter. Glasbeläggningen utvecklas och blir bättre. Något som även är märkbart i energiberäkning för Alba 130 är att köldbryggorna beräknas stå för ca 10 % av klimatskalets förluster. Enligt rekommendationer bör också snålspolande armatur användas (kan minska energi för TVV med 20%) för passivhus men har inte gjorts i Alba 130. Det här går att åtgärda genom en medvetenhet hos brukaren med information och utbildning.

---

<sup>14</sup> Se Bilaga 2, sida 3. ((VÄN+VVN)-Varmvatten) / 130 => 9164 kWh / år – 3393 kWh / år = 5771 kWh / år / 130 = 44,39 kWh / m<sup>2</sup>, år

### **7.3 Förslag till fortsatt undersökning (examensarbete)**

En djupare studie av kostnaden för ett passivhus kontra ett konventionellt byggt hus för att möta Boverkets krav borde utföras. Att i hela processen från projektering till brukare granska kostnader för att till brukare kunna påvisa pay-back tiden eller den kanske rent fördelaktiga minskning av slutkostnaden skulle vara värdefullt för att driva utvecklingen framåt.

Det vore också värdefullt att göra en uppföljning av mätvärden och sammanställning av dessa för att ge ett bättre underlag för utvärdering av framtida ändringar av konstruktioner och förbättringar.

## 8 Referenser

1. [http://www.passivhuscentrum.se/mer\\_om\\_passivhus.html](http://www.passivhuscentrum.se/mer_om_passivhus.html) (maj 2010)  
Passivhuscentrums hemsida
2. <http://www.energihuskalkyl.se/menus/index/23> (maj2010).  
Energihuskalkyls hemsida
3. IsolerGuiden06
4. [http://www.plastkemiforetagen.se/Material/EPS%20Bygg\\_TK\\_Vaggbo ken.pdf](http://www.plastkemiforetagen.se/Material/EPS%20Bygg_TK_Vaggbo ken.pdf) (maj 2010) Plast och kemiföretagens hemsida
5. [http://www.wienerberger.se/servlet/Satellite?pagename=Wienerberger/Page/CallArticle05&cid=1132852274682&c=Page&sl=wb\\_se\\_home\\_se](http://www.wienerberger.se/servlet/Satellite?pagename=Wienerberger/Page/CallArticle05&cid=1132852274682&c=Page&sl=wb_se_home_se) (maj 2010) Wienerbergers hemsida

## Bilageförteckning

Bilaga 1 - Energiberäkning passivhus Alba 130

Bilaga 2 - Energiberäkning Referenshuset

Bilaga 3 - U-värdesberäkningar

Bilaga 4 - Beräkningar köldbryggor

Bilaga 5 - Kravspecifikation för passivhus i Sverige, Version 2008:1



# Bilaga 1 Energiberäkning Passivhus Alba 130

Byggnadsidentitet: Villa Alba 130  
 Utskriven av: Carl Eneroth  
 Utskriftsdatum: 2009-12-07

Egna indata  
 Lästa indata  
 Utdata resultat

## Effektbehov - värme

### Klimatdata dimensionerande

Klimatdata för ort

Dimensionerande utetemperatur

Marktemperatur, dimensionerade

Rumstemperatur

Kristianstad	
-10,5	°C
3	°C
20	°C

### Byggnadskonstruktion

Byggnadstyp

Boarea BOA

Lokalarea LOA

Atemp

Agarage

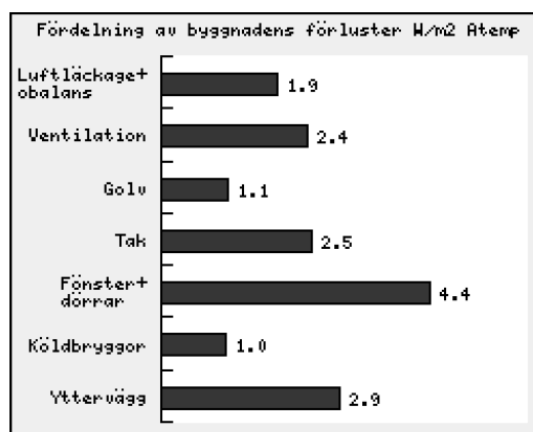
Halvlätt	
130	m2
0	m2
130	m2
0	m2

### Klimatskal

Byggnadsdel	Area m2	U-värde W/(m2K)	Temp. diff. K	PT Watt
1.a Lätt yttervägg	0	0	30,5	= 0
1.b Tung yttervägg	97,35	0,0817	30,5	= 243
2. Ytterdörr	0	0	30,5	= 0
3. Tak mot uteluft	132,43	0,0798	30,5	= 322
4.a Golv mot platta på mark	130	0,0643	17	= 142
4.b Golv mot lätt markkonstruktion	0	0	17	= 0
5. Vägg mot mark	0	0	17	= 0
6. Köldbryggor	1	4,458234	30,5	= 136
7. Fönster	21,83	0,6	30,5	= 399
8. Glasade altandörrar	5,73	1	30,5	= 175
9. Terasstak	0	0	30,5	= 0
<b>Aom</b>	<b>388,3</b>	<b>m2</b>	<b>Summa</b>	<b>1417</b>

### Köldbryggor

	Längd L m	Y W/(mK)	L*Y W/K
1. Bottenbjälkslag	45,6	0,0264	1,20384
2. Fönster och dörrar	18,4	0,0083	0,15272
3. Mellanbjälkslag	0	0	0
4. Balkonginfästningar	0	0	0
5. Takfot	47,36	0,0329	1,558144
6. Ytter- och innerhörn	11,4	0,035	0,399
7. Limmade F	47,1	0,0243	1,14453
<b>Summa</b>			<b>4,458234</b>
<b>Köldbryggor andel av klimatskalets förluster</b>			<b>10</b> %



## Fönster och glasade dörrar

	Syd	Väst	Norr	Öst	Summa
Fönsterarea brutto (m2)	11,15	2,8	3,19	4,69	21,83
Glasade dörrar (m2)	2,16	1,47	0	2,1	5,73
	<b>Fönsterandel (inkl. dörr)</b>				<b>21,2</b> %

## Ventilationsdata Dimensionerade

Genomsnittligt frånluftsflöde (Vex)	36,4	(l/s)
Vindskyddskoefficient, e	0,07	
Vindskyddskoefficient, f	15	
Läckageflöde q50/Aom vid provtryckning	0,3	l/s, m2

## Värmeåtervinningsdata dimensionerande, placerad inom klimatskal

Tilluftsfloede	90	(% av Vex)
Värmeväxlarens återvinningsgrad, heff	84	%
Värmekonduktivitet uteluftkanal, Y	0,3	W/(mK)
Längd uteluftkanal	0,5	m
Värmekonduktivitet avluftkanal, heff	0,3	W/(mK)
Längd avluftkanal	0,5	m
Avfrostningstid vid DUT	0	(minuter per timme)
Jordvärmeväxlarens återvinningsgrad	10	% heff

## Resultat effekt

Infiltration	6,7	l/s
Systemverkningsgrad	85	% heff
Värmeväxlat luftflöde	33	
Oväxlat luftflöde	4	
Summa förlustflöden Vf	15	l/s
<b>Effektbehov ventilation</b>	<b>559</b>	<b>Watt</b>

## Värmetillskott - internlast PI

**-520** Watt

## Specifikt Värmeeffektbehov (PH / Atemp)

**11,2** Watt / m2

Tilluftstemp. utan eftervärme, Jsupply,min	15,4	°C
Värmeeffekt via tilluften om max Ttemp 52 C	1437	Watt
Specifik möjlig eftervärmareffekt	11,1	Watt / m2

## Schablonkalkyl för energianvändning

Följande energieresultat avser en typisk familj med typiskt beteende och varmvattenbehov, samt normala utetemperaturer och väderleksförhållanden. Hushållselanvändningen har antagits bli lägre än för genomsnittsvärden i Sverige, eftersom här finns krav på eleffektiva installationer. Att använda schablonvärden innebär att verkliga värden alltid kommer att avvika en del, men ger en bättre grund för jämförelser.

### Resultat

Byggnadstyp

Småhus

#### Indata

Antal lägenheter	0	
Innetemperatur	22	°C
Antal personer	3,2	
Effektiva varmvattenarmaturer	Nej	
Varmvatten	45,7	m <sup>3</sup> / år
Stilleståndsförluster	100	W
Evakuerande kökskåpefläkt med VÅ / kolfilter	Nej	
Spiskåpa, forcerande luftflöde utan VÅ	0	l / s

#### Indata driftel

Flakteeft normaldrift	40	W
Frånluftsfläktens placering i FTX	0,8	
Pumpdrift	50	W

#### Komfortkyla / Fjärrkyla

Fjärrkyla för komfort i lokaler	0	kWh/m <sup>2</sup> (LOA)
EI till komfortkyla	0	kWh/m <sup>2</sup> (LOA)

#### Utdata

Varmvattenenergi	26,1	
Hushållsel exkl driftel	9,8	
Driftel	6,1	kWh/m <sup>2</sup>
Spillvärme medel/dygn	3,6	W/m <sup>2</sup>

Byggnadsidentitet: Villa Alba 130  
 Utskriven av: Carl Eneroth  
 Utskriftsdatum: 2009-12-07

Egna indata  
 Låsta indata  
 Utdata resultat

#### Solenergi vinter och sommar

	Syd	Väst	Norr	Öst
Fönster brutto (m2)	11,15	2,8	3,19	4,69
Glasandel fönster, Fa	0,56	0,56	0,56	0,56
Altandörrar brutto (m2)	2,16	1,47	0	2,1
Glasandel altandörrar, Fa	0,6	0,6	0,6	0,6
Skuggfaktor, karm, mm	0,7	0,7	0,7	0,7
Horisontalvinkel (skuggningsfaktor)	0,9	0,9	0,9	0,9
Glasrutans g-värde	0,55	0,55	0,55	0,55
Sido- och överhängsavskärmning, sommarperiod	1	1	1	1
Rörliga solskydd vinter	0,93	0,93	0,93	0,93
Rörliga solskydd sommar	0,93	0,93	0,93	0,93

Reglersystemets verkningsgrad  %

**Resultat värme netto**  kWh/m2 Atemp

**Resultat värme + VV + driftel**  kWh/m2 Atemp

**Resultat solareafaktor**  %

Andel solvärme för varmvatten  %

Värmepump, V+VV

Värmepump, endast V

Värmepump, endast VV

Fjärrvärmeanslutning

Bränsleanvändning

Pannverkningsgrad vid avsedd effekt

## Värmeförsörjning: bibränslepanna

Valt kravalternativ

Passivhus Syd

Viktad energi

27,4 kWh/m2 Atemp.

Obs, detta värde ska vara mindre än

30 kWh/m2

För viktad energi har viktningsfaktorena för xxx använts

Varje energislag har multiplicerats enligt följande:

El:	1
Fjärrvärme:	0,5
Biobränsle:	0,5
Naturgas:	1
Fjärrkyla:	0,4

Beräknat energiprestandavärde

48,8 kWh/m2 Atemp.

*Obs detta värde, motsvarande begreppet Byggnadens specifika energianvändning i BBR och ska vara lägre än gällande byggreglers minimikrav. I detta begrep finns inte garagearean medtagen enligt Boverkets definition.*

Av detta utgör elenergi

6,1 kWh/m2 Atemp.

## Bilaga 2 Energiberäkning Referenshuset



### Resultat från energiberäkning

2009-12-08 12:23

#### Referenshuset

#### Sammanfattning

Klimatzon:	Söder	Ort:	Lund
Bostadsarea:	130,0	Lokalarea:	0,0

Beräknad specifik energianvändning:	82 kWh/m <sup>2</sup> .år
BBR:s krav på uppmätt energianvändning:	110 kWh/m <sup>2</sup> .år

BBR rekommenderar att använda säkerhetsmarginaler så att kraven på specifik energianvändning verkligen uppfylls när byggnaden tagits i bruk.

#### Klaras kraven?

Den beräknade specifika energianvändningen är 25% lägre än BBR:s krav på uppmätt specifik energianvändning.

Denna marginal borde vara tillräcklig.

## Begreppsförklaringar till värmebalansen nästa sida

### Förluster

Trans	Transmissionsförluster
Vent	Ventilation och luftläckage
Vatten	Vattenförluster - antas vara lika med energi till varmvattenuppvärmning

### Tillskott

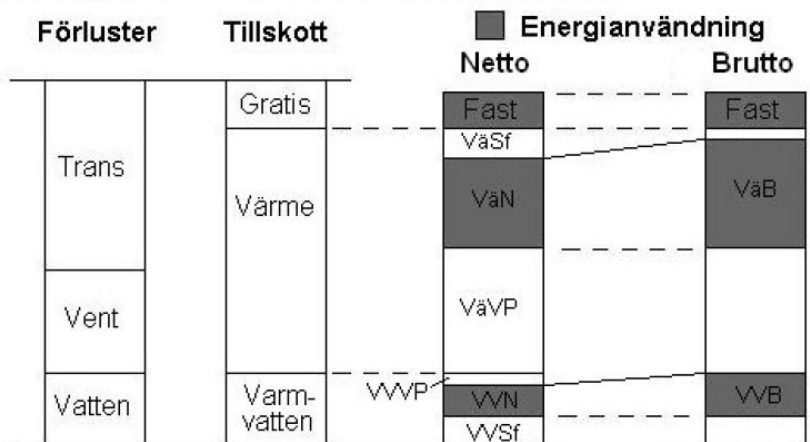
Gratis	Utnyttjbar del av personvärme, hushållsel eller verksamhetsel, fastighetsel samt infallande solenergi genom fönster
Värme	Energi till byggnadens uppvärmning
Varmvatten	Energi till varmvattenuppvärmning

### Energianvändning

Fast	Fastighetsel
VaSf	Energi från solfångare till värme
VVSf	Energi från solfångare till varmvatten
VäVP	Värmebesparing med värmepump
VVVP	Varmvattenbesparing med värmepump
nVä	Värmesystemets verkningsgrad för värme
nVV	Värmesystemets verkningsgrad för varmvatten
VaN	Värme Netto = Värme - VaSf - VäVP
VVN	Varmvatten Netto = Varmvatten - VVSf - VVVP
VäB	Värme Brutto = VVN / nVä
VVB	Varmvatten Brutto = VVB / nVV

## Principfigur

Staplarnas storlek stämmer inte med tabellvärdena. Specifik energianvändning är energianvändning under ett normalår per m<sup>2</sup> uppvärmd golvarea. Det är bruttovärdet som ska jämföras med BBR:s krav.



## BOSTAD

### Värmebalans, kWh

Månad	Förluster			Tillskott			Energianv. Netto	
	Trans	Vent	Vatten	Gratis	Värme	Varmvatten	Fast	VÄN + VVN
Jan	1459	1232	288	514	2177	288	127	1459
Feb	1354	1143	260	611	1886	260	115	1270
Mar	1313	1109	288	873	1549	288	127	1087
Apr	1053	889	279	1170	772	279	123	622
Maj	723	611	288	954	380	288	127	395
Jun	490	414	279	711	193	279	123	279
Jul	362	306	288	547	121	288	127	242
Aug	397	335	288	580	152	288	127	261
Sep	591	499	279	725	365	279	123	381
Okt	909	767	288	715	961	288	127	739
Nov	1130	954	279	614	1470	279	123	1035
Dec	1386	1171	288	492	2065	288	127	1393
<b>Totalt</b>	<b>11167</b>	<b>9430</b>	<b>3393</b>	<b>8506</b>	<b>12091</b>	<b>3393</b>	<b>1500</b>	<b>9164</b>

### Indata

	Bostad	Lokal
Genomsnittlig rumshöjd, m	2,7	0
Genomsnittlig innetemperatur, °C	22	0
Infiltration , omsättningar / h	0,15	0
Ventilation , omsättningar / h	0,5	0
Värmeväxling, %	0	0
Hushållsel/Verksamhetsel, kWh/år	1274	0
Fastighetsel , kWh / år	1500	0
Antal personer, genomsnitt, st	3,2	0
Årsvärmefaktor	2,5	0
Dimensionerad för x% av varmvattenbehovet, %	70	0
Dimensionerad för y% av husuppvärmningen, %	70	0
Solfångare för varmvatten, kWh/år	0	0
Solfångare för värme, kWh/år	0	0
Varmvattenberedning , kWh / år	3393	0
Verkningsgrad för värme, %	98	0
Verkningsgrad för varmvatten, %	98	0

### Klimatdata

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Utetemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,2	5,6	11,1	14,4	16,7	16,1	12,8	8,3	4,4	1,1
Globalstrålning (kWh/m²)	14	26	57	114	152	155	166	129	78	43	21	10



## Byggnadsdata, bostad/utomhus

Golvyta, m<sup>2</sup>: 130,0

Volym, m<sup>3</sup>: 351,00

Yta	Area, m <sup>2</sup>	U, W/m <sup>2</sup> , °C	Orientering, °
FasadNorr	22,9	0,18	45
D1	2,2	1,20	
F1	9,6	1,20	
FasadSöder	30,3	0,18	225
F2	4,4	1,20	
FasadVäster	27,9	0,18	315
F3	2,1	1,20	
F4	0,5	1,20	
D2	4,2	1,20	
FasadÖst	31,5	0,18	135
F5	1,5	1,20	
F6	1,7	1,20	
Tak	132,4	0,09	
Platta på mark	130,0	0,08	

Köldbrygga	Längd, m	Psi, W/m,K
L-element med putsfasad	45,60	0,17
Takfot	47,36	0,10
Ytterhörn	11,40	0,06
Fönsterkarmar och dörrar	65,50	0,03

## Bilaga 3 U-värdesberäkningar

Indatasida nr 1. Homogena skikt och korrektionstermer.

Beräkningen utförs av:  Telefon:

Välj "Ändring av startinställningar" för att ändra namn och telefonnummer

Objekt:

På denna sida inmatas homogena skikt (fält med ytandel 100 %). Inhomogena förs in på sidan 2!


Material	d, mm	Lambda	Motstånd	Material	d, mm	Lambda	Motstånd
Betong	80	1.700	0.047		0	0	0
EPS	400	0.036	11.111		0	0	0
Jord,Yttr	0	0	1.000		0	0	0
Jord,Inre	0	0	3.400		0	0	0
	0	0	0		0	0	0

R-övre=  R-undre=  R-medel=  Max.fel, %=  U-teor.=

Korrektioner av teoretiskt U-värde (U-teor.) till praktiskt tillämpbart U-värde (Up):

Delta-Uw=  Delta-Ug=  Delta-Uk=  Delta-Uf=

Praktiskt U-värde, Up, W/m<sup>2</sup>.K =



Figur 20. U-värdesberäkning för grundläggning Alba 130

Indatasida nr 1. Homogena skikt och korrektionstermer.

Beräkningen utförs av:  Telefon:

Välj "Ändring av startinställningar" för att ändra namn och telefonnummer

Objekt:

På denna sida inmatas homogena skikt (fält med ytandel 100 %). Inhomogena förs in på sidan 2!


Material	d, mm	Lambda	Motstånd	Material	d, mm	Lambda	Motstånd
Board	20	0.036	0.556		0	0	0
EPS	300	0.033	9.091		0	0	0
Board	50	0.036	1.389		0	0	0
Gips	13	1.000	0.013		0	0	0
Rsi+se	0	0	0.170		0	0	0

R-övre=  R-undre=  R-medel=  Max.fel, % =  U-teor.=

Korrektioner av teoretiskt U-värde (U-teor.) till praktiskt tillämpbart U-värde (Up):

Delta-Uw=  Delta-Ug=  Delta-Uk=  Delta-Uf=

Praktiskt U-värde, Up, W/m<sup>2</sup>,K =



Figur 21. U-värdesberäkning för tak Referenshuset

Indatasida nr 1. Homogena skikt och korrektionstermer.

Beräkningen utförs av:  Telefon:

Välj "Ändring av startinställningar" för att ändra namn och telefonnummer

Objekt:

På denna sida inmatas homogena skikt (fält med ytandel 100 %). Inhomogena förs in på sidan 2!

Material	d, mm	Lambda	Motstånd	Material	d, mm	Lambda	Motstånd
Betong	80	1.700	0.047		0	0	0
EPS	300	0.036	8.333		0	0	0
Jord,Yttr	0	0	1.000		0	0	0
Jord,Inre	0	0	3.400		0	0	0
	0	0	0		0	0	0

R-övre=  R-undre=  R-medel=  Max.fel, %=  U-teor.=

Korrektioner av teoretiskt U-värde (U-teor.) till praktiskt tillämbart U-värde (Up):

Delta-Uw=  Delta-Ug=  Delta-Uk=  Delta-Uf=

Praktiskt U-värde, Up, W/m<sup>2</sup>.K =

Figur 22. U-värdesberäkning för grundläggning Referenshuset

## Bilaga 4 Beräkningar köldbryggor

G Eget 2-dimensionellt fall för beräkning av Psi-värde

Namn: **Limmat fönster på CTEN Ytterst Fireboard**

Mått: x → 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.04 0.005  
 i meter y ↓ 0.012 0.03 0.05 0.2 0.06 0.06 0.1 0.02

**Material:**  
 1. Aktivera aktuellt fall  
 2. Välj läge med pilarna  
 3. Välj  $\lambda$ -värde med klick här  
 4. Byt  $\lambda$  i gröna fält

	$\lambda$
C	0.21
	0.034
	0.035
N	0.036
	0.037
	0.038
	0.04
S	0.045
	0.12
V	0.14
	0.18
	0.25
NO	0.6
	1
SO	1.7
	17
SV	50
NV	

Editera databas  
 Databas för material  
 Hämta  
 Inneluft / Uteluft -  
 Innesluten luft Beräknas

**Randvillkor:**  Norr  
 Väster  Öster  Söder

1. Välj färgruta och riktning →  
 2. Klicka på rand eller på ■

R	Temp	
0.13	20	Uppvärt utrymne
0.1	20	
0.17	20	
0.04	0	Icke Uppvärt utrymne
	0	
	0	

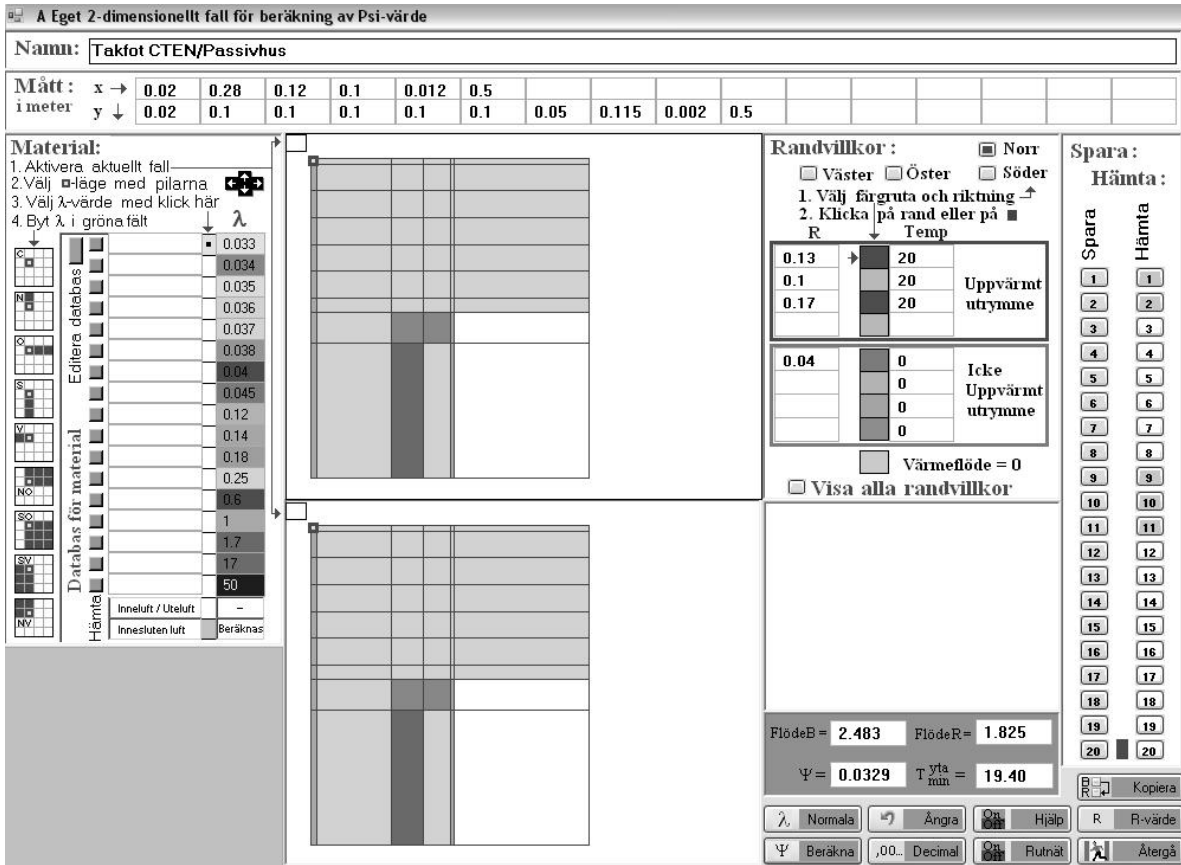
Värmeflöde = 0  
 Visa alla randvillkor

FlödeB = 1.665 FlödeR = 1.179  
 $\Psi = 0.0243$   $T_{yta\ run} = 18.80$

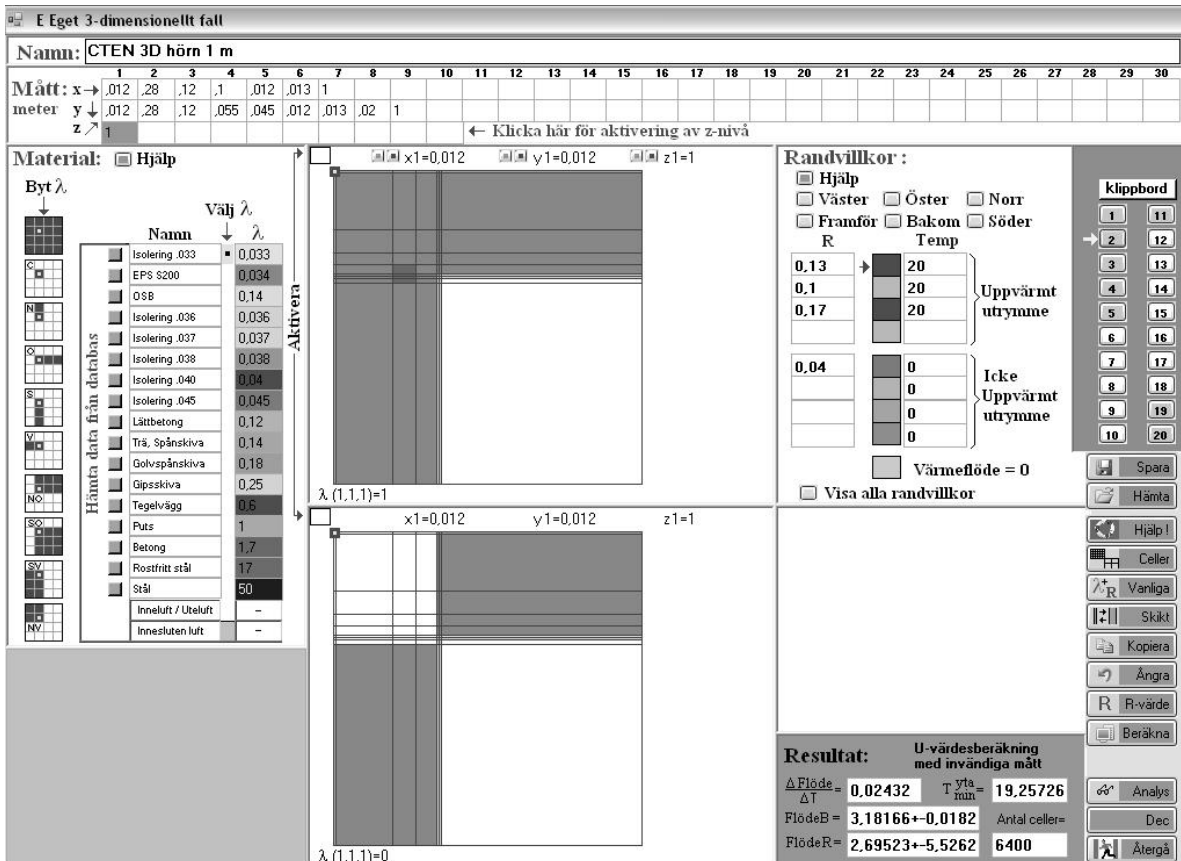
Spara: 1-20  
 Hämta: 1-20

λ Normala Ångra Hjäl  
 Ψ Beräkna ,00.. Decimal Rutnät Återgå

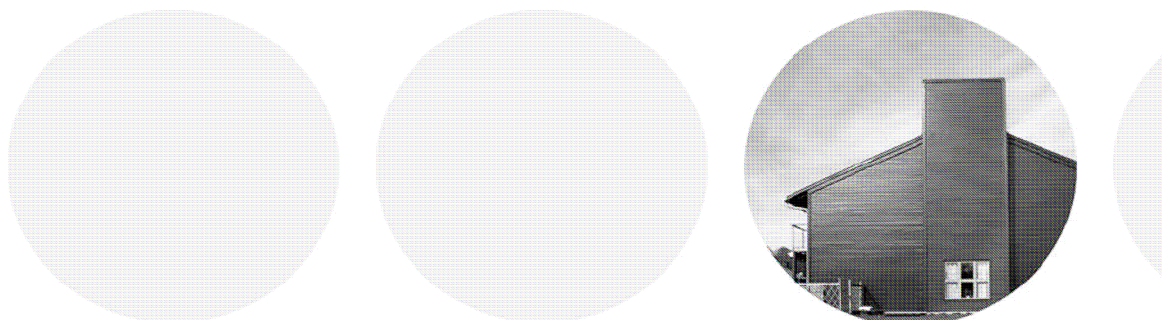
Figur 23. Beräkning av köldbrygga vid limmat fönster



Figur 24. Beräkning av köldbrygga anslutning tak och vägg



Figur 25. Beräkning av köldbrygga ytterhörn



# **Kravspecifikation för passivhus i Sverige — Energieffektiva bostäder**

Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus

Version 2008:1

LTH rapport EBD-R--08/21

IVL rapport nr A1548

FORUM FÖR  
ENERGIEFFEKTIVA  
BYGGNADER

## Förord

Hösten 2005 diskuterades problemet med att byggherrar inte visste vilken nivå man kunde lägga energikraven på utan att entreprenörer skulle säga att det var omöjligt. Styrgruppen för Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus gav Forum för energieffektiva byggnader i uppdrag att tillsammans med branschen ta fram en lämplig kravspecifikation för passivhus i Sverige. Förslaget var att man skulle utgå från tyska passivhuskrav men utveckla dem för svenska förhållanden och också ta intryck av de passivhusprojekt som genomförts i Sverige.

Föreliggande dokument är en frivillig kravspecifikation för passivhus som har utarbetats av *Forum för Energieffektiva Byggnader* (benämmt FEBY i texten nedan) och har varit på en remiss bland nationell expertis. Dokumentet är framtaget av en teknikgrupp bestående av följande personer:

- Martin Erlandsson, IVL Svenska Miljöinstitutet (redaktör)
- Eje Sandberg, ATON Teknik Konsult
- Hans Eek, Passivhuscentrum
- Maria Wall, Lunds Tekniska Högskola
- Svein Ruud, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- Åsa Wahlström, CIT Energy Management

Styrgruppen för Energimyndighetens program vill tacka FEBY:s teknikgrupp för deras arbete samt alla de organisationer och personer som besvarat remissen 2007.

Synpunkter från på kravspecifikationen har lett till en revidering våren 2008. Revideringen avser främst olika förtydligande. Förtydligande har införts angående att det är ett *rekommenderat* energikrav och att vi valt att följa samma systemgränsen som BBR 2008, där såväl "driftsel som övrig fastighetsel"<sup>1</sup> ingår i energianvändningen. Energitravet för passivhus ses nu över av Forum för Energieffektiva Byggnader och samordnas då med andra krav. Vidare har texten bearbetats angående dimensionerande vintertemperatur och klargjort skillnaden mot nu gällande standard som hänvisas till i BBR 2008 och den tidigare svenska standarden som tillämpas här.

## Klassning som passivhus

För att använda begreppet 'passivhus' för en byggnad så krävs att ett antal grundläggande krav för denna typ av byggnad skall uppfyllas. På så sätt kvalitetssäkras innebörden av byggkonceptet i marknadsföring och kommunikation inom bygg- och förvaltningsprocessen.

De byggnader som uppfyller de krav som specificerats här, och där anvisade verifieringar genomförs i varje enskilt byggnadsprojekt, kan klassas som ett 'Passivhus' enligt Energimyndigheten. Om dessa krav uppfylls så kan detta begrepp användas för att beskriva den aktuella byggnadens prestanda för kommunikation och i marknadsföring. I sådana fall bör även referens till detta dokument göras så att innebörden av begreppet passivhus blir entydigt.

Kravspecifikationen för passivhus har tagit hänsyn till motsvarande definition som används i Tyskland, men skiljer sig från denna då anpassningar gjorts för svenska förhållanden och för att göra passivhusbyggande möjligt i ett mer nordiskt klimat. För att undvika missförstånd är det därför viktigt att exempelvis vid export av svenska småhus tillämpa de nationella standarder som finns på den aktuella marknaden och om missförstånd skulle kunna uppstå specificera vilken definition för passivhus som avses.

<sup>1</sup> BBR 2006 anger följande: "Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten samt drift av byggnadens installationer (pumpar, fläktar etc.) och övrig fastighetsel."



## Kravspecifikation för passivhus i Sverige

Kraven på *passivhus* syftar till att minimera behovet av tillförd effekt för uppvärmning i byggnader så att erforderlig termisk komfort i byggnaden kan erhållas rationellt med en distribution av värme via hygienluftsflödet. Kompletterande krav på resurseffektivitet ställs för att begränsa även den totala användningen av köpt energi, d v s för driftsel, varmvatten, och värme.

Byggnadsutformningen ska tillse att ställda inomhuskrav uppfyllas och för bostadsbyggnader ska inte komfortkyla behövas.

Utöver de krav som anges här gäller minst krav enligt Boverkets Byggregler (BBR).

### Allmänna förutsättningar

$A_{temp}$  Med golvarean avses i dokumentet arean i temperaturreglerade utrymmen avsedda att värmas till mer än 10°C begränsade av klimatskärmens insida (m<sup>2</sup>), dvs på så sätt som den är definierad i BBR 2008.

## Effektkrav

Maximalt avgiven effekt vid dimensionerande vinterutetemperatur för hela byggnaden för direkt uppvärmning skall högst uppgå till värde beräknat enligt nedan angivet effektkrav, förutsatt;

- aktuellt uteklimat och en innetemperatur på 20 °C.
- en dimensionerande vinterutetemperatur<sup>2</sup> bestäms enligt svensk standard SS 024310<sup>3</sup> (se bilaga 1) med avseende på DUT<sub>20</sub>, och med hjälp av beräkning av tidskonstanten enligt ekvationen nedan se även hjälptabell i bilaga 1.
- klimatzon söder och norr överensstämmer med indelning enligt BBR 2008
- vid beräkningen får frivärme från apparater, personer och soltillskott på max 4 W/m<sup>2</sup> inkluderas<sup>4</sup>.

### Klimatzon söder

Effektkrav:  $P_{\max} = 10 \text{ W/m}^2$

### Klimatzon norr

Effektkrav:  $P_{\max} = 14 \text{ W/m}^2$

### Bostadshus mindre än 200 m<sup>2</sup>

För fristående byggnader dvs villor eller parhus, mindre än 200 m<sup>2</sup> är effektkravet med hänsyn tagen till aktuell klimatzon enligt nedan.

Effektkrav:  $P_{\max 200} = P_{\max} + 2 \text{ W/m}^2$

Tidskonstanten är ett mått på den tid det tar för byggnadens innetemperatur att svara på en hastig temeperaturförändring utomhus eller avbrott i värmeförseln. Tidskonstanten används här för att bestämma dimensionerande vinterutetemperatur enligt DUT<sub>20</sub> (se bilaga 1) och beräknas enligt nedan:

$$\tau_b = \frac{\sum (m_i \cdot c_i)}{\sum (U_j \cdot A_j) + \sum (l_k \cdot \psi_k) + \rho \cdot c \cdot q_{vent} (1 - v) \cdot d + \rho \cdot c \cdot q_{läck}} \quad [s]$$

$\sum (m_i \cdot c_i)$	byggnadsdelarnas värmekapacitet, för alla skikt som ligger innanför isoleringsskikt, [J/K]
$\sum (U_j \cdot A_j)$	summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan, $A_j$ , mot uppvärmd luft, [W/K]

<sup>2</sup> DUT<sub>20</sub> skiljer sig ifrån DVUT, så som den definieras i BBR:2008, dvs som om ett medelvärde för *n-day mean design temperature* och *hourly mean design temperature*. DVUT enligt denna definition finns framtagna för 1,2,3 och 4 dygn i EN ISO 15927-5:2005 T1:2007: DUT<sub>20</sub> ger ett konservativt värde (kallare temperaturer) i förhållande till DVUT (enligt ovanstående referenser) för tidskonstanter < 100 timmar och bedöms ge ett något positivt värde för därutöver längre tidskonstanter. Med andra ord DVUT enligt BBR i förhållande till DUT<sub>20</sub> gynnar byggnader med korta tidskonstanter och missgynnar något byggnader med långa tidskonstanter (dvs tyngre byggnader).

<sup>3</sup> Denna standard ska tolkas så att man accepterar att rumstemperaturen ska kunna sjunka med högst tre grader vid sådana extrema utetemperaturer som infaller högst en gång på 20 år.

<sup>4</sup> Med angivet krav förväntas behovet av tillförd energi för uppvärmning ligga i intervallet 5 – 25 kWh/m<sup>2</sup> på årsbasis, beroende på bostadens ort, läge och orientering.

## Kravspecifikation för passivhus i Sverige - Energieffektiva bostäder

$\rho \cdot c \cdot q_{vent} (1 - v) \cdot d$  värmeeffektföruster pga. ventilation med hänsyn till systemets verkningsgrad,  $v$ , och drifttid,  $d$ . [W/K]

$\rho \cdot c \cdot q_{läck}$  värmeeffektföruster pga. luftläckning. [W/K]

Luftläckning genom klimatskalet kan mätas enligt tryckprovningssmetod SS-EN 13829 vid ett tryckdifferens på 50 Pa,  $q_{50}$  (dvs medelvärdet av över och undertryck). Som ett förenklat och allmänt värde vid beräkningar kan läckflödet beräknas med följande ekvation:

FTX-system  $q_{läck} = q_{50}/20$

Ett sätt att räkna fram luftläckningen med hänsyn till byggnadens läge och om ventilationen inte är helt balanserad ges av ISO 13790:2004 och som återges i bilaga 2.

**Notera:** Systemverkningsgraden ska ta hänsyn inte bara till aggregatets temperaturverkningsgrad utan även till värmeförluster i kanaler och värmeflöde genom aggregathölje, samt obalans i luftflöden (normalt inställt på 90–95 procent tilluft i system för flera lägenheter).

**Notera:** Det är inget krav att använda tilluftssystemet som värmebärare. Men möjligheten till besparingar i ett enklare distributionssystem erhålls genom att använda tilluftssystemet. Kravet avser byggnaden, inte den enskilda bostaden.

**Råd:** Effektberäkningen utgår från beräknade förluster för klimatskal, ventilation och ofrivillig ventilation, med beaktande av tillgänglig frivärme. Vädringsbeteendet antas ge försumbara förluster vid DUT. Vid beräkning av ventilationsförluster ska systemverkningsgrad beaktas (flödesbalans och kanalförluster) och avfrostningsmetodik.

## Rekommenderat energikrav

Rekommenderat energikrav omfattar ett **prognosvärde** på köpt energi för hela byggnadens **energianvändning exklusive hushållsel**, dvs varmvatten, värme och driftsel (pumpar, fläktar etc.) samt övrig fastighetsel (allmänbelysning, hissar osv). Till energianvändningen räknas inte energi från i bygganden eller på fastigheten installerade solfångare eller solceller (se notering nedan). Denna systemgräns överensstämmer med byggreglerna (BBR 2006) där detta motiveras enligt följande: "Hushållsel ingår inte i byggnadens energianvändning eftersom den främst används för hushållsändamål. Däremot ingår hushållselen indirekt eftersom förlusterna i form av värme påverkar hur mycket levererad energi som behövs för byggnaden. Samma resonemang gäller för verksamhetsel i en lokal som således inte heller ingår i byggnadens energianvändning."

Maximalt årligen köpt energi **bör**<sup>5</sup> uppgå till högst det värde som beräknats enligt nedan angivet energikrav, förutsatt;

- aktuellt uteklimat och en innetemperatur på 20 °C.
- energiberäkningen för aktuell byggnad skall göras med beräkningshjälpmedel som minst uppfyller krav enligt ISO 13790:2008.
- vid beräkningen för bostäder skall ett värde på frivärme från apparater och personer på maximalt 4 W/m<sup>2</sup> inkluderas.

### Klimatzon söder

$$\text{Energikrav: } (\sum E_{fv} + \sum E_{pb} + \sum E_{el}) \leq 45 \text{ kWh/m}^2$$

### Klimatzon norr

$$\text{Energikrav: } (\sum E_{fv} + \sum E_{pb} + \sum E_{el}) \leq 55 \text{ kWh/m}^2$$

där

$E_{\text{index}}$  Nettoenergi tillförd byggnaden från fjärrvärme (fv), biopanna (pb) eller köpt el (el)<sup>6</sup>

### Bostäder mindre än 200 m<sup>2</sup>

För fristående byggnader, dvs villor eller parhus, mindre än 200 m<sup>2</sup> är kravet med hänsyn tagen till aktuell klimatzon enligt nedan.

$$\text{Energikrav: } E_{\text{max}200} = E_{\text{max}} + 10 \text{ kWh/m}^2$$

För varmvatten<sup>7</sup> antas en standardiserad användning enligt nedan. För lokaler tas specifika data fram för beräkningarna.

<sup>5</sup> I avvaktan på ytterligare erfarenheter från redan uppförda passivhus i Sverige utgör "energi kravet" ett bör-krav, dvs en rekommendation. Värdet kan således betraktas som ett medianvärde snarare än ett maxvärde, jämför med BBR:s krav som utgör ett maxvärde som alltid med normalt brukande skall understigas.

<sup>6</sup> Fossila bränslen är inte ett uthålligt alternativ varför detta inte är ett alternativ enligt gällande definition av passivhus.

<sup>7</sup> Referens: Energideklaration Metoder för besiktning och beräkning. Underlagsrapport – systemdelar

**Energianvändning för årlig varmvattenproduktion:**

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

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

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

och i villor, parhus, radhus:

16  $\text{m}^3/\text{person}$

Med resurseffektiva engreppsblandare antas den personbaserade varmvattenvolymen vara 20% lägre.

Antal personer i lägenheter uppskattas till:

1 rok	1 person/lgh
2 rok	1,5 person/lgh
3 rok	2,0 person/lgh
4 rok	3,0 person/lgh
5 rok	3,5 person/lgh

För småhus < 120  $\text{m}^2$  antas 3 personer och i småhus > 120  $\text{m}^2$  antages 4 personer.

**Notera:** Solfångare, värmepumpar, pannor, etc, placeras var som helst på den till byggnaden hörande fastigheten. Om fastigheten har flera byggnader som gemensamt delar på en värmecentral placerad på fastigheten så får en fördelningsberäkning av använd energi göras.

**Råd:** A-klassade vitvaror och lågenergilampor bör användas. Vidare bör även användningen hushållsel i övrigt begränsas. Dels för att begränsa den totala energianvändningen, men också för att undvika övertemperaturer och undvika att behov av komfortkyla uppstår.

## Byggnadskrav

### Luftläckning:

Luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt 0,3 l/s m<sup>2</sup> vid +/- 50 Pa, enligt SS-EN 13829.

### Mätning:

För att i efterhand kunna verifiera byggnadens energitekniska egenskaper ska energianvändningen på månadsbasis kunna avläsas för hushållsel, fastighetsel och värmeenergi var för sig. Medelvärde för innetemperatur och utetemperatur under mätperioden loggas om byggnadens energitekniska egenskaper vad avser effektkravet ska verifieras Därutöver mäts vattenvolym till varmvattenberedning och antal boende noteras.

### Fönster:

Byggnaden skall ha fönster med ett verifierat U-värde på högst 0,9 W/(m<sup>2</sup>K), mätt av ackrediterat provningslaboratorium enligt standard SS-EN ISO 12567-1 för ett representativt fönster exempelvis 12x12 M dvs inklusive karm, båge och glas<sup>8</sup>. För övriga storlekar på glaspartier kan beräkningar göras enligt SS-EN ISO 10077-1. Byggnadens genomsnittliga U-värde för fönster och glaspartier skall vara högst 0,9 W/(m<sup>2</sup>K).

## Innemiljökrav

### Ljud:

Ljud från ventilationssystemet skall klara minst ljudklass B i sovrum, enligt SS 02 52 67.

### Termisk komfort:

Tillufttemperatur efter eftervärmare skall uppgå till högst 52 grader i respektive tilluftsdon när tilluftssystemet ska användas som värmebärare.

---

<sup>8</sup> Motsvarar samma kvalitet som svenska energiklass A för fönster.

## Bilaga 1. DUT<sub>20</sub> enligt SS 02 43 10

DUT <sub>20</sub> [°C]	Byggnadens tidskonstant [timmar]					
	25	50	80	100	150	300
Luleå	-28,2	-26,8	-25,6	-24,9	-23,5	-20,6
Östersund	-26,9	-25,4	-24,0	-23,2	-21,6	-18,2
Söderhamn	-21,5	-20,1	-18,9	-18,2	-16,8	-13,8
Uppsala	-20,4	-19,2	-17,9	-17,2	-15,9	-12,8
Karlstad	-22,0	-20,6	-19,0	-18,3	-16,7	-13,1
Arlanda	-20,1	-18,8	-17,6	-16,9	-15,5	-12,5
Västerås	-21,2	-19,2	-17,5	-16,8	-15,0	-11,7
Tullinge	-19,5	-18,2	-17,0	-16,2	-14,9	-12,0
Barkarby	-20,3	-18,9	-17,7	-16,9	-15,4	-12,1
Bromma (Stockholm)	-19,4	-17,6	-16,0	-15,2	-13,6	-10,5
Norrköping	-18,9	-17,5	-16,1	-15,5	-14,0	-11,2
Linköping	-18,4	-16,8	-15,4	-14,6	-13,1	-10,0
Såtenäs	-19,2	-17,8	-16,6	-15,9	-14,4	-10,9
Karlsborg	-17,0	-15,4	-14,1	-13,4	-12,0	-8,8
Kalmar	-13,9	-12,6	-11,5	-10,9	-9,7	-7,0
Ronneby	-12,3	-11,2	-10,3	-9,7	-8,6	-6,1
Ljungbyhed	-15,4	-14,1	-13,0	-12,3	-10,9	-7,9
Torslanda (Göteborg)	-14,7	-13,6	-12,6	-12,1	-10,9	-8,2
Ängelholm	-12,9	-11,7	-10,6	-10,0	-8,7	-5,7
Säve	-15,6	-14,4	-13,4	-12,7	-11,4	-8,3
Visby	-11,3	-9,9	-8,7	-8,0	-6,6	-3,6

## Bilaga 2. Beräkning av luftläckning

Luftläckningen  $q_{\text{läck}}$  kan beräknas även med hänsyn till byggnadens läge och om ventilationen inte är 100% balanserad. Denna kalkyl är inte användbar för beräkning av läckageflöde vid F-ventilation.

$$q_{\text{läck}} = q_{50} \cdot e / (1 + f/e ((V_{\text{sup}} - V_{\text{ex}}) / q_{50})^2)$$

där

$V_{\text{sup}} - V_{\text{ex}}$  är luftöverskottet mellan tilluft ( $V_{\text{sup}}$ ) och frånluft ( $V_{\text{ex}}$ ) (l/s)

e och f är vindskyddskoefficienter enligt tabell nedan:

Tabell B2

Vindskyddskoefficienter e och f			
Koefficient e för avskärningsklass		flera sidor exponerade	en sida exponerad
Ingen avskärmning	Öppet landskap eller höga byggnader i staden	0,1000	0,0300
Måttlig avskärmning	Förortsmiljö, landskap med träd och andra byggnader	0,0700	0,0200
Kraftig avskärmning	Byggnad i skog eller med genomsnittshöjd i city	0,0400	0,0100
Koefficient f		15	20

Källa: EN ISO 13790:200