

# Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodnar

*Theodor Konstantin Alexandris*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2011  
Rapport TVIT--11/5023



# Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

## Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspredning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

# Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodrar

*Theodor Konstantin Alexandris*

© Theodor Konstantin Alexandris  
ISRN LUTVDG/TVIT--11/5023--SE(85)

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
22100 LUND

## Abstract

The background to the thesis is that about 70 % of the total energy consumption at a construction site today is by the sheds and lighting. The high energy consumption not only leads to increased environmental impacts and increased costs, but is a strong indicator that even the indoor climate is bad in the sheds. This thesis presents appropriate proposals for measures to reduce energy consumption and improve indoor climate in a shed.

In this thesis calculations and simulations with computer tools shows that a very common type of sheds in Sweden has, for water heating, heating, residential electricity and operational electricity, an energy consumption of 380 kWh/m<sup>2</sup>, year. BBR's demands for energy use in housing in the southern climate zone is 110 kWh/m<sup>2</sup>, year, which means that the shed consumes a factor of 3.5 more. For offices the required consumption is 100 kWh/m<sup>2</sup> + 70(q-0,35) which corresponds to a factor of 3.1 more. In addition, the calculations showed that an open door which opens seven times an hour for 10 seconds is equivalent to a flow of 62 l/s.

Long-term - and instantaneous measurements of temperature showed that none of the sheds met Work Environment Authority's requirement that the indoor temperature over a time period is not more than 26 °C. However, it was found that in three out of eight sheds temperatures above 26 °C over 40 % of the time and three others exceeded by more than 50 % of the time in summertime.

To improve the indoor environment while at the same time reducing energy use were the following actions were made to the shed:

- Replacement of windows.
- Replacement of door.
- Lowering the indoor temperature during the evening and night.
- Lowering the indoor temperature from 22 °C to 20 °C.
- Better insulation, center distance 900 and interior insulation.
- As well as the installation of heat pump.

The result of the above actions on energy consumption was a significant reduce in energy use which can be read from the table below.

	Before action	After Action
<b>Energy use [kWh/m<sup>2</sup>, år]</b>	380	171
<b>Percentage reduction [%]</b>		55

These actions also helped to improve greatly the indoor climate in the sheds by reducing the prolonged high temperatures indoor. The indoor temperature over a timeperiod is after the actions not more than 26 °C in 13,4 percent of the time. Finally, shown in this thesis is that the energy savings potential for sheds in Sweden amounts to 110 million kWh/year. That is the same energy use that 4000 houses have.



## Sammanfattning

Bakgrunden till examensarbetet är att ca 70 % av all förbrukad energi på en byggarbetsplats idag kommer från bodar och belysning. Den höga energianvändningen leder inte bara till ökad miljöpåverkan och ökade kostnader utan är en stark indikator på att inomhusklimatet är dåligt i bodarna. I detta examensarbete presenteras lämpliga åtgärdsförslag som ska sänka energiförbrukningen och förbättra inomhusklimatet i en bod. Åtgärdsförslagen kan, och bör, sedan tillämpas även på bodetableringar.

Beräkningar och simuleringar med datorverktyg visar att en mycket vanlig bodtyp i Sverige har, för varmvattenberedning, uppvärmning, fastighetsel och verksamhetsel, en energianvändning på totalt 380 kWh/m<sup>2</sup> per år. BBRs krav på energianvändningen för bostäder i klimatzon söder är 110 kWh/m<sup>2</sup> per år vilket innebär att boden förbrukar en faktor 3,5 mer. För kontor är kravet 100 kWh/m<sup>2</sup> + 70(q-0,35) vilket motsvarar en faktor 3,1 mer. Dessutom visade beräkningarna att en öppen dörr som öppnas 7 gånger i timmen i 10 sekunder motsvarar ett flöde på 62 l/s.

Långtids – och momentanmätningar i åtta bodar visade att ingen av bodarna klarade Arbetsmiljöverkets krav på att inomhustemperaturen inte varaktigt får överstiga 26 °C. Tvärtom konstaterades att tre av åtta bodars temperaturer översteg 26 °C mer än 40 % av tiden och ytterligare tre översteg 26 °C i mer än 50 % av tiden.

För att förbättra inomhusklimatet och samtidigt sänka energianvändningen genomfördes följande åtgärder i boden:

- Byte av fönster.
- Byte av dörr.
- Kvälls och nattsänkning av inomhustemperaturen.
- Sänkning av inomhustemperaturen från 22 °C till 20 °C.
- Bättre isolering, c/c 900 samt invändig tilläggsisolering.
- Installation av värmepump.

Resultatet av ovanstående beräknade åtgärder blev en kraftig minskning av energianvändningen vilket kan avläsas ur tabellen nedan.

	Före åtgärder	Efter åtgärder
<b>Energianvändning [kWh/m<sup>2</sup>, år]</b>	380	171
<b>Procentuell minskning [%]</b>		55

Åtgärderna bidrog också till att i hög grad förbättra inomhusklimatet i bodarna genom att minska de varaktigt höga temperaturerna inomhus. Inomhustemperaturen översteg, efter åtgärderna, 26 °C i 13,4 % av tiden vilket var betydligt bättre än tidigare. Slutligen visas i detta examensarbete att energibesparingspotentialen för bodar i Sverige uppgår till 110 miljoner kWh/år vilket motsvarar energianvändningen för över 4000 villor.



## Förord

Jag vill börja med att tacka Tommy Lindell på Lambertsson för all information och hjälp. Utan Tommys hjälp hade jag inte kunnat göra realistiska och goda beräkningsmodeller av bodarna eftersom han gav mig ritningar, planlösningar, mått och produktinformation om en värmepump som inte kräver en utomhusdel. En bod med värmepump som inte behöver en utomhusdel är nämligen betydligt enklare att transportera vilket kraftigt ökar intresset för boduthyrarna att investera i värmepumpar.

Vidare vill jag tacka mina två handledare Birgitta Nordqvist och Johan Stein för många värdefulla och utvecklande kommentarer på mitt arbete. Handledarna har varit ett viktigt bollblank de gånger jag stött på några problem och har ständigt visat ett stort engagemang för detta examensarbete. Handledarna hjälpte mig även med att tillhandahålla de beräkningsverktyg som krävdes för att genomföra examensarbetet på bästa sätt vilket har underlättat väldigt mycket. Vidare har de hjälpt mig att göra lämpliga avgränsningar för att hålla arbetet inom ramen för vad som krävs i ett examensarbete.

Slutligen vill jag tacka alla platschefer och arbetsledare som har ställt upp på att låta mig genomföra både långtids- och momentana temperaturmätningar på deras arbetsplatser.

Rapporten är ett examensarbete på 30 högskolepoäng och har utförts vid Lund tekniska högskola. Det har varit väldigt givande att få arbeta intensivt med något jag verkligen finner intressant och tycker om. Under arbetets gång har jag träffat många personer i branschen och diskuterat hur och varför vissa åtgärder är nödvändiga att genomföra. Examensarbetet har varit utvecklande och fascinerande på många vis men det jag verkligen har lärt mig är hur enkla och billiga åtgärder kan göra väldigt stor skillnad i energianvändningen. En svårighet i arbetet har varit att begränsa mitt arbete eftersom jag flera gånger, under arbetets gång, har upptäckt nya frågeställningar som jag gärna hade velat besvara.



# Innehållsförteckning

Abstract.....	1
Sammanfattning.....	3
Förord.....	5
Innehållsförteckning .....	7
1. Inledning .....	11
1.1 Bakgrund .....	12
1.2 Syfte .....	13
1.3 Mål .....	14
1.4 Avgränsningar .....	14
2. Metod.....	15
2.1 Tillvägagångssätt.....	15
2.2 Arbetsgång .....	15
2.2.1 Intervjuer .....	15
2.2.2 Mätningar.....	15
2.3 Datorverktyg .....	15
2.3.1 Heat 2D .....	15
2.3.2 VIP Energy .....	16
2.3.3 Teknosim .....	18
3. Litteraturstudier – Bodrar idag.....	21
3.1 Användningsområden .....	21
3.2 Bodtyper och planlösningar .....	21
3.3 Konstruktion för Klisbod .....	24
3.4. Montage vid uppställning av bodrar .....	26
3.4.1 Grund .....	26
3.4.2 Bodinstallation .....	26
3.4.3 Montage och demontage av flyttbara innerväggar .....	26
3.4.4 Vatten och avlopp .....	26
3.4.5 El.....	27

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodnar

---

3.5	Energianvändning .....	27
3.5.1	Radiatorer .....	27
3.5.2	Belysning .....	27
3.5.3	Torkskåp .....	28
3.5.4	Tappvarmvatten .....	28
3.5.5	Ventilation .....	28
3.6.6	Brukarbeteende i bodar .....	28
4	Regelverk .....	31
4.1	Arbetsmiljöverket .....	31
4.2	Arbetsplatsens utformning 2009:2 .....	32
4.2.1	Krav .....	32
4.2.2	Termiskt klimat .....	33
4.2.3	Dagsljus .....	34
4.2.4	Belysning .....	34
4.2.5	Luftkvalité .....	35
4.2.6	Särskilda krav .....	35
4.3	Bodöverenskommelsen .....	35
4.3.1	Funktionskrav .....	35
4.3.2	Utrustning .....	36
4.3.3	Utrymmet .....	36
4.3.4	Bodstandard .....	37
5	Beräkning av energianvändning i Bod 1 .....	39
5.1	Indata .....	39
5.1.1	Energiberäkning i VIP .....	39
5.1.1	Klimat och allmän data .....	39
5.1.2	Byggnad .....	39
5.1.3	Drift och tidschema .....	39
5.2.1	Beräkning av extra värmefflöde via köldbryggor .....	43
5.2.3	Öppning av dörr .....	48

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar

---

5.3	Energianvändning i Bod 1 före åtgärder .....	50
5.3.1	Modellens energibalans .....	50
5.4	Energianvändning i Bod 1 efter åtgärder .....	50
5.4.1	Fönster .....	51
5.4.2	Dörr .....	51
5.4.3	Inomhustemperatur .....	52
5.4.4	Närvarostyrd och energieffektivare belysning .....	52
5.4.5	Isolera .....	53
5.4.6	Värmepump .....	55
5.4.7	Kombination av åtgärder .....	56
6	Inomhusklimat .....	57
6.1	Mätningar i verkliga bodar .....	57
6.1.1	Långtidsmätningar .....	57
6.1.2	Momentana mätningar .....	58
6.2	Lufttemperaturer, operativa temperaturer och strålningsasymmetri .....	59
6.2.1	Lufttemperatur inomhus, singelbod .....	59
6.2.2	Lufttemperatur, utomhus .....	61
6.2.3	Övriga personalbodars lufttemperatur .....	61
6.2.4	Yttemperaturen .....	62
6.2.5	Operativtemperatur .....	63
6.3	Luftkvalitet .....	63
6.4	Mätresultat i alla bodar .....	64
6.5	Beräkning av inomhustemperatur i bodarna under sommartid efter åtgärder .....	68
6.5.1	Teknosim .....	69
6.6	Resultat av inomhustemperatursberäkning .....	70
7	Resultat .....	73
8	Slutsats och diskussion .....	75
9	Examensarbetsförslag .....	81
	Källor .....	83

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar

---

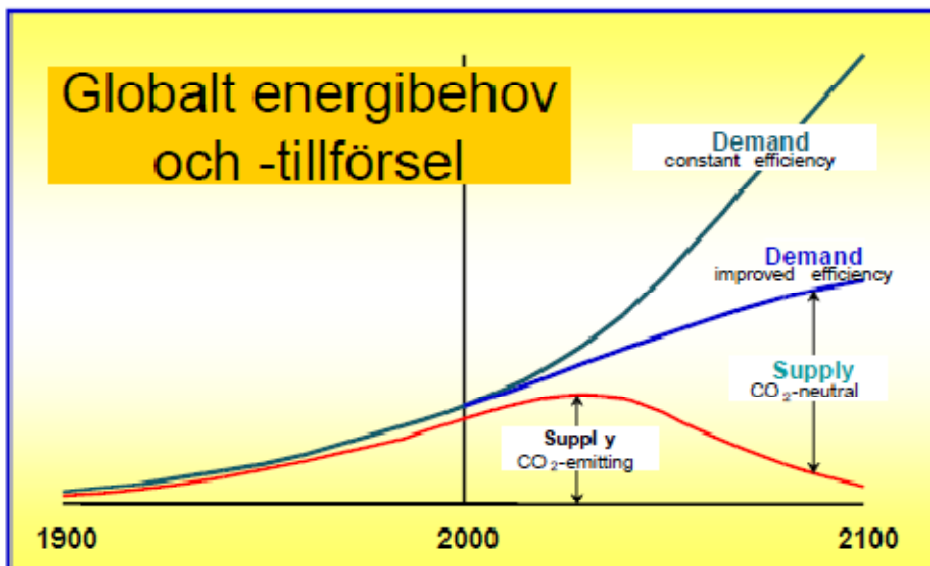
Text.....	83
Skriftliga .....	83
Internet .....	83
Muntliga och föreläsningar:.....	84
Figurer:.....	84

# 1. Inledning

I Sveriges riksdag har beslut tagits om att energianvändningen för bostads- och fastighetsbeståndet skall minska med 20 % till år 2020

och med 50 % till år 2050. Samtidigt som Sveriges riksdag sätter upp miljömål har även miljömedvetenheten bland befolkningen ökat markant de senaste åren. Många efterfrågar idag miljövänliga produkter och försöker belasta miljön så lite som möjligt. Detta har influerat byggbranschen där det idag mycket ofta pratas om hur befintliga byggnader kan, och har, energieffektiviserats. Samtidigt har begrepp som passivhus och plusenergihus blivit allt vanligare.

Det som påverkar klimatförändringarna mest är användningen och förbränningen av fossila energireserver såsom råolja (Ekonomifakta, 2010). Det används i allt från framställning av drivmedel åt bilar, till materialtillverkning av plast (PVC Forum, 2010). En annan viktig fossil energikälla som har stor inverkan på miljön är kol då det används för att kunna producera högvärdig elenergi (Vattenfall, 2010). Före år 2050 måste koldioxidutsläppen minska med 50 % samtidigt som man beräknar att det kommer att behövas försörjas dubbelt så många personer med energi (Flinth, 2010). Om inte koldioxidminskningen genomförs kan miljöförändringar i form av höjning av havsnivån och ökad spridning av infektioner ske (Warfvinge, 1999). Det ökade energibehovet kan illustreras i figur 1. Lösningen med att begränsa klimatförändringarna, och samtidigt täcka det ökande energibehovet, är inte enkel. Det som kan konstateras är att lösningen inte kan vara att bygga fler kraftverk, ta ut större effekt ur befintliga kraftverk och att importera mer fossil energi, utan snarare en mycket kraftig världsomspännande energieffektivisering.



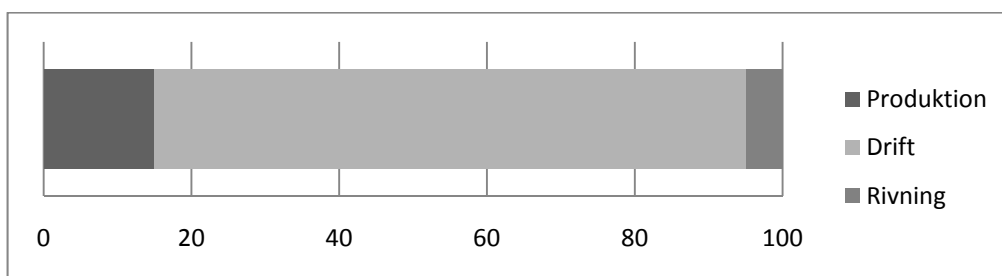
I detta examensarbete kommer fokus att läggas på energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar. Bakgrunden till examensarbete är att ca 70 %

Figur 1. Två scenarion om utveckling den globala energianvändningen (Elmroth, 2010)

av all förbrukad energi på en byggarbetsplats idag kommer från bodar och belysning. Den höga energianvändningen leder inte bara till ökad miljöpåverkan och ökade kostnader utan är en stark indikator på att även inomhusklimatet är dåligt i bodarna.

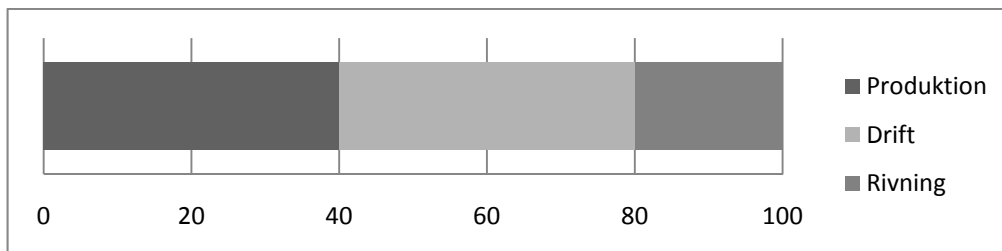
### 1.1 Bakgrund

Totalt sätt, på hela jorden, står byggnader för hälften av all energianvändning enligt Johansson (2010). I Sverige har Byggsektorns kretsloppsrad identifierat energianvändningen under brukarfasen som den mest betydelsefulla miljöaspekten för hus i Sverige idag. Energiåtgången för en byggnads hela livslängd brukar beskrivas med ett diagram enligt figur 2. Där avläses att 15 % av energianvändningen åtgår vid produktionsskedet, 80 % under brukartiden och 5 % för byggnadens rivning (Öberg, 2010). Detta är ungefärliga siffror men ger ändå en tydlig indikation på var den största energianvändningen finns.



Figur 2. Fördelning av energianvändningen under en byggnads livscykel

Siffrorna är beräknade ur hur energiåtgången har varit i byggnader tidigare, men efterhand som man på senare år börjat bygga allt energieffektivare hus kommer denna fördelning att se annorlunda ut. En allt större procentandel av energianvändningen kommer att åtgå vid produktionsskedet och rivningsskedet. De nya energisnåla husen som byggs idag kommer att få betydligt lägre energianvändning under brukarfasen, även kallad driftfasen, än äldre byggnader. Detta kommer i sin tur leda till att energiåtgången under en byggnads livscykel kan komma att exempelvis fördelas så att 40 % sker vid produktionen, 40 % vid driften och 20 % vid rivningen. Diagrammet nedan illustrerar denna fördelning.

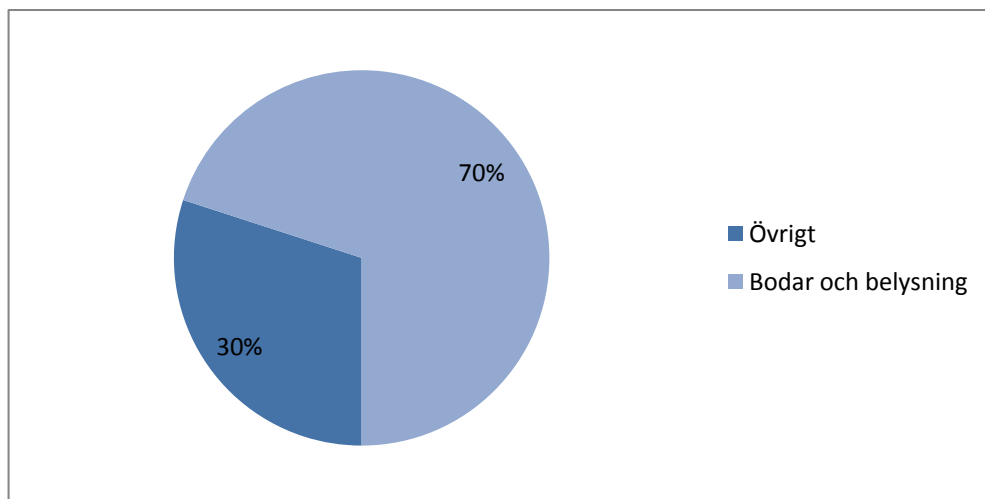


Figur 3. Ett exempel på hur fördelningen kan komma att se ut på nya byggnader

Denna nya fördelning påvisar att energieffektiviseringen bör fortsätta att göras under byggnaders driftfas men visar även att stor potential för energibesparingar finns att göra under rivnings- och framför allt produktionsfasen.

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodrar

Energianvändningen vid nyproduktion har kartlagts och den i särklass största energianvändningsposten var bodetableringarna och belysningen. Dessa står för 70 % av den totala energianvändningen på en byggarbetsplats och illustreras i figur 4 (Cramo,2010).



Figur 4. Bodar och belysning står för 70 % av den totala energianvändningen på en byggarbetsplats

Den höga energianvändningen i bodar bidrar inte endast till ökade kostnader och större miljöpåverkan utan kan även vara en indikation på att inomhusklimatet i bodarna är dåligt. Ett bra exempel på sambandet mellan energianvändning och inomhusklimat är fönster. Ett gammalt fönster har ett högt U-värde vilket leder till att mycket värme transmitteras ut ur byggnaden samtidigt som det kan uppstå komfortproblem såsom kallras och invändig kondens. I detta arbete kommer fokus att läggas på potentialen att sänka energianvändningen för bodar.

De krav som fackförbund och byggföretagens bransch- och företagsorganisation ställer på bodar idag kom 1 januari 2010 vilket innebär att branschen just nu befinner sig i en övergångsperiod. Övergångsperioden kommer att medföra att gamla bodar totalrenoveras eller byts ut mot nya för att anpassas till de nya kraven inom ramen av fem år, det vill säga senast år 2015. Det är därför lämpligt att vid samma tillfälle även genomföra förändringar som sänker energianvändningen samtidigt som inomhusklimatet förbättras.

### 1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att identifiera orsakerna till personalbodars höga energianvändning, som idag är 557 kWh/år och för kontorsbodrar som är 215 kWh/år, m<sup>2</sup>, samt att hitta effektiva metoder att minska energianvändningen. Energibesparingsåtgärder som presenteras ska även leda till förbättrat inomhusklimat samtidigt som inomhusklimatet i bodarna utvärderas och jämförs med Arbetsmiljöverkets krav.

### **1.3 Mål**

Målet med arbetet är att kunna presentera kostnadseffektiva åtgärdsförslag som bidrar till att entreprenörerna, beställarna och boduthyrningsföretagen energieffektiviserar bodetableringarna som används vid nybyggnation. Vidare bör åtgärderna även implementeras för bodar som exempelvis används som kontor, skolor, daghem, förskola, konferenslokaler, bostäder och vårdanläggningar.

### **1.4 Avgränsningar**

På marknaden finns det olika bodtillverkare och ett antal olika boduthyrare. Några av de största i Sverige är Cramo och Ramirent (Svensk Rental, 2010). I detta arbete kommer endast en bodtyp att beaktas. Anledningen till detta är att grundprincipen för hur bodarna är uppbyggda troligtvis inte skiljer särskilt mycket mellan bodtillverkarna och därför finns det ingen större mening med att titta på flera olika tillverkares modeller.

Bodar brukar normalt vara byggda i vissa standarstorlekar för att kunna byggas ihop med varandra. På så sätt kan man koppla ihop många bodar bredvid och även ovanpå varandra och slutligen få ett stort kontor (Lindell, 2010). I detta arbete kommer jag endast att titta på det fall där en bod står för sig själv. De möjliga kombinationerna av olika åtgärdsförslag kan sedan implementeras på ihopbyggda bodar också.

Eftersom uthyrningsmarknaden består av ett fåtal, stora aktörer så betyder det att de har storköpsfördelar, såsom lägre pris på vissa produkter (Svenska Rental, 2010). Troligtvis kommer det vara svårt att få fram uthyrarens verkliga kostnader för en bod. Därför beräknas inte livscykelkostnaden för bodtillverkningen.

Mätningar genomfördes endast under sommaren.

Brukarbeteendets påverkan på energianvändningen kommer inte att granskas ingående.

Slutligen kommer endast energianvändningen för bodar placerade i Malmö, Sverige att beaktas.

## **2. Metod**

### **2.1 Tillvägagångssätt**

I detta arbete har energianvändningen för personalbodnar studerats med hjälp av datorberäkningar. Vidare har inomhusklimatet studerats med både mätningar och datorberäkningar. Temperaturmätningar har utförts med termometer, operativtermometer och loggrar. Till beräkningar och simuleringar har tre olika datorprogram använts. Vidare har även en litteraturstudie genomförts.

### **2.2 Arbetsgång**

Arbetet börjar med långtids- och momentana temperaturmätningar i befintliga personalbodnar för att därefter söka information om dess konstruktion. Konstruktionen kommer sedan att modelleras i Heat 2 för köldbryggeberäkningar, VIP Energy för energiberäkningar samt TeknoSim för inomhusklimat. Samtidigt kommer lagar och regler som gäller för personalbodnar att studeras för att på så sätt veta vilka typer av åtgärder som är lämpliga att genomföra för energieffektivisering och komfortoptimering av bodarna. Åtgärderna som ger den största energibesparingen och det bästa inomhusklimatet kommer att beräknas och presenteras.

#### **2.2.1 Intervjuer**

För att möjliggöra detta arbete kommer även intervjuer att genomföras. Dessa genomförs både med platschefer och med uthyrningsföretag för att få en inblick i vilka prioriteringar som finns när man väljer bodar och bodetableringar.

#### **2.2.2 Mätningar**

Det finns inte särskilt mycket information om hur personalbodars inomhusklimat varierar över sommarhalvåret. Därför har mätningar av temperaturer och relativa fuktigheter gjorts. Mätningar gjordes i tre bodetableringar. Dock fokuserar beräkningar och analys på en singelbod, Bod 1.

### **2.3 Datorverktyg**

Under arbetets gång har ett antal olika datorverktyg använts. Nedan följer en presentation och en kort beskrivning av datorprogrammen.

#### **2.3.1 Heat 2D**

HEAT2 är ett PC-program för simulering av tvådimensionell övergående dynamisk och stationär (steady-state) värmetransport. Tillsammans med den tredimensionella versionen, HEAT3, används programmet av mer än 1000 konsulter och 100 universitet och forskningsinstitut världen över. Programmet är validerat mot standarden EN ISO 10211 och EN ISO 10077-2. (Blocon,2010)

Programmet används för att beräkna:

- Allmänna värmeledningsproblem.
- Köldbryggor.
- Beräkning av U-värden för husbyggande delar.
- Uppskattning av yttemperaturer (kondensrisker).
- Beräkning av värmeförluster till marken från ett hus.
- Optimering av isolering.
- Analys av golvvärmesystem.
- Analys av fönsterkarmar.

(Bolcon, 2010)

Programmets fördelar är:

- Beräkning med en integrerad pre-processor. Numerisk metod för optimering. Både stationärt och dynamisk analys. Flera på varandra följande simuleringar kan startas externt.
- Post-processor med omfattande grafiska funktioner av geometri, material, numerisk mesh, randvillkor, temperatur område och värmeflöden. Funktioner: zoomning, panorering, rotation, färg/gråskala, hög upplösning.
- Tillgängliga ändringar: värmekällor, inre ränder, inre regioner som innehåller luft eller vätska av en enda temperatur, inre motstånd, strålning inuti hålrum.
- Automatisk beräkning av termisk koppling koefficient ( $L^{2D}$ ) och värmegenomgångskoefficient ( $\psi$ ) enligt EN ISO 10211 för en mängd olika problem med köldbryggor.
- Det finns över 200 byggmaterial med dess materialegenskaper i programmet. Egna material kan redigeras och adderas.

(Blocon,2010)

Programmets användarvänlighet och lättillgänglighet gör det lämpligt att använda vid beräkningar. Däremot ökar risken för att användaren gör fel. Det är därför viktigt att man känner till vilka indata som matas in i programmet och hur resultaten som räknas fram skall tolkas och användas.

### 2.3.2 VIP Energy

VIP Energi är ett beräkningsprogram av energiprestanda för byggnader. Programmet simulerar vad som händer med byggnaden timme för timme under ett helt år.

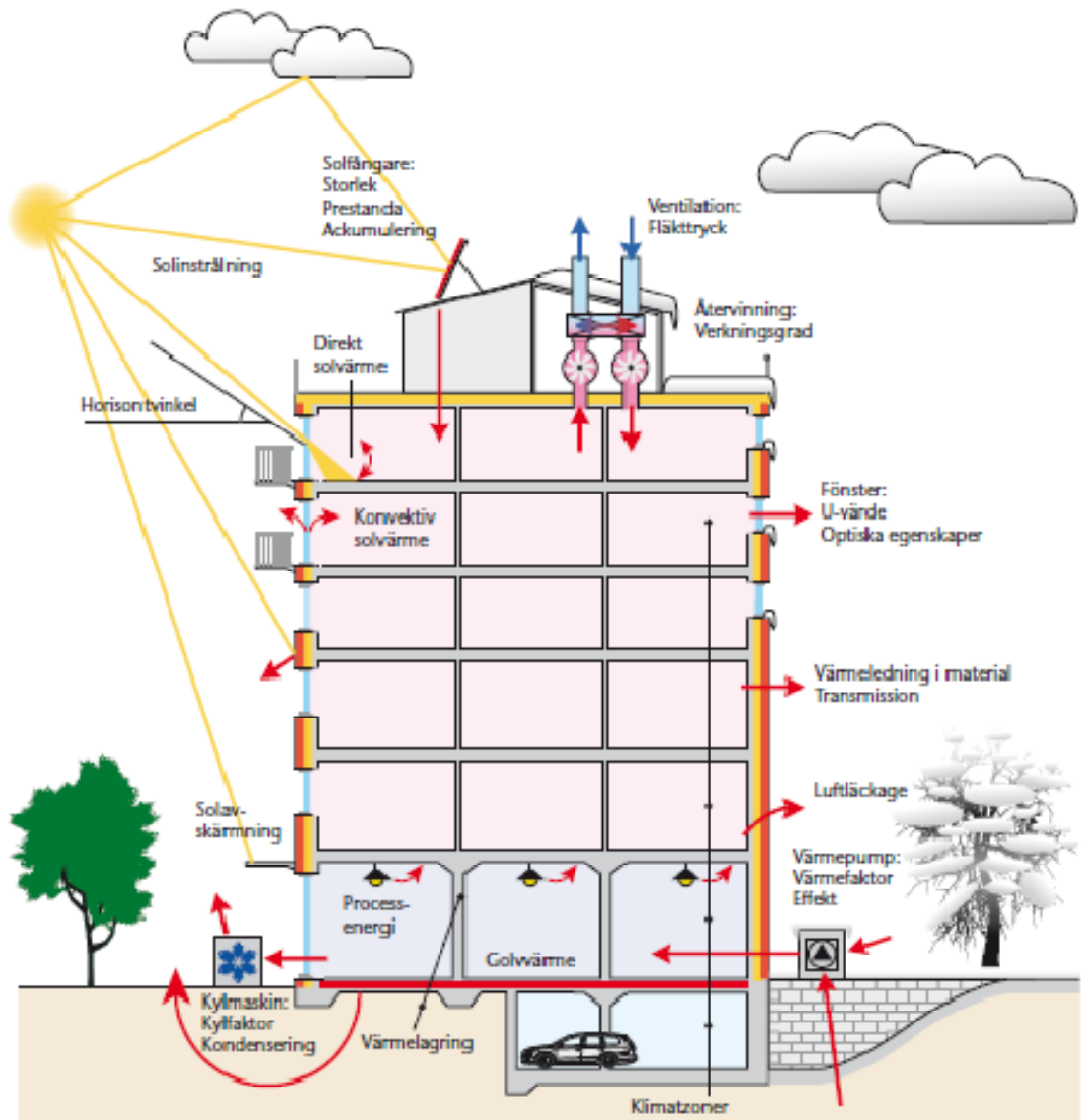
VIP Energy levereras med ett bibliotek av material, väggar, tak, golv, fönster, värmepumpar, ventiler. Vidare kan modellering ske av egna väggar, tak, golv etc. Beräkningen sker i dynamiska beräkningsmodeller vilka har utvecklats genom mångårig forskning. Utöver 20 års forskning är programmet validerat med IEA-BESTTEST, ASHRAE-BESTTEST samt CEN-15265. (Strusoft,2010)

I beräkningarna beaktas bland annat följande:

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar

- Utomhusklimat: Vind, sol, temperatur och fukt.
- Installationer: Värmepump, kylmaskin, solfångare, golvvärme samt ventilation.
- Byggnadsfysik: Luftläckage, köldbryggor, värmelagring i byggmaterial och mark, solavskärmning och tio klimatzoner för Sverige.

En illustrativ figur av energibalansen som programmet beaktar visas i figur 5.



Figur 5. Energibalans i byggnader (Strusoft,2010)

Även detta programs användargränssnitt gör det lämpligt att använda vid beräkningar. Risken finns att användaren på grund av användarvänligheten gör fel och överskatta programmet beräkningsförmåga. Instigströskeln för att använda programmet är låg

vilket medför att även person som inte har tillräcklig utbildning i energifrågor kan få fram ett resultat. Det som är viktigt att känna till är programmens begränsningar samt svaga sidor. En begränsning med VIP Energy är att man inte kan se modellen man bygger upp. Den visualiseras varken i 2D eller i 3D vilket gör att man inte kan ”se” några fel i modellen. Vidare kan man aldrig kontrollera om modellen som har byggts upp går ihop geometriskt. Programmet visualiserar inte köldbryggor och dessutom är det mer komplicerat att göra punktformiga köldbryggor än i exempelvis HEAT (Dahlblom, 2010). Slutligen kan man konstatera att programmet har väldigt många indatafunktioner vilket är väldigt bra ur beräkningssynpunkt men också kan enkelt leda till fel resultat.

### 2.3.3 Teknosim

Att beräkna hur inneklimatet kommer att bli i ett givet rum är mycket komplicerat och kan i praktiken endast utföras med hjälp av en dator. Genom att simuleringsprogram för klimatsimulering har funnits sedan 1970-talet så har också kunskapen ökat om hur stor påverkan olika faktorer har på inomhusklimatet i ett rum. Betydelsen av bl.a. värmelagringen i rum med tunga väggar, tak eller golv har medfört att det har varit möjligt att sänka den installerade kyleffekten jämfört med tidigare, och samtidigt uppnå uppställda krav på inomhusklimatet. Att det termiska klimatet i ett rum påverkas av en mängd olika faktorer är väl känt. Vad som förmodligen är mindre känt är hur mycket var och en av dessa faktorer påverkar inneklimatet eller erforderligt effektbehov. Dessutom påverkar faktorerna olika vid olika förutsättningar. (Lindab, 2010)

De viktigaste punkterna i Teknosim är:

- Programmet kan användas i alla skeden av byggprocessen. Golv, väggar och tak kan definieras som lätt, medeltung eller tung konstruktion om konstruktioner ej är kända.
- Färdiga konstruktioner för väggar, fönster, tak och golv samt andra funktioner väljs ur en databas via dialogrutor.
- Alla interna kyl- och värmelaster från kylprodukter, maskiner och människor hanteras dynamiskt i relation till rummets temperatur. Programmet räknar även med värmelagring i rummets byggnadsdelar i för hållande till belastning.
- Förutom att beräkna effektbehov eller resulterande temperaturer så beräknas även PPD- index dvs förväntad andel missnöjda med givet klimat.

(Lindab, 2010)

Teknosim har använts för klimatsimulering av 1000-tals användare sedan 1995 och används även i utbildningssammanhang. Chalmers Tekniska Högskola har utvärderat Teknosim i ett antal olika simuleringsfall. Resultatet visar på god samstämmighet med verkligheten. För verifiering användes ett simuleringsprogram vid namn BRIS

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar

---

som utvecklats vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Detta program har i sin tur i många byggforskningsprojekt verifierats mot verkliga fall. (Lindab, 2010) Programmets användarvänlighet och lättillgänglighet gör programmet till ett lämpligt beräkningsverktyg. Dock är användningsområdena begränsade eftersom användaren själv inte kan modellera egna vägg-, tak- och golvkonstruktioner utan är låst till de som ingår i programmet. På så sätt är det svårt göra tillfredställande beräkningar på byggnader som inte ingår i Teknosims konstruktionskatalog.



## **3. Litteraturstudier – Bodar idag**

### **3.1 Användningsområden**

Byggboden är ett gammalt hjälpmedel som funnits på arbetsplatser sedan lång tid. På svenska breddgrader är byggboden en absolut nödvändighet i synnerhet under vinterhalvåret. Bodarna användes förr framför allt som enklare väderskydd för hantverkarna. De produktmässiga förändringarna på våra byggbodar är utspridda på ganska lång tid och det har gått lång tid mellan innovationerna. Kortfattat kan sägas att de var ganska spartanskt inredda och oergonomiska under många år. Från att till en början varit stationära förseddes de med hjul och blev därmed enklare att flytta från arbetsplats till arbetsplats. Sedan installerades el och med den även möjligheten att ansluta belysning, köksutrustning mm. (Svensk Rental, 2010).

Idag uthyrs och levereras ungefär lika många personalbodars som kontorsbodars och bara i Sverige finns det ca 40 000 st bodars (Cramo, 2010). Med personalbodars menas bodars för omklädning, tvättrum och matrum. Kontorsbodars är bodars som används som kontor och möteslokaler. Dagens bodars är inte bara ett klimatskal utan levereras med helt integrerad utrustning för både personal- och kontor. Bodars levereras idag med köksmaskiner, väl fungerande sanitets- och tvättrum, kontor med telefon, fax och bredbandsac/cess, värme mm. När de inte behövs längre är det bara att dra ur kontakten och flytta till nästa arbetsplats. (Svensk Rental, 2010)

Bodars används inte endast för byggnation utan har även andra användningsområden, såsom: kontor, skolor, daghem, förskola, konferenslokaler, bostäder, vårdanläggningar mm. (Nordicnet, 2010)

### **3.2 Bodtyper och planlösningar**

I Sverige finns endast några få tillverkare av bodars. Den största av dem är det norska företaget Moelven som i Sverige har tillverkning i Kil och Säffle. Andra tillverkare är Flexator, Lyckselebodars och Remodul. Bodars köps också från andra tillverkare i Norden samt en del ifrån Baltikum. Det börjar även dyka upp kinesisktillverkade bodars på marknaden (Svensk Rental, 2010). Skillnaden mellan de olika bodtillverkarnas byggbodars har fram tills idag inte varit särskilt stor ur energi- och komfortsynpunkt.

En vanligt förekommande modell är Kilsboden som tillverkas av Moelven. Ytterdimensionerna är alltid av samma mått eftersom bodars är modulbyggda (Lindell, 2010). Detta för att man enkelt skall kunna bygga ihop bodars för att erhålla större inomhusarea. Bodars kan både ställas bredvid varandra och ovan på varandra vilket illustreras i figur 6.

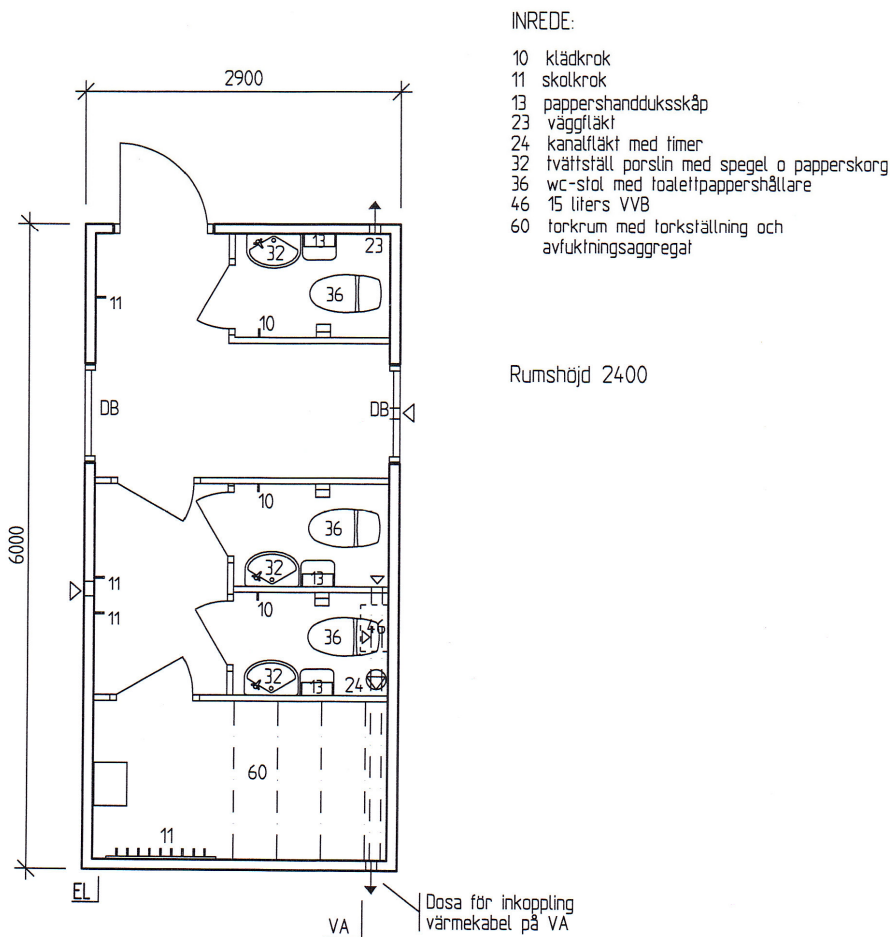


Figur 6. Bodetablering i två plan. (Alexandris, 2010)

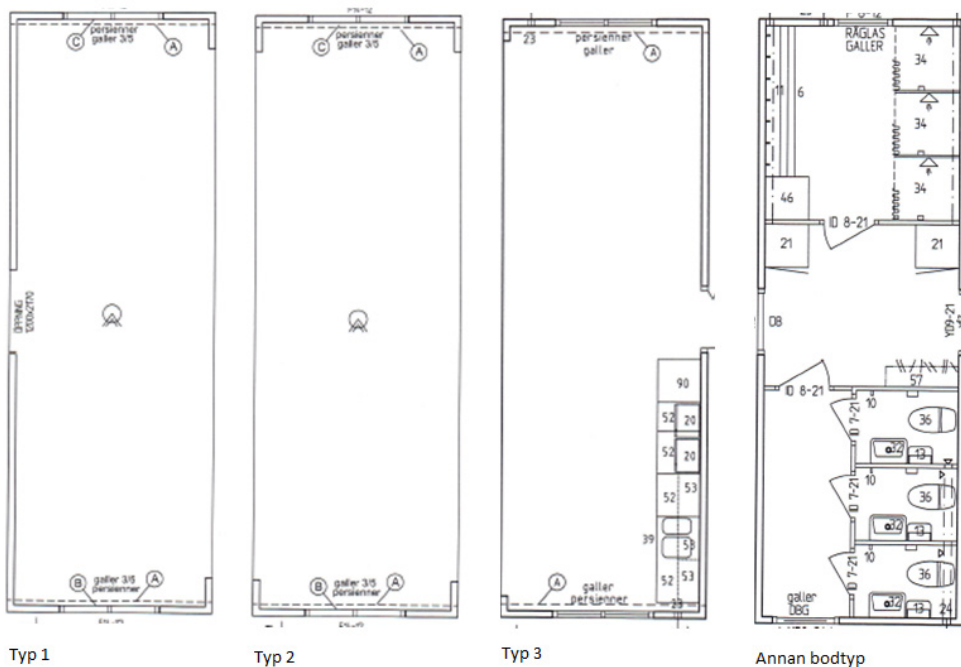
Bodarnas yttermått är valda med hänsyn till transport med lastbil vilket innebär yttermått inte bör förändras. (Lindell, 2010)

Nedan presenteras vanliga planlösningar för Kilsboden. Den första bilden visar en bod med toaletter och torkrum. Boden är en singelbod dvs en bod med fyra väggar och de andra tre bilderna visar modulerna som används för att bygga större inomhuslandskap.

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar



Figur 7. Exempel på hur en singelbods planlösning kan se ut. (Lindell, 2010)



Figur 8. Bodar kan byggas samman till stora bodetableringar genom att kombinera olika bodtyper. (Lindell, 2010)

Bodarna i figur 8 ovan har placerats för att läsaren skall förstå att ett stort rum kan byggas upp med ovanstående tre moduler. Självklart kan rummet göras större genom att placera flera moduler av typ 2 bredvid varandra. På samma sätt kan man även koppla till en singelbod, såsom toaletter, till höger eller vänster om yttermodulerna. För att få en inblick i hur utrustningen i en bod kan variera så visas fler planlösningar i bilaga 4.

### 3.3 Konstruktion för Klisbod

Som tidigare nämnts är Klisboden en vanligt förekommande bodtyp. Nedan följer en beskrivning av dess konstruktion.

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodrar

Tabell 1. Bodkonstruktion

Mått	Bredd [mm]	Längd [mm]	Höjd [mm]
<b>Invändigt</b>	2650	8200	2400
<b>Utvändigt</b>	2900	8450	3000

Tak	[mm]	U-värde=0,29 W/m <sup>2</sup> K
<b>1 lag papp</b>	9	
<b>Konstruktionsplywood</b>	13	
<b>Ventilationsreglar</b>	45x45	
<b>Luftspalt</b>	45	
<b>Takåsar c/c 600 + Mineralull=0,039</b>	45x145	
<b>Plastfolie</b>		
<b>Laserad furupanel</b>	13x120	

Yttervägg	[mm]	U-värde=0,41 W/m <sup>2</sup> K
<b>Fasspontad panel</b>	18x120	
<b>Vindpapp</b>		
<b>Reglar c/c 600 + Mineralull l=0,039</b>	45x95	
<b>Plastfolie</b>		
<b>Lackad björk-plywood</b>	13x120	

Golv	[mm]	U-värde=0,29 W/m <sup>2</sup> K
<b>Konstruktionsplywood</b>	9	
<b>Golvbjälkar c/c 600 + Mineralull l=0,039</b>	45x145	
<b>Plastfolie</b>		
<b>Spånskiva</b>	22	
<b>Plastmatta</b>	2	

Konstruktionsdelar	m <sup>2</sup>	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Fönster, 2-glas</b>	1,2	2,7
<b>Ytterdörr</b>	2,2	2,5

Övrigt	
<b>Ventilation</b>	Mekanisk frånluft, timer
<b>Radiatorer</b>	El
<b>Torkskåp</b>	El
<b>Varmvattenberedare</b>	El
<b>Belysning</b>	Manuell styrning

(Lindell, 2010)

Det bör nämnas att denna bod är av typen som uppfyllde kraven som gäller enligt övergångsbestämmelser till och med 2015. Övergångsbestämmelserna beskrivs ytterligare i avsnitt 4.2.

### **3.4. Montage vid uppställning av bodar**

#### **3.4.1 Grund**

Bodarna ställs på väl avvägda bärlinor. Gavlarnas bärlinor placeras med centrum ungefär 100 mm in från kanten. Mellanliggande bärlinor placeras i tredjedelspunkterna. Lämplig dimension på bärlinor i trä är 135x145 mm. Pallning mellan mark och bärlinorna anpassas efter markförhållandena. Pallning sker med hjälp av tryckplattor och distansramar. Pallning erfordras för varje bärlina vid bodlångsidan. (Moelven, 2010)

#### **3.4.2 Bodinstallation**

Bodarna lyfts på bärlinorna i lyftöglor. De galvaniserade lyftöglorna finns standardmonterade på bodarna. En 25 tons mobilkran klarar normalt av monteraget. Vid etablering av ett antal kombinationsbara bodar spänns ett riktsnöre utefter grundens långsida mot vilket bodarna riktas. Bodarna monteras så att el och VA anslutning vätter åt samma håll. (Moelven, 2010)

Till varje kombinationsbar bod medföljer en monterings-sats med förankringsbultar, skarvplåtar, tätningsband, skivremсор mm. Kombinationsbara bodar förankras vid varandra med förankringsbult i vardera änden av stålramen. Takskarven mellan två bodar täcks med skarvplåt. Gångöppningar mellan två bodar tätas med tätningsband och täcks med skivremсор som skruvas fast. Vid etablering i två plan placeras den övre boden på den undre bodens plana långside takkant. När undervåningen består av öppna bodar placeras i tänkt korridor pelare. När balken i taket har en bredd av 107 mm behövs ingen pelare. (Moelven, 2010)

Utvändig tvåvåningstrappa med plan och räcken sätts fast med hjälp av speciella infästningsjärn i övre bodens stålunderrede. Trappplanet är justerbart i horisontalled med speciella skruvar. Trapplöpan kan monteras valfritt från vänster, höger eller rakt fram mot trappplanet. (Moelven, 2010)

#### **3.4.3 Montage och demontage av flyttbara innerväggar**

Vissa korridorväggar kan flyttas. Detta utförs genom att innerdörrens foder och karmskruvar lossas. Därefter lossas de skruvar som är placerade i tak och golvskenorna. Väggblocken dras ur skenorna mot dörröppningen och skenorna lossas. (Lindell, 2010)

#### **3.4.4 Vatten och avlopp**

Vatten och avlopp ansluts i kopplingslåda placerad i bodgavelns underkant. Inkommande kallvatten ansluts till gängat rör R 20. Avlopp ansluts genom att ett PVC rör 110 med muff och tätningsring skjuts in över kopplingslådans fasta 110 stålrör. (Lindell, 2010)

### 3.4.5 EI

Före montage skall byggcentral med erforderligt antal grupper finnas ansluten. Varje bod är utrustad med in- och uttagslåda samt anslutningsledning för överkoppling till nästa bod. Antalet bodar som kan sammankopplas på varje 25 A matning är beroende av bodtyp men normalt kan fem bodar anslutas. (Lindell, 2010)

## 3.5 Energianvändning

Den genomsnittliga energianvändningen för Lambertsson bodar i hela Sverige idag presenteras i tabellen nedan. I stora drag används kontorsbodar av arbetsledningen och personalbodar av hantverkare.

Tabell 2. Månadsvis genomsnittlig förbrukning för bodar (Lindell, 2010)

Månad	Kontorsbod [kWh/månad]	Personalbod [kWh/år]
Maj – september	117	387
Oktober - april	583	1452
Årlig energianvändning	4664	12100
Energianvändning [kWh/år, m <sup>2</sup> ]	215	557

Energianvändningen som presenteras ovan är den totala energianvändningen i bodarna (Lindell, 2010). Sveriges bodbestånd antas förbruka över 200 miljoner kWh per år (Cramo, 2010). För att kunna undersöka om, och i så fall vilka, energibesparande åtgärder som bör genomföras i bodarna presenteras nedan en lista med de mest energikrävande aktiviteterna och produkterna.

### 3.5.1 Radiatorer

För att skapa ett behagligt inomhusklimat i bodarna används idag direktverkande elradiatorer. För en personalbod är effekten på radiatorerna 5000 W och för en kontorsbod med toalett och pentry är effekten 2400 W. Elradiatorer är dessutom enkla att montera och installera samt kräver mindre underhåll än vattenburna radiatorsystem (Lindell, 2010). Nackdelen kan vara att de blir så varma att man kan bränna sig på ytan. De heta radiatorerna kan även göra att inomhusluften upplevs som torr eftersom de vid hög temperatur bränner damm (Hans Anders bygg, 2010). En annan nackdel med elradiatorer är att det inte går koppa ihop dem med en frånluftsvärmepump, solvärmare eller med annat energisparande system vilket däremot går i ett vattenburet radiatorsystem. Det vattenburna radiatorsystemet har även högre värmetröghet pga av vattnets höga värmekapacitet vilket medför jämnare inomhustemperaturer (Energiportalen, 2010).

### 3.5.2 Belysning

Belysningen består ofta av lysrör som är placerade i taket. Idag har lamporna strömbrytare som är manuellt manövrerade. För en personalbod är effekten på

belysningen 250 W och för en kontorsbod med toalett och pentry är effekten 300 W. För kontorsbodar med två rum är effekten 200 W. (Lindell, 2010). De gamla lysrören är inte det mest energieffektiva sättet att belysa lokaler med utan idag finns det nya, mindre energikrävande, lysrör. (Philips, 2010). Inom ett par år kommer en ny belysningsteknologi kallad LED att möjliggöra ytterligare energibesparingar.

### 3.5.3 Torkskåp

Arbetsmiljön på byggen bidrar till att torkskåp ofta behöver användas. Dagens torkskåp brukar vara försedda med en energibesparingsfunktion som stänger av torkskåpet när kläderna är torra. Det saknas ofta värmeåtervinning i skåpen och man brukar kunna välja om skåpet skall torka kläderna i ett snabbläge eller i ett ekonomiskt läge. Torkskåpen i en personalbod är på 2000 W (Lindell, 2010).

### 3.5.4 Tappvarmvatten

Idag kan bodar anslutas till fjärrvärmenätet. Då detta dock är väldigt ovanligt är bodarna försedda med eldriven varmvattenberedare. För en personalbod är effekten på varmvattenberedaren 3000 W och för en kontorsbod med toalett och pentry är effekten 2000 W. Varmvattenberedare har en termostat som känner av när vattnet har uppnått rätt temperatur och sänker på så sätt sin energianvändning. (Lindell, 2010)

### 3.5.5 Ventilation

Bodarna är utrustade med mekanisk frånluftsventilation styrd med timer i omklädnings-, tvätt-, dusch- och matrum. Vidare finns mekanisk frånluftsventilation i WC med väggfläktar som styrs via ett inbyggt tidsrelä kopplat till ljusströmbrytaren. Idag ventileras normalt varm luft ut från bodarna utan någon värmeåtervinning. (Lindell, 2010)

### 3.6.6 Brukarbeteende i bodar

Brukarmönster för bodar är komplext och behandlas endast översiktligt i detta examensarbete. Energianvändningen i bodarna beror på många olika faktorer och varierar beroende på arbetsplatserna. Trots den varierande energianvändningen så kan vissa likheter i beteendemönstret i bodarna konstateras erfarenhetsmässigt. Nedan presenteras ett par beteenden som kraftigt bidrar till en ökad energianvändning:

- För att kompensera för en sjunkande utomhustemperatur under vinterhalvåret så höjer man temperaturen på radiatorerna. Många gånger höjer man temperaturen till maxnivån på radiatorn och på ventilationen.
- När temperaturen i bodarna blir för hög så sänker man inomhustemperaturen genom att öppna fönster och dörrar för att på så sätt vädra ut överskottsvärmen. Detta sker även på vintern.
- Lamporna i boden lyser även när ingen är närvarande.
- Ytterdörrar står ofta öppna.
- Persienner brukar finnas men används sällan, trots direkt solljus in i bodarna.

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar

---

- Frånluftsfläktar går med konstant hastighet hela dagen, oavsett personbelastning.
- Torkskåp används på snabbläget.
- Köksmaskiner står igång trots att ingen använder dem, såsom kaffekokare.
- Personalen går in och ut ur bodarna vilket innebär att dörrar öppnas och stängs.



## 4 Regelverk

Historiskt sätt har personalbodarna till en början varit undermåliga ur dagens komfortsynpunkt. Många gånger var de i mycket dåligt skick och saknade toaletter, värme, klädsåp mm. Efterhand som arbetarnas hälsa och trivsel börjat sättas i fokus har synen på att boden ”endast” är en provisorisk arbetsplats kommit att förändras (Svensk Rental, 2010). Idag är personalbodnar en arbetsplats som andra och omfattas därför av olika lagar och regler. För bodar är det inte enbart Arbetsmiljöverket som ställer krav utan det har även blivit en facklig fråga om vilka villkor fackets medlemmar ska behöva arbeta och ha rast i. Detta har lett till att fackförbundet, Byggnads, och byggföretagens bransch- och företagsorganisation, Sveriges byggindustrier, har tagit fram särskilda gemensamma regler för bodar. Grunden till detta lades i bodöverenskommelsen från 1967 (Byggnads, 2010). De krav som gäller för bodar idag kom 1 januari 2010 vilket innebär att branschen just nu befinner sig i en övergångsperiod. Övergångsperioden kommer att innebära att gamla bodar totalrenoveras eller byts ut mot nya för att anpassas till de nya kraven inom ramen av fem år det vill säga senast år 2015. (Byggnads, 2010)

### 4.1 Arbetsmiljöverket

Arbetsmiljölagen och Arbetsmiljöverkets föreskrifter samt kollektivavtal reglerar vilka krav som ställs på personalutrymmen. De grundläggande föreskrifterna finns i AFS 2009:2 *Arbetsplatsens utformning*, detaljerade krav finns i byggyrkenas kollektivavtal. Utdrag ur dessa presenteras i avsnitt 4.2.

Arbetsmiljöverkets mål är att minska riskerna för ohälsa och olycksfall i arbetslivet och att förbättra arbetsmiljön ur ett helhetsperspektiv, det vill säga både när det gäller fysisk, psykisk, social och arbetsorganisatorisk synpunkt. Det är arbetsgivaren som har huvudansvaret för arbetsmiljön. Arbetsmiljöinspektörer kontrollerar att arbetsmiljölagen och föreskrifterna följs när de inspekterar arbetsplatser. (Arbetsmiljöverket, 2010).

Grunden i lagstiftningen finns i Arbetsmiljölagen, AML, som bestäms av riksdagen. Arbetsmiljölagen ger de yttre ramarna för vad som gäller för arbetsmiljön på arbetsplatser.

Arbetsmiljöverket har fått regeringens uppdrag att mer i detalj reglera vad som ska gälla. Detta görs genom att en författningssamling, AFS, ger ut föreskrifter och allmänna råd som preciserar vilka krav som ska ställas på arbetsmiljön. Föreskrifterna kan till exempel gälla risker, psykiska och fysiska belastningar, farliga ämnen eller maskiner. De utarbetas i samarbete med arbetsmarknadens parter (Arbetsmiljöverket, 2010).

Allmänna råd har en annan juridisk status än föreskrifter. De är inte tvingande, utan deras funktion är att förtydliga innebörden i föreskrifterna t.ex. upplysa om lämpliga sätt att uppfylla kraven, visa exempel på praktiska lösningar och förfaringssätt och att

ge rekommendationer, bakgrundsinformation och hänvisningar. (Arbetsmiljöverket, 2010)

Standarder innehåller olika exempel på dokumenterad kunskap. Att följa en standard är frivilligt och en hänvisning till en standard i kommentarerna ska endast ses som en upplysning om ett lämpligt sätt att uppfylla kraven i föreskrifterna. Med uttrycket normalt i föreskriftstexterna avses att kraven i paragraftexten ska uppfyllas utom i de enstaka fall då speciella omständigheter gör att undantag behöver göras. (Arbetsmiljöverket, 2010)

(Byggnads, 2010)

## 4.2 Arbetsplatsens utformning 2009:2

Arbetsmiljöverkets mest betydelsefulla lagar och allmänna råd för bodar kallas arbetsplatsens utformning 2009:2. I denna står att föreskrifterna gäller utformning och underhåll av arbetsplatser, förbindelseleder och personalutrymmen av arbetsplatser som finns i, eller i anslutning till, byggnadsverk och arbetsbodnar eller på andra ställen inom en verksamhets område. Vidare definierar Arbetsmiljöverket en arbetsbod som ”tillfälligt uppställd bod, vagn, container eller likvärdig anordning som inretts för att tjäna som arbetsutrymme”. Personalbodnar, eller även kallade manskapsbodnar, innefattas alltså av dessa allmänna råd. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

### 4.2.1 Krav

I Arbetsplatsens utformning 2009:2 finns bland annat följande allmänna krav:

”3 § Byggnader och andra anläggningar ska, så långt det är praktiskt möjligt, vara placerade på ett sådant sätt i förhållande till omgivande mark att transporter, markskötsel, fasadarbeten och liknande kan utföras med betryggande säkerhet mot ohälsa och olycksfall.

4 § Arbetsplatser, arbetslokaler och personalutrymmen ska ha en, med hänsyn till verksamheten, tillräcklig area och fri höjd samt vara lämpligt förlagda, utformade och inredda.

5 § Arbetsplatser, arbetslokaler och personalutrymmen ska vara lätt och säkert tillgängliga och ha lämpliga samband med varandra.

6 § Arbetsplatser, arbetslokaler och personalutrymmen ska, om det behövs, vara tillgängliga för och kunna användas även av arbetstagare med funktionsnedsättning.

7 § Golv, trappsteg, lastkajer och lastbryggor samt markbeläggningen på utomhusarbetsplatser ska vara utförda så att halkrisken är liten och, där det behövs, så att ytskiktet motverkar halkning.

8 § En särskild lokal, avskild från övriga lokaler, ska i regel ordnas för arbetsprocesser som medför särskilda risker för ohälsa eller olycksfall.

Detsamma gäller arbetsprocesser där det finns särskilda risker för brand eller explosion.” (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

Av alla krav som ställs på arbetsmiljön i personalbodar kommer, i detta examensarbete, termiskt klimat, dagsljus, belysning samt luftkvalité att beskrivas. För läsare som undrar vilka krav som inte redovisas i detta arbete hänvisas vidare läsning i Arbetsplatsens utformning 2009:2.

Nedan kommer, för detta examensarbete, relevanta utdrag ur Arbetsplatsens utformning 2009:2 att presenteras för ovan nämnda arbetsmiljöområden. Först presenteras lagen och sedan det allmänna rådet. Till det allmänna rådet finns en förtydning av vilka krav som gäller för att det allmänna rådet skall uppfyllas.

### 4.2.2 Termiskt klimat

Klimatet ska vara anpassat till arbetets art, om arbetet är lätt eller tungt och om det är rörligt eller utförs stillasittande. Värmeinstallationer ska i regel finnas i varje lokal där arbete utförs året runt. Beroende av temperaturen kan klimatet delas upp i tre områden: kyla, s.k. neutralt klimat och värme. Dessa klimatområden ger upphov till så skiftande klimatproblem att det inte finns en gemensam metod som kan användas för att bedöma alla tre klimatområdena. Personalbodar omfattas av det s.k. neutrala klimatområdet som ungefär omfattar intervallet 10–30 °C lufttemperatur. Till skillnad mot de extrema klimaten medför detta ingen eller endast måttlig påfrestning på kroppen. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

En lufttemperatur över 16 °C ger i de flesta fall en tillräckligt god fingerfärdighet vid rörligt arbete. Vid förhöjda temperaturer (inom det s.k. neutrala klimatet) kan arbetsprestation och arbetstakt minskas på grund av att arbetstagaren sänker sin aktivitetsnivå för att därigenom uppnå termisk balans. Ännu högre temperatur ökar både blodcirkulation och svettning och kroppstemperaturen kan stiga. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

Arbete vid högre eller lägre temperatur än den idealiska, påverkar gradvis koncentrationen, uppmärksamheten och omdömet vilket kan leda till ökat riskbeteende.

Metoder och mått för att bedöma såväl allmän som lokal klimatpåverkan i det s.k. neutrala klimatområdet anges i standarden Ergonomi för den termiska miljön – Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort, SSEN ISO 7730:2006. Standarden beskriver en metod med vilken man bestämmer den förväntade upplevelsen av klimatet hos en grupp personer med given klädsel och aktivitet (PMV, predicted mean vote). PMV-värdet anger i en skala mellan –3 (mycket kallt) och +3 (mycket varmt), hur personerna i lokalen i genomsnitt förväntas uppleva klimatet. På basis av PMV-värdet kan den förväntade andelen missnöjda personer beräknas (PPD-värde, predicted percentage dissatisfied). En lokals PPD-värde bör ligga under 10 %. För att få ett enkelt mått på den upplevda temperaturen används olika sammansatta temperaturbegrepp som tar hänsyn till både lufttemperatur och inflytande av strålning.

Det vanligaste begreppet är operativ temperatur vilket i dragfria miljöer är medelvärde av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen. Ett annat temperaturbegrepp är riktad operativ temperatur, d.v.s. operativ temperatur beräknad i en viss riktning som framför allt används vid projektering. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

Kalla och varma ytor kan behöva avskärmas för att minska värmestrålningen till eller från dessa ytor. Detta bidrar nämligen till en upplevd strålningstemperatursymmetri i rummet. Om lufttemperaturen vid lätt och stillasittande arbete varaktigt avviker från 20–24 °C vintertid och 20–26 °C sommartid bör det termiska klimatet undersökas närmare. Eftersom det inte bara är lufttemperaturen som påverkar det termiska klimatet kan det vara lämpligt att bestämma PMV och PPD enligt SS-EN ISO 7730:2006. Därefter bedöms förutsättningarna för termisk komfort och eventuell behov av åtgärder. Under en kortvarig värmebölja med ungefär samma inomhustemperatur som utomhustemperatur behöver normalt inga särskilda åtgärder vidtas. Är däremot arbetet sådant att ökat riskbeteende kan innebära olycksfall bör åtgärder vidtas. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

Värmeeffektbehovet bör vara beräknat så att man i arbetslokaler normalt kan upprätthålla en lufttemperatur i vistelsezonen på minst 20 °C vid stillasittande, fysiskt mindre ansträngande arbete och 14–15 °C vid rörligt eller fysiskt mera ansträngande arbete. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

### 4.2.3 Dagsljus

På arbetsplatser, i arbetslokaler och personalutrymmen som är avsedda att vistas i mer än tillfälligt, ska det normalt finnas tillfredsställande dagsljus och möjlighet till utblick. Tillgången till dagsljus beror bl.a. av fönstrens utformning, orientering, storlek och placering i höjd. För arbetslokal med rumsdjup mindre än 6–8 m kan väggfönster oftast ge tillfredsställande dagsljus om fönsterglasarean uppgår till ca 10 % av golvarean. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

### 4.2.4 Belysning

Belysningen ska anpassas till de arbetandes olika förutsättningar och de synkrav som arbetsuppgifterna ställer. Vidare skall belysningen ha en, för den enskilde, lämplig fördelning och riktning. Bländning ska undvikas så långt det är möjligt. Arbetsplatsen ska vara sådana att man med tillfredsställande säkerhet och utan onödiga anpassningssvårigheter kan förflytta sig mellan eller i olika lokaler eller arbetsområden med skilda belysningsförhållanden. En ljuskällas återgivning av färger ska vara lämplig för arbetsuppgiften. Vidare skall besvärade flimmer uppstå samt exponeringen för UV-strålning ska vara så låg att riskerna för ohälsa elimineras eller reduceras till ett minimum. Vanliga glödlampor avger inte UV-strålning, men vissa typer av lysrör kan avge små mängder UV-strålning och känsliga personer kan möjligen under mycket extrema förutsättningar bli besvärade. Halogenlampor kan avge högre nivåer av UV-strålning än lysrör och det bör därför finnas en skiva av något transparent material framför ljuskällan som hindrar UV-strålning att gå igenom. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

Uppenbara brister såsom bländning, dålig kontrast, olämpligt ljusinfall, störande skuggbildning, dålig färgåtergivning och flimrar kan fastställas genom observation utan hjälp av mätinstrument. Otillräcklig eller alltför stark belysning, felaktigt ljusinfall, reflexer och skuggbilder ökar risken för olycksfall samt kan ge upphov till exempelvis ögonbesvär och belastningsskador. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

### 4.2.5 Luftkvalité

Arbetsplatser eller personalutrymmen ska ha ett ventilationssystem för luftväxling och uppfångande av luftföroreningar som alstras i lokalerna. Dessutom skall luftkvaliteten i vistelsezonen vara tillfredsställande. Luftväxlingen ska ordnas så att spridning av luftföroreningar begränsas. I lokaler där luftföroreningar huvudsakligen uppkommer genom personbelastning kan koldioxidhalten användas som en indikator på om luftkvaliteten är tillfredsställande. I sådana lokaler ska en koldioxidhalt under 1 000 ppm (miljondelar) eftersträvas. För uteluft gäller att den tillförs arbetslokaler och personalutrymmen i tillräcklig mängd samt att uteluftsintagen ska vara lämpligt placerade med hänsyn till uteluftens föroreningshalt och temperatur samt avluftsöppningarnas placering. (Arbetsplatsens utformning 2009:2)

Kraven uppfylls genom att ha en luftomsättning i boden som är  $7 \text{ l/s} + 0,35 \text{ l/s m}^2$  golv. Detta är dock enligt AFS2000:42 vilket är den tidigare upplagan av Arbetsplatsens Utformning.

### 4.2.6 Särskilda krav

Personalbodar ska ha

- Minst ett öppningsbart fönster,
- Utrustning för bränslepåfyllning utifrån om flytande bränsle används för uppvärmning.
- Utrustning som underlättar till- och fränkoppling av dragfordon om boden är avsedd att dras av ett sådant fordon.

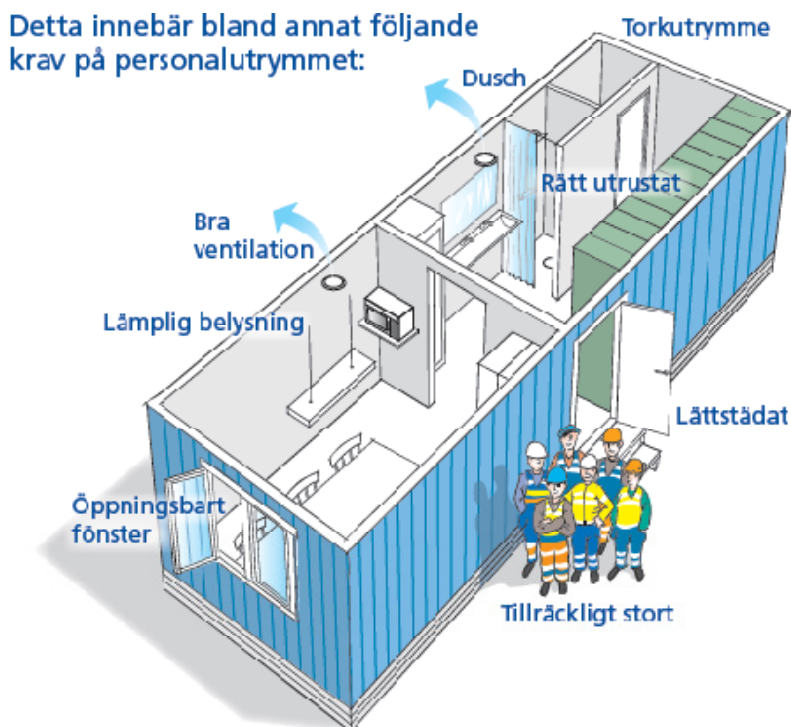
(Arbetsplatsens utformning 2009:2)

## 4.3 Bodöverenskommelsen

I bodöverenskommelsen står det att personalutrymmen ska vara anpassade till arbetets natur och varaktighet, antalet nyttjande personer och könsfördelning. Det finns särskilda bestämmelser för tillfälliga arbetsplatser som t.ex. byggarbetsplatser. Inom bygg- och anläggningsbranschen används vanligen särskilt inredda bodar eller vagnar som personalutrymme.

### 4.3.1 Funktionskrav

En personalbod bör vara utformad på ett visst sätt för att klara de krav som ställs från branschen. Den måste uppfylla, enligt den senaste bodöverenskommelsen, vissa grundläggande funktionskrav såsom rätt temperatur, torkutrymme, dusch, ventilation, lämplig belysning, öppningsbara fönster, rätt utrustad med exempelvis klädesskåp, lättstädad och tillräckligt stor. Dessa krav illustreras i figur 9.



Figur 9. Krav som ställs på bodar idag. (Byggnads, 2010)

#### 4.3.2 Utrustning

Måltider ska kunna intas i ett särskilt matrum eller matutrymme. Detta ska ha sittplatser med ryggstöd vid ett matbord med god plats för alla som äter samtidigt. Vidare ska det finnas kylskåp och uppvärmningsanordning för mat. Vid t.ex. anläggningsarbeten kan kylskåp, spis och uppvärmningsanordningar drivas med gasol. En vattentank, som står frostfritt, behövs för tvättmöjlighet. Vidare skall det finnas tillgång till toalett med tvättplats. Om det inte går att ansluta toaletten till vatten och avlopp så kan en modern torrklosett vara acceptabel. Om det är möjligt så bör det finnas skilda toaletter för män och kvinnor, men detta är inget krav. (Byggnads, 2010)

På varje arbetsställe ska det finnas, eller lätt kunna ordnas, utrymme för tillfällig vila vid plötsliga sjukdomstillstånd. Omklädningsrum ska vara skilda för män och kvinnor om de används samtidigt. Om det endast finns en arbetstagare av det ena könet kan detta ordnas på annat sätt. (Byggnads, 2010)

#### 4.3.3 Utrymmet

Nuvarande personalbodrar uppfyller vanligen utrymmeskraven om att högst sex personer använder boden. Antalet och storleken på bodarna måste givetvis anpassas till antalet personer som samtidigt kan komma att använda bodarna. (Byggnads, 2010)

#### 4.3.4 Bodstandard

Alla nya bodar måste uppfylla de krav som finns i bodöverenskommelsen. Nedan presenteras ett urval ur dessa krav. Krav som inte är avgörande för bodens konstruktion presenteras inte här. Två exempel på krav som inte presenteras är att det måste finnas en anslagstavla för information och krokar för att hänga upp väskor. (Byggnads, 2010)

##### Allmänna krav

- Minst 3,4 m<sup>2</sup> per person (toalett ej inräknad)
- Minst 2,4 meter i takhöjd

##### Matrum

- Uppvärmningsanordning för mat (kan vara mikrovågsugn)
- Kylskåp

##### Omklädningsrum

- Minst ett 30 cm brett låsbart skåp och ett 30 cm brett fack/skåp per person för upphängning av arbetskläder.
- Låsbart torkskåp eller motsvarande torkanordning med kapacitet att torka kläder och skor till nästa arbetsdag.

##### Tvätttrum

- En tvättkran per påbörjat fyrtal personer (i en sexmannabod = två tvättkranar).
- Dusch med möjlighet till avskärmning.

##### Övrigt

- När personalutrymme anordnas i befintliga lokaler ska motsvarande standard gälla som för bodar.
- Om det vid ombyggnad av befintliga lokaler får till följd att takhöjden blir lägre än 2,4 m godtas detta.
- Om avsteg behöver göras i övrigt ska en överenskommelse träffas mellan arbetsgivare och MB- grupp på arbetsplatsnivå eller, om sådan saknas, lokal facklig organisation.



## 5 Beräkning av energianvändning i Bod 1

### 5.1 Indata

#### 5.1.1 Energiberäkning i VIP

För att kunna genomföra beräkningar av energianvändningen för Bod 1 kommer en datormodell att göras i VIP Energy. Denna modell bör överensstämma någorlunda med den verkliga energianvändningen som redovisats i avsnitt 3.5. Därefter kan man göra beräkningar av hur mycket varje åtgärd påverkar den totala energianvändningen. All indata visas i bilaga 1.

#### 5.1.1 Klimat och allmän data

Den geografiska placeringen av personalboden har stor inverkan på energianvändningen. Denna personalbod antas vara placerad i Malmö. Vidare antas den horisontella vinkeln till 25 grader och solreflektionen från marken till 20 %. Den horisontella vinkeln är ett sätt att beräkna hur solinstrålningen träffar personalboden. Golvarean räknas fram till 21,7 m<sup>2</sup>.

#### 5.1.2 Byggnad

Personalbodens uppbyggnad har beskrivits i avsnitt 3.3. Vart och ett av dessa material kommer nu att ingå i den beräkningsmodell som byggs upp. Den stora skillnaden mellan beräkningen av ett hus och en personalbod är det faktum att bodar är upphöjda från marken. Det innebär att kall luft fritt kan strömma in under boden och man kan därför inte tillgodoräkna sig markens värmemotstånd. Därför kommer även golvet att modelleras som en yttervägg.

En annan skillnad är att ytterdörren ständigt öppnas och stängs i personboden. Detta kommer att approximeras med en fläkt som arbetar i en timme om dagen och har tilluftsflöde och ett frånluftsflöde på 62 l/s enligt avsnitt 5.2.3.

#### 5.1.3 Drift och tidschema

I driftfallen presenteras när, var och hur olika energikrävande processer används. Det är lämpligt att dela upp driftfallen i arbetstid och icke arbetstid. Då VIP Energy arbetar med heltimmar kommer arbetstid att definieras som 0700 – 1700 på vardagar. Övrig tid är ickearbetstid. Vidare kommer inte semestertider att beaktas eftersom fler och fler projekt går mot att inte ha någon byggsemester vilket innebär att bygget är igång även på ”vanlig” semestertid. Den lägsta inomhustemperaturen i dagsläget antas vara på 22 °C och högsta temperaturen 45 °C. Att den högsta temperaturen sätts till 45 °C är för att VIP Energy inte skall räkna med någon kyleffekt då bodarna idag saknar aktiv kylning som exempelvis luftkonditionering.

### **5.1.3.1 Processenergi**

Processenergin är den energi som åtgår för att driva mikrovågsugnar, kyl och frys, spisplattor, datorer, skrivare, kopiatorer, lampor, belysning, torkskåp mm. Denna brukar delas upp i verksamhetsenergi och fastighetsenergi. I detta fall är verksamhetsenergin  $22 \text{ W/m}^2$  och fastighetsenergin  $0,4 \text{ W/m}^2$  enligt beräkningar i avsnitt 5.1.3.3. För beräkningarna har följande antaganden gjorts:

- Mikrovågsugnen används 15 minuter om dagen.
- Spisplattorna används 6 minuter om dagen.
- Datorer och lampor används endast under arbetstid.
- Kyl och frys samt belysning används dygnet runt. Dock används bara halva belysningen på kvällar och helger.

### **5.1.3.2 Personvärme och tappvarmvatten**

Varje person antas alstra  $120 \text{ W}$  vid normal aktivitet (Warfvinge, 2009). I personalboden i fråga sitter det en person vilket motsvarar  $1,7 \text{ W/m}^2$  enligt beräkningar som finns i 5.1.3.3. Vidare antas tappvarmvattnet vara  $1 \text{ W/m}^2$  på arbetstid och  $0,25 \text{ W/m}^2$  på kvällar och helger. Den sistnämnda förbrukningen motsvarar den energi som åtgår för att hålla den höga temperaturen konstant i varmvattenberedaren.

### **5.1.3.3 Brukarvanor**

I Sverige finns det över 40 000 bodar som används på en rad olika sätt. Varje bod används på ett unikt brukarmönster och förbrukar därmed olika mycket energi. Nedan presenteras brukarmönstret för Bod 1 som är en kontorsbod. Motivering för val av drifttider presenterades i avsnitt 5.1.3. Ventilationsflödet i boden är  $23 \text{ l/s}$  vilket motsvarar  $0,94 \text{ l/s, m}^2$ .

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar

### **BOD 1 - Grundfall**

Personvärme måndag – fredag 07.00 – 17.00

Personer [st]	Inomhus [h/dag]	Effekt [W]	Total effekt [Wh]	Total tid [h]	Arean [m <sup>2</sup> ]
1	3	120	360	10	21,73
Beräkning = $360/(10*21,73) = 1,7$					
Total personenergi = $1,7 \text{ W/m}^2$					

Processenergi måndag – fredag 07.00- 17.00

Produkt	Drifftid [h/dygn]	Effekt [W]	Total Effekt/dag [Wh]	Total tid [h]	Area [m <sup>2</sup> ]
Micro	0,25	850	212	10	21,73
Kyl + frys	10	80	800	10	21,73
Spisplattor	0,10	1600	160	10	21,73
Dator	10	150	1500	10	21,73
Lampa	10	12	120	10	21,73
Belysning	10	200	2000	10	21,73
Beräkning = $(212+800+160+1500+120+2000)/(9*21,73)=22$					
Total processenergi = $22 \text{ W/m}^2$					

Processenergi måndag – fredag 17.00 - 07.00

Produkt	Drifftid [h/dygn]	Effekt [W]	Total Effekt/dag [Wh]	Total tid [h]	Area [m <sup>2</sup> ]
Kyl + frys	14	80	1120	14	21,73
Belysning	14	100	1400	14	21,73
Beräkning = $(1120+1400)/(14*21,73)= 8,3$					
Total processenergi = $8,3 \text{ W/m}^2$					

Processenergi helger 00.00-24.00

Produkt	Drifftid [h/dygn]	Effekt [W]	Total Effekt/dag [Wh]	Total tid [h]	Area [m <sup>2</sup> ]
Kyl + frys	24	80	1920	24	21,73
Belysning	24	100	2400	24	21,73
Beräkning = $(1920+2400)/(24*21,73)= 8,3$					
Total processenergi = $8,3 \text{ W/m}^2$					

Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar

**BOD 1 – Närvarostyrd och energieffektiva belysning**

Personvärme måndag – fredag 07.00 – 17.00

Personer [st]	Inomhus [h/dag]	Effekt [W]	Total effekt [Wh]	Total tid [h]	Area [m <sup>2</sup> ]
1	3	120	360	10	21,73
Beräkning = $360/(10*21,73) = 1,7$					
Total personenergi = $1,7 \text{ W/m}^2$					

Processenergi måndag – fredag 07.00 - 17.00

Produkt	Drifftid [h/dygn]	Effekt [W]	Total Effekt/dag [Wh]	Total tid [h]	Area [m <sup>2</sup> ]
Micro	0,25	850	212	10	21,73
Kyl + frys	10	80	800	10	21,73
Spisplattor	0,10	1600	160	10	21,73
Dator	10	150	1500	10	21,73
Lampa	10	12	120	10	21,73
Belysning	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>500</b>	10	21,73
Beräkning = $(212+800+160+1500+120+500)/(10*21,73)=15,2$					
Total processenergi = $15,2 \text{ W/m}^2$					

Processenergi måndag – fredag 17.00 - 07.00

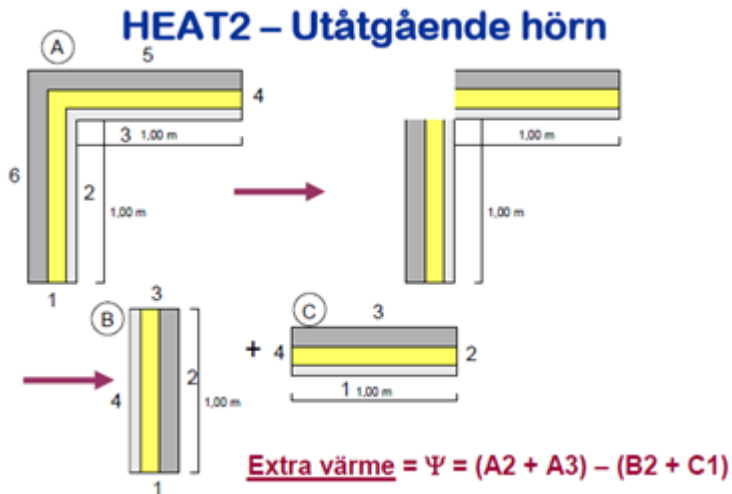
Produkt	Drifftid [h/dygn]	Effekt [W]	Total Effekt/dag [Wh]	Total tid [h]	Area [m <sup>2</sup> ]
Kyl + frys	14	80	1120	14	21,73
Belysning	<b>ingen</b>				
Beräkning = $(1120)/(14*21,73) = 3,7$					
Total processenergi = $3,7 \text{ W/m}^2$					

Processenergi helger 00.00-24.00

Produkt	Drifftid [h/dygn]	Effekt [W]	Total Effekt/dag [Wh]	Total tid [h]	Area [m <sup>2</sup> ]
Kyl + frys	24	80	1920	24	21,73
Belysning	<b>ingen</b>				
Beräkning = $(1920)/(24*21,73) = 3,7$					
Total processenergi = $3,7 \text{ W/m}^2$					

### 5.2.1 Beräkning av extra värmeflöde via köldbryggor

HEAT 2 används för att beräkna det totala extra värmeflöde (värmeförlustfaktorn) som fås genom anslutningar mellan tak och yttervägg samt golv och yttervägg. Inre och yttre värmeförvägningssmotstånd antas vara 0,13 respektive 0,04 (m<sup>2</sup>K/W). Temperaturen inomhus sätts till 1 och utomhus till 0 vid beräkningar. Följande beräkningsmodell kommer att användas



Figur 10. Extra värmeflöde ur ett hörn. (Lars – Erik Harderup, 2010)

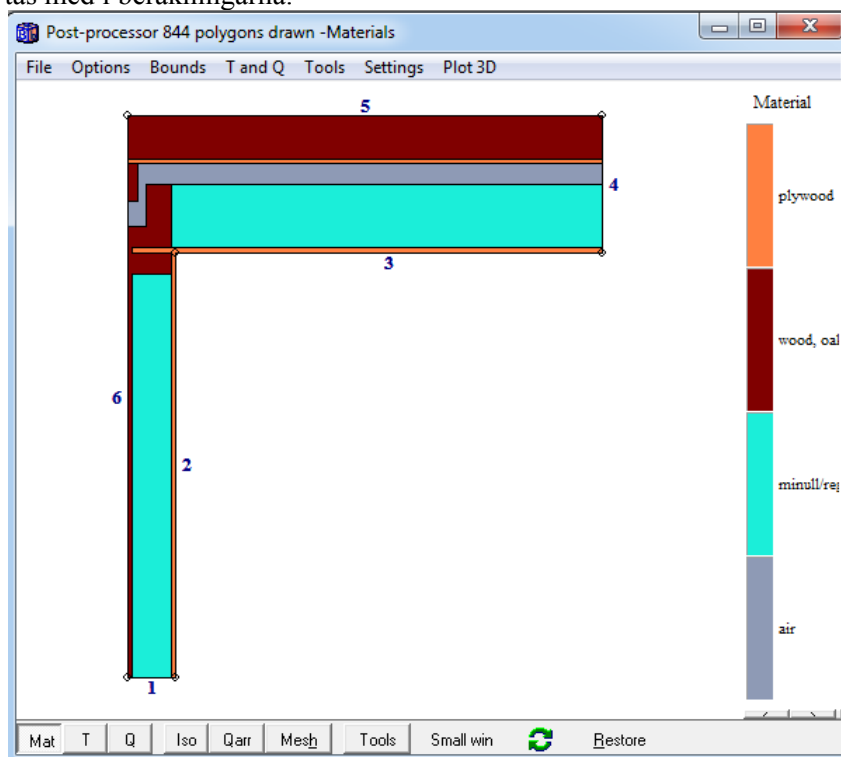
Vidare presenterar Heatmodellen illustrativa figurer där färgerna representerar olika material. En förtydlig av materialen presenteras i tabellen nedan:

Tabell 3. Materialbeskrivning i Heat modell

Material	Färg	$\lambda$ -värde
Plywood	Orange	0,14
Trä	Brun	0,19
Mineralull + Reglar C/C 600	Ljusblå	0,0502
Luft	Blå	0,0251

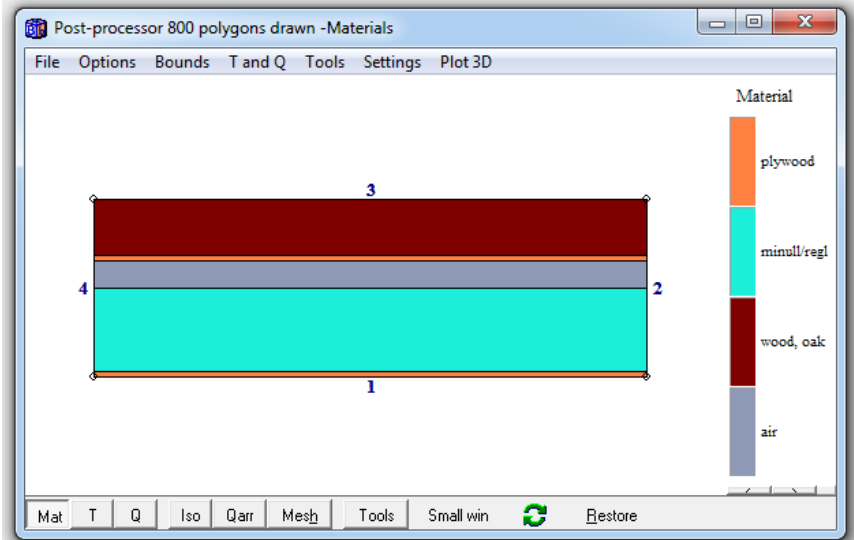
### 5.2.1.1 Köldbrygga Tak - Vägg

Modell där både vägg och tak ingår. Den värsta köldbryggan är träreglarna i hörnet. Där finns ingen isolering som minskar värmeläckaget. Vidare har både vägg och tak sina regler på c/c 600 som också är köldbryggor. Detta illustreras inte på bilden men tas med i beräkningarna.



Figur 11. Anslutning mellan tak och vägg

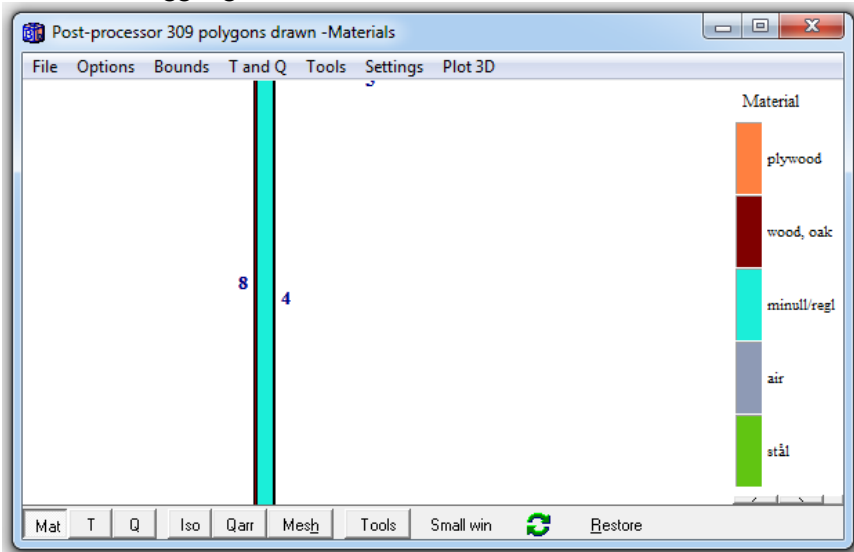
Vid addition av 6+5 fås ett energiflöde på 0,8054 W/m, K.  
Modell där tak ingår:



Figur 12. Tak

Vid 1 fås ett energiflöde på 0.1799 W/m,K.

Modell där vägg ingår:



Figur 13. Vågg

Vid 8 fås ett energiflöde på 0,518 W/m, K.

Köldbryggornas storlek beräknas nu enligt

$$A2+A3 = 0,854 \quad B2=0,518 \quad C1=0,1799$$

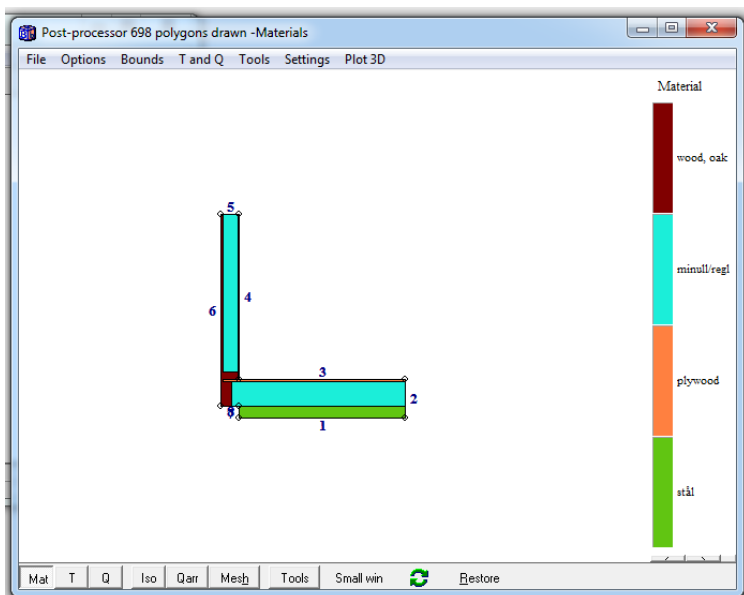
Köldbryggans storlek blir:

$$\Psi = 0,854 - (0,518 + 0,1799) = 0,1561 \text{ W/m, K}$$

Alltså blir det extra värmeflödet 0,1561 W/m, K

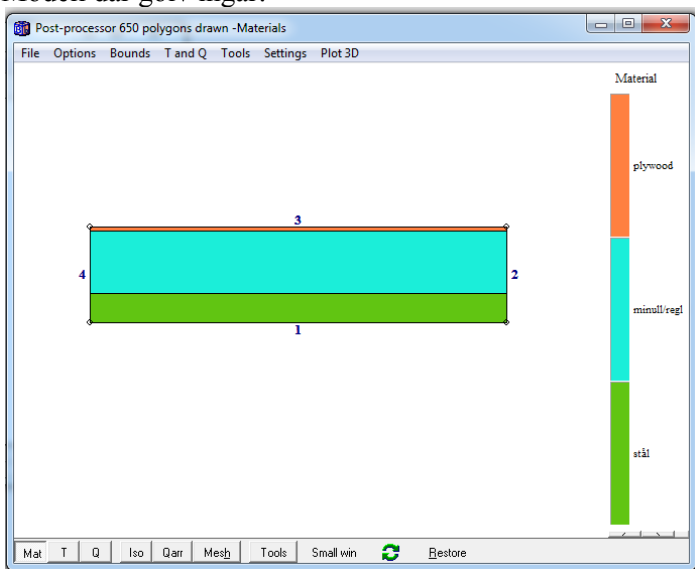
### 5.2.1.2 Köldbrygga Golv - Vägg

Modell där både golv och vägg ingår. Den värsta köldbryggan är träreglarna i hörnet. Där finns ingen isolering som minskar värmeläcketaget. Vidare har både vägg och golv sina regler på c/c 600 som också är köldbryggor. Detta illustreras inte på bilden men tas med i beräkningarna.



Figur 14. Anslutning mellan golv och vägg

Vid addition av 1+6+7+8 fås ett energiflöde på 0,9482 W/m, K.  
Modell där golv ingår:



Figur 15. Golv

Vid 1 fås ett energiflöde på 0,3366 W/m, K.

Köldbryggans storlek blir:

$$A_2+A_3 = 0,9482 \quad B_2=0,518 \text{ (se Tak - Vagg)} \quad C_1=0,3366$$

$$\Psi = 0,9482 - (0,3366 + 0,518) = 0,0939 \text{ W/m, K.}$$

Alltså blir det extra värmeflödet 0,0939 W/m, K.

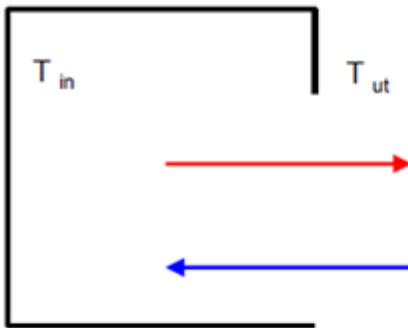
### **5.2.1.3 Köldbrygga totalt**

$$\text{Köldbryggans totala storlek blir} = (0,1561+0,0939)*(L*2+B*2) = 0,25*(8,45*2+2,9*2) = 5,675 \text{ W/K.}$$

I VIP Energy kommer denna köldbrygga att modelleras som en 1,5 m<sup>2</sup> stor betongvägg vars U-värde är 3,82 W/m<sup>2</sup>,K.

### **5.2.3 Öppning av dörr**

Som nämnt i avsnitt 3.6.6 är det vanligt att ytterdörrar till bodar öppnas och stängs ofta. Varje gång dörren öppnas bildas ett luftflöde som kommer att drar in kall luft i boden samtidigt som varm luft kommer att sugas ut ur boden. Detta fenomen kan approximeras som en fläkt med ett visst frånluftsflöde. Nedan följer beräkningen av hur stort flöde fläkten bör ha.



$$q = C_d \frac{B}{3} \sqrt{\frac{(T_{in} - T_{ut}) g H^3}{\frac{T_{in} + T_{ut}}{2}}}$$

$$C_d = 0,4 + 0,0045(T_{in} - T_{ut})$$

$q$ =luftflöde i båda riktningar,  $m^3/s$

$C_d$ =kontraktion, -

$B$ =öppningens bredd,  $m$

$H$ =öppningens bredd,  $m$

$T_{in}$ =lufttemperatur inne,  $K$

$T_{ut}$ =lufttemperatur ute,  $K$

$g=9,81$

Figur 16. Beräkningsmetod för att ta hänsyn till luftflöden som bildas när exempelvis en dörr öppnas. (Nordquist, 2010)

För att genomföra beräkningar görs följande antaganden:

$$T_{in} = 20^{\circ}C = 293 \text{ K}$$

$$T_{ut} = 7,5^{\circ}C = 280,5 \text{ K} \quad (\text{Årsmedeltemperatur i Sturup } 7,5^{\circ}C \text{ enl Fukthandboken.)}$$

$$H = 2,2 \text{ m}$$

$$B = 1 \text{ m}$$

$$C_d = 0,4 + 0,0045(293 - 280,5) = 0,49$$

$$q = 0,49 \frac{1}{3} \sqrt{\frac{(293 - 280,5) * 9,81 * 2,2^3}{\frac{293 + 280,5}{2}}} = 0,35 \text{ m}^3/s = 350 \text{ l/s.}$$

Dörren antas vara öppen i 10 sek

$$\text{Den öppnas } 7 \text{ gånger i timmen, } 9 \text{ timmar om dagen} = 63 * 10 = 630 \text{ sek} = 10,5 \text{ minuter}$$

$$0,35 * 630 = 220,5 \text{ m}^3/\text{dygn.}$$

Då Vip Energy endast hanterar heltimmar räknas en ekvivalent flödes hastighet i 1 timme ut.

$220,5/3600*1000=62$  l/s i en timme.

Både från- och tilluft med detta flöde sätt in i VIP Energy modellen.

### 5.3 Energianvändning i Bod 1 före åtgärder

Nedan presenteras resultatet av en simulering för bodens aktuella energibalans med ovanstående nämnda förutsättningar.

#### 5.3.1 Modellens energibalans

Tabell 4. VIP Energys framräknade energibalans för Bod 1 före åtgärder

Process	Avgiven energi		Tillförd energi	
	kWh/år	kWh/m <sup>2</sup> , år	kWh/år	kWh/m <sup>2</sup> , år
<b>Transmission</b>	6467	299		
<b>Luftläckage</b>	713	32,9		
<b>Ventilation</b>	1305	60,2		
<b>Spillvatten</b>	90	4,2		
<b>Solenergi</b>			448	20,6
<b>Personvärme</b>			96	4,5
<b>Processenergi till rum</b>			2357	109
<b>Värmeförsörjning</b>			5665	260
<b>Elförsörjning</b>			3	0,1

Energianvändningen för varmvattenberedning, uppvärmning, fastighetsel och verksamhetsel blev total 380 kWh/m<sup>2</sup>, år. Detta motsvarar en totalförbrukning på 8267 kWh. BBRs krav på energianvändningen för bostäder i klimatzon söder är 110 kWh/m<sup>2</sup>, år vilket innebär att boden förbrukar en faktor 3,5 mer. För kontor är kravet 100 kWh/m<sup>2</sup> + 70(q\*0,35). Luftflödet q = 0,94 enligt 5.1.3.3 vilket innebär att den tillåtna energianvändningen är 123 kWh/m<sup>2</sup>, år. Bodens energianvändning är alltså en faktor 3,1 större än den maximalt tillåtna.

### 5.4 Energianvändning i Bod 1 efter åtgärder

Enligt avsnitt 5.3.1 är energianvändningen i boden betydligt högre än BBRs krav på kontor och bostäder. Lämpliga åtgärder kommer att presenteras nedan. De handberäkningar som görs är endast en fingervisning för var energisänkningen borde ligga och det är framförallt VIP Energy-simuleringarna som kommer att antas vara de

mest realistiska eftersom programmet beaktar luftläckage, köldbryggor, värmelagring i byggmaterial och räknar även fram synergieffekter av olika åtgärder. Detta beskrivs utförligare i avsnitt 2.3.2.

### 5.4.1 Fönster

En stor bidragande faktor till den höga energianvändningen i boden idag är fönstren. Ett bättre alternativ till de fönster som sitter i den befintliga boden är treglas energifönster. Dessa har ett U-värde på 1,0 W/m<sup>2</sup>K vilket är mycket lägre än de befintliga som har 2,7 W/m<sup>2</sup>K.

#### 5.4.1.1 VIP Energy

Tabell 5. Jämförelse av energianvändning före och efter fönsterbytet

	Före åtgärd	Efter åtgärd
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	7837
<b>Procentuell sänkning [%]</b>		5,2

#### 5.4.1.2 Handberäkning

En handberäkningsmetod för att beräkna energibesparingen är: Energibesparing =  $(U_{\text{före}} - U_{\text{efter}}) * \text{Åtgärdad area} * \text{Aktuellt antal gradtimmar (kWh/år)}$  enligt Warfvinge, 2010. Vid beräkning antas en gränstemperatur på 17 grader.

Boden har  $1,2 * 2 = 2,4 \text{ m}^2$  fönsterarea. Fönsterrutorna är tvåglasfönster- klarglas med ett U-värde på 2,7 W/m<sup>2</sup>K. Nya fönster inklusive karm kan ha ett U-värde på 1 W/m<sup>2</sup>K. Energibesparingen blir därmed  $(2,7 - 1) * 2,4 * 91,4 = 373 \text{ kWh/år}$  vilket motsvarar en sänkning på 4,5 %.

### 5.4.2 Dörr

En annan bidragande faktor till den höga energianvändningen i boden är dörren. En ny dörr har ett U-värde på 1,2 W/m<sup>2</sup>K vilket är mycket lägre än de befintliga som har 2,5 W/m<sup>2</sup>K. Dessutom antas en otäthetsfaktor på 0,8 l/s, m<sup>2</sup> vilket är hälften så mycket som för den gamla dörren.

#### 5.4.2.1 VIP Energy

Tabell 6. Jämförelse av energianvändning före och efter dörrbytet

	Före åtgärd	Efter åtgärd
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	7934
<b>Procentuell sänkning [%]</b>		4

#### 5.4.2.2 Handberäkning

Boden har en dörr med en area på 2,2 m<sup>2</sup>. Den befintliga dörren har ett U-värde på 2,5 W/m<sup>2</sup>K och en ny dörr har ett U-värde på 1,2 W/m<sup>2</sup>K. Energibesparingen blir därmed  $(2,5 - 1,2) * 2,2 * 91,4 = 262 \text{ kWh/år}$  vilket motsvarar en sänkning på 3,1 %.

### 5.4.3 Inomhustemperatur

#### 5.4.3.1 Natt och kvällssänkning

Ett sätt att minska energianvändningen är att sänka temperaturen i boden när ingen använder den. Detta alternativ passar utmärkt för bodar av två anledningar; dels för att man känner till precis när bodarna används och inte används och dels för att bodens stomme är lätt. En lätt stomme möjliggör nämligen att snabbt kunna höja rumstemperaturen till en behaglig nivå efter en temporär sänkning.

Vid simulering i VIP Energy väljs att temperaturen under icke arbetstid får sjunka från 22°C till 15°C.

Tabell 7. Jämförelse av energianvändning före och efter nattsänkning

	Före åtgärd	Efter åtgärd
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	6420
<b>Procentuell sänkning [%]</b>		22,3

#### 5.4.3.2 Sänkning av inomhustemperatur

Man brukar schablonmässigt räkna med att om inomhustemperaturen sänks med en grad så sjunker energianvändningen med 5 %. Nedan presenteras en tabell med en resultatet av VIP Energy- simulering av gradvis sänkning av inomhus temperaturen från 22 till 19°C.

Tabell 8. Jämförelse av energianvändning vid stegvis sänkning av inomhustemperaturen

Temp [°C]	22	21	20	19
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	7761	7287	6839
<b>Procentuell sänkning [%]</b>	0	6	11,8	17,2

Den beräknade energianvändningsminskningen stämmer bra överrens med den schablonmässiga.

### 5.4.4 Närvarostyrd och energieffektivare belysning

Då personalen av bodarna ständigt går in och ut ur bodarna så antas att lamporna under arbetstid inte påverkas särskilt mycket av den närvarostyrda belysningen. Belysningen antas lysa i fem timmar istället för 9 timmar. Vidar byts belysningen ut mot energieffektivare alternativ som drar 100 W istället för 200 W. Den närvarostyrda belysningen kommer att stängas av på kvällar och helger. Se avsnitt 5.1.2.

Tabell 9. Jämförelse av energianvändning före och efter närvarostyrd belysning införs

	Före åtgärd	Efter åtgärd
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	8053
<b>Procentuell sänkning [%]</b>		2,5

### 5.4.5 Isolera

För att förbättra inomhusklimatet och samtidigt sänka energianvändningen i bodarna kan det vara lämpligt att eventuellt tilläggsisolera dem. Det som är viktigt att kontrollera vid invändig tilläggsisolering är att den inte får minska bodens invändiga area för mycket. I den nya bodöverenskommelsen ställs nämligen krav på att varje person måste ha minst 3,4 m<sup>2</sup> vilket beskrivs i avsnitt 4.2. Vidare ställs krav på att invändig takhöjd minst måste vara 2,4 m vilket också måste uppfyllas.

#### 5.4.5.1 Bättre isolering, c/c 900 samt invändig tilläggsisolering.

I hela bodkonstruktionen används idag c/c 600 på reglarna. Genom att öka c/c anståndet till 900 mm kommer köldbryggornas inverkan att minska. Vidare byts isoleringen med  $\lambda=0,039$  ut mot isolering med  $\lambda=0,036$ . Dessutom förbättras otäthetsfaktorn från 1,6 till 0,8 l/s, m<sup>2</sup>.

För att ytterligare förbättra bodens värmeisoleringsförmåga kommer även tilläggsisolering invändigt att göras. Till isoleringen kommer 45 x 45 reglar att användas på c/c 900. Den nya isoleringen kommer att bryta de tidigare köldbryggorna eftersom de inte placeras framför de befintliga reglarna.

Men innan tilläggsisoleringen genomförs kontrolleras att de invändiga måtten inte blir för små.

Tabell 10. Kontroll av invändigt mått så att bodöverenskommelsens krav uppfylls

Konstruktionsdel	Nytt mått	Ny Area/pers	Krav	Uppfyller krav
<b>Vägg</b>	(2,65-0,09)*(8,2-0,09)=20,76	20,76/6=3,46	3,4	Ja
<b>Tak</b>	2,4-0,09 = 2,31		2,4	Nej, för liten höjd
<b>Golv</b>	2,4-0,09 = 2,31		2,4	Nej, för liten höjd

I ovanstående tabell avläses att den enda invändiga tilläggsisolering som går att genomföra och samtidigt uppfylla de krav som ställs på bodarna idag är tilläggsisolering av väggarna med 45 mm isolering.

Tabell 11. Jämförelse av energianvändning före och efter invändig tilläggsisolering

	Före åtgärd	Efter åtgärd
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	6970
<b>Procentuell sänkning [%]</b>		15,6

#### 5.4.5.2 Utvändig tilläggsisolering av tak, vägg och golv.

Genom att tilläggsisolera utvändigt kommer köldbryggorna att minska kraftigt. Problemet med att tilläggsisolera utvändigt är att bodarnas utvändiga standardmått kommer att förändras vilket kan skapa problem vid transport och när bodarna skall sättas sammans till stora bodetableringar. Därför är detta avsnitt hypotetiskt men borde kunna gå att genomföra.

Om man på ett enkelt sätt hade kunnat montera av och på tilläggsisoleringen från utsidan av bodens väggar så skulle problem vid transport av bodarna kunna undvikas. Tak och golv kan isoleras med 100 mm mineralull mellan stålramen utan att öka yttermåttan på boden. När bodarna etableras så skruvar man fast tilläggsisoleringen. När det sedan är dags att flytta bodarna så börjar man med att skruva bort isoleringen. Isoleringen skall bestå av moduler som är uppbyggda av mineralull  $\lambda=0,036$  och en träpanel utanpå. Energiberäkningar görs för en tilläggsisolering på 100 mm respektive 200 mm.

Tabell 12. Jämförelse av energianvändning före och efter invändig tilläggsisolering på 100 respektive 200 mm

	Före åtgärd	100 mm	200 mm
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	5595	5226
<b>Procentuell sänkning [%]</b>		19,2	21,3

#### 5.4.5.3 Polyuretan

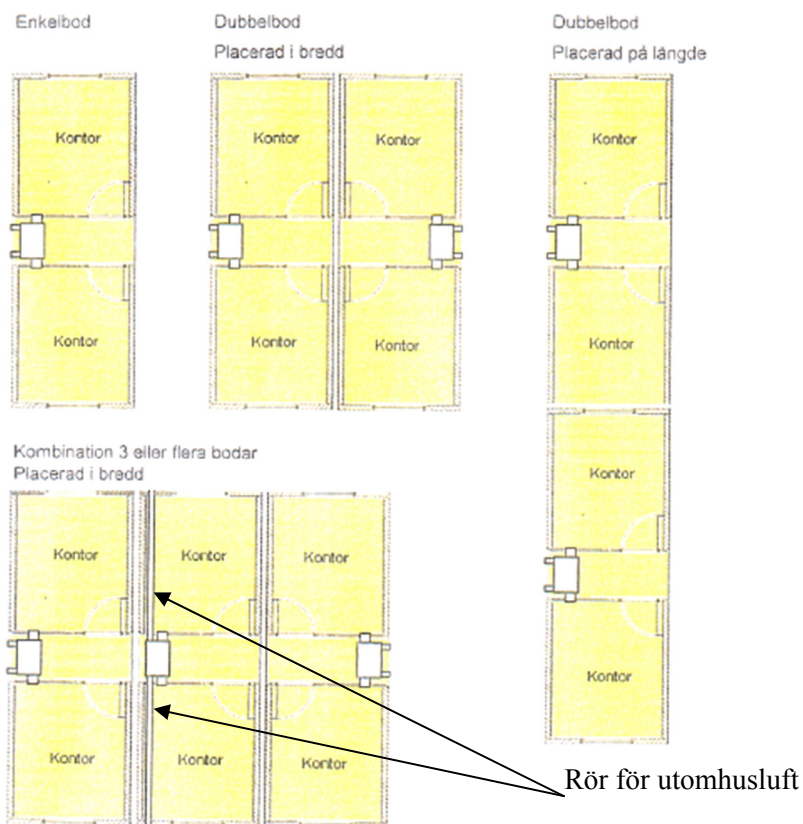
Ett isoleringsmaterial som har bättre  $\lambda$  – värde än mineralull är polyuretan. Genom att använda det kan man förbättra bodens värmeisoleringssegenskaper utan att minska den invändiga arean. Polyuretan karakteriseras av låg vikt, styrka, stabilitet och goda isoleringsegenskaper. Polyuretan är en tvåkomponentprodukt som består av polyol och isocyanat som blandas till det som kallas för polyuretanskum och har ett  $\lambda$  – värde på 0,028 (Polyterm, 2010). Nackdelen med materialet är att det är dyrt och svårt att isolera med eftersom boden måste trycksättas (Lindell, 2010).

Tabell 13. Jämförelse av energianvändning före och efter byte av mineralull till polyuretan

	Före åtgärd	Efter åtgärd
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	6659
<b>Procentuell sänkning [%]</b>		19,4

### 5.4.6 Värmepump

Bodar värms idag upp med direktverkande elradiatorer. Genom att värma boden med en Luft – Luft värmepump skulle energianvändningen för uppvärmningen minska eftersom värmepumpar har en värmefaktor på mellan 2,5 – 4 beroende på utomhustemperaturen som råder. Värmepumpen som används i beräkningar kallas UniQAir 1032 H. Anledningen till att just denna värmepump används är att den inte har någon utomhusdel vilket gör att den inte försvårar transport och förflyttning av bodarna. Vidare har den även kylfunktion och är energieffektiv. Teknisk data om pumpen presenteras i bilaga 3. För att lättare förstå hur värmepumpen bör placeras i en bodetablering visas exempel i figur 17.



Figur 17. Värmepumpsplacering när flera bodar sitter ihop.(Lindell, 2010)

Värmepumpen illustreras med en vit låda. Varje bod måste ha en värmepump. Pumpen blåser ut luften på två håll för att på så sätt få rätt temperatur och god omblandning av luften i boden. Om aggregatet placeras mellan två bodar så tas utomhusluften via rör som är dragna längst väggen. Beroende på pumpens värmefaktor blir energibesparingen för uppvärmningen av boden med UniQAir ca 35-45 % (UniQAir, 2010). Nedan presenteras en tabell där skillnaden i energianvändningen presenteras för de fall när pumpen antas ha en värmefaktor som ger en energibesparing med 35 % och i de fall när pumpen antas ge en besparing med 45 %.

Tabell 14. Energiminskning beroende på värmepumpens effektivitet

Värmeförsörjning [kWh/år]	5649	35%	45%
<b>Ny energianvändning</b>		3672	3107

Den total energiminskning som värmepumpen åstadkommer presenteras i tabell 13. Utöver en energisänkning kommer värmepumpen bidra med bättre inomhusklimat eftersom den genererar högre luftomväxling än de befintliga mekaniska frånluftsfläktarna.

Tabell 15. Totala energiminskningen med värmepump

Energianvändning [kWh/år]	8267	35%	45%
<b>Procentuell sänkning [%]</b>		24	30,8

### 5.4.7 Kombination av åtgärder

I avsnitten 5.4.1-5.4.6 har det presenterats olika sätt att energieffektivisera Bod 1 och hur stor effekt olika energieffektiviseringsåtgärder har på den totala energianvändningen. För att uppnå maximal energieffektivisering av boden är det lämpligt att kombinera flera olika åtgärder med varandra. Det som bör poängteras innan en sådan kombinerad åtgärd görs är att effekten av varje åtgärd minskar när man kombinerar dem. All indata presenteras i bilaga 2.

För boden i fråga kommer följande åtgärder att genomföras:

- Byte av fönster
- Byte av dörr
- Närvarostyrd belysning
- Kvälls- och nattsänkning av inomhustemperaturen
- Sänkning av inomhustemperaturen från 22 °C till 20 °C.
- Bättre isolering, c/c 900 samt 45mm invändig tilläggsisolering
- Samt installation av värmepump.

Tabell 16. Jämförelse av energianvändning före och efter alla åtgärder

	Före åtgärder	Efter åtgärder
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	3718
<b>Procentuell sänkning [%]</b>		55

Energianvändningen för varmvattenberedning, uppvärmning, fastighetsel och verksamhetsel blev total 158 kWh/m<sup>2</sup>, år. BBRs krav på energianvändningen för bostäder i klimatzon sönder är 110 kWh/m<sup>2</sup>, år vilket innebär att boden, efter åtgärder, förbrukar en 1,5 faktor mer. För kontor är kravet 100 kWh/m<sup>2</sup> + 70(q-0,35) vilket motsvarar en faktor 1,4 mer.

## 6 Inomhusklimat

### 6.1 Mätningar i verkliga bodrar

Att energianvändningen i personalbodrar idag är högre än för exempelvis nybyggda lägenheter är känt. En av orsakerna till den höga energianvändningen är att bodarna har relativt lite värmeisolering, många köldbryggor och är byggda med gammal teknik. Men hur detta påverkar inomhusklimatet i form av hög inomhustemperatur under årets varmare månader finns det idag ingen information om. Därför görs temperaturmätningar i personalbodrar.

Två olika typer av mätningar har gjorts; långtidsmätningar av temperatur och relativ fuktighet samt momentana mätningar av yttemperatur och operativ temperatur.

#### 6.1.1 Långtidsmätningar

Långtidsmätningarna utfördes i personalbodrar på tre olika byggarbetsplatser i Malmö mellan datumen 2010-07-09 till och med 2010-08-13. Temperaturen och den relativa fuktigheten registrerades var 15:e minut. På varje byggarbetsplats placerades tre loggrar ut. Samtidigt fanns även en mätare som registrerade utomhustemperatur och relativ luftfuktighet. Totalt sätt blev det tio mätare varav nio st inomhus på byggarbetsplatser och en som användes för registrering av utomhusklimatet. Långtidsmätningarna genomfördes med hjälp av loggrar som visas i figur 6.



Figur 18. Datalogger som används vid långtidsmätningar, Hobo U12, (Nordqvist, 2010)

Placeringen av loggarna valdes på ett sådant sätt så att endast inomhusluftens temperatur skulle mätas. De placerades på en innervägg för att undvika ledningsvärme från ytterväggen. Vidare placerades de i huvudhöjd, ty värme stiger. Placeras loggern för långt ner så blir temperaturvärdet för lågt och om den placeras för högt så blir temperaturen för hög. Placering väljs så att direkt solljus inte når loggern eftersom man endast vill mäta lufttemperaturen. Nedan följer en tabell och en figur för var loggarna placerades. Stort H betyder att boden är en hörnbod i bodetableringen. Stort F betyder att rummet är försett med en friskluftsfläkt. Friskluftsfläkten är av märket Mitsubishi och modell VL-100 U-E och bidrar till ökade luftflöden inomhus. Uteluften som blåses in i rummet har först passerat ett filter som renar luften från pollen, damm mm. (Lindell, 2010)

Tabell 17. Placering av bodar och dataloggrar

Bod nr	Arbetsplast	Bodtyp	Verksamhet	Våning	Vädersträck	Höjd [m]
1	Komfort hotell	Kontors	Arbetsledning	1	S	1,4
2	Komfort hotell	Personal	Hantverkare	2	S	1,5
3	Komfort hotell	Kontors	Arbetsledning, F	1	N	1,7
4	Brf Skrovet	Kontors	Arbetsledning	1	V	1,5
5	Brf Skrovet, H	Kontors	Arbetsledning, F	1	S	1,5
6	Brf Skrovet	Personal	Hantverkare	2	S	1,5
7	Dockums,H	Kontors	Arbetsledning	1	V	1,5
8	Dockums	Personal	Hantverkare	2	S	1,5
9	Dockums, H	Personal	Hantverkare	2	S	1,5
Ref	Louisé		Utomhus	-	-	1

Vid placering eftersträvades att loggrarna skulle vara på 1,7 meters höjd. De flesta loggrarna har inte kunnat placeras på denna höjd utan har placerats så nära 1,7 meter som möjligt. I de fall där logger är placerad 2-3 decimeter under den efterstävade höjden påverkas inte resultatet mycket.

## 6.1.2 Momentana mätningar

### 6.1.2.1 Operativtemperatur

Denna temperatur är ett mått på den upplevda temperaturen. Den beaktar, utöver lufttemperaturen, hur den samlade inverkan av omgivande ytornas (golv, väggar, fönster) temperaturer påverkar den upplevda temperaturen (Dahlblom, 2006). Denna mätning genomfördes endast i Bod 1.

Den operativa temperaturen upplevs, och är ofta, olika beroende på var man befinner sig i ett rum även om lufttemperaturen är lika. För att mäta den operativa temperaturen används ett speciellt mätinstrument för att få exakt utslag eftersom en kall yta inte känns lika mycket då man befinner sig långt ifrån den. Mätinstrumentet kallas för operativtemperaturmeter och den kopplas in till en handenhet där man med ett knapptryck kan få fram den operativa temperaturen.



Figur 19. Mätinstrument för operativtemperatur.(Nordqvist, 2010)

Mätningarna utfördes i två olika höjdlägen. Då personer både sitter och står i lokalen görs mätningen på  $h = 0,6$  m samt  $h = 1,7$  för att sedan kunna jämföra med en optimal operativ temperatur med avseende på aktivitet och beklädnad.

### 6.1.2.2 Yttertemperatur

Yttertemperaturer mättes endast i Bod 1. Mätning av yttertemperaturen genomfördes endast på de ytterväggar som solen skiner på. På så sätt kan en indikation ges av hur stor del av solenergiöverföringen som sker via ledning. Temperaturen mäts med hjälp av en ”sticka” som kopplas in till en handenhet.

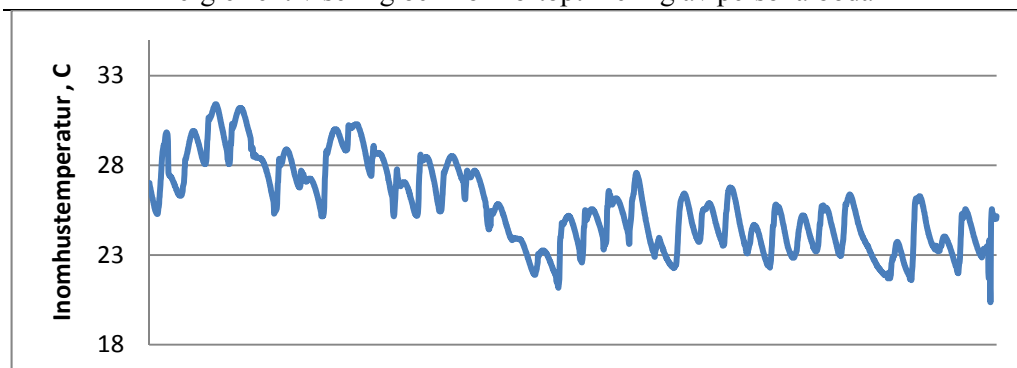
## 6.2 Lufttemperaturer, operativa temperaturer och strålningsasymmetri

Bodars höga energianvändning kan ses som en varning för att inomhusmiljön är dålig och det är då framförallt det termiska klimat som troligtvis inte är tillfredställande. Under vinterhalvåret kan exempelvis temperaturen i bodarna ofta höjas genom att justera upp termostaterna på radiatorerna. Detta kan medföra försämringar i inomhusklimatet vilket nämns i avsnitt 3.5.1. Under sommarhalvåret är problemet med det termiska klimatet precis tvärtom och det blir därför väldigt varmt i bodarna. Den stora skillnaden är att man under sommarhalvåret inte kan sänka temperaturen i bodarna vilket leder till att personalen ofta får arbeta i väldigt höga temperaturer. Då väldigt lite information hittades just om inomhustemperaturer för bodar har mätningar i bodar gjorts vilket beskrivs i avsnitt 6.1.2. För att påvisa att termiska problem uppstår i Bod 1 presenteras mätningarna i figur 20 och 21.

### 6.2.1 Lufttemperatur inomhus, singelbod

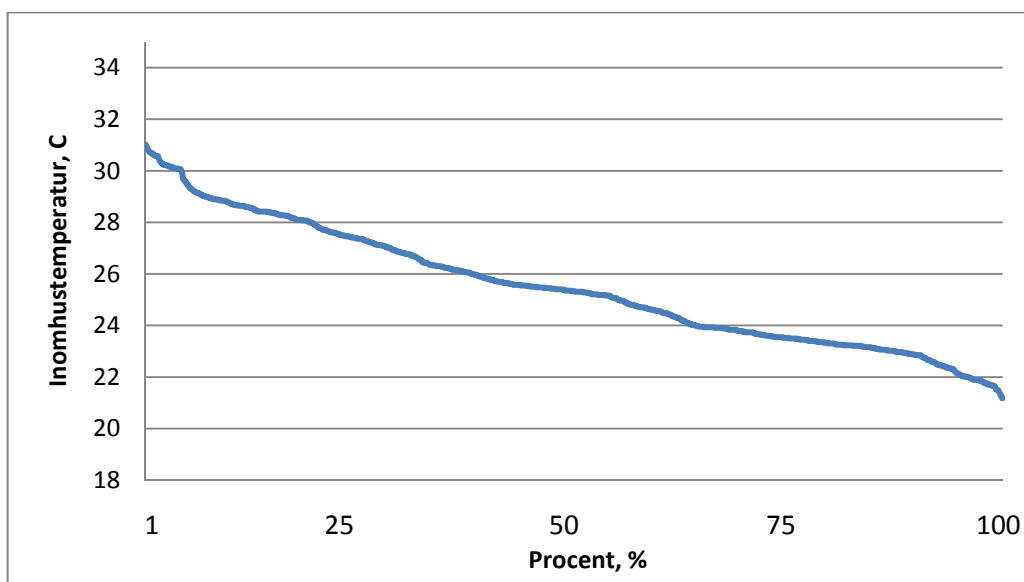
I figur 22 presenteras obearbetad data från mätningar som gjordes i singelboden/Bod 1.

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar



Figur 20. Dygntemperatur Bod 1 mellan datumen 9 juli – 13 augusti

Diagrammet ovan visar tydligt att inomhustemperaturen varierar mellan 20-33 °C under dygnet för mätperioden. Men den intressanta inomhustemperaturen för en personalbod är ju den temperatur som verkar under arbetstider eftersom det är den tid som måste uppfylla bestämmelserna och krav som Arbetsmiljöverket har satt upp. De normala arbetstiderna eller brukartiderna för en personalbod antas vara 06.45 – 16.30. Tiderna är inte samma tider som användes vid beräkning av energiförbrukning men det beror på att VIP Energy endast hanterar hela timmar. Genom att redovisa temperaturen i ett varaktighetsdiagram kan man enkelt se hur många timmar som temperaturen har överstigit en viss temperatur. Nedan presenteras varaktighetsdiagrammet för Bod 1.

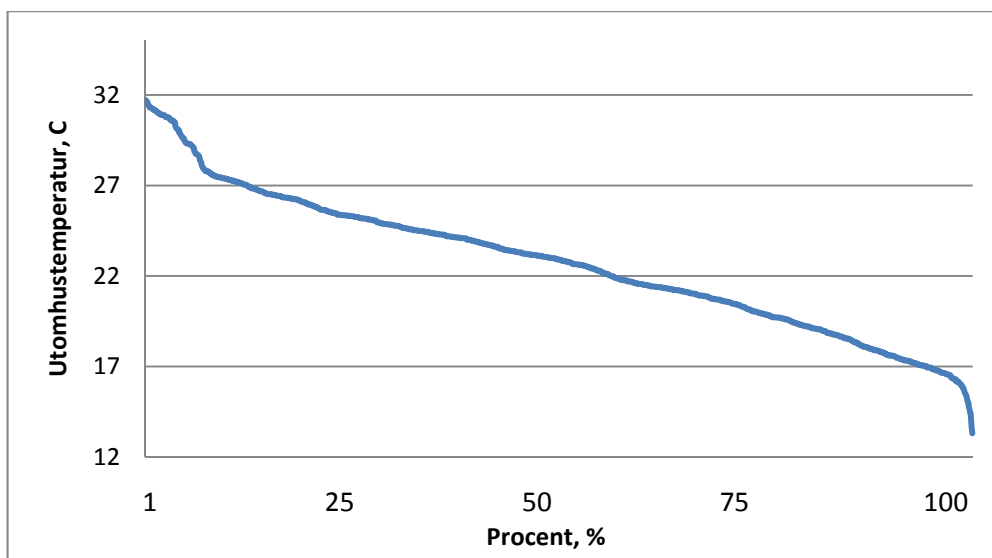


Figur 21. Varaktighetsdiagram för arbetstid, Bod 1

Enligt avsnitt 4.3.2 används 26 °C som en lämplig maximal varaktig inomhustemperatur under sommarhalvåret. Ur mätdata kan konstateras att 549 av 1440 mätvärden överstiger 26 °C vilket motsvarar ca 40 % av arbetstiden.

## 6.2.2 Lufttemperatur, utomhus

En viktig faktor för inomhustemperaturen är utomhustemperaturen. Därför presenteras även ett varaktighetsdiagram för utomhustemperaturen under arbetstider.



Figur 22. Varaktighetsdiagram för utomhustemperaturen under arbetstid

281 av 1440 mätvärden vilket motsvarar ca 20 % av tiden.

## 6.2.3 Övriga personalbodars lufttemperatur

I avsnitt 6.4 presenteras varaktighetsdiagram för hela dygnet i alla bodar. En sammanställning för temperaturfördelning över hela mätperioden presenteras i tabellen nedan.

Tabell 18. Procentandel av dygntemperaturen som överstiger 26°C i alla bodar.

Bod nr	Byggarbetsplast	Bodtyp	Verksamhet	Våning	Vädersträck	Temp >26 °C
1	Komfort hotell	Kontors	Arbetsledning	1	S	42 %
2	Komfort hotell	Personal	Hantverkare	2	S	---
3	Komfort hotell	Kontors	Arbetsledning, F	1	N	20 %
4	Brf Skrovet	Kontors	Arbetsledning	1	V	28 %
5	Brf Skrovet, H	Kontors	Arbetsledning, F	1	S	43 %
6	Brf Skrovet	Personal	Hantverkare	2	S	50 %
7	Dockums,H	Kontors	Arbetsledning	1	V	44 %
8	Dockums	Personal	Hantverkare	2	S	54 %
9	Dockums, H	Personal	Hantverkare	2	S	55 %
Ref	Louisé		Utomhus	-	-	11%

Överlag överstiger personalbodarnas inomhustemperatur 26 °C mellan 20-55 % av tiden.

### 6.2.4 Yttemperaturen

För att kunna åtgärda höga temperaturer i bodarna gäller det att undersöka hur värmeöverföringen in till boden sker. Det finns tre sätt för värmen att överföras och de är strålning, konvektion och ledning. Då bodarna enligt avsnitt 3 saknar luftspalt i ytterväggarna kan värmeledning vara en stark bidragande faktor till de höga inomhustemperaturerna. Genom att mäta yttemperaturen i bodarnas väggar kan man dra slutsatser om hur mycket värme som leds in i boden. Mätdata som kommer från 15 juli 2010 kl 12.00 presenteras i tabellen nedan. Vid mättillfället så gällde följande

Utomhustemperatur = 25,3°C

Inomhustemperatur = 27,5°C

Tabell 19. Yttemperatur i olika vädersträck för Bod 1.

Plats	Yttemperatur
Bod 1 Söder	28
Bod 1 Väster	27,5
Bod 1 Norr	26,0
Bod 1 Öst	26,5

## 6.2.5 Operativtemperatur

Enligt avsnitt 6.1.2.1 är detta ett viktigt mått för hur inomhustemperaturen upplevs. Den operativa temperaturen är medelvärdet av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen från omgivande ytor.

Tabell 20. Strålningsasymmetri för olika kroppsdelar, Bod 1.

Position	Kroppsyta	Temperatur [°C]	Strålningsasymmetri [°C]
<b>Sittandes , H= 0,6 m</b>	Framsida	27	1,5 °C
	Ryggparti	26	
	Huvudet	27,5	
<b>Ståendes, H= 1,7 m</b>	Framsida	27,5	2 °C
	Ryggparti	26	
	Huvudet	28	

## 6.3 Luftkvalitet

För att bestämma termiskt och hygieniskt klimat i inomhusluft bör man genomföra vissa mätningar. I dessa ingår bland annat de mätningar som har presenterats i 6.1.2 dvs yttemperatur, operativa temperaturen och strålningsasymmetri. Utöver de kan flera andra mätningar vara lämpliga att genomföra vid kontroll av luftkvaliteten. Nedan presenteras några exempel:

- Relativa fuktigheten
- Koldioxidhalten
- Luftomsättning
- Frånlufttemperaturen

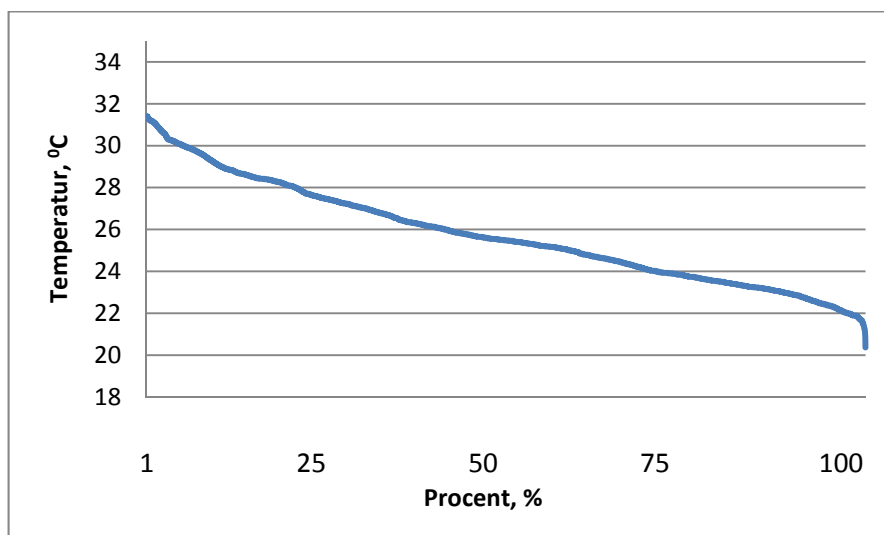
Dessa kommer inte att behandlas i detta examensarbete. Det beror på att en noggrann kartläggning av hur bodarna används av personalen måste genomföras för att man ska kunna dra realistiska och korrekta slutsatser ur eventuella mätningar. Problemet exemplifieras enklast genom följande scenario:

Anta att en spårgasmätning görs i en bod. Mätningen genomförs med en viss personbelastning som sitter i boden. Under pågående mätning skall boden ha stängd dörr samt stängda fönster samt endast använda sina mekaniska frånluftsfläktar för att ventilera bort dålig luft. Då erhålls värden av hur lustgaskoncentrationerna minskar i boden. Men med tanke på hur personalen använder bodar normalt så är den uppmätta avklingningen inte relevant. I avsnitt 3 beskrivs att personalen låter fönster vara öppna samtidigt som de går in och ut ur bodarna väldigt ofta vilket också bidrar till att gammal luft byts ut mot ny. För att erhålla relevanta resultat krävs därför att noggrann

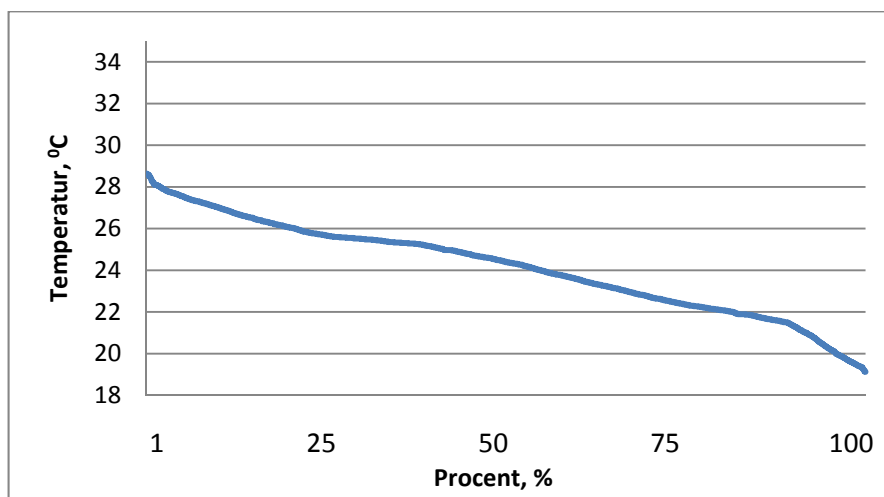
kartläggning av beteendemönster och användningsmönster görs först. Därefter kan korrekta slutsatser om bodens ventilationsgrad dras.

## 6.4 Mätresultat i alla bodar

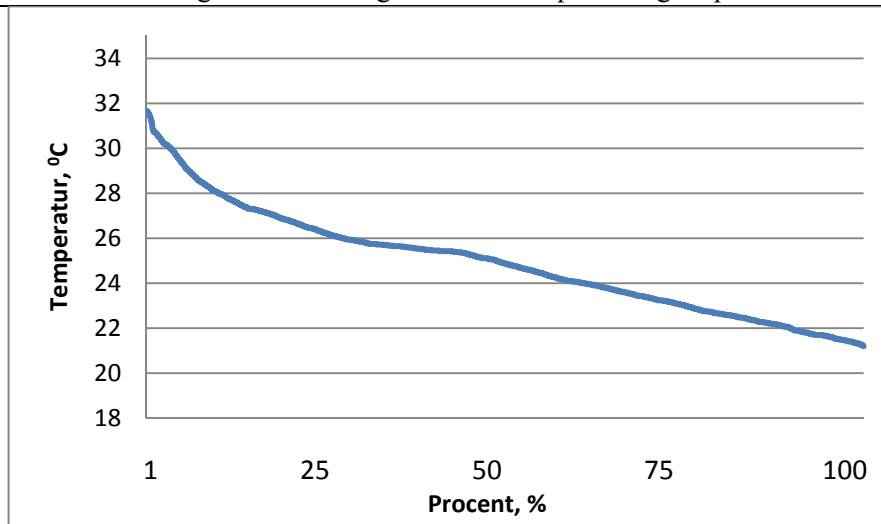
Hittills har endast mätresultat för Bod 1 presenterats, i diagramform, och dessa visar att temperaturen överstiger Arbetsmiljöverkets krav. För att säkerställa att övertemperaturerna i Bod 1 inte är ett unikt problem för just den boden redovisas alla bodars temperaturer. Resultaten presenteras i varaktighetsdiagram över alla mätpunkter som erhöles vid mätningarna. Mätperioden är 9 juli – 13 augusti.



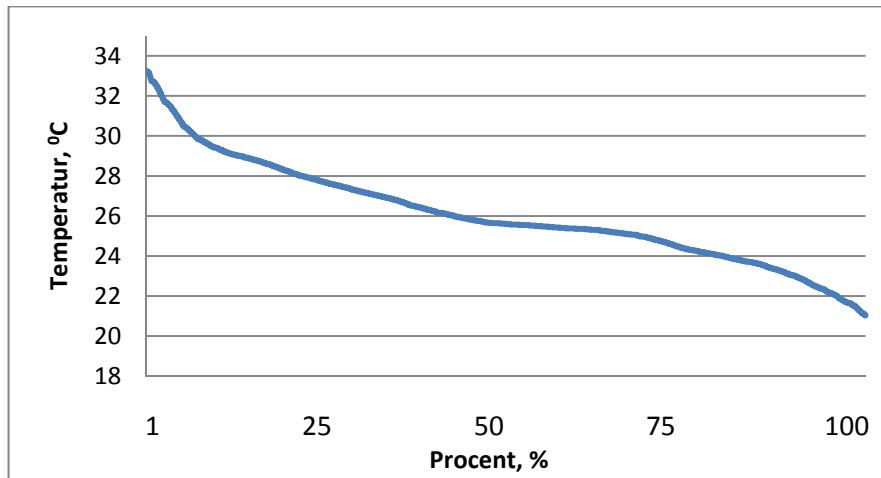
Figur 23. Varaktighetsdiagram för hela dygnet, Bod 1



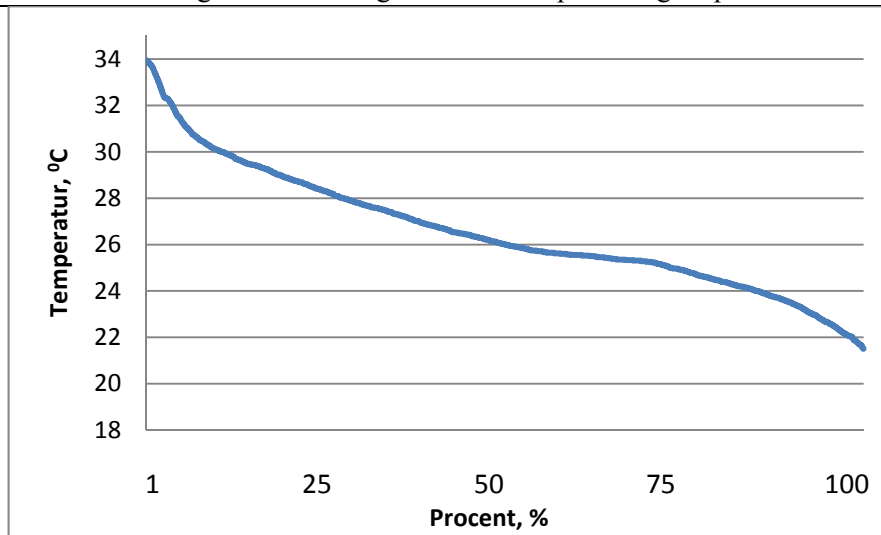
Figur 24. Varaktighetsdiagram för hela dygnet, Bod 3



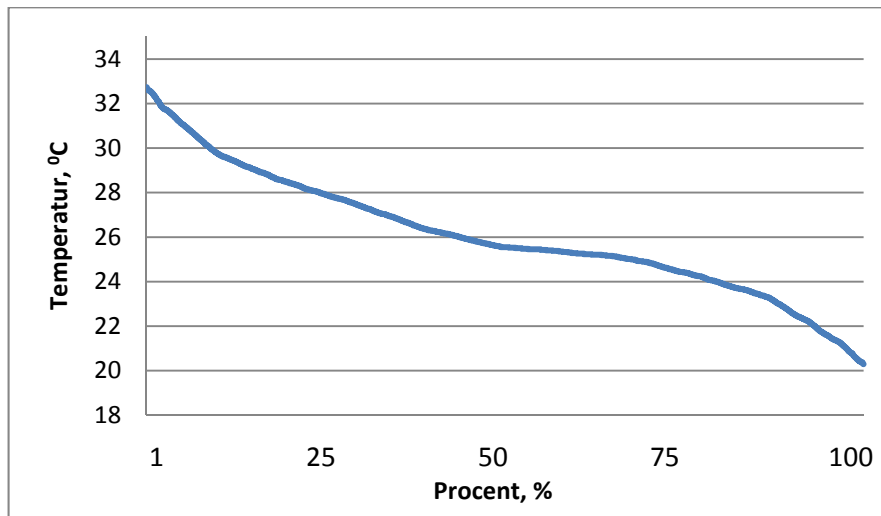
Figur 25. Varaktighetsdiagram för hela dygnet, Bod 4



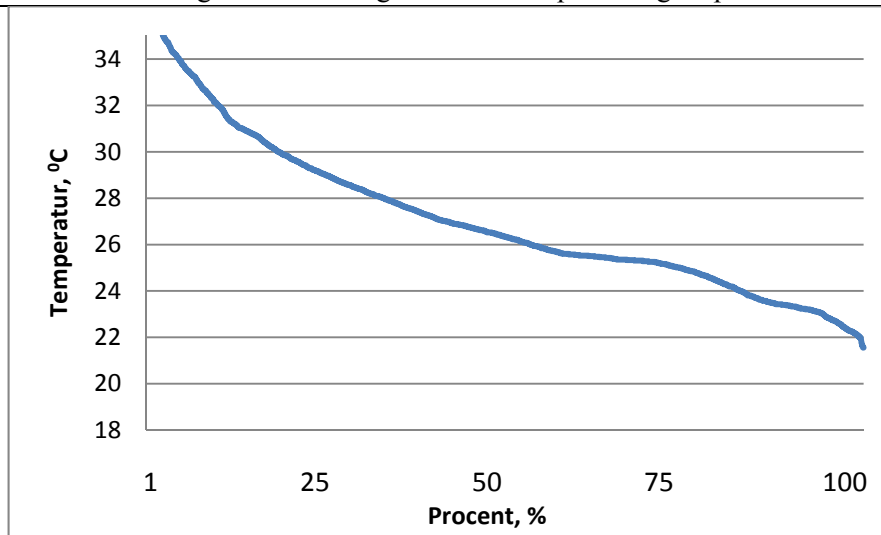
Figur 26. Varaktighetsdiagram för hela dygnet, Bod 5



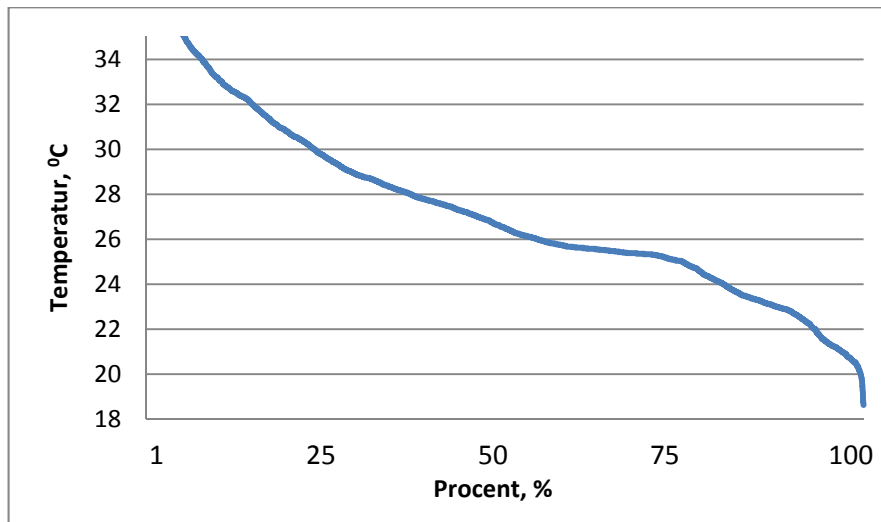
Figur 27. Varaktighetsdiagram för hela dygnet, Bod 6



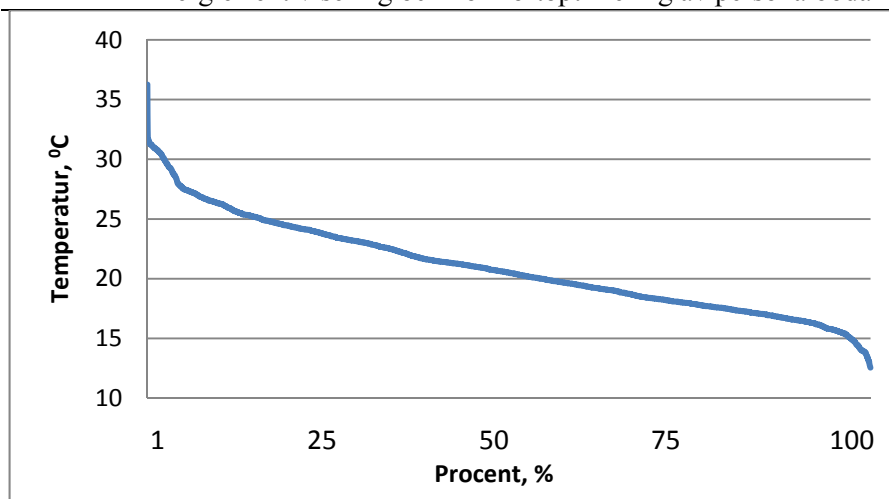
Figur 28. Varaktighetsdiagram för hela dygnet, Bod 7



Figur 29. Varaktighetsdiagram för hela boden, Bod 8



Figur 30. Varaktighetsdiagram för hela boden, Bod 9



Figur 31. Varaktighetsdiagram för hela dygnet, Utomhus

Observera att skalan för detta diagram inte är samma som för de andra diagrammen som presenterats.

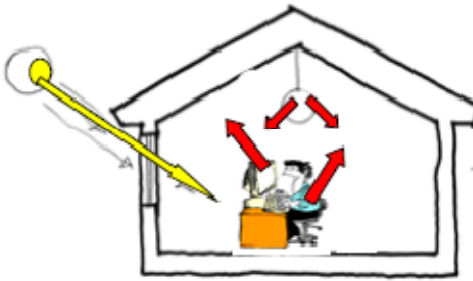
## 6.5 Beräkning av inomhustemperatur i bodarna under sommartid efter åtgärder

Hittills i arbetet har det endast framkommit hur åtgärderna påverkar energianvändningen i boden. En minst lika viktig aspekt är att kontrollera ifall åtgärderna även förbättrar inomhusklimatet. Enligt mätningar i avsnitt 6.4 upplevs inomhusklimatet under sommaren rimligtvis som ett problem för personalen. Temperaturen blir väldigt hög under långa perioder och det är svårt för personalen att göra någonting åt problemet. Därför skall en kontroll av hur åtgärderna påverkar inomhusklimatet genomföras.

Den normala värmelasten som råder på sommaren med en person i rummet är

Personlast	120W
Apparater	300W
Belysning	100W
Sol	400W
Summa	920W

Detta motsvarar en stor radiator på ca 1000 W som körs mitt på sommaren.



Figur 32. Värmelaster i en byggnad, (Warfvinge, 2010)

Åtgärder som påverkar rumstemperaturen i sommarfallet är:

- Solavskärmning
- Fönstertyp
- Belysningseffekt
- Apparateffekt
- Stommen
- Tillufttemperaturen

Det är även viktigt att uppnå den lägsta nivån av luftomsättning som finns som krav på byggnader. Kraven är 0,35 l/s, m<sup>2</sup> dock minst 0,35 l/s, m<sup>2</sup> +7 l/s, person (Warfvinge, 2009).

### 6.5.1 Teknosim

Med hjälp av datorprogrammet TeknoSim skall ett klimatiseringssystem tas fram som så långt som möjligt är passivt och sedan, om det behövs, kompletteras med aktiva system, så att systemlösningen uppfyller åtminstone P26- kravet i juli .

Komfortkraven på en arbetsplats sätts till P26 vilket innebär att den operativa temperaturen får överstiga 26° maximalt 10 % av arbetstiden under en statistisk julimånad. På så sätt uppfylls Arbetsmiljöverkets krav på att inomhustemperaturen inte varaktigt får överstiga 26 °C. I första hand kommer de byggnadstekniska möjligheterna till passiv klimatisering att användas.

#### 6.5.1.1 Antagande och indata

Till de indata där uppgift saknas kommer rimliga antaganden att göras. Vidare kommer det även att behöva göras vissa förenklingar då TeknoSim har begränsade valmöjligheter av exempelvis fasadväggar. Vid förenklingar modelleras med så lika materialegenskaper som ursprungsbyggnaden.

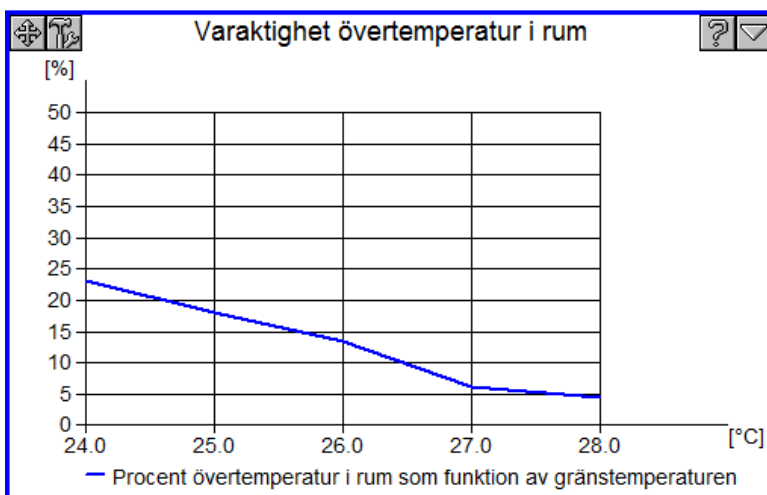
Antaganden och förenklingar som görs vid beräkning av den nya bodkonstruktionen:

- Snitthöjden av fönsterrutorna antas vara 1,5 m.
- Infiltration i byggnaden antas vara 0,15 oms/h.

- Medeltät möblering.
- Taklutning är 0°.
- Antal simulerade dygn sätts till 5 dygn. Detta då en värmebölja inte antas varar längre än 5 dagar.
- Fasaden antas bestå av gips, regel 145, iso 145 samt träpanel.
- Yttertaket antas bestå av ett träbjälklag med 100 mm isolering, mörk takbeläggning.
- Innerväggarna saknas.
- Fönsterglasets består av treglasfönster med ett U-värde på 1,2 W/m<sup>2</sup>,K.
- Solavskärmning består av en aluminiumsolfilm som är fäst på utsidan.
- Ingen kylning vid sommarförhållanden.
- Ventilationen antas vara ett från - och tilluftssystem där tilluftstemperaturen är en grad varmare än utomhusluftstemperaturen pga av fläkten.
- Luftflödet på dagtid är 23 l/s och på kvällar och helger 4 l/s. Då klaras krav för en person i boden. Ökar luftflödet så kommer temperaturen inte att höjas dvs 23 l/s är dimensionerande.

## 6.6 Resultat av inomhustemperaturberäkning

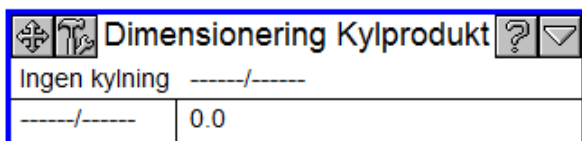
Följande resultat erhöles efter simuleringen.



Figur 33. Varaktighet övertemperatur i bod i diagramform.

Varaktighet övertemperatur i rum					
Månad	24.0°C	25.0°C	26.0°C	27.0°C	28.0°C
Juli	23.2 % (46.1h)	18.0 % (35.8h)	13.4 % (26.7h)	6.1 % (12.1h)	4.6 % (9.1h)

Figur 34. Varaktighet i övertemperatur i bod tabellform.



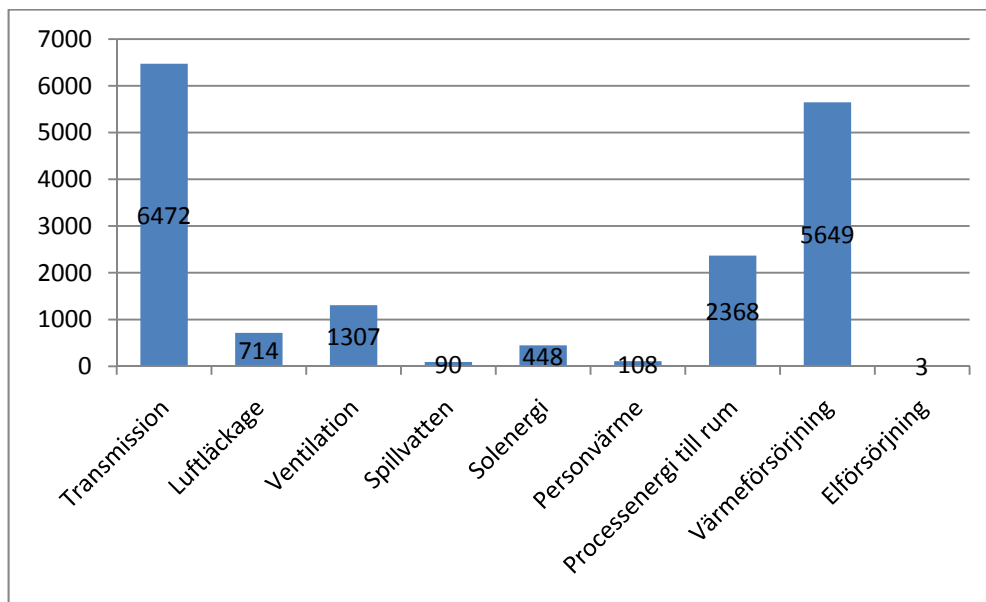
Figur 35. Ingen kyla dimensioneras.

Ur figur 34 som erhålls från simuleringen avläses att temperaturen överstiger  $26,0^{\circ}\text{C}$  i 13,4 % av arbetstiden. Före åtgärderna var värdet 40 % vilket innebär 13,4 är en klar förbättring av inomhusklimatet.

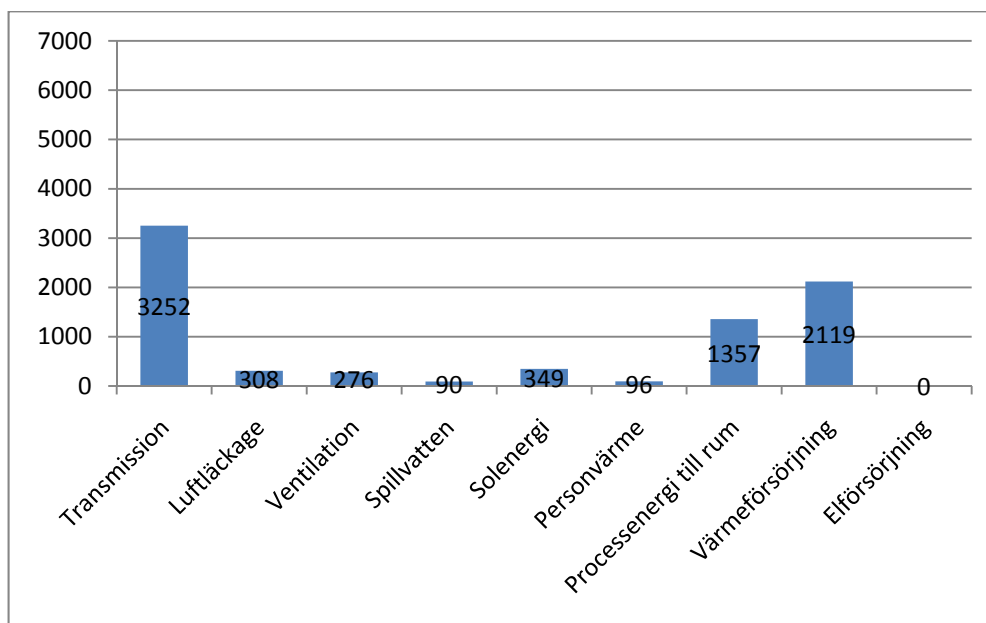


## 7. Resultat

Efter en rad energibesparande åtgärder kan följande energibalans för boden presenteras.

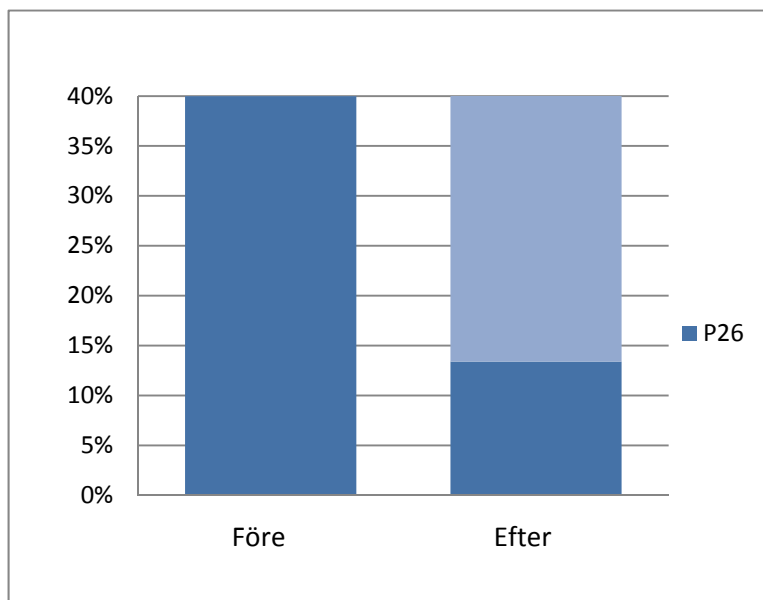


Figur 36. Energibalans före åtgärder [kWh/år]



Figur 37. Energibalans efter åtgärder [kWh/år].

Bodens inomhusklimat påverkades också av de energibesparingsåtgärder som gjordes.



Figur 38. Andel av tiden som temperaturen överstiger 26 °C

Sammanfattningsvis

Tabell 21. Jämförelsevärden före och efter kombinationen av åtgärder

	Före åtgärder	Efter åtgärder
<b>Energianvändning [kWh/år]</b>	8267	3721
<b>Energianvändning [kWh/m<sup>2</sup>,år]</b>	380	158
<b>Procentuell minskning av energianvändning [%]</b>		55
<b>Andel av tiden som temperaturen överstiger 26°C i boden [%]</b>	40	13,4

## 8. Slutsats och diskussion

I detta arbete har energianvändning och inomhusklimat simulerats för en bod. Efter ett omfattande arbete med att i grunden ändra konstruktionen på en personalbod har ett tillfredställande resultat uppnåtts. Energianvändningen kommer med mina förändringsförslag att minska med 55 % samtidigt som inomhusklimatet kommer bli betydligt bättre eftersom temperaturen endast kommer att överstiga 26 °C i 13,4 % av tiden. I slutskedet av examensarbetet hittades en rapport på SBUF:s hemsida där ett projekt som Tidermans tillsammans med IMCG genomfört i samverkan med en projektgrupp bestående av AF Bygg, Peab, NC/C, Skanska och Lambertsson. Projektet har syftat till att ta fram och sammanställa förslag på energieffektiviserande åtgärder samt verktyg för att kunna genomföra en bättre energiplanering under byggproduktionen. En del av resultatet handlar om hur personalbodarna kan energieffektiviseras. De förslag som presenteras i rapporten är:

- Använd energieffektiva byggbod
- Radiatorer som går att nattsänka
- Spärra radiatorerna till max 20 grader
- Installera frånluftspump, luftvärmepump
- Montera dörrstängare
- Uthyrare klassar sina bodar i nivåer av energieffektivitet, till exempel A, B eller C- nivå
- Energimätare på varje bod
- Täta mellan bodarna

Ur ovanstående åtgärder så är punkt 2,3,4 och 5 åtgärder som även jag, med beräkningar, kommer fram till vara nödvändiga att genomföra för att energieffektivisera bodarna. I rapporten står det att besparingspotentialen är ca 50 % vilket är ungefär lika mycket som jag kommer fram med i mina beräkningar vilket stärker trovärdigheten av resultatet i mitt examensarbete. Efter att har varit i kontakt med Sune Almqvist på Tidermans fick jag veta att projektet nu befinner sig i en tredje etapp där man idag gör fullskalemätningar av energieffektiviserade bodar.

Den beräknade energianvändningen före åtgärderna för Bod 1 stämmer inte överrens med den statistik som presenteras i avsnitt 3.5. Anledningarna kan vara många men en av dem kan vara att statistiken som presenteras är svår att använda eftersom det inte framkommer var, hur och när mätningarna har gjorts. Det är exempelvis svårt att avläsa hur stor gratisenergin som genererats av människor som vistats i bodarna är. Samma problematik med gratisenergin uppstår då man inte kan avläsa i vilket våningsplan bodarna är placerade och i vilket vädersträck.

Ett av flera krav som Arbetsmiljöverket ställer på inomhusklimatet är att temperaturen inte varaktigt får överstiga 26 °C. Vad som då menas med varaktigt kan ju självklart diskuteras men jag har i detta arbete valt att definiera varaktigt som när temperaturen överstiger 26 °C mer än tio procent av arbetstiden. För att få uppfattning

av hur höga temperaturerna blir i dagens personbodnar gjordes mätningar. Anledningen till att det inte bara genomfördes en mätning utan nio stycken, var för att säkerställa att en eventuellt hög temperatur inte var en engångsföreteelse utan ett allmänt problem i dagens bodar. Enligt mätresultaten som presenteras i avsnitt 6 kan en tydlig slutsats dras; ingen av bodarna klarar Arbetsmiljöverkets krav. Däremot kan konstateras att tre av bodarnas temperaturer överstiger 26 °C mer än 40 % av tiden och ytterligare tre överstiger med mer än 50 %. Det bör poängteras att varaktighetsdiagrammet under arbetstid endast är gjort för Bod 1 dvs boden som behandlas i hela arbetet. De andra varaktighetsdiagrammen gjordes för temperaturen över hela dygn. För att kontrollera om dessa varaktighetsdiagram är användbara gjordes även ett varaktighetsdiagram för Bod 1 över hela dygn. Det visade sig att skillnaden mellan varaktighetsdiagrammen för arbetstid och hela dygn inte skiljde särskilt mycket åt och går därför att jämföra med varandra. I avsnitt 6.4 presenteras mätresultat för alla loggrar utom den som var i Bod 2 vilket beror på att den logger försvann under mätningen.

Bodarna med väldigt höga temperaturer har vissa gemensamma egenskaper som troligtvis är avgörande för de höga temperaturerna. Alla bodar med de högsta temperaturerna är placerade högst upp i bodetableringen. Detta innebär att solens strålar fritt kan nå taket och på så sätt bidra till en mycket hög värmelast. Nästa gemensamma faktor är att bodar som är placerade i söderläge är betydligt mer exponerade för solstrålar än bodar som är placerade i norrläge. Värsta fall är en hörnplacerad bod som ligger på andra våningen mot söder. Vissa av bodarna som används har försetts med friskluftsfläktar. Ur mätningarna är det svårt att påvisa vilken effekt dessa har för lufttemperaturen. Däremot kan det påverka den operativa temperaturen eftersom luften som blåses in upplevs svalkande på grund av sin lufthastighet.

Temperaturdifferensen mellan olika kroppsdelar var maximat 2 °C, se avsnitt 6.2.5, vilket innebär att strålningsasymmetri inte är något problem. Däremot är det svårare att göra en korrekt bedömning i hur mycket ledningsvärmens spelar roll för bodarna. Temperaturen är tre grader varmare på väggens insida i söder än i norr men samtidigt är det inte bara ledningen som höjer temperaturen utan även solinstrålningen. Strålningsasymmetri hade kunnat vara ett problem om boden var placerad i öster- eller västerläge eftersom solvinkel mitt på dagen är så hög att en stor del av strålningen reflekteras bort i söderläge.

En intressant iakttagelse är att alla de varmaste bodarna används av hantverkare och inte av arbetsledning. Om detta är en medveten strategi eller om det endast är slumpen som har avgjort krävs det ytterligare undersökning för att kunna konstatera. Däremot bör det nämnas att denna placering av personalen är lämpig av flera aspekter. Arbetsledningen är den yrkeskategori som spenderar stor del av dagen i personalbodarna; hantverkarna har rast i dem. Vidare visar forskning på att prestationsförmågan hos en individ minskar med 5 % för varje grad över 20 °C. Med dessa fakta i beaktande finns det även en ekonomisk fördel med att fördela personalen i bodarna på detta sätt.

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar

Boden som presenteras i detta arbete får enligt beräkningar i Teknosim ett P26 på 13,4 % vilket är marginellt över 10 %. Resultatet påverkas troligtvis negativt av att man vid modellering i Teknosim inte själv kan bygga upp bodens konstruktion utan måste välja av färdiga konstruktionsdelar. Det som skiljde mellan verkligheten och modellen var att takkonstruktionen valdes till ett 100 mm tjockt träbjälklag med mellanliggande isolering. Taket består egentligen av ett 145 mm tjockt träbjälklag med isolering. Alternativet hade varit att modellera taket som ett 180 mm tjockt träbjälklag med isolering vilket hade varit mer gynnsamt för inomhustemperaturen. Då takkonstruktionen är en stark bidragande faktor till hur inomhustemperaturen blir påverkar detta val av en mindre isoleringstjocklek mycket. Därför tror jag att boden hade klarat 10 % kravet med en korrekt modellering.

Trots att den nya bodkonstruktionen har uppnått väldigt goda resultat i form av både sänkt energianvändning och förbättrat inomhusklimat kan ur resultatet från VIP Energy konstateras att U-värdet för boden bör kunna förbättras ytterligare. I mina presenterade åtgärder har nämligen endast 45 mm tilläggsisolering används i väggarna och dessutom har varken tak eller golv kunnat tilläggsisoleras. Detta beror på de nya bodöverenskommelserna som ställer hårdare krav på lägsta takhöjd och minsta yta per person. Nedan presenteras en jämförelse mellan isoleringen i nybyggda bostäder och i bodar där mina åtgärdsförslag genomförts.

Tabell 22. Jämförelse av isoleringstjocklek i bodar och nybyggda bostäder

Konstruktion	Bostad	Bod
Tak	300 mm	145 mm
Vägg	80+195 mm	95 + 45 mm
Golv	150+150 mm	145 mm

Ur ovanstående tabell kan det avläsas att boden, trots åtgärder, fortfarande har betydligt mindre värmeisoleringen än nybyggda bostäder. Utvändigt tilläggsisolering är inte lämplig på grund av att transportmöjligheterna med lastbil försvåras avsevärt. Men i de krav som ställs i bodöverenskommelsen står det: ”Om avsteg behöver göras i övrigt ska en överenskommelse träffas mellan arbetsgivare och MB-grupp på arbetsplatsnivå eller, om sådan saknas, lokal facklig organisation” vilket öppnar för en eventuell diskussion för att invändigt tilläggsisolera bodarna. Men för invändigt tilläggsisolering ska ge god effekt vore det lämpligt om man i bodöverenskommelsen skrev att den invändiga takhöjden och areamåtten får minskas med 10 % om det krävs för att förbättra inomhusklimatet. Detta examensarbete visar att det finns ett tydligt samband mellan förbättrat inomhusklimat och sänkt energianvändning. Genom att tillåta att takhöjden och innermått minskas tar man även med energianvändningsaspekten i kraven för hur bodar bör vara utformade.

Åtgärderna som presenteras i arbetet har många gånger krävt att antaganden görs. Vid fönster- och dörrberäkningarna görs, utöver en datorberäkning, en handberäkning för att kontrollera att dator modellen verkar vara korrekt. Skillnaderna mellan de olika beräkningsmetoderna skiljer inte mer än en procentenhet vilket anses vara en acceptabel skillnad. Handberäkning är trots allt en schabloniserad beräkningsmetod.

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodnar

Av alla åtgärder som presenteras i arbetet är det värmepumpen samt nattsänkningen av inomhustemperaturen som får störst genomslag i energiminskningen för boden. Att sänka nattemperaturen kräver en reglercentral men investeringskostnader kommer att tjänas in inom en acceptabel återbetalningstid. Värmepumpen kommer, trots en investeringskostnad på ca 20 000 kr, ändå vara lönsam att installera. En överslagsräkning presenteras nedan:

Antagande: Värmepumpstillverkaren skriver att energibesparing är minst 35 %.

Investering [Kr]	Värmeförsörjning [kWh/år]	Energibesparing [kWh/år]	Pris [Kr/kWh]	Återbetalningstid [År]
<b>20 000</b>	5649	1977	1	10

Beräkningen visar att återbetalningstiden för värmepumpen är högst 10 år. Skulle det i beräkningen beaktas att energipriser stiger över tiden och att investeringskostnaden sjunker vid köp av många värmepumpar så kan återbetalningstiden troligtvis nästan halveras vilket visas i tabell nedan. Att återbetalningstiden är kort betyder att man dels sparar de pengar man har investerat i värmepumpen men även att man efter återbetalningstiden fortsätter att spara pengar och energi.

Investering [Kr]	Värmeförsörjning [kWh/år]	Energibesparing [kWh/år]	Pris [Kr/kWh]	Återbetalningstid [År]
<b>14 000</b>	5649	1977	1,2	5,9

Vidare så måste nya vanor implementeras bland personalen som använder bodarna. Därför bör man i bodarna även föreslå följande förändringar:

- Temperaturen skall styras med termostat och möjligheten till att manuellt skruva upp temperaturen skall inte finnas.
- Lamporna i boden ska inte lysa när ingen är närvarande.
- Dörrstängare skall hindra att ytterdörrar står öppna under längre perioder.
- Effektivare vitvaror.
- Tidur på alla kontakter i köket.

Detta examensarbete åskådliggör tydligt att det finns en enorm besparingspotential för personalbodarna som används i dagsläget. Med de nya bodöverenskommelserna har utrymmeskravet per person ökat vilket har inneburit att det i varje bod får vara maximalt sex personer jämför med tidigare åtta. Det kommer alltså att behövas fler bodar ute på byggarbetsplatserna till samma antal arbetande personer. Då väggarean och därmed värmeläckaget per person ökar är det alltså ytterligare en anledning till att energieffektivisera bodarna. Hur stor besparingspotentialen för energianvändningen är för hela Sveriges bodbestånd kan diskuteras men om man utgår från att det finns 40 000 bodar i Sverige som tillsammans förbrukar över 200 miljoner kWh/ år kan en enkel överslagsberäkning göras.

## Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodnar

Energianvändning [kWh/år]	Energibesparing [%/år]	Total besparing [kWh/år]
<b>200 miljoner</b>	55	110 miljoner

Den totala besparingen på 110 miljoner kWh/år motsvarar energianvändningen för ca 4000 stycken normalstora villor om man räknar med energimyndighetens energianvändningsstatistik.

Avslutningsvis skulle jag vilja föra fram att arbetet förhoppningsvis leder till en förändring av konstruktionen i dagens bodar och jag tycker att det vilar ett stort ansvar på entreprenörerna att genomföra påtryckningar på bodtillverkarna. Som det ser ut idag så finns det inga incitament för bodtillverkarna att bygga energisnåla bodar eftersom det inte är de som får energifakturan. De tillverkar endast de produkter som marknaden efterfrågar. Därför är det viktigt att entreprenörerna väljer att beställa energieffektiva bodar hos tillverkarna.

De nya energieffektiva bodarna kommer inte endast att medföra sänkta kostnader och mindre miljöpåverkan utan även ge en bättre image åt byggföretaget. Nedanstående bild är ett bra exempel på hur en bodetablering med solfångare kan ge ett mycket gott intryck av ett företags miljöpolicy.



Solfångare

Figur 39. Bodetablering med solvärmare på taket, (Alexandris, 2010)



## 9. Examensarbetsförslag

Under arbetets gång har det uppkommit många nya frågeställningar som hade varit intressant att besvara. Några av dem presenteras nedan.

- I detta arbete undersöks en singelbod. Nästa steg i arbetet är att räkna ut hur en bodetablering kan komma att energieffektiviseras och komfortoptimeras.
- Ett arbete som utvärderar möjligheterna att tilläggsisolera bodar utvändigt.
- Det hade varit intressant att genomföra mätningar av inomhustemperaturer även på vintern. Bli bodarna tillräckligt varma eller är det så att personalen fryser?
- Att kartlägga brukarmönstret i bodarna skulle innebära att bättre beräkningsmodeller kan genomföras.



## Källor

### Text

### Skriftliga

Arbetsmiljöverket, (2009), Arbetsplatsens Utformning, AFS 2009:2, Stockholm: Arbetsmiljöverket

Byggnads(2010), Personalutrymmen – tillfälliga arbetsplatser, Sveriges Bygginstrumenter, Seko

Dahlblom, (2007), Installationsteknik AK för V, Lunds Universitet, Lunds tekniska högskola

Warfvinge Per, (1997), Miljökemi, miljövetenskap i biogeokemiskt perspektiv, KFS i Lund AB

### Internet

Blocon, (20101026), <http://www.buildingphysics.com/index-filer/heat2.htm>,

Strusoft, (20101026), [http://www.strusoft.com/images/stories/Contentimings/PDF-vip/Broschyr\\_VIP\\_SWE.pdf](http://www.strusoft.com/images/stories/Contentimings/PDF-vip/Broschyr_VIP_SWE.pdf)

Teknosim, (20101026), [http://www.lindab.com/itcenter/IT-Center/LindabWebProducts/pdf/comfort/se/vatten/19\\_TEKNOSim\\_SE\\_WEB.pdf](http://www.lindab.com/itcenter/IT-Center/LindabWebProducts/pdf/comfort/se/vatten/19_TEKNOSim_SE_WEB.pdf)

Cramo ,(20101027),  
<http://www.cramo.se/Web/Core/Pages/Article.aspx?id=23450&epslanguage=SV>

Nordicnet, (20101027), <http://www.nordicnet.se/sok/productid/840/>

Svenskrental,(20101027),  
[http://www.svenskrental.se/default\\_artikel.asp?categoryID=1&pageID=633](http://www.svenskrental.se/default_artikel.asp?categoryID=1&pageID=633)

Moelven, (20101027), <http://www.moelven.com/se/Produkter-och-tjanster/Byggmoduler/Kilsbodrar/Bostadsbodrar/Montagebeskrivning-bodrar/>

Arbetsmiljöverket, (20101029), <http://www.av.se/lagochratt/>  
<http://www.av.se/omoss/>

Byggnads, (20101029),  
<http://www.byggnads.se/Press1/Pressmeddelanden/2003/2003-09-19/>

Karl Henrik Johansson, (20101029),  
<http://www.kth.se/ees/omskolan/organisation/centra/ac/cess/newsandevents/2.11592/sa-kan-byggnader-bli-minst-30-procent-energieffektivare-1.57538>

Hans Anders Bygg, (20101031), [http://www.hansandersbygg.se/sida\\_205.asp](http://www.hansandersbygg.se/sida_205.asp)

Mitsubitisi, (20101031), [www.mitsubishielectric.se/files/puff/fileable/634.pdf](http://www.mitsubishielectric.se/files/puff/fileable/634.pdf)

Byggsektorns kretsloppsrad, (20101031),  
[http://www.infra.kth.se/fms/pdf/miljoklassning\\_byggnader.pdf](http://www.infra.kth.se/fms/pdf/miljoklassning_byggnader.pdf)

Polyterm, (20101108), <http://www.polyterm.se/>

Energiportalen, (20101120), <http://www.energiportalen.se/energiguiden/oljefyllda-radiatorer-1533.asp>

Ekonomifakta, (20101120), <http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Miljo/Utslapp-i-Sverige/Koldioxid-historisk-utveckling/>

Vattenfall, (20101120), <http://www.vattenfall.se/sv/kol.htm>

PVC Forum, (20101120), [www.pvc.se/PDF/PVC\\_12\\_sid\\_A5\\_004.pdf](http://www.pvc.se/PDF/PVC_12_sid_A5_004.pdf)

Philips, (20101120), [www.ahlsell.se/upload/TLD%20Eco%20Swe.pdf](http://www.ahlsell.se/upload/TLD%20Eco%20Swe.pdf)

### **Muntliga och föreläsningar:**

Tommie Lindell, (20100910), Lambertsson

Robert Flinth, (20100303), Schneider, Föreläsning i Komplexa byggnader

Mats Dahlblom, (20101026), Lunds Tekniska Högskola

Catarina Warfvinge, (20090319), Lunds Tekniska Högskola, Föreläsning i Klimatsystem

Mats Öberg, (20100303), NC/C, Föreläsning i Betong i livscykelperspektiv

### **Figurer:**

1. Arne Elmroth, (20100204), Två scenarion om utveckling den globala energianvändningen.

6. Theodor Alexandris, (20101124), Bodetableringar i två plan.

7. Tommy Lindell, (20100910), Exempel på hur en singelbods planlösning kan se ut.

8. Tommy Lindell, (20100910), Bodar kan byggas samman till stora bodetableringar genom att kombinera olika bodtyper.

9. Byggnads, (2010) Krav som ställs på bodar idag.

10. Lars-Erik Harderup, (20101117), Extra värmefflöde ur ett hörn.
16. Birgitta Nordquist, (20100210), Beräkningsmetod för att ta hänsyn till luftflöden som bildas när exempelvis en dörr öppnas
17. Tommy Lindel, (20100910), UniqAir tekniska data.
18. Birgitta Nordquist, (20100210), Datalogger som används vid långtidsmätningar, Hobo U12.
19. Birgitta Nordquist, (20100210), Mätinstrument för operativtemperatur.
32. Catarina Warfvinge, (20090319), Värmelaster i en byggnad.
39. Theodor Alexandris, (20101015), Bodetablering med solvärmare på taket.