

# Energieffektiva byggbodar

**Mikael Kläth, NCC Building Sverige**

**2017-05-31**

## Förord

Denna rapport är en delad insats med flera bidragande personer. Projektet startades av Fredrik Gränne och Jan-Ulric Sjögren på dåvarande NCC Teknik som såg möjligheter till att förbättra energieffektiviteten på byggarbetsplatserna och ville undersöka vilka tänkbara lösningar som kunde tas fram. Undertecknad vill stort tack riktas till de som hjälpt till i projektet förutom de ovannämnda huvudaktörerna; Caroline Erström, Nina Johansson, Fredrik Myri och Axel Rosander. Tack till det engagemang som visades av företagen Ramirent och Moelven.

Mikael Kläth, 2017-05-31

## Sammanfattning

Detta projekt inleddes 2007 och hade som syfte att finna tekniska lösningar som bidrar till en minskad energianvändning på byggetableringar. I takt med de ökade energikraven på byggnader så riktades fokus även på de tillfälliga arbetsplatserna på byggen. Byggbodarnas uppvärmningssystem och klimatskärm granskades och kontakter togs upp med leverantörer av bodar och värmesystem. Med överslagsmässiga beräkningar kunde det konstateras att mycket energi kunde sparas, i sin tur skulle detta kunna leda till en förbättrad ekonomi, arbetsmiljö och klimatpåverkan.

Luft-luftvärmepumpar, FTX-aggregat, förbättrad isolering och tätning mellan bodarna togs fram som lösningar, installationen skulle behöva kräva liten insats och värmespridningen skulle ge en förbättrad termisk komfort för brukarna.

Mätning av energiförbrukningen efter åtgärder utfördes i flera projekt och jämförelser mot nya energiberäkningar gjordes för projektet Kv. Helix, ett sjukhusbygge. Cirka 47 kWh/m<sup>2</sup>,år eller drygt 73000 kWh/år för projektet var den beräknade energibesparingen, vilket mer än halverar energianvändningen.

## Innehållsförteckning

<b>1.</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>5</b>
1.1.	Syfte och mål	6
1.2.	Avgränsningar	6
1.3.	Genomförande	6
<b>2.</b>	<b>Konceptlösningar</b>	<b>8</b>
2.1.	Luft-luftvärmepump	8
2.2.	FTX aggregat	11
2.3.	Tätning mellan bodar	11
2.4.	Ny torkutrustning	12
2.5.	Närvarostyrd belysning	13
2.6.	Bättre bodar version 2010	13
2.7.	Nattsänkning	13
2.8.	Bättre bodar version 2013	14
2.9.	Spridning av varmluft mellan bodar	14
<b>3.</b>	<b>Mätningar</b>	<b>15</b>
3.1.	Skolbygge i Hagfors	15
3.2.	Flerbostadshus Lillåudd i Västerås.	16
3.3.	Flerbostadshus Beckomberga i Bromma	17
3.4.	Sjukhus Helix i Huddinge	17
<b>4.</b>	<b>Energiberäkningar</b>	<b>20</b>
4.1.	Originalboden	20
4.2.	Helixboden (luft-luftvärmepump samt FTX)	21
4.3.	PIRboden	23
4.4.	Bodetableringen Helix (32st separerade manskapsbodar)	24
4.5.	Bodetableringen Kv. Helix (32st ihopsatta manskapsbodar)	26
4.6.	Kv. Helix 33st ihopsittande kontorsbodar	27
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>29</b>
<b>6.</b>	<b>Rekommendationer för fortsatt arbete</b>	<b>30</b>
	<b>Litteraturförteckning</b>	<b>31</b>

## 1. Bakgrund

Byggbodar byggs i huvudsak på samma sätt som för 20-30 år sedan då krav på förbättrad energistandard inte framställdes förrän de senaste åren. Klimatskärmen i en "standardbod" är endast försett med 10 cm isolering, tvåglasfönster och ventilationen utan värmeåtervinning. Ventilationen är ofta avslagen på grund av ljudproblem. Uppställningarna innebär exponering av hela klimatskalet då det ofta är glipor på ca 5 cm mellan varje bod. Vid etableringar med två våningar finns motsvarande, ännu större, glipor i vertikalled. Uppvärmning sker uteslutande med direktel. En preliminär beräkning visar att el till byggbodar står för ca 35 % av elanvändningen hos NCC Construction Sverige (nuv. Building Sverige). Över en normal konjunkturcykel har NCC ca 2500 byggbodar inhyrda på årsbasis. Arbetsmiljöfrågor som berörs av detta projekt är ljudnivå från ventilation samt möjlighet till viss komfortkyla sommartid. Det senare är en efterfrågad produkt enligt Ramirent.

Detta projekt löpte jämte en förstudie hos FoU Väst om energisparmöjligheter på byggarbetsplatser och information mellan de båda projekten har skett löpande. Det förekommer en del olika beräkningar för hur mycket energi som en byggbod använder. Bodens användningsområde måste beaktas samt om det gäller en uppställning med en eller flera bodar då omslutningsarean varierar i förhållande till den uppvärmda arean. Några tester och i huvudsak beräkningar för olika koncept har utförts av såväl Cramo som Ramirent. Dessa visar på en energianvändning i storleksordningen 6000-8000 kWh/år för en standardbod, vilket motsvarar ca 280 - 380 kWh/m<sup>2</sup>,år. Detta kan jämföras med nybyggnadskraven för bostäder, som var vid projektets start, 110 kWh/m<sup>2</sup>,år. En standardbod omfattar 21 m<sup>2</sup> disponibel area. Byggbodar är undantagna beträffande energikrav i BBR 9:11 " Dessa regler gäller för alla byggnader med undantag för: byggnader eller de delar av byggnader som endast används kortare perioder", enligt ett förtydligande från Boverket (fråga-svar) 2013 så gavs följande förklaring:

*"Om byggnadsmodulerna är att betrakta som lokaler avsedda för verksamhet av tillfällig karaktär, så behöver modulerna inte uppfylla de strängare kraven på energihushållning för elvärmda byggnader enligt 3 kap. 15 § Plan- och byggförordningen (PBF). Men energikraven enligt 3 kap. 14 § PBF ska uppfyllas även om det är en lokal avsedd för verksamhet av tillfällig karaktär. Byggnadsmodulerna ska alltså alltid åtminstone uppfylla energikraven som gäller för lokaler som har annat uppvärmningssätt än elvärme i BBR avsnitt 9:3."*

SRA:s tolkning: "Samma energikrav ställs för moduler som är uppvärmda med direktverkande el, som med vattenburen värme."

Stockholms stad har dock framfört önskemål om uppvärmningsform för byggandet av Norra Djurgårdsstaden och övervägde även riktlinjer för någon form av energimätning under byggprocessen.

### 1.1. Syfte och mål

Syftet med projektet är att bidra med kunskap kring hur byggbodar kan göras mer energieffektiva baserat på verkliga erfarenheter. Målet är att färdigställa ett koncept som halverar energianvändningen i byggbodarna för uppvärmning samt visa detta genom energimätningar på några etableringar för ett driftår (minst två etableringar). Tidiga överslagsmässiga energiberäkningar visar att detta är möjligt, men för att få kopplingen till verkligheten är det nödvändigt med mätningar. Sedan jämförs resultaten mot nya energiberäkningar för att bedöma den potentiella besparingen hos ett åtgärdspaket, se kap. 2 Konceptlösningar.

Ett viktigt moment är uppföljningen för att verifiera uppnådd energibesparing. Energistatistik på år och månadsbasis för byggbodar och etableringar saknas på marknaden. Data från detta projekt kan utgöra en grund för en energieffektiv etablering. Som mervärde erhålls en bättre arbetsmiljö i bodarna. Uppnådda resultat skulle kunna ingå som en viktig komponent för en ”grön byggarbetsplats”.

#### **Energi**

Detta projekt har som målsättning att färdigställa en lösning som halverar energianvändningen i byggbodarna för uppvärmning samt visa detta med energimätningar på några etableringar för ett driftår. Beräkningar och test i begränsad omfattning visar att detta är möjligt. En standardbod, vidare kallat originalbod har ett U-värde för tak 0,34 W/m<sup>2</sup>,K, golv 0,36 W/m<sup>2</sup>,K, ytterväggar 0,41 W/m<sup>2</sup>,K.

#### **Ekonomi**

Utgångspunkten för det koncept som slutligen kommer att föreslås är att normala kriterier för lönsamhet ska beaktas. Energikostnaderna minskas inte i paritet med energibesparingen då en del av nätavgiften är fast. Inledningsvis bedöms dock att 80-90 % av den totala elkostnaden är påverkbar genom energibesparande åtgärder.

#### **Arbetsmiljö**

Några viktiga arbetsmiljöaspekter berörs av de tänkta åtgärderna. Det ordinarie ventilationssystemet består som regel av en PAX-fläkt på bodens kortsidor. Dessa är ofta avstängda pga. buller. En viktig komponent i konceptet är uteluftvärmepumpar och detta innebär även möjlighet till komfortkyla i viss utsträckning sommartid.

### 1.2. Avgränsningar

Projektets syfte är inte att undersöka alla möjliga energieffektiviseringar kring användet och utformningen av en sammansättning av byggbodar mht. standarden vid projektets start, 2007. Det är snarare ett initiativ att hitta enkla modifikationer som är smidiga att installera, minskar energiförbrukningen, låter inte för mycket, och tillfredsställer behoven hos användaren.

### 1.3. Genomförande

Projektet genomförs genom att undersöka vilka tekniska lösningar som finns på marknaden, som uppfyller flera kriterier förutom energieffektivitet. Överslagsmässiga energiberäkningar utförs för att uppskatta om utvalda lösningar kan ge effekt, dessa

implementeras sedan i pågående byggprojekt och följs upp genom mätning av energianvändningen. Sist görs noggranna energiberäkningar för att se om de överensstämmer med verkliga förhållanden.

### **Teknisk lösning**

Den tekniska lösningen bygger i huvudsak på luft-luftvärmepump, FTX system i varje bod, tätning/isolering av horisontella och vertikala springor runt bodarna.

### **Villkor och utmaningar**

Vid transport av bodarna får inga utstående delar finnas på grund av risk för skador på utomhusdelen samt begränsat transportutrymme. Det innebär att en flexibel montageteknik av värmepumparna måste identifieras. Vidare vill man utföra montaget med egen personal och köldmediekretsen får inte brytas mellan inom och utomhusdel då detta kräver behörig personal. Detta är en stor utmaning. I princip är det endast en stickkontakt som ska anslutas för igångkörning av aggregatet. Värmespridning inom bodarna samt ljudnivåer är viktiga aspekter som måste fungera. Hur många bodar som kan betjänas av en värmepump är en annan frågeställning.

### **Energimätning**

Energianvändningen ska mätas under ett helt driftår i minst två etableringar. Flertal projekt deltog och vissa är beskrivna i denna rapport. Beskrivning av dessa etableringar finns i kapitel 3.

## 2. Konceptlösningar

Energianvändning i byggbodas sker främst genom uppvärmning vilket beror på värmeisoleringsförmågan hos klimatskärmen och effektiviteten av installationerna i uppvärmningssystemet. Ytterligare användning av el beror på nyttjandet av bodarna, kontorsbodas har ofta en fast bemanning på arbetstid och att dessa använder datorer och dylikt i sitt dagliga arbete, till skillnad från manskapsbodas som bara utnyttjar belysningen vid ombyte samt mikro/kaffemaskin under raster.

I detta kapitel presenteras olika energieffektiviserande lösningar med fokus på uppvärmningen av bodarna.

### 2.1. Luft-luftvärmepump

Utvecklingen mot en energieffektiv lösning påbörjades av NCC och Ramirent 2007-2008 med luft-luft värmepumpar då detta bedömdes vara en kostnadseffektiv lösning och som dessutom kunde ge viss komfortkyla på sommaren. Tre olika montagealternativ har testats för att klara så många olika uppställningsalternativ som möjligt.

- Dörrmontage på bodens långsida - ett aggregat per 3-4 sammankopplade bodas, se Bild 1.
- Montage ovanför dörr för att kunna nyttja dörren - ett aggregat per 3-4 bodas, se Bild 2.
- Montage på kortsida av bod, ett aggregat per bod, se Bild 3.

Vid transport så är det fördelaktigt att inte ha utstickande delar då dessa kan skadas. En lösning vore att hitta ett system som enkelt monteras och demonteras utan att behöva engagera en kylspecialist, en s.k. plug-in lösning. Vidare är ljudfrågan från aggregatet av stor vikt och spridningen av luften från invändigt av stort intresse.





**Bild 1. Montagealternativ 1 dörrmontage på bods långsida – utsida t.v., insida t.h.**

En lösning som oftast kan tillämpas är att montera hela paketet i den blinddörr som alltid finns i etableringen. Montaget på ut- respektive insidan av dörren visas på Bild 1, en trefasanslutning är allt som behövs. Fördelen är att dörren kan demonteras med aggregaten monterade och att en kylmontör behöver sköta kopplingarna initialt, nackdelen är att den tar plats och passagevägen är svår att utnyttja.



**Bild 2. Montagealternativ 2 ovanför dörr på långsida.**

Ett alternativt eller kompletterande utförande som testades var att montera aggregaten ovanför dörren, se Bild 2. Fördelarna var att dörren kunde utnyttjas som vanligt, kopplingarna är färdiga. Här är både inom och utomhusdelen monterade i ett chassi som lyfts på plats. Nackdelarna var att montaget kräver en lite större insats med lyftkran samt att en del av väggen behöver rivas för montering av aggregatet och återuppbyggas runt infästningarna. För återanvändning av aggregatet så behöver hela boden således flyttas, istället för endast dörren som för montagealternativ 1.

Med montagealternativ 1 & 2 kan man försörja 3-4 bodar från varje ända av etableringen. Försörjningen återstår för de mellanliggande bodar vid etableringar som omfattar mer än ca 10-12 bodar på rad med beaktande av ställda krav.



**Bild 3. Montagealternativ 3 montage på kortsida av bod.**

Montagealternativ 3 testades där ett mindre enhetsaggregat monterades på ett chassi och enkelt kunde dras ut och in och därmed kunde transportsäkras utan utstickande delar, se Bild 3. Dessa aggregat genererade för hög ljudnivå och kunde därför inte användas, därmed så uteslöts denna metod vidare i projektet.

## **2.2. FTX aggregat**

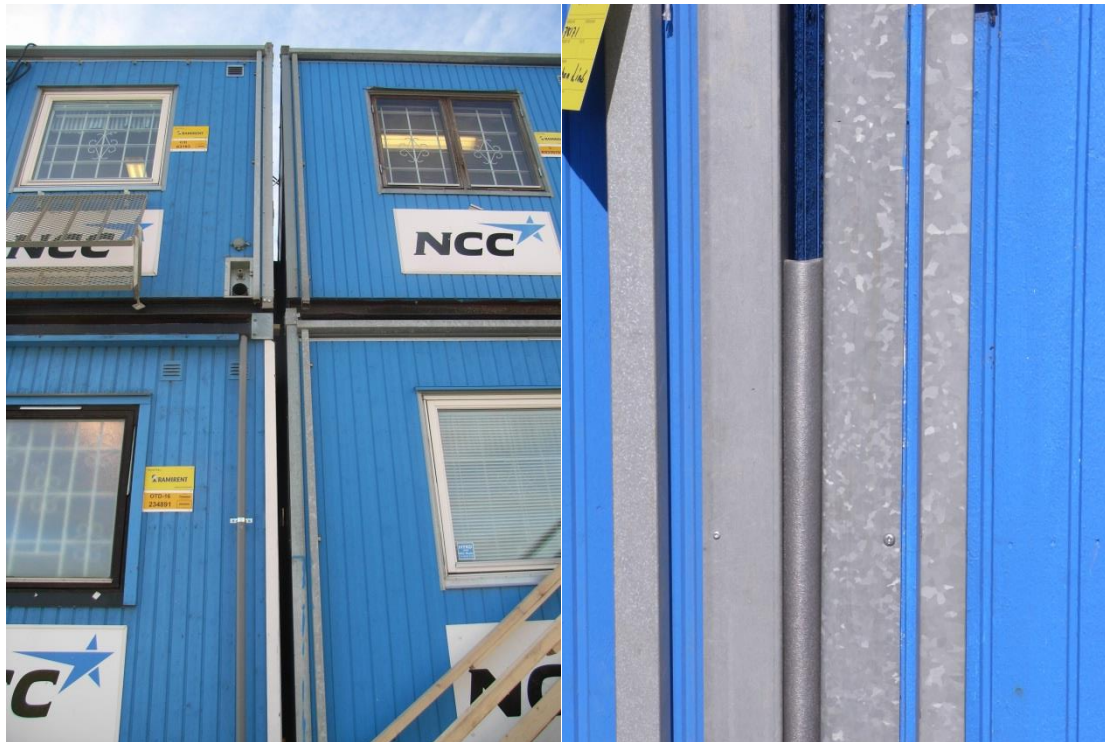
När projektet inleddes var utgångspunkten den då vanliga standardboden (kallad originalboden i denna rapport) som är ventilerad med kall uteluft och utrustad med mekanisk frånluftsventilation av typen Pax 900 K [1] monterat i omklädningsrum, tvätt, dusch, mat- och kontorsrum. De nya bodarna ska vara utrustade med FTX aggregat för möjlighet till värmeåtervinning av frånluften. FTX aggregatet som testas är Mitsubishi Electric VL-100-E [2], vilket är ett litet aggregat som monteras invändigt på bodens kortvägg. Aggregatet kan hantera luftflöden upp till 105m<sup>3</sup>/h och kan nå en 80 procentig återvinningsgrad. Ny lösning med FTX aggregat kompletteras med mekanisk frånluft i WC- och duschtrymmen av samma typ som tidigare har använts i originalboden PAX 900 K med kallrasskydd, modellen har i senare tid utgått från sortiment och ersatts mot PAX Chinook [3].

## **2.3. Tätning mellan bodar**

Vid projektets start så var det vanligt att byggbodarna kopplades samman med ett par centimeters mellanrum från varandra. I de invändiga anslutningarna så sattes en tröskel



och foder utan vidare tätningar, detta innebar en nedkylning pga. infiltrerande uteluft i anslutningsdetaljerna samt att väggarna (och golv/tak vid etableringar med flera plan) hade utomhusklimat mellan sig.



**Bild 4. T.v. visar springan mellan bodarna, t.h. har tätningslisten börjat monterats.**

Tätningåtgärderna som utfördes var att placera tätningslister i ytterkant utvändigt, se Bild 4, för att förhindra luftrörelse mellan ute och luftspalten mellan bodarna, samt montering av en kappa mellan under- och övervåning. En s.k. kjol (ofta en plywoodskiva) monterades även på nederkant av den understa boden som täckte ner till marken.

#### **2.4. Ny torkutrustning**

I standardutförandet så användes vanliga eldrivna torkskåp, diskussioner fördes kring att testa torkskåp som är kopplade till värmepumpar eller avfuktare. I två projekt så byttes de vanliga torkskåpen, se Bild 5, mot Elbjörn avfuktningstorkskåp TS 120 [4]. Mätning av vad denna åtgärd hade för eventuell energibesparing utfördes inte separerat, utan det ingick i mätningen för hela etableringens energianvändning.



Bild 5. T.v. befintliga torkskåp, t.h. nyare typ av torkskåp.

### 2.5. Närvarostyrd belysning

En metod för energibesparing som övervägdes var att installera närvarostyrd belysning vilket skulle kunna ge nytta speciellt i manskapsbodarna, eftersom att de var då ofta tända hela dagen och närvaron var bara några timmar under dagen.

### 2.6. Bättre bodar version 2010

Under hösten 2010 så testades en ny typ av bod som framöver kalls Helixboden, den kördes först i sjukhusprojektet Helix i Huddinge, se avsnitt 3.4. Denna bod konstruerades med 145 mm mineralull i golv och tak samt 95mm mineralull i ytterväggarna. Fördelen med detta utförande är en högre värmeisoleringsförmåga i klimatskärmen vilket innebär mindre energianvändning för uppvärmning. Värmepumpar installeras i denna bodtyp, Mitsubishi VL 100 med en återvinningsgrad kring 73-80% enligt produktbladet.

### 2.7. Nattsänkning

En energieffektiviserande åtgärd vore att sänka innetemperaturen efter kontorstid. Eftersom det är naturligt att utetemperaturen sänks under natten, så innebär det att en stor del av uppvärmningsbehovet ligger utanför tider då personal finns på plats. Denna åtgärd blev förberett i projektet Helix men sattes inte i bruk inför mätningstillfället, därmed så uteblir en utvärdering av denna åtgärd.

### 2.8. Bättre bodar version 2013

Under 2013 togs ett nytt koncept fram, mineralullen i klimatskärmen skulle ersättas med PIR som har bättre värmeisoleringsförmåga. Tjockleken på väggarna kunde då minskas ner igen för att få mer invändig golvyta. Värmepumpen Mitsubishi VL 100 byts ut mot Mo-Vent som har högre verkningsgrad.

### 2.9. Spridning av varmluft mellan bodar

Ett problem som uppmärksammades var att varmluften som värmepumparna skjuter in i de yttersta bodarnas långsidor till korridorerna hade svårt att sprida sig jämt in i de mellersta bodarna, speciellt när korridorsdörrarna till dessa var stängda. En lösning som testades var att placera enkla PAX-fläktar (värmeförflyttare PAX 250) ovanför dörrarna för att föra in varmluften, se Bild 6.



**Bild 6. Värmeförflyttare (PAX-fläkt) mellan korridor och kontorsrum.**

### 3. Mätningar

Under tiden som arbetet med energieffektiviseringen av bodar pågått har Ramirents leverantör av elutrustning, Elbjörn, tagit fram en webbaserad mätutrustning där mätdata skickas trådlöst via GPRS löpande till en hemsida där energianvändningen registreras löpande per timme. Möjligheten för analys och uppföljning förbättrades därmed högst markant och man slipper även momentet med den manuella avläsningen.

#### 3.1. Skolbygge i Hagfors

Etableringen i Hagfors var den första fullskaleetablering där någon form av energisparåtgärder utfördes och där utfallet mätts. Etableringen bestod dels 8 bodar för yrkesarbetarna (manskapsbodarna) och dels en 6+6 bodar för platskontoret i två våningar, se Bild 7.

Etableringen har som enda åtgärd utrustats med tre luft-luftvärmepumpar, en för manskapsbodarna och en för varje kontorsvåning. Värmepumparna monterades i den bländörr som inte används som entré till respektive bodlänga. Bodarna är av standardutförande med 10 cm isolering i väggar, tak och golv och tvåglasfönster. För ventilationen svarar paxfläktar vid varje arbetsplats. Dessa är ofta avstängda på grund av hög ljudnivå i byggbodsvärlden.



Bild 7. Hagfors, kontorsbodarna i förgrunden och manskapsbodarna i bakgrunden.

För att säkerställa att värmen distribuerades till de enskilda kontorsrummen i händelse av att dörrarna är stängda monterades små axialfläktar, se Bild 6.

Mätningarna pågick under perioden dec 2008 – mars 2009 och avläsningar utfördes manuellt av platsorganisationen. Den totala elanvändningen har mätts för dels de 8 bodarna för yrkesarbetarna samt dels de 6 kontorsbodarna i markplanet och dels de 6 bodarna på övervåningen. Vidare har el till varje värmepump mätts separat. De tre värmepumparna var av typen IVT Nordic på 5,5 kW (12FR-N). Avläsningarna sköttes manuellt av platsorganisationen och ambitionen var avläsning på månadsbasis vilket inte alltid fungerade varför redovisning av användningsdata sker på årsbasis. Nedanstående tabell visar den totala elanvändningen för de tre mätningarna.

**Tabell 1. Hagfors, uppmätt energianvändning.**

	Kontor plan 1	Kontor plan 2	Manskapsbodarna	Medelvärde etableringen
<b>kWh/bod, år</b>	4090	4409	6081	<b>4982</b>
<b>kWh/m<sup>2</sup>, år</b>	195	210	290	<b>238</b>

COP har under året varierat mellan 2,4 och 3,7 enligt fabrikantdata. Vid en utomhustemperatur på ca -15° ligger COP på 2,4 och vid utomhustemperatur överstigande ca +10° ligger COP på 3,7. Som underlag för nedanstående tabell finns 15 avläsningsperioder som kompletterats med temperaturdata från SMHI.

**Tabell 2. Hagfors, energidata för de tre värmepumparna under ett år.**

	Kontor plan 1	Kontor plan 2	Manskapsbodarna
	VP 1	VP 2	VP 3
<b>El till VP (mätt)</b>	2619	2802	1759
<b>Brutto värmeleverans</b>	7102	7471	4786
<b>Besparing</b>	4483	4669	3026
<b>COP värme, årsmedel</b>	2,71	2,66	2,72

Det kan konstateras i Tabell 2 att manskapsbodarna använder i storleksordningen 50 % mer energi jämfört med kontorsbodarna. Miljön i manskapsbodarna är lite tuffare vilket resulterat i att luftfiltren sätter igen snabbare vilket troligen inverkar på den lägre värmeproduktionen jämfört med kontoren. Manskapsbodarna innehåller torkutrustning för kläder samt har en större användning av tappvarmvatten. Vidare monterades värmepumparna direkt ovanför varandra i kontorsetableringen och kondensvatten rann direkt på den nedre pumpen och vid minusgrader frös den helt enkelt ihop av all is. Detta åtgärdades med en droppskål efter upptäckt.

### 3.2. Flerbostadshus Lillåudd i Västerås.

Under hösten 2008 försågs 8 kontorsbodarna i två plan med två st. luft-luftvärmepumpar och manuell avläsningsutrustning monterades. Avläsning utfördes av platsorganisationen på månadsbasis. Våren 2009 upphörde avläsningarna då det visade



sig att avläsningsutrustningen försvunnit. I maj 2009 monterades den tidigare omnämnda automatiska avläsningsutrustningen från Elbjörn.

### 3.3. Flerbostadshus Beckomberga i Bromma

Bodarna är uppställda i två plan med 6 kontorsbodar i bottenvåningen och 6 manskapsbodar på övervåningen. En luft-luft värmepump är monterad på varje våning. Bodarna är försedda med FTX ventilation, närvarostyrd belysning och fuktstyrd torkutrustning för kläder. Tätning av springor runt bodarna kom på plats sent hösten 2010. Mätningar påbörjades 11 feb 2010 och slutade registrera användning i jan 2011, dessvärre så försvann mätvärden under den sista perioden så den slutliga sammanställningen går endast till den 18de oktober 2010. Antaganden om hur energianvändningens årsvariation ser ut för perioden där mätdata saknas har gjorts med mätningarna från de andra etableringarna som grund. Mätningen är sammanbakad för de två värmepumparna, vilket gör att kontors- och manskapsbodarna inte kunnat separeras. Tabell 3 visar alltså en delvis prognostiserad energianvändning för att kunna vara jämförbar mot de andra etableringarna under avsnittet Diskussion.

Tabell 3. Beckomberga, uppmätt energianvändning.

	Medelvärde etableringen
kWh/bod, år	6047
kWh/m <sup>2</sup> , år	288

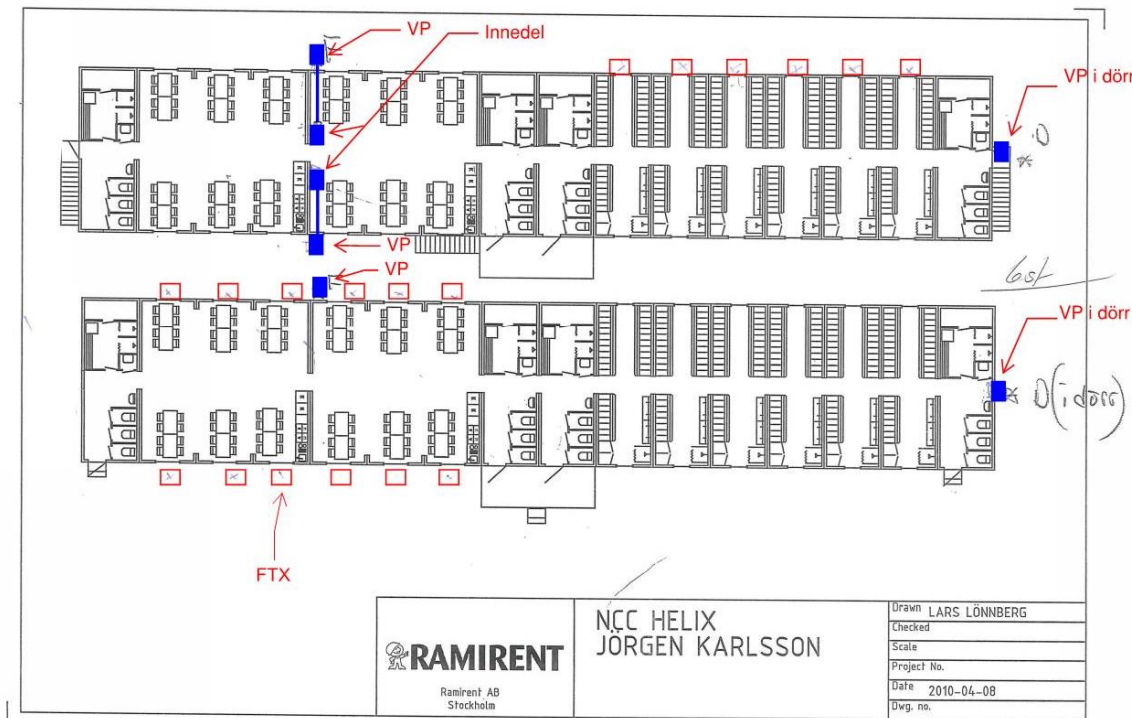
### 3.4. Sjukhus Helix i Huddinge

Projektet blev igångkört hösten 2010 är finns den nya typen av bod med 145 mm isolering i tak och golv varför det vore intressant att ta med. Den nedre etableringen utgörs av 31 kontorsbodar i två våningar (16+15), varav två bodar tillkom i ett senare skede, och i den övre etableringen finns 32 manskapsbodar (16+16), se Bild 8.



Bild 8. Helix, t.v. nedre etablering (kontorsbodarna), t.h. övre etablering (manskapsbodarna).

En planskiss på kontorsbodarna visas i Figur 1. Bodarna har FTX aggregat, närvarostyrning och är förberett för nattsänkning och tidsstyrning av fläktarna. Tätningar finns mellan bodarna men ingen kjol på manskapsboden då blåbärsriset inte fick röras.

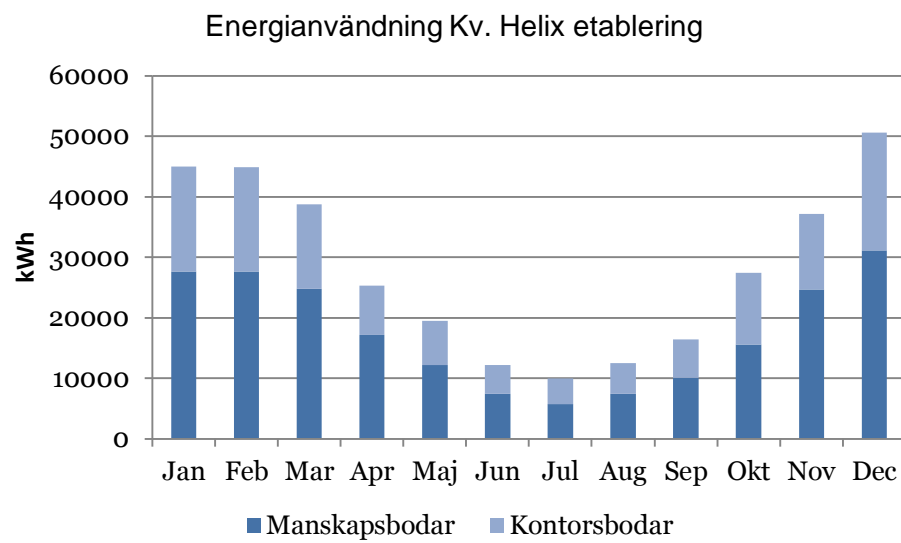


Figur 1. Planskiss Kontorsbodar Kv. Helix

Tabell 4. Helix, uppmätt energianvändning.

	Kontorsbodar	Manskapsbodar	Medelvärde etableringen
kWh/bod, år	3888	6606	5227
kWh/m <sup>2</sup> , år	193	328	260

Den stora differansen i energianvändning mellan bodtyperna beror på olika verksamhetstyper, dvs. olika personalbelastning och luftflöden, se Tabell 4. Energianvändningen mättes månadsvis för de två delarna av etableringen (kontors- och manskapsbodarna), en grafisk redovisning av mätvärden är uppställt i Figur 2.



**Figur 2. Energianvändning Kv. Helix etablering, månadsstapler per bodtyp.**

## 4. Energiberäkningar

Energiberäkningar har utförts för att jämföra en förväntad energianvändning för den ursprungliga utformningen mot olika former av energieffektiviseringar:

- Två olika typer av luft-luftvärmepumpar tillsammans med FTX-aggregat
- Isolering mellan bodarna
- Förbättrat isolervärde i golv/väggar/tak (exkl. fönster & dörrar).

I varje kommande avsnitt så presenteras först beräkningsresultatet följt av indata och antaganden som gjorts. Gemensamt för beräkningarna är att vissa förenklingar görs för att kunna direkt jämföra lösningarna mot varandra (såsom vädring, närvaro, internlast osv). Sist presenteras ett beräkningsfall där de verkliga förutsättningarna använts för ett verkligt fall, jämförelse kommer att göras mot den uppmätta energiåtgången för en period.

### 4.1. Originalboden

I detta avsnitt redovisas resultat från energiberäkningar på originalutförandet av en typisk byggbod. Inga energieffektiviserande åtgärder (byggnadstekniska eller installationstekniska) har simulerats. I beräkningen förutsätts boden användas som kontor.

Tabell 5. Originalboden, indata till energiberäkning.

Indata	Antaget	Källa
<b>A<sub>temp</sub>:</b>	21,73 m <sup>2</sup>	Produktblad
<b>Klimatort:</b>	Stockholm	SVEBY
<b>Min temp:</b>	20 °C	
<b>Equipment/Lights:</b>	15 W/m <sup>2</sup>	Antaget
<b>Antal personer:</b>	2	Antaget
<b>Totalt flöde:</b>	1,3 l/s,m <sup>2</sup> => totalt ca 28 l/s	Antaget
<b>SFP:</b>	2 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Antaget
<b>Återvinningsgrad FTX:</b>	Ingen återvinning, bara direktverkande el i radiatorer	Antaget
<b>Täckningsgrad VP:</b>	Ingen	
<b>COP VP:</b>	3	Antaget
<b>Lufttäthet:</b>	1,0 l/(m <sup>2</sup> A <sub>om</sub> , s)	Antaget
<b>Personer och EQ / Lights är närvarande:</b>	8-17 vardagar (70 % närvaro för personlast)	Kontorstider
<b>Köldbryggor:</b>	20%	Antaget

Tabell 6. Originalboden, beräkningsresultat specifik energianvändning.

	Köpt energi (kWh/år)	Köpt energi (kWh/m <sup>2</sup> ,år)
<b>Energi för</b>		

<b>uppvärmning</b>		
- Simulering IDA ICE	6657	322,4
- Tillägg vädring	83	4,0
<b>Fastighetsenergi</b>		
- Fläktar	177	8,6
<b>Total</b>	6916	334,9
<b>Specifik energianvändning</b>		<b>335 kWh/m<sup>2</sup>,år</b>

Tabell 7. Originalboden, beräkningsresultat genomsnittlig värmekoefficient.

	U-värde (W/m <sup>2</sup> ,K)	Area (m <sup>2</sup> )	UA-värde (W/K)
Väggar	0,27	56	15
Tak	0,28	22	6
Golv	0,28	22	6
Fönster	1,3	3	4
Dörrar	2,5	2	5
Tillägg köldbryggor (20%)			7
<b>Totalt</b>		104	43
<b>Beräknat U<sub>m</sub></b>		0,41 W/m <sup>2</sup> ,K	

#### 4.2. Helixboden (luft-luftvärmepump samt FTX)

I detta avsnitt redovisas resultat från energiberäkningar på bodtypen som togs fram 2010, se avsnitt 2.6. Denna bodtyp har tjockare isolerskikt i tak och golv och är utrustad med en luft-luftvärmepump samt har FTX (värmeåtervinning på från- och tilluft med plattvärmväxlare). I beräkningen förutsätts boden användas som kontor.

Tabell 8. Helixboden, indata till energiberäkning.

Indata	Antaget	Källa
A <sub>temp</sub> :	20,65 m <sup>2</sup>	Produktblad
Klimatort:	Stockholm	SVEBY
Min temp:	20 °C	
Equipment/Lights:	15 W/m <sup>2</sup>	Antaget
Antal personer:	2	Antaget
Totalt flöde:	1,3 l/s,m <sup>2</sup> => totalt ca 28 l/s	Antaget
SFP:	2 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Antaget

<b>Återvinningsgrad FTX:</b>	ca 73-80 %, använder 75 % Plattvärmväxlare (Mitsubishi)	[2]
<b>Täckningsgrad VP:</b>	100 %	Finns ingen kompl. uppvärmning.
<b>COP VP:</b>	3	Antaget
<b>Lufttäthet:</b>	1,0 l/(m <sup>2</sup> A <sub>om</sub> , s)	Antaget
<b>Personer och EQ / Lights är närvarande:</b>	8-17 vardagar (70 % närvaro för personlast)	Kontorstider
<b>Köldbryggor:</b>	20%	Antaget

Tabell 9. Helixboden, beräkningsresultat specifik energianvändning.

	Köpt energi (kWh/år)	Köpt energi (kWh/m <sup>2</sup> ,år)
<b>Energi för uppvärmning</b>		
- Simulering IDA ICE	1699	82,3
- Tillägg vädring	28	1,3
<b>Fastighetsenergi</b>		
- Fläktar	339	16,4
<b>Total</b>	2065	100
<b>Specifik energianvändning 100 kWh/m<sup>2</sup>,år</b>		

Tabell 10. Helixboden, beräkningsresultat genomsnittlig värmekoefficient.

	U-värde (W/m <sup>2</sup> ,K)	Area (m <sup>2</sup> )	UA-värde (W/K)
Väggar	0,27	55	15
Tak	0,28	21	6
Golv	0,28	21	6
Fönster	1,3	3	4
Dörrar	2,5	2	4
Tillägg köldbryggor (20%)			7
<b>Totalt</b>		101	41
<b>Beräknat U<sub>m</sub></b>			0,40 W/m <sup>2</sup> ,K

### 4.3. PIRboden

I detta avsnitt redovisas resultat från energiberäkningar på bodtypen som togs fram 2013, se avsnitt 2.8. Denna bodtyp har bättre värmeisoleringsförmåga för isoleringen, vilket innebär att vägg tjockleken inte behöver inkräkta på golvarean. Boden är utrustad med en luft-luftvärmepump samt har FTX (värmeåtervinning på från- och tilluft med plattvärmeväxlare) Värmeväxlaren har en högre värmeåtervinningsgrad än för Helixboden. I beräkningen förutsätts boden användas som kontor.

Tabell 11. PIRboden, indata till energiberäkning.

Indata	Antaget	Källa
A <sub>temp</sub> :	20,65 m <sup>2</sup>	Produktblad
Klimatort:	Stockholm	SVEBY
Min temp:	20 °C	
Equipment/Lights:	15 W/m <sup>2</sup>	Antaget
Antal personer:	2	Antaget
Totalt flöde:	1,3 l/s,m <sup>2</sup> => totalt ca 27 l/s	Antaget
SFP:	2 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Antaget
Återvinningsgrad FTX:	ca 80 % Plattvärmeväxlare (Mo-Vent)	[5]
Täckningsgrad VP:	100 %	Finns ingen kompl. uppvärmning.
COP VP:	3	Antaget
Lufttäthet:	1,0 l/(m <sup>2</sup> A <sub>om</sub> , s)	Antaget
Personer och EQ / Lights är närvarande:	8-17 vardagar (70 % närvaro för personlast)	Kontorstider
Köldbryggor:	20%	Antaget

Tabell 12. PIRboden, beräkningsresultat specifik energianvändning.

	Köpt energi (kWh/år)	Köpt energi (kWh/m <sup>2</sup> ,år)
<b>Energi för uppvärmning</b>		
- Simulering IDA ICE	1366	66,2
- Tillägg vädring	28	1,3
<b>Fastighetsenergi</b>		
- Fläktar	165	8
<b>Total</b>	1559	75,5
<b>Specifik energianvändning</b>	<b>75 kWh/m<sup>2</sup>,år</b>	

Tabell 13. PIRboden, beräkningsresultat genomsnittlig värmekoefficient.

	U-värde (W/m <sup>2</sup> ,K)	Area (m <sup>2</sup> )	UA-värde (W/K)
Väggar	0,22	55	12
Tak	0,18	21	4
Golv	0,18	21	4
Fönster	1,22	3	4
Dörrar	2	2	4
Tillägg köldbryggor (20%)			5
<b>Totalt</b>		101	32
<b>Beräknat U<sub>m</sub></b>	0,32 W/m <sup>2</sup> ,K		

#### 4.4. Bodetableringen Helix (32st separerade manskapsbodar)

I detta avsnitt redovisas resultaten för energiberäkningen på den del av etableringen på sjukhusbygget Helix som hör till manskapsbodarna. Dessa har försatts med värmepumpar och FTX-aggregat, i nästa avsnitt så visas resultat med samma förutsättningar fast med tätningar mellan bodarna.

Tabell 14. Bodetablering Helix – separerade manskapsbodar, indata till energiberäkning.

Indata	Antaget	Källa
<b>A<sub>temp</sub>:</b>	2x 373,0 = 746 m <sup>2</sup>	Antaget
<b>Klimatort:</b>	Stockholm	SVEBY
<b>Min temp:</b>	20 °C	
<b>Equipment/Lights:</b>	15 W/m <sup>2</sup>	Antaget
<b>Antal personer:</b>	6 i varje bod, totalt 192 personer	Antaget
<b>Totalt flöde:</b>	1,3 l/s,m <sup>2</sup> => totalt ca 28 l/s	Antaget
<b>SFP:</b>	2 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Antaget
<b>Återvinningsgrad FTX:</b>	ca 73-80 %, använder 75 % Plattvärmväxlare (Mitsubishi)	[2]
<b>Täckningsgrad VP:</b>	100 %	Finns ingen kompl. uppvärmning.
<b>COP VP:</b>	3	Antaget
<b>Lufttäthet:</b>	1,0 l/(m <sup>2</sup> A <sub>om</sub> , s)	Antaget
<b>Personer och EQ / Lights är närvarande:</b>	2h om dagen	Ombyte och möte
<b>Köldbryggor:</b>	20%	Antaget



Tabell 15. Bodetablering Helix – separerade manskapsbodar, beräkningsresultat specifik energianvändning.

	Köpt energi (kWh/år)	Köpt energi (kWh/m <sup>2</sup> ,år)
<b>Energi för uppvärmning</b>		
- Simulering IDA ICE	46673	70,6
- Tillägg vädring	881	1,3
<b>Fastighetsenergi</b>		
- Fläktar	5292	8
<b>Total</b>	<b>52846</b>	<b>80</b>
<b>Specifik energianvändning</b>	<b>80 kWh/m<sup>2</sup>,år</b>	

Tabell 16. Bodetablering Helix – separerade manskapsbodar, beräkningsresultat genomsnittlig värmekoefficient.

	U-värde (W/m <sup>2</sup> ,K)	Area (m <sup>2</sup> )	UA-värde (W/K)
Väggar	0,27	1786	482
Tak	0,28	640	93
Golv	0,28	640	179
Fönster	1,3	92	120
Dörrar	2	8	15
Tillägg köldbryggor (20%)			179
<b>Totalt</b>		<b>2857</b>	<b>1068</b>
<b>Beräknat U<sub>m</sub></b>	<b>0,37 W/m<sup>2</sup>,K</b>		

#### 4.5. Bodetableringen Kv. Helix (32st ihopsatta manskapsbodar)

I detta avsnitt redovisas resultaten för energiberäkningen på den del av etableringen på sjukhusbygget Helix som hör till manskapsbodarna. Hänsyn tas till det verkliga utförandet av energieffektiviseringsåtgärderna.

Tabell 17. Bodetablering Helix – ihopsatta manskapsbodar, indata till energiberäkning.

Indata	Antaget	Källa
A <sub>temp</sub> :	2x 373,0 = 746 m <sup>2</sup>	Antaget
Klimatort:	Stockholm	SVEBY
Min temp:	20 °C	
Equipment/Lights:	15 W/m <sup>2</sup>	Antaget
Antal personer:	6 i varje bod, totalt 192 personer	Antaget
Totalt flöde:	1,3 l/s,m <sup>2</sup> => totalt ca 28 l/s	Antaget
SFP:	2 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Antaget
Återvinningsgrad FTX:	ca 73-80 %, använder 75 % Plattvärmeväxlare (Mitsubishi)	[2]
Täckningsgrad VP:	100 %	Finns ingen kompl. uppvärmning.
COP VP:	3	Antaget
Lufttäthet:	1,0 l/(m <sup>2</sup> A <sub>om</sub> , s)	Antaget
Personer och EQ / Lights är närvarande:	2h om dagen	Ombyte och möte
Köldbryggor:	20%	Antaget

Tabell 18. Bodetablering Helix – ihopsatta manskapsbodar, beräkningsresultat specifik energianvändning.

	Köpt energi (kWh/år)	Köpt energi (kWh/m <sup>2</sup> ,år)
<b>Energi för uppvärmning</b>		
- Simulering IDA ICE	18316	24,6
- Tillägg vädring	996	1,3
<b>Fastighetsenergi</b>		
- Fläktar	5291	7,1
<b>Total</b>	<b>24601</b>	<b>33</b>
<b>Specifik energianvändning</b>	<b>33 kWh/m<sup>2</sup>,år</b>	

Tabell 19. Bodetablering Helix – ihopsatta manskapsbodar, beräkningsresultat genomsnittlig värmekoefficient.

	U-värde (W/m <sup>2</sup> ,K)	Area (m <sup>2</sup> )	UA-värde (W/K)
Väggar	0,27	448	121
Tak	0,28	330	93
Golv	0,28	330	93
Fönster	1,3	92	120
Dörrar	2,5	8	15
Tillägg köldbryggor (20%)			88
<b>Totalt</b>		101	529
<b>Beräknat U<sub>m</sub></b>	0,44 W/m <sup>2</sup> ,K		

#### 4.6. Kv. Helix 33st ihopsittande kontorsbodar

Här redovisas lika resultat som för avsnitt 4.5 fast för delen av etableringen med kontorsbodar.

Tabell 20. Bodetablering Helix – ihopsatta kontorsbodar, indata till energiberäkning.

Indata	Antaget	Källa
A <sub>temp</sub> :	396,1+373=769 m <sup>2</sup>	IDA modellen
Klimatort:	Stockholm	SVEBY
Min temp:	20 °C	
Equipment/Lights:	15 W/m <sup>2</sup>	Antaget
Antal personer:	2 per rum, totalt 66 personer	Antaget
Totalt flöde:	1,3 l/s,m <sup>2</sup> => totalt ca 886 l/s	Antaget
SFP:	2 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Antaget
Återvinningsgrad FTX:	ca 73-80 %, använder 75 % Plattvärmväxlare (Mitsubishi)	[2]
Täckningsgrad VP:	100 %	Finns ingen kompl. uppvärmning.
COP VP:	3	Antaget
Lufttäthet:	1,0 l/(m <sup>2</sup> A <sub>om</sub> , s)	Antaget
Personer och EQ / Lights är närvarande:	8-17 vardagar (70 % närvaro för personlast)	Kontorstider
Köldbryggor:	20%	Antaget

Tabell 21. Bodetablering Helix – ihopsatta kontorsbodar, beräkningsresultat specifik energianvändning.

	Köpt energi (kWh/år)	Köpt energi (kWh/m <sup>2</sup> ,år)
<b>Energi för uppvärmning</b>		
- Simulering IDA ICE	17964	23,4
- Tillägg vädring	1025	1,3
<b>Fastighetsenergi</b>		
- Fläktar	5455	7,1
<b>Total</b>	<b>24445</b>	<b>31,8</b>
<b>Specifik energianvändning</b>	<b>32 kWh/m<sup>2</sup>,år</b>	

Tabell 22. Bodetablering Helix – ihopsatta kontorsbodar, beräkningsresultat genomsnittlig värmekoefficient.

	U-värde (W/m <sup>2</sup> ,K)	Area (m <sup>2</sup> )	UA-värde (W/K)
Väggar	0,27	448	121
Tak	0,28	330	93
Golv	0,28	330	93
Fönster	1,3	92	120
Dörrar	2	8	15
Tillägg köldbryggor (20%)			88
<b>Totalt</b>		<b>1209</b>	<b>529</b>
<b>Beräknat U<sub>m</sub></b>	<b>0,44 W/m<sup>2</sup>,K</b>		

## 5. Diskussion

Med goda förutsättningar och viss tillsyn kan varje värmepump spara mycket energi för etableringarna vilket innebär bättre lönsamhet och grönare arbetsplatser. Den uppmätta energianvändningen ligger klart lägre än de ursprungligen antagna men högre än det senare beräknade, se Tabell 23.

**Tabell 23. Sammanställning av energiberäkningar.**

	<b>Originalboden</b>	<b>Helixboden</b>	<b>PIRboden</b>
Atemp	21,73	20,65	20,65
U <sub>p</sub> golv	0,34 W/m <sup>2</sup> ,K	0,28 W/m <sup>2</sup> ,K	0,18 W/m <sup>2</sup> ,K
U <sub>p</sub> tak	0,36 W/m <sup>2</sup> ,K	0,28 W/m <sup>2</sup> ,K	0,18 W/m <sup>2</sup> ,K
U <sub>p</sub> ytterväggar	W/m <sup>2</sup> ,K	W/m <sup>2</sup> ,K	0,22 W/m <sup>2</sup> ,K
Uppvärmningssystem	Elradiatorer	Luft- luftvärmepump & FTX	Luft- luftvärmepump & FTX
Specifik energianv.	335 kWh/m <sup>2</sup> ,år	100 kWh/m <sup>2</sup> ,år	75 kWh/m <sup>2</sup> ,år
Beräknat U <sub>m</sub>	0,41 W/m <sup>2</sup> ,K	0,40 W/m <sup>2</sup> ,K	0,32 W/m <sup>2</sup> ,K

<b>Energieffektiviseringtgärder i Kv. Helix</b>			
	Manskapsbod	Kontorsbod	Hela etableringen
1. Värmepump & FTX	80 kWh/m <sup>2</sup> ,år (52856 kWh/år)	100 kWh/m <sup>2</sup> ,år (69300 kWh/år)	92 kWh/m <sup>2</sup> ,år (122156 kWh/år)
2. 1 + tätning mellan bodar	33 kWh/m <sup>2</sup> ,år (24601 kWh/år)	32 kWh/m <sup>2</sup> ,år (24445 kWh/år)	32,5 kWh/m <sup>2</sup> ,år (49046 kWh/år)

Installation av värmepumpar, FTX-aggregat och tjockare isolerskikt visar en energieffektivisering om 235 kWh/m<sup>2</sup>,år för en kontorsbod. I fallet för etableringen på Kv. Helix så skulle detta innebära en energibesparing om cirka 304500 kWh/år vid antagande att lika samband gäller mellan skillnaderna på manskaps- och kontorsbod för Helix och Originalboden.

Tätningar mellan bodarna gav ett beräkningsresultat som mer än halverade uppvärmningsbehovet för en manskapsbod, innebärande en energibesparing om 47 kWh/m<sup>2</sup>,år eller drygt 73000 kWh/år för projektet.

En jämförelse mellan beräkningarna och uppmätta värden i Helixetableringen visar på att manskapsbodarna drar mer energi än vad kontorsbodarna gör, se Tabell 4, dock i beräkningarna så har de ungefär samma energibehov. Energianvändningen i det beräknade fallet är mindre än hälften så stor, detta kan bero på att i mätningen ingår även vanlig kontorsel till datorer, belysning etc. som inte mättes separat varför detta påslag gör jämförelsen svårare.

## 6. Rekommendationer för fortsatt arbete

Eftersom att detta arbete har pågått så pass länge så ligger ett mycket högre fokus på energieffektivitet nu jämfört med vid projektets start. System för mätning och uppföljning av energianvändning har markant förbättrats och det vore intressant se att nuläget status för etableringarna. Vad är nästa steg i utvecklingen av bodarnas klimatskal, uppvärmningssystem och ventilationssystem? Kan det förutom minskad energianvändning bidra till ytterligare förbättrad komfort/arbetsmiljö. Kan man hitta bättre sätt att täta mellan bodar och underlätta när etableringarna ändrar storlek över tid? En branschgemensam kartläggning skulle kunna ge resultat om best practice och bidra till att ge grönare byggarbetsplatser i en större skala.

## Litteraturförteckning

- [1] P. 900. [Online]. Available: <http://www.pax.se/sv/produktkategori/flakt-900>.
- [2] Mitsubishi, 2008. [Online]. Available: <https://mitsubishivillavarme.se/varmepump/miniventilation-vl100/>.
- [3] P. Chinook. [Online]. Available: <http://www.pax.se/sv/produkt/chinook/pax-flaekt-chinook>.
- [4] E. Avfuktningstorkskåp. [Online]. Available: [http://www.elbjorn.com/sv/produkter/klimat/torkrumsprodukter/torksk%c3%a5p/e9200001\\_torksk%c3%a5p](http://www.elbjorn.com/sv/produkter/klimat/torkrumsprodukter/torksk%c3%a5p/e9200001_torksk%c3%a5p).
- [5] Movent, 2010. [Online]. Available: <http://www.movent.se/>.