

Passivhus - Vikten av lufttätthet och attityder hos boende

Passive houses - Significance of air-tightness and attitudes of occupants

Växjö, 2010-05-28

15 HP

Examensarbete

Handledare: Torbjörn Allander, PEAB

Handledare: Anders Olsson, Linnéuniversitetet, Institutionen för teknik

Examinator: Bertil Bremer, Linnéuniversitetet, Institutionen för teknik

Examensarbete nr: TEK 036/2010

Linus Greén och Oscar Stensson-Bohman

Organisation/ Organization Linnéuniversitetet Institutionen för teknik Linnaeus University School of Engineering		Författare/Author(s) Linus Greén och Oscar Stensson-Bohman	
Dokumenttyp/Type of Document Examensarbete/Diploma Work	Handledare/tutor Anders Olsson	Examinator/examiner Bertil Bredmar	
Titel och undertitel/Title and subtitle Passivhus - Vikten av lufttätthet och attityder hos boende/ Passive houses - Significance of air-tightness and attitudes of occupants			
Sammanfattning (på svenska) Passivhus syftar till att minimera behovet av tillförd effekt och energi. Uppvärmningen sker bland annat av solinstrålning, människor, hushållsapparater och lampor som finns i hushållet. Passivhusen behöver därav vara extremt täta och välisolerade. För att ta reda på hur tekniken upplevs av dem som bor i passivhus, genomfördes en enkätstudie om boendes upplevelser på tre olika passivhusprojekt, i Värnamo, Växjö och Falkenberg. Undersökningen visade att totalt är över 70 % nöjda eller mycket nöjda med sina bostäder. Täthet i passivhus har en viktig inverkan på husets funktion, tätheten påverkar även både ljudkomforten och inomhusmiljön. Energiförbrukning påverkas även den av lufttättheten. Enligt ett beräkningsexempel finns för en villa med hög lufttätthet, tusenlappar att spara varje år. Syftet med examensarbetet var dels att undersöka boendes upplevelser av passivhus och dels att studera hur tätheten påverkar husens funktion och energianvändning.			
Nyckelord passivhus, täthet, energieffektivitet, energiförbrukning, provtryckning, Portvakten, Oxtorget, Hertings gård, enkätundersökning,			
Abstract (in English) Passive Houses aims at minimizing the need for input power and energy. Heating is provided by, humans, domestic appliances and light from light-bulbs. Passive houses need to be extremely tight and well insulated. To find out how technology is perceived by people who live in passive houses, a survey was conducted on residents' experiences of three different passive house projects in Värnamo, Växjö and Falkenberg. The investigation showed that more than 70 % were satisfied or very satisfied with their residents. Tightness in the passive house has a major impact on the function. The density also affects both sound comfort and indoor environment. Energy consumption is also affected by tightness. According to a calculation example, there is hundreds of dollars each year to save on high tightness for a house. The purpose of this study was to explore residents' perceptions of passive house, and study how density affects the houses function and energy consumption.			
Key Words Passive house, air-tightness, Energy Efficiency, pressure testing, Portvakten, Oxtorget, Hertings gård			
Utgivningsår/Year of issue 2010	Språk/Language Svenska/Swedish	Antal sidor/Number of pages 70 + (appendix)	
Internet/WWW	http://www.lnu.se		

Sammanfattning

Under de senaste 20 åren har jordens medeltemperatur stigit med nästan en halv grad Celsius. Energi och miljöfrågor är därför ständigt aktuella debattämnen. Byggbranschen står för ca 40 % av Sveriges energianvändning, vilket är mer än både industri- och transportsektorn. Därför är lågenergihus ett aktuellt ämne och EU har lagt fram ett lagförslag där samtliga nybyggnationer av lokaler från år 2018 och samtliga övriga byggnader från och med år 2020 ska vara så kallade nollenergihus. En bit på väg mot nollenergihus är passivhus.

Passivhus syftar till att minimera behovet av tillförd effekt och energi. Uppvärmningen sker bland annat av solinstrålning, människor, hushållsapparater och lampor som finns i hushållet. Passivhusen behöver därav vara extremt täta och välisolerade. På så sätt behöver endast en liten del extra energi tillföras för uppvärmningssyfte. Passivhustekniken kommer ursprungligen från Tyskland och det första passivhuset i Sverige byggdes år 2001.

För att ta reda på hur tekniken upplevs av dem som bor i passivhus, genomfördes en enkätstudie om boendes upplevelser på tre olika passivhusprojekt, i Värnamo, Växjö och Falkenberg. Undersökningen berör flera olika områden, bland annat allmänna frågor om de boende i hushållen. Energi, inneklimat och ljud är andra kategorier som berörs i enkäten.

Enligt undersökningen är det cirka 45 % som har valt att flytta till sina lägenheter delvis på grund av att det är ett passivhus. För undersökta objekt inrymdes över 40 % av dem som svarade på enkäten i ålderskategorin (60 < år). Totalt är över 70 % av dem som besvarade enkäten nöjda eller mycket nöjda med sina bostäder.

Det är inte bara tätheten som är viktig i en byggnad utan ett flertal faktorer påverkar både energiförbrukningen och inomhusmiljön. I den här rapporten är det dock särskilt tätheten som har studerats. Idag finns inga tvingande krav på täthet enligt Boverkets byggregler. Kraven ställs därför oftast av beställaren och i kravspecifikationen för passivhus. Tätheten är viktig för både ljudkomfort och god inomhusmiljö. Ett beräkningsexempel har genomförts för att visa hur mycket luftläckage påverkar energiförbrukningen. För en vanlig villa finns tusenlappar att spara varje år på hög lufttäthet.

I ett hus finns många känsliga punkter där luftläckage ofta uppstår, några exempel är runt fönster, skarvar mellan plastfolien, vägg-vägg, vägg-tak och genomföringar. Byggföretagen arbetar idag mycket för att förbättra tätheten i alla nyproducerade projekt. Idag genomförs täthetsprovningar på samtliga passivhus och även på en del vanliga projekt. I rapporten finns en jämförelse av provtryckningsresultat från nio stycken passivhus.

Syftet med examensarbetet har varit dels att undersöka boendes upplevelser av passivhus och dels att studera hur tätskikten påverkar husens funktion och energianvändning.

Summary

Over the past 20 years, global temperature has risen by nearly half a degree Celsius. Energy and environmental issues is therefore always current debate topics. The construction industry is responsible for about 40 % of the energy consumption in Sweden, which is higher than for both the industry and transport sectors. That is why low-energy buildings are a current topic and the EU has tabled a bill in which all new buildings to the premises from the year 2018 and all other buildings from the year 2020 must be so called zero-energy buildings. Passive houses are close to zero-energy buildings.

The idea about passive houses is to minimize the need for input power and energy. The heat supply origins from solar radiation, people, household appliances and lights that are in the household. Passive houses need therefore to be extremely tight and well insulated. This way, only a small proportion of energy must be purchased solely for heating. Passive house technology is originally from Germany, and the first passive house in Sweden was built in 2001.

To find out how the new technology is perceived by people who live in passive houses, a survey was conducted on residents' experiences of three different passive house projects in Värnamo, Växjö and Falkenberg. The survey covers several areas, including general questions about the residents in the households. Energy, indoor climate, acoustics and other subjects are also included in the survey.

According to the survey, about 45 % of the people that have chosen to move to their house do it in part because it is a passive house. According to the survey were over 40% of the residents who answered in that age category (60 < år). Total is over 70 % satisfied or very satisfied with their residence.

It's not only tightness that is important in a building considering energy consumption and indoor environment. In this report, however, tightness is examined particularly. Today there are no requirements about tightness in BBR. The requirements are therefore usually made by the purchaser and the specifications are often taken from the specification for passive houses. Density is important for both sound and good indoor comfort. A calculation example has been made to show the influence of air leakage on the energy consumption. For an ordinary house there is hundreds of dollars each year to save.

In one house there are many vulnerable points where air leaks often occur. Some examples are: around windows, joints between plastic foil, wall-wall, ceiling and wall penetrations. Construction businesses work a lot today to improve penetration in all new projects. Today is also conducted density tests on all passive houses and on some common projects. This report comprises a comparison of the pressure test results on nine passive houses.

The purpose of this study was to explore residents' perceptions of passive houses, and study how density affects the houses function and energy consumption.

Abstract

Passivhus syftar till att minimera behovet av tillförd effekt och energi. Uppvärmningen sker bland annat av solinstrålning, människor, hushållsapparater och lampor som finns i hushållet. Passivhusen behöver därav vara extremt täta och välisolerade. Passivhustekniken kommer ursprungligen från Tyskland.

För att ta reda på hur tekniken upplevs av dem som bor i passivhus, genomfördes en enkätstudie om boendes upplevelser på tre olika passivhusprojekt, i Värnamo, Växjö och Falkenberg. Undersökningen visade att totalt är över 70 % nöjda eller mycket nöjda med sina bostäder.

Täthet i passivhus har en viktig inverkan på husets funktion, tätheten påverkar även både ljudkomforten och inomhusmiljön. Energiförbrukning påverkas även den av lufttätheten. Enligt ett beräkningsexempel finns för en villa, tusenlappar att spara varje år på hög lufttäthet.

Syftet med examensarbetet var dels att undersöka boendes upplevelser av passivhus och dels att studera hur tätheten påverkar husens funktion och energianvändning.

Nyckelord: passivhus, täthet, energieffektivisering, provtryckning, Portvakten, Oxtorget, Hertings gård, enkätundersökning,

Förord

Examensarbetet är ett avslutningsarbete för högskoleingenjörsutbildningen i byggteknik på Linnéuniversitetet i Växjö. Kursen omfattar 15 högskolepoäng.

Vi fick möjligheten att tillsammans med PEAB skriva detta examensarbete. Att skriva om passivhus var för oss inspirerande eftersom det är ett aktuellt ämne.

Under arbetets gång har vi haft stöd från flera personer både från PEAB och från universitetet. De som förtjänar ett extra tack är:

- Torbjörn Allander, handledare PEAB
- Beate Hedén, vice handledare PEAB
- Anders Olsson, handledare Linnéuniversitetet
- Jan Novak, Linnéuniversitetet

Ovanstående personer har hjälpt oss med att skaffa material, möjliggöra studiebesök och korrekturläsa rapporten.

Vi vill även tacka alla som deltog i enkätundersökningen i Falkenberg, Värnamo och Växjö. Samt fastighetsbolagen Hyresbostäder i Växjö AB, FABO, Egnahemsbolaget, Gislavedshus, KBAB och Älvstranden utveckling som har tillhandahållit provtryckningsresultat.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och mål.....	5
1.3 Metod och material	6
1.4 Avgränsningar	7
2. Passivhus och energianvändning	8
2.1 Historik	8
2.2 Passivhustekniken.....	10
2.3 Dagens normer	13
2.4 Kravspecifikation för passivhus i Sverige.....	15
2.5 Framtidens krav från EU, nollenergihus	16
3. Objekt för enkätstudie	17
3.1 Kv. Portvakten söder, Växjö	17
3.2 Kv. Oxtorget, Värnamo	20
3.3 Kv. Hertings gård, Falkenberg	24
4. Boendes upplevelser och attityder	28
4.1 Insamling av information	28
4.1.2 Undersökningen	28
4.2 Sammanställning av kv. Portvakten Växjö.....	29
4.3 Sammanställning av Hertings gård, Falkenberg.....	34
4.4 Sammanställning av Oxtorget Värnamo.....	39
5. Täthet	44
5.1 Vikten av täthet i byggnad.....	44
5.1.1 Exempel 1	45
5.2 Skador/problem vid bristande täthet.....	48
5.2.1 Svaga punkter.....	49
5.3 Hur arbetar företag i produktionen för god täthet	51
5.4 Genomförande av täthetsprovningar	53

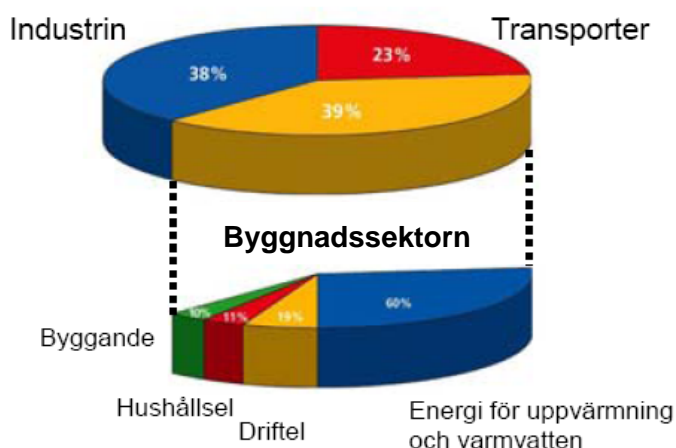
5.5 Jämförelse av utvalda projekts provtryckningsresultat.....	56
5.5.1 Lindås	56
5.5.2 Oxtorget, Värnamo	56
5.5.3 Kv. Seglet, Karlstad.....	57
5.5.4 Hertings gård, Falkenberg.....	57
5.5.5 Hamnhuset, Göteborg.....	58
5.5.6 Portvakten, Växjö.....	58
5.5.7 Caféquarteret, Smålandsstenar	59
6. Diskussion/Slutsats.....	61
6.1 Boendes attityder.....	61
6.2 Vikten av täthet.....	64
6.3 Slutsats.....	65
7. Referenser	66
7.1 Litteratur	66
7.2 Elektroniska källor.....	66
7.3 Personlig kommunikation	68
Appendix.....	69

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Under de senaste 20 åren har jordens medeltemperatur stigit med nästan en halv grad Celsius. Utsikterna för det kommande decenniet pekar på att medeltemperaturen kommer att fortsätta stiga. För gemene man kanske inte ökningen av temperaturen framstår som farlig. Som en jämförelse kan nämnas att temperaturskillnaden för medeltemperaturen mellan senaste istiden och idag är 5-10 grader Celsius, vilket påvisar hur stor påverkan ett fåtal grader har. En minskad energiförbrukning skulle hjälpa till att förbättra klimatet.

Byggsektorn står idag för 39 % av den totala energiförbrukningen i Sverige, vilket kan jämföras med industrin (38 %) och transportsektorn (23 %). Av byggsektorns 39 % går 60 % av energin till uppvärmning och varmvatten, 19 % till driftel, 11 % till hushållsel och 10 % till byggnation¹. (se fig. 1.1)

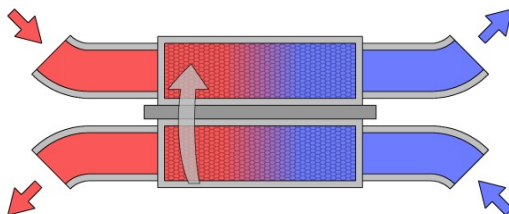


Figur 1.1 Energiförbrukningen i Sverige. Från *Energianvändning i byggnader* av C. Warfvinge, (2009-12-15)

Energiförluster i byggnader beror främst på transmission, ventilation och varmvattenförbrukning. Med transmissionsförluster menas energiförluster som sker genom byggnadens väggar, tak, golv, fönster och dörrar.

¹ Catarina Warfvinge, "Energianvändning i byggnader" Muntl. Växjö universitet (2009-12-15)

Med ventilationsförluster menas den energi som förloras genom ventilationssystemet. Ventilationsförlusterna kan reduceras med 60-80 % tack vare nya moderna ventilationssystem med värmeväxlare. Värmeväxlaren utnyttjar den varma smutsiga luften till att värma upp frisk kall luft utan att luften blandas, som figur 1.2 visar.

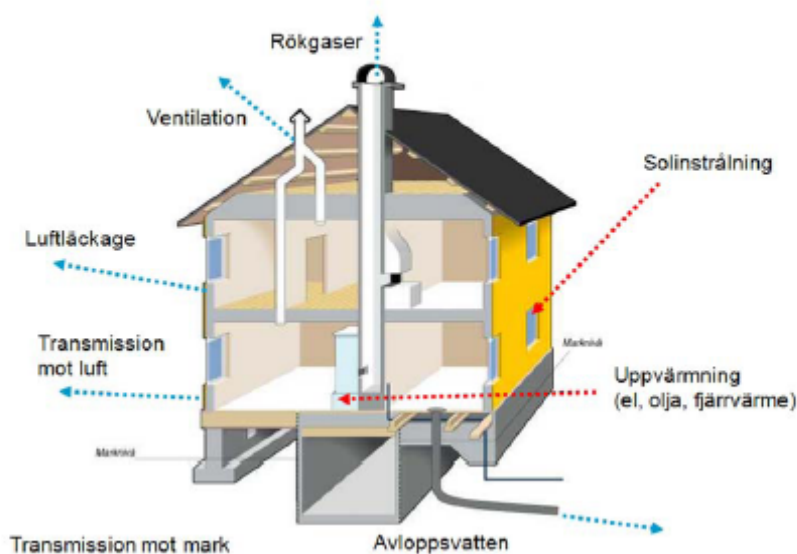


Figur 1.2 Växelflödes värmeväxlare.

http://sv.wikipedia.org/wiki/Fil:V%C3%A4xelfl%C3%B6des_v%C3%A4rmev%C3%A4xlare_figur.jpg (2010-05-03)

Transmissionsförluster av värme i byggnader sker via strålning (20 %), ledning (30 %) och konvektion (50 %)². I en villa går värmeförlusterna ut genom tak (15 %), väggar (15 %), grund (10 %), fönster och dörrar (20 %), ventilation (25 %) och vatten & avlopp (15 %)³. (se figur 1.3)

Byggnadens energiflöde



Figur 1.3 Energiförluster i en villa. Från *Elenergi*, Eva Karlsson,

http://www.regionballand.se/dynamaster/file_archive/100209/dbde9909f97c80585c5150a923603551/Elenergi_Eva%20Karlsson.pdf (2010-04-29)

² Stefan Nilsson, (2010). *Värmeförluster i ett hus*
<http://www.varmahus.se/energiskola/varmeoverforing.php> (2010-04-16)

³ Stefan Nilsson, (2010). *Var läcker värmen ut?*
<http://www.varmahus.se/varmebehov/varmefoerlust.php> (2010-04-16)

Föregående siffror visar att det finns en stor besparingspotential i att begränsa energianvändningen i våra byggnader. Sverige har ambitionen att minska energianvändningen med minst 20 % fram till år 2020 och med 50 % till år 2050⁴. EU-kommissionen är på väg att anta ett förslag som innebär att all nybyggnation av offentliga lokaler från och med år 2018 och samtliga byggnader från år 2020 ska vara så kallade nollenergihus⁵. Husen skall alltså ha en nettoförbrukning av 0 kWh/m² jämfört med dagens krav på 110 kWh/m² för södra Sverige. 110kWh/m² gäller för ej eluppvärmda byggnader. För eluppvärmda bostäder gäller max 55kWh/m² + krav på max 4,5 kW installerad eleffekt. För att klara dessa krav kommer det att krävas kraftfulla åtgärder⁶.

Att bygga energisnålt har branschen redan kunskaper om. Passivhus byggs till exempel redan på ett flertal platser i landet och andelen hus av den här typen ökar hela tiden. Med hänsyn till detta är brukarnas vanor och förhållningsätt till sina bostäder viktiga. Enkätstudien avser att ta reda på de boendes erfarenheter av passivhus och om/hur deras vanor har förändrats sedan de flyttat till passivhus. Olika upplevda för- och nackdelar med passivhus kartläggs även.

Passivhus är en bra bit på väg mot de nollenergihus som EU har som målsättning för år 2020. Passivhus har ökat de senaste åren⁷ och tekniken används idag allt längre norrut. Principen för passivhus är att de ska vara extremt välisolerade och väldigt täta. Kraven på täthet i passivhus är nämligen extremt höga, 0,3 l/s m² vid +/- 50Pa (FEBY kravspecifikation för passivhus, version 2009). Det går dock att bygga ännu tätare hus än så. I mars 2010 slogs ett nytt täthetsrekord på en villa utanför Borlänge, byggd av Emrahus AB. Provtryckningarna visade upp ett imponerande resultat på 0,038 l/s m².

⁴ Passivhuscentrum, *Miljömål 2050* http://www.passivhuscentrum.se/mer_om_passivhus.html (2010-04-16)

⁵ Hans Dahlquist, (2010). *Byggbolag väntar tuffa krav från EU* http://www.byggvarlden.se/nyheter/energi_miljo/article132433.ece (2010-04-16)

⁶ *Boverkets byggregler 2010, kap 9.*

⁷ Passivhuscentrum, *Marknaden för passivhus* <http://www.passivhuscentrum.se/marknaden.html?&L=akimtbgdvzadk> (2010-04-18)

Tätskikt i byggnader är placerat på insidan av väggkonstruktionen, och har som uppgift att hindra den varma och fuktiga inneluften från att spridas ut genom väggar och tak. På så sätt förhindras kondensation och utfall av vatten i väggar och tak, vilket annars kan ge upphov till fuktskador. Tätskiktet förhindrar även kall luft utifrån att passera genom byggnadens klimatskal, vilket annars kan ge upphov till ökade energikostnader och drag inomhus⁸.

Vid ett studiebesök i Smålandstenar där PEAB bygger ett passivhus åt Gislavedhus AB, sa platschef Johan Lindahl: - "Tätskiktet är förmodligen den viktigaste delen i byggnaden, till och med viktigare än isoleringstjockleken". Konstruktörerna hade minskat isoleringstjockleken för att istället höja tätheten och arbeta med att minimera köldbryggorna i väggen.

⁸ Träguiden, *Fuktskydd -tak* <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=2779>
(2010-05-05)

1.2 Syfte och mål

Syftet med arbetet är dels att undersöka boendes upplevelser av passivhus och dels att studera hur tätskikten påverkar husens funktion och energianvändning.

Målet med vårt examensarbete är att:

- få kunskap om de boendes upplevelser av dagens passivhus.
- göra jämförelser med 2009 års arbete ⁹.
- undersöka vikten av täthet i passivhus.
- jämföra provtryckta objekts krav, byggår och täthetsresultat.
- av enkätens resultat och provtryckningar dra slutsatser/återkopplingar till tätheten.

⁹ Thomas Lüddeckens och, Marcus Samuelsson, *Passivhus ur en brukares perspektiv* (2009)

1.3 Metod och material

En enkätstudie om boendes upplevelser av passivhus har genomförts på projekt i Växjö, Värnamo och Falkenberg. Studien omfattar totalt 139 bostäder och berör huvudsakligen energi, inneklimat och ljudkomfort. Fullständig enkät och sammanställning av resultaten finns i Appendix A.

Tillsammans med PEAB besöktes ett projekt i Smålandsstenar där ett passivhus byggs åt Gislavedshus AB. Syftet med besöket var att få kunskap om hur det går till i produktionen, studera lösningar angående täthet runt håltagningar samt ställa frågor till arbetsledningen. Övriga studiebesök gjordes i Värnamo, Växjö och Falkenberg.

Nio stycken passivhusprojekt har studerats med avseende på provtryckningsresultat. Provtryckningsresultaten analyserades för att se om det fanns trender till att det har gått mot ett bättre och tätare byggande under den senaste tioårsperioden. Täthetsprovtryckningarna har gjorts under och i slutet av byggskedet.

1.4 Avgränsningar

Studien om boendes upplevelser och attityder avgränsas till nyproducerade passivhus (inflyttade 2009-) belägna i södra Sverige samt en uppdatering av tidigare undersökningar på kvarteret Oxtorget i Värnamo. Enkäten var anpassad för de boendes tankar och upplevelser av passivhus.

Den byggtekniska delen av vår undersökning begränsas till tätheten i klimatskalet på passivhus, och hur det påverkar byggnadens funktion och energianvändning. Provtryckningsresultaten uppmättes under produktionen och är begränsade till nio objekt.

2. Passivhus och energianvändning

2.1 Historik

På 1970-talet hade en tysk byggnadsfysiker vid namn Wolfgang Feist utvecklat en ny teknik för husbyggnation. Tekniken byggde på mer energisnåla hus där mycket isolering i kombination med god täthet skulle ge möjlighet att undvara konventionella kyl- och värmesystem. 1991 byggde Feist det första passivhuset i Darmstadt i Tyskland. Detta blev en banbrytande händelse som bidrog till att övriga världen fick upp ögonen för tekniken. Tekniken spreds framförallt inrikes och i Centraleuropa. År 2001 stod det första svenska passivhuset klart i Lindås utanför Göteborg¹⁰.



Figur 2.1: Världens första passivhus, Darmstadt Tyskland.
www.passivhaustagung.de/Kran/Passivhaus_Kranichstein.htm (2010-04-08)

¹⁰ Felicia Myrstrand Jonsén, Jacqueline Solberg och Pia Pettersson. *Passivhus-Framtidens boende? Den svenska utbredningen av och förklaringar till det ökade intresset för passivhus.* (2009)

Arkitekten Hans Eek var den som etablerade passivhustekniken i Sverige. På 1970-talet fick Hans Eeks arkitektfirma en förfrågan angående ett ekologiskt och miljövänligt hus. Projektet resulterade i ett inte helt lyckat hus, vilket var utrustat med både solfångare och många andra tekniska detaljer. Då projektet var före sin tid, blev följderna att huset var tvunget att byggas om ett flertal gånger innan det fungerade som planerat¹¹.

Eek fortsatte dock att utveckla tekniken både med samarbetspartners från Sverige och utomlands. Det var också Hans Eek som var arkitekt för passivhusprojektet i Lindås utanför Göteborg. Hans Eek arbetar fortfarande med att sprida kunskap om passivhustekniken genom hemsidan passivhuscentrum¹².

Idag finns ca 1100 passivhuslägenheter i Sverige. Detta är mer än en dubbling mot årsskiftet 2008/2009. Ser man på prognosen för kommande årsskifte, 2010/2011, kommer det att finnas ca 2000 lägenheter med passivhusstandard. Om trenden håller i sig kommer det att finnas ca 4000 lägenheter årsskiftet 2011/2012. Till dessa siffror tillkommer även ett antal villor samt ett par kommunala byggnader. Passivhustekniken används dessutom idag längre och längre norr ut. Idag finns det nordligaste passivhuset utanför Östersund¹³. I och med att energikraven på dagens byggnader blir allt högre, samt att flera entreprenörer redan nyttjat tekniken kommer utvecklingen troligen att gå snabbt framåt¹⁴.

¹¹ Felicia Myrstrand Jonsén, Jacqueline Solberg och Pia Pettersson. *Passivhus-Framtidens boende? Den svenska utbredningen av och förklaringar till det ökade intresset för passivhus*. (2009)

¹² Passivhuscentrum, http://www.passivhuscentrum.se/vilka_vi_ar.html (2010-03-29)

¹³ Passivhuscentrum, <http://www.passivhuscentrum.se> (2010-05-20)

¹⁴ Passivhuscentrum, <http://www.passivhuscentrum.se/marknaden.html?&L=akimtbgdvzadk> (2010-03-30)

2.2 Passivhustekniken

Ett passivhus är en byggnad där bland annat solvärme, människor, hushållsapparater och lampor som finns i hushållet står för den största delen av uppvärmningen¹⁵. Således är traditionella radiatorsystem och andra former av aktiv uppvärmning ej nödvändigt.

Avgörande för passivhus är att få ett så lufttätt hus som möjligt. För att uppnå en bra täthet bör ångspärren punkteras så få gånger som möjligt. Varje hål som görs måste tätas väl. När huset är färdigtätat görs en provtryckning för att kontrollera att luftläckaget inte är för stort. Ger provtryckningen ett bra resultat innebär det att huset kan behålla värme bättre, vilket leder till ett minskat uppvärmningsbehov. Ett passivhus kan ha upp till 75 % lägre uppvärmningsbehov jämfört med ett traditionellt nybyggt hus. Jämfört med ett äldre hus kan skillnaden vara så mycket som 90 %¹⁶.

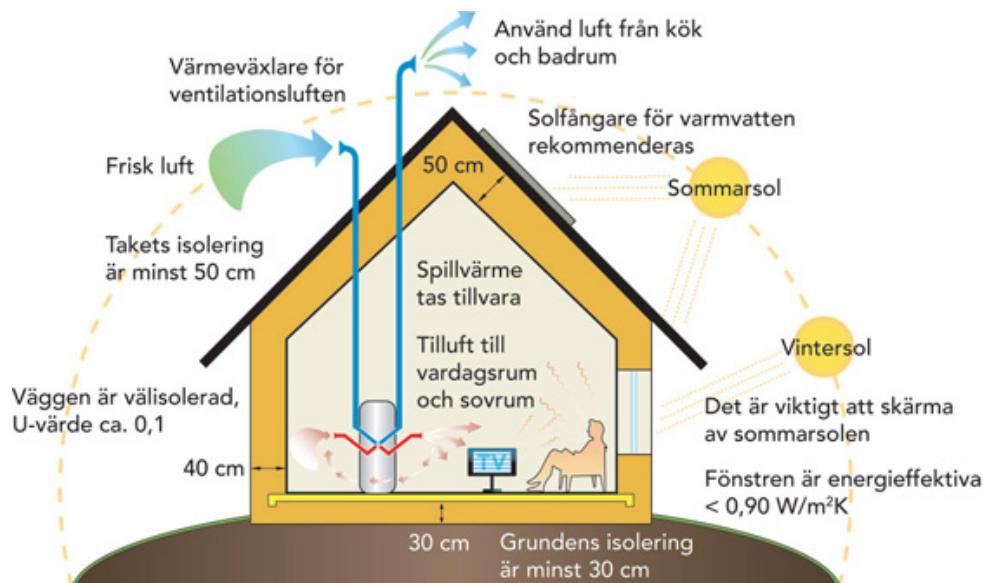
Den friska uteluft som ska tillföras byggnaden värms upp innan den tillförs. Uppvärmningen sker framförallt med hjälp av den använda luften, i ventilationssystemet. Detta sker utan att frisk luft och använd luft blandas, tack vare en värmeväxlare. En värmeväxlare kan ha en återvinningsgrad på 80-85 %¹⁷. När tilluften värmts upp till rätt temperatur fördelas den jämt över bostaden. Vid situationer när uppvärmningen inte räcker till, kopplas ett värmebatteri in för att tillföra resterande behov¹⁸. Vid extra kalla vintrar kan dock värmebatteriets kapacitet vara otillräckligt, då de i södra Sverige dimensioneras för utetemperaturer ner mot -20 °C. Möjligheten finns även att installera golvvärme i passivhus, vilket kan ge både ökad komfort och extra värmeförsel.

¹⁵ Saint-Gobain Isover Scandinavia, *Är du aktiv, bygger du passiv!* (2008)

¹⁶ Saint-Gobain Isover Scandinavia, *Build for the future: The ISOVER Multi-Comfort House*

¹⁷ Soliduct, <http://www.soliduct.com/> (2010-04-04)

¹⁸ Passivhuscentrum, http://www.passivhuscentrum.se/mer_om_passivhus.html?&L=jhlibwpzfc (2010-04-04)



Figur 2.2. Principen för hur ett passivhus fungerar.

http://www.passivhuscentrum.se/fileadmin/bilder/sidbilder/WebbIllustration_SV.pdf (2010-04-04)

En annan åtgärd som kan vidtas för att minska energikostnaderna är att installera solfångare på taket. På så sätt kan mer energi utvinnas för uppvärmning av varmvatten. Idag finns ett avancerat system vid namn ASES (Active Solar Energy Storage). Tekniken har prövats i Sverige på en villa i Bollebygd, där solfångare är installerade på taket. Solfångarna alstrar energi som värmer upp huset och överskottet överförs till ett markvärmelager och en ackumulatortank som finns under huset. När ackumulatortanken är fylld överförs värmen till markvärmelagret, till vilket en värmepump är kopplad. Värmepumpen förser huset med golvvärme och kompletterar tappvattenuppvärmningen. På så sätt lagrar systemet värme under varma perioder, för att sedan kunna ta till vara och använda värmen vintertid¹⁹.

¹⁹Anna Engström (2009). *Energisnålt hus som är en sensation.*

<http://www.bt.se/nyheter/bollebygd/fakta-om-klimathuset%281366517%29.gm> (2010-04-04)

Även fönstrens prestanda i bostaden inverkar på hur mycket värme som måste tillföras. Väljs dåliga fönster eller om det tätas dåligt kring dem kommer det att medföra ett stort värmeläckage. Idag har fönster som används i passivhus ett U-värde på 0,9 W/m² eller lägre. U-värdet är ett tal för hur bra värme överförs från ett medium till ett annat. Ett så lågt värde som möjligt eftersträvas för fönster och väggar, då det innebär att mindre värme strömmar ut²⁰. En tumregel är att den totala fönsterytan i ett passivhus bör ligga omkring 15 % av golvarean²¹. Desto lägre U-värde som väljs på fönstren, desto mer fönsterarea kan utnyttjas och ändå klara kraven²². Att få ångspärren helt lufttät kring fönstret kan vara svårt. Idag finns speciella passbitar för skarvarna vid hörnen, för att underlätta arbetet och få ett så bra resultat som möjligt²³.

Det är viktigt att tänka på hur huskroppen placeras på tomten för ett passivhus. Då tekniken bygger på att en del av bostadens värme ska tillföras genom solinstrålning, placeras större fönster åt söder och mindre åt norr. Detta är önskvärt framförallt vintertid. Sommartid önskas det snarare att solinstrålningen avskärmas. Avskärmningen kan ske på olika sätt, exempelvis genom markiser, solskyddsglas eller genom att göra takutsprånget större²⁴. Genom ett uthängande tak minskas solinstrålningen sommartid och risken för att kondens bildas på fönstren minskas.

Lika viktigt som placeringen av huset är att tänka på byggnadens utformning. Den bör vara så kompakt som möjligt då många flyglar, vinklar och hörn medför onödiga köldbryggor.

²⁰ Nationalencyklopedin, <http://www.ne.se/u-v%C3%A4rde> (2010-04-04)

²¹ Hans Eek, arkitekt och expert på passivhusbyggande.
<http://www.husohem.se/Fixa/Renovera/passivhus/> (2010-05-05)

²² Passivhuscentrum, <http://www.passivhuscentrum.se/fragorochsvar.html> (2010-04-04)

²³ Johan Lindahl, Muntlig intervju Smålandsstenar. (2010-03-24)

²⁴ Saint-Gobain Isover Scandinavia, *Är du aktiv, bygger du passiv!* (2008)

2.3 Dagens normer

I Sverige är det Boverket som ställer krav på byggnader. I Boverkets byggregler (BBR) ställs krav på specifik energianvändning (köpt energi). Kraven är uppdelade i tre klimatzoner (se figur 2.3.1) I, II & III, eftersom klimatet i Sverige skiljer sig betydligt från norr till söder. Uppdelningen gäller både bostäder och lokaler. Det finns också krav på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U-värde).



Figur 2.3.1 Karta över klimatzonerna i Sverige, <http://mvs2.inforve.dk/sw114198.asp> (2010-04-10)

Förklaringar av förkortningar och begrepp: I BBR förekommer en del förkortningar och begrepp som förklaras nedan.

Atemp avser summan av invändig area för varje våningsplan som värmts till minst 10°C.

U-värde är en värmegenomgångskoefficient på en konstruktions- eller byggnadsdel, vilket innebär ett mått på hur mycket värme som läcker ut igenom klimatskalet. Fönster, dörrar, väggar, grund, tak etc. har var för sig ett unikt U-värde. Dessa sammanvägs sedan till ett genomsnittligt U-värde.

För bostäder gäller följande två huvudregler: Huset måste klara kraven på byggnadens specifika energianvändning dvs. köpt energi samt kravet på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (genomsnittligt U-värde). (Tabell 2.3.1 & 2.3.2 är hämtade ur *Boverkets byggregler, BBR16*)

Tabell 2.3.1 Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	150	130	110
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,50	0,50	0,50

(BFS 2008:20).

Tabell 2.3.2 Bostäder med elvärme

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

(BFS 2008:20).

Är byggnaden uppvärmd med elvärme är kraven betydligt högre. Nya byggnader har näst intill aldrig elektricitet som uppvärmningssystem, eftersom detta är en oekonomisk energikälla.

Det finns även krav på tätheten i bostäder, men i nuläget finns inget direkt krav på tätheten. I BBR står följande: ”Byggnadens klimatskärm ska vara så tät att krav på byggnadens specifika energianvändning och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls”²⁵.

²⁵ Boverket, BBR 2008

http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/BBR_15/BBR_avsnitt9_supplement_energiushallning.pdf (2010-04-07)

2.4 Kravspecifikation för passivhus i Sverige

Passivhus syftar till att minimera behovet av tillförd effekt och energi. För att företag ska få använda begreppet passivhus måste vissa kriterier uppfyllas. Vid benämning använder man sig av följande begrepp:

⇒ Projekterad för passivhus enligt FEBY

⇒ Verifierat passivhus enligt FEBY

FEBY står för: Forum för energieffektiva byggnader²⁶.

Begreppet ”projekterad för passivhus” tillämpas för byggnader som projekterats för tekniken, men ännu inte är kontrollerade. När en kontroll är genomförd och byggnaden uppfyller uppställda krav kan huset verifieras som passivhus, och benämns då verifierat passivhus.

Utdrag från FEBY's kravspecifikation

Uppvärmning:

$$\text{Zon I} \quad P_{\max} = 12 \text{ W/m}^2 A_{\text{Temp} + \text{garage}}$$

$$\text{Zon II} \quad P_{\max} = 11 \text{ W/m}^2 A_{\text{Temp} + \text{garage}}$$

$$\text{Zon III} \quad P_{\max} = 10 \text{ W/m}^2 A_{\text{Temp} + \text{garage}}$$

För mindre fristående byggnader (<200m²) görs ett tillägg på 2W.

Köpt energi:

Zon I	$E_{\text{köpt}} \leq 58 \text{ kWh}_{\text{köpt}} / \text{m}^2 A_{\text{Temp} + \text{garage}}$	Ej eluppvärmda
Zon I	$E_{\text{köpt}} \leq 34 \text{ kWh}_{\text{köpt}} / \text{m}^2 A_{\text{Temp} + \text{garage}}$	Eluppvärmda
Zon II	$E_{\text{köpt}} \leq 54 \text{ kWh}_{\text{köpt}} / \text{m}^2 A_{\text{Temp} + \text{garage}}$	Ej eluppvärmda
Zon II	$E_{\text{köpt}} \leq 32 \text{ kWh}_{\text{köpt}} / \text{m}^2 A_{\text{Temp} + \text{garage}}$	Eluppvärmda
Zon III	$E_{\text{köpt}} \leq 50 \text{ kWh}_{\text{köpt}} / \text{m}^2 A_{\text{Temp} + \text{garage}}$	Ej eluppvärmda
Zon III	$E_{\text{köpt}} \leq 30 \text{ kWh}_{\text{köpt}} / \text{m}^2 A_{\text{Temp} + \text{garage}}$	Eluppvärmda

Luftläckage:

Luftläckningen genom klimatskalet får maximalt vara 0,3 l/s m² vid en tryckdifferens på 50 Pa.

För samtliga krav se *Svensk kravspecifikation för passivhus*²⁷.

Utöver de krav som anges av FEBY ska alltid samtliga krav enligt Boverkets byggregler gälla (för närvarande BBR 16).

²⁶Forum för energieffektiva byggnader. <http://www.energieffektivbyggnader.se/> (2010-05-10)

²⁷Passivhuscentrum
http://passivhuscentrum.se/fileadmin/pdf/Kravspecifikation_Passivhus_slutversion_juni_2009_1_juli.pdf (2010-04-06)

2.5 Framtidens krav från EU, nollenergihus

EU har lagt fram ett lagförslag där samtliga nybyggnationer av lokaler från år 2018 och samtliga byggnader från och med år 2020 ska vara så kallade nollenergihus. Nollenergihus innebär att byggnaden ska producera lika mycket energi som den gör av med, detta med hjälp av t.ex. solenergi och/eller vindkraft. För att klara de kommande kraven krävs att företagen aktivt arbetar med kvalitén i alla faser av projekten ²⁸.

²⁸ Hans Dahlquist, <http://www.nyteknik.se/nyheter/bygg/byggartiklar/article742121.ece>
(2010-05-06)

3. Objekt för enkätstudie

I följande kapitel är de objekt som valdes ut för enkätstudien beskrivna.

3.1 Kv. Portvakten söder, Växjö

Kvarteret Portvakten söder är beläget i sydöstra delen av Växjö. Området består av två huskroppar med vardera åtta våningar, vilka är Sveriges högsta passivhus med trästomme. Husen är utformade likt ett kompakt rätblock för att minimera köldbryggor. Taklutningen är anpassad för att utnyttja solpanelen på ett bra sätt. I det ena huset är lägenheterna rök- och pälsdjursfria och i det andra endast rökfria. Byggherre för projektet var Hyresbostäder i Växjö AB, vilka själva tog initiativet till att bygga efter passivhuskraven.



Figur 3.1 kv. Portvakten,
<http://fastighetochbostadsratt.com/Upload/Images/Projekt/20090929%20portvakten45%20web.jpg>
(2010-05-12)

<u>Färdigställt:</u>	september 2009
<u>Antal lägenheter:</u>	64 st.
<u>Byggherre:</u>	Hyresbostäder i Växjö AB

Byggnadens tekniska specifikationer:

<u>U-värden:</u>	Fönster	< 1,0 W/ m ² K
	Ytterväggar	0,10 W/ m ² K
	Yttertak	0,08 W/ m ² K
	Golv	0,09 W/ m ² K
<u>Lufttäthet:</u>		0,19 l/s m ² vid tryckskillnad +/- 50 Pa
<u>Transmissionsförluster:</u>		Maximalt 10W/m ² BRA

Stommateriäl:

Stommen i kv. Portvaktén söder består av massiva, korslimmade träskivor. Att valet av material föll på trä berodde på den kommunala strategin Välle Broar - trästaden som Växjö arbetar efter²⁹. Väggelementen har en tjocklek på ca 54cm. Varje hus stabiliseras av skivverkan samt ett 30-tal dragstag.

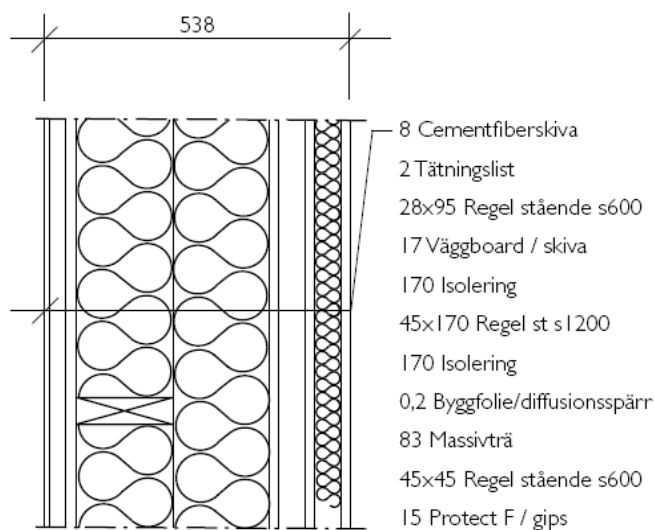


Fig. 3.2 Vägghkonstruktion för yttervägg, Portvaktén söder-Framtidens boende i ett hållbart samhälle, Hyresbostäder i Växjö AB

²⁹ Slutredovisning av Demonstrationsprojektet inom Energimyndighetens program för Passivhus och Lågenergihus - Demonstrationsprojekt 2006: 09; Portvaktén Söder

Lufttäthet:

Tätheten är väldigt viktig för ett passivhus. Det spelar ingen roll hur mycket huset är isoleras om tätskiktet punkteras för mycket. Därför tejpas och tätas varje hål som tagits i ångspärren. Huset provtrycks slutligen för att se om det klarar de krav som angivits. Hyresbostäder hade som krav att maximalt tillåtet läckage fick vara $0,2 \text{ l/s m}^2$ vid $\pm 50 \text{ Pa}$ tryck. Provtryckningen skulle ske med Blower door-metoden. I samband med detta genomfördes en utbildning i vikten av täthet med den tyska specialisten på lufttäthet, Stefanie Rolfmeier. Resultatet för luftläckaget blev $0,19 \text{ l/s m}^2$.

Ventilation:

Hyresbostäder hade som krav att ett centralt FTX aggregat med 85 % återvinning och plattvärmeväxlare skulle installeras. Vi det tillfället fanns dock inga aggregat som uppfyllde dessa krav, vilket fick IV Produkt att utveckla och ta fram ett nytt aggregat med dubbla plattvärmeväxlare som klarade Hyresbostädernas krav. Tilluften värms även av ett värmebatteri i varje lägenhet, vilket är kopplat till fjärrvärmens för att få rätt temperatur.

Varmvatten:

Vattnet värms först upp med hjälp av avloppsvärmeväxlare. Utöver det sker uppvärmningen i en egen undercentral, vilken är kopplad till fjärrvärmesystemet. Varje lägenhet är utrustad för individuell mätning av el, kall- och varmvatten.

Solavskärmning:

Olika lösningar för hur solavskärmningen skulle lösas utreddes noggrant. Ett rörligt system var mindre lämpligt på grund av husets höjd på åtta våningar. Istället valdes fönster och fönsterdörrar av solskyddsglas med U-värde $1,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Akustik:

Portvaktens tjocka väggar bidrar till att bullernivån i huset är väldigt låg. En ljudmätning genomfördes av ÅF-Ingmarsson AB i juni 2009, för att bekräfta att byggnaden höll ljudklass B.

3.2 Kv. Oxtorget, Värnamo

Alldeles intill Lagan i centrala Värnamo ligger kvarteret Oxtorget. Området består av fem huskroppar, två av typ A och tre av typ B, vilka tillsammans innehåller 40 lägenheter. Byggherre för projektet var Finnvedsbostäder AB, och motiven till att bygga med passivhustekniken var ”att ur ett livscykelerspektiv minimera totalkostnaden samtidigt som vår miljö förbättras”³⁰. Husen är utformade så att stora fönster vetter åt sydväst samtidigt som fönsterarean mot norr är betydligt mindre. Visionerna fanns även för att Oxtorget skulle bli ett demonstrationsområde för regionens energimyndighet och energirådgivning³¹.



Fig. 3.2 Ett av flerbostadshusen från kv. Oxtorget, <http://www.oxtorget.se/>, (2010-04-23).

<u>Färdigställt:</u>	juli 2006
<u>Antal lägenheter:</u>	40 st.
<u>Byggherre:</u>	Finnvedsbostäder AB

³⁰ Finnvedsbostädernas kundtidning Nr 1, 2004, http://www.oxtorget.se/04_1s45.pdf, (2010-04-23)

³¹ Finnvedsbostädernas kundtidning Nr 1, 2004, http://www.oxtorget.se/04_1s45.pdf, (2010-04-23)

Byggnadens tekniska specifikationer:

<u>U-värden:</u>	Fönster	0,94 W/ m ² K
	Ytterdörrar	0,6 W/ m ² K
	Ytterväggar	0,95 W/ m ² K
	Yttertak	0,07 W/ m ² K
	Golv	0,09 W/ m ² K

Lufttäthet: 0,20 l/s m² vid tryckskillnad +/- 50 Pa

Stommateriel:

Till skillnad från kv. Portvakten är kv. Oxtorget byggt med en stomme av platsgjuten betong. Att valet föll på betong berodde på att Finnvedsbostäder ville ha byggnader med ett jämt inneklimat. En tung stomme kan i viss mån lagra mer värme/kyla, för att sedan avge det vid temperaturomslag. Således klarar en tung stomme bättre av de riktiga köldknäpparna som kan uppstå vintertid. Ytterväggarna är byggda med en dubbel trästomme, där ett solitt skikt med skalmursskiva är monterat³².

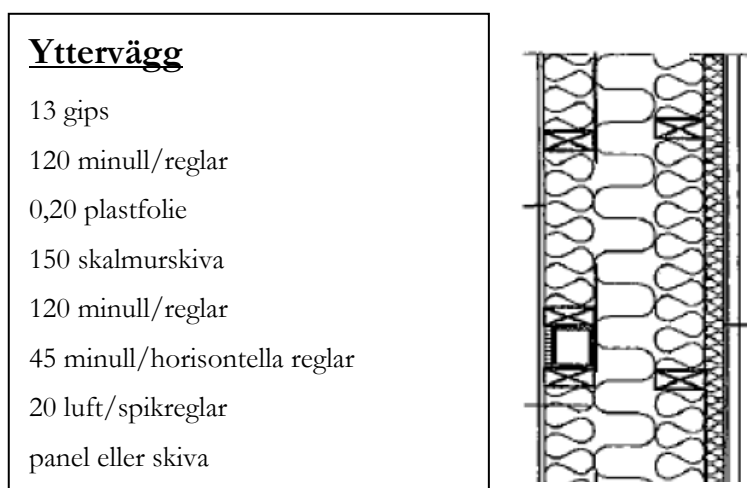


Fig. 3.3 En ytterväggs uppbyggnad, Källa:

<http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.2f3a7b311a7c8064438000688148/Slutrapport+Oxtorget+2008-08-08.pdf>, (2010-05-13)

³² Finnvedsbostäder, *Oxtorget Slutrapport 2008-08-08*,

<http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.2f3a7b311a7c8064438000688148/Slutrapport+Oxtorget+2008-08-08.pdf>, (2010-05-13)

Lufttäthet:

I projekteringsfasen hade Finnvedsbostäder som krav att lufttätheten skulle vara så låg som 0,2 l/s m². Dock kunde inte entreprenören garantera detta krav, vilket fick till följd att en överenskommelse om ett nytt krav på 0,4 l/s m² vid +/- 50 Pa gjordes. Dock skulle det första målet försöka uppfyllas. Målet uppfylldes och till slut nåddes en täthet på 0,2 l/s m² ³³.

Ventilation:

Varje lägenhet har ett separat FTX-system som försörjer bostaden med ren luft. Den förorenade frånluften värmer upp den kalla uteluften i inbyggda värmeväxlare i systemet, för att ge den behaglig temperatur. Dock är inte denna uppvärmning tillräcklig utan eftervärmning med hjälp av ett elektriskt eftervärmningsbatteri sker för att ge luften rätt temperatur. Två olika storlekar finns på eftervärmningsbatteriet. För de mindre lägenheterna är effekten på batteriet 900W medan det för de större lägenheterna ligger på 1800W. Rumsgivare finns även installerade för att sköta regleringen av temperaturen. Innetemperaturen ska ligga på 20°C. Enligt tillverkaren ska FTX-systemet ha en verkningsgrad på 87 %³⁴.

Varmvatten:

Varje huskropp har totalt 24 m² solfångarpanel på taket, vilket är beräknat att klara 50 % av uppvärmning för varmvattnet till åtta lägenheter. Resterande 50 % värms upp med vindkraftsel³⁵. Varje hus innehåller åtta lägenheter och har en egen undercentral för varmvattnet. Undercentralen består av två 1000-literstankar³⁶. Alla lägenheter har individuell mätning av varmvatten, vilket ger de boende en chans att själva påverka sin kostnad.

³³ U, Jansson. *Passive houses in Sweden*, (2008)

³⁴ Finnvedsbostäder, *Oxtorget Slutrapport 2008-08-08*,
<http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.2f3a7b311a7c8064438000688148/Slutrapport+Oxtorget+2008-08-08.pdf>, (2010-05-13)

³⁵ Finnvedsbostäder, *Oxtorget slutrapport 2008-08-08*,
<http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.2f3a7b311a7c8064438000688148/Slutrapport+Oxtorget+2008-08-08.pdf>, (2010-04-23)

³⁶ Finnvedsbostäder, *Oxtorget Slutrapport 2008-08-08*,
<http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.2f3a7b311a7c8064438000688148/Slutrapport+Oxtorget+2008-08-08.pdf>, (2010-05-13)

Solavskärmning:

På Oxtorget arbetade arkitekten med att finna en lösning på problemet med solavskärmning, genom att ha ett längre takutsprång. Resultatet blev att takutsprånget sträcker sig ut över lägenheternas balkong, och avskärmar solen på övre plan. Även på nedre plan avskärmas fönstren mot för stor solinstrålning. Enligt Finnvedsbostäder upplever hyresgästerna att det är ”lagom solinstrålning sommar och vinter”³⁷. Med ett längre takutsprång minskar även risken för att imma uppstår på fönstren.

³⁷ Börje Göransson, *Oxtorget 2008 – Mätvärdesuppföljning*,
http://www.energiradgivarna.com/siteadmin/upload/pdfarkiv/borje_goransson.pdf, (2010-05-13)

3.3 Kv. Hertings gård, Falkenberg

Knappt två kilometer öster om Falkenbergs centrum är Hertings gård beläget. Med utsikt över staden men även över sundet mot Danmark har Hertings gård blivit ett mycket eftertraktat område att bo i. Husen klassas som lågenergihus med passivhus standard. Husen är energieffektiviserade genom en god geometri samt att fönsterarean är begränsad. Området består av 12 lägenheter i flerbostadshus samt fyra hyreshus med 27 lägenheter i varje hus. Det är i de två först färdigställda åttavåningshusen som enkätstudien genomförts. Byggherre för projektet var Falkenberg Bostad AB.



Fig. 3.3.1 Hertings gård. Från *FaBo's egen databas*.

<u>Färdigställt:</u>	december 2008
<u>Antal lägenheter:</u>	54 st.
<u>Byggherre:</u>	FaBo, Falkenberg Bostad AB

Byggnadens tekniska specifikationer:

Kraven på byggnaderna som ställdes var framräknade av konstruktören

<u>U-värden:</u>	Fönster	0,9 W/ m ² K
	Ytterväggar	0,10 W/ m ² K
	Yttertak	0,074 W/ m ² K
	Golv	0,08 W/ m ² K

Lufttäthet: 0,09 l/s m² vid tryckskillnad +/- 50 Pa

Stommateriel:

Husen har en bärande stomme av betong. Ytterväggarna är uppbyggda med en träregelstomme, och innerhåller 395 mm isolering. En installationsvägg är byggd för att undvika punktering av ångspärren.



Fig. 3.3 Ytterväggens uppbyggnad. Bild från *Växthuset 18, -Aktivt byggande för passivt hus*, FaBo

Lufttäthet:

FaBo gav som krav till entreprenören att tätheten skulle ligga under $0,16 \text{ l/s m}^2$ vid $\pm 50 \text{ Pa}$ skillnad mellan ute- och inneluft. För att kontrollera att kraven följdes närvarade man vid provtryckning och valde även ut vilka lägenheter som skulle provtryckas. En provtryckning misslyckades först på grund av att det tätats för dåligt kring några rör. Detta åtgärdades och lägenheten provtrycktes igen med ett godkänt resultat. Totalt provtrycktes nio lägenheter, och medelvärdet blev $0,0925 \text{ l/s m}^2$ ³⁸.

Ventilation:

Hertings gård har ett centralaggregat för ventilationen i varje hus. Uteluften förvärmas med hjälp av luft-solfångare som installerats på huset. Det är en perforerad panel som luften passerar igenom för att värmas upp av solen innan den kommer in till ventilationsaggregatet. Det innebär att när solen skiner behöver tilluften sällan värmas upp ytterligare. Skulle luften behöva värmas ytterligare finns ett vattenburet extrabatteri installerat för att klara detta³⁹.

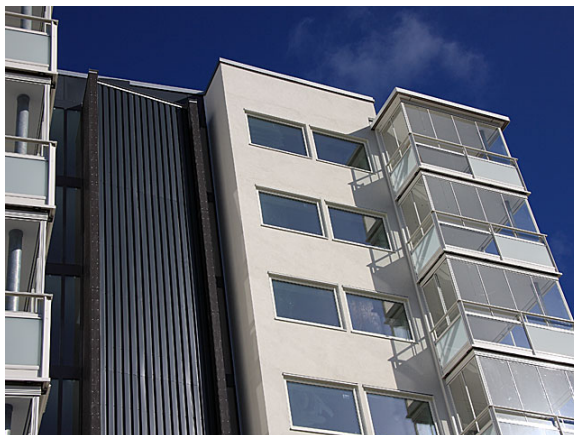


Fig. 3.4 Luft-solfångare som installerats på vardera hus. Källa *Växthuset 18, -Aktivt byggande för passivt hus*, FaBo

Varmvatten:

Husen är anslutna till biobaserad fjärrvärme, vilken står för uppvärmningen samt varmvattenproduktionen. På så sätt värms vattnet på ett miljövänligt sätt. Lägenheterna är utrustade med klinkers i entrén och i badrummet. Under ligger vattenburen golvvärme, för att ge god komfort. Varje lägenhet är utrustad med en S-box, vilken mäter bostadens energiförbrukning, varm- och kallvattenförbrukning. På så sätt kan de boende kontrollera sin förbrukning.

³⁸ Ingmar Bengtsson, FaBo, 2010

³⁹ Power Point-presentation *Växthuset 18, -Aktivt byggande för passivt hus*, FaBo

Solavskärmning:

Hur solavskärmningen skulle lösas utreddes av FaBo för att nå en så bra lösning som möjligt. Valet föll till slut på att sätta solglasfilm på de fönster som vetter åt öster och söder. Ett annat alternativ som även utreddes var att installera solfångare, vilket skulle motverka problem med utvändigt imma. Dock ansågs denna lösning lite för dyr. FaBo valde även att informera de boende om risken för att imma kan uppstå på fönstren.

Akustik:

Utanför Hertings gård går en kullerstengata, vilket innebär att akustiken fick beaktas. Kullerstengator är bland de gator som låter mest när bilar kör på dem, vilket medförde att de lägenheter som ligger längst ner är utsatta för buller. Därför valdes fönster med god ljudreducering, och idag hörs endast buller från vägen mycket svagt. De lägenhetsskiljande väggarna har schakt i sig, samt ett tjockt lager isolering. På så sätt sprids minimalt med ljud mellan lägenheterna och ut i trapphuset⁴⁰.

⁴⁰ Ingmar Bengtsson, FaBo Muntlig intervju, (2010-04-20)

4. Boendes upplevelser och attityder

I det här kapitlet redovisas ett urval av den undersökning om boendes upplevelser som gjordes i Värnamo, Växjö och Falkenberg. Enkäten och dess fullständiga svar med tabeller och kommentarer redovisas i Appendix A.

4.1 Insamling av information

I studien om de boendes upplevelser var en enkätstudie mest lämplig, eftersom tre olika geografiska områden och ca 120 hushåll skulle undersökas. Svarsfrekvensen blir dock inte lika hög vid den här typen av undersökning, men att göra intervjuer eller liknande är för tidskrävande och i det här fallet inte realistiskt.

4.1.2 Undersökningen

Undersökningen berör flera olika områden, inledningsvis ställs allmänna frågor om de boende i hushållen. Efter det allmänna avsnittet berörs kategorierna: energi, inneklimat, ljud och övrigt. Exempel på frågeställningar som ingår i enkäten är:

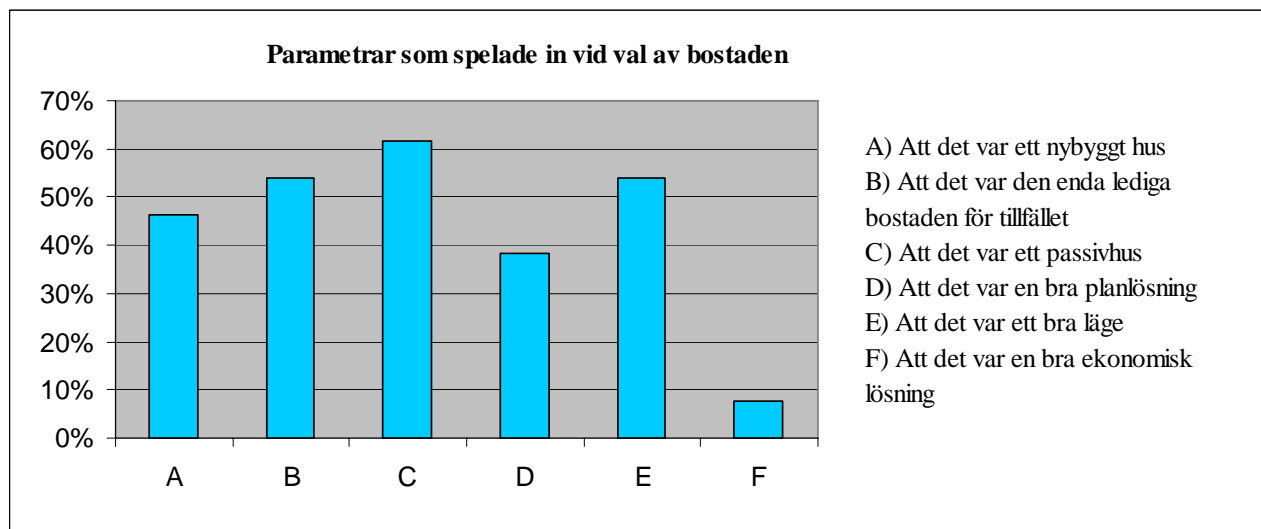
- Antalet personer i hushållen
- Åldersfördelningen
- Parametrar som spelade in vid val av bostad
- Ändrat beteende till följd av flytt till passivhus
- Minskade energikostnader
- För varmt/kallt i lägenheterna
- Ljudstörningar
- Upplevda fördelar/nackdelar med passivhus

4.2 Sammanställning av kv. Portvakten Växjö

Allmänt

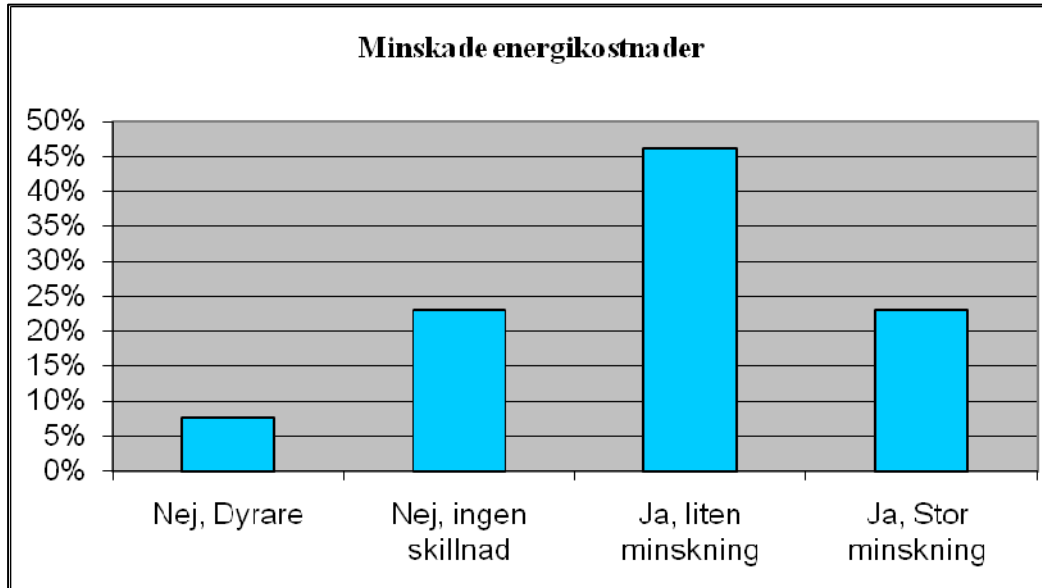
Enkäter gick ut till 35 hushåll i kv. Portvakten, varav 43 % svarade. Av inkomna svar är det främst hushåll med en eller två personer per lägenhet och en åldersfördelningen som i huvudsak fördelar sig på två grupper, ungdomar (20-30 år) och äldre >50 år.

Vid valet av bostad kunde flera alternativ kryssas i. Det framgår av undersökningen att över 60 % aktivt har valt att flytta till lägenheten på grund av att det är ett passivhus, vilket är högre än övriga parametrar. I figur 4.2.1 visas vilka parametrar som de svarande tycker spelar in vid val av bostad.



Figur 4.2.1 Parametrar som spelade in vid valet av bostad för boende i kv. Portvakten, Växjö.

På frågor om de boendes energikostnader svarade fler än 2/3 att de har minskat sina energikostnader och mindre än 1/10 hade fått ökade energikostnader. I figur 4.2.2 framgår hur svaren är fördelade.



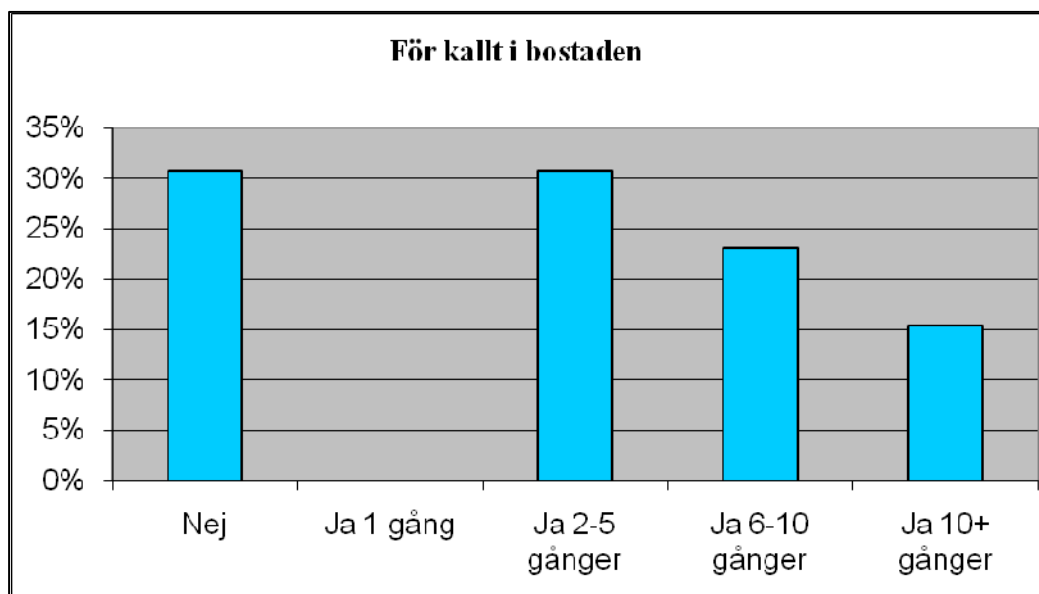
Figur 4.2.2 Om boende i kv. Portvakten, Växjö upplever att de har fått minskade energikostnader.

Problemet med resultatet, som även bör beaktas är att det inte framgår vad hushållen har haft för energikostnader tidigare. På så sätt framgår inte heller varför de har fått en minskning. Exempelvis kan ett par ha flyttat från en villa med eluppvärmning till en lägenhet i passivhus, vilket självklart medför minskade energikostnader.

Husen har individuell mätning av energin i varje lägenhet och över 90 % anser sig ha koll på sin energiförbrukning.

62 % svarar dock att de inte har ändrat sitt beteende till följd av att de bor i ett passivhus.

Inneklimatet är en av de frågor som diskuteras vid passivhusprojekt, då de ofta saknar traditionella radiatorsystem. Med hänseende till det var det viktigt att ta reda på om och när de boende upplever att det är för kallt i lägenheten. I figur 4.2.3 visas svaren.



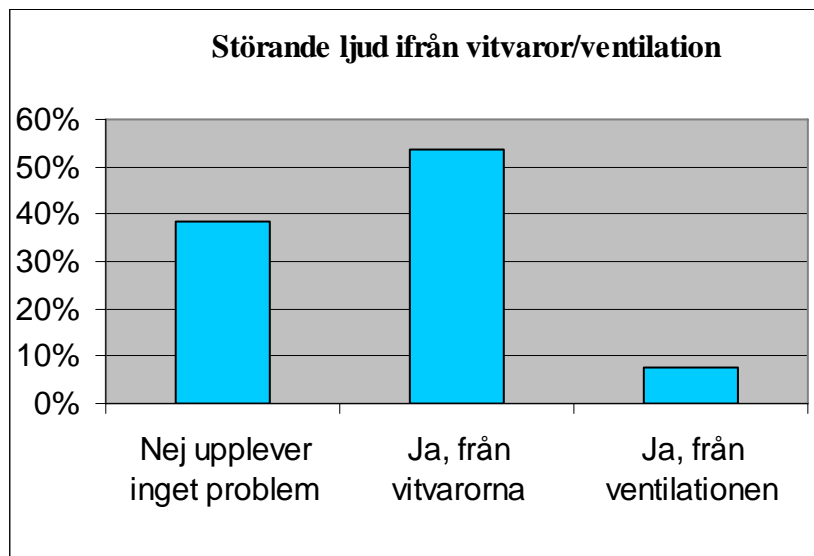
Figur 4.2.3 Om de boende har upplevt att det varit för kallt i bostaden, och i så fall hur många gånger på år i kv. Portvakten, Växjö.

Det visar sig att ca 70 % upplever att det någon gång är för kallt i bostaden och hushållen anser att detta är relativt störande (medelvärde 5,6/10) där 1 är ej störande och 10 är mycket störande. Ett perspektiv som inte beaktas är hur resultatet skiljer sig mot traditionella hyresrätter? Det var en ovanligt kall vinter i södra Sverige i år, vilket även kan ha påverkat resultatet.

Kommentarer från boende angående inneklimatet och frågan ”När var det för kallt och hur åtgärdades det?”

- Vintern, Nov 2009, vi fick låna el-element några dygn.
- Under vintern 2010, vi tog på oss mer kläder.
- Joel Ekfeldt köpte en eluppvärmd filt till sin frusna flickvän Madde i vintras, höjde termostaten tog på oss sockor och filtar.

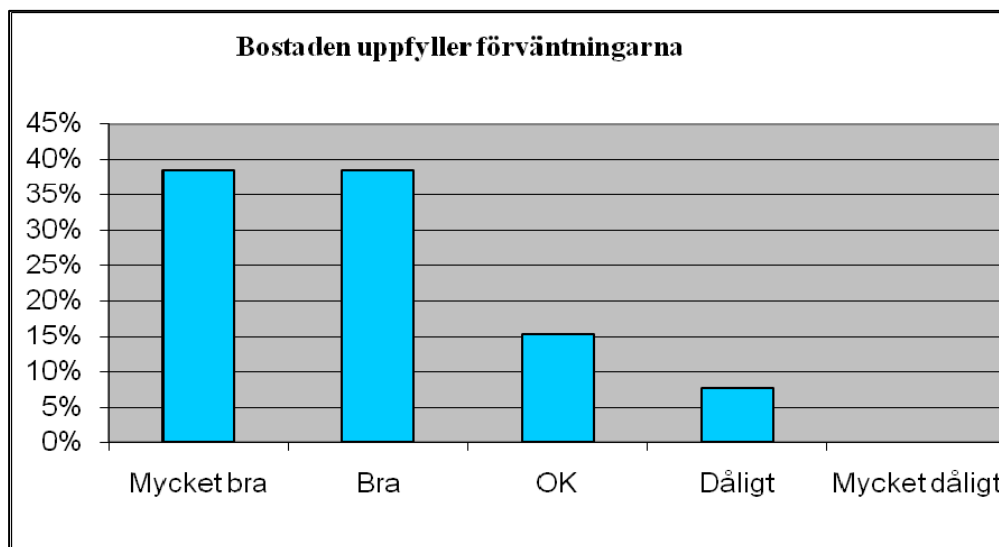
Ljudkomforten i en bostad är en annan viktig aspekt. Eftersom passivhus med sin tjocka isolering och täta konstruktion medför en väldigt god ljudisolering mot omvärlden kan ljud från installationer och vitvaror upplevas störande. Det visade sig att majoriteten tycker att ljud ifrån framförallt vitvarorna är störande. De allra flesta känner inte av någon störning utifrån eller ifrån grannar. I figur 4.2.4 visas hur ljudstörningarna påverkar de boende.



Figur 4.2.4 Om vitvaror och ventilationen upplevs som störande i kv. Portvakten, Växjö.

På en skala från 1 till 10 där 1 är ej störande och 10 är mycket störande ligger ljudstörningen på ett medelvärde av 3,3.

När hyresgästerna skulle bedöma hur deras förväntningar av bostaden uppfylls så visar det sig att över 75 % tycker att deras förväntningar uppfylldes bra eller mycket bra vilket framgår av figur 4.2.5.



Figur 4.2.5 Hur de boende upplevat att bostaden motsvarar deras förväntningar i kv. Portvakten, Växjö.

Medelvärde av hur stor del som beror på att det är ett passivhus ligger på 5,0 på en 10-gradig skala (0 inte alls - 10 helt avgörande). Det påvisar att folk trivs bra i sina lägenheter och delvis relaterar det till passivhustekniken.

Nedan följer några kommentarer om vad nyttjarna tycker är bra respektive dåligt med kv. Portvakten.

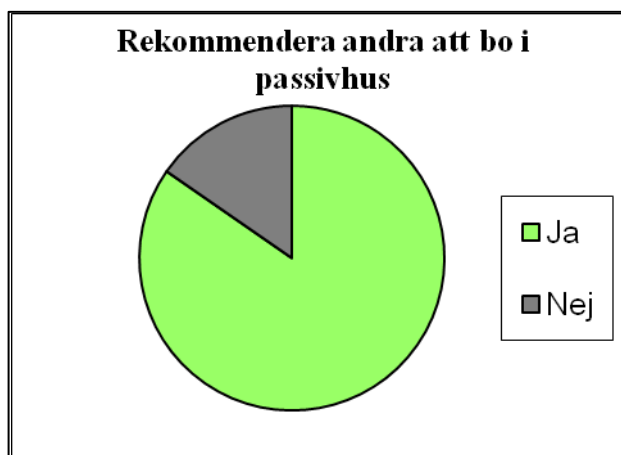
Positivt:

- Miljövänligt, billig värme.
- För mig är det de estetiska fönstren och tjocka väggarna + utsikten.
- jämn värme, ljudisolerat, avsaknad av element.

Negativt:

- Man bör vara hemma, annars blir det kallare inne.
- Dålig täckning på mobiltelefoner och mobilt bredband.
- HYRAN!! På tok för hög och vi som hyresgäster upplever inga minskade kostnader för t.ex. hushållsel och varmvatten.

Av undersökningen framgår det att de allra flesta skulle rekommendera andra att bo i passivhus. Resultatet tyder på att tekniken fungerar väl och att folk i helhet är nöjda med bostäderna. Figur 4.2.6 visar hur många som skulle rekommendera andra att bo i passivhus.



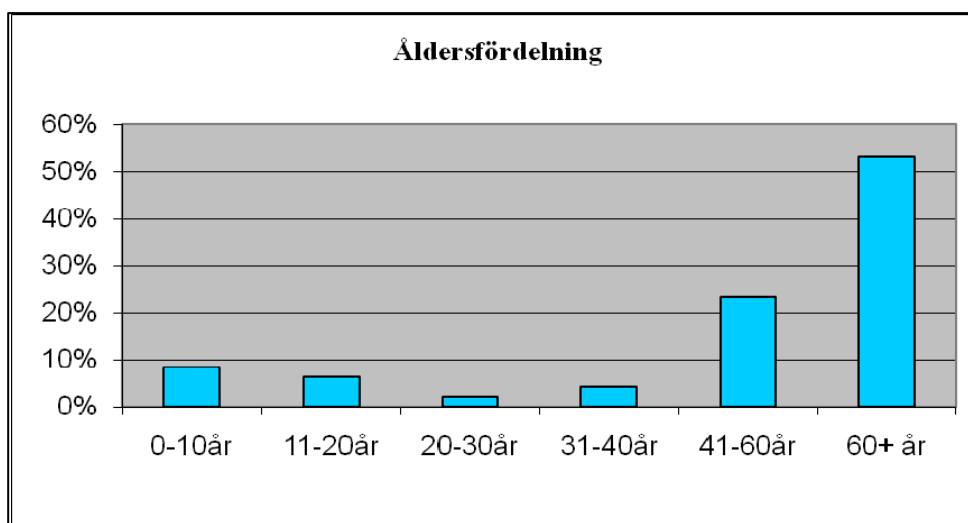
Figur 4.2.6 Hur be boende i kv. Portvakten, Växjö, svarade på frågan "Skulle ni rekommendera andra att flytta in i ett passivhus?".

4.3 Sammanställning av Hertings gård, Falkenberg

Allmänt

Enkäter gick ut till 41 hushåll i Hertings gård, varav 54 % svarade. Fullständig sammanställning av enkätstudien finns i Appendix A.

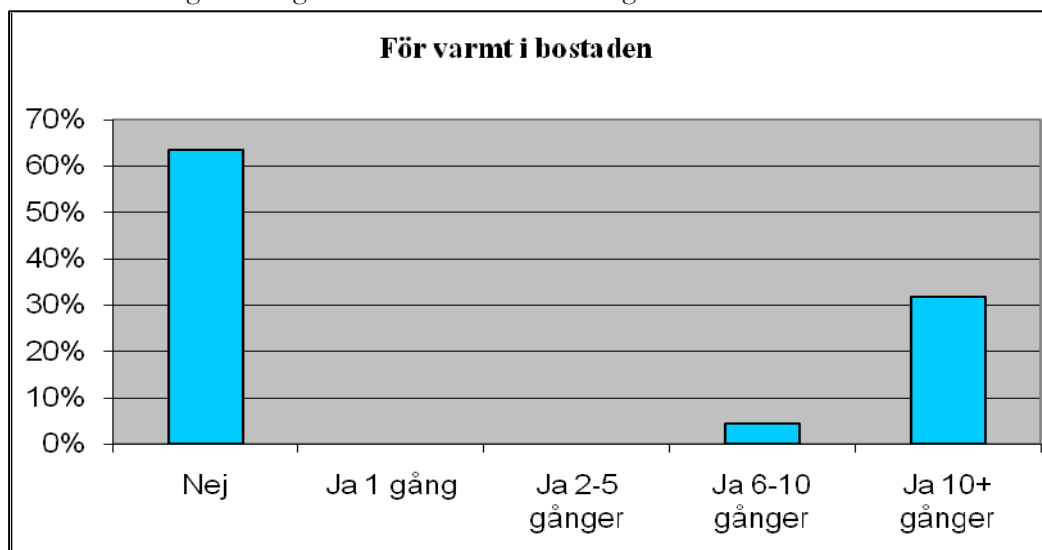
Utav de hushåll som svarade på Hertings gård, består majoriteten av äldre personer >60 år. Figur 4.3.1 visar åldersfördelningen på dem som besvarade enkäten.



Figur 4.3.1 Hur åldersfördelningen såg ut hos de svarande på Hertings gård, Falkenberg.

På Hertings gård har cirka 55 % inte upplevt någon minskning av energikostnaderna, 45 % har heller inte koll på sin energiförbrukning. Alla lägenheter har individuell mätning av energiförbrukningen.

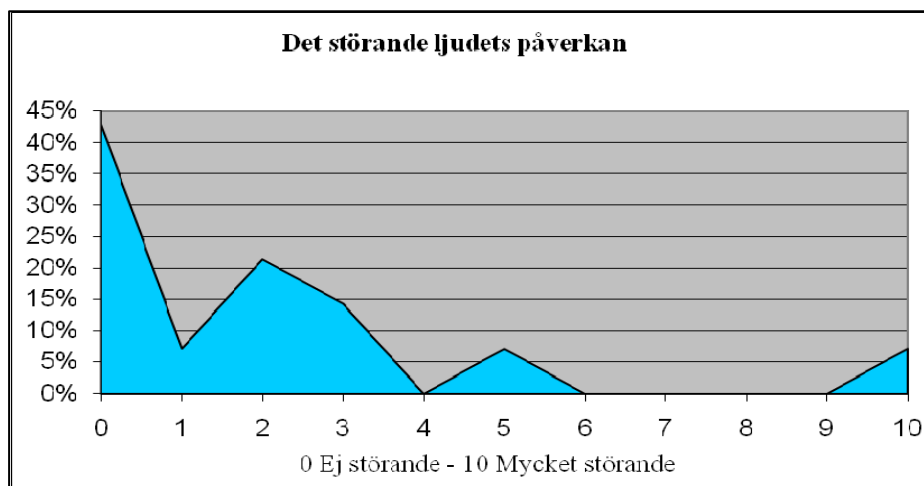
Inneklimatet ska vara behagligt året runt. Det diskuteras därför om den goda isoleringen leder till att det blir för varmt i bostaden under sommarhalvåret. I enkäten fanns denna frågeställning med och resultatet visas i figur 4.3.2.



Figur 4.3.2 Om de boende har upplevt att det varit för varmt i bostaden, och i så fall hur många gånger på år i Hertings gård, Falkenberg.

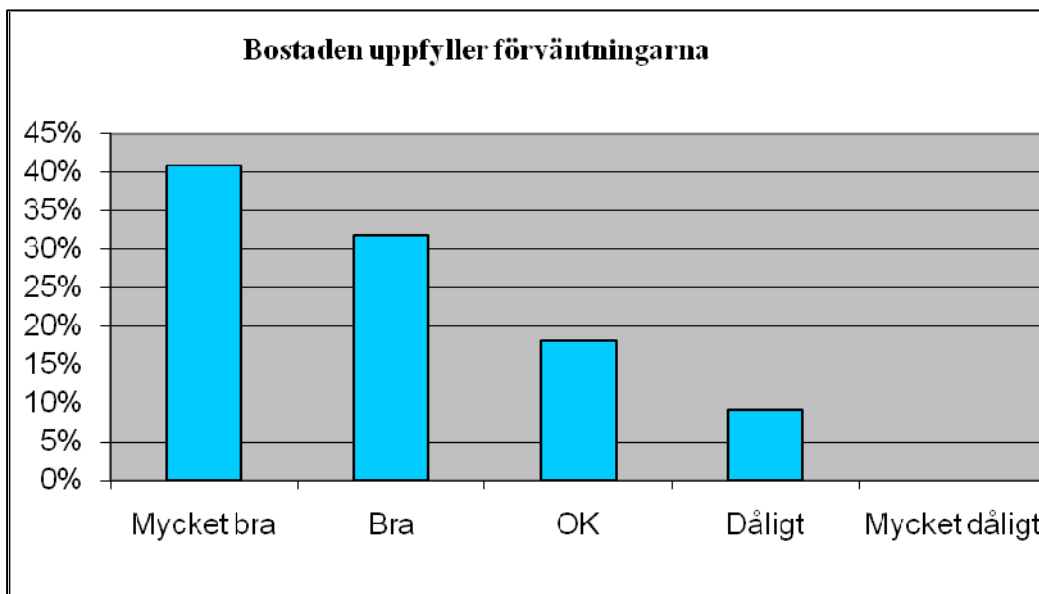
Resultatet visar att ca 65 % inte upplever att det är varmt i bostaden. Det tyder på att tekniken fungerar även sommartid, delvis på grund av god solavskärmning och bra fönster.

Hushållen är nöjda med ljudkomforten även i Hertings gård och ger ungefär samma omdöme som i kv. Portvakten. Figur 4.3.3 visar hur ljudkomforten upplevs.



Figur 4.3.3 Hur störande de boende i Hertings gård upplever ljud från vitvaror och ventilation.

Resultatet av hyresgästernas betyg på hela bostaden finns i figur 4.3.4



Figur 4.3.4 Hur de boende upplevat att bostaden motsvarar deras förväntningar i Hertings gård, Falkenberg.

Medelvärde av hur stor del av resultatet i figur 4.3.4 som beror på att det är ett passivhus ligger på 5,2 på en 10-gradig skala (0 inte alls - 10 helt avgörande). Det påvisar att folk trivs bra i sina lägenheter delvis p.g.a passivhustekniken.

Nedan följer några kommentarer om vad nyttjarna tycker är bra respektive dåligt med Hertings gård.

Positivt:

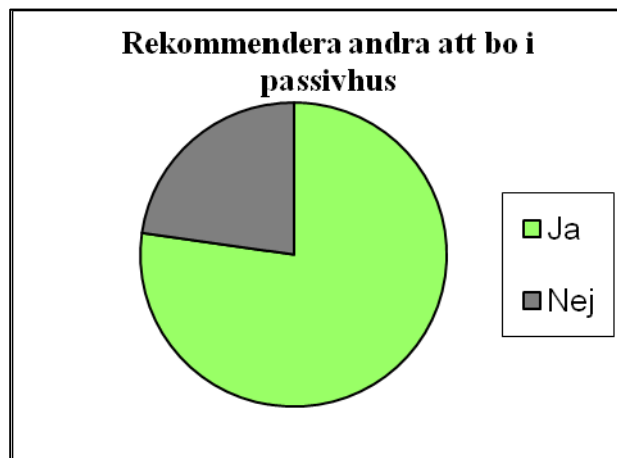
- Jämn värme, låga energikostnader.
- Tyst.
- Att det är så bra ljudisolerat.
- Jämn värme, inga ljud från vare sig hiss eller grannar.
- Inga element att ta hänsyn till vid möblering.
- Slipper tråkiga element.
- Alltid varmt slipper oroa sig, ljudisolerat. Hörs inget från grannar även om det finns barn.

Negativt:

- Inga.
- Det blir väldigt fort dammigt.
- Det är att hyran blir hög på grund av produktionskostnaden.
- Eftersom värme och vatten ingår i hyran så är vår vinst inte stor.
- Kan ej justera värmen.
- Dålig ventilation (matos från grannarna genom ventilationen)
INTE NÖJD!
- Man kan inte ställa temperaturen individuellt i varje rum.
FÖR VARMT!!!!
- Passivhus verkar kräva ett mycket bra ventilationssystem med fler termostater.
EN termostat gör att temp i olika delar av lägenheten blir "fel".
- För varmt, för kallt! Spisfläkt urusel för hög hyra.
- Finns inga!
- Om systemet fungerar, inga nackdelar.
- Får man in matos och cigarettrök =dåligt boende.
- Det känns instängt.
- Inga nackdelar.

De flesta hyresgästerna är nöjda med ljudklimatet och ger plus för att det är en jämn innetemperatur. Bland nackdelarna är det ventilationen som får mest kritik.

Av figur 4.3.5 framgår hur många som skulle rekommendera andra att bo i passivhus.



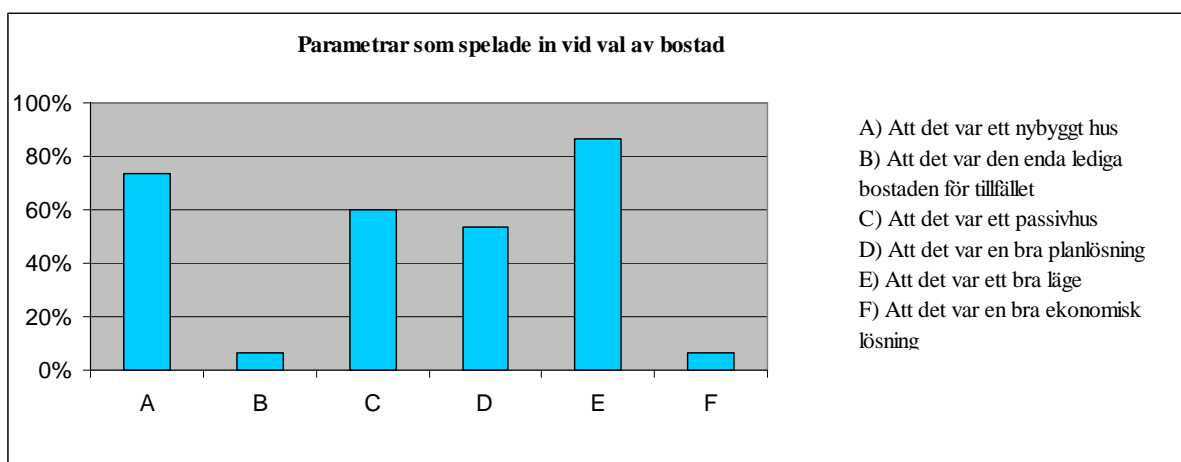
Figur 4.3.5 Hur be boende i Hertings gård, Falkenberg, svarade på frågan "Skulle ni rekommendera andra att flytta in i ett passivhus?"

4.4 Sammanställning av Oxtorget Värnamo

Allmänt

Enkätundersökningen delades ut till 42 hushåll, varav ca 35 % svarade. Det är främst hushåll med en eller två personer som bor i Oxtorget och de flesta har bott där i 2 år eller längre. Fullständig sammanställning av enkätstudien finns i Appendix A.

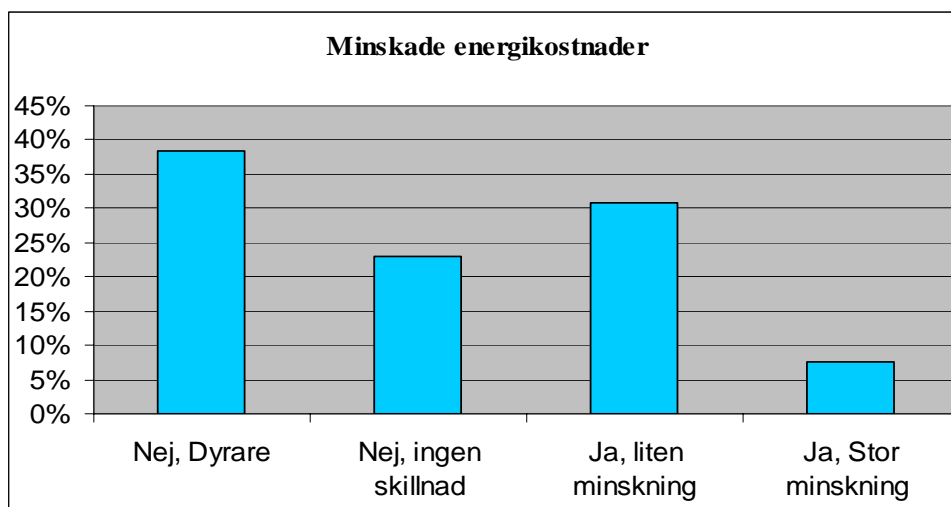
Nedan i figur 4.4.1 visas en tabell över vilka parametrar de boende tyckte spelade in vid valet av bostad.



Figur 4.4.1 Parametrar som spelade in vid valet av bostad för boende i Oxtorget, Värnamo.

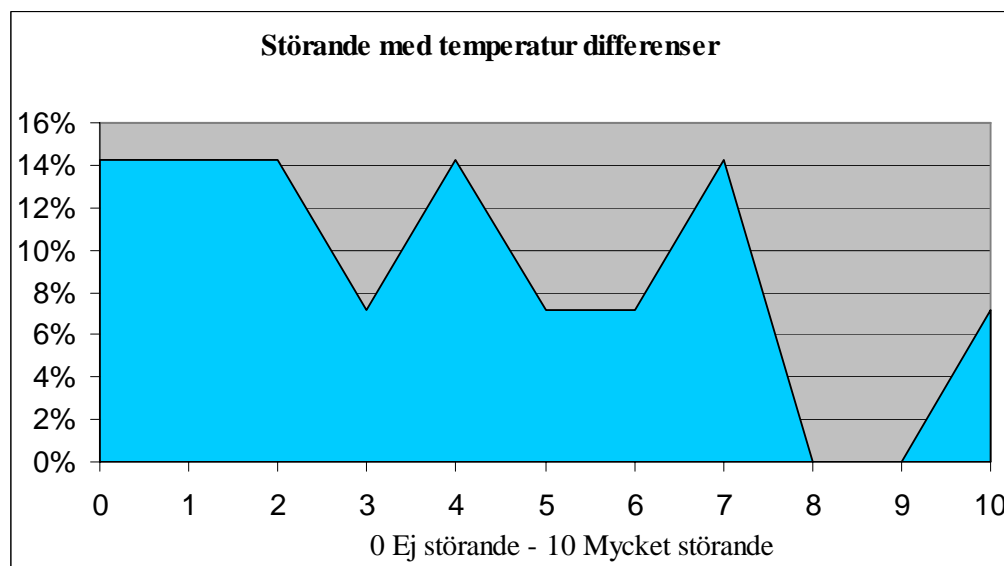
Resultatet visar att 60 % väljer att flytta till ett boende med passivhusteknik, vilket visar att det finns ett intresse för den här typen av boende.

För knappt 40 % av de boende i Oxtorget har energikostnaderna minskat. Av resultatet framgår också att ca 38 % upplevt en ökning, vilket figur 4.4.2 visar.



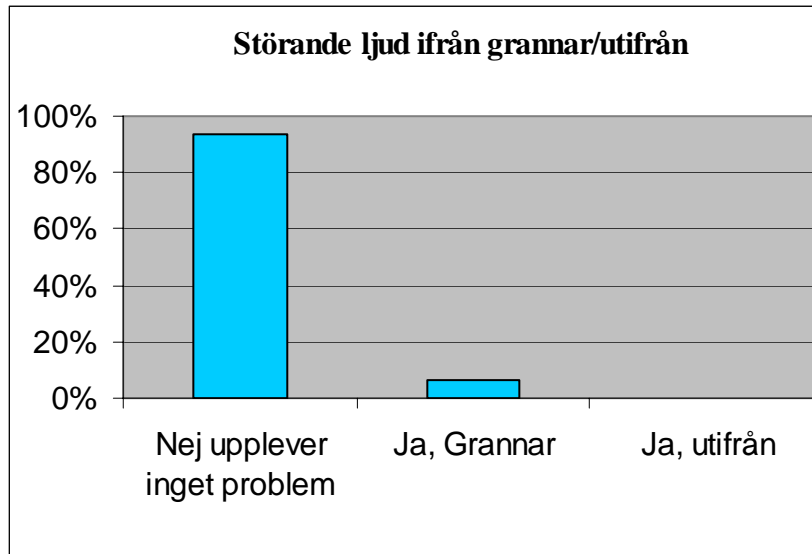
Figur 4.4.2 Om boende i Oxtorget, Värnamo upplever att de har fått minskade energikostnader.

Ca 20 % upplever att de har ett för varmt inneklimat fler än 10 gånger per år. För kallt inneklimat upplever 60 % någon gång per år eller fler. Hur störande de boende uppfattar temperaturskillnaderna framgår av figur 4.4.3.

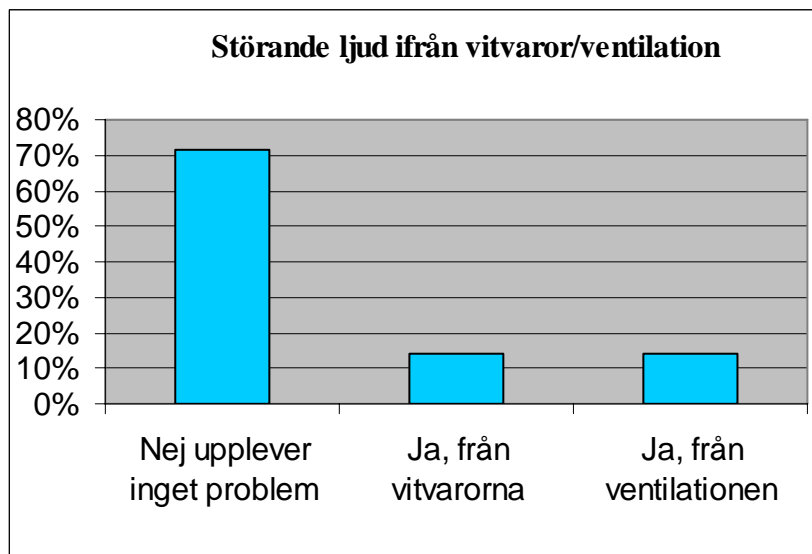


Figur 4.4.3 Hur störande de boende i Oxtorget, Värnamo, upplever temperaturdifferenser.

Ljudklimatet får bra betyg, vilket figurerna 4.4.4 och 4.4.5 visar.

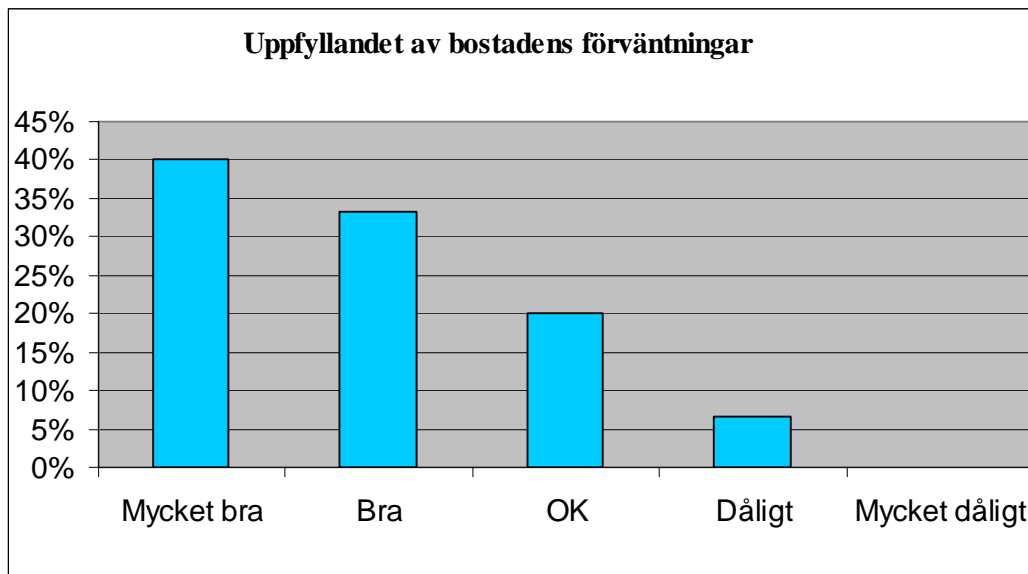


Figur 4.4.4 Om de boende i Oxtorget, Värnamo, upplever störande ljud utifrån eller från grannar.



Figur 4.4.5 Om vitvaror och ventilationen upplevs som störande i Oxtorget, Värnamo.

Helhetsintrycket av hur bostäderna i Oxtorget uppfyller förväntningarna tycker majoriteten är bra eller mycket bra, se figur 4.4.6.



Figur 4.4.6 Hur de boende upplevat att bostaden motsvarar deras förväntningar i Oxtorget, Värnamo.

Nedan följer några kommentarer om vad nyttjarna anser är bra respektive dåligt med Oxtorget.

Positivt:

- Man blir miljövänlig, Fräscht, Snygga tjocka väggar.
- "Miljötänket", inga element.
- Miljövänligt, lugnt & behagligt klimat i lägenheten.
- Luften inomhus är bättre.
- Vetskapen om att energi sparas!
- Tyst, välisolerat, jämn temperatur.
- Att det är svalt på sommaren.
- Värmen reglerar sig själv, man behöver inte tänka på att vrida upp/ner element.
- Uppvärmningskostnaderna sänks betydligt.

Negativt:

- När det blir för varmt.
- 1, kallt det blir dyrt med extra värmen.
2, Dyrt.
3, Det borde av miljömässiga skäl vara motorvärmare på parkeringen, liten yta för en femma.
- lite för kallt på vintern.
- Dyrt.
- Att det är kallt på vintern.
- Saknar varma element att torka blöta vantar på.

Av figur 4.4.7 framgår det hur många som skulle rekommendera andra att bo i passivhus.



Figur 4.4.7 Hur be boende i Oxtorget, Värnamo, svarade på frågan "Skulle ni rekommendera andra att flytta in i ett passivhus?".

5. Täthet

5.1 Vikten av täthet i byggnad

Tätheten är en faktor som spelar in för ett gott inneklimat. Med god täthet minskas obehagligt drag inomhus. I ett tätt hus ventileras huset via ventilationssystemet istället för genom otätheter i väggar och skarvar. På så sätt minskas även energiförlusterna på grund av luftläckage och värme i frånluften kan tillvaratas med hjälp av värmeväxlare.

I nuvarande upplaga av Boverkets byggregler finns inget värde på lufttäthet, där står istället: "Byggnadens klimatskärm ska vara så tät att krav på byggnadens specifika energianvändning och installerad effekt för uppvärmning uppfylls."

Detta kan jämföras med föregående upplaga då man hade ett krav på att luftläckaget inte fick överstiga $0,6 \text{ l/s m}^2$ vid en tryckskillnad på 50 Pa.

Ofta ställs krav idag av beställarna. I kraven för passivhus finns det dock ett värde, där är gränsen $0,3 \text{ l/s m}^2$ vid en tryckskillnad på 50 Pa.

5.1.1 Exempel 1

Det är inte bara tätheten som är viktig i en byggnad utan flertalet faktorer påverkar gemensamt både energiförbrukningen och inomhusmiljön. I exempel 1 är en beräkning gjord för att jämföra transmissionsförluster och luftläckage i både en villa med traditionell standard och i en villa med passivhusstandard.

Formler och data är hämtade ur kursmaterial från utbildningen, Högskoleingenjör i byggt teknik på Linnéuniversitetet⁴¹ & ⁴².

Förutsättningar: En villa i Västerås på 10x15 meter (150m²) har ett klimatskal på cirka 300m² exklusive grunden, varav väggar utgör 130m². Av de 130m² är 32,5m² (25 %) fönster. Taket motsvarar 170m².

Antag att vi har två typer av denna villa, en med passivhusteknik och en med traditionell standard. Vi beräknar både förlusterna på grund av transmission och förlusterna på grund av luftläckage.

Tryckskillnaden vid normala förhållanden anses vara 5-10 Pa⁴³. Därför valdes ett medelvärde (7,5 Pa).

Enheter och begrepp:

Specifik värmekapacitet (c) för luft är 1000 J/kg°K

luftens densitet (ρ) är 1,2 kg/m³.

$C=c*m$ [Ws/°K], (m= massa, kg)

$E=C*\Delta T$ [kWh]

V= volym [m³]

U-värde [W/m²°K]

E= Energi [kWh]

A= Area [m²]

ΔT = Temperaturdifferens

h= tid i timmar

$E= U_{medel}*A*\Delta T*h = [kWh]$

Årlig medeltemperatur i Västerås är 6°C och innetemperatur 21°C =>

$\Delta T = 15^{\circ}K$ (294-279=15)

⁴¹Kenneth, Sandin. *Värme och fukt* (1996)

⁴² Boel Holmstedt, m.fl. FLK *Installationsteknik och energibushållning* (kurslitteratur)

⁴³ Energi lotsen, *Handledning för entreprenörens kontroller och provningar*,
http://www.energilotsen.nu/energilotsen/kap_8_entreprenor.pdf (2010-05-26)

Traditionell villa (10x15 meter)

Transmissionsförluster genom klimatskalet:

U-värde vägg: 0,20 W/m²K

U-värde tak: 0,14 W/m²K

U-värde fönster & dörrar: 1,2 W/m²K

U-värde medel = $(0,20 \cdot 97,5 + 0,14 \cdot 170 + 1,2 \cdot 32,5) / 300 = 0,274 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$E = U_{\text{medel}} \cdot A \cdot \Delta T \cdot h = 0,274 \cdot 300 \cdot 15 \cdot 24 \cdot 365 = 10801080 \text{ Wh} = \mathbf{10800 \text{ kWh}}$$

Luftläckage:

$(q_l) = 0,5 \text{ l/s m}^2 \text{ (50Pa)} \Rightarrow (0,5/50) \cdot 7,5 = 0,075 \text{ l/sm}^2 \text{ (7,5 Pa)}$

$0,075 \cdot 300 = 22,5 \text{ l/s} \Rightarrow 709560 \text{ m}^3/\text{år}$

$m = V \cdot \rho = 709560 \cdot 1,2 = 851472 \text{ kg/år}$

$C = c \cdot m = 1000 \cdot 851472 = 851472000 \text{ Ws/}^\circ\text{K} \Rightarrow 851472000 / (3600 \cdot 1000) = 236,52 \text{ kWh/}^\circ\text{K}$

$$E = C \cdot \Delta T = 236,52 \cdot 15 = \mathbf{3\ 547,8 \text{ kWh /år}}$$

Total energiförlust i en traditionell villa:

Transmission 10801 kWh

Luftläckage 3548 kWh

Totalt **14 349 kWh** (motsvarar 14 349 SEK vid ett energipris på 1kr/kWh)

Passivhus (10x15 meter)

Transmissionsförluster genom klimatskalet:

U-värde vägg: 0,10 W/m²K

U-värde tak: 0,08 W/m²K

U-värde fönster & dörrar: 0,9 W/m²K

U-värde medel = $(0,10 \cdot 97,5 + 0,08 \cdot 170 + 0,9 \cdot 32,5) / 300 = 0,175 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$E = U_{\text{medel}} \cdot A \cdot \Delta T \cdot h$$

$$E = 0,175 \cdot 300 \cdot 15 \cdot 24 \cdot 365 = 6898500 \text{ Wh} = \mathbf{6898,5 \text{ kWh}}$$

Luftläckage: $0,19 \text{ l/sm}^2 \text{ (50Pa)} \Rightarrow (0,19/50) \cdot 7,5 = 0,0285 \text{ l/s m}^2 \text{ (7,5 Pa)}$

$0,0285 \cdot 300 = 8,55 \text{ l/s} \Rightarrow 269632,8 \text{ m}^3/\text{år}$

$m = V \cdot \rho = 269632,8 \cdot 1,2 = 323559,36 \text{ kg/år}$

$C = c \cdot m = 1000 \cdot 323559,36 = 323559360 \text{ Ws/}^\circ\text{K} \Rightarrow 323559360 / (3600 \cdot 1000) = 89,88 \text{ kWh/}^\circ\text{K}$

$$E = C \cdot \Delta T = 89,88 \cdot 15 = \mathbf{1348,2 \text{ kWh /år}}$$

Total energiförlust i en passivhusvilla:

Transmission	6898,5 kWh
Luftläckage	1348,2 kWh
Totalt	<u>8246,7 kWh</u>

(motsvarar 8 247 sek vid ett energipris på 1kr/kWh)

Jämförelser av hur mycket man tjänar i energi på en passivhusvilla:

Transmissionsförluster: 10801 - 6898,5 = 3902,5 kWh

Luftläckage: 3548 - 1348,2 = 2199,8 kWh

Totalt: 14349 - 8247 = 6102 kWh

(6102 kr/år vid ett energipris på 1kr/kWh)

Observera att följande beräkningar är gjorda för ovan antagna förhållanden och speglar inte alla förutsättningar. Exemplet ger en fingervisning om hur förhållandena är mellan dels passivhus och traditionell standard och dels mellan luftläckage och transmissionsförluster.

5.2 Skador/problem vid bristande täthet

Mögel och fuktskador som i värsta fall kan leda till röta är typiska problem som kan uppstå i hus med otäta diffusionspärrar. Den varma inneluften sprids ut genom ångspärren där den kyls av och kondenseras. En förutsättning för att varm inneluft ska kunna passera ut genom väggen är att det finns en tryckskillnad mellan ute- och inneluft. På grund av termisk drivkraft bildas ett övertryck invändigt, vilket medför att de övre delarna i byggnaden blir mest utsatta⁴⁴. Det innebär att det är i skarven mellan vägg och tak som det är svårt att få helt lufttätt. Där kan inneluften läcka ut genom tätskiktet. När luften kyls och vatten utsöndras på träpartier bildas med tiden mögelpåväxt. Upptäcks inte påväxten i tid kan träet till och med börja röta sönder. Det är på ovan nämnda sätt som många hus har fått skador på sina takkonstruktioner. Idag används dock balanserade till- och frånluftssystem som åstadkommer att över- eller undertryck undviks i byggnaden ⁴⁵.

Även problem med den termiska komforten kan uppstå vid otäta hus. Är huset otätt samtidigt som ventilationssystemet ventilerar för fullt, finns risk att drag uppstår. Drag tillsammans med temperaturskillnad mellan ytor är de faktorer som människan vanligen upplever mest störande⁴⁶. Drag och luftläckage kan även ge upphov till kalla golv. Om luft läcker in i byggnaden, läcker också förorenad luft in vilket kan påverka hälsan. Detta undviks om huset är tätt och har ett ventilationssystem som är utrustade med ett filter, eftersom uteluften då renas innan den ventilerar bostaden. Ljud letar sig liksom luft in genom otätheter och därav påverkas även husets ljudisolering av bristande täthet. Samtidigt som inneklimatet blir sämre påverkar otätheter även energiförbrukningen negativt⁴⁷.

⁴⁴ Per Ingvar Sandberg, Paula Wahlgren, Eva Sikander, Bengt Larsson, *Lufttäthetens handbok*, 2007

⁴⁵ Beate Hedén, installationssamordnare PEAB (2010-05-17)

⁴⁶ Per Ingvar Sandberg, Paula Wahlgren, Eva Sikander, Bengt Larsson, *Lufttäthetens handbok*, 2007

⁴⁷ Boverket, *ByggaBoDialogen – Utbildning i byggande för hälsosam innemiljö och effektiv energi- och resursanvändning* 2010

5.2.1 Svaga punkter

Det finns en rad svaga punkter som är extra känsliga och det är där luftläckage ofta uppstår. Nedan är en del av de punkter som är extra utsatta redovisade:

Syllen - plattan: Att få tätt mellan syllen och betongplattan kan vara svårt. Därför har valet av syllisolering stor betydelse. Det kan skilja så mycket som 30-40 gånger i täthet mellan den bästa och sämsta isoleringen.

Fönster: Runt alla fönster i en byggnad blir det många meter som måste tätas. Det blir också många skarvar i plastfolien som måste tätas på ett korrekt sätt⁴⁸. Nedan visas bilder på hur man har löst tätningen på ett bra sätt vid byggandet av ett passivhus i Smålandstenar samt hur det ofta såg/ser ut vid traditionella byggnader, vilket inte är att föredra (se figur 5.3.1 och 5.3.2).



Figur 5.2.1. Exempel på en bra lösning.

Figur 5.2.1 visar hur färdiga skarvbitar tejplats i hörnen för att uppnå en så god täthet som möjligt.

⁴⁸ Boverket, *ByggaBoDialogen – Utbildning i byggande för hälsosam innemiljö och effektiv energi- och resursanvändning* 2010

Figur 5.2.2 visar hur det ofta ser/såg ut vid traditionella byggnader. Där saknas skarvbitar i hörnen, vilket medför ett stort luftläckage.

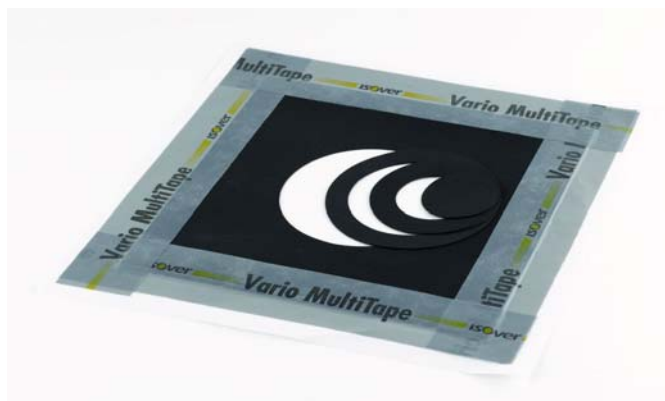


Figur 5.2.2. Exempel på hur det ofta såg/ser ut vid traditionella byggnader. I hörnet har plasten kapats och vikts undan, utan att tejpas och tätas med passbitar.

Skarvar mellan plastfolierna: Ordentligt överlapp och tejp krävs vid alla skarvar i plastfolien.

Skarvar mellan konstruktionsdelar: Vägg-vägg, vägg-tak och alla hörn är viktiga delar som måste tätas noga.

Genomföringar: Genomföringar genom tätskiktet ska i största mån undvikas, men är ibland nödvändiga. Då genomföringar görs måste hålen tätas noga. Idag finns bra förtillverkade kragar att köpa som underlättar att få det tätt (se figur 5.2.3)⁴⁹.



Figur 5.2.3. Exempel på en krage för ett ventilationsrör,
<http://www.isover.se/press/pm/2009/produktnytt+-+isover+vario-systemet> (2010-05-18)

⁴⁹ Boverket, *ByggaBoDialogen – Utbildning i byggande för hälsosam innemiljö och effektiv energi- och resursanvändning* 2010

5.3 Hur arbetar företag i produktionen för god täthet

De stora företagen är idag mycket medvetna om vikten av täthet och arbetar aktivt med detta. En telefonintervju med tre av Sveriges största byggföretag genomfördes. Nedan redovisas hur företagen svarade hur de arbetar med täthetsfrågor.

NCC arbetar med att i ett tidigt stadium, redan innan man är ute i produktionen granska ritningar och ta fram plattformar som det går att bygga efter. Installationsskikten optimeras för att minska genomföringar och då genomföringar görs används färdiga kragar. Man arbetar med tätheten i samtliga projekt, inte bara passivhus/lågenergihus. Det finns interna krav på tätheten, dock är man inte nere i 0,3 l/s m² som gäller vid passivhus. Både hantverkare och tjänstemän utbildas i täthet. För framtiden arbetar man främst med att studera alternativ till plastfolien. NCC planerar att inom en snar framtid skärpa de interna kraven på täthet i samtliga projekt så de motsvarar kraven för passivhus (0,3 l/s m²)⁵⁰.

Skanska arbetar idag aktivt för att undvika att problem uppstår i produktionen. Till skillnad mot för några år sedan då handlingar och ritningar ibland kunde vara tvivelaktiga, arbetar man idag hårt för att få tydliga handlingar. Problemen ska inte lösas på plats utan tydliga anvisningar ska finnas för hur genomförandet ska ske. Skanska lägger även stor vikt vid att genomföra arbetsberedningar inför varje moment. För att försäkra sig om att utförandet gått rätt till sker intern uppföljning och kontroll. Vid passivhusentreprenader låter Skanska alla inblandade genomgå en täthetsutbildning. Genom utbildningen försöker man få arbetarna att förstå bakgrunden, vikten av täthet och vilka följder de får om direktiven inte följs. För närvarandet låter man även en industridoktorand arbeta med ett projekt som kallas ”nollenergi 2019”. Han undersöker hur de krav om minskad energiförbrukning som kommer ska kunna mötas i praktiken⁵¹.

⁵⁰ Swante Wijk, Energisamordnare NCC, telefonintervju (2010-04-17)

⁵¹ Ulf Persson, Skanska, telefonintervju (2010-04-17)

PEAB arbetar idag med extra fokus på tätheten då beställaren har krav på täthetsprovning. Täthetsprovning i den reguljära produktionen förekommer inte i nuläget. För närvarande utbildas medarbetarna i varje projekt separat men på PEAB's hantverkardagar i september 2010 skall alla hantverkare få en utbildning i hur viktig tätheten är. Även konsulter och underentreprenörer behöver få en utbildning i täthet för att kunna leva upp till kraven, vilket har skett på Videum Hus N i Växjö. På företagsnivå arbetas det mot de framtida energikraven, som direkt hänger ihop med byggnadens täthet. PEAB är mycket väl medvetna om vad som kommer, och arbetar därför för att ha kunskaper att uppfylla krav från beställare och myndigheter. Eftersom företaget arbetar som entreprenör är det beställaren som bestämmer vilken nivå bygget skall ha. PEAB försöker dock att sälja in bättre/mer optimala energilösningar om det finns möjlighet till detta⁵².



Figur 5.2.1 Täthetsutbildning med Helena Bülow-Hübe vid Videum Hus N, Växjö

⁵² Beate Hedén, Energisamordnare PEAB, Intervju, (2010-05-18)

5.4 Genomförande av täthetsprovningar

Blower door-metoden är den vanligaste provtryckningsmetoden för kontroll av lufttätheten i en byggnad. Metoden bygger på att huset, alla ventilationsdon och rör mm, täpps till för att inte släppa ut luft. En fläkt monterats sedan, oftast i en dörröppning. Provtryckningen sker enligt EN13829:2000 ⁵³.



Figur 5.5.1 Täthetsprovning av byggnad. Källa http://www.byggmiljogruppen.se/tjanst_lufttahetsprovning.html, (2010-05-05)

Fläkten för in luft som skapar ett över- respektive ett undertryck i huset⁵⁴. Att både övertryck och undertryck mäts beror på att plastfolien annars kan vara monterad fördelaktig mot t.ex. övertryck men dåligt mot undertryck eller tvärt om. Tryckskillnaden över klimatskärmen under en provtryckning är 50 Pa. Vid denna tryckskillnad är risken för att material och konstruktionen skall skadas liten. Vid höga tryckskillnader finns annars risk att plastfolien slits sönder där den har tejpat/nitats. Resultatet mäts i ”antalet liter som läcker genom byggnadens klimatskärm, per kvadratmeter omslutningsyta och per sekund” ⁵⁵.

⁵³ Per Ingvar Sandberg, Paula Wahlgren, Eva Sikander, Bengt Larsson, *Lufttäthetens handbok*, 2007

⁵⁴ Per Ingvar Sandberg, Paula Wahlgren, Eva Sikander, Bengt Larsson, *Lufttäthetens handbok*, 2007

⁵⁵ Paula Wahlgren, Eva Sikander, *SP Rapport*, http://www.sp.se/sv/units/energy/eti/Documents/SP%20Rapport%202008_36%20Utv%20C3%A4rdering%20av%20luftt%C3%A4thet.pdf, (2010-05-05)

Provtryckning utförs på ett tidigt stadium, före övergolv monteras, målning och dylikt⁵⁶. På så sätt kan brister och otätheter enklare åtgärdas. Provtryckning kan alltså ske redan före gipsen skruvas på väggarna⁵⁷. Desto senare under projektets gång som problemen upptäcks, desto dyrare blir de att åtgärda.

Skulle byggnaden vara väldigt stor, så att provtryckningen inte kan ske med hela byggnaden på en gång, kan del för del provtryckas. Så är fallet för studerat projekt, Videum Hus N, Växjö. Där fick de öppningar som ska anslutas mot andra delar tätas provisorisk, då provtryckning skulle ske. På så sätt kan lite sämre resultat erhållas, vilket man räknar med förbättras då delarna byggs ihop.

Provtryckning genom byggnadens ventilationssystem är en annan metod som används för provtryckning av stora byggnader. Vid stora byggnader finns risk för att Blower door-metodens kapacitet inte räcker till. Då kan provtryckning ske genom byggnadens ventilationssystem enligt CAN/CGSB-149.15-96⁵⁸. Metoden förutsätter dock att man har god kunskap om hur styr- och övervakningssystemet fungerar.

Luft blåses in genom fläktsystemet. Ett problem är dock att det ibland kan vara svårt att mäta hur stort luftflödet till byggnaden är. Tilluftmängden som sprutas in mäts då, men på grund av bristande tillgänglighet kan mätosäkerhet förekomma. Vissa system har även inbyggd mätutrustning i ventilationsaggregatet. Även med detta system bör minst en över- respektive en undertrycksmätning genomföras, för att säkerställa att t.ex. skarvar i plastfolien är ordentligt tejpade⁵⁹.

Sveriges tekniska forskningsinstitut (SP) har gjort en egen studie för hur metoden fungerar. 2008 genomfördes studien på en kontorsbyggnad, vilken var utrustad med ett ”nytt balanserat ventilationssystem med värmeväxlare”⁶⁰. Provtryckningen genomfördes enbart för undertryck, dock både för hög tryckskillnad (86Pa) samt låg tryckskillnad (8Pa).

⁵⁶ Byggmiljögruppen, http://www.byggmiljogruppen.se/tjanst_lufttathetsprovning.html, (2010-05-05)

⁵⁷ Paula Wahlgren, Eva Sikander, *SP Rapport*, http://www.sp.se/sv/units/energy/eti/Documents/SP%20Rapport%202008_36%20Utv%20C3%A4rdering%20av%20luftt%20C3%A4thet.pdf, (2010-05-05)

⁵⁸ CAN/CGSB-149.15-96, *Determination of the Overall Envelope Airtightness of Buildings by the Fan Pressurization Method Using the Building's Air Handling System*, Canadian General Standards Board, Ottawa, Canada, 1996

⁵⁹ Per Ingvar Sandberg, Paula Wahlgren, Eva Sikander, Bengt Larsson, *Lufttäthets handbok*, 2007

⁶⁰ Paula Wahlgren, Eva Sikander, *SP Rapport 6.3 sid 33*, http://www.sp.se/sv/units/energy/eti/Documents/SP%20Rapport%202008_36%20Utv%20C3%A4rdering%20av%20luftt%20C3%A4thet.pdf, (2010-05-05)

Studien resulterade i positiva erfarenheter och man uppnådde även önskat tryck, även om vädret då studien genomfördes var väldigt blåsigt. Det gjorde att resultaten blev lite opålitliga, även om korrigeringar för väderleken gjordes. Metoden visade sig vara väldigt tidseffektiv, då ingen Bloow door behövdes installeras. En annan stor fördel är att byggnaden relativt enkelt kan provtryckas igen efter ett par år⁶¹. Nackdelarna var att det var svårt att kontrollera luftflödet till byggnaden pga. brist på tillgänglighet⁶².

Luftläckaget i en byggnad går även att mäta genom ASTM E741⁶³. Metoden innebär att spårgas sprutas in i en byggnad eller en del av en byggnad. Sedan undersöks hur lång tid det tar för gasen att försvinna. Utifrån uppmätta värden och tid kan sedan lufttätheten beräknas.

⁶¹ Kevin D Knight, Bryan J Boyle, *Guidelines for delivering effective air barrier systems*, <http://www.aaa.ab.ca/pages/members/documents/Guidelines-for-Delivering-Effective-Air-Barrier-Systems-PDF.pdf>, (2010-05-18)

⁶² Paula Wahlgren, Eva Sikander, *SP Rapport*, http://www.sp.se/sv/units/energy/eti/Documents/SP%20Rapport%202008_36%20Utv%20A4rdering%20av%20luft%20A4thet.pdf, (2010-05-05)

⁶³ Kevin D Knight, Bryan J Boyle, *Guidelines for delivering effective air barrier systems*, <http://www.aaa.ab.ca/pages/members/documents/Guidelines-for-Delivering-Effective-Air-Barrier-Systems-PDF.pdf>, (2010-05-18)

5.5 Jämförelse av utvalda projekts provtryckningsresultat

I detta avsnitt beskrivs kortfattat de objekt för vilka jämförelser av täthetsprovningar har gjorts.

5.5.1 Lindås

<u>Färdigställt år:</u>	2001
<u>Entreprenör:</u>	PEAB Sverige AB
<u>Antal lägenheter:</u>	20 st. radhuslägenheter
<u>Antal provtryckta lägenheter:</u>	Uppgift saknas

Lindås Hus B	Medelvärde luftläckage
Datum: 2003	0,3 l/s m ²

Lindås Hus C	Medelvärde luftläckage
Datum: 2003	0,31 l/s m ²

Uppgifterna om Lindås har givits av Maria Brandt Göteborgs Egnahems AB.

5.5.2 Oxtorget, Värnamo

<u>Färdigställt år:</u>	juni 2006
<u>Entreprenör:</u>	NCC Construction
<u>Antal lägenheter:</u>	40 st.
<u>Antal provtryckta lägenheter:</u>	Uppgift saknas

Oxtorget	Medelvärde luftläckage
Datum: 2006	0,2 l/s m ²

Kommentar:

Kv. Oxtorget var ett projekt som drog ut väldigt på tiden i projekteringsfasen. Projektet fick kritik, men förseningen ledde även till att Finnvedsbostäder fick upp ögonen för passivhustekniken. Man beslutade att testa att bygga passivhus, vilket resulterade i 5 flerfamiljshus.

Uppgifterna om Oxtorget har hämtats från Finnvedsbostäder, *Slutrapport kv. Oxtorget 2008-08-08*.

5.5.3 Kv. Seglet, Karlstad

Färdigställt år: februari 2007

Entreprenör: Skanska AB

Antal lägenheter: 44 st.

Antal provtryckta lägenheter: 44 st.

Kv. Seglet	Medelvärde luftläckage
Datum: 2009-02-19	0,13 l/s m ²

Kommentar:

Hantverkare närvarade vid de första provtryckningarna, för att se vart problemen med luftläckage uppstod. Dessa tätades sedan, så att lägenheten kunde provas igen. Provtryckningar genomfördes tills alla lägenheter hade klarat kraven. Som mest fick samma lägenhet provtryckas fyra gånger. Provtryckningsresultaten låg inom spannet 0,09-0,18 l/s m². Problem att få det tätt uppstod främst under balkongdörrar, men även mellan lägenheterna. En termografering utfördes även för att än tydligare se vart läckaget och köldbryggorna fanns.

Uppgifterna om kv. Seglet har givits av Anders Björbole, KBAB.

5.5.4 Hertings gård, Falkenberg

Färdigställt år: december 2008

Entreprenör: Petersson & Hansson

Antal lägenheter: 54 st.

Antal provtryckta lägenheter: 9 st.

Kv. Hertings gård	Medelvärde luftläckage
Datum: 2009-02-19	0,0925 l/sm ²

Kommentar:

FaBo valde vilka lägenheter som skulle provtryckas. Man närvarade även vid provtryckningarna. De lägenheter som inte klarade kravet på 0,16 l/s m² testades om. Idag har även en etapp 2 byggts, för vilken täthetsresultatet låg mellan 0,038-0,10 l/s m².

Uppgifterna om kv. Hertings gård har givits av Ingemar Bengtsson, FABO.

5.5.5 Hamnhuset, Göteborg

<u>Färdigställt år:</u>	våren 2008
<u>Entreprenör:</u>	NCC Construction, Totalentreprenad
<u>Antal lägenheter:</u>	115 st.
<u>Antal provtryckta lägenheter:</u>	115 st.

Hamnhuset	Medelvärde luftläckage
Datum: 2008-07-10	0,38 l/s m ²

Kommentar:

Hamnhuset är ett lågenergihus, som är byggt med passivhustekniken. Det förklarar anledningen till varför värdet på luftläckaget är så högt. Det är Sveriges största flerbostadshus som är byggt med tekniken. Provtryckningen genomfördes då det blåste en del, vilket medförde att några av värdena ansågs något tvivelaktiga.

Uppgifterna om Hamnhuset har givits av Per Andersson, Älvstranden Utveckling AB.

5.5.6 Portvakten, Växjö

<u>Färdigställt år:</u>	september 2009
Entreprenör:	NCC Construction, Totalentreprenad
Antal lägenheter:	64 st.
Antal provtryckta lägenheter:	8 st.

Portvakten	Medelvärde luftläckage
Datum: 2008-07-10	0,17 l/s m ²

Kommentar:

Vindhastigheten var lite högre än önskvärt samt att vinden var byig vid täthetsprovningen för hus 7, vilket medförde mätosäkerhet. Variationen mellan mättillfällena var så pass stort att det var svårt att avgöra om resultaten gynnats eller missgynnats. Dessutom släppte den provisoriska plastningen av altandörren ett flertal gånger under provningarna, vilket därför antogs att det uppmätta värdet var något överskattat. Dock låg samtliga värdena en bit under de krav som satts upp för tillåtet luftläckage. Då provningen av hus 8 genomfördes var inte plastfolien mellan plan 7 och plan 8 hopptejp. I samband med provningen gjordes även en luftläckagesökning, vilken visade att det var vid fasadskarven på plan 8 som luft läckte. När elementskarven mellan plan 7 och plan 8 var åtgärdad antogs läckaget minska ytterliggare.

Uppgifterna om Portvakten har givits av Magnus Fransson, Hyresbostäder i Växjö AB.

5.5.7 Cafékvarteret, Smålandsstenar

<u>Färdigställt år:</u>	september 2010
<u>Entreprenör:</u>	PEAB Sverige AB, Totalentreprenad
<u>Antal lägenheter:</u>	16 st.
<u>Antal provtryckta lägenheter:</u>	2 st.

Cafékvarteret	Medelvärde luftläckage
Datum: 2010-03-01	0,196 l/s m ²

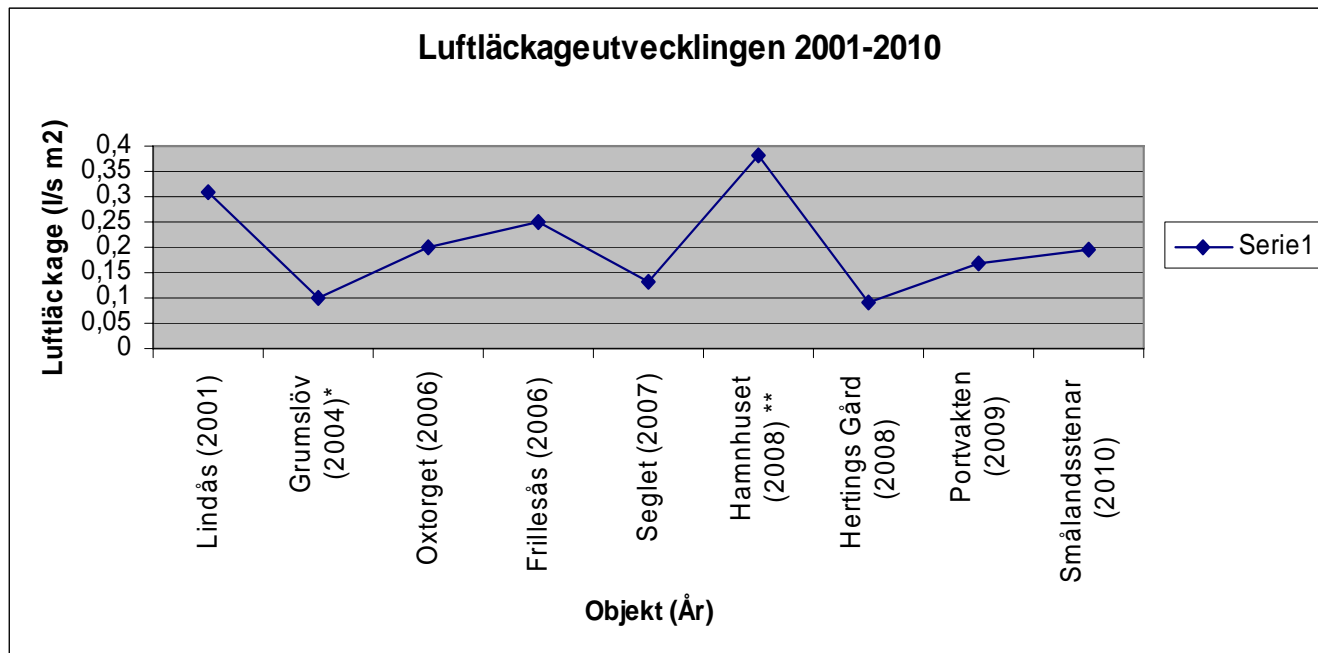
Kommentar:

Tekniken var ny för AB Gislavedshus, vilket gjorde att man tillsammans med PEAB gjorde studiebesök på Hertings gård för att få tips om hur moment kring tätheten lösts. I tätningsarbetet användes betyltejp istället för klamrar, för att undvika klammerhål. Man har även två lager plastfolie i väggen. Gislavedshem valde vilka lägenheter som skulle provtryckas, vilket sedermera gjordes med gott resultat. Alla ytterväggarna har installationsväggar, för att på så sätt undvika att punktera diffusionsspärren i onödan.

Uppgifterna om Cafékvarteret har givits av Johan Lindahl, PEAB.

Kurva för hur tätheten i undersökta projekt varierar (tabell 5.5.1).

Tabell 5.5.1



* För projektet i Grumslöv arbetades det extra hårt för god lufttäthet. Målet var att få ett 5-8 gånger tätare hus än kraven. Det resulterade i ett nytt svenskt rekord⁶⁴.

** Hamnhuset är inget passivhus utan endast ett lågenergihus som är byggt med passivhusteknik.

⁶⁴ Prime Project.

[http://www.ied.no/oslo/IED.nsf//FAF16499BE1357BBC12573A200487EE5/\\$FILE/Glum%20C3%B6v+-+IED+exempel.pdf](http://www.ied.no/oslo/IED.nsf//FAF16499BE1357BBC12573A200487EE5/$FILE/Glum%20C3%B6v+-+IED+exempel.pdf), (2010-05-26)

6. Diskussion/Slutsats

Energieffektivisering och klimatfrågor är ständigt aktuella diskussionsämnen och berör såväl privatpersoner som politiker. Energieffektivisering av byggnader är en av klimatfrågorna som diskuterats flitigt senaste tiden. Dagens krav för nyproducerade byggnader anses ofta vara alltför generösa och har inte skärpts nämnvärt på många år. EU kommer dock inom kort att skärpa kraven rejält. De nya direktiven medför att nya byggnader ska produceras enligt principen för nollenergihus inom 10 år.

De skärpta kraven kommer att medföra en förändring för entreprenörerna. Att på bara ett decennium minska energiförbrukningen för byggnader med 20 % är ett tufft mål. Passivhustekniken hjälper till att minska energiförbrukningen. Enligt vår studie finns det redan idag en efterfrågan på passivhus. Det visade sig att över 45 % väljer att flytta till nyproducerade passivhus delvis på grund av att det är just ett passivhus.

6.1 Boendes attityder

Ålderfördelningen i passivlägenheter skiljer sig något mellan områdena. Värnamo är det område där flest familjer bor, vilket möjligen kan förklaras av att husen är utformade som radhus. Dessutom ligger husen i ett tryggt område och har en liten trädgård där barnen kan leka.

Husen i Falkenberg representeras främst av äldre personer >60 år. Ålderfördelningen kan eventuellt bero på husens läge i ett lugnare naturnära område utanför centrum, med närhet till köpcenter och affärer.

I Växjö råder för närvarande brist på 2:or och 3:or. Husen är de som har högst andel boende i åldern 20-30 år, vilket annars är ganska ovanligt för nybyggda lägenheter som ofta har en högre hyra.

I studien framgick det att av dem som besvarade enkäten var ålderskategorin 60<år den mest representerade, där drygt 40 % av hushållen inryms. Generellt är det ungdomar (20-30 år) och äldre (60< år) som bor i lägenhet, men ungdomar har ofta sämre ekonomiska förutsättningar och väljer då oftast äldre fastigheter med lägre hyror. Passivhus är en ny teknik och finns bara i nybyggda hus, vilket kan vara en anledning till att den äldre åldersgruppen är överrepresenterad.

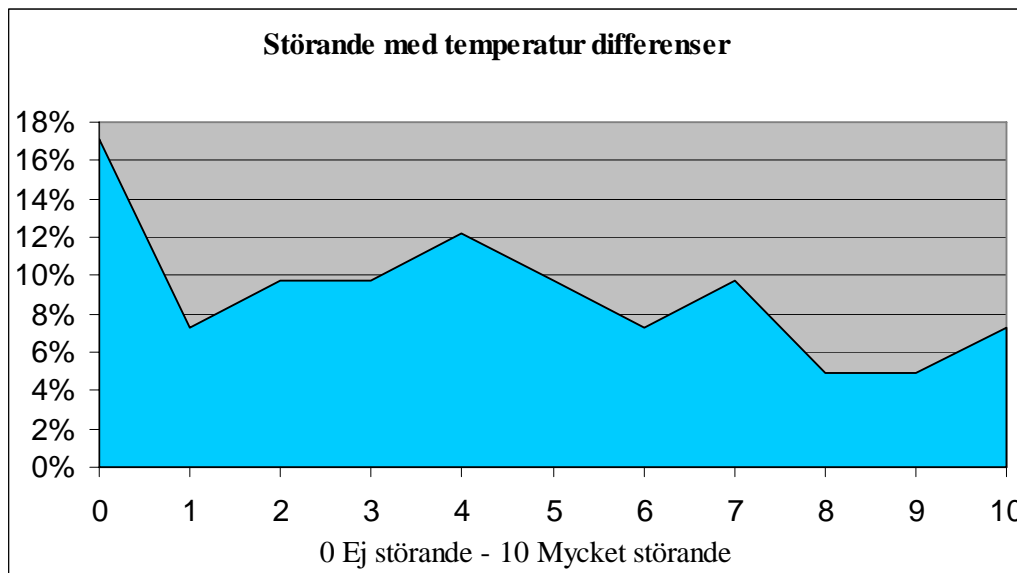
Det finns en rad parametrar och faktorer som ofta spelar in vid valet av bostad, vilka beaktas i undersökningen. Det som är mest intressant är att 45 % av samtliga tillfrågade har valt att flytta till lägenheten delvis för att det är ett passivhus. Det påvisar att det finns ett starkt intresse för tekniken och engagemang för miljö- och klimatfrågor. Den framtida marknaden bör därför vara god. Parametrar som är tydligt avgörande för många i valet av bostad är att det är nybyggda hus, bra planlösning och bra läge.

Energiförbrukningen är en av passivteknikens huvudfrågor då tekniken skall leda till låga driftkostnader. Alla undersökta objekt har individuell mätning av energiförbrukningen. Enligt studie visar det sig att knappt 50 % anser sig ha fått minskade energikostnader, och nästan samma andel är det som har kontroll på och stämmer av sin förbrukning. Vad man har för inställning till energieffektivisering avspeglar förmodligen också energiförbrukningen. En tredjedel av de tillfrågade anser att de aktivt har ändrat sitt beteende sedan inflyttning till passivhus. Resultatet visar också att man inte behöver ändra sitt beteende för att bo i ett passivhus. En aspekt som inte tas upp är vad man har haft för energikostnader tidigare. Exempelvis kan de boende tidigare ha haft en bostad där allt ingått i hyran eller bott i ett hus med olika uppvärmningssystem. Det kan förklara varför hushållen upplevt både minskade och ökade kostnader. Fastighetsägarna har dock fått stora minskningar av energikostnaderna.

Inomhusklimatet speglar ofta hur man trivs i sin bostad. Det är därför viktigt med en stabil inomhustemperatur som inte är för kall eller för varm. Vad det gäller inomhusklimatet i studerade passivhus visar det sig att 30 % upplever att det är för varmt i lägenheten någon eller flera gånger per år. Samma fråga ställdes om kylan. 45 % upplevde det för kallt någon eller flera gånger per år. I Falkenberg är det över 80 % som aldrig upplevt att det varit för kallt i bostaden, detta skiljer sig mot övriga. I Växjö är motsvarande siffra 30 % och i Värnamo 40 %. Detta kan bero på flera orsaker, så som olika stommaterial, olika alternativa uppvärmningssystem för varmvatten, olika täthetsresultat och olika tekniska lösningar. I Falkenberg och Värnamo är husen byggda med betongstomme medan Portvakten har trästomme. De olika stomalternativen medför olika tröghet i materialen som leder till att värme och kyla lagras olika. Betong är ett tungt material som lagrar värme och kyla vilket medför jämnare innetemperaturer. En annan intressant aspekt är att Hertings gård i Falkenberg har som enda byggnad en luftsolvärmare som hjälper till att värma den inkommande luften. Detta kan förklara varför så få upplever att det är för kallt inomhus i Hertings gård jämfört med Portvakten och Oxtorget. Hertings gård har även bäst lufttäthet utav de objekt som studerats.

En liknande enkätstudie genomfördes under 2009 och omfattade boende i Oxtorget, Frillesås och Grumslöv. Resultaten från den undersökningen har studerats, för att om möjligt kunna dra paralleller och slutsatser. Att en ny enkätstudie genomfördes på Oxtorget berodde på att den ovanligt kalla vintern som varit kan ha påverkat de boendes uppfattning. Det visade sig dock att 2009 års resultat, där 54 % upplevde att det var för kallt vintertid, inte skiljer sig nämnvärt. I 2010 års studie svarar 60 % att de upplevt att det varit för kallt i bostaden under det senaste året, varav 6 % endast upplevt det en gång.

Hur de boende påverkades av dessa temperaturdifferenser skiljde sig ganska mycket, där ungefär 10 % svarar i varje missnöjesgrad (0 -10, 0 = ej störande 10 = mycket störande). Detta framgår även av figur 6.1.1



Figur 6.1.1 Hur störande de boende i samtliga projekt upplever temperaturdifferenser.

Hur detta skiljer sig mot vanliga hyresrätter framgår ej, men en teori är att ungefär samma resultat erhålls från vanliga hyresrätter. Eftersom fastighetsskötaren ofta styr värmen etc. i hyresrätter. Slutsatser kan dras av egna erfarenheter där upplevelser av både för varmt och för kallt inomhusklimat har skett flera gånger per år.

Ljudstörningar är en faktor som boende ofta upplever som mycket irriterande och störande. I undersökningen framgår det att samtliga lägenheter har mycket god ljudisolering mot omgivningen, men på grund av den goda ljudkomforten kan ljud från vitvaror och ventilation istället uppfattas som störande. Av undersökningen framgår det att ljud från främst vitvarorna upplevs som störande.

Generellt är det över 70 % av samtliga tillfrågade som trivs bra eller mycket bra i sina bostäder. Det som inte framgår av undersökningen är hur denna siffra skiljer sig mot andra nyproducerade lägenheter. Att de boende är nöjda i undersökningen beror delvis på att det är ett passivhus.

6.2 Vikten av täthet

En jämförelse har genomförts på ett flertal projekt med avseende på tätheten. En frågeställning gäller om det går att se en klar trend mot förbättrad täthet. Resultaten visar ingen tydligt trend i detta avseende, men krav och direktiv har blivit hårdare under denna tid. En viss trend kan ändå urskiljas för att tätheten har blivit bättre. I dagens läge är husen nästan alltid minst en tredjedel tätare än när tekniken först användes i Sverige.

Det finns dock många undantag från kurvans lutning. På vissa projekt idag bestäms att rekord i täthet ska försöka slås, och andra utgår bara från att bygga en tät och funktionell byggnad. Det bidrar till väldigt varierande resultat. Det är trots allt inte enbart tätheten som beskriver hur bra en byggnad är. Om ventilationen inte fungerar på önskat sätt kan det ge en känsla av otäta hus med drag, trots att otätheten inte alls är problemet i det fallet.

Jämförelser av tätheten med 2009 års arbete ⁶⁵ har genomförts. Ett intressant resultat var att det objekt som de boende upplevde mest positivt var det i Grumslöv. Vid projektet i Grumslöv arbetades det nämligen extra hårt med tätheten. När projektet genomfördes slogs det även rekord i lufttäthet, då man kom ner på 0,1 l/s m². Det objekt i 2010 års undersökning som fick bäst betyg av de boende var Hertings gård i Falkenberg. Det var även de husen som hade den bästa lufttätheten (0,09 W/s m²) där enkätstudien genomfördes. De objekt som upplevs som bäst är även de som är lufttätast.

Det visar sig att täthet är viktigt, inte minst för energiförbrukningen. Beräkningsexemplet visar att i en traditionell villa är energiförlusterna p.g.a. transmissionsförluster 10800 kWh/år, och p.g.a. luftläckage 3550 kWh/år. För en passivhusvilla är energiförlusterna p.g.a. transmissionsförluster 6900 kWh/år och p.g.a. luftläckage 1350 kWh/år. God täthet hjälper således till att spara både energi och pengar och bör därför eftersträvas. Det är dessutom nödvändigt att arbeta aktivt med tätheten för att uppnå de krav som ställs på passivhus och de krav som kommer att ställas på nollenergihus

⁶⁵ Thomas Lüddeckens och Marcus Samuelsson *Passivhus ur en brukares perspektiv* 2009

6.3 Slutsats

Marknaden för passivhus finns och lägenheter med passivhusteknik ökar hela tiden. Passivhustekniken medför även en god ljudisolering mot omgivningen, vilket många upplever väldigt positivt. Med tanke på den goda ljudkomforten bör vitvaror med en låg ljudnivå väljas.

Lufttätheten för en byggnad har en viktig inverkan på energiförbrukningen. De entreprenörer som kontaktats, säger sig vara medvetna om problemen och arbetar aktivt mot förbättrad täthet.

Att över 70 % faktiskt är nöjda eller mycket nöjda med sina bostäder tyder på att passivhus är ett koncept för framtiden.

7. Referenser

7.1 Litteratur

Boverket, *ByggaBoDialogen – Utbildning i byggande för hälsosam inomhusmiljö och effektiv energi- och resursanvändning* 2010 Boverkets byggregler 2010

Build for the future. *The ISOVER Multi-Comfort House*

CAN/CGSB-149.15-96, *Determination of the Overall Envelope Airtightness of Buildings by the Fan Pressurization Method Using the Building's Air Handling System*, Canadian General Standards Board, Ottawa, Canada, 1996

Holmstedt, Boel m.fl. *FLK Installationsteknik och energibushållning* (kurslitteratur)

Jansson, Ulla. *Passive houses in Sweden*, 2008

Lüddeckens, Thomas och Samuelsson, Marcus *Passivhus ur en brukares perspektiv* 2009

Myrstrand Jonsén, Felicia, Solberg, Jacqueline och Pettersson, Pia. *Passivhus-Framtidens boende? Den svenska utbredningen av och förklaringar till det ökade intresset för passivhus*. 2009

Saint-Gobain Isover. Scandinavia, *Är du aktiv, bygger du passivt!* 2008

Sandin, Kenneth. *Värme och fukt* 1996

Sandberg, Per Ingvar, Wahlgren, Paula, Sikander, Eva, Larsson, Bengt, Sveriges Byggindustrier *Lufttätthets handbok*, 2007

Slutredovisning av Demonstrationsprojekt inom Energimyndighetens program för Passivhus och Lågenergihus - *Demonstrationsprojekt 2006: 09; Portvakten Söder*

7.2 Elektroniska källor

Boverket, *BBR 2008*

http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/BBR_15/BBR_avsnitt9_supplement_energiushallning.pdf (2010-04-07)

Byggmiljögruppen, http://www.byggmiljogruppen.se/tjanst_lufttathetsprovning.html, (2010-05-05)

Dahlquist, Hans (2010). *Byggbolag väntar tuffa krav från EU*

http://www.byggvarlden.se/nyheter/energi_miljo/article132433.ece (2010-04-16)

Dahlquist, Hans

<http://www.nyteknik.se/nyheter/bygg/byggartiklar/article742121.ece> (2010-05-06)

Energi lotsen, *Handledning för entreprenörens kontroller och provningar*,
http://www.energilotsen.nu/energilotsen/kaop_8_entreprenor.pdf (2010-05-26)

Engström, Anna. *Energisnålt hus som är en sensation*.(2009)
<http://www.bt.se/nyheter/bollebygd/fakta-om-klimathuset%281366517%29.gm>
(2010-04-04)

Finnvedsbostädernas kundtidning Nr 1, 2004, http://www.oxtorget.se/04_1s45.pdf,
(2010-04-23)

Finnvedsbostäder, *Slutrapport Kv. Oxtorget 2008-08-08*,
<http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.2f3a7b311a7c8064438000688148/Slutrapport+Oxtorget+2008-08-08.pdf>, (2010-04-23)

Forum för energieffektiva byggnader. <http://www.energieffektivbyggnader.se/>
(2010-05-10)

Göransson, Börje *Oxtorget 2008 – Mätvärdesuppföljning*,
http://www.energiradgivarna.com/siteadmin/upload/pdfarkiv/borje_goransson.pdf,
(2010-05-13)

Knight D, Kevin, Boyle J, Bryan, *Guidelines for delivering effective air barrier systems*,
<http://www.aaa.ab.ca/pages/members/documents/Guidelines-for-Delivering-Effective-Air-Barrier-Systems-PDF.pdf> (2010-05-18)

Nationalencyklopedin, <http://www.ne.se/u-v%C3%A4rde> (2010-04-04)

Nilsson, Stefan. (2010). *Värmeförluster i ett hus*
<http://www.varmahus.se/energiskola/varmeoverforing.php> (2010-04-16)

Nilsson, Stefan. (2010). *Var läcker värmen ut?*
<http://www.varmahus.se/varmebehov/vaermefoerlust.php> (2010-04-16)

Passivhuscentrum, <http://www.passivhuscentrum.se> (2010-05-20)

Passivhuscentrum, *Miljömål 2050*
http://www.passivhuscentrum.se/mer_om_passivhus.html (2010-04-16)

Passivhuscentrum, *Marknaden för passivhus*,
<http://www.passivhuscentrum.se/marknaden.html?&L=akimtbgdvzadk> (2010-04-18)

Passivhuscentrum, http://www.passivhuscentrum.se/vilka_vi_ar.html (2010-03-29)

Passivhuscentrum,
http://www.passivhuscentrum.se/mer_om_passivhus.html?&L=jhlibwpzfc (2010-04-04)

Passivhuscentrum, <http://www.passivhuscentrum.se/fragorochsvar.html> (2010-04-04)

Passivhuscentrum
http://passivhuscentrum.se/fileadmin/pdf/Kravspecifikation_Passivhus_slutversion_juni_2009_1_juli.pdf (2010-04-06)

Prime Project,
[http://www.ied.no/oslo/IED.nsf//FAF16499BE1357BBC12573A200487EE5/\\$FILE/GlumsI%C3%B6v+-+IED+exempel.pdf](http://www.ied.no/oslo/IED.nsf//FAF16499BE1357BBC12573A200487EE5/$FILE/GlumsI%C3%B6v+-+IED+exempel.pdf), (2010-05-26)

Soliduct, <http://www.soliduct.com/> (2010-04-04)

Träguiden, <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=2779> (2010-05-05)

Wahlgren Paula, Sikander Eva, SP Rapport,
http://www.sp.se/sv/units/energy/eti/Documents/SP%20Rapport%202008_36%20Utv%C3%A4rdering%20av%20luft%C3%A4tthet.pdf, (2010-05-05)

7.3 Personlig kommunikation

Andersson, Per. Älvstranden Utveckling AB

Bengtsson, Ingmar. Muntlig intervju (2010-04-09) FaBo, Falkenberg

Björbole, Anders. KBAB.

Brandt, Maria. Göteborgs Egnahems AB

FaBo, PowerPoint-presentation Växthuset 18, -"Aktivt byggande för passivt bus"

Fransson, Magnus. Hyresbostäder i Växjö AB

Hedén, Beate. (2010-05-17) Installationssamordnare PEAB, Kalmar

Larsson, Jan Åke. Muntlig Intervju (2010-04-20) Platschef PEAB, Växjö

Lindahl, Johan. Muntlig intervju (2010-03-24) Platschef PEAB, Smålandsstenar

Persson, Ulf. Telefonintervju (2010-05-17) Skanska.

Warfvinge, Catarina. "Energianvändning i byggnader" Muntlig föreläsning (2009-12-15)

Växjö universitet, Växjö

Wijk, Swante. Telefonintervju (2010-05-17) Energisamordnare NCC.

Appendix

Appendix A - enkätundersökningen

Appendix B – provtryckningsresultat

Appendix A

Vikten av lufttätethet och attityder hos boende

Växjö, 2010-05-28

15 HP

Appendix till Examensarbete

Handledare: Torbjörn Allander, PEAB

Handledare: Anders Olsson, Linnéuniversitetet, Institutionen för teknik

Examinator: Bertil Bremer, Linnéuniversitetet, Institutionen för teknik

Examensarbete nr: TEK 036/2010

Innehållsförteckning

1. Enkätstudien	A1
1.1 Frågorna i enkäten och dess syfte.....	A1
1.2 Sammanställning Portvakten, Växjö.....	A7
1.3 Sammanställning Hertings gård, Falkenberg.....	A19
1.4 Sammanställning Oxtorget Värnamo	A32
1.5 Samtliga svar utan hänsyn till område.....	A45

1. Enkätstudien

1.1 Frågorna i enkäten och dess syfte

Enkäten är uppbyggd i olika kategorier, för att göra det enklare för målgruppen att tolka och svara på frågorna.

Allmänt

1) Hur många personer bor det i ert hushåll ?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2) Hur stor är lägenheten m²

35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

3) Antal och ålder på personer i hushållet

	0	1	2	3	4
Antal barn (0-10 år)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antal barn (11-20 år)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antal vuxna (20-30 år)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antal vuxna (30-40 år)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antal vuxna (40-60 år)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antal vuxna (60+ år)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4) Hur länge har ni bott i bostaden?

- 0-6 månader
- 6-12 månader
- 1-2 år
- 2 år eller fler

Syfte: Den allmänna delen (fråga 1-4) syftar främst till att ta reda på vilken typ av lägenhet som dominerar, samt vilken ålder det är på de som bor i passivhus. Förhoppningen är att det ska ge oss en bild av i vilken målgrupp de största marknadsvärdena finns.

5) Vilka parametrar spelade in när ni valde bostad?

- att det var ett nybyggt hus.
- det var den enda lediga bostaden just då.
- att det var ett passivhus.
- att det var en bra planlösning.
- att det var ett bra läge.
- att det var en bra ekonomisk lösning.
- Om annat, specificera

Syfte: I ovanstående fråga är syftet att ta reda på vad de boende tycker är viktigt vid val av bostad.

Energifrågor

6) Har ni upplevt minskade energikostnader till följd av att ni bor i ett passivhus?

- Nej, det har blivit dyrare
- Nej, ingen skillnad
- Ja, en liten minskning
- Ja, en stor minskning
- Om annat, specificera

7) Har ni individuell mätning av energiförbrukningen ?

- Ja, och jag stämmer av då och då för att se hur mycket jag har förbrukat
- Ja, men har inte koll på förbrukningen
- Nej

8) Har ni ändrat ert beteende till följd av att ni bor i ett passivhus?

- Ja
- Nej
- På vilket sätt?

Syfte: Avsikten med energifrågorna var att ta reda på om de boende upplevt minskade/ökade energikostnader. Om de har koll på sin förbrukning och om de ändrat sitt beteende vad det gäller energihushållning till följd av flytt till passivhus.

Inneklimat

9) Åt vilket/vilka vädersträck ligger era fönster?

- Norr
- Öster
- Söder
- Väster

10) Har ni upplevt att det varit för varmt i er bostad ?

- Nej
- Ja, en gång
- Ja, 2-5 gånger
- Ja, 6-10 gånger
- Ja, fler än 10 gånger
- Om annat, specificera

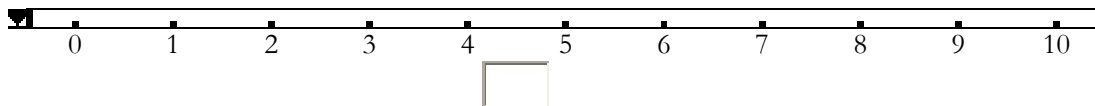
11) Om Ja på föregående fråga, när upplevdes det och hur åtgärdades det?

12) Har ni upplevt att det varit för kallt i er bostad ?

- Nej
- Ja, en gång
- Ja, 2-5 gånger
- Ja, 6-10 gånger
- Ja, fler än 10 gånger
- Om annat, specificera

13) Om Ja på föregående fråga, när upplevdes det och hur åtgärdades det?

14) Om ni upplevt att det varit för varmt och/eller för kallt, Hur störande upplevde ni detta ? (0 Ej störande 10 Mycket störande)

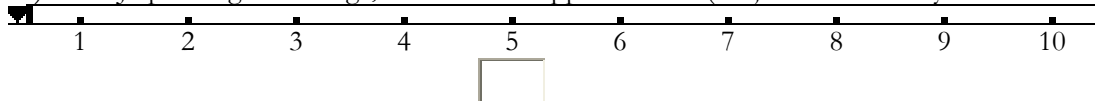


Syfte: Frågorna om inneklimatet syftar till att ta reda på dels om de boende upplever något problem med värme eller kyla och dels hur påverkade de i så fall blir ut av det. Syftet med fråga 9 var att kunna koppla det till energiförbrukningen, det var dock ej genomförbart.

15) Har ni upplevt imma på era fönster?

- Nej
- Ja, en gång
- Ja, 2-5 gånger
- Ja, 6-10 gånger
- Ja, fler än 10 gånger

16) Om Ja på föregående fråga, hur störande upplevs detta? (1 Ej störande 10 Mycket störande)



Syfte: Frågorna om imma syftar till att ta reda på om och hur ofta de boende upplever det, samt hur störande de tycker det är om det inträffar.

Ljud

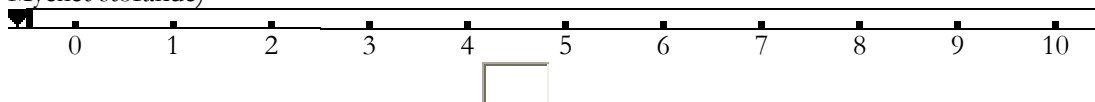
17) Har ni upplevt störande ljud från grannar / utifrån ?

- Nej, upplever inget problem
- Ja, Grannar
- Ja, Utifrån
- Om annat, specificera

18) Har ni upplevt störande ljud från installationer? (Ventilation, vitvaror etc)

- Nej, upplever inget problem
- Ja, från vitvarorna
- Ja, från ventilationen
- Om annat, specificera

19) Om ni upplever något problem med ljudstörningar, hur störande upplevs detta ? (0 Ej störande 10 Mycket störande)



Syfte: Syftet med ljudfrågorna är att ta reda på om och i så fall varifrån ljudstörningar kommer.

Övrigt

20) Hur uppfyller bostaden de förväntningar som ni hade innan ni flyttade in?

- Mycket bra
- Bra
- OK
- Dåligt
- Mycket dåligt

21) I vilken grad beror det på att det är ett passivhus? (0 Inte alls 10 Fullständigt)



Syfte: Med fråga 20 är syftet att ta reda på hur nöjda de boende är med sin bostad i helhet. Med fråga 21 är syftet att ta reda på hur stor del av betyget i fråga 20 som beror på att det är ett passivhus.

22) Har ni fått någon information/restriktioner från fastighetsägaren som ni ska tänka på?

- Ja
- Nej

23) Om Ja ovan, Vilken information har ni fått?

24) Vilka är de största fördelarna med att bo i ett passivhus?

25) Vilka är de största nackdelarna med att bo i ett passivhus?

26) Skulle ni rekommendera andra att flytta in i ett passivhus?

- Ja
- Nej

Syfte: Den sista delen i enkäten syftar till att få information om vad de boende tycker är bra respektive dåligt med att bo i passivhus.

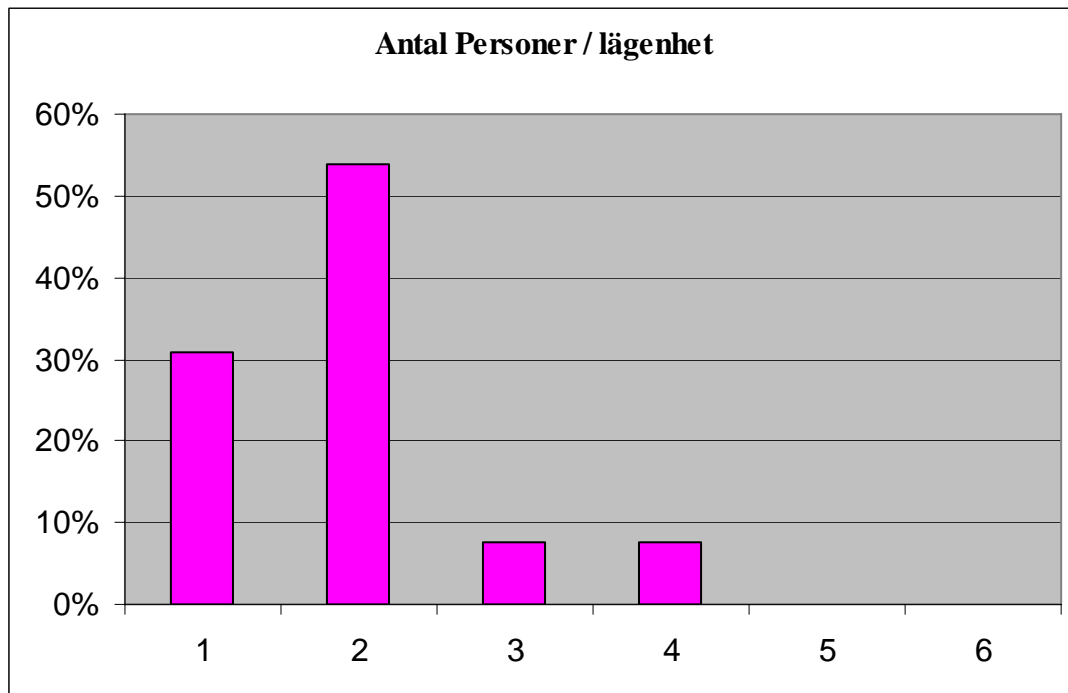
27) Namn och adress för att medverka i utlottning av biobiljetter

Syfte: Biobiljetter lottas ut för att öka svarsfrekvensen.

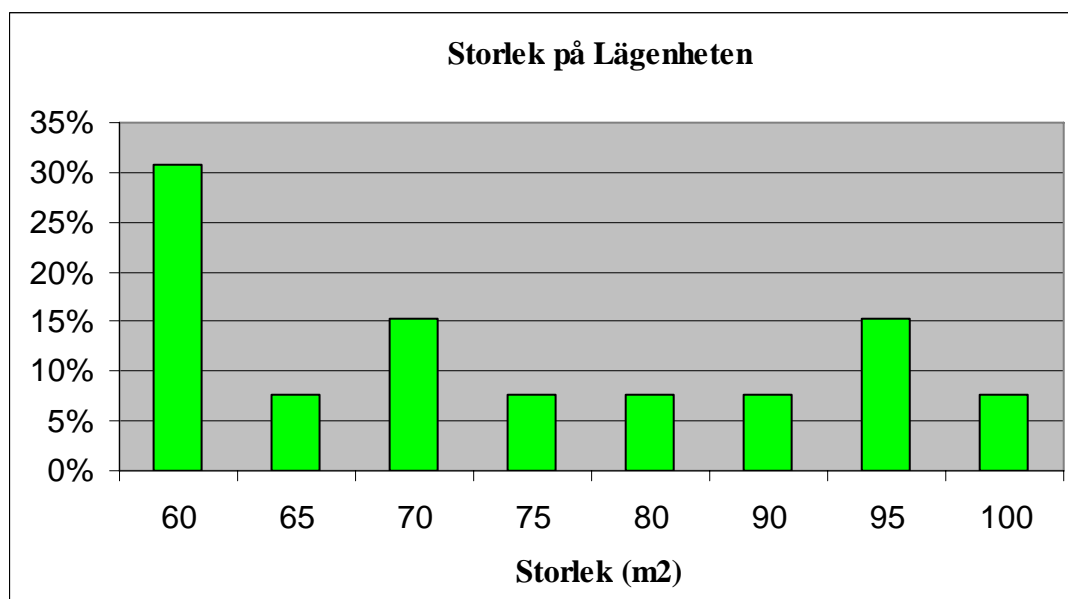
1.2 Sammanställning Portvakt, Växjö

Allmänt

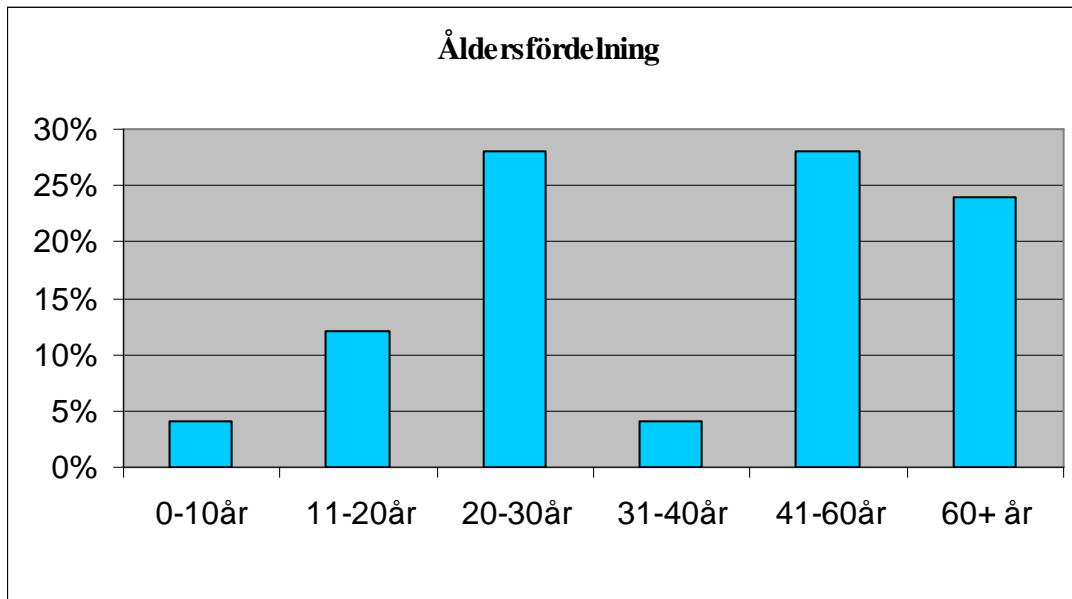
Fråga 1) Hur många personer bor det i ert hushåll?



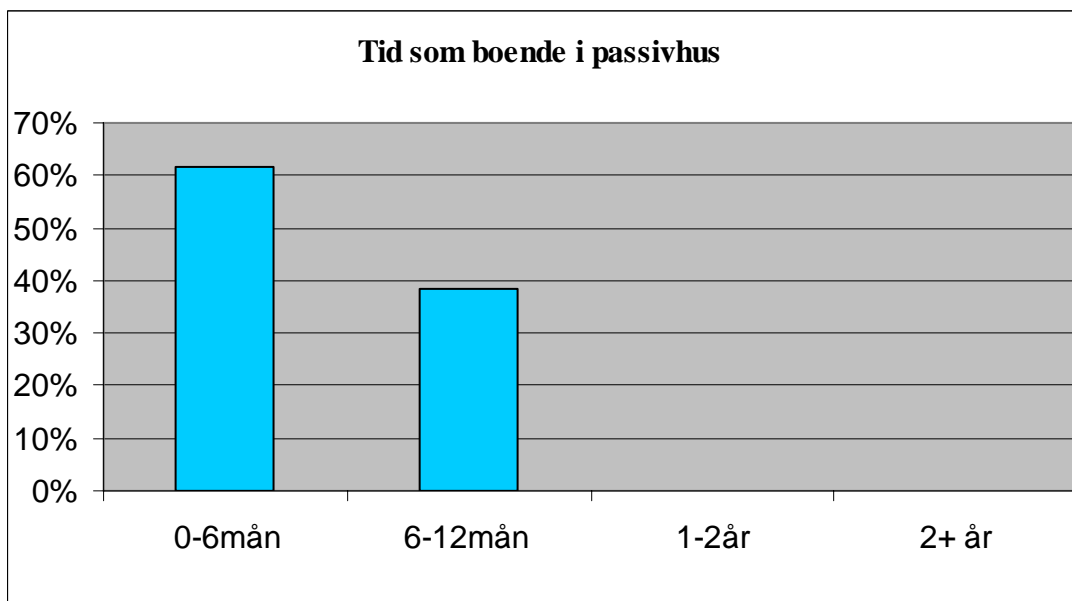
Fråga 2) Hur stor är lägenheten?



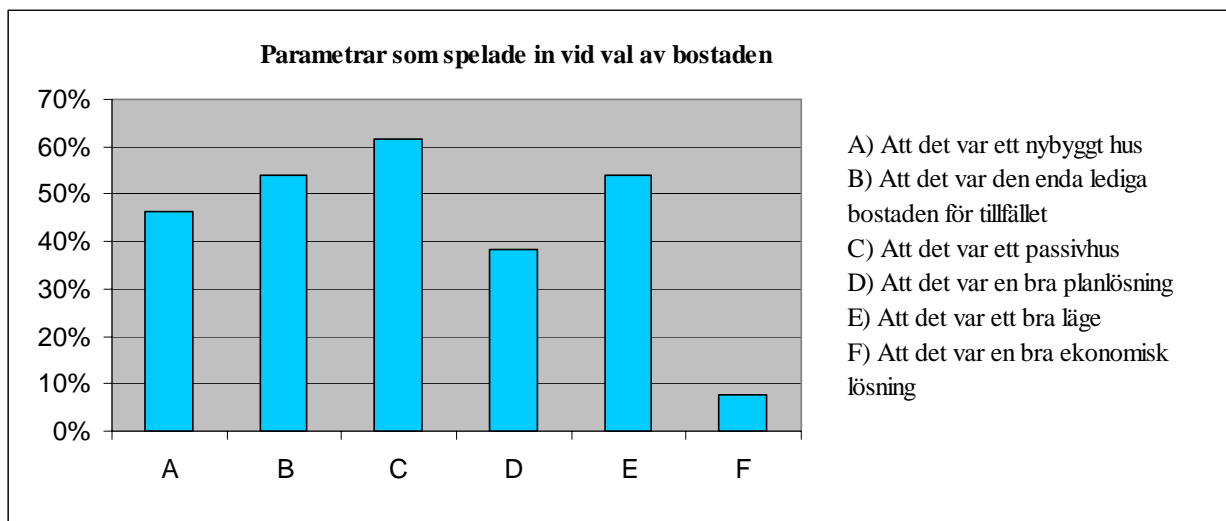
Fråga 3) Hur är åldersfördelningen i huset?



Fråga 4) Hur länge har de boende bott i sin bostad?

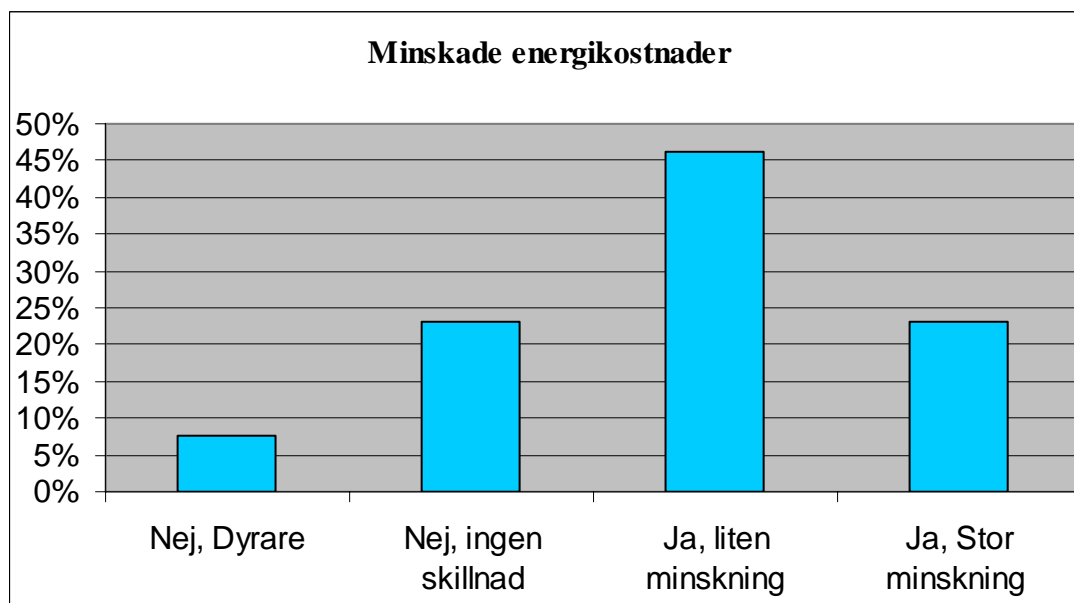


Fråga 5) Vilka parametrar spelade in när ni valde bostad?

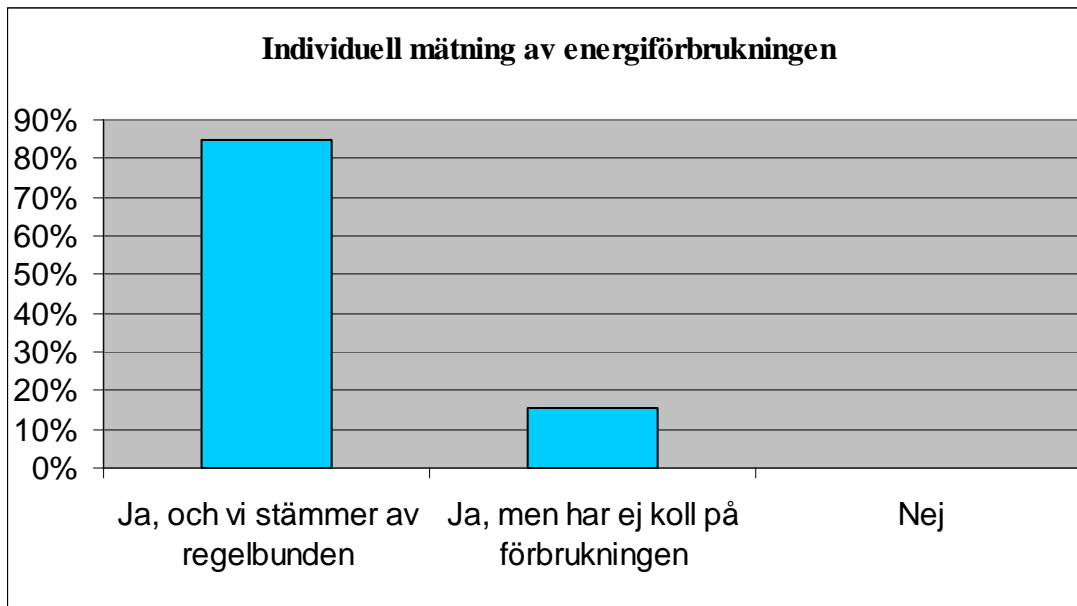


Energifrågor

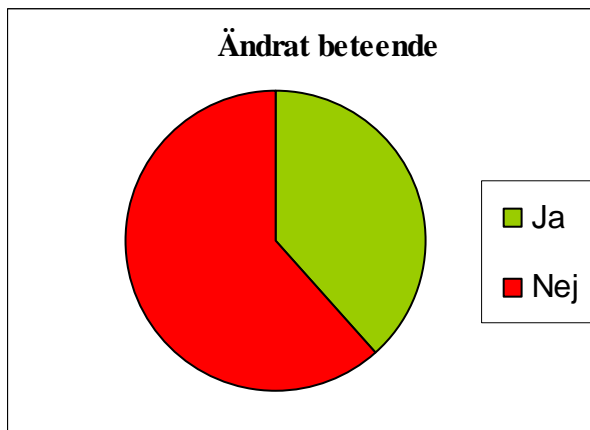
Fråga 6) Har ni upplevt minskade energikostnader till följd av att ni bor i ett passivhus?



Fråga 7) Har ni individuell mätning av energiförbrukningen ?

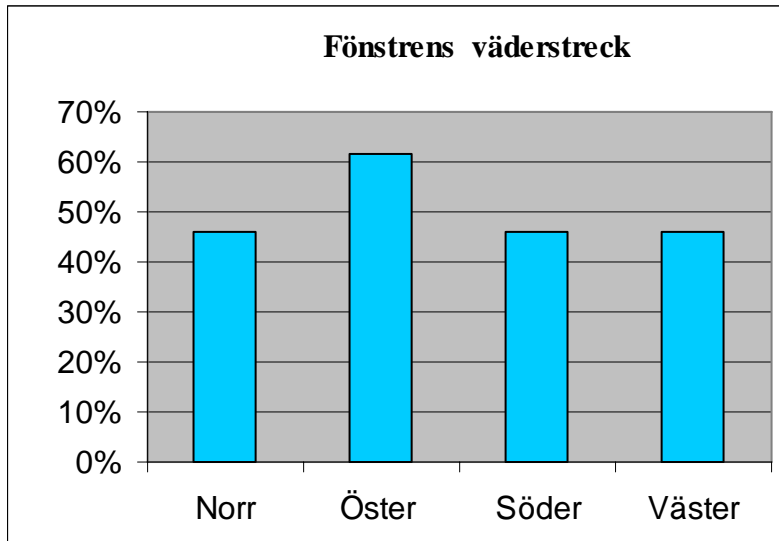


Fråga 8) Har ni ändrat ert beteende till följd av att ni bor i ett passivhus?

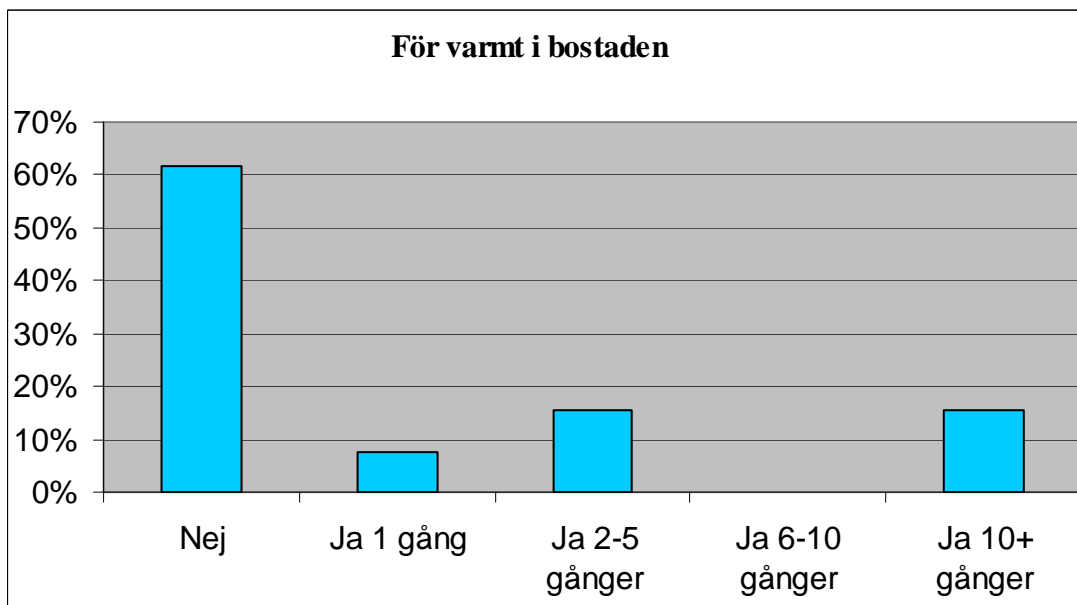


Inneklimat

Fråga 9) I vilket/vilka väderstreck vetter era fönster?



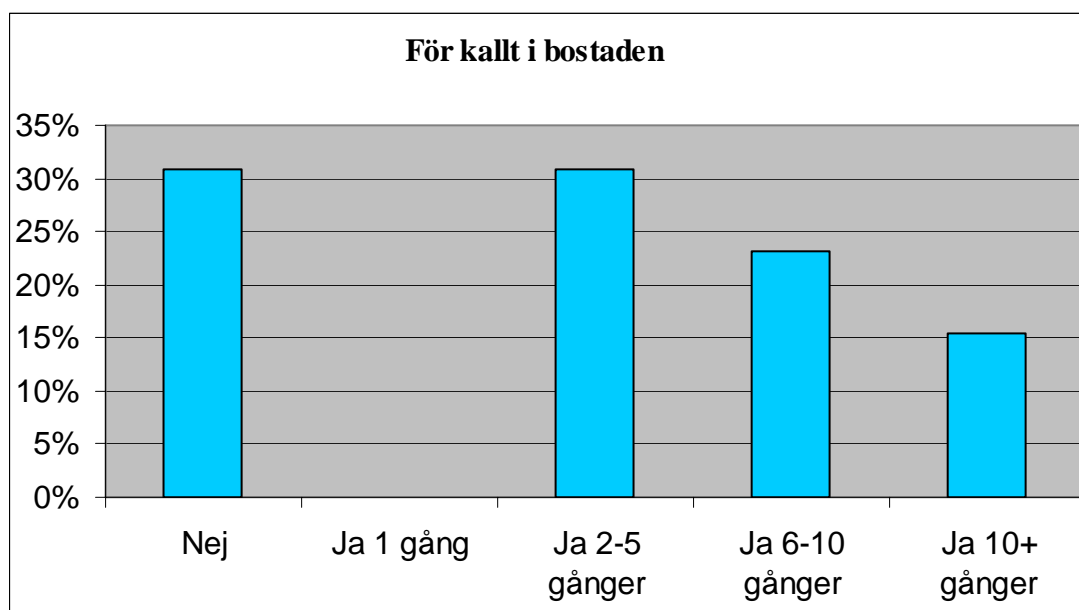
Fråga 10) Har ni upplevt att det varit för varmt i er bostad?



Fråga 11) Om Ja på föregående fråga, när upplevdes det och hur åtgärdades det?

- Sommaren
- Omöjligt att reglera värmen inne. Min termostat är neddragen till botten sen flera veckor (+14 C) och jag har ändå alldeles för varmt i lägenheten (21-22 C). Jag har klagat men inget har hänt
- I vintras, drog ner termostaten

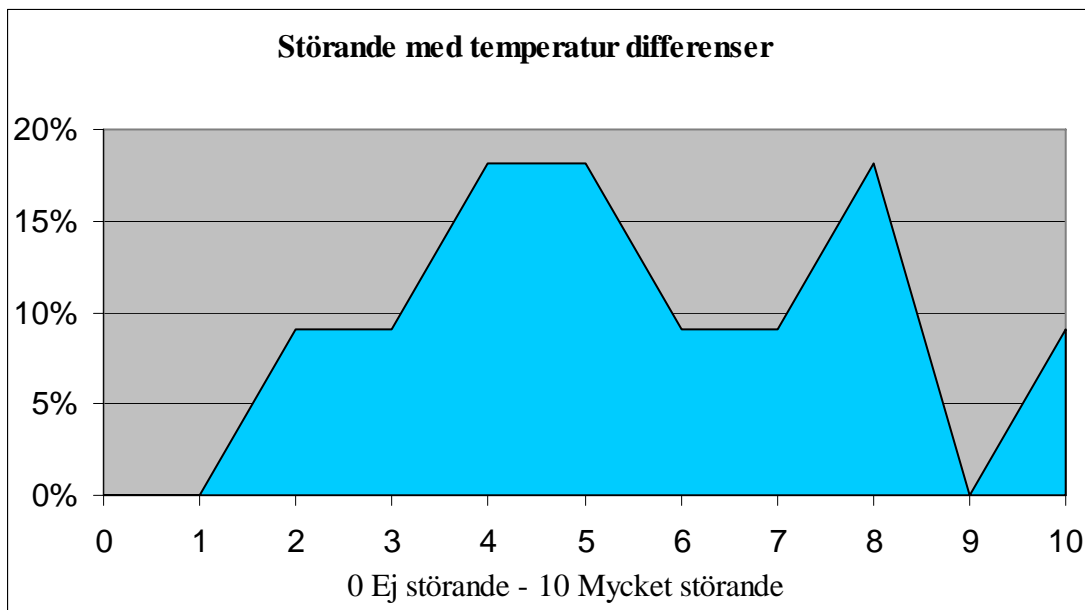
Fråga 12) Har ni upplevt att det varit för kallt i er bostad?



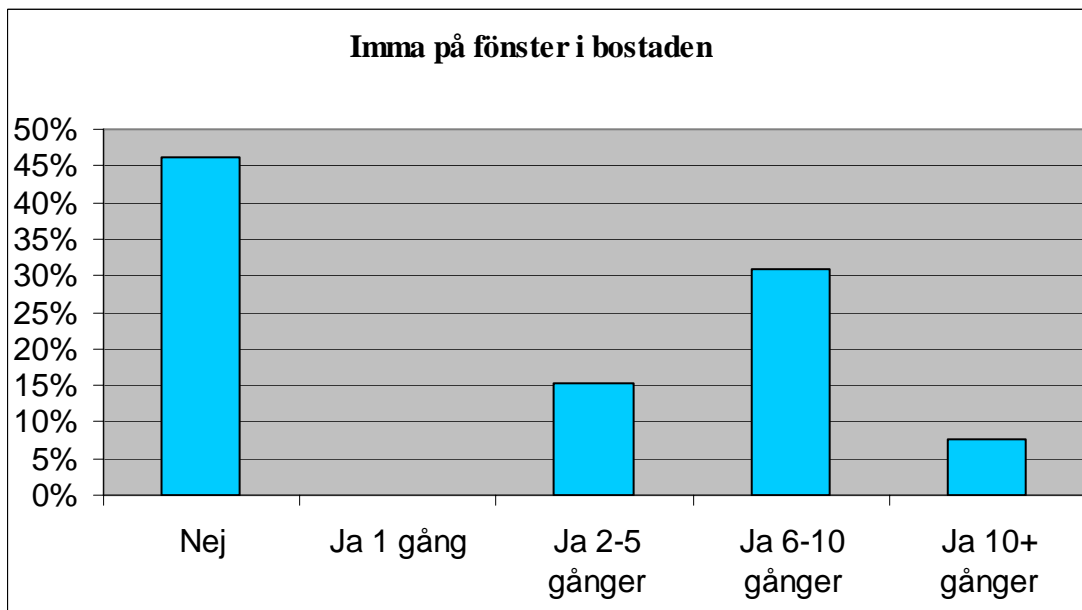
Fråga 13) Om Ja på föregående fråga, när upplevdes det och hur åtgärdades det?

- Vintern
- Nov 2009, vi fick låna el-element några dygn
- Under vinter 2010. Vi tog på oss mer kläder
- Joel Ekfeldt köpte en eluppvärmd filt till sin frusna flickvän madde
- I vintras, höjde termostaten tog på oss sockor och filtar

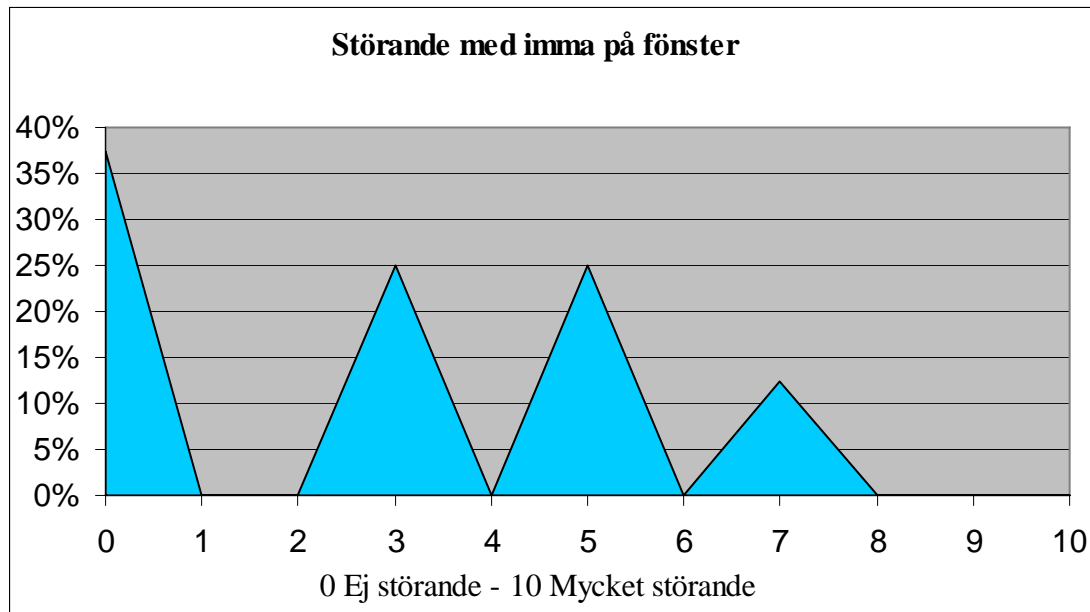
Fråga 14) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs temperaturdifferenserna?



Fråga 15) Har ni upplevt imma på era fönster?

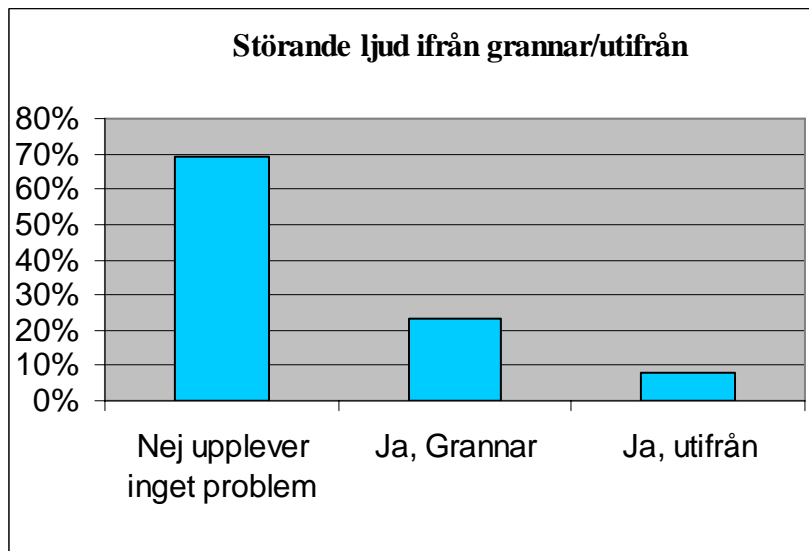


Fråga 16) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs det med imma på fönstren?

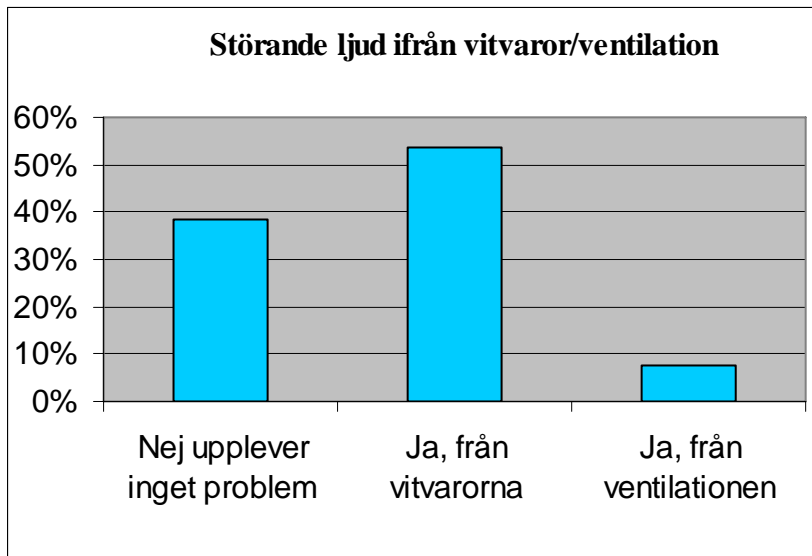


Ljud

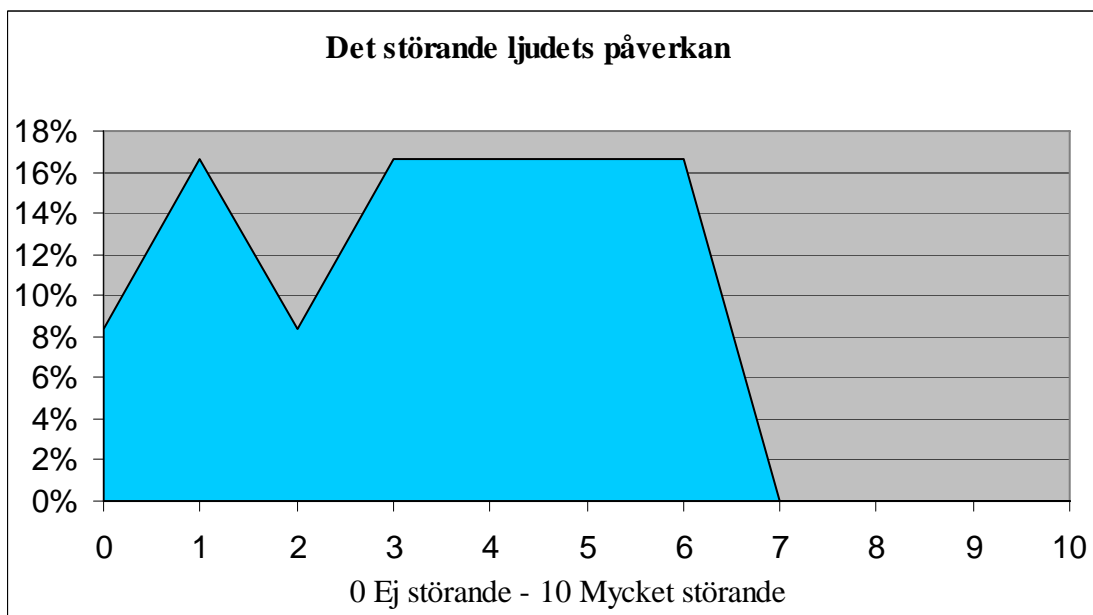
Fråga 17) Har ni upplevt störande ljud utifrån/grannar?



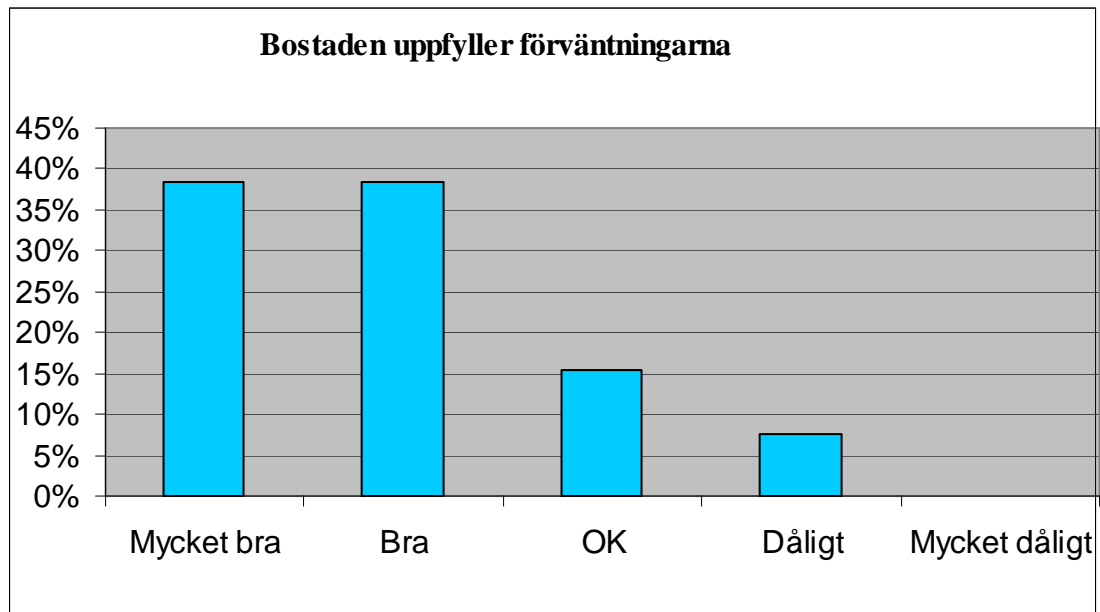
Fråga 18) Har ni upplevt störande ljud från vitvaror/ventilation?



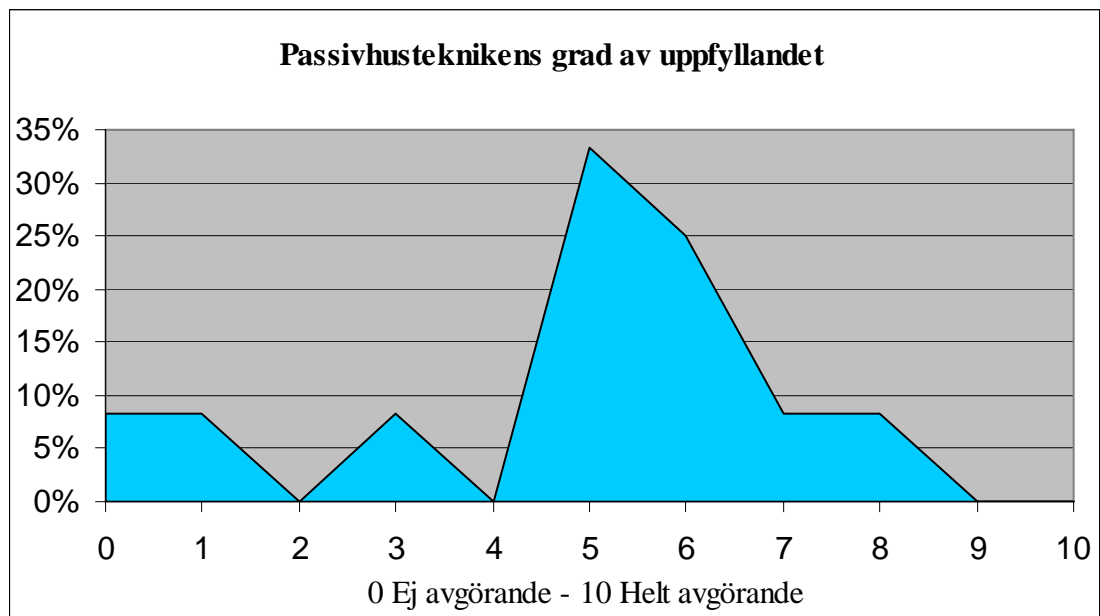
Fråga 19) Hur störande på en skala 0-10 upplevs ljudstörningarna?



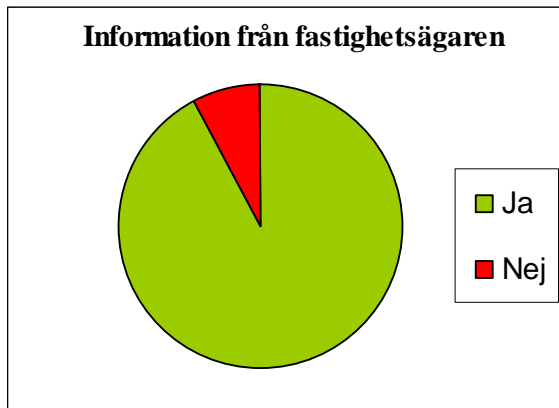
Fråga 20) Hur uppfyller bostaden era förväntningar?



Fråga 21) Hur stor del i uppfyllandet ligger i att det är ett passivhus?



Fråga 22) Har ni fått någon information eller några restriktioner om bostaden?



Fråga 23) Om Ja ovan, vilken information har ni fått

- Om brand
- Hur ventilationen fungerar
- Särskilda väggar får inte borras i
- Inte vädra korsdarg.
- Inga pälsdjur, ingen rökning, brandutbildning
- Var man får göra hål i väggar
- Rökning, husdjur
- Om vädring och spisskötsel

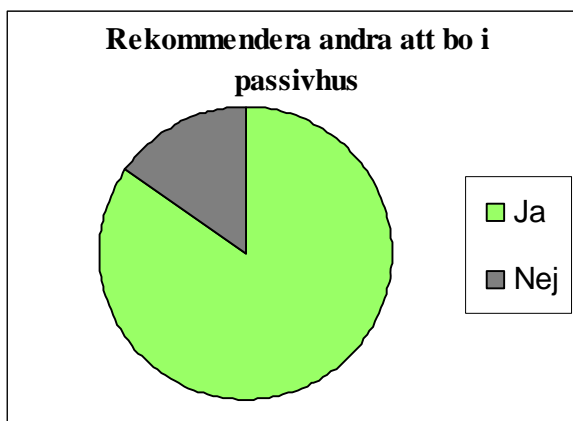
Fråga 24) Vilka är de största fördelarna med att bo i ett passivhus?

- Miljövänligt, billig värme
- Låga uppvärmningskostnader
- För mig är det de estetiska fönstren och tjocka väggarna + utsikten
- Medvetenhet om sin energiförbrukning
- Känslan av miljövänlighet
- Tillgänglighet till källsortering
- Intressant att prova att bo i passivhus o veta hur de fungerar jämn värme, ljudisolerat, avsaknad av element
- Miljöfördelarna

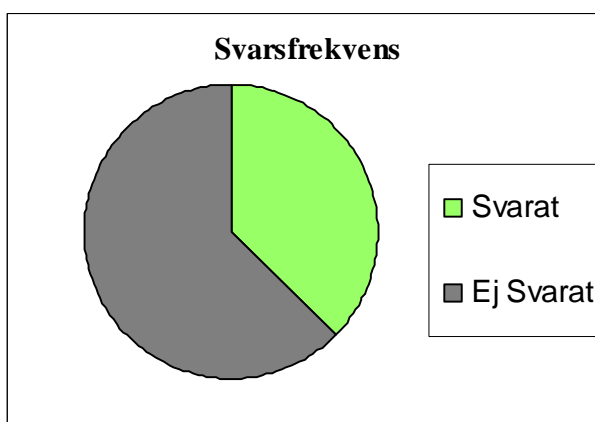
Fråga 25) Vilka är de största nackdelarna med att bo i ett passivhus?

- Mörkt inneklimat
- Dammigt, man bör vara hemma, annars blir det kallare inne.
- Dålig täckning på mobiltelefoner och mobilt bredband, vi fick göra oss av med våra pälsdjur.
- Fundersam på hur luftkvaliteten påverkas i passivhus
- HYRAN!! På tok för hög och vi som hyresgäster upplever inga minskade kostnader för t.ex. hushållsel och varmvatten.
- Priset

Fråga 26) Skulle ni rekommendera andra att bo i passivhus?



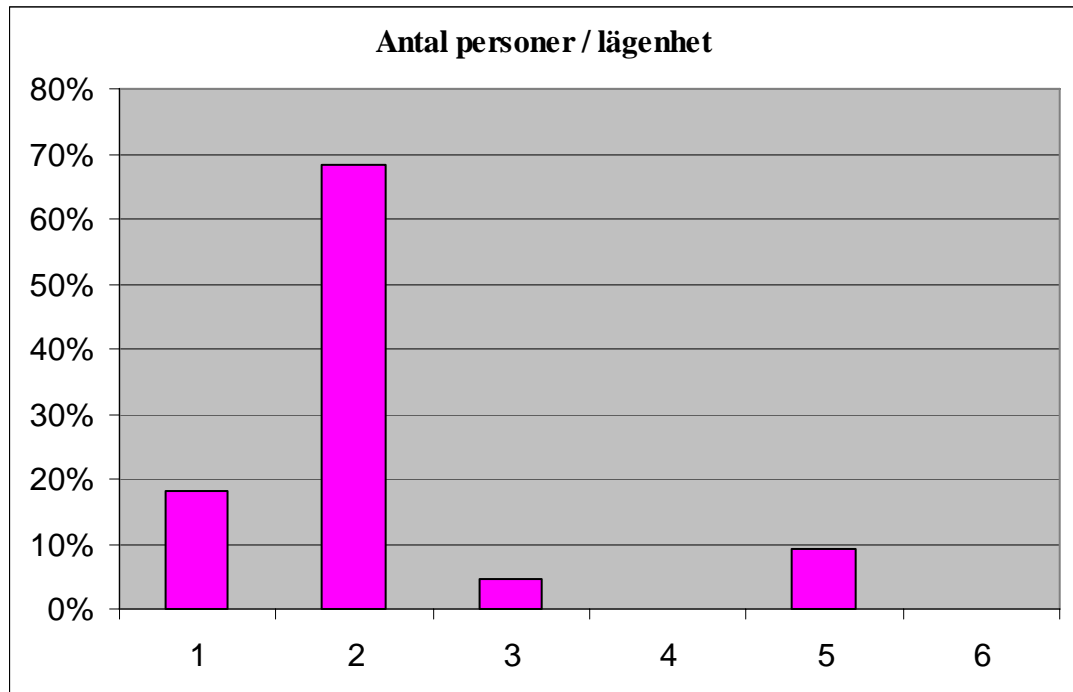
Svarsfrekvens Portvakten



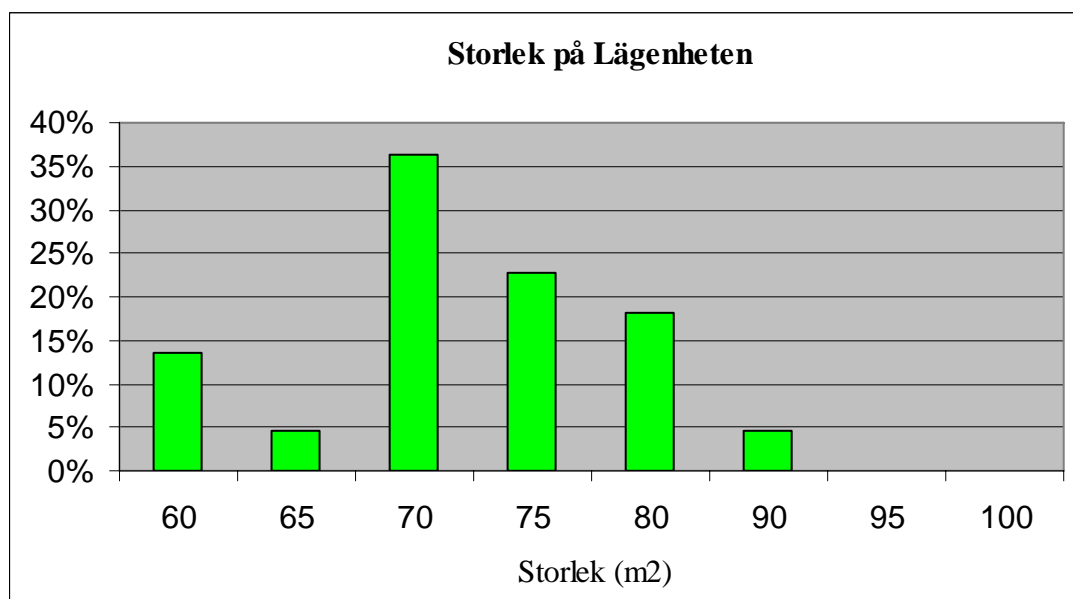
1.3 Sammanställning Hertings gård, Falkenberg

Allmänt

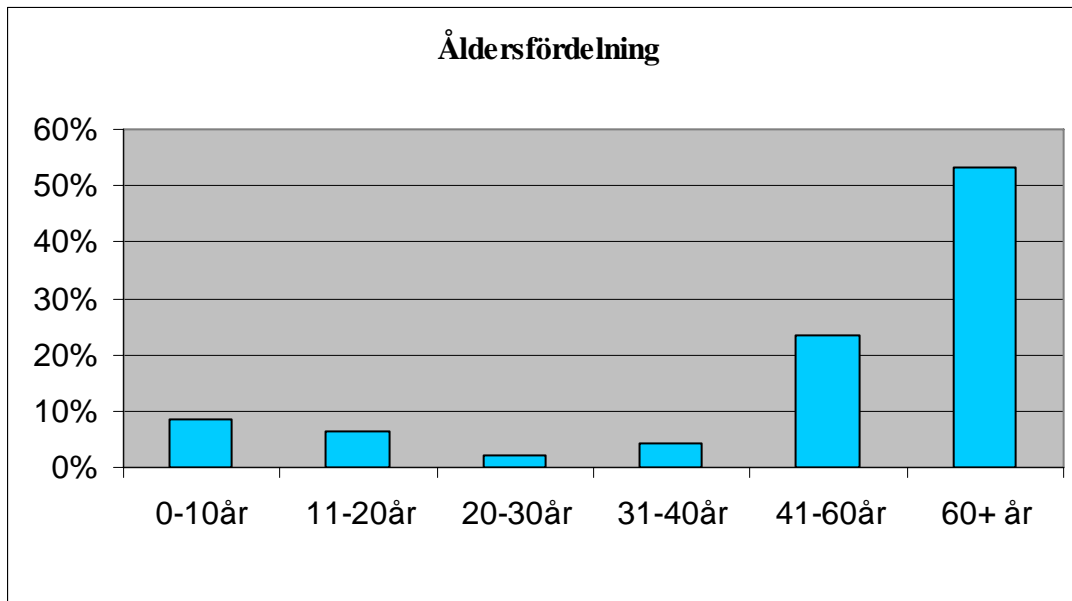
Fråga 1) Hur många personer bor det i ert hushåll?



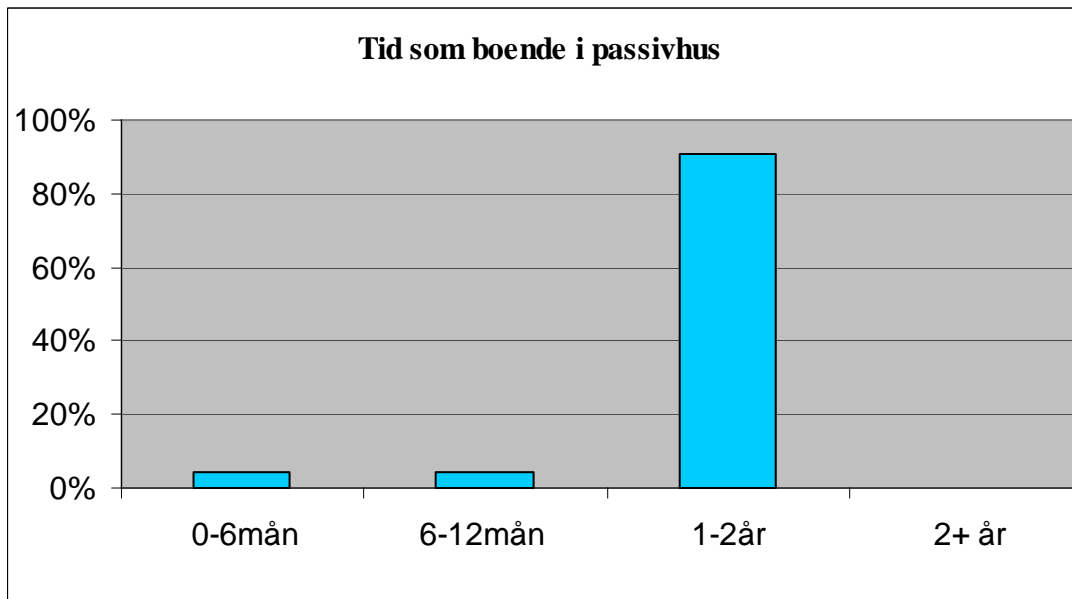
Fråga 2) Hur stor är lägenheten?



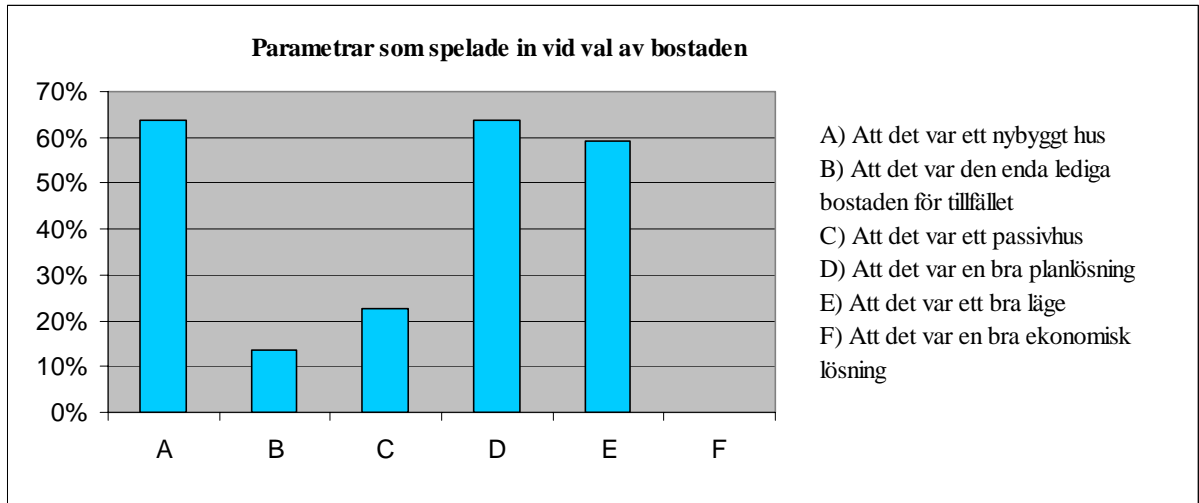
Fråga 3) Hur är åldersfördelningen i huset?



Fråga 4) Hur länge har de boende bott i sin bostad?

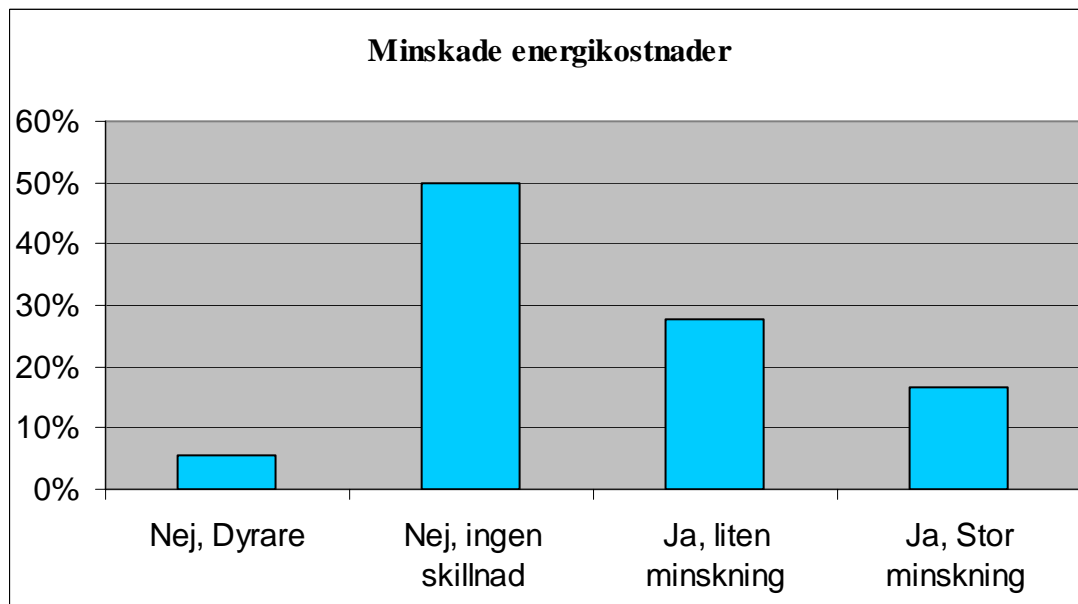


Fråga 5) Vilka parametrar spelade in när ni valde bostad?

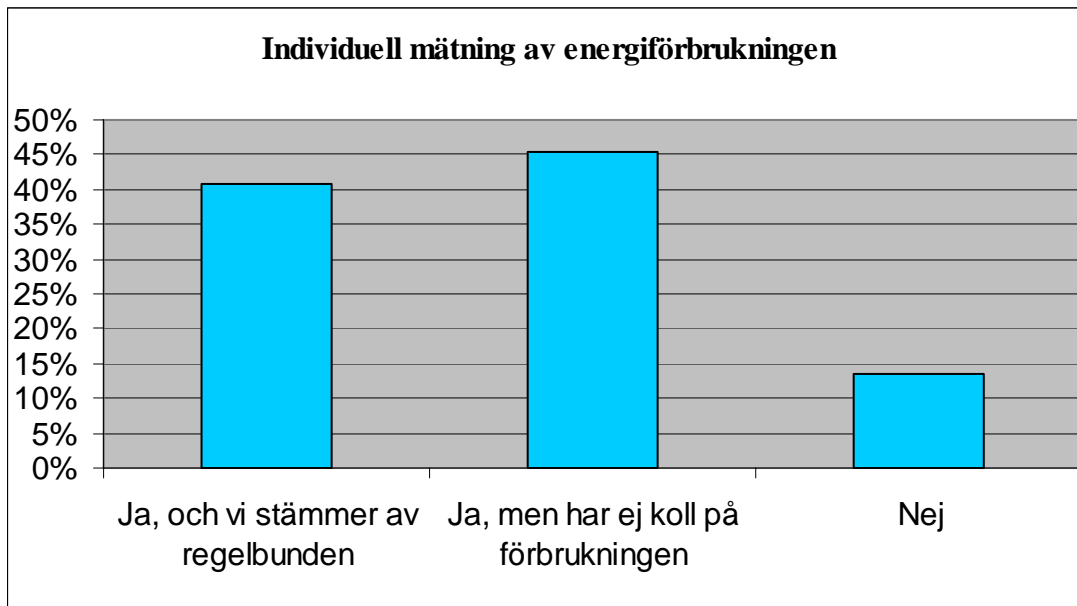


Energifrågor

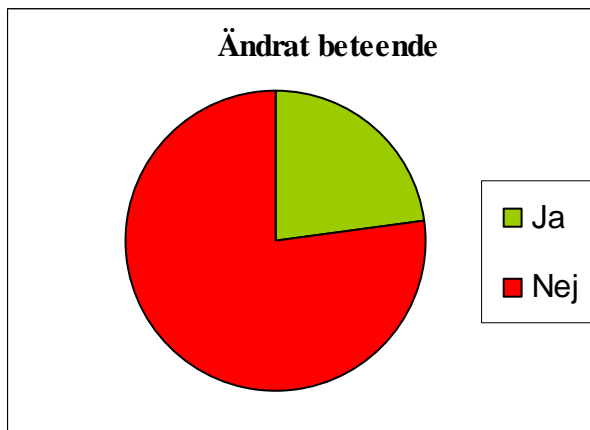
Fråga 6) Har ni upplevt minskade energikostnader till följd av att ni bor i ett passivhus?



Fråga 7) Har ni individuell mätning av energiförbrukningen ?

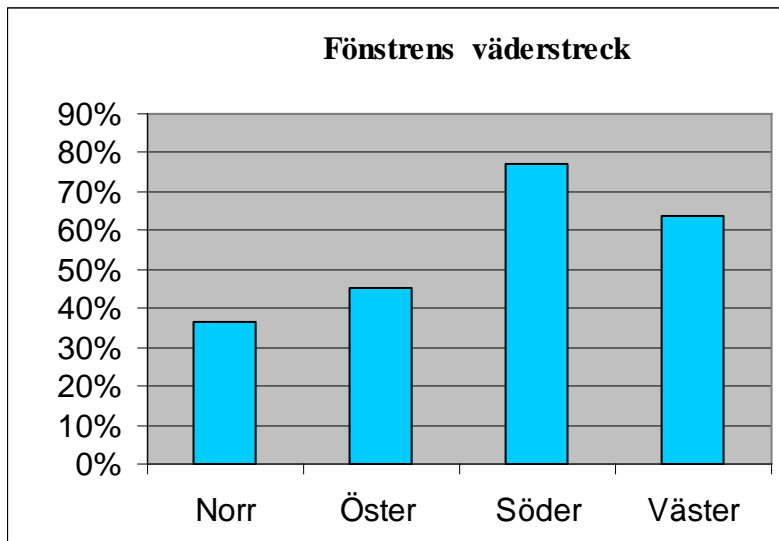


Fråga 8) Har ni ändrat ert beteende till följd av att ni bor i ett passivhus?

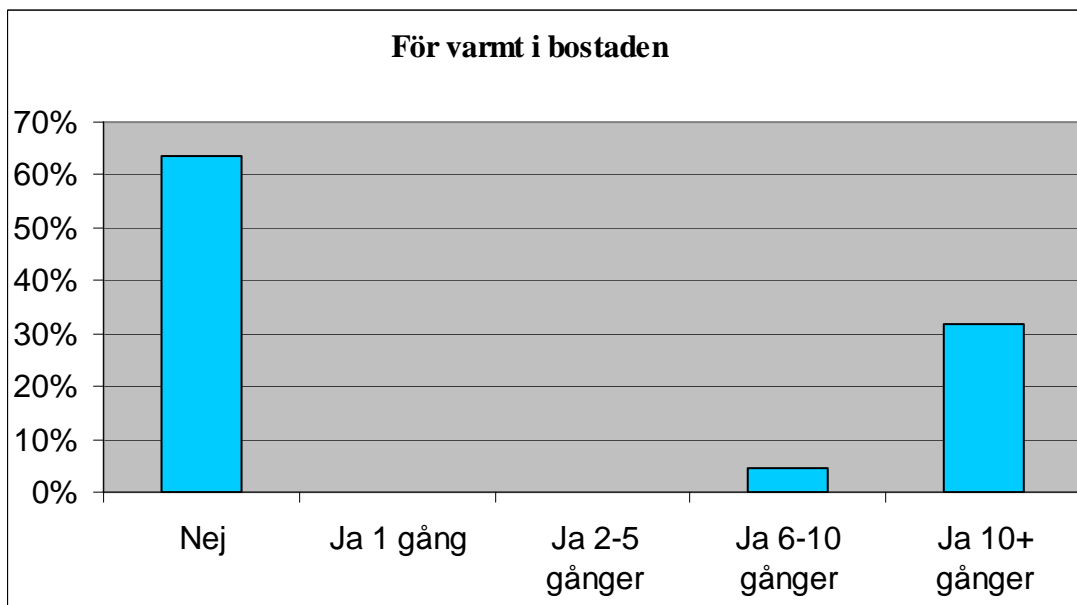


Inneklimat

Fråga 9) I vilket/vilka väderstreck vetter era fönster?



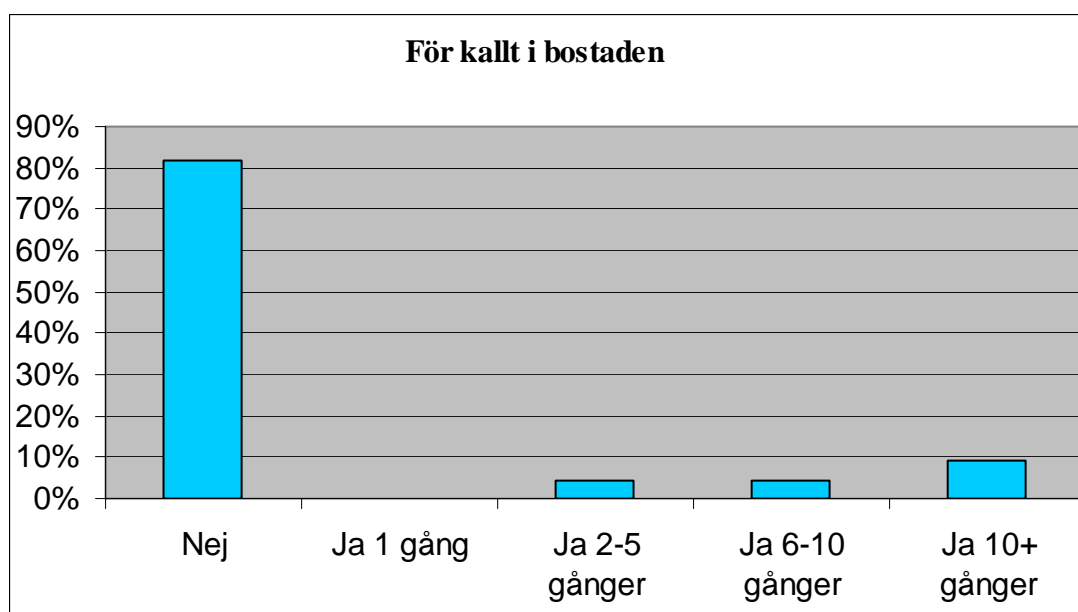
Fråga 10) Har ni upplevt att det varit för varmt i er bostad?



Fråga 11) Om Ja på föregående fråga, när upplevdes det och hur åtgärdades det?

- Vi kan inte sänka temperaturen såsom vi önskar, det är alltid för varmt i sovrummet. Vi försöker ha fönstret öppet så ofta vi kan.
- På sommaren, svettigt!, Öppnade fönstren
- Går inte att åtgärda. Mycket otrevligt!
- Sommartid, inga åtgärder
- Problem även vintertid, vill ha temperatur kring 20 grader, men det är svårt att få ner det under 21-22. Balkong och fönster öppna.
- ingen åtgärd. vi har alltid fönstret öppet
- går tyvärr ej sänka mer än 3 grader

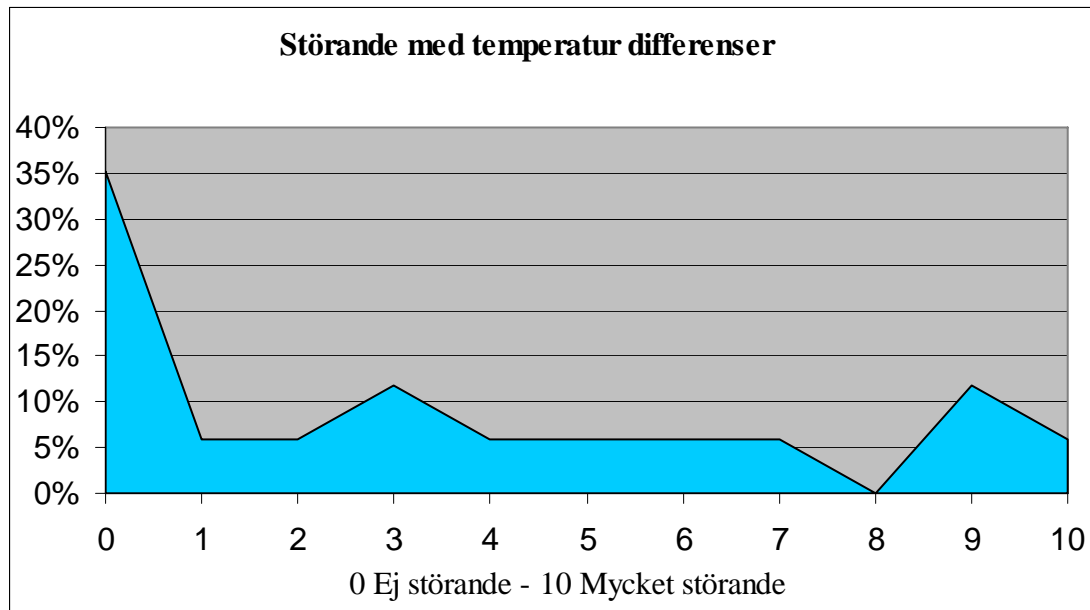
Fråga 12) Har ni upplevt att det varit för kallt i er bostad?



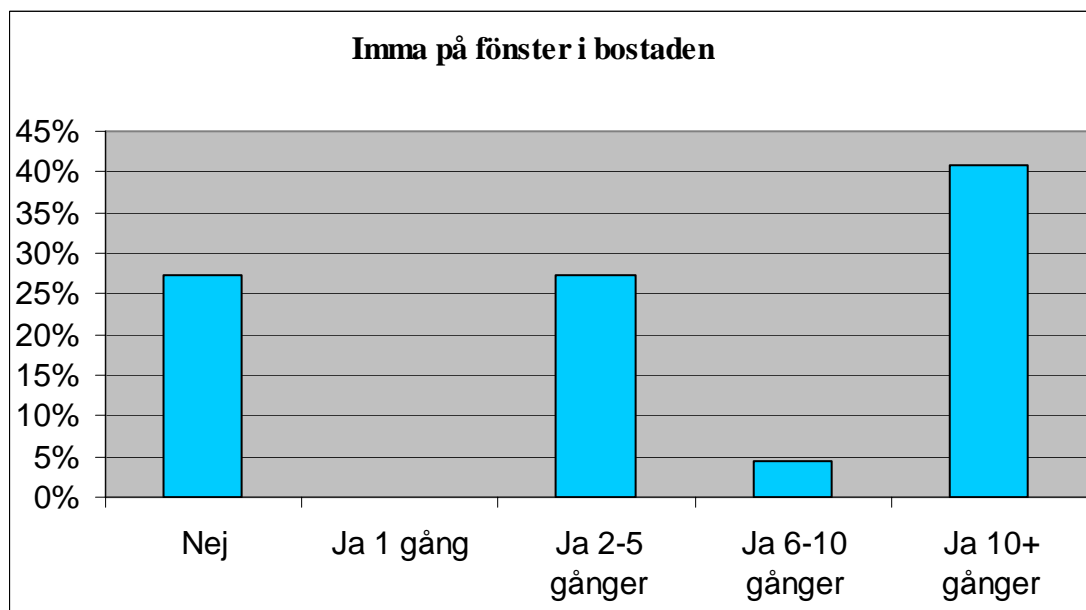
Fråga 13) Om Ja på föregående fråga, När upplevdes det och hur åtgärdades det?

- Ingen åtgärd
- Vintertid ingen åtgärd
- Tog på mig extra tröja
- Under vintern då det slog om till kallare väder var det kallt på natten, verkade regleras under närmaste dygnet

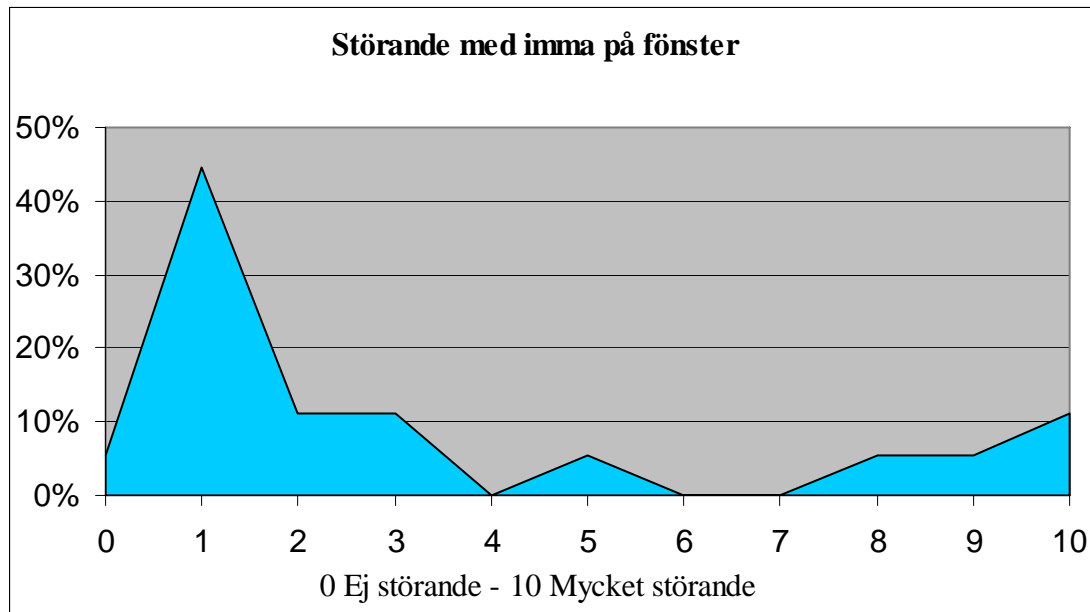
Fråga 14) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs temperaturdifferenserna?



Fråga 15) Har ni upplevt imma på era fönster?

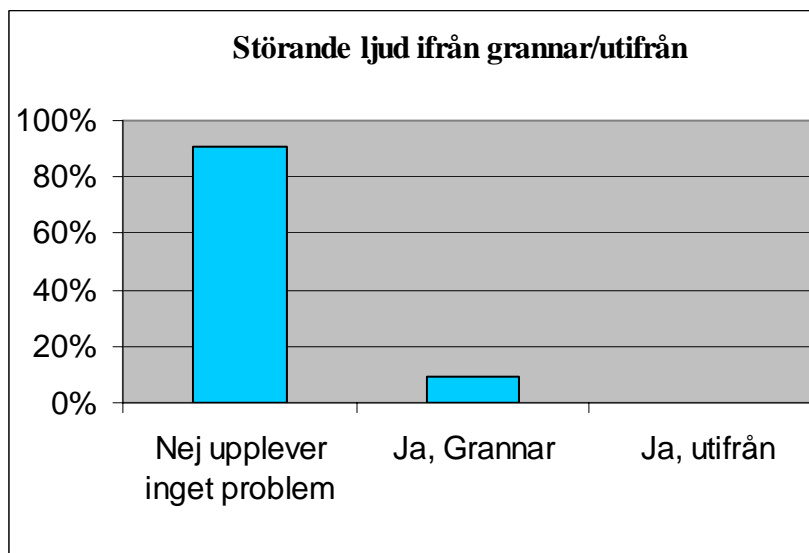


Fråga 16) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs det med imma på fönstren?

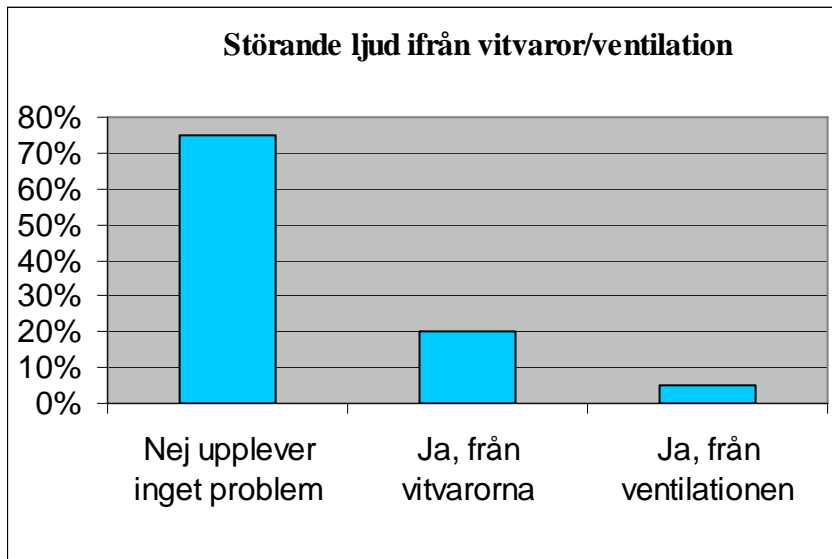


Ljud

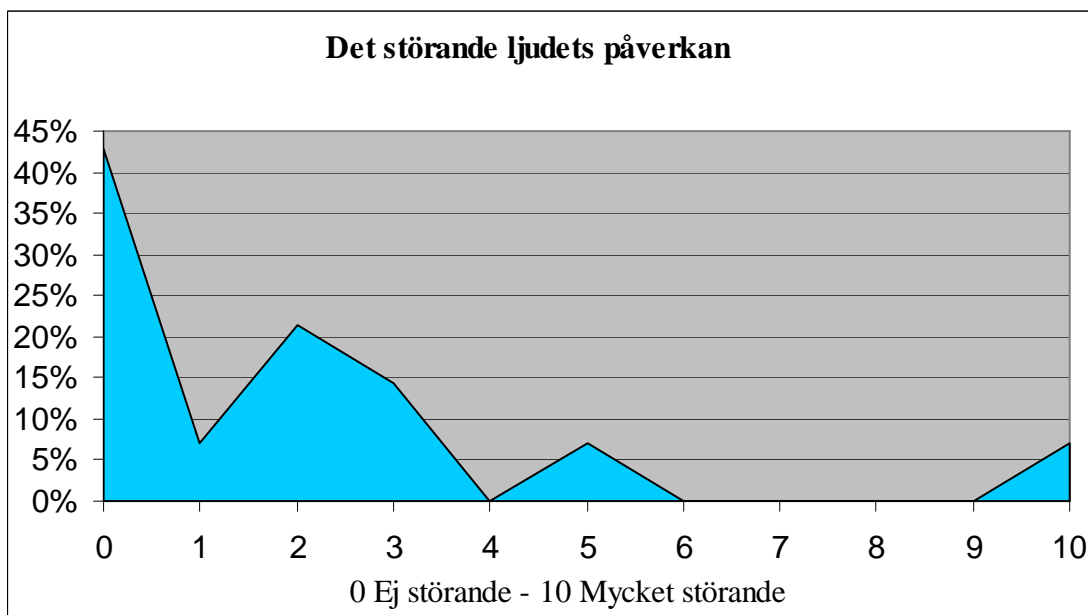
Fråga 17) Har ni upplevt störande ljud utifrån/grannar?



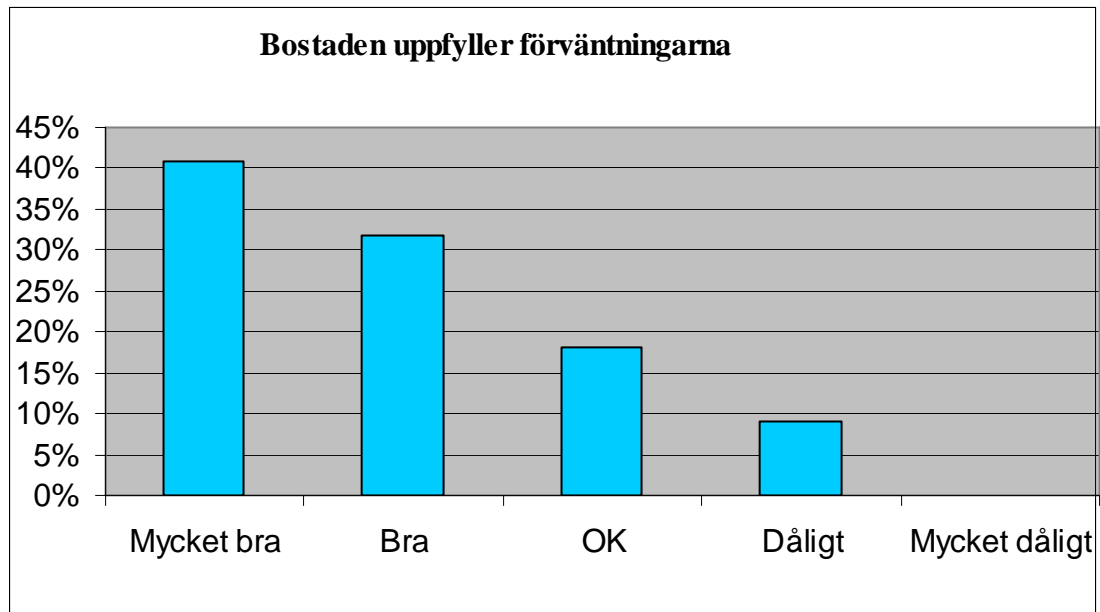
Fråga 18) Har ni upplevt störande ljud från vitvaror/ventilation?



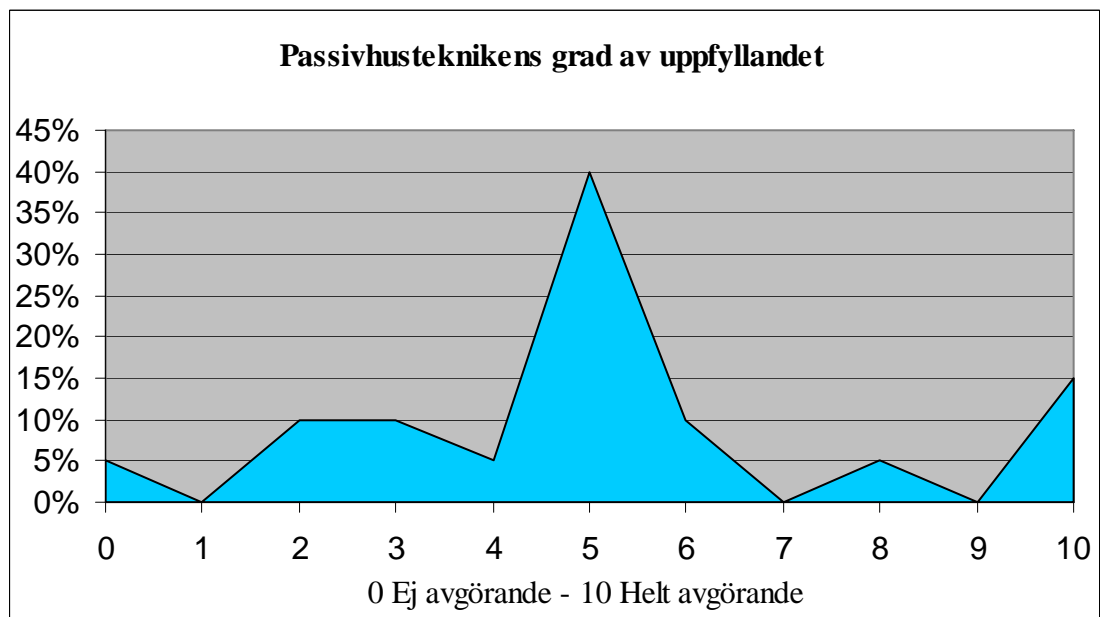
Fråga 19) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs ljudstörningarna?



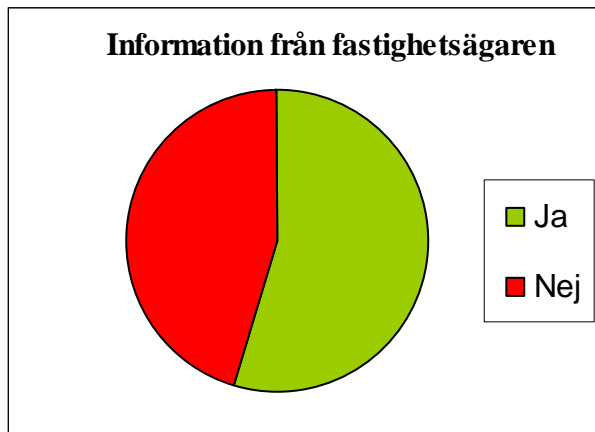
Fråga 20) Hur uppfyller bostaden era förväntningar?



Fråga 21) Hur stor del i uppfyllandet ligger i att det är ett passivhus?



Fråga 22) Har ni fått någon information eller några restriktioner om bostaden?



Fråga 23) Om Ja ovan, vilken information har ni fått

- Det är inte tillåtet att borra iväggar och fönster hur som helst på grund av isoleringen i ett passivhus.
- Hålla balkongdörren stängd när det hög värme ute.
Inte spika djupt i ytterväggarna.
- Ha koll på hur vi spikar eller skruvar i väggarna
- skötsel av, ventilation, fönster och vitvaror
- Skärma av fönstren om det blir för varmt
- Samma som i andra hyresrätter
- Tänka på att inte borra och sätta upp på väggarna där uppvärmning finns i fönsterkarmar mm.
- Att man inte får borra i ytterväggarna p.g.a. tätskiktet
- Får information via smartboxen

Fråga 24) Vilka är de största fördelarna med att bo i ett passivhus?

- Jämn värme, tyst.
- Att det är så bra ljudisolerat.
- Jämn värme., inga ljud från vare sig hiss eller grannar. Inga element att ta hänsyn till vid möblering.
- Ingen kommentar, jag flyttade inte hit på grund av det.

- Slippa tråkiga element.
- Alltid varmt slipper oroa sig
- Slipper element
- Allt är fördelar
- Låga energikostnader, annars inget
- Inga alls snarare tvärtom
- Lungt, ingen lyhördhet från andra lägenheter eller i trappan
- Slipper fula och tråkiga element
- Slippa fula radiatorsystem och en skön och jämn inomhustemperatur
- Allting är bara positivt
- Ljudisolerat. hörs inget från grannar även om det finns barn

Fråga 25) Vilka är de största nackdelarna med att bo i ett passivhus?

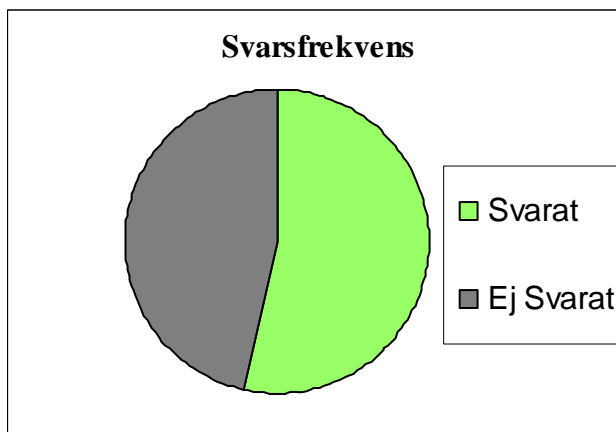
- Inga.
- Det blir väldigt fort dammigt.
- Inga
- Ingen kommentar, jag flyttade inte hit på grund av det.
- Det är att hyran blir hög på grund av produktionskostnaden. Eftersom värme och vatten ingår i hyran så är vår vinst inte stor.
- Kan ej njustera värmen, dålig ventilation (matos från grannarna genom ventilationen)
INTE NÖJD!
- Inget
- Dålig ventilation. Man kan inte ställa temperaturen individuellt i varje rum.
FÖR VARMT!!!! Passivhus verkar kräva ett mycket bra ventilationssystem med fler termostater. EN termostat gör att temp i olika delar av lägenheten blir "fel".
- För varmt, för kallt ! Spisfläkt urusel
- För hög hyra
- Finns inga!

- Om systemet fungerar, inga nackdelar. Får man in matos och cigarettrök = dåligt boende
- Det känns instängt.
- Inga nackdelar
- Finns inga

Fråga 26) Skulle ni rekommendera andra att bo i passivhus?



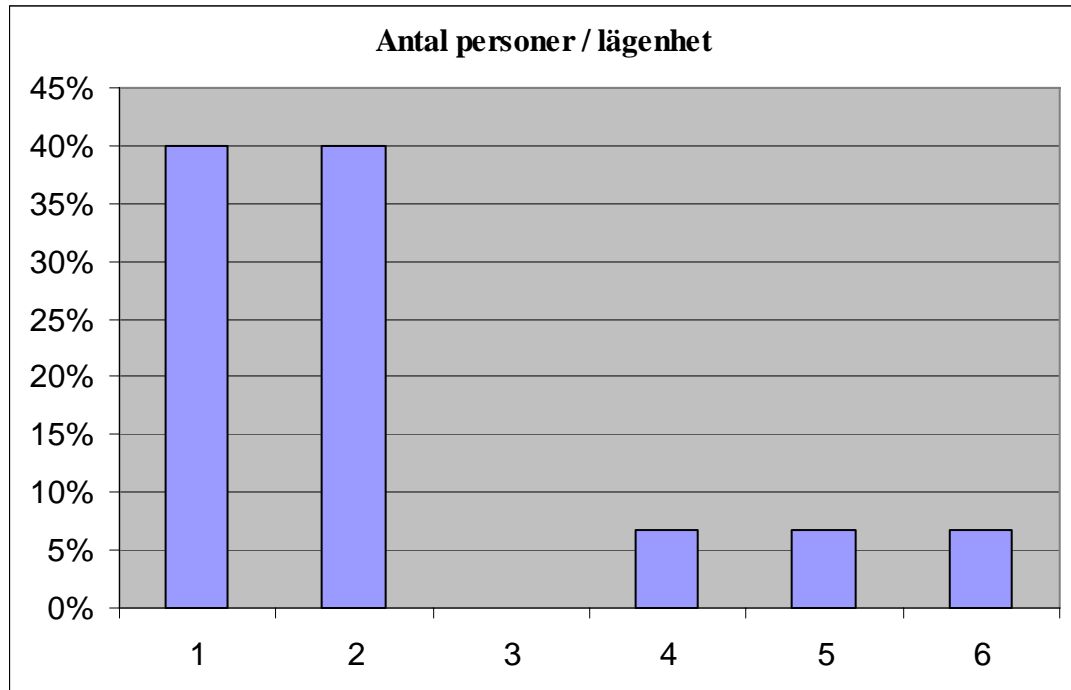
Svarsfrekvens Hertings gård



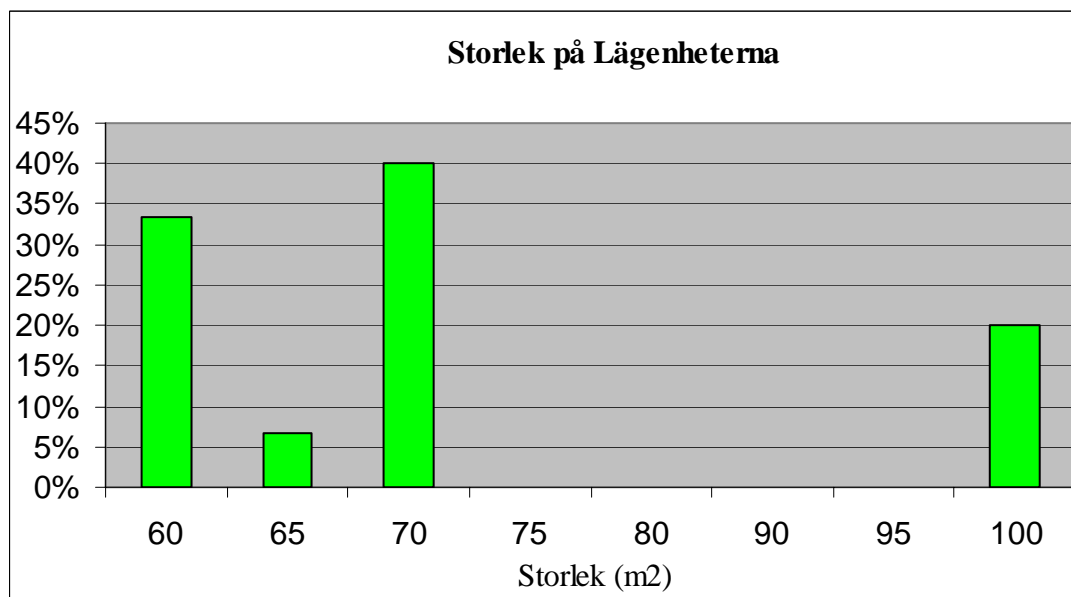
1.4 Sammanställning Oxtorget Värnamo

Allmänt

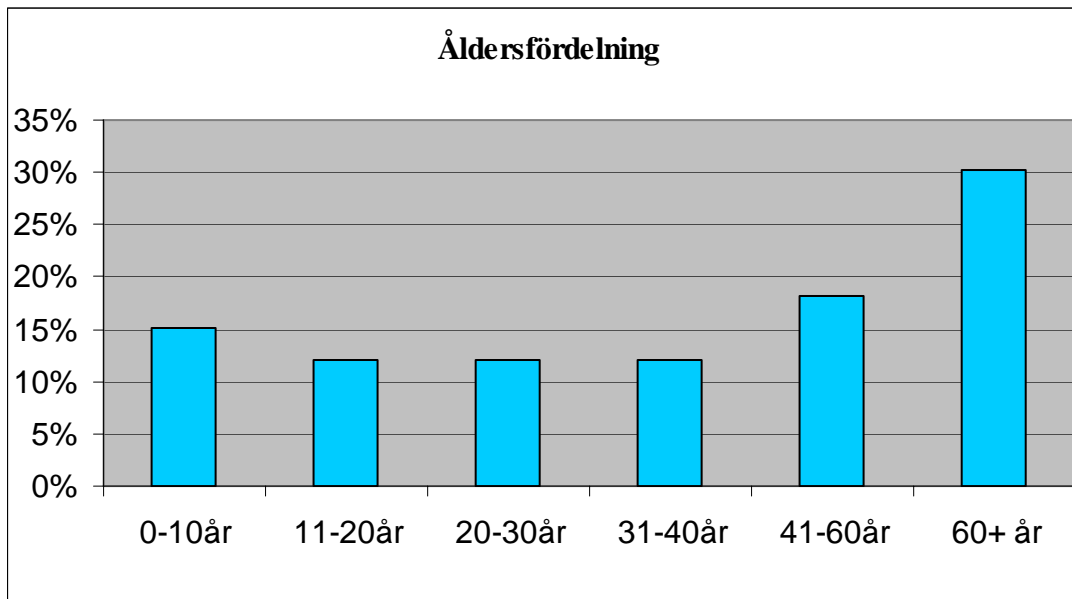
Fråga 1) Hur många personer bor det i ert hushåll?



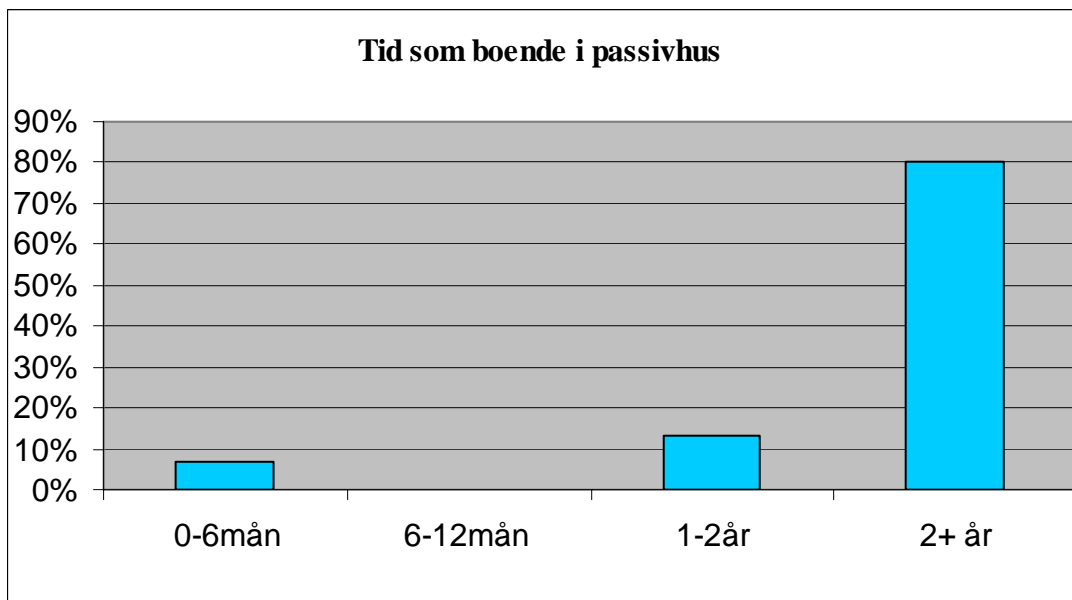
Fråga 2) Hur stor är lägenheten?



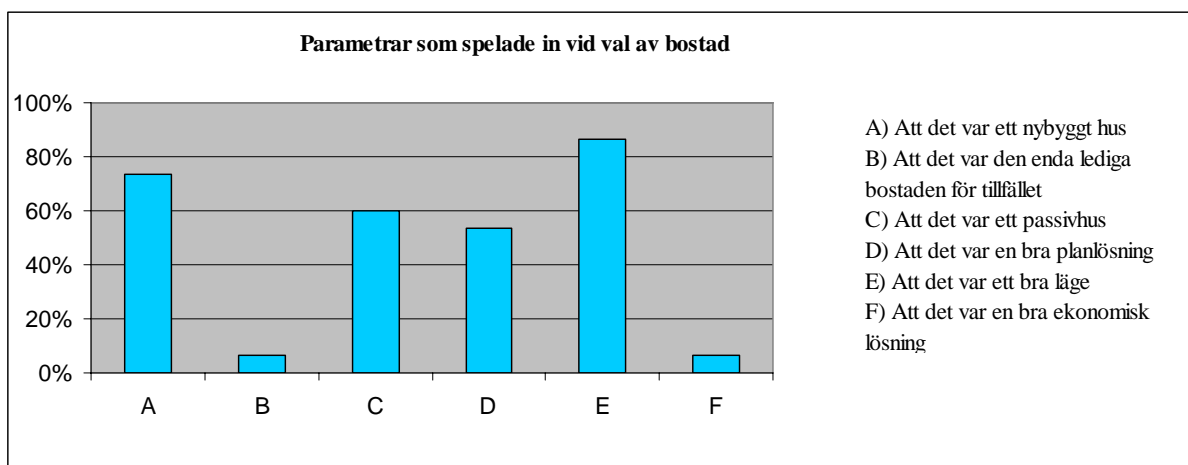
Fråga 3) Hur är åldersfördelningen i huset?



Fråga 4) Hur länge har de boende bott i sin bostad?

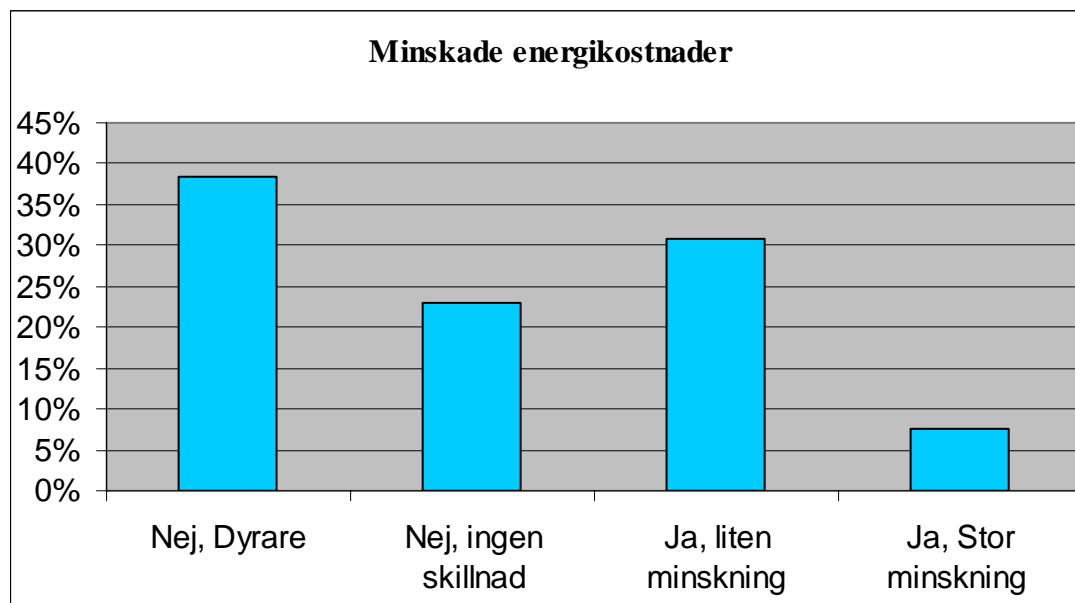


Fråga 5) Vilka parametrar spelade in när ni valde bostad?

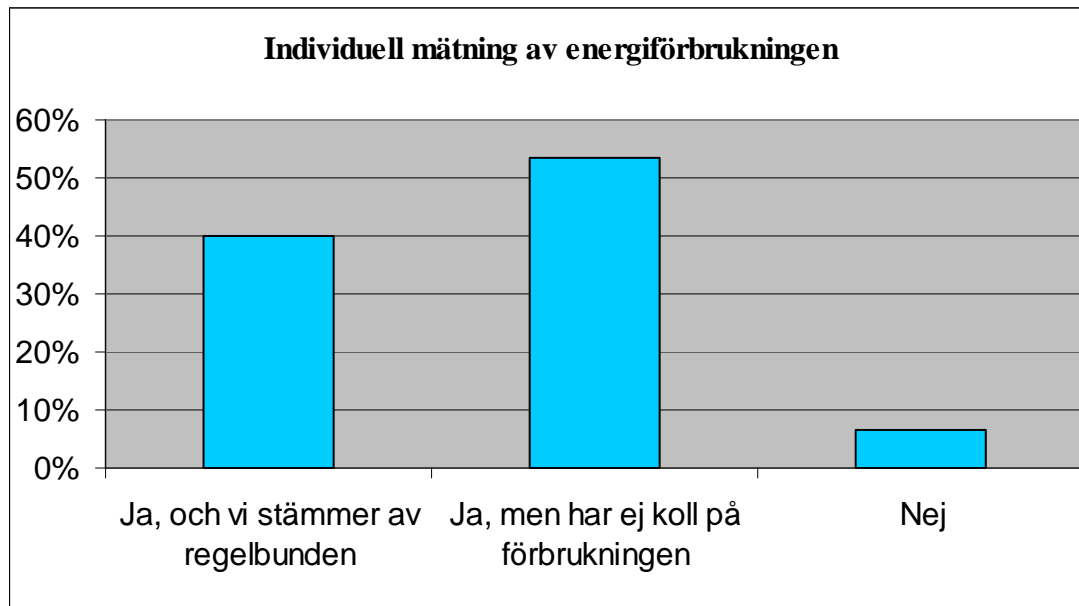


Energifrågor

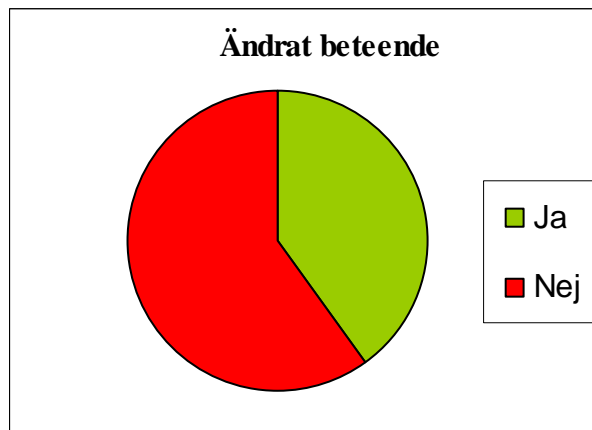
Fråga 6) Har ni upplevt minskade energikostnader till följd av att ni bor i ett passivhus?



Fråga 7) Har ni individuell mätning av energiförbrukningen ?

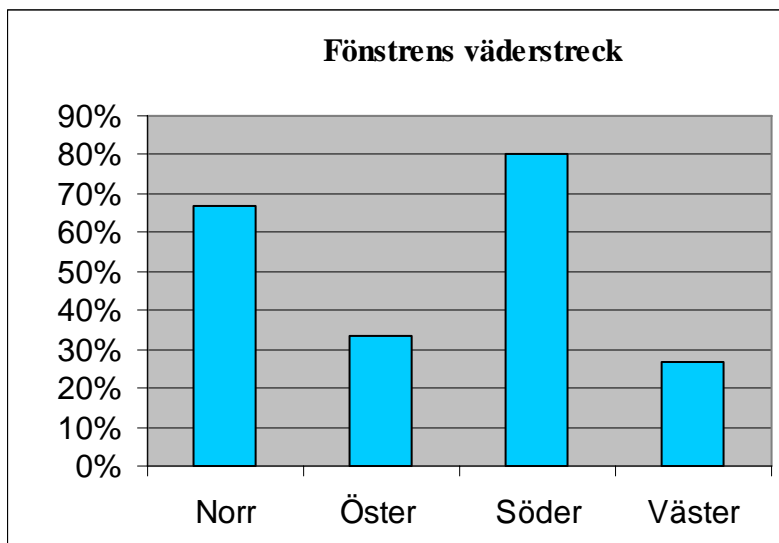


Fråga 8) Har ni ändrat ert beteende till följd av att ni bor i ett passivhus?

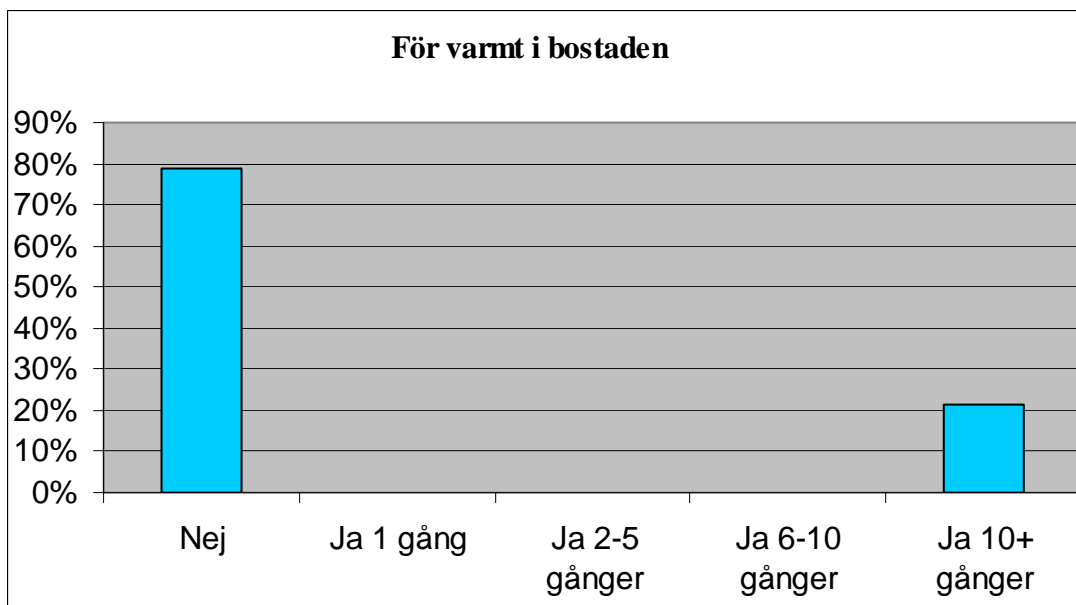


Inneklimat

Fråga 9) I vilket/vilka väderstreck vetter era fönster?



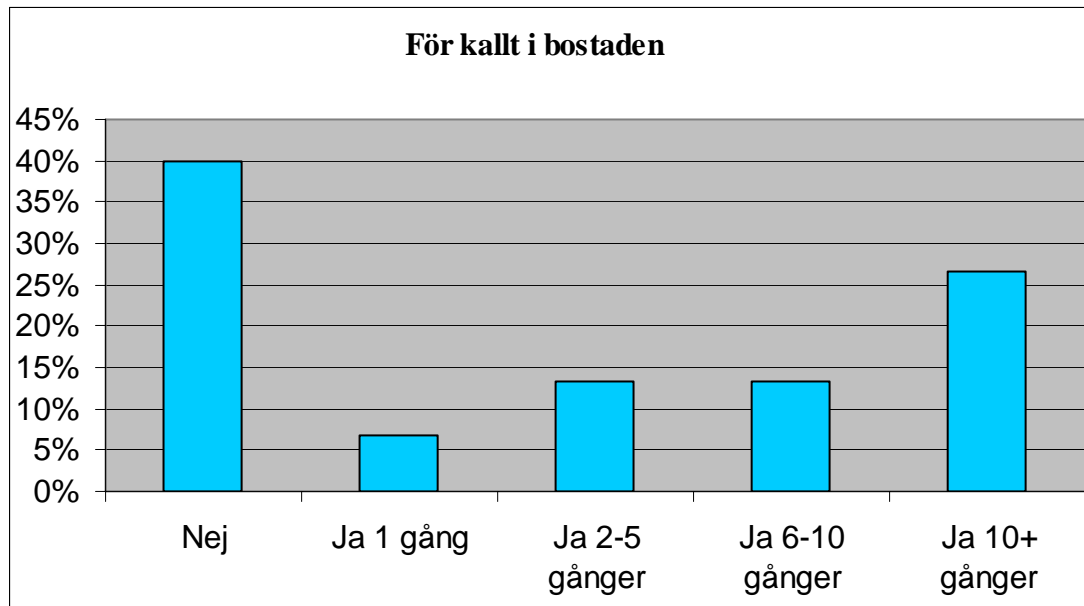
Fråga 10) Har ni upplevt att det varit för varmt i er bostad?



Fråga 11) Om Ja på föregående fråga, när upplevdes det och hur åtgärdades det?

- Soliga dagar, varmare inne än ute.
- Sommaren
- Soliga dagar under högsommaren

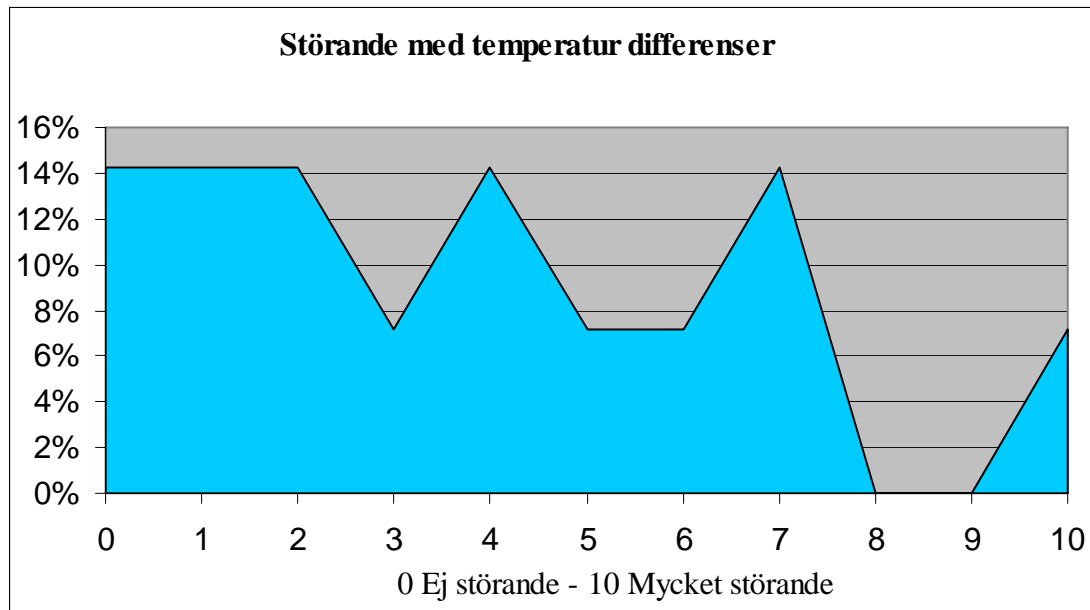
Fråga 12) Har ni upplevt att det varit för kallt i er bostad?



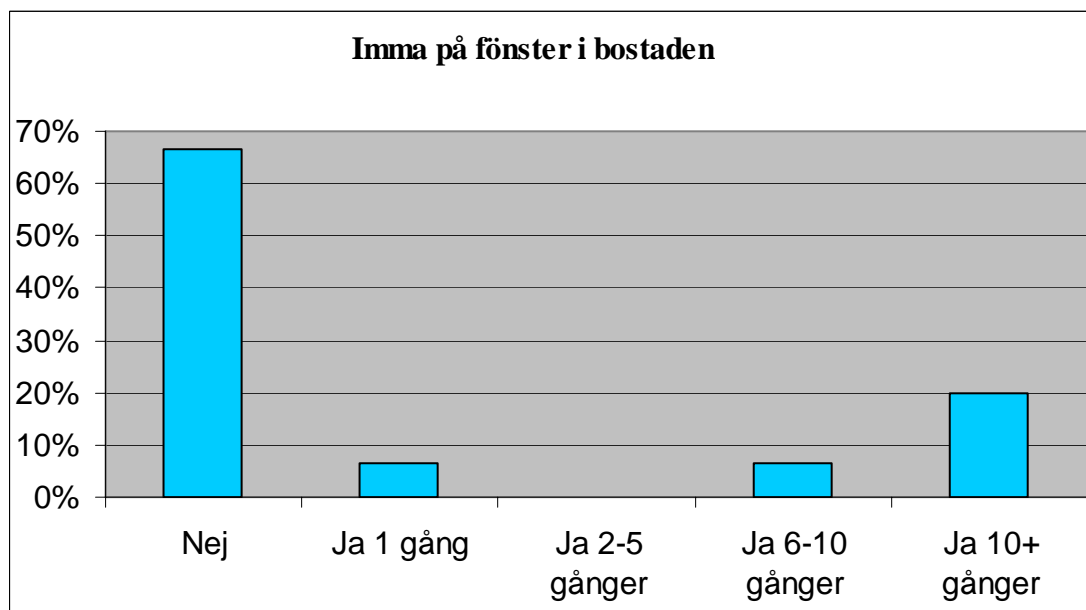
Fråga 13) Om Ja på föregående fråga, när upplevdes det och hur åtgärdades det?

- Innan vi hittade rätt inställningar på extrabatteriet vid -10 grader
- På vintern vid kallt utomhusklimat, åtgärdades genom att sätta på extrabatteriet Stearinljus och fotogenkamin
- Då vi varit borta 1v under vinterhalvåret, spec. den gångna vintern. Åtgärdas snabbt på några dagar då allt är igång igen. + Extra sockar och en extra kofta och man kan sätta på extrabatteriet till värmen inga problem.
- vintertid när det var som kallast, ingen åtgärd men jag sa till hyresvärden
- Ett särskilt extra aggregat aktiverades och blåste in varm luft i lgh
- Det var kallt på vintern fick ha mycket kläder på mig,
- När vi under vinterns kallaste del varit bortresta i en vecka. Efter nån dag av normal familjeaktivitet var temperaturen normal igen.

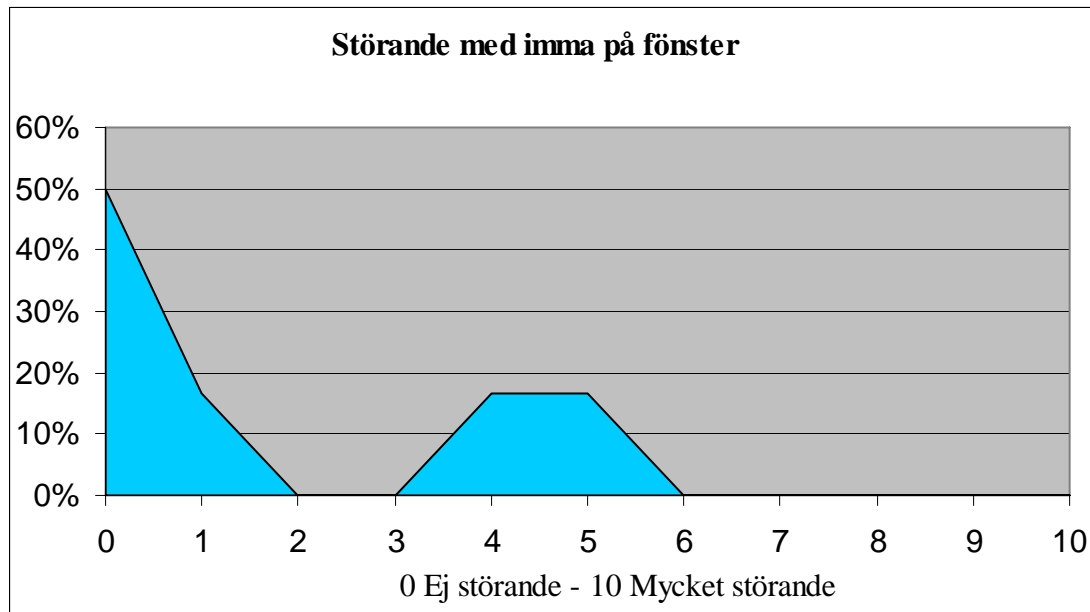
Fråga 14) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs temperaturdifferenserna?



Fråga 15) Har ni upplevt imma på era fönster?

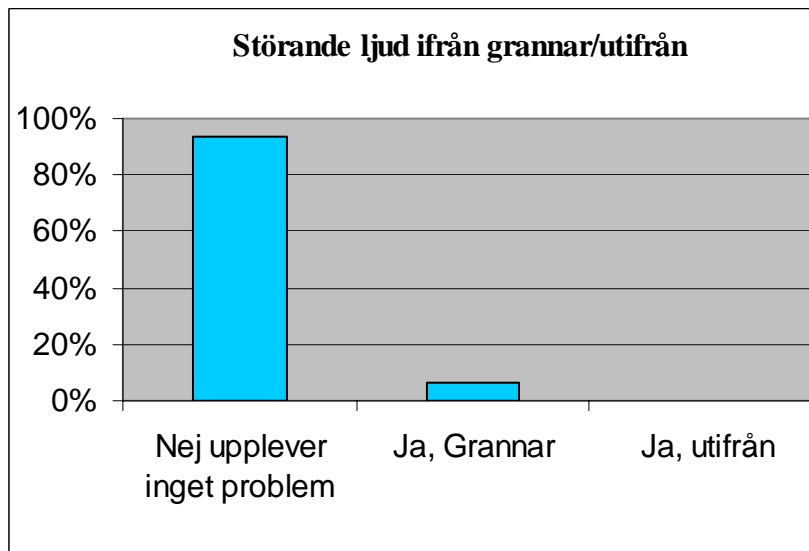


Fråga 16) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs det med imma på fönstren?

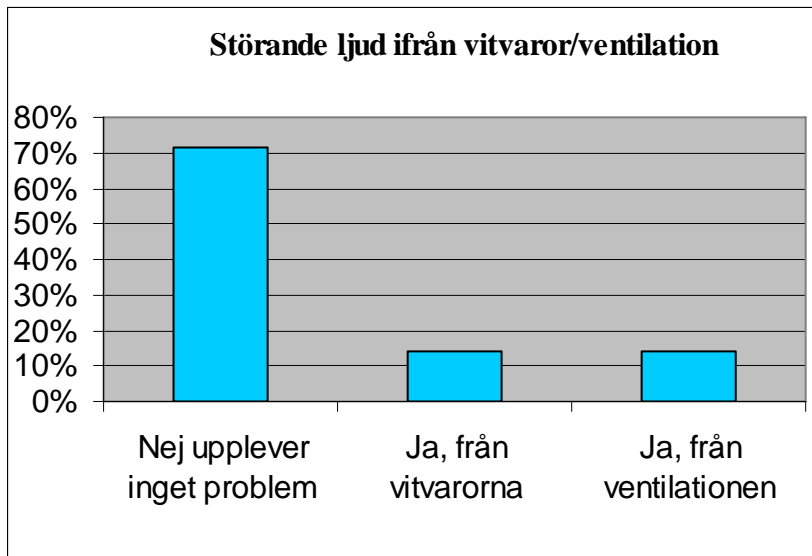


Ljud

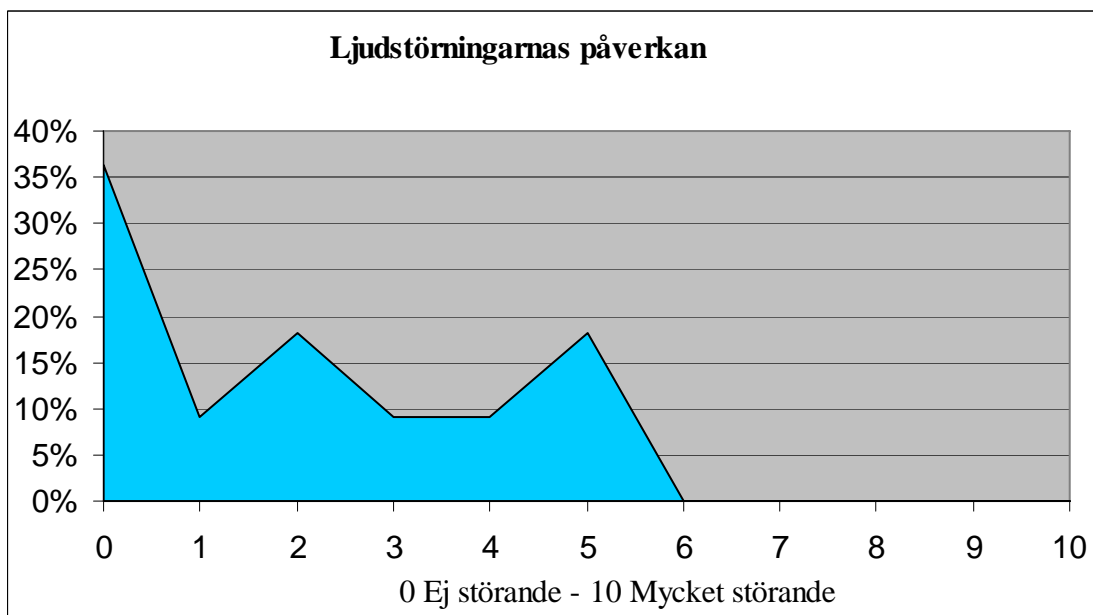
Fråga 17) Har ni upplevt störande ljud utifrån/grannar?



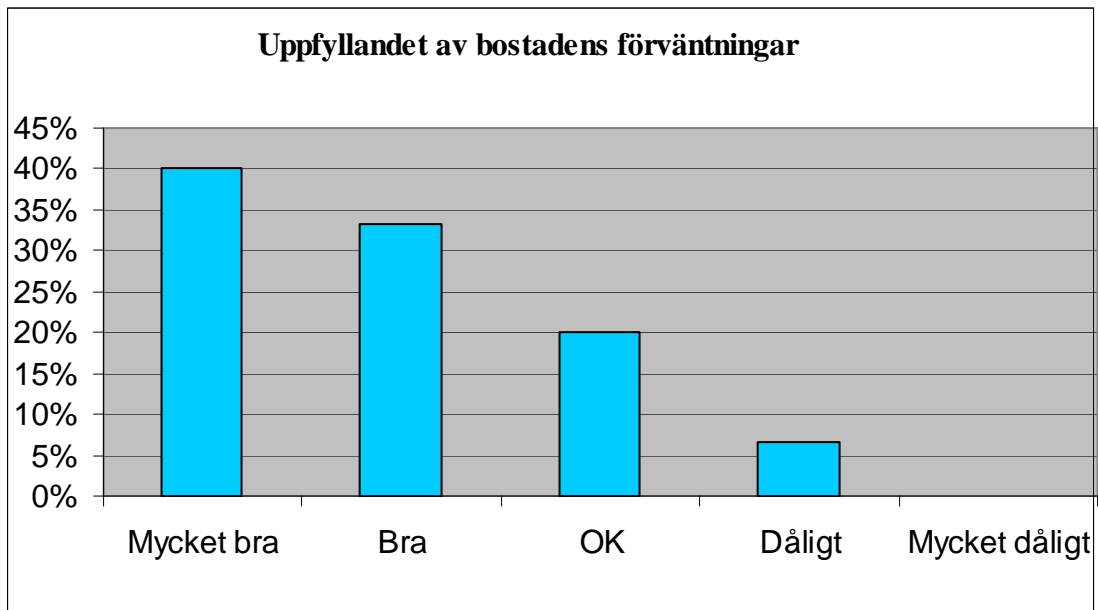
Fråga 18) Har ni upplevt störande ljud från vitvaror/ventilation?



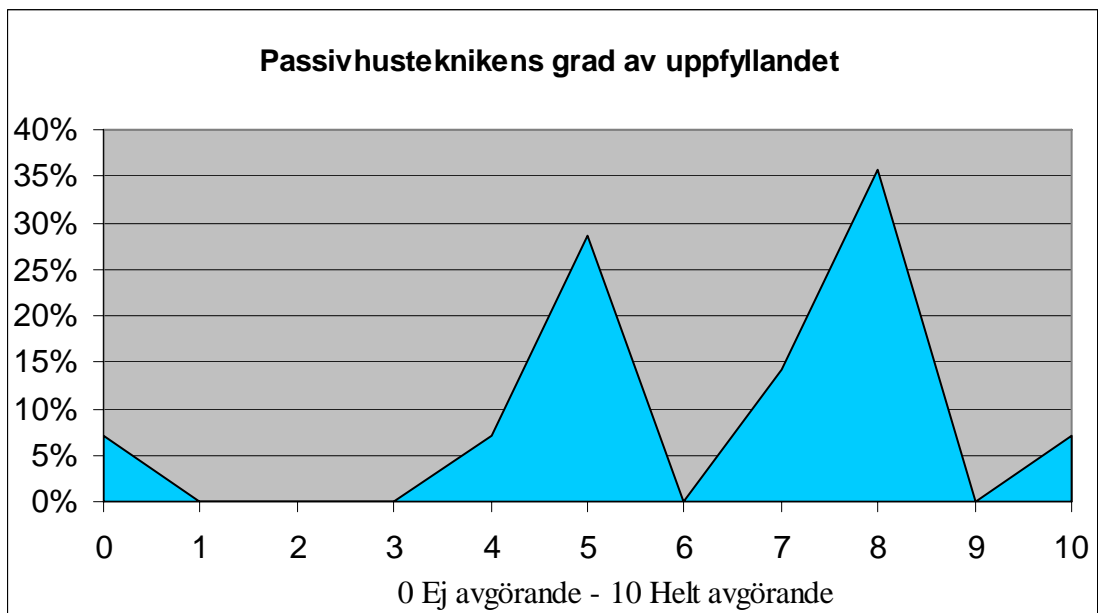
Fråga 19) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs ljudstörningarna?



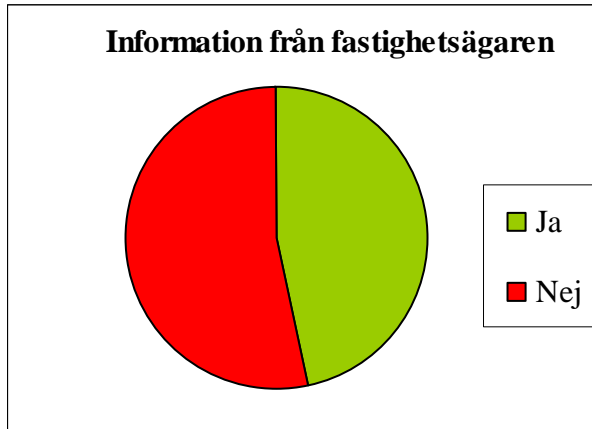
Fråga 20) Hur uppfyller bostaden era förväntningar?



Fråga 21) Hur stor del i uppfyllandet ligger i att det är ett passivhus?



Fråga 22) Har ni fått någon information eller några restriktioner om bostaden?



Fråga 23) Om Ja ovan, vilken information har ni fått

- Allt från hur passivhus fungerar till allt om maskiner & dylikt
- Info om extra el
- Ändring av ventilationen
- Öppna fönster i vädringsposition, om det blir för varmt i lgh på sommaren.
Sopsortering
- Att uppvärmningen är apparaterna och solfångarna på taket och människorna ska kunna värma upp lägenheten.
- Visning av klimatanläggningen, samt skriftlig information

Fråga 24) Vilka är de största fördelarna med att bo i ett passivhus?

- Man blir miljövänlig, Fräscht , Snygga tjocka väggar.
- Miljövänliga
- Miljötänket, inga element
- Miljövänligt, lugnt & behagligt klimat i lgh
- Luften inomhus är bättre
- Vetskapen om att energi sparas!
- Tyst, välisolerat, jämn temepatur
- Att det är svalt på sommaren
- Värmen reglerar sig själv, man behöver inte tänka på att vrida upp/ner element. Uppvärmingskostnaderna sänks betydligt.

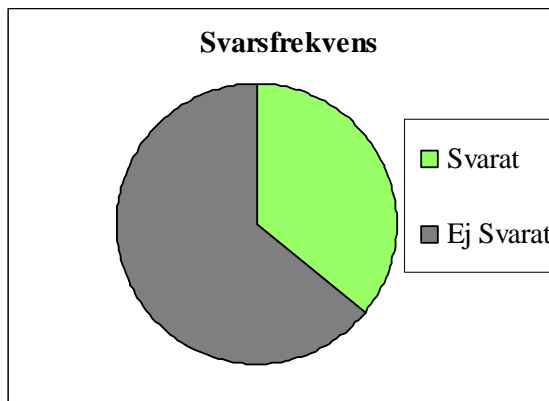
Fråga 25) Vilka är de största nackdelarna med att bo i ett passivhus?

- När det blir för varmt
- 1, kallt det blir dyrt med extra värmen
2, Dyrt
3, Det borde av miljömässiga skäl vara motorvärmare på parkeringen
- Liten yta för en femma
- Inga
- Lite för kallt på vintern
- Inga
- Dyrt
- Att det är kallt på vintern
- Saknar varma element att torka blöta vantar på.....

Fråga 26) Skulle ni rekommendera andra att bo i passivhus?



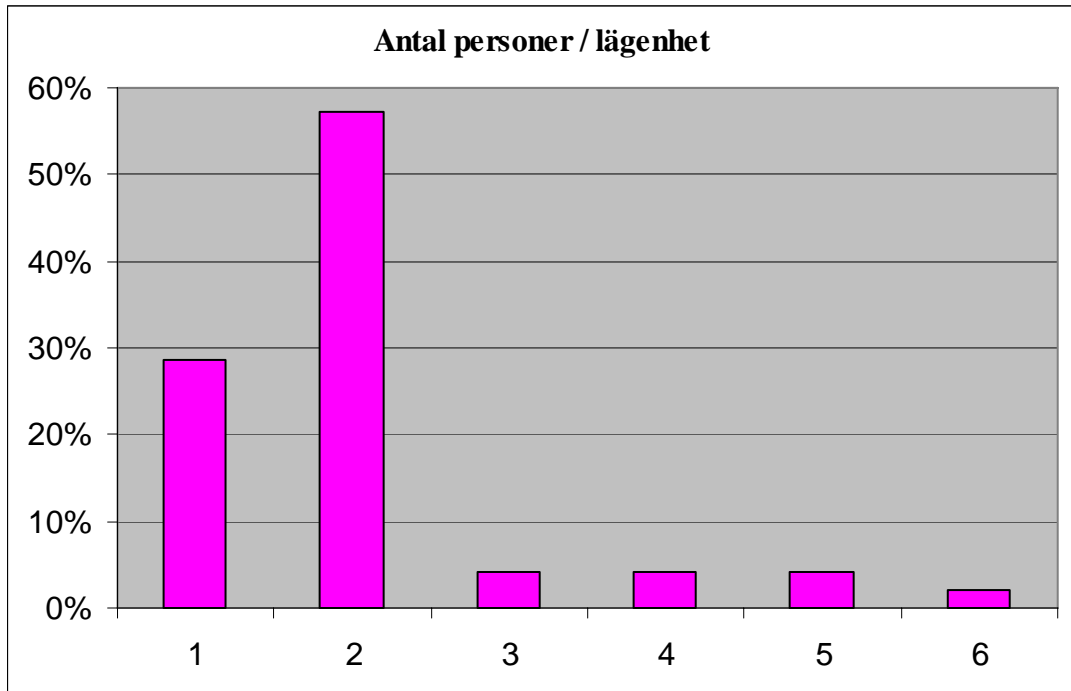
Svarsfrekvens Oxtorget



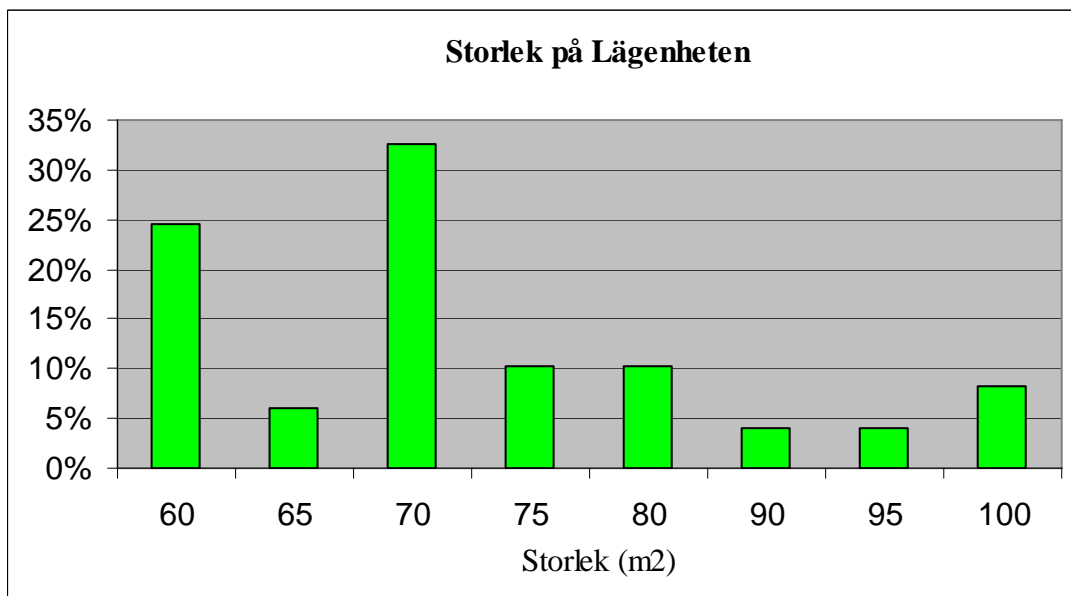
1.5 Samtliga svar utan hänsyn till område

Allmänt

Fråga 1) Hur många personer bor det i ert hushåll?



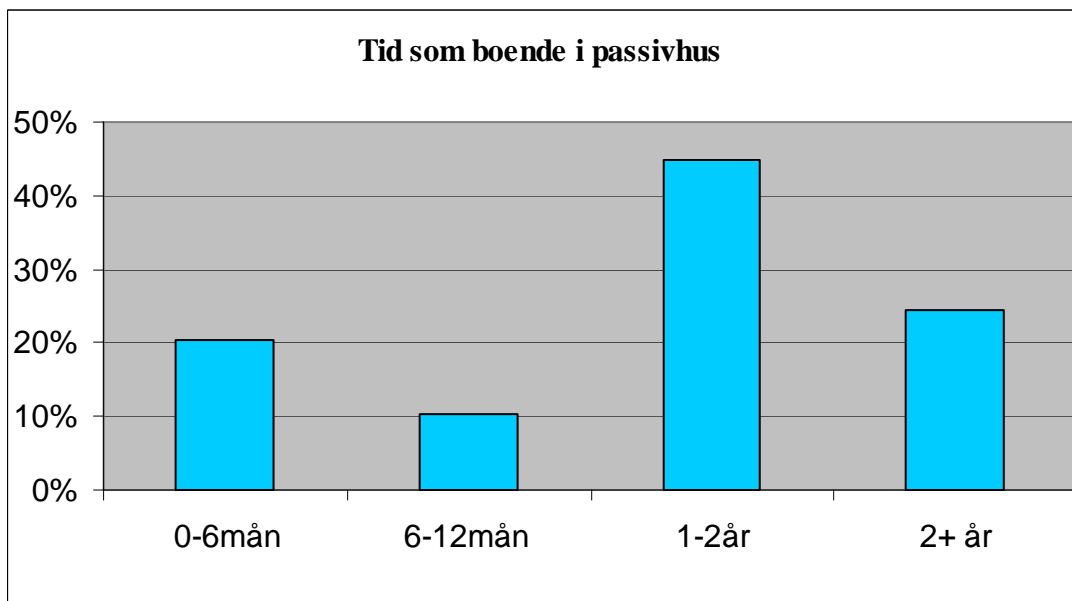
Fråga 2) Hur stor är lägenheten?



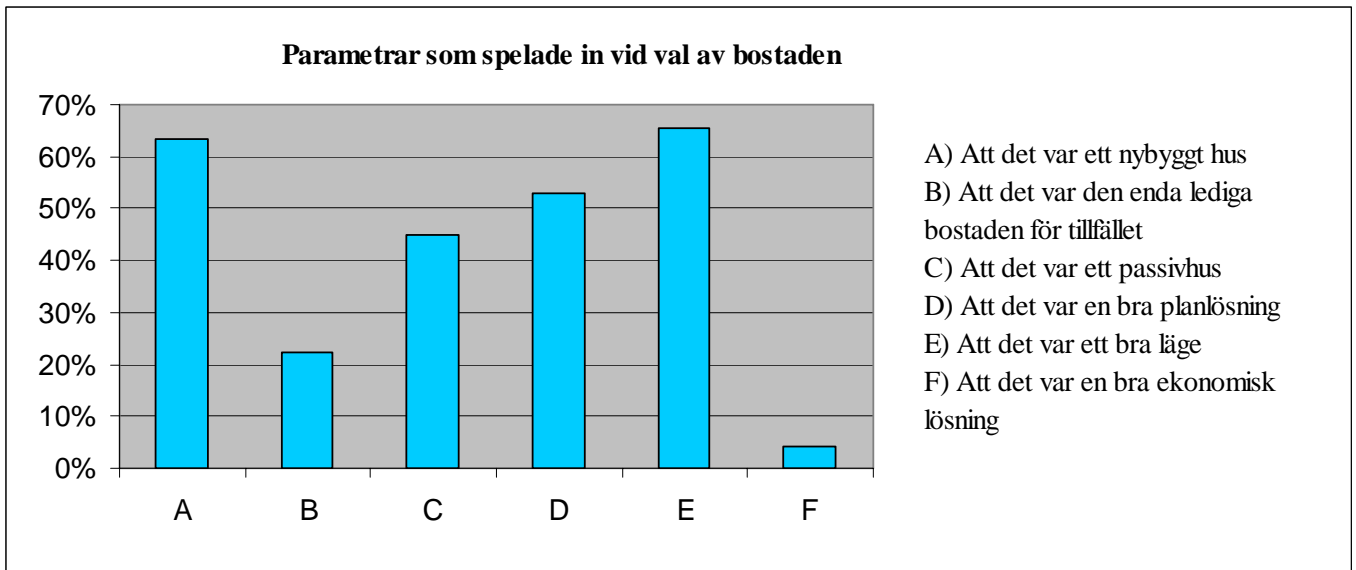
Fråga 3) Hur är åldersfördelningen i huset?



Fråga 4) Hur länge har de boende bott i sin bostad?

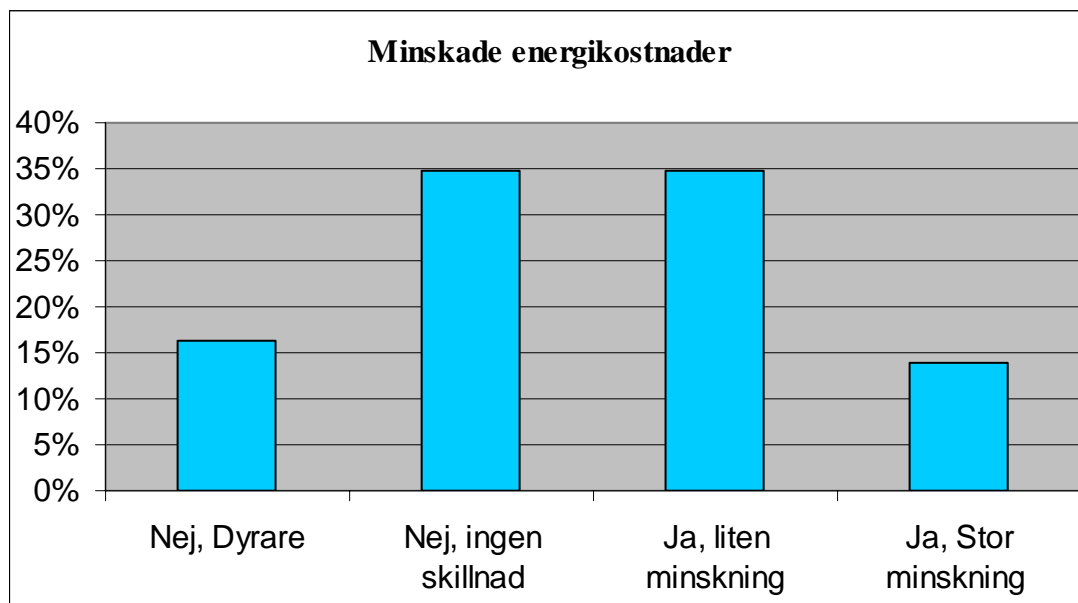


Fråga 5) Vilka parametrar spelade in när ni valde bostad?

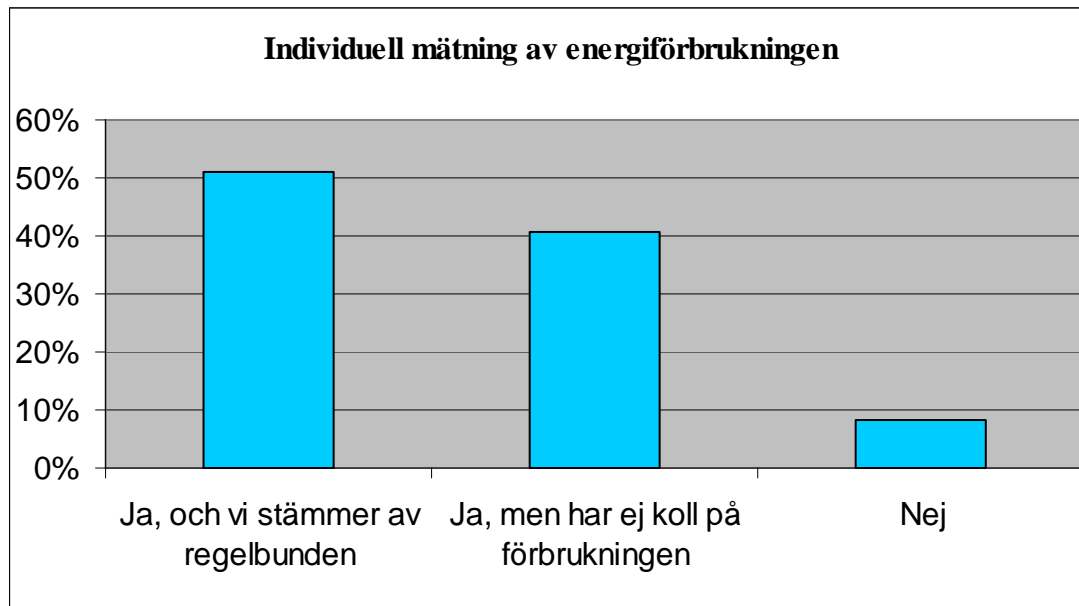


Energifrågor

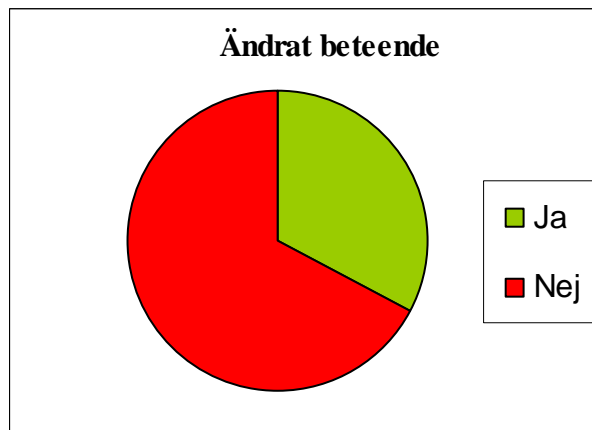
Fråga 6) Har ni upplevt minskade energikostnader till följd av att ni bor i ett passivhus?



Fråga 7) Har ni individuell mätning av energiförbrukningen?

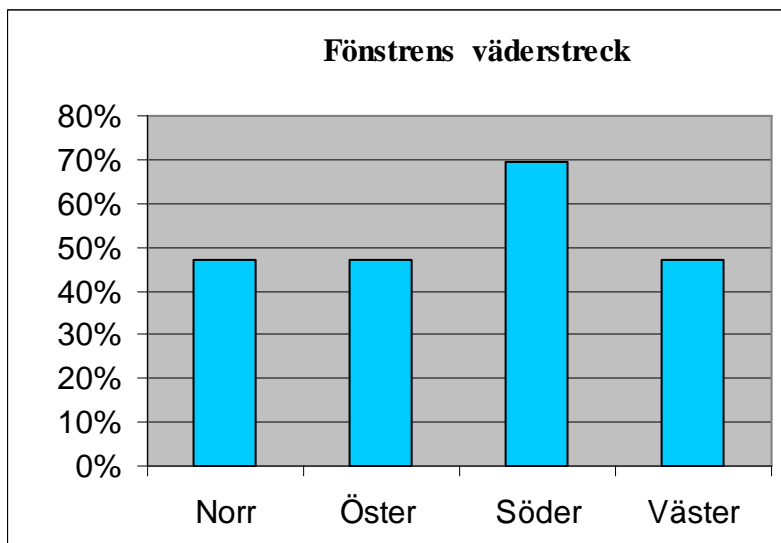


Fråga 8) Har ni ändrat ert beteende till följd av att ni bor i ett passivhus?

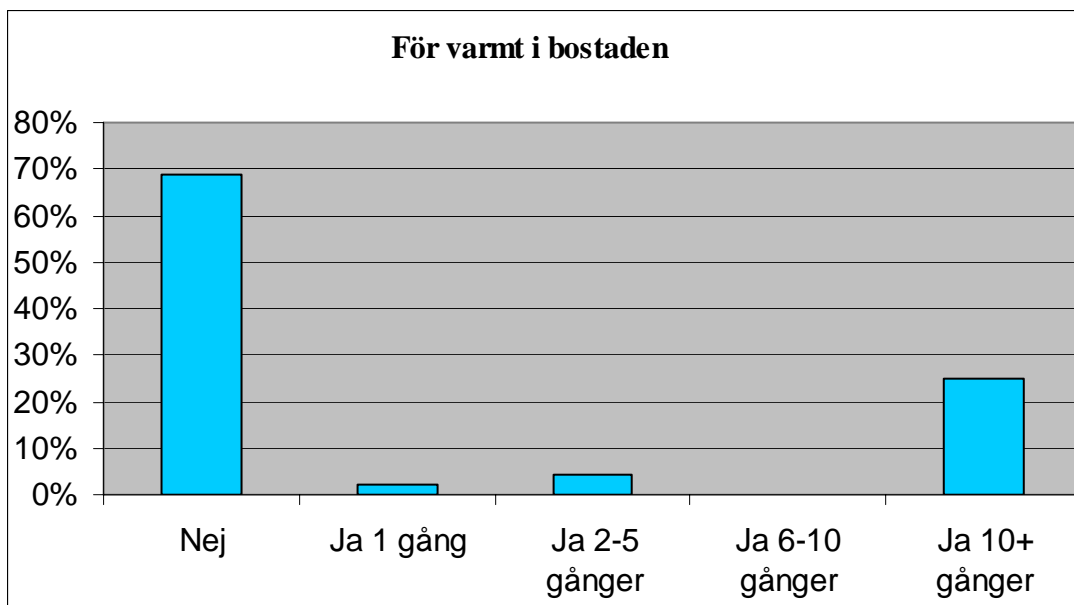


Inneklimat

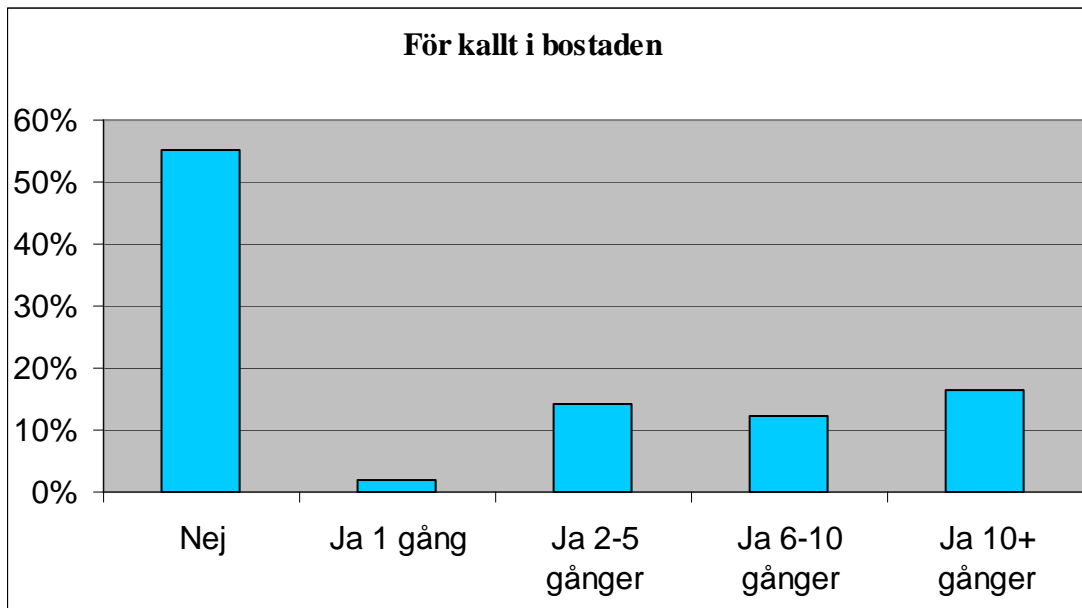
Fråga 9) I vilket/vilka väderstreck vetter era fönster?



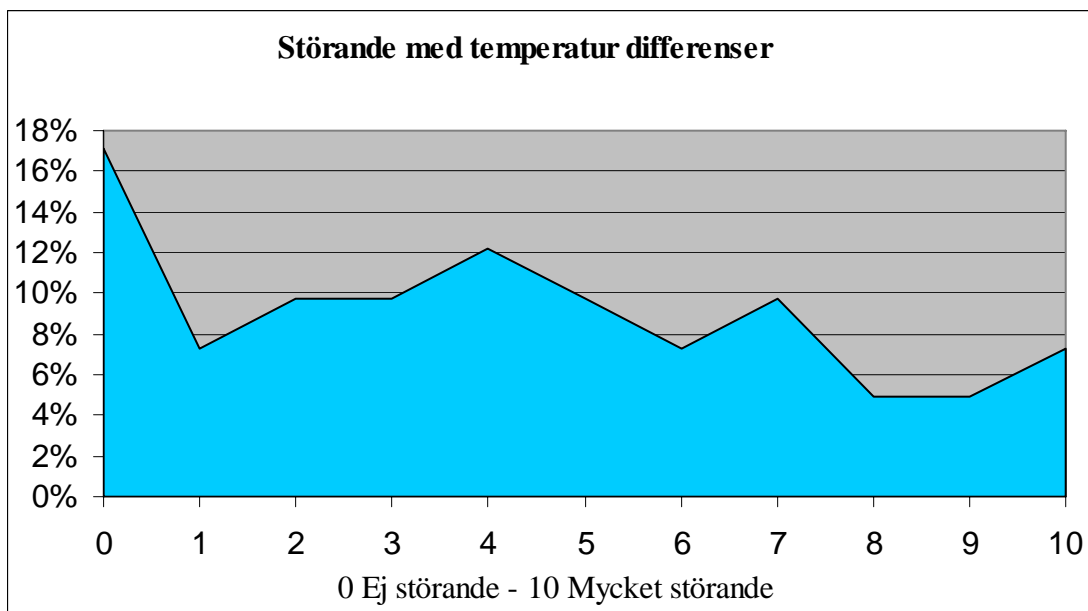
Fråga 10) Har ni upplevt att det varit för varmt i er bostad?



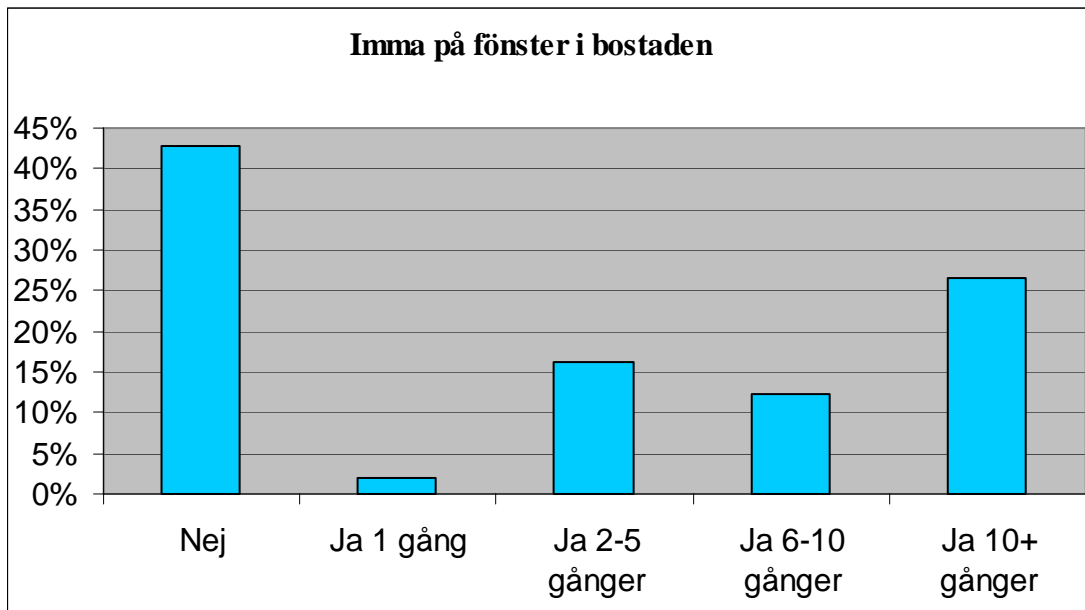
Fråga 12) Har ni upplevt att det varit för kallt i er bostad?



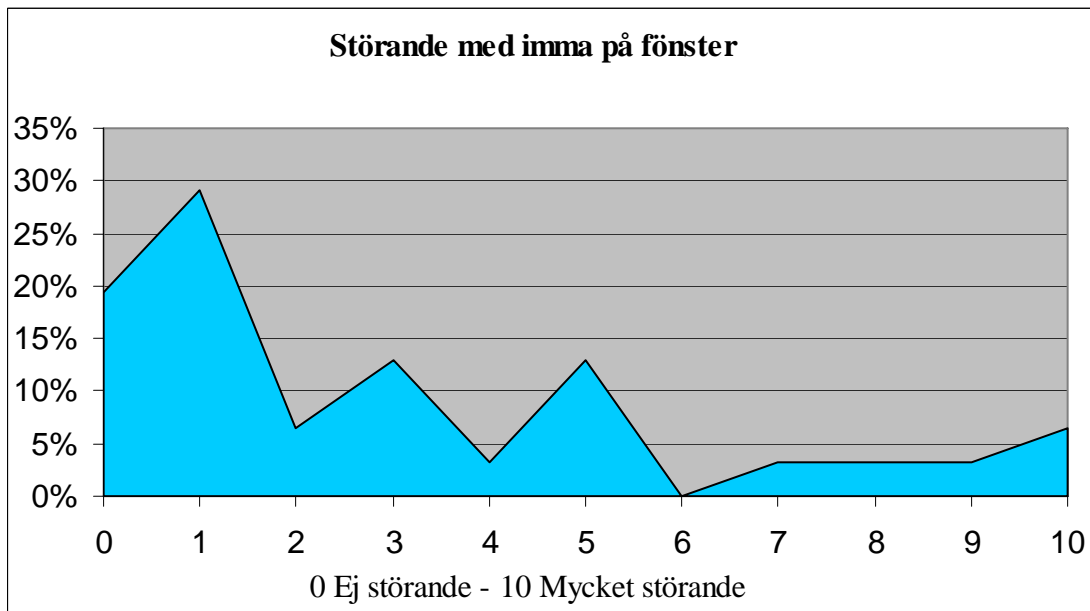
Fråga 14) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs temperaturdifferenserna?



Fråga 15) Har ni upplevt imma på era fönster?

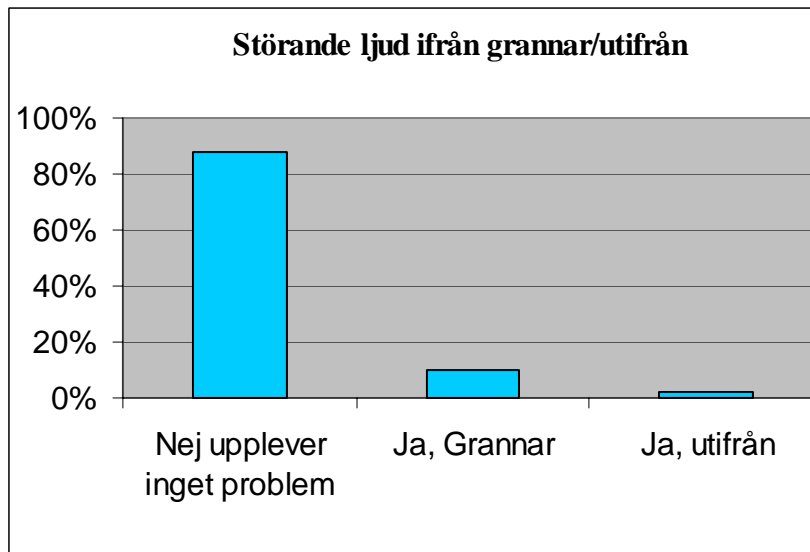


Fråga 16) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs det med imma på fönstren?

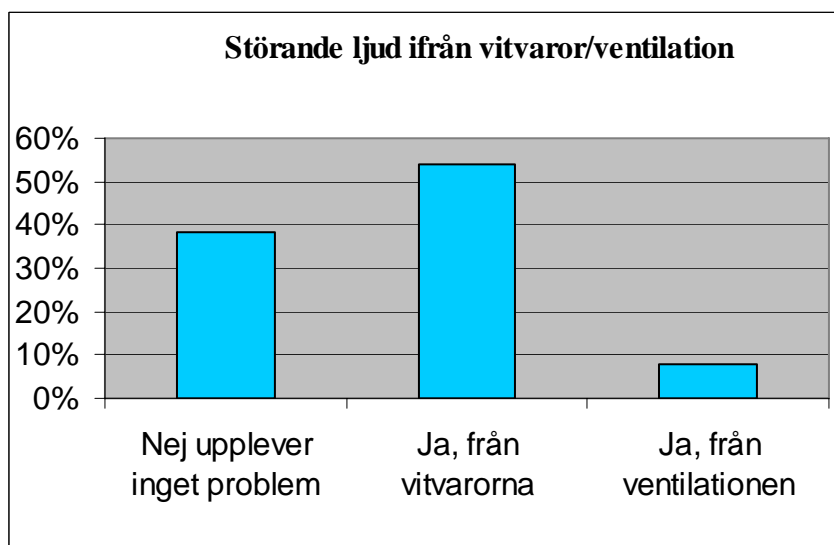


Ljud

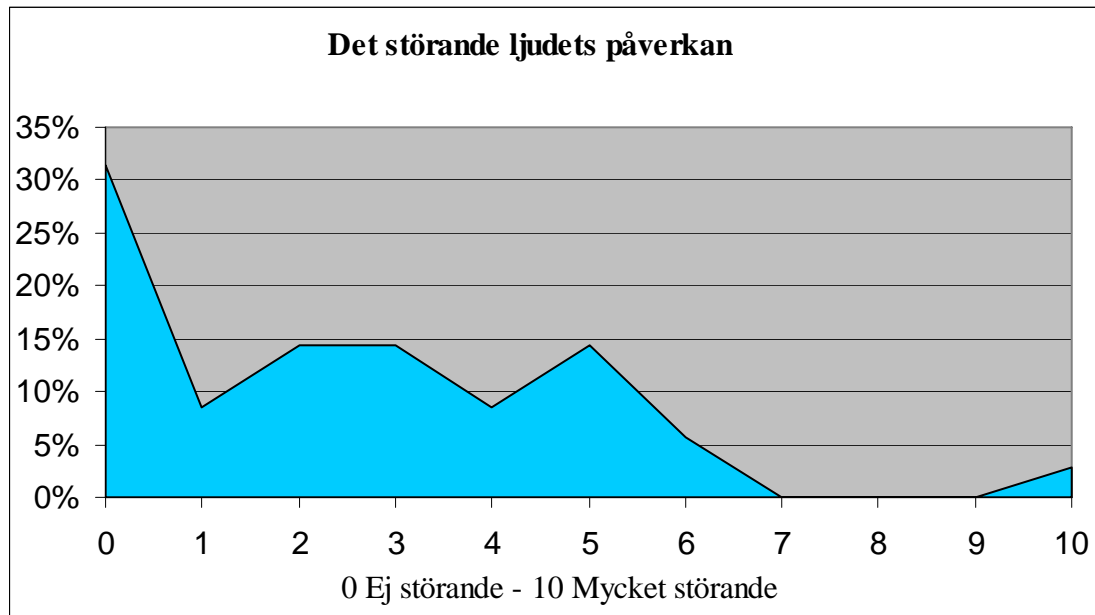
Fråga 17) Har ni upplevt störande ljud utifrån/grannar?



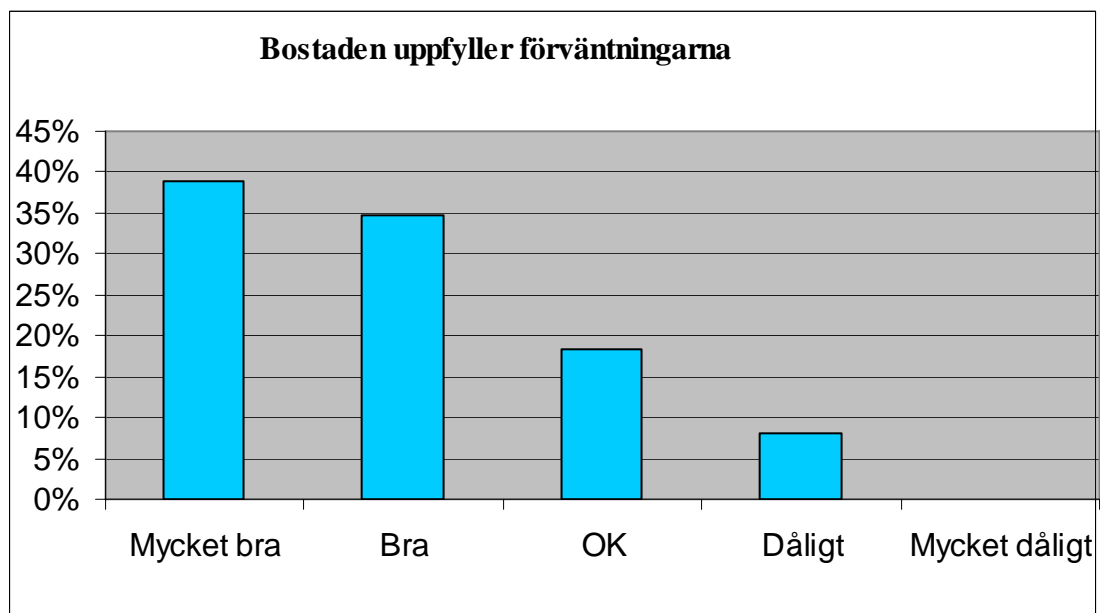
Fråga 18) Har ni upplevt störande ljud från vitvaror/ventilation?



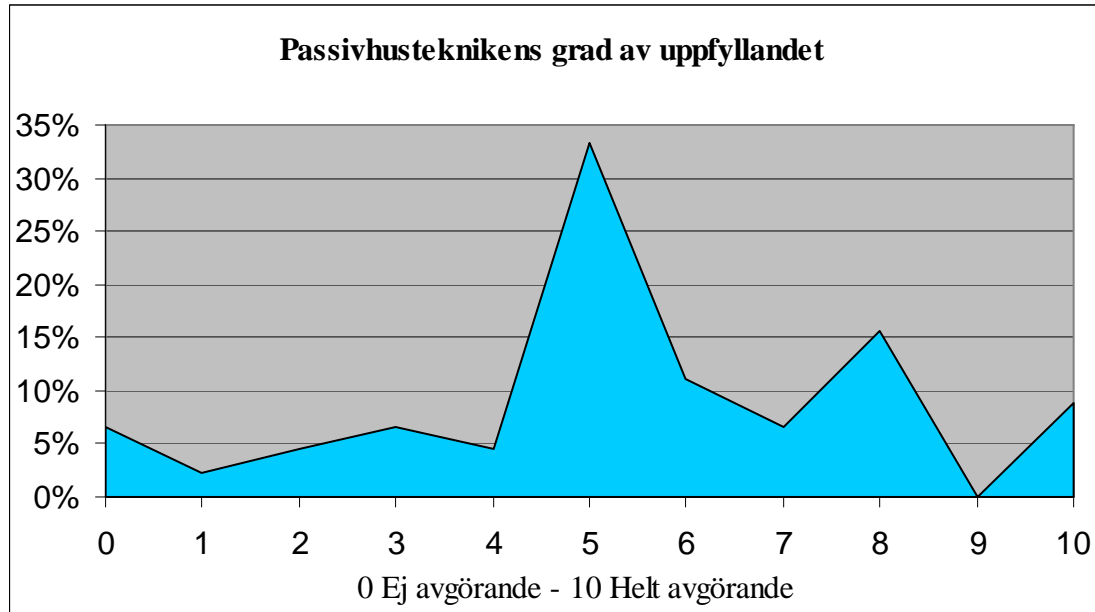
Fråga 19) Hur störande på en skala 0 -10 upplevs ljudstörningarna?



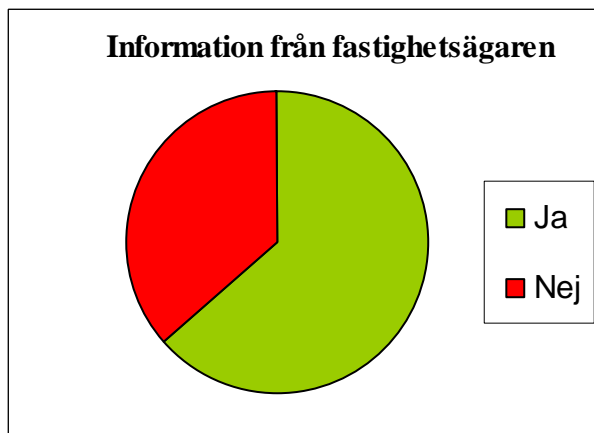
Fråga 20) Hur uppfyller bostaden era förväntningar?



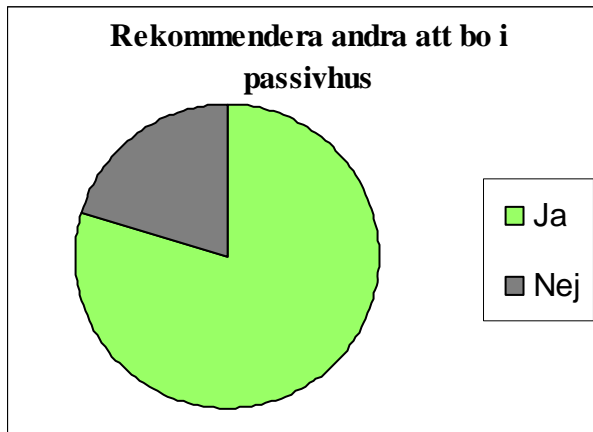
Fråga 21) Hur stor del i uppfyllandet ligger i att det är ett passivhus?



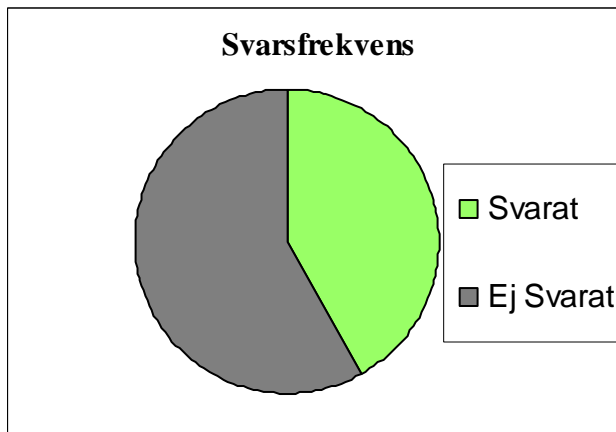
Fråga 22) Har ni fått någon information eller några restriktioner om bostaden?



Fråga 26) Skulle ni rekommendera andra att bo i passivhus?



Svarsfrekvens samtliga



Appendix B

Vikten av lufttäthet och attityder hos boende

Växjö, 2010-05-28

15 HP

Appendix till Examensarbete

Handledare: Torbjörn Allander, PEAB

Handledare: Anders Olsson, Linnéuniversitetet, Institutionen för teknik

Examinator: Bertil Bremer, Linnéuniversitetet, Institutionen för teknik

Examensarbete nr: TEK 036/2010

Innehållsförteckning

1. Sammanställning av täthetsresultat.....	B1
1.1 Lindås, Göteborg.....	B1
1.2 Oxtorget, Värnamo	B2
1.3 Seglet, Karlstad	B2
1.4 Hamnhuset, Göteborg.....	B3
1.5 Hertings gård, Falkenberg.....	B5
1.6 Portvakten, Växjö.....	B7
1.7 Smålandsstenar.....	B8

1. Sammanställning av täthetsresultat

1.1 Lindås, Göteborg

Angivet krav: 0,8 l/s m², men 0,2 l/s m² skulle eftersträvas.

Hus B

Datum: 2001

Medelvärde luftläckage vid $\pm 50\text{Pa}$: 0,3 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Lgh nr	Luftläckage (l/s m ²)
Lägenhet 7	0,27
Lägenhet 8	0,4
Lägenhet 9	0,42
Lägenhet 10	0,25
Lägenhet 11	0,2
Lägenhet 12	0,23

Kommentar:

Hus C

Datum: 2001

Medelvärde luftläckage vid $\pm 50\text{Pa}$: 0,31 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Lgh nr	Luftläckage (l/s m ²)
Lägenhet 15	0,28
Lägenhet 16	0,34

Kommentar:

1.2 Oxtorget, Värnamo

Angivet krav: 0,4 l/s m² accepterades, men det första målet på 0.2 l/s m² skulle eftersträvas.

Datum: våren 2006

Medelvärde luftläckage vid $\pm 50\text{Pa}$: 0,2 l/s m²

Kommentar:

1.3 Seglet, Karlstad

Angivet krav: Mål att nå 0,25 l/s m². Om inga större enskilda läckor upptäcktes accepterades 0,35 l/s m².

Datum: vintern 2006-2007

Medelvärde luftläckage vid $\pm 50\text{Pa}$: 0,13 l/s m²

Kommentar:

Hantverkare närvarade på de första provtryckningarna för att se vart problemen med luftläckage uppstod. Dessa tätades sedan, så att lägenheten kunde provtryckas igen. Provtryckningar genomfördes tills alla lägenheter hade klarat kraven. Som mest fick samma lägenhet provtryckas fyra gånger. Provtryckningsresultaten låg inom spannet 0,09-0,18 l/s, m². Problem att få det tätt uppstod främst under balkongdörrar, men även mellan lägenheterna. En termografering utfördes även för att än tydligare se vart läckaget och köldbryggorna fanns.

1.4 Hamnhuset, Göteborg

Angivet krav: 0,4 l/s m²

Datum: 2007-2008

Södra huset

Medelvärde luftläckage vid ± 50 Pa: 0,33 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Del 21

Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)
1	0.32
2	0.42
3	0.43
4	0.28
5	0.40
6	0.31
7	0.25
8	0.35
9	0.36
10	0.18
11	0.33
12	0.24
13	0.24
14	0.27

Del 22a

Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)
15	0.34 *
16	-
17	0.33
18	0.59
19	0.19
20	0.48 *
21	0.48
22	0.50

* kraftig vind

Del 22b

Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)
23	0.4
24	0.44
25	0.34 *
26	0.53
27	0.34
28	0.36
29	0.41
30	0.29

* kraftig vind

Del 23

Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)
31	0.33
32	0.33
33	0.19
34	0.29
35	0.22
36	0.34
37	0.18

Kommentar:

Hamnhuset är ett lågenergihus som är byggt med passivhustekniken. Det är Sveriges största flerbostadshus som är byggt med tekniken. Provtryckningen genomfördes då det blåste en del, vilket medförde att några av värdena ansågs något tvivelaktiga.

Datum:

2007-2008

Nordvästra huset

Medelvärde luftläckage vid $\pm 50\text{Pa}$:

0,40 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Del 11		Del 12		Del 13	
Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)	Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)	Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)
38	0.33	49	0.46	60	0.42
39	0.38	50	0.44	61	0.46
40	0.31	51	0.43	62	0.36
41	0.31	52	0.34	63	0.35
42	0.54	53	0.43	64	0.4
43	0.31	54	0.44	65	0.36
44	0.29	55	0.26	66	0.43
45	0.24	56	0.23	67	0.28
46	0.31	57	0.31	68	0.36
47	0.37	58	0.25	69	0.21
48		59		70	0.27
				71	0.21

Del 14		Del 15		Del 16	
Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)	Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)	Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)
72	0.59	83	0.48	94	0.51
73	0.59	84	0.58	95	0.56
74	0.58	85	0.63	96	0.64
75	0.53	86	0.38	97	0.51
76	0.43	87	0.30	98	0.51
77	0.51	88	0.59	99	0.49
78	0.31	89	0.32	100	0.35
79	0.41	90	0.21	101	0.48
80	0.46	91	0.38	102	0.42
81	0.42	92	0.33	103	0.45
82	0.58	93	0.57	104	

Del 17	
Lgh nr.	Luftläckage (l/s m ²)
105	(0.33)
106	0.29
107	0.6
108	0.34
109	0.34
110	0.53
111	0.37
112	0.31
113	0.46
114	0.39
115	0.18
116	0.19

Provningsresultat 2008-07-10	
Antal	Luftläckage (l/s m ²)
70 st	< 0.4
43 st	0.4 - 0.6
2 st	> 0.6

Kommentar:

1.5 Hertings gård, Falkenberg

Angivet krav: 0,16 l/s m²

Hus 19

Datum: 2008-05-22

Medelvärde luftläckage vid ± 50 Pa: 0,1 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Lgh nr	Luftläckage (l/s m ²)
Lägenhet 22	0,087
Lägenhet 23	0,123
Lägenhet 24	0,126
Lägenhet 62	0,075
Lägenhet 71	0,088

Kommentar:

Hus 18

Datum: hösten 2008

Medelvärde luftläckage vid ± 50 Pa: 0,085 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Lgh nr	Luftläckage (l/s m ²)
Lägenhet 21	0,12
Lägenhet 33	0,073
Lägenhet 54	0,087
Lägenhet 82	0,058

Kommentar:

Hus 17

Datum: 2009-06-30

Medelvärde luftläckage vid $\pm 50\text{Pa}$: 0,046 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Lgh nr	Luftläckage (l/s m ²)
Lägenhet 31	0,054
Lägenhet 34	0,038

Kommentar:

Hus 16

Datum: hösten 2009

Medelvärde luftläckage vid $\pm 50\text{Pa}$: 0,083 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Lgh nr	Luftläckage (l/s m ²)
Lägenhet 71	0,066
Lägenhet 74	0,1

Kommentar:

1.6 Portvakten, Växjö

Angivet krav: 0,2 l/s m²

Hus 007

Datum: 2009-02-19

Medelvärde luftläckage vid ± 50 Pa: 0,3 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Lgh nr	Luftläckage (l/s m ²)
Plan 2	0,3

Kommentar:

Hus 007

Datum: 2009-06-24

Medelvärde luftläckage vid ± 50 Pa: 0,3 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Lgh nr	Luftläckage (l/s m ²)
Prov 1	0,18
Prov 2	0,15
Prov 3	0,15
Prov 4	0,13

Kommentar:

Vindhastigheten var lite högre än önskvärt vid provtryckningstillfället samt att vinden var byig, vilket medförde mätosäkerhet. Variationen mellan mättillfällena var så pass stor att det var svårt att avgöra om resultaten gynnats eller missgynnats. Dessutom släppte den provisoriska plastningen av altandörren ett flertal gånger under provningarna, vilket därför antogs att det uppmätta värdet var något överskattat. Dock låg samtliga värdena en bit under de krav som satts upp för luftläckage.

Hus 008

Datum: 2009-02-19

Medelvärde luftläckage vid $\pm 50\text{Pa}$: 0,19 l/s m²

Samtliga resultat vid ovan nämnd provtryckning:

Lgh nr	Luftläckage (l/s m ²)
Prov 1	0,17
Prov 2	0,2
Prov 3	0,19
Prov 4	0,18

Kommentar:

Då provningen genomfördes var inte plastfolien mellan plan 7 och plan 8 tejpade. I samband med provningen gjordes även en luftläckagesökning, vilken visade att det var vid fasadskarven på plan 8 som luft läckte. När elementskarven mellan plan 7 och plan 8 är åtgärdad kommer troligen även läckaget minska ytterligare.

1.7 Smålandsstenar

Datum: 2010-03-01

Medelvärde luftläckage vid $\pm 50\text{Pa}$: 0,196 l/s m²

Kommentar:

Provtryckningarna genomfördes utan större yttre påverkan.

Lnu.se

Institutionen för teknik

351 95 Växjö

tel. 0772-28 80 00, fax 0470-76 85 40