

2014-06-10

## Verifierat passivhus – Kv Fridhem

Kvarteret Fridhem i Trollhättan är inte bara det största passivhusområdet som byggts 2013, det är också det första som verifierat sina prestanda med mätning. Eidar Bostads AB är mycket nöjda med projektet och anger en merkostnad för passivhusutförandet på bara 0,5 procent jämfört med ett alternativ som bara klarar byggreglernas minimikrav. Dessutom var detta projekt det som haft minst problem i byggskedet och som bedöms få mindre skötselkostnader framöver än normalt. 82 procent av de boende i punkthusen är nöjda eller mycket nöjda med inneklimatet vintertid. Däremot klagar flera boende på matos från ventilationssystemet i några av byggnaderna.



## Innehållsförteckning

1. Beskrivning .....	2
2. Bra inneklimat .....	2
3. Mätverifiering .....	2
4. Övriga mätresultat .....	3
5. Slutsatser av mätningen .....	3
6. Så här användes spiskåpan .....	4
7. Så här vädrade man .....	4
8. Övriga kommentarer .....	5
9. Beskrivning av installationssystemen .....	6
10. Referenser .....	6
Bilaga 1. Mätmetodik .....	7
Bilaga 2. Enkätfrågor .....	10

2014-06-10

## 1. Beskrivning

Området består av 174 lägenheter fördelade på sex punkthus på vardera 20 lägenheter i sex våningsplan och ett lamellhus med 53 lägenheter. Byggnaderna är uppförda med prefabricerade betongelement och har gemensamma ventilationsaggregat på vind. I varje lägenhet i punkthusen finns en luftvärmare i tilluftssystemet. I lamellhuset finns värmeradiatorer och ett ouppvämt garage i källaren. Samtliga byggnader har tidigare certifierats som passivhus enligt kriterierna i FEBY09. Sex av dessa byggnader har nu också mätverifierats vad avser byggnadens värmeeffektbehov, som är ett skallkrav i FEBY09.

## 2. Bra inneklimat

Att slippa vattenradiatorer ger en stor ekonomisk inbesparing, men vad anser de boende om att värmen kommer via tilluften?

Enkätfrågor om inneklimatet vintertid visar att 82 procent av de boende i punkthusen anser värmekomforten är bra eller ganska bra i punkthusen, medan 5 procent anser den är dålig eller mycket dålig (ett svar). Detta är ett bra resultat för 6 byggnader som tagits i drift någon månad tidigare och haft driftproblem med ett aggregat under ett dygn (och då blev det kallt).

I lamellhuset som inte har luftvärme utan vattenradiatorer gav enkäten ett sämre utfall. Här svarade bara 55 procent att de ansåg värmekomforten var bra eller mycket bra, medan 16 procent ansåg den var dålig eller mycket dålig. Trots att innetemperaturen i lamellhusen var 22 grader angav 12 procent i separat anmärkning att lägenheten är väl sval. I lamellhusen finns serviceboende och en äldre boendegrupp.

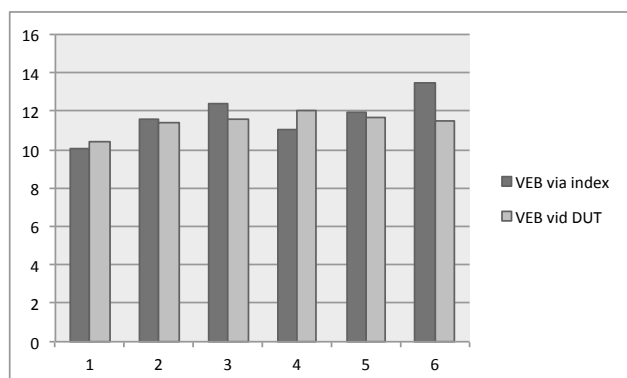
Trots olika boendekategorier kanske en försiktig tolkning ändå kan vara att luftvärme ger minst lika bra värmekomfort som radiatorvärme.

Störande ljud uppstår i spiskåpens kanal när det blåser (flera stormar sedan inflyttningen). I övrigt anges mer störningar av ljud utifrån, grannar, mm än från ventilationssystemet.

## 3. Mätverifiering

Energiverifieringen enligt FEBY09 avser enbart byggnadens värmeeffektbehov. Effektbehovet har uppmätts med mätvärden för temperatur, värme, varmvatten och elenergi till bostad och fastighetsdrift. Värmeeffektbehovet har också uppmätts indirekt via mätning av byggnadens energisignatur baserat på veckomedelvärden för vecka 1 – 6. Resultaten varierar något mellan dessa två mätmetoder och för de sex olika punkthusen, se figur 1.

2014-06-10



**Figur 1. Värmeeffektbehov (VEB) för punkthusen baserat på statisk mätning, respektive via energisignatur (index).**

Värmeeffektbehovet blir i genomsnitt 11,4 W/m<sup>2</sup> för samtliga punkthus, vilket ger en avvikelse på 1,4 W/m<sup>2</sup> jämfört med kravet 10 W/m<sup>2</sup>.

Med hänsyn tagen till de mätosäkerheter som uppstår för byggnader där beteende och verksamhet i stor utsträckning påverkar mätresultaten har byggnaden bedömts ligga inom ramen för de ställda energikraven, se utredningen i bilaga 1.

#### 4. Övriga mätresultat

Elanvändningen under i punkthusen fördelades under vinterperioden enligt tabell.

	W/m <sup>2</sup>
Hiss	0,10
Pump , mm i UC	0,15
ytturbelysning	0,17
Motorvärmare	0,00
Fläkt	0,55
Hushållsel	2,53
Övrig fastighetsel	0,97
<b>Summa el</b>	<b>4,46</b>

Täthet har uppmätts till 0,13 - 0,17 l/s,m<sup>2</sup>, dvs 50 procent av kravnivån.

Ljud från ventilationssystem har uppmätts och klarar ljudkrav B.

#### 5. Slutsatser av mätningen

Mätningen verifierar att punkthusen med hänsyn till mätosäkerheter klarar passivhuskraven enligt FEBY09. Resultaten indikerar dock något högre värmeförluster. Om byggherren i sin projektering ska ta höjd även för mätosäkerheter kan diskuteras.

Lamellhuset ligger däremot över kravnivån även när mätosäkerheten beaktats. Kanske har köldbryggor ner till garageplanet underskattats i projekteringen.

Två metodalternativ för bestämning av värmeeffektbehovet har analyserats och har givit likartat resultat men med en större spridningsbild för energiindexmetoden. Eftersom energiindexmetoden har stora fördelar genom att mätning inte krävs av

2014-06-10

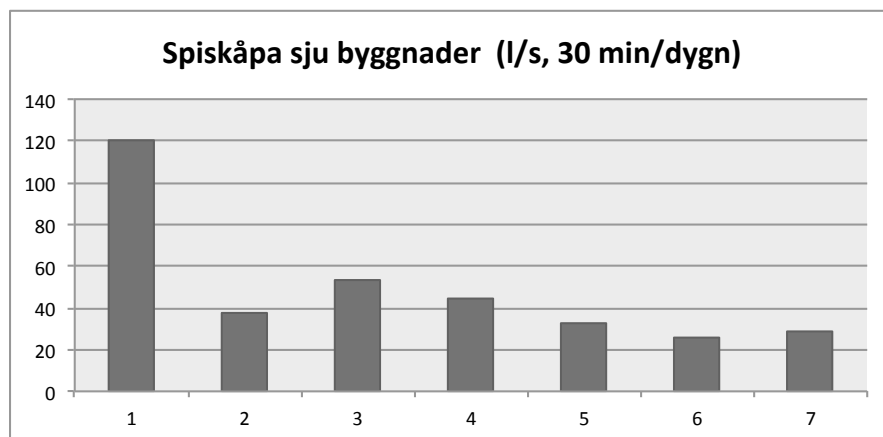
varmvattenvolym, kall- och varmvattentemperatur, innetemperatur, personlast, hushållsel och fastighetsel och osäkra antaganden om dess spillvärmeandel känns den metoden mer attraktiv även om den kräver en större feltolerans. Däremot behövs även för denna metod en korrigering för avvikande vädring och spiskåpens användning.

## 6. Så här användes spiskåpan

Genom en boendeenkät har frågor ställts om upplevt inneklimat, vädringsbeteende, mm under februari månad, se bilaga 2.

Spiskåpens luftflöde mättes för olika inställningslägen och enkätfrågor ställdes om inställningsläge och drifttid per dag. Eftersom spiskåpens forcering sker utan tidsstyrning och lägsta driftnivån är ganska tyst fanns en stor risk att boende låter spiskåpan vara på ständigt. I energikalkylen hade forceringsflödet uppskattats till 25 l/s under 30 minuter per dag. Enkätresultaten gav en spridning mellan 26 och 138 l/s med ett medelvärde på 56 l/s, alltså dubbelt mot vad som antagits. Ökningen ger ett tillkommande uppvärmningsbehov på ca 1,3 kWh/m<sup>2</sup>.

Resultaten har påverkats av de få brukare som låter forceringen stå på många timmar eller dygnet runt (en boende). Både forceringsläge och drifttid varierar mycket mellan olika lägenheter, men skillnaden mellan de olika husen blev liten, med undantag av byggnaden där en lägenhet hade fläkten på ständigt, se figur 2.



**Figur 2. Forceringsflöde i de olika byggnaderna enligt enkätsvaren. För jämförelsens skull har resultatet angivits som luftflöde under en genomsnittlig drifttid på 30 minuter per dag. Ett forceringsluftflöde på ca 95 l/s, 30 min/dag uppskattas ge en förlust på ca 4 kWh/m<sup>2</sup>.**

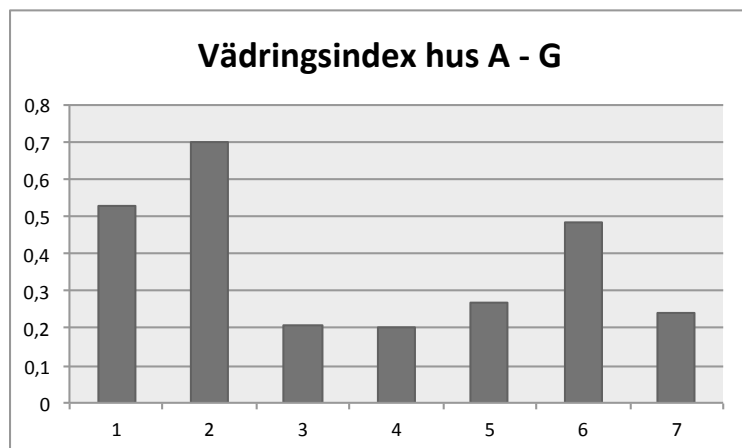
Resultatet visar att spiskåpor med manuell återställning ger högre luftflöden med risk för mycket stora luftflöden, även om bara en lägenhet valt detta driftläge i detta område.

## 7. Så här vädrade man

Genom att fråga de boende om hur de vädrar, hur ofta, mm enligt en tidigare utvecklad metod erhöles ett vädringsindex som kan jämföras med tidigare erhållna resultat i andra studier (referens 1).

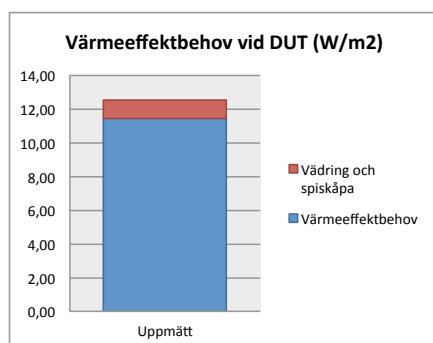
2014-06-10

Resultatet i denna studie framgår av figur 3 och ger ett genomsnittligt vädringsindex på 0,42 för punkthusen. Det motsvarar en vädringsförlust på ca 3,1 kWh/ m<sup>2</sup> men spridningen är stor mellan de olika byggnaderna, från 1,5 till 5,2 kWh/ m<sup>2</sup>.



Figur 3. Vädringsindex i Hus A - Hus G (lamellhuset). Ett vädringsindex på 0,54 uppskattas ge vädringsförluster på ca 4 kWh/m<sup>2</sup>.

De få boende som har för vana att vädra hela natten eller många timmar per dag påverkar vädringsindex mycket. Vädringsbeteendet kan ha påverkats av matosproblem (en boendekommentar). Vidare kan antas att högre genomsnittstemperaturer i byggnader ger fler som väljer att vädra om de vill ha en lägre innetemperatur. Innetemperaturerna i de sex punkthusen låg ganska jämnt runt 22 grader. Vädring och spiskåpens fläkt påverkar byggnadens värmeförluster med ca 10 procent i dessa byggnader, se figur 4.



Figur 4. Vädringsförluster och matosutvädring ingår inte i definitionen för värmeeffektbehov men ingår i mätvärdena, som då ska korrigeras.

## 8. Övriga kommentarer

Roterande växlare ökar risken för matosproblem som ökar risken för mer vädring. Eidar Bygg är inte nöjd med utfallet för matosspridningen i detta projekt.

Forceringsfläkt utan timerstyrning och med en mycket tyst fläkt vid lägsta flödet riskerar att boende har köksfläkten på kontinuerligt. Detta visar sig också vara fallet, men endast en boende har tydligt angivit detta.

2014-06-10

Handdukstorkar saknar timerstyrning. Var 10:e lägenhet i lamellhusen har handdukstorken ständigt på. I genomsnitt hamnar dock elanvändning på blygsamma 7 W/bostad. Nu är inomhustemperaturen i dessa byggnader på komfortabel nivå, ca 22 grader och kan ha varit tillbakahållande.

## 9. Beskrivning av installationssystemen

### Ventilationssystem

Byggnaderna har vindsplacerade ventilationsaggregat med roterande växlare förberett för kolfilter i fall luktöverföring blir ett problem. Kökskåpens ventilation har spiskåpefläkt med 6 driftlägen och avluft går ut fritt över tak. Backspjäll med större tryckmotstånd innan den öppnar (västkustutförande). Tilluften går ner i en gemensam kanal till avstick på lägenhetsplanen. Kanalschaktet är placerat i anslutning till kök/badrum och bostadens värmekonvektor är placerad i hall respektive nedsänkta halltak. Tilluftsdon med injusteringslåda är placerade bakkant i sovrum och vardagsrum. All injusterings av luftflödet sker därmed i lägenheten. Värmen regleras på lägenhetens innetemperatur i kombination med en utetemperaturkompenserad reglering. Styr- och övervakning uppkopplad till Bostad Eidars övervakningssystem.

### Övriga installationer

Elradiator i badrum har enbart on/off - drift.

Belysning i tapphallar är behovsstyrda.

Solavskärmning med innanpåliggande persienner.

Elvärmd handdukstork (60 W) för badrumsuppvärmning ansluten till hushållsel. Baserat på enkätfrågor har dessa i genomsnitt dragit 7 W.

Innanpåliggande persienner.

## 10. Referenser

1. MEBY- projektet Delrapport 3, som finns på [www.aton.se](http://www.aton.se) under rapporter.

2014-06-10

## Bilaga 1. Mätmetodik

Mätning v byggnadens värmeeffektbehov genomfördes under 3 tvåveckors perioder v. 1 – v. 6. Mätningen har genomförts enligt anvisningarna från FEBY09 – rapporten och mätdata har satts in i beräkningsstödet Energihuskalkyl för att normalisera för avvikande verksamhetsvärden. En beräkning har genomförts för varje byggnad.

För fastighetsel har värden dragits av för

- Utebelysning, ger inte spillvärme
- El till motorvärmare
- El till ventilation, som ger 50% värme
- Resterande el antas ge 70% tillgänglig värme (Sveby referensvärde).

Värmeeffektbehovet (VEB) är enligt definitionen i FEBY09 ett värde där hänsyn inte tas till beteendefaktorer och verksamhet vad gäller t.ex. vädring och matosforcering i kök. Dessa beaktas först vid årsenergiberäkningen. I samband med beräkning av VEB används i FEBY09 ett schablonvärde för verksamhetens spillvärme som dras av på byggnadens beräknade värmeförluster.

När nu värmeeffektbehovet ska mätas, mäts all ingående energi som sedan divideras med antal timmar under mätperioden och som sen divideras med aktuell temperaturskillnad mellan ute och inne, varvid byggnadens specifika förlustfaktor (SF) erhålls i W/K,m<sup>2</sup>.

Eftersom inte vädring och spiskåpens förluster ingår in begreppet VEB så måste också värdet för dessa ( $Q_f$ ) dras av från mätvärdena. Man kan anta att vädringsförlusterna är försumbara vid dimensionerande utetemperatur, men inte under normala mätförhållanden vid noll grader som varit fallet vid denna mätning.

Förlustfaktorn  $SF = (P_{spill} + P_{sol} + P_{person}) + (F_{jv} - VV)/timmar - Q_f \times 1,2)/A_{temp}$  (W/K,m<sup>2</sup>), där

$Q_f$  är summa vädringsflöde och spiskåpens luftflöde som genomsnitt under dygnet och 1,2 är luftens specifika värme.  $F_{jv}$  är inkommande fjärrvärme och  $VV$  är varmvattenanvändningen.

$P_{spill}$  beräknas utifrån mätningar på fastighetsel och hushållsel som vid den ursprungliga energikalkylen, men nu med mätdata på köpt el.

Byggnadens specifika värmeeffektbehov (VEB) vid DUT kan sedan beräknas.

$VEB = SF \times (20 - DUT) - \text{spillvärme enligt schablon (4 W/m}^2 \text{ BOA, enligt FEBY09)}$ .

Personspillvärme  $P_{person}$  har baserats på enkätdata vad avser antal boende.

Spiskåpens forceringsflöde är baserat på mätning för olika inställningslägen och enkätfrågor och gav ett medelvärde på 56 l/s.

Enkätfrågorna om vädring gav ett medelvärde för vädringsindex på 0,42.

2014-06-10

Mät- och resultatsammanställning för genomsnittsvärden baserat på dessa sex mätveckor ges i tabell 1.

	Hus A	Hus B	Hus C	Hus D	Hus E	Hus F	Hus G
Hushållsel (kWh/m <sup>2</sup> )	2,53	1,82	2,38	2,55	1,95	2,37	1,76
Fastighetsel exl fläkt och utebel	1,29	1,16	0,57	1,23	1,10	1,19	1,72
Antal personer	37,00	37,00	37,00	43,00	32,00	31,00	74,00
Varmvatten (kWh/m <sup>2</sup> )	2,32	1,87	2,69	2,12	1,66	1,95	1,38
Innetemperatur (oC)	22,40	22,20	22,10	22,50	22,00	22,50	22,20
Värme exkl varmvatten (kWh/m <sup>2</sup> )	6,69	7,60	7,02	6,84	7,22	7,56	7,86
Värmeeffektbehov (W/m <sup>2</sup> )	10,45	11,43	11,57	12,00	11,66	11,51	12,54
- Avvikelse (%)	0,00	0,09	0,11	0,15	0,12	0,10	0,39
Förlustfaktor (W/K,m <sup>2</sup> )	0,44	0,47	0,48	0,49	0,48	0,48	0,49

**Tabell 1. Mätresultat för punkthus A-G utifrån mätning vecka 1 – 6.**

Värmeeffektbehovet blir i genomsnitt 11,4 W/m<sup>2</sup> för samtliga punkthus, vilket ger en avvikelse på 1,4 W/m<sup>2</sup> jämfört med kravet. En osäkerhetsanalys (tabell 2) visar att mätarosäkerhet för utetemperatur och andel spillvärme dominerar osäkerheten.

	osäkerhet	(W/m <sup>2</sup> )
Sol	25%	0,12
Innetemp	0,5 grad	0,34
Utetemp	0,5 grad	0,37
Varmvatten	5%	0,15
Temp varmvatten	2 grader	0,13
Värme	3%	0,32
Vädring	+25%	0,22
Spiskåpa	+/- 20 l/s	0,18
Personvärme	+40%	0
Spillvärme fastighetsel	20%	0,34
Spillvärme hushållsel	10%	0,24

**Tabell 2. Osäkerhetsanalys. Variabelns påverkan på värmeeffektbehovet vid DUT**

Om alla dessa poster anses vara utan inbördes samband är sammanlagd osäkerhet roten ur summan av kvadraten på respektive osäkerhet vilket ger värdet: +/- 0,84 W/m<sup>2</sup>. Den aktuella mätperioden var dessutom mycket blåsig och en obekant energiåtgång för uttorkning av betongstomme tillkommer. Sammanfattningsvis kan sägas att mätningen indikerar en något högre värmeförlust, men kan med hänsyn till en mätosäkerheten ändå ge ett godkänt resultat, medan lamellhuset hamnar på 11 W/m<sup>2</sup>. Lamellhuset belastas av köldbryggor i väggarna och pelare till det kalla garaget, vilket vanligen underskattas vid projekteringen.

### **Alternativ kalkyl med energisignatur**

Enklare mätmässigt är att enbart jämföra köpt fjärrvärmeenergi mot utetemperatur. Som exempel redovisas mätvärden enligt tabell 2 för en av punkthusen.

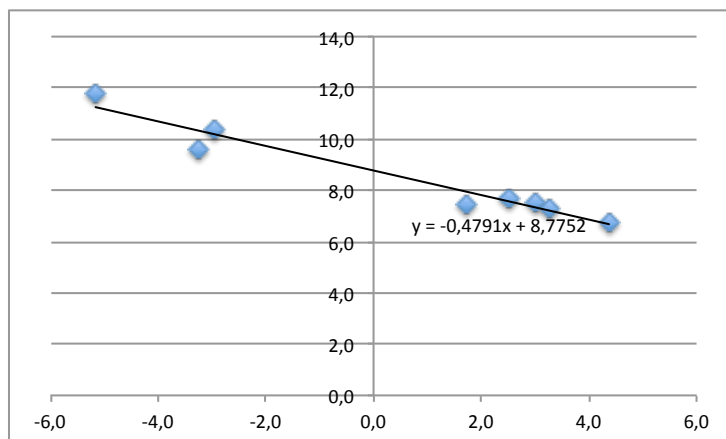
Datum start	vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Periodlängd	(timmar)	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Värme + VV	(kWh)	1563	2227	2975	3462	3259	2238	2178	2017	2017
Utetemp medel	grader	4,82	2,14	-2,55	-4,76	-2,84	2,93	3,39	3,68	4,77
Innetemp medel	grader	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2

**Tabell 2. Mätvärden för hus A.**



2014-06-10

Baserat på den graf som erhålls för mätveckorna 2 – 9 kan byggnadens specifika förlustfaktor (SF) beräknas. Den första veckans mätvärde kan ha påverkas av nyårsledighet och har inte tagits med.



**Figur 1. Energisignatur baserad på 8 mätveckor.**

Utifrån värdet på trendlinjens lutning (SF) bestäms byggnadens värmeeffektbehov VEB (FEBY09) enligt:

$$VEB = (SF - 1,2 \times Q_f) * (20 - DUT) + UA_{\text{mark}}/A_{\text{temp}} * (20 - T_{\text{mark}}) - P_{\text{spill}}$$

$Q_f$  är summa vädringsflöde och spiskåpens luftflöde enligt tidigare förklaring.

I detta exempel (Hus A) blir  $VEB = ((0,479 - 0,063) * (20 + 10,9) + 0,019 * (20 - 0,8) - 3,2 = 10 \text{ W/m}^2$ .

I jämfört med den statiska kalkylen för alla punkthusen erhålls en något större spridningsbild när mätningen baseras på energisignaturen.

2014-06-10

## Bilaga 2. Enkätfrågor

Kv Fridhem

 Hus 

**1. Om det finns persienner i vardagsrummet, hur brukar dessa oftast vara ställda under *dagtid*?**

nerdragna och öppna	0
nerdragna och stängda	0
uppdagna	0

**2. Hur tycker du värmekomforten i tort sett är i din lägenhet under vinterhalvåret?**

Mycket bra	Ganska bra	Acceptabelt	ganska dåligt	Mycket dåligt
0	0	0	0	0

**3. Om Din spiskåpa är försedd med köksfläkt hur är den vanligtvis inställd?**

	Läge 1	Läge 2	Läge 3	Läge 4	Läge 5 eller mer
Läge	1	1	1	1	1
Min/dag	0	0			
Luftflöde/s	18,5	27,5	43	55	67
Medel/dag	0	0	0	0	0

**4. Hur ofta vädrar Du vanligtvis under eldningssäsongen (sept - april)?**

vädrar dagligen/nästan varje dag		0,9	0
vädrar ca 1 gång i veckan	0,142857143		0
vädrar någon gång i månaden	0		0
vädrar sällan eller aldrig	0		0
Om flera svar ange endast den som ger störst värde			

**5. När Du vädrar brukar Du oftast öppna.....**

fönster		1	0
endast vädringsfönster		0,5	0
balkongdörr		2	0
Om flera svar ange endast den som ger störst värde			

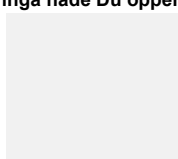
**6. Hur länge brukar Du ha öppet när Du vädrar?**

har <i>ständigt</i> öppet någonstans		1	0
har öppet någonstans <i>hela dagen</i>	0,333333333		0
har öppet någonstans <i>hela natten</i>	0,333333333		0
har öppet någonstans <i>några h</i>	0,125		0
har öppet någonstans <i>ngr min</i>	0,01		0
Om flera svar ange endast den som ger störst värde			

2014-06-10

**7. Om Du vädrat under det senaste dygnet, hur stor vädringsspringa hade Du öppen?**

mindre än 1 cm öppning	
2-4 cm öppning	
5-9 centimeters öppning	
10 cm öppning eller mer	
har ej haft öppet senaste dygnet	
Om flera svar ange endast den som ger störst värde	
Vädringsindex	0


**8. Om du har en handukstork som sätts på och av manuellt utan timer, hur länge brukar den då vara på en normal vintervecka?**

nästan aldrig på	
någon timme per vecka	
någon timme per dag i genomsnitt	
flera timmar varje dag	
nästan alltid på	

**9. Besväras Du av störande ljud i Din lägenhet?**

	ja, ofta	ja, ibland	nej, sällan eller aldrig
ljud från kranar, rör eller ledningar	0	0	0
ljud från ventilationen	0	0	0
ljud från grannar, trapphus eller hiss	0	0	0
ljud utifrån	0	0	0

**10. Hur många bor stadigvarande i Din lägenhet? Räkna även med Dig själv.**

antal vuxna	
antal barn 0 - 6 år	
antal barn 7 - 17 år	
Summa	0