

# SLUTRAPPORTERING AV DEMONSTRATIONSPROJEKT



## Väla Gård i Helsingborg

**LÅGAN Rapport december 2014**

Per Kempe

# Förord

Skanska hade som mål att Väla Gård i Helsingborg skulle bli Sveriges grönaste kontor när det stod klart i oktober 2012. Vidare skulle Väla Gård vara mörkgrönt enligt "Skanskas Gröna karta", vilket innebar för Väla Gård: Netto noll energianvändning, Noll farliga ämnen, Noll byggavfall till deponi. Väla Gård har visat att det är möjligt att bygga ett nollenergihus med förnyelsebar energiförsörjning utan extrema merkostnader. Bidragande faktor till den extremt bra energiprestandan är det tidiga och intensiva samarbetet mellan Tengbom Arkitekter och Skanska Teknicks Energiingenjörer. Vidare har arbetet med den detaljerade energi- och driftuppföljningen fångat upp felfunktioner samt optimerat börvärden, drifttider och styrfunktioner, för att optimera energiprestandan. I energieffektiva byggnader är de små detaljerna mycket viktiga, för energiprestanda och funktion.

## Lågan-projektets organisation

Beställare: Freddie Bergkvist/ Daniel Ryman, Projektutveckling Kommersiellt, Skanska Sverige  
Byggentreprenör: Andreas Andersson, Hus Syd Helsingborg, Skanska Sverige  
Installatör: Jens Delander/Kristofer Jeppsson, Skanska Installation, Skanska Sverige  
Drift- och energioptimering: Per Kempe, Skanska Installation AB / Projektengagemang AB  
Energisimulering: Lin Liljefors, Skanska Teknik, Skanska Sverige  
Energisimulering i tidigt skede: Björn Berggren, Doktorand lågenergibyggn. LTH (Skanska Teknik)  
Miljöstöd (ekonomiska förutsättningar etc.): Åse Togerö, Hållbar affärsutveckling, Skanska Sverige

## Medverkande organisationer inom Skanska/medfinansiärer

Skanska Sverige: Projektutveckling Kommersiellt, Hus Syd Helsingborg, Hållbar affärsutveckling, Skanska Installation samt SBUF för ett större arbete om drift- och energiuppföljning.

**Projektledare:** Per Kempe, Tekn Dr, Skanska (2007-2013), Projektengagemang AB (2013- )



LÅGAN - FÖR ENERGIEFFEKTIVA BYGGNADER

**LÅGAN-programmet** (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett nationellt program som drivs av Sveriges Byggindustrier med ekonomiskt stöd av Energimyndigheten. LÅGAN syftar till att stimulera energieffektiv ny- och ombyggnad, synliggöra marknaden för byggnader med låg energianvändning och bidra till ett brett utbud av aktörer som erbjuder produkter eller tjänster för lågenergihus och trygga beställare av sådana produkter och tjänster.

[www.laganbygg.se](http://www.laganbygg.se)

# Sammanfattning

Skanska hade som mål att Väla Gård i Helsingborg skulle bli Sveriges grönaste kontor när det stod klart i oktober 2012. Vidare skulle Väla Gård vara mörkgrönt enligt "Skanskas Gröna karta", vilket innebar för Väla Gård: Netto noll primärenergianvändning, Noll farliga ämnen i inbyggda material, Noll byggavfall till deponi.

Väla Gård erhöll Sweden Green Building Awards 2013 pris för Bästa Gröna Byggnad, men även priset för bästa LEED-byggnad och var 2012 byggnaden med tredje högsta LEED-poäng i världen.

Väla Gård erhöll även Solenergipriset 2013 för årets anläggning 2012 med motivering: "Tekniskt och estetiskt väl utförda byggnader som på ett förtjänstfullt sätt visar möjligheterna att kombinera låg energianvändning med byggnadsintegrerad sol i nya byggnader."

Ambitionen med Väla Gård var att lyckas med ett nollenergihus som har förnyelsebar energiförsörjning, samt att med uppföljning av energianvändningen dra lärdom av hur detta fungerar i praktiken. Väla Gård visar att det är möjligt att bygga ett nollenergihus med förnyelsebar energiförsörjning utan extrema merkostnader.

## Man såg tre utmaningar för Väla Gård:

1. **Minimera energibehovet i detta nollenergihus.** I Idé-skedet var byggnadens energianvändning exklusive solceller 21kWh/kvm,år och i detaljprojektingen lyckades man sänka energianvändningen, så att relationsenergiberäkningen blev 15,4 kWh/kvm,år exklusive distributionsförluster och bidrag från solcellerna.  
Den uppmätta energianvändningen med distributionsförluster blev endast 14,4 kWh/kvm,år exklusive solceller och med avdrag för direkt nyttjad solceller erhålls 9,5 kWh/kvm,år.
2. **Solcellsanläggningen planerades producera motsvarande årsbehovet av fastighetsenergi.** I Idé-skedet var byggnadens solcellproduktion 40 000 kWh, men i projekteringen utökades ytan på solcellsanläggningen och därmed erhöles 60 % högre beräknad energiproduktion, 64 000 kWh/år. Det betyder att på årsbasis producerar solcellerna nästan lika mycket energi som fastighetsenergin och verksamhetsenergin tillsammans. Det direkta nyttjandet av solceller till fastighetsenergin blir inte så stort då solcellproduktionen inte matchar energianvändningen nattetid eller under vintern.  
På årsbasis blir solcellens reduktion av fastighetsenergin 34 %.  
Installeras batteri som dygnslager ökar solcellens reduktion av fastighetsenergin till 50 – 65 % beroende på batteristorlek. Väla Gårds fastighetsenergi med direkt nyttjande av solcellerna är 9,5 kWh/kvm,år och skulle bli ner mot 5 kWh/kvm,år om man installerar batteri (dygnslager).
3. **Detaljerad energi- och driftuppföljning** av energiprestanda och inomhusmiljö för att följa upp hur använda lösningar fungerar i praktiken. Ett par styrfunktioner och börvärden, som inte fungerat optimalt för en lågenergibygnad har identifierats och korrigerats.  
Mätsystemet blev inte drifttaget innan slutbesiktningen, vilket betydde att det tog längre tid att få igång mätsystemet efter slutbesiktningen. Underentreprenörerna som har detaljinformationen om signalerna var på nya projekt, så de kunde inte svara direkt samt att de behövde kontrollera för att kunna ge adresserna till de signalerna i deras system.

**Inneklimatenkäten** visar att personalen överlag trivs väldigt bra på sitt nya kontor. Den fråga som gav störst andel negativa svar rör möjlighet till koncentration. En möjlig förklaring kan vara övergången till ett mer öppet kontor, samt troligen den stora mängd besökare som ofta besöker kontorsmiljön. En annan fråga som brukar vara problem i mycket energieffektiva byggnader är inneklimat under sommaren, men där upplever inga av svaranden att det är för varmt inomhus.

**Merkostnaden** för Väla Gård är 6 % och en stor del är kostnaden för solcellsanläggningen.

# Innehållsförteckning

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sammanfattning.....                                                          | 2  |
| Bakgrund .....                                                               | 5  |
| Demonstrationsbyggnaden – Väla Gård i Helsingborg .....                      | 6  |
| Byggnadsskalet .....                                                         | 7  |
| Installationssystem.....                                                     | 8  |
| Bergvärmepumpsystem .....                                                    | 8  |
| Ventilation .....                                                            | 9  |
| Medelluftflöde.....                                                          | 10 |
| Uppvärmning .....                                                            | 11 |
| Varmvatten och varmvattencirkulation .....                                   | 13 |
| Kylenergi från borrhålen till kontoret .....                                 | 14 |
| Fastighetsenergi (el) .....                                                  | 16 |
| Verksamhetsel .....                                                          | 17 |
| Solcellsanläggningen .....                                                   | 20 |
| Energi och driftuppföljning.....                                             | 21 |
| Mätdatainsamling för Väla Gård .....                                         | 22 |
| Analys av solcellsproduktionen och samstämmighet med fastighetsenergin ..... | 25 |
| Analys/optimering av solcellsinstallation för att öka soleanvändningen.....  | 28 |
| Energiuppföljning .....                                                      | 32 |
| Inneklimatmätningar .....                                                    | 34 |
| Nattkyla .....                                                               | 35 |
| Rumstemperaturer.....                                                        | 36 |
| Inomhusmiljöenkät.....                                                       | 37 |
| Ekonomi.....                                                                 | 39 |
| Nyhetsvärde och informationsspridning.....                                   | 43 |
| Diskussion .....                                                             | 44 |
| Slutsatser .....                                                             | 47 |
| Referenser .....                                                             | 48 |

# Bakgrund

Skanska hade som mål att Väla Gård i Helsingborg skulle bli Sveriges grönaste kontor när det stod klart i oktober 2012. Vidare skulle Väla Gård vara mörkgrönt enligt "Skanskas Gröna karta". Skanskas Gröna karta är uppdelad i fem delar: Beige (byggreglerna), Grönt 1 - 3 samt Mörkgrönt.

Mörkgrönt innebar för Väla Gård: Netto noll primärenergianvändning på årsbasis, Noll farliga ämnen, Noll byggavfall till deponi.

Skanska eftersträvade också att erhålla LEED-systemets högsta nivå LEED Platina.

Ett huvudmål för projektet är att hitta kostnadseffektiva tekniska lösningar för att minimera energibehovet, samt att därefter tillgodose byggnadens energibehov med lokal, förnyelsebar och nytillförd energi så långt det är affärsmässigt motiverat.

Energimål som styr projekteringen:

- Netto noll primärenergi på årsbasis.
- Tydlig energiprofil på verksamhetsdelen optimerad dagsljusanvändning, solskydd, belysning, vitvaror och hantering av brukarnas beteende.

Idag är det inte helt ovanligt med kommersiella lokaler som har en energianvändning på ca 50 % av BBR:s kravnivå. Det vanliga är att arbeta med klimatskalet genom ökad isolergrad och högre grad av lufttäthet. Men för att komma ner i energianvändning ytterligare (70-90 % lägre än BBR) krävs betydligt större ansträngningar, med en rad olika åtgärder för både klimatskal och installationsteknik. Nästa steg för att nå minsta möjliga miljöpåverkan från byggnaders energianvändning, är att tillgodose resterande energibehov med förnyelsebar energi. I dag är detta fortfarande ovanligt; de byggnader som har någon form av förnyelsebar energi brukar oftast tillgodose enbart en liten del av behovet. Väla Gårds utmaning är att täcka hela resterande behov med förnyelsebar energi, först och främst genom lokalt producerad energi, därefter genom gröna elinköp.

Generellt är kompetensen i branschen relativt låg vad gäller erfarenhetsåterföring av uppmätta värden. Med ett nyutvecklat system för uppföljning av energianvändningen och inomhusvärden kommer injusteringar att kunna göras löpande. Väla Gård är det tredje projektet i Sverige som ska använda systemet. Referensprojekt för uppföljningssystemet är idag Hakegatan i Malmö (Skanska Installations kontor) och Gårda i Göteborg (Skanskas kontor) där systemet testats.

Därutöver kommer mer erfarenhet att fås om vad som är viktigt för att mycket energieffektiva byggnader skall erhålla sin beräknade energiprestanda.

Kunskapsspridning och erfarenhetsspridning är viktigt och är främst med studiebesök, konferensbidrag, samt artiklar i tekniktidningar.

Erfarenheter från byggtekniska och installationstekniska lösningar användas i Skanskas andra byggprojekt.

# Demonstrationsbyggnaden – Väla Gård i Helsingborg

Väla Gård är Skanskas lokalkontor i Helsingborg sedan hösten 2012 med 70 arbetsplatser, där man flyttade ihop sina olika delar i Helsingborgsområdet. Väla Gård ligger vid norra infarten till Helsingborg, strax väster om Väla centrum. Kontoret är egenutvecklat, byggdes 2011/12 och är den "grönaste"/energieffektivaste kontorsbyggnaden i Sverige. Väla Gård är certifierat enligt LEED [1] högsta nivå Platina ( $\geq 80$  poäng) med 95 poäng, det tredje bästa LEED-resultatet i världen. Väla Gård är även mörkgrönt enligt "Skanskas Gröna karta" och har bland annat uppnått netto noll primärenergianvändning, noll farliga material och noll byggavfall till deponi.

Väla Gård erhöll Sweden Green Building Awards 2013 pris för Bästa Gröna Byggnad, men även priset för bästa LEED-byggnad.

Väla Gård har även erhållit Solenergipriset 2013 för årets anläggning 2012 med motivering: "Tekniskt och estetiskt väl utförda byggnader som på ett förtjänstfullt sätt visar möjligheterna att kombinera låg energianvändning med byggnadsintegrerad sol i nya byggnader."

Väla Gård har även erhållit Skåne Solar Award 2013 med motiveringen "Installationen medger ett effektivt utnyttjande av både den tillgängliga ytan och brukandet av den producerade elen samtidigt som anläggningen som helhet visar en arkitektonisk sida med potential att mångfaldiga solcellsutbyggnaden i det skånska kulturlandskapet."

Det var ett tidigt, omfattande samarbete mellan Tengbom Arkitekter och Skanskas energiingenjör i utformning av klimatskärmen, fönsterplacering, solskydd, etc., vilket gav grunden till Väla Gårds extremt bra energiprestanda med ett mycket lågt kylbehov. Därefter har projektörerna arbetat med att göra respektive installationssystem så energieffektivt som möjligt.

Väla Gård kontorets totala energianvändning för uppvärmning, kylning och fastighetsel är beräknad till 16 kWh/kvm,år utan påslag för osäkerhet, och hyresgästelen beräknades till 25 kWh/kvm, år. Byggnaden har 455 kvm solceller med en lutning på 45°, vilka årligen beräknas ge 64000 kWh motsvarande 37 kWh/kvm,år. När man med beräkningar analyserat samstämmigheten mellan solcellernas elproduktion och byggnadens energianvändning gav det att 6 kWh/kvm,år av solcellernas elproduktion kan nyttjas direkt och då blir energianvändningen 10 kWh/kvm, år.

Hyresgästerna började flytta in under september 2012 och man invigde Väla Gård i november. Mätuppföljningen startades under våren 2013 och mätvärden har kontinuerligt loggats sedan maj 2013.

Kontoret består av två två-vånings byggnader med sadeltak och sambyggt med en liten byggnad med platt tak. Sydväst sidorna på sadeltaken har solcellerna. Värme och tappvarmvatten produceras med en bergvärmepump system med fyra variabla pumpar hastighet värme. Värmepumparna är dimensionerade för att producera mer än den beräknade toppbelastningen. Kylningen är huvudsakligen av frikyla från borrhål, men om den kyleffekten inte är tillräcklig är det möjligt att använda värmepumpar för att producera mer kylning.

Ventilationssystemet är behovsstyrt och styrs av närvaro, temperatur och CO<sub>2</sub>.



Figur 1

Väla Gård kontoret har 455 kvm solceller på sydväst delen av sadeltaken som producerar lika mycket el som kontoret använder på årsbasis till fastighetsenergi och verksamhetsenergi. Tengbom Arkitekter har ritat Väla Gård kontoret. Solavskärmningen på kontoret är av olika typer på olika fasader. På gavlarna ser man skuggande perforerad plåt med mönster av träden från omgivningen och på sydväst fasad är markisoletter monterade. Av- och uteluftsgallren sitter i respektive gavelspetsar.

### Byggnadsskalet

Stommen är en prefabricerad betongsstomme med ytterväggar av 120 mm betong med 200 mm grafit EPS, tilläggsisolerad med 95 mm mineralull utvändigt samt har en fasadbeklädnad av stående träpanel. Under bottenplattan har man 350 mm EPS och sadeltaket har 70+450 mm stenull. De flesta fönster har ett U-värde på 0,9 W/kvm,K. G-värdet på fönstren varierar mellan fasaderna 0,31 alt 0,46. Entrepertierna har U-värde 1,0 W/kvm,K.

Man valde prefabricerad betongsstomme för att få en ökad lufttätethet och en mindre fuktrisk under produktionen.



## Installationssystem

### Bergvärmepumpsystem

Värme och tappvarmvatten produceras med ett bergvärmepumpsystem med fyra variabla värmepumpar. Värmepumparna är dimensionerade för att producera mer än den beräknade toppbelastningen för det fullt utbyggda området med sammanlagt fyra byggnader, där Väla Gård kontoret är den första. Kylan är främst frikyla från borrhålen och skulle kyleffekten i framtiden inte räcka till finns möjlighet att använda värmepumparna för att producera mer kyla och avge överskottsvärmen via en kylmedelskylare. Kylmedelskylaren kommer troligen inte att starta förrän området är fullt utbyggt.



Figur 2 Bilden till vänster visar frikylapumpen som cirkulerar borrhålsvatten, som ska ge frikyla till alla fyra byggnader när området är fullt utbyggt. Man har även skapat en möjlighet att producera ännu mer kyla om frikylan inte skulle räcka en mycket varm sommardag, när området är fullt utbyggt. Den extra kyleffekten får man genom att köra värmepumparna, som då sänker temperaturen på borrhålssidan och den producerade värme avges i skogsdungen med hjälp av kylmedelskylare, bilden till höger.



## Ventilation

Skanska Installation har designat en mycket energieffektiv ventilationen som är behovsstyrd och består av ett ventilationsaggregat med ett "Demand Controlled Ventilation" (DCV-) system per husdel, som styrs av närvaro, temperatur samt även CO<sub>2</sub> i konferens-rummen. Ventilationens drifttider är mån-fre 6-18.

Exempel på luftflöde genom tilluftsdon: När ventilationen är i drift men ingen närvarande i rummet ger donet 10 liter per sekund. Vid närvaro ger donet mellan 25 och 50 liter per sekund, beroende på temperatur och koldioxidhalt. Ventilationen styrs alltså primärt på närvaro, därefter på CO<sub>2</sub> och temperatur.

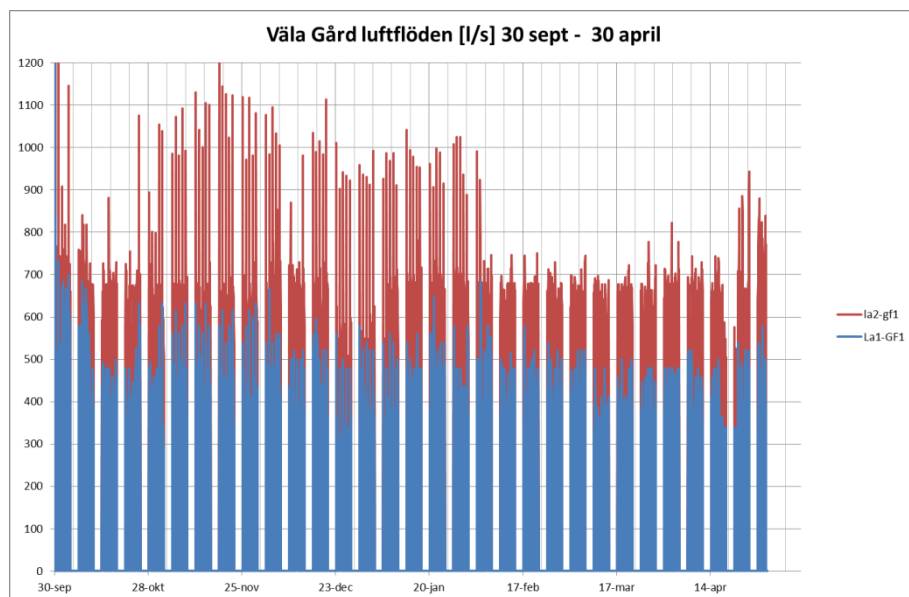


**Figur 3** Ventilationsaggregatet i norra husdelen, LA2, med tilluftskanalen nere till vänster med värmebatteri närmast ventilationsaggregatet och sedan kylbatteriet. Kylbatteriet tillför kyla till ventilationsluften om det finns behov av att kyla bort överskottsvärme från kontoret. Södra husdelen har ett likadant ventilationsaggregat, LA1.

Ventilationsaggregaten är placerade på vindsplanen och har ytterväggsgaller för avluft respektive uteluft i motstående gavelspetsar, se figur 1. Till- och frånluftsfläktarna är direktdrivna EC-fläktar, värmeåtervinning med rotor med temperaturverkningsgrad på ca 80 % samt kanalmonterade värme- och kylbatterier. DCV-systemet kommunicerar med ventilationsaggregatets styr, för att optimera kanaltrycket i till- och frånluftskanalerna och därmed bli energieffektivare. SFP-talet för fläktarna har varit mycket låga 0,7 – 0,8 kW/(m<sup>3</sup>/s). Detta gör att uppmätt fläktel endast är 3538 kWh under mätperioden, vilket motsvarar 2 kWh/kvm,år.

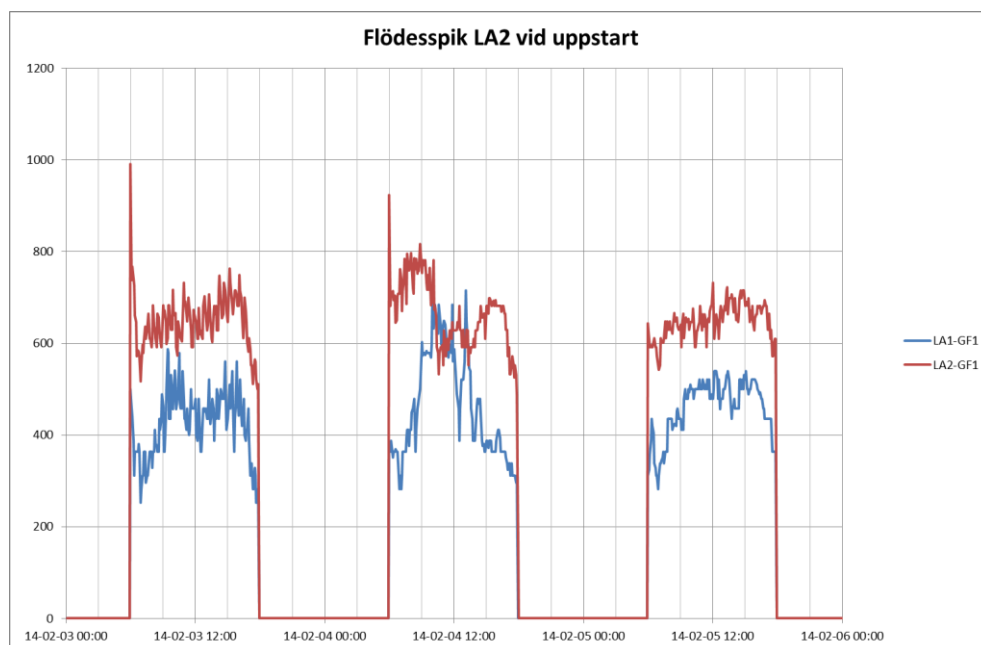
## Medelluftflöde

Medelluftflöde under vinterhalvåret 2013/14.



Figur 4 Tilluftsflöde i södra och norra husdelen under perioden 30 sep – 30 april.  
Detta ger medelluftflödet 384 l/s, vilket motsvarar 0,22 l/s,kvm.

Skillnaderna i luftflödena före och efter 4 februari beror på att LA2 hade en flödesspik under uppstarten på morgonen, för att den inte hittade jämvikt med sitt DCV-system direkt i uppstarten. Med korregerade värden för uppstart av ventilationsaggregatet försvann spiken. I figur 5 nedan syns detaljerna bättre.

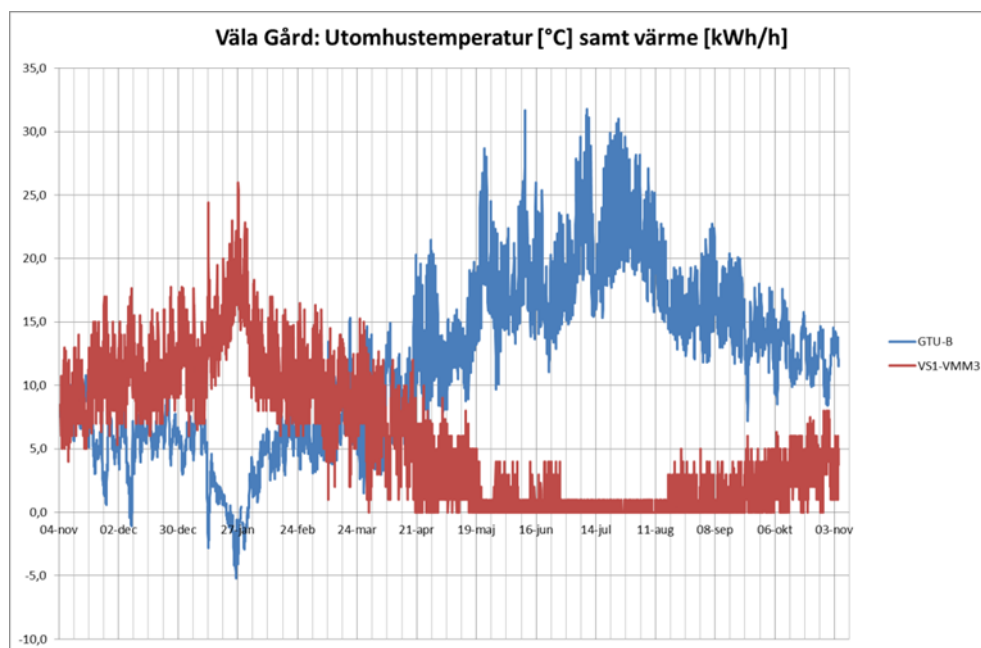


Figur 5 Flödesspik vid uppstart av ventilationsaggregat LA2 på grund av ej optimala inställningar för uppstart av ventilationsaggregatet. Det gör även att kylbatteri och/eller värmebatteri drar på i onödan för att försöka hålla börvärdet på tilluftstemperaturen.

## Uppvärmning

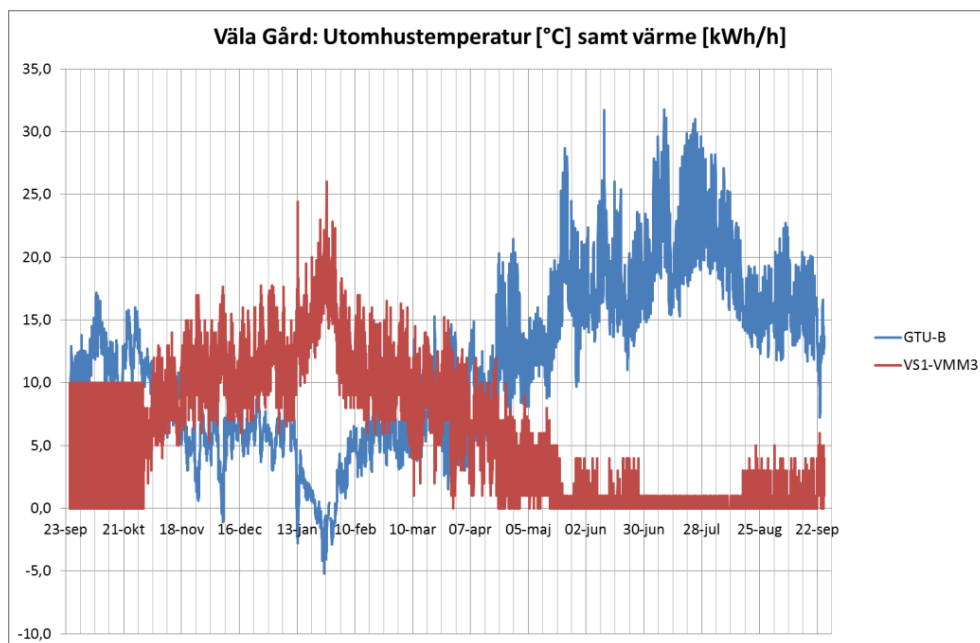
Kontoret värms upp med ett radiatorsystem. Rumsregulatorn som styr radiatorvärmen är samma enhet som styr ventilationsdonen och kylan.

Energiberäkningen för uppvärmning med påslag för värmeförluster från värmekulverten samt 10 % för osäkerheter ger 27,7 kWh/kvm,år, vilket motsvarar 8,7 kWh el /kvm,år. Detta stämmer väl med den uppmätta värmeanvändningen på 27,3 kWh/kvm,år. Medelanvändningen värme under perioden 27 juni – 15 augusti 2014 är 48 W. (Upplösningen på 1 kWh lurar ögat.)



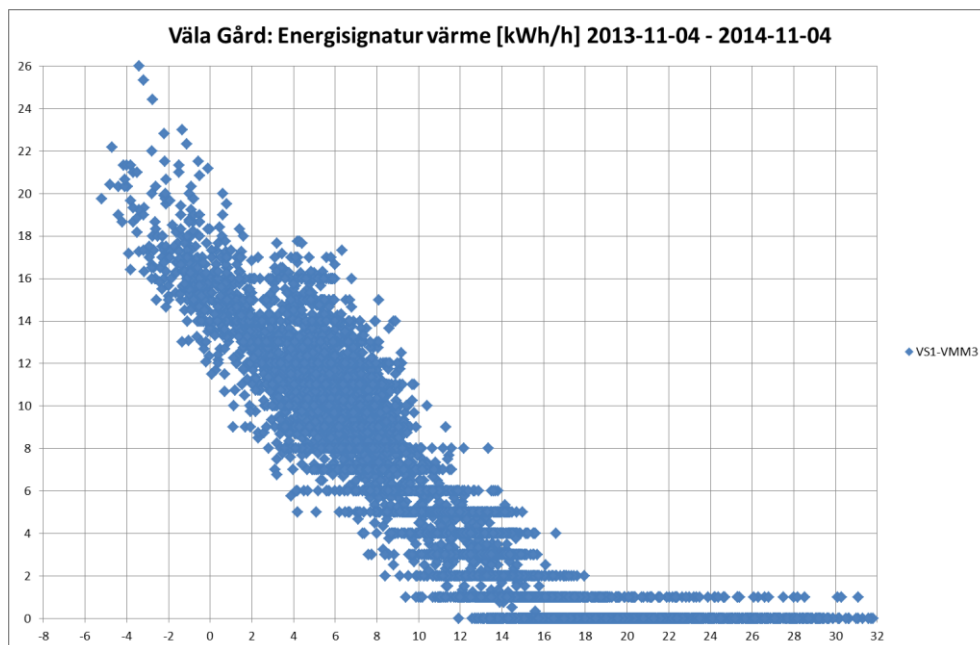
Figur 6 Utomhustemperatur och värmeanvändning under perioden 4 nov 2013 – 4 nov 2014 (y-axeln är °C respektive kWh/h)

Den värmemängdsmätare som ursprungligen installerades var inte anpassad för ett mycket energieffektivt kontor, den 30 oktober 2013 programmerades värmeenergimätarens upplösning om från 10 kWh till 1 kWh, vilket ses på "VS1-VMM3" i figur 7.



Figur 7 Utomhustemperatur och värmeanvändning 23 sep 2013 – 23 sep 2014 (y-axeln är °C respektive kWh/h). Man ser att upplösningen på värmemängdsmätaren är för dålig till en början så den växlar mellan 0 och 10 kWh/h, men omprogrammerades 30 okt. 2013

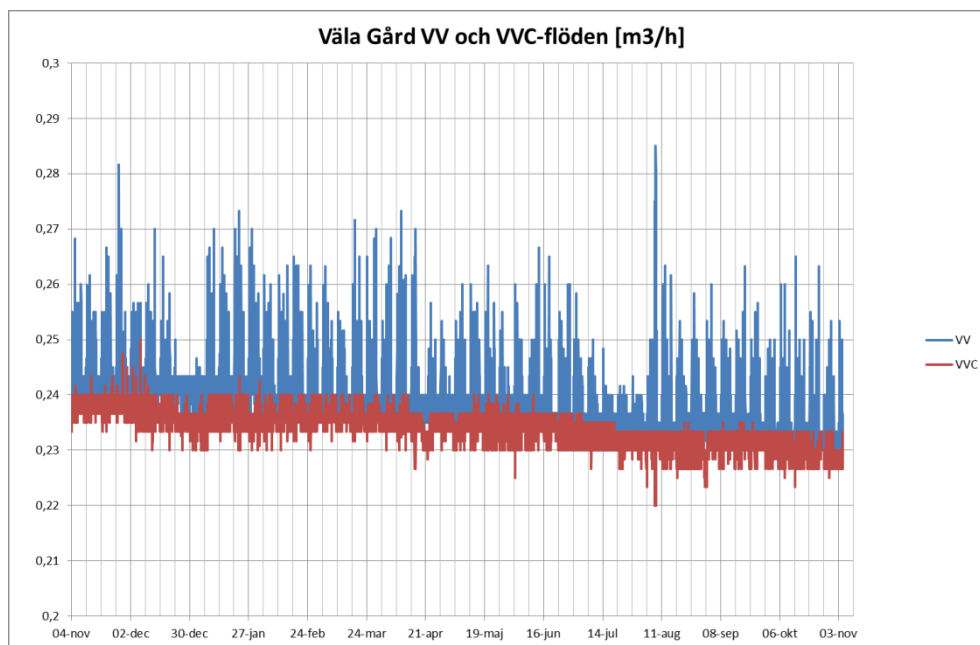
Nedan är energisignaturen för Väla Gård dvs. värme kWh/h vs utomhustemperaturen. Brytpunkten på kurvan ligger på ca 15 °C och när det är varmare ute blir det två streck pga. av upplösningen. När utetemperaturen är lägre än 15 °C är punkterna relativt väl samlade trots att de innehåller en blandning av timmar med ventilationen i drift eller frånslagen samt att verksamhetselen varierar mellan 1,5 och 14 kWh/h.



Figur 8 Energisignatur värme: värmeenergianvändningen för varje timme [kWh/timme] (y-axeln) vs timmedelvärde på utomhustemperaturen (x-axeln).

## Varmvatten och varmvattencirkulation

Varmvattnet, VV, bereds i BVP-centralen i gamla ladan och distribueras till Väla Gård-kontoret via en markförlagd VV/VVC-kulvert. Figur 9 visar VV- och VVC-flödena i kulverten enligt vattenmätarna.



Figur 9 VV, varmvatten, samt VVC, varmvattencirkulation, timvärden 4 nov-13 – 4 nov-14

Då det inte fanns möjlighet att sätta VV-mätare i respektive del av Väla Gård-kontoret för att mäta VV-användningen direkt utan man får göra det bästa möjliga med befintliga mätare. Medelflödet för VV/VVC-mätarna under de 12 månaderna är 238,6 lit/tim för VV och 234,0 liter/tim för VVC. Differensen för hela perioden är i snitt 4,6 lit/tim, varav för icke arbetstid 3,2 lit/tim. Med andra ord är felet i mätningen av varmvattenanvändningen mycket stor. VVC-mätaren är mindre än VV-mätaren och under "ej arbetstid" är huset på-larmat och varmvattenanvändningen ska vara noll. Så differensen under "ej arbetstid" kan antas vara det systematiska felet i VV/VVC-mätningen.

Tabell 1 Medelavläsning per timme för VV och VVC [liter/timme] 4 nov-13 – 4 nov-14

|                                                         | VV1   | VVC1  | VV1-VVC1 |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|----------|
| Ej "arbetstid"                                          | 237,5 | 234,3 | 3,2      |
| "Arbetstid" M-F kl.6-18                                 | 240,8 | 233,5 | 7,3      |
| Korrigerad medelanvändning varmvatten under "arbetstid" |       |       | 4,1      |

Varmvattenanvändningen under arbetstid korrigerat med det uppskattade felet i mätningen är 7,3 liter/timme – 3,2 liter/timme (ej arbetstid) vilket ger 4,1 liter/timme räknat på 60 timmar/veckan. Varmvatten per vecka blir då  $4,1 \cdot 60 = 246$  liter och på årsbasis blir det  $12,3 \text{ m}^3$  varmvatten, vilket motsvarar  $0,40 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ .

Sveby kontorsindata anger normal varmvattenenergi på ett kontor till 2 kWh/ m<sup>2</sup>,år.  
Elen till värmepumpen för att producera varmvatten blir 0,13 kWh/m<sup>2</sup>år exklusive förluster.

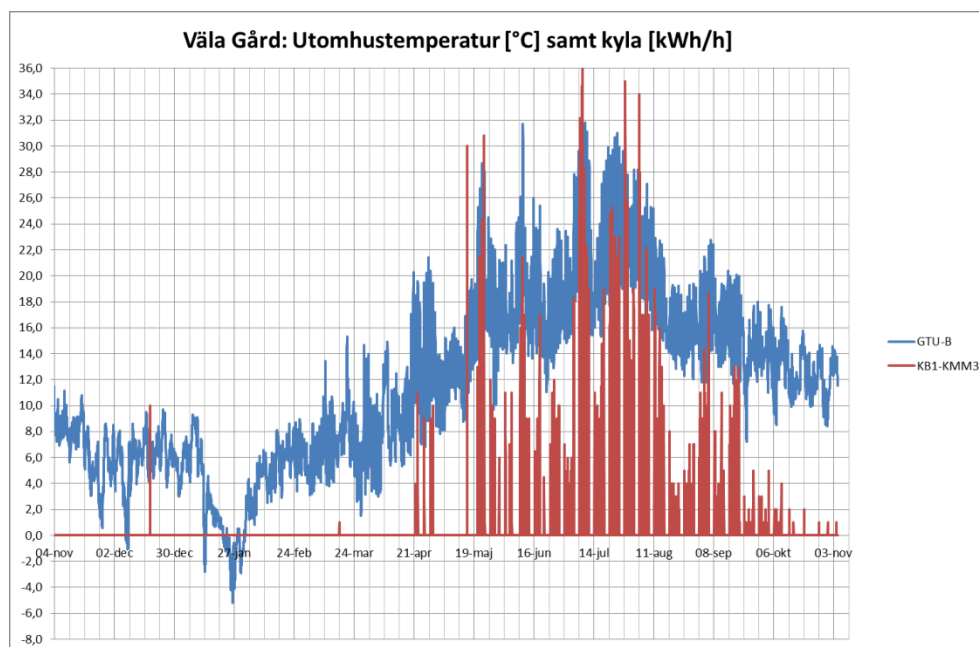
VVC-förlusterna från kulverten kan beräknas som: temperaturfall\*massflöde \*värmekapacitet =  
(54,92-50,62)\*234/3600 (liter/sekund) \*0,988 (kg/liter)\*4,19 (KJ/kg,K) = 1,157 kW,  
vilket motsvarar 5,8 kWh/kvm,år.

### Kylenergi från borrhålen till kontoret

Kylenergin som Väla Gård kontoret har använt under mätperioden är 7326 kWh att jämföra med energiberäkningens 15500 kWh, vilket ger -53 % för kylanvändningen. 7326 kWh kylenergi motsvarar 4,2 kWh/kvm,år. Det finns ingen separat elmätning på frikylepumpen, men elanvändningen uppskattas till 0,5 kWh el/kvm,år.

Arbetet med att minimera verksamhetsenergin samt solavskärmningen med ett gott inneklimat har lyckats över förväntan. På samma sätt som för värmeenergimätaren var det svårt att se några detaljer i energi- och driftuppföljningen med upplösningen 10 kWh, så kylenergimätaren omprogrammerades i slutet av januari 2014 för att förbättra upplösningen till 1 kWh.

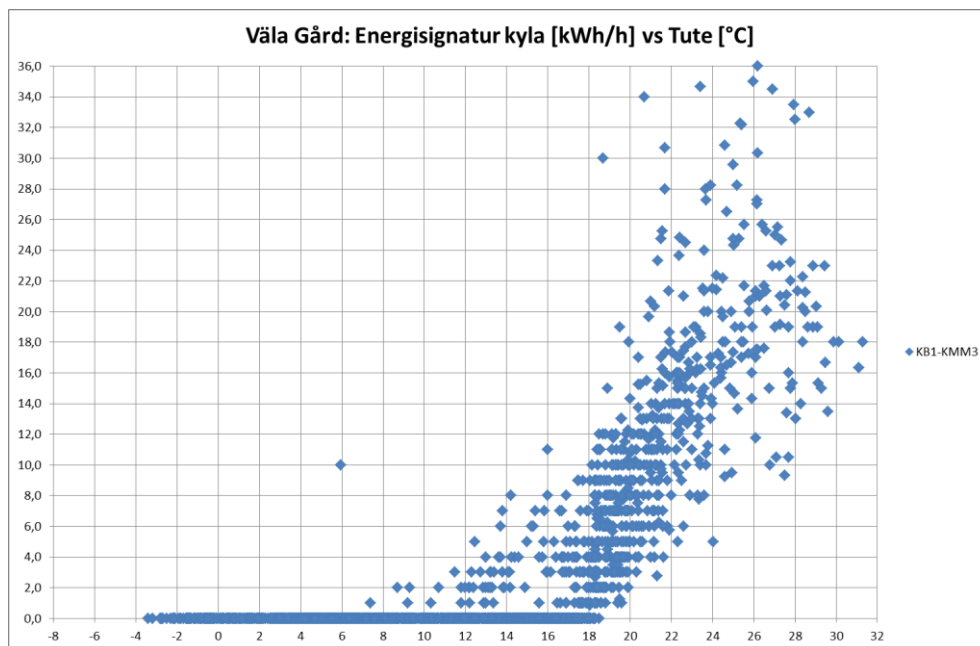
Spiken på kylan i figur 7 den 27 dec är inte att man använt massor av kyla utan att kylmängdsmätaren kom upp i nästa 10 kWh. Motsvarande finns den 16 mars, men är då bara 1 kWh, då mätaren är omprogrammerad. De flesta värme- och kylmängdsmätare är avsedda för månadsdebitering, så man måste vara kontrollera upplösningen om man vill använda dem för att rita upp tidsserier samt energisignaturer.



Figur 10      Kylanvändning och utomhustemperatur 4 nov 2013 – 4 nov 2014  
(y-axeln är °C respektive kWh/h): Uppmätt kylanvändning är 7326 kWh att jämföra  
med 15500 kWh från energiberäkningen indikerar -53 % på kylanvändningen.



Energisignaturen för kyla, figur 11, bryter upp vid ca 16 °C och kylan tillförs via tilluften, så när det är kallare ute räcker det med den svala uteluften. Det är lite större spridning på kylan när det är varmare ute än 20 °C. De lägre värdena på kylan när det är varmt ute kommer från industri-semesteren, då närvaron på kontoret är lägre och därigenom lägre luftflöden, internlast etc.

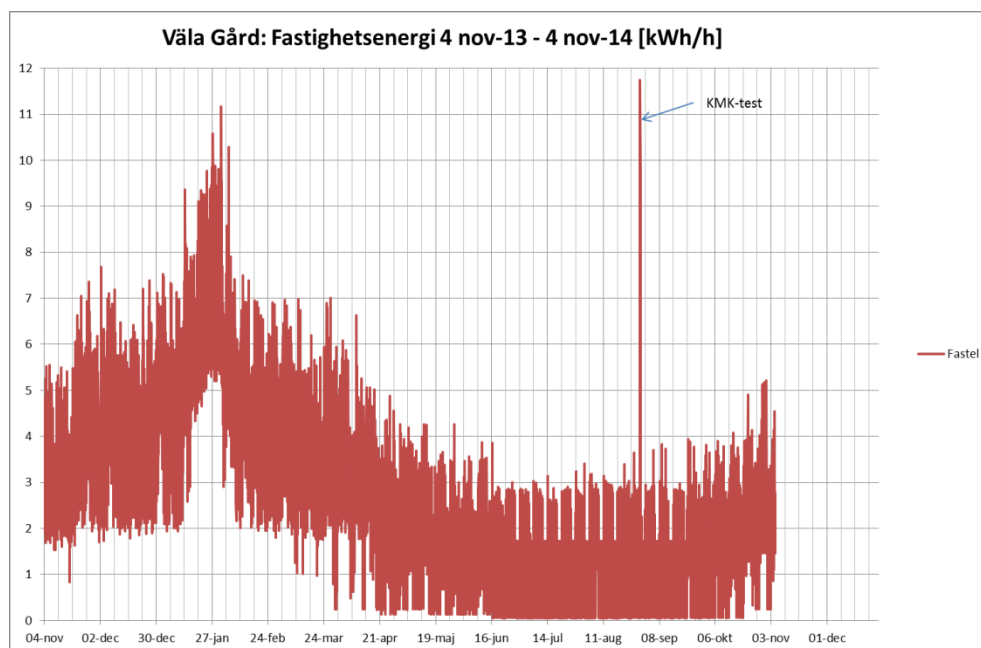


Figur 11 Energisignatur kyla: kWh/timme (y-axeln) vs utetemp (x-axeln)

## Fastighetsenergi (el)

Väla Gård har under mätperioden använt 24184 kWh till fastighetsenergi (el), vilket motsvarar 13,8 kWh/kvm,år. Fastighetselen består huvudsakligen av el till värmepumparna 10,4 kWh/kvm,år, fläktel 2,0 kWh/kvm,år samt pumpel 1,4 kWh/kvm,år. Kylmedelskylaren, KMK, har inte varit i drift under de två första åren, så en funktionstest utfördes 29 augusti, därav spiken i figur 12.

Orsaken till att fastighetselen fluktuerar så mycket är att Väla Gård har en värmepumpanläggning dimensionerad, för det fullt utbyggda området med fyra kontorsbyggnader.



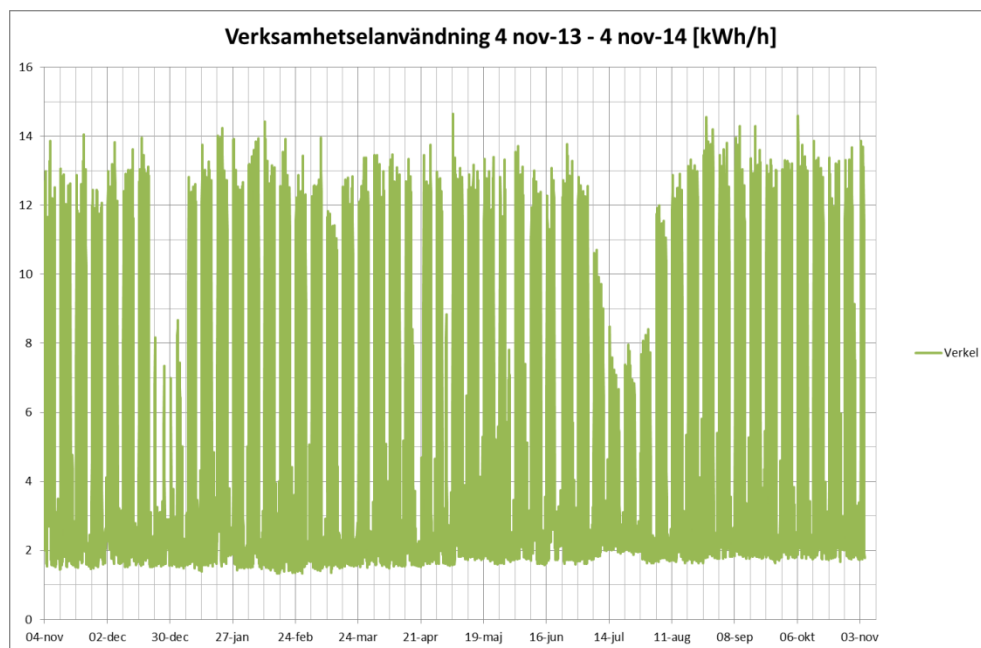
Figur 12 Fastighetsel, dvs. el till värmepumpar, cirkulationspumpar, ventilationsaggregat etc.

## Verksamhetsel

Skanska Installations har designat ett mycket energieffektivt belysningsystem, som består av LED ljuskällor av liknande typ både i korridorer och landskap. Man har glasväggar mellan rummen som ger en god spridning av ljus. Samt belysningen styrs med närvarodetektorer och dagsljuskompensation. Driftoptimeringen av belysningsystemet sänkte belysningens energianvändning med 14 %.

För att minimera verksamhetselen (minska standby-förluster) slås huvuddelen av eluttagen ifrån när byggnaden larmas på. Dessutom är alla vitvaror minst A-klassade. Kyl och Frys är A++.

Verksamhetselen har uppmätts till 25,5 kWh/kvm,år inklusive 3,9 kWh/kvm,år, för en matautomat, Räknar man bort matautomaten blir verksamhetselen 21,6 kWh/kvm,år jämfört med energiberäkningens 25,3 kWh/kvm,år. Detta kan jämföras med Sveby Kontorsindata som anger att medel är 50 samt "Best Practice" 39 och "Inom några år?" 18 kWh/kvm,år. Sveby kontorsindata [2]. Väla Gårds verksamhetsenergi ligger på endast 43 % av normal verksamhetsel enligt Sveby kontorsindata och endast 20 % över Swebys framtidsversion med LED-belysning etc.



Figur 13 Verksamhetselen under perioden 4 nov 2013 – 4 nov 2014 är 44564 kWh, vilket motsvarar 25,5 kWh/kvm,år.



Figur 14 Elmätare verksamhetsel installerad 1 maj 2013 samt elmätare för matautomat etc. före industrisemestern 2013.

Tabell 2 Elanvändning för matautomat etc.

|                        | Energianvändning<br>kWh | Tidsperiod                             | Årsbasis per kvm |
|------------------------|-------------------------|----------------------------------------|------------------|
| Matautomat. Kyl o Frys | 8557                    | 2013-06-19 16:00 –<br>2014-09-25 09:00 | 3,9 kWh/kvm,år   |
| Kaffemaskin V          | 320                     | 2013-07-10 16:00 –<br>2014-09-25 09:00 | 0,15 kWh/kvm,år  |
| Kaffemaskin H          | 923                     | 2013-07-10 16:00 –<br>2014-09-25 09:00 | 0,44 kWh/kvm,år  |
| Vattenautomat          | 611                     | 2013-07-10 16:00 –<br>2014-09-25 09:00 | 0,29 kWh/kvm,år  |



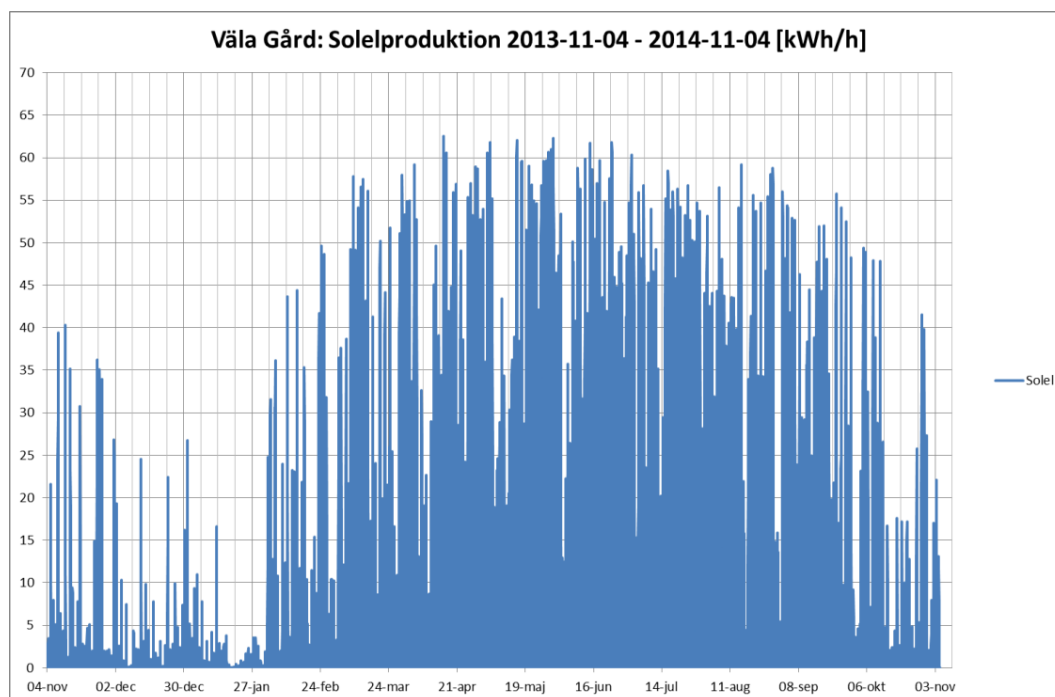
Figur 15      Matautomaten på Väla Gård använder 6750 kWh, vilket motsvarar 3,9 kWh/kvm,år. Den "höga" elanvändningen beror bl.a. på frysens glas är elvärmt för att man skall se vad som erbjuds i frysen. Matautomaten anförskaffades för att det anställda inte skulle behöva åka till Väla Centrum några kilometer bort för att äta lunch, men man beakta aldrig matautomatens energianvändning. Matautomaten används och dess energinvändning särredovisas.

## Solcellsanläggningen

Totalt är det monterat 288 solcellsmoduler som kan producera 245 W styck, med totalt fem växelriktare. Toppeffekten på solcellsanläggningen är 70 kWp. Väla Gårds solelproduktion har under mätperioden varit 67773 kWh, vilket motsvarar 38,7 kWh/kvm,år, vilket är ungefär lika med fastighets- och verksamhetsenergin tillsammans. I figur 17 ser man att solelproduktionen är mycket låg november till och med februari. Hösten 2014 har varit solfattig, så solelproduktionen på årsbasis sjönk från 69577 kWh till 67773 kWh.



**Figur 16** Montage av solcellsmodulerna på norra huskroppen, Maj 2012, samt växelriktarna i fläktrummet.



**Figur 17** Solelproduktion för perioden, 4 nov 2013 – 4 nov 2014, är 67773 kWh, vilket är 6 % högre än det beräknade värdet på 64000 kWh.

# Energi och driftuppföljning

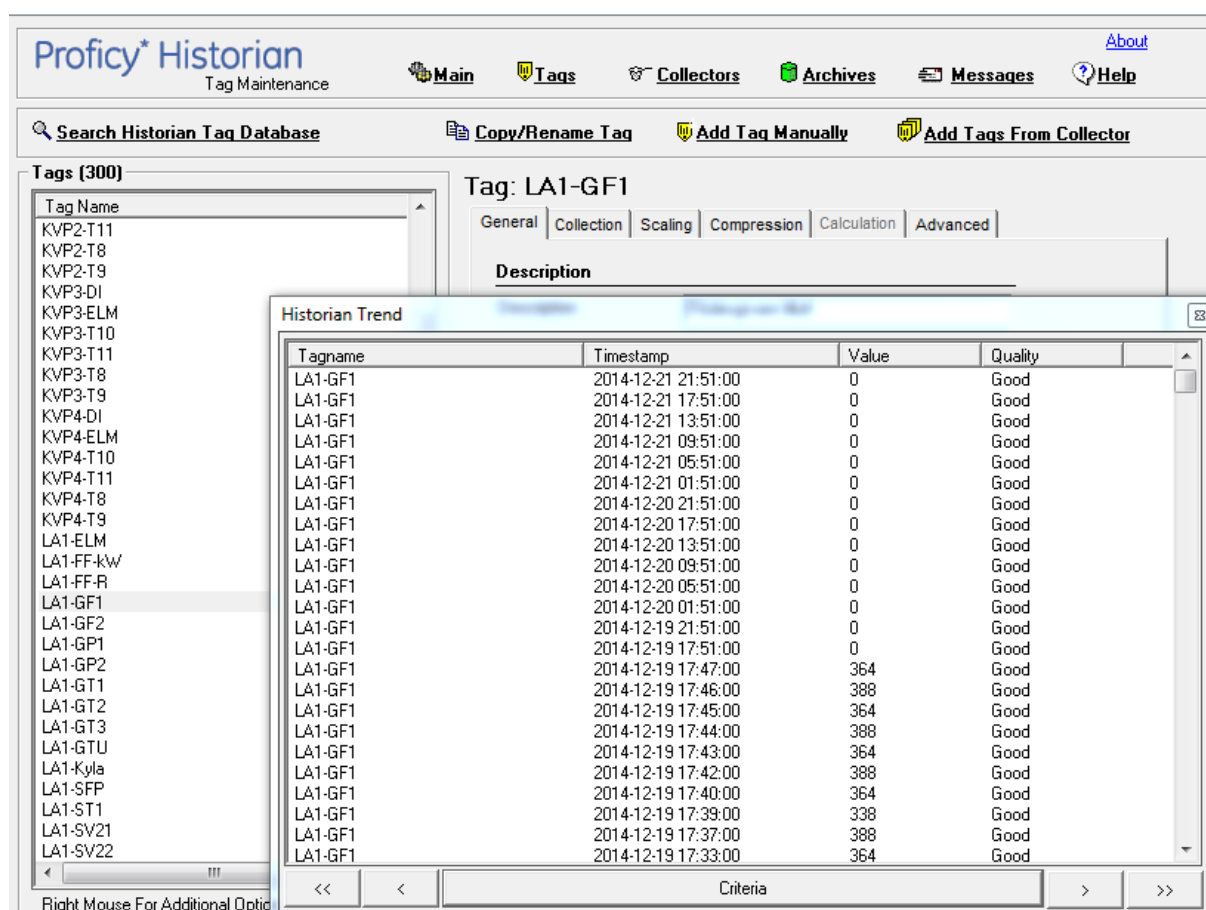
Vid drift och energiuppföljning är det viktigt att inte bara titta på energianvändningen och dess delar utan att analysera de olika systemens funktion, börvärden och reglersignalernas rimlighet.

Kontrollera varför vissa saker sker i systemen och hur något som sker i ett system påverkar ett annat system. Byggnadens energiprestanda är summan av de olika delsystemen energianvändningen och hur de fungerar tillsammans påverkar den totala energianvändningen.

För att kunna erhålla bra energiprestanda måste man utgå från att alla byggnader innehåller fel och brister och fråga sig vad man ska göra för att snabbt och enkelt finna felen och bristerna.

I detta analysarbete är det viktigt att ha bra programvara, som gör att man tidseffektivt kan analysera de olika installationssystemens funktioner.

Signalerna loggas med variabelt tidssteg (ChangeOnValue) till en databas. Detta har flera fördelar, dels sparar det minne, överföringskapacitet, men skapar även en frihet i utvärderingsprocessen så man där kan välja med vilket tidsintervall man vill läsa ut mätdata till analys och databasen beräknar mätvärdena för önskat tidsintervall.



Figur 18 Exempel på hur mätdata lagras i mät databasen. LA1-GF1, tilluftsflödet, lagras var fjärde timme när det inte är någon förändring. Det är en grundsamlingshastighet på en minut, så värdena kan lagras varje minut om man har förändringar varje minut.



Den detaljerade driftuppföljningen på Väla Gård omfattar 300 signaler. Bl.a. har 4 rum per plan och huskropp samt foajén kompletterats med extra givare, där loggas temperatur, CO<sub>2</sub>, RF, tilluftsflöde, närvaro, belysningsstyrning samt styrsignal till radiatorn. Av dessa sammanlagt 17 rum är 5 konferensrum. Det finns även 19 signaler per ventilationsaggregat, luftflöden, kanaltryck, temperaturer, styrsignaler till fläktar, ventiler och värmeväxlare, 18 energimätare (el och värme), 18 luftflöden i DCV-systemen, etc.

Med mätningar ses mycket av vad som händer i byggnaden, men man vet inte alltid orsaken. Kanske har man haft ett stort kundevenemang och ytterdörren har stått mycket öppen. Det är således viktigt att göra snabba regelbundna kontroller av mätdata och återkoppla mot driften och fastighetsansvarig, som har god kännedom om vad som händer i byggnaden.

## Mätdatainsamling för Väla Gård

För att följa upp och optimera energianvändningen på Väla Gård samt som erfarenhetsåterföring av byggnaden och dess installationssystem har en detaljerad driftuppföljning startats upp, som nyttjar OPC-servern i Väla Gårds styrdator. Byggnadens styrdator sköter insamling av mätvärden i byggnaden via Modbus och KNX samt lägger mätvärdena den samlar in i sin OPC-server. Bergvärmecentralen, ventilationsaggregaten, DCV-systemen (DemandControlledVentilation) och vissa elmätare har Modbus-kommunikation. Medan KNX-kommunikation används till belysningsstyrning, närvaro, markisstyrningen, de extra givarna i rummen (temperatur, CO<sub>2</sub> och RF) samt några elmätare. Väderstationen ligger också på KNX-systemet och mäter utetemperatur, vindhastighet, etc. Bergvärmecentralen, BV, har sin egen styrenhet, som styr värmepumparna, vilka producerar varmvatten och värmevatten samt vid behov (under sommaren) värmeväxlar borrhållsvattnet, KP (kyla primär), mot köldbärarvattnet, KB (köldbärare), som går till ventilationsaggregatens kylbatterier. Skulle temperaturen på KP vara för hög, så att man inte kan få ut tillräcklig kyleffekt till KB kan BV-styr även starta upp en av värmepumparna för att sänka temperaturen på KP samt avge överskottsvärmen på kylmedelskylaren i skogsdungen. BV-styr skickar mätvärden för temperaturer, flöden, energimätare, etc. till byggnadens styrdator.

Ventilationsaggregaten (GOLD) har ett eget prefabricerat Modbus-mätsystem med styr och loggning av "allt". Det finns möjlighet att logga in på en inbyggd Web-sida och se allt i ventilationsaggregatet samt exportera mätvärden till Excel. Utan extra minnesmodul är minnet i styrenheten drygt en vecka, cykliskt, med historiska mätvärden och med extra minnesmodul mycket stort och begränsningen blir snarare att hämta hem mätdata, vilket tar några minuter. DCV-systemet, "Superwise", ger också möjlighet att logga in på inbyggd hemsida för att se statusen på anläggningen, börvärden samt historiska mätvärden, men det går för närvarande inte att exportera mätvärdena. Ändringar av börvärden för rummens don, som temperatur, luftflöden etc. görs på DCV-systemets Webb-sida alternativt med handenhet som kopplas direkt till tilluftsdonet. Tilluftsdonet styr inneklimatet i rummet, (Temperatur och ibland CO<sub>2</sub>), dvs. är temperaturen alternativt CO<sub>2</sub> något hög i rummet så ökas luftflödet för att kyla rummet/sänka CO<sub>2</sub> och när temperaturen är något låg i rummet, så styr tilluftsdonet radiatorventilen, så att mer värme avges från radiatorn. Med att dra isär börvärdena för värme och kyla med ca 2<sup>o</sup>C, så minskar man risken för samtidig värme och kyla på kontoret och spar energi.

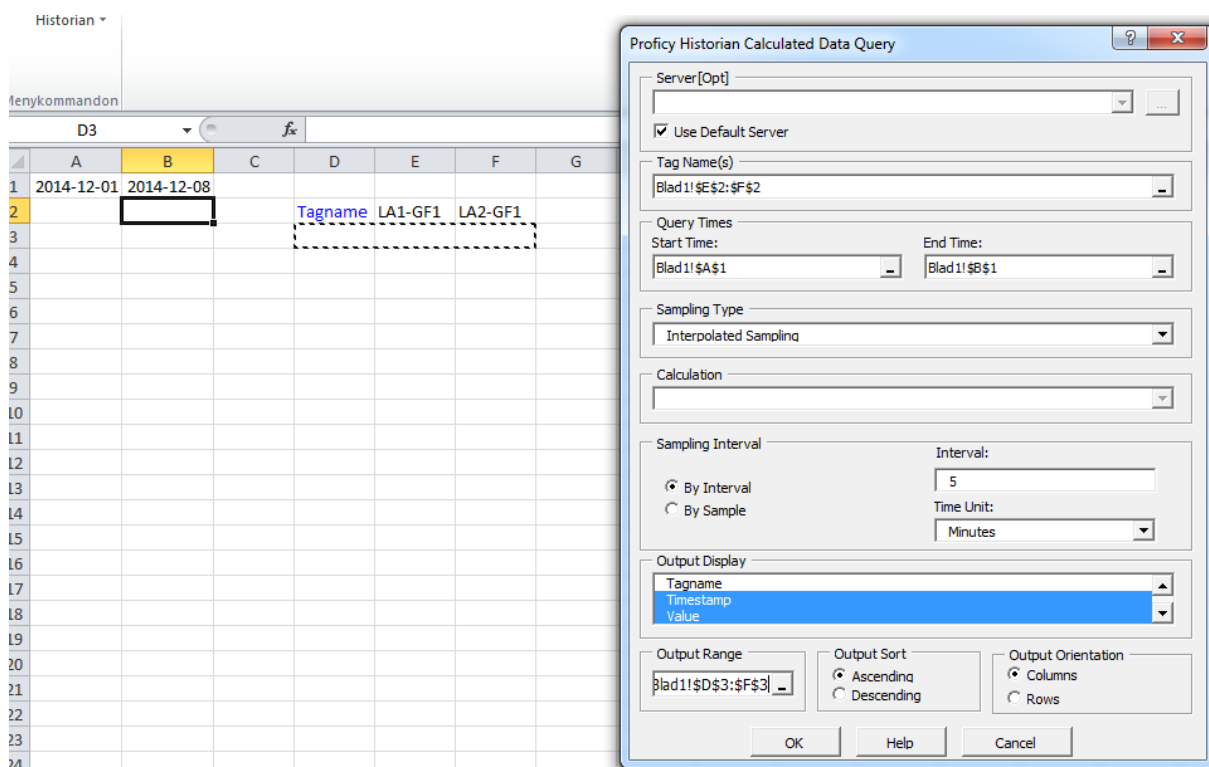
En "Collector" (datorprogram) är installerad på Väla Gårds styrdator. Collectorn hämtar mätvärdena från OPC-servern och skickar dem till en databas. Vilka mätvärden och hur ofta de sparas bestämmer man med att välja signaler från OPC-serverns TAG-lista samt anger vid vilken förändring man önskar spara ett nytt värde eller hur ofta. T.ex. om en temperatur ändrat sig mer än 0,1°C sparas det värdet eller åtminstone var 4:e timme. Detta har flera fördelar, dels sparar det minne, överföringskapacitet, men skapar även en frihet vid utvärderingen, så man där kan välja med vilket tidssteg man vill läsa ut mätdata till analys. Oberoende om man önskar 1 min, 5 min eller tim-värden så anropar man samma databas och mätvärdena för de önskade tidsstegen beräknas/hämtas. Driftindikering eller börvärde är konstant från föregående sparade värde, en temperatur eller ett flöde interpoleras fram mellan sparade värden till det önskade tidsintervallet.

De finns olika verktyg att hämta mätvärden från databas, för att analysera vad som händer i byggnaden och dess installationssystem. För att det inte skall gå för mycket mantimmar på administration av mätdata, testas ett verktyg från processindustrin, som delvis kan automatisera mätdataanalysen. Framtidsvisionen är att man varje måndagsmorgon skall erhålla en automatiserad standardiserad rapport (pdf) över hur byggnaden och systemen har fungerat föregående vecka, för en snabb kontroll att allt fungerar. Varannan månad gör man en större genomgång av systemens funktion, energianvändningen etc, som återskapas på driftsmöte med fastighetsägaren och driften. Återskapningen innehåller energi och driftuppföljning samt förslag på hur man kan förbättra och optimera driften.

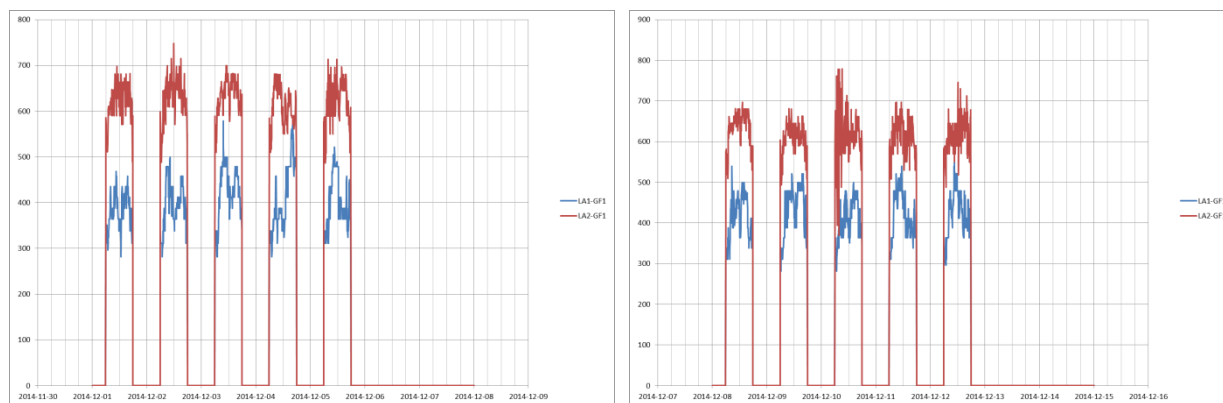
Datainsamlingen på Väla Gård startades upp vintern 2012/2013, dvs. efter slutbesiktningen. Tyvärr är det lite sent, för att information som behövdes från olika entreprenörer för att konfigurera upp alla insignaler i OPC-servern för mätdatainsamlingen etc. blev betydligt svårare.

För analys hämtas mätvärden med exempelvis Excel-AddIn, som gör databasanrop med önskat tidssteg. Från de lagrade COV-mätvärdena beräknas önskade mätvärden med olika metoder beroende på typ av mätvärde.

Figur 19 visar databasanrop med Excel-AddIn och figur 20 diagram t.v. är tilluftsflödena första veckan i december och diagrammet t.h. är tilluftsflödena andra veckan i december vilket endast tog någon sekund att rita upp. Det är endast att ändra datumet i ruta A1, så är diagrammet uppdaterat.



Figur 19 Exempel hur man läser ut 5-min-värden från databasen för tilluftsflödena LA1-GF1 samt LA2-GF1. I ruta A1 skriver man start-datum och slutdatum i ruta B1 (=A1+7) om man vill få upp en vecka. Om man vill titta på en annan vecka ändrar man bara i ruta A1, så läses nya 5-min-värden in från databasen.



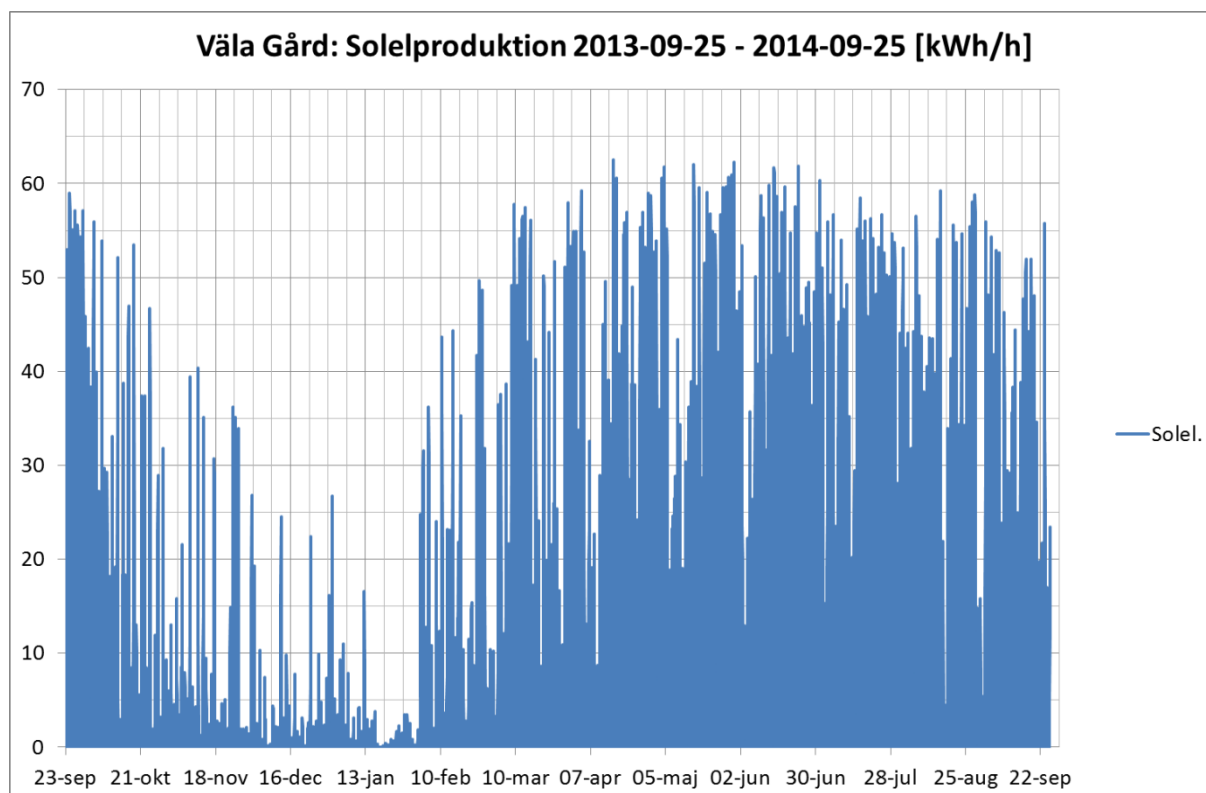
Figur 20 Diagrammet till vänster skapades med Excel-AddIn ovan och diagrammet till höger tog sedan endast några sekunder att rita upp. Det är bara att ändra datumet i ruta A1.

# Analys av solcellsproduktionen och samstämmighet med fastighetsenergin

Analysen är utförd i slutet av september och bygger på energianvändningen samt solexproduktionen 2013-09-25 – 2014-09-25. Under den perioden har Väla Gårds solexproduktion varit 69577 kWh (motsvarar 39,8 kWh/kvm,år), vilket är ungefär lika mycket som Väla Gårds fastighetsenergi och verksamhetsenergi tillsammans. Tar man hänsyn till hur man kan använda solexproduktionen direkt, timme för timme, täcker solexproduktion endast 34 % av fastighetsenergin.

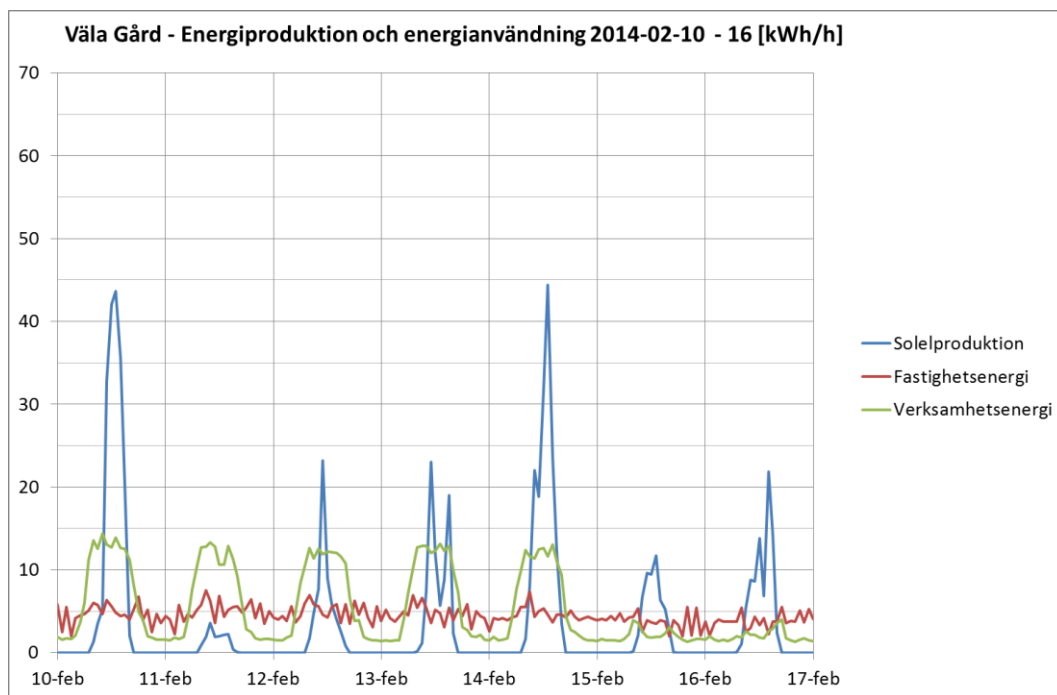
Tillgängligheten till solelen varierar beroende av hur länge solen är uppe samt låg solinstrålning på vintern. I figur 21 ses hur Väla Gårds solexproduktion har varierat under det senaste året och att solexproduktionen är mycket låg november till och med februari.

Max soleffekt är 70 kW därav är y-skalan 0 - 70 vald.



Figur 21 Väla Gård Solelproduktion

För att bättre förstå vad som händer med energierna finns två exempelveckor redovisade i figur 22 och 23. Figur 22 och 23 visar hur solexproduktionen, fastighetsenergi samt verksamhetsenergi varierar under en vintervecka samt en sommarvecka. I tabell 3 och 4 anges veckoenergierna samt täckningsgraderna. Täckningsgrad är hur stor del av varje timmes energianvändning som solexproduktionen täcker. Det är 100 % mitt på dagen under en stor del av året och noll på nätterna. När vi ser på en vecka blir det medelvärde av täckningsgraderna för veckans alla timmar. Tiden solen är uppe är viktig för vilken täckningsgrad man kan erhålla under en vecka samt att solinstrålningen är lägre under vintern, därav skillnaderna mellan vinter- och sommarveckorna.



Figur 22 Solelproduktion samt energianvändning under en vintervecka

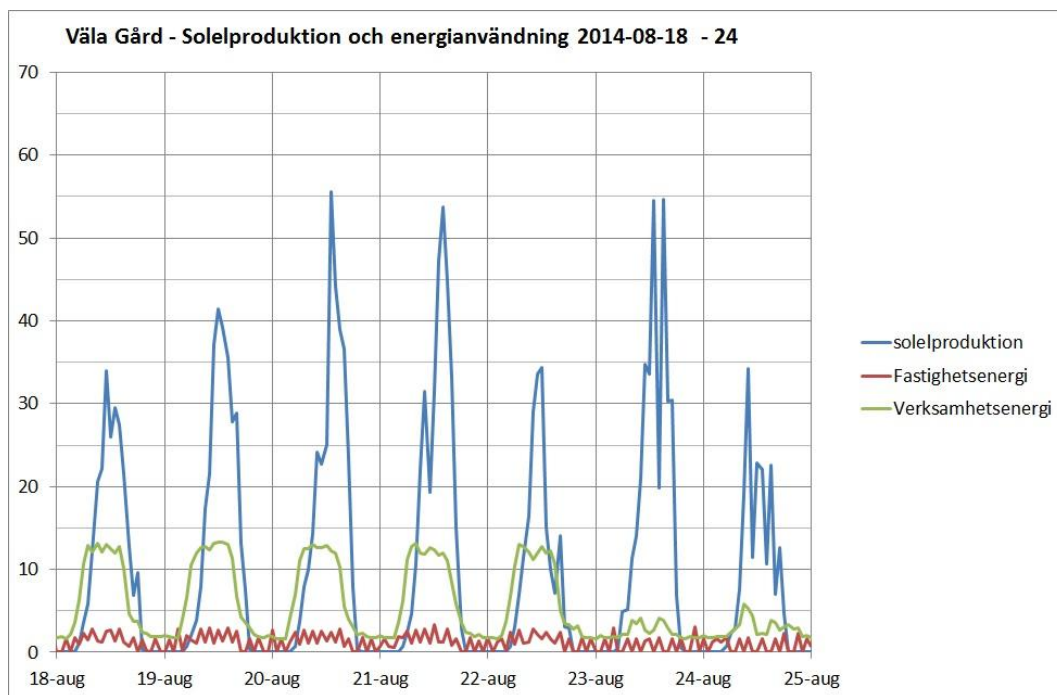
Under vintern är solen inte uppe speciellt länge och solinstrålningen är betydligt lägre. Vissa dagar är solproduktionen betydligt lägre än fastighetsenergin. Februariveckan erhöles 28 % täckningsgrad. Hade man tittat på veckan före jul hade täckningsgraden varit ännu lägre.

Elmätarna för solelproduktionen mäter elen som levereras från solcellernas växelriktare. Fastighetsenergin är framräknad från 7 olika elmätare för fastighetsenergin bland annat en elmätare per ventilationsaggregat, en elmätare per värmepump samt en elmätare som mäter elen till alla cirkulationspumparna i bergvärmepumptrummet. Verksamhetselmätaren sitter i elcentralen och mäter verksamhetens elanvändning.

Tabell 3 Veckoenergierna samt täckningsgraderna för en vintervecka

|                              | Veckoenergi | Täckningsgrad |
|------------------------------|-------------|---------------|
|                              | kWh/ vecka  | %             |
| Solelproduktion              | 644         |               |
| Fastighetsel                 | 754         | 28            |
| Fastighetsel + Verksamhetsel | 894         | 26            |

Under sommaren, figur 23, är solen uppe betydligt längre och solinstrålningen är betydligt högre än fastighetsenergin. Augustiveckan erhöles 67 % täckningsgrad.



Figur 23 Solelproduktion samt energianvändning under en sommarvecka

Tabell 4 Veckoenergierna samt täckningsgraderna för en sommarvecka

|                              | Veckoenergi | Täckningsgrad |
|------------------------------|-------------|---------------|
|                              | kWh/ vecka  | %             |
| Solelproduktion              | 1845        |               |
| Fastighetsel                 | 203         | 67            |
| Fastighetsel + Verksamhetsel | 945         | 67            |

Studerar man figur 22 och 23 noggrant kan man inse att med en större solcellsanläggning får man lite större täckningsgrad, för att solelproduktionen under längre tid på dagarna överstiger energianvändningen. Men det får ännu större betydelse om man kan flytta el från dagens överskott till nattens underskott. Det handlar naturligtvis om att använda ett lämpligt batteri, vilket i princip är en stor UPS-enhet (avbrottsfri kraft), som används för att ta hand om variationen mellan solelproduktionen och fastighetens energianvändning.

Detta används där man inte har fast elanslutning i exempelvis en del fritidshus, husvagnar, men inte för större byggnader på grund av nuvarande kostnadsläge för batterier.

# Analys/optimering av solcellsinstallation för att öka solelanvändningen

Om den installerade solcellsproduktionen direkt kan användas till fastighetsenergi och inte kommer upp effektmässigt till fastighetsenergin behöver man inte göra någon djupare analys. Men när man har en solcellsinstallation som på årsbasis producerar mer el än fastighets- och verksamhetsenergin tillsammans, och man vid en analys på timbasis ser att täckningsgraden av solcell till fastighetsenergin endast är 34 % börjar man fundera på vad som har betydelse för att erhålla en hög täckningsgrad.

För att skapa en större förståelse har nedanstående analyseras:

- Vilken betydelse har större alternativt mindre installerad soleffekt (solcellsyta)
- Riktningen och lutningens betydelse på solcellspanelerna
- Betydelsen av lagring (batteri)

I Tabell 5 görs en känslighetsanalys där man utgår från installerad solcellseffekt, 70 kWp, samt halverar, 35 kWp, och dubblar, 140 kWp, installerad effekt. Detta för att se hur det påverkar täckningsgraden och hur mycket energi från solcellerna som kan användas på Väla Gård. En dubbling av solcellsytan ökar bara täckningsgraden från 34 till 38 % vad gäller fastighetsenergi och från 37 till 44 % vad gäller fastighets- och verksamhetsenergi. En halvering av solcellsytan minskar täckningsgraden från 34 % till 29 % vad gäller fastighetsenergi och från 37 % till 28 % för fastighets- och verksamhetsenergi.

Tabell 5 Solcellernas maxeffekts betydelse för täckningsgraden (**Installerat Fet stil**)

| Väla Gård          | Solens andel av |                               | Solenergi till |                               |
|--------------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|
| Solceller          | Fastighetsel    | Fastighets-<br>+Verksamhetsel | Fastighetsel   | Fastighets-<br>+Verksamhetsel |
| Maxeffekt          | %               | %                             | kWh/år         | kWh/år                        |
| 35 kWp<br>(½*yta)  | 29              | 28                            | 8543           | 21022                         |
| <b>70 kWp</b>      | <b>34</b>       | <b>37</b>                     | <b>9910</b>    | <b>27129</b>                  |
| 140 kWp<br>(2*yta) | 38              | 44                            | 11152          | 32331                         |



Solcellerna på Väla Gård ligger inte rakt i söder och inte heller med optimal vinkel. Vilken betydelse har detta?

En beräkning av detta är redovisad i Tabell 6. Den nya versionen av programmet har fått ny klimatfil med lite lägre solstrålning, vilket ger beräkningsmässigt något lägre värden än tidigare redovisade värden. Det man kan se är att har man någorlunda rätt riktning på solcellerna så påverkar inte riktning och lutning täckningsgraden nämnvärt. Däremot produceras mer solel, men den kan inte direkt nyttjas i byggnaden.

Tabell 6 Riktning och lutningens betydelse för solcellernas täckningsgrad.

|                       |                  |                  | Solens andel av |                                 |
|-----------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|
| Riktning /<br>Lutning | Energiproduktion | Relativt A45 S45 | Fastighetsel    | Fastighetsel +<br>verksamhetsel |
|                       | kWh/år           | %                | %               | %                               |
| A-45 S45 (SO)         | 61797            | 1                | 33              | 38                              |
| A0 S45 (S)            | 66477            | 7                | 34              | 40                              |
| <b>A45 S45 (SV)</b>   | <b>62374</b>     | <b>0</b>         | <b>33</b>       | <b>37</b>                       |
| A-45 S34 (SO)         | 62378            | 0                | 34              | 39                              |
| A0 S39 (S)            | 66731            | 7                | 34              | 40                              |
| A45 S35 (SV)          | 62834            | 1                | 34              | 38                              |

Det man kan se i figur 22 och 23 är att en lagring mellan dag och natt ska kunna öka täckningsgraden. I tabell 7 redovisas resultatet av en timberäkning för hela året av hur ett batteri påverkar solcellernas täckningsgrad. Om man installerar ett batteri på 25 kWh ökar täckningsgraden från 34 % till 52 % och installerar man ett batteri på 100 kWh blir täckningsgraden 65 %. Däröver ger större batteri liten påverkan på täckningsgraden, men kostnaden ökar och det blir orealistiskt dyrt. Orsaken att täckningsgraden inte ökar något speciellt vid så stort batteri är att det huvudsakligen täcker ett behov att flytta energi för att täcka underskottet på solel november till februari. I den tredje kolumnen visas fastighetsenergi när man tar hänsyn till solelproduktionen timme för timme.

Med ett lagom stort batteri, 100 kWh, skulle Väla Gård komma ned till mycket låga 5,1 kWh/kvm,år att jämföra med BBR-kravet 55 kWh/kvm,år.

Tabell 7 Teoretisk analys av förbättringspotential med att använda lagring (Batteri)

| Batterikapacitet | Fastighetsel | Fastighetsel+Verksamhetsel | Fastighetsenergi | Del av året när man i princip är oberoende av elleverans |
|------------------|--------------|----------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| kWh              | %            | %                          | kWh/kvm,år       | Månader                                                  |
| <b>0</b>         | <b>34</b>    | <b>38</b>                  | <b>9,8</b>       | <b>0</b>                                                 |
| 25               | 52           | 47                         | 6,9              | 5-6                                                      |
| 100              | 65           | 58                         | 5,1              | 8                                                        |
| 500              | 73           | 64                         | 4,6              | 9                                                        |

Med ett 100 kWh batteri får man en utjämning mellan dag och natt under sommarhalvåret. Man flyttar alltså överskottsel från dagarna till drift av fastigheten under natten. Det betyder i princip att fastigheten blir självförsörjande under åtta månader per år. På vintern krävs fortsatt inköpt el. För att få en känsla av hur stort ett batteri på 100 kWh är kan man jämföra med den nylanserade Volkswagen e-Golf som har ett batteri på 24 kWh. Batteriet väger 318 kg och räckvidden för e-Golfen med eldrift ska vara 19 mil. 100 kWh batteri till Väla Gård motsvarar 4 st elbilsbatterier. Jämför man med sportelbilen Tesla, så har Tesla ett batteri på 60 alternativt 85 kWh.

På Väla Gård styrdes storleken på solcellsinstallationen av ytan på de två sydvästra delarna av sadeltaken. Vad hade det inneburit om man hade installerat endast halva solcellsytan, 35 kWp, samt ett batteri på 50 kWh? Täckningsgraden för solcellssystem på 35 kWp och 50 kWh batteri blir runt 52 %. Kostnaden för solcellssystemet hade minskat med ca 800 000 kr och en kostnad för batteriet hade tillkommit på ca 400 000 kr. Det kan låta som mycket pengar för ett batteri, men enligt Nytekniks webupplaga [4], juni 2014 installeras batterilösning i tyska villor till en kostnad av 55000 kr för 4,5 kWh batteri. Med tyska elpriser anses batteriinvesteringen som lönsam.

Det mindre solcellssystemet med 50 kWh batteri ger inte samma behov av att köpa el till fastighetsenergi och mängden såld el minskar. Ekonomiskt sett får man något mindre ersättning för att man har mindre yta solceller, men även en mindre investering. Det visar hur viktigt det är att skaffa sig erfarenhet om hur man skall dimensionera solceller tillsammans med ett batteri, för att få lägre fastighetsenergi samt lägre kostnad för installation av solcellssystem samt fastighetsenergi.

Ett batteri har fler fördelar än att lagra överskottsel från dagen till natten för att bättre använda solcellerna. Man kan även använda batterierna för att minska eleffektuttaget samt om elpriset varierar mellan dag och natt kunde man köpa billigare el på natten, samt använda detta för att ladda batterierna. Dessutom påverkas man inte av kortare strömbrott.

För att få underlag till en förstudie om installation av batteri till Väla Gård har diskussioner förts med leverantörer. Enligt leverantöruppgift ska ett Lithium-Ion batteri klara 7000 laddningscykler, vilket

betyder 15-20 års livslängd. Enligt leverantören krävs ett elpris på ca 1,70 kr/kWh för att kunna räkna hem investeringen i ett batteri.

Det kan vara intressant att installera och utvärdera ett batteri på Väla Gård, för att skaffa erfarenhet av en verklig installation i Sverige. Det är sannolikt att batteripriserna sjunker de närmaste åren på grund av en ökad produktionsvolym till olika ändamål t ex elbilar. Bl.a. amerikanska JCESR [3] har ett 5-5-5-mål som innebär att batterikapaciteten skall öka med 5 ggr och kostnaden skall bli en 5-del inom 5 år.

Om elpriset samtidigt ökar skapar det ekonomiska förutsättningar för investering i batterier för lagring med solcellproduktion. Då vore det bra om det fanns en svensk referensanläggning. Oavsett elprisets utveckling är det klokt att öka användandet av egenproducerad el genom att optimera förhållandet mellan lagring i batteri och solcellernas yta.

Ur ett byggnadsnära självförsörjningsperspektiv är det bra att optimera solcellsytan och batteri till fastighetsenergis storlek och variation över dygn, vecka, månad, år. När det kommer till elnätet, dvs. alla elproducenter/nyttjare, är överproduktion intressant med tanke på att vissa spänningsförluster kan överbryggas från mindre producenter. Därtill borde det kanske väckas en tanke om de insikter Väla Gård som enskild byggnad kan leda till. Vad skulle hända med hela elnätet om den el som produceras och nyttjas kan användas på ett effektivare sätt?

# Energiuppföljning

**Tabell 8** **Energianvändning** (Värme eller kylenergi / elenergi till BVP-central) [kWh/kvm,år]

|                                                 | Idéskedet<br>(el) | Ber. Energianv.<br>2012-11-30 | Uppmätt energianv.<br>2014-11-04 | Korrigerad VV till<br>Sveby-nivå<br>ej värme o kyla <sup>5</sup> |
|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Uppvärmning                                     |                   | 23,6 <sup>1)</sup> / 7,2      | 27,3 / 10,3 <sup>3)</sup>        | 27,3 / 10,3 <sup>3)</sup>                                        |
| Varmvatten                                      |                   | 2 / 0,7                       | 0,4 / 0,13                       | 2 / 0,7                                                          |
| Komfortkyla                                     |                   | 8,7 / 0,7                     | 4,2 / 0,5                        | 4,2 / 0,5                                                        |
| Fastighetsel                                    |                   | 6,8                           | 2,9 <sup>2)</sup>                | 2,9 <sup>2)</sup>                                                |
| Summa                                           | 21                | 41,1 / 15,4                   | 34,8 / 13,8 (9,1 <sup>4)</sup> ) | 36,4 / 14,4 (9,5 <sup>4)</sup> )                                 |
| Medelluftflöde<br>under uppvärm-<br>ningssäsong |                   |                               | 0,22                             | 0,22                                                             |
| Krav BBR                                        | 55                | 55                            | 55                               | 55                                                               |
| Markvärme                                       | -                 | -                             | -                                | -                                                                |
| Hyresgästel                                     | 23                | 25,3                          | 25,5                             | 25,5                                                             |
| Processkyla                                     | -                 | -                             | -                                | -                                                                |

## Energiproduktion

|           | Idéskedet    | Ber produktion<br>2012-11-?? | 2014-11-04                     |
|-----------|--------------|------------------------------|--------------------------------|
| Solceller | 40000 kWh/år | 64000 kWh/år                 | 4/11-13 – 4/11-14<br>67773 kWh |

## Kommentarer

- 1) Kulvertförlust är ej med i energiberäkningen. Enligt UE är kulvertförlust vid DUT 1,15 kW.
- 2) Uppmätt Fläktel är ca 45% lägre än beräknad
- 3) VVC-förlusterna samt förluster i BVP-rummet är lagda som en extra elanvändning på VP
- 4) Med hänsyn tagen till bidraget från solelproduktionen, timme för timme. Årsmedelvärde på täckningsbidraget från solelproduktionen är 34 %. Med batteri på ungefär 100 kWh (dygnsutjämnning) hade funnits möjlighet att få ett täckningsbidrag på ca 65 % och komma ner till 5 kWh/m<sup>2</sup>,år i total fastighetsenergi.
- 5) Värme o kyla ej korrigerad då det inte finns metoder för "plusenergihus" samt att pumpelen inte kan fördelas mellan värme och kyla pga. brist på undermätare. Alla cirkulationspumpar är del av elanvändning för apparatskåp, AS1.

Väla Gårds energianvändning är 83 % lägre än BBRs krav på 55 kWh/kvm,år  $(1-(9,5/55))*100\%$

**Tabell 9 Månadsfördelning av kylenergi, värmeenergi, VV-energi samt fastighetselen för att producera dessa tre samt el till ventilationsaggregaten och verksamhetsel och solet.**

|                | Kyla energi | Värme energi | VV energi |  | Fastighetsel |  | Verksamhetsel | Solet |
|----------------|-------------|--------------|-----------|--|--------------|--|---------------|-------|
| oktober 2013   | 0           | 4246         | 60        |  | 1848         |  | 3983          | 3730  |
| november 2013  | 0           | 6407         | 60        |  | 2612         |  | 3733          | 1620  |
| december 2013  | 1           | 8126         | 60        |  | 3197         |  | 3386          | 721   |
| januari 2014   | 1           | 10481        | 60        |  | 4231         |  | 3832          | 274   |
| februari 2014  | 0           | 7604         | 60        |  | 3149         |  | 3622          | 2545  |
| mars 2014      | 1           | 6468         | 60        |  | 2710         |  | 3511          | 6007  |
| april 2014     | 80          | 3953         | 60        |  | 2021         |  | 3684          | 8263  |
| maj 2014       | 696         | 1631         | 60        |  | 1314         |  | 3763          | 9973  |
| juni 2014      | 829         | 287          | 60        |  | 995          |  | 3680          | 10094 |
| juli 2014      | 3340        | 30           | 40        |  | 964          |  | 3133          | 10334 |
| augusti 2014   | 1595        | 286          | 60        |  | 1070         |  | 3817          | 8319  |
| september 2014 | 749         | 788          | 60        |  | 1115         |  | 4053          | 6821  |
| oktober 2014   | 33          | 2497         | 60        |  | 1609         |  | 4203          | 2715  |
| november 2014  | 3           | 4933         | 60        |  | 2410         |  | 3791          | 1026  |

Fastighetsenergin (el) temperaturoberoende delar är:

150 kWh/mån Pumpel etc,

300 kWh/mån VVC + VV

295 kWh/mån Fläktel

Vilket är ungefär 750 kWh/mån

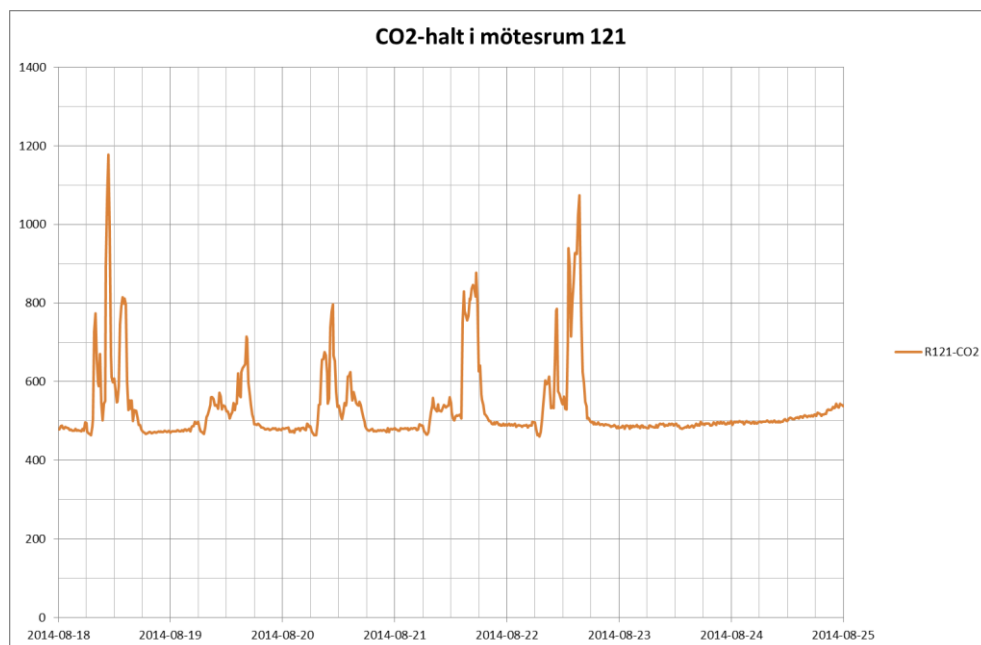
Värdena är ej normalårskorrigerade då det inte finns någon metod att normalårskorrigera plusenergibyggnader. Energianvändningen är mycket liten och en tredjedel täcks av solet vilken huvudsakligen finns dagtid under mars - oktober. Vidare finns det ingen metod för hur man normalårskorrigerar man värmepumpsenergi som är beroende systemtemperaturnivåerna.

# Inneklimatmätningar

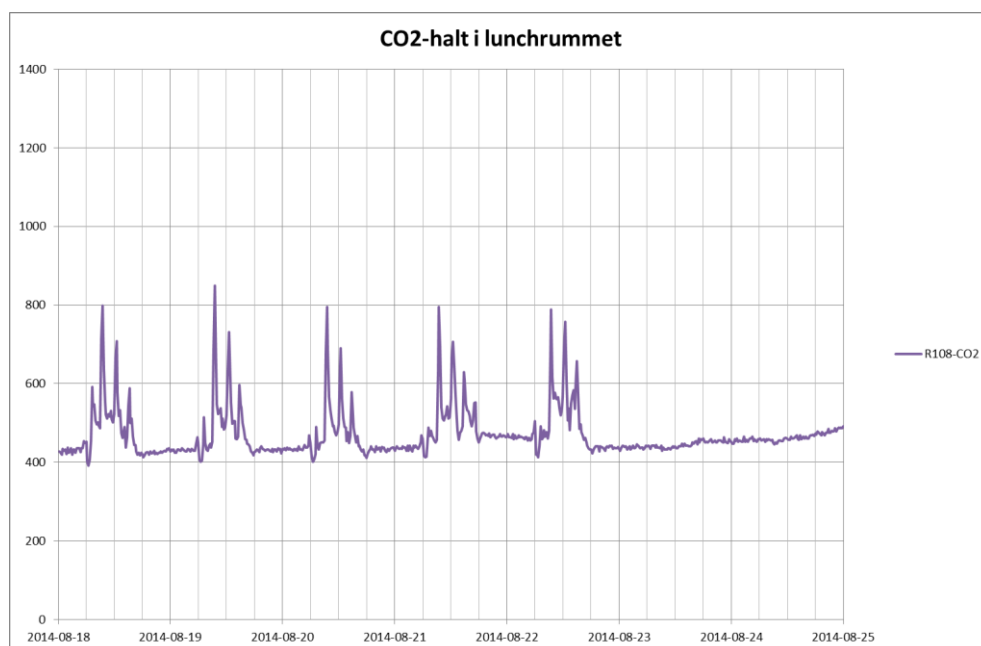
Inneklimatmätningarna är för att dels verifiera inneklimatet, men även ett stöd i drift- och energioptimeringen, så att man kan se att optimeringsåtgärderna inte påverkar inneklimatet negativt.

Nedan ges några exempel på vad man kan se med inneklimatmätningar etc.

Ett par exempel på CO<sub>2</sub>-mätningar och vad man kan se i dem.



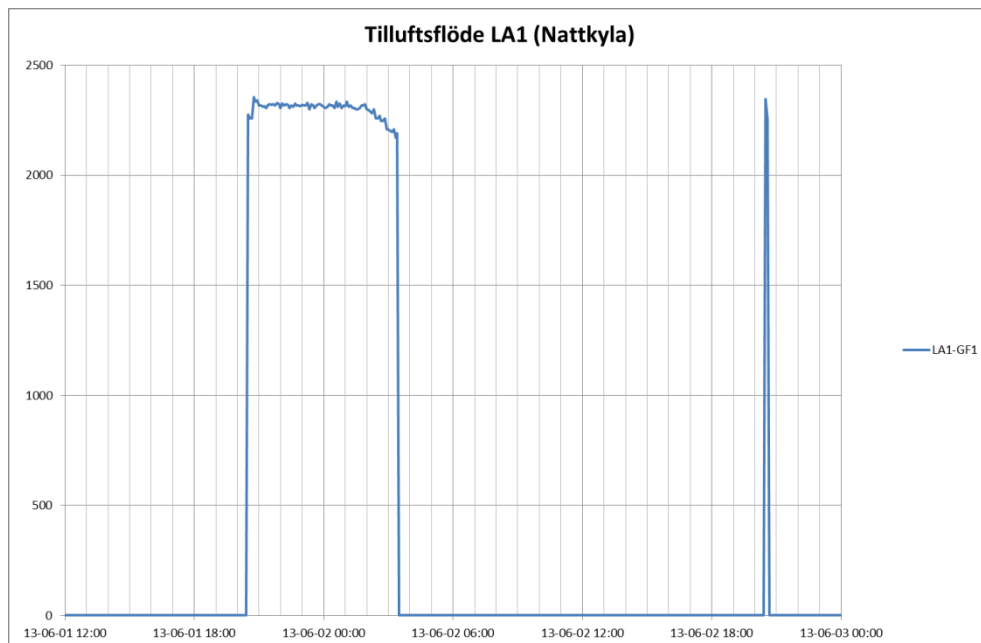
Figur 24 Mötesrum 121 brukar användas, när stora mötesrummet är upptaget. Det innebär att man ibland är fler personer i rummet än vad ventilationen är dimensionerad för. Detta har inträffat två gånger under veckan och man har erhållit 1100 – 1200 ppm CO<sub>2</sub>.



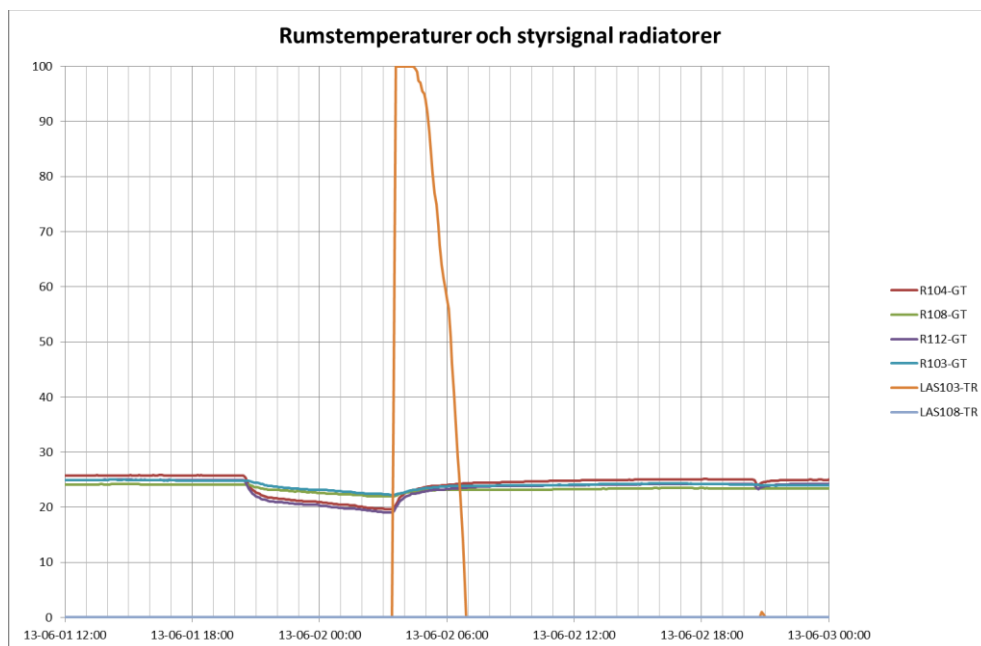
Figur 25 I lunchrummet får man spikar på CO<sub>2</sub>-halten under fikarasterna samt lunchen.

## Nattkyla

Väla Gård hade från början nattkyla aktiverad, men styrningen fungerade inte optimalt, så den kopplades ur då man har frikyla från borrhålen, som endast kostar lite pumpel. Orsaken var att nattkylan gick för hårt, så när nattkylan släppte var det så svalt inne att värmesystemet gick in och värmden några timmar.



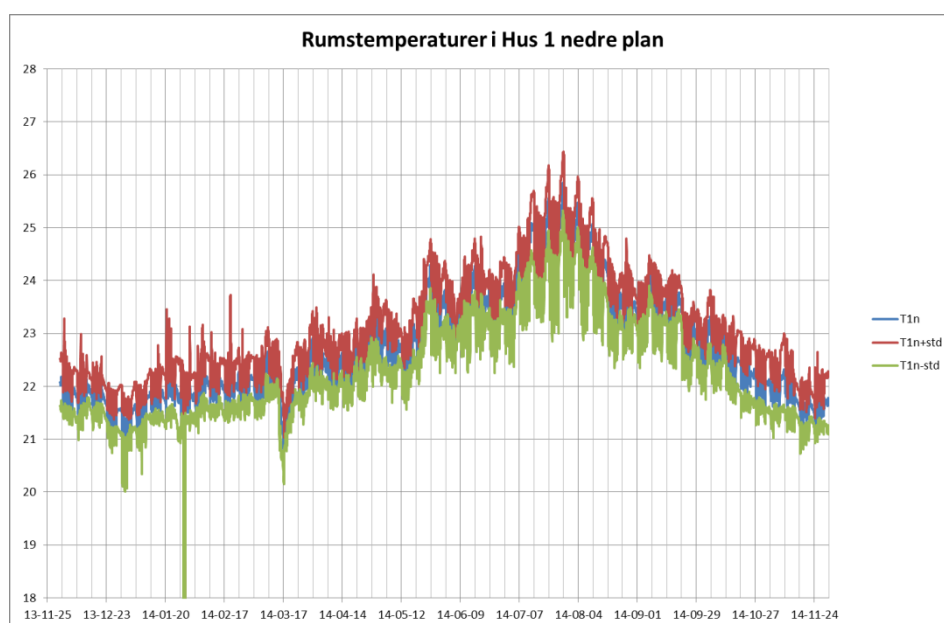
Figur 26 Hela natten mellan 1:a och 2:a juni 2013 gick nattkylan och kylde ner byggnaden för mycket, så när nattkylan slog ifrån så öppnade radiatorventilerna, för att värma upp kontoret, figur 27.



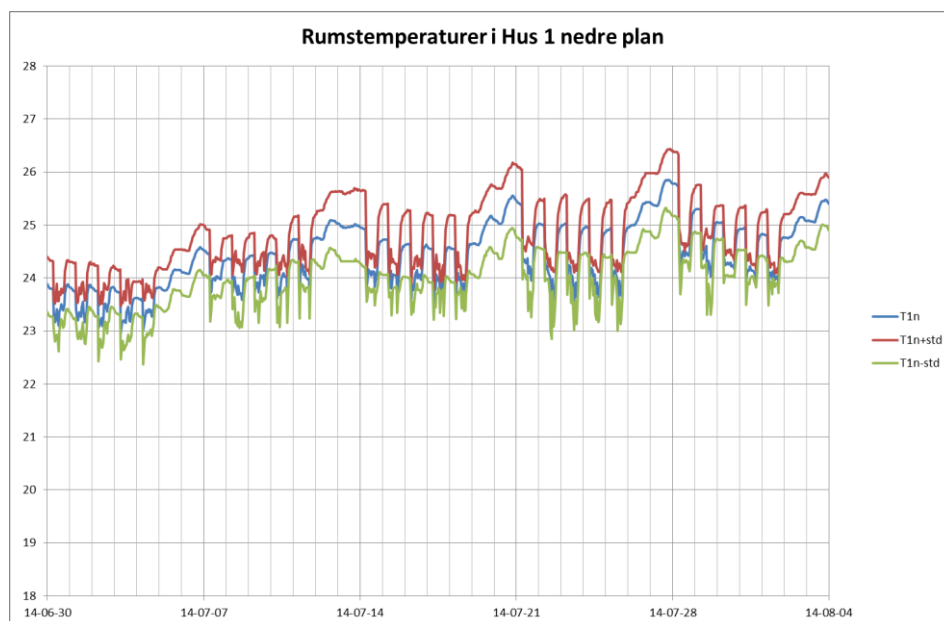
Figur 27 Radiatortermostatern öppnar när nattkylan slår ifrån, pga. av att det blivit för kallt i byggnaden. Radiatortermostaterna är blockerade när nattkylan är i drift. Detta kunde upptäckas då man har en aktiv driftuppföljning på Väla Gård.

## Rumstemperaturer

Då det är svårt att få en överblick på många rumstemperaturer i ett diagram i stället används rumsmedeltemperaturvärdet samt dess standardavvikelse. I figur 28 kan man se hur de varierar för hus 1 nedre plan. Under vintern är det 21-22°C och under sommaren 23-24°C, förutom under semestern, då den verkar vara högre. Figur 29 visar rumstemperaturerna under industrisemestern 2014. Det man kan se är att under arbetstid är ca 24°C, vilket är 0,5 – 1°C högre temperatur än under övriga sommarmånader. Rumstemperaturen stiger ca 1°C under natten samt ca 2°C under helgerna när ventilationen är avslagen. Orsaken till den något högre rumstemperaturen under arbetstid under semestern är att ventilationen går på frånvaroflöde i de flesta rummen och därigenom får man en lägre kylning av rumsluften och en något högre temperatur.



Figur 28 Fördelningen av rumstemperaturerna i hus 1 nedre plan under ett år.



Figur 29 Fördelningen av rumstemperaturerna i hus 1 nedre plan under semestern 2014.



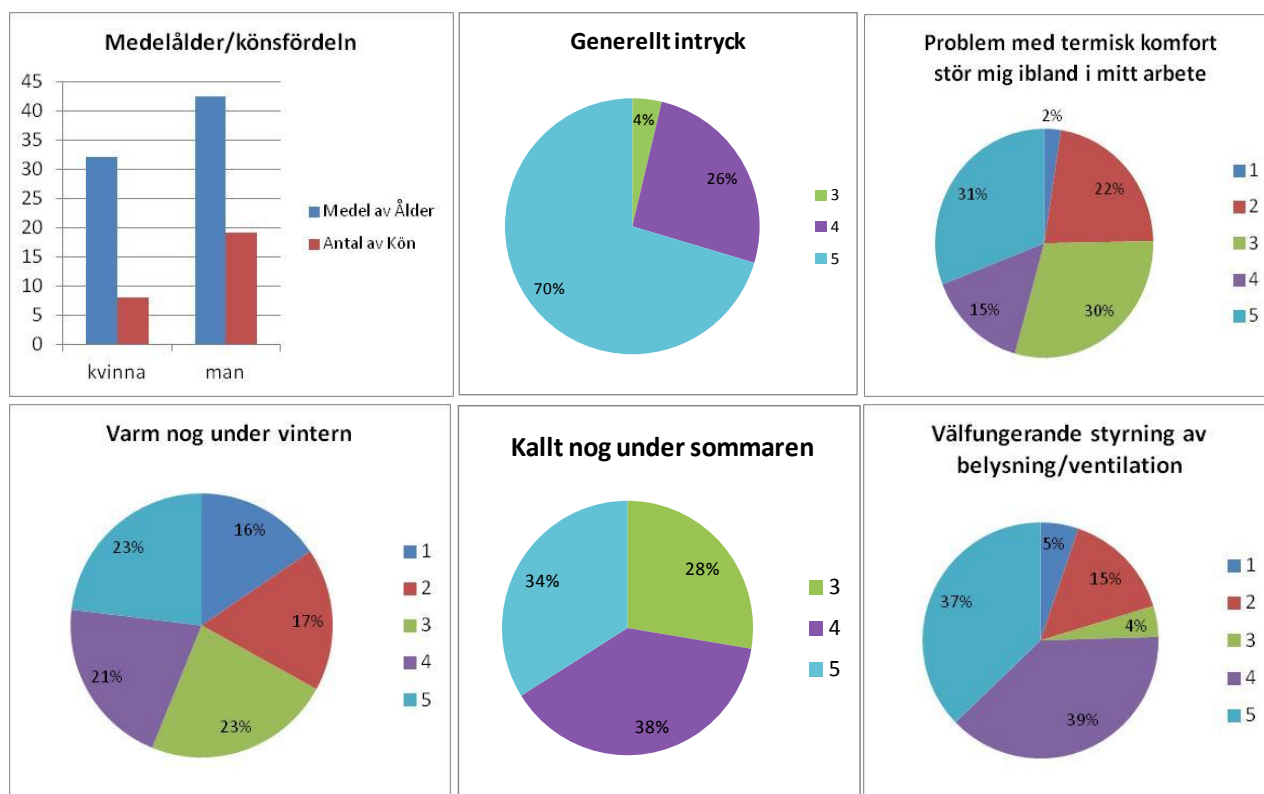
# Inomhusmiljöenkät

En enkät genomfördes av Hållbar affärsutveckling och Projektutveckling, Skanska Sverige, under slutet av 2013. Enkäten följer frågeställningar och metodik utarbetade i ett projekt under World Green Building Council, som slutrapporterades i "Health, Wellbeing & Productivity in Offices" [5]

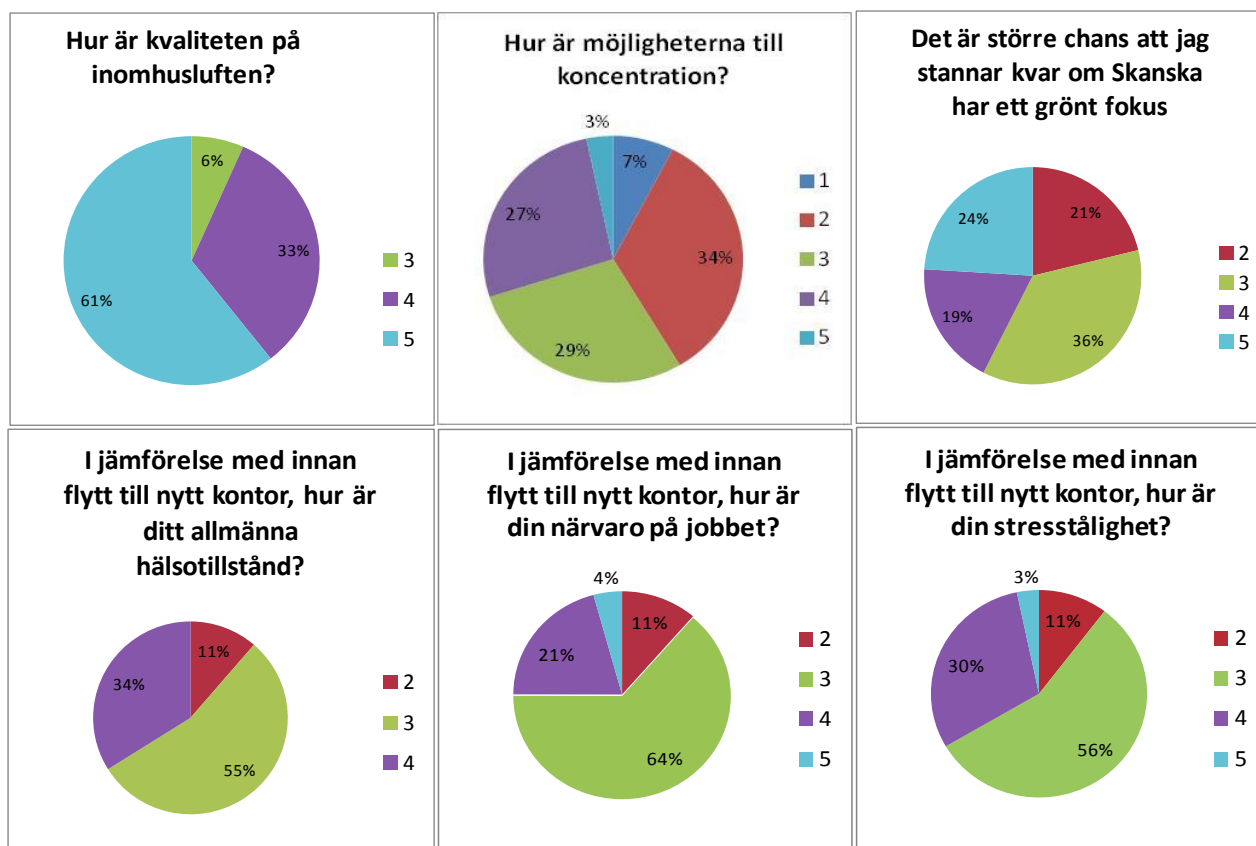
28 personer som har Väla gård som arbetsplats besvarade frågeställningar om sin nuvarande arbetsmiljö, i förhållande till sin föregående. Av ca 70 personer, som har Väla gård som sin arbetsplats, är ca 30 % ute väldigt ofta på byggarbetsplatser. De har inte besvarat frågorna. Utan dem kan svarsfrekvensen uppskattas till ca 57% . Frågorna besvarades enskilt av varje medarbetare under perioden november 2013- januari 2014.

## Resultat

Enkäten innehöll frågeställningar med betyg mellan 1-5, som antingen ska utläsas "dåligt – bra", eller "lite – mycket" med stigande betyg.



Figur 30 Resultat inneklimatenkät



Figur 31 Resultat inneklimatenkät fortsättning

### Sammanfattning

I materialet kan utläsas att personalen överlag trivs väldigt bra på sitt nya kontor. Nästan alla frågor besvaras med fler 4:or och 5:or än 1:or och 2:or. Den fråga som gav störst andel negativa svar rör möjlighet till koncentration, där 41 % upplever en försämring, medan 30 % upplever en förbättring. En möjlig förklaring kan vara övergången till ett mer öppet kontor, samt troligen den stora mängd besökare som ofta besökt kontorsmiljön. En annan fråga med ganska många negativa svar är om inomhustemperaturen där 33 % av de svarande tycker att temperaturen ibland inte är tillräckligt hög under vintern, mot 44 % som svarar med betyg 4 eller 5, d v s att de tvärtom tycker att temperaturen är lagom hög. På sommaren upplever inga av svaranden att det är för varmt inomhus.

Orsak till temperaturklagomålen vintertid kan vara att de 6 meter höga gavelrummen styrt på temperaturgivare i tilluftsdonet (standard), som sitter på 3 meters höjd samt en temperaturgradient på ca 2 °C, men rumstemperaturstyrningen har ändrats så att man nu styr på givare i vistelsezonen.

Bäst betyg får det generella intrycket av det nya kontoret, samt detaljfrågan som rör hur man upplever kvaliteten på inomhusluften, där ingen av svaranden är missnöjd och hela 94 % ger betyget 4 eller 5. 76 % tycker att belysningen och närvarostyrningen på belysningen fungerar bra.

Den finns en samstämmighet i svarsmonster med en mindre övervikt för positivt betyg i frågorna som rör skillnader mellan innan flytt och efter, t ex skillnad i allmänt hälsotillstånd, närvaro på jobbet (t ex på grund av sjukdom) och stresstålighet. De flesta har dock, just på dessa frågor, svarat att det är ungefär som tidigare.

# Ekonomi

Nedan är angivet vad Skanska anser är affärsnyttan samt merkostnaden jämfört med BBR-standard samt mot Skanskas kontorsstandard. Därefter detaljredovisning vad olika delar har för merkostnad i byggproduktionen. Därtill tillkommer tid för drift-och energiuppföljning samt driftsmöten.

## Affärsnytta

- Ca 150 000 kr **lägre driftskostnad** /år, på grund av lägre energianvändning jämfört med normal energianvändning samt för försäljning av solel vid timmar av överskottsenergi.
- Välmående och produktiva medarbetare tack vare **bra inomhusmiljö**. Generell statistik och referenser finns som visar på ökad produktivitet på 5-23% i miljömärkta LEED-fastigheter på grund av kvalitetssäkrad temperatur, ventilation och belysning. [6]
- Ökad trivsel och **stolthet** hos personalen – ett värde som är svårt att kvantifiera men likväl viktigt
- **Ökat värde på byggnaden** tack vare LEED-certifiering och de mörkgröna egenskaperna. Enligt World Green Building Councils rapport om gröna värden ligger den normala ökningen av fastighetsvärde på 10-20 % . [6]
- **Referensprojekt** som visar kunder lösningar och Skanskas kompetens och gröna möjligheter.
- **Varumärkesbyggande och god publicitet**. Minst 75 pressklipp om Väla Gård har skrivits om Väla Gård under 2 år. Om varje pressklipp tillskrivs ett värde av 15 000kr, vilket motsvarar priset för att publicera en mindre annons i tryckt media, tillför publiciteten kring Väla Gård ett årligt värde för Skanska på över 500 000 kr.
- **Samlokalisering** av Skanskas enheter ger lägre lokalrelaterade kostnader

## Merkostnader

Byggkostnad 38,6 MSEK eller 21 700 kr/m<sup>2</sup> BTA (1800 m<sup>2</sup>)

Merinvestering för att nå mörkgrönt i "Skanskas Gröna kartan" samt topp LEED-placering:

- 10 % för att gå från beige (BBR-krav) till mörkgrönt (2 100 kr/m<sup>2</sup>)
- 7 % för att gå från beige (BBR-krav) till nollenerginivå
- 6 % för att gå från grönt 1 (motsvarar Skanskas standard för kontor) till mörkgrönt

**Merkostnad klimatskal, solskydd**

|                                                                                                                                                                     |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Skuggande perforerade plåtar till de fyra gavelväggarna                                                                                                             | 700 000 kr    |
| Mekaniska Solskydd till södra byggnadskroppens sydfasad                                                                                                             | 49 996 kr     |
| Fasta solskydd till mellanbyggnaden (Foajen)                                                                                                                        | 99 000 kr     |
| Merkostnad stomme: Prefabricerad BTG-stomme med tilläggsisolering i stället för traditionella väggar, för ökad lufttätethet och mindre fuktrisker under produktion. | Ca 500 000 kr |
| Merkostnad isolering Mark                                                                                                                                           | 60 000 kr     |
| Merkostnad bättre isolering tak                                                                                                                                     | 112 000 kr    |
| Merkostnad energieffektivare fönster                                                                                                                                | 92 000 kr     |
| Summa Merkostnad Klimatskal och solskydd                                                                                                                            | 1 613 000 kr  |

**Merkostnad solcellssystem 455 kvm**

Entreprenadkostnad för 455 kvm solcellssystem med växelriktare till de två sydvästsidorna av sadeltaken. 1 650 000 kr

**Merkostnad LED och dagsljusdesign jämfört med standardinstallation**

|                                                 |            |
|-------------------------------------------------|------------|
| 38st närvarodetektorer med dagsljuskompensering | 86 640 kr  |
| 63 led armaturer                                | 127 362 kr |
| 131 Korridorsbelysning med dimfunktion          | 138 860 kr |
| Summa Merkostnad belysningsinstallation         | 352 862 kr |

**Merkostnad minskad verksamhetsel utöver belysning**

Merkostnad styrning för att slå ifrån huvuddelen av vägguttag vid larmad byggnad 13 400 kr  
 Byte till säkring som tål strömspik vid återinkoppling av vägguttag 20.000 kr

**Merkostnad energieffektiva Vitvaror**

Merkostnad energieffektivare vitvaror 2 000 kr  
 Summa Merkostnad minskad verksamhetsel 388 262 kr

## **Merkostnad energisamordning och kompetensinsatser för projektorganisationen**

Tidig energisamordning och kompetensinsatser för projektorganisation 119632 kr

### **Mätning, uppföljning av lufttäthet.**

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| Utbildning snickare etc. i lufttätt byggande | 10 000 kr |
| Prov lufttäthet (DryIT)                      | 14 000 kr |
| Summa                                        | 24 000 kr |

### **Mätning av energiprestanda: merkostnad för extra energimätare utöver standard, samt energimängdsmätare**

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| Effektbrytare till ställverket med Modbus-kommunikation | 14 000 kr |
| Kommunikationsmodul, installation, driftsättning        | 12 425 kr |
| 2 extra elmätare för el till ventilationsaggregaten     | 9 000 kr  |
| Elmätare för verksamhetsel                              | 4 500 kr  |
| Summa                                                   | 39 925 kr |

### **Mätning av inomhusmiljö: merkostnad för 16 st extra sensorer för CO2 och temp**

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| 7st ABB givare (CO2 + Temp)                       | 17 346 kr |
| 9st Gira givare (CO2 + Temp)                      | 26 739 kr |
| Modbus-gateway med installation och driftsättning | 11 200 kr |
| Summa                                             | 55 285 kr |

### **Mätning av energiprestanda och inomhusmiljö: Uppsamlingsskylt och överföringssystem för mätdata**

Styrskylt 4.500 kr. Konfigurerings via Novotek 6 500 kr,. Sammanlagt 11 000 kr

### **Mätning av energiprestanda och inomhusmiljö: Licenskostnad databas, överföring av mätdata**

Licenskostnad Historian okt 2012 – dec 2014. 3.810 kr per månad. Sammanlagt 102 870 kr

Kommentar till licenskostnaden.

Det är en stor utveckling på produkter för mätdatainsamling och General Electric lanserar nu en ny produkt "Green Box", som är en industri-PC med Historian mm installerat, så man behöver inte ha det på styrskylten. Kostnaden blir ungefär halverad mot det som betalats för Väla Gård.

Detta kan inte jämföras med det som IMD-leverantörer erbjuder i Sverige. Vilket i och för sig är kvalitetssäkrat, men är inte så många signaler eller så hög samplingshastighet. IMD är mer timvärden på energimätare, flödesmätare samt några referenstemperaturer.

## **Köp och sälj med solelproduktionen**

Sommaren 2012 förde Skanska dialog med flera elleverantörer angående köp och sälj av egenproducerad el och valde att gå på Skanskas ramavtal, vilket innebar att Skanska fick sälja solel för i princip spotpris.

Marknaden för köp/sälj av egenproducerad el har utvecklats, så det finns bättre och mer fördelaktiga erbjudanden för den som vill sälja solel nu. Exempelvis erbjuder många elbolag runt 1 kr/kWh för egenproducerad el, vilka Skanska nu håller på att analysera.

Ungefär 15 000kr ytterligare, förutom de redan nämnda 150 000 kr i sänkta driftskostnader, kan sparas årligen på Väla Gård om ett bättre avtal ingås för försäljning av solel.

# Nyhetsvärde och informationsspridning

Väla Gårds nyhetsvärde är stort och bl.a. har Väla Gård har erhållit ett antal priser beträffande solenergi samt grönt byggande:

- Väla Gård erhöll Solenergipriset 2013 för årets anläggning 2012 med motivering: "Tekniskt och estetiskt väl utförda byggnader som på ett förtjänstfullt sätt visar möjligheterna att kombinera låg energianvändning med byggnadsintegrerad sol i nya byggnader."
- Väla Gård har erhållit Skåne Solar Award 2013 med motiveringen "Installationen medger ett effektivt utnyttjande av både den tillgängliga ytan och brukandet av den producerade elen samtidigt som anläggningen som helhet visar en arkitektonisk sida med potential att mångfaldiga solcellsutbyggnaden i det skånska kulturlandskapet."
- Väla Gård är certifierat enligt LEED högsta nivå Platina med högst poängresultat i Europa.
- Väla Gård erhöll Sweden Green Building Awards 2013 pris för Bästa Gröna Byggnad, men även priset för bästa LEED-byggnad.
- Minst 75 pressklipp om Väla Gård har skrivits under 2 år

Informationsspridning om Väla Gård har skett på bl.a. följande sätt:

- ☐ >120 externa studiebesök (mar-12 – sep-14)
- ☐ > 25 presentationer på konferenser och föreläsningar
  - 2 presentationer Passivhus Norden 2013
  - 3 presentationer Swegon Air Academy, oktober 2013
  - 3 presentationer Nordbygg
  - 2 presentationer på SGBC-konferens
  - KTH, Boverket, Energikontoret, Ekobygg, Fastighetsdagarna, LÅGANs slutseminarium, Ljusdagen, Energienätverk Sverige, World Green Building Symposium i Barcelona mfl.
- ☐ 6 st Artiklar i tekniska tidskrifter
  - International Journal of Sustainable Built Environment 2012
  - 2 artiklar Bygg&Teknik 2013, 2014
  - REHVA HVAC Journal 3/14
  - 2 artiklar Energi&Miljö 2014, 2014
- ☐ 2 st Examensarbeten
  - Solenergi med energieffektiva byggnader och kostnadseffektiv lagring
  - Belysningsystem Väla Gård
- ☐ Mätdata till REHVA nZEB technology and nearby production Task Force. Väla Gård var den enda i maj 2014 som hade levererat ett helt år med mätdata till REHVAs projekt om NZEB.

Skanska har publicerat en Sustainability Case Study om Väla Gård på sin externa webbplats.

<http://skanska-sustainability-case-studies.com/Vala-Gard-Sweden> [7]

## Diskussion

I mycket energieffektiva byggnader är de små detaljerna viktiga för att få en mycket låg energi-användning och ett bra inomhusklimat. Det är viktigt med en aktiv driftuppföljning, vilket visades redan för 25 år sedan av Bengt Wånggren i uppföljningen av Stockholmsprojektet [8]. Rapporten innehöll fem rekommendationer: Utgå ifrån att alla byggnader innehåller fel, ge installations- och energifrågan större vikt genom hela projektet, analysera funktionen för de projekterade systemen, funktionskrav verifieras under idrifttagning och drift och mätningarna för verifieringen måste förberedas under projekteringen.

BeBo-rapport "Förstudie – Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem i flerbostadshus" [9] visar att mycket inte har hänt på 25 år trots betydligt bättre möjligheter att mäta och analysera data. Detta beror på bristande kunskap/förståelse om bygg- och installationsteknisk systemkunskap samt bristande förståelse om mätningar, men även brister i upphandling och drivande av projekt map funktion och energiprestanda.

En byggnad är ofta en "skräddarsydd" produkt till den plats där den är byggd på samt att byggnaden anpassas till de brukare den får. Det går inte att anpassa/ta fram alla inställningar i byggnaden i projektering och byggproduktion utan man gör "grundinställningar" och erhåller en acceptabel energiprestanda vid slutbesiktningen. Med en aktiv drift- och energiuppföljning korrigeras småfel samt finjusterar inställningarna, så att en (mycket) bra energiprestanda kan erhållas.

Om man endast har en energiuppföljning (månadsvärden) på fastighetsmätarna, kan man bara konstatera vilken energianvändning man erhöll, men man förstår inte varför. Har man energiuppföljning på den energi som olika delsystem använder kan man se att ett delsystem använder för mycket energi, men troligast inte orsaken. Har man en detaljerad energi- och driftuppföljning kan man analysera hur de olika systemen fungerar, diskutera med driftansvarig samt ge förslag på hur man kan korrigera problem, som försämrar energiprestandan och installations-systemens funktion.

Energifrågan måste vara i fokus från idé till byggnaden är i drift. I idéskedet sätts energi-/funktionskraven samt arkitekten och energiingenjören har ett intensivt samarbete för att skapa en design/layout på byggnaden för att kunna erhålla en energieffektiv byggnad. I projekteringen arbetar man vidare med att detaljerna samt projekterar in de mätare och givare vilka behövs för verifiering av funktionskraven vid drifttagningen samt i driftskedet.

Skanska Fastigheter förbättrar kontinuerligt sina ramhandlingar för kontorsbyggnader och drifttagning. Trots detta gedigna arbete kan man med aktiv detaljerad driftuppföljning sänka energianvändningen med 20-25 %. Ett exempel är en kontorsbyggnad som är energiberäknad till 70 kWh/kvm, år och några månader efter slutbesiktningen när man gör den första drift- och energiuppföljningen med prognos pekar energianvändningen mot ca 82 kWh/kvm,år trots en väl drifttagen byggnad. Med en aktiv driftuppföljning med möten med fastighetsansvarig och driftansvarig fångas felfunktioner upp samt börvärden, drifttider och styrfunktioner korrigeras och optimeras. Vid garantibesiktningen har man en energianvändning på ca 65 kWh/kvm, år.

För Väla Gård var det ett tidigt och omfattande samarbete mellan Tengbom Arkitekter och Skanskas energiingenjör i utformning av klimatskärmen, fönsterplacering, solskydd, etc., vilket gav grunden till



Väla Gårds extremt bra energiprestanda med ett mycket lågt kylbehov. Därefter har projektörerna arbetat med systemval samt att göra respektive installationssystem samt klimatskärmen så energieffektiva som ekonomiskt möjligt.

Nedan följer några erfarenheter med att förbättra systemens funktion samt minimera fastighetsenergi samt verksamhetsenergi i plusenergikontoret Väla Gård:

#### **Minimering av verksamhetsenergi**

Standby-förlusterna på Väla Gård minimeras med att slå ifrån de flesta vägguttagen när byggnaden är larmad. Man hade initialt problem med att säkringarna gick på morgonen när strömmen till vägguttagen slogs på, pga. att många datorskärmar hade lämnats i Standby-läge och gick upp i normalläge när strömmen kom tillbaka, vilket orsakade strömspik, så att säkringarna löste ut. Man provade andra säkringar och valde en som tålde strömspiken på morgonen.

Hösten 2012 upptäcktes en obalans mellan faserna på verksamhetselen på nästan 10 ampere. Det motsvarar lite mer än 2 kW (elradiator/kupéfläkt?). En rundvandring gjordes på kontoret och en 2 kW elradiator påträffades i ett av rummen. En brukare "löste" själv problemet att det var lite svalt på morgonen i stället för att driftansvarig korrigera inställningarna för värmen på det rummet. Detta visar på att brukarna kan vara innovativa och själva lösa inneklimatproblem, men kanske inte på det mest energieffektiva sättet.

Med kunskap från energiinventeringar av bensinstationer så misstänktes matautomaten vara en bidragande orsak till att verksamhetselen nattetid var 1,7 kW och undermätning installerades. Undermätningen verifiera att nästan halva verksamhetselen nattetid kom från matautomaten och matautomatens energianvändning motsvarar 3,9 kWh/kvm,år. Matautomaten installerades för att de anställda inte skulle behöva åka två km till Väla Centrum utan ska kunna köpa lunch på kontoret.

**Nattkyla**, köra ventilationen nattetid och blåsa in sval nattluft för att vädra ut övertemperaturer från kontoret nattetid. Det visade sig att nattkylans default-inställningar var olämpliga för Väla Gård och kylde ner kontoret, så att värmesystemet gick in när nattkylan släppte. Nattkylafunktionen kopplades ur, då Väla Gård-kontoret har tillgång till energieffektiv borrhålskyla samt att fläktelen är mycket hög när nattkylan användes. Möjlighet finns om man i framtiden får brist på kyla att modifiera styrningen för nattkylan och aktivera nattkylafunktionen.

#### **Varmvatten-användning och VVC-förluster**

På fastigheten där Väla Gård-kontoret ligger har man byggt ett stort bergvärmepumpssystem för att producera värme, VV och kyla till alla fyra byggnaderna, där Väla Gård-kontoret är det första, som har byggts. Den lösning som valts i BVP-systemet är central VV-produktion med VV/VVC-kulvert till respektive byggnad med mätning där kulverten lämnar BVP-rummet. Detta ger relativt stora VVC-förluster till Väla Gårds-kontoret och stora mätfel, då lösningen passar bättre till större förbrukare av varmvatten. VVC-förlusterna är ca 10 ggr större än den lilla energin att värma varmvattnet. Det hade varit energieffektivare att installera en el-VVB i varje byggnadskropp.

#### **Värmeförluster för värmekulvert**

Värmeförluster för värmekulverten är betydligt mindre än för VV/VVC-kulverten trots att de har lika stora förluster vid dimensionerande utetemperatur. Detta för att VV/VVC-kulverten har 55°C 365 dagar per år och värmekulverten har bara den temperaturen några dagar per år och har resten av året betydligt lägre temperatur och lägre förluster.

### **Systemtemperatur och energieffektivitet**

Hade Väla Gård-kontoret varit fristående och haft sin egen VP kunde man ha dimensionerat värmesystemet för en lägre framledningstemperatur och erhållit lite större radiatorer, vilket hade ökat installationskostnaden något, men sänkt driftkostnaden, då VP hade gått energieffektivare.

### **Upplösning energimätare**

Vid drift- och energiuppföljning av kyla och värme i en energieffektiv byggnad, måste man granska värme- respektive kylmängdsmätarna, då de främst är avsedda för debitering av månadsenergier i "vanliga" byggnader. Väla Gård hade från början 10 kWh som upplösning på sina värme- och energimätare. Detta skall jämföras med den högsta värmeanvändningen på 25 kWh/h samt den högsta kylanvändningen på 36 kWh/h. Båda energimätarna gick att programmera om till 1 kWh i upplösningen, men egentligen hade man behövt 0,1 kWh i upplösning. Medelanvändningen av värme under industrisemestern 2014 var 48 W och om det var varmhållning av eftervärmningsbatterierna nattetid eller vad som drog värme går ej att svara på pga upplösningen på energimätarna, som gör att man inte kan se när värmeenergin används.

### **Temperaturgradient**

Gavelrummen har mycket högt i tak, ca 6 meter, och där har en temperaturgradient på ca 2 °C stört rumstemperaturregleringen, så man har haft klagomål på inneklimatet. Temperaturgradienten varierar något pga av värmebehovet, men även av tilluftsflödet, så det blir mycket svårt att ha en bra styrning på klimatet i vistelsezonen. Styrningen av rumstemperaturen är ändrad till styrning på givare på vägg nära vistelsezonen i stället för den inbyggda i tilluftsdonen, som känner temperaturen på den medinjekterade luften på 3 meter höjd i rummet.

### **Luftflödesspik vid uppstart av ventilationen**

För att minimera fläktelen har DCV-systemet en kontinuerlig optimering av trycket i DCV-systemet och kommunicerar med ventilationsaggregatet för att det ska optimera trycket. För att DCV-systemet och ventilationsaggregatet skall hitta jämvikt vid uppstart är uppstartsparameterna för ventilationen viktiga. LA2 hade lite problem vid uppstart vilket korrigerades 4 februari 2014. Snabba flödsvariationer vid uppstart gör även att kylbatteri och/eller värmebatteri drar på i onödan för att försöka hålla börvärdet på tilluftstemperaturen.

### **Mätuppföljningssystem**

Blir mätsystemet inte en del av slutbesiktningen är risken stor att det tar 6 mån innan mätsystemet fungerar och man missar värdefull tid för driftoptimering. Byggnadens energiprestanda skall verifieras för en 12-månadsperiod inom 24 mån. Det betyder att man använder första året för driftoptimering och andra året för bevakning och verifiering av energiprestandan.

Väla Gårds mätsystem blev inte drifttaget innan slutbesiktningen, vilket betydde att det tog längre tid att få igång mätsystemet efter slutbesiktningen. Underentreprenörerna som har detaljinformationen om signalerna var på nya projekt, så de kunde inte svara direkt samt att de behövde kontrollera för att kunna ge adresserna och datatyper till de intressanta signalerna i deras installationssystem.

## Slutsatser

Extremt lågt energibehov samt mycket god uppfyllelse av beräknad energiprestanda och målet att nå nollenergibalans på årsbas. Den uppmätta energiprestandan blev endast 14,4 kWh/kvm,år exklusive solexel och med avdrag för direkt nyttjad solexel erhålls 9,5 kWh/kvm,år.

Verksamhetselen är på enbart 25 kWh/kvm,år inkl. matautomaten på 3,9 kWh/kvm,år. Bland annat på grund av design och optimering av belysningssystem, som är närvaro och dagsljuskomparerat samt avslagning av de flesta vägguttag under natten.

Solelproduktionen motsvarar det förväntade, 38 - 40 kWh/kvm,år, beroende på vädret.

Demand Controlled Ventilation ger en mycket låg elanvändning för FTX-ventilationen, SFP 0,7 – 0,8 kW/(m<sup>3</sup>/s)

Kylan är ungefär hälften av den beräknade. Mycket lågt kylbehov pga. tidigt intensivt samarbete mellan arkitekt och energiingenjör.

Lite trögt att få igång driftuppföljningssystemet efter slutbesiktningen, adressering av givare.

Det är viktigt att analysera upplösningen på mätare etc. så att de fungerar för en mycket energieffektiv byggnad.

Detaljerad driftuppföljning erfordras för att säkerställa att man erhåller den beräknade energiprestandan

Resultatet av inomhusmiljöenkäten visar att brukarnas överlag är mycket nöjda med inomhusmiljön.

Merkostnaden för Väla Gård är ca 6 % och en stor del är kostnaden för solcellsanläggningen.

Affärsnyttan med att utveckla, bygga, äga respektive använda ett "mörkgrönt" kontor som Väla Gård är stor, speciellt om fler mervärden än enbart de traditionella tas med i beräkningen.

Byggnaden visar hur viktigt det är med en tydlig och stark målbild – genom att kommunicera den tuffa energiprestanda man ville uppnå med hjälp av den "mörkgröna" målbilden i Skanskas gröna karta, fick frågan stor vikt genom hela byggprocessen.

Det kostar mer initialt, att bygga så här energieffektivt. En förbättrad inomhusmiljö som leder till högre produktivitet, lägre kostnader i drift samt ett högre fastighetsvärde är några värden som går att kvantifiera ekonomiskt, och som gör affären god. Dessutom har uppmärksamheten genererat så mycket pressklipp i media, att motsvarande köpt annonsutrymme hade kostat mer än den samlade merkostnaden för Väla gårds gröna egenskaper.

## Referenser

- [1] <http://www.sgbc.se/certifieringssystem/leed>
- [2] SVEBY Kontorsindata (Version 1.0 2012-10-10), <http://www.sveby.org>
- [3] <http://www.icesr.org/>
- [4] [http://www.nyteknik.se/nyheter/energi\\_miljo/solenergi/article3834215.ece](http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/solenergi/article3834215.ece)
- [5] World Green Building Council, 2014. *Health, Wellbeing & Productivity in Offices* [pdf], London, 24th September, 2014. Available at: [http://www.worldgbc.org/files/6314/1152/0821/WorldGBC\\_Health\\_Wellbeing\\_productivity\\_Full\\_Report.pdf](http://www.worldgbc.org/files/6314/1152/0821/WorldGBC_Health_Wellbeing_productivity_Full_Report.pdf)
- [6] World Green Building Council, 2013. *The business case for green building* [pdf], London, March, 2013. Available at: <http://www.worldgbc.org/activities/business-case/>
- [7] Sustainability Case Study Väla Gård.  
<http://skanska-sustainability-case-studies.com/Vala-Gard-Sweden>
- [8] Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet, Bengt Wånggren, BFR, R42:1990,
- [9] Förstudie – Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem i flerbostadshus, BEBO-rapport, sep 2014, Per Kempe  
<http://www.bebostad.se/kunskapsbanken/2013-9/>



LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Sveriges Byggindustrier, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

[www.laganbygg.se](http://www.laganbygg.se)

