

Inglasad tegelfasad

- en energianalys

Stefan Elfborg
Adnan Vrbanjac

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2012
Rapport TVIT-12/5037



Lunds Universitet

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

Avdelningen för installationsteknik

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

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

Inglasad tegelfasad

- en energianalys



Examensarbete av
Elfborg Stefan
Vrbanjac Adnan
2012

© *Stefan Elfborg och Adnan Vrbanjac*
ISRN LUTVDG/TVIT--12/5037--SE(151)

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

Sammanfattning

Denna rapport beskriver en ganska unik energieffektiviserande åtgärd för en tegelbyggnad från 1930-talet. Byggnad 22 på området Sege Park i Malmö har byggts ut med en glasfasad som ska minska energibehovet. Byggnaden som förvaltas av Malmö Stadsfastigheter är tänkt som ett experimentprojekt för att pröva metoden med dubbelskalfasad som annars utvecklats främst för kontorshus i glas.

Den främsta anledningen till att denna metod används är för att området i Sege Park är ett framtidsområde med innovativa och hållbara lösningar för miljö och energi. Flera av byggnaderna har utrustats med bl.a. solceller och solfångare. I området finns även Ekocentrum Syd som arbetar för den hållbara framtiden.

I rapporten beskrivs funktionen av glasfasaden som en växthuseffekt, detta syftar alltså inte till den globala växthuseffekten utan bara den fysikaliska funktionen som sker i glasfasaden med hänsyn till glaset. Rapporten beskriver husets uppbyggnad och kartläggningen av installationerna som finns för uppvärmning, ventilation, vattenberedning samt glasfasaden.

Syftet med rapporten är att besvara hur mycket energi som kan sparas genom att bygga ut en glasfasad utanför en tegelvägg, samt vad denna åtgärd motsvarar i jämförelse mot traditionella energieffektiviseringsåtgärder.

Den möjliga besparingen har studerats genom fullskalemätningar och simuleringar i energiberäkningsprogrammet DEROB-LTH. Andra energiberäkningsprogram som också använts är VIP-Energy och IDA-ICE, dessa lyckades inte att leverera tillräckliga resultat utan extra moduler som måste programmeras. En teoretisk beräkningsmodell har skapats för att kunna både studera skillnaden med eller utan glasfasad samt för att få ett mått på den energieffekt som fås i form av tilläggsisolering och värmeväxling av ventilationsluften. Stor del av informationen till beräkningarna har bestämts genom uppmätning, bl. a samtliga luftflöden för glasvolymen och inne i huset. Även hjälpväggsmetoden har tillämpats för att ta reda på exakta U-värdet för de ursprungliga tegelväggarna.

Resultatet blir att tre olika effekter fås. Den första är att väggen får en luftspalt och ett yttre skikt av glas, därmed även ett bättre U-värde vilket ger minskade transmissionsförluster och därigenom minskat behov av köpt energi till uppvärmningssystemet. Den andra är att glasfasaden används för uppvärmning av tilluft till ventilationen, därmed blir fasaden även en värmeväxlare, vilket innebär minskat uppvärmningsbehov även för ventilationssystemet. Den sista är att konstruktionen totalt kommer bevara värme och kan ses som en integrerad luft- solfångare i väggen. Om alla tre aspekterna tas i åtanke fås resultatet som en dynamisk isolering.

De iakttagelser och beräkningar som gjorts med uppmätta värden gäller för våren 2012, då denna rapport skrevs. Resultaten visar att det går att tillämpa denna metod för att energieffektivisera byggnader men eftersom den ekonomiska aspekten aldrig tas i hänsyn kan vi inte svara på om det är lönsamt. Dessutom har detta projekt visat sig vara ännu mer komplicerat än vad som anades. Många olika faktorer visade sig påverka resultatet och flera förenklingar har behövt tillämpas.

För den uppmätta perioden under våren mellan 13/3 till 2/5 har en besparing beräknats teoretisk till 2500 kWh. Detta beror på att temperaturerna i glasfasaden höjs med minst 4-7°C men höjningar upp mot 25-30°C förekommer vid soligt väder. Två andra sätt att redovisa resultatet är att se hela konstruktionen som dynamisk isolering och beräkna ett U-effektivt som motsvarar alla tre effekter som fås pga. inglasad tegelfasad. Det andra sättet är att beräkna en energiverkningsgrad. När dessa beräkningar har utförts har resultatet blivit att U-effektiv = -0,11 W/C,m² och $\eta = 1,98$.

Det simulerade fallet visar besparing på ca 2000 kWh under perioden vilket väl stämmer överrens med verkligt uppmätta data för perioden 13/3 till 2/5. För ett helår blir den beräknade besparingen ca 10000 kWh enbart från transmissionen, med hänsyn till ventilation ökas besparingen ytterligare. Energiverkningsgraden fås från simuleringen till $\eta=0,85$ för perioden och $\eta=0,82$ för ett helår, denna är också enbart med hänsyn till transmission. Med ventilationen inräknad blir energiverkningsgraden närmare $\eta=1,3$.

Skillnaden mellan den uppmätta perioden och den simulerade perioden är att den uppmätta perioden tar hänsyn till de verkliga förhållandena medan den simulerade perioden är en förenklad datormodell som inte tar hänsyn till exempelvis föruppvärmning av tilluft.

För att få fram verklig energibesparing för ett helt år bör mätningar ske under minst ett helt år och det är först då som modellen kan kontrolleras.

Abstract

This report describes a rather unique energy-saving method for a brick building from the 1930s. Byggnad 22 in Sege Park in Malmö has been extended with a glass facade that will reduce energy demand. The building which is managed by Malmö Stadsfastigheter is intended as an experimental project to test the method of double skin facade on this brick building, that otherwise has been developed primarily for office buildings in glass.

The main reason why this method is used on this house is that the area of Sege Park is a future area of innovative and sustainable solutions for environmental and energy. Several of the buildings are equipped with solar cells and solar panels. Within the area also lies Ekocentrum Syd who is working for the sustainable future.

The report describes the function of the glass facade as a greenhouse effect, this description refers not to the global greenhouse effect, but only to the physical function that occurs in the glass facade. The report describes the building's construction and then identifies the installations for heating, ventilation, water heating and glass facade.

The purpose of the report is to answer how much energy can be saved by extending a brick wall with a glass facade achieving a building with double skin facade, and what this measure corresponds to in comparison to traditional energy efficiency actions. As a result from this action three different effects is obtained. The first is that the wall is extended with a column of air and an external layer of glass, in consequence better U value is obtained for the wall. The second is that the glass facade is used to preheat supply air for ventilation, therefore becomes the facade also a heat exchanger. Last is to design in total will retain heat and can be seen as an integrated air-collector in the wall. If all three aspects are taken in consideration the results is obtained as a dynamic insulation.

The potential savings have been studied by full-scale measurements and simulations in the energy calculation program DEROB-LTH. Other energy calculation program like VIP-Energy and IDA-ICE was also used, unfortunately these failed to deliver sufficient results without any additional modules that must be programmed. A theoretical calculation model has been created to study the difference with or without the extension of glass facade and to get a measure of the energy effect obtained in the form of additional insulation and heat exchanging ventilation air. Much of the information to the calculations has been determined by measurements, among others all air flow rates for the glass volume and inside the house. Also using the Hjälpväggsmetod is applied to determine the exact U-value of the original brick walls.

The observations and calculations were made using the measured values for the spring of 2012 when this report was written. The results show that it is possible to apply this method as an energy efficient action, but because the economic aspect not taken into account, we cannot answer whether it is profitable. In addition, this project proved to be even more complicated than the emerged. Several factors found to influence the outcome and several simplifications have been applied.

For the measured period in spring 13/3 to 2/5 has a saving theoretical calculated to 2500 kWh. This is because the temperatures in glass facade were increased by at least 4-7 ° C, but rises up to 25-30 ° C in the sunny weather. Two other ways of expressing results is to make the entire structure as dynamic insulation and calculate a U-effectively representing all three effects obtained due to the glazed brick facade. The other approach is to calculate an energy efficiency factor. Once these calculations have been performed, the result from theoretical calculation is given that the U-efficient = -0.11 W / C, m², and $\eta = 1.98$.

The simulated case indicates savings of approximately 2000 kWh during the period which is in compliance with actual measured data for the period. For a full year the simulation calculates savings of approximately 10000 kWh solely due to the transmission. Taking into account ventilation increases energy savings further. Energy efficiency factor is obtained from the simulation for $\eta = 0.85$ for the period and $\eta = 0.82$ for a full year, and this is also the sole basis of the transmission. With the ventilation included, the energy efficiency factor is closer to $\eta = 1.3$.

But it is not until there are data from a hole year until we know whether or not the simulation model is correct.

Förord

Denna rapport är skriven som en del i ett 30 poängs examensarbete vid avdelningen för installationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola våren 2012. Vi som har skrivit rapporten är två sistaårsstudenter vid utbildningen för Väg- och vattenbyggnad med inriktning mot husbyggnad. Examinator för examensarbetet har varit Universitetslektor Lars-Erik Harderup vid avdelningen för byggnadsfysik vid LTH.

Vi vill börja med att tacka våra handledare vid Lunds Tekniska Högskola, Birgitta Nordquist (Installationsteknik), Johan Stein (Byggnadsfysik) och Petter Wallentén (Byggnadsfysik).

Sedan har vi även fått hjälp av Mats Dahlblom (Installationsteknik) och Ann-Marie Ejlertsson (Installationsteknik) gällande simuleringar i IDA-ICE.

Speciellt tack går ut till Anders Hultgren på Stadsfastigheter för samarbetet.

Vidare vill vi tacka Gillis Boström (NCC) och Anders Bjurup (SWECO) som har hjälpt oss otroligt mycket och fungerat som handledare ute i huset. Vi får inte heller glömma att nämna Niclas Jeppsson (Schneider Electric) som har ställt upp och programmerat logg-datorn. Ett stort tack går till Thommie Härland (SWECO) som hjälpt oss med avancerade försök i IDA-ICE.

Vi vill även tacka supporten på Strusoft och Equa för att de försökt besvara våra frågor.

Sedan finns det människor på företagen som har varit inblandade i projektet och besvarat frågor eller hjälpt till praktiskt som vi vill tacka.

Dessa är ganska många och redovisas nedan.

Anders	Bjurup	Sweco
Anders	Hultgren	Stadsfastigheter
Birgitta	Nordqvist	LTH
Birgitta	Forsberg	Stadsfastigheter
Bo	Sandberg	Stadsfastigheter
Bo-Arne	Almström	Sweco
Fredrik	Nilsson	Bravida Prenad
Gillis	Boström	NCC
Göran	Hellmor	Stadsfastigheter
Göran	Engdahl	Sydtotal
Ingemar	Jönsson	Stadsfastigheter
Joannis	Ververidis	Stadsfastigheter
Johan	Stein	LTH
Jonas	Geelmuyden	NCC
Lars	Hansson	Besiktningssman
Lars	Jansson	EmmaBodaGlas
Lars-Erik	Harderup	LTH
Martin	Geimer	Sydtotal
Michael	Peterson	Kvillsfors Fönster
Niclas	Jeppsson	Schneider Electric
Olleper	Hemlin	Schüco-solar
Paul	Feltberger	Schneider Electric
Percy	Borgström	Energikonsulterna
Peter	Ogaard	Schneider Electric
Petter	Wallentén	LTH
Robert	Flinth	Schneider Electric
Stefan	Persson	Schneider Electric
Thommie	Härland	Sweco
Tommy	Hartman	Bravida Prenad

Innehållsförteckning

Inglasad tegelfasad	1
Sammanfattning	3
Abstract	5
Förord.....	7
1. Inledning.....	13
1.1 Bakgrund	13
1.2 Syfte	14
1.3 Avgränsningar	14
1.4 Metodbeskrivning.....	14
2. Allmänt om huset	15
2.1 Områdets historia	15
2.2 Husets historia	16
2.3. Husets uppbyggnad	17
2.3.1 Glasfasad	18
2.3.2 Värmesystemet	20
2.3.3 Tappvattensystemet	22
2.3.4 Ventilationssystemet	24
2.3.5 Det fasta mätsystemet.....	30
3. Studier och teori kring dubbelskalfasader samt mätningar i byggnad 22.....	31
3.1. Litteraturstudie	31
3.2 Teori	31
3.2.1 Glasfasader och dess uppkomst.....	31
3.2.2 Dubbelskalfasader	32
3.2.3 Grundläggande teori i glasfasaden	34
3.2.4 Växthuseffekt i dubbelskalfasad.....	35
3.2.5 Konvektion på glasfasaden och omblandningen	37
3.2.6 Solens inverkan på glasfasaden	39
3.2.7 Glasfasadens djup.....	42
3.2.8 Energibesparing	42

3.3 Mätningar i byggnad 22	44
3.3.1. Luftflödesmätning	44
3.3.2. R-värde för tegel.....	48
3.3.3. Solinstrålning.....	54
3.4 Mätning av temperaturer och relativ fuktighet	57
3.4.1 Genomförande	57
3.4.2 Solavskärmning	57
3.4.3 Mätning med HOBO-logger.....	58
3.4.4 Resultat av temperaturmätning.....	65
4. Beräkning av glasfasadens bidrag	73
4.1 Beräkning med framtagen beräkningsmodell.....	73
4.1.1 Transmission	74
4.1.2 Ventilation.....	76
4.1.3 Resultat av beräkningar	77
4.2 Beräkning av temperaturverkningsgrad	79
4.3 Beräkning av U-effektiv	79
Resultat av beräkning	81
4.4 Beräkning av energiverkningsgrad.....	83
Resultat av beräkning	84
5. Simulering av energibehovet för BY22 i datorprogram.....	87
5.1. Val av datorprogram samt indata	88
5.2 Simulering i VIP Energy	92
5.3 Simulering i Para Sol.....	92
5.4 Simulering i DEROB-LTH	92
Resultat simuleringar DEROB	96
5.5 Simulering i IDA-ICE	101
Resultat simulering IDA-ICE.....	103
6. Styroptimering av ventilationssystemet	105
Styroptimering.....	106
12 fall.....	106

7. Erfarenheter och observationer	109
8. Diskussion och slutsatser.....	119
Felkällor	126
Vidare forskning.....	127
9. Referenser.....	129
9.1 Internet/intervjuer	129
9.2 Litteraturförteckning	129
Tekniska data för glas BILAGA 1.....	131
Tekniska data för ventilation BILAGA 2.....	134

BILAGA1 Tekniska data för glas

BILAGA2 Tekniska data för ventilation

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Sommaren 2011 efterfrågade Stadsfastigheter i Malmö en uppföljning och utvärdering av en byggnad i deras bestånd. Senare samma höst erbjöd sig författarna att åta sig uppdraget som ett examensarbete. Under våren 2012 har det utförts en del försök och datorsimuleringar av byggnaden samtidigt som mätvärden har loggats.

Byggnaden är ett traditionellt hus från 30-talet som under flera etapper renoverats. Husets är uppbyggt av murade tegelväggar, sadeltak med tegelpannor samt krypgrund. Taket har tilläggsisolerats och husets uppvärmning tillgodoses numera via ett vattenburet radiatorsystem. Vid senaste renoveringen har huset byggts om till studentlägenheter och fått nya fönster, ett FTX ventilationssystem samt fjärrvärme. I samband med detta ville stadsfastigheter göra en utvändig tilläggsisolering för att minska transmissionen genom tegelväggarna.

Eftersom huset ligger i ett parkområde med en bevarad karaktär ville stadsarkitekten inte tillåta en utvändig tilläggsisolering. På området finns även Ekocentrum syd som arbetar för hållbart byggande och tillämpar innovativa lösningar och nya tekniker. Mot denna bakgrund uppkom idén att göra någonting speciellt med huset där fasadens utseende kunde bevaras. Ett förslag som innebar att husets väggar skulle glasas in skissades fram på en servett av Hultgren, Bjurup och Boström. Resultatet från detta skulle bli att stadsarkitekten får fasaden bevarad, huset får ett yttre skikt som minskar energibehovet och ett unikt tillfälle skapas för att studera denna funktion och se ifall det finns möjlighet att tillämpa tekniken i andra sammanhang. Systemet med glasfasaden byggdes så att det finns möjlighet för ventilationen att ta luft från glasfasaden och därmed ger glasfasaden bidrag till förvärmning av tilluft. Samtidigt finns ett system som har möjlighet att flytta runt luft i glasfasaden vilket utjämnar temperaturerna och bidrar till högre temperaturer i glasfasaden. Detta innebär att lägre värmefflöde fås genom väggarna och energi för uppvärmningen kan minskas.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att förmedla de teorier, tankar, resultat och slutsatser som uppkommit i samband med författarnas examensarbete vid avdelningen för installationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola.

Under arbetets gång har syftet och avgränsningarna ändrats något från de ursprungliga på grund av förändringar i förutsättningarna.

Det huvudsakliga syftet med examensarbetet är att följa upp och utvärdera tillbyggnaden av dubbelskalfasaden som en tilläggsisolering och energibesparing samt simulera tillbyggnaden i datorprogram och jämföra med verkligheten ur energisynpunkt.

I rapporten vill vi besvara frågan, vad blir energibesparingen av en tillbyggd extra glasfasad på en befintlig glasfasad? Som ett sekundärt syfte har en optimering av styrningen av systemet tagits fram.

1.3 Avgränsningar

Vi tittar enbart på transmission genom väggarna, ventilationsbesparingen genom förvärmning av tilluft via glasfasad samt styroptimering för glasfasaden. De data vi har att tillgå är uppmätta temperaturer med externa loggrar från glasfasaden, ventilationssystemet, inomhus samt norrfasad. Analysen berör endast våren 2012. Inga ekonomiska kostnader kommer att tas hänsyn till. Loggade mätvärden på temperaturer finns mellan 120313–120502.

1.4 Metodbeskrivning

En litteraturstudie görs för att bygga upp kunskapen och ta reda på vilka faktorer som är av betydelse och hur vi skulle gå till väga med utvärderingen. Temperaturmätningar utförs över en period och i den omfattning (baserat på antal mätpunkter och noggrannhet) att en utvärdering kan göras av den energieffektiviserande åtgärden, dvs den tillbyggda glasfasadens funktion. Luftflödesmätningar görs för att studera ventilationssystemet och det luftomblandande system som har tillkommit i glasfasaden. Uppmätta temperaturer och luftflöden används sedan i handberäkningar enligt teorin och sammankopplas i en av oss framtagen beräkningsmodell. Denna jämförs sedan mot datorsimulerade värden under våren. När handberäknade resultat verifierats mot datorberäknade resultat kan datormodellen utvecklas så att simulerade värden för ett helt år kan användas. Detta skulle visa resultatet för den årliga besparingen. De energiberäkningsprogram som har använts är VIP-Energy, DEROB-LTH samt IDA-ICE. All data som används är framtagen med hjälp av det underlag som finns tillgängligt och genom egna mätningar. Iakttagelser och försök ligger till grund för optimeringsförslagen.

2. Allmänt om huset

2.1 Områdets historia

Sege Park

Sege Park är området i stadsdelen Kirseberg som förut var Malmö Östra Sjukhus. Östra sjukhuset uppfördes av staten för sinnessjuka och demensdrabbade patienter. De ursprungliga byggnaderna ritades av stadsarkitekt Carl-Axel Stoltz i samarbete med överläkare Ruben Holmström på 30-talet. (Hultgren, 2012). Aktuellt hus är Byggnad 22, den gamla portvakten se bild 2.1:1.

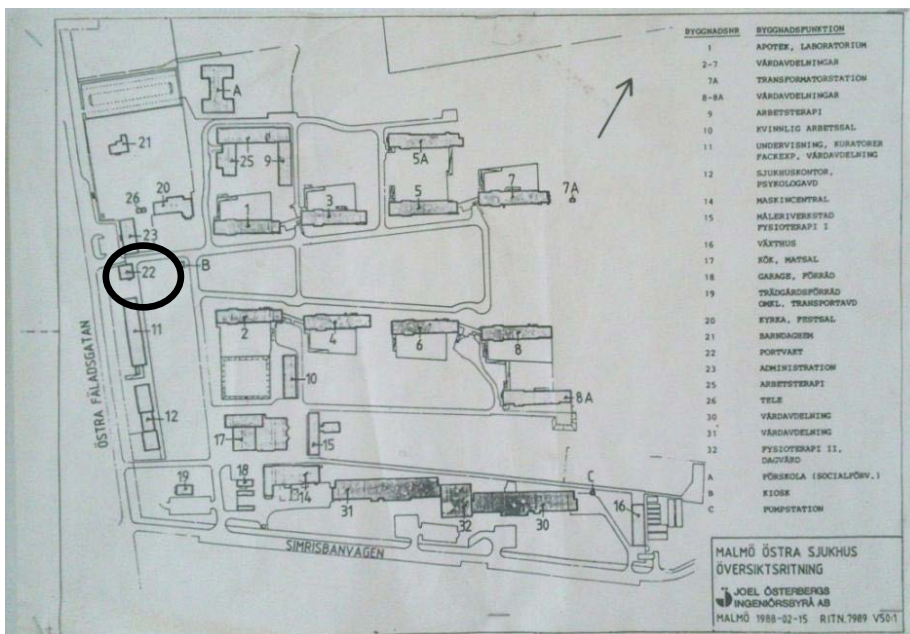


Bild 2.1:1 Bild på området, plansch från ventilationsrummet.

Området karaktäriseras av stora grönytor och parklik miljö. Med bara 10 minuters avstånd på cykel till Värnhemstorget och bra med bussförbindelser börjar området bli mycket populärt för om- och nybyggnad. Sedan 2006 har en del av de gamla sjuksysterbostäderna i Sege Park byggts om till studentbostäder som ägs av Stadsfastigheter och drivs av Malmö Kommunala Bostäder (MKB). Senaste tillskottet i omvandling till studentbostäder är det lilla portvaktshuset. Huset är av vanlig villa-karaktär med tegelstomme.



Bild 2.1:2 Fotografi över området

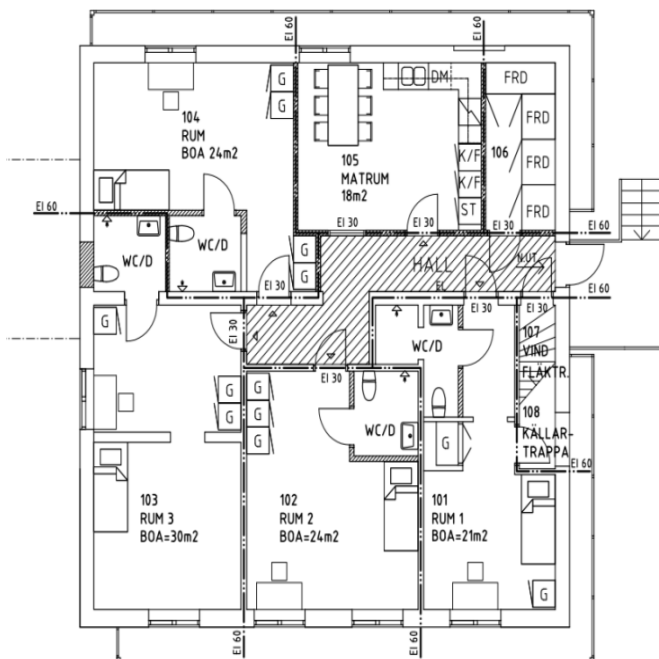
På området huserar även dagis, äldreboende, rättspsykiatri, skola samt vårdcentral.

Sedan 2009 agerar Sege Park hem för Ekocentrum Syd. I anknytning till detta har Malmö Stad satsat på solceller och solpaneler i större delen av området med mål att få området självförsörjande och agera inspirerande för miljön.

2.2 Husets historia

Den aktuella byggnaden uppfördes på 30-talet som en bostad för portvakten. Huset som mäter 13x13 m ägs av Stadsfastigheter. Husets stomme är 1½ stens tegelväggar utan isolering. Det är byggt med krypgrund men med en del utgrävd till källare samt kulvert. Taket är ett tegelklätt sadeltak och huset hade från början två murstockar. Huset benämns byggnad 22 i rapporten som refererar till BY22 från tiden då det var Östra sjukhuset. BY22 har sedan sjukhusets nedläggning huserat som kontor och som förråd.

För tillfället står huset tomt och är tänkt som övernattningslägenheter eller studentlägenheter. Planlösningen erbjuder numera fyra lägenheter med gemensamt kök och litet förråd. Huset har vitmålade putsade väggar, plastmattor på golven och är fullt ut möblerat. Ombyggnationen är gjord av NCC på totalentreprenad. Förfrågningsunderlaget för installationssystemet är upprättat av SWECO.



PLAN 1

Bild 2.2:1 Planskiss över plan 1 från ritning A-1-201

2.3. Husets uppbyggnad

År 2008 påbörjades ombyggnationen med inriktning på värmesystemet och nya fönster. Av arkitektoniska skäl att behålla områdets karaktär tilläts inte utvändig isolering av väggarna. Under 2009 växte idéerna fram för att göra något speciellt med huset. Stadsfastigheter såg möjligheten att skapa ett experimenthus. Den allra första skissen skapades under en lunch på en servett av Anders Hultgren, Anders Bjurup och Gillis Boström. Det började diskuteras om man kan spara energi genom att tilläggsisolera med en andra fasad av glas och få ett system som fungerar som en termos. Samtidigt fås förvärmning av tilluften. De första skisserna på ett ombländande system började ta form. I slutet på 2011 stod allt färdigt, endast några små detaljer saknades. Inspiration till projektet hämtades från studiebesök av större byggnader med dubbelglasfasader som ex Ferring-skrapan i Köpenhamn. (Bjurup 2012)

2.3.1 Glasfasad

Glasfasaden är byggd som en fristående konstruktion och skapar ett rum utanför ytterväggen i tegel. Glasfasaden täcker den östra, västra samt den södra fasaden. Tanken var från början att även täcka den norra fasaden, men då ingreppet hade blivit för stort på den idag redan trånga passagen in på området, valdes denna fasad bort. Stommen utgörs av aluminiumprofiler från tyska Schüco. Glaspartierna är levererade av Malmöföretaget Uno Borgstrand AB. Profilerna är s.k. FW 50+ vilka är isolerade röd-bruna aluminiumprofiler som går att kombinera till många utföranden. De stora fönsterpartierna är vanligt 8 mm fönsterglas medan de mindre partierna i taket utgörs av isolerglas.



Bild 2.3.1:1 Foto över södra och östra fasaden

Glaskonstruktionen har monterats luftigt mot marken och tegelfasaden för att skapa glapp och springor för tilluft. Detta resulterar i att konstruktionen blir tryckutjämnad och inte tät.

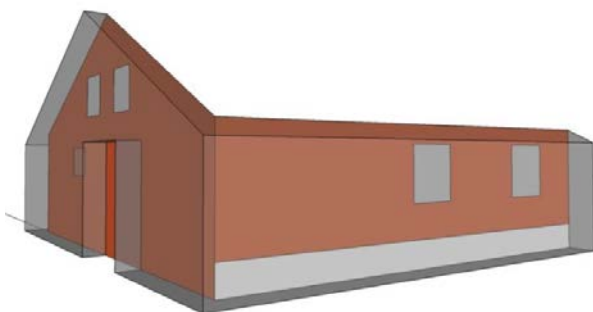


Bild 2.3.1:2 Skiss över den tillbyggda glasfasaden, gjord i SketchUp.

På söderfasaden är glaset distanserat ca 500 mm medan det är ca 700 mm på öst- och västfasaden. Detta skapar ett större rum i vilket man kan komma åt att göra service av installationer samt möjliggör fönsterputsning och annat underhåll.



Bild 2.3.1:3 Bild tagen i glasfasaden på västra sidan

Data för glas återfinns i bilaga 1 Tekniska data för glas.

2.3.2 Värmesystemet

Allmänt

I princip alla hus bortsett från lufttäta, välisolerade nollenergihus behöver ett värmesystem för att förse byggnaden med en behaglig innetemperatur. Systemen kan vara uppbyggda på många olika sätt. I Sverige dominerar vattenburet radiatorsystem med värme antingen från panna eller från växling med fjärrvärme. Det kan även vara värme tillförd i tilluften eller via golvvärme. Huset som är från 1930-talet hade från början två murstockar i vilka man eldade. (Abel E och Elmroth A, 2006)

Uppbyggnad

Värmesystemet är idag ett vattenburet radiatorsystem med fjärrvärme via shuntgrupp. Fjärrvärmens kommer från ett centralt system på området. Inkommande ledningar sitter snyggt och prydligt i källaren i anslutning till en rörkulvert. Kulverten är en gammal relik från tiden som sjukhusområde och området har haft centralt eldad panna sedan starten på 30-talet. Vid en närmare undersökning av radiatorerna som är monterade i huset kan konstateras att inte alla radiatorer är avsedda att användas i ett lågtemperatursystem utan sitter kvar sedan tidigare system. Dessa radiatorer är äldre och till utseendet betydligt grövre och tyngre än dagens moderna radiatorsystem. Detta kan skapa en sned värmedistribution. Att byta alla radiatorer till samma sort kan förbättra värmedistributionen ytterligare.

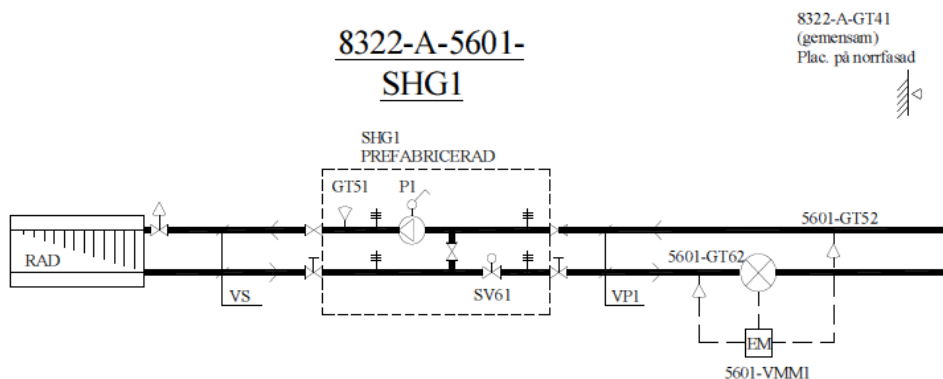
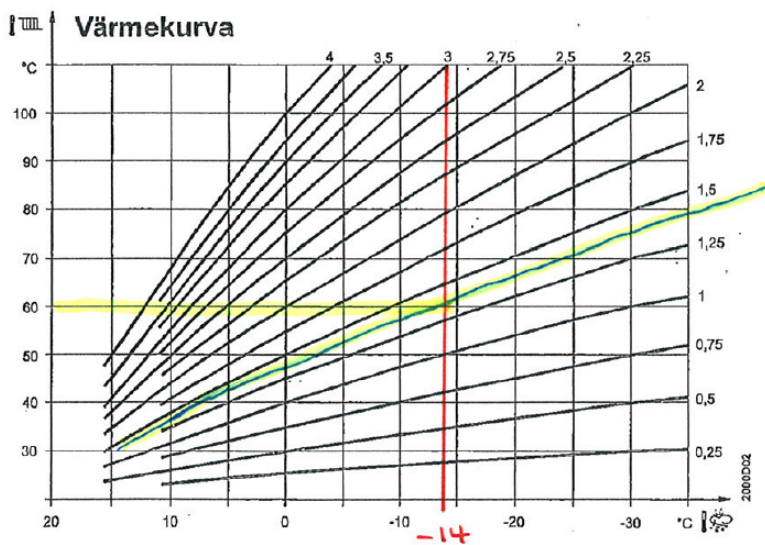


Bild 2.3.2.1:1 Skiss över system 5601 från ritning DK A-5601

Själva shuntgruppen är prefabricerad av TTM Energi och är av typen Shuntopac 20-40 Komp. Shuntgruppen drar ca 24W för cirkulationspump (VMM1) och är ett så kallat lågtemperatursystem med 60/40 blandning. Styr och regler sköts via ett programmerbart styrsystem även kallat PLC med utetemperaturgivaren (GT41) och Stadsfastigheters 6-punkters värmekurva som är baserad på DUT (-14°C) som underlag.



Bild 2.3.2:2 Foto på shuntgrupp i kulvert



- Värmekurvor ska injusteras med 6 brytpunkter för utetemperaturerna: +20°C, +10°C, +3°C, -3°C, -10°C, -20°C

Bild 2.3.2:3 Stadsfastigheters 6 punkts värmekurva.

2.3.3 Tappvattensystemet

Varmvattenväxlare för tappvarmvatten finns i ett separat hus centralt beläget på området. Det som finns i huset är individuella mätare av flödet för tappvarmvatten(VM3) och tappkallvatten(VM2). Dessa vattenflöden är kopplade till PLC-n och kan avläsas.

8322-A-5201-

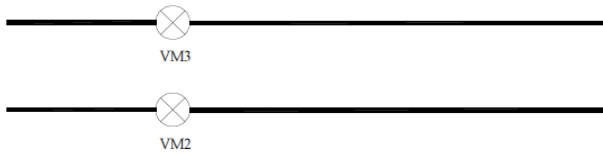


Bild 2.3.3:1 Skiss över tappvattensystemet från ritning DK A-5201.

Kallvattnet mättes upp till ca 8 grader Celsius vid tappstället.



Bild 2.3.3:2 Vänster bild visar tappkallvattenmätare VM2,
Höger bild visar kallvattentemperatur.

Varmvattnet mätes upp till ca 53grader Celsius vid tappstället, vilket är godkänt enligt BBR 18 avsnitt 6:621. (Boverket, 2012)



**Bild 2.3.3:3 Vänster bild visar tappvarmvattenmätare VM3,
Höger bild visar varmvattentemperatur.**

2.3.4 Ventilationssystemet

Allmänt

Redan vid projekteringen togs hänsyn till att detta projekt är väldigt unikt och kan innebära ett steg i tekniskt utveckling för framtida projekt inom energieffektivisering i Sverige.

Av denna anledning installerades ett avancerat system som möjliggör enkel och grafisk styrning samt övervakning för att underlätta utvärdering och ge möjlighet till god driftoptimering.

Projekteringen för ventilationen gjordes av SWECO och själva systemet levererades av Sydtotal där Schneider Electric står för styr och regler. Systemet är projekterat i två omgångar där det från början bara ingick ventilation till lägenheterna.



Bild 2.3.4:1 Ventilationsrummet.

Uppbyggnad

Systemet är uppbyggt av två separata system som har sammankopplats med en PLC. Styrning med PLC är relativt ovanligt för ventilationssystem men har valts av beställaren för att anpassas till deras framtida centralstyrning. För både ventilationen och det ombländade systemet är temperaturparametrar de styrande faktorerna.

Huset ska kunna styras centralt genom ett överordnande system men kan redan idag övervakas och styras direkt via en 42" touch panel som ger överblick av hela systemets status. Driftoptimering och uppföljning är viktiga aspekter i projektet och av denna anledning har en stor mängd givare installerats som övervakar temperaturer, fukt och flöden på en mängd olika punkter.

Det första systemet som är kopplat till PLC-n styr själva luftbehandlingen till lägenheterna och benämns som ventilationssystem 5701. Det andra styr omblandning av luften i glasfasaden. Detta system benämns i driftkortet som det omblandande systemet 5702. Båda systemen skiftar mellan värme och kylfall. Till PLC-n har även energimätare kopplats så att en total förbrukning av El, vatten, ventilation och värme kan avläsas.

PLC-n har möjlighet att öppna och stänga spjäll samt att sätta på och stänga av fläktar.

Dock sköts all reglering av flöden manuellt via paneler och brytare intill fläktar och ventilationsaggregat. På samma sätt kan PLC-n enbart ge larm om tilluftstemperatur är för låg för ventilationen, men kan inte göra en åtgärd som att sätta igång elbatteriet.

Denna typ av manuell styrning av fläktar och ventilationsaggregat resulterar i att alla luftflöden kommer hållas konstanta. Om en åtgärd har gjorts exempelvis för att höja tilluftstemperaturen genom att aktivera el-batteriet manuellt innebär detta att denna åtgärd är aktiv tills manuell avstängning sker. Detta skulle kunna generera övertemperatur vid andra tillfällen.



Bild 2.3.4:2 Apparatsskåp med PLC i ventilationsrummet.

2.3.4.1 Ventilationssystem 5701 distribution av tilluft och frånluft till lägenheterna

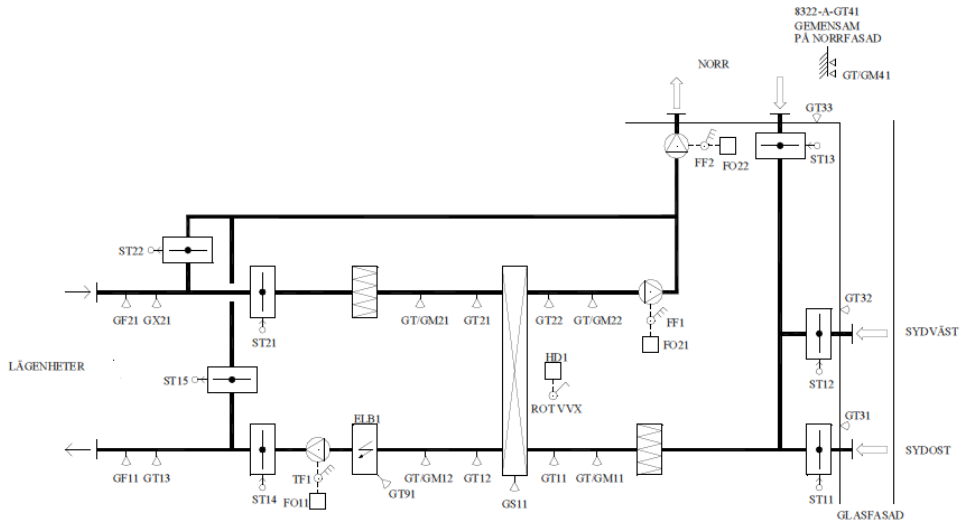


Bild 2.3.4.1:1 Skiss för ventilation, system 5701 från ritning DK A-5701

Systemet för tilluft är ett traditionellt FTX system med skillnaden att tilluften kan tas in från två olika platser. Intaget av tilluft sker antingen från glasfasaden i söderläge eller direkt från uteluften genom ett ventilationsgaller i norrfasaden. När värmebehov på tilluften föreligger tas luften in till lägenheterna via kanaler som är placerade på södersidan i glasfasaden. Glasfasaden ger då en föruppvärmning av tilluften. Vid temperaturer högre än den satta tilluftstemperaturen tas ventilationsluften från norrfasaden utan förvärmning. Luften distribueras till lägenheterna via omblandande don där varje lägenhet har don för både tilluft och frånluft. Detta är ett måste eftersom varje lägenhet är en egen brandcell och överluft får inte finnas över dörrarna till lägenheterna. Tilluften finns i rummen och frånluften finns i varje toalett bortsett från köket som har både tilluft och frånluft samt hallen som har tilluft och frånluften i förrådet.

Systemets hjärta är ett större ventilationsaggregat av villastorlek. Ventilationsaggregatet är av modell VR 700 DC från Systemair. I aggregatet finns en roterande värmeväxlare och möjlighet för förvärmning med hjälp av en el-patron. Systemet har även en bypass funktion för att kunna evakuera rök vid eventuell brand utan att röken skadar ventilationssystemet (5701-FF2). Förflyttningen av luften sker med hjälp av två fläktar, 5701-TF1 är placerad på tilluften efter värmeväxlaren och 5701-FF1 är frånluftsfläkten som är placerad på frånluftskanalen. Det finns ingen aktiv kylning för ventilationssystemet.

Styrningen för ventilationssystemet är utformat så att temperaturen från söderfasadens övre givare styr varifrån luften ska tas in. Villkoret är att då båda temperaturgivarna på söderfasaden överstiger en medeltemperatur på 20°C ska luften tas in från norrfasad. Detta sker helt oberoende av vilket driftfall som systemet för omblandning (5702) kör. Notera att det finns två temperaturgivare för system 5701 och två temperaturgivare för 5702 med samma funktion och liknande placering men som tillhör olika system.

De luftflöden som är aktuella för huset har vi kontrollräknat enligt BBR 18 till 50 l/s för bostadsanvändning eller 90 l/s för kontorsanvändning.

När vi körde aggregatet på maximalt flöde levererades ca 110 l/s.

2.3.4.2 Det omblandande systemet 5702 Intag och styrning av luft i glasfasad

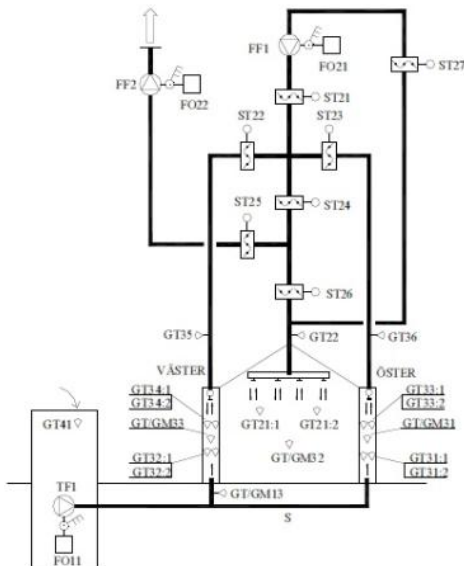


Bild 2.3.4.2:1 Skiss över omblandande ventilationssystem 5702 från ritning DK A-5702

Intag av luft till glasfasaden sker på två olika sätt där det ena är aktivt intag med hjälp av fläktar och det andra sker passivt med hjälp av alla springor och håligheter i konstruktionen.

Det passiva luftintaget bygger på att utnyttja springor och läckagemöjligheter i glasfasaden. Springorna är främst belägna i anslutningarna mellan fasadsystemet och tegelväggarna. Fasadsystemet sluter inte



Bild 2.3.4.2:2 Springa för luftintag till glasfasad

heller tätt mot marken. Springorna har ingen bestämd bredd utan har fått bredd vid monteringen.

Det aktiva luftintaget sker genom ett betongrör som är placerat ett par meter från husbyggnaden och används i driftfallet kylbehov för system 5702. Betongröret är ca 1,5m högt och är försett med skydd för väder och vind. I betongröret sitter en fläkt (beteckning 5702-TF1) monterad i anslutning till en kanal av plastmaterial med dimension 400 mm vilken är förlagd i marken och leder luften till glasutrymmet. När kanalen når glasfasaden grenar den sig runt byggnaden strax under markhöjd. Luften tillförs genom jämnt utfördelade don och flödet justeras genom irisspjäll.



**Bild 2.3.4.2:3 Bilden till vänster visar luftintag till markkanal,
Bilden till höger visar lufttillförseln från markkanalen till glasfasaden i marknivå.**

Systemet är uppbyggt för två lägen där driftläge värme och driftläge kyla bestämmer hur luften ska förflyttas för att utjämna lufttemperaturen över fasaderna. Hela det omblandande systemet är uppbyggt så att det finns två slingor som med hjälp av fläktar 5702-FF1, 5702-FF2 vilka är belägna i installationsutrymmet på plan 2 och 5702-TF1 som är placerad i mark kanalen samt olika spjäll reglerar flödets riktning till och från fasaderna. Styrningen sker med hjälp av temperaturgivare placerade utmed fasaderna. Observera att det inte är samma givare som i system 5701.

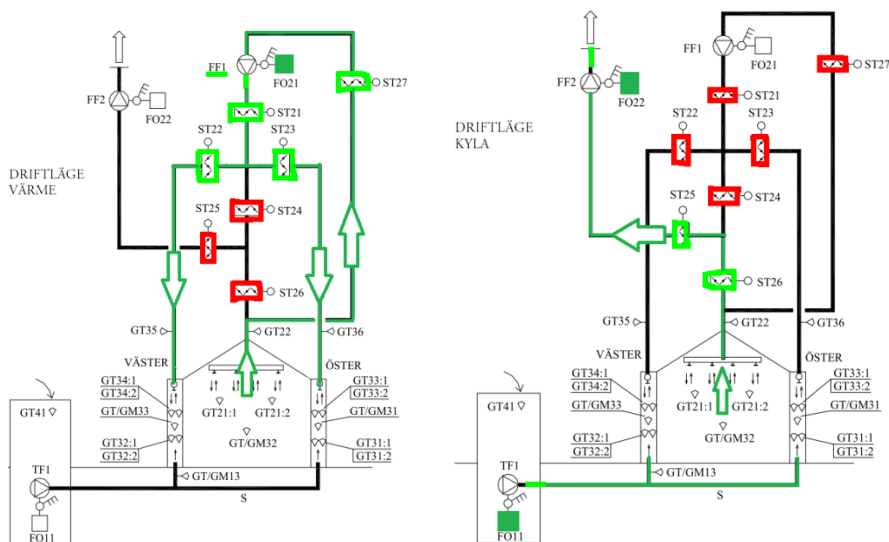


Bild 2.3.4.2:4 Skiss över de två driftfallen för system 5702

Driftfallet värme, som styrs av att medeltemperaturen i respektive glasfasads väderstreck understiger $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, innebär att fläkt 5702-FF1 är aktiv och tar in luft från söderfasadens övre del. Denna luft skickas sedan ut till fasaderna i öst och väst.

Driftfallet kyla aktiveras när någon glasfasad oberoende av väderstreck visar en medeltemperatur som är högre än $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Då aktiveras istället fläkt 5702-TF1 och 5702-FF2 är aktiva. Fläkt 5702-TF1 skickar in luft utifrån från ett skuggigt parti via marknivå in i glasfasaden, till alla tre väderstrecken. Samtidigt tar fläkt 5702-FF2 den varma luften i söderfasadens övre del och skickar den ut ur systemet som avluft. Dessa bidrar till en aktiv kylning av glasfasaden. Detta oberoende av vilket driftfall system 5701 är satt på.

2.3.5 Det fasta mätsystemet

Systemet har temperaturgivare, kombinerade fukt- och temperaturgivare, fuktgivare, spjäll, fläktar, vattenmätare och energimätare. Datan kan exporteras och bearbetas i Excel. Det som loggas är följande:

Temperaturgivare:

S5601_GT51, 5701_GT41, 5701_GT13, 5701_GT41, 5701_GT31, 5701_GT32, 5701_GT33, 5701_GT11, 5701_GT12, 5701_GT21, 5702_GT31_1, 5702_GT31_2, 5702_GT32_1, 5702_GT32_2, 5702_GT33_1, 5702_GT33_2, 5702_GT34_1, 5702_GT34_2, 5702_GT21_1, 5702_GT21_2,

Fukt- och Temperaturgivare:

5701_GT_GM11_F, 5701_GT_GM11_T, 5701_GT_GM13_F, 5701_GT_GM13_T, 5701_GT_GM21_F, 5701_GT_GM21_T, 5701_GT_GM22_F, 5701_GT_GM22_T, 5702_GT_GM11_F, 5702_GT_GM11_T,

Fuktgivare:

5701_GM33, 5702_GM21, 5702_GM31, 5702_GM32,

Spjälläge:

5701_ST11, 5701_ST12, 5701_ST13, 5702_ST21_22_23_27, 5702_ST25_26, 5702_F_O,

Fläktar:

5702_FF1, 5702_FF2, 5702_TF1,

Vattenmätare:

5601_VMM1_ED, 5201_VM2_FD, 5201_VM3_FD,

Energimätare:

AS1_EM1_KWH, AS1_EM2_KWH, AS1_EM3_KWH,

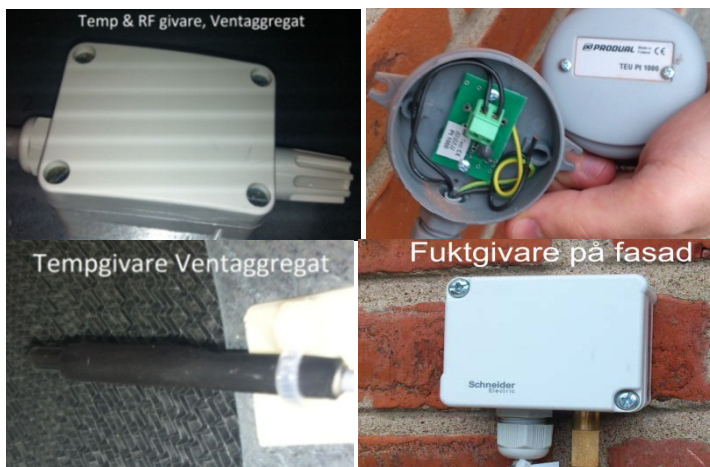


Bild 2.3.5:1 Bilder på de olika givarna

3. Studier och teori kring dubbelskalfasader samt mätningar i byggnad 22

3.1. Litteraturstudie

För att undersöka vilken litteratur som finns att tillgå inom området konsulterades Universitetsbiblioteket i V-huset. Vid en genomgång visade bibliotekarien hur man på bästa sätt söker i de gemensamma datorsystemen samt hur man gör en avancerad sökning med Google. Trots detta visade det sig att ämnesområdet, med dubbelskalfasader där enbart yttre skalet är glas, är väldigt begränsat.

Dessutom vid noggrannare undersökning upptäcktes att mycket av litteraturen bygger på samma referenser och samma fakta återanvänds i flera rapporter.

3.2 Teori

3.2.1 Glasfasader och dess uppkomst

Glasfasader är historiskt sett inget självklart alternativ. De senaste decennierna har glaset som byggnadsmaterial fått en väldigt stor utveckling. Glaset kom till att användas för att skapa häftiga och innovativa konstruktioner. Arkitekternas önskan var att kunna uttrycka moderna och framtida byggnader i glas.

Främsta anledningen att bygga glasfasader i Sverige är att skapa byggnader som känns luftiga och med större dagsljusinsläpp än traditionella byggnader. Genom att släppa in det naturliga dagsljuset fås en positiv påverkan på människan som bidrar till att hålla människan pigg och vaken och därmed påverkar prestationen och den fysiska hälsan. En annan önskan är att erbjuda fin utsikt och ljust klimat till de som vistas i dessa byggnader och samtidigt minskas behovet av belysning. (Blomsterberg Å, 2008 EBD 08/20)

Att uppnå gott inneklimat i traditionella kontorsbyggnader är komplicerat i sig och med glasfasadens tillkomst fås ytterligare faktorer som måste beaktas. Dessa är bl.a. ökad transmission, kallras vid fönster, bländning, övertemperaturer med mera.

Eftersom vi fortsätter att bygga byggnader med glasfasader uppkom behovet att energieffektivisera dessa, och det visade sig det finns stor potential att göra energieffektiviseringar. En av möjligheterna som har blivit en trend bland arkitekter är att använda sig av dubbelskalfasader. (Blomsterberg Å, 2008 EBD 08/20)

Dubbelskalfasaden kan med god projektering dämpa de negativa konsekvenserna av den vanliga glasfasaden som var ökade transmissionsförluster, bländning, övertemperaturer, kallras med mera.

Med inspiration hämtad från byggnader med dubbelskalfasader kom iden att energieffektivisera BY22 med en yttre glasfasad och skapa något unikt samtidigt som enligt Stadsfastigheter kunde stadsarkitektens önskan om att bevara befintliga fasadens karaktär uppfyllas.

3.2.2 Dubbelskalfasader

Den dubbelskaliga fasaden uppkom som en utveckling av glasfasaden och är relativt ny bland arkitekterna för att använda i kontorsbyggnader. Däremot beskrevs metoden första gången 1849 av Jean-Baptiste Jobard som var direktör för Industri museet i Bryssel. Han beskrev hur varm luft bör cirkuleras mellan två glasfasader vintertid och kall luft sommertid. Metoden prövades första gången 1903 på Steiff Factory Giengen, Tyskland. Där var syftet att maximera dagljusinsläppet medan hänsyn till det kalla klimatet och starka vindarna för området beaktades. (Harris, 2004)



Bild 3.2.2:1 Steiff Factory Giengen, Tyskland källa:

<http://facadesconfidential.blogspot.se/2011/11/steiff-factory-and-birth-of-curtain.html>

Dubbelskalfasaden har fram till år 2008 implementerats på ca 10 byggnader i Sverige. Dock är intresset väldigt stort och ökar hela tiden men det finns fortfarande många okända faktorer som måste utvärderas i kombination till varandra. Två byggnader med dubbelskalfasader i Sverige är Kista Science Tower och ABB-huset i Stockholm. (BESTFACADE, 2008)

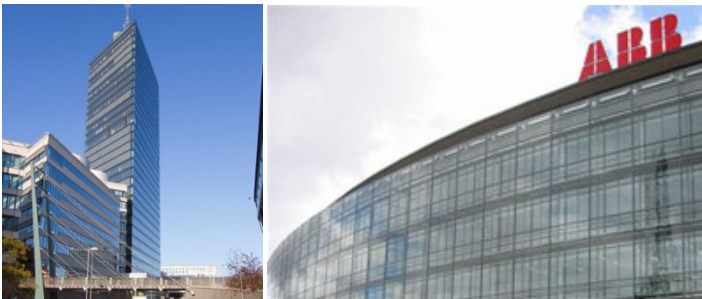


Bild 3.2.2:2 Den vänstra bilden visar Kista Science Tower,

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kistacentralparts_Publish.jpg

Den högra bilden visar ABB-huset, <http://www.deventa.se/referens.html>

I Tyskland är intresset för dubbelglasfasader främst hos arkitekterna och då riktat mot profilering av stora företagsbyggnader. I Sverige ligger fokus istället på att göra inomhuskomforten bättre och energieffektivisera byggnader med glasfasader. Med dubbelglasfasaden finns möjlighet att kunna sänka övertemperaturer i kontorsbyggnaden genom att använda rörlig solavskärmning mellan glasen. Samtidigt finns potential att minska transmissionsförlusterna men även för att ljudisolera byggnaderna från bl.a. motortrafik (BESTFACADE, 2008)

Tillämpningen med dubbelskalfasad och utnyttjande av växthuseffekten finns det dock ytterst lite litteratur om. Urvalet av rapporter kring dubbelskalfasader där det inre skalet inte består av glas är väldigt begränsat. Detta beror främst på att tillämpningen är ny och inspirerad av dubbelglasfasaderna med fokus på att spara energi.

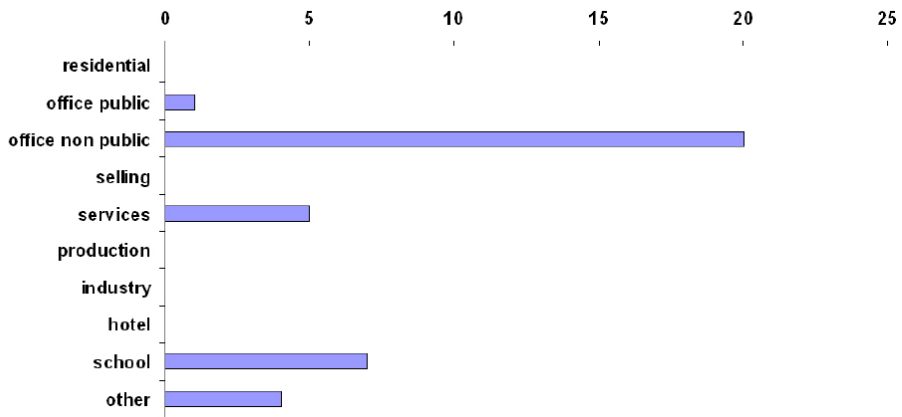


Bild 3.2.2:3 Visar diagram 3-5 Utilisation of BESTFACADE buildings.
Källa: (BESTFACADE, 2008)

Enligt bild 3.2.2:3 finns inte en enda bostadsbyggnad (residential) utvärderad med dubbelskalfasad i Europa. (BESTFACADE, 2008)

Användningsområdet för utrymmet i dubbelskalfasaden är också utforskat och det är svårt att avgöra vilka fysikaliska faktorer som är avgörande för att uppfylla ett visst ändamål för dubbelskalfasaden.

Fördelar och nackdelar med dubbelskalfasader står sammanfattat beskrivna i en rapport från ett examensarbete skrivet av Anders Persson, Energieffektivitet hos dubbelskalfasader där rapporten om Glas i kontorsbyggnader i Norden av Åke Blomsterberg 2008 varit källa.

De punkterna som kan tillämpas för BY22 i Sege Park är följande.

- + De positiva effekterna blir mindre värmebehov till ventilationen pga. Den förvärmade luften i fasaden.
 - + Mindre transmissionsförluster pga. växthuseffekten.
 - + Bättre ljudisolering.
 - + Ökad säkerhet mot inbrott.
- Den främsta nackdelen är att möjligheten för vädring via fönster begränsas eller helt förhindras.
 - Övertemperaturer kan förekomma.
 - Rengöring kan ge högre underhållskostnad.
 - Vid eventuell brand kan fasaden utgöra ett hinder.

(Persson, 2008)

3.2.3 Grundläggande teori i glasfasaden

Byggnad 22 på Sege Park är en traditionell byggnad från 30-talet med massiva tegelväggar. Denna tegelfasad har relativt stora transmissionsförluster. Sedan har det tillkommit ett yttre skal som består i huvudsak av glas. Glaset bärs upp av ett system utvecklat av tyska leverantören Schüco se avsnitt 2.3.1 Glasfasad för mer detaljerad uppbyggnad. Det är denna tillbyggnad på fasaden som är det unika för projektet.

Mellan yttre skalet och tegelväggen finns ett luftigt utrymme som inte används. Utrymmet är ca 500-700mm djupt. Principen för fasaden är att utnyttja växthuseffekten för uppvärmning av luft samt buffra värmeenergi för att minska behovet för uppvärmning. Utrymmet mellan inre och yttre skalet är i regel inte ämnat för att vistas i.

Temperaturerna som uppkommer i glasfasaden beror på flera faktorer såsom solstrålning, temperaturen utomhus, typ av glas, ventilation, vägguppyggnad med mera.

I byggnadstekniska termer är det de optiska egenskaperna såsom ST-värde och g-värde för glas, värmekapacitet för materialen, U-värden och reflektionsvärden samt luftflöden och ventilation som är de viktigaste faktorerna.

Liknande studie har gjorts för en kontorsbyggnad och beskrivs i artikeln om växthuseffekten för dubbelskalfasader på engelska "Greenhouse effect in double-skin facade" av Elisabeth Gratia*, André De Herde. Artikeln är publicerad via ScienceDirect och finns i Energy and Buildings 39 (2007) s199-211.

I artikeln beskrivs olika aspekter kring glasfasaden. Författarna har även simulerat olika fall och fått temperaturer i glasfasaden med hänsyn till vindavkylning, olika glastyper, utrymmets storlek med mera.

Denna artikel används och refereras i följande avsnitt vid utvärdering av olika avseenden. Simuleringarna i rapporten av Gratia, De Herde gjordes med datorprogrammet TAS -Thermal analysis of buildings.

Detta program är utvecklat av ett brittiskt företag CADLine.

3.2.4 Växthuseffekt i dubbelskalfasad

Solen skickar ut elektromagnetisk strålning där merparten av energin som träffar marken finns i våglängdsområdet 300 till 4000nm. Desto lägre våglängd strålningen har desto lättare har den att passera olika medier. Den största delen av solstrålningen 48 % befinner sig i det synliga våglängdsområdet runt 500nm. (SMHI, 2009)

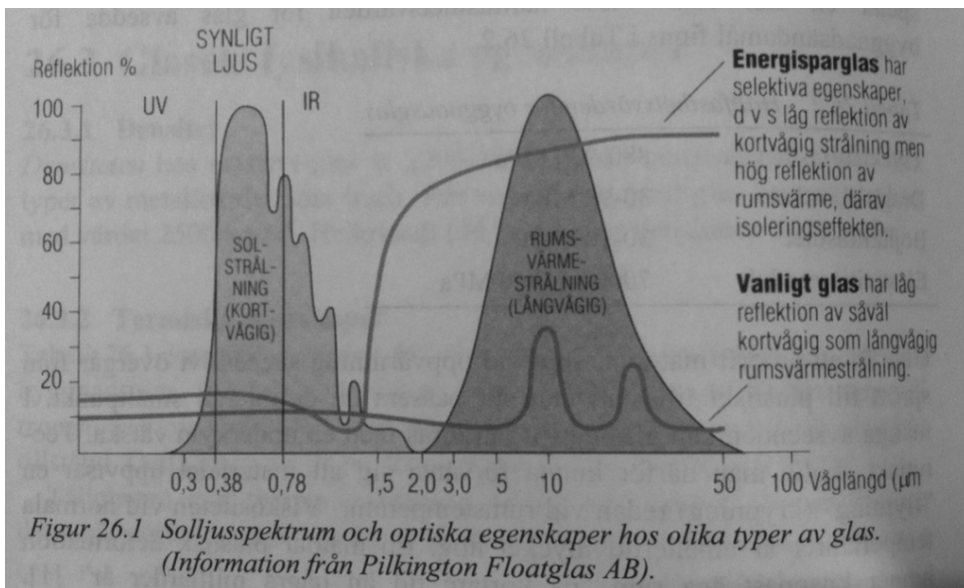


Bild 3.2.4:1 fig. 26.1 Visar hur solen avskärmas genom energisparglas.

Källa: Burström (2006)

När solens strålar träffar glaset kommer en del av solenergin att absorberas i glaset (de längre våglängderna), en del reflekteras bort men en stor del kommer släppas igenom (det synliga ljuset och de kortare våglängderna). Det är den optiska egenskapen "soltransmittans" ST-värdet för glaset, kan även benämnas för g-värde som avgör hur stor andel av solljusets värmeenergi som kommer genom glaset. Aktuella värden för glas i detta projekt fås i bilaga Tekniska data för glas.

Den solstrålning som transporterats genom glaset kommer sedan att träffa inre väggen som i detta fall består av tegel. Eftersom tegel har en hög värmekapacitet/volymp $\rho c_{\text{tegel}} = 1650 * 840 \text{ (J/C,m}^3\text{)}$ relativt luft $\rho c_{\text{luft}} = 1000 * 1,2 \text{ J/(C,m}^3\text{)}$ och en relativt låg reflektans jämfört med exempelvis metall (som reflekterar tillbaka) kommer den största delen av strålningen att absorberas med resultatet att den inre tegelväggen värms upp. Fysikaliska uppgifter återfinns i Fukthandboken Nevander L E och Elmarsson B. (2006), kapitel 9.

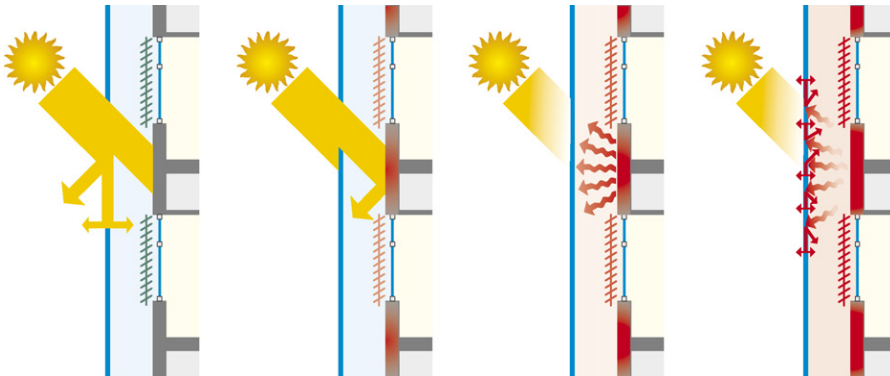


Bild3.2.4:2 Växthuseffekten i dubbelglasfasader.

Källa: Elisabeth Gratia 2007.

Den värmen som byggs upp i tegelväggen kommer att stråla men nu som långvågig strålning (IR-strålning) mot luftutrymmet och yttre skalet. Den långvågiga strålningen är enkelt beskrivet värmen som strålar från en varm yta, exempelvis en eldstad och denna strålning är inte synlig för blotta ögat men kan ses via en värmekamera. Det är omöjligt för den långvågiga värmestrålningen att transmittas ut genom det yttre skalet. Detta resulterar i att det yttre skalet kommer absorbera en del av denna värmestrålning så att det yttre glaset kommer värmas upp och samtidigt kommer värmen ännu en gång reflekteras tillbaka till utrymmet innanför glaset.

Utrymmet mellan glasfasad och tegelfasad består av luft och denna luft kommer att värmas upp av glasfasaden och tegelfasaderna. Detta fenomen är vad som kallas för växthuseffekten.

Växthuseffekten bidrar till att temperaturen på luften utanför tegelfasaderna blir varmare. Samtidigt minskar transmissionsförlusten som är direkt kopplad mot temperaturdifferensen via Fouriers lag som behandlar stationärt värme flöde, se s.305. i Fukthandboken. Med lägre temperaturskillnad mellan ute och inne minskar värmetransporten genom ytterväggen och därmed minskar transmissionsförlusten.

3.2.5 Konvektion på glasfasaden och omblandningen

Parallellt med växthuseffekten skyddar glasfasaden den inre tegelfasaden från konvektion vilket hindrar vinden att kyla av fasaden. Värmetransporten pga. vind kan beräknas genom formlerna för konvektion avsnitt 7 i kompendiehäftet Formelsamling Utdrag ur Värme. Claesson, Nevander, Sandin 1994 samt reviderad av Lars-Erik Harderup, oktober 2005.

Vindavkylningen har en direkt koppling till vindhastigheten u .

$$\alpha_k \approx 5 + 4,5u - 0,14u^2 \text{ lovartsida } u < 10 \text{ ms}^{-1} \quad (3.2.5.1)$$

$$\alpha_k \approx 5 + 1,5u \text{ läside } u < 8 \text{ ms}^{-1} \quad (3.2.5.2)$$

Sedan beräknas värmeflödet [$q_{konvektion} = \alpha_k * (T_{luft} - T_{yta}) \text{ W/m}^2$]

Ett grundläggande krav är dock att temperaturerna måste vara kända eller kan beräknas. Detta värmeflöde beräknas stationärt och då kan yttemperaturerna enklast läsas av med en IR-termometer, samtidigt som lufttemperaturer mäts upp. Om mätningar inte kan utföras måste en värmebalans för yta ställas upp och då finns det flera faktorer som måste vara kända eller räknas fram vilket gör beräkningen väldigt komplicerat. (Stationär energibalans för beräkning av yttre yttemperatur kan beräknas enligt formel 63.1 i Fukthandboken s. 323.)

När förutsättningarna är uppfyllda kan beräkningar göras för att visa vilket värme flöde som transporteras bort från glaset, men även vilket värme flöde som hindras från tegelfasaden, genom att denna placerats skyddad från direkt påverkan av vind. Om antagande görs att $u = 0$, d.v.s. ingen vind så fås $\alpha_k = 5$ vilket ger ett värme flöde pga. konvention $q_{konvektion} = 5 * (T_{luft} - T_{yta}) \text{ W/m}^2$.

Diagram 7 s.205 i rapporten (Elisabeth Gratia, 2007) visar att vinden har en stor betydelse för vilka temperaturer som kommer fås i glasfasaden.

E. Gratia, A. De Herde/ Energy and Buildings 39 (2007) 199–211

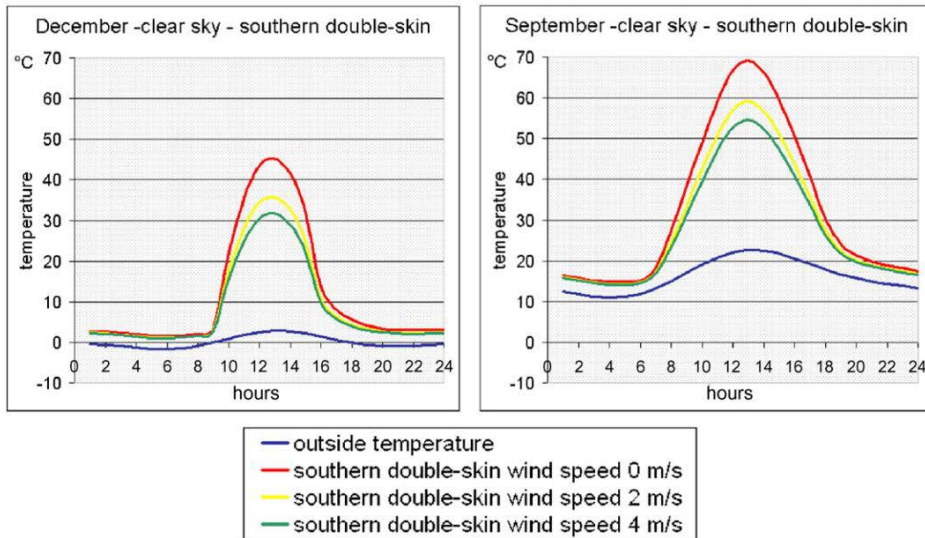


Bild 3.2.5:1 Diagram över simulerade temperaturer med hänsyn till vind på utsidan av glasfasaden Källa: Elisabeth Gratia 2007.

Diagrammen från simuleringen i rapporten av (Elisabeth Gratia, 2007) visar att vindhastigheter på utsidan av glasfasaden med enbart ett par m/s har stor betydelse och denna avkylning är procentuellt lika stor i september och december.

Den vänstra bilden visar temperaturer i december och den översta linjen visar temperaturen 45°C vid ingen vind (0 m/s) medan den 3:e linjen uppifrån räknat visar strax över 30°C vid vindhastighet på 4 m/s.

Detta visar en avkylning på utsidan av den yttre glasytan med ca 15°C.

Den högra bilden visar temperaturerna i september och då är temperaturen på yttre glasytan nästan 70°C vid ingen vind och 55°C vid vindhastigheten 4 m/s.

Som diagrammen visar kommer vinden att påverka temperaturen på yttre glaset och kyla av denna. Det är dock oklart hur tät fasaden är i simuleringen och hur mycket av vinden som kommer in genom springorna. Vi kan uppskatta springorna mellan 2-10 mm och löper kring hela konstruktionen. Glaset skyddar dock ändå utrymmet mot direkt konvektion som skulle ha kylt av tegelväggen och temperaturerna på luften bakom glasfasaden kan hållas på en jämnare nivå.

Konvektion och luftströmning uppstår i glasutrymmet även pga. andra medverkande krafter. Dels bidrar springorna vid marken till att röra om luften i glasfasaden men sedan tillkommer den termiska konvektionen som uppstår pga. tryckskillnader i luften.

Tryckskillnaderna beror på den termiska drivkraften eftersom luften blir märkbart uppvärmd och stiger pga. ändrad densitet i luften. I glasfasaden uppstår en gradient liknande i en luftspalt. (Sandin, Luftströmning, 1990)

Det stora bidraget till konvektionen innanför glasfasaden beror på den mekaniska effekten av fläktarna i det omblandande systemet 5702 som fördelar luften för att utjämna temperaturerna över fasaderna. (Se avsnitt 2.3.4.2)

Något som bör utredas är hur effektivt systemet 5702 (Omblandade systemet) arbetar med att fördela temperaturerna i glasfasaden. Styrningen har beskrivits i avsnitt 2.3.4.2. Genom ovanstående formler och diagram kan vi se att det finns en möjlighet att balansera och utjämna lufttemperaturerna mellan fasaderna. Detta åstadkoms genom att värmeflödet från fasaden blir högt när det omblandade systemet är igång. Samtidigt minskas övertemperaturer på fasaden. Självklart påverkar omblandningen så att konvektionen bidrar till att sänka temperaturer på tegelväggen, men samtidigt flyttas den varmare luften till de kallare fasaderna.

3.2.6 Solens inverkan på glasfasaden

Den största effektfaktorn på temperaturerna i glasfasaden beror på om det är soligt eller om det råder något annat läge på himmeln. Vid klart väder kan den instrålade värmeeffekten bli över 1000 W/m^2 , men då ett moln passerar kan förändringar ske på bara några sekunder och effekten för den direkta solstrålningen faller till 0 W/m^2 . Dock är det viktigt att poängtera att även då finns inverkan av solstrålning genom den långvågiga diffusa solstrålningen som studsar mellan molnen och jordytan. (SMHI, 2009) Detta betyder att även mulna och regniga dagar har positivt bidrag av energi till glasfasaden. Dessa fakta visas även i rapporten Greenhouse effect in double-skin facade. Rapporten säger att oavsett årstid vid molnigt väder fås en temperaturhöjning mellan $3\text{-}10^\circ\text{C}$ där höjningen är beroende av den diffusa solstrålningen. (Elisabeth Gratia, 2007)

En viktig parameter för hur varmt det kommer att bli i glasfasaden är solens höjd. Denna beror på årstid och tid på dygnet. Elisabeth Gratia har funnit att högst temperatur fås alltid ca kl. 13 på eftermiddagen. I vårt projekt är det dock svårare att säga exakt klockslag, men uppmätta temperaturer i diagrammet 3.4.1:4 visar att högsta temperatur fås mellan kl. 12.00-14.30.

Solen står som lägst för Malmö i december och som högst i juni. Av den anledningen är det lätt att dra slutsatsen att solstrålningen till glasfasaden skulle vara högst i juni och lägst i december. Med den slutsatsen skulle det betyda att det kommer bli varmast på sommaren och kallast på vintern. Vilket är generellt rätt för utomhus-temperaturen men detta är dock inte fallet för utrymmet i glasfasaden.

E. Gratia, A. De Herde / Energy and Buildings 39 (2007) 199-211

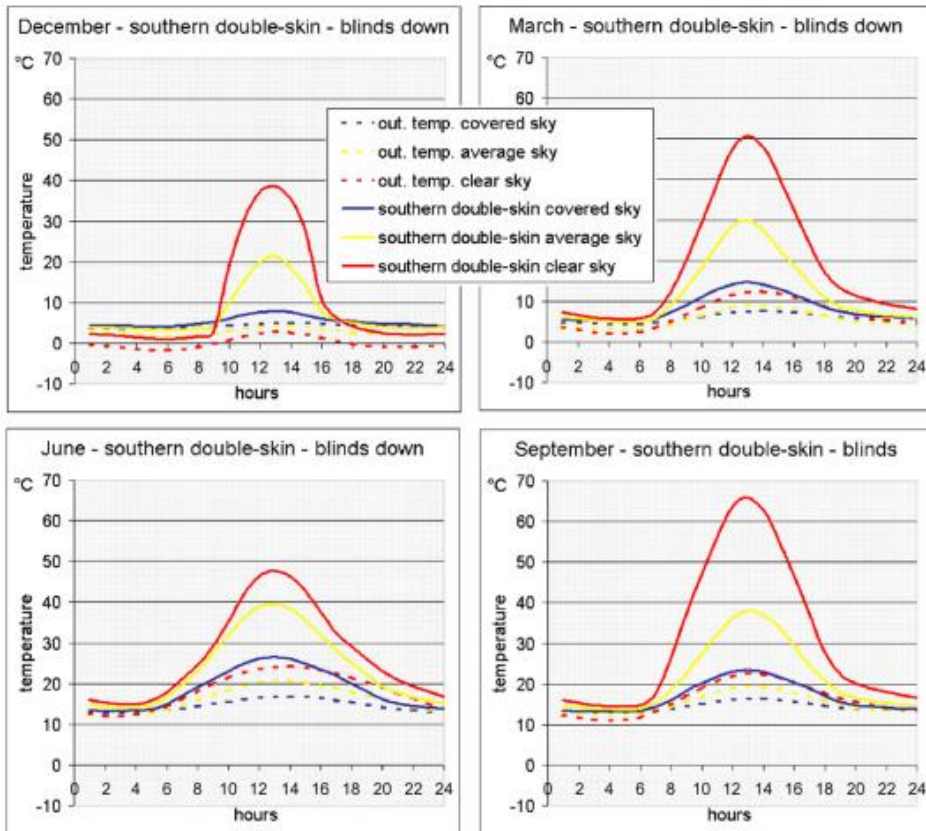


Bild 3.2.6:1 Bilden visar diagram över simulerade temperaturer för olika årstider.

Källa: Elisabeth Gratia 2007.

Rapporten "Greenhouse effect in double-skin facade" av Elisabeth Gratia, André De Herde visar simulerade temperaturer över året i glasfasaden. De högsta temperaturerna fås i söderläge vid klar himmel i mars (50,6 °C) och september (56,8 °C). Samtidigt visar diagrammen att betydande temperaturer kan uppnås i glasfasaden under januari månad (38,6 °C). För juni månad har de fått en temperatur på (47,8 °C) i sin simulering.

Förklaringen till detta illustrerar vi med följande bilder 3.2.6:2.

En liten simulering i SketchUp visar hur Byggnad 22 kommer att träffas av solen.

Byggnaden är placerad i Malmö och orienteringen är samma som i verkligheten.

Tiden på dygnet är densamma för båda bilderna, strax efter lunchtid.

Den vänstra bilden visar en dag i februari och den högra visar början på juli.

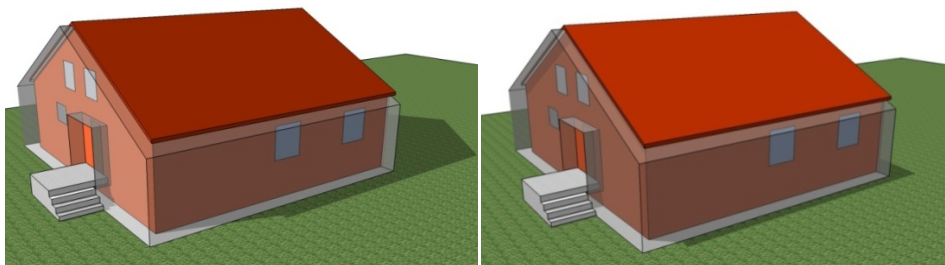


Bild 3.2.6:2 Solstudie av By 22 i SketchUp, vänster bild visar vinter och höger visar sommar.

Det kan vara lite svårt att urskilja detaljerna men den vänstra bilden visar att solen står betydligt lägre. Det kan ses genom jämförelsen av söderfasaden (fasaden med trappan) på den vänstra bilden som är ljusare och skuggan bakom huset (norrfasad) som är längre. Detta innebär att större delen av söderfasaden får direkt solstrålning vinkelrät fasaden. Solstrålningen kan då bryta genom glaset lättare och värma upp tegelfasaden så att en god växthuseffekt kan uppnås.

Samtidigt innebär detta att solstrålningen i juli träffar mindre glasyta i fasaden och bilden visar att taket får mer solstrålning.

I detta projekt finns även andra positiva effekter, på grund av valet av glas till taket. Glastaket är ett laminerat isolerglas och varför det valdes framgår inte i de handlingar som finns tillgängliga. Flera orsaker kan dock ligga bakom såsom att projektören har eftersträvat att minska den nattliga utstrålningen och förhindra kondens, det kan även vara för att glastaket ska kunna ta laster eftersom snö kan bli kvar på taket.

De positiva effekterna för växthuseffekten blir att solstrålningen minskas genom taket. Detta är positivt eftersom det dämpar solinstrålningen då solen står högt, d.v.s. under sommaren samtidigt som växthuseffekten ger mindre nytta.

Detta innebär som tidigare diagram visat att temperaturerna under sommarperioden blir lägre. Parallellt minskas transmissionen genom glastaket för hela året, vilket ger att den varmare luften som stiger med hjälp av termisk drivkraft inte kyls av lika fort av glastaket.

3.2.7 Glasfasadens djup

En aspekt som har diskuterats i projektet är hur djup glasfasaden bör vara. Detta utrymme används idag inte till något annat än att cirkulera luft och vara en termos för husbyggnaden. Gratia, De Herde har simulerat olika fall med varierande djup i glasfasaden.

Simulering av temperaturen som diagrammet visar har gjorts på en höjd av 1,2 m och djupen varierade från 0,3 m till 2,4 m. Resultatet från simuleringarna visar att djupet på glasfasaden har mindre betydelse.

Det är dock så att resultatet visar enbart simulering i december månad, vilket inte visar hur fallet blir om fasaddjupet ökas samtidigt som solen står högt. Djupare glasfasad får även konsekvensen att luftvolymen blir större samt större glasyta som utsätts för transmission och konvektion. Det kan dock vara motiverat att utöka fasaddjupet efter utredning om ett nytt användningsområde för utrymmet.

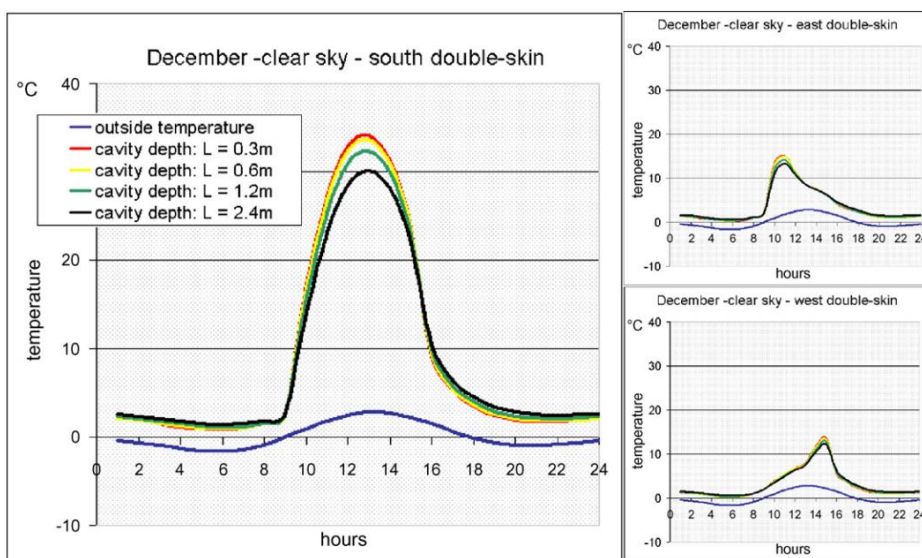


Bild 3.2.7:1 Djupets påverkan på temperaturen vintertid. Källa: Elisabeth Gratia 2007.

3.2.8 Energibesparing

När man gör energibesparande åtgärder är det vanligt att studera en effekt åt gången och sedan addera effekterna till en sammanlagd besparing. Som tas upp i handboken Undvik fel och fällor som ökar energianvändningen i byggnader (hädan efter kallat Ufof) (Warfvinge, 2008) är detta inte rätt sätt att gå tillväga. Bättre är det att utföra energibalanskvationer för de olika fallen var för sig. Sedan göra en energibalansberäkning för kombinationen för att se vad den sammanslagna besparingen hamnar på. Energibalans för bostadshus är ett mått för att avgöra inte bara hur mycket energi

huset omsätter utan även identifiera vilka poster, alltså vilken typ av energi, som är stora och bör ses över.

Enligt Byggnaden som system (s.117) (Abel, Elmroth, 2006) ingår följande poster i ekvationen:

$$Q_{energi} = Q_{värme} + W = \\ = Q_t + Q_i + Q_v + Q_{tvv} + Q_{dr} + W_f + W_h - Q_{vvx} - Q_{tillskott} - Q_{sol}$$

Q_{energi} = Energibehov vid normal och avsedd användning av huset

$Q_{värme}$ = Värmebehov vid normal och avsedd användning av huset

W = Elbehov vid normal och avsedd användning av huset

Q_t = Värmeförluster på grund av transmission genom byggnadens omslutande ytor

Q_i = Värmeförluster genom luftläckage genom klimatskalet

Q_v = Värmebehov för ventilation (värmning av uteluft till innetemperatur)

Q_{tvv} = Värmebehov för uppvärmning av tappvarmvatten

Q_{dr} = Distributions- och reglerförluster inne i huset

W_f = Fastighetsel så som el till pumpar, fläktar och annan drivel

W_h = Hushållsel

Q_{vvx} = Värme som kan återvinnas och tillgodoräknas genom värmeväxlare

$Q_{tillskott}$ = Värmetillskott från internlast

Q_{sol} = Värmetillskott genom solinstrålning på huset och in i huset

Genom att i vårt projekt jämföra beräkningarna för de två fallen med och utan glasvägg får vi fram energibesparingen. Vi får inte glömma att ta med skillnaden i energiförbrukning för fläktar och dylikt som tillkommer för fallet med glasvägg.

För vårt projekt ligger fokus på Q_t , Q_v , W_f , Q_{vvx} samt Q_{sol} .

I Ufop tas även upp att om man inte mäter vet man inte hur man ligger till. Genom att installera undergrupperade energimätare för varje energislag blir det enklare att följa energianvändningen och hitta energibovar. Viktigt är också att börja med justering av värmesystem och ventilationssystem innan nyinvesteringar görs. Mycket viktigt är också att justera värmekurvan i samband med detta.

I boken Byggekologi (Bokalders et al, 2009) behandlas kort olika beteenden hos brukarna som kan ge onödig energianvändning. Genom att ändra brukarvanor kan man enkelt spara energi på årsbasis. På sidan 182 ges förslag på just sådana ändringar som kan spara energi exempelvis att sänka inomhustemperaturen en grad, inte möblera framför radiatorer, använda vattenkokare, stänga av stand-by, byta till energieffektiv belysning, byta till snålspolande munstycken i badrum och kök osv.

Författarna till boken Byggekologi ägnar ett helt kapitel till energi, energieffektivisering och olika metoder som berör detta ämne.

3.3 Mätningar i byggnad 22

Det aktuella objektet och dess funktion har studerats genom mätningar samt teoretiska beräkningar. I detta kapitel redovisas mätningarna som har utförts på plats i full-skale byggnaden. Mätningarna har genomförts av flera anledningar; resultaten av flera mätningar utgör underlag till indata till beräkningarna och simuleringarna. Mätningarna ger även information kring glasfasadens funktion och dess temperaturhöjande effekt samt ventilationssystemets funktion.

Eftersom tilluft tas in till utrymmet mellan glasfasad och tegelfasad via springor ville vi mäta upp tryckdifferensen däröver. Mätning med mikromanometer gjordes därför. Tryckskillnaden mellan atmosfärstryck utanför glasfasaden och utrymmet mellan tegelvägg och glasfasad visade sig vara försumbar. Enbart 2-3 Pa i tryckskillnad mättes upp då vinden blåste utanför glasfasaden. Slutsatsen dras att det inte finns någon märkbar tryckskillnad och glasfasaden bedöms vara tryckutjämnad mot uteluften.

3.3.1. Luftflödesmätning

Luftflödesmätningar genomfördes för att ta reda på vilka luftflöden som cirkulerar luften i glasfasaden, samt för att se om ventilationsflödena för system 5701 stämmer med de som PLC-n visar. Luftflöden genom ventilationsdon kan bestämmas på olika sätt, tryckfallet över donet kan mätas och med hjälp av karakteristik för donen, s.k. k-faktor kan luftflödet beräknas eftersom luftflödet är proportionellt till tryckfallet över donet. Luftflödet kan även bestämmas genom att en stos täcker donet.

För ventilationssystemet 5701 finns ett OVK protokoll som visar att systemet är injusterat. Till det omblandande systemet 5702 saknades injusteringsprotokoll och vi misstänkte att det inte var injusterat. Datablad för don finns som bilaga 2, tekniska data för ventilation. Mätmetoderna som används refererar till ”Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer” (Johansson, Svensson 1998).

Mätning med stos

Mätning med stos enligt Mätmetod B3 & C2.21 utfördes.

Utrustning som användes var Swema Air 300 med tillhörande Swema Flow 125 och SWA31 och SWA10.



Bild 3.3.1:1 Stosmätning med hjälpmedel.

Mätningarna utfördes enligt instruktionsbok för utrustningen. Stos placerades över don med tryckfallsringen placerad enligt instruktion. För mätning på tilluft placeras tryckfallsringen på motstående sida från donet, vid mätning på frånluft placeras tryckfallsringen på samma sida som donet. Inställning AF användes med sju sekunders mättid. För att få stosen att sluta tätt över don tillverkades förslutning av papp. I förslutningen gjordes ett cirkulärt hål med diametern 100 mm för att matcha don.

Luftflödesmätningarna utfördes på det omblandande systemet först med driftfall kyla då både fläkt 5702-TF1 är aktiv, dvs luft tillförs aktivt från betongrör i mark till glasfasad och samverkar med fläkt 5702-FF2 samt med FF1 avstängd men då det inte gav något flöde redovisas inget från den mätningen. Mätning av flöden gjordes först på don i markhöjd sedan på övre don i söderfasaden där fläkt 5702-FF2 suger ur luft från glasfasaden. Andra mätningen gjordes på omblandningen i glasfasaden med driftfall värme och fläkt 5702-FF1 aktiv, då mättes luftflöden upp över övre don i öst och västfasad där luften kommer från söder glasfasad. (För bättre överblick över luftflöden se bild 2.3.4.2:4)

Sedan gjordes även mätningar på donen inomhus för att kontrollera luftflödet i ventilationssystemet 5701.

Tabell 3.3.1:1 Driftfall kyla med uppmätta flöden över tilluftsdon i glasfasaden.

Placering (mark don) Luft från markrör	Tilluft 5702-TF1		Avluft 5702-FF2	
	Don typ	Uppmätt luftflöde l/s	Don typ	Uppmätt luftflöde l/s
Öster 1	SP60	24		
Öster 2	SP60	20		
Öster 3	SP60	23		
Öster 4	SP60	23		
Söder 1	SP60	0		
Söder 2	SP60	0		
Söder 3	SP60	42		
Söder 4	SP60	40		
Väster 1	SP60	32		
Väster 2	SP60	34		
Väster 3	SP60	36		
Väster 4	SP60	36		
Placering (övre don)				
nock söder 1			SP60	55
nock söder 2			SP60	50
nock söder 3			SP60	N/A*
nock söder 4			SP60	N/A*
Totaltflöde		310 l/s		105 l/s

*N/A betyder Not Available. (Mätning ej möjlig på grund av donets placering och stosens mått)

Tabell 3.3.1:2 Driftfall värme med uppmätta flöden över tilluftsdon, luft från söderfasad till väst och östfasad, i glasfasaden.

Placering (övre don) Luft från söderfasad	Ombländning 5702-FF1	
	Don typ	Uppmätt luftflöde l/s
Öster 1	SP60	31,1
Öster 2	SP60	31,8
Öster 3	SP60	30
Öster 4	SP60	24
Väster 1	SP60	29
Väster 2	SP60	28,8
Väster 3	SP60	26
Väster 4	SP60	27,4
Totaltflöde		228 l/s

I tabell 3.3.3:1 kan avläsas att markdon 1 och 2 i söder är ur funktion. Detta visar att systemet 5702 har inte varit injusterat eftersom vissa av donen är ur funktion. Två av övre donen på söderfasaden kunde inte avläsas på grund av deras placering 7 m över mark ”nock söder 3” och ”nock söder 4”.

Mätning på ventilationssystemet 5701 inomhus gjordes med aktivt luftintag från norrfasad. En observation är att luftintaget på norrfasaden har kortare sträcka till ventilationsaggregatet som skulle kunna öka dess flöde, men intag av tilluft från glasfasaden har istället två tilluftskanaler. Det är inte säkert att ett ökat friktionstryckfall kommer ge minskat flöde eftersom fläktens elbehov kan öka med bibehållet flöde men en observation har gjorts då alla spjäll för intag är öppna (forcerat fall med intag både på norr och söderfasad) visar PLC-n ett högre max flöde i ventilationssystemet, vilket innebär att det finns ett ökat tryckfall som begränsar luftflödet då den tillförs normalt via de två tilluftskanalerna.

Tabell 3.3.1:3 Uppmätta flöden för inomhusventilation.

Placering	Tilluft 5701-TF1		Frånluft 5701-FF1	
	Don typ	Uppmätt l/s	Don typ	Uppmätt l/s
Rum 1	VST	N/A*		
WC 1			GPDB	15
Rum 2	VST	13		
WC 2			GPDB	14
Rum 3	VST	14		
WC 3			GPDB	16
Rum 4	VST	14		
WC 4			GPDB	15
Hall	VST	10		
Förråd			GPDB	14
Matrum	VST	13	GPDB	16
Totaltflöde		64+Rum 1		90

*N/A betyder Not Available. (Mätning ej möjlig på grund av donets placering och stosens mått)

Ventilationssystemet 5701 är sedan tidigare injusterat och det finns ett OVK protokoll som är godkänt. När vi gjorde vår ventilationsmätning körde vi ventilationsaggregatet på ett lägre flöde än det projekterade och enligt tabellen kan det avläsas att donen har inbördes lika stora flöden vilket de bör ha eftersom de försörjer lika stora rum.

Tabellen visar även att det finns ett undertryck i husets ventilationssystem. Tilluftflödet i Rum 1 kunde inte mätas upp på grund av donets placering.

3.3.2. R-värde för tegel

För att ta reda på den totala transmissionen genom den nya ytterväggen med glas, hålrum och homogent tegel måste vi börja med att ta reda på det verkliga motståndstalet R för tegelväggen.

Till våra energiekvationer samt som indata i simuleringarna behöver man ange ett R -värde för väggkonstruktionen. Ett teoretiskt R -värde och U -värde kan räknas fram med lambda-värde och ekvationer från Fukthandboken.

$$R_{teoretiskt} = \frac{L}{\lambda} = \frac{0,4}{0,6} = 0,66 \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right]$$

$$U_{teoretiskt} = \frac{1}{R_{si} + R_{tegel} + R_{se}} = \frac{1}{0,04 + 0,66 + 0,13} = 1,19 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Hjälpväggsmetoden

Men för att få värden som är närmre verkligheten kan man mäta den befintliga väggens värmetransport.

För att bestämma motståndstalet R på befintlig konstruktion kan man använda något som kallas för hjälpväggsmetoden. Metoden går ut på att värmemotståndet för en bit isolermaterial är känt. Isolermaterialet placeras sedan dikt an på insidan av konstruktionen. Med kända yttemperaturer kan man sedan räkna fram temperaturen över konstruktionen. Tillsammans med känt övergångsmotståndstal och materialens tjocklek kan sedan U -värdet för konstruktionen bestämmas. Denna metod beskrivs i Kenneth Sandins bok Praktisk husbyggnadsteknik.

Värmeledningsmätning av isolermaterial

En värmeledningsmätning gjordes på isolermaterialet för ta reda på isolermaterialets värmemotstånd. Vid denna värmeledningsmätning användes en HotDisk som använder sig av TPS (Transient Plane Source) teknik för att mäta bland annat värmemotståndet för ett material. TPS sensorn både genererar och mäter värme genom kontrollerad ström som skickas genom sensorn. Vanligtvis placeras sensorn mellan två lager av materialet man vill använda. Valet av storleken på sensorn skall göras sådant att man undviker flankpåverkan.

Laborationen utfördes i ett laborationsrum på avdelningen för Bygghälsövetenskap med handledning av Johan Stein.

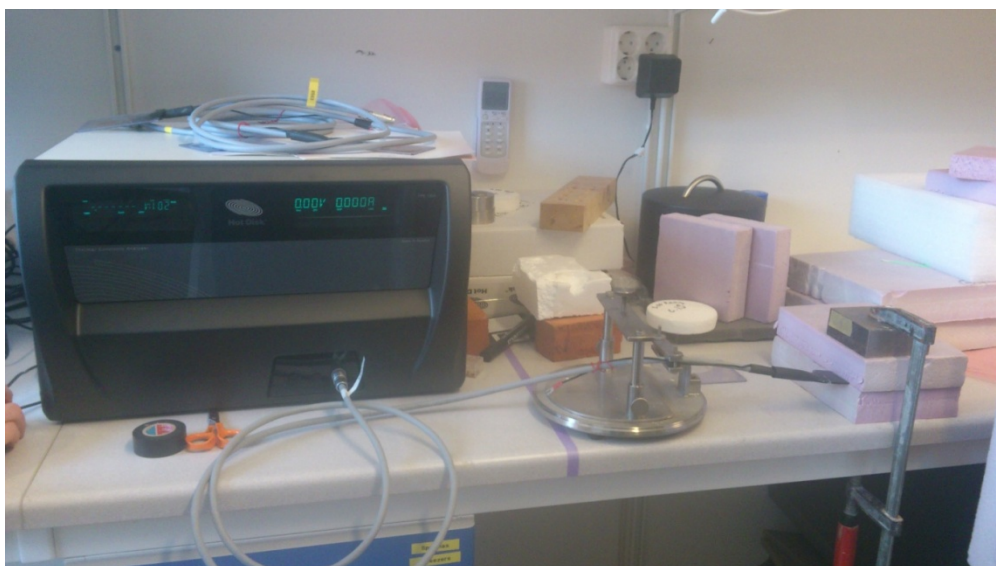


Bild 3.3.2:1 Foto på uppställning i laboratoriet.

Isolermaterialet delas upp till 2 skivor om 15x10 cm. Termoelement 5501 placeras sedan mellan de 2 skivorna. För att öka trycket läggs en vikt på ovanpå och hela uppställningen säkras mot rörelse. Detta för att få maximal kontakt mellan materialet och sensorn. Ett isolermaterial är inte så jämt och slät som man kan tro. 5501 sensorn är ca 12 mm i diameter vilket borde undvika flankpåverkan. Mätningen sker 1 gång på förmiddagen och 1 gång på eftermiddagen för att låta materialet svalna av mellan mätningar.

Tabell 3.3.2:1 Resultat från mätdatorn

Temperatur °C	Värmeledningsförmåga(W/m °C)	Värmediffusivitet (m ² /s)
24	0,02998725	0,589539787
24	0,030565939	0,619223461

Från tabell 3.3.2:1 läser vi av kolumn två värmeledningsförmåga som är värmemotståndet för isolerbiten vid de två mättillfällena. Medelvärdet för mätningarna ligger nära 0,03 W/m °C som vi benämner Lambda isoler i beräkningar för U-värde nedan. Detta värde är lågt och hade troligen legat något högre om vi mätt isolerbiten fler gånger och under en längre tid. Materialdatabladet från tillverkaren hade troligen angivit ett högre lambdavärde än vad som mättes upp eftersom dessa måste göra ett säkerhets påslag men då materialdatabladet saknas kan ingen jämförelse göras.



Bild 3.3.2:2 Närbild på uppställningen

Kalibrering av termoelement

För att vara säkra på att termoelementen visar rätt har vi gjort en kalibrering av dessa. Vi kontrollmätte mot ett bad med glykollösning som ställs in på 19°C. Termoelementen sänktes sedan ned i badet. Avläsning skedde efter 10min samt efter 30min.

Tabell 3.3.2:2 Tabell över uppmätta temperaturer i celsiusgrader för termoelementen i glykolbadet.

Avläsning	Utomhus (°C)	Mellan (°C)	Inomhus (°C)
10 minuter	19,3-19,4	18,7-18,8	18,9-19,0
30 minuter	19,2-19,3	18,7-18,8	19,0-19,1

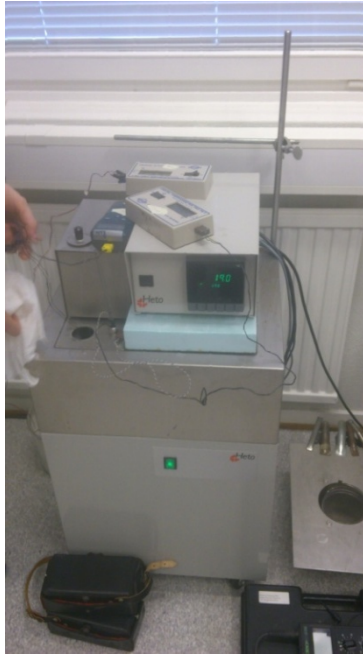


Bild 3.3.2:3 Bild på uppställningen i laboratoriet.

Mätning på yttervägg på byggnad 22

För att få fram yttemperaturerna till beräkningen monterades termoelement dikt an mot materialens ytor. Tråden utomhus skyddades mot väder, vind och sol med hjälp av en folieklädd pappbit. Tråden sattes på norr fasaden ca 2,5 m över marken.

På samma höjd och punkt på insidan monterades trådarna på isolermaterialet som i sin tur fästes dikt an väggen.

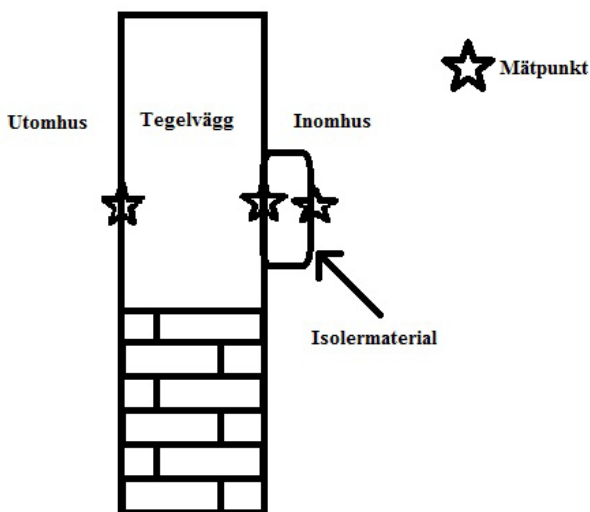


Bild3.3.2:3 Skiss över mätpunkter

Tabell 3.3.2:3 Uppmätta temperaturer i grader Celsius vid olika tider.

Utomhus (°C)	Mellan (°C)	Inomhus (°C)
11,8	17,5	19,9
11,6	16,3	19,4
11,2	15,9	19,3
8,8	15,7	19,4
10,0	15,5	19,7
10,0	15,5	19,9
11,8	15,4	19,8
10,2	15,3	19,4
10,7	15,3	19,5
Medel 10,67	Medel 15,8	Medel 19,58

Det är viktigt att ta hänsyn till vid användandet av denna metod att systemet har verkligen kommit i balans innan värden används i beräkningar. Temperaturen mellan isolermaterialet och väggen måste hinna ställa in sig innan yttemperaturen utomhus ändrar sig. Resultatet blir bättre om man mäter över en längre period och räknar med medelvärden.

Viktigt är då att inte använda ett isolermaterial som är mycket trögt.

Valet av storleken på isolerbiten är också viktigt att beakta. Flanktransmissioner bör inte påverka resultatet. Detta uppnås med att välja en större bit isolermaterial i förhållande till termoelementets mätyta.

Från Fukthandboken sidan 305 kan man läsa om Fouriers lag för stationärt värme-
flöde som sammanfattas med formlerna nedan.

$$q = \frac{\lambda}{L} \cdot (T_1 - T_2) \quad (3.1)$$

$$R = \frac{L}{\lambda} \quad (3.2)$$

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{mtrl} + R_{se}} \quad (3.3)$$

q = värmefflöde per ytenhet, [W/m²]

λ = värmeledningsförmåga, [W/m, °C]

L = Tjocklek, [m]

T_1 = temperatur på varm sida, [°C]

T_2 = temperatur på kall sida, [°C]

R = värmemotstånd, [m², °C/W]

U = totalt värmemotstånd för homogen vägg, [W/m², °C]

Tabell 3.3.2:4 Uppmätta temperaturer; indata till beräkningen nedan

T_{ute}	10,67 °C
T_{mellan}	15,8 °C
T_{inne}	19,58 °C
d_{tegel}	0,4 m
$d_{isolering}$	0,038 m
Lambda isolering (från HotDisk mätning)	0,03 W/m, °C

Vid stationärt flöde är värmeflödet lika genom alla skikt.

$$q_{tegel} = q_{isolering}$$

$$q = \frac{\lambda_{isolering}}{L_{isolering}} \cdot (T_{inne} - T_{mellan}) = \frac{\lambda_{tegel}}{L_{tegel}} \cdot (T_{mellan} - T_{ute})$$

$$\Rightarrow R_{tegel} = \frac{(T_{mellan} - T_{ute})}{\frac{L_{isolering}}{\lambda_{isolering}}} = \frac{15,8 - 10,67}{\frac{0,038}{0,03}} = 1,72$$

$$\Rightarrow \lambda_{tegel} = \frac{L_{tegel}}{R_{tegel}} = \frac{0,4}{1,72} = 0,23$$

$$U_{tegel} = \frac{1}{R_{si} + R_{tegel} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + 1,72 + 0,04} = 0,53$$

Kommentar: Resultaten är inte rimliga och kan förklaras med att indatan är felaktig. Om man studerar temperaturerna i tabell 3.3.2:3 från värmeflödesmätningen av tegelväggen kan man se att temperaturen har inte stabiliserat sig. Om man räknar baklänges bör temperaturen mellan isoleringen och tegelväggen ligga mellan 13-14°C för tegel med antaget lambda på 0,6 W/m,°C och ett U-värde på 1,19 W/m²,°C enligt det teoretiska värdet ovan. Detta visar på känsligheten i metoden, att endast 2 graders skillnad ändrar U-värdet från 0,53 till 1,19 W/°C,m². Orsaken till att temperaturen inte stabiliserat sig är att utomhus temperaturen har inte kunnat hållas på en jämn nivå. Temperaturerna är uppmätta vid samma tidpunkt men under flera dagar, därför vet vi inte vad som har hänt under tiden mellan mätningarna.

3.3.3. Solinstrålning

Eftersom solinstrålning är en viktig faktor för glasfasadens energibidrag behövs en uppskattning kring hur mycket solinstrålning som inverkar på huset görs. Med hjälp av data på solinstrålning kan resultaten i glasfasaden analyseras närmare. Det har tidigare förklarats att det blir varmare då solen skiner, men närmare analys av hur mycket solinstrålning som träffat glasväggen jämfört med vilken effekt som erhållits önskades. Med solinstrålningen känd kan även en teoretisk effekt av värmning beräknas. Solinstrålning är en faktor som är nödvändig då en ekvivalent utetemperatur på en yta ska beräknas. Närmare kan studeras vilka dagar som har varit soliga, när det har varit molnigt och loggade temperaturer från glasfasaden kan ana-

lyseras mot solinstrålningen. Med solinstrålningen känd skulle det gå att visa hur lång tid solens påverkan har på fasaden, vilken tidskonstant glasfasaden har. Exempelvis: Om solen skiner 3h med en viss effekt, kan sedan loggdata analyseras och ett samband med ökade temperaturer i glasfasaden under 6h avläsas.

I början av projektet diskuterades möjligheten att låna en väderstation som LTH har tillgång till. Denna visade sig vara utlånad till ett annat projekt. Under tiden undersöktes möjligheter från LTH att införskaffa ytterligare en väderstation men eftersom kraven på mätdata är höga blev kostnaden för en ny väderstation väldigt stor. Då denna kostnad inte fanns budgeterad, blev resultatet att andra möjligheter skulle undersökas.

Författarna av uppsatsen ansökte då om stipendier för att införskaffa denna data från SMHI, men fick avslag på ansökan. Det sista alternativet som återstod var att se ifall det fanns möjligheter att beräkna fram någon typ av mätdata på andra sätt.

På Ekocentrum Syd finns solceller installerade. Dessa mäter en levererad effekt enligt diagrammet nedan. Uppmätt levererad effekt har erhållits från Stadsfastigheter.

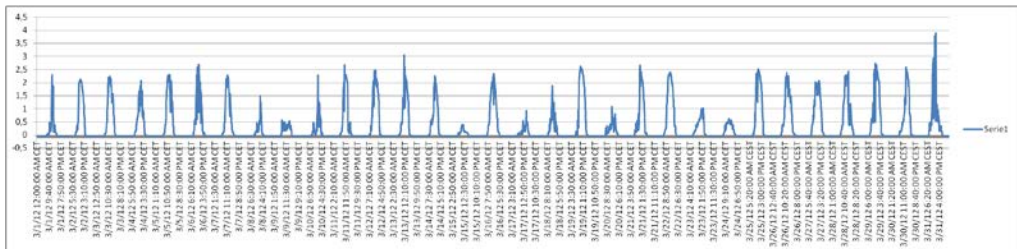


Diagram 3.3.3:1 Levererad effekt från solceller

Det finns möjlighet att räkna om denna levererade effekten till solinstrålning eftersom verkningsgraden kan räknas fram med maximal effekt och arean är känd för solcellerna. Det finns dock andra faktorer som påverkar denna omräkning. Solcellerna är placerade med en vinkel och med en viss orientering. Enbart den totala solinstrålningen mäts. Detta innebär att den direkta och den diffusa solinstrålningen fås tillsammans. För att kunna använda denna solinstrålning måste effekten räknas om till en vertikal solinstrålning som motsvarar det som träffar glasfasaden och väggen. Denna omräkning har dessvärre inte kunnat slutföras på grund av brist av tid. Det som outläsas från diagrammet är vilka dagar som har varit soliga eller molniga.



Bild 3.3.3:2 Bilderna ovan och nedan visar Solceller på cafétak vid Ekocentrum Syd.

Tabell 3.3.3:1 Data på solcellerna

Mått	5 x 3 [m]
Area	30m ²
Vinkel	13°
Riktning	140° NE
Max Ef- fekt	4,3kW



3.4 Mätning av temperaturer och relativ fuktighet

Som underlag till handberäkningar och som underlag för klimatfiler behövs lokal data för klimat. Fullskalemätningar ger värdefull information om funktionen på systemet. Denna information blir även en del av resultatet.

3.4.1 Genomförande

Huset har ett flertal temperaturgivare, fuktgivare, spjäll, fläktar och pumpar monterade, vars signaler kan loggas. Problemet har varit att denna loggning inte har kunnat utföras lokalt. Tanken med systemet är att göra allt centralt och endast ha en backuploggning tillgänglig lokalt. Tyvärr har varken backup-loggningen eller den centrala loggningen funnits under större delen av våren. Efter ett flertal påtryckningar, fler datorer i systemet och ett intensivt programmerande gick det till slut att lösa problemet.

Som en temporär lösning tills det att systemet kunde börja loggningen använde vi 15 st. små HOBO loggrar som mäter temperatur och relativ fuktighet. Dessa placerades ut på punkter i huset som ansågs vara av intresse.

Alla diagram är skapade med data från HOBO loggrarna. Detta på grund av att datan som fås av det fasta systemet är mer tidskrävande att bearbeta än datan från HOBO. Detta innebar att samtliga mätpunkter som finns i det fasta systemet inte kunde mätas i, bl. a studerades inte de eventuella vertikala gradienter som skulle kunna förekomma i glasvolymen.

Under loggningstillfällena har vi inte kunnat registrera vilka förutsättningar som rått eller vilka inställningar på styrsystemet som använts. Vilket medför att vi inte kan koppla samman beteende på temperaturerna med olika driftfall och styrfall. Vi kan dock uppskatta att det omblandande systemet har varit aktivt större delen av tiden samt att driftläge kyla med markfläkten aktiverad har körts vid kylfall.

Tanken var ursprungligen att forcera en inställning på systemet per vecka för att hinna gå igenom alla tänkbara fall och funktioner vi kan komma på, men då systemet har varit under uppbyggnad under våren har detta inte varit möjligt.

3.4.2 Solavskärmning

En av de första iakttagelser som observerades via PLC-n var att temperaturerna i glasfasaden var glädjande höga. En ganska kylig solig vinterdag i februari mättes utomhustemperaturen $T_{ute} = 2^{\circ}\text{C}$ samtidigt visade söderfasaden ett medelvärde på $T_{söder} = 20,7^{\circ}\text{C}$ temperaturerna på öst och västfasad var dock betydligt lägre och visade ca $8-10^{\circ}\text{C}$.

När solen inte påverkade var temperaturen ganska jämn i hela utrymmet oavsett väderstreck. Denna iakttagelse bidrog till en analys av de givare som används.

Som det framkommer i avsnitt 7 Erfarenheter och observationer påverkades temperaturgivarna markant av solinstrålningen. De siffror som presenterades var alltså felaktiga. För att åtgärda detta problem gjordes en temporär lösning för utvärderingen. Lösningen blev att klä in och skapa solavskärmning med aluminiumfolie, som tejpades runt givaren. Denna åtgärd visade sig vara effektiv under perioderna då solen skiner. Det som inte gick att påverka är fasadens värmestrålning under givaren. Även om ett område kring givaren avskärmas kommer värmeledning i tegelfasaderna bidra till högre temperaturutslag från givaren. Detta borde dock inte vara helt fel eftersom det är samma yta som avger värmestrålning till luften.

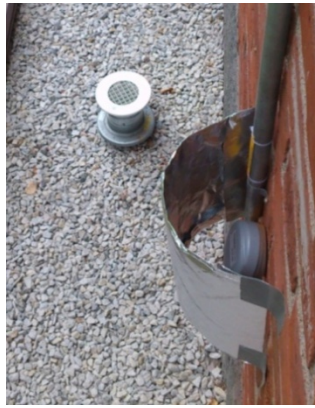


Bild 3.4:2:1 Solskydd av aluminiumklädda papper

3.4.3 Mätning med HOBO-logger

HOBO är märket på dataloggrar från Onset och mäter temperatur och luftfuktighet. De är små och inte särskilt skrymmande. De kan lätt placeras ut på olika ställen och mätintervallets längd bestämmer hur länge de kan mäta innan minnet blir fullt och loggade värden måste avläsas till dator via USB interface.



Bild 3.4.3:1 Närbild på HOBO logger från Onset

För att kontrollera noggrannheten och hur eventuell avvikelse mellan loggrarna är kontrollerades de mot varandra. Detta gjordes innan de togs i bruk och placerades ut i huset.

Avvikelsebedömning av loggrarna

Eftersom loggrarna har en del år på nacken och har använts i olika sammanhang gjordes en kontrollmätning av loggrarna mot varandra varvid alla enheter lästes av. De programmerades sedan för att mäta temperatur och relativfuktighet var tionde minut under helgen 2012-03-10 till 2012-03-12 (under 48h). Enheterna lades i samma låda. Efter helgen lästes loggrarna av och diagrammen nedan skapades. Standardavvikelsen för temperaturerna låg på 0,19 grader och för relativa fuktigheten på 0,6 procent.

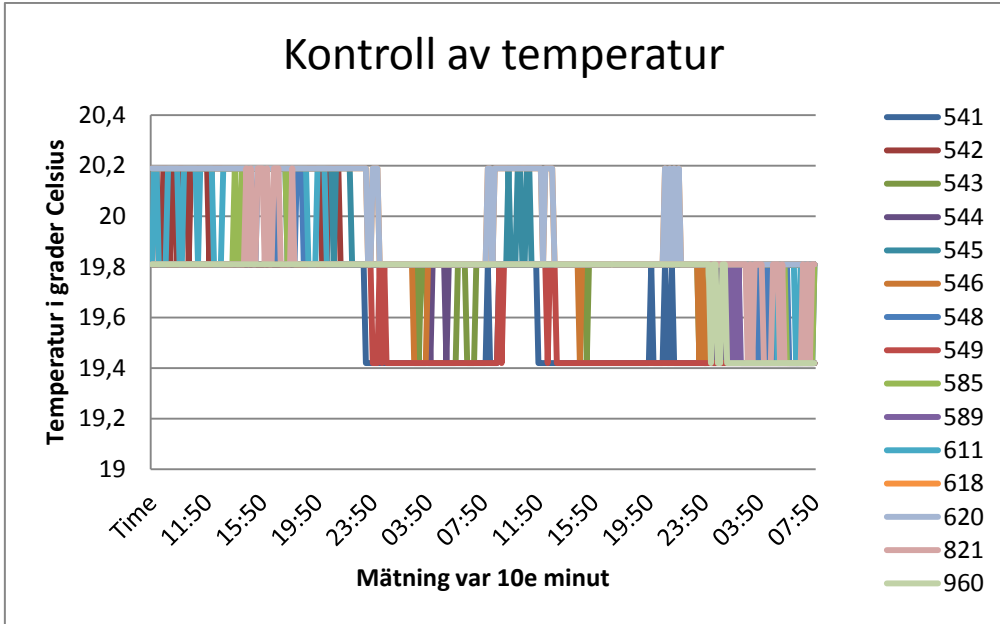


Diagram 3.4.3:1 visar avvikelse för temperatur för HOBO loggrarna.

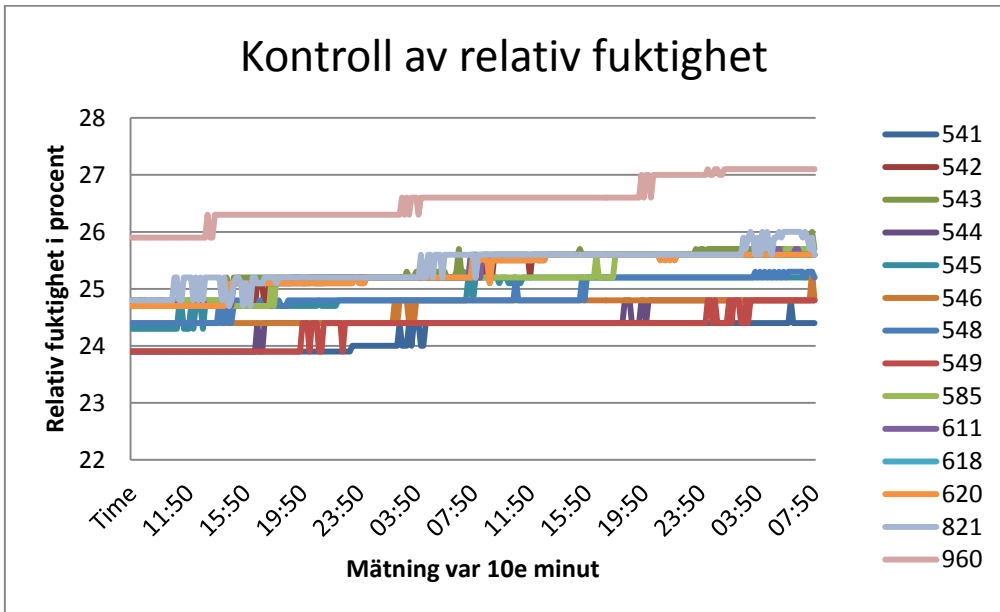


Diagram 3.4.1:2 visar avvikelse av relativ fuktighet.

Fullskalemätning

Den primära placeringen för loggrarna har varit med utgångspunkt för placering av det befintliga systemets givare.

Totalt placerades 15st loggrar ut i huset där de flesta placerades intill befintliga temperaturgivare som sedan kunde ta över loggningen när den kom igång. Sju stycken placerades i glasfasaden, en i norr, tre på toaletter samt fyra i ventilationsaggregatet. En av loggrarna som satt på en toalett flyttades ganska snart till att mäta nere i markkanalen.

Tabell 3.4:1 Tabell över placering av HOBO loggrar

Logger	Serienummer	Plats	Motsvarar givare i det fasta systemet
541	H08-003-02 #604541	Ventilationsaggregat uppe vänster	GT/GM 11
542	H08-003-02 #604542	Ventilationsaggregat uppe höger	GT/GM 13
543	H08-003-02 #604543	Ventilationsaggregat nere vänster	GT/GM 22
544	H08-003-02 #604544	Ventilationsaggregat nere höger	GT/GM 21
545	H08-003-02 #604545	Östra fasaden norra änden	GT 33:2
546	H08-003-02 #604546	Östra fasaden södra änden	GT 33:1
548	H08-003-02 #604548	Södra fasaden östra änden	GT 21:2
549	H08-003-02 #604549	Södra fasaden västra änden	GT 21:1
585	H08-003-02 #566585	Västra fasaden södra änden	GT 34:1
589	H08-003-02 #566589	Västra fasaden norra änden	GT 34:2
611	H08-003-02 #609611	Källare glugg norra fasaden	
618	H08-003-02 #609618	Västra fasaden markkanal	GT/GM 11
620	H08-003-02 #609620	Toalett norra änden östra	
821	H08-003-02 #703821	Toalett norra änden västra	
960	H08-003-02 #841960	Södra gaveln nock	GM21

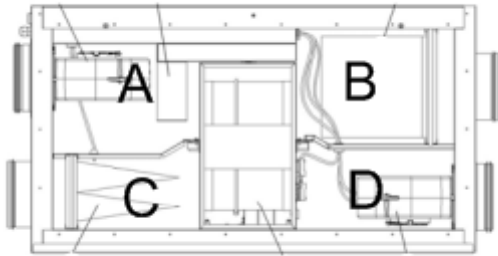
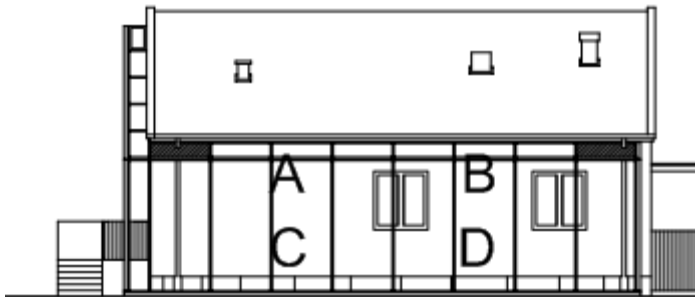


Bild 3.4.1:2 Skiss över placering av logger i ventilationsaggregat

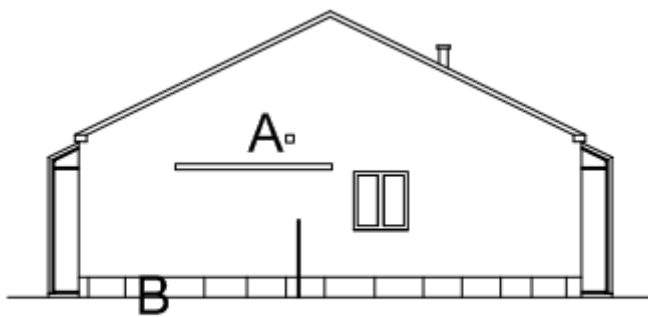
- A: 541
- B: 542
- C: 543
- D: 544



FASAD MOT ÖSTER

Bild 3.4.1:3 Skiss över placering av logger på fasad i öster

- A: 546 (3m över marknivå)
- B: 545 (3m över marknivå)
- C:
- D:

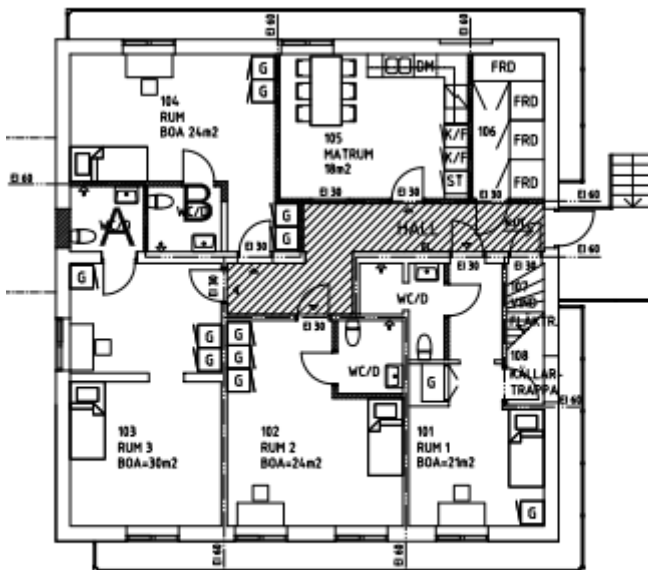


FASAD MOT NORR

Bild 3.4.1:4 Skiss över placering av logger på fasad i norr

A:

B: 611 (0,4m över gatunivå)



PLAN 1

Bild 3.4.1:5 Skiss över placering av logger inne i huset

A: 821 (2m över golv)

B: 620 (2m över golv)



FASAD MOT SÖDER

Bild 3.4.1:6 Skiss över placering av logger på fasad i söder

A: 960 (7m över marknivå)

B:

C:

D: 549 (3m över marknivå)

E: 548 (3m över marknivå)



FASAD MOT VÄSTER

Bild 3.4.1:7 Skiss över placering av logger på fasad i väster

A: 589 (3m över marknivå)

B: 585 (3m över marknivå)

C:

D:

E: 618 (0,2 m under marknivå)

Mätperioderna har varit: 20120313-20120321, 20120329-20120404, 20120404-20120411, 20120411-20120418, 20120418-20120502. Uppehåll i loggningen beror främst på att vi var tvungna att plocka ner loggrarna vid avläsning.

All data har exporterats och bearbetats i Excel.

3.4.4 Resultat av temperaturmätning

Temperaturerna mättes upp med intervall av 10 minuter i en period av mitten på mars till början på maj. Resultaten kan ses i diagrammen som följer nedan. Diagrammen som visas är utformade så att varje punkt motsvarar en varaktighet av 10 min av en temperatur och därmed kan avläsas att de högsta temperaturerna fås under kortare perioder, medan större andel av varaktigheten ligger betydligt lägre, där punkterna ligger tätare. Trots allt finns det en märkbar skillnad mot utomhustemperaturen.

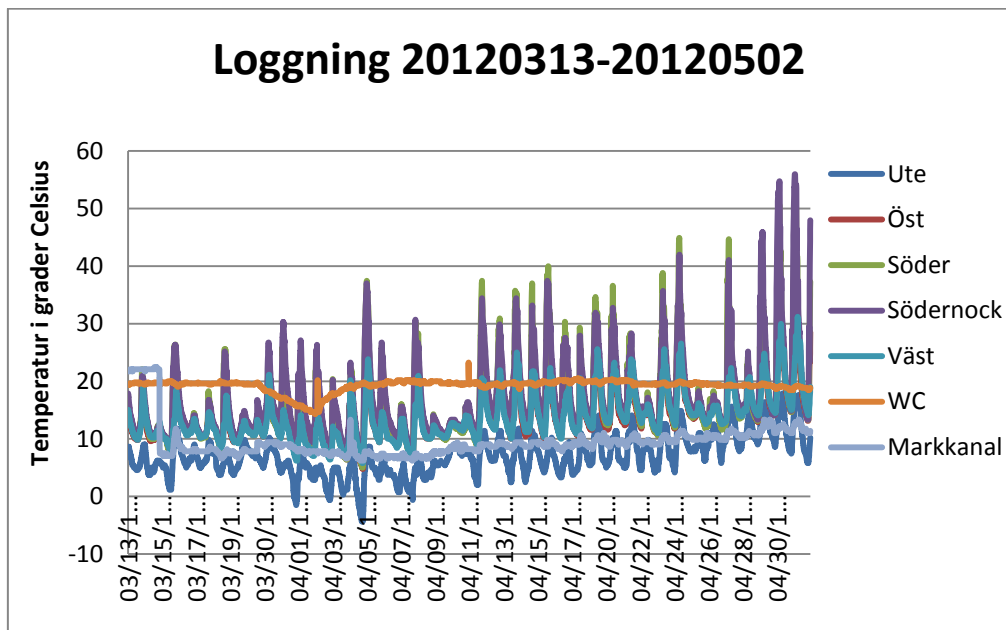


Diagram 3.4.4:1 Temperaturdiagram för hela mätperioden.

Diagram 3.4.4:1 visar hur temperaturerna svänger under hela mätperioden. Den tydliga dippen på WC-kurvan (inomhustemperaturen) uppstod på grund av att shuntgruppen gick ner. Topparna mot slutet på södernock beror troligen på att foliebitarna

som skall skydda mätarna har trillat ner på grund av att värmen fått tejen som höll fast skydden smälte.

Diagram 3.4.4:2 visar hur temperaturerna svänger för en mätperiod på 10 dagar. Diagrammet visar tydligt att inomhustemperaturen (WC-kurvan) inte rör sig markant trots att utetemperaturen och temperaturen i de olika fasaderna svänger.

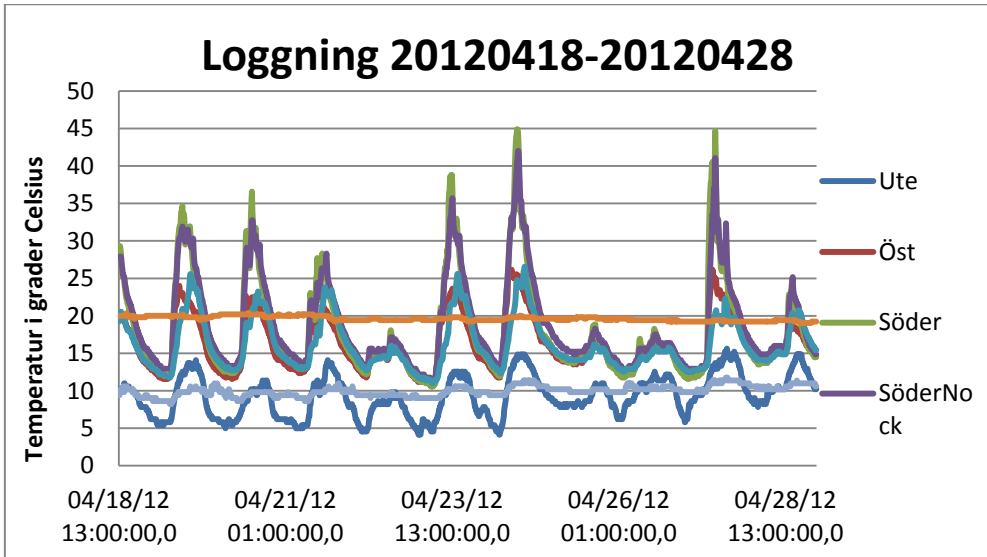


Diagram 3.4.4:3 Temperaturdiagram för en 10-dagars period.

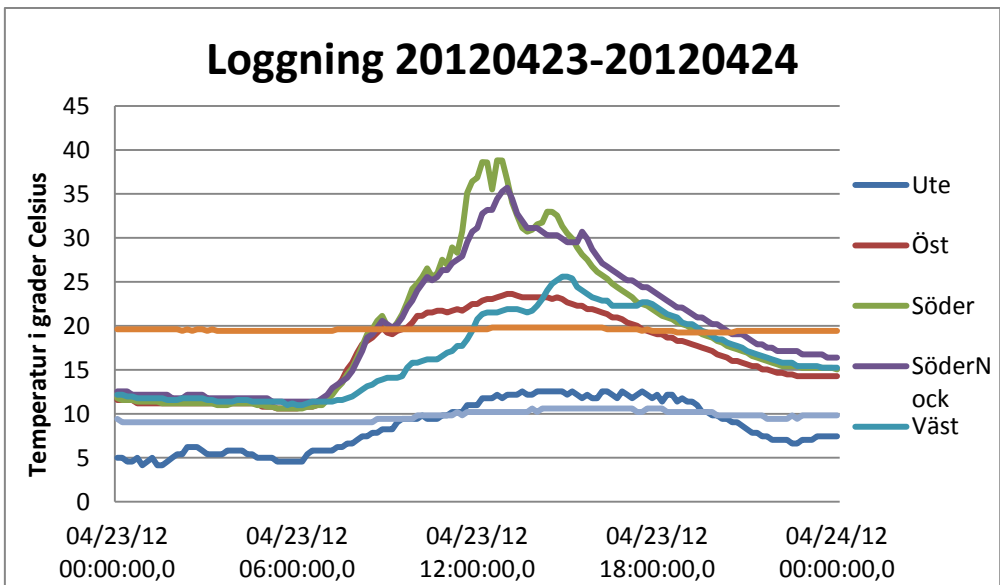


Diagram 3.4.4:4 Temperaturdiagram för ett dygn.

Diagram 3.4.4:4 visar hur temperaturerna för de olika loggrarnas placering svänger under ett dygn under mätperioden. Man kan med lite fantasi följa solens bana från öster, över till söder och vidare ner i väst. Samtidigt kan man se att inomhustemperaturen legat konstant på 20 grader. Desto större skillnader kan avläsas i glasfasaden. Den största temperaturökningen kan ses för fasaden i söder och södernock. Temperaturen utomhus och temperaturen i markkanalen har knappt påverkats av solen under dygnet. Markkanalen har legat någorlunda konstant strax under 10 grader.

Diagram 3.4.4:5 visar varaktigheten för temperaturen för hela mätperioden. Alla inbördes beroenden mellan temperaturerna är bortsorterade. Detta betyder att de olika temperaturerna i vertikal led inte inträffar vid samma tidspunkt. Det man kan se är under hur stor del av tiden som olika temperaturer fås i respektive del, t ex är temperaturen över 13°C i både öst och väst under halva mätperioden. Under mätperioden har temperaturen i öst och väst fasad under 90 % av tiden varierat mellan +6°C och 20°C. Utetemperaturen har under mätperioden varierat mellan -4°C och 18°C. Detta innebär att vid dessa utetemperaturer och klimatförhållanden som rått under mätperioden höjs uteluftens temperatur alltid till minst 5°C när den passerar glasfasaden och höjningen är mellan 5°C – 20°C under 90 % av tiden. Denna temperaturhöjning ger ett gratis värmetillskott till både ventilationens tilluft och en minskad värmeförlust genom ytterväggarna.

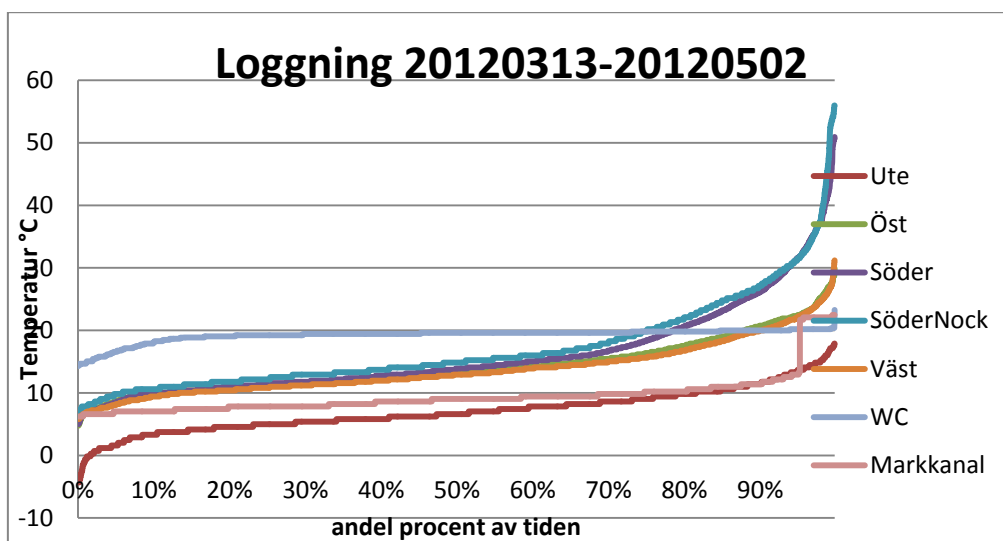


Diagram 3.4.4:5 Varaktighetsdiagram över temperaturer.

Som förväntat är temperaturerna som mätts upp högst i söderfasaden. De absolut högsta topparna är som förväntat i söder nock vilket bekräftar att det finns en temperaturgradient.

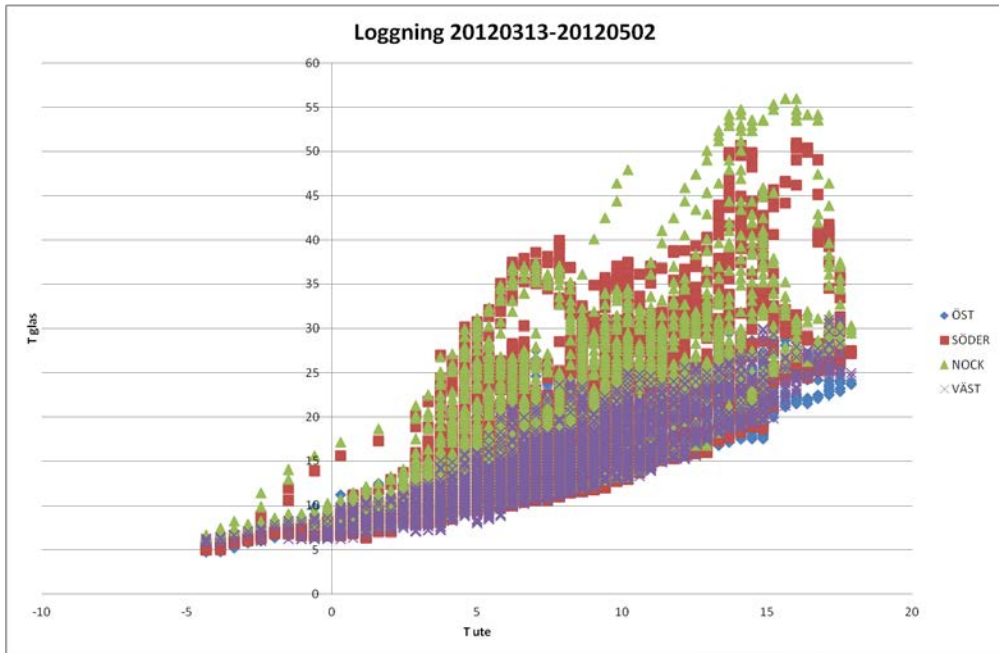


Diagram 3.4.4:6 Uppmätta temperaturer i glasfasad för alla väderstreck sorterat mot utetemperatur.

Detta diagram visar temperaturerna samlade från fasaderna i söder, södernock, väster samt öster. Dessa är sedan jämförbara mot x-axeln som visar utomhus temperatur. En snabb överblick visar att söderfasaden samt temperaturen i söder nock är högre än temperaturerna från väst och öst fasad för motsvarande utetemperatur.

Vid kallare utomhustemperaturer är spridningen mellan fasaderna mindre. Detta beror på att dessa mätvärden är hämtade vid mulet väder eller under nattetid. Då temperaturen stiger påverkar solen med den diffusa strålningen.

Exempelvis vid 5°C utomhus finns uppmätta temperaturer från 7-30 °C.

Slutligen fås störst skillnad vid klart och soligt väder. Enbart en del av varaktigheten har dock soligt klimat och därför är det glesare med punkter i högra övre hörnet. Detaljerad redovisning av uppmätta temperaturer följer.

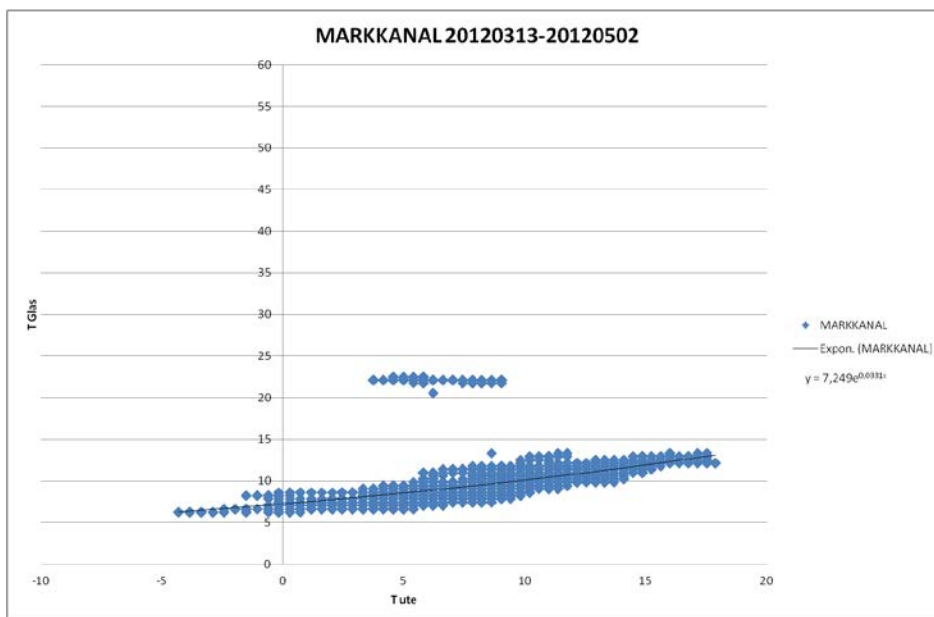


Diagram 3.4.4:7 Temperaturen i markkanal sorterad mot utetemperatur.

Temperaturerna uppmätta i markkanal visar att temperaturändringen är trögare än för utomhusluften. Alla värden som ligger på 20-22°C beror på att denna logger har från början varit placerad inomhus under en kortare period. Tyvärr kan vi inte ange hur stor del av luften som bidrar till glasfasaden kommer från markkanalen och hur stor del som tas in via springor. Det vi har mätt upp är att när fläkten är aktiv fås ett flöde på 310 l/s till glasfasaden från markkanalen. Med markkanalens diameter på 400 mm ger detta en lufthastighet på 2,5 m/s. Då fläkten har varit avstängd har vi inte kunnat mäta upp genom stosmätning något märkbart flöde.

Slutsatsen från detta diagram är att då utetemperaturen ligger i intervallet -5 till 18 grader blir temperaturen på luften som passerar genom markkanalen mellan +5 till +13 grader. Detta innebär att oavsett utetemperatur (för det studerade intervallet) kommer luften att värmas till minst 5°C och kylas vid höga temperaturer till minst 13°C. Det bör nämnas att kylfallet kan innebära risker vad avser fuktförhållanden då luftens relativa fuktighet höjs och t.o.m. kondensering kan ske i markkanalen. Exempelvis kan det finnas risk för att elak lukt eller sporer från markkanalen spridas in i huset om tilluften till ventilationsaggregatet tas från glasfasaden och det ombländande systemet kör på kylfall. Detta driftfall kan därför under vissa förhållanden vara olämpligt.

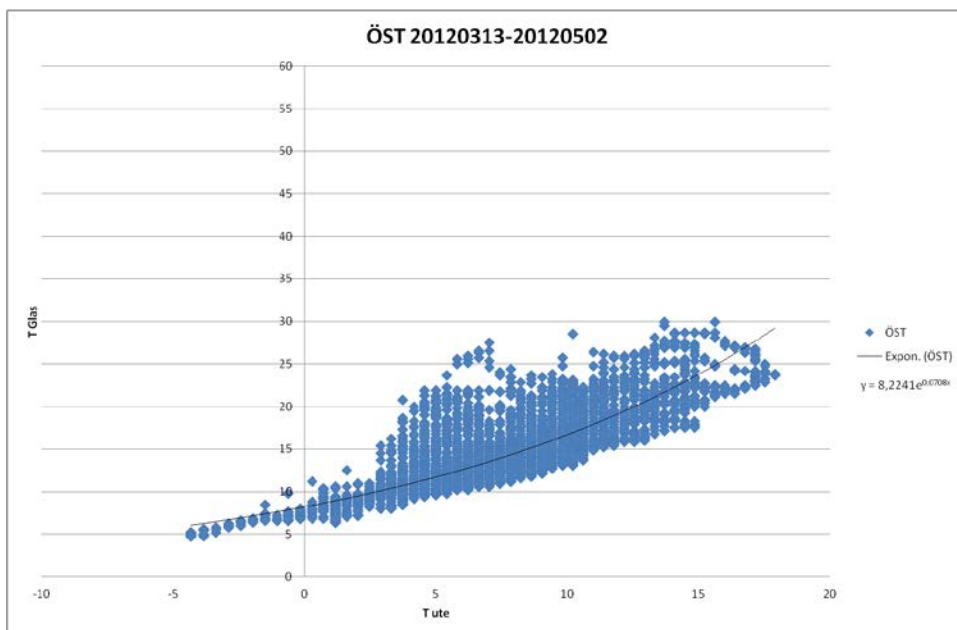


Diagram 3.4.4:8 Temperaturen för östfasad sorterad mot utetemperatur.

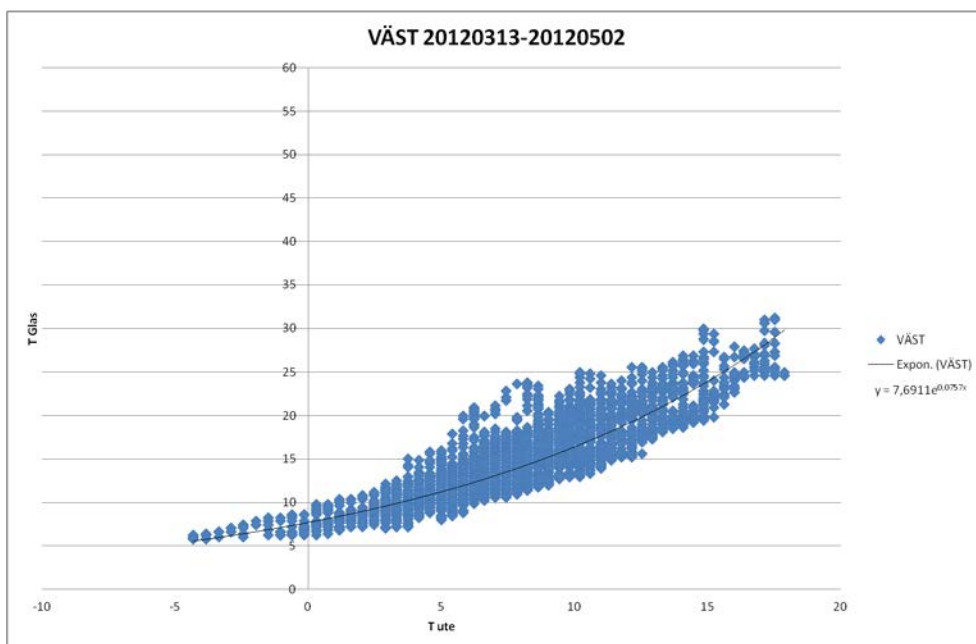


Diagram 3.4.4:9 Temperaturen för västfasad sorterad mot utetemperatur.

Öst och västfasaden visar samma mönster och följer utetemperaturen med en varierande spridning.

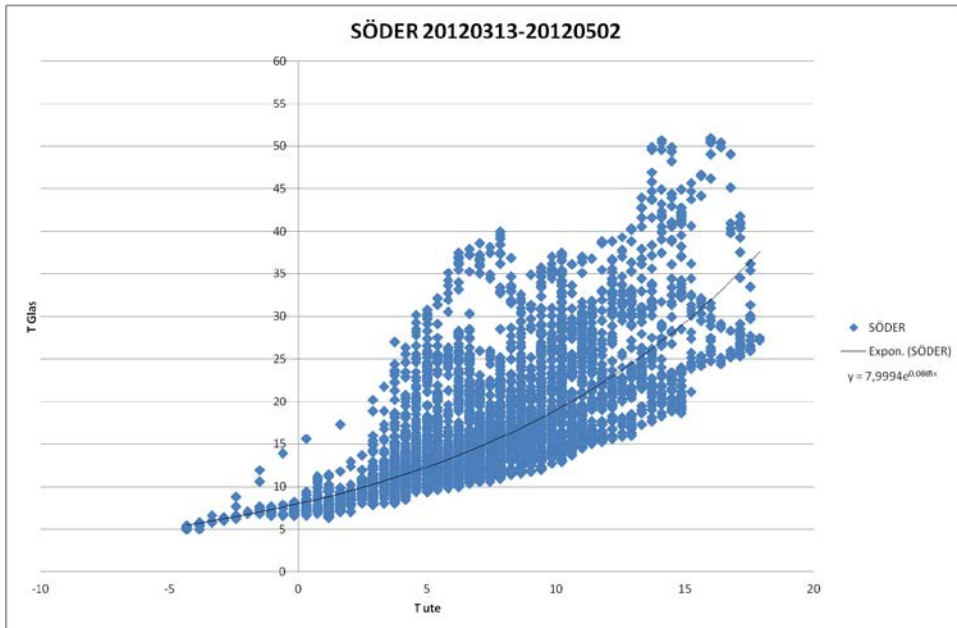


Diagram 3.4.4:10 Temperaturen i söderfasad sorterad mot utetemperatur.

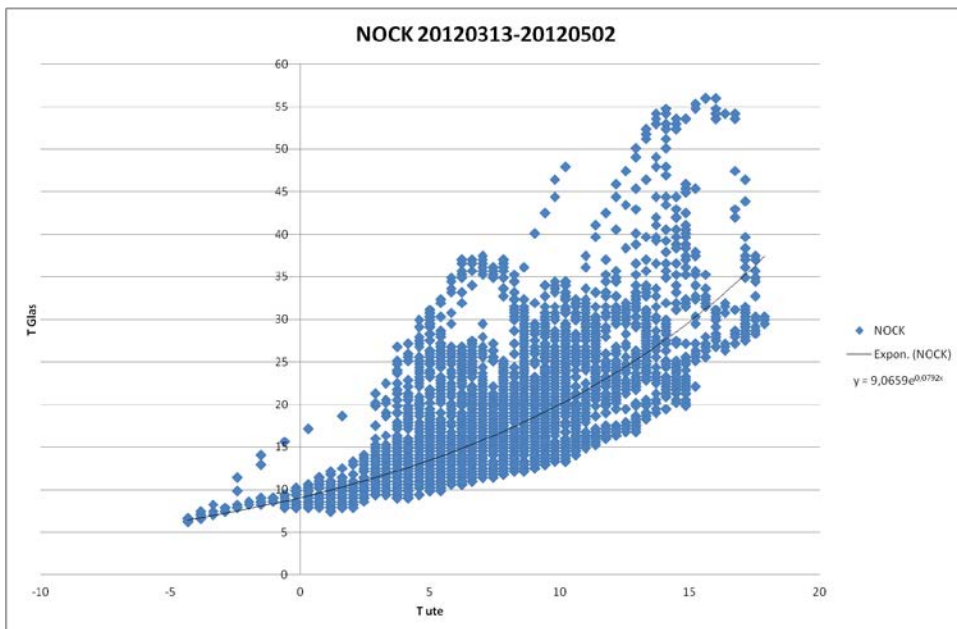


Diagram 3.4.4:11 Temperaturen i söderfasad nock sorterad mot utetemperatur.

Söderfasaden har ett annorlunda utseende där skillnaden mot utetemperatur är desto större än vad tidigare diagram visat. Detta betyder att större nytta fås från glasfasaden i söder. Redan vid låga temperaturer visar diagrammet att temperaturerna är högre bakom en glasfasad. Ännu tydligare blir det då temperaturen ökar. I dessa fallen visas det att stor del av uppmätta temperaturerna ligger nämnvärt högre än utetemperatur.

De svarta linjerna som redovisas i diagrammet är framtagna via Excel och visar exponentiell regression. Detta innebär att för en viss temperatur har olika värden uppmäts sedan har Excel skapat en viktad kurva för att passa så bra som möjligt med de uppmätta värdena.

4. Beräkning av glasfasadens bidrag

4.1 Beräkning med framtagen beräkningsmodell

En teoretisk beräkningsmodell har tagits fram för att uppskatta glasfasadens bidrag till energibesparingen. De uppmätta temperaturerna för en begränsad period under våren 2012.03.13 -2012.05.02 som redovisades i tidigare avsnitt har använts som indata i modellen. Modellen tar hänsyn till transmissionen genom byggnadens väggar och besparing som görs för ventilationens förvärmning av tilluft. Besparingen fås genom att beräkna effekt och energibehov för två fall. Ett fall utan glasfasad och ett fall med glasfasad och sedan beräknas skillnaden mellan dessa. Läckage och övriga byggnadsdelar försummas eftersom dessa inte skiljer sig för de två fallen. Det är emellertid viktigt att se upp eftersom denna effektdifferens kan visa sig vara negativ i fallet då solen ger högre effekt till glasfasaden än vad väggarna har som behov. Den överskridande effekten bidrar till att väggarna ackumulerar värme och får på sikt övertemperaturer. Av denna anledning har den överskridande effekten inte räknas med i summan som besparing av energi för värmebehovet. Om hela byggnaden skulle beaktats kunde en del av detta överskott från väggarna räknas in till behovet för tak och golv, men eftersom jämförelsen i handberäkningen enbart avser glasfasaden antas att överskottet ska tas bort. Detta överskott ses som ett kylbehov. Analogt med transmissionsberäkningen görs beräkning på förvärmning av tilluft. Beräkningen görs så att den uppmätta temperaturen i söderfasadensnock, vilket är där tilluften passerar från glasvolymen till huset, och motsvarar den förvärmning som fås av glasfasaden, jämförs mot temperaturen utomhus i norr. Denna skillnad på lufttemperatur antas vara förvärmning till ventilationen. En begränsning som görs är att när temperaturen på ventilationsluften överstiger 19°C i glasfasaden ska denna luft ej räknas med i summan på den besparande energin. Då ska systemet istället ta in utomhusluft från norrsidan, vilket den alltid skulle gjort i fallet då glasfasaden inte funnits tillgänglig. I normala fall bidrar även en värmeväxlare till att återvinna energi till ventilationen. I detta projekt har värmeväxlaren som tidigare nämnts inte använts.

I handberäkningsmodellen görs även en beräkning där styrningen för omblandningssystemet beaktas. En analys av de uppmätta temperaturerna görs där antagande att omblandningssystemet ej behöver vara aktivt om det inte finns tillräckligt stor skillnad i temperaturerna mellan fasaderna. Denna skillnad har i beräkningen antagits till 5°C. Det är dock viktigt att påpeka att de uppmätta temperaturerna som ligger till underlag för beräkningen har påverkats av det omblandande systemet.

4.1.1 Transmission

Från ritning A-1-201 mäter vi upp areorna för väggarna, se tabell 4:1 nedan. Fönstereorna fås från tillverkningsritningen 7330 också redovisad i tabell 4:1 nedan. U-värden för fönsterna och dörren fås från tillverkaren. Temperaturerna som används är de uppmätta temperaturerna som finns att tillgå utomhus och temperaturerna i glasfasaden. Temperaturen inomhus antas vara konstant 21°C enligt kapitel två i Brukarindata för energiberäkningar i bostäder från Sveby (Standardisera och verifiera energiprestanda i byggnader).

Tabell 4:1 Uppmätta areor och byggdelenas U-värde

ORIENTERING	BYGGDEL	AREA (m ²)	U-VÄRDE (W/m ² , °C)
SÖDER	TEGELVÄGG	69,2	1,245
	FÖNSTER	3,5	1,2
	DÖRR	2,1	1
ÖSTER	TEGELVÄGG	48	1,245
	FÖNSTER	4	1,2
VÄSTER	TEGELVÄGG	44	1,245
	FÖNSTER	8	1,2
NORR	TEGELVÄGG	71,3	1,245
	FÖNSTER	2	1,2

$$P_{trans,utan\ glasvägg} = \sum U_j A_j (T_i - T_e) [W] \quad (4.1)$$

$$P_{trans,med\ glasvägg} = \sum U_j A_j (T_i - T_g) [W] \quad (4.2)$$

P_{trans} = transmissionsförluster, [W]

U_j = U-värde för yta j, [W/m², °C]

A_j = ytan på yta j, [m²]

T_i = temperatur inomhus, [°C]

T_e = temperatur utomhus, [°C]

T_g = temperatur i glasfasad, [°C]

I ekvation 4.1 beräknas transmissionen för tegelvägg från inomhus till ute (norrfasad) med uppmätta temperaturer från givare under perioden 2012.03.13 -2012.05.02. Alla väggar antas ha samma temperatur utomhus (norrfasad). Ett effektbehov beräknas för väggarna.

I ekvation 4.2 används uppmätta temperaturer för olika väderstrecken i glasfasaden. Med de två givarna per fasad skapas ett medelvärde för varje mättillfälle som representerar en vägg. Det förekommer negativa bidrag på vissa delar där solen ger mer effekt än vad behovet för väggarna är. I de fallen tillgodogörs enbart så mycket effekt som behövs, resten tas inte med i summeringen av totala besparingen.

För att kunna beräkna den teoretiska energibesparingen och få ett resultat som motsvarar den verkliga besparingen måste vissa randvillkor beaktas. Beräkning av effekt för glasfasaden görs enligt formel 4.2 där temperatur för aktuell fasad används. Denna beräkning görs för alla inglasade fasader och sedan summeras till det totala effektbehovet med glasfasad. Samtidig görs beräkningen utan glasfasad där temperaturen utomhus används enligt formel 4.1. Dessa två beräkningar visar på skillnaden i effektbehov mellan att ha en glasfasad eller inte. I och med att det tillkommer en fläkt i det omblandande systemet måste denna dras ifrån differensen då den utgör ett tillskott i energibehov för glasfasaden. Fläktens förbrukning är 240W/h.

Eftersom temperaturerna loggades med intervallet 10 min, måste effekten omvandlas till energi per timme. Därför summeras effekten från de olika glasfasaderna vid given tidpunkt och sedan divideras med sex för att få energi per timme. I summeringen fås den förbrukade energin för perioden.

$$E_{trans1} = (P_{trans,utan\ glasvägg} - P_{trans,med\ glasvägg}) * t \quad (4.3)$$

$$E_{trans2} = (P_{trans,utan\ glasvägg} - P_{trans,med\ glasvägg} + P_{fläkt}) * t \quad (4.4)$$

$$E_{trans3} = (P_{trans,utan\ glasvägg} - P_{trans,med\ glasvägg} + P_{fläkt,styrning}) * t \quad (4.5)$$

t = tidsperiod på 981,7 timmar

E_{trans1} = potentiell energibesparing utan omblandningssystem, [kWh]

E_{trans2} = potentiell energibesparing med omblandningssystem alltid aktivt, [kWh]

E_{trans3} = potentiell energibesparing med styrning på omblandningssystem, [kWh]

Ekvation 4.3 beskriver differensen i energibehov där enbart temperaturerna i glasfasaden och utomhus jämförs och energi beräknas över den mätta perioden. Här antas att det inte finns något omblandande system.

Kommentar: Denna beräkning ger inte en korrekt besparing eftersom temperaturerna är uppmätta på olika fasader medan omblandningssystemet har varit aktivt.

I ekvation 4.4 används det omblandande systemet alltid, vilket gör att den effekten som fläkten förbrukar måste tas bort från effekten som sparas.

Efter analys av temperaturer antas i ekvation 4.5 att fläkten enbart bör vara igång vid en temperaturdifferens på 5°C mellan fasaderna. Då beräknades tiden där fläkten för omvandling bör vara igång. I denna beräkning antas omvandlingen vara aktiv enbart när det finns en temperaturdifferens på 5°C mellan temperaturerna i fasaden.

De uppmätta temperaturerna som finns att tillgå för denna beräkning är loggade inuti glasfasaden för alla tre väderstrecken samt norrfasaden som är referens för samtliga temperaturer för fallet innan tillbyggnad av glasfasad. På grund av detta val att använda temperaturen från norrfasad som referens för fallet utan glasfasad fås en över-skattad besparing för de tidsperioder då sol förekommer. Detta beror på att solen skiner olika mycket på fasaderna och allra minst på norrfasaden. Detta bidrar till att temperaturerna på fasaderna i de andra väderstrecken underskattas för fallet utan glasfasad.

Före ombyggnaden skulle tegelfasaden fått solstrålningen direkt mot ytan, i alla väderstreck (även den norra fasaden då huset är roterat något mot öst och därmed får direkt solstrålning sena kvällar på försommaren). Detta skulle gett upphov till uppvärmning av fasaden på samma sätt som sker i glasfasaden. Skillnaden är att värme-strålningen skulle avgetts direkt mot utomhusluften. Dock under denna process hade en högre yttemperatur på tegelfasaden bidragit till lägre transmissionsförluster. För att en korrekt jämförelse skulle kunnat göras skulle två likadana objekt behöva finnas tillgängliga där temperaturer mäts både med glasfasad och utan glasfasad. Detta är dock inte möjligt. Alternativt skulle en teoretisk beräkning av yttemperaturen kunnat beräknas enligt Fukthandboken, avsnitt 62.4 "Ekvivalent utetemperatur" s.317. Denna beräkning är dock omständlig med många okända faktorer såsom solinstrålning, vindhastighet, stålningsfaktorer osv.

Å andra sidan har solinstrålningen redan genom glasfasaden tappat en del energi (solfaktor för glasfasad 81 % se datablad) som ger upphov till att mindre solstrålning träffar tegelfasaden. Detta bidrar till att minska temperaturerna inuti glasfasaden, vilket även reducerar solens effekt på tegelväggens yta för detta fall.

4.1.2 Ventilation

Samtidigt fås en energibesparing för ventilationsluften eftersom förvärmning på tilluft sker inne i glasfasaden. Denna besparing beräknas på samma sätt som ovan men med formlerna 4.6 och 4.7. I formel 4.6 räknas uteluften som tilluft som behöver förvärmas till 19°C vilket utgör fall utan glasfasad. I formel 4.7 antas istället luften tas från glasfasaden vilket utgör fall med glasfasad. Det är dock så att när luften överstiger den önskade temperaturen så används inte överskottet av energin till summan av besparingen. Luftflödet vi räknar på är 100 l/s vilket är det flöde som luftaggregatet kördes med vid loggningen.

$$P_{vent,utan\ glasvägg} = R \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T_i - T_e)[W] \quad (4.6)$$

$$P_{vent,med\ glasvägg} = R \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T_i - T_g)[W] \quad (4.7)$$

P_{vent} = ventilationsförluster, [W]

R = luftflöde=0,1 [m³/s]

c_p = luftens värmekapacitet per massenhet= 1000, [(W·s)/(kg·°C)]

ρ = luftens densitet = 1,2, [kg/m³]

T_i = temperatur inomhus, [°C]

T_e = temperatur utomhus, [°C]

T_g = temperatur i glasfasad, [°C]

$$E_{vent} = (P_{vent,utan\ glasvägg} - P_{vent,med\ glasvägg}) \cdot t \quad (4.8)$$

E_{vent} = Energibesparing för ventilation, [kWh]

4.1.3 Resultat av beräkningar

Energibehov utan glasfasad

Beräkningarna görs i Excel där transmissionsförlusterna för väggarna utan glasfasad under perioden har beräknats till

$E_{trans} = 4240$ kWh.

Samtidigt med beräkning mot utetemperaturen finns ett behov att förvärma tilluften på ventilationssystemet med

$E_{vent} = 1639$ kWh vilket ger det totala energibehovet $E_{trans} + E_{vent} = 5879$ kWh utan glasfasad.

Energibehov med glasfasad

Transmissionsförlusterna för väggarna med glasfasad under perioden har beräknats till

$E_{trans} = 2578$ kWh.

Samtidigt finns ett behov att förvärma tilluften på ventilationssystemet med

$E_{vent} = 458$ kWh vilket ger det totala energibehovet $E_{trans} + E_{vent} = 3036$ kWh med glasfasad. Sedan kan det tillkomma elenergibehov till fläkt som blandar om luft mellan glasfasaderna beroende på vilket driftfall som används enligt tabell 4.1.3:1 nedan.

Energibehov för mätperiod 20120313-20120502					
Potentiell besparing	Original (kWh)	Glasfasad (kWh)	Fläkt (kWh)	Diff. (kWh)	Besparing (kWh)
E-trans1	4240	2578	0	1662	1512
E-trans2	4240	2578	236	1426	1277
E-trans3	4240	2578	41	1621	1472
E-vent	1639	458		1180	987
Total potentiell besparing					(kWh)
E-trans1+vent					2499
E-trans2+vent					2263
E-trans3+vent					2458

Tabell 4.1.3:1 Resultat från beräkning

Den verkliga energibesparing som fasaden bidrar till beskrivs bäst av fall, 2 där glasfasaden används och det omblandande systemet alltid är igång. Detta då det efterliknar verkligheten som rått under mätperioden. Samtidigt tas den förvärmning av ventilation med som kan tillgodogöras, alltså inte då luften blir övertempererad. Då blir summan av besparingen för perioden

$E_{trans2} + E_{vent} = 2260 \text{ kWh}$. Detta motsvarar ca 39 % besparing jämfört med behovet där den uppmätta utetemperaturen i norrfasad har varit referens för behovet. Det är dock viktigt att känna till alla de förenklingar och antaganden som gjorts tidigare och att den procentuella besparingen är överskattad för tidsperioder med sol.

Överskottet av transmissionsenergi genom väggarna har studerats och beräknats till ca 106 kWh som är utspridd över 63,5 timmar. Detta motsvarar att ca 6,5 % av tiden för perioden ger risk för övertemperaturer och transmission på "fel håll". Det är dock värt att notera som tidigare nämnts att automatisk styrning för att dämpa övertemperaturer inte har varit möjlig, d.v.s. styrsystemet har inte under mätperioden kunnat regleras för att motverka övertemperatur. Dessutom finns det behov för väggar och tak där denna energi skulle kunnat tillgodogöras. Dock är de andra byggnadsdelarna försummade.

Skillnaden mellan diff. och besparing i tabellen 4:2 utgörs av att vi inte kan tillgodogöra oss differensen av effekten då transmissionen går åt fel håll eller då tilluften blir för varm.

4.2 Beräkning av temperaturverkningsgrad

Som en jämförande faktor för besparingen med avseende på förvärmning av tilluften kan temperaturverkningsgraden beräknas. Temperaturverkningsgraden för glasfasaden är ett mått på fasadens värmehöjande förmåga.

Från (Warfvinge, 2008) fås ekv. 4.9.

$$\eta = \frac{T_{\dot{a}} - T_{ute}}{T_{fr\ddot{a}n} - T_{ute}} \quad (4.9)$$

η = Temperaturverkningsgrad

$T_{\dot{a}}$ = Temperatur efter värmeåtervinning [°C]

T_{ute} = Uteluftstemperatur [°C]

$T_{fr\ddot{a}n}$ = Frånluftstemperatur [°C]

Formeln används i Excel för uppmätta värden med korrigeringen att verkningsgraden inte kan bli större än 1. Medelvärde för temperaturverkningsgraden över mätperioden fås då till $\eta = 0,697$.

4.3 Beräkning av U-effektiv

Det finns andra sätt att beskriva bidraget från glasfasaden än som ren energibesparing i kWh. Två andra sätt är att räkna fram ett U-effektiv som motsvarar U-värde för hela väggkonstruktionen som en dynamisk isolering. Ett annat sätt är att beräkna en energiverkningsgrad för hela konstruktionen. Där är tre aspekter som tas till hänsyn genom att lägga till en glasfasad på den befintliga byggnaden.

1. Tegelväggen får en luftspalt och ett yttre skikt. = Bättre U-värde totalt, minskade transmissionsförluster.
2. Vi får förvärmning av tilluft till ventilation. = Glasfasaden blir även värmeväxlare, Minskat uppvärmningsbehov för ventilation
3. Hela konstruktionen blir som en solfångare. = Med hänsyn till sol fås en integrerad solfångare, tillförsel av sol.

Om vi tar hänsyn till dessa tre aspekterna så kan olika resultat fås beroende på vad man ska titta på.

Ifall vi tar bort bidraget från solen, så fås fortfarande bättre U-värde och förvärmning av tilluft, detta kan ge en teoretisk verkningsgrad i storleken som värmeväxlare. Eftersom systemet drar nytta av alla tre aspekterna beräknar vi ett U-effektiv med hänsyn till både sol och ventilation. Detta mått U effektiv motsvarar att det värmetillskott som fås från alla tre aspekterna omvandlas/behandlas som vad det skulle motsvarat i enbart tilläggsisolering av fasaden. Sedan beräknas även en

energiverkningsgrad, denna blir klart högre än en värmeväxlare eftersom hela konstruktionen blir som en solfångare. Beräkningarna förklaras nedan.

U-värden och areor används enbart för väggarna som har en utbyggd glasfasad. Inga andra byggnadsdelar, areor eller U-värden behövs eftersom jämförelsen ska gälla enbart för väggarna med glasfasaden.

För att göra beräkningen mer förståelig har vi delat upp delarna med hänsyn till de olika fallen av transmission och ventilation och beräknar nedan.

I våra beräkningar har vi delat upp detta till

A. Area glas

B. Effekt Transmission med glas = $U A (T_{inne} - T_{glas})$

C. Effekt Ventilation med glas = $\rho c_p q (T_{tilluft} - T_{glas})$

D. Effekt Transmission utan glas = $U_{eff} A (T_{inne} - T_{ute})$

E. Effekt Ventilation utan glas = $\rho c_p q (T_{tilluft} - T_{ute})$

$$B+C=D + E$$

Och U_{eff} ska lösas ut från D.

$$U_{eff} = (B+C-E)/A(T_{inne} - T_{ute})$$

steg 1. Beräkna effekten med Transmission och Ventilation med glasfasad, kallar den P_{glas} . Formlerna som används är 4.2 och 4.7 P (transmission + ventilation) och utgör en effekt som huset behöver.

$$P_{glas} = U * A * (T_{inne} - T_{glas}) + \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{glas})$$

$$P_{eff} = U_{eff} * A * (T_{inne} - T_{ute}) + \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{ute})$$

steg 2. Denna effekt antas vara lika med P_{eff} och sätter upp ekvationen där U_{eff} ska lösas ut.

$$\begin{aligned} P_{glas} &= P_{eff} \\ U * A * (T_{inne} - T_{glas}) + \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{glas}) &= \\ &= U_{eff} * A * (T_{inne} - T_{ute}) + \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{ute}) \end{aligned}$$

Lös ut U_{eff} .

$$U_{eff} = \frac{[U * A * (T_{inne} - T_{glas}) + \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{glas})] - \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{ute})}{A * (T_{inne} - T_{ute})}$$

$$U_{eff} = -0.11 \text{ [W/C,m}^2\text{]}$$

Resultat av beräkning

För den uppmätta perioden fås ett U_{eff} till -0.11 W/C,m^2 vilket innebär ett negativt U -värde. Detta kan vara besvärligt eftersom ett traditionellt U -värde inte kan vara negativt. Men detta beror på att värmeflödet totalt antas gå från inne till ute. I detta fall har vi stort positivt bidrag till väggarna från solen, vilket är större än transmissionen under denna period, detta betyder att det integrerade flödet har gått på andra hållet. Men det är även så att flera felkällor kan ha bidragit till att vi har överskattat solens bidrag som även tidigare behandlats. De högsta uppmätta temperaturerna kan vara fel, eftersom solen har påverkat givarna.

Detta U -värde gäller alltså enbart för perioden och är ett medelvärde över perioden. Vid närmare analys av resultatet visar det högsta effektiva U -värde till $0,7$ och lägsta till $-10,3 \text{ [W/C,m}^2 \text{]}$. De lägsta U -värdena till höger i diagram 4:1 visar sannolikt felaktiga U -värden med tanke på direkt solpåverkan på temperaturgivarna. Svängningarna beror på solinstrålning och ur diagrammet kan avläsas att även vid låga utetemperaturer fås negativt U -effektivt när det finns solinstrålning.

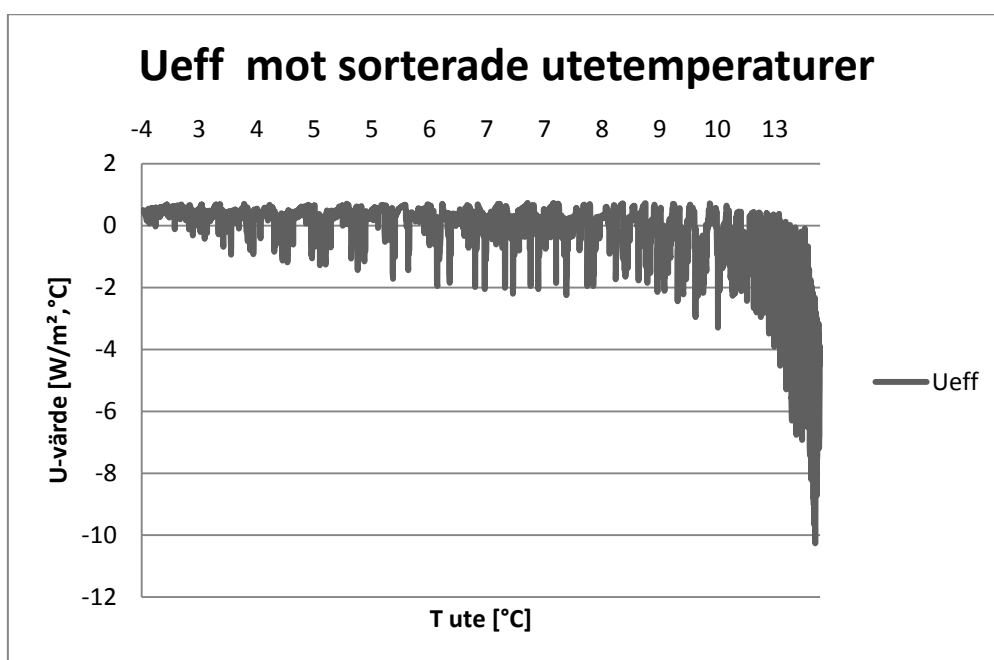


Diagram 4:1 Diagram över U -värde mot sorterade utetemperaturer

Av denna anledning är det bättre att studera diagram 4:2 och mellan 5:e och 95:e percentilen som visar $-2,10$ samt $0,65 \text{ W/C,m}^2$ på U -effektiv. Det vi kan se är att höga temperaturer, då solen skiner påverkar U -effektiv och bidragit till att ett lågt

medelvärde för U-effektiv erhållits för väggarna eftersom dessa fungerar som tidigare antytt som solfångare. Detta betyder att perioder utan sol ger tillförlitliga värden utifrån att det inte är helt känt hur mycket solen påverkar givarna då den skinit, dvs detta betyder att perioder utan sol har solens eventuella påverkan ej stört givarna och för dessa perioder är U-värden i storleksordningen 0,4-0,6. Dessa perioder förekommer även under störst andel av mätperioden.

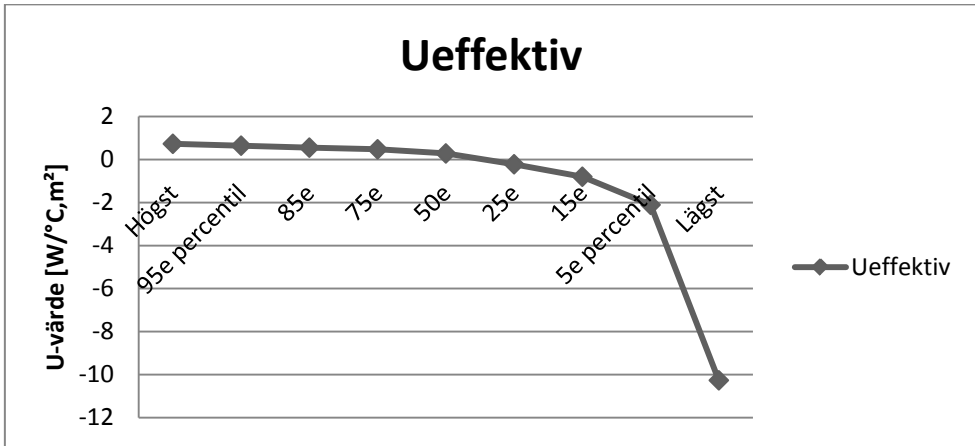


Diagram 4:2. Diagram som visar Ueffektiv med hänsyn till percentiler.

4.4 Beräkning av energiverkningsgrad

Ett annat sätt att räkna fram ett bidrag är att tänka att hela systemet är en motflödesvärmeväxlare eller en solfångare som vi även tidigare antytt. För denna vill vi räkna ut en energiverkningsgrad. Energiverkningsgraden är inte detsamma som temperaturverkningsgrad som också brukar anges för värmeväxlare. Förutsättningarna för beräkning av energiverkningsgraden är de samma som för U-effektiv.

I detta fall jämförs väggen med glasfasaden mot en vägg utan glasfasad men istället med en energiverkningsgrad som har alla tre aspekterna som tidigare nämndes. Det betyder att energiverkningsgraden är en summa av bidragen för bättre U-värde, värmeväxlare samt integrerad solfångare.

A. Area glas

B. Effekt transmission med glas = $U A (T_{inne} - T_{glas})$

C. Effekt ventilation med glas = $\rho c_p q (T_{tilluft} - T_{glas})$

D. Effekt transmission utan glas = $U A (T_{inne} - T_{ute})$

E. Effekt ventilation utan glas med växlare = $(1 - \eta) \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{ute})$

F. Effekt ventilation utan glas = $\rho c_p q (T_{tilluft} - T_{ute})$

B + C = D + E och det som ska lösas ut är η från E.

$$\eta = 1 - ((B+C-D) / F)$$

steg 1. Beräkna effekten med Transmission och Ventilation med glasfasad, kallar den P_{glas} .

Formlerna som används är 4.2 och 4.7 P(transmission+ventilation) och utgör en effekt som huset behöver.

$$P_{glas} = U * A * (T_{inne} - T_{glas}) + \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{glas})$$

$$P_{org}(\eta) = U * A * (T_{inne} - T_{ute}) + (1 - \eta) \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{ute})$$

$$P_{glas} = P_{org}(\eta)$$

Det som löses ut är η

$$\eta = 1 - \frac{[U * A * (T_{inne} - T_{glas}) + \rho c_p q (T_{tilluft} - T_{glas})] - (U * A * (T_{inne} - T_{ute}))}{\rho c_p q (T_{tilluft} - T_{ute})}$$

Resultat av beräkning

Eta (η) fås som en energiverkningsgrad och för perioden landar denna på medelvärdet 1,98. Detta innebär att vi har haft betydligt mer bidrag av solen än vad som behövs för ventilation och transmission. Det är även så att i denna beräkning har vi samma felkällor som tidigare och vi kan se i diagrammet nedan att verkningsgraden sticker iväg då uttemperaturen ökar. Om vi istället hade tagit bort alla extremvärden från mätdatan skulle medelvärdet för energiverkningsgraden minska.

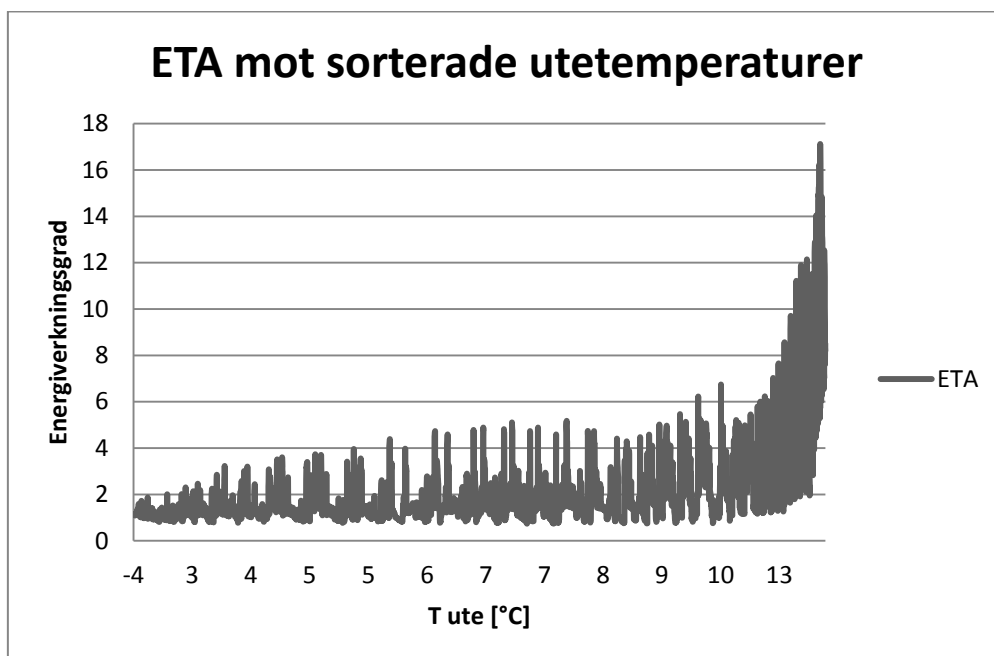


Diagram 4.3. Energifverkningsgraden mot sorterade utomhustemperaturer.

Diagrammets x-axel motsvarar även varaktigheten och svängningarna beror som tidigare på solinstrålningen.

Ett annat sätt att visa energiverkningsgraden är att titta på diagram 4:4. Diagrammet visar att 95 % av beräknade värdena har energiverkningsgraden lägre än fem.

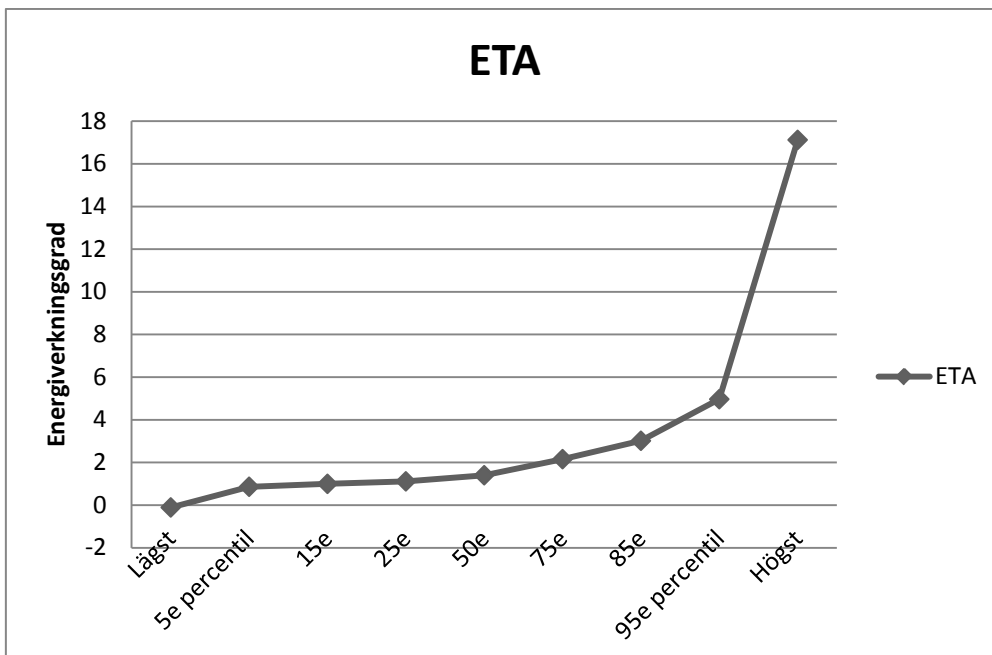


Diagram 4:4. Diagram som visar energiverkningsgraden med hänsyn till percentiler.

5. Simulering av energibehovet för BY22 i datorprogram

Det mest trovärdiga resultatet är det som har mätts upp i verkligheten, dock saknar verkligheten dynamiken för att kunna studera olika faktorer mer djupgående. Dessutom är verklighetsförsök tidskrävande eftersom det krävs långa tidsperioder för att mäta upp olika fall. För att utreda vilka faktorer som påverkar energin samt simulera olika förutsättningar behöver en datormodell byggas upp. När denna sedan byggs upp är målet att den ska motsvara verkligheten så långt som det går. På detta sätt bör datormodellen verifiera resultaten som mätts upp i verkligheten och därmed kunna användas för olika tillämpningar i framtida projekt. En tanke var också att testa hur olika parametrar i datormodellen påverkar resultatet, detta finns det dock inte tid till.

Exempel på frågeställningar som datormodellen kan ge uppfattning om är vilka effekter fås om enbart söderfasaden glasas in. Hur stor skulle den procentuella besparingen bli och vad skulle det kosta i jämförelse med andra fallen. Vad skulle hända om volymen skulle ändras så att glasfasaden fick andra användningsområden?

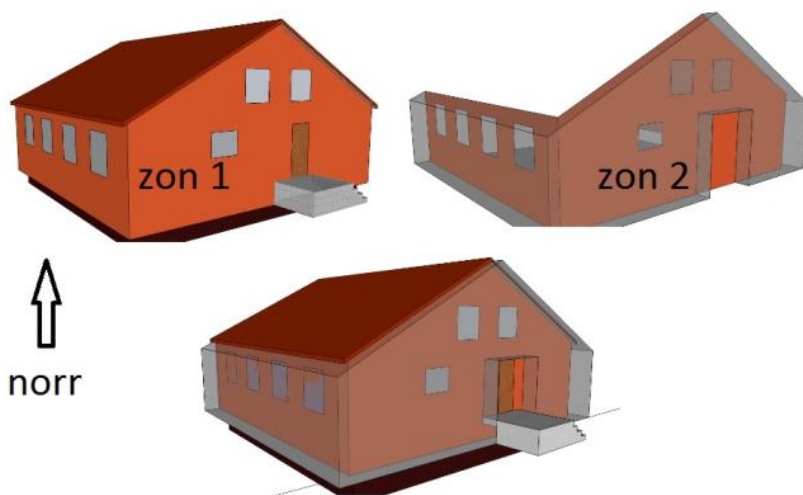


Bild 5:1 Skiss på zoner från SketchUp

Vid simuleringen i datorprogrammen delades huset upp med zoner. Tanken var att bygga upp en zon för huset och sedan lägga på en zon med glasfasaden utanpå. Detta visade sig vara komplicerat och glasfasadens zon delades upp i tre zoner med fasader i väderstrecken mot söder, väster och öster. Zonerna anpassades så att dessa skulle motsvara verkligheten.

5.1. Val av datorprogram samt indata

Första försöket gjordes i VIP-Energy eftersom detta program var det som vi använt i tidigare kurser samt är ett av de program som ofta används vid institutionen och i branschen. Vi modellerar ganska enkelt upp grundfallet och energibehovet för huset. Det blev dock väldigt besvärligt när modellen skulle byggas på med glasfasaden och därför var det nödvändigt att börja om från början med ett annat datorprogram.

Till andra försöket valdes programmet ParaSol som är utvecklat på LTH. På grund av anpassningen av ParaSol och dess begränsningar då det är gjort för att simulera konsekvensen av olika glas och solskyddslösningar samt jämförelse av energi och effektbehov för ett enstaka rum i en större byggnad fick vi byta till DEROB-LTH. Hädanefter kallat enbart DEROB. DEROB är programmet som ParaSol bygger på. DEROB är lite mer invecklat i gränssnittet och kräver lite mer eftertanke från användaren när modellen ska byggas upp. Dock har DEROB liksom ParaSol en väldigt avancerad och verklighetstrogen modell för beräkningar med sol. Samtidigt som vi bytte till DEROB ville vi vara säkra på att få till en modell i slutändan. Parallellt byggdes därför en modell upp i IDA-ICE som är ett välkänt program i branschen och som har moduler för dubbelskalfasader samt avancerade moduler för ventilation. Förvånande nog kunde IDA-ICE inte beräkna vår modell med hänsyn till ventilationen utan större programmerings ändringar. I och med detta har vi inte hittat något program som klarar av att simulera både ventilation och dubbelskalfasad med inverkan av sol.

Indata till simuleringar inhämtades från ritningar och annan dokumentation som finns tillgänglig för projektet. Från ritning A-1-201 mättes areorna upp för väggar, tak och golv. Dessa blir indata till modellen för datorprogrammen, se tabell 5.1:1 nedan. Fönsterareorna fås från tillverkningsritningen 7330 också redovisad i tabell 5.1:1 nedan. I IDA-ICE används ritningen som stöd för att bestämma måtten medan programmet bygger upp och beräknar själv areorna med hjälp av en 3D-modell. De fysikaliska egenskaperna väljs dock samma för att få samma värde som för övriga beräkningar och modeller.



Bild 5.1:1 Ritning A-1-201 på huset

<p>D4H-17-4H LE Vik Argon Täckmålning vit (NCS S0502 Y) Aluminium lack kulör (NCS S7020-Y70R MÖRKGÅRÄ) Inreida spröjs lack vit (NCS S 0502 Y) MTV-4 med underbeslagning Buttblängsm 3/8" * 40 Z Höger inläggande (21) Mötesställe Västerhand ingång (Passiv) (11) Spänjetett Fv S1451 1 (21) Körregele 1225 (11) Handtag Hoppe 0710 H + Handtagspår (21) Spåranslutning Fv 184 (21) Broms Fv 160 (21) Infästning 14mm plac. std. S1451 120 9000 Längd: 2079 Dornöpp: 18 Handtagshöjd: 98-1000 Kolvplaceringar: K650, K1429 (21) Broms Fv 160 Längd: 690 (21)</p>	<p>D4H-17-4H LE Vik Argon Täckmålning vit (NCS S0502 Y) Aluminium lack kulör (NCS S7020-Y70R MÖRKGÅRÄ) Inreida spröjs lack vit (NCS S 0502 Y) MTV-4 med underbeslagning Buttblängsm 3/8" * 40 Z Höger inläggande (21) Mötesställe Västerhand ingång (Passiv) (11) Spänjetett Fv S1451 1 (21) Körregele 1215 (11) Handtag Hoppe 0710 H + Handtagspår (21) Spåranslutning Fv 184 (21) Broms Fv 160 (21) Infästning 14mm plac. std. S1451 120 9000 Längd: 2189 Dornöpp: 18 Handtagshöjd: 98-1000 Kolvplaceringar: K750, K1439 (21) Broms Fv 160 Längd: 650 (21)</p>	<p>D4-17-4 LE Vik Argon Täckmålning vit (NCS S0502 Y) Aluminium lack kulör (NCS S7020-Y70R MÖRKGÅRÄ) Inreida spröjs lack vit (NCS S 0502 Y) Buttblängsm 3/8" * 40 Z Höger inläggande (21) Väster inläggande (11) Spänjetett Fv S1151 1 Handtag Hoppe 0710R (21) Handtag Hoppe 0710R + Handtagspår (11) Vädringsbeslag Fv 92 (21) Broms Fv 160 Infästning 14mm plac. std. S1151 120 9000 Längd: 1375 Dornöpp: 18 Handtagshöjd: Mitt 688 Kolvplaceringar: K125, K622, K1250 (21) S1151 120 9000 Längd: 1375 Dornöpp: 18 Handtagshöjd: Mitt 688 Kolvplaceringar: K125, K622, K1250 (11) Broms Fv 160 Längd: 631 (21) Broms Fv 160 Längd: 631 (11)</p>	<p>D4-17-4 LE Vik Argon Täckmålning vit (NCS S0502 Y) Aluminium lack kulör (NCS S7020-Y70R MÖRKGÅRÄ) Inreida spröjs lack vit (NCS S 0502 Y) Buttblängsm 3/8" * 40 Z Höger inläggande (21) Väster inläggande (11) Spänjetett Fv S1151 1 Handtag Hoppe 0710R (21) Handtag Hoppe 0710R + Handtagspår (11) Vädringsbeslag Fv 92 (21) Broms Fv 160 Infästning 14mm plac. std. S1151 120 9000 Längd: 740 Dornöpp: 18 Handtagshöjd: Mitt 370 Kolvplaceringar: K125, K615 (21) S1151 120 9000 Längd: 740 Dornöpp: 18 Handtagshöjd: Mitt 370 Kolvplaceringar: K125, K615 (11) Broms Fv 160 Längd: 531 (21) Broms Fv 160 Längd: 531 (11)</p>
<p>5 / FD12b 4 St FD191 1400x2285</p> <p>Trä (Ruta 11) 656 x 2201 (Karmfals) (Ruta 21) 656 x 2201 (Karmfals) (Ruta 11) 574 x 2119 (Bågflak) (Ruta 21) 574 x 2119 (Bågflak) Alu (Ruta 11) 534 x 2079 (Yt. Bågtagm.) (Ruta 21) 534 x 2079 (Yt. Bågtagm.)</p>	<p>6 / F22 7 St KT191 1400x1485</p> <p>Trä (Ruta 11) 637 x 1387 (Karmfals) (Ruta 21) 637 x 1387 (Karmfals) (Ruta 11) 555 x 1305 (Bågflak) (Ruta 21) 555 x 1305 (Bågflak) Alu (Ruta 11) 515 x 1265 (Yt. Bågtagm.) (Ruta 21) 515 x 1265 (Yt. Bågtagm.)</p>	<p>7 / F23a 1 St KT191 1200x850</p> <p>Trä (Ruta 11) 537 x 752 (Karmfals) (Ruta 21) 537 x 752 (Karmfals) (Ruta 11) 455 x 670 (Bågflak) (Ruta 21) 455 x 670 (Bågflak) Alu (Ruta 11) 415 x 630 (Yt. Bågtagm.) (Ruta 21) 415 x 630 (Yt. Bågtagm.)</p>	<p>8 / F23 2 St KT191 1200x1020</p> <p>Trä (Ruta 11) 537 x 922 (Karmfals) (Ruta 21) 537 x 922 (Karmfals) (Ruta 11) 455 x 840 (Bågflak) (Ruta 21) 455 x 840 (Bågflak) Alu (Ruta 11) 415 x 800 (Yt. Bågtagm.) (Ruta 21) 415 x 800 (Yt. Bågtagm.)</p>
		<p> Kivillfors Fönster Objekt: Sege Park By 22 o 23, Malmö Sign: KD Datum: 2009-12-08</p>	<p>7330 Sida 2 av 3</p>

Bild 5.1:2 Tillverkningsritning 7330 för fönster

Bjälklaget och taket i huset hade ingen dokumentation, därför identifierades dessa och med vissa antaganden kunde fysikaliska egenskaper beräknas. Dessa byggnadsdelar är samma för båda fallen med eller utan glasfasad men är nödvändiga att ha med i datormodellen så att en uppskattning på den totala energibalansen kan beräknas. Köldbryggor, läckage med mera har inte kunnat utföras.

Golvbjälklaget är gjort av håltegel. Konstruktionen liknar Poroterms tegelbjälklag där sämsta bjälklag har U-värde 0.6. Med denna uppskattning kan λ beräknas till 0,5. Det blir dock komplicerat att ange ett U-värde för bjälklaget eftersom golvet gränsar till en krypgrund och kulvert. Samtidigt som dessa är uteluftsventilerade är uteluftsventilerna placerade innanför glasfasaden där temperaturerna är högre än utomhus. Detta bidrar till att temperaturen i grunden blir högre än vad den kunde ha varit och samtidigt blir systemet trögare mot förändringar eftersom vinden inte kan blåsa igenom fritt. För beräkningarna vill vi inte att grunden skall påverka väggarna och väljer ett lågt U-värde på $0,14 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$.



Bild 5.1:3 Foto från krypgrunden.

Taket är uppbyggt på en traditionell svensk takstol och tjockleken bakom gipsskivan till råsponten mättes upp i den sneda delen till 240mm. Det är denna tjocklek som antas vara konstant över taket. Takets uppbyggnad antas vara inifrån och ut:

- Gipsskiva
- Plastfolie
- Isolering
- Råspont
- Takpapp
- Bärläkt och takpannor

Ett beräknat U-värde för taket fås från datorprogram till $0,157 \text{ [W/m}^2, ^\circ\text{C}]$.



Bild 5.1:4 Mätning av isoleringstjocklek mellan råspont och gipsskiva.

Areor och U-värde för huset.

Tabell 5.1:1 Areor och U-värde för indata.

ORIENTERING	BYGGDEL	AREA (m²)	U-VÄRDE (W/m², °C)
SÖDER	TEGELVÄGG	69,2	1,245
	FÖNSTER	3,5	1,2
	DÖRR	2,1	1
ÖSTER	TEGELVÄGG	48	1,245
	FÖNSTER	4	1,2
VÄSTER	TEGELVÄGG	44	1,245
	FÖNSTER	8	1,2
NORR	TEGELVÄGG	71,3	1,245
	FÖNSTER	2	1,2
GOLV		144	0,14
TAK		144	0,157

Areor och U-värde för glasfasaden.

Tabell 5.1:2 Area och U-värde för glasfasaden

ORIENTERING	BYGGDEL	AREA (m²)	U-VÄRDE (W/m², °C)
SÖDER	Glasvägg	72,7	5,7
	Glastak	-	2,6
ÖSTER	Glasvägg	52	5,7
	Glastak	-	2,6
VÄSTER	Glasvägg	52	5,7
	Glastak	-	2,6

5.2 Simulering i VIP Energy

Som tidigare nämdes användes VIP-Energy i kurser på LTH och institutionen är duktiga att svara på frågor gällande programmet. Detta program valdes och en modell byggdes upp med grundfallet. Sedan uppstod det lite problem för hur modellen skulle anpassas till verkligheten för BY22.

Efter olika modellerings försök insåg vi att vi saknade tillräcklig kunskap om hur VIP- Energy beräknar för att vi skulle kunna anpassa en så avancerad modell som möjligt i programmet.

Efter en längre tids modellering och flera samtal med supporten till VIP-Energy kände vi att det skulle bli för omständigt med många okända parametrar om hur solen skulle inverka på byggnadsdelar och hur solinstrålning skulle kopplas ihop med huset bakom fasaden. Vad vi har förstått är att VIP-Energy inte är skrivet för att behandla två fasader på varandra. Man kan inte sätta en yttervägg som mellanvägg eller innervägg. Det blir även problem med att sätta fönster i en innervägg. Sedan vet vi inte vad som händer med solinstrålningen när zonkopplingen görs.

5.3 Simulering i Para Sol

ParaSol använder bara en del av byggnaden vid simulering. Det är skrivet för att simulera solinstrålning och användandet av solskydd för ett fönster i ett kontorsrum som är en del av en större kontorsbyggnad. Fördelen i vårt fall är att det finns en inbyggd modul för dubbelskalfasad i programmet.

Eftersom vi inte får data för hela huset har vi valt att inte redovisa resultat från simuleringarna.

5.4 Simulering i DEROB-LTH

DEROB är ett simuleringsprogram främst för dynamiska energiberäkningar som rör solinstrålning och solavskärmning. Programmets modul för installationer är näst intill obefintlig. Energiberäkning för värmning av luft med och utan värmeväxlare finns. Programmet klarar av oregelbunden geometri i tre dimensioner.

Ett antal antaganden och förenklingar görs för att få in verkligheten i programmet. Taket simuleras som platt, fyra meter över marken. Huset sätts direkt på marken utan krypgrund. Vi sätter internlast till noll. Ventilationen sätts till 100l/s in och 100l/s ut. Temperaturen inomhus sätts till 21°C och påverkar även tilluften.

Platsen väljs till Malmö enligt
Latitud:57,47
Longitud:11,53
Time meridian:15,00
Rotation: -41

Simuleringsperioden sätts för ett helår till 19950101-19951231 och för perioden som motsvarar vår mätperiod till 19950313-19950502

Klimatet väljs till Goteborg(SE) med motiveringen att det är den enda staden som representerar västkustklimat i södra Sverige i programmet.

För mörkerfall används funktionen No sun och för fallet med sol används timvis soldata från klimatfilen.

Väggarna och materialen byggs upp enligt indatatabellen 5.1:1 samt 5.1:2 för material och enligt bilaga Tekniska data för glas.

Huset byggs upp i DEROB som rektanglar och vrids och roteras enligt hjälpfilen.

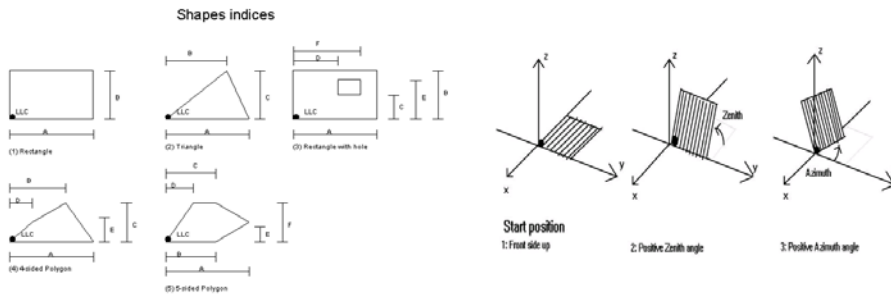


Bild 5.4:1 Skiss från DEROB på hur byggnadsdelar byggs upp och roteras

Uppbyggnaden redovisas i bilagan DEROB som utskrifter från programmet.

För grundfallet byggs norrväggen upp som en rektangelbit med ett fönster och en solid rektangel. Södväggen byggs upp som en bit med en dörr och en solid rektangel. Den östra väggen byggs upp som två bitar med fönster och en solidbit. Västfasaden byggs upp som fyra bitar med fönster. Totalt mäter byggnaden 13x13 m och har höjden 4m. Taket ansluts till Roof och golvet till Ground. Samtliga väggar kopplas mot innevolymen 1 och utåt Outdoor.

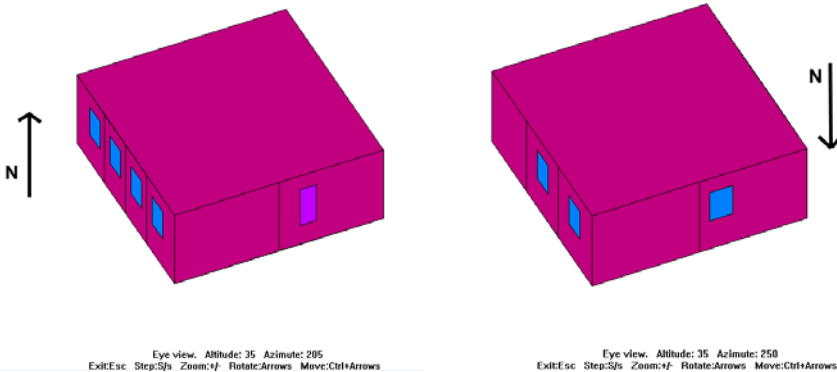


Bild 5.4:2 Bild från DEROB på hur grundfallet är uppbyggt

För fallet med glasfasad ändras tegelväggarnas uppbyggnad till en förenklad version av endast en rektangel med fönster per vägg. Detta görs för att programmet har ett begränsat antal ytor det kan räkna med. Utanför tegelväggarna byggs fönsterväggarna i öst, väst och syd upp med rektanglar av glas. Utvändigt kopplas alla ytorna till Outdoor men invändigt byggs tre volymer upp som delar av tillbyggnaden. De numreras med 1 för huset, 2 för östra tillbyggnaden, 3 för södra tillbyggnaden och 4 för västra tillbyggnaden enligt bild nedan.

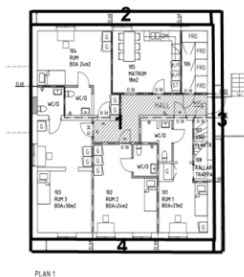


Bild 5.4:3 Skiss över volymerna i DEROB

Resultat simuleringar DEROB

Möjliga simuleringar som kan göras i Derob är exempelvis att simulera med och utan sol, med och utan ventilation och kombinationer av detta för både period och för helår. Vi har valt att simulera med ventilation och sol för både originalfallet och för glasväggsfallet.

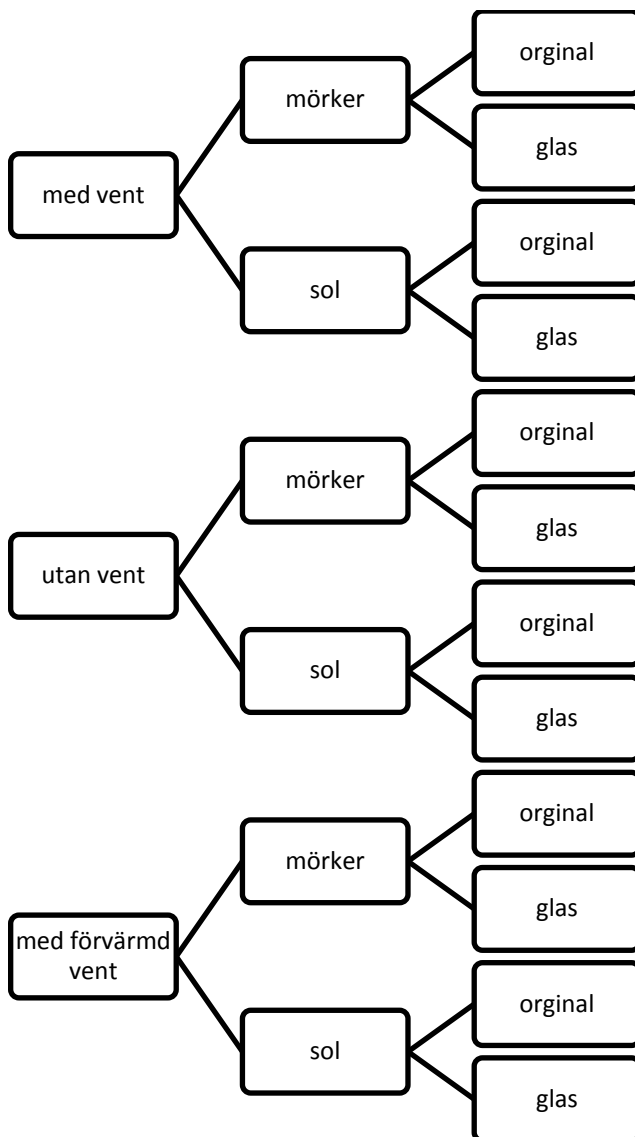


Diagram 5.4:1 Diagram över vilka simuleringar som kan vara aktuella.

Med mörkersimulering menas simulering utan sol. Resultat från den typen av simulering ger rena effektvinsten som enbart tilläggsisolering. Simuleringar med sol ger effektvinsten av den dynamiska tilläggsisoleringen.

För simulerad period och för simulerat helår är det viktigt att kontrollera att inomhustemperaturen inte blir för hög. Övertemperaturer är ett vanligt förekommande problem i hus med stor andel glas i fasaden. Vanligtvis motverkar brukare övertemperaturen genom att vädra men i fallet med glasfasad är detta inte möjligt. Tyvärr finns ingen möjlighet att kyla huset och därför har vi valt att simulera med stängda fönster och ytterdörrar.

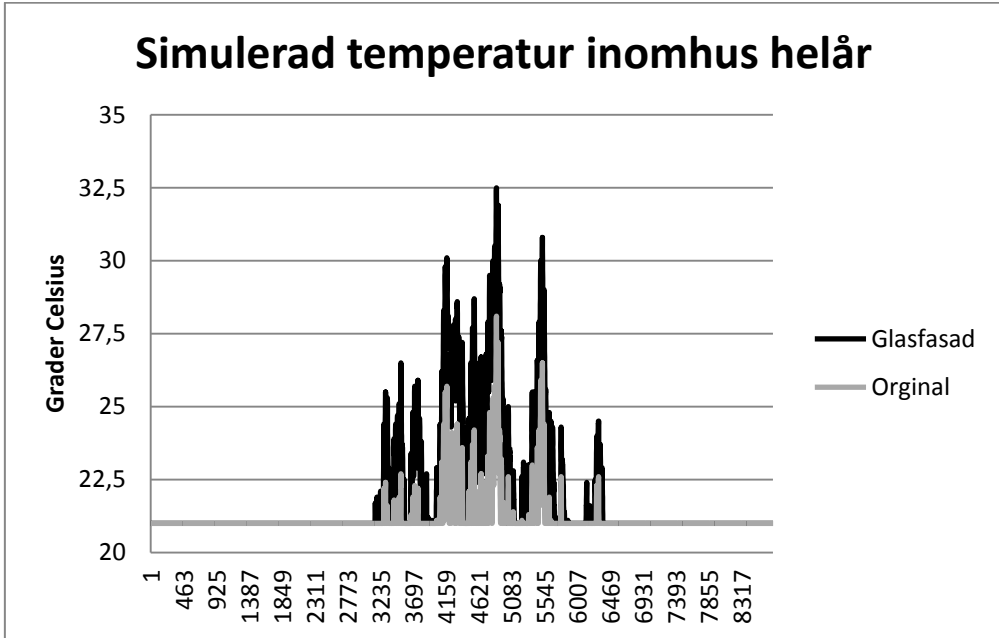


Diagram 5.4:2 Diagram över övertemperaturerna som uppstår i volym1 för de olika fallen redovisat per timme (h)

För den simulerade perioden 2012.03.13 till 2012.05.02 fås inga övertemperaturer utan håller sig på 21°C. Däremot blir det övertemperatur redan den 17e maj med 2°C för huset med tillbyggnaden i glas. För huset utan tillbyggnad i glas fås övertemperatur med 2°C i juni. Huset med glasfasaden får dock mycket högre övertemperaturer och över längre tid.

För att kontrollera om datorprogrammet kan användas för att simulera ett helår görs en simulering av energibehovet för de två fallen original och glasfasad för den studerade mätperioden mars-maj. Differensen mellan dessa två fall jämförs sedan med differensen med handberäkningen för uppmätt period. Besparingen ligger ganska nära varandra med handberäkningen på 1512 kWh för transmission och för Derob på 1965kWh för transmission. Vi anser att detta ligga tillräckligt nära för att använda modellen i DEROB för ett helår. En snabb jämförelse i medeltemperatur för perioden visar att handberäkningens period ligger på 7°C medan perioden i DEROB ligger på 4°C vilket ger olika förutsättningar.

Simulering för perioden 2012.03.13 till 2012.05.02 med klimat från Göteborg ger en energibesparing på 1965kWh enligt tabell 5.4:1 nedan.

Tabell 5.4:1 Månadsvis resultat över energibehovet för perioden

	Original	Glasfasad	
Månad	Uppvärmning (kWh)	Uppvärmning (kWh)	
3	3015	2342	
4	3649	2433	
5	280	205	Differens
Summa	6944	4979	1965

Simulering för helår ger en energibesparing på 9836kWh enligt tabell 5.4:2 nedan.

Tabell 5.4:2 Månadsvis resultat över energibehovet för helår

	Original	Glasfasad	
Månad	Uppvärmning (kWh)	Uppvärmning (kWh)	
1	6762	5820	
2	5991	5013	
3	5532	4456	
4	3650	2434	
5	1828	787	
6	708	182	
7	377	33	
8	755	203	
9	1825	1066	
10	3359	2582	
11	4803	4028	
12	6192	5347	Differens
Summa	41783	31947	9836

För att jämföra med handberäkning för perioden räknas energiverkningsgraden ut enligt

$$P_{glas} = P_{solfångare} + \rho c_p q (T_{inne} - T_{ute})$$

$$P_{orginal} = P_{orginalsol} + \rho c_p q (T_{inne} - T_{ute})$$

$$P_{org}(\eta) = P_{orginalsol} + (\mathbf{1} - \boldsymbol{\eta})\rho c_p q (T_{inne} - T_{ute})$$

$$P_{glas} = P_{org}(\eta)$$

$$P_{solfångare} + \rho c_p q (T_{inne} - T_{ute}) = P_{orginalsol} + (\mathbf{1} - \boldsymbol{\eta})\rho c_p q (T_{inne} - T_{ute})$$

Det som löses ut är η

$$\boldsymbol{\eta} = 1 - \frac{P_{solfångare} + \rho c_p q (T_{inne} - T_{ute}) - P_{orginalsol}}{\rho c_p q (T_{inne} - T_{ute})}$$

Medel för energiverkningsgraden för mätperioden blev 0,85. Timme för timme redovisas i diagram 5.4:3.

Beräkningarna gjordes sedan för helår och medel blev 0,82. Timme för timme redovisas i diagram 5.4:4.

Denna energiverkningsgrad tar enbart hänsyn till transmissionen. Om vi antar att vi kan återvinna 50 % av ventilationen innebär detta totalt sett att energiverkningsgraden för transmission och ventilation ligger på 1,3 för vår konstruktion vilket är nära det beräknade från mätdata på 1,8.

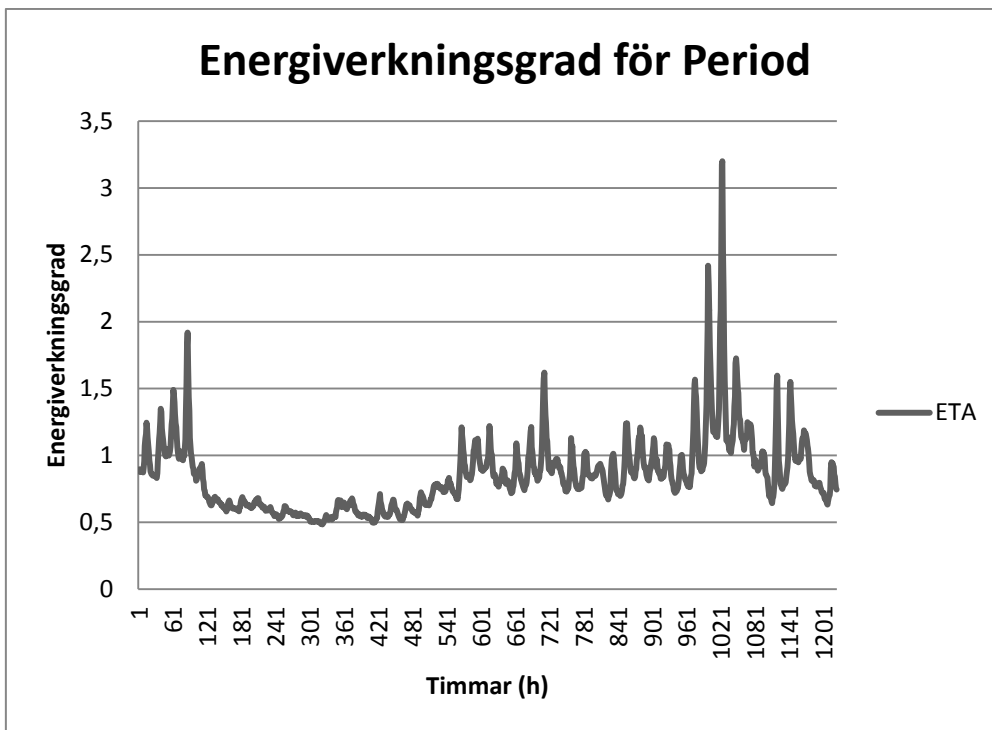


Diagram 5.4:3 Energiverkningsgraden för perioden

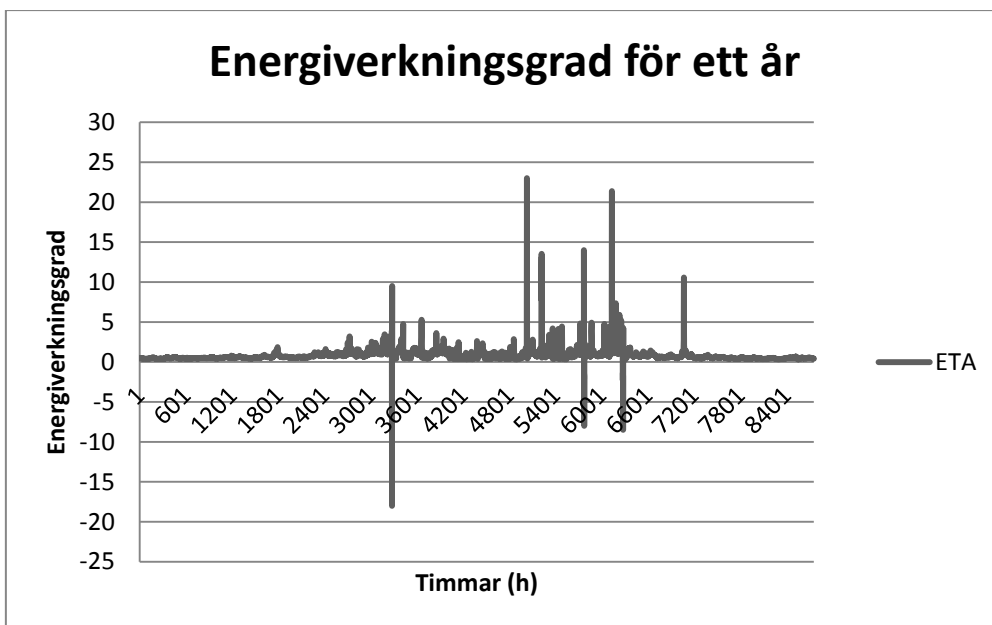


Diagram 5.4:4 Energiverkningsgraden för helår

5.5 Simulering i IDA-ICE

IDA-ICE är ett annat omtyckt program som används i branschen för att simulera energi och värmebehov. Programmet är väldigt avancerat och kan ta hänsyn till väldigt många olika faktorer. Eftersom programmet har många olika parametrar gör det även svårare för användaren att sätta sig in i och välja rätt genom hela modellprocessen. Vid simulering i IDA-ICE har vi haft hjälp av både personal på LTH men även konsultation av expert på SWECO. I programmet bygger användaren upp en 3D modell som speglar den geometriska verkligheten. Sedan med hjälp av valt klimat, orientering och byggnadsdelar vet programmet hur den ska beräkna för att få en energibalans. Så långt är det väldigt likt de andra programmen. Detta projekt är emellertid lite speciellt och en del förenklingar måste göras. Det är även så att programmet kräver av användaren att ange vissa parametrar som är okända och egentligen inte behövs för det syfte att enbart jämföra två fall med varandra, dvs. med eller utan glasfasad. Ett exempel på en sådan parameter är vilket klimat som finns i krypgrunden. Denna är tämligen irrelevant då byggnaden har relativt konstant inomhus-temperatur både med eller utan glas. Därför kommer transmission mot grunden att vara lika i båda fallen. Däremot är det främst tillförd energi som kommer att skilja sig i fallet med eller utan glas.

En stor fördel ansågs vara att programmet har en inbyggd modul för att simulera en glasvägg utanför en befintlig fasad med fönster. Det är bl.a. med denna modul som försöket har gjorts att bygga upp en modell liknande det verkliga fallet i BY22. Det visade sig dock att den förväntade funktionen på denna modul skiljde sig från hur BY22 fungerar i verkligheten.

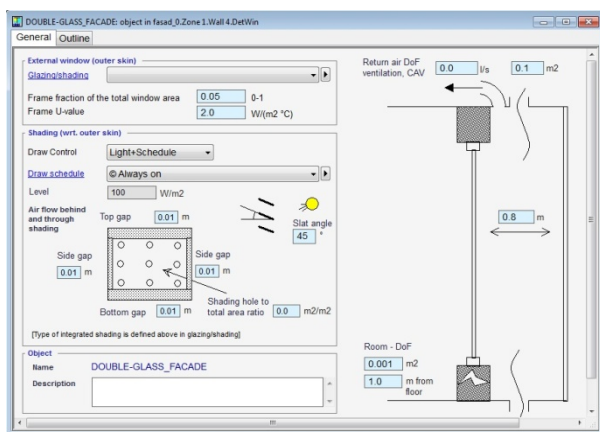


Bild 5.5:1 Modul för ventilerad dubbelskalfasad i IDA-ICE.

Den största svårigheten är att anpassa ventilationssystemet i IDA så att den motsvarar verkligheten. Vi ville använda luften från glasfasaden till vårt ventilationsaggregat så länge den understiger en viss temperatur, när denna temperatur överskrids ska

programmet hämta utetemperatur från klimatfilen.

Vid första anblick verkade det finnas en sådan funktion, se bild 5.5:1. Denna "Return air DoF" har dock inte denna funktion utan betyder att luften tas in via läckage till huset. Denna luftström via läckage räknas dock med i frånluften vilket skulle teoretiskt kunna höja verkningsgraden på värmeväxlaren. Men eftersom värmeväxlaren inte används ger denna extra inläckande luft istället högre förbrukning på ventilationssystemet på grund av att flödet i frånluften ökas. Dessutom blir det svårare att styra temperaturerna på inneluften om vi antar att vi har inläckande luft direkt från fasad, eftersom temperaturerna i fasaden har en extrem variation beroende på om det är sol eller ej.

Trots att iden att använda modulen för dubbelskalfasaden inte fungerade ville vi inte ge upp riktigt utan försökte bygga upp modellen med det fallet att fasaderna byggs upp som separata byggnader ihopkopplade med huset. Detta hoppades vi skulle göra att vi får separata ventilationssystem och kan ta in luft från en zon till en annan. Tyvärr räknar inte IDA-ICE dessa som separata byggnader och det gick inte att välja ventilationsaggregat för varje zon där vi skulle kunna styra flöden och temperaturer. Av denna anledning räknar vi fortsättningsvis alltså inte alls med någon ventilation i IDA-ICE. Ventilationen sätter vi till noll och alla fläktar är avstängda i följande simuleringar. Detta påverkar resultatet så att högre temperaturer kommer att fås i fasaderna men även i huset när vi tar bort ett flöde som skulle ventilera bort övertemperaturer.

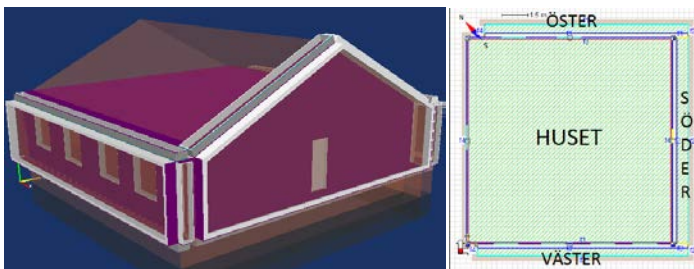


Bild 5.5:2 Den vänstra bilden visar 3D modellen i IDA och den högra visar zonuppdelningen.

IDA-ICE räknar även glas zonerna till byggnaden och summerar arean och den totala volymen. Detta ger upphov till att U_{medel} och A_{temp} för huset ökar eftersom glasfasadens höga U -värde räknas som en del av byggnaden. Lyckligtvis går det att ställa olika energiparametrar för varje zon och därmed välja bort uppvärmningen till glasfasadens zoner. Med denna möjlighet anges bara uppvärmning i zonen för huset. Glasfasadens börtemperaturer sätts till att vara tillåtna från -14 till 100°C för att visa att temperaturen i glasfasaden inte spelar någon roll.

Resultat simulering IDA-ICE

Tabell 5.5:1 Högsta och minsta temperaturer som fås i zonerna.

Zone	Min temperatur °C	Max temperatur °C	Max solinstrålning W/m ²
Huset orginal	20,99	27,37	31,41
Huset + fasad	20,94	35,27	5,533
Söderfasad	-6,45	46,55	3236
Östfasad	-6,168	41,08	1551
Västfasad	-6,232	48,6	3087

När en simulering över året görs visar tabell 5.5:1 ovan vilka temperaturer som erhålls och hur mycket solinstrålning som kan tillgodogöras i de olika zonerna. Från denna simulering kan vi se att när glasfasaden adderas till byggnaden minskar solinstrålningen.

Tabell 5.5:2 Sammanfattad utdata från IDA-ICE för ett år

	Utan glas	Med glasfasad
Golvarea [m ²]	140,7	160
Volym [m ³]	365,7	427,6
Omslutningsarea [m ²]	265,6	194
Andel fönster [%]	5,5	69,8
Umedel [W/C, m ²]	1,284	3,72
Omslutning/Volym [m ² /m ³]	0,73	0,45
Levererad energi [kWh]	52144	32122
kWh/m ²	370,6	200,8

För att studera detta närmare så tittar vi vidare på zonerna. Eftersom ventilationen är avstängd tar vi inte hänsyn till att studera perioder för övertemperaturer eller för fuktighet, eftersom dessa faktorer påverkas av ett ventilationsflöde.

Ett försök gjordes med att ställa in i programmet att luften tas från en zon till en annan. Denna skulle då utgöra tilluften, detta gick inte att göra i befintlig version och bekräftades även av EQUA som kunde programmera en sådan modul vid beställning. Detta är väldigt förvånansvärt eftersom det är ofta att byggnader tar vara på frånluften och använder den till bl.a. garage, där det skulle vara av nytta att veta hur mycket energibesparingen skulle kunna bli samt hur mycket värme ventilationsluften bidrar med. Vi försökte även att göra egen temperatur fil där vi ville ta in temperaturerna som vi fick som resultat i söderfasaden. Tanken var att om programmet kan ta använda de beräknade temperaturerna som tilluft så kan vi använda dessa åtminstone under uppvärmningsperioden så kunde vi ändå analysera hur

mycket som skulle kunna sparas genom förvärmning av tilluft. Tyvärr klarade inte programmet av att länka till resultattemperaturerna. När nästa simulering skulle göras med dessa temperaturer som grund valde antagligen programmet att ta bort resultatet och börja om från början eftersom referensen saknades. Ett försök gjordes även med att skapa en egen klimatfil, men detta hade inte heller fungerat eftersom förutsättningarna för hela modellen förändras. Om temperaturerna i söderfasaden skulle skrivas in som utomhustemperatur till en ny klimatfil påverkar det transmissionen samt alla andra parametrar gällande fuktighet med mera.

6. Styroptimering av ventilationssystemet

Enligt teoriberäkningen med uppmätta temperaturer visade sig att besparingen är ca: 1280 kWh (enbart transmission) för perioden där loggade värden kunde användas. Som det tidigare diskuterats är denna besparing överskattad för de delar av mätperioden då sol förekommit med tanke på att temperaturerna för effektbehovet utan glasfasad baseras på temperaturen från norrfasad. I beräkningen har det antagits att fläkten för omblandande systemet har varit igång konstant och förbrukar 240W/h.

Från början antogs att det omblandade systemet 5702 som flyttar luft mellan glasfasaderna skulle sluka mer elenergi än vad värmeenergiebesparingen är från glasfasaden. Detta antagande har visat sig vara fel och omblandade systemets förbrukning är bara en bråkdel av den energin som sparas. Den förbrukade energin för omblandande systemet var 236 kWh och detta motsvarar 17 % av besparingen. Observationer visar att omblandade systemet behövs enbart då solen skiner och temperaturskillnader finns mellan fasaderna. Därför uppstod funderingar kring hur minskning i användningen av omblandade systemet ska ske med hjälp av styrningen.

Ett förslag är att styra efter temperaturer som ska utgöra en skillnad på minst 5°C mellan söderfasad och resterande inglasade fasaderna för att omblandningssystemet ska gå igång. Med detta förslag slösas inte energin under de perioder där det är mulet/natt osv. Enligt denna teori visade beräkningar att tiden för fläkten då den är aktiv skulle vara endast 17 % av tiden motsvarande idag och förbruka 40,6 kWh jämfört mot dagens 236 kWh för uppmätta perioden.

Det är dock lite mer komplicerat i verkligheten. Under den uppmätta perioden har fläkten de facto varit aktiv utan styrning, vilket har påverkat hur temperaturerna utjämnats mellan fasaderna. Detta har bidragit till att transmissionsförlusterna minskat i högre grad eftersom kallare fasader har fått varmare lufttemperatur. Det är sedan dessa temperaturer som ligger till grund för beräkningen av transmission och avdrag för omblandade systemets förbrukning.

Eftersom det omblandande systemet varit igång är det svårt att veta vilka temperaturer som kommer att fås då det inte är igång och hur stor besparingen blir i transmission.

Vi har dock observerat att det omblandade systemet är onödigt då solen inte skiner genom att jämföra ögonblicksbilder från när systemet används och när det är avstängt vid samma förhållanden, men då vi inte har någon data på detta kan vi inte hävda det.

Styroptimering

Vi har även tittat på styroptimering av hela systemet. Viktiga frågor som vi har ställt oss har varit:

- När ska man använda kylfall?
- När ska man använda värmefall?
- När ska man använda takfönster?
- När ska man ta in tilluft i söder?
- När ska man ta in tilluft i norrfasaden?
- Hur ska man använda värmesystemet?
- Vad är dimensionerande?

Under arbetets gång har vi successivt arbetat oss igenom några av dessa ställda frågor och sammanfattat till minst tolv olika fall som kan inträffa. Detta visar att det är lite för enkelt att endast styra med de två fallen kyla respektive värme.

12 fall

Tabell 6:1 Tolv styrfall

1	2	3	4	5	6
Uppvärmningsbehov	Uppvärmningsbehov	Uppvärmningsbehov	Uppvärmningsbehov	Inget uppvärmningsbehov	Inget uppvärmningsbehov
Tilluft Fasad	Tilluft Fasad	Tilluft Norr	Tilluft Norr	Tilluft Fasad	Tilluft Fasad
Ingen omblandning	Omblandning	Omblandning	Ingen omblandning	Ingen omblandning	Omblandning
Takluckor stängda	Takluckor stängda	Takluckor stängda	Takluckor stängda	Takluckor stängda	Takluckor stängda
Kulvert stängd ingen evakuering	Kulvert stängd ingen evakuering	Kulvert stängd ingen evakuering	Kulvert stängd ingen evakuering	Kulvert stängd ingen evakuering	Kulvert stängd ingen evakuering
7	8	9	10	11	12
Inget uppvärmningsbehov	Inget uppvärmningsbehov	Inget uppvärmningsbehov	Inget uppvärmningsbehov	Inget uppvärmningsbehov	Inget uppvärmningsbehov
Tilluft Norr	Tilluft Norr	Tilluft Norr	Tilluft Norr	Tilluft Norr	Tilluft Norr
Omblandning	Ingen omblandning	Ingen omblandning	Ingen omblandning	ingen omblandning	ingen omblandning
Takluckor stängda	Takluckor stängda	Takluckor öppna	Takluckor öppna	Takluckor öppna	Takluckor stängda
Kulvert stängd ingen evakuering	Kulvert stängd ingen evakuering	Kulvert stängd ingen evakuering	Kulvert öppen ingen evakuering	Kulvert öppen Evakuering	Kulvert stängd Evakuering

Styroptimeringen har utvecklats till scheman med villkor och åtgärder som förklaras nedan.

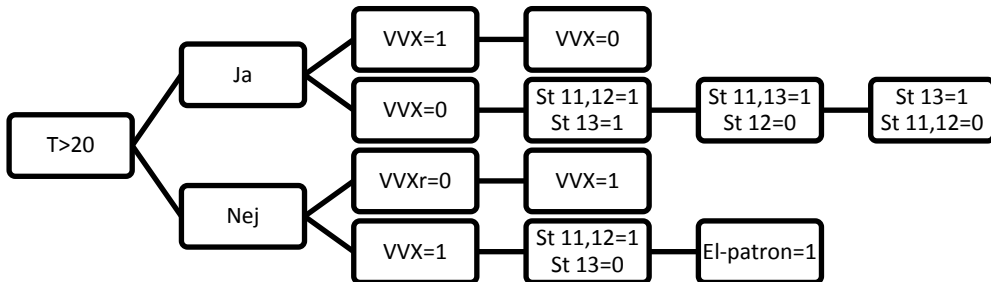


Bild 6:1 Flödesschema för Ventilation, system 5701

Bild 6:1 visar förslag på schema på förslag för ventilationssystemet och läses från vänster till höger med startvillkor för tilluftstemperaturen är större än 20 grader. Om villkoret $T > 20$ stämmer kontrollera om värmeväxlare är igång, är denna igång slå av rotern. Om rotern redan är frånslagen öppna alla spjäll ST11-13 för blandning av tilluft. Om tilluftstemperaturen fortfarande är för hög stäng spjäll ST12. Som sista åtgärd stäng både spjäll ST11 och ST12. Om temperaturen fortfarande är för hög fås övertemperatur och denna kan man inte göra någonting åt. Om villkoret $T > 20$ inte stämmer kontrollera om värmeväxlaren är igång. Om så inte är fallet starta värmeväxlaren. När växlaren är igång öppna spjäll ST11 och ST12 samt stäng ST13. Som en sista åtgärd startas elpatronen för att öka tilluftstemperaturen till 20°C.

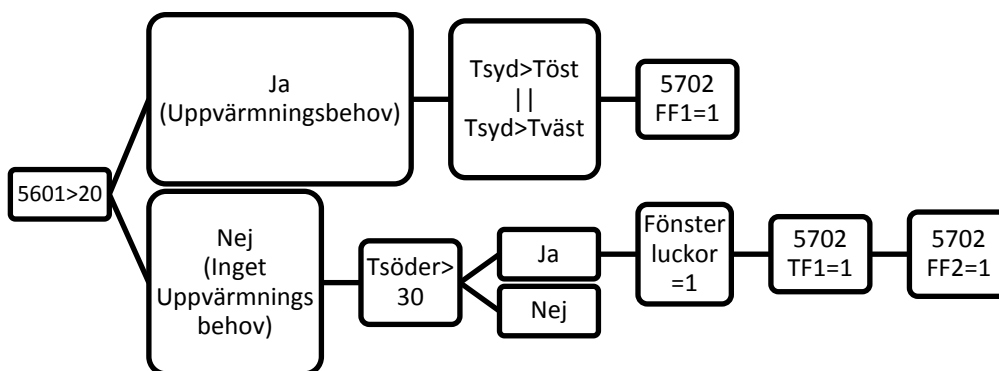


Bild 6:2 Flödesschema för omblandande system i glasfasad system 5702.

Bild 6:2 visar schema på förslag för ventilationssystemet och läses från vänster till höger med startvillkor för framledningstemperatur i värmesystem 5601 större än 20 grader. Om villkoret stämmer kontrolleras nästa villkor som är att temperaturen i söderfasaden är 5 grader högre än antingen temperaturen i västfasaden eller i östfasaden. När detta villkor stämmer startas omblandningen med fläkt 5702-FF1.

Om sista villkoret inte stämmer görs inget.

Om startvillkor 5601 > 20 grader inte uppfylls och temperaturen i söderfasaden är större än 30 grader öppnas fönsterluckor i söderfasaden. Om temperaturen i söderfasad fortfarande överstiger 30°C startas fläkt 5702-TF1 i betongrör. Som en sista åtgärd evakueras den varma luften med fläkt 5702-FF2.

För att inte systemen skall slå för fort bör en fördröjning läggas in mellan varje kontroll av villkor. Lämpligt tidsintervall har inte utvärderats. Detta gäller för båda styr-scheman.

7. Erfarenheter och observationer

Under arbetets gång har en del observationer gjorts, dessa redovisas här. En del av dessa observationer berör inte direkt vårt examensarbete men är viktig erfarenhet av systemet som vi utvärderat.

Den centrala styrningen av fjärrvärmens sänkte framledningstemperaturen till shuntgruppen till 20°C så att huset inte kunde värmas trots värmebehov.

Uppmärkning av rör på vind är något förvirrande och enstaka skyltar är direkt felaktiga. Vid första överblick insåg vi att beteckningar på spjäll, fläktar med mera har samma beteckningar. Detta blir lite förvirrande eftersom de första siffrorna benämner vilket system det handlar om. Exempelvis 5701-ST11 och 5702-ST11 är två helt olika spjäll. Dock på spjällen anges inte systemets beteckning utan det står enbart ex ST11. Detta kan vara en branschstandard men kan leda till oönskade konsekvenser.

Värmeväxlaren i ventilationsaggregatet är ur funktion. Tydligen ska detta vara felanmält och kommer att åtgärdas.

Vid observerad temperatur på +2°C ute och soligt väder, visade temperaturgivarna (5702-GT21) i söderfasaden +28°C och +21°C. Detta medförde att styrsystemet aktiverade driftläge kyla, dvs. fläkten i betongröret startades och glasfasaden började evakuera luften. Samtidigt visade temperaturgivarna i tilluftskanalerna från glasfasaden in i ventilationssystemet 5701 +13,1°C och +14,9°C. Med denna observation kan man tänka sig att givarna i södra glasfasaden visar fel. Denna observation ledde senare till att dessa fick avskärmas från sol.

En fundering gällde valet att ta luft in från norrfasad. Denna styrs så att när medeltemp på tempgivare på söderfasad i nock >20°C, tas frisk luft in från norr. Detta blev fel i januari när det var 2°C ute men givarna visade 30°C vilket gjorde att tilluften slog om till kylläge och skickade in obehandlad 2°C tilluft.

Värmebatteriet benämnt ELB1 borde anslutas till styrsystemet så att det kan startas och stängas automatiskt med hänsyn till uppmätt tilluftstemperatur. Resultaten under vår mätperiod tyder på att då värmeväxlaren kommit igång så bör värmebatteriet inte behöva användas eftersom resterande temperaturhöjning ska kunna fås i glasfasaden. Detta beror naturligtvis både på klimatet och på värmeväxlarens verkliga prestanda vilket ej studerats. Så som systemet fungerar idag måste elbatteriet aktiveras manuellt via en operatörspanel kopplad direkt till ventilationsaggregatet. Detta medför risk att elbatteriet används felaktigt eller inte alls.

I hus med lågt energibehov och där det finns risk att få övertemperaturer på tilluft bör det finnas möjlighet att förbi koppla värmeväxlaren.

En åtgärd som vi aldrig observerat under mätperioden är att öppningsluckorna på södernock aktiveras automatiskt. Kanske är styrtemperaturen satt för högt.

Vi funderade på vilka var de maximala luftflödena för ventilationssystemet samt vad vi har för tryckförhållande i huset. Från tryckfallsmätningen observerades att glasfasaden är tryckutjämnad mot uteluften. Sedan reglerade vi flöden manuellt på ventilationsaggregatet för huset och observerade följande:

Vid lågt luftflöde genom ventilationsaggregatet fås $Q_{in} = 30$ l/s och $Q_{out} = 10$ l/s, detta innebär att övertryck fås i huset. Övertryck medför risk för skadlig fuktkonvektion genom klimatskalet. Samma trend följer även om vi ändrar flödet till nästa steg och då visar aggregatet 50 l/s in fås 43 l/s ut, dock vid maxläge har vi en helt annan tryckbild. Då fås 98 l/s in och 118 l/s ut, dvs. undertryck i huset. Ytterligare studie för att förklara observationen har inte gjorts.

En annan iakttagelse är att omblandande systemet växlar fram och tillbaka mellan kylfall och värmefall när temperaturgivarna som är satta som indikatorer på söderfasaden ligger nära denna satta gräns T medelvärde $< 20^{\circ}\text{C}$. Förmodligen är det därför bättre att använda utomhusgivare eftersom dessa har en längre tidskonstant och är trögare. Trögheten på givarna är ca 20 minuter enligt besiktningsmannen. Detta skulle medföra att systemet svänger långsammare. Det som också borde läggas in i styrningen är en kurva med hysteres eller en tidskonstant som efter växlat driftfall får fördröjning på en tidsperiod innan nästa växling kan göras.

Med bilderna 7:1 och 7:2 vill vi visa hur stor skillnad det kan vara på temperaturerna mellan fasaderna en kall vinterdag när solen har stått på. Eftersom det inte fanns tillgång till någon loggad data har vi förlitat oss på ögonblicksbilder. Notera att teglets temperatur ändras snabbare än luftens. Värmen från teglet avges under en längre tid och även då solen gått i moln och fungerar därför som ett trögare system.

Samtidigt som PLC-n visar att luften i söderfasaden är $16-17^{\circ}\text{C}$ visar IR-termometern på samma fasad att väggens yttemperatur ligger på 29°C när solen ligger på. Den västra fasaden befinner sig i skugga och då visar PLC-n lufttemperatur på $10-11^{\circ}\text{C}$, samtidigt mäts med IR-termometer också en temperatur på 10°C . Med denna observation kan vi dra slutsatsen att då det inte finns solsken blir lufttemperaturen och yttemperaturen lika. När solen skiner blir det stor skillnad mellan yttemperaturen och lufttemperaturen, vilket är förväntat.

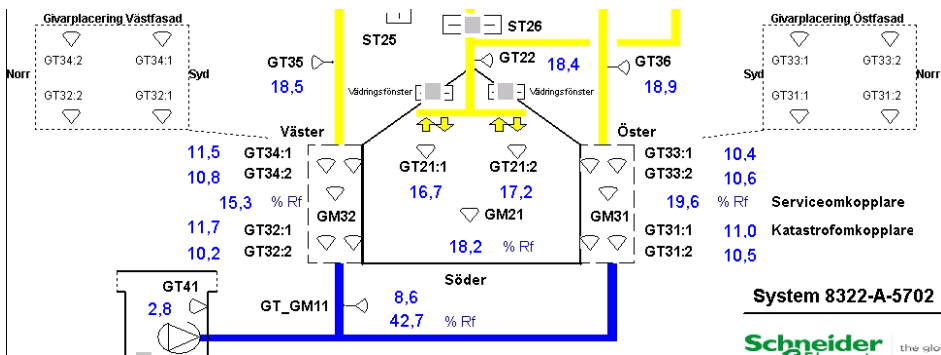


Bild 7:1 Stillbildsbild från PLC-n av temperaturer



Bild 7:2 Höger bild visar temperatur på västfasad, vänster bild visar temperatur på söderfasad.

När ombländningssystemet stängdes av för att kontrollera vad som händer så steg lufttemperaturerna på öst och västfasaden med 2-3°C medan söderfasadens lufttemperatur ökade mer än 3°C.

Det fanns även en misstanke om att någon av de olika temperaturgivarna i ventilationsaggregatet visar fel då skillnaderna i lufttemperatur i ventilationsaggregatet vid ett tillfälle var 13,3°C till 17°C på samma mätpunkt. Med tanke på att det inte finns någon förvärmning mellan de olika givarna samt att kanalerna är isolerade så är vi tvungna att kontrollera vilka temperaturer som gäller. Därför har vi stängt av ventilationsaggregatet och öppnat det så att det kan acklimatiseras mot inneluften och då får vi se hur mycket skillnad vi har i temperaturer och RF på de olika givarna. Skillnaden mellan givarna är att den ena sorten endast mäter temperatur medan den andra sortens givare även mäter relativfuktighet. Givarna visas i bild 7:3 nedan. Givarnas placering i aggregatet visas i bild 7:4, de sitter närmast rotorn i de fyra facken.

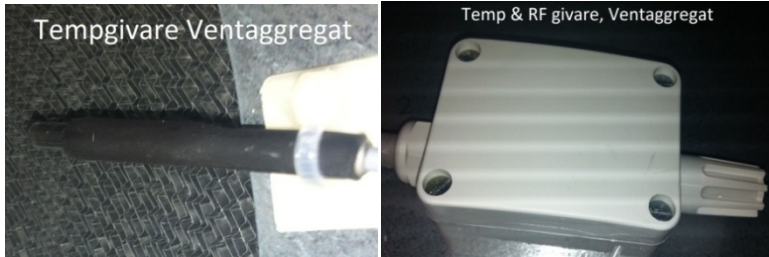


Bild 7:3 Båda bilderna visar temperaturgivare i ventilationsaggregat.

Temp och RF givare heter F(T)A54 och har en noggrannhet på $\pm 2\%$ i intervallet 35-75 % RF samt $\pm 0,3\%$ noggrannhet på temperaturintervallet.



Bild 7:4 Ventilationsaggregatet i närbild

Placeringen av de små givarna som endast mäter temperaturer är intill rotorn medan placering av de större givarna som mäter både temperaturer och luftfuktighet är på plåten mitt i utrymmet.

Före acklimatiseringen kan vi se att temperaturerna på samma kanal skiljer sig väsentligt.

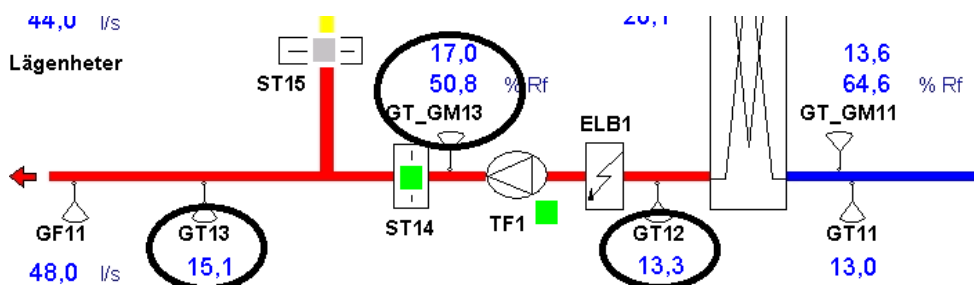


Bild 7:5 Ögonblicksbild från PLC-n visar ventilationsaggregat före acklimatisering

Efter en stund med öppet aggregat kan vi se att givarna har anpassat sig mot inomhustemperaturen.

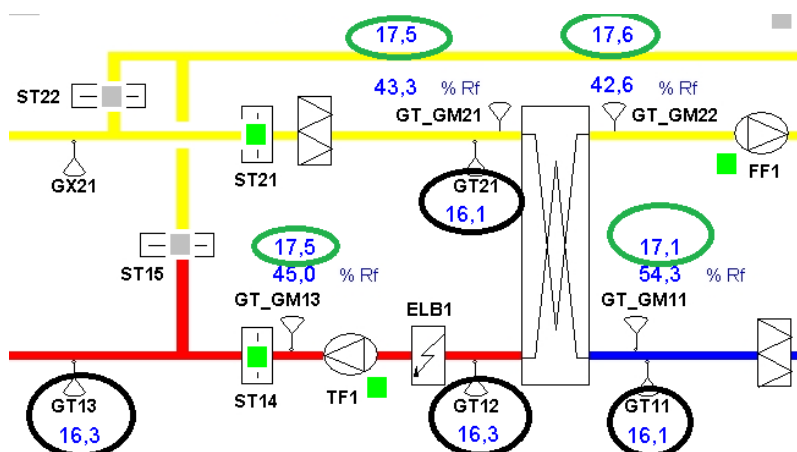


Bild 7:6 Stillbild från PLC-n visar ventilationsaggregatet efter acklimatisering

Mörka ringarna visar befintliga temperaturgivare. De gröna är de nya givarna som ska mäta RF och temp i aggregatet. Vad vi också kan se är att givarna skiljer sig från varandra dock ligger de inom samma område för sin serie. De nya givarna visar ca 1°C högre temperatur, exempelvis 17,1°C och 16,1°C vid samma mätpunkt. Detta kan bero på att de har ett skyddande filter och att mätpunkten är skyddad under en skyddsskåpa där av påverkar inte luftflödet genom aggregatet temperaturmätningen. Det vi kan konstatera är att ingen av givarna visar alldeles för onormala värden.

En annan viktig aspekt är att förstå vad som händer med temperaturerna på fasaderna. Det har varit stora problem att mäta rätt temperaturer i detta projekt och som första åtgärd har vi lyckats skärma av temperaturgivarna på fasaden från solinstrålningen. Dock uppmärksammades följande fall vid ett tillfälle.

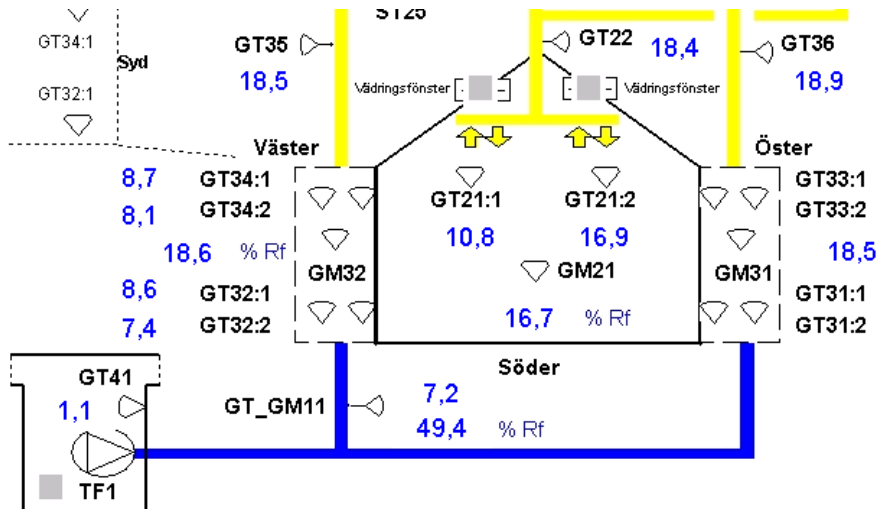


Bild7:7 Stillbildsbild från PLC-n visar snedfördelad temperatur på söderfasaden

Flödesschemat visar att utomhustemperaturen via GT41 är ca $T_{ute} = 1^{\circ}\text{C}$. På söderfasaden kan vi avläsa att temperaturerna skiljer sig väsentligt. Beakta att temperaturgivarna är skyddade med solavskärmning. Förklaringen syns på bilden nedan.



Bild 7:8 Foto på söderfasad, vänster givare i skugga

Som bilden visar är den vänstra temperaturgivaren i skuggan från framförvarande byggnad och den högra är exponerad för solen. Detta ger att tegelfasaden blir varmare på den högra sidan och därmed blir även lufttemperaturen varmare i den delen av fasaden.

Under utvärderingsperioden har det uppstått observationer som inte kunnat förklaras. Söderfasadens östra del har alltid visat ett par grader varmare lufttemperatur vid kylfall. Detta antogs vara eventuellt fel från givare. När kylningsfunktionen skulle testas och flöden skulle mätas upp upptäcktes att inblåsningen inte fungerade från markkanalen.

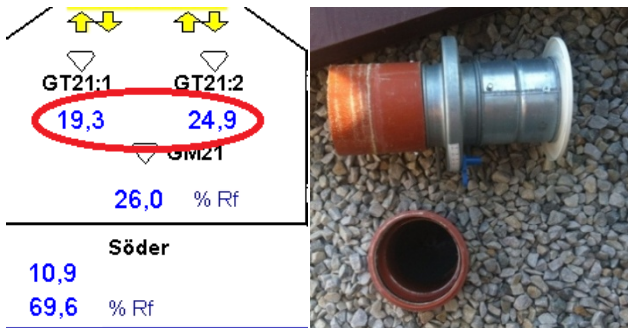


Bild 7:9 Inblåsning från markkanal ur funktion i söderfasad.

Vid kylfall aktiverat blåser fläkten från betongröret in luft med lägre temperatur till glasfasaden via markkanal. Det visade sig att donen på den östra sidan på söderfasaden inte gav något flöde. Därför hade vi 5°C högre temperatur på den östra södersidan.

Vi påpekade detta för entreprenören som ansvarade för ventilationsarbetena varvid en utredning startades. Det uppdagades att ett skyddslock satt kvar i övergången mellan aluminiumkanalen i huset och plastkanalen ute i marken.

En annan iakttagelse var att temperaturen på en av givarna skiljde sig markant från resterande värden. Men felet kunde snabbt lokaliseras och åtgärdas, skyddsfolien hade lossnat, se bild 7:10. Där av vikten igen av att mäta rätt och att man väljer hållbara utföranden.

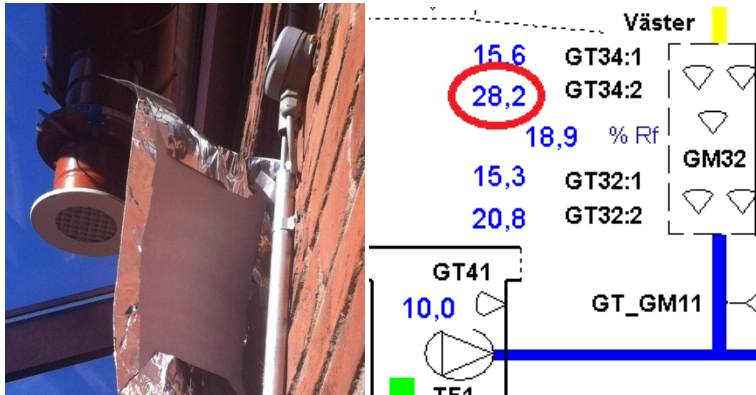


Bild 7:10 Solavskärmning fallerat, bild till höger visar konsekvensen.

För att säkerställa vad som mäts och hur givarna fungerar har vi plockat ner en av givarna från fasaden. Under plastkåpan finns ett litet kretskort och där sitter en temperatursensor. Denna sensor sitter placerad inne i plastkåpan och som beskrivet i avsnitt 3.3.1 antas att sensorn påverkas genom plastkåpan av solinstrålningen.



Bild 7:11 Närbild på utetemperaturgivare på fasad.

Temperaturgivare TEU PT 1000. Utomhusgivare med noggrannhet $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ vid 0°C .

Temperaturens mätpunkt ligger inne i plastkåpan i närhet av den runda punkten på ryggen av plastkåpan. Givaren placeras på fasaden och fästs på plats med öronen på plastkåpan.

Eftersom värmeåtervinningen i ventilationsaggregatet inte har varit i funktion under utvärderingsperioden har det inte funnits möjlighet att utvärdera och studera en eventuell överluft och ackumulering av vattenhalt i ventilationssystemet genom ventilationsaggregatet. Jensen (2010) har studerat fuktöverföring i roterande värmväxlare och en intressant frågeställning att studera var fuktförhållanden i den roterande

värmeväxlaren och om eventuell fuktöverföring sker från frånluften till tilluften. Roterande värmeväxlare utgör en risk att dofter och fukt kan återföras tillbaka till byggnaden. Med hjälp av observationer kan dock konstateras att det inte dröjer lång tid från det att duscharna sätts igång tills uppmätta värden på 100 % RF i ventilations aggregat fås i frånluften. Diagram 7:1 visar denna peaken den 4/2 då vattenhalten steg till 20 g/m³ på endast någon minut med samtliga fyra duschar igång.

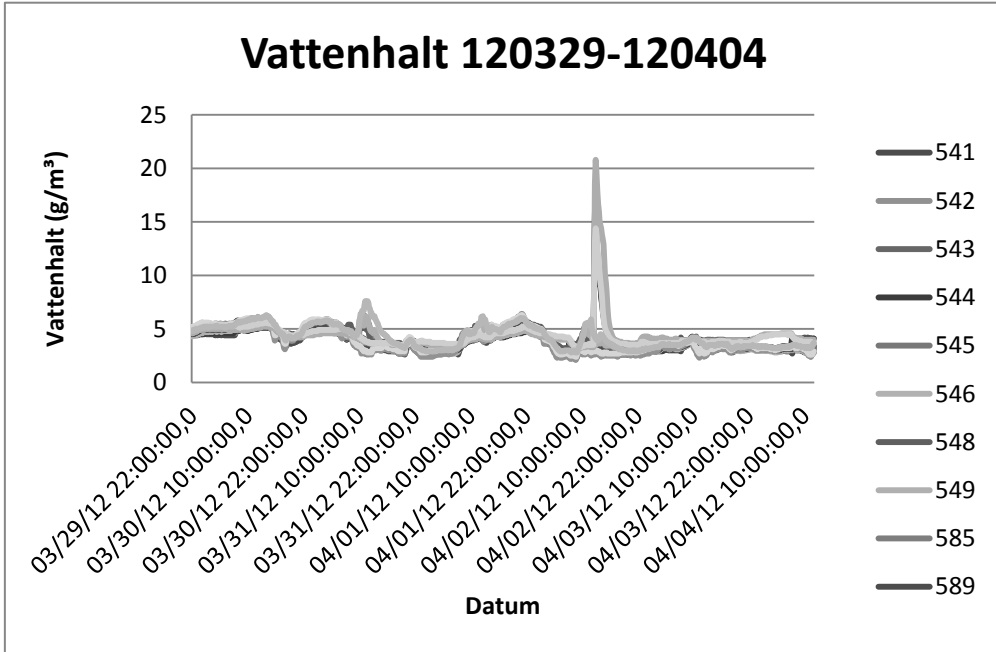


Diagram 7:1 Vattenhalt i huset under perioden 20120329-20120404.

8. Diskussion och slutsatser

Temperaturmätningarna tyder på att en uppvärmning av uteluften sker i glasfasaden. Detta innebär att mängden köpt energi kan reduceras både med avseende på transmissionsförluster och värmning av ventilationstilluft.

En idé om hur man skulle kunna betrakta detta är att glaset skulle kunna motsvara att huset flyttas till ett klimat med högre utetemperatur motsvarande den som fås i glasvolymen. Uteklimatet är också snällare ur energianvändningssynpunkt för vindens del eftersom även vinden (dess avkylande effekt) minskar.

Som tidigare nämnts har det förekommit svårigheter med att komma åt systemets loggade värden. För att kunna fastslå exakt hur stor energibesparing som erhålls bör bl. a en längre mätperiod utvärderas.

Temperaturhöjningen bekräftas i teorin där den diffusa solinstrålningen är en påverkande del. Självklart påverkas utrymmet i glasfasaden även från husets uppvärmning som genererar transmission genom väggarna till glasfasaden under kalla perioder och bidrar till en temperaturökning. Likväl gäller det omvända fallet när solen strålar direkt in i glasfasaden och värmer upp tegelväggen. Då vänder transmissionsflödet till att gå från glasfasaden och in till huset. Detta kan under vissa perioder under året skapa övertemperaturer inomhus när vi har mer bidrag från fasaden än vad som behövs för uppvärmningen. Det är dock denna effekt vi vill ta hand om och tillgodogöra oss genom att vi inte behöver värma huset lika mycket. Kalla perioder vill man ha all denna gratis energi som skapas och förskjuter därmed uppvärmningskurvan för att inte få övertemperaturer. Varma perioder måste dock denna gratisvärme begränsas genom att ventileras bort eller skärmas av glaset. En positiv observation är att glasfasadens tak har isolerglas, dessa hjälper till att avskärma en del av den kortvägiga solstrålningen vilket är till nytta när solen står som högst under varmaste perioden. Då bidrar isolerglas till att dämpa effekten från solen.

Vi har dock inte kunnat studera när det blir varmest i fasaden, men enligt teorin bör detta inte ske under den varmaste perioden, dvs. sommaren. Detta har förklarats i teorin genom att beakta solens höjd som påverkar med vilken infallande vinkel som solen träffar glasfasaden. Detta kan studeras först när det finns mätdata för ett helt år. Storleken på den minsta isolerande effektvinningen görs för vår byggnad under molniga dagar och nattetid. När vi nu har studerat våren har vi sett att temperaturförhöjningen i glasfasaden ligger som lägst 4 grader och upp till 30 graders temperaturhöjning när solen skiner.

Molniga dagar sker en utjämning av temperaturerna i fasaden och detta uppnås även utan något aktivt omblandande system men soliga dagar behöver utrymmet hjälp att

jämna ut värmen. Detta har fungerat någorlunda bra med det omblandande systemet. Vi har sett att när vi flyttar varm luft från den södra fasaden till väst och öst ökar temperaturen på dessa fasader samtidigt som temperaturen sjunker något i söder.

Vi har dock inte kunnat studera exakt hur stor temperaturutjämnningen är. I teoriavsnittet finns formler som beskriver hur stor effekt som kan förflyttas till luft från en yta och dessa beror på bl.a. lufthastigheten som vi inte kunnat mäta. Det vi har sett är att luftflödena skulle kunnat vara högre, alternativt skulle mindre energi behövas om det omblandande systemet var uppbyggt annorlunda.

Det omblandande systemet är byggt för att kunna demonstreras i ventilationsrummet, därför har kanalerna dragits med långa sträckor och med många böjar, vilket har resulterat till att systemet har fått stora tryckfall.

Det omblandande systemet är en viktig del i detta system som vi önskar att vi kunde studera närmre. Den viktiga biten är hur mycket luft som kan flyttas runt och hur mycket det påverkar temperaturerna på väggen, kanske skulle det varit tillräckligt att sätta kanalfläktar ute i glasrummet, detta område är så omfattande att det skulle kunna vara ämne för ett examensarbete i sig.

Just att blanda runt luften i fasaden är ovanligt mot vad vi läst i litteraturen. Vanligare är att endast använda fasadsystemet som uppvärmning och behandling av ventilationsluft. Även valet att kombinera glas utanpå vägg av tegel är speciellt. Detta system får en annan funktion än när det är dubbelglasfasad. Tegelväggen är ett halvtungt system som har förmågan att buffra värme. När denna sedan kompletteras med en glasfasad görs systemet ännu effektivare på värmebuffring eftersom avkylning av väggen mot uteluften förhindras samt värmestrålningen reflekteras tillbaka på teglet. Istället får vi en termos som kan under längre tid hålla varm luft i glasfasaden. Funktionen kring detta är också i sig i storleksordningen ett examensarbete att studera.

Det har varit ytterst komplicerat att få fram några siffror på energibesparingen. Att bara lägga på en glasfasad och räkna fram ett nytt u-värde är inte så enkelt som det ser ut att vara. Vi har kommit fram till att många förenklingar måste göras och det finns inget direkt regelverk som säger vad man ska räkna eller simulera med. Antingen kan man räkna med tillbyggnaden som en luftspalt eller som ett nytt slutet utrymme. Man kan räkna med sol och utan sol, med vind och utan vind, med ventilation och utan ventilation, och så vidare. Vi kan aldrig lägga in en modell som motsvarar hela verkligheten men vi kan försöka komma så nära som möjligt. Det svåra är att bedöma hur sol, vind och läckage var för sig och tillsammans påverkar resultatet. Det vi har gjort är en förenklad modell där enskilda siffror inte stämmer men differensen borde bli rätt om vi tar modellen och tittar på skillnaden att ha en glasfa-

sad eller inte. I vårt projekt finns det många parametrar som är okända och därför har vi varit tvungna att förenkla modellen avsevärt. Fokus har legat på att få de aktuella parametrarna, som exempelvis transmission genom väggar, rätt. Vi har inte kunnat sätta exakta värden för alla byggnadsdelar såsom golv och tak, men eftersom dessa är samma för både med eller utan glasfasad kan vi ändå få fram en vettig differens, som blir bidraget från glasfasaden.

Skulle man istället gå från andra hållet och projektera är det viktigt att veta vad man har för golv och tak m.m. på så sätt kan den riktiga energianvändningen simuleras. Då kan man få riktiga siffror för energianvändningen och kan därefter välja ett optimalt värmesystem och dimensionera ventilationssystemet efter det behovet. För att klara av denna simulering behövs ett datorprogram som kan behandla och kombinera hela installationssystemet med glasfasaden och byggnadsfysiken. Vi har försökt att göra detta med de datorprogram som vi tidigare använt i utbildningen, men sedan har vi insett att de klarar inte av att simulera denna avancerade byggnadsmodell. Det datorprogram som har använts i branschen för denna typ av simulationer heter IDA-ICE men vi insåg att detta program är väldigt avancerat och det krävs avancerade kunskaper om programmet för att kunna bygga upp vår modell.

Vi har som sagt valt att simulera glasfasadens bidrag som en påbyggnad på tegelväggen men man skulle också kunna simulera hela glasfasaden som en stor luftvärmeväxlare. Då skulle man ha samma transmissionsberäkningar för tegelväggarna men dra ifrån bidraget från glaspartiet som en beräkning av en luftvärmeväxlare. Det är denna enklare handberäkningsmetod som vi skulle använt om vi inte haft tillgång till uppmätta data.

Ett annat sätt som vi bara precis har nämnt är att simulera som en luftspalt i väggen. Just luftspalter är svåra att hantera när de blir djupa. Troligen skulle en sådan simulering vara mycket tidskrävande på grund av alla parametrar som skall till.

Det valda djupet på fasaden är behändigt vid fönsterputsning och annat underhåll, däremot har vi inte studerat om det skulle bli bättre eller sämre av att ändra djupet. Vi har diskuterat möjligheterna för att ändra djupet och konsekvenserna blir dels praktiska men energibidraget påverkas också. I en rapport som beskrivs under teoriavsnittet har vi hittat att det blir lite lägre temperaturer vid djupare fasad, dock är den studien begränsad till 2,4 m och gjord i december. Enligt de diagram som visas där skulle man kunna dra slutsatsen att djupet inte skulle spela någon roll. Men eftersom den studien inte beskriver temperaturerna på sommaren samtidigt som vi har diskuterat solens bidrag vid olika höjder kan vi dra en slutsats istället att det kan bli ännu högre temperaturer sommartid om glasfasaden blir djupare.

Om fasaden byggs djupare tas mer plats i anspråk och utrymmet inbjuder till att användas i andra syften, exempelvis som ett uterum eller sluss där man kan vistas när det är kallt ute och solen skiner. Ett smalare djup däremot skulle inte möjliggöra underhåll eller åtkomst till givare och don osv.

Om det finns möjligheter att tilläggsisolera utvändigt enligt traditionellt sätt är detta alltid bättre ur transmissionssynpunkt. Dock fås då ingen förvärmning av ventilationsluften. Ett förslag är att enbart ha inglasade söderfasader eftersom solens bidrag blir störst på ventilationsluften där och den inglasade ytan behöver inte vara så stor. Dock måste man se upp med de högre lufttemperaturerna som fås. Luften som tas in måste kunna kylas ex genom inblandning av luft från utanför fasaden. Genom detta val, att endast glasa in en fasadsida, men skapa en djup glasfasad som det är möjligt att vistas i då det är kallt ute men solen skiner, kanske den praktiska vinningen väger upp den ekonomiska aspekten och därmed accepteras av kunder. På detta sätt får vi en inglasad fasad som används till att spara energi, förvärmning av luft till ventilation och ett utrymme där brukarna kan vistas i. Detta skulle kunna utvecklas till att vara ett tillval i nya hus där det finns fokus på energi. En viktig aspekt är då att se till att detta utrymme inte värms upp av brukarna genom att släppa ut värme från huset, på så sätt ökar byggnadens energianvändning. En annan möjlighet är att integrera genomskinliga solceller i glasfasadens tak. Dessa solceller skulle användas för att minska den köpta energin för fläktar och pumpar. Genom att använda den producerade energin från solceller till fläktar som blandar om luften i utrymmet kan man motivera större fläktar eftersom dessa självförsörjs och används främst då det är soligt. På samma sätt skulle man kunna motivera valet av större fläktar som ökar omblandningen eller ta hand om kylningen vid övertemperaturer. Om man undviker att installera värmare i utrymmet undviker man att utrymmet adderas till A_{temp} .

Flera effekter fås med förvärmningen av ventilationsluften. Förvärmningen som sker i glasfasaden kan betraktas som motsvarande en ventilationsvärmeväxlare eftersom temperaturen på uteluften höjs. Denna värmetillförsel är helt gratis förutom den värme som tillförs glasfasaden inifrån huset. Denna del av värmeenergitillförseln har dessutom inget elenergibehov motsvarande det som en värmeväxlare skapar pga sitt tryckfall.

En annan effekt som fås pga förvärmningen är att luftens relativa fuktighet sänks vilket är gynnsamt ur fuktsynpunkt.

Ventilationssystemets värmeväxlare har inte varit i funktion under studien så temperaturhöjningen på uteluften av kombinationen glasfasad och värmeväxlare har inte kunnat studerats. Den temperaturhöjning som har uppmätts i glasfasaden skulle teoretiskt kunna innebära att tillsammans med en värmeväxlare med en normal verk-

ningsgrad så fås i princip hela uppvärmningsbehovet för tilluften gratis utan att köpt värmeenergi behöver tillföras för den studerade perioden mars-maj.

En annan effekt är att vindens påverkan på tegelväggen har minskat. Vinden har en avkylande effekt som istället påverkar glaset som har helt andra egenskaper än tegel vad gäller ytans råhet och form. Vid hård blåst minskar trycket på tegelfasaden och risken för att kall luft tar sig in och varm tar sig ut via sprickor är lägre.

Energibesparingarna i transmission och förvärmning av tilluft på grund av glasfasaden har fåtts som ett spann. Beroende på om man tittar på mörker U-värde eller låter solen vara en faktor fås väldigt olika resultat.

Enligt resultaten i tabell 4:2 har vi fått en besparing på ca 40 %. Denna besparing gäller endast väggarna och således kan vi inte dra slutsatsen att hela husets besparing blir 40 %. För om vi antar att A_{temp} är stor får vi att minskningen på energi blir mindre per kvadratmeter. Vi kan inte heller ange minskningen i procent av totala energibehovet eftersom denna också samverkar med arean. Speciellt om man inte tar med tak och golv. Det enda rätta blir att ange minskningen av U-värde för yttervägg samt att ange temperaturhöjningen av uteluft som blir förvärmad pga. solstrålning. Mått på detta anges enklast som U-effektiv, Energiverkningsgrad och som temperaturverkningsgrad.

De olika fallen från de teoretiska beräkningarna visar besparingar på allt mellan 2000 kWh och 2500 kWh för perioden. Den teoretiska besparingen som vi kan jämföra med datorsimulering ligger på 1512 kWh vilket motsvaras i DEROB av 1965 kWh. Skillnaden beror dels på olika klimat men även på att DEROB räknar in både golv och tak till skillnad från den teoretiska beräkningen. Med hänsyn till skillnader från datormodellen mot verkligheten ligger besparingarna ändå så pass nära varandra att detta resultat godtas för en vidare simulering för att få en uppskattning av besparingen för ett år. Med klimatet för Göteborg i DEROB med simuleringstiden ett år fås en besparing enligt tabell på 5.4:2 till 9836 kWh. Denna besparing är dock enligt simuleringen begränsad till att enbart ta hänsyn till transmissionen. Den totala besparingen som fås även med hänsyn till ventilation blir högre men kan inte fås från DEROB. Det enda vettiga är att mäta under minst ett helt år för att få fram verklig energibesparing och ta fram regressionslinjer eller att bygga om datorprogrammen till att klara av ventilationsbiten.

Som ett sekundärt syfte med rapporten har en optimering av styrningen av ventilationssystemet tagits fram. Från första gången vi tittade på systemet till idag har vi ändrat vår uppfattning om hur hela systemet styrs och gett förslag på åtgärder så att det kan effektiviseras ytterligare. De första observationerna på felaktiga temperaturer bidrog till att styra systemet på ett helt felaktigt sätt. När solen inverkade på tem-

peraturgivarna ställde systemet om till att kyla, fastän det fanns ett värmebehov. Denna erfarenhet visar hur viktigt det är att kontrollera noggrant vad som mäts, var givarna ska placeras för att mäta korrekt och om mätresultaten är rimliga. För att detta system över huvudtaget ska fungera måste de faktorerna som styr fungera i verkligheten. Den andra observationen vi gjorde var att omblandningssystemet var konstant igång. Vi vill istället begränsa omblandningssystemet till att vara aktivt enbart om det finns en minsta differens mellan fasadernas temperatur eller exempelvis mäta när det är soligt med en solsensor. Under observationerna kan vi konstatera att när solen skiner skiljer sig temperaturerna väsentligt mellan fasaderna, därför som ett förslag tror vi att 5-8C i temperaturskillnad borde vara en styrande faktor. Vi har även uppmärksammat att man gärna använder aktiva åtgärder hellre än passiva, detta innebär att fläktar används till allt. Istället bör man öppna takluckorna innan man startar fläktar för kylning. Detta skulle innebära att en viss kylningseffekt fås utan kostnad. Dessa luckor är dessutom fördelaktigt placerade på det varmaste stället i glasfasaden, dvs. söder nock. Det finns dock osäkerhet över luckornas effektivitet. Vi tror att öppningarna borde varit större för att öka funktionens responstid. Vi provade även med öppna takluckor och en hyfsad temperaturgradient att mäta flöde från markkanalen pga. skorstenseffekten. Tyvärr kunde vi inte mäta upp något märkbart flöde. Detta antar vi beror på att intaget för luften via betongröret och över fläkt, genom don osv. ger högt tryckfall. Dessutom tror vi att springorna i fasaden är tillräckligt stora och luften från öst/västfasader flödar till gaveln så att en skorstenseffekt uppnås även om luftflödet inte kommer från markkanalen.

Vad gäller mängden temperaturgivare i systemet skulle det räcka med ett minimum en givare per vägg samt en givare per ventilationskanal. Vi har pratat om att styra systemen gemensamt eller separat såsom de styrs idag. Fördelen med att styra systemen gemensamt är att mindre utrustning behövs, färre givare osv. Dock finns det faror med detta. Om en givare utsätts för solstrålning eller visar fel värde kommer detta påverka båda systemen. Därför tror vi att separata system är bättre. Om det finns ett fungerande ventilationssystem så kan man bygga på ett fristående system för omblandning och hantering av glasfasaden. Som tidigare nämnts oavsett hur styrningen ser ut är det viktigt att säkerställa att de givare som används ger just det resultat som efterfrågas. Vi har försökt anpassa ett solskydd för våra temperaturgivare men hur detta problem ska lösas finns det fortfarande oklarheter kring. Vi kan inte säkerställa att vi mäter enbart lufttemperaturen genom att skydda givarna från direkt solstrålning eftersom de påverkas även av den långvågiga strålningen från tegelfasaden som dessa är placerade på. Vilken faktor som är den största påverkaren måste utredas. Vid ett fall flyttade vi ut en givare ca 10cm från fasaden. Denna visade ingen skillnad mot de övriga. Vi vet inte om vi kan dra en slutsats från den observationen. Det skulle även vara möjligt att inte alls mäta temperaturer på fasader utan istäl-

let titta på temperaturer på luft i kanalerna. En stor skillnad skulle vara oberoendet av solskydd på givaren. En nackdel skulle vara att om systemet inte är aktivt mäts temperaturen på stillastående luft.

Ventilationsaggregatet är tekniskt undermåligt när det gäller styrning. Det finns ingen möjlighet att via PLC styra hastighet på värmeväxlaren eller stänga av den, det samma gäller fläkthastigheter och flöden. Ännu värre är att värmebatteriet aktiveras och stängs av manuellt, dvs. om tilluftstemperaturen är för låg finns ingen automatisk åtgärd. Detta fick vi erfara de första månaderna då vi kände att det var kallt i tilluften och upptäckte då att tilluftstemperaturen var ända nere på 8°C. Men till skillnad från de boende, kunde vi gå upp i ventilationsrummet och aktivera värmebatteriet så att ventilationsluften skulle vara tillfredställande. På samma sätt kunde vi stänga av värmebatteriet när det blev för hög tilluftstemperatur. Detta hade annars varit tvunget att göras av fastighetstekniker.

Eftersom man inte kan vädra borde det finnas en funktionsknapp med möjlighet för boende att forcera ventilationen med kall frisk luft under en viss tidsperiod (30min) ifall någon spillt, bränt vid något osv. som ersättning för vädring. När vi har kommit vissa dagar efter helg eller då det funnits höga emissionshalter i luften har vi känt ett behov av att öka ventilationen. Detta har vi haft möjlighet att göra eftersom vi har kunnat styra manuellt. Då har vi forcerat aggregatet till max och kört in sval frisk luft från norr. Likadant behöver man kalla dagar öka på värmen en kort stund.

När vi gick in i projektet radade vi upp många försök vi ville genomföra. Ambitionen var att vi skulle hinna med alla men tyvärr föll några bort. Bland annat ville vi undersöka ett aktuellt läckflöde för huset. Detta skulle tas fram med hjälp ut av en Blowerdoor placerad i ytterdörrshålet. Genom att tryckprova huset två gånger, första gången med alla fönster stängda och andra med alla fönster ut mot glasfasaden öppna, skulle ett läckflöde för de två konstruktionerna fås. De uppmätta värdena hade legat till grund för simuleringarna i datorprogrammen för att få ett mer verkligt fall. I samband med denna provtryckning hade vi tänkt göra en termografering för att undersöka köldbryggorna och värmeflödet genom tegelväggarna i glasfasaden. Med en spårgasmätning i fasaden skulle omsättningen och transportvägen kartläggas. Med en spårgasmätning inomhus skulle en kartläggning av emissionernas transportsträckor och hastigheter kartläggas. Exempelvis om vi får överluft och om emissionerna ackumuleras.

Förutsättningarna för att utföra arbetet har skiljt sig från vad som var bestämt i starten. En stor skillnad som kom att påverka resultatet är att det utlovades loggning av data from årsskiftet 2011/2012 men loggningen kom inte igång förrän månadsskiftet april/maj. Som en nödlösning har enklare loggningar med externa loggrar använts.

Inte heller styrsystemet fungerade som det var tänkt. Parallellt med arbetet med utvärderingen och analysen har därför stort fokus lagts på att optimera styrningen av systemet och kartlägga viktiga iakttagelser inför framtida projekt. Många samtal med byggaren, projektören, programmeraren och besiktningsmannen har förekommit.

En annan förutsättning var att få tillgång till lokal väderdata med hjälp av väderstation och mätning av solinstrålning. Detta blev för dyrt och efter ett avslag på en stipendieansökan för utlägg för väderdata från SMHI finns ingen lokal väderdata att tillgå.

En stor del av tiden har gått åt till att kartlägga hur systemet fungerar och hur det var tänkt att fungera.

Felkällor

Det är alltid viktigt att beakta felkällor. Kopplingen avvikelse på HOBO-loggrarna mot resultaten är viktiga att göra. Temperatur differensen för loggrarna vid kontrollmätning låg på 0,4°C inbördes men då temperatur differenserna mellan mätpunkterna låg på 5-20°C påverkar inte avvikelsen resultaten i det stora hela. En felkälla som berör loggrarna som vi inte har beaktat är kalibrering av loggrarna mot en känd temperatur. Fokus har därför legat på differenser i stället för faktiska temperaturer. Eftersom energiberäkningarna beaktar temperaturskillnader och inte absoluta temperaturnivåer har absolutnivån inte betydelse för resultatet. På grund av att loggrarna var tvungna att plockas ned vid avläsning kan en mindre avvikelse i placering på samma punkt finnas, däremot har vi eliminerat risken för att loggrarna kan blandas ihop.

Avläsning av loggrarna har skett direkt till Excel och mätnoggrannheten har varit med 2 decimaler vilket är tillfredställande för de beräkningar som har gjorts. Däremot har ingen hänsyn tagits till noggrannheten av resultatet på grund av summeringar och avrundningar. Därmed kan fortplantningsfel finnas. Dock är dessa fel i storleken ental till tiotal och våra beräkningar fokuserar kring storleken tusental.

Vidare forskning

- Hur mäter man temperaturen på luften i utrymmen mellan två fasader utan att givaren påverkas av direkt solinstrålning?
- Studera temperaturgradient på höjden i fasaden
 - Hur påverkar fasadens höjd?
- Vilket väderstreck är mest gynnsamt att välja om man endast ska glasa in så lite fasad som möjligt ur en energibesparings synvinkel?
- Hur många väggar är optimalt att glasa in ur en ekonomisk synvinkel?
- Göra nya mätningar men med möjlighet att mäta solinstrålning.
- Studera vattenhalten i ventilationskanalerna vid duschning och då en eventuell ackumulering av vattenhalt i luften på grund av överluft i ventilationsaggregatet
- Med regressionslinjer för temperaturerna i glasfasaden för ett år skulle man kunna utveckla en modell till ex DEROB-LTH som med simulerade värden och linjernas ekvation kan generera energibesparingen på samma sätt som vi gjort för hand.
- Framtagning av regressionslinjer beroende på val av glas och placering av huset på olika orter eller väderstreck.
- Passiv ventilation av utrymmet mellan fasaderna.
 - kan man dra ner på antalet fläktar?
- Utveckling av datorprogrammen
 - Bygga modeller för hur man väljer intag av tilluft
- Hur förändras köldbryggor?
 - simulering i lämpliga program
 - termografering

9. Referenser

9.1 Internet/intervjuer

- Bjurup Anders (2012). Byggnad 22
Hultgren Anders (2012). Byggnad 22
Boström Gillis (2012). Byggnad 22
Ververidis Joannis (2012). Byggnad 22

9.2 Litteraturförteckning

- Abel E och Elmroth A. (2006). *Byggnaden som system*. Formas.
- BESTFACADE. (2008). *Best practice for Double Skin Facades*.
EIE/04/135/S.07.38652.
- Blomsterberg Å. (2008 EBD 08/20). *Möjligheter med kontorsbyggnader i glas i Norden*. Avd. för Energi och Byggdesign. LTH, Lunds universitet.
- Bokalders V och Block M. (2009). *Byggekologi, kunskaper för ett hållbart byggande*. Svensk Byggtjänst och författarna.
- Boverket. (u.d.). *BBR18, Kapitel 6 - Hygien hälsa och miljö*. Hämtat från www.boverket.se:
<http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/BBR-18/6-hygien-halsa-miljo-bbr-18.pdf> den 02 06 2012
- Burström, Per Gunnar. (2007). *Byggnadsmaterial, Uppbyggnad tillverkning och egenskaper*. Studentlitteratur.
- Johansson ,Svensson, Byggforskningsrådet. (1998). *Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer*. Stockholm.
- Elisabeth Gratia, A. D. (2007). Greenhouse effect in double-skin facade. *ScienceDirect, Energy and Buildings nr 39*, ss. 199-211.
- Warfvinge FoU Syd. (2008). *Undvik fel och fällor som ökar energianvändningen i byggnader*. Sveriges Byggindustrier.
- Harris, P. (2004). *Double skin Facades for Office Buildings, Literature review*. Avd. för Energi och Byggdesign. LTH, Lunds Universitet.
- Jensen, L. (2010). *Fuktöverföring vid regenerativ värmeväxling, Rapport TVIT--10/7048*. Avdelningen för Installationsteknik LTH, Lunds universitet.

- Nevander L E och Elmarsson B. (2006). *Fukthandbok, praktik och teori*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Persson, A. (2008). *Energieffektivitet hos dubbelskalfasader* Avd. för Energi och Byggdesign, LTH, Lunds universitet.
- Sandin, K. (1990). Luftströmning. Avd. för byggnadsmaterialvetenskap, LTH, Lunds Universitet.
- Sandin, K. (2011). *Praktisk Byggnadsfysik*, Avd. för byggnadsmaterialvetenskap, Studentlitteratur.
- SMHI. (2009). *Solstrålning*. Hämtat från SMHI:
<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/solstralning-1.4186> den 15 05 2012
- Warfvinge, C. (2008). *Installationsteknik AK för V*. Studentlitteratur.

Tekniska data för glas

BILAGA 1

Datablad från tillverkaren av det vertikala glaset i tillbyggnaden. Källa: Uno Borgstrand AB

Technical values

Product designation: **New calculation**

Glass configuration: 8

pane: float 8 mm

Light and solar radiant heat factors - declared values (DIN EN 410):

Light transmittance : 88 %

Light reflectance

• outside : 8 %

• inside : 8 %

UV-Transmittance : 54 %

General colour rendering index

• in transmittance : 97

• in outside reflectance : 97

Solar direct transmittance : 77 %

Solar direct reflectance : 7 %

Solar direct absorptance

• outside pane : 16 %

Solar factor : 81 %

Thermal transmittance coefficient (DIN EN 673):

U_g-declared : 5.7 W/m²K

Light and solar radiant heat factors may vary due to the chemical composition of the glass and the production process. These factors refer to test panes as specified by the applicable testing standard.

: position of the coating

Ivar Nilsson (Kunde bei hae)@[77.91.219.184]
Server:hclient4_eub.interpane.net

Printed on: 03/12/12 08:34:10

Technical values

Product designation:	New calculation
Glass configuration:	6 15 8
outside pane:	float 6 mm
Cavity:	15 mm
Gas:	Argon; Filling degree: 90%
inside pane:	laminated glass 44.1

Light and solar radiant heat factors - declared values (DIN EN 410):

Light transmittance	:	79 %
Light reflectance		
• outside	:	15 %
• inside	:	15 %
UV-Transmittance	:	2 %

General colour rendering index		
• in transmittance	:	96
• in outside reflectance	:	96

Solar direct transmittance	:	60 %
Solar direct reflectance	:	12 %
Solar direct absorptance		
• outside pane	:	14 %
• inside pane	:	14 %
Solar factor	:	71 %

Thermal transmittance coefficient (DIN EN 673):

U _g -declared	:	2.6 W/m ² K
--------------------------	---	------------------------

Light and solar radiant heat factors may vary due to the chemical composition of the glass and the production process. These factors refer to test panes as specified by the applicable testing standard.

: position of the coating

Ivar Nilsson (Kunde bei hae)@[77.91.219.184]
Server:hclient4.eub.interpane.net

Printed on: 03/12/12 08:33:30

Tekniska data för glas

BILAGA1

Datablad från tillverkaren glaslet i fönsterkarmarna. Källa: EmmaBodaGlas

Endast det gulmarkerade glaslet används.

SAINT-GOBAIN EMMABODA GLAS

PRODUKTÖVERSIKT Våra vanligaste glaslösningar.

GLASTYP		Tjocklek/glasuppbyggnad, mm	U-värde, W/m ² K SS-EN 673		Dagsljus, %		Solfaktor g, SS-EN 410	Ljudreduktion, dB	
ENKELGLAS	Antal		Luft	Ädelgas	LT	utv.refl.		R _w	R _w +C _w
PLANILUX®		4	5,8		90	8	0,85	32	29
PLANILUX®		6	5,7		89	8	0,82	33	30
PLANILUX®		8	5,7		88	8	0,80	34	32
PLANILUX®		10	5,6		87	8	0,78	35	34
DIAMANT®		4	5,8		91	8	0,90	32	29
DIAMANT®		6	5,7		91	8	0,90	33	30
ISOLERGLAS / PLANILUX				Argon					
CLIMALIT®	2	4-15-4	2,8	2,6	81	15	0,76	33	30
CLIMALIT®	3	4-12-4-12-4	1,9	1,8	73	20	0,68	34	30
ENERGISPARGLAS / ULTRA N				Argon					
CLIMAPLUS® ULTRA	2	4-15-4 ULTRA	1,4	1,1	28	12	0,63	33	30
CLIMATOP®1 ULTRA	3	4-12-4-12-4 ULTRA	1,3	1,0	72	18	0,57	34	30
CLIMATOP®2 ULTRA	3	4 ULTRA-12-4-12-4 ULTRA	2xarg	0,7	70	15	0,53	34	30
CLIMATOP®2 ULTRA	3	4 ULTRA-15-4-15-4 ULTRA	2xarg	0,6	70	15	0,53	34	30
				Krypton					
CLIMATOP®2 ULTRA	3	4 ULTRA-12-4-12-4 ULTRA	2xkry	0,45	70	15	0,53	34	30
ENERGISPARGLAS / ONE				Argon					
CLIMAPLUS® ONE	2	4-15-4 ONE		1,0	71	22	0,49	33	30
CLIMATOP® 1 ONE	3	4-12-4-12-4 ONE		0,95	65	26	0,46	34	30
CLIMATOP® 1 ONE	3	4-15-4-15-4 ONE		0,85	65	26	0,46	34	30
				Krypton					

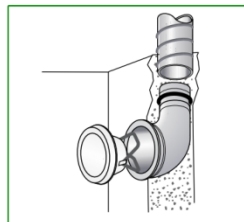
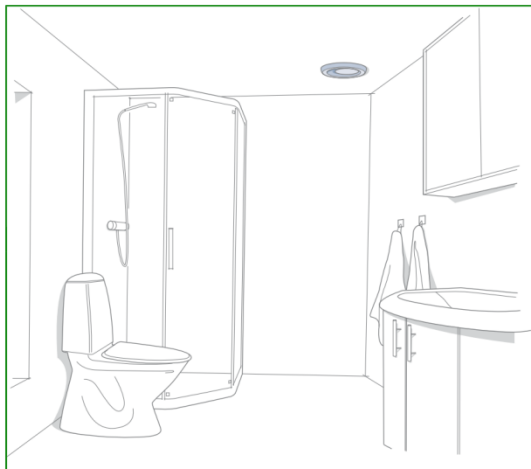
Tekniska data för ventilation

BILAGA 2

Datablad från tillverkaren av ventilationsdonen i BY22. Källa: Fläkt Woods AB

Frånluftsventil GPDF, GPDB

Frånluftsventil GPDF, GPDB



Frånluftsventil GPDF och GPDB är don med universell användning inom komfortventilation. GPDF har fjäderinfästning och passar till vinkelstos KGEZ 43 eller stos KKT. GPDB har bajonettinfästning och finns enbart i storlek 200. GPDF och GPDB har fast inställning för grundflöde.

Snabbval

Ventil Storlek	Anslutning mm	Luftflöde l/s [m ³ /h] vid ljudnivå		
		25 dB(A)	30 dB(A)	35 dB(A)
GPDF-100	100	33	40 [144]	48
GPDF-125	125	52	62 [223]	75
GPDF-160	160	80	97 [350]	115
GPDB-200	200	115	140 [504]	160

Luftflödena är angivna vid fullt öppet spalt och med lång rak stos.

Produktfakta

- Ventil med universell användning
- Enkel och symmetrisk design
- Enkel att installera
- Tillverkad av stål

VVS AMA-kod

QME.1 Frånluftsdon för väggmontage

QME.2 Frånluftsdon för takmontage

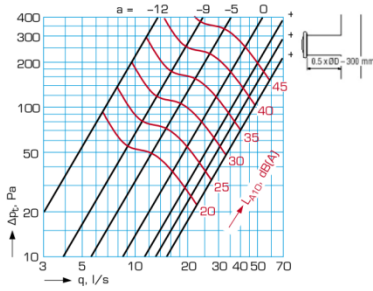
Produktkod exempel

Frånluftsventil GPDF-100
Stos KKT-100

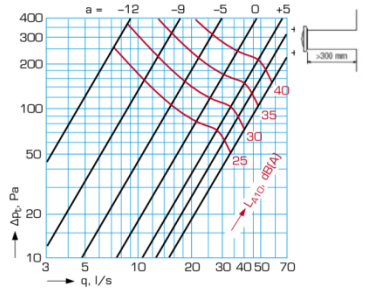
Frånluftventil GPDF, GPDB

Luftflöde, tryckfall, ljudnivå, ljuddata GPDF/GPDB-100

Installerad i kort stos < 300 mm



Installerad i lång stos > 300 mm



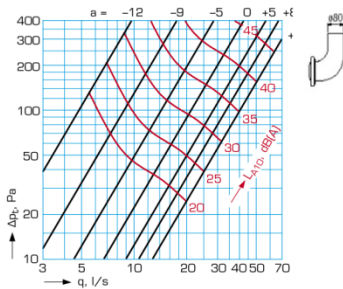
Ljudeffektnivå i oktavband

Storlek	Korrektion av ljudnivå i dB vid (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000 8000
100	11	4	2	-3	-2	-1	-7 -17
Tolerans±dB	6	3	2	2	2	2	2 3

Ljudeffektnivå i oktavband

Storlek	Korrektion av ljudnivå i dB vid (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000 8000
100	8	0	-2	-3	-2	0	-9 -14
Tolerans±dB	6	3	2	2	2	2	2 3

Monterad i vinkelstos



Ljuddämpning från kanal till rum

Monterad i kort eller lång stos

Inställning	Oktavband, mittlefrekvens, Hz						
	63	125	250	500	1000	2000	4000 8000
-12	23	19	14	14	12	11	13 16
0	22	16	9	8	6	6	6 10
+8	22	16	9	7	5	5	4 8

Monterad i rörböj

Inställning	Oktavband, mittlefrekvens, Hz						
	63	125	250	500	1000	2000	4000 8000
-12	25	20	15	13	12	12	12 15
0	24	17	11	7	6	7	6 11
+8	24	17	11	6	5	5	5 11

Ljuddämpning från rum till kanal

Monterad i kort eller lång stos

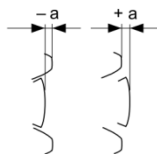
Inställning	Oktavband, mittlefrekvens, Hz						
	63	125	250	500	1000	2000	4000 8000
-12	19	23	24	29	36	36	40 40
0	19	22	23	26	32	32	34 36
+8	20	22	22	26	30	30	33 34

Monterad i rörböj

Inställning	Oktavband, mittlefrekvens, Hz						
	63	125	250	500	1000	2000	4000 8000
-12	18	21	25	33	39	37	36 33
0	16	17	22	28	33	32	33 33
+8	15	19	22	27	32	31	33 33

Ljudeffektnivå i oktavband

Storlek	Korrektion av ljudnivå i dB vid (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000 8000
100	3	3	1	1	-1	-3	-12 -23
Tolerans±dB	6	3	2	2	2	2	2 3

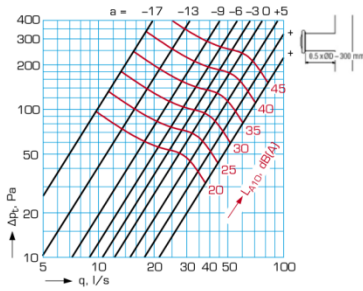


a = ventilkägglans inställning

Frånluftventil GPDF, GPDB

Luftflöde, tryckfall, ljudnivå, ljuddata GPDF/GPDB-125

Installerad i kort stos < 300 mm

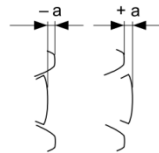


Ljuddämpning från kanal till rum

Inställning	63	125	Oktavband, mittlefrekvens, Hz					
a (mm)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-17	21	15	12	10	8	8	11	14
-6	20	14	10	7	5	5	6	7
+5	19	14	9	6	4	4	4	8

Ljuddämpning från rum till kanal

Inställning	63	125	Oktavband, mittlefrekvens, Hz					
a (mm)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-17	17	22	30	29	32	33	36	37
-6	16	20	26	26	29	30	32	33
+5	16	20	23	25	28	28	30	32

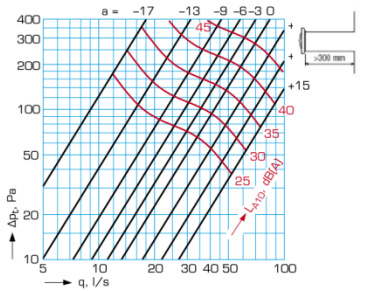


a = ventilkägls inställning

Ljudeffektnivå i oktavband

Storlek	Korrektion av ljudnivå i dB vid (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
125	11	4	2	-3	-2	-1	-9	-20
Tolerans±dB	6	3	2	2	2	2	2	3

Installerad i lång stos > 300 mm



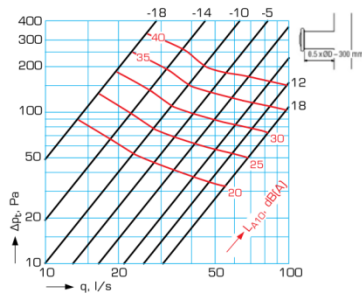
Ljudeffektnivå i oktavband

Storlek	Korrektion av ljudnivå i dB vid (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
125	10	3	1	-2	-3	0	-12	-23
Tolerans±dB	6	3	2	2	2	2	2	3

Frånluftventil GPDF, GPDB

Luftflöde, tryckfall, ljudnivå, ljuddata GPDF/GPDB-160

Installerad i kort stos < 300 mm

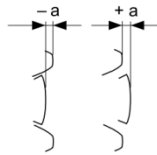


Ljuddämpning från kanal till rum

Inställning	63	125	Oktavband, mittlefrekvens, Hz					
a (mm)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-18	19	14	10	8	7	9	13	13
-5	19	13	8	6	5	5	10	8
+6	18	12	7	5	4	4	10	6

Ljuddämpning från rum till kanal

Inställning	63	125	Oktavband, mittlefrekvens, Hz					
a (mm)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-18	15	20	20	27	28	31	34	34
-5	16	20	20	25	26	28	30	32
+6	17	19	20	23	25	26	30	30

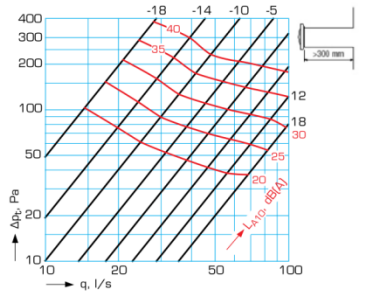


a = ventilkägylans inställning

Ljudeffektnivå i oktavband

Storlek	Korrektion av ljudnivå i dB vid (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
160	9	5	-1	-4	-2	0	-14	-25
Tolerans±dB	6	3	2	2	2	2	2	3

Installerad i lång stos > 300 mm



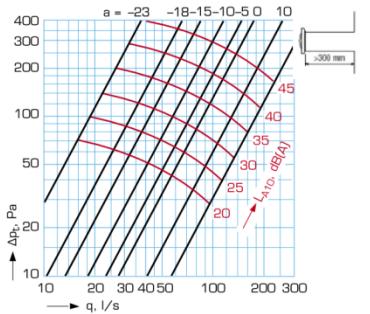
Ljudeffektnivå i oktavband

Storlek	Korrektion av ljudnivå i dB vid (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
160	9	-1	0	-2	1	-3	-14	-26
Tolerans±dB	6	3	2	2	2	2	2	3

Frånluftventil GPDF, GPDB

Luftflöde, tryckfall, ljudnivå, ljuddata GPDF/GPDB-200, mått och vikt

Installerad i lång stos < 300 mm



Ljudeffektsnivå i oktavband

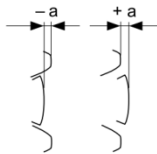
Storlek	Korrekturen av ljudnivå i dB vid [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
200	7	2	-1	-2	2	-5	-12	-22
Tolerans ±dB	6	3	2	2	2	2	2	3

Ljuddämpning från kanal till rum

Inställning a (mm)	Oktavbånd, mittfrekvens, Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-20	17	14	9	8	8	10	11	12
0	17	12	7	5	5	6	8	8
+20	15	12	6	24	3	4	8	7

Ljuddämpning från rum till kanal

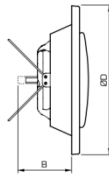
Inställning a (mm)	Oktavbånd, mittfrekvens, Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-20	15	25	24	26	26	31	31	32
0	12	22	21	24	24	26	30	28
+20	12	19	20	24	22	25	30	27



a = ventilkägglans inställning

Mått och vikt

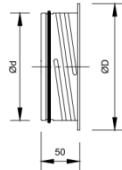
Mått och vikt GPDF/GPDB



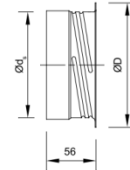
Storlek	B [mm]	ØD [mm]	Vikt, kg [kg]
100	67	132	0,17
125	74	162	0,25
160	83	193	0,35
200	100	245	0,5

Fästramar KKT, KKU

KKT

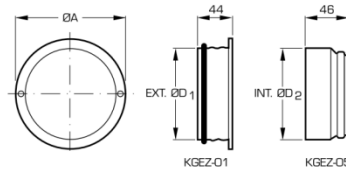


KKU



Storlek	Ød [mm]	ØD [mm]	Øds [mm]	ØDs [mm]	Vikt [kg]
100	99	99	100	100	0,1
125	124	124	125	125	0,12
160	159	159	160	160	0,19
200	199	199	200	200	0,24

Stos KGEZ-01, iskjutbar/KGEZ-05, påskjutbar



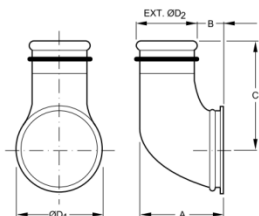
Storlek	A [mm]	ØD1 [mm]	ØD2 [mm]	Håltagning 1) [mm]	Vikt [kg]
100	125	99,3	100	110	0,1
125	150	124,3	125	135	0,1
160	185	159,3	160	170	0,18

1) Tolerans +5 - -0 mm

Frånluftsventil GPDF, GPDB

Utförande, material, produktkod mm

Vinkelstos KGEZ-43



Storlek	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D ₁ [mm]	D ₂ [mm]	Vikt [kg]
100-080	120	39	148	125	79,3	0,4
100-100	140	39	98	125	99,3	0,4
120-100	146	45	120	140	99,3	0,5

Utförande

GPDF och GPDB är frånluftsventiler med universell användning inom området allmänventilation. GPDF har fjäderinfästning och GPDB har bajonettinfästning. Ventilerna har en förinställd inställning för grundflödet.

Båda varianterna består av inloppsring och ventilkägla. Inloppsringen har tätning mot fästram/vägg och fixeras med fjäderlås (GPDF).

Ventilerna har en enkel och symmetrisk design som passar i alla interiörer. Installationen är enkel att utföra. GPDF (storlekar 100, 125, 160) och GPDB (storlek 200) har läsbar inställning och kan lätt förinställas efter beräknat tryckfall vid givet luftflöde.

GPDF/GPDB kan även användas som tilluftsdon vid låga luftflöden i utrymmen som klädkammare, förråd etc.

Vid byten av äldre GPD till GPDF passar ventilerna i den gamla GP-ramen med undantag för ramstorlek 012 (d = 125). I sådana fall kan GPDF-100-012 användas.

Material och ytbehandling

Ventilen är tillverkad av varmförzinkad stålplåt, SS 1151 och uppfyller miljöklass C2 enligt SS-EN ISO 12944-2.

Den är pulverlackerad vilket ger hög ytfinish och god slag- och reptålighet.

Standardfärg vit RAL-9010. Övriga färger på förfrågan.

Anvisningar

Anvisningar för installation, justering och skötsel finns utförligt beskrivna i vår tekniska instruktion som bipackas varje produkt. Instruktionen finns även tillgänglig på Internet: www.flaktwoods.se.

Tekniska data och dimensionering

För dimensionering av don använd Fläkt Woods produktvalsprogram. Kontakta vårt närmaste säljkontor för vidare information.

Beskrivningstext

Frånluftsventil GPDF, GPDB av Fläkt Woods fabrikat.

Produktkod

Frånluftsventil, fjäderinfästning **GPDF-aaa**

Storlek (aaa)
100, 125, 160

Frånluftsventil, bajonettinfästning **GPDB-aaa**

Storlek (aaa)
100, 125, 160, 200

Följande delkoder läggs vid behov till i beställningskoden:

E = Lackerad med annan kulör

C = CleanVent-beläggning

Till exempel:

GPDF-100-C (GPDF-100 med CleanVent-beläggning)

GPDB-100-E (GPDB-100 lackerad med annan kulör)

Tillbehör:

Fästram, iskjutsanslutning, med gummitätning **KKKT-aaa**

Fästram, påskjutsanslutning, utan gummitätning **KKU-aaa**

Storlek (aaa)
100, 125, 160, 200

Fästram, påskjutsanslutning **KGEZ-01-aaa**

Fästram, iskjutsanslutning **KGEZ-05-aaa**

Storlek (aaa)
100, 125, 160

Vinkelstos för GBDF-100, 125 **KGEZ-43-aaa-bbb**

Storlek (aaa-bbb)
Anslutningsdiameter i mm till ventil - till kanal
100-080, 100-100, 125-100

Specialversioner:

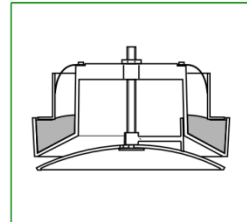
Frånluftsventil, storlek 100 **GPDF-100-125**

Fjäderinfästning för GP-ram 125 mm
inkl. täckbricka Dy = 145 mm

Täckplåt för GPDF-100-012 **GPDZ-4**

Tilluftsventil VST

Tilluftsventil VST



Tilluftsventil VST är en rund tallriksventil med aerodynamiskt utformad ventilkägla. VST som har reglerbar inställning av luftflödet kan förses med en luftriktare vilken kan rikta luften över en sektor på cirka 180°.

Snabbval
vid fullt öppen spalt

Storlek	Utförande	Luftflöde l/s [m ³ /h] vid ljudnivå		
		25 dB	30 dB	35 dB
VST-08	utan luftriktare	13	15 [54]	18
VST-10	utan luftriktare	27	31 [112]	37
VST-12	utan luftriktare	38	47 [169]	55
VST-16	utan luftriktare	49	60 [216]	70
VST-08	med luftriktare	11	13 [47]	28
VST-10	med luftriktare	19	23 [83]	28
VST-12	med luftriktare	26	30 [108]	36
VST-16	med luftriktare	30	38 [137]	44

Produktfakta

- Goda egenskaper vad gäller ljudnivå, tryckfall, luftflöde och egendämpning
- Monteras i tak alternativt på vägg
- Finns i fyra storlekar
- Tillverkat av polypropylen

VVS AMA-kod

QMC.2 Tilluftsdon för takmontage

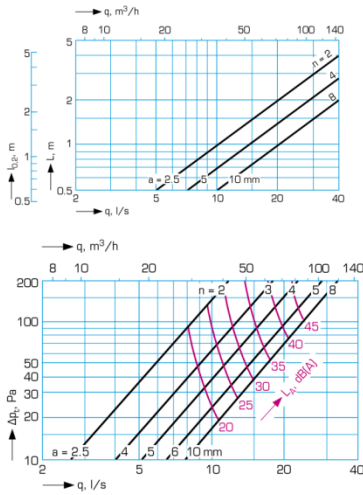
Produktkod exempel

Tilluftsventil VST-10

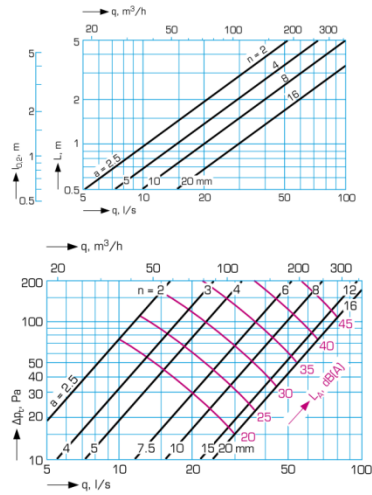
Tilluftventil VST

Kastlängd, luftflöde, tryckfall, ljudnivå

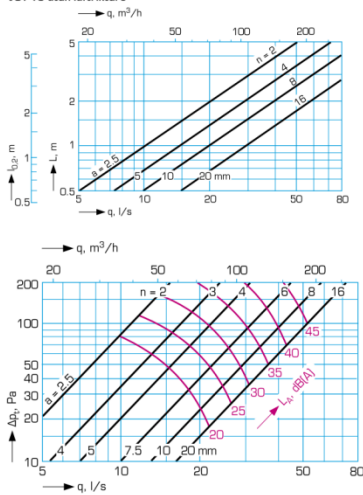
VST-08 utan lufttriktare



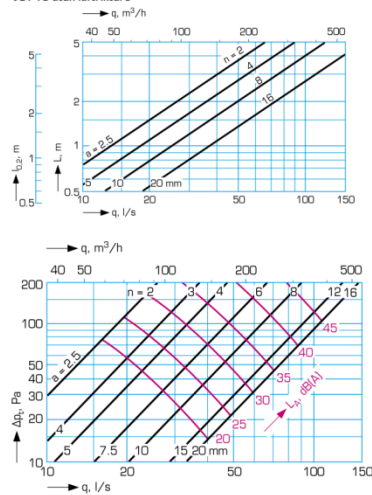
VST-12 utan lufttriktare



VST-10 utan lufttriktare



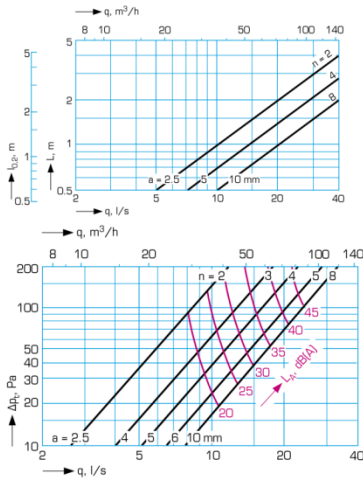
VST-16 utan lufttriktare



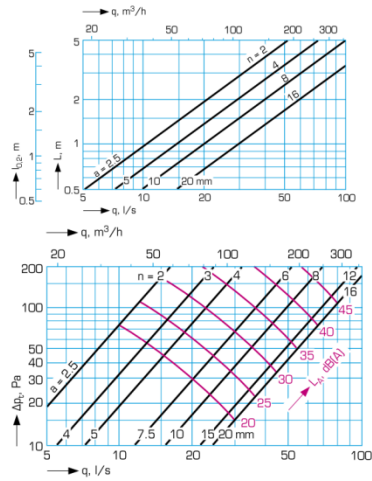
Tilluftventil VST

Kastlängd, luftflöde, tryckfall, ljudnivå

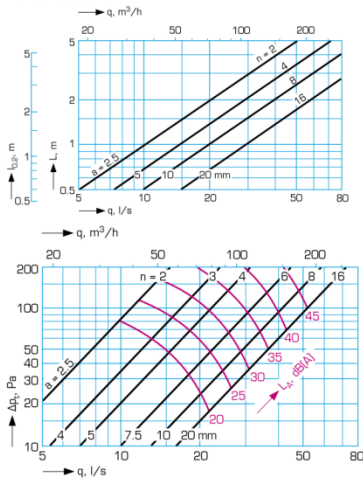
VST-08 med luftriktare



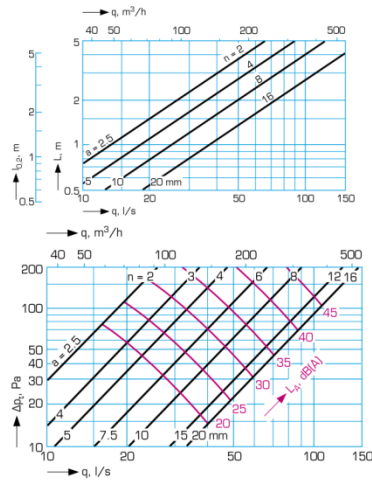
VST-12 med luftriktare



VST-10 med luftriktare



VST-16 med luftriktare



n = antal öppna varv
a = spaltöppning i mm

Tilluftaventil VST

Ljudnivå, mått och vikt, injustering, utförande, produktkod

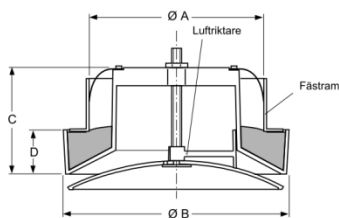
Ljudeffektsnivå

Storlek	Korrektion av ljudnivå dB vid (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
08	-4	4	8	3	-4	-10	-18	-20
10	-3	3	7	4	-5	-13	-19	-20
12	-1	2	5	3	-1	-10	-18	-20
16	0	5	8	3	-4	-11	-20	-20

Ljuddämpning

Storlek	Korrektion av ljudnivå dB vid (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
08	23	21	14	9	6	7	7	7
10	23	21	14	9	6	7	7	7
12	20	17	12	8	6	7	7	7
16	19	15	11	8	7	8	7	7

Mått och vikt



Storlek	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	Vikt [kg]
08	80	126	62	26	0,1
10	100	150	66	30	0,14
12	125	175	71	35	0,21
16	160	200	76	40	0,27

Fästram VLZ-01, VLZ-02



Storlek	A	D	Vikt, kg	Hållbäring
08	107	80	0,07	Ø 90
10	127	100	0,09	Ø 110
12	152	125	0,11	Ø 135
15	177	150	0,13	Ø 160
16	187	160	0,15	Ø 170

Injustering

Käglan skruvas ut eller in det antal varv vilket ger den spaltöppning i mm, som svarar mot tryckfall och önskat luftflöde enligt diagram. Tryckfallet kontrolleras genom att pluggen som är placerad i fronten tas bort och man för in en lämplig måtsond i fronten.

VST utan luftriktare

Storlek	a, mm	2,5	4	5	7,5	10	20
08	kfaktor	0,86	1,39	1,75	2,34	2,41	2,66
10	kfaktor	1,08	1,67	2,16	3,10	4,05	5,17
12	kfaktor	1,15	1,96	2,92	3,73	4,79	7,59
16	kfaktor	1,86	2,75	3,43	4,81	6,62	10,32

$$q = k \sqrt{\Delta p_m} \quad \left(\frac{l}{s} \right) \quad (Pa)$$

VST med luftriktare

Storlek	a, mm	3	4	6	10	15	20
08	kfaktor	0,63	1,00	1,31	1,73	2,05	-
10	kfaktor	0,90	1,13	1,55	2,55	3,00	3,50
12	kfaktor	1,62	1,93	2,34	3,85	4,15	4,91
16	kfaktor	1,89	2,26	3,19	4,27	5,29	6,11

Tilluftsventil VST

Ljudnivå, mått och vikt, injustering, utförande, produktkod

Utförande

Tilluftsventil VST är en rund tallriksventil med aerodynamiskt utformat ventilkägla. Ventilen har goda egenskaper vad det gäller ljudnivå, tryckfall, luftflöde och egendämpning. VST som har reglerbar inställning av luftflödet kan förses med en luftriktare vilken kan rikta luften över en sektor på cirka 180°. Ventilkäglan är försedd med en pil vilken visar utströmningsriktningen när ventilen är försedd med luftriktare.

Ventilen som är avsedd att monteras i tak alternativt på vägg finns i fyra storlekar passande kanalanslutningar mellan Ø 80 - Ø 160 mm.

Material

VST är tillverkad av polypropylen vilken är återvinningsbar och tål temperaturer upp till 100 °C. Ventilen levereras i vit färg. För enkel injustering av luftflödet är ventilen försedd med mätuttag i fronten. Som tillbehör finns passande fästramar av galvaniserad stålplåt med och utan gummitätning.

Skötsel

Donet kan torkas av med ett mildt rengöringsmedel.

Beskrivningstext

Tilluftsventil VST av Fläkt Woods fabrikat med/utan luftriktare och med/utan fästram.

Produktkod

Tilluftsventil VST-aa-b

Storlek (aa)
08, 10, 12, 16¹⁾

Utförande (b)

0 = utan luftriktare, 1 = med luftriktare

¹⁾ Storlek 16 passar även till fästramar med kanalanslutning Ø 150 mm.

Fästram (utan gummitätning) VLZ-01-aa

Fästram (med gummitätning) VLZ-02-aa

Storlek (aa)
08, 10, 12, 15²⁾, 16

²⁾ Endast VLZ-01-aa.

Injusteringssats VLZ-04-aa

Måtsond och injusteringsdata för respektive storlek och utförande.

Spjäll

Irisspjäll EKO-SI



Beskrivning

Irisspjäll EKO-SI är ett spjäll för reglering av flöden i runda kanaler. Spjället är utfört enligt gällande bestämmelser i AMA VVS & Kyl 09.

EKO-SI medger rensning av kanalen då spjället kan öppnas helt. Anslutningsstosarna är försedda med gummitätningar. Spjället tillverkas i förzinkad plåt.

Utförande

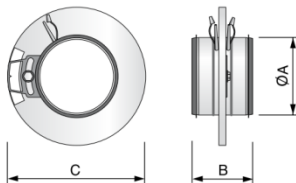
EKO-SI används för såväl ute- som avluft och är försett med reglage och måttniplar för justering av flödet.

Storlekar

Irisspjäll EKO-SI tillverkas i 11 standardstorlekar.

Tekniska data EKO-SI

Måttdata

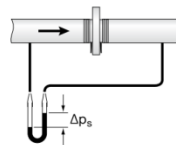


Standardstorlekar

EKO-SI	Ø A	B	Ø C	Vikt, kg
80	78	117	145	0,5
100	98	125	165	0,6
125	123	135	188	0,8
160	158	140	231	1,1
200	198	147	284	1,5
250	248	182	335	2,2
315	313	182	409	3,0
400	398	225	526	5,0
500	498	225	655	8,5
630	628	225	815	12,1
800	798	270	1015	25,0

Dimensioneringsdiagram

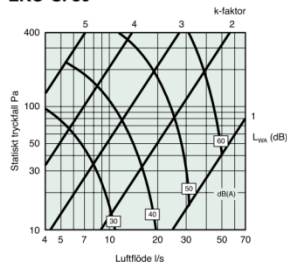
Diagrammen på följande två sidor innehåller information om flöde, ljudnivå och statiskt tryckfall över spjället vid olika inställningar. Information om k-faktor och injusteringstryck finns under "Installation och skötsel".



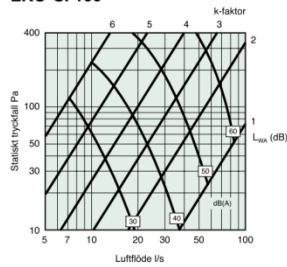
EKO Ventilationsdetaljer AB, Mejselgatan 7, 235 32 Vellinge
Tel 040-42 16 00, Fax 040-42 25 18, info@ekovent.se, www.ekovent.se

Spjäll

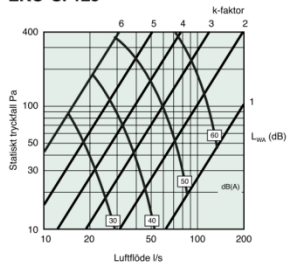
**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 80**



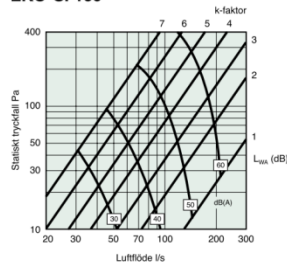
**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 100**



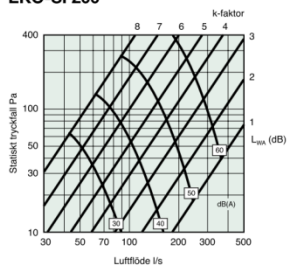
**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 125**



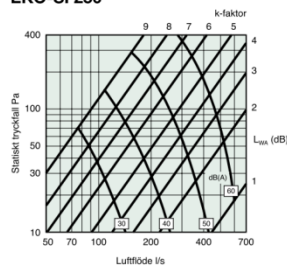
**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 160**



**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 200**



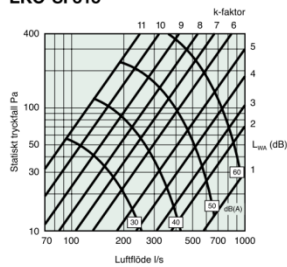
**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 250**



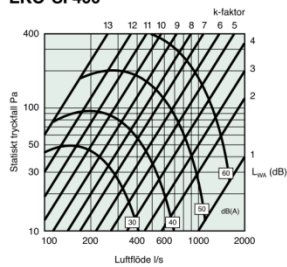
EKO Ventilationsdetaljer AB, Meiselgatan 7, 235 32 Vellinge
Tel 040-42 16 00, Fax 040-42 25 18, info@ekovent.se, www.ekovent.se

Spjäll

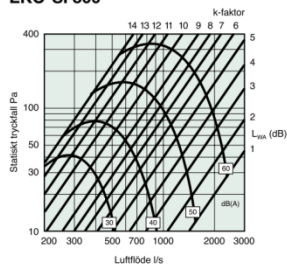
**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 315**



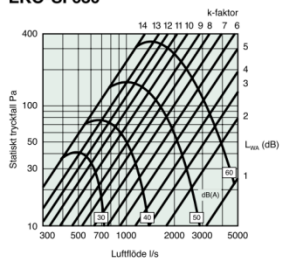
**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 400**



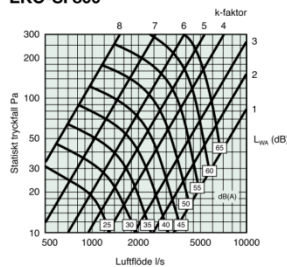
**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 500**



**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 630**



**Dimensioneringsdiagram
EKO-SI 800**



Spjäll

Ljudeffektivnivå

Diagram för de olika storlekarna visar den totala genererade ljudeffektivnivån L_{WA} (dB), som funktion av luftflöde och tryckfall över spjället.

Genom att korrigera L_{WA} med korrektionsfaktorerna erhålls ljudeffektivnivåerna för respektive oktavband.

$$L_{WAOK} = L_{WA} + K_{OK}$$

Korrektion av linjära dB-värden i oktavband K_{OK}

Storlek \ Oktavband	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
80	+7	+6	+5	-3	-10	-16	-20	-22
100	+7	+7	+5	-3	-10	-16	-20	-22
125	+8	+8	+5	-3	-10	-15	-20	-23
160	+9	+9	+4	-3	-10	-14	-21	-23
200	+11	+9	+4	-3	-9	-14	-21	-22
250	+12	+9	+3	-3	-8	-14	-21	-21
315	+13	+9	+2	-3	-7	-13	-19	-20
400	+13	+8	+2	-4	-6	-12	-18	-19
500	+13	+8	+2	-3	-7	-12	-16	-18
630	+13	+7	+2	-2	-8	-12	-15	-18
Tolerans ±	6	5	3	2	2	2	2	4

Tolerans (±) = av SP angiven expanderad mätosäkerhet

Så här beställer du EKO-SI

Beteckning: Irisspjäll EKO-SI-A

A
STORLEK:
Kanal
Ø A

Exempel: 1 st Irisspjäll EKO-SI-250



EKO Ventilationsdetaljer AB, Mejselgatan 7, 235 32 Vellinge
Tel 040-42 16 00, Fax 040-42 25 18, info@ekovent.se, www.ekovent.se

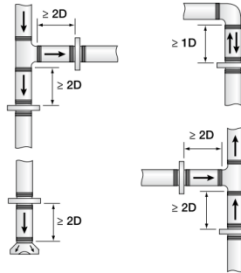
Spjäll

Montering, installation och skötsel

Luftflödesvarianter vid montage

Erforderligt säkerhetsavstånd framgår av illustrationerna. Vid störningsfri mätning fås en mät noggrannhet på ± 5%.

Mät noggrannhet med specifikt säkerhetsavstånd ± 10%.
Läckage klass C (EN 1751).



Rengöring

Vid rengöring av kanal, notera i vilket läge spjället är inställt innan det öppnas fullt. Återställ spjällets inställning efter rengöring.

Inställning av luftflödet

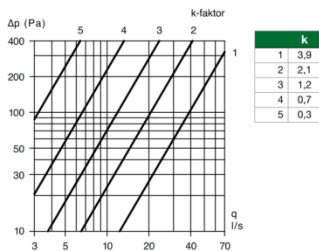
- Koppla in en differentialtryckmätare på spjällets mätnipplar.
- Ställ in önskad strypning med en ringnyckel eller skruvmejsel. Notera k-faktorn.
- Avläs differentialtrycket Δp
- Använd diagram eller formel $q = k \cdot \sqrt{\Delta p}$ för att räkna ut luftflödet.



EKO-SI	Ringnyckel mm
80-160	8
250-315	10
400-630	15
800	22

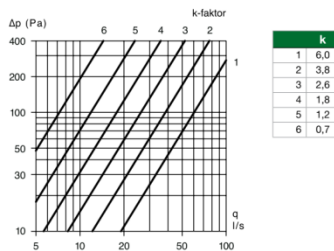
Injusteringsdiagram

EKO-SI 80



Injusteringsdiagram

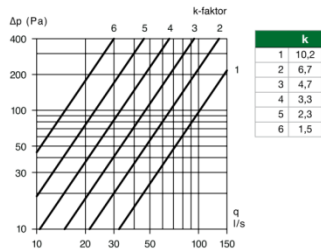
EKO-SI 100



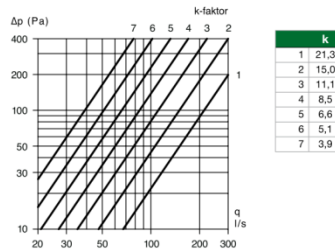
EKO Ventilationsdetaljer AB, Mejselgatan 7, 235 32 Vellinge
Tel 040-42 16 00, Fax 040-42 25 18, info@ekovent.se, www.ekovent.se

Spjäll

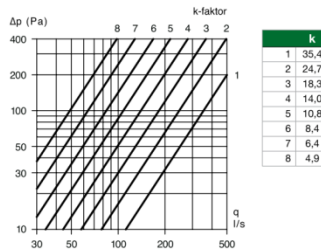
**Injusteringsdiagram
EKO-SI 125**



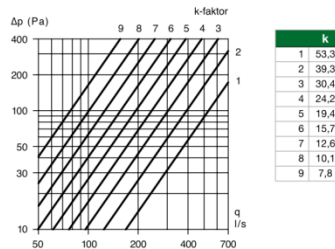
**Injusteringsdiagram
EKO-SI 160**



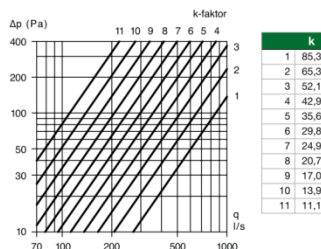
**Injusteringsdiagram
EKO-SI 200**



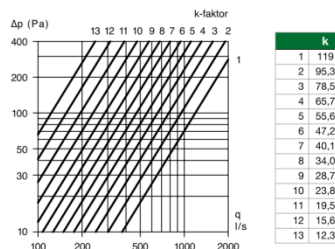
**Injusteringsdiagram
EKO-SI 250**



**Injusteringsdiagram
EKO-SI 315**



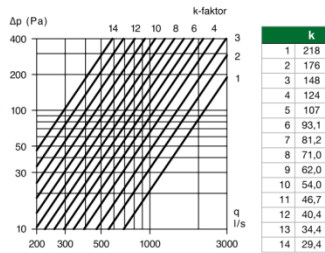
**Injusteringsdiagram
EKO-SI 400**



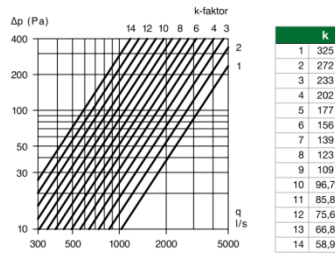
EKO Ventilationsdetaljer AB, Mejselgatan 7, 235 32 Vellinge
Tel 040-42 16 00, Fax 040-42 25 18, info@ekovent.se, www.ekovent.se

Spjäll

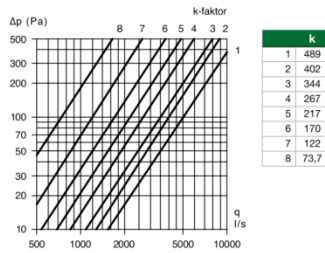
**Injusteringsdiagram
EKO-SI 500**



**Injusteringsdiagram
EKO-SI 630**



**Injusteringsdiagram
EKO-SI 800**



Rengöring

Vid rengöring av kanal, notera i vilket läge spjället är inställt innan det öppnas fullt. Återställ spjällets inställning efter rengöring.



EKO Ventilationsdetaljer AB, Mejselgatan 7, 235 32 Vellinge
Tel 040-42 16 00, Fax 040-42 25 18, info@ekovent.se, www.ekovent.se