

Energieffektiva kontor under projekteringen

Marie Fransson

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2009
Rapport TVIT--09/5016



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 direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rök-spridning 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 golvvärmesystem, 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.

Energieeffektiva kontor under projekteringen

Marie Fransson

© Marie Fransson 2009

ISRN LUTVDG/TVIT--09/5016--SE(76)

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

Sammanfattning

I dag ställs det krav på energianvändningen i byggnader och för att kraven inte ska glömmas bort måste de beläggas. Examensarbetet syftar till att undersöka hur mycket olika parametrar påverkar energianvändningen och att fungera som indikator på vilka parametrar som ska prioriteras under projekteringen.

Parametrarna som undersöks är fönster, solskydd, klimatskalet, ventilationen, driftsfall och stommen. Parametrarna undersöks genom att en fallstudie genomförs av Hamnen 21:152 där de olika parametrarna jämförs mot ett grundfall. En litteraturstudie har även genomförts.

Byggnaden som har använts som fallstudie är belägen i Malmö och består av publika ytor, kontor och bostäder. Det är bara kontorsdelen av byggnaden som har analyserats. Energianvändningen i byggnaden har beräknats med hjälp av datorprogrammet VIP+ och energianvändningen för grundfallet blir $30,3 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$, vilket är lågt.

Det är många olika parametrar som påverkar energianvändningen i byggnaden bland annat tjockleken på isoleringen i ytterväggen, vilken typ av solavskärmning som används och vilken typ av glas som används i fönstren.

Kontorsbyggnader har ett relativt högt värmeöverskott från verksamheten exempelvis från datorer och belysning. Värmeöverskottet kan leda till övertemperaturer och ett ökat behov av komfortkyla. En frågeställning som ibland diskuteras är hur vida en reduktion av isoleringstjockleken i klimatskalet eller användning av fönster med ett högre U-värde skulle kunna reducera energianvändningen och framförallt behovet av komfortkyla. Slutsatsen efter beräkningar är att det inte lönar sig med avseende på energianvändningen att minska isoleringen eller använda tvåglasfönster. Om isoleringstjockleken minskas med 100 mm minskar behovet av kyla marginellt $0,3 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ och behovet av värme ökar med $9,4 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ och därigenom ökar den totala energianvändningen.

Att välja ett fönster med lågt U-värde och liten soltransmittans jämfört med ett treglasfönster med klarglas minskar energianvändningen mer än om byggnaden utförs med eller utan solskydd. Det blir en marginell ökning av energianvändningen om inre solavskärmningar används istället för yttre i byggnaden. Detta medför att om det inte uppstår några komfortproblem är inre solavskärmningar ett bra alternativ till yttre.

Tillåtelse av större temperaturvariationer i byggnaden medför att den interna värmen kan tas tillvara bättre och energianvändningen minskar.

Det är ett antal olika parametrar som påverkar energianvändningen mer och som är viktiga att ha i åtanke under projekteringen.

Viktiga faktorer när det gäller en byggnads energianvändning:

- Isoleringstjockleken
- Val av fönster
- Inre solavskärmningar
- Större temperaturvariationer

Nyckelord: Energianvändning, datorberäkningar, VIP+, kontorsbyggnader, energieffektivisering och projekteringen.

Abstract

Today there are demands on buildings energy use and they have to be highlighted so they should not be forgotten. The aim of the master thesis is to look into how different parameters affect the buildings energy use and to serve as an indicator on which parameters should be prioritized. The parameters that are being examined are windows, solar shadings, framework, ventilation, operation case and design. On Hamnen 21:152 has a case study been done to examine the different parameters. The parameters have been compared against a base case. A literature review has also been done.

The building that has been used for the case study is located in Malmö and consists of public spaces, offices and flats. It is only the part of the building with offices that has been analysed. The energy use in the building has been calculated with the computer program VIP+ and the energy use for the base case is 30,3 kWh/m²,year which is low.

It is many different parameters that affect the energy use in the building. Among things that has an affect is the thickness of the insulation in the wall, the type of solar shadings being used and what type of glass that are used in the windows.

Office buildings have a relatively high internal heat from the activities like computers and lighting. The surplus heat can lead to increased need of comfort cooling. An issue which is sometimes discussed is if a reduction of insulation thickness of the wall or use of windows with a higher U-value could reduce the energy use and in especially the need for comfort cooling. The conclusion after the calculations is that it is not worthwhile in terms of energy use to reduce isolation, or use double-glazed windows. If the insulation thickness is reduced with 100 mm the need for cooling are reduced marginal 0.3 kWh/m²,year and the need for heating increases by 9.4 kWh/m²,year thereby increasing total energy use.

To choose a window with a small U-value and a low sun transmittance compared to a three-glazed window reduces the energy use more than if the building are performed with or with out solar protection. The difference in energy use between internal and external solar shadings is marginal. Internal solar shadings are a good alternative if it does not result in comfort problems.

By allowing bigger temperature fluctuations in the building the internal heat can be better used and the energy use can become lower.

A number of parameters affect the energy use more and they are important to keep in mind during the planning.

Key factors for a building's energy use:

- Insulation thickness
- Choice of windows
- Internal solar shadings
- Bigger temperature fluctuations

Key words: Energy use, computer calculations, VIP+, office buildings, energy efficiencies and planning.

Förord

Jag vill tacka min handledare Birgitta Nordkvist och examinator Lars Jensen på Avdelningen för installationsteknik på LTH för hjälp och uppmuntran. Ytterligare ett tack vill jag rikta till min handledare på Ramböll, Bill Herneheim för att han har svarat på alla mina frågor om stort och smått. Jag vill även rikta ett tack till familj, vänner och arbetskamrater på Installationsteknik på Ramböll i Malmö för stöd, uppmuntran, korrekturläsning med mera.

Innehåll

SAMMANFATTNING	5
ABSTRACT	7
FÖRORD	9
1 INLEDNING	13
1.1 BAKGRUND	13
1.2 SYFTE OCH MÅL.....	13
1.3 AVGRÄNSNINGAR	13
2 METOD	15
3 INNEMILJÖMÅL	17
3.1 KLIMATKRAV	17
3.1.1 <i>Lagar och förordningar</i>	17
3.1.2 <i>Allmänna råd och rekommendationer</i>	18
3.1.3 <i>Fastighetsägare, fastighetsförvaltare och fastighetsbrukare</i>	19
4 ENERGIMÅL	21
4.1 ENERGIKRAV.....	21
4.1.1 <i>Lagar och förordningar</i>	21
4.1.2 <i>Fastighetsägare, fastighetsförvaltare och fastighetsbrukare</i>	21
4.2 INCITAMENT	22
4.3 BRUKARE	22
5 TEKNISK UTFORMNING	23
5.1 FÖNSTER.....	23
5.2 SOLSKYDD	24
5.3 KLIMATSKALET	26
5.4 VENTILATION.....	26
5.5 DRIFTSFALL.....	26
5.6 STOMMEN	27
6 ENERGIBERÄKNINGAR MED DATORPROGRAMMET VIP+	29
6.1 INDATA GRUNDFALL.....	29
6.2 INDATA VARIABLA PARAMETRAR	31
6.2.1 <i>Fönster</i>	31
6.2.2 <i>Solskydd</i>	33
6.2.3 <i>Klimatskalet</i>	34
6.2.4 <i>Ventilationen</i>	36
6.2.5 <i>Driftsfall</i>	36
6.2.6 <i>Stommen</i>	37
6.3 RESULTAT	39
6.3.1 <i>Grundfallet</i>	39
6.3.2 <i>Fönster</i>	39
6.3.3 <i>Solskydd</i>	40
6.3.4 <i>Klimatskalet</i>	41

6.3.5	<i>Ventilationen</i>	42
6.3.6	<i>Driftsfall</i>	42
6.3.7	<i>Stommen</i>	43
7	ANALYS	45
8	DISKUSSION	51
9	SLUTSATS	55
	KÄLLOR	57
	BILAGA 1	59
	BILAGA 2	65
	BILAGA 3	67
	FÖNSTER	67
	SOLSKYDD.....	67
	KLIMATSKALET	69
	VENTILATIONEN	70
	DRIFTSFALL.....	71
	STOMMEN	73
	BILAGA 4	75

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I Boverkets byggregler, BBR, ställs sedan 2006 krav på byggnadernas energi-användning (BFS 2006:12). Eftersom energifrågor inte har varit prioriterade tidigare måste de tydliggöras mer för att under projekteringen inte försvinna bland alla andra frågeställningar. Det är under projekteringen som förutsättningarna för byggnadens energianvändning grundläggs (Edén 2007). Under projekteringen kan många saker påverkas som inte går att påverka i efterhand. Detta gör att det vid nybyggnation finns många möjligheter att påverka energianvändningen i byggnaden (Energieffektivisering och energismart byggande 2005). Energieffektiviseringarna i byggnaden får inte påverka kraven på inomhusmiljön till det sämre (Johansson 2005).

Genom att BBR numera ställer krav på energianvändningen i byggnaden är det intressant att undersöka hur mycket olika parametrar påverkar energianvändningen. För lokaler är kravet satt till $100 \text{ kWh}/A_{\text{temp}},\text{år}$ i klimatzon söder och för lokaler med ett uteluftsflöde som överstiger $0,35 \text{ l/s,m}^2$ får ett tillägg göras på $70(q-0,35) \text{ kWh}/A_{\text{temp}},\text{år}$ i klimatzon söder, där q är uteluftsflödet i l/s,m^2 (BBR 9:3). I rapporten undersöks hur mycket ett antal olika parametrar, som kan påverkas under projekteringen, påverkar energianvändningen. Viljan att minska energianvändningen får inte gå ut över de krav som ställs på inomhusmiljön. Hur mycket de olika parametrarna påverkar energianvändningen har beräknats med datorprogrammet VIP+. Beräkningarna och litteraturstudien diskuteras efter redovisningen av beräkningarnas resultat.

1.2 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet är att undersöka vilka parametrar som kan påverka energianvändningen och som måste bestämmas under projekteringen. Parametrarnas inverkan på energianvändningen ska kunna fungera som indikatorer på vilka av parametrarna som ska prioriteras under projekteringen av nya kontorsbyggnader.

1.3 Avgränsningar

Undersökningen innefattar beräkningar och jämförelser mellan olika parametrar som påverkar byggnadens energianvändning. Det är behovet av köpt energi som jämförs. Parametrarna som beräknats är parametrar som kan påverkas under projekteringen. Beräkningarna är gjorda på kontorsdelen på byggnaden Hamnen 21:152. Datorprogrammet VIP+ har använts för att göra energiberäkningarna. Grundfallet har gjorts av en konsult till projekteringen av Hamnen 21:152 och har tillhandahållits undersökningen.

I rapporten kommer de ekonomiska synvinklarna inte beaktas. Inte heller beaktas eventuella lokala komfortproblem som kan uppkomma vid val av vissa parametrar.

2 Metod

Undersökningarna i denna rapport har gjorts som en fallstudie av energianvändningen i Hamnen 21:152 och en litteraturstudie.

Litteraturstudien är gjord för att klargöra bakgrunden till vilka lagar och krav som ställs på en byggnad när det gäller energianvändning och innemiljön samt tekniska egenskaper för de olika parametrarna.

Studien av energianvändningen är beräknad med datorprogrammet VIP+. VIP+ är ett datorprogram som beräknar en byggnads energianvändning. Vid beräkning av energiflödet tas det hänsyn till klimatfaktorer som utetemperatur, sol och vind. Krav på rumstemperatur och luftväxlingar kan varieras och de styr beräkningen. En av begränsningarna i programmet är att det är optimerat för att beräkna en byggnads energianvändning. Programmet beräknar byggnaden som en enhet. Beräkningsmodellen för programmet är dynamisk, detta innebär att beräkningen upprepas för varje timme under beräkningsperioden. Beräkningsperioden kan vara mellan 1 och 365 dagar lång. Den dynamiska beräkningsmodellen räknar kontinuerligt temperaturer i luften, på materialytor och i material. Beräkningsmodellen tar även hänsyn till värmekapaciteten i byggnadsmaterialen. Modellen tar hänsyn till värmelagringen i hela byggnaden och modellen tar hänsyn till temperaturen inomhus och utomhus och beräknas timme för timme (VIP+ manual 2006).

3 Innemiljömål

3.1 Klimatkrav

Under projekteringen ges många av förutsättningarna för hur inneklimatet kommer att upplevas i byggnaden. Att under projekteringen tänka igenom utformningen av installationerna och samverkan mellan dem ska bidra till bästa möjliga inneklimat. Ett bra inneklimat lönar sig i slutändan även om investeringskostnaden bli något dyrare. Alla ändringar som måste göras i installationssystemen i efterhand kostar mycket mer. Därför är det viktigt att tänka till och göra rätt från början (Bäst i klassen 2006).

3.1.1 Lagar och förordningar

I Boverkets byggregler, BBR, finns föreskrifter och allmänna råd till ett antal lagar och förordningar som plan- och bygglagen, PBL, och lagen om tekniska egen-skapskrav på byggnadsverk m.m., BVL (BBR 1:1). BBR:s föreskrifter gäller vid nybyggnation och på de tillbyggda delarna vid tillbyggnad av befintliga byggnader (BBR 1:2). I BBR kapitel 6 tas krav som gäller hygien, hälsa och miljö upp. I kapitlet framgår att byggnaden inte får orsaka olägenheter för de människor som vistas i byggnaden (BBR 6:1). I rum där människor vistas mer än tillfälligt får enligt BBR luften inte innehålla föroreningar i sådana mängder att det kan leda till negativa hälsoeffekter eller dålig lukt (BBR 6:21). Ventilationen i byggnaden ska utformas på ett sätt som gör att inga skadligt höga halter av luftföroreningar upp-kommer (BBR 6:25). Temperaturförhållandena i byggnaden ska enligt BBR vara sådana att termisk komfort säkerställs. Detta nås genom utformningen av bygg-naden och installationerna. Med termisk komfort menas att den operativa tempe-raturen inte får understiga 18°C vid dimensionerande vinter-utetemperatur, DVUT (BBR 6:42). Krav på utformningen av tappvattensystemet finns i BBR 6:62, sy-stemet ska utformas så att tappvatnet vid tappstället är hygieniskt och att flödet är tillräckligt (BBR 6:62). Tappvarmvatnet måste hållas inom ett temperaturintervall för att ingen mikrobiell tillväxt ska kunna ske i systemet (BBR 6:622). Kapitel 6 i BBR innehåller även krav på ljus- och ljudmiljön (BBR 6).

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling AFS 2000:42, arbetsplatsens utform-ning innehåller föreskrifter och allmänna råd om hur arbetsplatser ska utformas (AFS 2000:42). På arbetsplatsen ska belysningen vara anpassad till arbets-uppgifterna och arbetarnas förutsättningar (AFS 2000:42 13§). I lokalerna på arbetsplatsen ska luftkvaliteten vara bra. Detta medför att i lokaler där person-belastning är den största föroreningskällan ska koldioxidhalten inte överstiga 1000 ppm (AFS 2000:42 18§). Ventilationen ska tillföra arbetslokalerna tillräckligt med uteluft (AFS 2000:42 20§). Den tillförda luften ska tillföras så att den inte medför obehag (AFS 2000:42 23§). Ventilationssystemet ska underhållas regelbundet och det ska finnas skriftliga instruktioner för hur drift och underhåll ska genomföras (AFS 2000:42 20§ och 30§). Det termiska klimatet i lokalerna ska vara anpassat för typen av arbete som utförs (AFS 2000:42 31§). Tappvatten ska finnas där det be-

hövs och dricksvatten ska finnas på ett rimligt avstånd med hänsyn till typen av arbete (AFS 2000:42 39§).

3.1.2 Allmänna råd och rekommendationer

De allmänna råd som finns i AFS 2000:42 behandlar bland annat det termiska klimatet. Bland annat nämns det att vid lätt stillasittande arbete bör temperaturen under vintern variera mellan 20 och 24°C och under sommaren mellan 20 och 26°C (AFS 2000:42). Socialstyrelsen ger ett antal allmänna råd om ventilation i byggnader. Luftkvaliteten får inte vara bristande så att den ger upphov till olägenheter för människors hälsa. Socialstyrelsen har gett ett allmänt råd som säger att i skolor bör ventilationsflödet var minst 7 l/s och person och 0,35 l/s per m² golvyta. Även Socialstyrelsen har rekommendationer angående koldioxidhalten i luften, den bör inte överstiga 1000 ppm. Om luftkvaliteten bedöms vara till olägenhet för människor ska byggnaden eller lokalerna som helhet bedömas (SOSFS 1999:25 (M)). Socialstyrelsen ger även ett antal allmänna råd om temperaturer inomhus. De allmänna råden gäller för bostadsutrymmen och lokaler där människor vistas mer än tillfälligt. Vid bedömning av en lokals termiska klimat och om det innebär en risk för ohälsa för människor ska hänsyn tas till:

- känsliga personer
- användningen av utrymmet
- vistelsezonen
- en samlad bedömning av det termiska klimatet i byggnaden

En utredning av det termiska klimatet kan göras i två steg. Vid första steget görs indikerande mätningar då lufttemperatur, luftfuktighet och golvtemperatur mäts. Andra steget är att göra utförligare mätningar. Dessa mätningar innefattar betydligt fler parametrar, som operativ temperatur, skillnad i operativ temperatur mellan 0,1 m över golv och 1,1 m över golv och strålningstemperaturskillnader (SOSFS 2005:15 (M)).

VVS Tekniska Föreningen har tagit fram en skrift R1 – riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav, skriften innehåller ett antal riktlinjer som är framtagen för att underlätta systemvalsskedet (Ekberg 2006). R1:an är tänkt att underlätta kommunikationen mellan beställaren och VVS-konsulten under projekteringen. När kvaliteten på klimatkraven ska bestämmas kan Riktlinjerna i R1:an vara till hjälp. R1:an innehåller riktlinjer för termiskt klimat, luftkvalitet, ljud och ljus. Det finns en uppdelning mellan bostäder och lokaler, med lokaler menas bland annat kontor och skolor (Ekberg 2006).

3.1.3 Fastighetsägare, fastighetsförvaltare och fastighetsbrukare

Byggherren kan vid uppförande av en ny byggnad ställa krav på att byggnaden t.ex. ska vara lättskött och att byggnaden behåller sina egenskaper över tiden (Ekberg 2006). Beställargruppen lokaler, BELOK, som är ett samarbete mellan Energimyndigheten och Sveriges största fastighetsägare med inriktning på kommersiella lokaler, har tagit fram ett styrdokument med innemiljökrav. Dokumentet innehåller bland annat krav på luftkvalitet, termiskt klimat och buller (Belok 2008b). Om det går att reglera klimatet i varje rum eller vid varje arbetsplats ökar brukarnas känsla av att inneklimatet är bra. Brukarna upplever klimatet i utrymmet där de befinner sig, detta innebär att det inte räcker att klimatet är bra i en punkt utan att det måste vara bra i hela utrymmet. Det är t.ex. inte säkert att det är samma klimat vid ett stort fönster en solig sommardag som inne i byggnaden (Bäst i klassen 2006).

4 Energimål

4.1 Energikrav

Förutsättningarna för byggnadens energianvändning grundläggs redan under projekteringen. Det första steget mot en energieffektiv byggnad är att ställa upp mål för energieffektivitet. ByggaBo-dialogen har en vision för hur mycket energi byggnaderna ska använda 2025. I dag finns det redan byggnader som ligger i linje med dessa mål. Samtidigt är livslängden för byggnader lång, runt 50 år vilket gör att det är befogat att sätta höga mål när det gäller energianvändning (Edén 2007).

4.1.1 Lagar och förordningar

BBR innehåller krav som gäller byggnadens energianvändning. Byggnadens behov av tillförd värme och behov av kylning ska vara litet för att minska energianvändningen (BBR 9:1). Energianvändningen i bostäder får högst uppgå till 110 kWh per m², A_{temp} och år i klimatzon söder och 130 kWh per m², A_{temp} och år i klimatzon norr (BBR 9:2). Till klimatzon norr tillhör Norrbottens län, Västerbottens län, Jämtlands län, Västernorrlands län, Gävleborgs län, Dalarnas län och Värmlands län. Övriga län tillhör klimatzon söder (BBR 9:12).

A_{temp} är golvarean i m² av byggnadens utrymmen som är avsedda att värmas till 10°C eller mer (BBR 9:12). Garage medräknas inte i A_{temp} (BBR 9:3). I lokaler får energianvändningen vara högst 100 kWh per A_{temp} och år i klimatzon söder och 120 kWh per A_{temp} och år i klimatzon norr. I lokaler med ett uteluftsflöde som överstiger 0,35 l/s, m² får ett tillägg göras på 70(q-0,35) kWh per A_{temp} och år i klimatzon söder och 90(q-0,35) kWh per A_{temp} och år i klimatzon norr. Det genomsnittliga uteluftsflödet under uppvärmningssäsongen betecknas q och mäts i l/s, m². Det ställs inte samma krav på bostäder som på lokaler, om byggnaden innehåller båda delarna ska kraven viktas i proportion av golvytan (BBR 9:3). Värme- och kylsystemet som installeras i byggnaden ska ha en bra verkningsgrad vid normal drift. För att minska energiförbrukningen ytterligare bör behovet av kyla minimeras genom olika bygg- och installationstekniska lösningar (BBR9:51). För att energianvändningen ska bli effektiv och inneklimatet ska bli bra måste installationerna kunna regleras på ett bra sätt. Installationerna bör regleras automatiskt efter behov för att tillförseln av luft, värme, kyla med mera ska kunna förändras efter t.ex. utetemperatur och belastning i byggnaden (BBR 9:52). BBR ställer även ett krav på att den energimängd som förbrukas ska vara möjlig att avläsas och att energianvändningen för en tidsperiod ska kunna beräknas (BBR 9:71).

4.1.2 Fastighetsägare, fastighetsförvaltare och fastighetsbrukare

Byggherren har vid nybyggnation möjlighet att ställa krav på byggnadens energiförbrukning (Ekberg 2006). Beställargruppen lokaler, BELOK har ett styrdokument innehållande energikrav. Dokumentet innehåller bland annat krav på den totala energianvändningen, belysning och verkningsgrad på pumpar. Det ställs olika krav på befintliga byggnader och nybyggnation vad det gäller energi-

förbrukning (Belok 2008a). Hyresgästerna kan också ställa krav på hur mycket energi byggnaden får använda. Detta kan göras vid kontraktsskrivningen (Energieffektivisering och energismart byggande 2005).

4.2 Incitament

Enligt Ett energieffektivare Sverige, ett delbetänkande av energieffektiviseringsutredningen, genomförs endast en mindre del av alla energiåtgärder som är ekonomiskt lönsamma, detta beror på flera olika saker. En anledning kan vara att det saknas kunskap om vilka effektiviseringar som är möjliga. Andra anledningar kan vara att det ställs högre krav på lönsamhet på åtgärden eller att det finns finansieringsproblem för genomförandet av projektet. Ytterligare en anledning till att det saknas incitament för att genomföra energieffektiviseringar är att det i vissa fall inte är samma organisation som står för kostnaderna som får besparingarna. Detta uppstår eftersom fastighetsägaren ska stå för kostnaden för effektiviseringen men det är hyresgästen som gör vinsten genom mindre energiförbrukning och då en lägre kostnad. Samtidigt finns ett annat scenario där hyresgästen inte vinner på att minska sin energiförbrukning t.ex. då värmen ingår i hyran, är det svårt att få hyresgästen att minska på energianvändningen (Ett energieffektivare Sverige 2008).

4.3 Brukare

Forskning visar att det finns stora skillnader mellan olika människor och hushålls energibeteende. Beteendet hos en byggnadsbrukare har stor betydelse för byggnadens energianvändning. Likadana hus med hushåll i samma storlek kan ha en stor spridning på mängden förbrukad energi. Några av faktorerna som påverkar energianvändningen är ålder, tradition och inkomst. Det finns en stor energieffektiviseringspotential vid beteendeförändring hos brukarna (Johansson 2005). Brukare som blir medvetna om sin energiförbrukning har ofta en vilja att förändra sitt beteende och sin energiförbrukning. Genom att synliggöra energiförbrukningen kan mycket energi sparas eftersom människor ofta kan tänka sig att förändra sitt beteende om de blir medvetna om det (Wingborg 2008).

5 Teknisk utformning

En byggnad kan utformas på olika sätt. Några faktorer som kan påverka energi användningen är bland annat fönster, solskydd, klimatskalet, ventilationen, driftsfall och stommen.

5.1 Fönster

Från fönstren läcker mer energi än från omgivande väggar vid lägre utetemperatur än inne (Berg 2007). Det finns glas som är belagda med ett lågemissionsskikt som minskar värme genomsläppningen. Glas med ett lågemissionsskikt har dock en något minskad ljusgenomsläppning. Hur stor minskningen av ljusgenomsläppningen blir beror bland annat på om beläggningen är av nyare eller äldre typ. Nya typer av beläggningar har en betydligt bättre ljusgenomsläpplighet än äldre. Ett lågemissionsskikt har ungefär samma effekt som en extra luftspalt. Detta innebär att ett tvåglas fönster där det ena glaset är belagt med ett lågemissionsskikt har ungefär samma U-värde som ett treglasfönster med vanligt klarglas. Lågemissionsskikt placeras oftast in mot luftspalten i ett tvåglasfönster för att skydda skiktet mot mekanisk åverkan. Ett annat sätt att minska värme genomgången är att i stället för att det är luft i mellan glaset i isolerrutan fylls mellanrummet med ädelgas t.ex. argon eller krypton. Ädelgaserna har lägre värmeledningsförmåga än luft (Abel & Elmroth 2006).

Fönster med ett lågt U-värde gör att yttemperaturen på fönstrets insida kommer att vara relativt hög även vid kallt väder. Detta gör att risken för kallras från fönstren minskar. Minskad risk för kallras tillsammans med välisolerade ytterväggar gör att det termiska klimatet är nästan det samma mitt i rummet som längs ytterväggen. Detta medför att hela rummets yta kan användas med samma krav på termisk komfort (Abel & Elmroth 2006).

Solinstrålning in i byggnaden genom fönstren ger en ökad temperatur i byggnaden, speciellt om det är stora fönster i soliga väderstreck (Socialstyrelsen 2005). För kontorsrum som är belägna längs fasaden är solinstrålning den största orsaken till värmeöverskott. Detta gör att storleken på fönstren och solavskärmningen har stor betydelse för hur stort värmeöverskottet som härrör solinstrålningen blir (Abel & Elmroth 2006). Storleken på eventuell komfortkyla som behövs för att föra bort värme från solinstrålningen påverkas av storleken och orienteringen på fönstren samt hur solskydden är utformade och används (Elmroth 2007).

I ett välisolerat hus täcks en solig dag snabbt värmebehovet av solinstrålningen. Solinstrålningen kan täcka stora delar värmebehovet över året genom fönstren även om storleken på dessa är måttliga. Om byggnaden är välisolerad kan stora fönster i söder ge upphov till problem genom att det kommer in mycket solvärme genom fönstren. För höga innetemperaturer uppkommer inte bara under sommaren utan kan även inträffa under vår och höst. Det är ur inneklimatsynpunkt ofta till fördel att fönstren placeras i nordliga väderstreck och att de är måttligt stora (Abel & Elmroth 2006).

Det finns olika typer av solskyddsglas. En typ är genomfärgade glas, solskyddet för sådana glas ökar med glasets tjocklek. Glas kan beläggas med olika typer av beläggningar. Beläggningarna är av typen mjuk- eller hård beläggning. Glas med en hård beläggning har en metalloxidbeläggning. Den hårda beläggningen är inte repkänslig, glas med hårdbeläggning är lika reptålig som vanligt glas. Detta gör att glas med hårdbeläggning kan användas som enkelglas, härddas och lamineras och användas som vanligt glas. Den mjuka typen av beläggning är hinnor av metallbaserat LE-skikt. Beläggningen är repkänslig och måste därför skyddas, t.ex. genom att placeras mot luftspalten i en isolerruta. Det finns även glas med mjukbeläggning som fungerar både som solskydd och har lågemissiva egenskaper. Glas som har ett lågt värde på solfaktorn g är ofta lite färgade. Hur mycket glaset är färgat och åt vilken ton varierar mellan tillverkare (Carlson 2005).

5.2 Solskydd

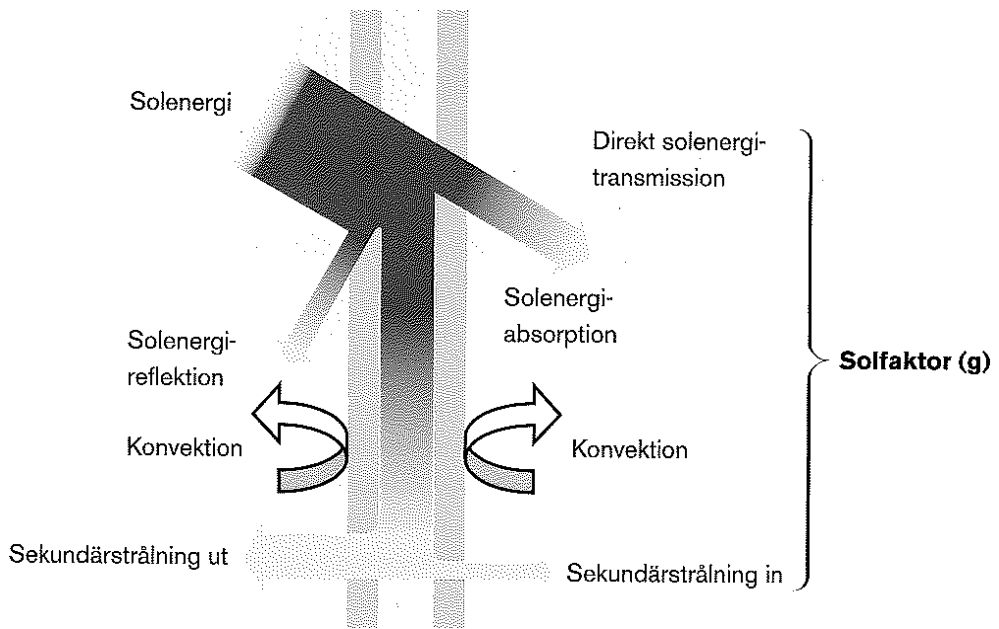
Önskad uppvärmning av rumsluften genom solinstrålning genom fönstren kan minskas genom olika former av solskydd. Detta kan göras antingen genom solavskärmning eller olika typer av fönsterglas. Utvändig solavskärmning hindrar solstrålarna från att träffa glaset och är en effektiv typ av solskydd (Socialstyrelsen 2005).

Fönsterarean påverkar också värmebehovet. Ökar glasarean ökar också värmebehovet, i lokaler ökar värmebehovet speciellt under icke arbetstid (Abel & Elmroth 2006). För att undvika ett behov av komfortkyla är det viktigt att använda måttliga glasareor och att dimensionera solavskärmningen noga, på grund av att det är solinstrålningen som har en dominerande betydelse för om komfortkyla är nödvändigt eller ej (Elmroth 2007).

För att beteckna hur effektivt en solavskärmning avskärmar solenergin används något som kallas solfaktor. Solfaktorn är hur stor total andel av solenergin som passerar genom glaset in i rummet. Solfaktorn betecknas vanligen med g . Solfaktorn består av två delar, direkt transmission av solenergi och värmestillförsel från den solvärmda inre glasrutan genom värmestrålning och konvektion. De olika delarna illustreras i figur 1. Den direkta transmissionen betecknas ofta med ST (Carlson 2005). Solfaktorn g beräknas med ekvation 1 (Abel & Elmroth 2006).

$$g = \frac{\text{Solstrålning genom fönstret in i rummet}}{\text{Solstrålning utifrån på fönstret}} .$$

Ekvation 1. Solfaktorn g (Abel & Elmroth 2006).



Figur 1. Solfaktorn g (Carlson 2005).

Det finns två huvudtyper av solavskärmningar, fasta och rörliga. Fasta solskydd fungerar bäst vid höga solhöjder. Solhöjden varierar över året och är olika för olika väderstreck. Vid höga solhöjder behöver inte de fasta solavskärmningarna vara stora för att effektivt skugga partier. I söder där solhöjden är hög kan den fasta solavskärmningen vara horisontell men i öster och väster behöver den vara lutande eller vertikal. De fasta solskydden kan vara helt avskärmade eller vara delvis genomsläppliga (Carlson 2005).

De rörliga solavskärmningarna kan delas in i tre grupper: utvändiga, mellanglas och invändiga. Hur effektiva de rörliga solskydden är anges med en faktor F_c . Det totala solskyddet som inkluderar både solskyddets effektivitet och glasets mäts i g_{tot} som är g multiplicerat med F_c . Med ekvation 2 kan g_{tot} beräknas (Carlson 2005).

$$g_{tot} = g \cdot F_c$$

Ekvation 2. Beräkning av totala solskyddet som inkluderar både solskyddets effektivitet och glasets (Carlson 2005)

Effektivaste solskyddet är utvändiga solskydd. Rörliga utvändiga solskydd är svåra att använda året runt eftersom de påverkas av vind, frost och fukt. På höga byggnader är det ännu svårare att använda eftersom de är extra utsatta för vind. De solskydd som är utvändiga och har en stor area bör vara automatiska för att skyddas mot påverkan av vind. En stor fördel med mellanglassolskydd är att de är skyddade från påverkan av klimatet. En nackdel är då att solskydden måste vara inbyggda. Invändiga solskydd används ofta också för att reglera ljuset och skydda för bländning. De invändiga solskydden är helt skyddade från påverkan av klimatet vilket är en fördel. Dock är de invändiga solskydden inte lika effektiva. Solskydden

omvandlar en stor del av solenergin direkt till värme vilket kan leda till oönskad värmestrålning på personer som sitter i närheten av dem (Carlson 2005).

Ofta leder många typer av solavskärmningar till att behovet av belysning ökar. Därför bör solskydden utformas så att de släpper in dagsljus men samtidigt minskar mängden solinstrålning in i byggnaden. Om detta görs bra kan behovet av belysning minskas (Elmroth 2007).

5.3 Klimatskalet

Som värmeisolering i byggnader kan olika material användas. Med material som är högisolerande är det möjligt att bygga väggar med låga U-värden som har en rimlig tjocklek (Abel & Elmroth 2006). Ju bättre värmeisolering desto lägre blir energianvändningen. En ökad tjocklek på värmeisoleringen medför dock en kostnadsökning. Detta gör att båda aspekterna, lägre energianvändning och ökade investeringskostnader, måste beaktas i samband med projekteringen (Burström 2003).

Vid anslutningar mellan olika byggnadsdelar kan inte alltid samma isolertjocklek användas som i övrigt i byggnadsdelarna. En förändring av tjockleken på isoleringen medför förändrade värmeegenskaper. När isolertjockleken blir mindre ökar värmeförlusterna och det blir en köldbrygga. Andelen köldbryggor påverkar den termiska komforten i byggnaden (Abel & Elmroth 2006).

5.4 Ventilation

Ett ventilationssystem av VAV-typ innebär att systemet kan variera luftflödena. VAV står för Variable Air Volume. VAV-system används när värmelasterna varierar mycket. Det maximala flödet är dimensionerat för att kunna föra bort den maximala värmelasten och grundflödet är dimensionerat för att säkerställa kraven på luftkvaliteten (Svensson 1995).

5.5 Driftsfall

Om installationernas driftstider anpassas till verksamheten i byggnaden kan energiförbrukningen minskas. Även små justeringar kan ge stora besparingar, både av energi och av pengar. Justeringarna av driftstider innebär inga stora investeringskostnader vilket leder till att det fort blir ekonomiskt lönsamt (Nilson et al. 1996). Att föra bort överskottsvärmen ur lokaler är energikrävande. Åtgärder som minskar energibehovet hos de klimatstyrande installationerna och saker som minskar internvärmen ger stora energivinster (Abel & Elmroth 2006).

Med internvärme menas värme som tillförs rummet genom människorna som vistas i det, apparater och belysning. Internvärme kommer också ifrån omgivande ytor när temperaturen på dessa är högre än rumsluftens. Värmen som avges från de omgivande ytorna kommer indirekt från bland annat solinstrålning. Rummet får ett värmeöverskott om det avges mer värme i rummet än vad som försvinner ut genom klimatskalet (Abel & Elmroth 2006).

Dagens kontor innehåller många personer och apparater, vilka avger mycket värme. Den stora interna värmeavgivningen medför att det finns ett behov att kyla byggnaden större delen av året (Johansson 2005).

En person avger ungefär 100 W som avges som värme till rumsluften (Elmroth 2007). En dator som är i gång alstrar 40-70 W värme. En bärbar dator avger en mängd värme som ligger i linje med det undre värdet, en lite äldre stationär dators värmeavgivning ligger i linje med det övre värdet. En skrivare som används för utskrift av cirka tio sidor i timmen avger mellan 20 och 50 W beroende på storlek (Abel & Elmroth 2006).

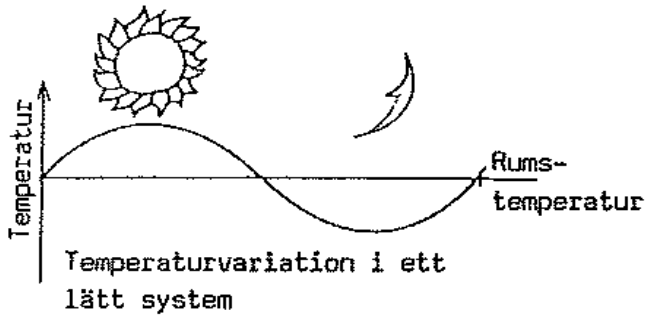
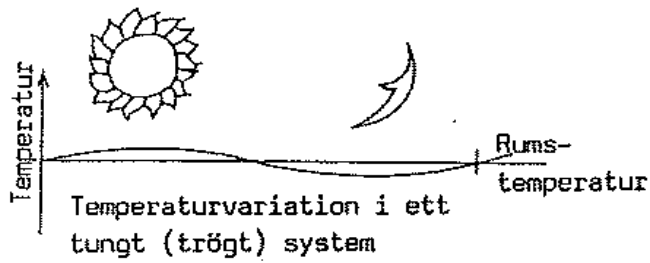
Kontorsbyggnader använder mycket el till kontorsapparater som datorer och skrivare. Den ökade användningen av apparater medför en ökande intern värmelast. Detta ökar behovet av kylning som i sin tur ökar elförbrukningen (Nilson et al. 1996).

Belysningen kan vara en bidragande orsak till värmeöverskott eftersom belysningen avger mycket värme. Vanliga glödlampor drar mycket elenergi och avger mycket värme, därför bör man i kontor använda högfrekvent belysnings-system, HF-system, i stället. Eftersom HF-system har en värmeavgivningseffekt på cirka 6 W/m² medan vanlig belysning ligger på cirka 10 W/m² (Abel & Elmroth 2006).

Nästan all el som används till belysning och apparater omvandlas till värme som sedan tillförs rummet. Värmetillskottet från belysning och apparater blir ofta så stort i lokaler att det leder till övertemperaturer. För att föra bort dessa övertemperaturer behövs komfortkyla ofta även under delar av den normala uppvärmningssäsongen (Elmroth 2007).

5.6 Stommen

I en byggnads olika byggnadsdelar kan värme magasineras och avges senare. Hur mycket värme som kan magasineras beror på byggnadsdelarnas värmekapacitet. Tunga byggnader har en stor värmekapacitet och kan då lagra mycket värme. Till exempel värms stommen upp under dagen av verksamheten och solinstrålning och avger sedan värmen under natten då byggnaden avger mer värme än vad som alstras. Hög värmekapacitet ger ett system som är trögt, detta gör att temperatursvängningarna i rummet inte blir lika stora jämfört med ett lätt system. I figur 2 illustreras temperaturlagringen över dygnet i ett tungt och ett lätt material (Berg 2007). En fundering angående figur 2 är dock att det borde vara en förskjutning i sidled åt höger av kurvan i det tröga systemet. Ibland kan det dock vara negativt att byggnaden har en hög värmekapacitet eftersom uppvärmning och kylning går långsamt (Berg 2007).



Figur 2. Temperatursvängningen i en tung jämfört med en lätt stomme (Berg 2007).

I byggnader med lokaler kan en påtaglig effekt lagras i byggnadsmaterialen över dygnet. Det är de 5-10 cm av materialet i väggar, golv och tak som är närmast rumsluften som medverkar i dygnslagringen. Detta medför att även om en byggnad har hög värmekapacitet kan värmelagringen över dygnet bli liten om ytskikten som är närmast rumsluften har en liten värmekapacitet (Abel & Elmroth 2006).

6 Energiberäkningar med datorprogrammet VIP+

6.1 Indata grundfall

Byggnaden är belägen i Malmö och består av 5 våningar, bottenvåningen innehåller konferensutrymmen, matsal och teknikutrymmen kontorsutrymmen med mera, våning 2-4 innehåller kontor och våning 5 består av bostäder och teknikutrymmen. Storleken på våningsplanen skiljer sig åt och alla har inte heller samma form. Detta medför att kontorsdelen bara gränsar mot grund och tak på delar av ytan. Kontorsdelen av byggnaden har en yta på 3692 m² och är tänkt att vara öppet landskap längs fasaderna med toaletter, mötesrum och pausrum i mitten av våningsplanet.

Enligt BBR får en kontorsbyggnad använda 100 kWh/m²,år med ett tillägg på 70(q-0,35) kWh/m²,år om uteluftsflödet överstiger 0,35 l/s,m². q beräknas enligt ekvation 3. För kontorsdelen i Hamnen 21:152 blir q=2019/3692=0,55 l/s,m². Medelventilationen har räknats ut med hjälp av VIP+ och finns redovisad i bilaga 1. För kontorsdelen i Hamnen 21:152 får enligt BBR alltså energianvändningen vara max 100+70(0,55-0,35)=114 kWh/m²,år.

$$q = \frac{\text{medelventilation}}{\text{golvarea}}.$$

Ekvation 3. Genomsnittliga uteluftsflödet i l/s,m².

Kontorsdelen av byggnaden redovisas utförligt i bilaga 1. I bilagan ingår all indata och resultatet av beräkningen av energianvändningen. Kontorsdelen av byggnaden är utformad enligt följande. Ytterväggarna består av sandwichelement av betong med 150 mm mineralull i mitten. Ytterväggens utformning och materialinnehåll framgår av bilaga 2. Ytterväggen har ett U-värde på 0,26 W/m²,K. Taket är ett betongbjälklag med överliggande mineralull, detta framgår också av bilaga 2. Delar av taket på kontorsdelen kommer att vara täckt med sedum, övriga delar av takbjälklaget används som terrass. Terrassbjälklaget är uppbyggt av ett betongbjälklag med ovanliggande mineralull och ovanpå detta ytterligare ett betongskikt se bilaga 2. Innerbjälklagen som finns mellan våningarna är av betong med ett lager trä på ovansidan. Grundläggningen är platta på mark med underliggande isolering som är cellplast.

Att anslutningarna mellan olika byggnadsdelar inte har samma egenskaper som det kontinuerliga materialet och då är potentiella köldbryggor tas hänsyn till. För grundfallet har en 2-dimensionell modell gjorts för två olika anslutningar mellan byggnadsdelar. En modell har gjorts för utåtgående hörn och en för inåtgående hörn. Hörnens ingående material och tjocklekarna på dessa framgår av bilaga 2.

Fönstren i byggnaden har ett U-värde på 1,2 W/m²,K. Den totala soltransmittansen g är 33 % och den direkta soltransmittansen ST är 30 %. I söder, öster och väster används solavskärmningar i form av markiser som regleras av solintensiteten.

Detta innebär att solskyddet aktiveras vid en gränseffekt på 250 W/m², solavskärmningen inaktiveras vid vindhastigheter som överstiger 20 m/s. Antalet kvadratmeter fönster i de olika väderstrecken framgår av tabell 2 och egenskaper för fönstren finns i tabell 3 och för solskydden i tabell 5.

Det finns ett antal olika driftsfall för byggnaden, ett driftsfall för dagar under vintern, ett driftsfall för dagar under sommaren och ett driftsfall för nätter och helger, vilka tider som gäller framgår av tabell 1. Internlasterna, personlasterna och verksamhetsenergin beräknas för 80 % närvaro vid arbetsplatserna. Detta leder till att tillförd värme från personerna är 5 W/m² och verksamhetsenergin blir 13 W/m². Siffrorna är tillhandahållna från konsulten till Hamnen 21:152. Värmen från personerna är beräknad på att det finns ungefär 0,04 personer per m². Verksamhetsenergin består av belysning och persondatorer till närvarande personal, detta framgår av tabell 9. I bilaga 1 finns all indata för grundfallet redovisad.

Tabell 1. Grundfallets grunddata.

Total golv area	3692 m ²
Grund Platta på mark med 100 mm underliggande cellplast Area Vägt U-värde	633,5 m ² 0,20 W/m ² , °C
Ytterväggar Betong sandwichelement med 150 mm mellanliggande mineralull Area U-värde	1401,2 m ² 0,26 W/m ² , °C
Fönster Treglas fönster med energi och solskyddsbeläggning Area U-värde Soltransmittans total Glasandel av fönsterarean Fönsterarean/golvarean	740,6 m ² 1,2 W/m ² , °C 33 % 85 % 20 %
Tak Terrassbjälklag med 200 mm mineralull Area U-värde Sedumtak av betong med 300 mm mineralull Area U-värde	148,4 m ² 0,18 W/m ² , °C 602,2 m ² 0,12 W/m ² , °C
Ventilation Mekaniskt till- och frånlufts ventilationssystem med variabelt luftflöde Grundflöde under arbetstid 7-18 Grundflöde utanför arbetstid Maxflöde Verkningsgrad på värmeåtervinningen	1,0 l/s,m ² 0,3 l/s,m ² 3,9 l/s,m ² 80 %

Fortsättning tabell 1.

Driftsfall Arbetstid Övrig tid	Vardagar 08-17 Vardagar 00-08,17-24 Helger 00-24
Lufttemperatur inomhus	
Vinter	Vardagar Dag 1-121, 275-365 21-23 °C
Temperaturintervall	
Sommar	Vardagar Dag 122-274 21-24 °C
Temperaturintervall	
Övrig tid	Övrig tid Dag 1-365 19-25 °C
Temperaturintervall	
Köldbryggor Utåtgående hörn Total längd Psi-värde	126,4 m 0,07W/m
Inåtgående hörn Total längd Psi-värde	42,8 m 0,05 W/m
Innerbjälklag Betongbjälklag med parkett på golvet Area	2500 m ²

Tabell 2. Antal m² på fönster, ytterväggar och längd i m på utåtgående och inåtgående hörn i de olika väderstrecken redovisas i tabellen.

Väderstreck	Fönster m ²	Ytterväggar m ²	Utåtgående hörn m	Inåtgående hörn m
Söder	184,4	343,4	31,6	10,7
Öster	198,4	354,9	31,6	10,7
Norr	180,8	402,1	31,6	10,7
Väster	177,0	269,6	31,6	10,7
Burspråk norr		31,2		

6.2 Indata variabla parametrar

De olika beräkningsfallen har delats in i grupper för att underlätta en jämförelse.

6.2.1 Fönster

Byggnaden har en stor andel fönster, andelen fönster i kontorsdelen är 20 % av golvytan.

Valen av parametrar i de olika beräkningsfallen har valts av olika anledningar. I dag är det ovanligt att använda vanliga tvåglasfönster. I undersökningen finns de emellertid med för att undersöka hur energianvändningen påverkas av att välja ett

fönster med högt U-värde för att motverka övertemperaturer inomhus vid stora internvärmelaster.

Indata som varierar mellan de olika beräkningsfallen med olika fönster redovisas i bilaga 3.

Tvåglasfönster

Byggnadens fönster byts ut och ersätts med tvåglasfönster med klarglas. U-värdet ökas till $2,7 \text{ W/m}^2\text{,K}$ från grundfallets fönsters U-värde på $1,2 \text{ W/m}^2\text{,K}$. I tabell 3 visas fönstrets egenskaper när det gäller läckflöde, soltransmittans, glasandel och U-värde.

Treglasfönster

Treglasfönster med klarglas ersätter de fönster som finns i byggnaden i grundfallet. Treglasfönstren har ett U-värde på $1,8 \text{ W/m}^2\text{,K}$, för fler egenskaper hos fönstret se tabell 3.

Tvåglasfönster med solskyddsglas

Tvåglasfönstren med solskyddsglas har ett U-värde på $1,4 \text{ W/m}^2\text{,K}$ och används i hela byggnaden i detta beräkningsfall. I tabell 3 redovisas fler egenskaper hos fönstret.

Tvåglasfönster med energiglas

Fönstren som används i beräkningsfallet, i stället för de som finns i grundfallet, är tvåglasfönster med energiglas. Fönstren har ett U-värde på $1,3 \text{ W/m}^2\text{,K}$. Mer om fönstren finns i tabell 3.

Treglasfönster med energiglas

Byggnadens originalfönster byts ut mot treglasfönster med energiglas som har ett högre g värde och ett högre värde på den direkta soltransmittansen. Byggnadens fönster får ett U-värde på $1,0 \text{ W/m}^2\text{,K}$. Fönstrens läckflöden och soltransmittansen med mera redovisas i tabell 3.

Tabell 3. De olika fönstrens data.

Fönster	Grund Fönstret, energi- & solskydds glas	Tvåglas fönster med klarglas	Treglas Fönster med klarglas	Tvåglas fönster med solskyddsglas	Treglas fönster med energiglas	Tvåglas fönster med energiglas
U-värde W/m ² , °C	1,2	2,7	1,8	1,4	1,0	1,3
Läckflöde l/s,m ²	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Glasandel %	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Total sol- transmittans g %	33,00	68,40	60,04	41,80	53,20	53,20
Direkt sol- transmittans ST %	30,00	54,72	48,03	33,44	42,56	42,56

6.2.2 Solskydd

Beräkningsfallet utan solskydd är valt för att kunna jämföra hur mycket olika solskydd påverkar energianvändningen samt för att kunna visa på konsekvenserna av avsaknad av solskydd till en byggnad. Skillnaden på markiserna som används i grundfallet och markiserna i fallet med markiser är att i grundfallet är gränsvindhastigheten 20 m/s men i fallet med markiser är gränsvindhastigheten 10 m/s. Att beräkna ett fall med vanliga treglasfönster utan solskydd har valts för att undersöka energianvändningen i byggnaden om man inte tänker sig för när det gäller solinstrålningen in i byggnaden.

Indata som förändras för beräkningsfallen med olika solskydd redovisas i bilaga 3.

Utan solskydd

Beräkningsfallet är grundfallet där solskydd tagits bort helt i alla väderstreck. Detta framgår av tabell 4.

Med persienner

Persiennerna är invändiga och regleras av rumstemperaturen. Gränstemperaturen är 24°C det framgår av tabell 5. Tabell 4 visar i vilka väderstreck som solavskärmningen används.

Med markiser

Vanliga styrda markiser används. Markiserna aktiveras när gränseffekten överskrids, i detta fall är gränseffekten 250 W/m² se även tabell 5. Markisen åker upp när det blåser över en viss vindhastighet i detta fall är gränshastigheten 10 m/s. även detta framgår av tabell 5. Enligt tabell 4 finns det markiser i söder, öster och väster.

Med fasta solskydd

I detta beräkningsfall har byggnaden utrustats med fasta horisontella solskydd i söder, öster och väster, se även tabell 4. Tabell 5 visar vilka horisontella skärmvinklar som bildas mellan fönstrets över och under kant och skärmen.

Treglasfönster utan solskydd

Byggnadens fönster byts ut till vanliga treglasfönster med klarglas. I tabell 3 visas bland annat U-värdet för fönstret. Tabell 4 visar att solskydden tas bort i samtliga väderstreck.

Tabell 4. Tabellen visar i vilka väderstreck de olika fallen har solavskärmning.

Väderstreck	Grundfallet med markiser	Utan Solskydd med energifönster	Persiennner	Markiser	Fast solskydd	Treglas fönster utan solskydd
Söder	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej
Öster	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej
Norr	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Väster	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej

Tabell 5. Egenskaper hos olika typerna av solskydd.

Solskydd	Grundfallet med markiser	Persiennner	Markiser	Fast solskydd
Gränstemperatur °C *	100	24,0	100	0
Gränseffekt W/m ² *	250	2000	250	0
Reduktion av soltransmittans total %	0	80,0	0	0
Reduktion av soltransmittans direkt %	0	80,0	0	0
Horisontell skärmvinkel grader underkant °	45	0	45	45
Horisontell skärmvinkel grader överkant °	90	0	90	70
Högsta vindhastighet m/s	20	50	10	50

* Solskydden aktiveras när något av kriterierna uppfylls.

6.2.3 Klimatskalet

En fundering som finns är att minska eller helt utesluta isoleringen i yttväggen för att minska behovet av kyla eftersom dagens kontor har ofta ett värmeöverskott. Valet av fallet med 250 mm isolering är gjord därför att en vanlig lösning för att minska energianvändningen för uppvärmning ofta är att öka tjockleken på isoleringen.

I bilaga 3 redovisas alla indata som varierar i beräkningsfallen med olika stomme.

Träregelevägg

Ytterväggen byts ut mot en träregelevägg som är uppbyggd enligt bilaga 2 med 45+155 mm isolering med träreglar. Träreglarna som är 155 mm djupa är vertikala och de träreglar som har ett djup på 45 mm är horisontellt orienterade. Tabellerna 6, 7 och 8 innehåller ett antal olika egenskaper hos väggen och hörnen.

Utan isolering

Grundfallets sandwichelement modifieras till att inte innehålla någon isolering. Ytterväggens U-värde med mera framgår av tabell 6. De utåt och inåt gående hörnens U-värden och andra egenskaper framgår av tabell 7 och tabell 8. Väggens och både utåt och inåt gående hörnens uppbyggnad och materialegenskaper framgår av Bilaga 2.

50 mm isolering

Ytterväggens isolertjocklek minskas med 100 mm till 50 mm jämfört med grundfallets 150 mm. Tabell 6 innehåller egenskaper hos väggen tabell 7 och 8 innehåller egenskaper hos hörnen. För uppbyggnad av väggen och hörnen se bilaga 2.

250 mm isolering

I detta beräkningsfall ökas isoleringstjockleken med 100 mm jämfört med grundfallet. Ytterväggen har då 250 mm mineralull som isolering. Väggens uppbyggnad framgår av bilaga 2. I tabell 6 framgår bland annat ytterväggens U-värde. I tabell 7 framgår ett antal egenskaper för de utåtgående hörnen i byggnaden och i tabell 8 framgår dessa saker för de inåtgående hörnen.

Tabell 6. Tekniska egenskaper för de olika ytterväggarna.

Vägg	Grundfallet	Träregelevägg	Utan isolering	50 mm isolering	250 mm isolering
U-värde inklusive ΔU -värde $W/m^2, ^\circ C$	0,26	0,20	3,25	0,65	0,16
Läckflöde $l/s, m^2$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Solabsorbtion %	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
ΔU värde $W/m^2, ^\circ C$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabell 7. Tekniska egenskaper för de utåtgående hörnen vid de olika ytterväggarna.

Ytterhörn	Grundfallet	Träregelevägg	Utan isolering	50 mm isolering	250 mm isolering
Psi-värde $W/m, ^\circ C$	0,07	0,03	0,13	0,07	0,01
Läckflöde $l/s, m^2$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Solabsorbtion %	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Bredd m	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Tabell 8. Tekniska egenskaper för de inåtgående hörnen vid de olika ytterväggarna.

Innerhörn	Grundfallet	Träregelvägg	Utan isolering	50 mm isolering	250 mm isolering
Psi-värde W/m, °C	0,07	0,03	0,10	0,05	0,00
Läckflöde l/s,m ²	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Solabsorbtion %	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Bredd m	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

6.2.4 Ventilationen

Beräkningsfallet ventilation dygnet runt är valt för att undersöka hur energianvändningen ökar om VAV-systemet tillåts öka till max även utanför arbetstid.

Ventilation dygnet runt

Ventilationen är inte tidsstyrd utan är i full drift dygnet runt. Detta innebär att grundflödet är det samma utanför arbetstid som under. De indata som skiljer sig från grundfallets framgång av bilaga 3.

6.2.5 Driftsfall

Temperaturintervallen som valts används i grundfallet delar av året och dygnet. Val av olika storlekar på tillåtet temperaturintervall har gjorts för att möjliggöra en jämförelse av hur temperaturintervallet påverkar energianvändningen. I grundfallet är det tillåtna temperaturintervallet olika mellan sommar och vinter och under och efter arbetstid. Men i de övriga beräkningsfallen med olika temperaturintervall gäller samma temperatur intervall alla dygnets timmar och alla årets dagar. All indata som rör beräkningsfallen med olika driftstider finns i bilaga 3.

Temperaturintervall 21-23°C

I beräkningsfallet har temperaturintervallet inom vilket temperaturen i byggnaden får variera förändrats jämfört med grundfallet. Temperaturen får variera mellan 21°C och 23°C dygnet runt alla dagar på året. Driftstiderna framgår av Tabell 10. Högsta och lägsta tillåtna temperatur samt tillförd energi från verksamheten framgår av tabell 9.

Temperaturintervall 21-24°C

I beräkningsfallet har temperaturintervallet inom vilket temperaturen i byggnaden får variera förändrats jämfört med grundfallet. Temperaturen får variera mellan 21°C och 24°C dygnet runt året om. Driftstiderna framgår av Tabell 10. Högsta och lägsta tillåtna temperatur samt tillförd energi från verksamheten framgår av tabell 9.

Temperaturintervall 19-25°C

Temperaturen i byggnaden får variera mellan 19°C och 25°C dygnet runt hela året. Driftstiderna framgår av Tabell 10. Tillförd energi från verksamheten med mera framgår av tabell 9.

Tabell 9. Tabellen visar högsta och lägsta tillåtna temperatur i byggnaden samt storlek på avgiven energi från verksamheten och verksamhetens energibehov för varmvatten.

Driftsfall	Temp. intervall 21-23°C dag	Temp. intervall 21-24°C dag	Temp. intervall 19-25°C dag	Temp. intervall 21-23°C helg	Temp. intervall 21-24°C helg	Temp. intervall 19-25°C helg
Rumstemp. lägsta-högsta	21-23	21-24	19-25	21-23	21-24	19-25
Verksamhets energi till rumsluft W/m ²	13	13	13	2	2	2
Personvärme W/m ²	5	5	5	0	0	0
Tappvarmvatten per m ²	1	1	1	0	0	0

Tabell 10. Driftstiderna för de olika driftsfallen.

Driftstider	Grundfallet	Temp. intervall 21-23°C	Temp. intervall 21-24°C	Temp. intervall 19-25°C
Vardagar	Temp. intervall 21-23°C dag	Temp. intervall 21-23°C dag	Temp. intervall 21-24°C dag	Temp. intervall 19-25°C dag
Startdag - slutdag	1-121 275-365	1-365	1-365	1-365
Starttid - sluttid	08-17	08-17	08-17	08-17
Vardagar	Temp. intervall 21-24°C dag			
Startdag - slutdag	122-274			
Starttid - sluttid	08 17			
Övrig tid	Temp. intervall 19-25°C helg	Temp. intervall 21-23°C helg	Temp. intervall 21-24°C helg	Temp. intervall 19-25°C helg
Startdag - slutdag	1-365	1-365	1-365	1-365
Vardagar Starttid - sluttid	00-08 17-00	00-08 17-00	00-08 17-00	00-08 17-00
Helg Starttid - sluttid	00-24	00-24	00-24	00-24

6.2.6 Stommen

Beräkningsfallet med undertak är valt för att undersöka om energianvändningen förändras om byggnaden utförs med undertak. Undertak används ofta i kontor men

finns inte i grundfallet. Indata som skiljer mellan beräkningsfallet och grundfallet redovisas i bilaga 3.

Undertak

I taket sätts ett undertak som är nedpendlat 300 mm och består av 20 mm mineralull. I bilaga 2 framgår det hur bjälklaget ser ut och egenskaper hos de ingående materialen.

6.3 Resultat

Den energianvändning som redovisas i resultatet är energin för fjärrkyla, värmeförsörjning och fastighetsel, det vill säga köpt energi. I fastighetselen ingår elanvändningen för fläktar och pumpar. Energianvändningen är beräknad per år och m² golv.

6.3.1 Grundfallet

Grundfallet har ett behov av köpt energi på 30,3 kWh/m²,år. Hur stor energianvändning som kommer ifrån komfortkyla, värmeförsörjning och fastighetsel framgår av tabell 11. För fullständigt resultat av energiposter se bilaga 4.

Tabell 11. Energin i delar som blir köpt energi.

Energi i kWh/m ² ,år	Grundfallet
Värmeförsörjning	12,6
Komfortkyla	7,2
Fastighetsel	10,5
Köpt energi	30,3

6.3.2 Fönster

I bilaga 4 redovisas samtliga energiposter som har beräknats.

Tvåglasfönster

Vid användning av tvåglasfönster blir energianvändningen 48,5 kWh/m²,år detta framgår av tabell 12. I bilaga C finns alla energiposter redovisade som beräknats.

Treglasfönster

Enligt tabell 12 är behovet av köpt energi för byggnaden med treglasfönster med klarglas 37,6 kWh/m²,år.

Tvåglasfönster med solskyddsglas

Behovet av köpt energi om det i byggnaden används tvåglasfönster med solskyddsglas blir 32,9 kWh/m²,år. Storleken på de energiförbrukningar som blir köpt energi finns i tabell 12.

Tvåglasfönster med energiglas

Med tvåglasfönster med energiglas som fönster blir behovet av köpt energi 32,4 kWh/m²,år, se tabell 12.

Treglasfönster med energiglas

Enligt tabell 12 är behovet av köpt energi för byggnaden med treglasfönster med energiglas 30,2 kWh/m²,år.

Tabell 12. Ingående delar som bildar köpt energi för beräkningsfallen med olika fönster.

Energi i kWh/m ² ,år	Grund fallet energi- & solskyddsglas	Tvåglas Fönster med klarglas	Treglas fönster med klarglas	Tvåglas fönster med solskyddsglas	Treglas fönster med energiglas	Tvåglas fönster med energiglas
Värme försörjning	12,6	28,6	17,4	14,3	9,2	12,2
Komfort kyla	7,2	8,8	9,0	7,9	9,6	9,0
Fastighets el	10,5	11,1	11,2	10,7	11,4	11,2
Köpt energi	30,3	48,5	37,6	32,9	30,2	32,4

6.3.3 Solskydd

Alla energiposter som har beräknats finns redovisade i bilaga 4.

Utan solskydd

Om byggnaden utförs utan solskydd framgår det av tabell 13 att mängden köpt energi uppgår till 31,6 kWh/m²,år.

Med persienner

Enligt tabell 13 är behovet av köpt energi för byggnaden med om persienner används som solskydd 31,1 kWh/m²,år.

Med markiser

Vid användning av markiser blir energianvändningen 30,3 kWh/m²,år vilket framgår av tabell 13.

Med fasta solskydd

Fasta solskydd på byggnaden leder till ett behov av köpt energi på 30,1 kWh/m²,år. I tabell 13 redovisas de ingående delarna i den köpta energin.

Treglasfönster utan solskydd

Av tabell 13 framgår det att behovet av köpt energi för byggnaden om treglasfönster används utan solavskärmning blir 41,2 kWh/m²,år.

Tabell 13. Ingående delar som bildar köpt energi för beräkningsfallen med olika solskydd.

Energi i kWh/m ² ,år	Grundfallet med markiser	Utan Solskydd med energifönster	Persienner	Markiser	Fast solskydd	Treglasfönster utan solskydd
Värme försörjning	12,6	12,0	12,0	12,5	13,5	16,9
Komfortkyla	7,2	8,6	8,2	7,3	6,5	11,9
Fastighetsel	10,5	11,0	10,9	10,5	10,2	12,4
Köpt energi	30,3	31,6	31,1	30,3	30,1	41,2

6.3.4 Klimatskalet

I bilaga 4 redovisas de energiposter som har beräknats för beräkningsfallen med olika stomme.

Träregelvägg

Om byggnaden utförs med en yttervägg som är lätt leder detta enligt tabell 14 till ett behov av köpt energi på 30,1 kWh/m²,år.

Utan isolering

Om byggnaden utförs utan isolering i ytterväggen blir behovet av köpt energi enligt tabell 14 124,3 kWh/m²,år.

50 mm isolering

Med 50 mm isolering i sandwichelementen behövs det tillföras 39,2 kWh/m²,år köpt energi. Detta redovisas i Tabell 14.

250 mm isolering

Behovet av köpt energi blir 28,5 kWh/m²,år med en yttervägg med 250 mm isolering, se tabell 14.

Tabell 14. Ingående delar som bildar köpt energi för beräkningsfallen med olika stomme.

Energi i kWh/m ² ,år	Grundfallet	Träregelvägg	Utan isolering	50 mm isolering	250 mm isolering
Värmeförsörjning	12,6	12,1	110,6	22,0	10,6
Komfortkyla	7,2	7,5	2,9	6,9	7,4
Fastighetsel	10,5	10,5	10,8	10,3	10,5
Köpt energi	30,3	30,1	124,3	39,2	28,5

6.3.5 Ventilationen

I bilaga 4 redovisas samtliga energiposter som har beräknats.

Ventilation dygnet runt

Om ventilationen är i full drift dygnet runt med för detta ett behov av köpt energi på 47,2 kWh/m²,år. Behovet av köpt energi blir större än i grundfallet. I tabell 15 visas behovet av köpt energi och de ingående delarna i denna.

Tabell 15. Ingående delar som bildar köpt energi för beräkningsfallet med ventilation dygnet runt.

Energi i kWh/m ² ,år	Grundfallet	Ventilation dygnet runt
Värmeförsörjning	12,6	21,7
Komfortkyla	7,2	3,8
Fastighetsel	10,5	21,7
Köpt energi	30,3	47,2

6.3.6 Driftfall

Energiposterna som har beräknats redovisas utförligare i bilaga 4.

Temperaturintervall 21-23°C

Om temperaturen inomhus får variera mellan 21°C och 23°C dygnet runt året om som det tillåts under vintern i grundfallet kommer behovet av köpt energi bli 33,5kWh/m²,år, se tabell 16.

Temperaturintervall 21-24°C

Behovet av köpt energi blir enligt tabell 16 30,3 kWh/m²,år om temperaturen får variera mellan 21°C och 24°C året om dygnet runt vilket i grundfallet tillåts under sommaren.

Temperaturintervall 19-25°C

Om temperaturen tillåts variera mellan 19°C och 25°C hela dygnet alla årets dagar vilket i grundfallet tillåts utanför arbetstid blir behovet av köpt energi 29,1 kWh/m²,år, detta framgår av tabell 16.

Tabell 16. Ingående delar som bildar köpt energi för beräkningsfallen med olika temperaturintervall.

Energi i kWh/m ² ,år	Grundfallet	Temperatur intervall 21-23°C	Temperatur intervall 21-24°C	Temperatur intervall 19-25°C
Värmeförsörjning	12,6	12,7	12,6	13,7
Komfortkyla	7,2	9,7	7,2	5,4
Fastighetsel	10,5	11,1	10,5	10,0
Köpt energi	30,3	33,5	30,3	29,1

6.3.7 Stommen

Alla energiposter som har beräknats för beräkningsfallet undertak finns redovisade i bilaga 4.

Undertak

Användningen av köpt energi blir enligt tabell 17 30,8 kWh/m²,år om byggnaden kompletteras med ett undertak.

Tabell 17. Ingående delar som bildar köpt energi för beräkningsfallet undertak

Energi i kWh/m ² ,år	Grundfallet	Undertak
Värmeförsörjning	12,6	13,0
Komfortkyla	7,2	7,3
Fastighetsel	10,5	10,5
Köpt energi	30,3	30,8

7 Analys

Det är många parametrar som påverkar hur stor byggnadens energianvändning blir. Olika parametrar påverkar energianvändningen olika mycket.

Grundfallets energianvändning på 30,3 kWh/m²,år är betydligt lägre än den enligt BBR tillåtna på 114 kWh/m²,år.

Hur byggnadens ytterväggar är uppbyggda påverkar byggnadens energianvändning. Det totala behovet av köpt energi skiljer sig inte mycket åt mellan grundfallet och fallet med lätta ytterväggar. Skillnaden är 0,2 kWh/m²,år. Med en lätt yttervägg minskar marginellt behovet av tillförd värme men samtidigt ökar behovet marginellt av kyla se tabell 14.

Förändringar av utformningen av sandwichelement som används i grundfallets påverkar också energianvändningen. Om all värmeisolering tas bort ökar energianvändningen mycket, från grundfallets 30,3 kWh/m²,år till 124,3 kWh/m²,år. En minskning av isolertjockleken med 100 mm från grundfallets 150 mm till 50 mm ökar energianvändningen till 39,2 kWh/m²,år. En ökning av isoleringens tjocklek med 100 mm från grundfallet till 250 mm minskar energianvändningen till 28,5 kWh/m²,år. Diagram 1 visar att lite isolering gör mycket för energianvändningen men att ytterligare öka på isoleringen minskar inte energianvändningen lika mycket.

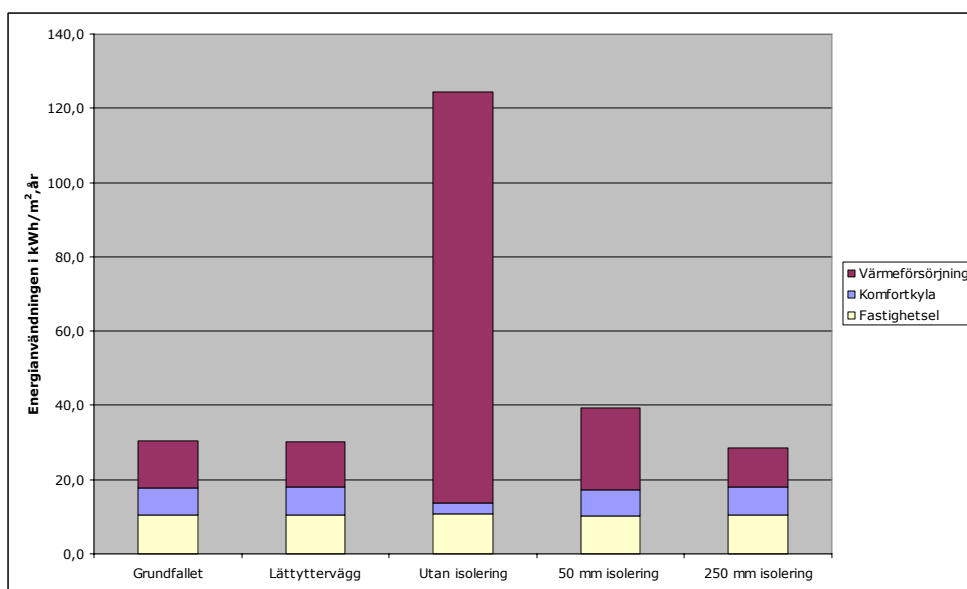


Diagram 1. Behovet av köpt energi i byggnaden vid olika ytterväggar.

Beträffande funderingarna om att mindre isolering skulle kunna påverka energianvändningen till det positiva för kontor med värmeöverskott sker inte det. I fallet med 50 mm isolering minskar behovet av kyla marginellt men behovet av värme

ökar från 12,6 kWh/m²,år i grundfallet till 22,0 kWh/m²,år. Totalt blir skillnaden i energianvändning 8,9 kWh/m²,år.

Vilken typ av solavskärmning som används i byggnaden påverkar energi-användning. Diagram 2 visar mängden köpt energi för beräkningsfallen med olika solavskärmningar samt fallet utan solavskärmning. Mängden köpt energi mäts i kWh/m²,år och visas på y-axeln på diagram 2.

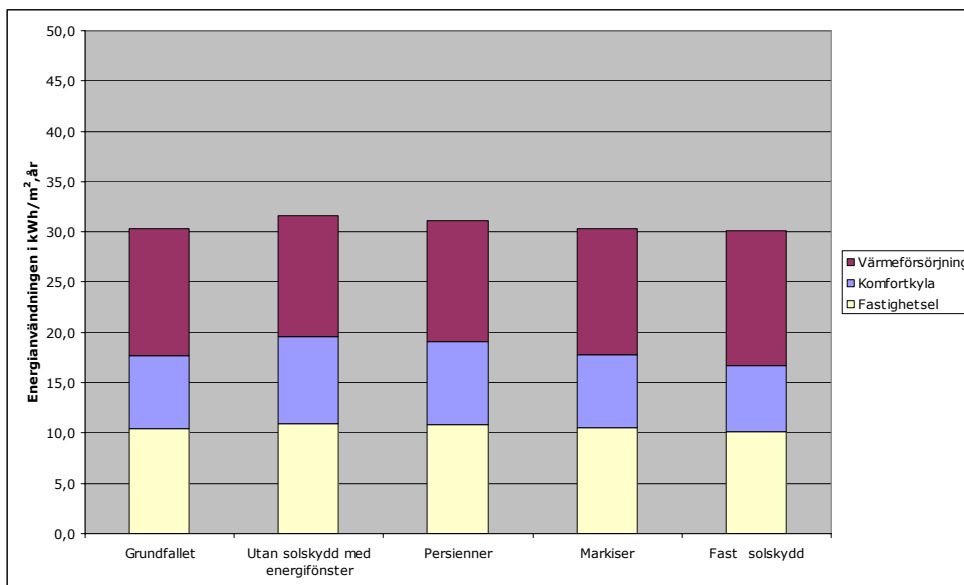


Diagram 2. Energianvändningen för byggnaden med olika typer av solavskärmningar mätt i kWh/m²,år.

De tre fallen med yttre solavskärmning, fallet med markiser, grundfallet med markiser och fallet med fast horisontellt solskydd, har ungefär lika stor energianvändning. Det skiljer 0,2 kWh/m²,år mellan det bästa och sämsta fallet av de tre. Enligt Socialstyrelsen (2005) är yttre solavskärmningar den typ av solavskärmningar som är mest effektiva. Enligt diagram 2 framgår att de tre fallen med yttre solskydd har ett mindre behov av köpt energi och att behovet av komfortkyla är lägre. Persiennier som är en inre solavskärmning har en större energianvändning än de fallen med yttre solavskärmning. Skillnaden i energianvändning mellan fallet med persiennier och grundfallet är 0,8 kWh/m²,år. Persiennier är inte lika effektiva som solskydd (Carlson 2005). Beräkningsfallet med persiennier har ett marginellt större behov av köpt energi än grundfallet, vilket påvisar att teorin stämmer. Om man tar bort solavskärmningen helt ökar energianvändningen ytterligare med 1,3 kWh/m²,år jämfört med grundfallet.

I diagram 3 visas energianvändningen för fallen som i diagram 2 samt ett fall där fönstren är treglasfönster av klarglas och där det inte heller finns någon solavskärmning.

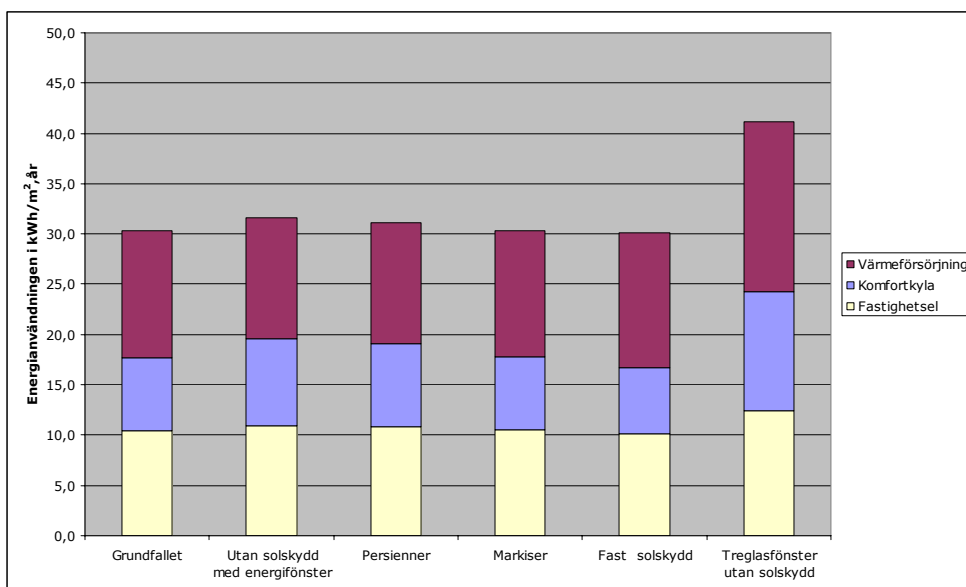


Diagram 3. Energianvändningen för byggnaden med olika typer av solavskärmningar och treglasfönster utan solavskärmningar.

Om byggnaden utförs med vanliga treglasfönster av klarglas samt utan solavskärmning kommer energiförbrukningen bli $41,2 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$ jämfört med grundfallets $30,3 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$. Skillnaden i energianvändningen blir $10,9 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$ vilket kan jämföras med skillnaden i energianvändning mellan fallen med 50 mm isolering och 250 mm isolering som är $10,7 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$.

Olika typer av glas i fönstren påverkar också energiförbrukningen i byggnaden. Diagram 4 visar energiförbrukningen för byggnaden med ett antal olika fönstertyper. Det är relativt stor skillnad i energianvändningen mellan det bästa och sämsta fönstret nämligen $18,3 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$. Skillnaden i energibehov mellan sämsta och bästa fallet när det gäller solavskärmningarna är mindre. Detta visar att valet av glas i fönstren har större betydelse för byggnadens behov av köpt energi än valet av solskydd.

Skillnaden i energianvändning för byggnaden om fönstren är av treglastyp med eller utan solavskärmning är $3,5 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$. Om treglasfönster med energiglas används minskar energianvändningen med $7,4 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$ jämfört med om ett vanligt treglasfönster med solavskärmning används. Detta medför att om treglasfönster med energiglas väljs att användas och samtidigt använder solavskärmningar minskar energianvändningen med $11,0 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$ jämfört med att använda ett vanligt treglasfönster med klarglas utan solavskärmningar.

Att använda tvåglasfönster är inte optimalt avseende energianvändningen. Energinvändningen för byggnaden blir högre eftersom tvåglasfönster med solavskärmningar används än om treglasfönster utan solavskärmningar används. Det är framför allt behovet av tillförd värme som ökar om tvåglasfönster används. Värmebehovet ökar med $11,7 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$. Dock sjunker behovet av komfortkyla

något om byggnaden utförs med tvåglasfönster med solavskärmningar i stället för treglasfönster utan solavskärmningar. Tvåglasfönster med energiglas ökar energiförbrukningen i byggnaden med 2,6 kWh/m²,år jämfört med grundfallet.

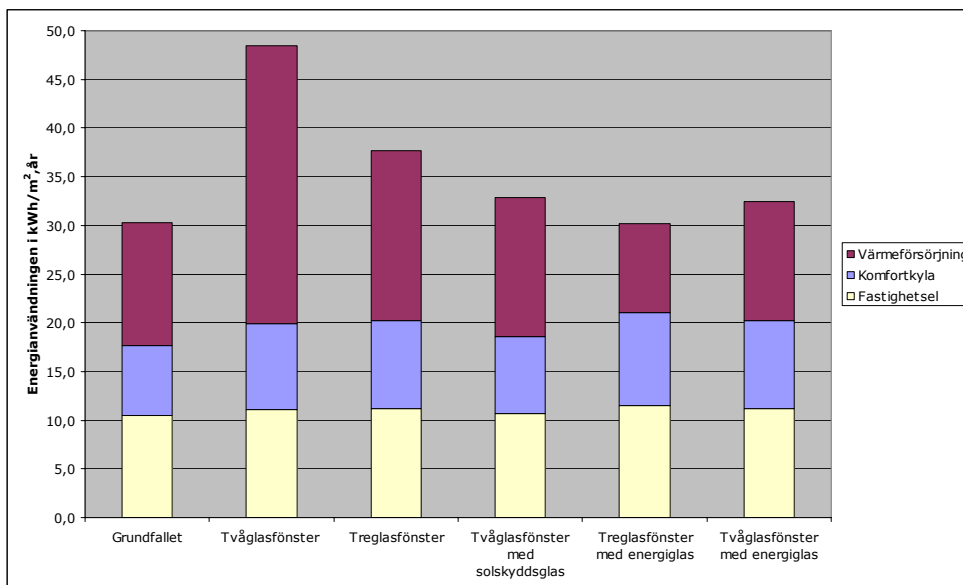


Diagram 4. Diagrammet visar energiförbrukningen i byggnaden i kWh/m²,år för ett antal olika fönstertyper.

Genom att ändra vilka temperaturintervall som tillåts i byggnaden påverkas behovet av köpt energi. Temperaturintervallet som tillåts i byggnaden varierar i de fyra fallen. Det är ingen skillnad i energianvändning mellan grundfallet och fallet med temperaturintervallet 21-24°C, som i grundfallet används under sommaren. Om temperaturintervallet 21-23°C, som i grundfallet används under vintern, används dygnet runt dag 1-365 ökar energianvändning med 3,1 kWh/m²,år. I diagram 5 framgår energianvändningen för fallen med olika temperaturintervall. Om temperaturen tillåts variera hela dygnet med samma temperaturvariation som i grundfallet tillåts kvällar och helger, 19-25°C, minskar behovet av köpt energi. Framför allt är det behovet av komfortkyla som minskar jämfört med grundfallet. Detta framgår av tabell 16.

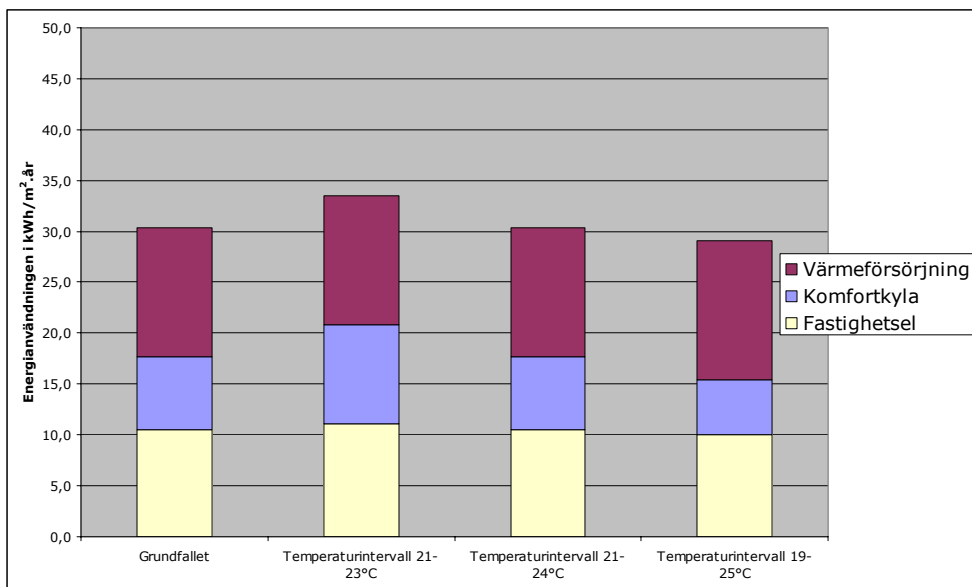


Diagram 5. Energianvändningen i kWh/m²,år för beräkningsfallen med olika driftsfall.

I diagram 6 visas hur energianvändningen påverkas av olika val av grundflöden hos ventilationen. Att öka grundflödet utanför arbetstid till samma flöde som under dagtid ökar energianvändningen med 17,9 kWh/m²,år. Behovet av värme och fastighetsel ökar och behovet av komfortkyla minskar.

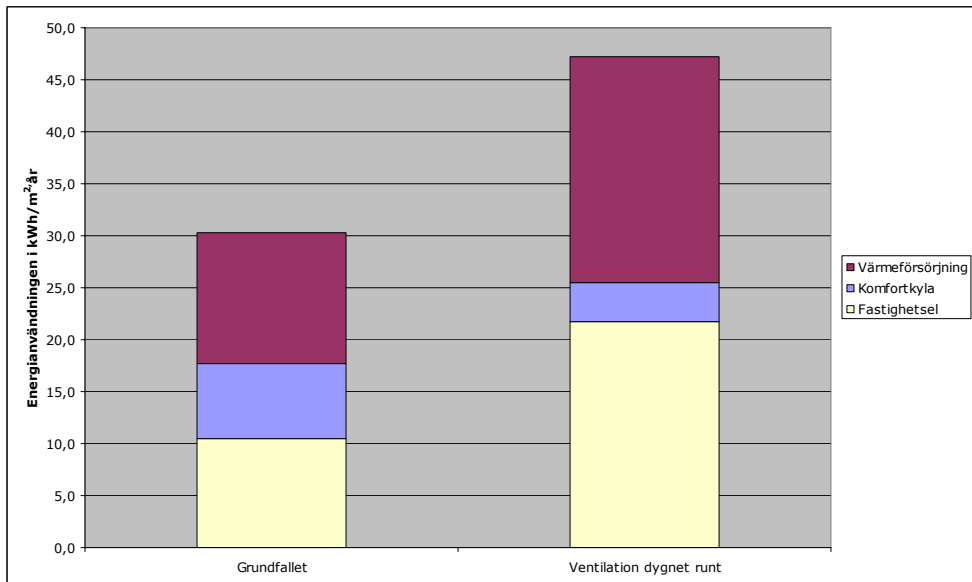


Diagram 6. Olika grundflöden ger olika behov av köpt energi.

Det är enligt Abel och Elmroth (2006) bara de 50-100 mm av materialet som är närmast rumsluften som medverkar i dygnslagringen av värme. Det medför att byggnaden har en sämre förmåga att lagra värme om undertak används jämfört med utan. Med undertak ökar energianvändningen med 0,5 kWh/m²,år jämfört med grundfallet. Temperatursvängningarna i rummet blir större med undertak än utan. Energiförbehovet för de två fallen är redovisade i diagram 7 och tabell 17.

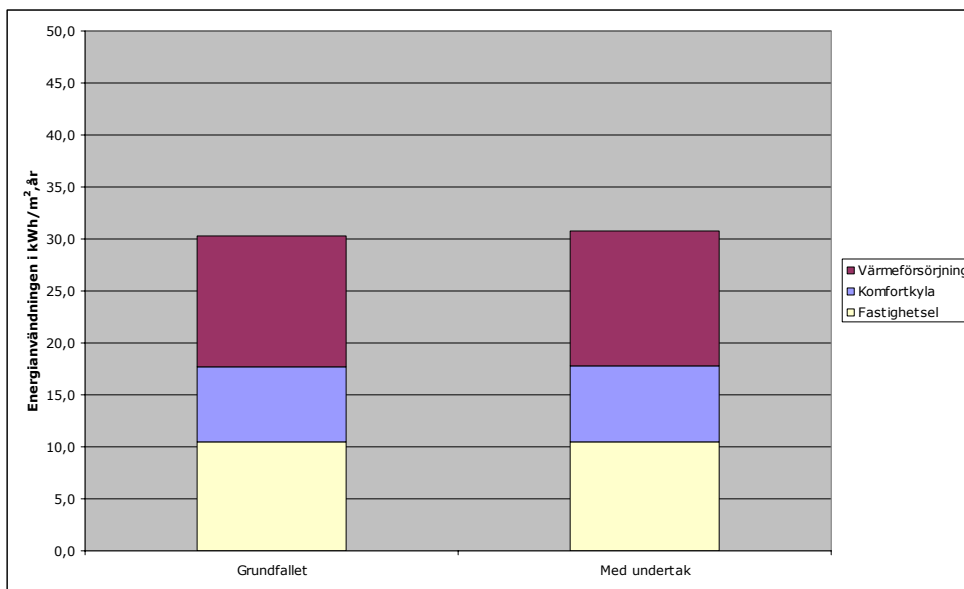


Diagram 7. Energiförbehovet i kWh/m²,år för grundfallet och beräkningsfallet med undertak.

8 Diskussion

Energianvändningen för grundfallet är låg. Energianvändningen ligger långt under de krav som BBR ställer på energianvändningen.

Den önskade uppvärmningen av rumsluften kan minskas med olika typer av solavskärmningar. En ökad uppvärmning av rumsluften som är önskad gör att behovet av komfortkyla ökar vilket leder till att behovet av köpt energi ökar. Enligt de beräkningar som har gjorts minskar solavskärmningarna inte energianvändningen mycket. Det skiljer $1,5 \text{ kWh/m}^2$,år mellan det fallet med solskydd som har den lägsta energianvändningen och fallet utan solskydd. Detta är mindre än skillnaden mellan 150 och 250 mm isolering. Om glaset samtidigt byts ut mot vanliga treglasfönster som solskydden tas bort ökar energianvändningen mot grundfallet med $10,9 \text{ kWh/m}^2$,år, skillnaden mellan att använda grundfönstret med energi och solskyddsglas utan solavskärmning och treglasfönster utan solavskärmning är $9,4 \text{ kWh/m}^2$,år. Detta visar att det är fönstret som påverkar energianvändningen mer än solavskärmningen. Att solavskärmningarna inte gör mer är förvånande. I litteraturen framstår det som om solavskärmningen är den sak som förändrar energianvändningen mest. Att välja bra fönster med ett lågt U-värde och ett litet värde på g, soltransmittansen jämfört med ett vanligt treglasfönster minskar energianvändningen mer än att installera solavskärmningar.

Skillnaden i energianvändning mellan yttre solskydd och inre är liten. I arbetet har det dock inte tagits hänsyn till eventuella lokala komfortproblem som kan uppkomma vid fönstren på grund av solinstrålningen om solskydd saknas. Persienner är bra då de är inne och inte påverkas av väder och vind och inte heller påverkar den yttre arkitekturen. Persienner kan lätt vara styrda av personerna som vistas i byggnaden. Men de kommer inte att användas om personen är borta vilket gör att ibland kommer för mycket sol att stråla in och ge ökad värme i byggnaden men samtidigt kan solvärmen inte tas tillvara om persiennerna är nerdragna de dagar detta är önskvärt.

Yttre solavskärmning ger en liten minskning av energianvändningen jämfört med inre och de har en större investeringskostnad och kräver mycket underhåll. Yttre solavskärmning påverkar fasadens utseende och kan då ibland bli ett fall för diskussion med arkitekten. Rörliga yttre solskydd är känsliga för vind och detta kan vara ett problem på höga byggnader och byggnader som har ett vindutsatt läge som Västra hamnen i Malmö. Om rörliga yttre solavskärmningar ska användas på byggnader som utsätts för vind ska solskydden vara robusta och tåliga för att minska behovet av reparationer och underhåll.

Behovet av köpt energi minskar med tjockleken på isoleringen. Minskningen av energianvändningen är inte linjär vilket innebär att skillnaden mellan ingen isolering och 50 mm är stor jämfört med skillnaden mellan 150 och 250 mm. Detta gör att några mm isolering inte påverkar energianvändningen särskilt mycket om tjockleken på isoleringen inte är tunn från början. Ytterligare en aspekt är att yttermåttarna ofta är fasta vilket gör att en ökning från 150 till 250 mm isolering ger

mindre uthyrbar yta vilket ger ett inkomstbortfall för fastighetsägaren. Incitamentet för fastighetsägaren att isolera byggnaden mer är därmed litet eftersom energibesparingen är ganska liten knappt $2 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ och en ökad isolering medför ökade investeringskostnader och dessutom ger mindre uthyrbar yta. För att ytan som frigörs med mindre isolering ska vara användbar och till värde för hyresgästen måste väggen vara tillräckligt isolerad för att inte medföra kallras och dålig termisk komfort längs ytterväggarna.

Funderingarna som finns om att minskad isolering i byggnaden för att motverka övertemperaturer är ej att rekommendera. Energianvändningen i byggnaden om isoleringen minskas till 50 mm ökar med $80,9 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ och om isoleringen tas bort helt ökar energianvändningen med hela $94 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Behovet av kyla minskar vid minskning av isoleringen till 50 mm minskar kylbehovet med $0,3 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ och om isoleringen helt tas bort minskar kylbehovet med $4,3 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Men eftersom den totala energianvändningen ökar mycket gör det att det definitivt inte är lönsamt att minska på isoleringstjockleken. Det är inte heller ur energieffektiviseringssynpunkt lönsamt att använda tvåglasfönster.

I dag finns det mycket belysning och apparater som avger värme till rumsluften i byggnaden. Frågan är om framtidens belysning och apparater kommer att avge mer eller mindre värme. Utvecklingen fram till i dag har varit att belysningen och apparater har blivit effektivare men frågan är då om det kommer att fortsätta eller om antalet kommer att vara samma men effektivare? Belysningen utvecklas mot att bli effektivare och effektivare utan att avge mer värme.

Om byggnaden skulle utföras som ovan med mindre isolering för att minska behovet av köpt energi bygger det på att internvärmerna är stor. Men om belysningen och apparater i framtiden kommer att avge mindre värme leder det till att behovet av tillförd värme ökar alltså ökar behovet av köpt energi.

Genom att tillåta större variationer av temperaturen inomhus över dagen kommer energianvändningen minska. Enligt tabell 16 blir behovet av köpt energi mindre om temperaturen tillåts variera mellan 19 och 25°C istället för 21 och $23\text{--}24^\circ\text{C}$ som i grundfallet. Och om temperaturen bara får variera mellan 21 och 23°C ökar behovet av köpt energi. Alltså kan gratisvärme tillvaratas bättre om temperaturen får variera mer. Varför inte låta temperaturen vara lite lägre på morgonen när personalen kommer till jobbet och sedan låta temperaturen vara högre på eftermiddagen när de går hem? På morgonen kan möjligen kavajen behållas på för att senare under dagen tas av när det blir varmare. Temperaturen får dock inte variera till den grad att BBR:s och Socialstyrelsens krav och råd överskrids men det är inte nödvändigt att temperaturen är konstant över dagen heller.

Att låta stommen lagra delar av överskottsvärmen från verksamheten för att avge den till rumsluften efter arbetstid är ett sätt att minska behovet av köpt värme. Att byggnaden kompletteras med undertak påverkar inte behovet av köpt energi särskilt mycket men det kommer att påverka hur byggnaden uppfattas av personerna som vistas i den.

Genom att blanda kontor, affärer och bostäder är det möjligt att dra nytta av de olika verksamheterna. Överskottsvärmen från kontoren under dagen skulle kunna växlas över till bostädernas värmesystem. Att blanda olika typer av verksamheter och byggnadstyper gör att området blir mer levande under hela dygnet och veckans alla dagar.

En jämförelse mellan grundfallet med energi- och solskyddsglas och treglasfönstret med energiglas visar att treglasfönstret med energifönster har ett totalt mindre behov av köpt energi. Behovet av komfortkyla ökar dock om byggnaden utförs med treglasfönster med energifönster. Är det viktigast att minska den totala energianvändningen med förmån för ett ökat behov av kyla eller ska behovet av kyla minskas med en något högre total energianvändning som följd? Enligt min uppfattning borde behovet av kyla minskas även om det leder till en något större total energianvändning eftersom energi till kyla köps två gånger, först köps elenergi till apparater och belysning som ger en övertemperatur som sedan måste kylas bort.

Beräkningarna som är gjorda på ventilationen visar att det går att minska energi-användningen om rätt drifttider används. Genom att minska grundflödet efter arbetstid minskar energianvändningen med $16,9 \text{ kWh/m}^2$, år jämfört med att samma grundflöde används hela tiden.

Alla beräkningar ställer krav på att systemen fungerar som de ska för att energi-användningen ska bli den uträknade. Dagens installationssystem blir mer och mer komplexa vilket ökar risken för att något delsystem inte fungerar som det ska. Om systemet inte fungerar som det är tänkt riskerar energianvändningen att öka.

9 Slutsats

Energianvändningen påverkas av många olika parametrar.

Behovet av köpt energi minskar med en ökande tjocklek på isoleringen men minskningen av energianvändningen är inte linjär med ökad tjocklek.

Det lönar sig inte med avseende på energianvändningen att minska isoleringen eller använda tvåglasfönster för att motverka övertemperaturer i byggnaden vilket det finns funderingar kring om det gör. Behovet av värme ökar kraftigt vid minskad isoleringstjocklek i väggen och kylbehovet minskar endast marginellt. Om tvåglasfönster används i stället ökar även kylbehovet.

Även valet av fönster påverkar behovet av köpt energi i byggnaden. Ett fönster med lågt U-värde med energibeläggning som även har en liten soltransmittans, g, minskar behovet av köpt energi. Ett fönster som ovan jämfört med ett treglasfönster med klarglas ger en större energiminskning än om man jämför energianvändningen med eller utan solavskärmningar.

Att utföra byggnaden utan solavskärmningar ger en liten ökning av energianvändningen och att använda inre solavskärmningar i stället för yttre ger en marginell ökning av energianvändningen. Detta medför att om det inte uppstår några komfortproblem är inre solavskärmningar ett bra alternativ till yttre.

Att tillåta större temperaturvariationer i byggnaden gör att den interna värmen kan tas till vara på ett bättre sätt om stommen består av ett material med hög värmekapacitet t.ex. som betong. Genom att öka temperaturintervallet minskar behovet av köpt energi. Att komplettera grundfallet med undertak ökar energianvändningen marginellt.

Till konsulterna

Det är som sagt många saker som påverkar behovet av köpt energi i byggnaden. Det finns dock ett antal olika parametrar som påverkar energianvändningen mer som därför är viktiga att ha i åtanke under projekteringen.

Viktiga faktorer när det gäller en byggnads energianvändning:

- Isoleringstjockleken
- Val av fönster
- Inre solavskärmningar
- Större temperaturvariationer

Förslag till fortsatt forskning

Det vore intressant att undersöka LCC, livscykelkostnad, för de olika parametrarna för att se vilka av lösningarna som är både ekonomiskt och energimässigt lönsamma.

Vidare vore det av intresse att göra fler fallstudier för att undersöka om resultaten från denna undersökning går att generalisera på fler byggnader.

Ytterligare ett forskningsområde är att undersöka hur de olika lösningarna påverkar komforten nära fönstren i en byggnad.

Källor

Abel, Enno & Elmroth, Arne (2006). *Byggnaden som system*. Stockholm: Formas.

AFS 2000:42. *Arbetsplatsens utformning*. [Elektronisk]. Tillgänglig:
http://www.av.se/dokument/afs/AFS2000_42.pdf [2008-09-26].

Belok (2008). *Energikrav*. [Elektronisk]. Tillgänglig:
<http://www.belok.se/docs/kravspec/energi.pdf> [2008-09-02].

Belok (2008). *Innemiljökrav*. [Elektronisk]. Tillgänglig:
<http://www.belok.se/docs/kravspec/innemiljo.pdf> [2008-09-02].

Berg, Samuel A (2007). *Energieffektivisering Del 1b*. Bok 1b i läromedlet Byggteknik. Stockholm: Lärnö AB.

BFS 2006:12. *Boverkets författningssamling*. Tillgänglig:
<http://webtjanst.boverket.se/Boverket/RattsinfoWeb/vault/BBR/PDF/BFS2006-12BBR12.pdf> [2008-12-10].

Burström, Per Gunnar (2003). *Byggnadsmaterial, uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Fjärde upplagan. Lund: Studentlitteratur.

Bäst i klassen – en bok om lönsamt inneklimat. (2006). Stockholm: Svensk ventilation.

Carlson, Per-Olof (2005). *Bygga med glas*. Stockholm: Glasbranschföreningen.

Edén, Michael (2007). *Energi och byggnadsutformning*. Nr 2 i Arkus serie litteraturöversikter. Stockholm: Arkus.

Ekberg, Lars (2006). *R1 - riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav*. Stockholm: VVS Tekniska föreningen.

Elmroth, Arne (2007). *Energihushållning och värmeisolering, byggvägledning 8*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Energieffektivisering och energismart byggande (2005). Stockholm: Fritze. (Ds departementsserien 2005:51)

Ett energieffektivare Sverige: Ett delbetänkanden / av Energieffektiviseringsutredningen (2008). [Elektronisk] Stockholm: Fritze. (Statens offentliga utredningar 2008:25) Tillgänglig:
<http://www.regeringen.se/sb/d/9991/a/100176> [2008-09-03].

Johansson, Birgitta (red.) (2005). *Energi och bebyggelse teknik och politik*. Stockholm: Formas.

Nilson, Anders, Ragnar Uppström & Christer Hjalmarsson (1996).
Energieffektivisering i kontorsbyggnader en vinst inte bara för miljön! Stockholm:
Byggforskningsrådet.

Regelsamling för byggande, BBR 2008 (2008). [Elektronisk]. Karlskrona:
Boverket. Tillgänglig:
http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2008/BBR%2015/BBR_15_hela.pdf. [2008-12-11].

Socialstyrelsen (2005). *Temperatur inomhus*. Stockholm: Socialstyrelsen.

SOSFS 1999:25. (M). *Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – ventilation*. [Elektronisk]. Tillgänglig:
http://www.sos.se/sosfs/1999_25/1999_25.htm. [2008-09-26].

SOSFS 2005:15 (M). *Temperatur inomhus*. [Elektronisk]. Stockholm:
Socialstyrelsen. Tillgänglig:
http://www.sos.se/sosfs/2005_15/2005_15.pdf [2008-09-26].

Svensson, Anders (1995). *Ventilationsteknik, del av kursmaterial för Installationsteknik FK*. [Elektronisk]. Lund. Tillgänglig:
<http://www.hvac.lth.se/utbildning/VBF055.html> [2008-12-15]

VIP+ manual version 5.1.0 svensk (2006). Structural Design Software. Tillgänglig:
i programet VIP+ 5.1

Wingborg, Johan (2008). Ett lysande sätt att spara energi, *Energi och miljö*, 9/08
ss. 23.

Bilaga 1

Hamnen kontor

VIP+ S.1.000 © Structural Design Software in Europe AB 2007

1 (6)

Projekt: Hamnen 21:152 Datum: 2008-10-17
 Beskrivning: Nya Ramböllhuset, Malmö
 Utfört av: Ramböll Sverige AB Sign:
 Projektfil: C:\Examensjobb Marie\VIP+I081028\Hamnen Företag: RAMBÖLL
 kontor.VIP

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2008-12-17 (10:26:07)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Klimatdata	MALMÖ
Lattitud	58.6 grader
Klimatzon BBR12	SÖDER
Soirefektion från mark	35.00 %
Vindhastighet	60.00 % av klimatdata
Luftryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:10 SV:50 V:50 NV:10 N:10 NO:10 O:10 SO:10 *
Formfaktor för vindtryck	S:-0.60 SV:0.70 V:0.70 NV:0.70 N:-0.60 NO:-0.60 O:-0.50 SO:-0.60 TAK:0.00
Vridning av byggnad	0 *
Verksamhetstyp	E Bostad
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Uppvärmd bruksarea enl SS021052	3692.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal:	2,3 [W/m²K]
Slit, loke dränerad sand ,loke dränerat grus.	

Aktuellt Hus

Bygghelstyper 1-dimensionella - Katalog

Bygghelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m²°C	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta- U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
ppm hamnen	DRÄN.GRUS	0.000	1.400	1800	1000	0.320	0.010	0.00
	CELLPLAST36	0.100	0.036	25	1400			
	BETONG1.7	0.300	1.700	2300	800			
yttervägg hamnen	BETONG1.7	0.085	1.700	2300	800	0.246	0.010	0.40
	MINERALULL40	0.150	0.040	50	840			
	BETONG1.7	0.150	1.700	2300	800			
tak sedum hamnen	TRÄ-14	0.020	0.140	500	2300	0.113	0.010	0.40
	MINERALULL36	0.300	0.036	50	840			
	BETONG1.7	0.320	1.700	2300	800			
tak terrass hamnen	BETONG1.7	0.100	1.700	2300	800	0.167	0.010	0.40
	MINERALULL36	0.200	0.036	50	840			
	BETONG1.7	0.320	1.700	2300	800			
bjällklag hamnen	BETONG1.7	0.300	1.700	2300	800	2.165	0.010	0.40
	TRÄ-13	0.015	0.130	500	2500			
bjällklag hamnen omvä	TRÄ-13	0.015	0.130	500	2500	2.165	0.010	0.40
	BETONG1.7	0.300	1.700	2300	800			

Bygghelstyper 2-dimensionella - Katalog

Bygghelstyp	Ekv.- skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m²°C	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kg°C	Pei- värde W/m	Bredd m	U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
yhörn hamnen	0.00	0.000	0.0	0	0.068	0.400	0.417	0.40
inörn hamnen	0.00	0.000	0.0	0	0.049	0.400	0.369	0.40

Hamnen kontor

VIP+ 5.1.000 © Structural Design Software in Europe AB 2007

2 (6)

Projekt: Hamnen 21:152 Datum: 2008-10-17
 Beskrivning: Nya Ramböllhuset, Malmö
 Utfört av: Ramböll Sverige AB Sign:
 Projektfil: C:\Examensjobb Marie\VIP+1081028\Hamnen Företag: RAMBÖLL
 kontor.VIP

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggedelstyp	Orientering	Mängd Area m ² Längd m Antal et	Sol- absorb- tion %	Lägeta nivå m	Högeta nivå m	Angräns- ande temp °C	Andel av effekt- behov %	U-värde med mark och D-U W/m ² °C	PsI-värde W/m ² °C
mark	ppm hamnen	PPM 0-1 m	82.5m ²	0.0	0.0	0.0		0	0.271	
mark	ppm hamnen	PPM 1-5 m	322.4m ²	0.0	0.0	0.0		0	0.198	
mark	ppm hamnen	PPM >5 m	228.6m ²	0.0	0.0	0.0		0	0.180	
vägg söder	yttervägg hamnen	SÖDER	343.4m ²	70.0	0.0	3.0		0	0.256	
vägg väster	yttervägg hamnen	VÄSTER	269.6m ²	70.0	0.0	3.0		0	0.256	
vägg norr	yttervägg hamnen	NORR	402.1m ²	70.0	0.0	3.0		0	0.256	
vägg öster	yttervägg hamnen	ÖSTER	354.9m ²	70.0	0.0	3.0		0	0.256	
vägg burspråk	yttervägg hamnen	NORR	32.2m ²	70.0	0.0	0.0		0	0.256	
terrass	tak terrass hamnen	TAK	148.4m ²	90.0	0.0	0.0		0	0.177	
sedum	tak sedum hamnen	TAK	602.2m ²	50.0	0.0	0.0		0	0.123	
Innerbjälklag	bjälklag hamnen	INNER	2702.0m ²					0		
yterkant	yhörn hamnen	SYDVÄST	31.6m	70.0	0.0	3.0		0	0.068	
yterkant	yhörn hamnen	NORDVÄST	31.6m	70.0	0.0	3.0		0	0.068	
yterkant	yhörn hamnen	NORDÖST	31.6m	70.0	0.0	3.0		0	0.068	
yterkant	yhörn hamnen	SYDÖST	31.6m	70.0	0.0	3.0		0	0.068	
Innerhörn	ihörn hamnen	SYDVÄST	10.7m	70.0	0.0	3.0		0	0.049	
Innerhörn	ihörn hamnen	NORDVÄST	10.7m	70.0	0.0	3.0		0	0.049	
Innerhörn	ihörn hamnen	NORDÖST	10.7m	70.0	0.0	3.0		0	0.049	
Innerhörn	ihörn hamnen	SYDÖST	10.7m	70.0	0.0	3.0		0	0.049	
Innerbjälklag	bjälklag hamnen omvä	INNER	2702.0m ²					0		

Solskyddstyper

Benämning	Gräns- temp. °C	Gräns- effekt W/m ²	Reduk- tion av Total %	Reduk- tion av Direkt %	Vinkel Under- kant	Vinkel Över- kant	Vinkel Skärm 1 Sida 1	Vinkel Skärm 1 Sida 2	Vinkel Skärm 2 Sida 1	Vinkel Skärm 2 Sida 2	Högeta Vind- hastighet m/s
Markis soiregl hamn	100.0	250.0	0.0	0.0	45.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggedelstyp	Orientering	Area m ²	Glas- andel %	Sol- transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m ² °C	Lägeta nivå m	Högeta nivå m	Lufttäck. q50 l/s,m ²	Sol- skydd
fönster	glas hamnen solskydd	SÖDER	185.4	85	33	30	1.20	0.7	3.1	0.40	Markis soiregl hamn
fönster	glas hamnen solskydd	VÄSTER	177.0	85	33	30	1.20	0.7	3.1	0.40	Markis soiregl hamn
fönster	glas hamnen	NORR	180.8	85	33	30	1.20	0.7	3.1	0.40	
fönster	glas hamnen solskydd	ÖSTER	199.4	85	33	30	1.20	0.7	3.1	0.40	Markis soiregl hamn

Driftdata

Driftfalle- benämning	Verksam- hets- energi W/m ²	Verksam- hets- energi W/lgh	Verksam- hets- energi extern W/m ²	Fastig- hets- energi rumsluft W/m ²	Fastig- hets- energi extern W/m ²	Person- värme W/m ²	Tapp- varm- vatten W/m ²	Tapp- varm- vatten W/lgh	Högeta rums- temp °C	Lägeta rums- temp °C
KONTOR DAG ham v	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	1.00	0.00	23.00	21.00
KONTOR NATT ham	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	19.00
KONTOR DAG ham s	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	1.00	0.00	24.00	21.00

Hamnen kontor

VIP+ 5.1.000 © Structural Design Software in Europe AB 2007

Projekt: Hamnen 21:152 Datum: 2008-10-17
 Beskrivning: Nya Ramböllhuset, Malmö
 Utfört av: Ramböll Sverige AB Sign:
 Projektfil: C:\Examensjobb Marie\VIP+1081028\Hamnen Företag: **RAMBÖLL**
 kontor.VIP

Drifttider

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid	Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
KONTOR DAG ham s	MÅND-FRED	122 - 274	8 - 17	KONTOR DAG ham v	MÅND-FRED	1 - 121	8 - 17
KONTOR NATT ham	MÅND-FRED	1 - 365	0 - 8	KONTOR DAG ham v	MÅND-FRED	275 - 365	8 - 17
KONTOR NATT ham	MÅND-FRED	1 - 365	17 - 24	KONTOR NATT ham	LÖRD-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregatbenämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägsta tillufttemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
kontor dag	600.00	60.00	600.00	60.00	80.00	15.00	-20.0	100	20.0	100
kontor natt	600.00	60.00	600.00	60.00	80.00	15.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregatbenämning	Veckodagar	Tilluft [l/s]	Frånluft [l/s]	Startdag-Slutdag	starttid-sluttid
kontor dag	MÅND-FRED	3700.00	3700.00	1 - 365	7 - 18
kontor natt	MÅND-FRED	1200.00	1200.00	1 - 365	0 - 7
	MÅND-FRED	1200.00	1200.00	1 - 365	18 - 24
	LÖRD-SÖND	1200.00	1200.00	1 - 365	0 - 24

Installationssystem

Komfortkyla

Driftpunkt	1	2	
Utetemperatur	-20.0	20.0	[°C]
Komfortkyla kylvfaktor	3.4	3.4	
Gränstemperatur friskyla	12.0		[°C]
Max RH i rumsluft	75.0		[%]
Ei till cirkulationspump	1.0		% av kylenergin

Temperaturstyrd ventilation

VAV-system Aktiv kylning			
Lägsta tillufttemp vid kylning	15.0		[°C]
Temperaturstyrd ventilation	Tilluftfläktar	Frånluftfläktar	
Totalt forceringsflöde	14500.0	14500.0	[l/s]
Fläkttryck forcering	600.0	600.0	[Pa]
Verkningsgrad fläkt	60.0	60.0	[%]

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3
 Ei cirkpump värmesystem 1.00 % av energiförsörjning till rum och luft
 Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C
 Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C

Projekt: Hamnen 21:152 Datum: 2008-10-17
 Beskrivning: Nya Ramböllhuset, Malmö
 Utfört av: Ramböll Sverige AB Sign:
 Projektfil: C:\Examensjobb\Marie\VIP+1081028\Hamnen Företag: RAMBÖLL
 kontor.VIP

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avglven (23)	energi (24)	kWh (21)	(28)	(38)	Tillförd (27)	energi (20)	kWh (19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans- mis- sion	Luft- läck- age	Ventila- tion	Spill- vatten	Fjärr- kyla	Sol- energi föneter	Ater- vinning vent.	Ater- vinning VP	Ater- vinning Spillv.	Sol- fång- are	Person- värme	Process- energi till rum	Värme- förbröj- ning	Eiför- sörj- ning
Mån 1	20819	2819	37318	764	0	1777	26140	0	0	0	3621	13900	11372	3157
Mån 2	19086	2773	33316	665	0	2960	24735	0	0	0	3323	12272	9772	2804
Mån 3	18470	2337	32320	731	0	4651	22713	0	0	0	3655	13535	6090	3050
Mån 4	14410	1739	25188	698	0	6998	13887	0	0	0	3489	12992	1940	2896
Mån 5	10871	1234	19995	764	657	8660	5320	0	0	0	3621	13900	795	3129
Mån 6	8455	856	15716	698	5153	9110	1325	0	0	0	3489	12992	700	3494
Mån 7	7268	703	13483	731	9445	9143	790	0	0	0	3655	13535	743	4028
Mån 8	7114	661	13238	764	9432	7781	827	0	0	0	3621	13900	778	4007
Mån 9	9246	1081	16857	665	1932	5977	2504	0	0	0	3323	12627	667	3027
Mån 10	11344	1397	21299	764	9	4029	8229	0	0	0	3621	13900	986	3053
Mån 11	14737	1862	27202	731	0	2674	17832	0	0	0	3655	13358	3685	2970
Mån 12	18840	2329	33282	698	0	1551	24860	0	0	0	3489	13169	8905	3023
Summa	160660	19812	289214	8673	26629	65312	151160	0	0	0	43363	160081	46634	38639

Nyckeltal

	Aktuellt hus Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	154.95	[Wh/m ² *C]
Yttre värmekapacitet	32.17	[Wh/m ² *C]
Medeltemperatur	19.54	[*C]
Medelvärde ventilation	2019.35	[l/s]
Processenergi medel	4.95	[W/m ²]
Personvärme medel	1.34	[W/m ²]
Omslutningsarea	3528.90	[m ²]
Luftläckage vid 50 Pa	1158.16	[l/s]
Invändigt tryck medel	-4.9	[Pa]
Specifik fläkteffekt	2.1	[kW/(m ² *s)]
VAV	85.0	[%]

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde
Jämförelse mot BBR 10			
Fs-värde	0.292	0.287	0.484 W/m ² K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.373			
Uppvärmning	76701	85010	172539 kWh
Jämförelse mot BBR 12			
U-värde		0.422	0.700 W/m ² K
Energianvändning		30	114 kWh/m ²
Atemp: 3692.0 m ³			

Hamnen kontor

VIP+ S.1.000 © Structural Design Software In Europe AB 2007

5 (6)

Projekt: Hamnen 21:152

Datum: 2008-10-17

Beskrivning: Nya Ramböllhuset, Malmö

Utfört av: Ramböll Sverige AB

Sign:

Projektil: C:\Examensjobb Marie\VIP+1081028\Hamnen kontor.VIP

Företag: RAMBÖLL

Energibalans

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgiven energi		
(23)Transmission	160660	43.52
(24)Luftläckage	19812	5.37
(21)Ventilation	289214	78.34
(28)Spillvatten	8673	2.35
(38)Fjärrkyla	26629	7.21

Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	65312	17.69
(20)Återvinning ventilation	151160	40.94
(29)Återvinning spillvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	0	0.00
(45)Processenergi till rum	160081	43.36
(25)Personvärme	43363	11.74
(34)Elfördrjning	38639	10.47
(33)Värmetförsörjning	46634	12.63

Specifikation av energiflöden

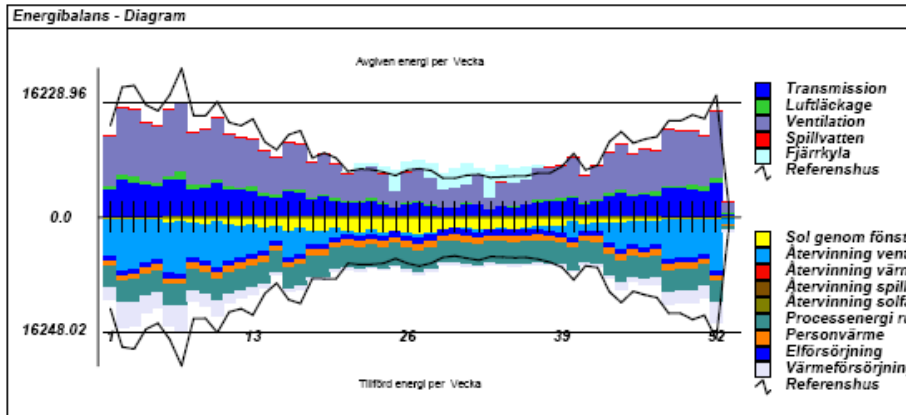
	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(33)VÄRMEFÖRSÖRJNING	46634	12.63	(4)Ventilationsaggregat	0	0.00
(1)Ventilationsaggregat	124	0.03	(5)Värmesystem	0	0.00
(2)Värmesystem	37838	10.25	(6)Tappvarmvatten	0	0.00
(3)Tappvarmvatten	8673	2.35			
			(36)SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	26365	7.14	(7)Ventilationsaggregat	0	0.00
(48)Kylining i ventilationsaggregat	22408	6.07	(8)Värmesystem	0	0.00
(49)Kylining i rumsluft	3956	1.07	(9)Tappvarmvatten	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	38639	10.47	(26)PROCESSENERGI	160081	43.36
(35)Värmepump	0	0.00	(40)Verksamhetsenergi rumsluft	160081	43.36
(14)Tilluftsfläktar	18997	5.15	(41)Verksamhetsenergi extern	0	0.00
(13)Frånluftsfläktar	18997	5.15	(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00
(15)Clirk.pump värme	382	0.10	(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00
(10)Clirk.pump soif.	0	0.00			
(12)Clirk.pump kyla	264	0.07	(42)VENTILATIONSAGGREGAT	189278	51.27
(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	(43)VÄRMESYSTEM	38220	10.35
			(44)TAPPVARMVATTEN	8673	2.35
(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00			

Hamnen kontor

VIP+ 5.1.000 © Structural Design Software in Europe AB 2007

6 (6)

Projekt: Hamnen 21:152 Datum: 2008-10-17
 Beskrivning: Nya Ramböllhuset, Malmö
 Utfört av: Ramböll Sverige AB Sign:
 Projektfil: C:\Examensjobb Marie\VIP+1081028\Hamnen Företag: RAMBÖLL
 kontor.VIP



Bilaga 2

Ytterväggarna och köldbryggornas uppbyggnad i de olika beräkningsfallen redovisas i tabellerna 1, 3 och 4. Ytterväggarnas olika materials egenskaper finns i tabell 2. Materialegenskaperna för de material som ingår i ytter- och innerhörnen finns redovisade i tabell 5.

Tabell 1. Uppbyggnaden av ytterväggarna för de olika beräkningsfallen och tjocklekarna på de olika materialen.

Grundfallet	Träregelvägg	Utan isolering	50 mm isolering	250 mm isolering
Ute	Ute	Ute	Ute	Ute
Betong 85 mm	Gipsskiva 13 mm	Betong 85 mm	Betong 85 mm	Betong 85 mm
Mineralull 150 mm	Isolering med reglar, vertikala 155 mm	Mineralull 0 mm	Mineralull 50 mm	Mineralull 250 mm
Betong 150 mm	Isolering med reglar, horisontella 45 mm	Betong 150 mm	Betong 150 mm	Betong 150 mm
Inne	Gipsskiva 13 mm	Inne	Inne	Inne
	Inne			

Tabell 2. Materialegenskaperna för de material som ingår i de olika beräkningsfallens ytterväggar.

Material	Värmeledningstal W/m,K	Densitet kg/m ³	Värmekapacitet J/kg,K
Betong	1,7	2300	800
Mineralull	0,04	50	840
Gipsskiva	0,22	900	1100
Isolering med reglar, vertikala 155mm	0,041	55	845
Isolering med reglar, horisontella 45mm	0,044	85	952

Tabell 3. Uppbyggnaden av ytter- och innerhörnen för de olika beräkningsfallen och tjocklekarna på de ingående materialen.

Grundfallet	Träregelvägg	Utan isolering	50 mm isolering	250 mm isolering
Ute	Ute	Ute	Ute	Ute
Betong 90 mm	Gipsskiva 13 mm	Betong 90 mm	Betong 90 mm	Betong 90 mm
Mineralull 150 mm	Isolering med reglar, vertikala 155 mm	Mineralull 0 mm	Mineralull 50 mm	Mineralull 250 mm
Betong 150 mm	Isolering med reglar, horisontella 45 mm	Betong 150 mm	Betong 150 mm	Betong 150 mm
Inne	Gipsskiva 13 mm	Inne	Inne	Inne
	Inne			

Tabell 4. Materialegenskaperna för de material som ingår i de olika beräkningsfallens yttre- och innerhörn.

Material	Värmeledningstal W/m,K	Densitet kg/m ³	Värmekapacitet J/kg,K
Betong	1,7	2300	800
Mineralull	0,036	50	840
Gipsskiva	0,22	900	1100
Isolering med reglar, vertikala 155mm	0,041	55	845
Isolering med reglar, horisontella 45mm	0,044	85	952

Bilaga 3

Indata för de olika beräkningsfallen.

Fönster

Indata som varierar i beräkningsfallen med olika fönster redovisas i tabell 1. Indata som inte redovisas är samma för beräkningsfallen som för grundfallet.

Tabell 1. Indata som varierar för beräkningsfallen med olika fönster.

Fönster	Grundfönstret	Tvåglasfönster med klarglas	Treglasfönster med klarglas	Tvåglasfönster med solskyddsglas	Treglasfönster med energiglas	Tvåglasfönster med energiglas
Lågsta nivå m	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Högsta Nivå m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
U-värde inklusive ΔU -värde $W/m^2 \text{ } ^\circ C$	1,2	2,7	1,8	1,4	1,0	1,3
Läckflöde $l/s, m^2$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Glasandel %	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Soltransmission total g %	33	68,40	60,04	41,80	53,20	53,20
Soltransmission direkt ST %	30	54,72	48,03	33,44	42,56	42,56

Solskydd

I tabell 2 redovisas indata som varierar i beräkningsfallen med olika solskydd. Övriga indata som inte redovisas i tabell 2 är samma som i grundfallet.

Tabell 2. Indata som varierar för beräkningsfallen med olika solskydd.

Solskydd	Grundfallet	Utan solskydd	Persienner	Markiser	Fast horisontellt solskydd	Treglasfönster utan solskydd
Gränstemperatur °C *	100	-	24	100	0	-
Gränseffekt W/m ² *	250	-	2000	250	0	-
Reduktion av soltransmittans total %	0	-	80,0	0	0	-
Reduktion av soltransmittans direkt %	0	-	80,0	0	0	-
Horisontell skärmvinkel grader underkant	45	-	0	45	45	-
Horisontell skärmvinkel grader överkant	90	-	0	90	70	-
Vertikal skärmvinkel skärm 1 kant 1	0	-	0	0	0	-
Vertikal skärmvinkel skärm 1 kant 2	0	-	0	0	0	-
Vertikal skärmvinkel skärm 2 kant 1	0	-	0	0	0	-
Vertikal skärmvinkel skärm 2 kant 2	0	-	0	0	0	-
Högsta vind hastighet m/s	20	-	50	10	50	-
Fönster	Grundfönstret	Grundfönstret	Grundfönstret	Grundfönstret	Grundfönstret	Treglasfönster med klarglas
Lägst nivå m	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Högsta nivå m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
U-värde inklusive ΔU-värde W/m ² , °C	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,8
Läckflöde l/s,m ²	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Glasandel %	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Soltransmission total g %	33	33	33	33	33	60,04
Soltransmission direkt ST %	30	30	30	30	30	48,03

* Solskydden aktiveras när något av kriterierna uppfylls.

Klimatskalet

De indata som redovisas i tabell 3 är indata som varierar mellan beräkningsfallen med olika ytterväggar. Indata som inte redovisas i tabellen överensstämmer för beräkningsfallen med grundfallet.

Tabell 3. Indata som varierar för beräkningsfallen med olika ytterväggar.

Vägg	Grundfallet	Träregelevägg	Utan isolering	50 mm isolering	250 mm isolering
Lägsta nivå m	0	0	0	0	0
Högsta Nivå m	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
U-värde inklusive ΔU -värde $W/m^2, ^\circ C$	0,256	0,183	3,254	0,652	0,162
Läckflöde $l/s, m^2$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Solabsorbtion %	70,0	70	70	70	70
ΔU värde $W/m^2, ^\circ C$	0,010	0,01	0,01	0,01	0,01
U värde ber $U W/m^2, ^\circ C$	0,246	0,173	3,244	0,642	0,152
Utåtgående hörn					
Lägsta nivå m	0	0	0	0	0
Högsta Nivå m	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
U-värde inklusive ΔU -värde $W/m^2, ^\circ C$	0,068	0,025	0,068	0,131	0,013
Läckflöde $l/s, m^2$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Solabsorbtion %	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Bredd m	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Specifikt värme flöde W/m	0,1669	0,1027	1,5189	0,3878	0,1118
U-värde $W/m^2, ^\circ C$	0,4173	0,2568	3,7972	0,9694	0,2795
Inåtgående hörn					
Lägsta nivå m	0	0	0	0	0
Högsta Nivå m	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
U-värde inklusive ΔU -värde $W/m^2, ^\circ C$	0,068	0,026	0,049	0,100	0,000

Forträning tabell 3.

Läckflöde l/s,m ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Solabsorbtion %	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Bredd m	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Specifikt värme flöde W/m	0,1477	0,1035	1,8591	0,3563	0,0988		
U-värde W/m ² °C	0,3692	0,2322	4,6478	0,8907	2,470		

Ventilationen

I tabell 4 redovisas de indata som skiljer beräkningsfallet från grundfallet, ej redovisad indata är samma för beräkningsfallet som för grundfallet.

Tabell 4. Indata för ventilationsflödena.

Ventilationsflöden	Grundfallet	Ventilation dygnet runt
Arbetsid		
Tilluft l/s	3700	3700
Frånluft l/s	3700	3700
Vardagar		
Startdag - slutdag	1-365	1-365
Starttid-sluttid	07-18	00-24
Övrig tid		
Tilluft l/s	1200	3700
Frånluft l/s	1200	3700
Vardagar		
Startdag - slutdag	1-365	-
	00-07	
Starttid-sluttid	18-24	-

Forträning tabell 4.

Helg		
Startdag - slutdag	1-365	1-365
Starttid-sluttid	00-24	00-24
Lägsta tilluftstemperatur vid kylning °C	15	15
Forceringsflöde tilluft total l/s	14500	14500
Forceringsflöde frånluft total l/s	14500	14500
Fläktryck tilluft Pa	600	600
Verkningsgrad tilluftsfläkt %	60	60
Fläktryck frånluft Pa	600	600
Verkningsgrad frånluftsfläkt %	60	60
VAV system aktiv kylning	JA	JA

Driftsfall

Indata som varierar för de olika driftsfallen redovisas i tabell 5. I tabell 6 redovisas under vilka tider de olika driftsfallen antas gälla. Indata som inte redovisas är samma för beräkningsfallen som för grundfallet.

Tabell 5. Indata som varierar mellan de olika driftsfallen.

Driftsfall	Temperatur intervall 21-23°C dag	Temperatur intervall 21-24°C dag	Temperatur intervall 19-25°C dag	Temperatur intervall 21-23°C helg	Temperatur intervall 21-24°C helg	Temperatur intervall 19-25°C helg
Processenergi/verksamhetsenergi till rumsluft W/m ²	13	13	13	2	2	2
Processenergi/verksamhetsenergi till rumsluft W/lgh	0	0	0	0	0	0
Processenergi/verksamhetsenergi extern W/m ²	0	0	0	0	0	0

Fortstätning tabell 5.

Fastighetsenergi till rumsluft W/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fastighetsenergi exterm W/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Person värme W/m ²	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tappvarmvatten W/m ²	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tappvarmvatten W/lgh	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rumstemperatur lägsta °C	21	21	21	21	19	21	21	19	19
Rumstemperatur högsta °C	23	23	24	24	25	23	23	24	25

Tabell 6. Driftstiderna för de olika driftsfällen.

Driftstider	Grundfallet	Temperaturintervall 21-23°C	Temperaturintervall 21-24°C	Temperaturintervall 19-25°C
Vardagar	Temperaturintervall 21-23°C dag	Temperaturintervall 21-23°C dag	Temperaturintervall 21-24°C dag	Temperaturintervall 19-25°C dag
Startdag - slutdag	1-121	1-365	1-365	1-365
Starttid - sluttid	275-365	08-17	08-17	08-17
Vardagar	Temperaturintervall 21-24°C dag			
Startdag - slutdag	122-274			
Starttid - sluttid	08 17			
Övrig tid	Temperaturintervall 19-25°C helg	Temperaturintervall 21-23°C helg	Temperaturintervall 21-24°C helg	Temperaturintervall 19-25°C helg
Startdag - slutdag	1-365	1-365	1-365	1-365
Vardagar	00-08	00-08	00-08	00-08
Starttid - sluttid	17-00	17-00	17-00	17-00
Helg				
Starttid - sluttid	00-24	00-24	00-24	00-24

Stommen

I VIP+ redovisas innerbjälklagen två gånger en gång sedd som tak och en gång omvänd i materialskikten och då sedd som golv. De olika materialskikten och dess tjocklekar för beräkningsfallen redovisas i tabell 7, det är materialen som är den varierande indatan i de två olika beräkningsfallen. I tabell 8 redovisas egenskaperna för de olika materialen. Indata som ej redovisas i tabell 7 överensstämmer med grundfallet.

Tabell 7. Materialskikten för de olika bjälklagen i beräkningsfallen och tjockleken på materialskikten.

Grundfallet innerbjälklag	Grundfallet innerbjälklag omvänt	Undertak innerbjälklag	Undertak innerbjälklag omvänt
Ute	Ute	Ute	Ute
Betong 300 mm	Trä 15 mm	Mineralull 20 mm	Trä 15 mm
Trä 15 mm	Betong 300 mm	Luft 300 mm	Betong 300 mm
Inne	Inne	Betong 300 mm	Luft 300 mm
		Trä 15 mm	Mineralull 20 mm
		Inne	Inne

Tabell 8. Materialegenskaper för materialen som ingår i de olika bjälklagen.

Material	Värmeledningstal W/m,K	Densitet kg/m ³	Värmekapacitet J/kg,K
Betong	1,7	2300	800
Trä	0,13	500	2500
Mineralull	0,05	50	840
Luft	0,025	1,2	1000

Bilaga 4

I tabell 1 till 4 redovisas alla energiposter som har beräknats för beräkningsfallen.

Tabell 1. Resultatet av energi beräkningarna för grundfallet och beräkningsfallen med olika fönster.

	Grundfallet	Tvåglasfönster med klarglas	Treglasfönster med klarglas	Tvåglasfönster solskyddsglas	Treglasfönster med energiglas	Tvåglasfönster med energiglas
Av given energi kWh/m ² ,år						
Transmission	43,5	77,7	58,2	48,3	40,7	47,2
Luftläckning	5,4	5,3	5,4	5,4	5,6	5,5
Ventilation	78,3	79,6	81,9	79,4	85,4	83,1
Spillvatten	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Fjärrkyla	7,2	8,8	9,0	7,9	9,6	9,0
Tillförd energi kWh/m ² ,år						
Solenergi fönster	17,7	36,7	32,2	22,4	28,5	28,5
Återvinning vent	40,9	42,4	41,1	41,0	39,5	40,2
Återvinning VP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Återvinning spillvatten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Solfångare	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Personvärme	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Processenergi rumsluft (verksamhetsenergi)	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
Värmeförörjning	12,6	28,6	17,4	14,3	9,2	12,2
Elförörjning (fastighetsel)	10,5	11,1	11,2	10,7	11,4	11,2
Köpt energi kWh/m ² ,år	30,3	48,5	37,6	32,9	30,2	32,4

Tabell 2. Resultatet av energiberäkningarna för beräkningsfallen med olika solskydd.

	Utan solskydd	Persienner	Markiser	Fast horisontellt solskydd	Treglasfönster utan solskydd
Av given energi kWh/m ² ,år					
Transmission	44,6	44,5	43,6	42,8	60,0
Luftläckning	5,5	5,5	5,4	5,3	5,6
Ventilation	81,7	81,2	78,5	76,0	89,2
Spillvatten	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Fjärrkyla	8,6	8,2	7,3	6,5	11,9
Tillförd energi kWh/m ² ,år					
Solenergi fönster	24,2	23,2	18,2	12,9	44,0
Återvinning vent	40,6	40,6	40,9	41,3	40,7
Återvinning VP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Återvinning spillvatten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Solfångare	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Personvärme	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Processenergi rumsluft (verksamhetsenergi)	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
Värmeförsörjning	12,0	12,0	12,5	13,5	16,9
Elförsörjning (fastighetel)	11,0	10,9	10,5	10,2	12,4
Köpt energi kWh/m ² ,år	31,6	31,1	30,3	30,1	41,2

Tabell 3. Resultatet av energiberäkningarna för beräkningsfallen med olika ytterväggar.

	Trärege/vägg	Utan isolering	50 mm isolering	250 mm isolering
Av given energi kWh/m ² ,år				
Transmission	41,5	159,5	57,6	40,0
Luftläckning	5,4	5,0	5,3	5,4
Ventilation	78,9	72,2	75,8	79,0
Spillvatten	2,3	2,3	2,3	2,3
Fjärrkyla	7,5	2,9	6,9	7,4
Tillförd energi kWh/m ² ,år				
Solenergi fönster	17,7	17,7	17,7	17,7
Återvinning vent	40,2	47,9	42,8	40,5
Återvinning VP	0,0	0,0	0,0	0,0
Återvinning spillvatten	0,0	0,0	0,0	0,0
Solfångare	0,0	0,0	0,0	0,0
Personvärme	11,7	11,7	11,7	11,7
Processenergi rumsluft (verksamhetsenergi)	43,4	43,4	43,4	43,4
Värmeförsörjning	12,1	110,6	22,0	10,6
Elförsörjning (fastighetel)	10,5	10,8	10,3	10,5
Köpt energi kWh/m ² ,år	30,1	124,3	39,2	28,5

Tabell 4. Resultatet av energiberäkningarna för beräkningsfallet med ventilation dygnet runt, beräkningsfallen med olika driftsfall och beräkningsfallet med undertak.

	Ventilation dygnet runt	Temperaturintervall 21-23°C	Temperaturintervall 21-24°C	Temperaturintervall 19-25°C	Undertak
Av given energi kWh/m ² ,år					
Transmission	40,8	42,7	43,5	44,0	43,4
Luftläckning	5,1	5,3	5,4	5,4	5,4
Ventilation	164,5	77,4	78,3	78,2	78,5
Spillvatten	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Fjärrkyla	3,8	9,7	7,2	5,4	7,3
Tillförd energi kWh/m ² ,år					
Solenergi fönster	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7
Återvinning vent	100,4	40,9	40,9	38,8	40,6
Återvinning VP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Återvinning spillvatten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Solfångare	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Personvärme	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Processenergi rumsluft (verksamhetsenergi)	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
Värmeförsörjning	21,7	12,7	12,6	13,7	13,0
Elförsörjning (fastighetsel)	21,7	11,1	10,5	10,0	10,5
Köpt energi kWh/m ² ,år	47,2	33,5	30,3	29,1	30,8