



Linnéuniversitetet

Kalmar Väst

Examensarbete

Optimal fönsterstorlek

*En optimering av fönsters storlek och konstruktion
för att skapa ett stort dagsljusinsläpp och en liten
solvärmelast*



Författare: Ida Andersson
Handledare: Uniben Tettey
Examinator: Michael Strand
Handledare, företag: Stefan Westblom,
Region Kalmar Län
Datum: 2019-06-14
Kurskod: 2BT01E, 15 hp
Ämne: Energi- och miljöteknik
Nivå: Grundläggande

Institutionen för byggd miljö och energi-
teknik

Sammanfattning

Alla nyproducerade byggnader inom EU ska ha en energiförbrukning nära noll senast den 31 december år 2020 [1]. Region Kalmar Län planerar att genomföra och har redan påbörjat omfattande byggnationer, bland annat för lokaler för psykiatrisk vård i Kalmar, Oskarshamn och Västervik [2].

Det har blivit mer och mer populärt med stora fönster, en anledning är att det gör byggnader mer luftiga. Stora fönster bidrar ofta till ett ökat energibehov, för komfortkyla under sommaren när solvärmelasten blir hög och för värme under vintern när värmetransmissionen ut genom rutan ökar. [3]

Genom att studera en optimal fönsterstorlek för expeditioner och undersökningsrum i Region Kalmar Län kan energiförbrukningen under driften av lokalerna minimeras. Målet är att ta fram en optimal fönsterstorlek och konstruktion så att både dagsljuskrav och krav för solvärmelast uppfylls för de nybyggda lokalerna enligt certifieringssystemet Miljöbyggnad 3.0.

Ett fönsterglas har flera egenskaper. Andelen solenergi som transmittteras genom rutan anges med ett g-värde och andelen synligt ljus som transmittteras genom rutan anges med ett LT-värde. Ett fönsters g-värde påverkar solvärmelasten i rummet, ett fönster med lågt g-värde släpper igenom lite solenergi och ger en lägre solvärmelast. Ett fönsters LT-värde påverkar dagsljuset i rummet, ett fönster med ett högt LT-värde släpper in mer dagsljus. Det går inte att kombinera ett allt för lågt g-värde med ett allt för högt LT-värde i ett fönster eftersom det synliga ljuset ingår i den totala solinstrålningen.

Den största möjliga glasarean för uppfyllande av solvärmelastkraven räknas ut för flera olika g-värden. Den minsta möjliga fönsterarean för uppfyllande av dagsljuskraven bestäms för flera LT-värden genom en simulering i Velux Daylight Visualizer. Fönsterareorna kombineras för att ta fram vilka g-värden och LT-värden som är möjliga att kombinera ur ett areaperspektiv. Kombinationerna jämförs sedan med kombinationer som är tekniskt möjliga att producera i ett glas. Ett fönsterglas och en fönsterarea som ger låg solvärmelast och högt dagsljusinsläpp väljs till varje rum.

En energisimulering genomförs i VIP Energy med de valda fönstren. Kyl- och värmesystemens energiförbrukning under ett år tas fram i simuleringen. Effekten som systemen behöver ha kapacitet till för att klara av lasten under den timma som kräver maximal effekt av kyl- och värmesystemen tas också fram genom simuleringen.

Till undersökningsrummet rekommenderas ett fönster med g-värde 0,41, LT-värde 0,66 och med glasarean 1,40 m². För expeditionen rekommenderas ett fönster med g-värde 0,33, LT-värde 0,62 och med glasarean 1,04 m².

Summary

By the 31 of December 2020 the energy consumption of all new buildings in EU has to be near zero [1]. Region Kalmar Län is planning to go through, and have already begun with some large construction works. Examples are buildings for psychiatric care in Kalmar, Oskarshamn and Västervik. [2].

Recently large windows are becoming more and more popular in buildings. Large windows let in high solar heat load during summer and may cause high heat losses during winter. The result is an increased energy demand for comfort cooling in summer and heat in winter. [3]. By studying an optimal window size for an office and an examination room in Region Kalmar Län, the energy consumption during the operation time of the building could be minimized. The goal is to find an optimal window size and glass construction so that both the requirements for solar heat load and daylight are reached according to the Milöbyggnad 3.0 certification.

A window has some different characteristics. The g-value specifies how much of the insolation is transmitted through the glass. The LT-value specifies how much of the visible light in the insolation is transmitted through the glass. The g-value affects the solar heat load in the room, a low g-value lets through a small amount of solar radiation, resulting in low solar heat load. The LT-value affects the daylight in the room, a window with a high LT-value lets in more daylight. It is not possible to combine a very low g-value with a very high LT-value since visible light is a part of the total insolation.

The biggest possible glass area that reaches the requirements for solar heat load is calculated for several g-values. The smallest possible glass area that reaches the requirements for the daylight is determined for several LT-values by a simulation in Velux Daylight Visualizer. The glass areas are combined to see which g-values and LT-values are possible to combine from the area point of view. The possible combinations are then compared with combinations that are technically possible to produce in a real window. One window glass and area that give a low solar heat load and high amount of daylight in the room is selected for each room.

An energy simulation with the selected windows is made in VIP Energy. The simulation gives the energy demand for the heating and cooling systems during one year. It also gives the capacity that the systems need to manage during the hour that requires maximum power from the heating and cooling system.

A window with g-value 0,41, LT-value 0,66 and glass area 1,40 m² is recommended for the examination room. A window with g-value 0,33, LT-value 0,62 and glass area 1,04 m² is recommended for the office.

Abstract

Inom EU ska alla nyproducerade byggnader ha en energiförbrukning nära noll senast den sista december 2020. Region Kalmar Län genomför omfattande byggnationer av lokaler för psykiatrisk vård. Genom att ta fram en optimal fönsterstorlek för två typrum, ett undersökningsrum och en expedition, kan energiförbrukningen under lokalernas drift minimeras. Målet är att ta fram en optimal fönsterstorlek och konstruktion så att målen för solvärmelast och dagsljus uppnås i rummen enligt Miljöbyggnad 3.0.

Ett fönsters g-värde anger hur stor del av solinstrålningen som transmittteras genom glaset, ett lågt g-värde ger en lägre solvärmelast i ett rum. Ett fönsters LT-värde anger hur stor del av det synliga ljuset som transmittteras genom glaset, ett högt LT-värde ger ett större dagsljusinsläpp.

Den största möjliga glasarean för uppfyllande av kraven för solvärmelast räknas ut för flera g-värden. Den minsta möjliga glasarean för uppfyllande av kraven för dagsljus simuleras för flera olika LT-värden i Velux Daylight Visualizer. De g-värden och LT-värden som är möjliga att kombinera ur ett areaperspektiv tas fram genom att jämföra största och minsta möjliga glasarea. De alternativ som har ett motsvarande verkligt fönsterglas som ger låg solvärmelast och stort dagsljusinsläpp väljs. För undersökningsrummet väljs ett 1,40 m² stort glas med g-värde 0,41 och LT-värde 0,66. För expeditionen väljs ett 1,04 m² stort glas med g-värde 0,33 och LT-värde 0,62.

Energiförbrukningen under ett år och effekten för ett kyl- och värmesystem i de två rummen tas fram genom en energisimulering i VIP Energy.

Nyckelord:

Miljöbyggnad, Solvärmelast, SVL, Dagsljusfaktor, DF, Dagsljus, Fönsterstorlek, Glasarea, Energisimulering.

Förord

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete inom programmet Energi och Miljö, Högskoleingenjör (180 hp) som ges vid Linnéuniversitetet i Växjö. Examensarbetet motsvarar 15 högskolepoäng och har utförts under den andra läsperioden våren 2019 i samarbete med Föreningen för Energieffektivt Byggande i Sydost, Goda Hus via Region Kalmar Län.

Jag vill tacka Region Kalmar Län för att jag fick möjlighet utföra det här arbetet hos er. Extra stort tack till Stefan Westblom, energistrateg på Region Kalmar Län för att du bistått med handledning, information och kunskap under arbetets gång.

Jag vill även rikta ett stort tack till min handledare på Linnéuniversitetet, Uniben Tettey för all hjälp, kunskap och vägledning som du gett mig under projektet.

Slutligen tack till de företag som kontaktats, tack Velux för hjälpen med ert simuleringsverktyg Velux Daylight Visualizer och tack Elitfönster för att ni bidragit med prestandadeklarationer för fönsterglas.

Ida Andersson

Växjö, juni 2019

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål	2
1.2.1	Frågeställning	3
1.3	Avgränsningar	4
2	Teori	5
2.1	Definition av U-värde, g-värde och LT-värde	5
2.2	Energieffektiva fönster	6
2.2.1	Värmeisolerade fönster	6
2.2.2	Solskyddsfönster	7
2.3	Solskydd	7
2.4	Hur påverkas människan?	8
2.4.1	Temperatur	8
2.4.2	Dagsljus	8
2.5	Miljöbyggnad 3.0	9
2.5.1	Miljöbyggnad om solvärmelast	10
2.5.2	Miljöbyggnad om dagsljus	11
2.5.3	Sammanfattande tabell över indikatorerna	12
2.6	Boverkets byggregler - BBR	12
3	Metod	14
3.1	Kritik	15
3.2	Platsspecifika förutsättningar	16
4	Genomförande	18
4.1	Beräkning av glasarea för uppfyllande av solvärmelastkraven	18
4.2	Beräkning av glasarea för uppfyllande av dagsljuskraven	18
4.3	Kombinering av LT-värde och g-värde med avseende på glasarean	19
4.4	Val av fönsterglas att rekommendera	19
4.5	Beräkning av solvärmelast och dagsljusfaktor för fönstren i ritningarna	20
4.6	Beräkning av kyl- och värmebehov	20
5	Resultat och analys	23
5.1	Solvärmelast	23
5.2	Dagsljus	25
5.3	Möjliga kombinationer av g- och LT-värde med avseende på glasarea	26
5.4	Rekommendation av fönsterglas och dimension	30
5.5	Dagsljusfaktor och solvärmelast med fönstren i ritningarna	33
5.6	Kyl- och värmebehov	35
6	Diskussion	38
6.1	Solvärmelast	38
6.2	Dagsljus	39

6.3	Val av fönsterglas att rekommendera	39
6.4	Jämförelse mellan fönstren i ritningarna och de rekommenderade fönstren.....	40
7	Slutsats	42
	Referenser	43
	BILAGA 1 - Arkitektritningar över de undersökta rummen	I
	BILAGA 2 - Tabell över solvärmelast och glasarea	I
	BILAGA 3 - Tabeller över dagsljusfaktor och glasarea	I
	BILAGA 4 - Möjliga kombinationer av g-värde och LT-värde	I
	BILAGA 5 - Diagram över rummens energibalanser	I

1 Introduktion

Under milleniet före år 1950 nådde koldioxidhalten i atmosfären aldrig över 300 ppm (parts per million). Under de senaste 70 åren har koldioxidhalten ökat explosionsartat och idag har halten i atmosfären stigit till över 410 ppm. [4]. Mellan år 1750 och 2011 släpptes ca 2040 giga ton antropogen koldioxid (från mänsklig aktivitet) ut i atmosfären, hälften av dessa utsläpp skedde mellan år 1971 och 2011. 40 % av den utsläppta koldioxiden har blivit kvar i atmosfären, resten har tagits upp av växter, jord och hav. Haven har absorberat 30 % av koldioxiden vilket har lett till försurningsproblematik. [5].

Växthusgaser såsom koldioxid, kväveoxider, och metan hindrar en del av den infraröda värmestrålningen som jorden avger att ta sig igenom atmosfären. En ökning av växthusgaser orsakar en ökning av den globala medeltemperaturen. [4]. Mellan år 1901 och 2016 ökade den globala medelårstemperaturen med 1,0 °C [6].

Konsekvenserna av ett varmare klimat är många, extremväder såsom hetta, och torka, kyla, extrem nederbörd, tornados, åskväder, stormar och tropiska cykloner är och kommer bli allt vanligare. Sedan 1979 har de arktiska isarna minskat med 3,5 - 4,1 % per decennium. Den globala havsnivån har höjts med 20-23 cm sedan 1880 och sedan 1990 har en ökad havsnivåhöjning uppmätts, den är nu ca 3 cm per årtionde. [6].

1.1 Bakgrund

I Paris, december 2015 enades världens länder om ett globalt klimatavtal. Parisavtalets syfte är att hålla ökningen av den globala medeltemperaturen långt under 2 °C, helst under 1,5 °C över förindustriell medeltemperatur. [7]. I Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/27/EU av den 25 oktober 2012 om energieffektivitet [1] beskrivs ett av EU:s energimål. Målet är att primärenergianvändningen år 2020 ska vara reducerad med 20 % jämfört med prognoser från 2007. I samma direktiv beskrivs ett annat av EU:s klimatmål, år 2050 ska växthusgasutsläppen ha minskat med 80-95 % jämfört med 1990. [1]. Sveriges klimatmål är något tuffare, senast 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären [8].

Inom EU står byggnader för 40 % av den totala energianvändningen. Enligt direktiv 2012/27/EU måste alla nyproducerade byggnader ha en energiförbrukning nära noll senast den 31 december 2020. [1]. I Sverige stod bygg och fastighetsbranschen för 37 % av den totala energianvändningen 2016, uppvärmning av byggnader utgjorde 78 % av den totala energianvändningen i branschen vilket motsvarar 29 % av Sveriges totala energianvändning [9].

2015 motsvarade uppvärmning av byggnader 10 % av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser [10].

Enligt gällande BBR (BFS 2011:26) ska energianvändningen i nybyggda lokaler vara mindre än 80 kWh/m^2 och år (för att göra det rättvist divideras den energi som går åt för uppvärmning med en faktor som beror på byggnadens geografiska placering, för Kalmar är faktorn 0,9). [11]. Kalmar läns klimatkommission har valt att sätta ribban något högre, sedan 2012 ska alla nybyggda offentliga lokaler ha en lägre energianvändning än 60 kWh/m^2 och år [12].

Region Kalmar Län bildades den första januari 2019. De tillhandahåller hälso- och sjukvård, kollektivtrafik, folkhögskolor, kultur, regional utveckling och tillväxt. Region Kalmar Län planerar att genomföra och genomföra omfattande byggnationer, bland annat om- och nybyggs lokaler för psykiatrisk vård i Kalmar, Oskarshamn och Västervik. [2].

Det har under de senaste åren blivit mer och mer populärt med stora fönster i byggnader. Stora fönster bidrar till värmeförluster då utetemperaturen är låg, och solvärmelaster då solen strålar på rutan. Detta leder till att energiförbrukningen ökar - för uppvärmning på vintern och för komfortkyla på sommaren. [3]. Enligt BBR (BFS 2011:26) ska en byggnads behov av komfortkyla minimeras, istället för att installera ett kylsystem ska andra möjliga åtgärder för att minska den interna solvärmelasten övervägas. En möjlig åtgärd är att välja solskyddsfönster och installera externa solskydd. [11].

Genom att studera en optimal fönsterstorlek för de nuvarande och framtida byggnationerna inom psykiatri i Region Kalmar Län kan energiförbrukningen under driften av lokalerna minimeras.

Att välja fönsterstorlek för ett rum är ett komplext problem eftersom det finns fördelar och nackdelar både med stora och små fönster. Stora fönster ger ett stort dagsljusinsläpp vilket ger ett jämnare ljus i rummet [13]. Dagsljuset har positiva effekter på människans prestationsförmåga, hälsa och tillfredsställelse och dessutom minskar behovet av elektrisk belysning då stora fönster används [14]. Ett mindre fönster däremot minskar behovet av värme under vintern och kyla under sommaren vilket leder till en minskad energiförbrukning. Ett optimalt fönster ska alltså både ge ett stort dagsljusinsläpp, stänga ute solvärmerna under sommaren och hålla kvar värmen inomhus under vintern.

1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att hitta en optimal fönsterglasarea. Det ligger i tiden att installera stora fönster, denna rapport ska kunna ge en bild av hur stora fönster som är rimliga att installera.

Målet är att ta fram en optimal fönsterstorlek och glaskonstruktion för två typer av rum så att kraven för dagsljus och solvärmelast uppfylls enligt Miljöbyggnad 3.0. Miljöbyggnad har tre nivåer guld, silver och brons.

Två krav ställs för de glas som ska rekommenderas i rapporten:

- Fönsterglasstorlek och fönsterglaskonstruktion ska tas fram så att det finns möjlighet att uppnå guld för hela byggnaden i Miljöbyggnad.
- De glaskonstruktioner som rekommenderas för de två rummen ska inte vara färgade.

De två typer av rummen är lokaler i vårdmiljö hos Region Kalmar Län. Lokalerna är en expedition och ett undersökningsrum. Rummen är utformade efter en standard och arkitektritningar över de båda lokalerna hittas i bilaga 1.

Fönstren som ska räknas på sitter i söderläge och i direkt solljus. Den största möjliga fönsterglasstorleken beror av glasets g-värde och den minsta möjliga fönsterstorleken beror av glasets LT-värde. Den största och minsta möjliga fönsterglasarean ska tas fram för uppfyllande av solvärmelastkraven och dagsljuskraven för guld, silver och brons och för olika g- och LT-värden.

De LT- och g-värden som är möjliga att kombinera ur ett areaperspektiv ska tas fram genom att jämföra största och minsta möjliga glasarea. De LT-värden och g-värden som är möjliga att kombinera ska sedan jämföras med verkliga glas. Ett verkligt glas som uppfyller så höga krav som möjligt gällande solvärmelast och dagsljusfaktor ska rekommenderas för varje rum.

Rummens kyl- och värmebehov ska tas fram för fönstren som rekommenderas och för fönstren som anges i arkitektritningarna.

1.2.1 Frågeställning

- Vilken är den största möjliga fönsterglasarean vid uppfyllande av solvärmelastkraven för guld, silver och brons i de två rummen? Beräkningen görs för g-värden mellan 0,3-0,8.
- Vilken är den minsta möjliga fönsterglasarean för uppfyllande av dagsljuskraven för guld, silver och brons i de två rummen? Beräkningen görs för LT-värden mellan 0,3-0,9 med intervallet 0,1.
- Vilka LT-värden och g-värden är areamässigt möjliga att kombinera för uppfyllande av Miljöbyggnads krav?

- Vilken kombination av LT-värde och g-värde är möjlig för ett verkligt fönsterglas och ger högst betyg i Miljöbyggnad? Detta glas ska rekommenderas.
- Vilka är de högsta möjliga betygen för solvärmelast och dagsljus i Miljöbyggnad som kan nås med de rekommenderade fönstren? Vad blir fönsterstorleken, dagsljusfaktorn och solvärmelasten för dessa fönster?
- Vad blir dagsljusfaktorn och solvärmelasten för de fönster som anges i arkitektritningarna? Vilka betyg uppnås med dessa fönster?
- Vad är energibehovet för kyl- respektive värmesystemen i lokalerna under ett år? Hur stor effekt behöver kyl- respektive värmesystemen dimensioneras för? Detta ska bestämmas för de fönster som rekommenderas och för fönstren som anges i arkitektritningarna.

1.3 Avgränsningar

Beräkningarna kommer endast utföras för fönster i direkt söderläge. Vid beräkning av solvärmelast kommer direkt solljus förutsättas. Inga eventuella skuggande föremål såsom träd, byggnader eller externa solskydd kommer tas med i varken solvärmelast- eller dagsljusberäkningar.

Dagsljusfaktorn beror bland annat på fönstrets geometri och placering. I detta projekt kommer fönstret alltid vara placerat i mitten av söderväggens horisontalplan för att ge godast möjliga dagsljus tillgång i hela rummet. Bröstningshöjden för fönsterglasets kommer vara konstant på 0,95 m över golvet, det kommer inte räknas på något fönster där glasets bredd är mindre än 0,8 m. Fönsterglasets ska inte vara närmre taket än 0,25 m, de fönsterglas-höjder som kommer räknas på är 1,3, 1,4 och 1,5 m. Eftersom fönstermoduler kan beställas med 0,1 m intervall (höjd och bredd) är det detta intervall som kommer räknas på. Dessa avgränsningar har utformats tillsammans med beställaren för att inte förhindra eller försvåra utsikt genom fönstren från arbetsplatsen och för att möjliggöra färdigställande av projektet inom den givna tidsramen.

Vid val av fönsterglas tas ingen hänsyn till andra egenskaper än solskydd, ljustransmission, värmeisolering och utseende. Fönstren antogs behöva vara utrustade med exempelvis bullerskydd, brandskydd, inbrottskydd och skydd för personskador men dessa aspekter vägs inte in vid rekommendationen av fönsterglas.

2 Teori

Begreppen U-värde, g-värde och LT-värde återkommer frekvent i denna rapport, dessa begrepp definieras under rubrik 2.1 nedan. Fönster kan utföras på olika sätt med olika antal glas, genomfärgning och beläggningar, fönstrets U-, g- och LT-värde beror av fönstrets uppbyggnad som beskrivs under rubrik 2.2. Under rubrik 2.3 beskrivs externa solskyddsalternativ och under rubrik 2.4 beskrivs kort hur människan påverkas av värme och kyla samt dagsljusets påverkan på människan. Certifieringssystemet Miljöbyggnad 3.0 och betygskriterierna för solvärmelast och dagsljus beskrivs under rubrik 2.5. Under rubrik 2.6 anges några av boverkets krav och rekommendationer som anses viktiga för projektet.

2.1 Definition av U-värde, g-värde och LT-värde

Glasets U-värde är ett värde på fönsterglasets värmekonduktivitet och anges i watt per kvadratmeter och kelvin, ju lägre U-värde desto bättre är fönstrets isoleringsförmåga. U-värdet påverkar värmebehovet i en byggnad mer än kylbehovet. I kalla klimat är det bra om fönstren har ett lågt U-värde eftersom värmeflödet ut genom fönstret då minskas, därmed minskar även uppvärmningsbehovet i byggnaden. [15]. Enligt BBR (boverkets byggregler) ska U-värden under $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ eftersträvas i Sverige [11]. I varmare klimat rekommenderas ett U-värde runt $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ [15].

Glasets g-värde anger hur stor del av den totala solenergin som transmittas genom fönstret [16]. Under somrarna är det bra om fönstren har ett lågt g-värde, på så sätt minskas solvärmelasten och därmed kylbehovet i byggnaden. Under vintern är det bättre att ha ett högt g-värde och använda solvärmelasten för att kunna minska uppvärmningsbehovet. I kalla länder som är i större behov av uppvärmning än av kylning rekommenderas att använda fönster med ett högt g-värde, under de varmare perioderna kan skuggande föremål användas för att minska solvärmelasten. [15].

LT-värdet anger hur stor del av det synliga dagsljuset (våglängd 380-780 nanometer) som transmittas genom fönstret [16]. Detta värde påverkar dagsljuset i rummet. Ljusstyrkan i rummet i förhållande till ljusstyrkan utomhus kallas dagsljusfaktor (DF). [17]. Dagsljusfaktorn påverkas av fönstrets LT-värde samt fönstrets storlek och placering [15]. I ett rum där fönstren har höga LT-värden går det att spara energi på grund av att det inte behövs lika mycket belysning. Glasets g-värde ökar vid höga LT-värden eftersom det synliga ljuset är en del av den totala solinstrålningen, ett högt LT-värde kan därför leda till en högre solvärmelast. [18].

2.2 Energieffektiva fönster

En byggnads energibehov beror i stor mån på valet av fönsterglas och fönstrens storlek. Fönstrens U- och g-värde har stor påverkan på värme- och kylbehovet i en byggnad. I väl isolerade byggnader har g-värdet större påverkan på energibehovet än vad U-värdet har. För dåligt isolerade byggnader är effekten omvänd, U-värdet påverkar i större grad än g-värdet. [19].

Ett fönster kan konstrueras på oändligt många olika sätt, det finns flera faktorer som går att variera för att få ett glas att passa så bra som möjligt för det tilltänkta ändamålet. Några exempel på faktorer som går att variera är antalet glas, glasens tjocklek, distansen mellan glasen och vilken gas som används mellan glasen. Det finns även flera behandlingar, till exempel beläggningar, härdning, laminering och blåstring som kan ge glasen speciella egenskaper, exempelvis solskydd, värmeisolering, bullerskydd och brandskydd. Glas med olika egenskaper kan kombineras så att fönstret exempelvis får både värmeisolerande och solskyddande egenskaper. [16].

Vid tillverkning av glas är utgångspunkten ofta ett klart och transparent floatglas, detta glas har högt U- och g-värde [3]. Genom förädling kan glaset ges nya egenskaper. I denna rapport ligger mest fokus på värmeisolering och solskydd, exempel på andra egenskaper som kan uppnås är brandskydd, ljudreduktion, skydd mot personskador och självrengöring. [16].

2.2.1 Värmeisolerade fönster

För att uppnå värmeisolering kan floatglaset beläggas med ett selektivt skikt som släpper igenom korta våglängder men reflekterar långa. Värmeisoleringen uppnås då eftersom solenergin korta våglängd transmittas in genom glaset medan rummets värmeenergi med längre våglängd reflekteras tillbaka in i rummet då de når fönstret. Ett tvåglasfönster har högre U-värde än ett treglasfönster, ett fönsters U-värde minskar alltså med ökat antal glas. [15]. I ett tvåglasfönster kan U-värdet inte bli lägre än $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ medan det i en treglasruta kan nå ner till $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. U-värdet försämras när temperaturen sjunker och när vinden ökar, denna förändring är större i ett tvåglasfönster än i ett treglasfönster. I ett kallt och blåsig klimat är därför treglasfönster att föredra vad gäller värmeisolering. U-värdet varierar även beroende på vilken gas som används mellan glasen och på avståndet mellan glasen, de gaser som brukar användas är argon, krypton eller luft. [16].

Under vissa förhållanden kan det bildas kondens på ett fönsters utsida. Detta sker endast för fönster med låga U-värden som har så låga energiförluster att det yttre glaset får en lägre temperatur än utomhusluften. För att det yttersta

glaset ska bli så pass kallt måste det stråla ut sin värme mot himlen och detta kan bara ske i tillräckligt stor grad vid kallt, klart och vindstilla väder om luftfuktigheten samtidigt är hög. [16].

2.2.2 Solskyddsfönster

Det är omöjligt för ett fönster att stänga ute all solvärme och ändå släppa igenom synligt ljus eftersom även det synliga ljuset är värme. Pilkington har utvecklat glas som släpper igenom lika mycket synligt ljus som ett vanligt fönster utan solskyddsbeläggning men som stänger ute knappt 70 % av den totala solvärmén. [16]. I en rapport hävdas att g-värdet för en ruta med två glas kan nå ner till 0,2 [20].

Ett solskyddsglas kan antingen vara genomfärgat eller belagt, beläggningen kan ha en neutral färg eller vara färgad. Genomfärgade glas absorberar mer solenergi än ett klart glas som istället transmittar solenergin genom fönstret. [16]. Genom reflekterande beläggningar kan ett effektivt solskydd uppnås [20]. Ett lågemissivitetsglas är behandlat med ett nanomaterial som har hög transmittans inom våglängdsområdet för synligt ljus samtidigt som det reflekterar infraröd strålning och långvågig värmestrålning [3], [21]. Ett vanligt floatglas innehåller järnoxid som orsakar en svagt grön färgton i glaset, detta gör att även om det solskyddsbelagda glaset är transparent när det ses inifrån kan det vara reflekterande och upplevas färgat när det ses utifrån. Om solskyddsbeläggningen läggs på ett extra klart floatglas med så lite järnoxid som möjligt minskar färgtonen och glaset upplevs då ha en neutral färgton även då det ses utifrån. [16].

Antalet glas i ett fönster påverkar g-värdet, fler glasrutor ger ett lägre g-värde, även LT-värdet påverkas och blir lägre ju fler glas som används [13].

2.3 Solskydd

För att det infallande ljuset från ett fönster ska vara behagligt är det bra om det inte bländar, blänker eller speglas. Stora variationer i luminans (ljusstyrka per kvadratmeter) är uttröttande för ögat och försvårar seendet. Ett fönster har ofta hög luminans och kan därför vara bländande. På grund av detta är det bra att inte rikta arbetsplatser mot ett fönster. [13].

Fasta eller rörliga solskydd kan användas för att minska dagsljusets negativa effekter och solvärmelasten i rummet. Rörliga solskydd kan dras för när ljuset från ett fönster är störande och exempelvis verkar värmande, bländande eller blänkande och sedan dras bort när dagsljuset inte längre stör [20], [13]. En annan positiv egenskap med rörliga solskydd är att de kan ställas in efter solhöjden. Gardiner, persienner och markiser är exempel på rörliga solskydd. Ett rörligt solskydd kan placeras inne, ute eller mellan glasen. Ur

energisympunkt är det bästa alternativet att placera solskyddet utvändigt eftersom det minimerar solvärmeinsläppet. Om solskyddet placeras inne kommer värmen trots allt in i rummet och ökar lufttemperaturen men ytuppvärmningen blir fortfarande lägre än utan ett solskydd. För ett fönster som kombineras med ett yttre solskydd är 0,1 ett bra g-värde. På grund av väder och vind är slitaget större för solskydd som placeras utomhus vilket medför en högre underhållskostnad. [20].

Fasta eller permanenta solavskärmningar såsom färgade glas och fasta utvändiga skärmar påverkar utsikten och dagsljusinsläppet [13]. För fönster riktade åt söder används ofta horisontella solskydd medan lutande eller vertikala solskydd ofta används för öst- eller västriktade fönster. Fasta solskydd fungerar bäst när solen står högt på himlen men eftersom solen flyttar på sig blir solavskärmningen inte alltid optimal då fasta solskydd används. [20]. Det finns ingen möjlighet att variera dagsljusstillgången efter behov då permanenta solskydd används [13].

2.4 Hur påverkas människan?

Nedan presenteras kort information om hur temperatur och dagsljus påverkar människans hälsa och prestationsförmåga.

2.4.1 Temperatur

Uppfattningen om vilken temperatur som är en optimal arbetstemperatur varierar från person till person beroende på metabolism, aktivitet och beklädning [22]. I en kontorsmiljö uppfattar en stor del av de som arbetar att 22 °C är en lagom temperatur. En människas prestationsförmåga minskar då temperaturen över- eller understiger den individuella uppfattningen om optimal temperatur. Då temperaturen är för hög blir människan distraherad och slö. Vid en för låg temperatur påverkas fingerrörligheten. [23]. Människans kapacitet för kontorsarbete är som bäst vid temperaturintervallet 22-25 °C. För varje grad som temperaturen överskrider 25 °C minskar människans effektivitet med ungefär 2 %. [24].

2.4.2 Dagsljus

Dagsljus påverkar människans prestationsförmåga och tillfredsställelse positivt [14]. En undersökning som gjorts visar tecken på att patienter som behandlas i rum med stor tillgång på dagsljus tillfrisknar något snabbare än patienter som behandlats i rum med mindre dagsljusstillgång [25]. En annan undersökning har gjorts där sjuksköterskor fick arbeta på avdelningar med och utan fönster. Det visade sig att sjuksköterskorna som arbetade där det

fanns fönster gjorde 20 % färre misstag i sin vård än vad sjuksköterskorna som arbetade utan fönster gjorde. Skillnaden är dock inte särskilt stor räknat i antal misstag eftersom få misstag gjordes på båda avdelningarna. [26].

Vitamin D produceras av kroppen när huden utsätts för solljus [27], ett ultraviolett ljus krävs för att D-vitamin ska skapas [28]. Dagsljus påverkar människans grad av uppmärksamhet och den kognitiva förmågan positivt, även humöret påverkas positivt [27].

2.5 Miljöbyggnad 3.0

Miljöbyggnad är ett svenskt miljöcertifieringssystem för byggnader, systemet är utvecklat av Sweden Green Building Council (SGBC) [29]. Byggnadens miljöegenskaper bedöms av en part som är oberoende av både projektorganisationen och förvaltningen. En nyproducerad byggnad som certifierats med Miljöbyggnad måste kontrolleras igen efter två år i drift för att certifikatet ska fortsätta gälla. Byggnadens miljöprestanda ska sedan rapporteras in till SGBC vart femte år. [30].

Indikatorerna i Miljöbyggnad är valda utifrån de vanligaste miljöproblemen i byggnader. Tanken med Miljöbyggnad är att systemet ska hjälpa fastighetsägare att prioritera de viktigaste miljöåtgärderna vid nyproduktion, ombyggnad eller förvaltning. Indikatorerna i Miljöbyggnad omfattar endast de parametrar som fastighetsägaren själv kan påverka. Miljöbyggnad kan användas både vid nyproduktion och för befintliga byggnader, kraven för befintliga byggnader är något lägre än kraven för nyproducerade. [30].

Miljöbyggnad 3.0 mäter 15 olika indikatorer (se figur 1) inom 3 olika områden, områdena är energi, inomhusmiljö och material. Indikatorerna betygsätts med brons, silver eller guld. För att uppnå bronsnivån behöver endast lagkrav och rekommendationer uppnås. Alla indikationer måste uppnå minst brons för att en byggnad ska kunna certifieras. För att uppnå silver eller guld krävs att byggnaden presterar över de lagstadgade kraven. För vissa indikationer krävs enkätundersökningar för att guld ska kunna uppnås. För att en byggnad ska kunna uppnå guld får ingen av indikatorerna vara betygsatta med brons. [30] .

Sex av de 15 indikatorerna bildar i par om två totalt tre olika aspektbetyg, resterande 9 indikatorer bildar var sin aspekt. Aspektbetyget bestäms av det lägsta indikatorbetyget inom aspekten. Aspekterna bildar tre områden,

områdesbetyget bestäms av det lägsta aspektbetyget och kan höjas ett steg om minst hälften av aspektbetygen är högre än det lägsta. Betyget för hela byggnaden bestäms av det lägsta områdesbetyget. [30] Se figur 1.

		Indikatorer i 3.0	Indikator	Aspekt	Område	Byggnad
Energi	1	Värmeeffektbehov	SILVER	SILVER	GULD	SILVER
	2	Solvärmelast	SILVER			
	3	Energianvändning	GULD	GULD		
	4	Andel förnybar energi	GULD	GULD		
Innemiljö	5	Ljud	SILVER	SILVER	SILVER	
	6	Radon	BRONS	BRONS		
	7	Ventilation	SILVER			
	8	Fuktsäkerhet	GULD	GULD		
	9	Termiskt klimat vinter	SILVER	BRONS		
	10	Termiskt klimat sommar	BRONS			
	11	Dagsljus	GULD			
	12	Legionella	BRONS	BRONS		
Material	13	Loggbok med byggvaror	SILVER	SILVER	SILVER	
	14	Ufasning av farliga ämnen	BRONS	BRONS		
	15	Stommens klimatpåverkan	GULD	GULD		

Figur 1 Figuren visar de 15 olika indikatorerna som delas in i tre olika områden. Vissa av indikatorbetygen bidrar ihop med ett annat indikatorbetyg ett aspektbetyg. Det lägsta områdesbetyget bestämmer vilket slutbetyg hela byggnaden får. Bilden är hämtad från Sweden Green Building Council "Miljöbyggnad 3.0 Metodik" [30] och organisationen har godkänt att den används i rapporten.

2.5.1 Miljöbyggnad om solvärmelast

Solvärmelasten bedöms i Miljöbyggnad för att begränsa behovet av komfortkyla under sommarhalvåret. Solvärmelasten anges i W/m^2 golvarea och definieras som den solvärme som passerar genom fönstret och därmed värmer upp lokalen. I Miljöbyggnads bedömning ingår de fönster som är placerade i väderstreck mellan öst till väst via söder ($90\text{-}270^\circ$). Kravnivåerna för att uppnå de olika betygsnivåerna för solvärmelast i nybyggda lokaler anges i tabell 1 under rubrik 2.5.3 tillsammans med kravnivåerna för dagsljus. [31].

Under ett normalår är den största solstrålningen mot ett vertikalt fönster 800 W/m^2 . Solvärmelasten kan räknas ut med hjälp av ekvation 1, ekvationen gäller för rum som bara har fönster i ett väderstreck. [31].

$$SVL = 800 \cdot g_{syst} \cdot \frac{A_{glas}}{A_{rum}} \quad (1)$$

SVL = Solvärmelast (W/m² golvarea).

g_{syst} = totalt g-värde för fönsterglas och eventuellt solskydd.

A_{glas} = glasets area (endast glaset inte fönsterkarm) (m²).

A_{rum} = rummets golvarea ink area under garderober (m²).

Om rummet inte har någon dörr fördelas solvärmelasten på en större yta, i dessa fall ska hela denna golvyta tas med i beräkningen [31].

2.5.2 Miljöbyggnad om dagsljus

Dagsljustillgången i ett rum i en lokalbyggnad bedöms i de flesta fall med dagsljusfaktor (DF). DF är ett mått på ljusstyrkan inomhus i förhållande till ljusstyrkan utomhus vid en standardgrå himmel. [31]. Dagsljusfaktorn beräknas vid en mulen himmel eftersom beräkningarna blir enklare då en mulen himmels luminans (ljusstyrka mer kvadratmeter) inte varierar med väderstreck utan endast med höjden och vinkeln över horisonten. Dagsljusfaktorn är på grund av detta oberoende av fönstrets orientering. [13]. Eftersom dagsljusfaktorn är ett procentuellt värde av ljusstyrkan inomhus jämfört med ljusstyrkan utomhus ändras inte värdet över året eller över dygnet [17].

För att uppnå betyget brons kan fönsterglasandelen (AF) i förhållande till golvarean bedömas istället för dagsljusfaktorn, i vissa fall bedöms även utblicksarean. Kraven för att nå de olika betygsnivåerna sammanfattas i tabell 1 under rubrik 2.5.3. DF kan beräknas för hand eller med hjälp av ett simuleringsverktyg, vid simulering ges ett noggrannare resultat och därför minskar kravet för de tre nivåerna med 0,20 procentenheter. Om ett Simuleringsverktyg används ska det vara validerade mot CIE 171:2006, ett exempel är Velux Daylight Visualizer. [31].

De parametrar som används vid beräkning av dagsljusfaktor är fönstrets höjd, bredd, placering och LT-värde samt reflektionstal för rummets väggar, tak och golv och rummets storlek och geometri. Även utvändiga parametrar såsom avstånd till och höjd på omkringliggande byggnader och skuggande delar av byggnaden ska användas vid beräkningar av dagsljusfaktorn. [31]. Fönstrets geometri påverkar dagsljusfaktorn, en ökad fönsteryta på höjden ger ofta en högre ökning av dagsljusinfallet än vad en ökad fönsteryta på bredden ger. Detta beror på att himmeln är ljusare högre upp. Allt för små fönster kan ge ett ojämnt dagsljus i rummet, området närmast fönstret kan vara bländande medan ytorna längre bort från fönstret blir mörka. [13].

I de fall rummets reflektionstal inte är kända kan 0,80 användas för väggar, 0,30 för golv och 0,90 för tak. Reflektionstal för ytor utanför byggnaden kan vara 0,20 för mark 0,30 för fasader. [31].

Dagsljusfaktorn kan beräknas i en punkt eller som median av flera punkter i rummet. Vid beräkning av DF_{punkt} beräknas dagsljusfaktorn i en punkt 0,8 m över golvet, 1 m från rummets mörkaste sidovägg och vid halva rumsdjupet. DF_{punkt} kan också beräknas på den mörkaste arbetsytan vid halva rumsdjupet. Den mörkaste av dessa två punkter bedöms enligt betygskriterierna. DF_{median} beräknas i flera punkter som ligger högst 0,5 m från varandra, de ska ligga på höjden 0,8 m över golvet och mellan 0,1-0,5 m från rummets väggar, ett medianvärde beräknas av alla punkterna. [31]

2.5.3 Sammanfattande tabell över indikatorerna

I tabell 1 nedan sammanfattas betygsgränserna för Miljöbyggnads indikatorer solvärmelast och dagsljus. För dagsljus ges betygskriterier vid både handberäkning och simulering.

Tabell 1 Gränsvärden för solvärmelast och dagsljus för att uppnå brons, silver och guld i Miljöbyggnad 3.0 för lokaler vid nyproduktion. Värdena är hämtade ur "*Miljöbyggnad 3.0 – Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader*" [31]. DF (dagsljusfaktor) mäts som ljusstyrkan inomhus i förhållande till ljusstyrkan utomhus vid en standardgrå himmel. AF är andelen fönsterglas i förhållande till golvarea och α är vinkeln mellan horisontalplanet och en linje från fönsters mittpunkt till högsta avskärmande punkt.

	Brons	Silver	Guld
Solvärmelast (W/m ² golvarea)	≤ 40	≤ 32	≤ 22
Dagsljus handberäkning	$DF \geq 1,0 \%$ ELLER $AF \geq 10 \%$ för $\alpha \leq 20^\circ$ $AF \geq 10 + (\alpha - 20) \cdot 0,25$ för $20^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$DF \geq 1,2 \%$	$DF \geq 1,5 \%$
Dagsljus simulerad	$DF \geq 0,8 \%$	$DF \geq 1,0 \%$	$DF \geq 1,3 \%$

2.6 Boverkets byggregler - BBR

Boverkets byggregler (BBR) uttrycker ett allmänt råd angående utblick i kapitel 6.33. Där rekommenderar de att minst ett fönster i ett rum där människor vistas mer än tillfälligt ska vara placerat så att utblicken ger möjlighet att följa dygnets och årstidernas variationer. [11].

BBR ställer i kapitel 6:322 krav på att rum där människor vistas mer än tillfälligt ska ha god tillgång till direkt dagsljus. För att uppnå detta ges ett allmänt råd att fönsterglasarean i ett rum bör vara minst 10 % av rummets golvarea, detta ska ge en dagsljusfaktor på ungefär 1 %. [11].

Energiprestandan för lokaler ska enligt BBR vara mindre än $80 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Energiprestandan är uttryckt i primärenergital så att alla byggnader i landet ska ha samma förutsättningar att nå målet. Vid beräkning av primärenergital multipliceras energianvändningen för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsenergi med en primärenergifaktor som är specifik för varje energibärare, exempelvis 1,6 för el. Energianvändningen för uppvärmning regleras efter vart i landet byggnaden är placerad. För en byggnad i Kalmar divideras den energi som används för uppvärmning med 0,9 medan den divideras med 1,9 för en byggnad i Gällivare. [11]. För byggnaden i Gällivare som antagligen kräver mer energi till uppvärmning reduceras energiåtgången för uppvärmning då det divideras med 1,9 innan det jämförs med BBR-kravet. För byggnaden i Kalmar som gör åt mindre energi till uppvärmning ökas energitalet då det divideras med 0,9 innan det jämförs med BBR-kravet.

Ventilationssystemet ska som lägst ha ett uteluftsflöde på $0,35 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2 \text{ golvarea)}$ [11]. Enligt Miljöbyggnad ska 7 l/s uteluft tillsättas för varje person som vistas i lokalen i nyproducerade lokaler [31].

3 Metod

Projektets mål är att bestämma och rekommendera en optimal fönsterstorlek och glaskonstruktion för två rum så att dagsljus- och solvärmelastkrav uppfylls enligt Miljöbyggnad 3.0. Värmebehov och kylbehov för rummen ska tas fram för de fönster som rekommenderas och för de fönster som anges i arkitekturritningarna.

För att nå målet behöver information tas fram, därför ska en litteraturstudie genomföras. Litteraturstudien skall ge svar på hur begreppen LT-värde, g-värde och U-värde definieras. Den ska ge information om fönsters egenskaper och vilka metoder som finns för att ändra egenskaperna samt hur inomhusmiljön påverkas av fönstrens egenskaper. Litteraturstudien skall innehålla information om certifieringssystemet Miljöbyggnad 3.0 och ge svar på vad som krävs för att uppnå de olika betygskriterierna angående dagsljus och solvärmelast. Flera av referenserna som används vid litteraturstudien ska vara peer-reviewed granskade vetenskapliga artiklar.

Nästa steg till att nå syftet är att göra beräkningar för hur stor och liten fönsterarea som krävs för att uppnå Miljöbyggnads krav för dagsljus och solvärmelast. Detta ska göras med hjälp av de betygsgränser som tagits fram ur Miljöbyggnad under litteraturstudien, g-värden mellan 0,3-0,8 som gets från beställaren och LT-värden mellan 0,3-0,9. För att bestämma en minsta möjliga glasarea för att dagsljuskraven ska uppnås ska simuleringsprogrammet Velux Daylight Visualizer användas. Detta program rekommenderas av Miljöbyggnad. Den största möjliga glasarean för uppfyllande av solvärmelastkraven beräknas i Excel.

En optimal fönsterglasstorlek och fönsterglaskonstruktion ska rekommenderas för varje rum. De glas som rekommenderas ska bidra till att rummen når så hög betygsnivå som möjligt i Miljöbyggnad. Glaskonstruktionen ska ge en kombination av LT-värde och g-värde som är praktiskt möjlig att tillverka. Kombinationen måste ha överensstämmande största och minsta möjliga glasarea för uppfyllande av solvärmelast- och dagsljuskraven. De fönster som rekommenderas ska inte vara färgade och de ska inte hindra byggnaden från att uppnå totalbetyget guld.

En energisimulering ska göras i VIP Energy. Genom simuleringen ska värmeförluster genom transmission och solvärmelaster genom solinstrålning tas fram för rummen då fönstren som rekommenderas i denna rapport används och då fönstren som anges i arkitekturritningarna används. Årsenergibehovet och effektbehovet för kyl- och värmesystemen i lokalerna ska också tas fram för de två rummet vid dessa två fall.

Metoden är kvantitativ, simuleringar och beräkningar ska genomföras och ett resultat kommer ges ur beräkningarna. Undersökningen kommer ge ett resultat som är applicerbart för de rum som varit utgångspunkt för projektet. De fönsterstorlekar och fönsterkonstruktioner som rekommenderas i rapporten kommer inte ge samma resultat gällande solvärmelast och dagsljus för rum som är utformade eller placerade på annat sätt än de som undersökts. Andra rum kan därför inte förväntas uppfylla samma betygsnivåer i Miljöbyggnad med de fönster som rekommenderas i denna rapport. Projektet kan användas som underlag för att göra en liknande studie för rum med andra dimensioner och med placering i andra väderstreck.

3.1 Kritik

Metoden som valts har utgått från att kombinera g-värde och LT-värde med avseende på största och minsta möjliga fönsterglasarea. Största möjliga fönsterarea fås fram genom att använda g-värde och kraven för solvärmelast. Minsta möjliga fönsterarea fås fram genom att använda LT-värde och kraven för dagsljus. Vid kombinationen av g-värde och LT-värde behöver minsta möjliga glasarea vara mindre än största möjliga glasarea för att kraven för solvärmelast och dagsljus ska uppfyllas samtidigt. Efter att g- och LT-värde kombinerats ur ett areaperspektiv ska verkliga fönster som kan uppfylla kombinationen av g- och LT-värde vad gäller fönsterkonstruktionen letas fram. Metoden kunde utformats på annat sätt genom att först leta fram vilka g-värden och LT-värden som kan kombineras rent konstruktionsmässigt och sedan räkna ut en passande fönsterstorlek för rummen med dessa g- och LT-värden. Denna metod valdes inte eftersom den nu valda metoden ger en större överblick av vilka kombinationer som är möjliga. Resultatet hade begränsats till dagens kombinationsmöjligheter om en viss kombination av g- och LT-värde valts från början. I framtiden kan det vara möjligt att kombinera ett något högre LT-värde med ett något lägre g-värde och därmed uppnå ännu högre betyg i Miljöbyggnad.

Vid simuleringen i Velux Daylight Visualizer var det endast möjligt att välja koordinater för varje lands huvudstad. Därför valdes Stockholm istället för Kalmar. Detta kan ha påverkat reliabiliteten i undersökningen.

Varken vid beräkningen av minsta möjliga eller största möjliga glasarea för uppfyllande av solvärmelast- och dagsljuskrav har någon säkerhetsmarginal räknats med. Vid beräkningarna av största möjliga glasarea användes 800 W/m² fönsterglas instrålad solenergi mot fönstret i enlighet med Miljöbyggnads information. Om det en dag skulle strålas in mer solenergi än så kommer solvärmelasten överskrida gränsvärdena för betygsnivåerna.

För att möjliggöra simuleringen i VIP Energy var det nödvändigt att basera viss indata på antaganden. Variationer mellan de värden som tagits fram med hjälp av simuleringen och de verkliga värdena för de specifika rummen

kan därför förekomma. Personvärmen per kvadratmeter golvarea har antagits vara samma som i ett kontor och vistelsetiden i rummen har antagits vara 70 % av arbetsdagen. Väggarnas konstruktion har antagits vara samma som hos en redan befintlig byggnad med samma typer av rum som de som undersöks. Det finns inget underlag för konstruktionen hos tak och golv samt antalet gipsskivor på innerväggarna från den befintliga lokalen. Förhoppningen är att simuleringen ska ge en realistisk bild av energi- och effektbehovet i lokalerna trots att vissa antaganden varit nödvändiga.

Den litteratur som använts som underlag till rapporten har varit relevant, flera vetenskapliga artiklar har använts, i de fall websidor använts har det i största mån varit hos myndigheter. Flera referenser är regelverk och rekommendationer exempelvis boverkets byggregler (BBR) och Miljöbyggnads manualer angående metodik och kriterier. Dessa har varit nödvändiga att använda för att uppnå projektets syfte. Boken "Räkna med dagsljus" från 1987 har använts, boken kan anses gammal men eftersom både BBR och Miljöbyggnad hänvisar till boken ansågs den ändå relevant. Informationen som användes ur boken ansågs inte heller ha påverkats av tiden som gått sedan den publicerades. Information angående glaskonstruktion och hur glasens egenskaper ges har till stor del hämtats från Pilkingtons katalog "Glasfakta 2018". Eftersom Pilkington är en ledande glasproducent och beställaren dessutom hänvisade till företaget anses informationen trovärdig och uppdaterad trots att den kan vara något vinklad för att locka kunder. Informationen som hämtades ur "Glasfakta 2018" kompletterades och jämfördes med information som hämtats ur vetenskapliga artiklar och rapporter så att reliabiliteten i ändå kunde vara hög.

3.2 Platsspecifika förutsättningar

Studiens omfattning skärmas av på grund av flera platsspecifika förutsättningar. Beräkningar av solvärmelast och dagsljus har gjorts för två typlokaler med specifika dimensioner, undersökningsrummets och expeditionens mått kan avläsas på arkitekturritningar i bilaga 1.

De g-värden som använts 0,3-0,8 har bestämts av beställaren. De LT-värden som använts har tagits fram av författaren efter att ha undersökt vilka värden som är vanliga hos fönster idag och därför relevanta att undersöka.

Data för de fönster som finns i arkitekturritningen återges i tabell 2 nedan, där ingår g-, LT- och U-värde samt höjd bredd och placering för fönstren. Data för fönstrens g-, LT- och U-värde har gets från beställaren medan placering och dimensioner har lästs av från arkitekturritningarna.

Tabell 2 I tabellen anges dimensioner och placering hos fönstren i arkitekturritningarna och egenskaper hos dessa fönster som gets från beställaren.

	Undersökningsrum	Expedition
Glashöjd [m]	1,60	1,60
Glasbredd [m]	1,20	1,40
Glasarea [m ²]	1,92	2,24
Avstånd närmsta vägg [m]	0,26	0,65
Avstånd golv [m]	0,75	0,75
g-värde	0,36	0,36
LT-värde	0,56	0,56
U-värde [W/(m ² ·K)]	0,90	0,90

Ventilationsflöden, temperatur i rummen och temperatur hos tilluften via ventilationen anges i tabell 3 nedan, det gör även brukstider och antalet personer som normalt vistas i rummen. Ventilationsflödet, tilluftstemperaturen och lufttemperaturen är olika under vintern och sommaren. Värmeåtervinningen i ventilationen är 75 % under alla årstider då återvinningen behövs. Värdena som anges i tabell 3 har gets från beställaren.

Tabell 3 Tabellen visar ventilationsflöde, rumstemperatur, tilluftstemperatur, vistelsetider och antalet personer som vistas i de två rummen. Alla parametrar anges för sommaren respektive vintern. Värdena som anges i tabellen har gets från beställaren.

	Undersökningsrum		Expedition	
	Sommar	Vinter	Sommar	Vinter
Ventilationsflöde [l/s]	55	25	45	15
Temp. rumsluft [°C]	Max 26	Min. 23	Max 26	Min. 21
Temp. tilluft [°C]	16	18	16	18
Vistelsetid kl.	8-18	8-18	8-18	8-18
Antal personer	2	2	1	1

Information om konstruktionen hos en redan befintlig byggnad med samma typ av rum som de som undersöks har fått från beställaren och används vid energisimuleringen av de två rummen. Ytterväggen består av 0,15 m betong, 0,25 m cellplast och 0,12 m betong och har U-värdet 0,15 W/(m²·K). Innerväggarna består av gips och 70 mm isolering. Dörren som finns i rummen gränsar mot ett annat inomhusutrymme och har arean 2,1 m² enligt arkitekturritningarna.

4 Genomförande

För att uppnå syftet har beräkningar, simuleringar och jämförelser utförts. Nedan beskrivs hur dessa har genomförts. Under rubrik 4.1 beskrivs hur största möjliga glasarea räknats ut och under rubrik 4.2 beskrivs hur minsta möjliga glasarea räknats ut genom simuleringar i Velux Daylight Visualizer. I avsnitt 4.3 beskrivs hur LT-värde och g-värde har kombinerats med avseende på största och minsta möjliga glasarea. Genomförandet av valet av vilken fönsterglasarea och konstruktion som skulle rekommenderas beskrivs under rubrik 4.4. Under rubrik 4.5 beskrivs hur solvärmelast och dagsljusfaktor tagits fram för de fönster som anges i arkitekturritningarna. Kyl- och värmebehoven för rummen samt effekten hos kyl- och värmesystemen togs fram genom en simulering i VIP Energy och beskrivs under rubrik 4.6.

4.1 Beräkning av glasarea för uppfyllande av solvärmelastkraven

Den största möjliga fönsterglasarean vid uppfyllande av guld, silver och brons i Miljöbyggnad beräknades för fönster med g-värden mellan 0,3-0,8, med intervallet 0,1. Vid beräkningarna användes ekvation 1 och den infallande solinstrålningen 800 W/m^2 .

4.2 Beräkning av glasarea för uppfyllande av dagsljuskraven

Vid beräkning av den minsta möjliga glasarean för uppfyllande av dagsljuskraven simulerades dagsljusfaktorn med simuleringsverktyget Velux Daylight Visualizer 2.

I programmet kunde endast förinställda latituder och longituder användas. Dessa fanns endast för varje lands huvudstad, Stockholm valdes eftersom staden hade de mest liknande värden för latitud och longitud som Kalmar. I programmet matades reflektionstal för rummets väggar, tak och golv in. Inga specifika reflektionstal för de två rummen som skulle undersökas fanns, därför användes de värden som föreslogs av Miljöbyggnad som anges under rubrik 2.5.2. Reflektionstalet 0,8 (samma som för väggarna) användes för fönstrets ram och foder.

Höjden från golvet där dagsljusfaktorn mäts i simuleringen sattes enligt Miljöbyggnad till 0,8 m över golvet. Standardgrå himmel valdes automatiskt vid beräkning av dagsljusfaktorn. Fönstret som användes vid simuleringarna var det översta fönstret under fliken "facade window" och "section 1". Detta fönster användes eftersom det inte var avdelat vilket gjorde det lätt att räkna ut glasarean. Vid simuleringen angavs längd och bredd för hela fönstret inklusive karm, karmen var 0,05 m och drogs av manuellt vid beräkning av fönsterglasets dimensioner och area. Ett värde för dagsljusfaktorns median-

värde som beräknats för punkter med 0,5 m mellanrum kunde tas fram genom att klicka på knappen "render", sedan på "zones" och sedan dra muspekaren över den simulerade bilden.

En minimal fönsterarea räknades ut för guld silver och brons för LT-värden mellan 0,3-0,9 med intervallet 0,1. Eftersom simuleringar gjordes användes betygsgränserna $DF \geq 0,8$ % för brons, $DF \geq 1,0$ % för silver och $DF \geq 1,3$ % för guld. Simuleringarna gjordes med en variabel faktor åt gången, fönsterglasets höjd sattes konstant till 1,3, 1,4 och 1,5 m medan bredden varierades. Bredden ökades med 0,1 m åt gången tills dagsljusfaktorn var så låg som möjligt men ändå över kravgränsen. En avgränsning gjordes om att fönsterglasets inte skulle vara mindre än 0,8 m brett, därför genomfördes inga simuleringar för smalare fönster även om dagsljusfaktorn hade kunnat uppnås vid en mindre bredd.

Eftersom flera olika simuleringar med olika bredd och höjd gjordes fanns flera olika geometriska alternativ för fönsterglasen. Det alternativ som gav minst fönsterglasarea plockades ut för varje LT-värde och betygsnivå och sammanställdes till figur 4 och 5 i resultatet. En tabell med resultaten från alla simuleringar hittas i bilaga 3.

4.3 Kombinerings av LT-värde och g-värde med avseende på glasarean

För att uppnå Miljöbyggnads krav behöver fönsterglasets g-värde kombineras med ett LT-värde som ger en mindre minsta möjliga glasarea än g-värdets största möjliga glasarea. Om exempelvis den största möjliga fönsterglasarean för uppfyllande av solvärmelastkraven är $1,5 \text{ m}^2$ så måste den minsta möjliga arean för uppfyllande av dagsljusfaktorn vara mindre än $1,5 \text{ m}^2$. Kombineringsen gjordes utifrån de redan beräknade fönsterglasareorna, ingen hänsyn har här tagits till vilka kombinationer som är realistiska att tillverka, att kombinera ett allt för högt LT-värde med ett allt för lågt g-värde är omöjligt rent produktionsmässigt. Denna aspekt togs in i nästa steg då valet av vilket fönsterglas som skulle rekommenderas gjordes.

4.4 Val av fönsterglas att rekommendera

Efter att kombineringsen av LT-värde och g-värde gjorts ur ett glasareaperspektiv kontrollerades att det fanns verkliga fönster som uppfyllde kraven som tagits fram för g- och LT-värde. Beställaren rekommenderade att jämföra med Pilkingtons fönster eftersom flera svenska fönsterförsäljare använder sig av deras glas. Fönstren som användes i urvalet hittas i Pilkingtons broschyr "Glasfakta 2018 – ett praktiskt hjälpmedel för val av byggglas" [16].

Det glas som uppfyllde högst nivå i Miljöbyggnad valdes för vart och ett av rummen. De krav som fanns för glaset var att de skulle vara färgneutrala, dessutom skulle U-värdet vara högst $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. En beräkning av glasarea och solovärmelast gjordes med de valda fönstren och dagsljusfaktorn simulerades.

4.5 Beräkning av solvärmelast och dagsljusfaktor för fönstren i ritningarna

Betygsnivåerna som nås angående solvärmelast och dagsljus för fönstren som används i arkitekturritningarna räknades ut. Fönstrens area och placering togs fram ur arkitekturritningarna i bilaga 1 och fönstrens egenskaper hämtades ur tabell 2 i metoden. Solvärmelasten och dagsljusfaktorn räknades ut på samma sätt som angivet under rubrik 4.1 och 4.2 men utan att ändra fönsterglasets storlek eller egenskaper eftersom den redan var bestämda.

4.6 Beräkning av kyl- och värmebehov

Energibalanser simulerades i VIP Energy. Energibalanserna gjordes för rummen med de fönster som rekommenderas i denna rapport och med fönstren som anges i arkitekturritningarna. Värden för hur mycket solenergi som strålas in i rummen och hur mycket värme som transmittas ut ur rummen togs fram ur simuleringen. Årsenergibehovet för kyl- och värmesystemen och effekten som systemen behöver dimensioneras för togs också fram genom simuleringen.

Vid simuleringen i VIP Energy användes klimatdata som tagits fram för Kalmar under åren 1981-2010, dessa filer är framtagna av SMHI och tillhandahålls av Sveby [32].

Rummen som räknats på ligger på ett mellanplan och därför är det bara ytterväggen som utsätts för utomhusklimat. Information om en befintlig byggnads konstruktion som gavs under rubrik 3.2 har använts vid simuleringarna. Ingen information om tjockleken på gipsskivorna på rummens innerväggar gavs, det har antagits att två gipsskivor använts på var sida om isoleringen, tjockleken för gipsskivorna är då 25 mm. Ingen information om vilket material som utgör golv och tak för rummen gavs. Eftersom ytterväggen är gjord av betong antogs detta vara fallet även för rummets tak och golv, dock utan isoleringslager, tjockleken antogs vara 0,25 m.

Normal brukarindata för ett kontor fanns sammanställd hos Sveby, en del av indatan vid simuleringen i VIP togs från denna fil. Värdena presenteras i tabell 4 tillsammans med referensförteckning.

En viss del av verksamhetsenergin överförs till rumsluften. Under natten har verksamhetsenergin som avges till rumsluften antagits vara hälften så stor som under dagen eftersom inget arbete pågår under natten, samtidigt är det möjligt att viss utrustning är ingång och att lampor är tända.

En person avger ungefär 108 W då kontorsarbete utförs [33]. Det har antagits att vistelsetiden i rummen under arbetsdagen är ca 70 % i enlighet med Svebys brukarindata [33]. I expeditionen vistas en person och golvarean är 8,82 m², personvärmen blir därför 8,57 W/m². I undersökningsrummet vistas två personer och golvarean är 15,12 m² personvärmen blir därför 10,00 W/m². Fukttillskottet till rumsluften sattes till 0,8 mg/(s·m²) enligt ett normalvärde i manualen för VIP Energy [34].

Tabell 4 Brukarindata som användes vid energisimuleringen i VIP Energy.

	Dag	Natt
Verksamhetsenergi avgivet till rumsluft [W/m ²]	5,7 [33]	2,85
Personvärme [W/person]	108 [33]	0
Fukttillskott till rumsluft [mg/(s·m ²)]	0,8 [34]	0
Tappvarmvatten [W/m ²]	2,9 [33]	0

Värdena i tabell 4 ovan och i tabell 3 i metoden användes som indata för alla simuleringar i VIP Energy. Innan värdena från tabell 3 användes kontrollerades att ventilationsflödet uppnår kraven hos BBR och Miljöbyggnad, dessa krav anges under rubrik 2.6. Värmeväxlarens verkningsgrad är 75 % och det reglerfall som använts för alla simuleringarna är ”återvinning vid värmebehov i rum”.

Värdena i tabell 2 i metoden har använts vid simuleringen av rummen med fönstren som anges i arkitekturritningarna. Vid simuleringen av rummen med de fönsterstorlekar och egenskaper som rekommenderas i denna rapport användes indata ur tabell 7 i resultatet. U-värdet 0,9 W/(m²·K) användes istället för 0,6 W/(m²·K) eftersom U-värdet ska vara satt för hela fönstret och inte bara för glaset. Under nätter och helger har ventilationsflödet 0,35 l/(s·m²) använts i alla simuleringar. Lufttätheten har satts till 0,6 l/(s·m²) för alla byggdelar. Ventilationsflödet och rumstemperaturen är olika under sommar och vinter, vecka 14-39 har antagits vara sommar medan vecka 40-13 har antagits vara vinter.

Resultaten som använts från simuleringen är solvärmelasten genom fönstren, värmetransmissionen genom ytterväggen och fönstren, samt energi- och effektbehoven för värme- och kylsystemen. Alla resultat togs fram för ett helt år och för den timman då högst värden gavs (den dimensionerande timman).

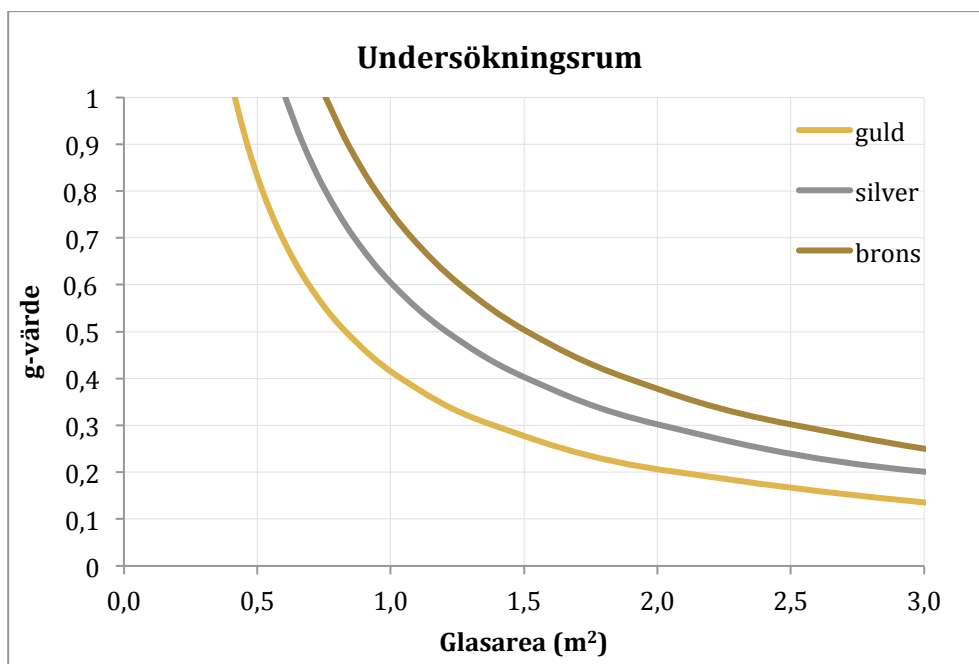
5 Resultat och analys

De beräkningar och simuleringar som genomförts har gett flera resultat som utmynnar i en rekommendation om vilka dimensioner och egenskaper som ett optimalt fönsterglas för de två rummen ska ha. I detta kapitel illustreras och beskrivs resultaten. Den största möjliga fönsterarean för uppfyllande av solvärmelastkraven för flera olika g-värden ges under rubrik 5.1 och den minsta möjliga fönsterstorleken för uppfyllande av dagsljuskraven för flera olika LT-värden ges under rubrik 5.2. Kombinationsmöjligheter av g- och LT-värde med avseende på glasarea ges i avsnitt 5.3. Under rubrik 5.4 rekommenderas ett verkligt fönsterglas och en fönsterglasarea som uppfyller så höga krav som möjligt i Miljöbyggnad för vart och ett av de undersökta rummen. Under samma rubrik redogörs för vilken betygsnivå som nås för dagsljusfaktor och solvärmelast för de två rummen då de rekommenderade glasen används. Under rubrik 5.5 anges vilka betygsnivåer som uppnås för rummen då de fönster som anges i arkitekturritningarna används. Resultatet av energisimuleringen ges i avsnitt 5.6. Där kan årsenergi- och effektbehovet för kyl- och värmesystemen avläsas för rummen då de rekommenderade fönstren används och då fönstren som anges i arkitekturritningarna används. Under samma rubrik presenteras också solinstrålningen in i rummet och värmetransmissionen ut ur rummet.

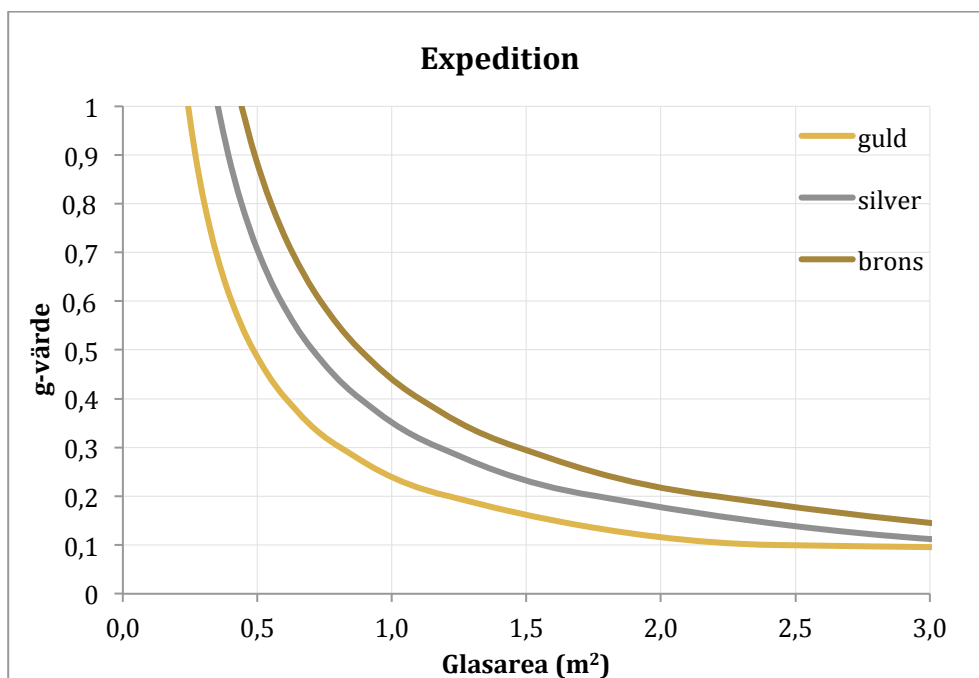
5.1 Solvärmelast

Den största möjliga glasarean för respektive betygsnivå beror av glasets g-värde, solinstrålningen mot fönsterrutan och rummets golvarea. En tabell över den största möjliga glasarean för g-värden mellan 0,3-0,8 med intervallet 0,1 och för vart och ett av rummen hittas i bilaga 2.

I figur 2 och 3 nedan visas den största möjliga fönsterglasarean som går att ha för ett specifikt g-värde vid uppfyllande av var och en av Miljöbyggnads tre betygsnivåer för solvärmelast. Figur 2 visar resultaten för undersökningsrummet och figur 3 för expeditionen. Den största möjliga fönsterglasarean är större för fönster med lågt g-värde än för fönster med högt g-värde eftersom fönster med lågt g-värde släpper in mindre solenergi i rummet. Den största möjliga fönsterarean är större för undersökningsrummet vid varje g-värde eftersom undersökningsrummet har en större golvarea än expeditionen.



Figur 2 Grafen visar den största möjliga fönsterglasarean som går att ha i undersökningsrummet vid olika g-värden så att solvärmelasten inte överstiger kraven för guld, silver och brons. Glasarean har beräknats vid solinstrålningen 800 W/m^2 och för golvarean $15,12 \text{ m}^2$.



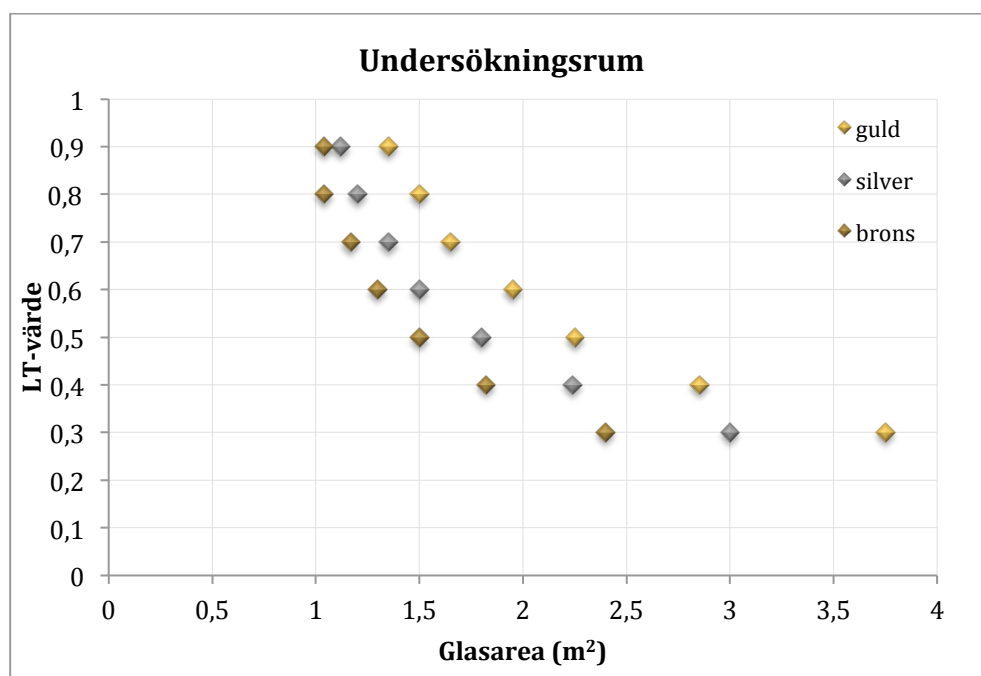
Figur 3 Grafen visar den största möjliga fönsterglasarean som går att ha i expeditionen vid olika g-värden så att solvärmelasten inte överstiger kraven för guld, silver och brons. Fönsterarean har beräknats vid solinstrålningen 800 W/m^2 och för golvarean $8,82 \text{ m}^2$.

5.2 Dagsljus

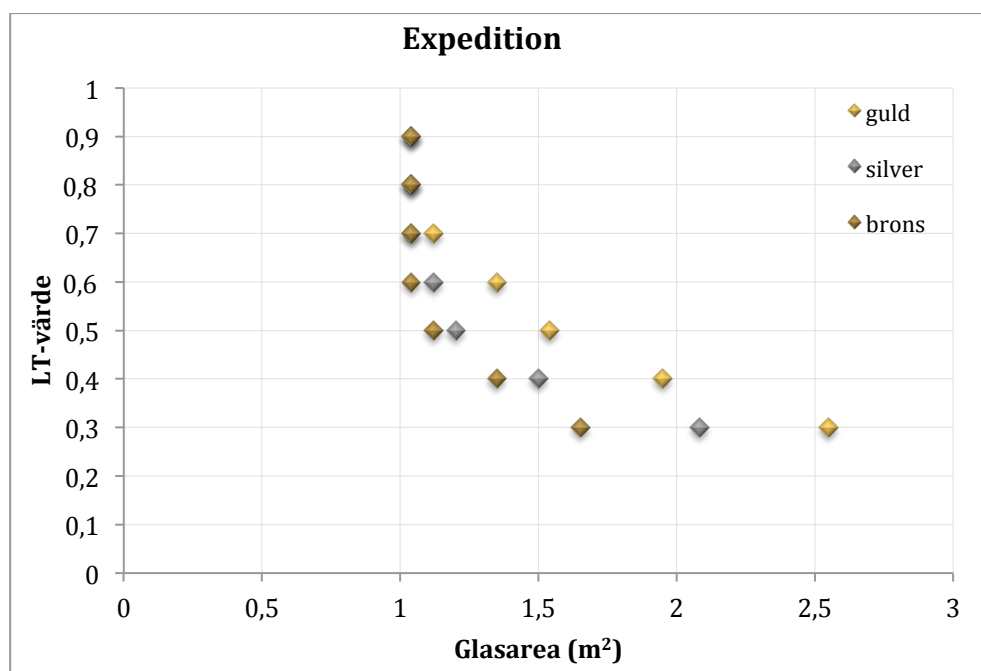
Figur 4 och 5 visar resultatet av simuleringen i Velux Daylight Visualizer. Figurerna visar den minsta möjliga fönsterglasarean för att 7 olika glas med olika LT-värden ska uppfylla Miljöbyggnads tre betygsnivåer för dagsljus. Dagsljusfaktorn beror av fönstrets placering, area och LT-värde. I figuren kan fönsterarean, LT-värdet och betygsnivån läsas av. För information om höjd och bredd hänvisas till bilaga 3 där alla undersökta fönster presenteras i tabellform.

Alla fönster som undersökts har placerats så att avståndet mellan golvet och den nedersta delen av fönsterglaset varit 0,95 m. För att inte begränsa utblicken genom fönstret är inget fönster smalare än 0,8 m, trots att betygskriterierna kunde uppnåts med smalare glas för vissa LT-värden. För vissa glas har betyget brons inte kunnat uppnås utan att även ett högre betyg uppnåts, eftersom inget glas är smalare än 0,8 m. Detta leder till att minsta möjliga glasarea ibland är samma för flera betygsnivåer för samma LT-värde, detta kan ses i figur 5 där markeringarna för brons döljer markeringar för både guld och silver.

Figur 4 visar sambandet mellan LT-värde, betygsnivå och minsta möjliga glasarea för undersökningsrummet och figur 5 visar samma samband för expeditionen. Den minsta möjliga fönsterarean är mindre för expeditionen än för undersökningsrummet eftersom arean som dagsljuset ska fördela sig på är mindre i expeditionen.



Figur 4 Diagrammet visar den minsta möjliga fönsterglasarean som går att ha i undersökningsrummet vid olika LT-värden så att dagsljusfaktorn uppfyller kraven för Miljöbyggnads tre betygsnivåer. Diagrammet är ett resultat av flera simuleringar i Velux Daylight Visualizer.



Figur 5 Diagrammet visar den minsta möjliga fönsterglasarean som går att ha i expeditionen vid olika LT-värden så att dagsljusfaktorn uppfyller kraven för Miljöbyggnads tre betygsnivåer. Diagrammet är ett resultat av flera simuleringar i Velux Daylight Visualizer.

5.3 Möjliga kombinationer av g- och LT-värde med avseende på glasarea

Nedan redogörs för vilka LT-värden och g-värden som är möjliga att kombinera ur ett areaperspektiv så att Miljöbyggnads krav för dagsljus och solvärmelast uppnås samtidigt. Dagsljusfaktorn beror av LT-värdet och ger en minsta möjliga glasarea för uppfyllande av dagsljuskraven i ett rum. Solvärmelasten beror av g-värdet och ger en största möjliga glasarea för uppfyllande av solvärmelastkraven i ett rum. De LT-värden och g-värden som kan kombineras är de vars glasareor överensstämmer, alltså de där den minsta möjliga glasarean är mindre än den största möjliga glasarean.

För varje g-värde har det tagits fram tre olika största möjliga fönsterglasareor, en för varje betygsnivå för solvärmelast. Samma sak gäller för LT-värdet, för varje LT-värde har det tagits fram tre olika minsta möjliga glasareor, en för varje betygsnivå för dagsljus. På grund av alla betygsnivåer och g- och LT-värden möjliggörs många olika kombinationer, alla kombinationer som är möjliga ur ett areaperspektiv redovisas i bilaga 4.

Tabell 5 och 6 är reducerade versioner av tabellerna i bilaga 4. Eftersom intresset ligger i att möjliggöra ett högt miljöbyggnadsbetyg för byggnaden har endast de kombinationer som ger det högsta möjliga miljöbyggnadsbetyget redovisats för varje möjligt LT-värde och g-värde i tabell 5 och 6.

För att uppnå ett visst betyg för hela byggnaden i Miljöbyggnad får ingen indikator vara två betygsnivåer lägre än byggnadens totalbetyg. Det går alltså inte att uppnå guld om en indikator har betyget brons, men det går att uppnå guld om två av indikatorerna har betyget silver. Därför möjliggörs ett högre betyg genom att kombinera silver och silver istället för guld och brons. Denna princip ligger till grund för urvalet i tabell 5 och 6. Indikatorn dagsljus ger ett eget aspektbetyg och indikatorn solvärmelast ger ett aspektbetyg tillsammans med en annan indikator. På grund av detta har det utgått från att det är mer fördelaktigt att kombinera ett högre betyg för dagsljus med ett lägre betyg för solvärmelast än att kombinera ett lägre betyg för dagsljus med ett högre betyg för solvärmelast. Tabell 5 anger kombinationsmöjligheterna för undersökningsrummet och tabell 6 anger kombinationsmöjligheterna för expeditionen.

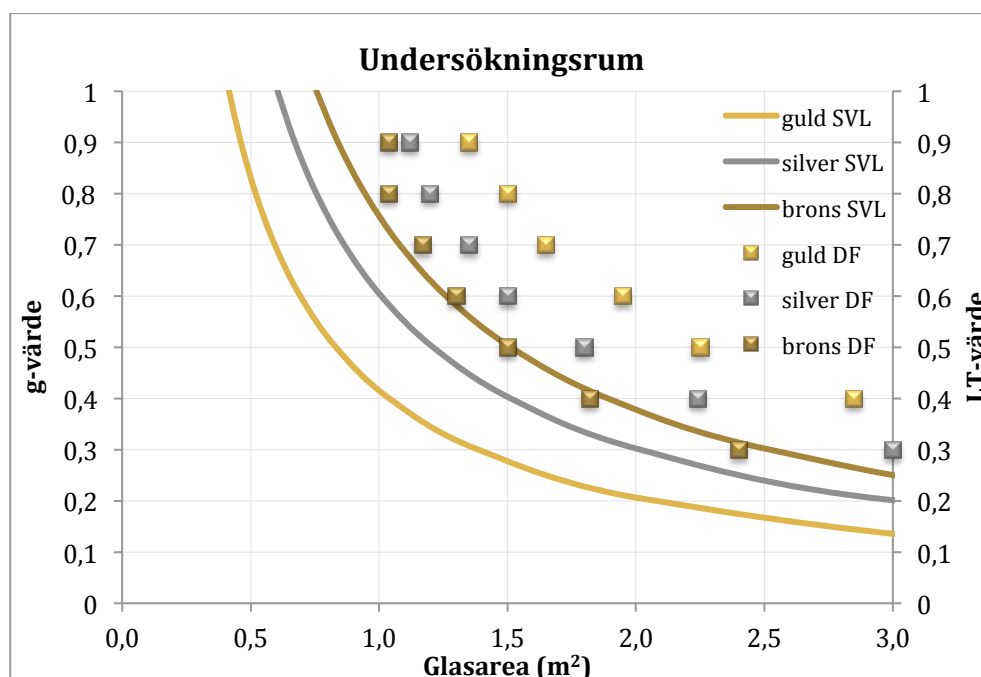
Tabell 5 Tabellen visar vilka möjliga kombinationer av g-värde och LT-värde som ger minst brons i Miljöbyggnad. I tabellen visas endast den kombination som ger högst betyg. De LT-värden som går att kombinera med ett g-värde så att betyget guld uppnås i solvärmelast uppnår även betygen silver och brons. Varje LT-värde redovisas endast en gång per g-värde, den kombination som möjliggör högsta totalbetyg har använts. Om exempelvis guld uppnåtts tillsammans med brons samtidigt som silver uppnåtts tillsammans med silver för samma g- och LT-värde har silver och silver valts att ta med i tabellen. Denna tabell gäller för undersökningsrummet. (SVL = solvärmelast, DF_{median} = dagsljusfaktorns medianvärde).

g-värde	Betyg SVL	Max. glasarea [m ²]	Glas-höjd [m]	Glas-bredd [m]	Min. glasarea [m ²]	LT-värde	DF _{median} [%]	Betyg dagsljus
0,3	brons	2,520	1,4	1,6	2,24	0,4	1,02	silver
			1,5	1,6	2,40	0,3	0,83	brons
	silver	2,016	1,5	1,1	1,65	0,7	1,34	guld
			1,5	1,3	1,95	0,6	1,38	guld
			1,5	1,2	1,80	0,5	1,03	silver
	guld	1,386	1,5	0,9	1,35	0,9	1,39	guld
			1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
0,4	brons	1,890	1,5	1,2	1,80	0,5	1,03	silver
			1,4	1,3	1,82	0,4	0,81	brons
	silver	1,512	1,5	0,9	1,35	0,9	1,39	guld
			1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
			1,5	0,9	1,35	0,7	1,08	silver
			1,5	1,0	1,50	0,6	1,00	silver
0,5	brons	1,512	1,5	0,9	1,35	0,9	1,39	guld
			1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
			1,5	0,9	1,35	0,7	1,08	silver
			1,5	1,0	1,50	0,6	1,00	silver
			1,5	1,0	1,50	0,5	0,81	brons

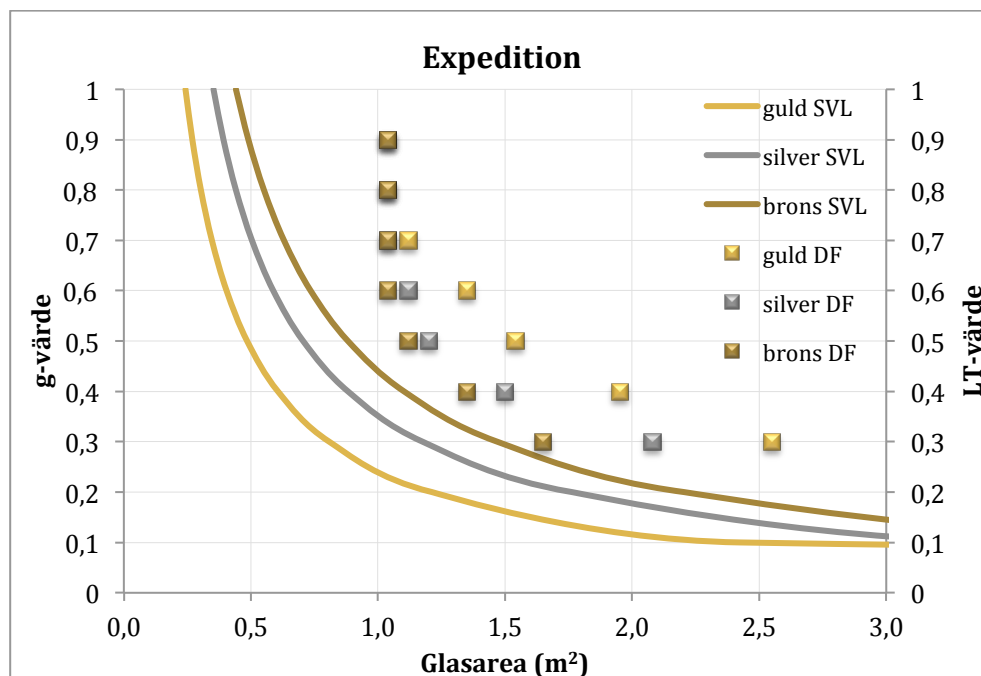
Tabell 6 Tabellen visar vilka möjliga kombinationer av g-värde och LT-värde som ger minst brons i Miljöbyggnad. I tabellen visas endast den kombination som ger högst betyg. De LT-värden som går att kombinera med ett g-värde så att betyget guld uppnås i solvärmelast uppnår även betygen silver och brons. Varje LT-värde redovisas endast en gång per g-värde, den kombination som möjliggör högsta totalbetyg har använts i tabellen. Om exempelvis guld uppnåts tillsammans med brons samtidigt som silver uppnåts tillsammans med silver för samma g- och LT-värde har silver och silver valts att ta med i tabellen. Denna tabell gäller för expeditionen. (SVL = solvärmelast, DF_{median} = dagsljusfaktorns medianvärde).

g- värde	Betyg SVL	Max. glasarea [m ²]	Glas- höjd [m]	Glas- bredd [m]	Min. glasarea [m ²]	LT- värde	DF- median [%]	Betyg dagsljus
0,3	Bron	1,176	1,5	0,8	1,20	0,5	1,00	silver
			1,5	0,9	1,35	0,4	0,87	brons
	silver		1,3	0,8	1,04	0,9	1,53	guld
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,35	guld
			1,4	0,8	1,12	0,7	1,32	guld
			1,4	0,8	1,12	0,6	1,09	silver
0,4	brons	1,3	0,8	1,04	0,9	1,53	guld	
		1,3	0,8	1,04	0,8	1,35	guld	
		1,3	0,8	1,04	0,7	1,17	silver	

I figur 6 och 7 nedan går det att läsa av vilka g-värden och LT-värden som går att använda ihop i undersökningsrummet respektive expeditionen samt vilken fönsterglasarea som krävs för kombinationen. Genom att gå in på ett bestämt g-värde kan den största möjliga fönsterarean fås ut för var och en av de tre betygsnivåerna för solvärmelast. Det går sedan att kombinera g-värdet och fönsterarean med ett LT-värde genom att gå rakt uppåt från arean tills önskad betygsnivå för dagsljus korsas. Betygsnivåerna för dagsljus anger minsta möjliga fönsterglasarea. De kombinationer som fås fram ur grafen ger vilket högsta g-värde som kan kombineras med ett lägsta LT-värde. Det går alltså att uppnå samma betygsgränser genom att välja ett lägre g-värde eller ett högre LT-värde för samma glasarea men inte tvärt om. Fönsterglasarean för uppfyllande av dagsljuskraven har endast räknats ut enligt strategin som anges under rubrik 4.2 och det kan vara möjligt att hitta en mindre area genom att ändra fönstrets geometri eller placering.



Figur 6 Diagrammet visar vilka g-värden som kan kombineras med vilka LT-värden, genom att kombinera största möjliga glasarea för uppfyllande av solvärmelastkraven med minsta möjliga glasarea för uppfyllande av dagsljuskraven. Den betygsnivå som en kombination ger kan även uppfyllas genom att kombinera ett lägre g-värde och ett högre LT-värde. Detta diagram gäller för undersökningsrummet. (DF = dagsljusfaktor, SVL = solvärmelast).



Figur 7 Diagrammet visar vilka g-värden som kan kombineras med vilka LT-värden, genom att kombinera största möjliga glasarea för uppfyllande av solvärmelastkraven med minsta möjliga glasarea för uppfyllande av dagsljuskraven. Den betygsnivå som en kombination ger kan även uppfyllas genom att kombinera ett lägre g-värde och ett högre LT-värde. Detta diagram gäller för expeditionen. (DF = dagsljusfaktor, SVL = solvärmelast).

5.4 Rekommendation av fönsterglas och dimension

För att kunna uppnå en så hög betygsnivå som möjligt krävs ett solskyddsglas där g-värdet är lägre än hos glas utan solskydd. Beställarens krav angående neutral färg på fönsterglas gör att ett genomfärgat glas inte är aktuellt. Genomfärgade glas har dessutom ofta låga LT-värden vilket i detta fall skulle göra det omöjligt att uppfylla Miljöbyggnads krav. De solskyddsglas som går att använda för de två rummen är därför belagda solskyddsglas. Grundglaset behöver vara ett klart floatglas så att färgtonen blir så neutral som möjligt. Beställaren önskar att totalbetyget guld ska vara möjligt att uppnå för byggnaden, därför bör en kombination av g- och LT-värde där en av indikatorerna ger betyget brons undvikas.

Hos Pilkingtons finns ett glas som passar undersökningsrummet extra bra. Detta glas har g-värdet 0,41 LT-värdet 0,66 och U-värdet 0,6 W/(m²·K). Detta kan jämföras med kombinationen g-värde 0,4 och LT-värde 0,6 som anges i tabell 5. Glaset som anges i tabell 5 uppnår betyget silver för både solvärmelast och dagsljus och totalbetyget guld möjliggörs därför för denna kombination av g- och LT-värde.

Det glas som passar till expeditionen har en neutral till svagt blå färgton då det ses utifrån. Detta glas har valts trots att färgtonen skiftar i svagt blått utifrån eftersom inget av de neutrala glasen kunde uppfylla en högre betygsnivå än brons i Miljöbyggnad. Om brons väljs för en indikator finns ingen möjlighet att uppnå guld för hela byggnaden. Glaset som valts till expeditionen har g-värdet 0,33, LT-värdet 0,62 och U-värdet 0,6 W/(m²·K). Detta kan jämföras med g-värde 0,3 och LT-värde 0,6 som anges i tabell 6. Glaset som anges i tabell 6 uppnår betygsnivå silver för både dagsljus och solvärmelast och totalbetyget guld möjliggörs därför för denna kombination av g- och LT-värde.

Både glaset som valts för undersökningsrummet och expeditionen har något högre g-värde än de som anges i tabell 5 och 6, därför måste fönsterarean göras något mindre än beräknat för att uppfylla Miljöbyggnads krav för solvärmelast. Även LT-värdet är högre än de som anges i tabellerna, det gör att dagsljuskraven kan uppfyllas trots att en något mindre glasarea krävs.

Nya största möjliga glasareor för uppfyllande av solvärmelastkraven togs fram med hjälp av ekvation 1 och för de g-värden som anges för de valda fönstren ovan. De valda glasen och dess nya areor testades sedan i Velux Daylight Visualizer för att försäkra att även förväntat betyg för dagsljus uppnås. För undersökningsrummet minskades fönsterglasets höjd till 1,4 m medan glasets bredd kvarstod vid 1,0 m, detta gav dagsljusfaktor 1,1 vilket

indikerar nivå silver för dagsljus. För expeditionen minskades glashöjden till 1,3 m medan bredden kvarstod vid 0,8 m, dagsljusfaktor 1,02 nåddes vilket indikerar nivå silver.

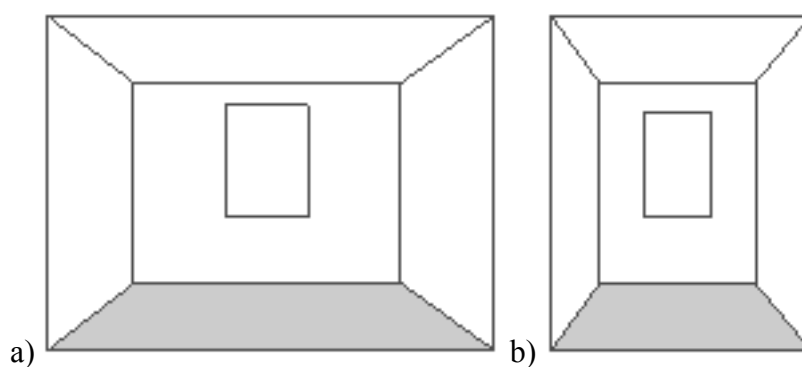
Fönsterstorlekarna jämfördes med BBR:s rekommendation om att glasarean ska vara minst 10 % av golvarean. För undersökningsrummet är glasarean 9,3 % av golvarean och för expeditionen är glasarean 11,8 % av golvarean. Eftersom dagsljusfaktorn har simulerats antas det att glasarean i undersökningsrummet ger tillräckligt stort dagsljusinsläpp trots att den är mindre än 10 % av golvarean.

I tabell 7 sammanfattas egenskaper och dimensioner hos de valda fönstren till både undersökningsrummet och expeditionen. Solvärmelasten vid solinstrålningen 800 W/m^2 redovisas, det gör även dagsljusfaktorn i rummen samt vilka betygsnivåer som uppfylls för solvärmelast och dagsljus.

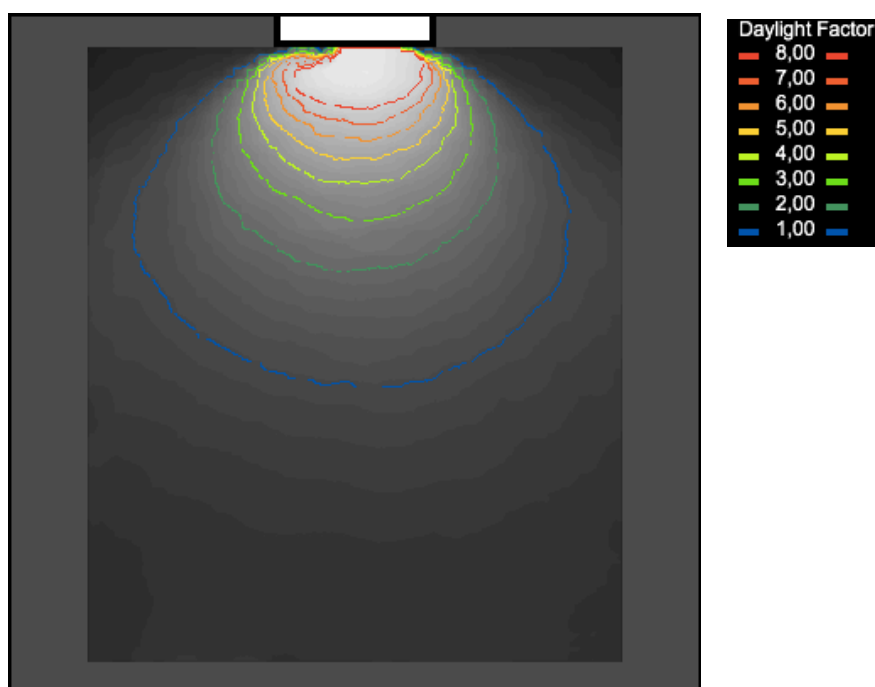
Tabell 7 Tabellen sammanfattar egenskaper och dimensioner hos de fönster som rekommenderas för undersökningsrummet och expeditionen. Solvärmelasten då 800 W/m^2 strålas mot fönstren visas, det gör även rummens dagsljusfaktorer samt vilka betygsnivåer solvärmelasterna och dagsljusfaktorerna indikerar.

	Undersökningsrum	Expedition
Glashöjd [m]	1,40	1,30
Glasbredd [m]	1,00	0,80
Glasarea [m^2]	1,40	1,04
g-värde	0,41	0,33
LT-värde	0,66	0,62
U-värde [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	0,60	0,60
SVL [W/m^2 golvarean]	30,4	31,1
betygsnivå	Silver	Silver
$\text{DF}_{\text{median}}$ [%]	1,1	1,2
betygsnivå	Silver	Silver

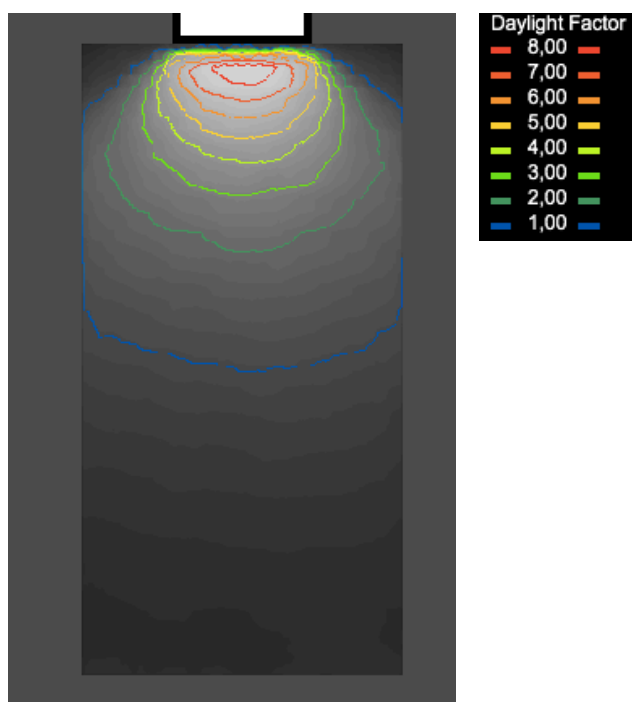
Figur 8 a) och b) visar hur den rekommenderade fönsterstorleken och dess dimensioner passar in i undersökningsrummet och expeditionen. Figur 9 och 10 visar hur dagsljuset fördelar sig i undersökningsrummet respektive expeditionen med de rekommenderade fönsterglasen och fönsterglasareorna.



Figur 8 Figuren visar hur de valda fönstrens geometri passar in i undersökningsrummet, figur a respektive expeditionen, figur b. Figureerna är hämtade ur simuleringsverktyget Velux Daylight Visualizer.



Figur 9 Figuren visar hur dagsljuset fördelar sig i undersökningsrummet på 0,8 m höjd då fönstret har LT-värde 0,66 och fönsterglasets höjden 1,4 m och bredden 1,0 m. Fönsterglasets placering är 0,95 m över golvet. Figuren är hämtad ur simuleringsverktyget Velux Daylight Visualizer.



Figur 10 Figuren visar hur dagsljuset fördelar sig i expeditionen på 0,8 m höjd då fönstret har LT-värde 0,62 och fönsterglasets höjden 1,3 m och bredden 10,8 m. Fönsterglasets är placerat 0,95 m över golvet. Figuren är hämtad ur simuleringsverktyget Velux Daylight Visualizer.

Fönstren som rekommenderas består av 6 mm extra klart floatglas med solskyddsbeläggning, en 16 mm spalt med argongas, 4 mm extra klart floatglas, en 16 mm spalt med argongas, samt 4 mm energisparglas med beläggning för att minska värmeflödet. Skillnaden mellan glasen är att glasets för expeditionen har något tjockare solskyddsbeläggning än glasets som valts till undersökningsrummet. Denna tjockare beläggning gör att glasets färgton kan skifta i en svagt blå nyans. Det glas som används till expeditionen kan även användas till undersökningsrummet, det skulle öka betyget för dagsljus till guld. Detta fönster har dock inte valts till undersökningsrummet eftersom det inte är helt neutralt i färgen och betyget silver kan uppnås för båda indikatorerna med ett neutralt glas.

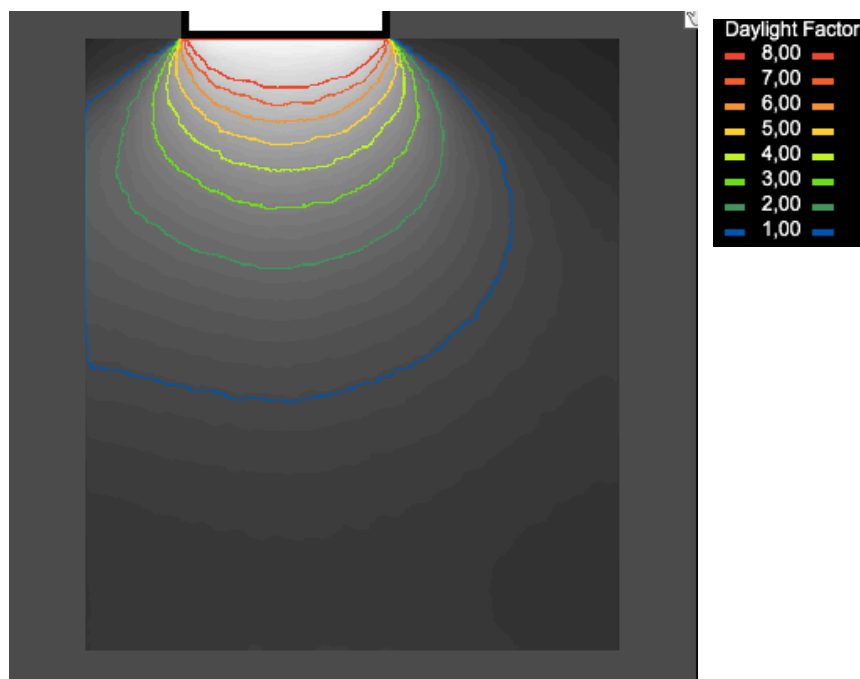
5.5 Dagsljusfaktor och solvärmelast med fönstren i ritningarna

Tabell 8 visar solvärmelasten och medianvärdet för dagsljusfaktorn för undersökningsrummet och expeditionen med de fönster som anges i arkitekturritningarna. Värdena är givna utan externt solskydd. Figur 11 och 12 visar hur dagsljuset fördelar sig i undersökningsrummet och expeditionen. Fönstrens placering går att se i arkitekturritningarna över rummen som finns i bilaga 1.

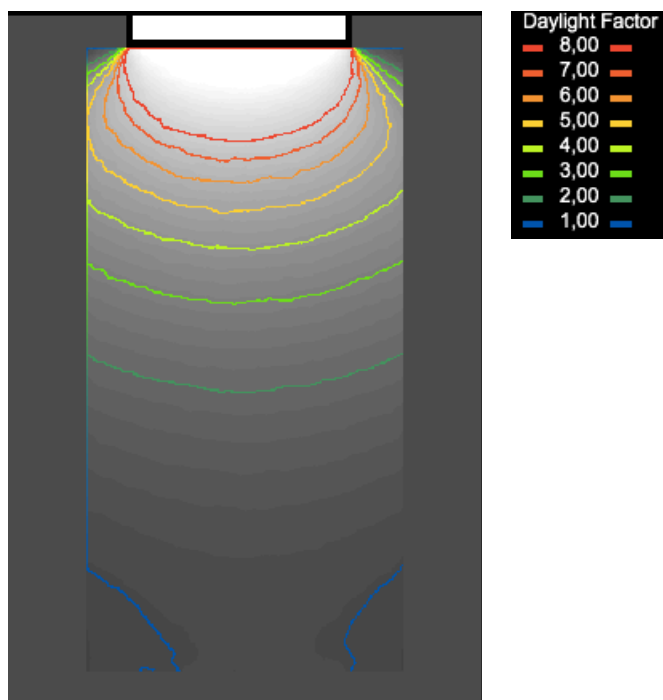
För undersökningsrummet nås solvärmelastbetyget brons och dagsljusbetyget silver. För expeditionen nås ingen betygsnivå för solvärmelasten, för dagsljuset nås guldnivån med god marginal. Solvärmelasten kan sänkas genom att använda ett externt solskydd.

Tabell 8 Tabellen anger solvärmelasten och dagsljusfaktorn för undersökningsrummet och expeditionen för de fönster som anges i arkitekturritningarna. Tabellen anger även vilka betyg som uppnås i Miljöbyggnad. För expeditionen uppnås ingen av betygsnivåerna för solvärmelasten utan solskydd.

	Undersökningsrum	Expedition
SVL [W/m^2 golvarea]	36,6	73,1
betygsnivå	Brons	-
DF _{median} [%]	1,0	2,26
betygsnivå	Silver	Guld



Figur 11 Dagsljusfördelningen i undersökningsrummet med fönstret som anges i arkitekturritningarna. Medianvärdet för dagsljusfaktorn når 1,0 vilket indikerar silver i Miljöbyggnad. Figuren är hämtad ur simuleringen i Velux Daylight Visualizer.



Figur 12 Dagsljusfördelningen i expeditionen med det fönster som anges i arkitektritningen. Medianvärdet för dagsljusfaktorn når 2,26 vilket indikerar guld i Miljöbyggnad. Figuren är hämtad ur simuleringen i Velux Daylight Visualizer.

5.6 Kyl- och värmebehov

Rummens energiflöden simulerades i VIP Energy. Tabell 9 nedan visar hur mycket solenergi som strålas in genom fönstren under ett år och hur stor effekt som strålas in som mest under en timma. Tabellen visar även hur mycket värme som transmittas ut genom ytterväggen och fönstret under ett helt år och hur stor effekt som transmittas ut som mest under en timma.

Tabell 10 visar energi- och effektbehovet för kyl- och värmesystemen under ett helt år och för den dimensionerande timman.

Både tabell 9 och 10 ger värden för alla de fyra simulerade rumen, alltså undersökningsrummet och expeditionen då fönstren i arkitektritningarna (A-ritning) används och rummen då de rekommenderade (rek.) fönstren används. Värdena ges för hela rummet och per m² golvarea eftersom rummen har olika golvareor.

Tabell 9 Tabellen visar hur mycket solenergi som strålas in i expeditionen och undersökningsrummet och hur mycket värme som transmittas ut ur rummen genom ytterväggen och fönstret under ett helt år, och effekterna som strålas in och transmittas ut som mest under en timma. Resultaten anges både för hela rummen och per m² golvarea för att möjliggöra jämförelser mellan rummen. Rek står för de rekommenderade fönsterglasen och A-ritning står för de fönster som används i arkitekturritningarna. Värdena är hämtade ur simuleringen av rummen i VIP Energy.

		Solenergi		Värmetransmission	
		År	Timma	År	Timma
		[kWh]	[W]	[kWh]	[W]
Under-		316	520	704	180
söknings-					
rum rek.	[/m ² golv]	20,9	34	46,6	12
Under-		380	630	777	200
söknings-					
rum A-	[/m ² golv]	25,2	42	51,4	13
ritning					
Expedition		183	300	344	120
rek.					
	[/m ² golv]	20,8	34	39,0	14
Expedition		444	730	549	160
A-ritning					
	[/m ² golv]	50,4	80	62,3	18

Tabell 10 Tabellen visar energibehovet för kyl- och värmesystemen i expeditionen och undersökningsrummet under ett helt år och effekten som krävs ur systemen under den dimensionerande timman. Resultaten anges både för hela rummen och per m² golvarea för att möjliggöra jämförelser mellan rummen. Rek står för de rekommenderade fönsterglasen och A-ritning står för de fönster som används i arkitekturritningarna. Värdena är hämtade ur simuleringen av rummen i VIP Energy.

		Kylbehov		Värmebehov	
		År	Timma	År	Timma
		[kWh]	[W]	[kWh]	[W]
Under-		18	330	313	180
söknings-					
rum rek.	[/m ² golv]	1,17	22	20,7	12
Under-		21	340	334	240
söknings-					
rum A-	[/m ² golv]	1,37	22	22,1	16
ritning					
Expedition		5,0	220	120	140
rek.					
	[/m ² golv]	0,57	24	13,6	16
Expedition		20	400	156	180
A-ritning					
	[/m ² golv]	2,32	45	17,7	20

Ett veckovist diagram över hela energibalansen för vart och ett av rummen finns i bilaga 5.

6 Diskussion

I detta kapitel diskuteras de givna resultaten. En jämförelse mellan solvärmelasten som gavs vid handberäkning och solvärmelasten som gavs vid simuleringen i VIP Energy görs under rubrik 6.1 och en diskussion förs kring vad skillnaden mellan resultaten kan bero på. Resultatet och begränsningar i resultatet kring dagsljus diskuteras i avsnitt 6.2. Under rubrik 6.3 diskuteras valet av de fönsterglas som rekommenderas i den här rapporten och det beskrivs hur resultatet i denna rapport kan användas för att välja ett annat fönsterglas. Under rubrik 6.4 görs en jämförelse mellan de rekommenderade fönstren och de fönster som anges i rummens arkitekturritningar. Jämförelse görs mellan rummens solvärmelast, dagsljusfaktorer och vilka betygsnivåer som uppnås i Miljöbyggnad. Kyl- och värmesystemens årsenergiförbrukning och kapacitet jämförs också för de olika fönsterglasalternativen och rummen. Vidare arbete diskuteras under flera av rubrikerna.

6.1 Solvärmelast

Solvärmelasten i de två rummen räknades ut för de rekommenderade fönstren och för fönstren som anges i arkitekturritningarna. Beräkningarna gjordes både för hand och genom en simulering i VIP Energy. Resultaten som gavs ur de olika metoderna överensstämmer inte fullt ut. Simuleringen i VIP gav mellan 9,3 – 14,8 % högre solvärmelast under den timman då solvärmelasten var som högst jämfört med resultaten som gavs ur handberäkningen för alla fyra fallen. Detta beror antagligen på att värdena för solinstrålning i den klimatdatafil som användes vid simuleringen i VIP troligtvis var högre än värdet som användes vid handberäkningen. Eftersom värdena som ges i klimatdatafilen för Kalmar tagits fram under 30 år och är specifika för Kalmar anses de ha högre reliabilitet än värdet 800 W/m^2 som gavs i Miljöbyggnad. Värdet som gavs i Miljöbyggnad beskrevs som ett maximalt solinstrålningsvärde som kunde användas för hela Sverige. Eftersom simuleringen i VIP gjordes efter valet av fönsterglaskonstruktion och fönsterstorlek har de handberäknade värdena för största möjliga fönsterstorlek ändå använts vid framtagandet av en optimal fönsterstorlek för rummen. Om mer tid hade funnits tillgänglig hade det varit möjligt att använda värden från klimatdatafilen vid handberäkningen av den största möjliga fönsterstorleken. Fönsterglasstorleken hade då antagligen blivit något mindre för alla g-värden. Det nya resultatet hade sedan kunnat kombineras med LT-värden och nya rekommendationer om fönsterstorlek och glaskonstruktion hade kunnat tas fram för rummen.

Vid beräkningen av solvärmelasten användes g-värden mellan 0,3-0,8, värdena är givna för ett glas utan något externt solskydd. Om externa solskydd hade räknats med hade g-värden ner till 0,1 [20] kunnat användas och därmed hade en större fönsterglasarea varit möjlig att rekommendera. Det hade varit mer komplext att kombinera ett g-värde med ett LT-värde ur ett glas-

konstruktionsperspektiv om externa solskydd tagits med i beräkningarna eftersom fler delar och kombinationer hade behövts tas hänsyn till. En annan anledning till att solskydd inte tagits hänsyn till är för att beställaren ville att projektet skulle utföras med g-värden mellan 0,3-0,8 och utan några externa solskydd. Om mer tid hade funnits hade externa solskydd kunnat inkluderas vid simuleringen i VIP Energy och visat hur solvärmelasten och kylbehovet minskat om ett externt solskydd använts.

Om ett externt solskydd används är det möjligt att uppnå ett högre betyg för solvärmelast i Miljöbyggnad. Ur energibehovssynpunkt är det bäst att använda ett utvändigt solskydd eftersom det hindrar mer solenergi från att komma in i lokalen och värma upp luften. Ett utvändigt solskydd utsätts dock för väder och vind och ur ett förvaltningsperspektiv kan det därför rent ekonomiskt vara bättre att välja ett invändigt solskydd som i alla fall hindrar den obehagliga ytuppvärmningen som kan förekomma då solen strålar direkt på en person.

6.2 Dagsljus

Det hade varit möjligt att hitta en mindre minsta möjliga fönsterglasstorlek för varje LT-värde som också uppnår Miljöbyggnads krav. Det hade exempelvis kunnat göras genom att placera fönstren högre upp, tillåtit glasens bredd att vara mindre än 0,8 m och genom att göra fönstren lägre och bredare samtidigt som det placerats högre upp. Dessa alternativ har inte valts att undersökas eftersom utblicken genom fönstret hade försvårats och utblick är ett krav i BBR. Resultatet ger alltså inte den minsta möjliga fönsterarean för alla fall, utan endast för de förutsättningar som klargjorts vad gäller placering och dimensionering. I diagrammen som visas i figur 4 och 5 finns inget konsekvent samband mellan markeringarna. Inget exakt samband finns eftersom så många olika parametrar spelar in i vilken den minsta möjliga fönsterglasarean för ett rum är. I diagrammen i figurerna visas endast area, betygsnivå och LT-värde men inte glasets dimensioner eller placering som också påverkar vilken den minsta möjliga glasarean är. Diagrammen valdes att tas med ändå eftersom de ansågs ge en bra överblick över vilka LT-värden, betygsnivåer och glasareor som är möjliga att kombinera under de givna avgränsningarna. Men i diagrammen gäller alltså bara de markerade punkterna och de gäller bara om fönstren placeras i enlighet med de förutsättningar som beskrivits.

6.3 Val av fönsterglas att rekommendera

Till expeditionen valdes ett glas som har en neutral färgton som kan skifta i svagt blått då det ses utifrån. Beställaren ville ha färgneutrala fönster men det skulle även vara möjligt att uppnå guld för hela byggnaden i Miljöbyggnad. Eftersom inget helt klart fönster kunde uppnå mer än brons för minst en

indikator valdes istället detta svagt färgade fönster som uppnår silver för båda indikatorerna och därmed möjliggör totalbetyget guld. Ett exempel på ett klart fönster som kan uppnå brons för expeditionen är ett av Pilkingtons solskydds- och energisparglas med g-värde 0,37 LT-värde 0,66 och U-värde 0,8 W/(m²·K) [16]. En kontroll av vilka betygsnivåer fönstret uppnår kan göras med hjälp av figur 7. I figuren går det att se att en högre betygsnivå än brons inte kan uppnås för solvärmelasten för det här glaset om fönstret inte får vara smalare än 0,8 m.

Om ett annat glas än de som rekommenderats väljs för något av rummen är det möjligt att en ny kontroll behöver göras för att se till att betygsnivåerna för dagsljus och solvärmelast uppnås. Denna kontroll kan göras i Velux Daylight Visualizer och med hjälp av ekvation 1. Ett annat alternativ är att jämföra fönstrets egenskaper med figur 6 eller 7 (beroende av rum). Resultaten från simuleringen i VIP Energy kan inte tillämpas om ett fönster med andra egenskaper än de som rekommenderats väljs för rummen.

Vid val av ett annat fönster än de som föreslås i den här rapporten kan ett vidare arbete vara att göra en ny dimensionering, även en energisimulering kan göras för att bestämma energibehov och kapaciteten som krävs av kyl- och värmesystem med det valda fönstret. Vidare arbete kan också göras för fönster i andra väderstreck än söder.

6.4 Jämförelse mellan fönstren i ritningarna och de rekommenderade fönstren

Fönstren som anges i arkitekturritningarna är större än de som rekommenderas i rapporten. För fönstren i arkitekturritningarna uppnås brons för solvärmelasten i undersökningsrummet och inget betyg alls för solvärmelasten i expeditionen. Beräkningarna har gjorts utan externa solskydd men en rimlig bedömning är att ett solskydd är tänkt att användas. Om solskydd används kan solvärmelasten sänkas vilket möjliggör ett högre betyg i Miljöbyggnad. För de rekommenderade fönstren uppnås silver för både undersökningsrummet och expeditionen för solvärmelast utan att externa solskydd behöver användas. Om ett externt solskydd skulle användas är det möjligt att guld uppnås för de rekommenderade fönstren.

För det fönstret som anges i arkitekturritningen uppnås en mycket högre dagsljusfaktor i expeditionen än vad som uppnås för det rekommenderade fönstret. För fönstret i arkitekturritningen uppnås dagsljusfaktor 2,26 – guld och för det rekommenderade fönstret uppnås dagsljusfaktor 1,2 – silver. I undersökningsrummet är dagsljusfaktorn något högre för fönstret i arkitekturritningen

än för det rekommenderade fönstret men skillnaden är inte lika stor. För fönstret i arkitektritningen uppnås dagsljusfaktor 1,1 - silver och för det rekommenderade fönstret uppnås dagsljusfaktor 1,0 – silver.

En positiv aspekt med de fönstren som anges i arkitektritningarna är att de uppnår en högre dagsljusfaktor än de rekommenderade fönstren gör. Att fönstret i expeditionen inte når kraven för solvärmelasten behöver inte vara ett problem eftersom ett externt solskydd skulle kunna sänka solvärmelasten i så hög grad att ett betyg i Miljöbyggnad ändå kan uppnås. Samma sak går inte att göra för motsatt effekt. Det är inte möjligt att på något sätt höja dagsljusfaktorn om ett för litet fönster installeras men det är möjligt att sänka solvärmelasten om ett för stort fönster installeras.

Enligt simuleringen i VIP Energy behöver kylsystemet ha en högre kapacitet än värmesystemen för alla rum då inget solskydd används. De rekommenderade fönstren kräver mindre energi per år och mindre kapacitet för både kyl- och värmesystem än vad fönstren som anges i arkitektritningarna kräver. Skillnaden är större för expeditionen än för undersökningsrummet. Det beror på att det fönstret som anges i ritningen för expeditionen är det största av alla fyra fönster som simulerats. Rimligtvis borde undersökningsrummet ha ett större fönster än expeditionen eftersom undersökningsrummet är större men så är inte fallet för fönstren i arkitektritningarna. Nästan dubbelt så stor kapacitet krävs av kylsystemet i expeditionen då fönstret i ritningen används jämfört med när det rekommenderade fönstret används. Energibehovet för kylsystemet är 4 gånger så stort då fönstret i arkitektritningen används jämfört med när det rekommenderade fönstret används i expeditionen.

Kyl- och värmebehoven är relativt låga för alla fönster som simulerats, det kan bero på att ventilationssystemen kan göra en stor del av jobbet för kylning och uppvärmning. Dessutom används en värmeväxlare med 75 % verkningsgrad i ventilationssystemen, det bidrar till att en hel del av energin som finns i luften kan återanvändas. En annan möjlig orsak är att rummen som simulerats ligger på ett mellanplan, det har därför inte räknats med några energiförluster genom innerväggar, tak eller golv utan endast de energiförluster och energitillskott som fås via ytterväggen och fönstret. Rummen som räknats på är relativt små, 9 och 15 m². I ett helt sjukhus finns det väldigt många rum och i det stora hela blir energiförbrukningen betydligt högre än vad den är för ett enskilt rum.

Värmetransmissionen från rummen är högre för fönstren som anges i ritningarna än för de rekommenderade fönstren. Det beror på att fönstren som anges i ritningarna är större än de rekommenderade men samma U-värde har använts vid simuleringarna, dessutom är fönstrens U-värde är lägre än väggens.

7 Slutsats

För undersökningsrummet rekommenderas i denna rapport ett fönster med glasarean $1,40 \text{ m}^2$. Fönsterglasets g -värdet $0,41$ och LT -värdet $0,66$. Detta fönster uppnår silver för solvärmelast för lokaler i Miljöbyggnad om maximal infallande solinstrålning är 800 W/m^2 fönsterglas. För dagsljus uppnås betygsnivå silver. Kylbehovet för rummet är 18 kWh/år och kylsystemets kapacitet behöver vara 330 W för att klara av det högsta kylbehovet. Värmebehovet för rummet är 313 kWh/år och värmesystemets kapacitet behöver vara 180 W för att klara av det högsta värmebehovet.

För expeditionen rekommenderas ett fönster med glasarean $1,04 \text{ m}^2$. Fönsterglasets g -värdet $0,33$ och LT -värdet $0,62$. Fönstret uppnår silver för solvärmelast för lokaler i Miljöbyggnad då maximalt infallande solinstrålning mot fönstret är 800 W/m^2 fönsterglas. Silver uppnås även för dagsljus med detta fönster. Kylbehovet för rummet är 5 kWh/år och kylsystemets kapacitet behöver vara 220 W för att klara av det högsta kylbehovet. Värmebehovet för rummet är 120 kWh/år och värmesystemets kapacitet behöver vara 180 W för att klara av det högsta värmebehovet under året.

Ett sjukhus består ofta av ett stort antal rum och fönster, att använda så energieffektiva fönster som möjligt kan därför ge en stor minskning i det totala energibehovet för hela byggnaden. Detta kan i sin tur ge positiva effekter både ekonomiskt och miljömässigt eftersom mindre energi behöver köpas in och produceras.

En slutsats som kan dras ur rapporten är att både g -värde, LT -värde, U -värde och glasarea är viktiga aspekter att ta hänsyn till vid val av fönster. Kombinationen ska skapa ett behagligt inomhusklimat med god dagsljusstillgång samtidigt som solvärmelaster och värmetransmissioner ska minimeras i så god mån som möjligt så att energibehoven för kyl- och värmesystemen kan hållas låga. Att välja fönstrets egenskaper och dimensioner med stor omsorg kan vara en bidragande faktor i resan mot en socialt, ekonomiskt, och ekologiskt hållbar värld.

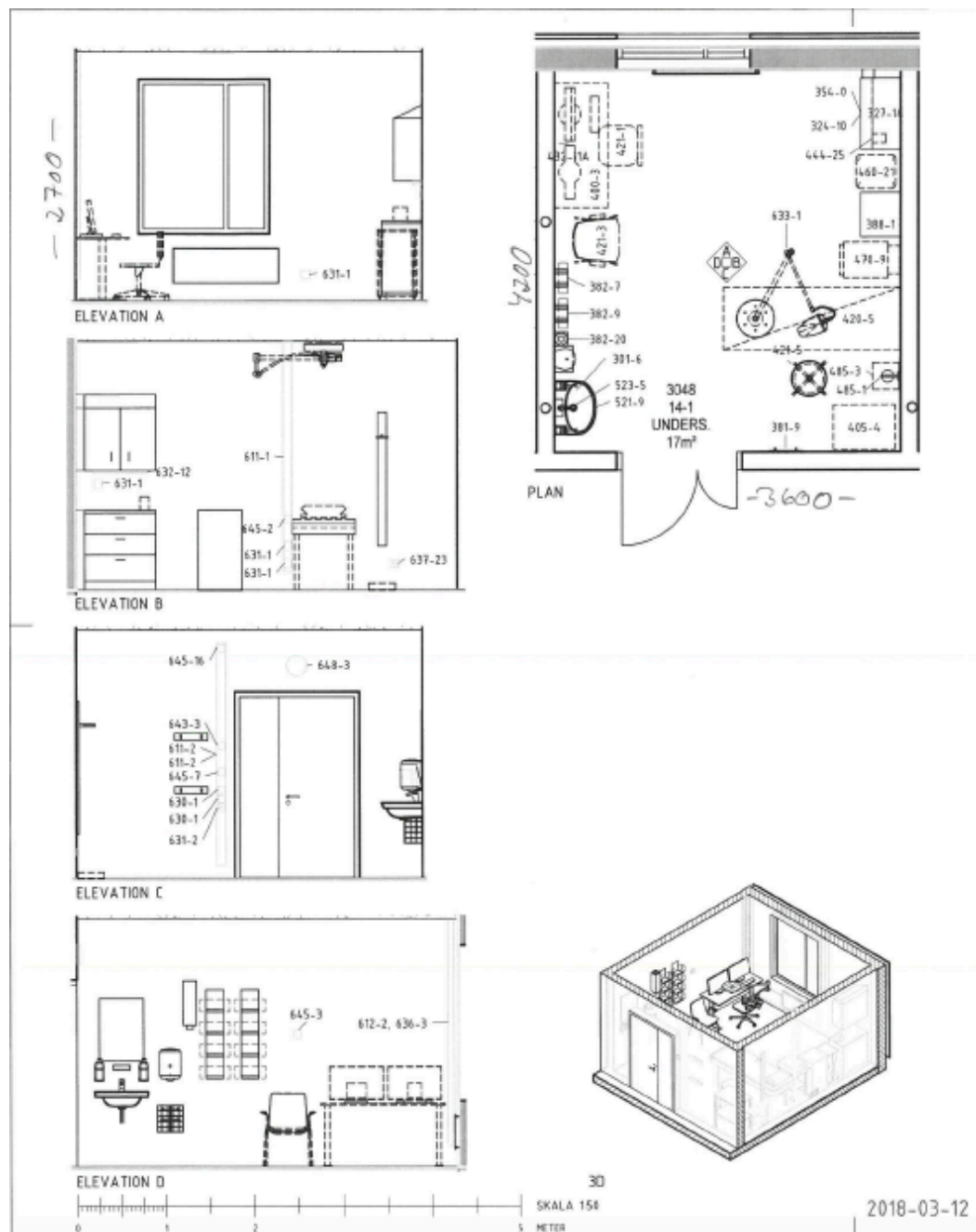
Referenser

- [1] Europaparlamentet och Europeiska unionens råd, "Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/27/EU av den 25 oktober 2012 om energieffektivitet, om ändring av direktiven 2009/125/EG och 2010/30/EU och om upphävande av direktiven 2004/8/EG och 2006/32/EG", Nov. 14, 2012.
- [2] Region Kalmar Län, "Regionplan 2019-2021" 2018.
- [3] J. Qu et al., "Transparent thermal insulation coatings for energy efficient glass windows and curtain walls," *Energy and Buildings*, vol. 77, pp. 1-10, July 2014.
- [4] NASA. (2019, May) "Climate Change: How Do We Know?" Global Climate Change - Vital Signs of the Planet. Uppdaterad: 19-05-17. Hämtad 19-05-23 [Online]. Tillgänglig: <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- [5] IPCC, "Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers," IPCC - Invironmental Panel of Climate Change , 2014.
- [6] D.J. Wuebbles et al., "Climate Science Special Report," *Fourth National Climate Assessment (NCA4)*, vol. 1, 2017 USGCRP - U.S. Global Change Research.
- [7] Regeringen, Regeringens proposition 2016/17:16 Godkännande av klimatavtalet från Paris, Prop. 2016/17:16, Sep. 22, 2016.
- [8] Regeringen, Uppdrag att föreslå metod och regler för redovisning av byggnaders klimatpåverkan, Regeringen, Näringsdepartementet, Sep. 21, 2017.
- [9] Boverket. (2019, Jan.) "Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft" Hämtad: 19-05-22 [Online]. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/>
- [10] Boverket, "Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan," RAPPORT 2018:5 978-91-7563-533-0, 2018.
- [11] Boverket, "Boverkets byggregler - föreskrifter och allmänna råd, BBR. BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2018:4,". [Online]. Tillgänglig: https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/ko nsoliderad_bbr_2011-6.pdf
- [12] Kalmar läns klimatkommission, "Fossilbränslefri region – nya mål och utmaningar," Regionförbundet Kalmar Län, 2010.
- [13] H. A. Löfberg, *Räkna med dagsljus*, Birgitta Eneroth, Ed. Sverige : Statens institut för byggnadsforskning, Svensk byggtjänst, 1987.
- [14] J. Theodorson and M. Arch, "Energy, Daylighting, and a Role for Interiors," *Journal of interior design* , vol. 39, no. 2, pp. 37-56, June 2014.
- [15] W.J Hee et al., "The role of window glazing on daylighting and energy saving in buildings," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 42, pp. 323-343 , Feb. 2015.
- [16] Pilkington, "Glasfakta 2018 - Ett praktiskt hjälpmedel för val av byggglas," NSG-Grup, 2018.

- [17] Velux. User manual for modelling in VELUX Daylight Visualizer. Hämtad 19-04-09 [Online]. Tillgänglig: <https://www.velux.com/innovation/tools-and-insights/visualizers/viz-visualizer/manual-and-tutorials/modeller-manual>
- [18] Babak Raji, Martin J. Tenpierik, and Andyvan den Dobbelsteen, "An assessment of energy-saving solutions for the envelope design of high-rise buildings in temperate climates: A case study in the Netherlands," *Energy and Buildings*, vol. 124, pp. 210-221, July 2016.
- [19] H. Jeong, S-B. Leigh, C-Y. Jang, J-H. Kim, and B-L. Ahn, "Window retrofit strategy for energy saving in existing residences with different thermal characteristics and window sizes," *Building Services Engineering Research and Technology*, July 2015.
- [20] Å. Blomsterberg, "Möjligheter med kontorsbyggnader i glas i Norden - Energi och inneklimat," Lunds tekniska högskola, Institutionen för arkitektur och byggd miljö, Rapport EBD-R--08/20 2008.
- [21] A. R. Abdin, A. R. El Bakery, and M. A. Mohamed, "The role of nanotechnology in improving the efficiency of energy use with a special reference to glass treated with nanotechnology in office buildings," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 2671-2682, Dec. 2018.
- [22] R. Kosonen and F. Tan, "Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index," *Energy and Buildings*, vol. 36, no. 10, pp. 987-993, Oct. 2004.
- [23] Swegon AB, *Teknikguide för inneklimat.*: Swegon AB, 2014.
- [24] O. Seppanen, W. J Frisk, and D. Faulkner, "Control of temperature for health and productivity in offices," Helsinki university of technology Institute of Heating, Ventilation and Air Conditioning, Lawrence Berkeley National Laboratory Environmental Energy Technologies Division Indoor Environment Department, 2004.
- [25] J-H. Choi, L. O Beltran, and H-S. Kim, "Impacts of indoor daylight environments on patient average length of stay (ALOS) in a healthcare facility," *Building and Environment*, vol. 50, pp. 65-75, Apr. 2012.
- [26] R. S. Zadeh, M. McCuskey Shepley, G. Williams, and S. Sung Eun Chung, "The Impact of Windows and Daylight on Acute-Care Nurses' Physiological, Psychological, and Behavioral Health," *HEARD - Health Environments Research & Design Journal*, vol. 7, no. 4, July 2014.
- [27] F. Beute and Y. A.W. de Kort, "Salutogenic Effects of the Environment: Review of Health Protective Effects of Nature and Daylight," *Applied Psychology: Health and Well-Beeing*, vol. 6, no. 1, pp. 67-95, Mar. 2014.
- [28] R. Ann. Webb, "Who, what, where and when—influences on cutaneous vitamin D synthesis," *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, vol. 92, no. 1, pp. 17-25, Sep. 2006.
- [29] SGBC. Sweden Green Building Council. [Online]. "Vad är miljöbyggnad?". Hämtad: 2019-03-27. Tillgänglig: <https://www.sgbc.se/certifisering/miljobyggnad/vad-ar-miljobyggnad/>

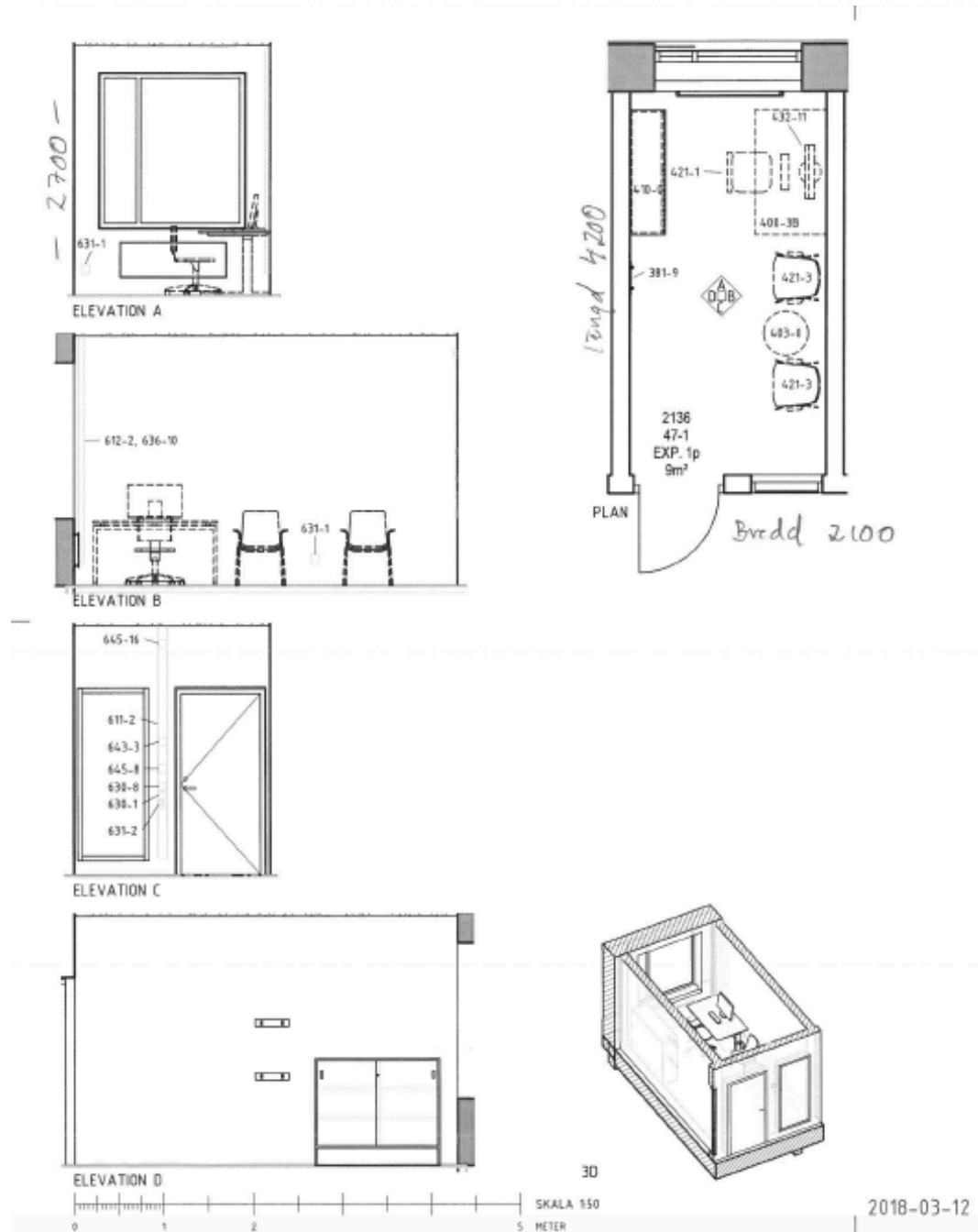
- [30] Sweden Green Building Council. (2017, May). "*Miljöbyggnad 3.0 – Metodik*" med rättelser tom 17-09-15. [Online]. Hämtad 2019-03-28. Tillgänglig: <https://www.sgbc.se/app/uploads/2018/07/Milj%C3%B6byggnad-3.0-Metodik-vers-170915.pdf>
- [31] Sweden Green Building Council. (2017, May). *Miljöbyggnad 3.0 – Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader*". Med rättelser tom 17-09-15. [Online]. Hämtad 2019-03-27. Tillgänglig: <https://www.sgbc.se/app/uploads/2018/07/Milj%C3%B6byggnad-3.0-Nyproduktion-vers-170915.pdf>
- [32] Sveby, SMHI. Klimatdatafiler SvebySMHI 1981-2010. [Online]. Hämtad 2019-05-18. Tillgänglig: <http://www.sveby.org/>
- [33] Sveby, "Brukarindata kontor , " Svebyprogrammet , 2013.
- [34] VIP Energy. (2016, June) Manual version 4 Svensk. [Online]. Hämtad 19-05-21 Tillgänglig: <http://www.vipenergy.net/Manual.htm>
- [35] BBR. (2018, Oct.) BPL kunskapsbanken - en handbok om plan- och bygglagen. [Online]. Hämtad 19-05-25. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/ljus-i-byggnader/utblick/>
- [36] Boverket, "Indata för energiberäkningar i kontor och småhus - En sammanställning av brukarrelaterad indata för elanvändning, personvärme och tappvarmvatten," Boverket, ISBN 978-91-85751-65-5, 2007.

BILAGA 1 - Arkitekturritningar över de undersökta rummen



Figur 1 Arkitekturritning över undersökningsrummet.

BILAGA 1



Figur 2 Arkitektritning över expeditionen.

BILAGA 2 - Tabell över solvärmelast och glasarea

Tabell 1 Den maximala fönsterglasarean (m^2) som går att ha i de två olika rummen så att solvärmelasten inte överstiger kraven för guld, silver och brons i Miljöbyggnad 3.0. Den maximala fönsterarean har beräknats för sex olika g-värden mellan 0,3 och 0,8 då solinstrålningen mot fönstret är 800 W/m^2 glas.

Rum	Betyg	SVL	Maximal fönsterarea [m^2] vid g-värdena:					
			0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Expedition	guld	22	0,809	0,606	0,485	0,404	0,347	0,303
	silver	32	1,176	0,882	0,706	0,588	0,504	0,441
	brons	40	1,470	1,103	0,882	0,735	0,630	0,551
Undersöknings- rum	guld	22	1,386	1,040	0,832	0,693	0,594	0,520
	silver	32	2,016	1,512	1,210	1,008	0,864	0,756
	brons	40	2,520	1,890	1,512	1,260	1,080	0,945

BILAGA 3 - Tabeller över dagsljusfaktor och glasarea

Tabell 1 Alla simulerade höjder och bredder av fönsterglasen vid uppfyllande av Miljöbyggnads krav för dagsljus (DF_{median}) för guld, silver och brons vid LT-värden mellan 0,3-0,9. Tabellen gäller för undersökningsrummet.

Höjd [m]	Bredd [m]	Area [m ²]	LT-värde	DF_{median} [%]	Betyg
1,5	0,9	1,35	0,9	1,37	guld
1,5	0,8	1,20	0,9	1,15	silver
1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
1,5	0,8	1,20	0,8	1,01	silver
1,5	1,1	1,65	0,7	1,34	guld
1,5	0,9	1,35	0,7	1,04	silver
1,5	0,8	1,20	0,7	0,86	brons
1,5	1,3	1,95	0,6	1,38	guld
1,5	1,0	1,50	0,6	1,00	silver
1,5	0,9	1,35	0,6	0,85	brons
1,5	1,5	2,25	0,5	1,33	guld
1,5	1,2	1,80	0,5	1,03	silver
1,5	1,0	1,50	0,5	0,81	brons
1,5	1,9	2,85	0,4	1,35	guld
1,5	1,5	2,25	0,4	1,04	silver
1,5	1,3	1,95	0,4	0,89	brons
1,5	2,5	3,75	0,3	1,30	guld
1,5	2,0	3,00	0,3	1,03	silver
1,5	1,6	2,40	0,3	0,83	brons
1,4	1,0	1,40	0,9	1,39	guld
1,4	0,8	1,12	0,9	1,05	silver
1,4	1,1	1,54	0,8	1,38	guld
1,4	0,9	1,26	0,8	1,06	silver
1,4	0,8	1,12	0,8	0,91	brons
1,4	1,2	1,68	0,7	1,33	guld
1,4	1,0	1,40	0,7	1,08	silver
1,4	0,9	1,26	0,7	0,94	brons
1,4	1,4	1,96	0,6	1,34	guld
1,4	1,1	1,54	0,6	1,02	silver
1,4	1,0	1,40	0,6	0,90	brons
1,4	1,7	2,38	0,5	1,38	guld
1,4	1,3	1,82	0,5	1,02	silver
1,4	1,1	1,54	0,5	0,83	brons

(forts.)

BILAGA 3

Höjd [m]	Bredd [m]	Area [m ²]	LT-värde	DF _{median} [%]	Betyg
1,4	2,1	2,94	0,4	1,33	guld
1,4	1,6	2,24	0,4	1,02	silver
1,4	1,3	1,82	0,4	0,81	brons
1,4	2,8	3,92	0,3	1,31	guld
1,4	2,2	3,08	0,3	1,05	silver
1,4	1,8	2,52	0,3	0,83	brons
1,3	1,1	1,43	0,9	1,39	guld
1,3	0,9	1,17	0,9	1,07	silver
1,3	0,8	1,04	0,9	0,92	brons
1,3	1,2	1,56	0,8	1,38	guld
1,3	1,0	1,30	0,8	1,10	silver
1,3	0,8	1,04	0,8	0,82	brons
1,3	1,3	1,69	0,7	1,33	guld
1,3	1,1	1,43	0,7	1,07	silver
1,3	0,9	1,17	0,7	0,83	brons
1,3	1,5	1,95	0,6	1,32	guld
1,3	1,2	1,56	0,6	1,01	silver
1,3	1,0	1,30	0,6	0,82	brons
1,3	1,8	2,34	0,5	1,30	guld
1,3	1,5	1,95	0,5	1,06	silver
1,3	1,2	1,56	0,5	0,83	brons
1,3	2,3	2,99	0,4	1,32	guld
1,3	1,8	2,34	0,4	1,00	silver
1,3	1,5	1,95	0,4	0,84	brons
1,3	3,2	4,16	0,3	1,32	guld
1,3	2,4	3,12	0,3	1,00	silver
1,3	2,0	2,60	0,3	0,83	brons

BILAGA 3

Tabell 2 Alla simulerade höjder och bredder av fönsterglasen vid uppfyllande av Miljöbyggnads krav för dagsljus (DF_{median}) för guld, silver och brons vid LT-värden mellan 0,3-0,9. Tabellen gäller för expeditionen.

Höjd [m]	Bredd [m]	Area [m ²]	LT-värde	DF_{median} [%]	Betyg
1,5	0,8	1,20	0,9	1,89	guld
1,5	0,8	1,20	0,8	1,67	guld
1,5	0,8	1,20	0,7	1,46	guld
1,5	0,9	1,35	0,6	1,42	guld
1,5	0,8	1,20	0,6	1,22	silver
1,5	1,1	1,65	0,5	1,47	guld
1,5	0,8	1,20	0,5	1,00	silver
1,5	1,3	1,95	0,4	1,39	guld
1,5	1,0	1,50	0,4	1,00	silver
1,5	0,9	1,35	0,4	0,87	brons
1,5	1,7	2,55	0,3	1,32	guld
1,5	1,4	2,10	0,3	1,09	silver
1,5	1,1	1,65	0,3	0,80	brons
1,4	0,8	1,12	0,9	1,70	guld
1,4	0,8	1,12	0,8	1,51	guld
1,4	0,8	1,12	0,7	1,32	guld
1,4	1,0	1,40	0,6	1,44	guld
1,4	0,8	1,12	0,6	1,09	silver
1,4	1,1	1,54	0,5	1,30	guld
1,4	0,9	1,26	0,5	1,04	silver
1,4	0,8	1,12	0,5	0,89	brons
1,4	1,4	1,96	0,4	1,35	guld
1,4	1,1	1,54	0,4	1,03	silver
1,4	1,0	1,40	0,4	0,91	brons
1,4	1,5	2,10	0,3	1,05	silver
1,4	1,2	1,68	0,3	0,80	brons
1,3	0,8	1,04	0,9	1,53	guld
1,3	0,8	1,04	0,8	1,35	guld
1,3	0,9	1,17	0,7	1,32	guld
1,3	0,8	1,04	0,7	1,17	silver
1,3	1,1	1,43	0,6	1,42	guld
1,3	0,9	1,17	0,6	1,12	silver
1,3	0,8	1,04	0,6	0,98	brons
1,3	1,2	1,56	0,5	1,30	guld
1,3	1,0	1,30	0,5	1,04	silver

(forts.)

BILAGA 3

Höjd [m]	Bredd [m]	Area [m ²]	LT-värde	DF _{median} [%]	Betyg
1,3	0,9	1,17	0,5	0,93	brons
1,3	1,6	2,08	0,4	1,36	guld
1,3	1,3	1,69	0,4	1,10	silver
1,3	1,1	1,43	0,4	0,90	brons
1,3	1,6	2,08	0,3	1,00	silver
1,3	1,3	1,69	0,3	0,80	brons

BILAGA 4 - Möjliga kombinationer av g-värde och LT-värde

Tabell 1 Här visas alla möjliga kombinationer av de g-värden och LT-värden som undersökts för undersökningsrummet, dessa kombinationer uppfyller Miljöbyggnads krav för solvärmelast och dagsljusfaktor för undersökningsrummet.

g-värde	betyg SVL	maximal glasarea [m ²]	Glas-höjd [m]	Glas-bredd [m]	minimal glasarea [m ²]	LT-värde	DF _{median} [%]	DF betyg
0,3	brons	2,52	1,5	0,9	1,35	0,9	1,39	guld
			1,4	0,8	1,12	0,9	1,21	silver
			1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
			1,5	0,8	1,20	0,8	1,10	silver
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons
			1,5	1,1	1,65	0,7	1,34	guld
			1,5	0,9	1,35	0,7	1,08	silver
			1,3	0,9	1,17	0,7	0,95	brons
			1,5	1,3	1,95	0,6	1,38	guld
			1,5	1,0	1,50	0,6	1,00	silver
			1,3	1,0	1,30	0,6	0,82	brons
			1,5	1,5	2,25	0,5	1,33	guld
			1,5	1,2	1,80	0,5	1,03	silver
			1,5	1,0	1,50	0,5	0,81	brons
			1,4	1,6	2,24	0,4	1,02	silver
			1,4	1,3	1,82	0,4	0,81	brons
			1,5	1,6	2,40	0,3	0,83	brons
0,3	silver	2,016	1,5	0,9	1,35	0,9	1,39	guld
			1,4	0,8	1,12	0,9	1,21	silver
			1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
			1,5	0,8	1,20	0,8	1,10	silver
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons
			1,5	1,1	1,65	0,7	1,34	guld
			1,5	0,9	1,35	0,7	1,08	silver
			1,3	0,9	1,17	0,7	0,95	brons
			1,5	1,3	1,95	0,6	1,38	guld
			1,5	1,0	1,50	0,6	1,00	silver
			1,3	1,0	1,30	0,6	0,82	brons
			1,5	1,2	1,80	0,5	1,03	silver
			1,5	1,0	1,50	0,5	0,81	brons

(forts.)

BILAGA 4

g- värde	betyg SVL	maximal glasarea [m ²]	Glas- höjd [m]	Glas- bredd [m]	minimal glasarea [m ²]	LT- värde	DF _{median} [%]	DF betyg
0,3	guld	1,386	1,4	1,3	1,82	0,4	0,81	brons
			1,5	0,9	1,35	0,9	1,39	guld
			1,4	0,8	1,12	0,9	1,21	silver
			1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
			1,5	0,8	1,20	0,8	1,10	silver
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons
			1,5	0,9	1,35	0,7	1,08	silver
			1,3	0,9	1,17	0,7	0,95	brons
			1,3	1,0	1,30	0,6	0,82	brons
0,4	brons	1,89	1,5	0,9	1,35	0,9	1,39	guld
			1,4	0,8	1,12	0,9	1,21	silver
			1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
			1,5	0,8	1,20	0,8	1,10	silver
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons
			1,5	1,1	1,65	0,7	1,34	guld
			1,5	0,9	1,35	0,7	1,08	silver
			1,3	0,9	1,17	0,7	0,95	brons
			1,5	1,0	1,50	0,6	1,00	silver
			1,3	1,0	1,30	0,6	0,82	brons
			1,5	1,2	1,80	0,5	1,03	silver
			1,5	1,0	1,50	0,5	0,81	brons
			1,4	1,3	1,82	0,4	0,81	brons
	silver	1,512	1,5	0,9	1,35	0,9	1,39	guld
			1,4	0,8	1,12	0,9	1,21	silver
			1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
			1,5	0,8	1,20	0,8	1,10	silver
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons
			1,5	0,9	1,35	0,7	1,08	silver
			1,3	0,9	1,17	0,7	0,95	brons
			1,5	1,0	1,50	0,6	1,00	silver
			1,3	1,0	1,30	0,6	0,82	brons
0,4	guld	1,04	1,5	1,0	1,50	0,5	0,81	brons
			1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons

(forts.)

BILAGA 4

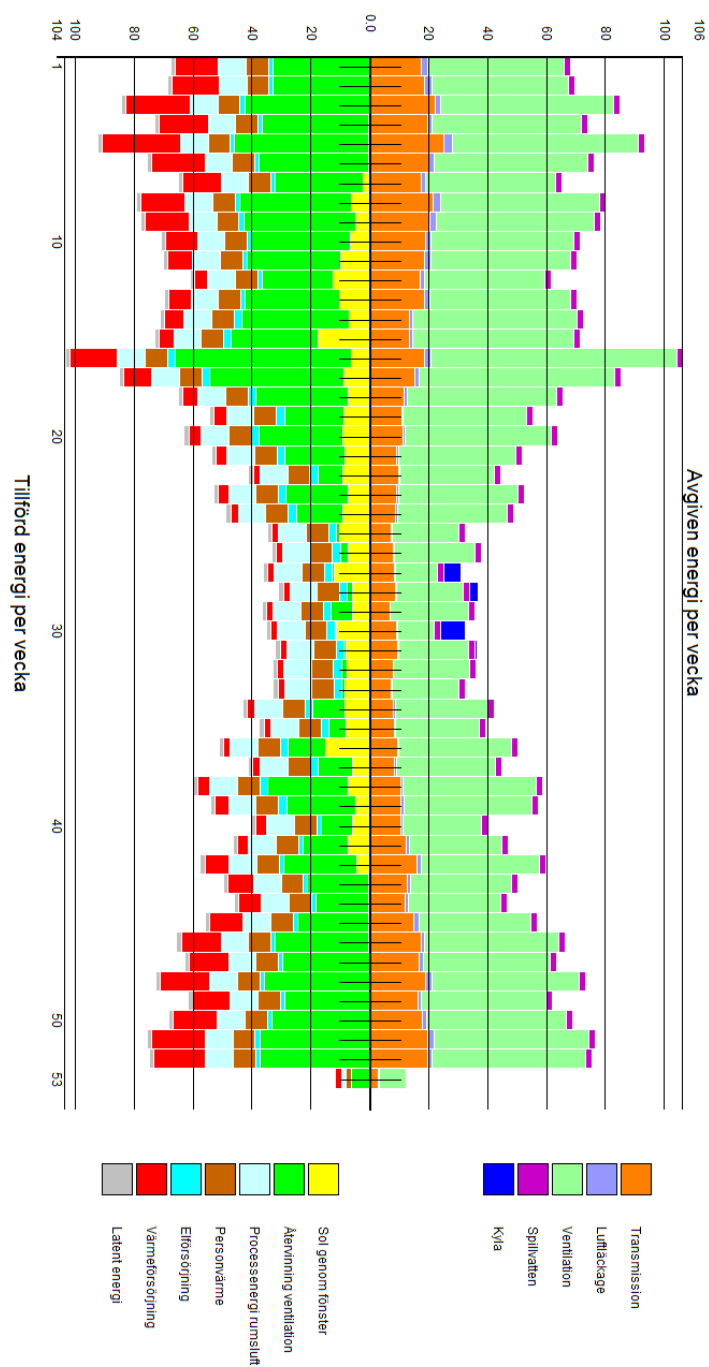
g- värde	betyg SVL	maximal glasarea [m ²]	Glas- höjd [m]	Glas- bredd [m]	minimal glasarea [m ²]	LT- värde	DF _{median} [%]	DF betyg
0,5	brons	1,512	1,5	0,9	1,35	0,9	1,39	guld
			1,4	0,8	1,12	0,9	1,21	silver
			1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,5	1,0	1,50	0,8	1,35	guld
			1,5	0,8	1,20	0,8	1,10	silver
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons
			1,5	0,9	1,35	0,7	1,08	silver
			1,3	0,9	1,17	0,7	0,95	brons
			1,5	1,0	1,50	0,6	1,00	silver
			1,3	1,0	1,30	0,6	0,82	brons
			1,5	1,0	1,50	0,5	0,81	brons
0,5	silver	1,21	1,4	0,8	1,12	0,9	1,21	silver
			1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,5	0,8	1,20	0,8	1,10	silver
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons
			1,3	0,9	1,17	0,7	0,95	brons
0,6	brons	1,26	1,4	0,8	1,12	0,9	1,21	silver
			1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,5	0,8	1,20	0,8	1,10	silver
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons
			1,3	0,9	1,17	0,7	0,95	brons
0,7	brons	1,08	1,3	0,8	1,04	0,9	1,21	brons
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,10	brons

BILAGA 4

Tabell 2 Här visas alla möjliga kombinationer av de g-värden och LT-värden som undersökts för expeditionen, dessa kombinationer uppfyller Miljöbyggnads krav för solvärmelast och dagsljusfaktor för expeditionen.

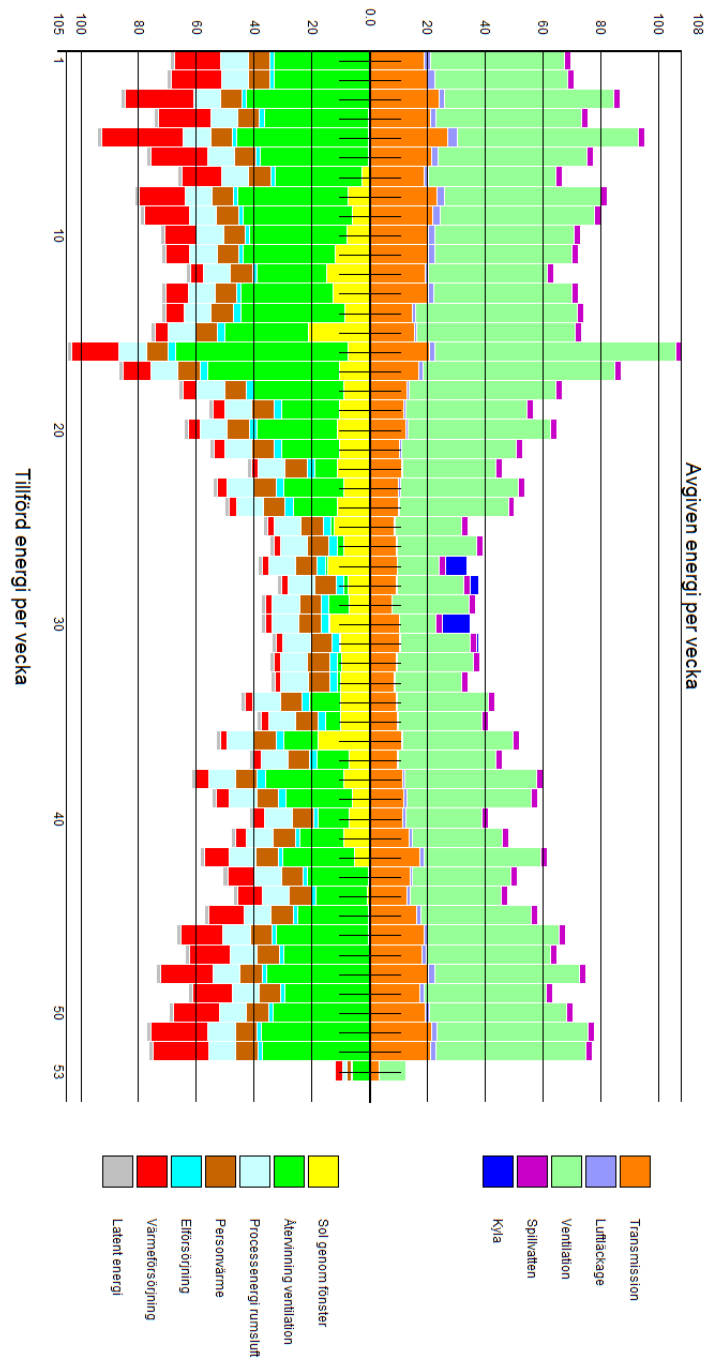
g-värde	SVL betyg	maximal glasarea [m ²]	Glas-höjd [m]	Glas-bredd [m]	minimal glasarea [m ²]	LT-värde	DF _{median} [%]	DF betyg
0,3	brons	1,470	1,3	0,8	1,04	0,9	1,53	guld
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,35	guld
			1,4	0,8	1,12	0,7	1,32	guld
			1,3	0,8	1,04	0,7	1,17	silver
			1,5	0,9	1,35	0,6	1,42	guld
			1,4	0,8	1,12	0,6	1,09	silver
			1,3	0,8	1,04	0,6	0,98	brons
			1,5	0,8	1,20	0,5	1,00	silver
			1,4	0,8	1,12	0,5	0,89	brons
			1,5	0,9	1,35	0,4	0,87	brons
	silver	1,176	1,3	0,8	1,04	0,9	1,53	guld
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,35	guld
			1,4	0,8	1,12	0,7	1,32	guld
			1,3	0,8	1,04	0,7	1,17	silver
			1,4	0,8	1,12	0,6	1,09	silver
			1,3	0,8	1,04	0,6	0,98	brons
			1,4	0,8	1,12	0,5	0,89	brons
0,4	brons	1,103	1,3	0,8	1,04	0,9	1,53	guld
			1,3	0,8	1,04	0,8	1,35	guld
			1,3	0,8	1,04	0,7	1,17	silver

BILAGA 5 - Diagram över rummens energibalanser



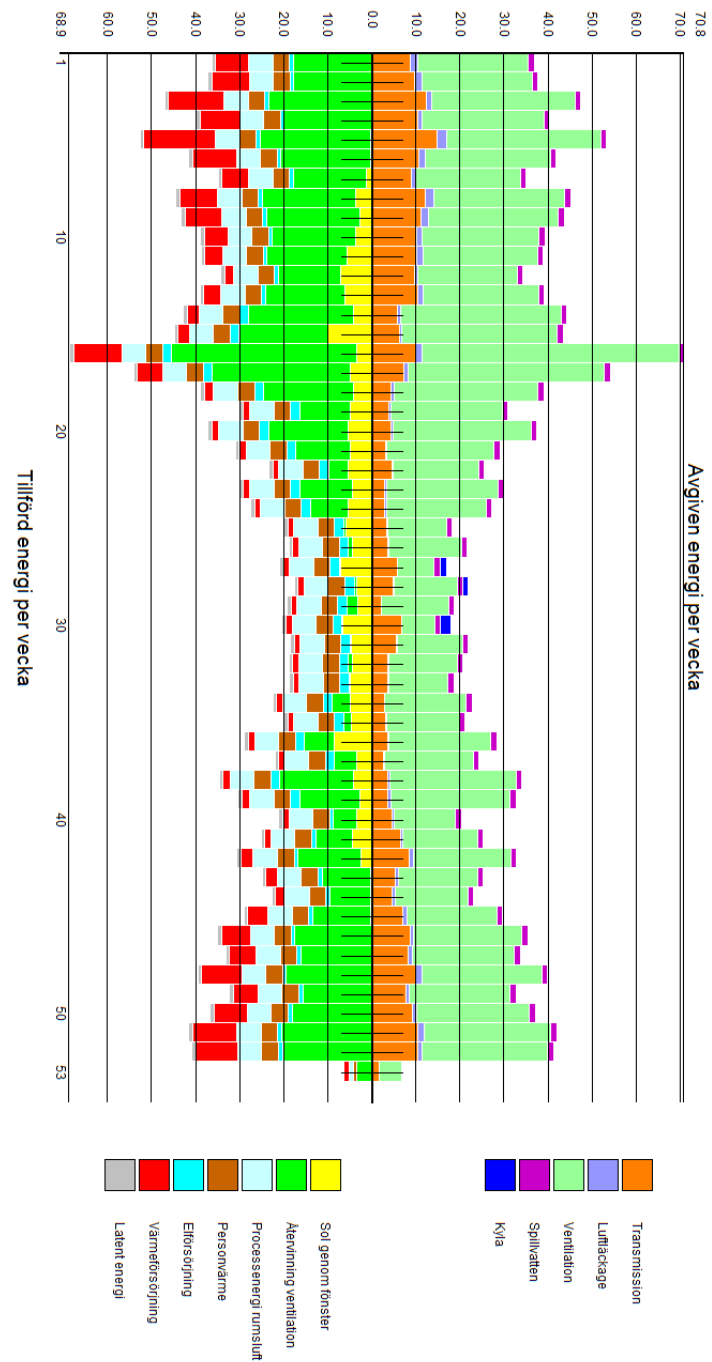
Figur 1 Diagram över avgiven och tillförd energi i undersökningsrummet då fönstren som rekommenderas i denna rapport används. Diagrammet är hämtat ur simuleringen i VIP Energy.

BILAGA 5



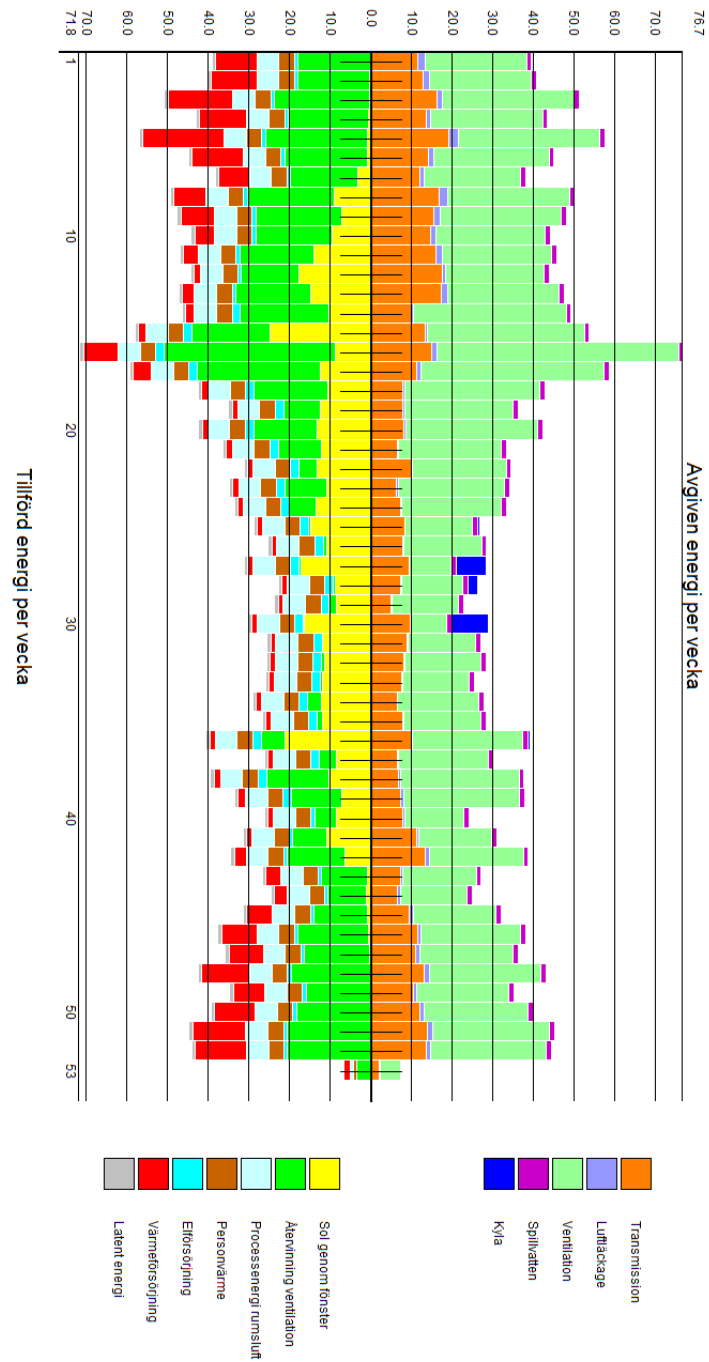
Figur 2 Diagram över avgiven och tillförd energi i undersökningsrummet då fönstret som anges i arkitektritningen används. Diagrammet är hämtat ur simuleringen i VIP Energy.

BILAGA 5



Figur 3 Diagram över avgiven och tillförd energi i expeditionen i då fönstren som rekommenderas i denna rapport används. Diagrammet är hämtat ur simuleringen i VIP Energy.

BILAGA 5



Figur 4 Diagram över avgiven och tillförd energi i expeditionen då fönstret som anges i arkitektritningen används. Diagrammet är hämtat ur simuleringen i VIP Energy.



Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

Fakulteten för teknik
391 82 Kalmar | 351 95 Växjö
Tel 0772-28 80 00
teknik@lnu.se
Lnu.se/fakulteten-for-teknik