



# CHALMERS



## Solavskärmning

### Påverkan på en byggnads energianvändning och dess termiska klimat

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

Edvin Uhlan

Per Boström



EXAMENSARBETE ACEX20-19-23

# Solavskärmning

Påverkan på en byggnads energianvändning och dess termiska klimat

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

Edvin Uhlán

Per Boström

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2019

# Solavskärmning

Påverkan på en byggnads energianvändning och dess termiska klimat

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

Edvin Uhlán

Per Boström

© EDVIN UHLAN & PER BOSTRÖM 2019

Examensarbete ACEX20-19-23

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2019

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag: Bild från Swecos arkitekter, visar den studerade byggnadens fasad.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2019

## SAMMANFATTNING

Vilken typ av solavskärmning som en byggnad utrustas med kan på flera vis påverka dess termiska inomhusklimat, energianvändning samt dagsljusinsläpp. Att tidigt i projektet ta hänsyn till solavskärmningens möjligheter kommer underlätta arbetet med ovan nämnda faktorer under resten av projekteringen. De tre huvudsakliga lösningstyperna är exteriör, mellanliggande och interiör solavskärmning. Vilken av dessa som väljs beror bland annat på syftet med lösningen, budget samt byggnadens design, då de alla tre uppfyller delvis olika syften.

För att bygga upp förståelse kring hur projekteringen av en solavskärmningslösning går till har lösningen på Världslitteraturhuset på Gamlestadens torg i Göteborg utvärderats. En enkätundersökning har utförts för att utvärdera hyresgästernas upplevelse av solavskärmningslösningen, och utifrån dessa resultat gjordes en mätning av det termiska inomhusklimatet. Beräkningar har utförts i IDA ICE för att utvärdera solskyddets påverkan på det termiska inomhusklimatet. Utifrån den samlade kunskapsbas som byggts upp kan det konstateras att den huvudsakligen påverkar det termiska inomhusklimatet samt energianvändningen, men att bländningsproblematiken inte påverkas.

Den kunskap som erhöles vid utvärderingen av solskyddet på Världslitteraturhuset tillämpas sedan vid utformningen av solskyddslösningen på kulturhuset i Bergsjön, som Sweco projekterar. Tillämpningen är relevant, då solskyddslösningarna delar många likheter. Tillsammans med projektgruppen hos Sweco arkitekter simulerades olika solskyddslösningar i IDA ICE, och det diskuterades kring vilken lösning som passade byggnaden bäst utifrån budget samt projektets övriga förutsättningar.

Beräkningsresultat visade att lösningen som föreslås i rapporten möter de krav som ställs på solvärmelasten enligt Miljöbyggnad silver, utan att avvika från de krav som ansvarig arkitekt ställer på fasadens utformning eller projektets ekonomi.

Nyckelord: Solavskärmning, inomhusklimat, solljus, solvärmelast, g-värde, elektrokroma glas, MicroShade, Miljöbyggnad, IDA ICE

## **ABSTRACT**

The kind of solar shading that a building is equipped with can through several aspects influence its thermal indoor climate, energy usage as well as its access to daylight. To take the solar shading into consideration early on in the project will facilitate work on the three factors mentioned above later in the process. The three main types of solar shading are exterior, low emission-coating and interior solutions, and which is the best is determined by the given situation, since all three perform well in different aspects.

To understand how a solar shading solution is created for a specific building, the solution built for Världslitteraturhuset in Gothenburg was evaluated. A survey was performed in the building to establish how the workers in the building felt regarding the solar shading solution. The thermal indoor climate was measured on site as well as simulated in IDA ICE to evaluate its effect on the building's energy balance. A literature study was also conducted to gather the knowledge necessary to conduct the evaluation measures previously stated. The conclusion to draw regarding the solar shading's performance is that it affects the building's thermal indoor climate and energy use in a positive way, however it leaves the issue of glare unaffected.

The knowledge gathered during the evaluation of this solar shading solution shall be applied in designing a solar shading solution together with Sweco for Kulturhuset in Bergsjön. The application is relevant, since the solar shading solutions share several design elements. Together with Sweco architects different solar shading solutions shall be tested in IDA ICE, to conclude which one fits this specific building the best.

Calculations show that the solar shading solution suggested in this report enable the building to be certified with Miljöbyggnad silver, without deviating too strongly from the architect's vision regarding the building's facade or the project's budget.

Key words: solar shading, indoor climate, sunlight, solar heat load, g-value, electrochrome glazing, MicroShade, Miljöbyggnad, IDA ICE

# Innehåll

1	BAKGRUND	1
1.1	Syfte och mål	1
1.2	Metod	1
1.2.1	Teori- och litteraturstudie	1
1.2.2	Utvärdering Världslitteraturhuset	2
1.2.3	Kulturhuset	2
1.3	Avgränsningar	2
2	TEORI	3
2.1	Ett fönsters g-värde	3
2.2	Ett fönsters U-värde	3
2.3	Dagsljus i en byggnad	3
2.4	Termiskt inomhusklimat	4
2.4.1	Solstrålning mot fönstrets ytteryta	4
2.4.2	Temperatur	4
2.4.3	Relativ fuktighet	4
2.5	Solavskärningslösningar	5
2.5.1	Fast respektive rörlig solavskärmning	5
2.5.2	Yttre solavskärmning	5
2.5.3	Mellanliggande samt inre solavskärmning	6
2.5.4	Övrig lösning	7
2.6	Miljöbyggnad	7
3	REFERENSOBJEKTET VÄRLDSLITTERATURHUSET	9
3.1	Solavskärningslösning	10
3.2	Mätningar	11
3.2.1	Aktivitetsgrad och klädsel	12
3.2.2	PMV och PPD	13
3.2.3	Resultat från mätningar	14
3.3	Enkätundersökning	16
3.3.1	Resultat från enkätundersökning	16
3.4	Simuleringsresultat	17
3.5	Diskussion Världslitteraturhuset	19
4	STUDIERESA TILL KÖPENHAMN	21
4.1	Maersk Tower	21
4.2	Trollbeads HQ	22
4.3	Kopenhagen Fur och Sweco	25

5	KULTURHUSET	30
5.1	Utredning av solavskärmningslösning	30
5.1.1	Elektrokroma glas	31
5.1.2	Ribbor	31
5.1.3	Microshade	31
5.2	Inspiration från Köpenhamn	32
5.3	Projekteringsprocess	32
5.3.1	Lameller	34
5.3.2	Fönster	35
5.3.3	Interiör gardin	35
5.4	Resultat	35
5.5	Diskussion kulturhuset	36
6	SLUTSATS	38
7	REFERENSER	39
8	BILAGOR	43

## Förord

Detta examensarbete har handledts av Torbjörn Lindholm och Anders Trüschel på Chalmers tekniska högskola samt Johan Karlsson på Sweco Systems i Göteborg. Utan deras handledning från tes till inlämning hade arbetet inte uppnått den nivå det gör idag.

Vi vill dessutom tacka Margareta Diedrichs för att hon såg möjligheterna med vår medverkan i projektet Bergsjöns kulturhus, vilket har varit en lärorik start på våra respektive karriärer inom samhällsbyggnad. Civilingenjör Torsten Janssons respektive Överingenjör Knut E. Petterssons stipendiefonder finansierade var för sig vår studieresa till Köpenhamn, vilket möjliggjorde en fördjupande fältstudie av nytänkande solavskärmningslösningar. Även ett stort tack till EQUA som försåg oss med licenser till IDA ICE.

Slutligen vill vi tacka varje individ som upplåtit sin tid och kunskap till vårt arbete; oavsett storleken på ert bidrag hade arbetet inte sett likadant ut utan er.

Göteborg maj 2019  
Edvin Uhlan  
Per Bostöm

## **Beteckningar**

OT - Operativ temperatur

PPD - Percentage of People Dissatisfied

PMV - Predicted Mean Vote





# 1 Bakgrund

Ett inomhusklimat som inte uppfyller de krav som ställts kan få ekonomiska såväl som ergonomiska konsekvenser. Om temperaturen är för hög i lokalen påverkas koncentrationsförmågan hos de arbetande i kontorsbyggnaden samt resultatet de utför negativt. Dock om temperaturen är för låg drabbas fingerfärdigheten negativt vilket påverkar produktiviteten, och man blir känsligare för drag (Beck, Dolmans, Dutoo, Hall & Seppänen, 2011). Mängden naturligt ljus i byggnaden påverkar produktiviteten hos de arbetande i kontorsbyggnaden, då det visats att dagsljusstyrd belysning och maximerad mängd naturligt ljus gav en produktivitetsökning på 3,75 % (Beck, Dolmans, Dutoo, Hall & Seppänen, 2011). Dessutom visades att elever i ett klassrum med rätt mängd naturligt dagsljus var 20 % snabbare på matematikprov och 26 % snabbare på läsförståelse under ett år, enligt (Heschong, 1999), (Beck, et al., 2011). Eftersom lön och personalkostnader utgör 80 % av driftkostnaden, kan ett bättre inomhusklimat dessutom utgöra en ekonomisk investering (Beck, et al., 2011).

För att bibehålla ett bra inomhusklimat behöver värmertilskotten minimeras, och det största energitillskottet för en byggnad kommer från solinstrålningen (Warfvinge & Dahlblom, 2016). En effektiv åtgärd är att skärma av solinstrålningen via antingen yttre, mellanliggande eller inre solskydd, alternativt solskyddsglas. Utav de fyra ovan nämnda lösningarna är yttre solskydd det mest effektiva, då solvärmelasten ej tar sig in i byggnaden (Warfvinge & Dahlblom, 2016). Det har visats att exteriör solavskärmning kan minska kylbehovet över ett år med upp till 70 % (Beck, et al., 2011).

## 1.1 Syfte och mål

Syftet med detta arbete är att klargöra vilka faktorer som generellt sett påverkar valet av solavskärmningslösning utifrån tillämpningsobjektet världslitteraturhuset. Arbetet syftar även till att klargöra solavskärmningens påverkan på det termiska inomhusklimatet samt byggnadens energianvändning.

Målsättningen med rapporten är att utveckla en solavskärmningslösning för kulturhuset i Bergsjön som möjliggör att det kan certifieras enligt miljöbyggnad silver för solvärmelast.

## 1.2 Metod

### 1.2.1 Teori- och litteraturstudie

Det inledande arbetet bygger upp en grund av kunskap som examensarbetet stödjer sig på, detta i form av en teori- och litteraturstudie. Detta ger också en chans till läsaren att bättre förstå innebörden av arbetet och begreppen som behandlas. Studien utfördes med hjälp av böcker från bibliotek, tidigare examensarbeten, myndigheter och organisationer.

## 1.2.2 Utvärdering Världslitteraturhuset

Solavskärmningen på världslitteraturhuset ska utvärderas genom beräkningar, mätningar på plats samt en enkätundersökning. Beräkningarna ska utföras i IDA ICE, som är ett simuleringverktyg som används till att modellera upp hur byggnaden och dess system ser ut i verkligheten. En studentlicens har erhållits från EQUA som är skapare av IDA ICE, för att kunna genomföra simuleringar. Utbildningsmaterial samt handledning har tillhandahållits av Sweco, då ingen tidigare erfarenhet av programmet finns att hämta från skribenterna. De mätningar som utförs innefattar termiskt inomhusklimat, som mäts med hjälp av utrustning tillgodosedd av Sweco samt Chalmers. Enkätundersökningen utförs genom att dela ut enkäterna till de som arbetar i byggnaden, för att erhålla deras syn på solavskärmningens funktion. Samtliga resultat ska därefter sammanställas och i sin helhet utvärderas, i syfte att skapa en bild av hur lösningen fungerar.

## 1.2.3 Kulturhuset

Det första steget i processen för kulturhuset blir att åka till Köpenhamn på en studieresa. Detta görs för att få inspiration till hur lösningen för kulturhuset kan utformas, samt för att bygga på kunskap om solskydd i övrigt. Flera objekt som är intressanta att studera väljs ut innan avfärd för att effektivisera besöket. Väl i Köpenhamn besöks dessa byggnader. Det sker även ett möte med en representant från företaget Microshade som visar några av deras genomförda projekt.

Därefter ska en IDA ICE-modell av Bergsjöns kulturhus användas till att utföra beräkningar på aktuella solavskärmningslösningar som föreslås av ansvariga arkitekter i projektet samt skribenternas egna förslag.

## 1.3 Avgränsningar

Även om den ekonomiska aspekten hos en solavskärmningslösning i vissa fall nämns i rapporten, bortses den från i rapporten som helhet när kvaliteten hos en viss lösning ska bedömas. Arbetet kommer endast att beröra fasaden belägen mot väst för kulturhuset, detta eftersom övrig fasad har en låg fönsterandel som har en minimal påverkan på byggnadens solvärmelast jämfört med den västra.

## 2 Teori

I detta kapitel presenteras bakgrundsinformation som litteraturstudien tar upp. Fakta tas från bland annat böcker, personliga möten, artiklar och vetenskapliga rapporter.

### 2.1 Ett fönsters g-värde

G-värdet anger i procent hur stor del av solvärmelasten som träffar fönstret som kommer in i rummet. Exempelvis om fönstret har ett g-värde på 0,4, kommer endast 60 % av solvärmelasten påverka rummets värmeenergimängd. (Warfvinge & Dahlblom, 2016)

### 2.2 Ett fönsters U-värde

U-värdet beskriver i enheten  $\frac{W}{m^2 \cdot K}$  den mängd värmeenergi som transporteras genom ett material vid en viss temperaturskillnad. (Engineering ToolBox, 2003) U-värdet tar inte hänsyn till solinstrålning. U-värdet är en viktig del av en byggnads värmebalans. Ett lågt U-värde är att föredra då mindre värmeenergi transporteras genom materialet, vilket bidrar till ett minskat värmebehov under uppvärmningsperioden (Elitfönster, u.å). Ett högt U-värde är ofördelaktigt då det påverkar det termiska klimatet negativt. Vid en kall dag kan glasets insida bli kall och kan då stråla ut kyla i rummet som kan kännas obehagligt. När glasets yttemperatur höjs ökar den termiska komforten i rummet då den kalla strålningen minskar. (Håkansson, 2009)

### 2.3 Dagsljus i en byggnad

De tre typerna av solljus som tas till hänsyn till vid bedömning av inomhusklimat är direkt-, diffust- samt reflekterat ljus (Alenius, M. & Lundgren, M., 2017). Direkt solljus kan beskrivas som det ljus som når rummet utan att ha passerat genom något typ av hinder, exempelvis ett moln. Det diffusa ljuset har tagit en annan väg än det direkta ljuset. Det kan exempelvis blivit dämpat genom moln. Det sistnämnda är reflekterat ljus, där ljuset har reflekterats på ett eller flera objekt innan det når rummet. Solavskärmning bör släppa in en viss mängd ljus, eftersom det visats att människor föredrar att arbeta i naturligt ljus jämfört med i ett utrymme belyst av lampor. Även utblick har visat sig vara viktigt. Om för mycket naturligt ljus hindras från att komma in i byggnaden, kommer mängden artificiellt ljus öka, vilket kan skapa koncentrationssvårigheter och huvudvärk (Edwards & Torcellini, 2002). Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift (AFS 2009:2) om dagsljus, anges att det ska finnas tillfredställande dagsljus och möjlighet till utblick i kontorslokaler som ämnas för mer än tillfälligt bruk.

## 2.4 Termiskt inomhusklimat

Här förklaras de begrepp kring termiskt inomhusklimat som tas upp i undersökningen.

### 2.4.1 Solstrålning mot fönstrets ytteryta

Solstrålningen påverkar till stor del det termiska inomhusklimatet genom fönster i fasaden. Solstrålning beskrivs som den mängd solenergi som träffar en specifik yta och mäts i enheten  $W/m^2$  (Hagetoft, 2012). Solstrålningen består av direkt- och diffus strålning där direktstrålningen står för den största delen av värmepåverkan med ca 90 % av totalstrålningen en molnfri dag. (Warfvinge & Dahlblom 2016) Fönstrets g-värde hindrar en del av solvärmelasten från att leta sig in och påverka inomhusklimatet, detta beskrivs ovan i kapitel 2.1.

### 2.4.2 Temperatur

Operativ temperatur definieras i Nationalencyklopedin som ett "temperaturbegrepp som försöker ta hänsyn till hur människan upplever temperaturen i en lokal; medelvärde av luftens temperatur och omgivande ytors strålningstemperatur".

Lufttemperatur tar inte hänsyn till strålningen som avges från omkringliggande ytor och är därför inte en effektiv metod för att mäta inomhusklimatet. Mäts vanligtvis på en höjd av 1,5–2 meter över marken skyddad från solens strålning (Nationalencyklopedin, u.å).

### 2.4.3 Relativ fuktighet

Luftens relativa fuktighet är ett mått på luftens grad av mättnad med avseende på vattenånga vid en viss temperatur. Vid ett för högt eller lågt värde finns det större risk att påverkas av de åtta negativa faktorerna: bakterier, virus, svamp, kvalster, lungvägsinfektioner, ozonproduktion, kemisk påverkan och allergiska problem. (Hult, 2004) Om inte en fuktare installeras i byggnaden, styrs luftfuktigheten inomhus till stor del av fuktigheten utomhus. Därför får man en högre relativ fuktighet på sommaren jämfört med vintern.

(Johnson, Kronvall, Lindvall, Wallin & Weiss Lindencrona, 1990)

## 2.5 Solavskärmningslösningar

Vid avskärmning av solvärmelaster kan antingen yttre, mellanliggande eller inre solavskärmning användas. Byggnadens geografiska läge avgör vilket klimat som råder under året, vilket påverkar solvärmelastens storlek. Vilken lösning som blir mest effektiv beror av situationen i fråga, men följande faktorer bör beaktas:

- Hur byggnaden riktats mot solen avgör hur stor del av solvärmelasterna som påverkar byggnadens energibalans.
- Om en yttre solavskärningslösning väljs påverkar vinden valmöjligheter. Detta samspelar med byggnadens höjd; en högre byggnad kommer behöva starkare solskyddslösningar som klarar högre vindförhållanden.
- Byggnadens design avgör dessutom vilken lösning som passar, då solavskärmningen och byggnadens design behöver ha ett arkitektoniskt samspel. Vissa länder eller regioner föredrar olika lösningar, vilket också kan komma att påverka vad som anses passande.
- Om lösningen ska monteras i efterhand behöver det ses över vilka möjligheter byggnadens konstruktion ger.
- En stor del i dimensioneringen av solavskärningslösning är användarens krav på inomhusklimat. Olika användare, på samma vis som olika verksamheter, kräver olika resultat (Beck, Dolmans, Dutoo, Hall & Seppänen, 2011).

### 2.5.1 Fast respektive rörlig solavskärmning

En fast lösning medför lägre underhållskostnader men minskad flexibilitet, då den inte kan optimeras med avseende på årstid och värmnings- respektive kylbehov (Frost & Lyckander, 2012). En rörlig lösning är därmed i de flesta fall mer effektivt, men kommer medföra högre underhållskostnader samt kräva en högre kunskapsnivå hos eventuell reparatör jämfört med ett fast solskydd (CIBSE, 2006). Det är mer flexibelt till årstider, vilket är fördelaktigt eftersom under vinterhalvåret kan värmebehovet minska genom att värmen solinstrålningen bidrar med tas tillvara.

Det föreligger dock en risk att rörliga solskydd skapar ett störningsmoment i dagens moderna kontorshus, eftersom det åker upp och ned utan någon möjlighet för användarna att styra när det ska ske. (Grynning, Lollo, Wågø, & Risholt, 2017)

### 2.5.2 Yttre solavskärmning

Att skärma av solen exteriört är den dyraste lösningen, men eftersom solvärmelasten inte tar sig in i byggnaden är den mest effektiv gällande bortförandet av solens värmetillskott (Kim, Soo Lim, Sub Lim, Schaefer, Tai Kim, 2012), (Warfvinge & Dahlbom, 2010). Det har visats att exteriör solavskärmning kan reducera kylbehovet kraftigt, med en minskning på 70 % över ett år (Beck et al., 2011). Det finns ett flertal varianter, men bland de vanligare fasta lösningarna förekommer överhäng och vertikala eller horisontella lameller, ibland en kombination av båda riktningar.



*Figur 2.2. Bilden visar horisontella lameller. Copyright of Nationwide Louvre Company. (Nationwide Louvre Company, 2019)*

Lamellerna kan även vinklas vid installationen för att erhålla största möjliga avskärmningsarea. För avskärmning på entréplan kan ett taksprång skugga under sommaren när solen står högt, men släppa in värmen på höst och vinter när solen står lägre och byggnaden behöver värmas mer än under sommarhalvåret (Abel & Elmroth, 2012). Taksprånget hanterar dock inte bländningsproblematiken som uppstår under årstiderna, utan för det krävs en ytterligare lösning.

### **2.5.3 Mellanliggande samt inre solavskärmning**

En inre eller mellanliggande lösning skärmar bort mindre av värmen solen tillför jämfört med en exteriör lösning, detta eftersom solens energi tar sig längre in i konstruktionen, den påverkar då även ljuset som kommer in i rummet (European solar shading organisation, u.å). Solskyddsglas fungerar på samma vis, men där avgör glasets g-värde hur mycket solenergi respektive solljus som kommer in i rummet.

En mellanliggande lösning är belägen inuti fönstret. Ofta någon typ av beläggning på fönstret som ska sänka g-värdet eller en tunn metallfilm i fönstrets luftspalt.

Den vanligaste inre lösningen är att installera en gardin. Denna gardin kan vara både manuell och automatisk beroende på utförande.

## 2.5.4 Övrig lösning

Planteringar, buskage och träd kan användas för att skärma av solens strålning. Deras avskärmningskapacitet kan variera med årstiden, vilket innebär att den i så fall släpper igenom värmen under uppvärmningssäsong och stänger ute under sommarhalvåret (Kim, et al (2012)). Växtligheten skyddar inte bara mot solen, den bidrar också till en trevligare miljö. Vilken typ av växtlighet som appliceras avgör dess solavskärmande samt temperaturreducerande egenskaper (Stack, A., Goulding, J. & Owen Lewis, J., u.å). Växter placerade på fasaden kommer minska temperaturen och vindhastigheten i sin absoluta närhet, och därmed bidra till ett bättre termiskt klimat vid byggnaden.

## 2.6 Miljöbyggnad

Miljöbyggnad är en svensk certifiering där byggnadsprocessen och byggnadens energianvändning granskas av tredje part (SWEDEN GREEN BUILDING COUNCIL, 2019). En certifiering är preliminär i två år efter att den utförts, då byggnaden granskas igen och, vid godkännande, erhåller sin slutliga certifiering. granskningen fokuserar huvudsakligen på inomhusmiljön, där exempelvis luftkvalitet och dagsljusinsläpp mäts. Betygsmallen är utformad som följande:

- Brons, vilket innebär att byggnaden följer de lagar och krav som ställs på en nyproducerad byggnad.
- Silver, där en byggnad behöver prestera över de lagar och rekommendationer som ställs på nybyggnation.
- Guld, där byggnaden behöver prestera mycket högre än lagar och rekommendationer. Även intervjuer med de som dagligen vistas i fastigheten tas med i bedömningen.

För att säkerställa att dagsljus tagits hänsyn till under projekteringen lyfter miljöbyggnad exempelvis dagsljusfaktor i en punkt, för att bedöma dagsljusstillgången på rumsbasis (Alenius, M. & Lundgren, M., 2017). Beräkningarna utförs i de mest kritiska rummen på de mest kritiska våningsplanen, alltså de utrymmen med lägst tillgång till dagsljus, för att säkerställa kvaliteten hos byggnadens dagsljusinsläpp. Dagsljusfaktorn ska beräknas för en punkt 0,8 meter ovan golv, 1 meter från mörkaste vägg och vid halva rumsdjupet. För bostäder ska även fönsterglasandel utvärderas, och för lokalbyggnader med hall samt handelsbyggnader ska dessutom utblick bedömas.

Solvärmelasten är även det en relevant parameter att undersöka i arbetet. I miljöbyggnadskrav kan solvärmelasten enligt de tre nivåerna beskrivna ovan. Kraven för varje nivå finns illustrerat i figur 2.3. Dessa nivåer är viktiga och ligger som grund för hur solskydd och glas projekteras.

## Betygskriterier

Betygskriterier för solvärmelast i W/m<sup>2</sup>,golvarea vid nyproduktion.

Indikator 10	BRONS	SILVER	GULD
Bostäder	≤ 38	≤ 29	≤ 18
Lokalbyggnader	≤ 40	≤ 32	≤ 22

Figur 2.3. Illustrerar kraven på solvärmelast i miljöbyggnad (Sweden Green Building Council, 2017).

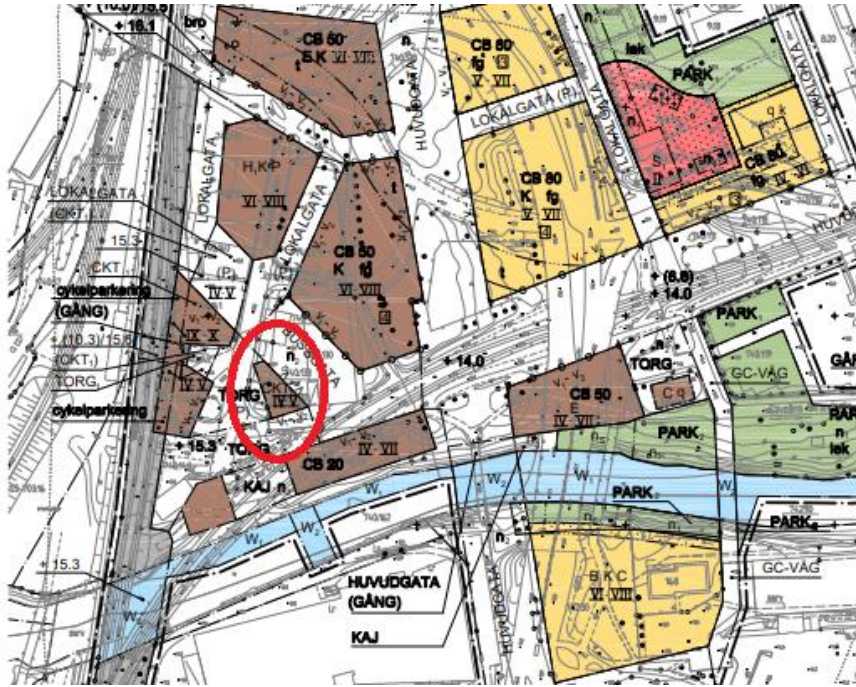
### 3 Referensobjektet världslitteraturhuset

Byggnaden i fråga är 5 våningar hög, och är placerad i Gamlestaden i Göteborg. Längs byggnadens fasad sträcker sig vertikala lameller, som enligt ansvarig arkitekt Johan Iwdal (personlig kommunikation, 8 februari 2019) huvudsakligen tjänar ett arkitektoniskt syfte, men även fungerar som solavskärmning samt insynsskydd. På entréplan har Pressbyrån och Subway varsin verksamhet, på plan 2, 3 och 4 finns ett bibliotek och på plan 5 kontor. På plankartan nedan visas världslitteraturhusets läge med den röda cirkeln, där resecentrumet utgörs av den bruna byggnaden väster om cirkeln.

I skrivande stund uppförs den bruna byggnaden söder om världslitteraturhuset. Det kan observeras att eftersom solen rör sig från öst till väst under dagen, kommer byggnaden som idag uppförs på runt 5 våningar, samma som världslitteraturhuset, utgöra en solavskärmande barriär. Samma effekt ger resecentrumet idag, vars högsta punkt sträcker sig 10 våningar upp i luften, och den lägre delen 5 våningar. Samtliga omkringliggande byggnader har räknats med i solstudien, oavsett om de är färdigställda eller inte.



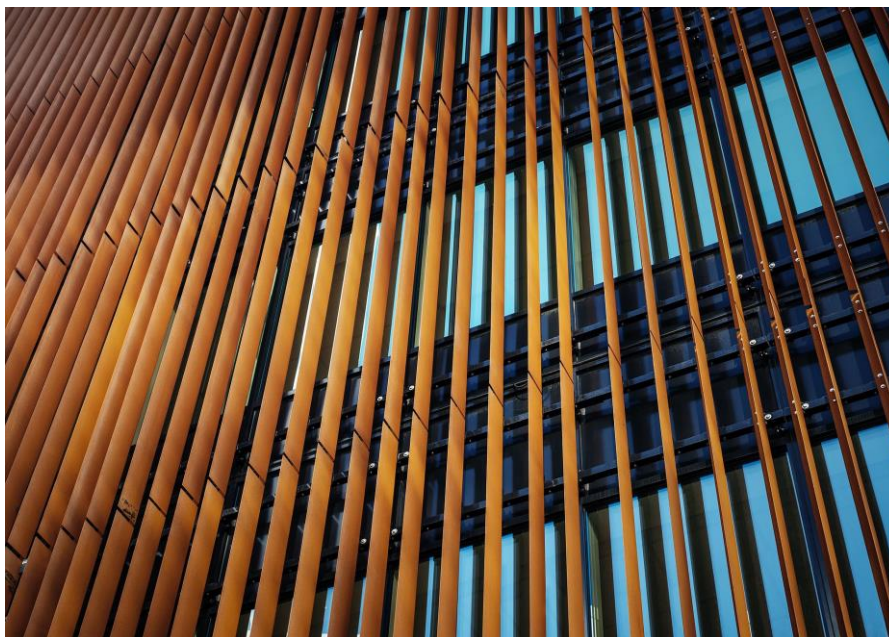
Figur 3.1 samt 3.2. Visar världslitteraturhusets fasad från två olika sidor. Foto: Felix Gerlach. Arkitekt: Arkitektbyrån design AB (Gerlach, u.å)



Figur 3.3. Plankarta för Gamlestadens resecentrum. (Göteborgs stad, 2011)

### 3.1 Solavskärningslösning

Den lösning som valdes för världslitteraturhuset, vertikala lameller i corténplåt, föreslogs av Arkitektbyrån när de anlätats för att designa de två byggnaderna. Avstånden mellan lamellerna varierar i tre olika längder, för att ge en känsla av djup och rörelse till fasaden (Personlig kommunikation, 8 februari 2019). I omnejd kring resecentrumet ska det under de kommande åren konstrueras ytterligare byggnader, vars skuggande effekt togs hänsyn till vid solskyddets dimensionering.



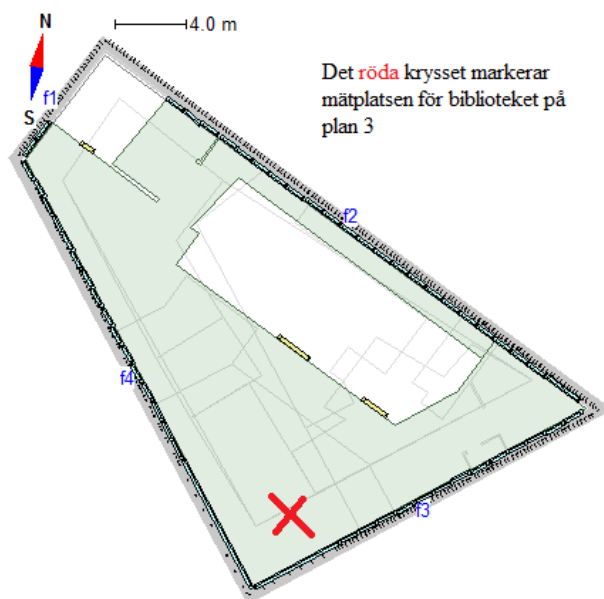
Figur 3.4. Närbild som visar solskyddet på världslitteraturhuset. Foto: Felix Gerlach. Arkitekt: Arkitektbyrån design AB. (Gerlach, u.å)

## 3.2 Mätningar

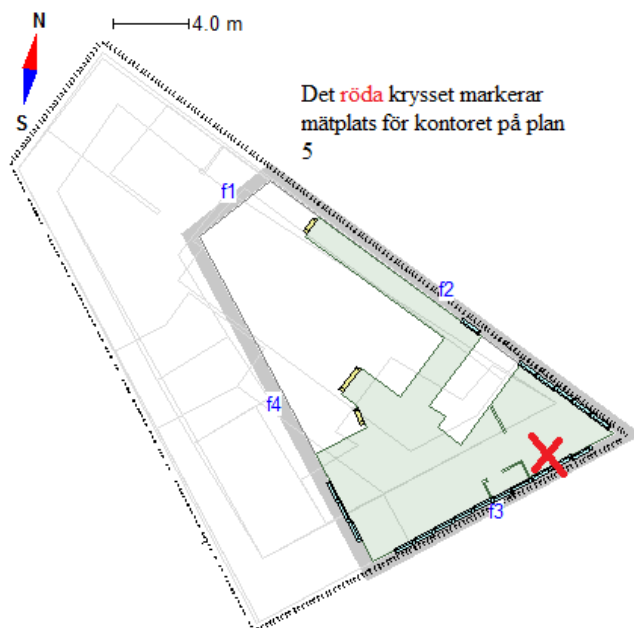
Vid mättillfället mäts värden på solinstrålning, operativ temperatur, lufttemperatur, relativ fuktighet och luftrörelser. De parametrar som är relevanta är följande:

- Operativ temperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- Lufttemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- Relativ fuktighet [%]
- Luftrörelser [m/s]
- Dagsljus [lx].
- PPD – Predicted Percentage Dissatisfied [%]
- PMV - Predicted Mean Vote [-]

Alla mätningar utfördes under mars månad. Byggnaden innehåller affärsverksamhet på entréplan, bibliotek på plan 2–4 och kontor på plan 5. Det som var intressant var hur mycket våningarnas solskydd påverkade inomhusklimaten mellan våningarna. Nedan illustreras på vilka platser mätningarna utfördes, figur 3.5–3.6



Figur 3.5. Visar vart mätningen utfördes på plan 3. Bild från IDA ICE.



Figur 3.6. Visar vart mätningen utfördes på plan 5. Bild från IDA ICE.

Mätinstrumenten som användes listas nedan:

- Hagner modell EC1 användes för att mäta lux-tal. En nivå mellan 0.1–200 000 lux kan mätas med instrumentet. (Hagner, u.å)
- Swema 05 mäter och räknar ut ett medelvärde för strålningstemperaturer i rummet.
- Swema 03+ mäter lufthastighet, lufttemperatur och lufttryck.
- Hygroclip2 mäter luftens fukthåll och luftens temperatur, och får därmed ut ett värde på den relativa fuktigheten. (Swema, u.å)

Den operativa temperaturen beräknas i programmet Swema Multipoint, där resultaten registreras under mätningen.

Himmeln var klar under mätdagen, vilket är viktigt eftersom luminansen hos solstrålningen som träffar fönsterglasets inte ska minska i intensitet på grund av att ha färdats genom moln. Solskyddets variation visas i figur 3.4.

### 3.2.1 Aktivitetsgrad och klädsel

Aktivitetsgrad, ofta förkortat MET, avgör mängden energi en viss person avger baserat på dess aktivitetsgrad (Warfvinge & Dahlbom, 2010). Enligt ISO 7730 som Swema använder sig av representerar 1 MET  $58,2 \frac{W}{m^2}$ . För att definiera nivån på

klädseln personerna i lokalen bär används begreppet CLO, där  $1 \text{ CLO} = 0,155 \frac{m^2 \cdot C}{W}$ .

Nedan i figur 3.7-3.9 illustreras vilka nivåer som användes under mätningen i världslitteraturhuset, samt olika exempel på aktiviteter respektive klädsel som speglar diverse met- eller clo-värden.

	Subway	Pressbyrån	Biblioteket våning 3	Biblioteket våning 5
Met	1,6	1,6	1	1
Clo	0,7	0,7	0,7	0,7

Figur 3.7 Figuren visar vilket met respektive clo-värde som använts under mätningen av termiskt inomhusklimat i världslitteraturhuset i Gamlestaden.

Aktivitet	Värmealstring (met)
Sömn	0,8
Skrivbordsarbete	1,2
Promenera i 5 km/h	3,2
Dansa vals	3,6
Löpning i 8,5 km/h	7,4

Figur 3.8. Figur illustrerar vilken aktivitetsnivå som speglar olika met-värden (Warfvinge & Dahlblom, 2016).

Klädsel	Isolerförmåga
Naken	0
Lätt sommarklädsel	0,5
Tunn arbetsklädsel	0,7
Normal inomhusklädsel	1
Kraftig inomhusklädsel	1,5

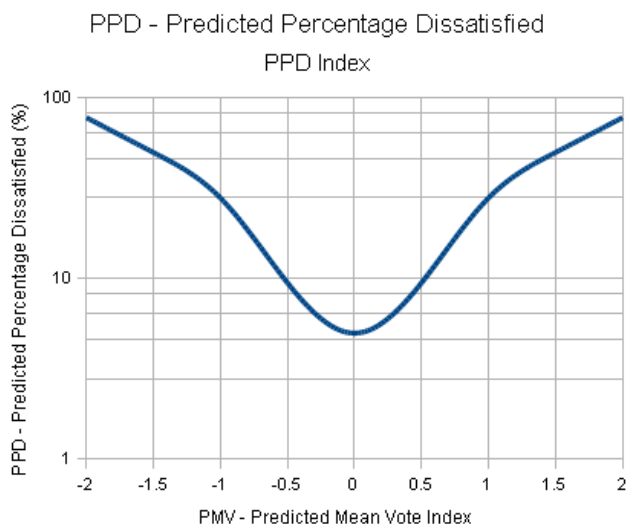
Figur 3.9. Figur illustrerar vilken klädsel som speglar olika clo-värden (Warfvinge & Dahlblom, 2016).

### 3.2.2 PMV och PPD

PMV indikerar hur människor upplever ett visst termiskt klimat, där man får gradera sin upplevelse från -3 till 3 enligt figur 3.10 (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Det kommer variera beroende på aktivitetsnivå och klädsel hos de som vistas i lokalen, men ett värde inom spannet  $\pm 0,5$  anses vara acceptabelt. PPD erhålls från figur 3.11 utifrån värdet på PMV, och beskriver andelen av de som vistas i rummet som är missnöjda med det termiska klimatet.

PMV-index	Upplevelse
3	Hett
2	Varmt
1	Lite varmt
0	Neutralt
-1	Lite kyligt
-2	Kyligt
-3	Kallt

Figur 3.10 Figuren visar den 7-gradiga skalan som är PMV-index (Warfvinge & Dahlblom, 2016).

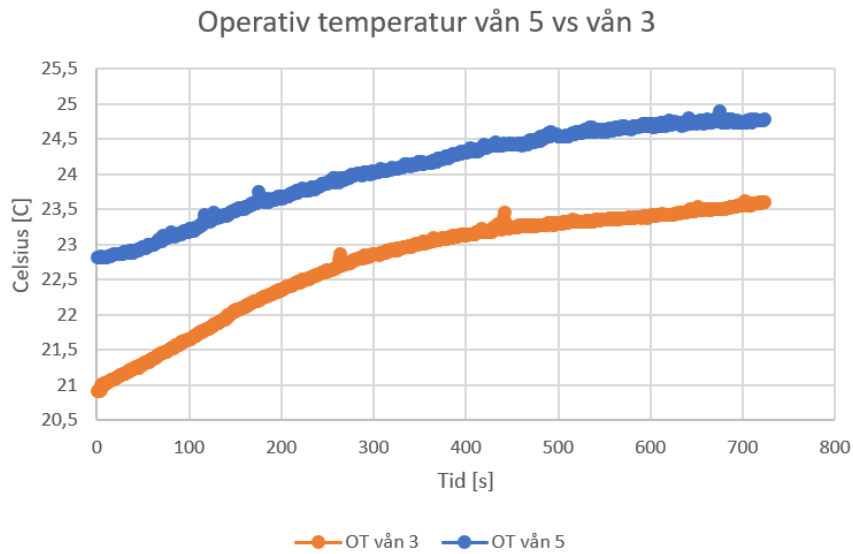


Figur 3.11. Figuren visar hur PPD-index förhåller sig till PMV. (Engineeringtoolbox, u.å)

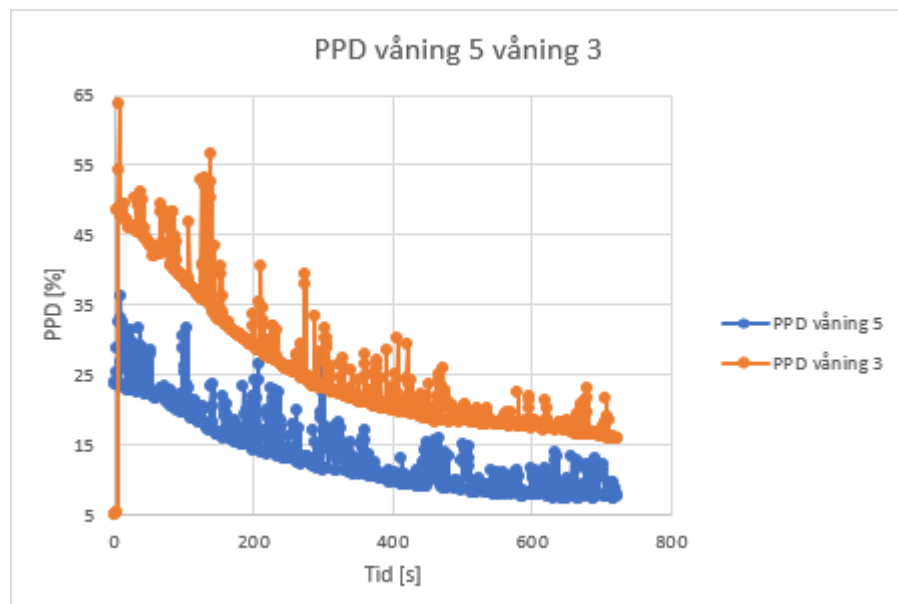
### 3.2.3 Resultat från mätningar

Mätningar av strålningstemperaturen utfördes dels på en del av våning 3, där solavskärmning saknas, och på våning 5 där solavskärmningen sitter tätt. Figuren 3.12 visar hur den operativa temperaturen efter 10 minuters mätning närmar sig 1 grads skillnad mellan de två våningarna. Att våning 5, med mer solavskärmning, är varmare än våning 3, med mindre solavskärmning, kan bero på flera faktorer. Dels var våning 3 knappt befolkad vid mättillfället, då bara två personer vistades där.

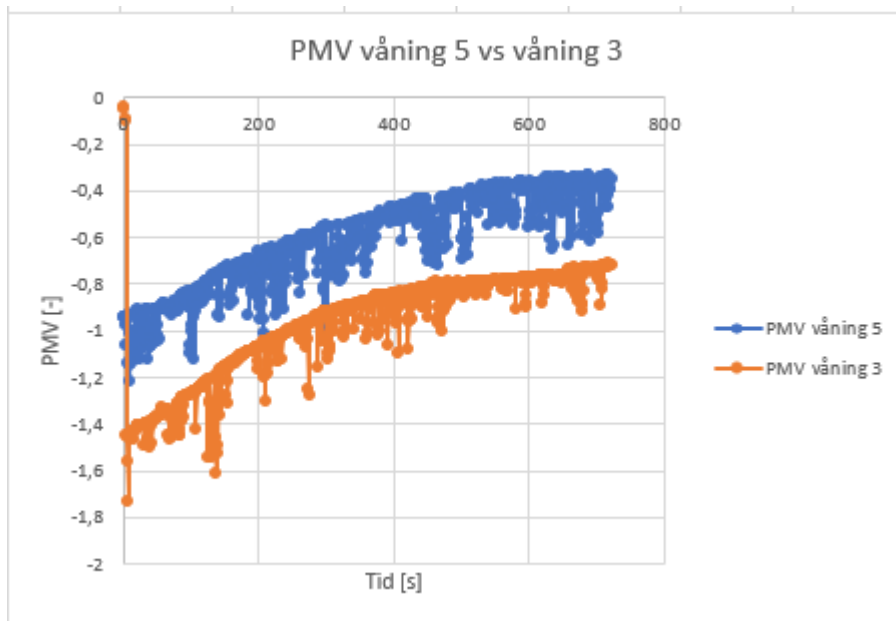
På våning 5 vistades däremot 8 personer vid mättillfället, och ett flertal aktiva datorer samt övrig elektronisk utrustning. Arean hos våning 5 är även betydligt mindre än den på våning 3, vilket medför att volymen luft som behöver värmas upp är mindre. Det kan i vilket fall konstateras att solavskärmningens minskade intensitet inte hade en negativ påverkan på det termiska inomhusklimatet; den verkar snarare haft en minimal påverkan. Dessa mätningar gjordes under mars månad, då solen inte är lika stark som i juli, men det var trots detta en klar och solig vårdag. Om solavskärmningen hade en stor påverkan på inomhusklimatet hade det visats tydligt i mätresultaten.



Figur 3.12. Figuren visar en jämförelse av den operativa temperaturen mellan våning 5 och våning 3 i världslitteraturhuset.



Figur 3.13. Figuren visar en jämförelse av PPD mellan våning 3 och våning 5.



Figur 3.14. Figuren visar en jämförelse av PMV mellan våning 5 och våning 3.

Även illuminans mättes för varje plats där samtliga andra mätvärden togs, vilket dock visade sig vara svårtolkat. Vid en förflyttning av mätinstrumentet på endast en decimeter kunde mätvärdet variera med hundratals lux, vilket medför en stor osäkerhet. En slutsats kan dock dras gällande den solavskärmade effekten hos de gardiner som installerats i kontorsutrymmet på våning 5 i byggnaden, då illuminansen minskade från 19 500 lux till 4000 lux då gardinen drogs för. På så vis undviker de arbetande i lokalen bländning, och luminansen i lokalen hålls på en acceptabel nivå.

### 3.3 Enkätundersökning

Enkätens syfte är att undersöka hur de som arbetar i byggnaden upplever solavskärmningen. I enkäten lyfts frågor kring upplevd luftkvalitet, tillräcklig dagsljusmängd, eventuell bländning och användningen av lampor vid den personliga arbetsplatsen. Dessutom frågas det om solavskärmningen upplevs som ett störningsmoment under arbetsdagen, samt om den upplevs störa utsikten märkbart. Enkäten delades ut i pappersform till de som arbetar i byggnaden, med en låda kakor som uppmuntran för att öka svarsfrekvens. Den delades ut den 26 februari och plockades in den 4 mars, alltså var den på plats i 6 dagar under vinterhalvåret. Solen står under den tiden på året relativt lågt, vilket ökar risken för bländning.

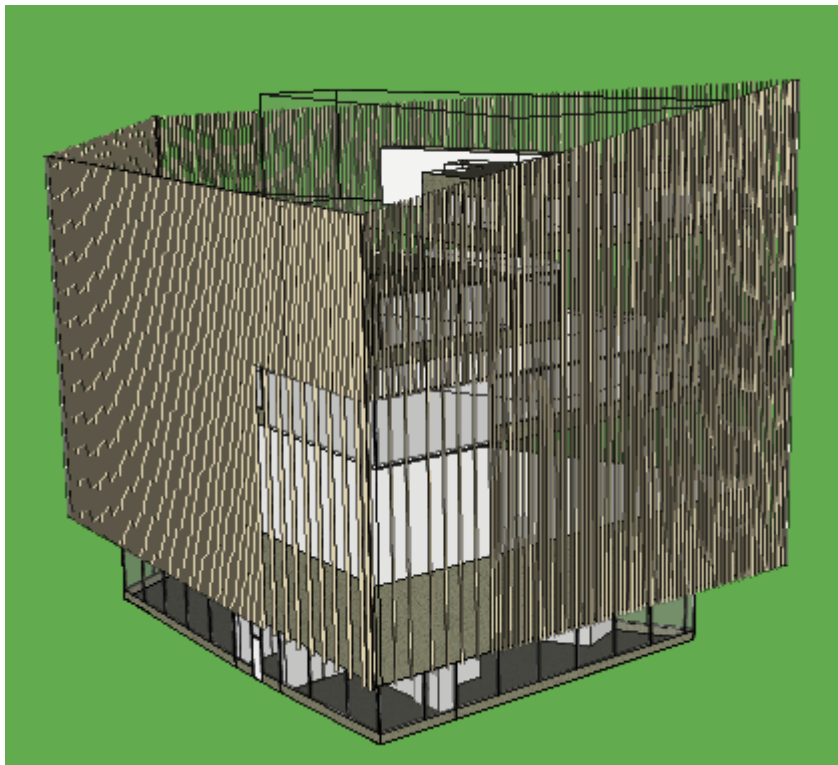
#### 3.3.1 Resultat från enkätundersökning

Utifrån svaren från verksamheterna på entréplan kan slutsatsen dras att mängden ljus i lokalerna är tillräcklig, men att bländning förekommer relativt ofta. Detta kommer dock förändras då bostadshuset som byggs precis bredvid är färdigställda, byggnaderna kommer ha en skyddande effekt. Biblioteket som huserar mellan våning 1 till 5 gav liknande svar, då ljusinsläppet även där generellt anses vara tillräckligt men bländning är ett problem.

De har även en allmänt mer negativ inställning till just denna solskyddslösning, och anser det vara "för mycket sol på fel ställe". En svarande efterfrågar en rörlig lösning

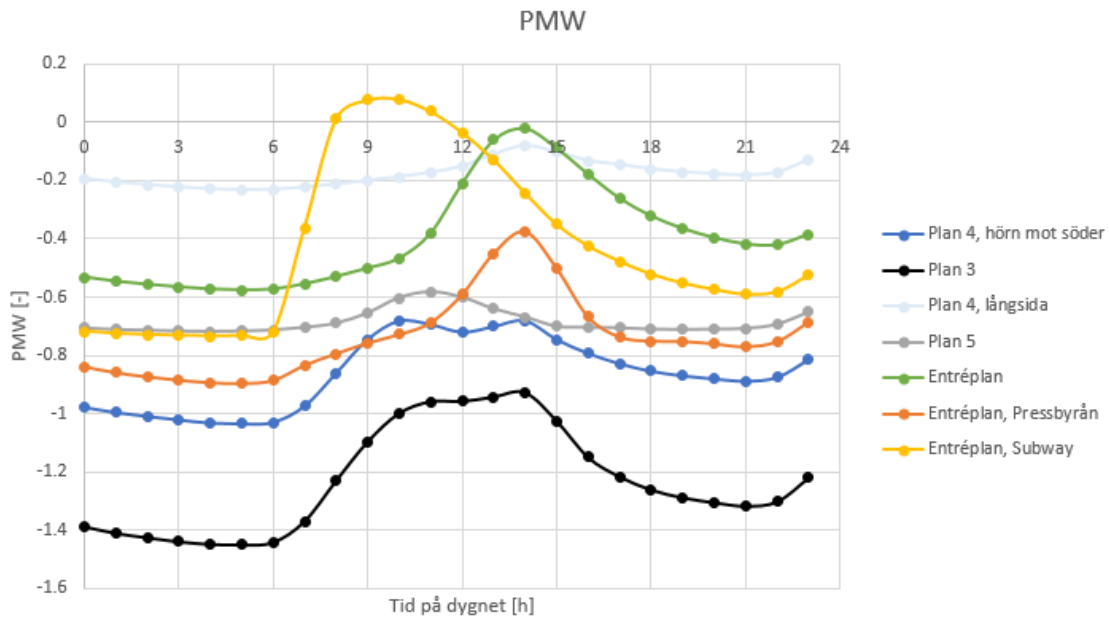
för att själv kunna reglera mängd ljus som kommer in. En anledning till den stora mängden kommentar angående bländning är att huset hittills endast varit verksamt mellan december 2018 fram till skrivande stund (mars 2019), vilket är den tiden på året då solen står som lägst på himlen. Under sommarhalvåret kommer solen stå högre på himlen, vilket kommer medföra mindre bländningsrisk. Se enkätsvar i bilaga 3-19.

### 3.4 Simuleringsresultat



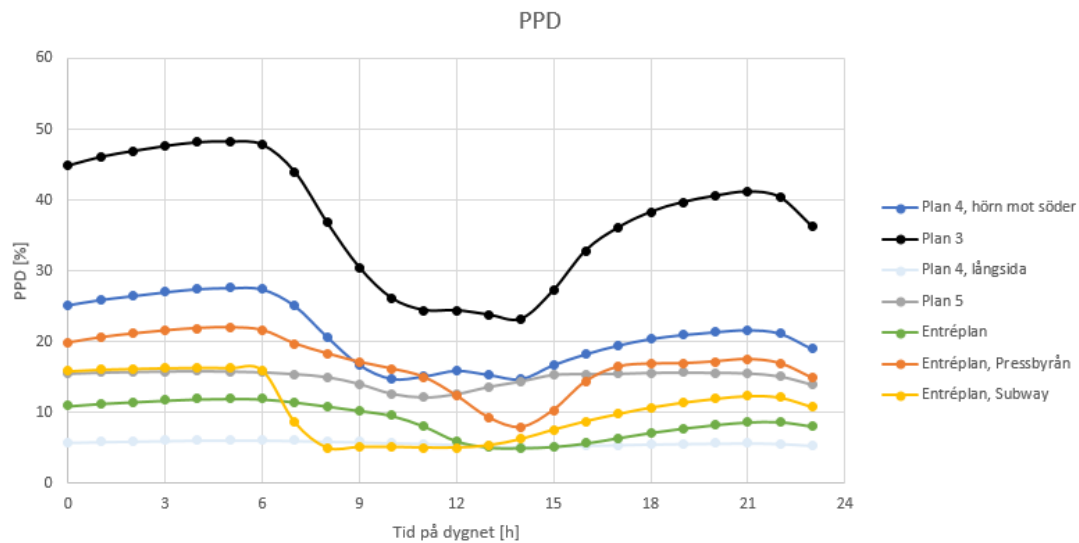
*Figur 3.15. Modell på Gamlestadens resecentrum från IDA ICE.*

I figur 3.16-3.19 nedan visas de värden som är mest relevanta från simuleringen i IDA ICE. De parametrar som är mest intressanta blir operativ temperatur, PMV, PPD samt dagsljus. Dessa parametrar erhöles även från mättillfället, vilket gör att de kan jämföras med varandra för att verifiera att modellen stämmer någorlunda överens med verkligheten. Övriga värden från simuleringen bifogas som bilaga 1 och 2.



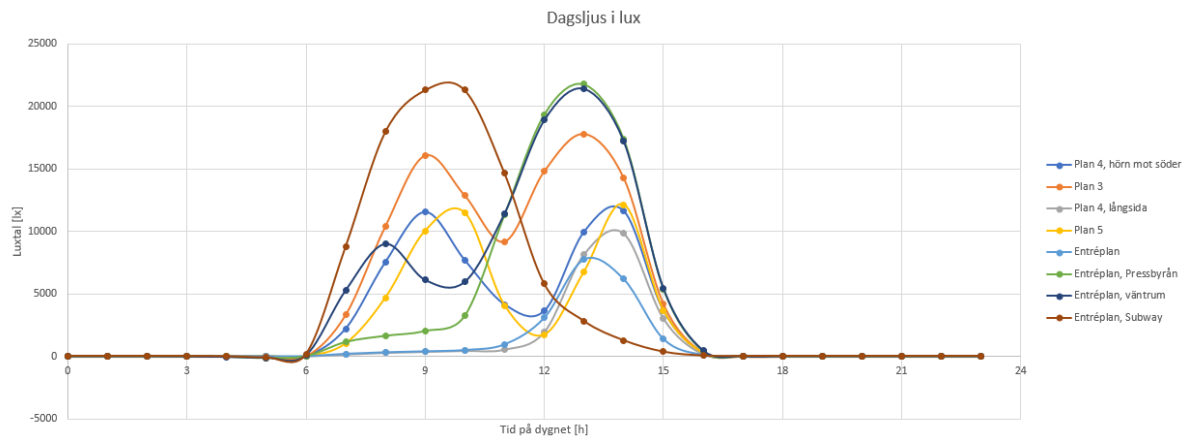
Figur 3.16. Visar PMV-värden från simuleringen.

Utifrån beräkningsresultat kan det observeras att det är för kallt på plan 3, där PMV knappt överstiger -1. Varmast är det på entréplan och subway, där värdet håller sig strax under 0 under hela dagen.



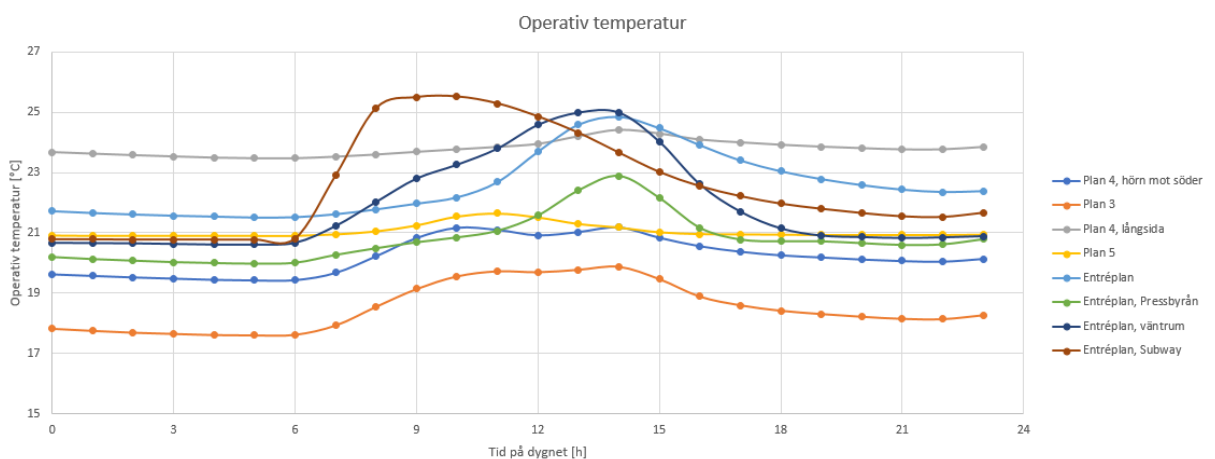
Figur 3.17. Visar PPD-värden från simuleringen

Gällande PPD återfinns det högsta värdet på plan 3, där det varierar från 25 till 50%. Det kan kopplas till PMV-värdet för plan 3 i figur 3.18, som visade på att det var för kallt där. De övriga våningarna håller sig mellan 5 och 15% under dagen, vilket är ett acceptabelt värde.



Figur 3.18. Visar värden för dagsljus mätt i lux från simuleringen.

Ovan visas luminansen för de olika våningarna, och de kan konstateras att våning 3, där det är färre ribbor i fasaden, är ljusare än våning 5, med fler ribbor som blockerar ljusinsläpp. Att de olika lokalerna på entréplan uppnår högst värden under dagen kan antas bero på att inga ribbor blockerar ljusinsläpp där.



Figur 3.19. Visar värden för operativ temperatur från simuleringen.

Den operativa temperaturen visar, liksom PMV i figur 3.16, på att plan 3 har ett för kallt termiskt inomhusklimat, med en operativ temperatur på strax över 19 grader. De övriga rummen har operativa temperaturer på mellan 20 till 26 grader.

### 3.5 Diskussion Världslitteraturhuset

Det finns en differens mellan de uppmätta värdena för termiskt klimat och de som beräknats fram genom IDA ICE. Det som kan sägas om resultatet från mätvärden och simuleringar är att dessa stämmer någorlunda med varandra. Om det finns en avvikelse finns det alltid en rimlig förklaring till det. Exempelvis gäller för plan 3 ett uppmätt värde för PPD på 15%, men ett beräknat värde på 25%. För det beräknade värdet som kopplas samman med ett PMV-värde på det negativa, vilket antyder på att

25 % är missnöjda med klimatet på grund av att det är för kallt. Om man skulle jämföra detta med det uppmätta värdet på 15 % kan man säga att det är rimligt eftersom mätutrustningen berördes av solens strålning och får därmed ett lägre PPD-värde då färre människor skulle vara missnöjda om dem befann sig i solen.

Vid diskussion med P. Puszar, energikonsult hos Dry-It i Göteborg, ansåg han inte att den förstudie angående solavskärmning han och hans kollega tagit fram hade använts vid utformningen av fasaden. Om detta hade gjorts hade fasadens utformning kunnat ta större hänsyn till solvärmelast. P. Puszar vill betona att han genom sitt uttalande inte skuldbelägger någon part i projektet, utan konstaterar endast att om mer vikt lagts vid förstudiens resultat hade byggnaden möjligen fått ett annat utseende, och därmed förändrad energianvändning.

Något som var tydligt i enkätundersökningen var att bländning är ett tydligt problem i byggnaden. Svårt att säga vad detta beror på, men det man kunna haft med sig vid projekteringen är att när man har ett system som består av vertikala lameller, finns det ingenting som blockerar solens vinkel (likt ett överhäng på en byggnad). Detta måste därför lösas på andra sätt, förslagsvis med någon typ av inre dynamisk gardin, detta skulle avvika från arkitektens ursprungliga vision. I efterhand har de verksamma i byggnaden satt upp gardiner på eget initiativ för att få bort bländningen från solen. Man kan tycka att berörda arkitekter/ingenjörer borde insett att bländning skulle bli ett problem och agerat utifrån det. För att på något sätt kunna styra över val av gardiner som går i linje med byggnadens vision.

Ett dynamiskt system skulle också adressera problemet med bländning, utan att byggnaden skulle förlora sitt arkitektoniska uttryck. Det negativa med en dynamisk lösning blir kostnadsfrågan och underhåll. Det bidrar till en högre kostnad då fler rörliga delar behövs för att konstruktionen ska fungera, med fler rörliga delar ökar även risken för att någon del går sönder och behöver repareras. Det kostar även i drift vilket ett fast system inte gör. Dessa rörliga delar behöver mer underhåll jämfört med ett fast system då alla rörliga delar behöver smörjas och ses efter att allt fungerar korrekt. Fördelen med ett dynamiskt system är att det sänker solvärmelasten betydligt mer jämfört med ett fast system. Detta eftersom lamellerna kan röra sig efter solen under hela dagen, medans ett fast system har sin maximala effekt under en kort stund på dagen. En vinkling av de vertikala lamellerna för den fasta lösningen hade även det kunnat generera en bättre solavskärmningsförmåga.

Det ska även konstateras att det inte är lätt att välja en passande lösning för varje enskilt fall. Med många variabler att ta hänsyn till, och i många fall en budget som ska hållas, är ett resultat viktigt. Därmed kan det anses rimligt att en lösning inte adresserar alla de aspekter den teorin skulle kunna göra. Det är en sak att välja den bäst lämpade lösningen från ett simuleringsprogram, desto svårare att förutspå det faktiska resultatet av en lösning. Det är många faktorer som är svåra att uppskatta innan lösningen är installerad och i drift.

## 4 Studieresa till Köpenhamn

För att solskyddets utformning ska bli bra är det viktigt att lösningen tas upp tidigt i projekteringsprocessen. Arkitekterna behöver redan från början ha solavskärmning i åtanke vid byggnadens utformning, då den kommer påverka fasadens utseende markant. För att studera exempel på sådana byggnader och solavskärmningslösningar görs det en studieresa till Köpenhamn, där ett flertal byggnader studeras. De som fokuserats mest på är Maersk Tower, Trollbeads HQ, Sweco Köpenhamns huvudkontor samt Kopenhagen Fur. Dessa kan på var sitt sätt bidra med nya perspektiv, som kan användas i utformningen av solavskärmningslösningen på Bergsjöns kulturhus. Studieresan finansieras med hjälp av Civilingenjör Torsten Jansson respektive Överingenjör Knut E. Petterssons stipendiefonder.

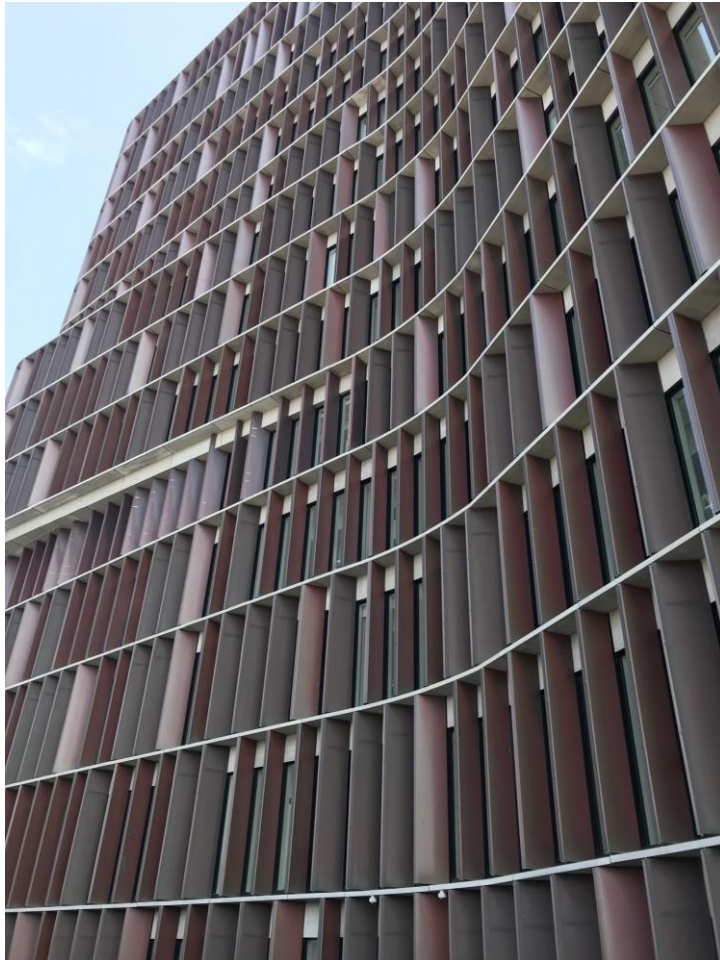
### 4.1 Maersk Tower

Solskyddslösningen på Maersk Tower i Köpenhamn delar vissa likheter med den på världslitteraturhuset i Gamlestaden. Vertikala lameller i cortén används, fast de är i det här fallet större, rörliga samt uppdelade så att varje lamell endast är ett våningsplan högt. Detta innebär att solavskärmningen kan justeras olika för varje våning.



*Figur 4.1. En närbild på lamellerna på Maersk Towers fasad.*

I och med att byggnadens fasad inte innehåller räta vinklar, utan snarare flyter fram mjukt, uppstår en känsla av djup likt det som ville uppnås för världslitteraturhuset genom att ha olika mellanrum mellan de vertikala lamellerna., se figur 4.2. Dock skapas denna känsla även för byggnadens räta sidor, genom olika vinkling på lamellerna. Dessutom är de täckta av koppar, vilket ärgar med tiden i olika hastighet för varje lamell.



*Figur 4.2. Illustrerar Maersk Towers fasad.*

## 4.2 Trollbeads HQ

Denna byggnad är ett kontorshus från 1960-talet, som blev huvudkontoret för Trollbeads smyckesdesign i Köpenhamn under 2014 (ArchDaily, 2014). Fasaden täcks utav perforerad plåt som, för de delar av fasaden som utgörs av fönster, kan vecklas ut och agera som solavskärmning. Figur 4.3 illustrerar hur fasaden ser ut i helt uppfällt läge under dagen, där ingen solavskärmningskomponent skyddar mot sol, och figur 4.4 visar hur en uppfälld fasadkomponent vid ett fönster ser ut. Figur 4.5 illustrerar mönstret som perforeringen bildar i plåten. Plåten är tänkt att delvis fungera som solavskärmning, men även som ett skydd mot potentiella rånförsök, då byggnaden huserar stora mängder stöldbegärligt gods.



*Figur 4.3. Illustrerar fasaden mot gatan för Trollbeads kontor.*

En perforering likt den som illustreras i figur 4.4 är intressant ur ett solskyddsperspektiv, då man kan låta plåten täcka fönsterna utan att helt förlora dagsljusstillgång eller utblick. Det skapar även möjligheter till att genom perforeringen påverka hur fasaden upplevs, och därmed integrera solskärmningen i fasadens arkitektoniska uttryck.



*Figur 4.4. Illustrerar hur solavskärmningen fälls ihop när den inte används.*



*Figur 4.5. Visar mönstret på den perforerade mässingplåten.*

### 4.3 Köpenhagen Fur och Sweco

Byggnaderna Köpenhagen Fur och Swecos kontor i Köpenhamn besöktes under resan. De båda har en mellanliggande lösning från företaget microshade. Karsten från microshade var generös med sin tid och visade båda dessa lösningar. Den första byggnaden som besöktes var Swecos kontor i Köpenhamn. Lösningen i figur 4.6 samt 4.7 är installerad för att minska solvärmelasten i en ljusgård vid Swecos reception. Insidan uppfattades en aning mörk, detta kan bero på att solen stod högt på himlen och microshade skärmar bort större del av solen ju högre den står. Fasaden ligger i söderläge och g-värdet som används under sommartid är 0,1, vilket är ett väldigt bra värde. Under vinter-halvåret då solen har en lägre vinkel i förhållande till horisontalplanet kommer g-värdet att öka då mer sol tränger genom.



*Figur 4.6. Visar microshade (mittenpartiet) från utsidan på Swecos kontor i Köpenhamn.*



*Figur 4.7. Visar glasfasaden med microshade-lösning på Sweco i Köpenhamn.*

Nästa byggnad som besöktes med Karsten var Kopenhagen Fur, även denna gång en stor glasfasad i en ljusgård, se figur 4.8. Utrymmet kändes betydligt ljusare jämfört med Swecos kontor. Lösningen skapar ett behagligt inomhusklimat där solen effektivt skärmas bort med hjälp av mikro-perforeringen. En verksam i huset nämnde att de knappt behöver någon värme eller kyla på grund av lösningen. Utformningen på mönstret skulle symbolisera björklöv då en stor del björkträd funnits på platsen tidigare.

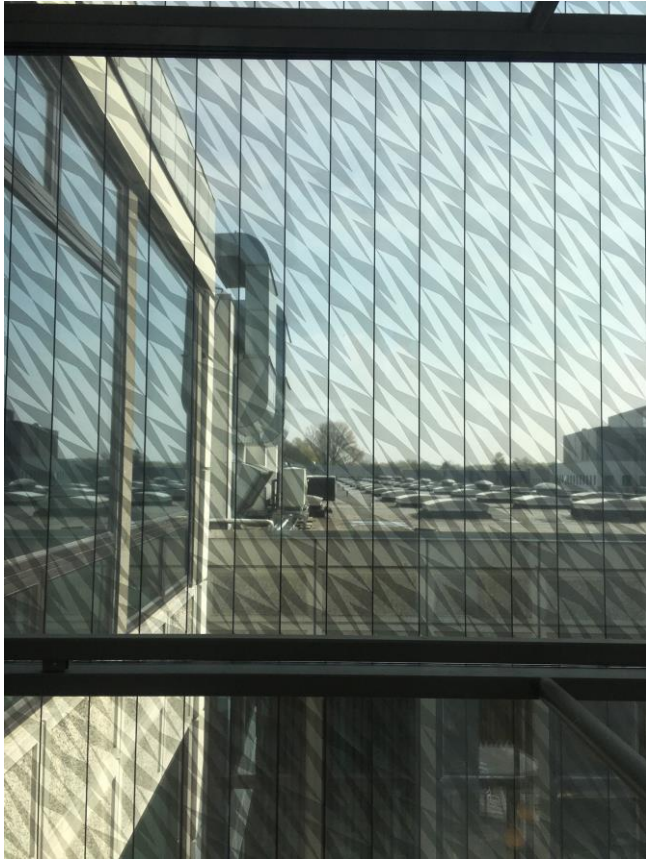
En stor fråga med dessa lösningar blir kostnadsaspekten, det är relativt dyra jämfört med vanliga fönster. Förvisso är det ingen underhåll- eller driftskostnad vilket behöver tas i beaktning. Utsikten är också en viktig aspekt att ta med i denna lösning. Det kommer att vara vertikala ränder med 15 cm mellanrum, på grund av standardstorleken från microshade. Det är upp till beställaren om ett mönster önskas för att belysa den arkitektoniska känslan med glaset, eller om en lösning utan mönster föredras, se figur 4.10 respektive 4.12.



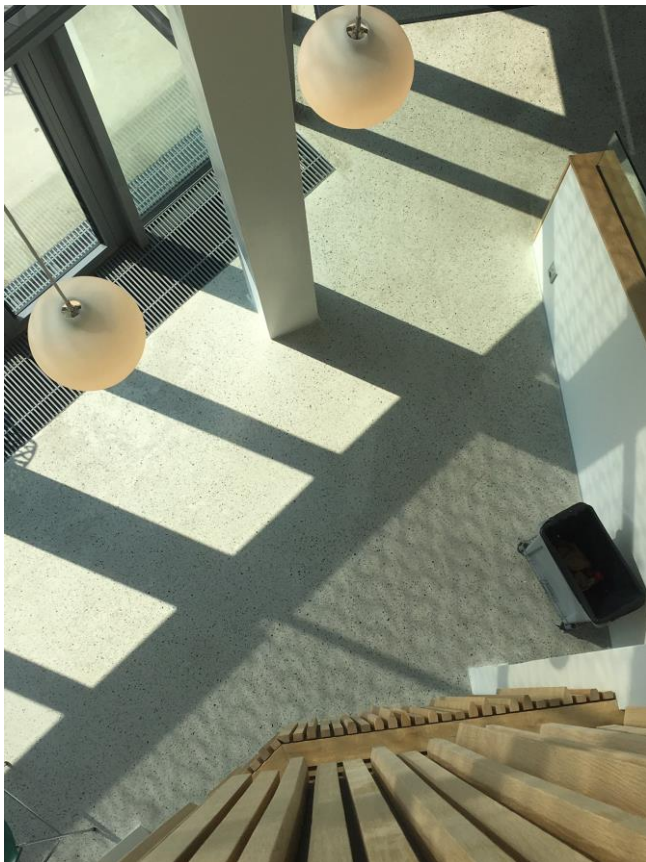
*Figur 4.8. Visar microshade-lösningen i Kopenhagen Fur.*



*Figur 4.9. Visar microshade-lösningen i Kopenhagen Fur.*



*Figur 4.10. Visar björklövsmönstret som valdes för Microshade-lösningen.*



*Figur 4.11. Visar skillnad i insläppt ljus jämfört med och utan Microshade.*



*Figur 4.12. Visar Microshade utan mönster.*

## 5 Kulturhuset

Byggnaden är ett kulturhus på ca 3000 kvm som planeras att bli byggd på Rymdtorget i Bergsjön (Göteborgs stad, u.å). Byggnaden kommer rymma ett bibliotek, café, utställningsyta, odlingsyta samt arrangemangssal. Den är inte uppdelad i olika rum, utan planlösningen är öppen. Fasaden som visas i figur 5.1 nedan är riktad mot väst, vilket innebär att den är utsatt för stora mängder solljus under dagen. Att kontrollera värmen som släpps in i byggnaden från solen är därmed viktigt för att kontrollera det termiska inomhusklimatet.

Vid ett möte med Margareta Diedrichs, ansvarig arkitekt för kulturhuset hos Sweco, angavs det att solavskärmning i form av vertikala träribbor som inte kommer klara miljöcertifieringskravet (Personlig kommunikation, 1 april 2019). Andra lösningar behöver därmed undersökas, för att finna den bästa solavskärmningslösningen för just den här byggnaden.

Under 2017 utfördes en förstudie på solvärmelasterna i byggnaderna av Anton Hilling och Sofie Ellysson på Sweco systems i Göteborg, där beräkningar på solvärmelaster och kylbehov utfördes i IDA ICE. Det stora rummet som huset består av delades då upp i mindre zoner, för att erhålla mer exakta beräkningar. Samma IDA ICE-modell används även för beräkningarna i detta arbete.



Figur 5.1. Figuren visar Bergsjöns kulturhus västra fasad. (Bild från Sweco Architects)

### 5.1 Utredning av solavskärmningslösning

Målsättningen vid dimensionering av solavskärmningen är att uppnå nivån silver i Miljöbyggnad, vilket enligt figur 2.3 innebär en högsta solvärmelast mellan 22 och 32  $\frac{W}{m^2}$  (Sweden Green Building Council, 2017). Det är från M. Diedrichs sida, ansvarig arkitekt, önskvärt att behålla de ribbor längs fasaden som visas i figur 5.1, vilket kan möjliggöras med ett glas med lågt g-värde (Personlig kommunikation, 1 april 2019).

Nedan lyfts de solavskärmningslösningar som diskuterats med arkitekterna.

### 5.1.1 Elektrokroma glas

Ett elektrokromt glas kan variera sitt g- och T-värde, mängden solljus som tar sig genom fönstret, genom att skicka en elektrisk spänning genom glaset. Detta innebär att ett högre g-värde kan användas vid skuggiga förhållanden, och ett lägre när solvärmelasten behöver skärmav. Ett sådant fönster tillverkas av E-control glazing, där g-värdet kan sjunka från 0,36 till 0,08 vid behov (Econtrol glazing, 2019).

Beräkningar utförs på en sådan lösning, tillsammans med vertikala ribbor längs fasaden som antas bidra minimalt till minskad solvärmelast. Resultaten visar att om samtliga fönster på fasaden mot väst utrustas med elektrokroma glas kommer målen för Miljöbyggnad silver att mötas. Eftersom ribborna inte antas bidra med någon signifikant solavskärmande effekt kan de i ett sådant alternativ ta en endast estetisk roll i fasadens utformning, vilket möjliggör för fler designmässiga alternativ.

### 5.1.2 Ribbor

I första förslaget från arkitekterna på Sweco var vertikala ribbor i trä en del av fasaden, men vid startmötet i projektet diskuterades andra material till ribborna. Någon slags plåt är ett billigare alternativ än träribbor, där corténplåt är att föredra enligt arkitekterna.

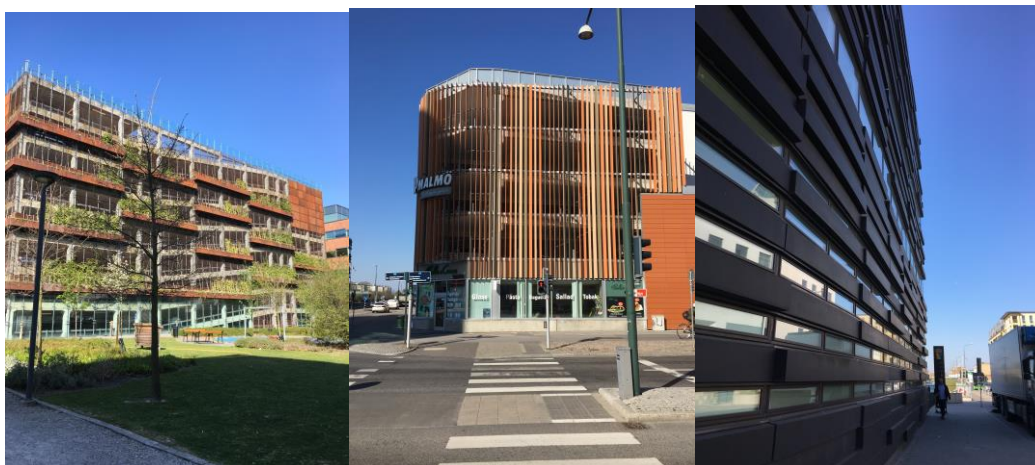
Dessa ribbor varierar i både djup och storlek, för att skapa ett djup i fasaden likt världslitteraturhuset i Gamlestaden samt Maersk Tower i Köpenhamn. De två djupen är 300 respektive 500 mm, och dess höjd varierar med fasadens. Fyra typer av beräkningar utförs; ribbor vinkelräta mot fasaden, ribbor med 30 graders vinkling mot fasaden, samt de båda med 30% perforeringsgrad.

### 5.1.3 Microshade

Microshade är en lösning som är integrerad i fönstret. Det består av ett tunt stålmembran med en mikroperforering som är placerad i fönstrets luftspalt. Stålmembranet är vinklad nedåt för att effektivt blockera högt stående sol, medans utsikten rakt framåt ej påverkas (Microshade, u.å). Enligt dem själva reduceras solenergiöverföringen med upp till 90% inomhus under sommaren. Perforeringen finns med olika vinklar för söder- och västerfasader, finns även möjlighet att användas på takfönster.

Produkten limmas på insidan av glaset i luftspalten med 15 cm breda band, detta medför ett randigt utseende, själva mönstret finns det ingen begräsning för hur det utformas, se figur 4.8 samt 4.10. G-värdet under sommaren uppgår till 0,1 och på vintern 0,3 då solen står lägre på himlen och når in till större grad mellan perforeringen.

## 5.2 Inspiration från Köpenhamn



Figur 5.2, 5.3 och 5.4. Visar inspiration på solskyddslösningar från studieresan till Köpenhamn.

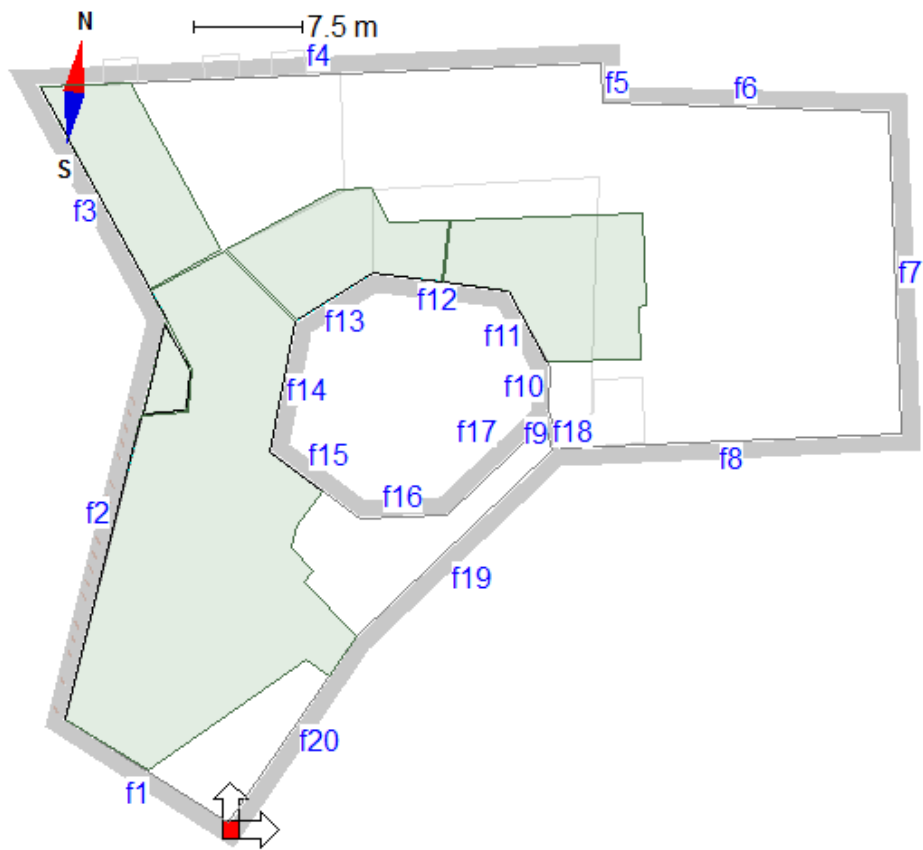
Den första bilden av de tre, figur 5.2, visar hur vegetation kan användas för att ta bort delar av solens strålning. Som nämnt tidigare i rapporten kan någon form av vegetation verka effektiv, men på grund av säsongsberoendet hos växter blir det nackdelen som eliminerar det alternativet för kulturhusets västra fasad. Växterna skapar helt klart en mer spännande fasad att titta på, därför kan det vara aktuellt med någon typ av växt på resterande fasad som annars består till störst del av betong.

Figur 5.3 illustrerar ett intressant sätt att använda sig av vertikala ribbor i fasaden. Olika färger samt vinklar på respektive lamell skapar ett betydligt mer dynamiskt intryck, samt ett djup, kontra en steril homogen fasad med konstant vinkel samt färg på lamellerna.

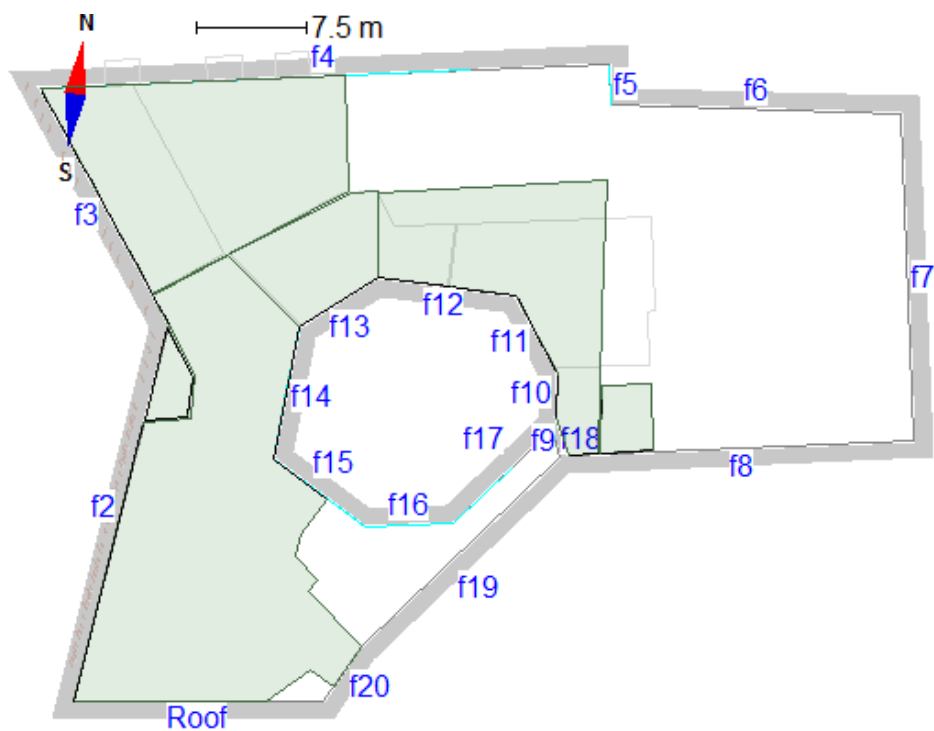
Figur 5.4 visar på ett sätt att göra en solid fasad mer spännande. Med olika djup samt en blandning mellan fasadmaterial och glas bidrar en i övrigt död bottenvåning med någonting till hur byggnaden upplevs från gatan. Detta är ett annat intressant sätt att hantera en fasad utan entréer eller stora glaspartier som är värd att reflektera till kulturhuset.

## 5.3 Projekteringsprocess

Figurer 5.5 & 5.6 illustrerar zonindelningen som gjorts för kulturhuset i IDA ICE. Byggnaden har egentligen en öppen planlösning, men de stora ytorna kan medföra inexaktheter vid beräkningen, enligt A. Hilling (Personlig kommunikation, 2 maj 2019). Därför har det stora rummet som byggnaden består av delats upp för att kunna bättre spegla solvärmelasten för varje specifik del av byggnaden.



Figur 5.5. Visar kulturhusets zonindelning för entréplan i IDA ICE.



Figur 5.6. Visar kulturhusets zonindelning för plan 2 i IDA ICE.

### 5.3.1 Lameller

Den solavskärmningslösning som både arkitekterna och inblandade ingenjörer fann mest passande är vertikala ribbor, så som de nämns i kapitel 5.1.2.

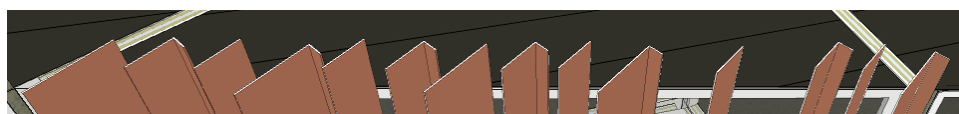
En modell av kulturhuset i IDA ICE erhöles av Anton Hilling på Sweco systems i Göteborg, som användes i förstudien till projektet där energiberäkningar gällande solavskärmning utfördes. Flera typer av solskydd har beräknats, några exempel är raka lameller med 30 % perforering, lameller med en vinkel på 30 och 50 grader. Även lameller formade som ett L enligt figur 5.8 har testats. Dessa olika typer av lameller modellerades i SketchUp, för att därefter importeras till IDA ICE.

De zoner vars resultat kommer undersökas är de två markerade i figur 5.7, där den gula delen är zon 5 och den röda zon 8.



Figur 5.7. Visar studerade fasaddelar från IDA ICE.

Den första typen av vertikala lameller som testades var med 90 graders vinkel från fasaden. Dessa medförde stora solvärmelaster, och visade sig inte vara en hållbar lösning för att klara klimatcertifieringskraven. Därefter undersöktes effekten av att vinkla lamellerna, med 30 respektive 50 grader från ursprungspositionen, för att erhålla en större avskärmande area mot solen. Vidare undersöktes om en utformning där varannan lamell skulle likna ett L skulle bidra till någon signifikant skillnad för solvärmelasten. Denna utformning illustreras i figur 5.8.



Figur 5.8. Visar lamellernas utformning.

Beräkningarna visade att de l-formade lamellerna i figur 5.8 med en vinkling på 50 grader gav det bästa resultatet med hänsyn till solvärmelast jämfört med övriga typer av lameller.

### 5.3.2 Fönster



Figur 5.9. Visar tre olika fönstertyper där skillnaden i LT-värde visas.

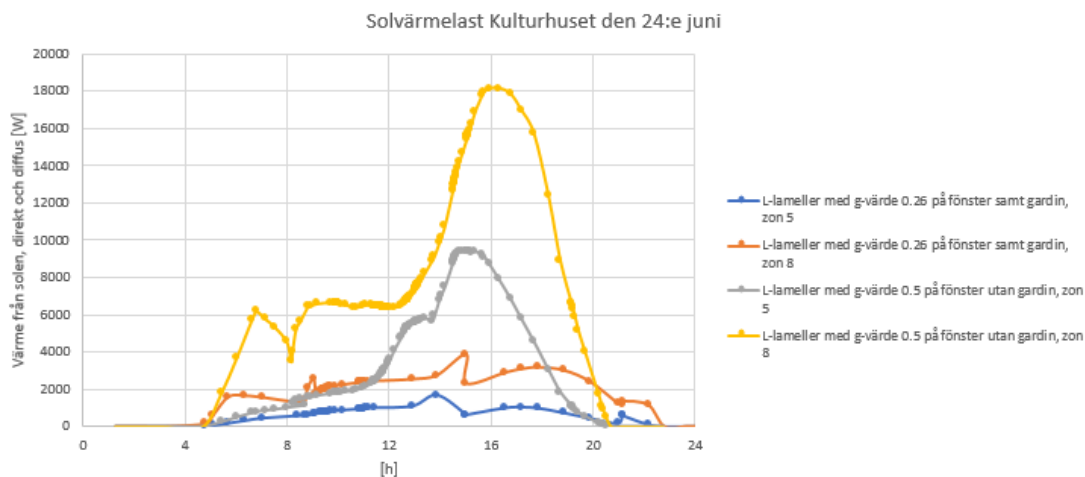
De fönsteralternativ som visas i figur 5.9 har diskuterats till byggnaden, där Saint Gobain Cool Lite Xtreme anses mest passande. Detta beror huvudsakligen på dess låga g-värde på 0,26, vilket medför att endast 26 % av den värme som träffar fönstrets yttre yta tar sig in i byggnaden. Beräkningar visade att ett sådant g-värde var ett krav för att möta solvärmelastnivån som specificerades i Miljöbyggnad silver på  $32 \frac{W}{m^2}$ . LT-värdet som presenteras i figur 5.9 visar hur stor mängd av det ljus som strålar på fönsterglasets yta som färdas genom fönstret och kommer in i byggnaden. En önskan fanns från arkitekterna om ett värde på minst 0,6, men 0,54 får anses tillräckligt.

### 5.3.3 Interiör gardin

Utifrån referensobjektet världslitteraturhuset kunde det konstateras att vertikala lameller inte påverkar bländning till någon större del. Därför föreslås det att kulturhuset har en interiör gardin som går ned när solen lyser tillräckligt starkt in genom fönsterna för att bländning kan förekomma.

## 5.4 Resultat

Den slutliga solavskärmningslösningen består av de L-formade lameller som illustreras i figur 5.8, vilket gör att fasaden kommer se ut som i figur 5.7. Fönstret som valdes är Saint Gobain Cool Lite Xtreme, vars specifikationer illustreras i figur 5.9. Byggnaden utrustas även med en interiör gardin för att motverka bländning.



Figur 5.10. Visar skillnaden i solvärmelast mellan olika körningar i IDA ICE.

Skillnaden mellan den valda solavskärmningslösningen och ett alternativ som diskuterades tidigare i projekteringen illustreras i figur 5.10, där en tydlig minskning av solvärmelast kan observeras.

Zone	Group	Max sup airflow, L/(s m2)	Max rtn airflow, L/(s m2)	Max solar gain, W/m2	Min rel hum, %	Max rel hum, %	Max CO2, ppm (vol)
109	BARNVAGNAR	2.013	1.98	107.6	26.56	72.24	639.9
224	ATELJE	2.013	1.964	48.4	26.18	62.62	634.6
Zone 1		2.013	1.957	37.84	25.6	58.9	662.2
Zone 5		2.013	1.962	20.27	25.56	62.06	593.9
Zone 6		2.013	1.962	36.76	25.45	61.7	602.5
Zone 8		2.013	1.98	24.07	27.96	73.71	485.6

Figur 5.11. Visar solvärmelast för zon 5 och 8.

Enligt figur 5.11, kan det konstateras att detta förslag uppnår nivån guld i miljöbyggnad för solvärmelast i zon 5, medan zon 8 uppnår nivån silver. Vinklingen på lamellerna vid zon 8 kan möjligtvis optimeras för att uppnå ett resultat likt det för zon 5.

## 5.5 Diskussion kulturhuset

Det är i teorin svårt att avgöra vilken lösning som är integrerad i den övriga byggnadens design. En byggnad med en dynamisk lösning kan antas ha beaktats tidigt i projekteringsfasen på grund av komplexiteten. En fast lösning kan möjligtvis uppkommit senare i skedet för sitt utseende och mindre på grund av funktionen. Den fasta lösningen kan absolut vara likgiltig i sin funktion som den dynamiska lösningen, men en enklare installering bidrar till att sänka kostnaden för underhåll under solskyddets livstid.

Gällande solavskärmningslösningen på kulturhuset, har det vid samråd med arkitekterna uppmärksammats att budgeten har en stor påverkan på vilken typ av lösning som väljs. En lösning i trä som var ursprungsidén har ett för högt pris för projektets budget enligt arkitekterna. Materialvalet har dock ingen påverkan på examensarbetet mer än att själva solskyddets utformning förändras. Att byta exempelvis från trä till corténplåt resulterar i en större valfrihet i solskyddets geometri, vilket bidrar till en större lekfullhet och oregelbundenhet i fasaden genom att kunna ha större dimensioner blandat med mindre. Detta är en spännande aspekt av ingenjörnsrollen som vi inte ställts inför tidigare under skoltiden, men en viktig sådan som kommer att styra mycket av det vi gör i framtida yrkesroller.

Det förslag som av oss presenteras som bäst lämpat för kulturhuset uppfyller de energikrav som ställs, men om mer pengar hade delgetts projektet hade andra spännande lösningar kunnat diskuteras. Elektrokroma glas hade i så fall varit ett alternativ, då de också hade möjliggjort att byggnaden uppfyller solvärmelastkraven, men hade låtit de vertikala ribborna ta en endast estetisk roll i byggnadens formgivning. Att de bidrar till solavskärmningen hade varit överflödigt, då fönsterna i sig uppfyller vår beräknade rekommendation på  $g=0,1$ .

Att vi har möjlighet att ta fram den lösningen som nu presenteras, beror på att projektet fortfarande befinner sig tidigt i sin utveckling. Om solavskärmningen, och diverse övriga energifrågor, inte berörts förrän senare hade handlingsmöjligheterna varit betydligt mer begränsade. Detta gäller även de invändiga bländningsskydden, vars utformning nu kan påverkas till det bättre av arkitekter och ingenjörer.

## 6 Slutsats

Gällande kulturhusets solavskärmningslösning behöver mer beräkningar samt diskussioner utföras, men det alternativet som presenteras i rapporten möter de krav som ställs i miljöbyggnad. Detta innebär dock inte att just denna lösning kommer bli en del i kulturhusets slutliga utformning, eftersom projektet fortfarande arbetas med av Sweco. Anledningen till att den solavskärmningslösning som presenteras i rapporten möter kraven i miljöbyggnad silver är att flera lösningar kombineras, samt att en kontinuerlig dialog har förts mellan projektets arkitekter samt oss som ingenjörer. En tydlig bild förmedlades genom processens gång av vilka krav som ställdes på fasadens design, vilket underlättade vårt arbete i beräkning av diverse solavskärmningslösningars påverkan på solvärmelasten.

## 7 Referenser

Abel, E & Elmroth A. (2012). *Byggnaden som system*. (4 uppl.) Lund: Studentlitteratur AB

Ahlström, P (2017). *Byggorganisation och entreprenadformer* [PowerPoint-presentation]. Hämtad 28 mars, 2019 från kurshemsidan för BOM225 på PingPong <https://pingpong.chalmers.se/courseId/8714/node.do?id=4154932&ts=1510212262500&u=-985342272>.

Alenius, M & Lundgren, M. (2017). *Upplevt och uppmätt, : en ARQ-rapport om dagsljus*. Uppsala: ARQ.

Arbetsmiljöverket (2009): *Arbetsplatsens utformning*, (AFS 2009:2:9§) Hämtad från Arbetsmiljöverkets hemsida 2019-02-05, <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/arbetsplatsens-utformning-foreskrifter-afs2009-2.pdf>

ArchDaily (2014). Trollbeads house / BBP arkitekter. Hämtad 2019-04-26 från <https://www.archdaily.com/507281/trollbeads-house-bbp-arkitekter> .

Art Andersen Copenhagen (u.å). The Maersk tower – Copenhagen – external vertical folding shutters. Hämtad 11 mars 2019 från <http://art-andersen.dk/en/products/folding-shutters/the-panum-tower-the-maersk-building-copenhagen/>.

Stack, A., Goulding, J. & Owen Lewis, J. (u.å). Shading systems – solar shading for the european climates [Broschyr]. Hämtad från [http://erg.ucd.ie/UCDERG/pdfs/mb\\_shading\\_systems.pdf](http://erg.ucd.ie/UCDERG/pdfs/mb_shading_systems.pdf).

Beck, W., Dolmans, D., Dutoo, G., Hall, A., Seppänen, O. (2011) Solavskärmning: hur man integrerar solavskärmning i enegrimässigt hållbara byggnader: [REHVA handbok nr 12]. Falköping, Svenska solskyddsförbundet

*Design for Improved Solar Shading Control - CIBSE TM37* [Elektronisk resurs], 2006

Econtrol glazing (2019). Range of products. Hämtad 2019-04-22 från <https://www.econtrol-glas.de/en/knowledge-center/range-of-products/>

Edwards, L. & Torcellini, P. (2002). *A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants*. (NREL/TP-550-30769). Hämtad från National Renewable Energy Laboratory: <https://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30769.pdf>

Elitfönster, (u.å). *Fönstrets U-värde avgör hur energieffektiv det är*, Hämtad 2019-02-05 från <https://www.elitfonster.se/byta-fonster/kopa-fonster/treglasfonster/fonster-u-varde/>

Engineering Toolbox. (u.å). PPD-index. [figur]. Hämtad

från [https://www.engineeringtoolbox.com/predicted-mean-vote-index-PMV-d\\_1631.html](https://www.engineeringtoolbox.com/predicted-mean-vote-index-PMV-d_1631.html)

Engineering ToolBox. (2003). *Thermal Conductivity of Common Materials and Gases*. Hämtad 2019-02-04 från [https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d\\_429.html](https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html)

European solar shading organization. (u.å). Dynamic solar shading solutions. Hämtad 2019-02-15 från <http://www.es-so.com/component/content/category/183-dynamic-solar-shading-solutions>

EQUA. (u.å). IDA Indoor Climate and Energy. Hämtad 2019-02-07 från <https://www.equa.se/se/ida-ice>

Frost, S., & Lyckander, K. (2012). Utvändigt solavskärmning för glasade kontorsbyggnader. (Examensarbete, Kungliga tekniska högskolan, Stockholm). Hämtad från <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:550358/FULLTEXT01.pdf>

Gerlach, F. (u.å). Gamlestadens resecentrum [Fotografi]. Hämtad från <https://www.sweco.se/vart-erbjudande/projekt/gamlestadens-resecentrum/>

Grynning, S., Lolli, N., Wågø, S., & Risholt B. (2017) Solar Shading in Low Energy Office Buildings – Design Strategy and User Perception. *Journal of Daylighting*, 4(1): 12-13. doi:10.15627/jd.2017.1

Göteborgs stad (u.å). Bergsjön - nytt kulturhus vid rymdtorget. Hämtad 2019-02-19 från <https://goteborg.se/wps/portal?uri=gbglnk%3agbg.page.bb7386fd-1152-47cb-9da4-d06bd7780a77&projektid=BN0627/13>

Göteborgs stad (2011). Gamlestadens – blandstad vid Gamlestadens torg, plan I. Hämtad 2019-02-14 från [https://goteborg.se/wps/portal/start/byggande--lantmaterioch-planarbete/kommunens-planarbete/plan--och-byggprojekt/!ut/p/z1/hY9Ba4NAFIR\\_Sw9e971Vu2\\_tbS0kxJUkpYHoXoJjNsY2urLaCv31tcdCQ-c2zDcwAwYKMF312dTV2Liuus2-NOKw5dmLTLn CzTJZ4Gqnt4u1zjeoY9j\\_B5g5xjtSCOXcp0McLpFnMddSpIQq18-R0CR0TvAKBkv3Zt9H5szlOkaKaEA8REyMM2xZdOpZcgcgXFnOKESIqQfqr7hJJGoy3F-utZx9-fnQdx354CjDAaZpY7Vx9s-zk2gD\\_qlzdMELxm4S-Lb52l3YvB\\_XwDV7yoTY!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/#](https://goteborg.se/wps/portal/start/byggande--lantmaterioch-planarbete/kommunens-planarbete/plan--och-byggprojekt/!ut/p/z1/hY9Ba4NAFIR_Sw9e971Vu2_tbS0kxJUkpYHoXoJjNsY2urLaCv31tcdCQ-c2zDcwAwYKMF312dTV2Liuus2-NOKw5dmLTLn CzTJZ4Gqnt4u1zjeoY9j_B5g5xjtSCOXcp0McLpFnMddSpIQq18-R0CR0TvAKBkv3Zt9H5szlOkaKaEA8REyMM2xZdOpZcgcgXFnOKESIqQfqr7hJJGoy3F-utZx9-fnQdx354CjDAaZpY7Vx9s-zk2gD_qlzdMELxm4S-Lb52l3YvB_XwDV7yoTY!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/#)

Hagner. (u.å). Model EC1. Hämtad 2019-03-18 från <http://www.hagner.se/illuminance-meters/model-ec1/>

Heschong, L. (1999). *Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship between Daylighting and Human Performance*. Hämtad från ERIC – Education Resources Information Center: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED444337.pdf>

Holmström, N. & Lindholm, G. (2011). *Företagsekonomi: från begrepp till beslut*. (6. Uppl) Stockholm: Bonnier utbildning

Hult, M. (2004). *Skapa sund innemiljö*. Stockholm: U.F.O.S -”Utveckling av Fastighetsföretagande i Offentlig Sektor”.

Håkansson, L. (2009). *Energi och miljöstudie, kontorshus och flerbostadshus*. Hämtad från Svensk planglasföreningens webbplats:  
[http://www.svenskplanglas.se/files/2015/01/rapport\\_energi\\_och\\_klimatanalys\\_ink\\_bilagor20091221.pdf](http://www.svenskplanglas.se/files/2015/01/rapport_energi_och_klimatanalys_ink_bilagor20091221.pdf)

Jensen Skarning, G., Anker Hviid, C. & Svendsen, S. (2017) The effect of dynamic solar shading on energy, daylighting and thermal comfort in a nearly zero-energy loft room in Rome and Copenhagen (Energy and Buildings 135, s. 302-311). Hämtad från [https://ac-els-cdn-com.proxy.lib.chalmers.se/S0378778816316851/1-s2.0-S0378778816316851-main.pdf?\\_tid=2180146c-c2ca-48e5-924e-0332c01f4ef9&acdnat=1553072659\\_f5afacc2ba5cc1270337576dcba46b84](https://ac-els-cdn-com.proxy.lib.chalmers.se/S0378778816316851/1-s2.0-S0378778816316851-main.pdf?_tid=2180146c-c2ca-48e5-924e-0332c01f4ef9&acdnat=1553072659_f5afacc2ba5cc1270337576dcba46b84)

Johnson, G. B., Kronvall, J., Lindvall, T., Wallin, A., & Lindencrona Weiss, H., (1990) *Hus och hälsa, Inneklimat och energihushållning*. Stockholm; Spångbergs Tryckeri AB.

Kim, G., Soo Lim, H., Sub Lim, T., Schaefer, L., Tai Kim, J., (2012). Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings (Energy and buildings, volume 46, mars 2012, s. 105-111). Hämtad från <https://www.sciencedirect-com.proxy.lib.chalmers.se/science/article/pii/S0378778811005032>

Lufttemperatur. I *Nationalencyklopedin*. Hämtad 2019-03-14 från <https://www-ne-se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/lufttemperatur>

Microshade. (u.å). Portfolio. Hämtad 2019-03-15 från <http://www.microshade.net/what-is-microshade.aspx>

Microshade. (u.å). [fotografi]. Hämtad 2019-03-15 från <http://www.microshade.net/portfolio.aspx>

Nationwide Louvre Company. (2019). Western Red Cedar Brise Soleil [Fotografi]. Hämtad från <https://www.flickr.com/photos/louvres/47536222531/in/photostream/> med tillstånd

Operativ temperatur. I *Nationalencyklopedin*. Hämtad 2019-02-18 från <https://www-ne-se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/operativ-temperatur>

Sageglass. (u.å). [Fotografi]. Hämtad den 2019-03-14 från <https://www.sageglass.com/en/products/sageglass-lightzone>

SWEDEN GREEN BUILDING COUNCIL. (2019). Vad är BREEAM-SE. Hämtad 2019-02-25 från <https://www.sgbc.se/certifiering/breeam-se/vad-ar-breeam-se/>

SWEDEN GREEN BUILDING COUNCIL. (2019). LEED. Hämtad 2019-03-04 från <https://www.sgbc.se/certifiering/leed/>

SWEDEN GREEN BUILDING COUNCIL. (2019). Vad är GreenBuilding. Hämtad 2019-03-04 från <https://www.sgbc.se/certifiering/greenbuilding/vad-ar-greenbuilding/>

SWEDEN GREEN BUILDING COUNCIL. (2019). Vad är Miljöbyggnad. Hämtad 2019-03-04 från <https://www.sgbc.se/certifiering/miljobygggnad/vad-ar-miljobygggnad/>  
Sweden Green Building Council. (2017). *Miljöbyggnad 3.0, Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader*. Hämtad från <https://www.sgbc.se/app/uploads/2018/07/Milj%C3%B6byggnad-3.0-Nyproduktion-vers-170915.pdf>

Swema. (u.å). Measuring instruments. Hämtad 2019-03-14 från <https://swema.com/>

Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur AB

WORLD GREEN BUILDING CONCIL. (2013). The Business Case for Green Building: A Review of the Costs and Benefits for Developers, Investors and Occupants. Hämtad 2019-03-04 från <https://www.worldgbc.org/news-media/business-case-green-building-review-costs-and-benefits-developers-investors-and-occupants>

## 8 Bilagor

### Bilaga 1: Resultat från IDA ICE för världslitteraturhuset.

Zones		Room												
Zone	Group	Zone multiplier	Min temp, °C	Max temp, °C	Min op temp, °C	Max op temp, °C	Max heat supplied, W/m2	unit heat, W/m2	Max heat removed, W/m2	Room unit cool, W/m2	Dry vent cool, W/m2	Max sup airflow, L/(s m2)	Max rtn airflow, L/(s m2)	Max solar gain, W/m2
Plan 4, hörn mot söder	Plan 4	1	19.7	21.12	19.42	21.2	11.29	11.63	1.299	0	5.148	2.006	2	36.93
Plan 3	Plan 3	1	17.84	19.77	17.59	19.9	6.327	3.515	0.7394	0	1.858	2.007	2.013	36.51
Plan 4, långsida	Plan 4	1	23.5	24.01	23.47	24.44	0	0	37.04	12.26	12.17	2.007	1.969	34.56
Plan 5	Plan 5	1	20.98	21.5	20.89	21.66	7.302	14.75	8.823	0	6.08	2.007	1.991	33.86
Entréplan	Entréplan	1	21.57	24.05	21.5	24.89	0	0	44.43	23.28	12.27	2.007	1.984	103.2
Entréplan, Pressbyrå	Entréplan	1	20.29	22.67	19.97	22.95	7.741	10.95	12.19	0	8.912	2.007	1.996	87.63
Entréplan, väntrum	Entréplan	1	20.95	24.08			24.36	28.85	35.31	22.5	12.32	2.007	1.993	148.6
Entréplan, Subway	Entréplan	1	20.98	24.2	20.77	25.55	0	7.554	61.11	45.09	12.63	2.007	1.99	182.1
Zone 1	Plan 1	1	21	21	20.63	20.7	7.842	14.48	0	0	4.867	2.007	1.991	0
Total														

### Bilaga 2: Resultat från IDA ICE för världslitteraturhuset.

Energy balance (sensible only)												BILAGA 2. Sid 2(2)	
	Envelope & Thermal bridges, kWh	Internal Walls and Masses, kWh	Window & Solar, kWh	Mech. supply air, kWh	Infiltration & Openings, kWh	Occupants, kWh	Equipment, kWh	Lighting, kWh	Local heating units, kWh	Local cooling units, kWh	Net losses, kWh		
Total	-268.2	-108.9	1.3	-95.3	-0.5	160.3	46.4	54.2	221.3	-11.6	0.7		
During heating	-234.8	-63.6	-56.7	-73.5	-0.5	133.4	34.6	39	221.3	0	0.7		
During cooling	-23.4	-37.2	47.7	-15.3	0	21	7.9	10.9	0	-11.7	0		
Rest of time	-9.9	-8.1	10.3	-6.5	0	5.9	3.9	4.3	0	0.1	0		
<b>Delivered Energy</b>													
Meter	Total, kWh	Per m2, kWh/m2	Peak demand, kW	Cost	CO2 Emission, kg	Primary energy, kWh							
Lighting, facility	54.23	0.0498	2.259										
HVAC aux	84.37	0.07748	3.541										
District cooling	13.73	0.01261	2.342										
District heating	593.6	0.5451	31.34	425.8									
Equipment, tenant	46.42	0.04263	1.934										
Total	792.4	0.7276	41.42	425.8	0	0							

# Bilaga 3: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Pressbyrån.

isbyrån  
Undersökning av inomhusklimat  
Bilaga 3 . Sidi(2)

## Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårt sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valde solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- 1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: Beror oxa på vädret.

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

Nej.

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: Varje ggr det e sol, står rakt in i vårt fönster.

ressbyrå

## Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- 1    2    3    4    5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: Beror oxa på vädret.

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

Nej.

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: Känje ggr. det e sol, står rakt in i vårt fönster.

## Bilaga 4: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Pressbyrån.

Undersökning av inomhusklimat Bilaga 4. Sid 1(2)

byrån

### Undersökning av inomhusklimat

läser vårt sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället i ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?  
Markera endast en oval.

Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?  
Markera endast en oval.

1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.  
Markera alla som gäller.

För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

Nej

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.  
Markera endast en oval.

Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

www.renform.se/1X156YVillh04kNDR\_8VGT0z0Bv35\_vFJDbRZURWW9TUledit 1/2

15

Undersökning av inomhusklimat

Bilaga 4. Sid 2 (2)

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

Ja, det är optimalt.

Tillhandahålls av  
Google Forms

# Bilaga 5: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Biblioteket.

5

Undersökning av inomhusklimat

Bilaga 5. Sid 1(2)

oteket

## Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- 1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

Vi har inget sol-skydd.

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

25

Undersökning av inomhusklimat

Bilaga 5. Sid 2(2)

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

Nej, om det med solskydd är certifierat så hade det varit optimalt om man kunde vinkla dem, och styra ljusinsteg.

Tillhandahålls av  
Google Forms

# Bilaga 6: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Biblioteket.

steket

Undersökning av inomhusklimat

Bilaga 6. Sid 1 (2)

## Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- 1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: för barnavd.

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

Nej!  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: Plan 1 vid datorerna

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

Nej! För mycket sol på fönster fel ställe

## Bilaga 7: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Biblioteket.

Undersökning av inomhusklimat Bilaga 7. Sid 1(2)

teket

### Undersökning av inomhusklimat

läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället i ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?  
Markera endast en oval.

Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?  
Markera endast en oval.

1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.  
Markera alla som gäller.

För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

Nej, inte alls

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.  
Markera endast en oval.

Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: Serief att jobba vid disken på plan 2 när det är soligt

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

Nej ja för varlden  
blir det ikländ.

## Bilaga 8: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Biblioteket.

ket

Undersökning av inomhusklimat

Bilaga 8. Sid 1 (2)

### Undersökning av inomhusklimat

Under vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- 1 2 3 4 5

Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

Nej!  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

---

---

---

---

## Bilaga 9: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

1:25

Undersökning av inomhusklimat Bilaga 9. Sid 1 (2)

ubway

### Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- 1    2    3    4    5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

Nej!  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tillhandahålls av  
 Google Forms

## Bilaga 10: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

5  
jbyway

Undersökning av inomhusklimat Bilaga 10. Sid 1(2)

### Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- 1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

Nej

---

---

---

---

# Bilaga 11: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

-25

Undersökning av inomhusklimat Bilaga 11. Sid 1(2)

Subway

## Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka förekomst  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- 1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

-25

Undersökning av inomhusklimat Bilaga 11. Sid 2(2)

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

Bar Axis när hus är klart

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Tillhandahålls av  
Google Forms

# Bilaga 12: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

Undersökning av inomhusklimat Bilaga 12. Sid 1 (2)

bway

### Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. **Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?**  
Markera endast en oval.

Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. **Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?**  
Markera endast en oval.

1   2   3   4   5

3. **Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.**  
Markera alla som gäller.

För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. **Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. **Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.**  
Markera endast en oval.

Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

15 Undersökning av inomhusklimat Bilaga 12. Sid 2 (2)

6. **Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!**

När husen mitt emot är klara så försvinner problemet.

\_\_\_\_\_

# Bilaga 13: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

2019-02-25 Undersökning av inomhusklimat

Biblioteket Bilaga 13. Sid 1 (2)

### Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?  
Markera endast en oval.

Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?  
Markera endast en oval.

1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.  
Markera alla som gäller.

För varmt!  
 För kallt! NÄR VI INTE HAR BARN I LOKALEN FOKUSER MAJORITETEN AV MEDARBETARNA. VI HAR OFTA STICKEAR FRÖSTA + FELT / SJAL/HALSBUK. PLAN 4 BILDITALEMMUMSTREK  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

NEJ.

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.  
Markera endast en oval.

Ja NÄR SOLEN LYSDR VÄTT IN, KAN AVHÄLPA M. ÖRNINGEN.  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

[https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIH4e4NDR\\_8VGTxzcBy35\\_vFJDbRZURWWWTU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIH4e4NDR_8VGTxzcBy35_vFJDbRZURWWWTU/edit) 1/2

2019-02-25 Undersökning av inomhusklimat Bilaga 13. Sid 2 (2)

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

KAN SKA INTE OPTIMAL. → SYFTAR NI PÅ YTTREKERT PÅ FASADEN? KIBBORAMA I ROSTIG FÄRG? BASTRAN MIT SVAR PÅ DET  
DEI ÄR SÖRGET OCH PRAKTISKT ATT INTE BEHÖVA FÄRJA UT I N. MAXISER. DAG HJÄLPER DE INTE JAGNA VINTER. KAN ÖSKA  
TÄNKA MED ATT DET KAN BLI VÄRTI PÅ SOMMAREN DÄR DE INTE GÖR SKULLA PÅ SAMMA SÄTT SOM EN FÄRJA.

Tjänsthandels av Google Forms

[https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIH4e4NDR\\_8VGTxzcBy35\\_vFJDbRZURWWWTU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIH4e4NDR_8VGTxzcBy35_vFJDbRZURWWWTU/edit) 2/2

# Bilaga 14: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

2019-02-25 Undersökning av inomhusklimat

Biblioteket Bilaga 14. Sid 1 (2)

### Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?  
Markera endast en oval.

Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?  
Markera endast en oval.

1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.  
Markera alla som gäller.

För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: Särskilt plan 2

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

Nej

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.  
Markera endast en oval.

Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: Nästan dagligen

[https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIhH4e4NDR\\_9VGTxczBy35\\_vFJD6RZURWW9TU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIhH4e4NDR_9VGTxczBy35_vFJD6RZURWW9TU/edit) 1/2

2019-02-25 Undersökning av inomhusklimat Bilaga 14. Sid 2 (2)

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna!

Nej. Bkr ofta bländad.

Tillhandahålls av  
Google Forms

[https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIhH4e4NDR\\_9VGTxczBy35\\_vFJD6RZURWW9TU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIhH4e4NDR_9VGTxczBy35_vFJD6RZURWW9TU/edit) 2/2

# Bilaga 15: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

2019-02-25 Undersökning av inomhusklimat

Biblioteket Bilaga 15. Sid 1 (2)

### Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?  
Markera endast en oval.

Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?  
Markera endast en oval.

1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.  
Markera alla som gäller.

För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: *Särskilt i arbetsrummet på plan 5*

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

*Nej*

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.  
Markera endast en oval.

Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

[https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YtIH-04eNDR\\_8VGTxzcBy35\\_vFJD6RZURWW9TU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YtIH-04eNDR_8VGTxzcBy35_vFJD6RZURWW9TU/edit) 1/2

2019-02-25 Undersökning av inomhusklimat

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna! Bilaga 15. Sid 2 (2)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tillhandahålls av  
Google Forms

[https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YtIH-04eNDR\\_8VGTxzcBy35\\_vFJD6RZURWW9TU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YtIH-04eNDR_8VGTxzcBy35_vFJD6RZURWW9TU/edit) 2/2

# Bilaga 16: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

2019-02-25

Undersökning av inomhusklimat

Biblioteket

Bilaga 16. Sid 1 (2)

## Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- J A? 1 2 3 4 5 N E J?

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

J A, fönsterna gör att man  
måste titta rakt ut för  
att få utsikt, gör ej att  
titta i sidled

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

[https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIhH44NDR\\_9VGTxzcBy35\\_vFJDbrZURWW9TU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIhH44NDR_9VGTxzcBy35_vFJDbrZURWW9TU/edit)

1/2

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna! Bilaga 16. Sid 2 (2)

*Nej, vi har kompletterat  
med gardiner*

Tillhandahålls av  
 Google Forms

# Bilaga 17: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

2019-02-25

Undersökning av inomhusklimat

Bilaga 17. Sid 1 (2)

Biblioteket

## Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?

Markera endast en oval.

- Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?

Markera endast en oval.

- 1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.

Markera alla som gäller.

- För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

NEJ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.

Markera endast en oval.

- Ja PLAN I HAR YSINSLÄPP SA ATT JAG MÅNFA  
 Nej GÖR BEÄNDAC VID DATOEN  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

[https://docs.google.com/forms/d/1X156YyIHc44NDR\\_8VGTxzcBy35\\_vfJD8RZURWW9TU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1X156YyIHc44NDR_8VGTxzcBy35_vfJD8RZURWW9TU/edit)

1/2

2019-02-25

Undersökning av inomhusklimat

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna! Bilaga 17. Sid 2 (2)

NEJ!  
ÄR DE TILLRÄCKLIGT VINKLADE  
FÖR ATT KUNNA KALLAS  
SOLSKYDD?

Tillhandahålls av  
 Google Forms

[https://docs.google.com/forms/d/1X156YjllHo4eNDR\\_9IVGTxzcBy35\\_vFJD6RZURWW9TU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1X156YjllHo4eNDR_9IVGTxzcBy35_vFJD6RZURWW9TU/edit)

2/2

# Bilaga 18: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

2019-02-25 Undersökning av inomhusklimat Bilaga 18. Sid 1 (2)

Biblioteket

### Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. **Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?**  
Markera endast en oval.

Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. **Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?**  
Markera endast en oval.

1 2 3 4 5

3. **Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.**  
Markera alla som gäller.

För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. **Upplevs soleskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. **Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.**  
Markera endast en oval.

Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

[https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIH04sNDR\\_9iVGTxzcBy35\\_vFJD6RZURiWW9TU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1XIS6YyIH04sNDR_9iVGTxzcBy35_vFJD6RZURiWW9TU/edit) 1/2

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna! Bilaga 18. Sid 2 (2)

Nej

Tillhandahålls av  
Google Forms

## Bilaga 19: Svar från enkät för världslitteraturhuset vid Subway

2019-02-25 Undersökning av inomhusklimat

Biblioteket Bilaga 19. Sid 1 (2)

### Undersökning av inomhusklimat

Vi läser vårat sista år på utbildningen Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och skriver för tillfället ett ex-jobb om solavskärmning. Vi är intresserade av hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats, och hur den valda solavskärmningslösningen påverkar dig i vardagen.

1. Upplever du att det ofta släpps in för lite naturligt ljus, så att lampor behöver tändas onödigt ofta eller på onödigt hög styrka?  
Markera endast en oval.

Ja, dagligen  
 Ja, någon gång i veckan  
 Ja, enstaka företeelse  
 Nej, aldrig

2. Upplevs solavskärmningen som ett störningsmoment under arbetsdagen?  
Markera endast en oval.

1 2 3 4 5

3. Upplever du att det är för kallt/varmt under arbetsdagen? Om så är fallet, specificera gärna under vilka förhållanden.  
Markera alla som gäller.

För varmt!  
 För kallt!  
 Lagom  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

4. Upplevs solskyddet som ett hinder för utsikten? Om ja, specificera hur det stör

*Lite osäker på  
Vad ni menar med  
solskydd, men av det  
paulen så ja, den  
hindrar så klart utsikten.*

5. Tycker du att solen upplevs störande pga bländning? Om ja, utveckla gärna kring hur ofta, hur mycket det stör osv.  
Markera endast en oval.

Ja  
 Nej  
 Ibland  
 Övrigt: \_\_\_\_\_

[https://docs.google.com/forms/d/1X156Y8H4sNDR\\_9IVGTz2zBy35\\_vFJDbRZURWW8TU/edit](https://docs.google.com/forms/d/1X156Y8H4sNDR_9IVGTz2zBy35_vFJDbRZURWW8TU/edit) 1/2

6. Upplever du den nuvarande solskyddslösningen som optimal? Förklara gärna! Bilaga 19. Sid 2 (2)

Jag vet nog lite  
täv lite om alternativa  
lösningar för att  
undvika svava. Men  
upplever inte att panelen skyddar så bra.

Tillhandahålls av  
 Google Forms

## Bilaga 20: Simulering i IDA ICE med 50 graders L-lameller och ett glas med $g=0,26$ , $U=0,7$ och $LT=0,54$ , utan gardin

Zones										Bilaga 20, Sid 1(1)				
Zone	Group	Zone multiplier, M	Min temp, °C	Max temp, °C	Min op temp, °C	Max op temp, °C	Room		Max heat removed, W/m <sup>2</sup>	Room unit cool, W/m <sup>2</sup>	Dry vent cool, W/m <sup>2</sup>	Max sup airflow, L/(s m <sup>2</sup> )	Max rtn airflow, L/(s m <sup>2</sup> )	Max solar gain, W/m <sup>2</sup>
							Max heat supplied, W/m <sup>2</sup>	unit heat, W/m <sup>2</sup>						
109	BARNVAG	1	21.24	25.07	21.35	27.38	0	0	142.9	119.5	19.75	2.013	1.975	184.7
224	ATELJE	1	23.93	25.04	24.29	26.92	0	0	86.77	62.15	19.7	2.013	1.961	107.2
Zone 1		1	24.97	25.03	25.47	27.2	0	0	85.35	60.4	19.69	2.014	1.957	83.35
Zone 5		1	23.98	25.03	24.48	26.49	0	0	52.57	28.14	19.7	2.013	1.96	49.9
Zone 2		1	24	25.03	24.34	26.97	0	0	106.6	84.42	19.71	2.014	1.961	134.9
Zone 6		1	24.8	25.02	25.22	26.86	0	0	71.63	47.85	19.69	2.014	1.958	75.79
Zone 8		1	21.21	25.09	21.51	26.16	0	0	32.64	12.32	19.78	2.013	1.976	45.72
Zone 9		1	24.92	25.03	25.35	27.05	0	0	78.31	55.06	19.7	2.014	1.957	84.12
Zone 10		1	24.98	25.01	25.54	26.65	0	0	59.31	35.59	19.69	2.013	1.957	50.91
Zone 3		1	24.78	25.04	25.17	27.07	0	0	88.03	64.99	19.7	2.012	1.957	96.47
Zone 4		1	21.01	25.4	21.05	26.54	14.32	0	149.8	118.8	20.52	2.013	1.977	115.9