

scapartner 09081000



Veileder for utforming av glassfasader



Varenr.: 20007

 enova



STATENS BYGNINGSTEKNISKE ETAT



STATSBYGG

Forord

Erfaringer viser at kontorbygninger som benytter lokal kjøling har betydelig større energibruk pr. m² pr. år enn sammenlignbare kontorbygninger uten kjøling.

På oppdrag fra Enova, BE og Statsbygg har Erichsen & Horgen AS utført en analyse for å kartlegge hvordan en fasade kan gis en optimal utforming med hensyn på energibruk, samtidig som rommene innenfor fasaden har tilstrekkelig dagslys og tilfredsstillende inneklima.

Denne veilederen har tatt utgangspunkt i analysen og har som mål å bistå byggherrer, arkitekter og rådgivere som med forskjellig utgangspunkt påvirker utformingen av fasaden.

Rapporten er utarbeidet av Marit Smidsrød og Ida Bryn, Erichsen & Horgen AS. Bak arbeidet har det vært en arbeidsgruppe som har bestått av

| | |
|-----------------------|---|
| Barbara Matusiak | NTNU |
| Brita Dagestad | Statens bygnings- tekniske etat (BE) |
| Inger Marie Oftebro | Statsbygg |
| Anne Gunnarshaug Lien | Enova SF |
| Margrethe Maisey | NAL/ECOBX (tidligere NABU) |

Rapporten er bearbeidet av Rolf Hagen MNAL, Context AS.

Utgitt Mai 2007

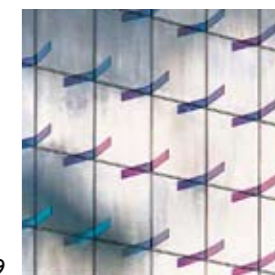
Forside: Glassfasade på Den Norske Opera i Oslo

De horisontale glassfinnene bryter kaldras uten bruk av stråleovner. Overskuddsvarme trekkes av i sjiktet mellom glass og solavskjerming.

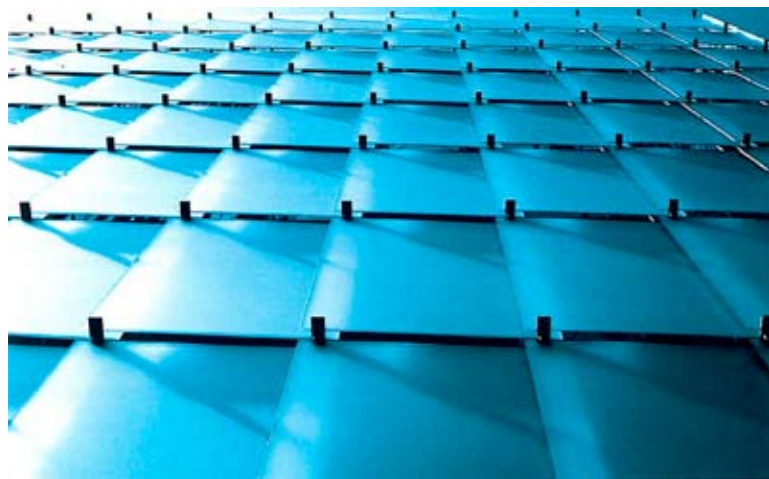
Arkitekt: Snøhetta AS
Energirådgiver: Erichsen og Horgen AS
Fotograf: Sølve Sundsbø

Innholdsfortegnelse

| | |
|-----------------------------|----|
| 1 Innledning | 4 |
| 2 Bakgrunn / teoretisk info | 5 |
| 3 Dagslys | 6 |
| 4 Klimakrav | 8 |
| 5 Visuell komfort | 10 |
| 6 Energikrav | 12 |
| 7 Design prosess | 14 |
| 8 Fordypning | 16 |
| 9 Referanser | 18 |



1 Innledning



Kunsthhaus i Bregenz
Arkitekt: Peter Zumthor (1997)

I Kunsthaus i Bregenz utgjør fasaden en tydelig arkitektonisk identitet. Samtidig filtrerer og demper det satimerte glasset solinnstrålingen, og gir en diffus naturlig belysning i utstillingsarealene innenfor.

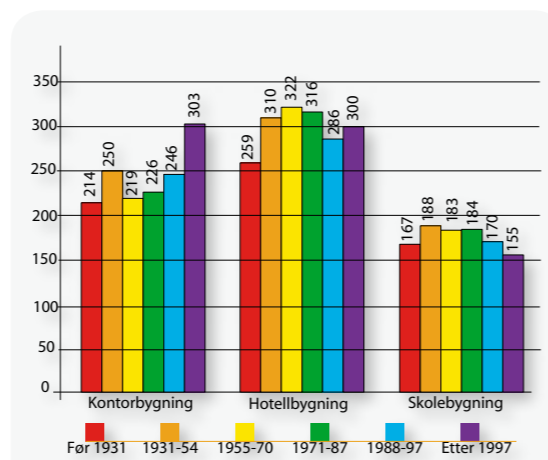
Facade Construction Manual, Birkhäuser, 2004

Energibruk i Norge

Arkitektur med utstrakt bruk av glass har medvirket til et betydelig kjølebehov i bygninger de senere år. De fleste moderne bygninger har derfor både ventilasjonskjøling og lokal romkjøling, der luften i rommet kjøles ned med en kjøleenhet eller "fan coils".

Erfaringer (Enova 2002) viser at kontorbygninger med lokal kjøling hvert år bruker rundt 50 kWh/m² (25 %) mer energi enn bygninger uten kjøling. Årsaken til det økte energibehovet i bygninger med kjøling er delvis kjølingen i seg selv, men det kan også være at bygningene med høyt kjølebehov har store glassarealer og derfor stort varmetap, samt bruker mye energi til strøm til utstyr.

Med utgangspunkt i statistikken fra Enova og erfaring med utstrakt bruk av lokal kjøling i moderne kontorbygninger, er tiltak for å unngå bruk av lokal kjøling analysert i denne veiledningen. Det er et mål at veiledningen brukes som et aktivt verktøy i prosjekteringsprosessen slik at fasadeutformingens betydning for bygningens totale energibehov synliggjøres.



Figur 1.1: Energibruk for bygninger i Enovas prosjektportefølje, sortert på byggeår. Hentet fra Enovas energistatistikk for 2003 //

Enova har gjennom flere år ført energistatistikk for ulike bygningskategorier relatert til byggeår. Statistikken er basert på målte data, sted-/gradkorrigert, men ikke korrigert for brukstid. Figur 1.1 viser utdrag fra energistatistikken fra 2003 med total energibruk for tre hovedkategorier av bygninger. Vi ser at energibruken i kontorbygninger har økt betydelig etter revisjonen av plan- og bygningslovens tekniske forskrift i 1997, mens energibruken for skolebygninger er redusert.

Revisjonen av Pbl i 1997 satte et krav til begrenset energibruk til oppvarming av rom og til oppvarming av ventilasjonsluften, men ikke til lokal kjøling. Skolebygninger har sjelden eller aldri lokal kjøling, noe som kan være en forklaring på hvorfor forskriften har hatt effekt på skolebygninger. For nye kontorbygninger er derimot lokal kjøling blitt mer og mer vanlig. Dette forårsaker et betydelig energibruk i tillegg til oppvarming av bygningen og ventilasjonsluften. Ut fra den økte energibruken for nye kontorbygninger som figur 1.1 viser, ser det derfor ikke ut til å være tilstrekkelig å sette krav til bare to av energibrukspostene i kontorbygninger - en begrensning også i bruk av lokal kjøling ser ut til å være nødvendig. Dette er nå innført i revisjonen av Pbl februar 2007.

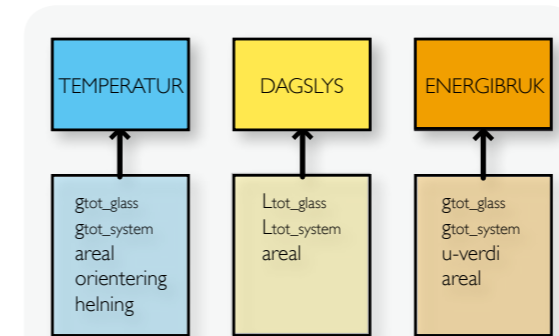
2 Begreper og teori

Bakgrunn

Fasaden utgjør bygningens klimaskall, og den utveksler energi med omgivelsene på flere måter. Solinnstråling tilfører bygningen lys og varme, samtidig som energi slippes ut gjennom varmestråling, luftlekkasjer og transmisjon.

Direkte og indirekte solinnstråling tilfører bygninger betydelig varme, og en analyse av muligheten for å unngå bruk av lokal kjøling krever en oversikt over all varme som tilføres rommet. Både rommets internbelastning og varmen som solstråling gjennom fasaden bidrar med må beregnes.

Fasadeutformingen påvirker energibruken i bygninger betydelig. Samtidig gir fasaden bygningen uvurderlige mengder dagslys. For å oppnå en optimal fasade med hensyn til energibruk, søker vi et ideelt krysningspunkt hvor rommene har tilfredsstillende dagslysforhold og inn klima, samtidig som bygningen har et lavt energibruk.



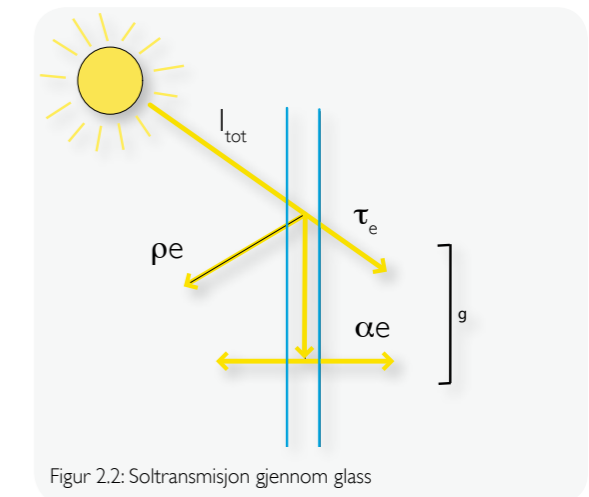
Figur 2.1 Glassegenskaper som påvirker temperatur, dagslys og energibruk i rom

Figur 2.1 viser hvilke faktorer i fasaden som påvirker temperatur, dagslys og energibruk og hvilke faktorer i fasaden som regulerer disse. Figuren viser at temperatur og energibruk påvirkes av glassets og solskjermingens soltransmisjon, mens dagslyset kun påvirkes av lystransmisjonen.

Ved utforming av en fasade vil behovet for innslipp av dagslys kreve en minstestørrelse på vindusarealet, mens behov for å kontrollere temperatur og energibruk inne vil sette en maksimumsstørrelse på vindusarealet. U-verdien på glasset og soltransmisjon begrenser akseptabelt areal.

Orientering er også av stor betydning. Vertikale sørfasader har størst solinnfall ved jevndøgn, mens øst og vestfasader er mest eksponert ved midtsommer når vi også har høye utetemperature. Øst og vestfasader er derfor spesielt kritiske i bygg uten ventilasjonskjøling

For å få en oversikt over energitilførselen gjennom fasaden er det nødvendig å definere begreper knyttet til solstråling gjennom fasaden. Figur 2.2 og tilhørende tabell presenterer de viktigste begrepene som benyttes i denne veilederen.



Figur 2.2: Soltransmisjon gjennom glass

| | |
|--------------------|---|
| I_{tot} | Total solstråling [W/m ²] |
| I_b | Direkte solstråling [W/m ²] |
| I_d | Diffus solstråling [W/m ²] |
| α | Solhøyde [°] |
| g_{tot_glass} | Solfaktor for glass [-] |
| g_{tot_system} | Solfaktor for glass og solskjerming sammen [-] |
| τ_{e_glass} | Direkte soltransmisjon gjennom glass [-] |
| τ_{e_system} | Direkte soltransmisjon gjennom glass og solskjerming sammen [-] |
| ρ_e | Refleksjon av direkte solstråling som treffer glasset [-] |
| α_e | Absorpsjon av solstråling som treffer glasset [-] |
| L_{tot_glass} | Lystransmisjon gjennom glass [-] |
| L_{tot_system} | Lystransmisjon gjennom glass og solskjerming sammen [-] |
| U_{glass} | Varmegjennomgangskoeffisient glass [W/m ² K] |

3 Dagslys



Reichstag, Berlin
Arkitekt: Foster and Partners, 1999

Dagslys har vist seg å være en vesentlig faktor både i forhold til trivsel og komfort. I tillegg kan bruk av dagslys være med på å redusere interbelastninger fra bruk av kunstig belysning, og dermed redusere kjølebehovet.

Dagslyssystemer varierer fra enkle åpninger til kompliserte reflektorløsninger. I Reichstag i Berlin kaster en stor speilkonstruksjon lys dypt ned i bygningskroppen.

Building Skins, Birkhäuser, 2006

Beskrivelse

Dagslys har vist seg å være en viktig faktor for trivsel, samtidig som enkelte forskningsprosjekter viser at dagslyset er med på å påvirke ytelsen. I CIE-rapporten "Principles of healthy lighting" understreker Jennifer Weitch betydningen lyset har for menneskelig fysiologi. Hun skriver at den daglige dosen av lys som de fleste mennesker fra vestlige land får, mest sannsynlig er for lav. For å øke brukernes trivsel og lage sunnere rom, vil høyere lysnivåer og /eller lengre eksponering for lys anbefales. Mengden lys er viktig, men den spektrale sammensetningen av lyset har også betydning. Rapporten konkluderer med at dagslys bør brukes i bygninger på en mye mer bevisst måte enn dagens praksis viser:

§ 8-35 Lys
".... For å oppnå tilfredsstillende dagslysforhold bør det prosjekteres ut ifra en gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet på 2%....."

I REN veiledning til teknisk forskrift er det gitt en anbefaling for dagslys i lokaler for varig opphold. Dette veiledningsmålet forutsetter et minimumsareal på vinduer i fasaden. Hvilke minimumsarealer som tilfredsstiller veiledningen avhenger blant annet av utformingen av rommene innenfor fasaden. Avstand til og høyde på nabobygninger er også avgjørende.

Solbeskyttende glass har lavere lystransmisjon enn klart glass og gir derfor lavere dagslysnivå ved samme areal. Det kan derfor være en motsetning i ønskene om å utnytte dagslys og samtidig beskytte mot solvarme.

Dagslysfaktor er definert som dagslysbelysning fra jevnt overskyet himmel i et punkt på en flate innendørs angitt i prosent av den samtidige belysningen på en uskjermet horisontal flate utendørs.

Byggherre – krav og kontroll

Fra byggherrens side kan det være aktuelt å stille krav til at dagslysfaktoren skal ha et minimumsnivå. Det kan i tillegg være aktuelt å stille krav til minimum lystransmisjon på vindusglasset.

Arkitekt - rådgivere

Minimumsstørrelse på vindusandel for å oppfylle kravet om minst 2% dagslysfaktor vil avhenge av lystransmisjon på glasset og om vinduene skjermer av bygninger eller glassgårder. Type rom som er innenfor fasaden samt eventuelt overheng utenfor vinduet har også betydning for minimumsstørrelsen.

Tabell 3.1 og 3.2 viser eksempler på minstestørrelser på glasset for cellekontor og landskap i et kontorbygg når bygningen ikke har nære nabobygninger. Begge beregningene forutsetter takhøyde på 3,1 m og en utvendig hindring på 10°.

| CELLEKONTOR (5 m romdybde) | Minimums glassareal % glass / gulvareal | |
|-------------------------------|--|-------------------|
| | Vertikalt vindu | Horisontalt vindu |
| Lystransmisjon glass | | |
| 0,75 | 10,7 | 11,7 |
| 0,50 | 16,7 | 16,7 |

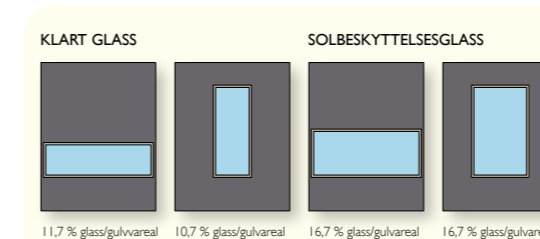
Tabell 3.1: Minimums glassarealer for å tilfredsstille forskriftens dagslyskrav til cellekontor

| KONTORLANDSKAP (15 m, tosidig belyst) | Minimums glassareal % glass / gulvareal | |
|--|--|-------------------|
| | Vertikalt vindu | Horisontalt vindu |
| Lystransmisjon glass | | |
| 0,75 | 8,1 | 9,2 |
| 0,50 | 12,1 | 12,8 |

Tabell 3.2: Minimums glassarealer for å tilfredsstille forskriftens dagslyskrav til kontorlandskap

Tabellene viser hvordan nødvendig minstestørrelse på glassarealet varierer med lystransmisjon på glasset og om vinduene er plassert horisontalt eller vertikalt i fasaden.

Figur 3.1 viser en illustrasjon av størrelsene i tabell 3.1. Illustrasjonen viser hvordan man ved valg av klare glass får en gevinst ved å velge en vertikal utforming av vinduene, da dette gir en bedre dagslysutnyttelse. For solbeskyttende glass er gevinsten av denne utformingen minimal.

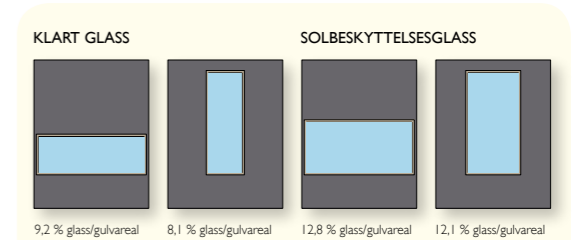


Figur 3.1: Minimumsstørrelse på vindusarealer for å tilfredsstille dagslyskravene i et cellekontor (5m romdybde)

Figur 3.2 viser en tilsvarende illustrasjon av størrelsene for kontorlandskap. Illustrasjonen viser den samme tendensen for kontorlandskap som det er for cellekontor. Gevinsten av en vertikal utforming på vinduene i et kontorlandskap vil være større enn for cellekontor. For kontorlandskap vil også gevinsten være størst for klare glass.

Den vertikale plasseringen av horisontale vinduer er også av betydning. Et høyt plassert vindu gir mer dagslys innover i rommet. Det er derfor i flere prosjekter benyttet en delt løsning, med et lavtsittende horisontalt utsiktvindu, og et høyttsittende vindu for dagslysinnslipp. En slik løsning sikrer et høyt dagslysnivå på vindusnære arbeidsflater, og samtidig et godt generelt dagslysnivå dypere i rommet.

Tabellene og illustrasjonene viser at lystransmisjonen har stor innvirkning på nødvendig minimums stør-



Figur 3.2: Minimumsstørrelse på vindusarealer for å tilfredsstille dagslyskravene i et kontorlandskap (15m romdybde, tosidig)

relser på glasset. Det er derfor viktig å vurdere lystransmisjon på glasset allerede ved utformingen av fasaden. Vinduer som er vertikale vil føre til større utnyttelse av dagslyset enn horisontale vinduer. Minimumsstørrelsene som er vist i tabellene vil ikke gjelde for kontorarealer mot glassgårder. Glassgårder stjeler mye dagslys - hvor mye avhenger av utformingen på glassgården. Det vil derfor være nødvendig at dagslysforholdene beregnes for hver enkelt glassgård.

Dersom dagslys skal utgjøre en vesentlig lyskilde, vil det være nødvendig med høyere dagslyskrav enn forskriftskravene, opp til en gjennomsnittlig dagslysfaktor på 5%. Dette vil kreve høy lystransmisjon på glasset og større glassareal. Det medfører imidlertid strengere krav til solskjerming og U-verdi.

I tillegg til å tilfredsstille kravet til dagslysfaktor bør det generelt søkes å oppnå fasader med høyest mulig lystransmisjon på glasset. Ved SBi (Statens byggeforskningsinstitutt i Danmark) er det undersøkt glass med lystransmisjon mellom 50% og 77% (0,50 og 0,77). Forskningsresultatene viser at glassets lystransmisjon påvirker visuell oppfatning i rommet. Glassene med høy lystransmisjon ble best mottatt, mens glass med lystransmisjon på 50% (0,50) opplevdes som ubehagelig og uakseptabelt for de fleste. Ifølge denne studien bør det generelt velges glass med høyere lystransmisjon enn 50%.



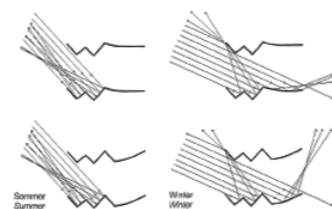
Dagslys som stemningsskaper - Taura Mariakloster

Arkitekter: Jensen & Skodvin Arkitektkontor as

4 Klimakrav



Detail 4 - 2004



Landesdenkmalamt, Esslingen, Tyskland

Arkitekt: Otilo Reutter; Esslingen

Lyslameller mellom glassene sender høy sommersonn ut igjen, mens lav vintersol reflekteres dypt inn i rommet og gir dagslys og varmer opp betonghimlingen, samtidig som nederste del hindrer blinding.

Beskrivelse

Det er flere faktorer som er viktige for å skape gode arbeidsforhold med hensyn til innneklima. Klimakrav kan omfatte både friskluftmengder i rom, minimal og maksimal operativ temperatur, samt temperaturasymmetri. Hvordan kravene tilfredsstilles vurderes ut fra bygningens energibruk, som igjen henger sammen med utformingen av bygningen og fasaden.

Byggherre – krav og kontroll

For innneklima vil ofte arbeidstilsynets veiledning til best. 444 legges til grunn for krav som blir stilt. Arbeidstilsynet gir anbefalinger om operativ temperatur i rom avhengig av type arbeid. De fleste personer fungerer best i området 20-23 °C

| Aktivitetsgruppe | Lett arbeid | Middels tungt arbeid | Tungt arbeid |
|------------------|-------------|----------------------|--------------|
| Temperatur °C | 19 – 26 | 16 – 26 | 10 – 26 |

Tabell 4.1: Operativ temperatur fra Arbeidstilsynets best. 444

Kravene i tabell 4.1 kan vanligvis tilfredsstilles med kjølt ventilasjonsluft supplert med lokal kjøling. Erfaringer viser at ventilasjonskjøling gir små utslag i energibruk, mens lokal kjøling fører til et mye høyere forbruk. Det er derfor et mål å unngå lokal kjøling.

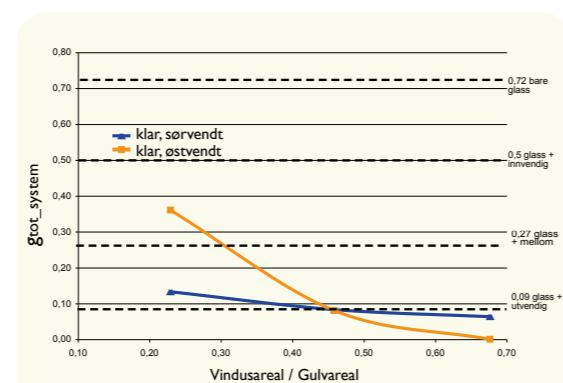
Et mål om at klimakravene skal oppfylles uten bruk av lokal kjøling fører til at det er nødvendig å kontrollere fasadens egenskaper. Egenskapene som er nødvendig å kontrollere er g_{tot_glass} og g_{tot_system} (ref. kapittel 2). Disse må kontrolleres i forhold til glassareal som er prosjektert. Hvilke g_{tot_glass} som bør velges vil avhenge av glassareal og fasaderetning. Hvilke g_{tot_system} som kan godtas vil avhenge av både glassareal, g_{tot_glass} og fasaderetning.

Valg av g_{tot_glass} vil også påvirke glassets lystransmisjon, L_{tot_glass} . En lavere g-verdi for klimakontroll vil også gi en lavere L-verdi, det vil si en lavere lystransmisjon. Det er derfor viktig å se disse kravene i sammenheng

Arkitekt - rådgivere

Forutsettes det at temperaturkravene overholdes uten bruk av lokal kjøling, er det viktig at fasaden utformes slik at den ikke bidrar til å heve temperaturen inne. Dette fører til at det er nødvendig å definere fasadens egenskaper. Hvor mye sol kan slippe inn i rommet uten at temperaturen stiger over grenseverdiene som er satt?

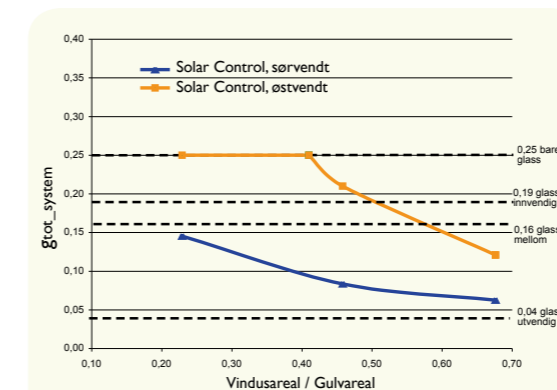
g_{tot_glass} beskriver hvor stor andel solstråling som slipper inn i rommet bare via glasset. g_{tot_system} er en verdi som beskriver hvor stor andel av solstråling som slipper inn i rommet gjennom glasset og solskjermingen til sammen. Hvilken g-verdi for glass alene, og for glass og solskjerming sammen som kan tillates for at ikke fasaden bidrar til å heve temperaturen over gitte grenser, vil variere med glassareal, romstørrelse, interbelastning, reguleringsstrategier og glasstype.



Figur 4.1: Maksimum g_{tot_system} som funksjon av forholdstallet mellom glassareal og gulvareal for klart glass med lik 0,72 for cellekontor

Figur 4.1 viser maksimum g_{tot_system} som funksjon av forholdstallet mellom glassareal og gulvareal for et cellekontor med klart energiglass, og gjelder for Osloklimate.

Fra figur 4.1 kan vi se at det alltid er behov for utvendig solskjerming på en sørfasade. For østfasaden vil glassarealer på over 30% av gulvarealet føre til behov for utvendig solskjerming. For glassarealer under 15% holder det med innvendig solskjerming.



Figur 4.2: viser maksimum g_{tot_system} som funksjon av forholdstallet mellom vindusareal og gulvareal for et cellekontor med solbeskyttende glass, også dette gjelder for Osloklimate

Ved større vindusandel enn 46% med klare glass vil komfortkravet ikke kunne oppfylles verken mot sør eller øst.

Fra figur 4.2 kan vi se at en sørfasade har behov for utvendig solskjerming også ved solbeskyttende glass når vindusandelen er større enn 20%. Ved mindre enn 20% vinduer kan en benytte mellomliggende solskjerming, og ved vindusandel under 10% er innvendig solskjerming tilstrekkelig. For østfasaden vil glasset alene gi tilfredsstillende reduksjon av solinnstråling opp til vindusarealer som utgjør ca 42% av gulvarealet. Dette er beregnet ut fra et krav om å oppfylle operativ temperatur i skyggen. For å oppnå tilfredsstillende operativ temperatur i sola vil det være behov for innvendig solskjerming i tillegg til det solbeskyttende glasset.

Verken figur 4.1 eller figur 4.2 vil være universelle for prosjektering av fasader. De er laget for et gitt cellekontor, men er likevel et representativt eksempel på hvordan g_{tot_system} vil variere i forhold til vindusareal og glassvalg. Ved vurdering i konkurranser kan disse figurene brukes som retningslinjer for nødvendig g_{tot_system} for å utforme energiriktige fasader. Når fasaden skal detaljprosjekteres vil det være nødvendig med beregninger i hvert enkelt tilfelle.

Cellekontor kontra kontorlandskap

I kontorbygninger vurderes bruken av rommene ved prosjekteringen av bygningen. Bør bruken av bygningen vurderes opp mot utformingen av fasadene også? Vil bruken av rommene få betydning for utforming av fasaden?

I kapittel 3 som betrakter konsekvensen av dagslyskrav viser figur 3.2 og tabell 3.2 at kontorlandskap trenger mindre glassareal for å oppfylle dagslyskravet i teknisk forskrift enn tradisjonelle cellekontor.

Ved behandling av termisk komfort og dens konsekvens for fasadeutformingen er kun cellekontor vurdert. Begrunnelsen for dette er at cellekontor gir de strengeste tekniske kravene til utforming av fasaden. Hvis rommet innenfor fasaden er et kontorlandskap tillates det høyere g-verdi og større vindusareal samtidig som kravet til operativ temperatur uten installasjon av lokal kjøling tilfredsstilles.

Kontorlandskap har store volumer innenfor fasaden, og dette fører til at mengden solinnslipp som kan tillates vil være større enn for en cellekontorløsning. Samtidigheten av bruken av lokalene vil ikke være 100% for kontorlandskap, mens cellekontor må dimensjoneres ut fra at en person

vil oppholde seg i kontoret i åtte timer minus lunsj. Dette innebærer at en fasade som utformes under forutsetning av at det skal være et kontorlandskap innenfor, vil akseptere høyere g-verdi enn fasader som utformes for cellekontor.

Moderne kontorbygninger bygges ofte om etter kort tid, enten fra kontorlandskap til cellekontorløsning eller omvendt. Dersom fasaden utformes ut fra bruksområdet kontorlandskap, vil en ombygging til en cellekontorløsning senere føre til behov for installasjon av lokal kjøling. Dette vil føre til økt energibruk. Hvis fasaden derimot utformes etter bruksområdet cellekontor, vil dette gi en fleksibel bygning, sett fra et energibruksperspektiv, hvor ombygging ikke fører til økt energibruk.

5 Visuell komfort



Romersk-katolsk kirke i Radebeul, Tyskland
Arkitekter: Staib Architekten og Günther Behnisch
Detail 4 - 2004

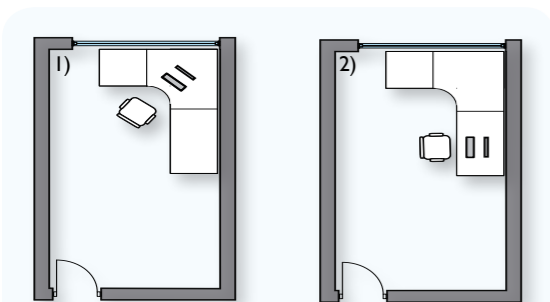
Dagslyset som stemningskaper kommer tydelig fram i denne kirken. Skiver av farget glass i fasadene reduserer blending samtidig som de forsterker opplevelsen av åpenhet i kirkerommet.

Beskrivelse

For de fleste arbeidsplasser er det ønskelig å fremheve arbeidsoppgaver ved å belyse dem sterkere enn omgivelsene, men for stor luminanskontrast i synsfeltet vil forårsake ubehagsblending og /eller synsedsettende blending. Luminanskontrast henviser til forskjellen i lysstyrke på flatene ved arbeidsplassen. Vindusflaten kan ofte ha en mye høyere lysstyrke enn vegger og bordplate. For å unngå blending er det viktig å stille krav til nødvendig minste lystransmisjon gjennom vindusflaten.

Byggherre – krav og kontroll

I REN veiledning til forskriften er det ikke gitt noen anbefalinger i forhold til visuell komfort. Gjennom prosjektet "Glass i fasader" som er arbeidet bak denne veiledningen, har vi kommet fram til denne generelle anbefalingen: I alle bygninger hvor PC skal brukes er det behov for bevegelige solskjermingssystemer hvor lystransmisjonen kan reduseres til 10% for solskjerming sammen med glass



Figur 5.1: To eksempler på plassering av arbeidsplass

Arkitekt – rådgivere

For å oppnå visuell komfort er det nødvendig å unngå blending på arbeidsplassen. Dette er spesielt

viktig i kontorbygninger hvor PC-er er hovedarbeidsverktøy. Dette gjøres ved å skape lav lystransmisjon gjennom fasaden, det vil si gjennom glass kombinert med solskjerming. Hvilken minste lystransmisjon som er nødvendig avhenger av plasseringen av arbeidsplassen. Figur 5.1 viser to alternative løsninger for dette.

Eksempel 1: En plassering av arbeidsplassen mot vinduet er mest utsatt for blending. For å unngå blending er det nødvendig med et bevegelig solskjermingssystem slik at den samlede lystransmisjonen for solskjerming sammen med glass kan reduseres til 10%. Dette medfører at fasaden må ha solskjerming og det stiller krav til hvilken solskjerming som velges.

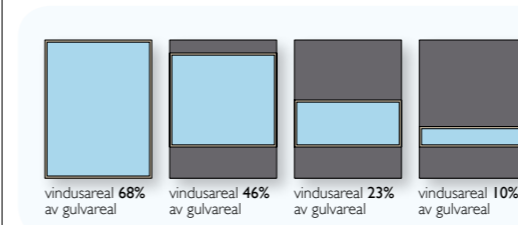
Avhengig av hvilket glass som velges, vil solskjermingens egen lystransmisjon kunne variere. Eksempelvis kan solskjermingens lystransmisjon være maksimalt 13% ved valg av glass med 75% lystransmisjon. Benyttes glass som har en lystransmisjon lik 50% kan maksimal lystransmisjon på solskjermingen være 20%. Uansett valg av glass vil maksimal lystransmisjon som tilfredsstiller kravet være lav, og tilsvarer utvendig solskjerming eller nesten tett innvendig solskjerming.

Eksempel 2: For denne plasseringen er det lettere å unngå blending. For vindusandel som er mindre enn 24% av gulvarealet er det tilstrekkelig å redusere den samlede lystransmisjonen ned til 22%.

For disse vindusarealene kan solskjermingens maksimale lystransmisjon være 29% ved glass med lystransmisjon lik 75%. Har glasset en lystransmisjon på 50% vil det være tilstrekkelig med en solskjerming med lystransmisjon lik 44%.

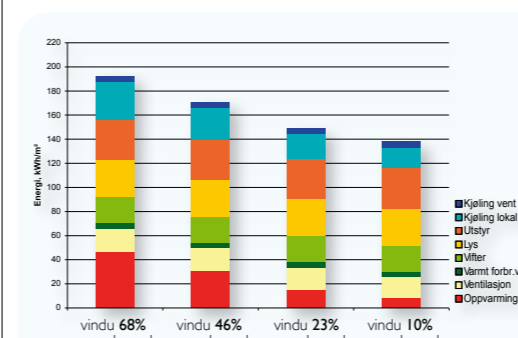
For vindusandel over 24% av gulvarealet er det nødvendig å kunne redusere lystransmisjonen til 10%, samme som for eksempel 1.

Fasaders betydning for inneklima og energibruk



Figur 5.2: Variasjoner i vindusareal

Denne infoboksen omhandler hvordan fasadeutforming påvirker inneklimaet og bygningers energibruk. Dette vil belyses gjennom variasjoner over vindusareal for et cellekontor på 11 m² gulvflate. Fasadene varieres med fire ulike vindusutforminger som gir forskjellig andel vindusareal i prosent av gulvarealet. Alle beregningene er gjort med vinduer som har 87% glassareal, dvs at 13 % av vindusåpningene er ramme og karm.

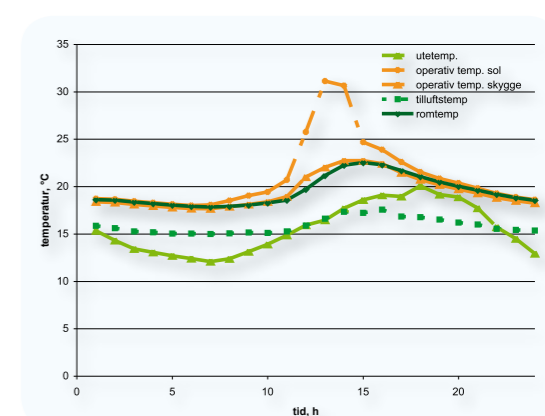


Figur 5.3: Energibruk for cellekontoret ved ulike vindusarealer

Figur 5.3 viser resultater fra beregning med de ulike vindusarealene fra figur 5.2. Det er ikke regnet med solskjerming i disse beregningene, og temperaturkravene i teknisk forskrift er tilfredsstillt ved bruk av lokal kjøling.

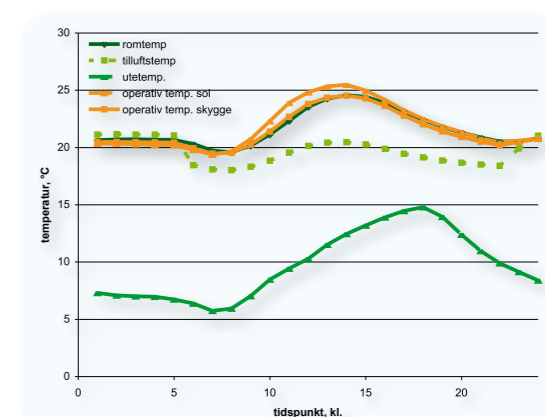
Figur 5.3 viser hvordan postene til oppvarming og lokal kjøling påvirkes av fasadeutforming. Fra det største vindusareal til det minste utgjør reduksjonen i disse to postene 53 kWh/m² hvert år. Av dette utgjør reduksjon i behovet for lokal kjøling kun 15 kWh/m². At forskjellen i energibruk til lokal kjøling ikke er større, skyldes blant annet at det er nødvendig med lokal kjøling for alle de fire eksemplene. Ved installasjon av lokal kjøling i en bygning, vil systemtap føre til at lokal kjøling har en grunnlast som allerede er høy uavhengig av valgt fasadeløsning. Den reelle gevinsten ved å fullstendig unngå lokal kjøling vil derfor være vesentlig større.

I teknisk forskrift stilles det krav til operativ temperatur i skyggen. I eksempelet som er presentert i dette avsnittet er det ikke brukt solskjerming. Dette fører til at arbeidsplassen ved vinduet vil være i sola og får direkte solstråling. Det vil derfor ikke være reelt å snakke om operativ temperatur i skyggen i dette tilfellet.



Figur 5.4: Temperaturer i sørvendt kontor hos Siemens på Linderud den 12.08.00. Sol, ingen solskjerming

Høsten 2000 ble det utført målinger av temperaturforhold med og uten solskjerming på et kontor hos Siemens på Linderud i Oslo. Her ble også operativ temperatur i sola registrert. Figur 5.4 viser resultat fra disse målingene, uten solskjerming. Figuren viser at den operative temperaturen i sola stiger over 30 °C samtidig som den operative temperaturen i skyggen bare er 23 °C.



Figur 5.5: Temperaturer i sørvendt kontor hos Siemens på Linderud den 12.09.00. Sol, innvendig solskjerming med lamellvinkel 45°.

Målinger fra kontoret med innvendig solskjerming er vist i figur 5.5. På denne figuren er det liten forskjell mellom den operative temperaturen i skyggen og i sola. Beregninger og målinger som er gjort av operativ temperatur i sola viser at operativ temperatur i skyggen bare forteller halve sannheten om termisk komfort hos en person som sitter ved fasaden. Selv om operativ temperatur i skyggen er tilfredsstillt ved våre beregninger, vil ikke nødvendigvis personer ved vindu uten solskjerming oppleve termisk komfort.

Betydningen av operativ temperatur i sola for å få et totalbilde over termisk komfort fører til et behov for å vite direkte soltransmisjon for både glass og solskjerming. Med opplysninger om disse verdiene kan operativ temperatur i sola beregnes og det kan gis et bedre bilde av termisk komfort på arbeidsplassen.

6 Energikrav



Nytt operahus i Oslo, Arkitekt: Snøhetta

Statsbygg satser på et operahus med lavest mulig driftskostnader og søker løsninger som gir lave energikostnader. Energieffektiv teknologi benyttes, sørfasaden har 450 m² wafere som forvandler

sollys til elektrisitet. Energibruken kjennetegnes ved at behovstyrt og energieffektiv distribusjon av ventilasjon, og integrert styring av lys, solskjerming, ventilasjon, varme og kjøling. Operaprojektet er med i EU-prosjektet ECO-culture; energieffektive kulturbygninger i Europa

Beskrivelse

Samlet energibruk i bygninger inndeles normalt i ulike forbruksposter, som vist i figur 5.3 (side 11). Postene representerer de ulike måtene bygningen utveksler energi med sine omgivelser på. Det er viktig også å ta hensyn til det samlede energiforbruket i forbindelse med utforming av fasadene.

Fasadeutformingen vil spesielt ha innvirkning på postene for oppvarming, kjøling og belysning. Figur 5.3 viser hvordan energibruken vil variere med endringer i glassarealene.

Byggherre – krav og kontroll

Erfaringer viser at det er enkelt å løse klimakrav ved installasjon av lokal kjøling, men det har vist seg å gi bygninger med et høyt energibruk. Å stille krav til at klimakrav skal tilfredsstilles uten bruk av lokal kjøling vil være et effektivt tiltak for å redusere energibehovet til bygningen. For å redusere energibruken ytterligere vil det være nødvendig med flere krav. Følgende krav kan være aktuelle:

1. Maks. U-verdi for vinduer, f.eks. 1,2 W/m²K
2. Krav til maksimal energibruk i bygget, f. eks. 165 kWh/m² pr år for kontorbygninger

Forslagene til U-verdi vindu og ramme for maksimal energibruk er hentet fra de nye forskriftskrav til energibruk i bygninger innført i februar 2007. Kravene vil gjelde for alle prosjekter f.o.m. august 2009. Ved krav til maksimal energibruk i bygningen, er det viktig at det stilles krav til hvilke driftstider, internbelastninger og settpunkt for oppvarming og eventuell kjøling som rammen skal gjelde for.

Regulering av varmeanlegget har vist seg å ha stor

betydning for total energibruk. Nattsenkning fører for eksempel til at glassbygninger får en gunstig energibruk ved teoretiske beregninger, mens vi vet at nattsenkning er et tiltak som er vanskelig å gjennomføre i praksis for glassbygninger. Dette skyldes at byggets ytterflater oppleves som kalde om morgenen. For å kompensere for dette heves lufttemperaturen og dermed øker energibruken til oppvarming. Det anbefales derfor ikke å legge nattsenkning som en forutsetning ved design av bygningen. Dette bør heller være en gevinst ved drift av bygningen senere.

Arkitekt - rådgivere

Krav til maksimal energibruk for bygningen krever kontroll ved beregninger. Det er viktig at beregningene er dokumentert slik som er vist i kap. 7. I konkurranser blir det ofte ikke gjort energiberegninger av bygningen. Det letteste å kontrollere vil da være vindusareal og U-verdi.

Revisjonen til Plan og bygningsloven 2007 stiller krav til maks. U-verdi for vinduer og dører på 1,2 W/m²K. Dette er U-verdi for hele vinduet, det vil si både glass og karm, og forutsetter en lavere U-verdi på selve glasset avhengig av hvilken ramme glasset har. Samtidig stilles det krav til at vindusarealet skal utgjøre maks. 20% av gulvareal.

For å kontrollere maksimal energibruk til bygningen i et forprosjektstadium vil det være nødvendig med beregningsresultater som dokumenteres (som vist i kap. 7). Disse kan utføres i beregnings-verktøy som er utviklet for å beregne bygningers energibruk og termiske forhold i bygninger.

Termisk masse i eksponerte bygningsdeler vil bidra til å utjevne temperatursvingninger i bygget og kan redusere behovet for kjøling.

Fleksible og energiriktige fasader

I Norge er det store variasjoner mellom årstidene. Solhøyden i Oslo kl. 12 i mars er 30°, mens på samme tidspunkt i juni er solhøyden 56°, og solstrålingen treffer dermed fasaden med stor variasjon i høyde. For å skjerme mot solstråling vil det ikke være tilstrekkelig med en fast horisontal skjerm, da solstrålingen store deler av året vil komme under denne skjermen. Dette viser at det er behov for fleksibel solskjerming.

Solinstråling inn gjennom vinduer vil både være et positivt og negativt bidrag til bygningens energibruk gjennom året. I vinterhalvåret vil solinnstråling gjennom vinduene gi et positivt varmetilskudd som det vil være gunstig å utnytte. I sommer-, vår- og høstperioden fører derimot soltilskuddet til for varme rom, og det er nødvendig å stenge solstrålene ute. En energigøkonomisk fasade vil derfor være en fasade som gir mulighet både for å utnytte solvarmen, og å stenge den ute.

Samtidig som solinnstrålingen varierer mye, er det også store variasjoner i dagslyset. Det er viktig at

fasaden utformes slik at den ikke hindrer dagslys i å slippe inn på overskyede dager. I mange tilfeller vil overopphetede rom kunne motvirkes med en solfilm på glasset. Disse hindrer ofte mye dagslys i å slippe inn, og vil redusere dagslysinnsippet uansett hvilke dagslysforhold det er utendørs.

På overskyede dager vil solinnstrålingen være i form av diffust lys. Diffust lys er solinnstråling fra skyene, og kommer rett ovenfra. Denne gir et viktig bidrag til dagslysnivået på overskyede dager, og vi ønsker ikke å skjerme mot denne. Et fast overheng vil for eksempel redusere innslipp av diffust lys.

Ved direkte solinnstråling på fasaden vil blending være et problem for bruken av rommene innenfor. Det er derfor viktig at fasaden utformes slik at det er mulig å unngå blending. Lyshyller og persiener kan for eksempel utnyttes til å reflektere lyset opp mot taket samtidig som det skjerms for direkte stråling til rommet.

En fleksibel fasade er en fasade som utnytter dagslyset best, hindrer blending og gir lavest behov for tilført energi i rommene innenfor.



Dobbel fasade, NTNU, Trondheim

Dobbelfasader kan være en velegnet strategi i nybygg, men også ved rehabilitering av eksisterende fasader. Et ytre glassjikt som beskytter den opprinnelige fasaden vil øke isolasjonsevnen og tettheten til veggen og redusere klimapåkjenningsene. Den varme luften bak glassjiktet vil for eksempel kunne benyttes til forvarming av ventilasjonsluft til bygget.

På NTNU på Gløshaugen i Trondheim er et nytt glassjikt etablert utenpå et eksisterende bygg. I tillegg til overnevnte funksjoner er det integrert solceller i noen av glassplatene. Solcellene produserer elektrisitet samtidig som de utgjør en solavskjerming for arealene bak fasaden.

Løsningen har en betydelig virkning på varmetap gjennom fasaden og dermed byggets samlede energiforbruk. På NTNU er samlet energibesparelse i oppvarmings sesongen beregnet til 7-8% av byggets totale oppvarmingsbehov.

NTNU, 2001

7 Designprosess



Politi- og brannstasjon, Berlin
Arkitekt: Sauerbruch + Hutton, 2004

Solavskjerming har en grunnleggende innvirkning på energiforbruket i bygninger, og er helt avgjørende for å realisere bygninger uten lokal kjøling. Solavskjermingen bør være justerbar, slik at det kan tilpasses varierende solvinkler og årstider. Dette åpner for individuell styring og god utnyttelse av dagslys og skjermingseffekt.

I denne politi- og brannstasjonen i Berlin inngår solavskjermingen som en del av det arkitektoniske formsvaret. Funksjon og arkitektur sys sammen i et integrert og tverrfaglig samspill.

Building Skins, Birkhäuser, 2006

Innledning

I prosjekteringen av en fasade må de fire til dels motstridende hensynene balanseres: dagslys, visuell komfort, energikrav og klimakrav. Målet er å finne det ideelle krysningspunktet mellom disse hensynene. Dette forutsetter en bevisst styring av hele designprosessen slik at relevante forhold tas opp og avklares til rett tid. Det er også avgjørende å definere tydelige mål og krav for fasaden.

Fasadens innvirkning på energibruken må vurderes så tidlig som mulig i et prosjekt, det vil si i konkurranse-, skisseprosjekt- eller forprosjektfasen. I disse fasene legges føringene for bygningens utforming, og det kan være vanskelig å gjøre store endringer i fasaden senere.

Prosjekteringsgruppen bør også samles så tidlig i prosessen som mulig, slik at nødvendig teknisk ekspertise er tilstede i gruppen for å ivareta ytelseskravene til fasaden før utformingen låses i for stor grad.

Det er samtidig viktig å legge opp til åpne, tverrfaglige samarbeidsformer, som legger til rette for et tett og konstruktivt samspill. Noen alternativer er verksteder, designcharetter og arbeidsmøter. Dette vil redusere omarbeid og gi de beste forutsetninger for å oppnå målene som settes.

Tabell 7.1 viser en oversikt over parametre for vinduer og hvordan disse bør vurderes ved utforming av fasaden. Tabellen kan benyttes som et pekepinn for arbeidet i de innledende prosjektfasene.

| Energiriktige fasader | |
|---|-------------------------|
| Vindusareal | Begrenses |
| U-verdi | Lav |
| g-verdi for glasset alene | Høy? |
| g-verdi for glasset og solskjerming sammen | Justerbar til lav verdi |
| Direkte soltransmisjon for glasset alene | Høy? |
| Direkte soltransmisjon for glasset og solskjerming sammen | Justerbar til lav verdi |
| Lystransmisjon for glasset alene | Høy |
| Lystransmisjon for glasset og solskjerming sammen | Justerbar til lav verdi |

Tabell 7.1: Oversikt over parametre for vinduer og hvordan disse bør vurderes

Proessen

Følgende veiledning gir et forslag til rekkefølge:

• Kartlegging/ programmering

Sette opp kriterier for fasaden

- dagslyskrav
- klimakrav
- visuell komfort
- energikrav

• Skisseprosjekt (evt. konkurransefase)

Vurdere fasaden ut fra prosjekteringskriteriene

• Forprosjekt

I denne fasen vil det være nødvendig med en beskrivelse av fasadeløsningen med tekniske opplysninger, g-verdi etc. Det kan også være aktuelt at arkitekten oppgir forholdstall mellom vindus-/gulvareal i typiske rom.

• Detaljprosjekt

Parametre for fasaden oppgis i beskrivelser med krav om at disse må dokumenteres av leverandør ved

en gitt tilstand. Det er spesielt viktig å stille krav til fasadens samlede g-verdi, $g_{\text{tot,system}}$.

• Oppføring

Dokumentasjon av tilbudte produkter må kontrolleres i forhold til oppgitte fasadeparametre.

Krav til leveranse

For å kunne kontrollere fasaden og bygningen i forhold til krav som er satt til energibruk og dagslysf forhold, er det viktig å stille krav til hva som leveres fra arkitekt og rådgivere i ulike faser av prosjektet.

Utforming av energiriktige fasader forutsetter at det stilles krav til fasaden og at ytelsen dokumenteres i forhold til dagslys, termisk komfort og energibruk

For å kunne beskrive disse faktorene, må følgende parametre dokumenteres:

$g_{\text{tot, glass}}$ (Total g-verdi for glasset alene)
 $g_{\text{tot, system}}$ (Total g-verdi for glasset og solskjerming sammen)
 Lystransmisjon for glasset alene
 Lystransmisjon for glasset og solskjerming sammen
 Direkte soltransmisjon for glasset alene
 Direkte soltransmisjon for glasset og solskjerming sammen
 U_g (U-verdi for vindu med glass og karm)

Beregning av energiramme

Når det settes en øvre grense for energibruk i bygningen er det også nødvendig med dokumentasjon av beregningsgrunnlaget i prosjekteringsfasen. Hvilke parametre som settes som reelle krav og hvilke som skal fastsettes av byggherren må avgjøres. Parametre som bør være satt fra byggherrens side er driftstider, settpunkt for oppvarming og kjøling, og internbelastning. Tabell 7.2 viser nødvendig dokumentasjon av forutsetningene for beregningene.

| | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Areal og volum | |
| Oppvarmet gulvareal | m ² |
| Oppvarmet luftvolum | m ³ |
| Yttervegg | m ² |
| Vinduer | m ² |
| Yttertak | m ² |
| Gulv | m ² |
| Konstruksjonsdata | |
| U-verdi yttervegg | W/m ² K |
| U-verdi yttertak | W/m ² K |
| U-verdi gulv | W/m ² K |
| U-verdi vindu | W/m ² K |
| g-verdi glass | - |
| g-verdi glass sammen med solskjerming | - |
| Aktivering solskjerming | W/m ² solstråling fasade |
| Infiltrasjon | oms/h |
| Internbelastning | |
| Belysning | W/m ² |
| Utstyr | W/m ² |
| Personer | W/m ² |
| Ventilasjon | |
| Luftmengde | m ³ /hm ² |
| Virkningsgrad gjenvinner | - |
| Tilluftstemperatur | °C |
| SFP (specific fan power) | kW/m ³ /s |
| Kjøling / oppvarming | |
| Settpunkt oppvarming | °C |
| Settpunkt kjøling | °C |
| Effekt lokal kjøling | W |
| Driftstider | |
| Ventilasjon | timer/dager/uker |
| Lys/utstyr | timer/dager/uker |
| Personer | timer/dager/uker |

Tabell 7.2: Dokumentasjon for beregning av energiramme

Designsenter i Linz
Arkitekt: Herzog + Partner, 1993

Solavskjerming kan plasseres mellom glassplatene i en fasadekonstruksjon. Elementene blir på denne måten klimabeskyttet, er enklere å bygge og installere. Det er også enklere å benytte sensitive elementer, for eksempel høyreflekterende overflater, microperforert avskjerming eller prismer som styrer dagslyset. Ulempen er at noe av solvarmen som reflekteres mellom glassjiktene fortsetter inn i bygningen gjennom varmetransmisjon. Solavskjerming mellom glassplatene er med andre ord ikke like effektivt som ren utvendig avskjerming.

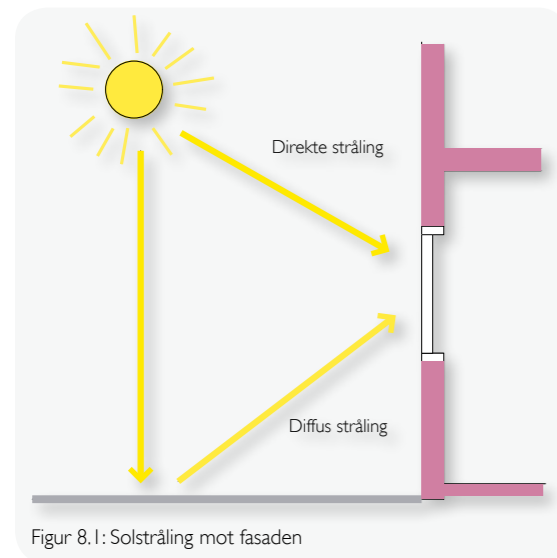
I Designsenteret i Linz er det benyttet et spesialutviklet tak- og fasadeelement med profilerte lameller som reflekterer direkte solstråling, men som slipper inn diffus belysning. Elementene sørger for et jevnt høyt dagslysnivå samtidig som de reduserer blanding og overoppheting.

Building Skins, Birkhäuser, 2006



8 Fordypning

Solstråling mot fasaden



Hvor mye solstråling som treffer en fasade avhenger av breddegrad, retning på fasaden, tid på året og tid på døgnet. Den samlede strålingen som kommer fra himmelen er direkte stråling og himmelstråling, såkalt global stråling. Sammen med markrefleksjon (diffus stråling) utgjør den totalstrålingen som treffer en flate.

Figur 8.1 viser de to strålingstypene som treffer fasaden; direkte stråling og diffus stråling. Den direkte strålingen varierer med tid på døgnet og tid på året. Dette gjelder også for den diffuse strålingen, men i tillegg har bakkens overflate (nysnø, sjø, grå flater etc) betydning for mengden diffus stråling.

| Alternativer | Direkte solstråling W/m ² | Diffus solstråling W/m ² | Global solstråling W/m ² | Tillegg for lyse omgivelser W/m ² | Total solstråling W/m ² |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| Oslo | | | | | |
| 10.mars kl. 12.00 nysnø | 750 | 150 | 900 | 110 | 1010 |
| 15.juni kl. 12.00 grå flater | 540 | 180 | 720 | 0 | 720 |

Tabell 8.1: Total solstråling for sørvendt fasade vinter og sommer i Oslo

Den direkte solstrålingen er større vår og høst enn om sommeren. Vår og høst kan varmebidraget fra direkte solstråling bli opptil 750 W/m², mens varmebidraget om sommeren kan bli opptil 690 W/m². Midt på vinteren er solinnstrålingen relativt liten. I tillegg til at den direkte strålingen er stor om våren og høsten, er diffus stråling fra nysnø stor. I april kan denne bli

opptil 350 W/m². Om sommeren vil det også være et betydelig bidrag av diffus stråling ved sjøen.

I tabell 8.1 er det vist eksempel på total solstråling på en vertikal flate i Oslo i mars og juni. Tabellen viser at den totale solstrålingen blir størst om vinteren. Dette skyldes blant annet at det er regnet med nysnø, men tabellen viser at den direkte strålingen er betydelig større i mars enn den er i juni. Tabell 8.1 viser at solstråling gir et betydelig varmetilskudd i Oslo både på sommeren og ikke minst om vinteren.

Med så stor solstråling i Norge kan man stille spørsmålet om hvordan solstrålingen er i Sør-Europa hvor det er betydelig varmere enn i Norge. Man skulle kanskje tro at solstrålingen mot vertikale flater er større i Sør-Europa enn i Norge.

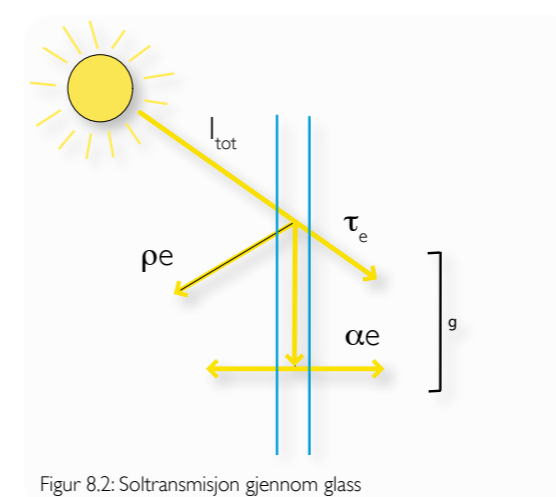
| Alternativer | Direkte solstråling W/m ² | Diffus solstråling W/m ² | Global solstråling W/m ² | Tillegg for lyse omgivelser W/m ² | Total solstråling W/m ² |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| Roma | | | | | |
| 10.mars kl. 12.00 grå flater | 680 | 180 | 860 | 0 | 860 |
| 15.juni kl. 12.00 grå flater | 300 | 180 | 480 | 0 | 480 |
| Berlin | | | | | |
| 10.mars kl. 12.00 nysnø | 720 | 150 | 870 | 110 | 980 |
| 15.juni kl. 12.00 grå flater | 440 | 180 | 620 | 0 | 620 |

Tabell 8.2: Total solstråling for sørvendt fasade vinter og sommer i Roma og Berlin

Til sammenligning er total solstråling mot vertikal flate for Roma og Berlin satt opp i tabell 8.2. Tabellen viser at en vertikal flate vil få mer solinnstråling over året i Oslo enn både Berlin og Roma. Sommerforhold i Roma gir betydelig mindre solinnstråling enn i Oslo. Ut fra tabellene ser vi at en skjerming mot solstråling er viktigere i Oslo enn i Sør-Europa.

Hvis solstrålingen ikke reduseres, vil bidraget fra denne være som en ekstra varmeovn på 700 - 1000 W for et vindu på 1 m². Om vinteren vil denne varmen være kjærkommen, men om sommeren er den overflødig, og det oppstår et behov for å fjerne denne. Dette kan gjøres ved kjøling av lufta i rommene eller ved å hindre at solstrålingen kommer inn.

Egenskaper ved glass og solskjerming



Solskjerming og solbeskyttende glass er tiltak som er effektive for å hindre solvarme i å slippe inn i rommene. For å kunne beregne hvordan solskjerming og solbeskyttende glass evner å motvirke overoppheting av rom, er det nødvendig med en definert måleenhet. Denne enheten betegnes g-verdi, og den spesifiserer den totale mengden av solenergi som transmitteres gjennom en bygningskropp.

Figur 8.2 viser at av solstråling som treffer vinduet går en andel direkte gjennom glasset, en andel reflekteres ut og en andel absorberes i glasset. Av den andelen som absorberes vil en andel komme inn i rommet.

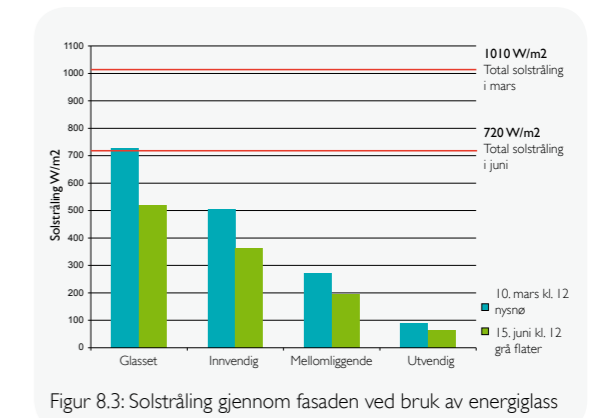
$g_{tot} = I_{sol,tot,inn} / I_{sol,tot,ute}$
 $g_{tot,system}$ er total soltransmisjon for glass sammen med solskjerming

| Glasstype | Solskjerming | $g_{tot,system}$ |
|----------------------|--------------|------------------|
| Energiglass | ingen | 0,72 |
| | innvendig | 0,50 |
| | mellom | 0,27 |
| Solbeskyttende glass | ingen | 0,25 |
| | innvendig | 0,19 |
| | mellom | 0,16 |
| | utvendig | 0,04 |

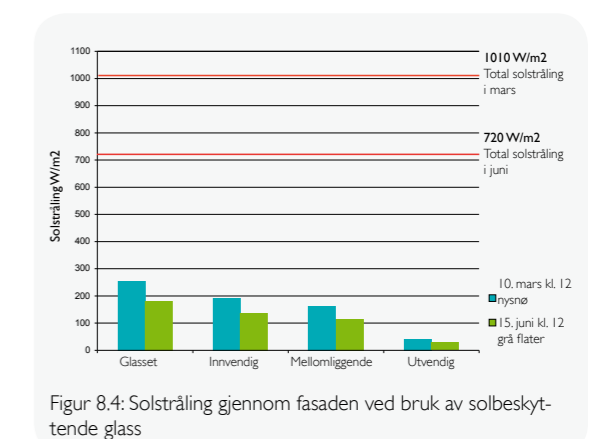
Tabell 8.3: $g_{tot,system}$ for ulike solskjermingsalternativer

Tabell 8.3 viser eksempler på g_{tot} ved ulike solskjermingsalternativer. Hvilken effekt har disse g-verdiene på varmeovnen på 700 - 1000 W som treffer fasaden? Av tabellen kan vi se at ca. 10% av solstrålingen vil slippe gjennom med utvendig solskjerming, altså ca. 70 - 100 W.

Figur 8.3 viser hvordan solstråling gjennom fasader med energiglass reduseres med ulike solskjerminger. Figuren viser tydelig effekten av de ulike solskjermingsprinsippene i forhold til hverandre, og den viser at utvendig solskjerming er mest effektivt for å hindre oppvarming fra solstråling gjennom vindusglass.



Figur 8.4 viser hvordan solstråling gjennom fasaden reduseres ved bruk av ulike solskjerminger for solbeskyttende glass. Her viser figuren at forskjellen på effekten av de ulike solskjermingsalternativene blir små når det brukes solbeskyttende glass.



Det er utarbeidet flere standarder som beskriver hvordan g-verdien skal beregnes og måles for forskjellige kombinasjoner av glass og solskjerming. For en enkel beregning av g-verdi vil prEN 13363-1: "Solar protection devices combined with glazing - Calculation of solar and light transmittance - Part 1: Simplified method" være en god tilnærming. I tillegg er WIS et beregningsverktøy basert på ISO/DIS 150099 "Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed" som beregner g-verdi for ulike systemer detaljert.

Programmet 'Parasol', utviklet ved universitetet i Lund, kan benyttes for å antyde g-verdi for ulike glass/ solavskjermingskombinasjoner.

9 Referanser

- /1/ Bygningsnettverkets energistatistikk 2002, Enovas bygningsnettverk, Enova SF juni 2003
- /2/ Bygningsnettverkets energistatistikk 2003, Enovas bygningsnettverk, Enova SF juni 2004
- /3/ Impact of coated windows on visual perception, By og Byg documentation 044, 2003
- /4/ Sol i bebyggelseplanering, Mauritz Glaumann, Statens råd för byggnadsforskning 1976
- /5/ Nye forskningskrav til bygningers energibehov, SINTEF raport 2003-12-11
- /6/ Principles of healthy lightning, Jennifer Weitch, skal publiseres som en CIE-rapport i 2003 ????
- /7/ REN, veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven 1997, Statens bygningstekniske etat
- /8/ Best. nr. 444 Veiledning, Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen
- /9/ prEn 13363-1 Solar protection devices combined with glazing – Calculation of solar and light transmittance – Part 1: Simplified method, september 2003
- /10/ ISO/DIS 150099 Thermal performance of windows, doors and shading devices – detailed, 1999



Pavillion of Christ, Expo Hanover 2000
von Gerkan, Marg und Partner

Building Skins, Birkhäuser, 2006

