

Sammanfattning av kontorsbyggnader i glas - Energi och inneklimat

Åke Blomsterberg
Energi och ByggnadsDesign, Lunds Tekniska Högskola



Innehållsförteckning

1	Bakgrund	3
2	Genomförande	5
3	Möjligheter med kontorsbyggnader – energi och inneklimat	6
4	Förutsättningar för ett rimligt glaskontor – energi och inneklimat	7
5	Beräkningar av energianvändning och inneklimat	8
6	Slutsatser	8

1 Bakgrund och syfte

Många moderna kontorsbyggnader har helt uppglasade fasader. Några av dem har t.o.m. en extra glasfasad dvs. en dubbelskalsfasad. Den enklaste typen av dubbelskalsfasad har en mellanliggande spalt som endast är ventilerad mot utomhus. Detta innebär för det mesta att den bakomliggande kontorsbyggnaden har ett traditionellt värme-, kyl- och ventilationssystem. Alternativa lösningar är att tillåta fönstervädring via spalten i dubbelskalsfasaden eller att på vintern förvärma all uteluft som tas i dubbelskalsfasaden. Olika kombinationer av systemlösningar är möjliga.

Den ökade användningen av glasfasader under de senaste decennierna har möjliggjorts av utvecklingen av bättre fasadteknik och förbättringen av tekniska egenskaper hos glas. Många glaskontor har byggts i Sverige och utomlands. Arkitektoniskt är syftet att skapa en luftig, transparent och lätt byggnad med inblick och utblick, där tillgången till dagsljus är större än i mer traditionella kontorsbyggnader. Tanken är ofta att skapa en byggnad med öppenhet och ge intryck av framtid. Den totala transparensen visar dessutom företagets vilja att kommunicera med och öppna upp sig mot samhället utanför. I många fall är glaskontor profilbyggen för företag.

I flertalet tyska projekt med dubbelskalsfasader har simuleringar av temperaturer, luft- och energiflöden utförts före och under projekteringen, med större eller mindre framgång. Ofta har simuleringarna avvikit mycket från resultaten i den färdiga byggnaden. Ofta beror detta på svårigheter att definiera och noggrant bestämma randvillkoren. För att lyckas med beräkningar krävs inte bara god erfarenhet av de använda beräkningsmodellerna, utan också god kunskap i termodynamik, strömningsteknik och byggnadsfysik, samt allmän klokhet och erfarenhet av installationsteknik. Det finns ett stort behov av att förbättra och öka kunskapen om simulerings- och beräkningsmetoder. Dessutom behövs en anpassning till svenska krav på energianvändning och inneklimat, samt en anpassning till svenskt klimat och svensk teknik (byggnads- och installationsteknik).

Har nordiska glaskontor lägre energianvändning än kontor med traditionell storlek på glasareorna eller t.o.m. högre energianvändning? Går det att säkerställa ett bra inneklimat under större delen av året i ett glaskontor? Våra långa, kalla, mörka vintrar kan ge termiska komfortproblem. Låg solhöjd ger relativt höga kylbehov under vår och höst. Är dagsljusmiljön bättre i ett glaskontor? När det gäller den visuella komforten kan problem med bländning i randzonen uppstå. För djupa hus är ofta dagsljusstillgång i kärnan trots helglasade fasader otillräcklig. Kostnaden för energianvändning och inneklimat måste analyseras för svenska förhållanden.

Uppenbarligen finns en osäkerhet i byggbranschen när det gäller utformning av byggnader i glas samt hur man skall beräkna energi, komfort samt inverkan av olika tekniska lösningar för dessa byggnader.

Därför initierades forskningsprojektet Kontorsbyggnader i glas – energi och klimat, som sammanfattas i denna rapport. Målsättningen med projektet har varit att ta fram kunskap om möjligheter och begränsningar med kontorsbyggnader i glas för svenskt klimat, framförallt med avseende på energi och inneklimat (termisk och visuell komfort). Här ingår

- vidareutveckling av beräkningsmetoder och analysverktyg
- förbättring av analysmetodik

- beräkning av livscykelkostnader
- framtagande av råd och riktlinjer för byggande av kontor i glas i ett svenskt klimat
- förstärkning och utveckling av kompetens vad gäller resurssnåla avancerade byggnader i Sverige.

Projektet har bedrivits vid Energi och ByggnadsDesign, Arkitektur och byggd miljö, Lunds Tekniska Högskola, i samarbete med WSP och Skanska Teknik. Projektet har finansierats av Energimyndigheten (den största delen), SBUF, WSP och Skanska. Följande personer har medverkat i projektet:

Namn	Funktion i projektet	Meriter
Åke Blomsterberg	Projektledare och handledare	Tekn. dr. byggnadsfysik, projektledare och specialist energieffektivisering, inneklimat och ventilation i byggnader
Maria Wall	Handledare	Chef Energi och ByggnadsDesign, tekn. dr. glasgårdar, arkitekt
Harris Poirazis	Analyser av kontorsbyggnader i glas	Doktorand
Bengt Hellström	Beräkningsexpert	Tekn. dr. Energi och ByggnadsDesign, energisystem, specialist teoretiska beräkningar
Helena Bülow-Hübe	Dagsljusberäkningar	Tekn. dr. Energi och ByggnadsDesign, fönster
Ulf Lillengren	VVS-specialist	Civilingenjör maskinteknik WSP, genomfört beräkningar för dubbelskalsfasadbyggnaden Glashuset.
Lars Sjöberg	VVS-specialist	Erfaren VVSare, Skanska Teknik
Lennars Sjödin	Ekonomi/kalkyl	Byggekonom WSP
Diana Avasoo	Fönsterspecialist	Energi- och fönsterkonsult, WSP
Christer Blomquist	Arkitekt	Arkitekt med stor erfarenhet, WSP Arkitektur under projektet, nu vid Tengbom Arkitekter.

Projektet har haft följande referensgrupp till sitt förfogande:

- Per-Mats Nilsson, White arkitekter AB
- Fredrik Källström, White arkitekter
- Stefan Camitz, WSP Environmental
- Tomas Berggren, Energimyndigheten
- Ida Bryn, Erichsen & Horgen A/S
- Bo Eriksson, Skanska Glasbyggarna, efter projektet WSP Environmental
- Leif Svensson, Wihlborgs Fastigheter AB
- Rickard Sjöqvist, Midroc Engineering

2 Genomförande

Inom forskningsprojektet ”Kontorsbyggnader i glas – energi och klimat” har omfattande analyser med hjälp av simuleringar av energianvändningen och det termiska inneklimat genomförts (Poirazis 2008), samt simuleringar av dagsljus och belysning (Bülow-Hübe 2008).

Utgångspunkten har varit en virtuell referensbyggnad, en kontorsbyggnad representativ med avseende på utformning, energi- och inneklimatprestanda för 90-talets kontorsbyggnader. Utformning av byggnaden bestämdes av forskare vid Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola, arkitekter och ingenjörer från WSP och Skanska Teknik. Först bestämdes detaljerade funktionskrav för energianvändning och inneklimat, varefter typisk byggnadsteknik och installationsteknik valdes. Byggnaden antogs försörjas med fjärrvärme och fjärrkyla. Simuleringar av energianvändning och inneklimat med IDA ICE 3.0 visade att funktionskraven uppfylldes.

För denna virtuella byggnad varierades sedan fasadutformningen (se figur 1). Första steget var att glasa upp fasaden till 60 % och sedan till 100 %. Det slutliga steget var en dubbelskalsfasad. För varje fasadtyp undersöktes olika glas- och solavskärmningsalternativ. Kommersiellt tillgängliga produkter valdes. Den övriga byggnadskonstruktionen är i princip densamma som för referensbyggnaden. Värme- och kylsystem dimensionerades upp för några av glasalternativen. För dubbelskalsfasaden studerades även olika principer vad avser ventilationen. Spalten i dubbelskalsfasaden ventilerades med uteluft eller inneluft med hjälp av självdrag eller fläkt. Luft i spalten tillfördes byggnaden eller fördes direkt ut.

3 Möjligheter med kontorsbyggnader – energi och inneklimat

En stor utmaning vid projektering av ett glaskontor är att optimera energianvändningen, användningen av dagsljus, den visuella och termiska komforten till en rimlig investerings- och livscykelkostnad.

Alla byggnader bör byggas enligt Kyotopyramiden, vilket innebär att i förstahand minimeras värme- och kylbehovet, i andrahand minimeras elbehovet. Därefter undersöks möjligheterna att utnyttja solenergi. Det nästa sista steget är att visa och reglera energianvändningen dvs. ett användbart och användarvänligt SÖ-system, som underlättar energieffektiv drift. Det allra sista steget är välja energikälla.

Som förväntat visar simuleringar att energianvändningen ökar med ökande glasarea. Den kan öka med t.ex. 50 %, om inte lägre U-värden (värmegenomgångskoefficient) för fönsterdelen och lägre g-värden (total solenergitransmittans) inkl. solavskärmning väljs. I många fall kan också glasarean behöva minskas för att nå godtagbar energianvändning.

Valen av U- (värmegenomgångskoefficient), g- (total solenergitransmittans för glas) och g_{system} (total solenergitransmittans för glas och solavskärmning) har som förväntat en stor inverkan på energianvändningen.

En uppglasad fasad ger större risk för problem med den termiska komforten. Den operativa temperaturen kan nämligen variera mycket under året, beroende på variationer i innersta glasets yttemperatur. Ju sämre glasets U-värde är desto större blir variationen.

Högre glasandel i fasaden ökar inte bara risken för otillfredställande termisk komfort, utan även för otillfredställande visuell komfort. Dagens kontorsarbete bedrivs till stor del framför en bildskärm, vilket innebär att blickriktningen har höjts från arbetsbordet till att vara nära nog horisontell. Detta innebär att fönstret ofta hamnar inom det centrala synfältet, vilket lätt resulterar i bländning om fönstret inte har tillfredställande solskydd.

Bländningsproblematiken leder, då ofta till nerdragna solskydd dvs. tillstängda fasader med begränsad tillgång till dagsljus. Solavskärmningsystem med variabel ljustransmittans är därför att föredra t.ex. persienner. För att undvika bländningsproblem måste luminansen hos fönsterytan reduceras drastiskt soliga dagar och dagar med ljus himmel. Detta gäller alla vädersträck. Ju större glasytan är desto större problem. Effektiv solavskärmning behövs för att undvika bländningsproblem och övertemperaturer. Solavskärmningen reducerar emellertid nyttiggjort dagsljus i byggnaden dvs. fördelen med stora fönster kan inte utnyttjas till fullo. Om solavskärmningen styrs optimalt och någon form av dagsljuslänkning används, så ökar andelen nyttiggjort dagsljus. Detta kan resultera i sänkt elanvändning för belysning. I annat fall medför stora fönsterareor nämligen i många fall inte en minskad elanvändning för belysning.

Med hjälp av en dubbelskalsfasad kan energianvändningen minskas och inneklimatet förbättras i en kontorsbyggnad med stora glasfasader. Framförallt kan kylbehovet reduceras. Eftersom kylbehovet i en bra kontorsbyggnad i Sverige inte är så stort, så kan en treglasfasad resultera i nästan samma totala energianvändning och termiska komfort. För en kontorsbyggnad med dubbelskalsfasad kan den totala energianvändningen sänkas till nästan samma nivå, som för motsvarande byggnad med en traditionell fasad med måttlig glasarea.

För att uppnå bra inneklimat och rimlig energianvändning för en kontorsbyggnad med stora glasytor krävs noggrann projektering, vilket inkluderar noggranna energi- och inneklimatsimuleringar. Generella värden på t.ex. U- och g-värden kan inte tillämpas på glaskontor, utan de varierar med stor sannolikhet från byggnad till byggnad. För svenska kontorsbyggnader med glasfasader måste låga U-värden väljas för glas och tillhörande profiler. Ju högre glasandelen är desto lägre värden måste väljas.

4 Förutsättningar för ett rimligt glaskontor – energi och inneklimat

För att en byggherre skall lyckas åstadkomma en glasbyggnad med rimlig energianvändning, bra termiskt inneklimat och bra visuell miljö krävs att:

1. Relevanta energi- och miljökrav i form av funktionskrav, som ställs upp under programskedet och att dessa förfinas under projektets gång
2. En ansvarig energi- och miljökoordinator finns, som säkerställer en helhetssyn fr.o.m. programskedet t.o.m. första verksamhetsåret.
3. Energi och inneklimatsimuleringar genomförs fr.o.m. programskedet
4. Ett väl fungerande samarbete mellan arkitekt, VVS-projektör, byggprojektör, elprojektör, energi- och inneklimatspecialister, entreprenörer och byggherre
5. Livscykelkostnaden beräknas
6. En separat kravspecifikation för glasfasaden baserad på analyser av hela byggnaden tas fram.

Några rekommendationer för att lyckas med projekteringen:

- Internvärmen måste minimeras, för att hålla nere kylbehovet.
- Ökning av glasarean medför ökade risker och sänkta feltoleranser, eftersom fel i U- och/eller g-värden för glasfasaden får mycket större konsekvenser för energianvändningen och inneklimatet, än för en traditionell välisolerad fasad med måttlig glasarea.

- Hörnrum med två glasfasader kräver speciell uppmärksamhet, eftersom risken är hög för brister i termisk och visuell komfort.
- U-, g- (total solenergitransmittans) och τ - (ljustransmittans) värden för glaset måste väljas korrekt, eftersom de är avgörande för energianvändningen och inneklimatet.
- Korrekt beräkning av energibalansen för glasfasaden och byggnaden krävs.

5 Beräkningar av energianvändning och inneklimat

Det finns beräkningsverktyg som kan användas under olika skeden: programskedet, systemhandlingsskedet, bygghandlingsskedet. Inom forskningsprojektet ”Kontorsbyggnader i glas – energi och inneklimat” och uppföljningsprojektet av ett glaskontor i Malmö har två metoder för beräkningar av glasfasader (enkelskals- och dubbelskals-) använts, nämligen WIS och Parasol.

Beräkningar av energi och inneklimat för glaskontor kan ske i ett tidigt skede med med program såsom Parasol, BV2Arch och Bestfacade. De två sistnämnda programmen medger inte simulering av installationerna och har ett förenklat sätt att simulera värmebalansen för fönster. De simulerar inte heller inneklimatet. Under systemhandlingsskedet och bygghandlingsskedet krävs ett dynamiskt energisimuleringsprogram och helst ett program som kan simulera för flera zoner (rum eller grupper av rum) t.ex. IDA ICE, Parasol (endast en zon), VIP+ (endast en zon) eller DEROB-LTH. IDA ICE har använts inom de två ovannämnda projekten.

I ett tidigt skede av projekteringen kan en uppskattning av lämplig storleksordning på U-, g_{system} - och τ -värdena göras genom en överslagsberäkning. Utgångspunkten är en referensfasad, som är en traditionell fasad med måttlig fönsterarea och med t.ex. ordinära treglasfönster med mellanliggande persienner. För denna beräknas $U \times \text{fasadarea}$, $g_{\text{system}} \times \text{glasarea}$ och $\tau_{\text{glas}} \times \text{glasarea}$ (g_{system} = total solenergitransmittans för glas + solavskärmning, τ_{glas} = ljustransmittansen för glaset). Beräkningen upprepas för aktuell glasfasad, vars värden då bör vara av samma storleksordning. $\tau_{\text{glas}} \times \text{glasarea}$ för aktuell glasfasad bör helst vara större, för att säkerställa att den större glasytan verkligen ger en ökad tillgång till dagsljus.

6 Slutsatser

Det finns idag uttalade mål för såväl miljöanpassning och energieffektivisering från Byggsektorns kretsloppsråd och i ByggaBodialogen om en total minskning av energianvändningen med 10 % fram till år 2010, och med 30 % till år 2025, jämfört med år 2000. En sådan minskning kan inte uppnås för kontorsbyggnader med glasfasader. Detta är ett viktigt resultatet av forskningsprojektet ”Kontorsbyggnader i glas – energi och inneklimat” och uppföljningsprojektet av ett glaskontor i Malmö.

Om målet är att endast möta dagens normkrav på energi, så kan glaskontor byggas, men risken är stor för problem med termisk och visuell komfort. För att uppfylla dagens normkrav på energi, samt att säkerställa bra termisk komfort och visuell komfort krävs noggranna analyser och simuleringar, där byggnaden betraktas som ett system bestående av byggnaden, tekniska installationer, verksamheter och brukare. Med mycket stor sannolikhet kan byggnaden inte vara helt uppglasad, utan glasytorna måste minskas. Framtida skärpta energikrav blir mycket svåra att möta med dagens teknik för glasfasader.

Vid projektering av en glasfasad finns det många fallgropar, som om de inte undviks kan resultera i hög energianvändning, problem med inneklimat och visuell komfort. Mycket viktiga parametrar är storleken på glasandelen, g-värden (glas och solavskärmning), U-värden (glas och profiler), ljustransmittans (glas) och styrningen av glasfasaden (solavskärmning och ljusreglering). En byggnad med glasfasad är mycket känsligare för fel än en byggnad med traditionell fasad med måttlig glasarea. Därför krävs stor noggrannhet vid projektering, byggande, idrifttagning och drift av byggnaden. Vid projekteringen krävs noggranna beräkningar av energianvändningen och inneklimatet. Med stor sannolikhet kommer byggnaden att ha en högre investerings- och årskostnad.