

## Energibesparingspotential vid fönsterbyte i kontorsbyggnader



Diana Avasoo  
WSP Environmental

2003-06-19

## Sammanfattning

Energisparpotentialen genom byte av fönster i befintliga kontorslokaler byggda mellan 1970-1999 bedöms till lägst 259 GWh. Denna besparing kan uppnås inom en femårsperiod utan att marknaden för fönster eller byggnation blir överhettad.

Fönsterbyte eller uppgradering kommer att minska både värme och kylbehovet. Det innebär minskat el-behov men också minskat behov av andra energislag. Resultaten är bestående, konstanta och kräver inget underhåll. Andra förväntade positiva effekter är minskade CO<sub>2</sub> utsläpp, ökad sysselsättning inom byggbranschen och förbättrad inomhuskomfort.

## Insamling av fakta

Statistiska uppgifter om det befintliga kontorsbeståndet har sökts hos:

SCB Stockholm och Örebro  
Boverket  
Fastighetsägarna  
Byggindustrierna  
NCC  
Energimyndigheten  
Rapporter från Byggnadsrådet  
Energiomställning – utredningar  
Rapport 41, Statens Planverk 1977  
Rapport från STIL-studien inom Uppdrag 2000. Vattenfall  
Internet

Det finns relativt bra statistiskt underlag när det gäller bostäder. Däremot saknas statistiska fakta på det befintliga byggnadsbeståndet uppdelat i olika segment. Lokaler är dåligt dokumenterade samt inte uppdelade per verksamhet. Av skattetekniska skäl redovisas heller inte alltid hur stor andel som är kontor eller andra lokaler när en fastighet innehåller både lokaler och bostäder.

Lokalbeståndets omfattning exklusive industrilokaler enligt fd Industriverkets rapport SIND PM 1977:5 uppgick 1975 till 630 miljoner m<sup>3</sup> varav 250 m<sup>3</sup> utgjorde industrilokaler.

I STIL-studien påpekar man just bristerna på information om kontorslokaler "Om vi vill hitta "kontor", så finns det ingen möjlighet att plocka ut dem ur SCB-kodningen" står det i rapporten.

Från och med 1996 har SCB börjat samla in statistik på lokaler fördelade per verksamhet. Denna statistik bygger på beviljade bygglov. Bygglov som beviljas ett år utnyttjas kanske flera år senare. En annan osäkerhetsfaktor är att beviljade bygglov utnyttjas inte i en konjunktursvacka och projekten genomförs inte.

## Energisparpotential i kontorsbyggnader

Uppgifter om fönsters area i förhållande till byggnadsarea har sökts hos användare av dataprogrammen IDA och ENORM, fönstertillverkare och NCC.

## Den svenska byggmarknaden

### Bygginvesteringar 1950 - 2000

Närmare 60 procent av bygginvesteringarna styrs av indirekta eller direkta politiska beslut. Till de delar som påverkas indirekt av politiken här bl.a. bostadsbyggandet där beslut på såväl lokal som central nivå styr markpriser, detalj- och översiktsplaner, skatte- och bidragssystem m.m. Infrastruktur och offentligt lokalbyggande är exempel på delar där politikerna tar direkta beslut om investeringar. Privat lokal och anläggningsbyggande samt industrins bygginvesteringar kan ses som någorlunda väl fungerande marknader.

Mellan 1950 och 1970 ökade byggandet av kommersiella lokaler kraftigt. Drivkraften var en stark ekonomisk expansion i kombination med politiska program inom olika områden, t.ex. utbyggnad av skolorna. Sedan dess har den totala investeringsvolymen varit tämligen stabil med ett årsgenomsnitt runt 40 miljarder kronor. Inom den ramen ryms en betydande variation för enskilda delmarknader. Den stora skillnaden går mellan offentliga och privata lokaler. Myndigheternas investeringar kulminerade i början av 1970 talet och har sedan dess successivt minskat. De privata satsningarna varierar med konjunkturläget men har i ett längre perspektiv ökat och svarar idag för 60-65 procent.

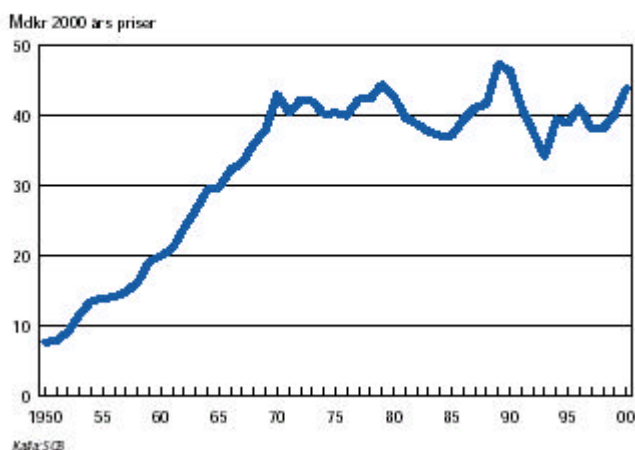
## Energisparpotential i kontorsbyggnader

Under andra hälften av 1970-talet fick investeringarna ett kraftigt uppsving som främst orsakades av en snabbt växande spekulativitet i fastigheter. Förväntningar på en fortsatt stark ekonomisk expansion och relativt hög inflation bidrog till att byggandet mer eller mindre exploderade. Sedan kom den totala kollapsen inom bygg- och fastighetssektorn. Investeringarna i kommersiella lokaler backade från omkring 28 miljarder kronor 1990 till knappt 17 miljarder kronor 1993. Raset förde med sig en omfattande strukturförändring i bygg- och fastighetsbranschen.

Efterfrågan har därefter ökat. Drivkraften är den privata tjänstenäringarna som expanderat under andra hälften av 1990-talet. Det innebär inledningsvis ett betydande uppsving för moderniseringen av centralt belägna kontorslokaler, så kallade hyresgäst Anpassningar. Men i takt med att mängden lediga lokaler i attraktiva lägen minskat och priserna på kontorslokaler ökat, har nyinvesteringarna tagit fart. Ett antal mycket stora projekt startades. De totala investeringarna i kommersiella lokaler låg 2000 på drygt 28 miljarder kronor.

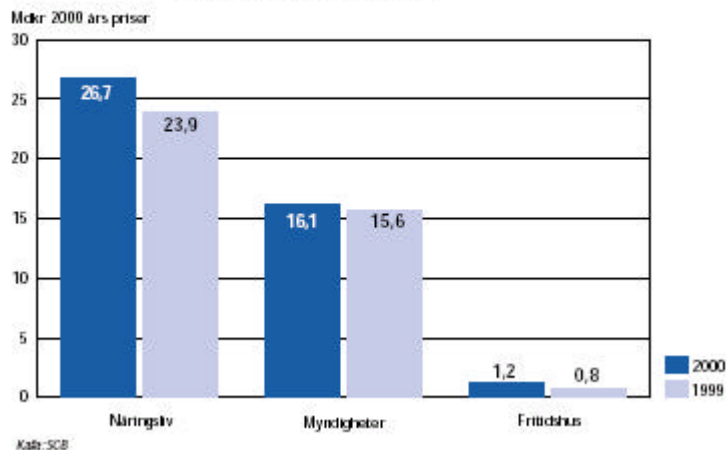
## Övrigt husbyggande

1950–2000



## Övrigt husbyggande 2000

44 miljarder kronor

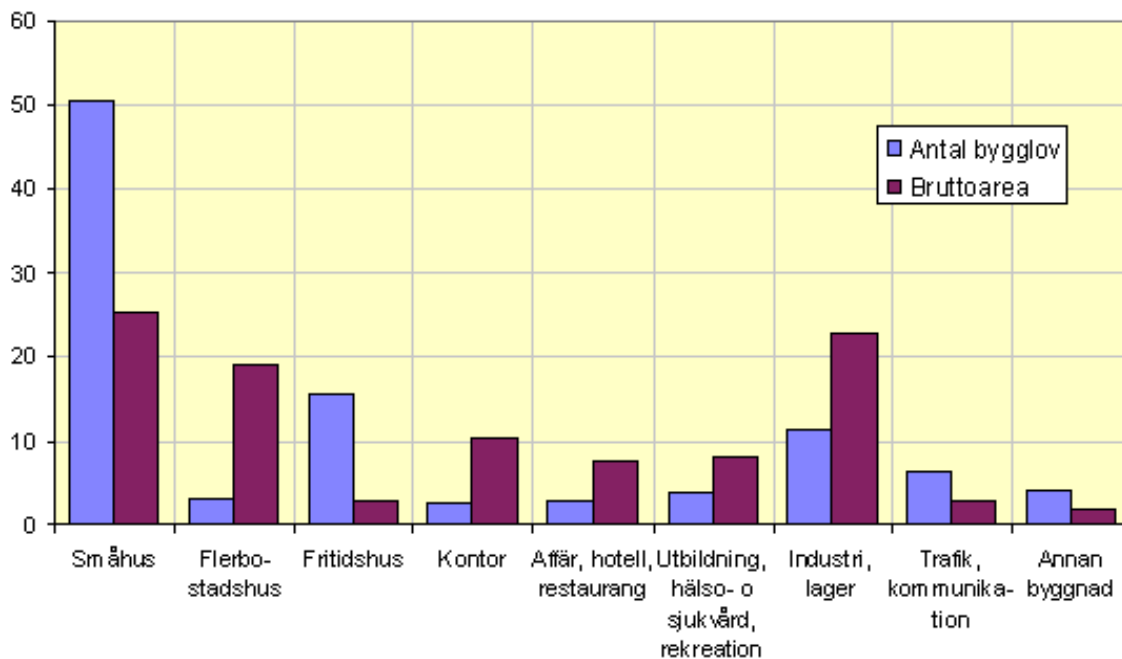


Med övrigt husbyggande avses offentliga och kommersiella lokaler. Även fritidshus brukar räknas hit.

Av näringslivets satsningar beräknas lite drygt 10 procent vara olika typer av affärslokaler och den största delen investeringar i kontorslokaler. Mer än 60 procent av kontorsbyggandet ligger i de tre storstäderna.

## Antal bygglov och bruttoarea efter byggnadstyp.

Genomsnitt åren 2000-2002. Procentuell fördelning



## Beviljade bygglov – Hela riket

## m2 bruttoarea

| Hustyp   | 1997           | 1998           | 1999           | 2000           | 2001           | 2002           | B.lov      | Area       |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|------------|
| Småhus   | 808179         | 1037031        | 1390002        | 1542936        | 1336847        | 1309682        | 50         | 25         |
| Flerbostadshus   | 624945         | 694892         | 716878         | 970328         | 1274810        | 889318         | 3          | 19         |
| Fritidshus   | 128812         | 121952         | 139818         | 151448         | 145160         | 141000         | 16         | 3          |
| <b>Kontor</b>  | <b>255204</b>  | <b>382561</b>  | <b>524134</b>  | <b>934475</b>  | <b>471804</b>  | <b>291677</b>  | <b>2</b>   | <b>10</b>  |
| Affär, hotell, rest.   | 231007         | 362901         | 363880         | 505543         | 313116         | 441511         | 3          | 8          |
| Utbildning, hälso-<br>och sjukvård, re-<br>kreation och kultur | 418140         | 570567         | 514854         | 424363         | 451704         | 450253         | 4          | 8          |
| Industri, lager  | 1283840        | 1406242        | 1484069        | 1554604        | 1289814        | 946118         | 11         | 23         |
| Trafik, kommunik.  | 142087         | 198998         | 182823         | 136699         | 121147         | 192848         | 6          | 3          |
| Annan byggnad  | 258262         | 109095         | 116662         | 144666         | 83617          | 85726          | 4          | 2          |
| <b>Totalt</b>  | <b>4150476</b> | <b>4884239</b> | <b>5433120</b> | <b>6365062</b> | <b>5488019</b> | <b>4748133</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |

## Byggnaders energibehov

Energistatistik för lokaler görs varje år av Statistiska centralbyrån på uppdrag av Statens energimyndighet. Undersökningen genomfördes för första gången 1976.

Det är en urvalsundersökning som omfattar ca 8 000 taxeringsenheter som klassats som "lokaler" i fastighetstaxeringen. Dessutom insamlas uppgifter om hela fastighetsbeståndet från ett antal stora offentliga fastighetsägare. Totalt innebär detta att uppgifter insamlas för ca 10 procent av det totala beståndet.

## Energisparpotential i kontorsbyggnader

### Total energianvändning för uppvärmning i lokaler, fördelad efter typ av uppvärmning åren 1987 - 2001

Tabellen visar total energianvändning i lokaler under åren 1987 - 2001, efter typ av uppvärmning

| UPPVÄRMNINGSSÄTT |                 |            |                           |                                   |          |                     |
|------------------|-----------------|------------|---------------------------|-----------------------------------|----------|---------------------|
| ÅR               | Oljeeldning     | Fjärrvärme | Elvärme inkl<br>värmepump | Annan<br>panncentral,<br>närvärme | Naturgas | Biobränsle,<br>torv |
|                  | 1000-tals<br>m3 | GWh        | GWh                       | GWh                               | GWh      | GWh                 |
| 1987             | 966             | 10 656     | 4 723                     | 518                               | 39       | ..                  |
| 1988             | 771             | 9 093      | 4 072                     | 509                               | 110      | ..                  |
| 1989             | 730             | 7 929      | 3 698                     | 461                               | 127      | ..                  |
| 1990             | 750             | 9 374      | 4 254                     | 554                               | 161      | ..                  |
| 1991             | 557             | 10 078     | 4 796                     | 289                               | 176      | ..                  |
| 1992             | 523             | 9 961      | 5 285                     | 269                               | 172      | ..                  |
| 1993             | 533             | 10 727     | 5 365                     | 351                               | 255      | ..                  |
| 1994             | 523             | 10 860     | 5 151                     | 284                               | 285      | ..                  |
| 1995             | 431             | 12 317     | 4 736                     | 243                               | 540      | ..                  |
| 1996             | 474             | 12 778     | 5 179                     | 336                               | 253      | ..                  |
| 1997             | 392             | 11 935     | 4 175                     | 252                               | 363      | ..                  |
| 1998             | 365             | 12 158     | 4 008                     | 117                               | 386      | ..                  |
| 1999             | 336             | 12 175     | 3 344                     | 347                               | 500      | ..                  |
| 2000             | 346             | 12 335     | 3 797                     | 286                               | 328      | ..                  |
| 2001             | 309             | 12 377     | 3 459                     | 361                               | 523      | 440                 |

Motsvarande statistik saknas när det gäller elanvändning i lokaler. Enda statistik som finns, och som publiceras i Energiläget, är *Elanvändningen inom sektorn bostäder, service mm*. De konsekvenser som nämns i Energiläget är att driftelen ökat kraftigt, från 8,2 TWh 1970 till 26,1 TWh år 1999. Till detta bidrar ökad datorisering och ökad användning av lokalkyla, ventilation mm.

I en studie som genomfördes 1996 baserad på 20 kontor i Sverige uppförda 1960 – 1990 framkom att i kontorsbyggnader byggda 1960 var energianvändningen ca 300 kWh/m<sup>2</sup>. Dessa var fördela-

## Energisparpotential i kontorsbyggnader

de på 160 kWh/m<sup>2</sup> el och 140 kWh värme. Värmebehovet har under åren successivt minskat dels på grund av bättre isolering men även på grund av ökade internlast. De ökade internlasterna beror på ökad belysning, ökad användning av värmealstrande kontorsutrustning mm. Den ökade elanvändningen beror på ökad användning av elkrävande kontorsutrustning men även på ökade installationer för ventilation och kyla. Just elanvändningen för VVS-installationer beräknas ha ökat från 25 procent 1970 till 40 procent under 1990.

## Fönster i kontorsbyggnader

I STIL-studien har man identifierat 136 miljoner m<sup>2</sup> lokalyta med över 20 MWh/år i el-abonnemang exkl. fastighetsförvaltning. Av dessa beräknas ca 16 miljoner m<sup>2</sup> vara kontorsyta. En tredjedel är uppförda före 1960 och 50 % mellan 1960-1980.

Det innebär att beståndet är ganska gammalt och klarar inte dagens krav på bra inomhuskomfort.

### Fönsterarea

I tidigare studier som gjorts av Diana Avasoo, beräknades den totala fönsterarean i befintliga byggnader exklusive bostäder uppgå till 40 miljoner m<sup>2</sup> varav merparten med U-värde 3,0 eller högre.

Fönsterarea i bostäder beräknas per kvadratmeter golvarea men i lokaler är beräkningen ofta per kvadratmeter fasadarea. I äldre kontorslokaler beräknas fönsterarean vara 21 % av fasadarean.

Fönsterarean per m<sup>2</sup> golvarea är ca 50 procent större i kontorslokaler jämfört med i bostäder. Däremot går det inte att räkna hela golvarean i ett kontor eftersom kontorslokaler ofta är djupa med stora oglasade ytor i mitten. Dessutom ingår försörjningsutrymmen, trapphus, arkiv mm i arean för beviljade bygglov.

Som jämförelse har vi valt våra kontorslokaler i Halmstad. Total golvarea 1200 m<sup>2</sup>, total fönsterarea 190 m<sup>2</sup> (inkl glasdörrar), det innebär 16 % fönsterarea jämfört med golvarean. Dessa ytor inkluderar dock inte entréparti, trapphus och hissar, källare mm.

Enligt fönstertillverkarna, har leveranser av fönster till kontorslokaler räknat per fönster förändrats enligt följande:

|            |   |
|------------|---|
| 1970-talet | 1,7 m <sup>2</sup> fönsterarea/levererad enhet i genomsnitt             |
| 1980-talet | 1,5 m <sup>2</sup> ”  |
| 1990-talet | 2,4 m <sup>2</sup> ” - lägre bröstningar eller helglasfasader vanligare |

## Fönsters isoleringsförmåga

De vanligaste bågarna i ett kontorsfönster var förr aluminium och trä/aluminium. Glasen i kontorslokaler bestod främst av två vanliga klarglas antingen i kopplade fönster eller i en isolerruta. I mitten av åttiotalet introducerades energiglasen men detta blev inte något som installerades i kontorslokaler. Solskyddsglas installerades mer och mer i lokaler men dessa glas förbättrade inte U-värdet utan snarare försämrade fönstrets energibalans genom att minska solvärmeinstrålningen. Visserligen minskade kylbehovet sommartid men gratisenergin vintertid gick förlorad. Dessa glas var dessutom mörka vilket gjorde att den artificiella belysningen användes längre tider på dygnet.

Under 1990-talet introducerades de lågemitterande solskyddsglasen. Dessa blev populära hos arkitekterna eftersom de släppte in mera dagsljus samtidigt som de minskade solvärmestillskottet. Solvärmedämpningen var inte lika effektiv som hos de mörkare eller de högre reflekterande solskyddsglasen men arkitekterna prioriterade ljuskvaliteten. I slutet av 1990-talet och i början av 2000-talet har allt effektivare och transparenta solskyddsglas med låga U-värden kommit ut på marknaden. Dessa erbjuder en stor energisparpotential både sommartid och vintertid. Dels i form av minskade internlast och minskade transmissionsförluster men även för att man kan minska behovet av artificiell belysning.

Teknikupphandlingen av energieffektiva fönster i början av 1990-talet har uppmärksammat beställare och fönstertillverkare på karmars och bågars betydelse för fönsters isoleringsförmåga. Genom att installera optimala glaskombinationer i energieffektiva bågar, kan byggnaders energibalans påverkas betydligt.

Förr angavs fönsters isoleringsförmåga i k-värde. Detta k-värde varierade beroende på hur man hade testat fönstret. I Sverige, där man tog hänsyn till kanterna, angavs ett högre k-värde än de värden som mättes utomlands och som bara angav mittpunktsvärden. Efter anpassningen till ISO, har k-värdet döpts även i Sverige till U-värde. Samtidigt har man även i Sverige gått över till att redovisa mittpunktsvärdet enligt ISO och EN-standard eftersom dessa värden är gynnsamma för leverantören. Av denna anledning skiljer sig de U-värden som jag anger nedan med tidigare kända värden. Jag har räknat om gamla k-värden till U-värden enligt ISO. Skillnaden är 1/10.

## Energisparpotential i kontorsbyggnader

| Kontorsfönster<br>inkl karm och båge | U-värde<br>W/m <sup>2</sup> K | Dagsljus<br>% | Solenergi<br>%     |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------|
| 1970-talet                           | 3,0                           | 82            | 76                 |
| 1980-talet                           | 2,9                           | 82/40         | 76/47 <sup>1</sup> |
| 1990-talet                           | 2,7                           | 82/28         | 76/26 <sup>2</sup> |
| Energieffektiva fönster              | 1,0                           | 80/50         | 63/25 <sup>3</sup> |

<sup>1</sup> Den lägre siffran anger användning av tidstypiskt genomfärgat solskyddsglas

<sup>2</sup> Den lägre siffran anger användning av tidstypiskt solreflekterande solskyddsglas

<sup>3</sup> Den lägre siffran anger kombination med enbart energisparglas eller med ett kombinerat solskydds- och energisparglas.

## Solavskärmning

Solavskärmningar kan indelas i följande kategorier

### 1. Utvändiga – fasta

Dessa består av takutsprång eller lameller. De fungerar bra när solen står högt i himlen men skyddar inte från vår- och höstsol som ligger lågt. Dessutom hindrar de inte den sekundära solvärmeinstrålningen, dvs. den från uppvärmda omgivande ytor såsom asfalt, fasader och buskar.

### 2. Utvändiga – rörliga

Utvändiga solavskärmningar är persienner i metall, markiser eller heltäckande väv. Markiser har funnits länge medan nerfällbara lameller och transparent väv är ganska nya produkter. Markiser fungerar bra när solen står högt i himlen men skyddar inte från vår- och höstsol som ligger lågt. Dessutom hindrar de inte den sekundära solvärmeinstrålningen, dvs. den från uppvärmda omgivande ytor såsom asfalt, fasader och buskar.

### 3. Mellanliggande

Persienner är vanligast förekommande men på 1980 talet såldes en hel del reflekterande filmer i form av en rullgardin. Dessa filmer finns fortfarande på marknaden. Nackdelen med dessa filmer är att de förvränger de optiska egenskaperna men också att de ökar temperaturen i mellanrummet vilket kan resultera i att glaset spricker.

På senare år har isolerrutetillverkare introducerat persienner som är integrerade i isolerrutan. Persiennerna kan styras manuellt men också automatiskt. Fördelen är att de är hermetiskt inneslutna i glaspaketet och inte blir dammiga. Eftersom isolerrutornas livslängd beror på kvaliteten på isoleringsprocessen, är det risk för att denna produktion har lägre livslängd. Produkterna är nya på marknaden och därför saknas historisk bakgrund om deras livslängd. Tillverkarna lämnar 10 års garanti men denna garantitid är alldeles för kort sett ur fönstrets och byggnadens livslängd.

## Energisparpotential i kontorsbyggnader

### 4. Invändiga

Persienner och gardiner. Största nackdelen är att solen redan har hunnit passera ytterskalet och värmer byggnaden indirekt. En annan nackdel är att de nerfällda persiennerna förblir nerfällda för man orkar inte dra upp dem vilket kan ha effekt på belysningsbehovet. Tidigare har ljusa gardiner tagits med i klimatberäkningar och ansetts ha en positiv effekt. I nya dataprogram har man valt att bortse från effekten av en ljus gardin eftersom den uppmätta effekten har visat sig vara i det närmaste obefintlig.

### 5. Solvärmedämpande glas

Idag finns många glastillverkare i världen som har ett brett sortiment av solvärmedämpande glas. Solskyddsglasen kan vara tonade men också helt färgneutrala och svåra att skilja från vanligt klarglas. Dessa kan också ha en lågemitterande beläggning som dels hindrar rumsvärmen vintertid från att gå förlorad dels minskar den sekundära solvärmeinstrålningen, dvs. den från uppvärmda ytor utanför byggnaden.

### 6. Avancerade glas

Forskningen inom detta område pågår för fullt. Det finns electrochroma glas för mekanisk reglering av solinstrålningen. fotochroma glas forskas det kring och dessa kommer inte ut på marknaden de närmaste åren.

Solcellsintegrerade glas kan användas för solavskärmning eftersom solcellerna är laminerade i en folie. Denna folie kan fås i olika mönster och färger. I stället för att täcka översta delen i höga fönsterpartier, kan denna del förses med ett sådant glas. Dels minskar solvärmeinstrålningen radikalt, dels kan den alstrade elen användas för komfortkyla eller belysning.

Tunntekniken finns redan på den tyska marknaden och forskning pågår för fullt i Uppsala. Denna teknik är inte ekonomisk på kort sikt men med tanke på e-certifikat mm, kan den bli lönsam i framtiden. Då kan solavskärmning och e-alstring kombineras i varje fönster.

Vid jämförelse av solavskärmningslösningar, är det viktigt att jämföra korrekt data. Den angivna solskyddsfaktorn för väv, utvändiga anordningar mm gäller oftast enbart för den direkta solenergin medan solskyddsfaktorn för glas gäller både den direkta solvärmen och den sekundära.

## Energisparpotentialen

Energibesparingen vid byte av fönster beror på:

- Minskade transmissionsförluster
- Minskat luftläckage genom otätheter
- Sänkning av inomhustemperaturen på grund av högre yttemperatur på glaset och därmed minskad risk för kallras och komfortproblem såsom strålningsdrag
- Lättare att justera temperaturen
- Minskad solvärmeinstrålning och därmed minskat kylbehov
- Ökade glasareor och minskat dagsljusbehov

## Energisparpotential i kontorsbyggnader

Dessa åtgärder kan beräknas för sig men det är helheten som är viktig för att få fram korrekta fakta. Till detta krävs datasimuleringar.

VVS-konsulterna Lars Myhre AS i Oslo har, i samband med teknikupphandlingen av energieffektiva fönster i Norden, analyserat energieffektiva fönsters sparpotential. Efter flera hundra simuleringar med olika byggnadskategorier (småhus, flerbostadshus, kontor och sjukhus), olika isoleringsgrader, olika orienteringar mm, fick de fram nyckeltal för energibesparing i olika klimatzoner i Norge och i Sverige. Felmarginalen beroende på samtliga variabler som de räknat med ger en variation på högst 2 – 8 procent. Nyckeltalet för besparingen är 10 kWh/m<sup>2</sup> fönsterarea och år för varje tiondedel som U-värdet förbättras. Det gäller klimatzonen för Örebro och Oslo. Genom att räkna om med gradtimmar för olika orter, kan man få fram nyckeltal för varje enskild ort. För Stockholm är nyckeltalet 9,3 kWh/m<sup>2</sup>. Denna beräkning är enbart för mörker U-värdet. På basis av detta kan man räkna fram följande besparing:

1 m<sup>2</sup> fönster med U-värde 3,0 i Stockholm byts ut mot 1 m<sup>2</sup> fönster med U-värde 1,0.  
 $3,0 - 1,0 = 2,0 \times 9,3 \times 10 = 186 \text{ kWh/m}^2$  och år. Ytterligare ca 100 kWh kan sparas om man sänker inomhustemperaturen med en grad (beroende på lokalyta och baserad på 5% besparing på totala energibehovet). Total besparing ca 286 kWh/m<sup>2</sup> fönsterarea. Vid 20 procents fönsterarea av golvarean, motsvarar detta en besparing på 57 kWh/m<sup>2</sup>.

För att beräkna energisparpotentialen med olika typer av solavskärmningar, krävs datasimuleringar. I Göteborg har vi dataprogrammen IDA, nya versionen och Parsol 2 med vilka vi kan göra mera detaljerade beräkningar.

### Nyckeltal

|   |  |
|---|--|
| Fönsterarea 15 %                            | Fönsterareorna i kontor byggda mellan 1970-2000 har gradvis ökat. Även andelen glas i entépartier och i tak har ökat vilket påverkar energianvändningen. Fönsterarean baseras på totala golvarean.   |
| 150 kWh/m <sup>2</sup>                      | Tidigare i rapporten har vi nämnt att besparingen i bostäder är ca 300 kWh per m <sup>2</sup> fönsterarea. Denna siffra kan vara både för hög eller för låg för kontorslokaler beroende på om dessa behöver kylas eller värmas upp. Vi antar därför att ca 150 kWh per m <sup>2</sup> fönsterarea är en rimlig besparing om vi utgår från att alla fönster inte kommer att uppgraderas till U-värde 1,0 utan kommer att finnas inom intervallen 1,5 – 1,0 samt med eller utan solvärmedämpande glas. |
| U-värde 1,3 W/m <sup>2</sup> K              | Baserat på dagens försäljningsmönster antar vi att 30 % av alla nya fönster kommer att vara i U-värde 1,0, 40 % i U-värde 1,3 och 30 % i U-värde 1,5. De med U-värde 1,5 kan också vara fönster som inte byts ut utan tilläggsisolerats och därmed inte kommer ner till ett lägre U-värde. Det genomsnittliga U-värdet blir 1,3.   |
| 350 000 resp.<br>400 000 m <sup>2</sup> /år | Under 1970-talet byggdes i genomsnitt 350 000 m <sup>2</sup> kontorsarea per år. Under åren 1980-2000 har det byggts eller getts bygglov till i genomsnitt 400 000 m <sup>2</sup> kontorsarea.   |

## Energisparpotential i kontorsbyggnader

| <u>Besparing</u>                             | <u>1970-1979</u> | <u>1980-1989</u> | <u>1990-1999</u> |
|--|------------------|------------------|------------------|
| 350 000 x 15 % fönsterarea x 150 kWh x 10 år | 79 GWh           |                  |                  |
| 400 000 x 15% ”                              |                  | 90 GWh           | 90 GWh           |

**Datasimulering**

För att få en bild av effekten från både lägre U-värde och solvärmedämpning samt för effekten av dagsljus, har vi gjort några datasimuleringar med IDA för en kontorsmodul i Stockholm, byggd under 1970-talet.

|             |   |                       |      |
|-------------|---|-----------------------|------|
| Modularea   | 10 m <sup>2</sup>                                       |                       |      |
| Fönsterarea | 15 %, 1,5 m <sup>2</sup>                                |                       |      |
| Orientering | Söderläge   |                       |      |
| Alt 1       | Nuläget, 2-glasfönster med U-värde 3,0 W/m <sup>2</sup> | Solenergitransmittans | 76 % |
| Alt 2       | Byte / komplettering till U-värde 1,5                   | ”                     | 34 % |
| Alt 3       | Byte till U-värde 1,0                                   | ”                     | 25 % |

**1. Effekten av solskyddsglas**

Vi har gjort beräkningar på vinterklimat respektive sommarklimat. Resultaten avviker från teoretiska beräkningar på grund av:

**Orientering** Vald orientering är söderläge. Ett fönster mot söder med mörker U-värde på 3,0 har, enligt korrigeringsfaktorn i BBR, ett U-värde på 1,8 när man skall ta hänsyn till solvärmeinstrålningen. Det betyder att energibesparingen genom ett södervänt fönster är liten jämfört med om man hade gjort beräkningen för ett norr-fönster. IDA har räknat fram att energiflödet genom tvåglasfönstret är 240 W och genom U-värde 1,0 80 W.

För sommarfallet är denna orientering inte idealisk eftersom solen står högt i himlen och solen inte träffar fönstren med maximal intensitet. Energibesparingen för kylbehovet hade sannolikt varit högre om fönstret var orienterat mot väster.

**Glasval** För att uppnå maximal energibesparing vintertid, bör ett energiglas utan solskyddande egenskaper användas. På så sätt kan man utnyttja gratis solenergin maximalt. Exempelvis bör alla fönster mot norr ha vanliga låg-emissionsglas och inte solskyddsglas.

I denna beräkning har vi valt glas som minskar solenergiinstrålningen med ca 50 %.

**Värmebatteri** Vi har kalkylerat med att tilluften uppvärms till 18 grader. Det betyder att oavsett fönsters isoleringsförmåga, luften värms upp konstant.

## Energisparpotential i kontorsbyggnader

### Riktad Operativ

Temp. ROT ROT kurvan här är missvisande eftersom vi endast räknat med att någon är i mitten av rummet. Skulle någon sitta närmare fönstret skulle ROT-kurvan se annorlunda ut eftersom glasets yttemperatur varierar mycket.

Temperatur Vi har räknat med dynamiskt förlopp vilket innebär att det, ur energisynpunkt, inte alltid är bästa tidpunkten som det räknats med. Temperaturen pendlar mellan 21 och 26 grader över dygnet och att vi har viss fördröjningseffekt pga. stommen.

Eftersom man har ett visst ventilationskrav i kontorsrummet, i detta fall 20 l/s, finns det alltid ett värme- eller kylbehov av tilluften. På samma sätt finns ett konstant värmetillskott på grund av belysning, datorer och personlast. Dessa effekter är samma i alla beräkningsfallen. Det är således de övriga effekterna och energianvändning som skall jämföras.

Av beräkningarna framgår att energibesparingen vintertid är marginell för detta södervända fönster när det gäller värmeenergi. Byte till fönster med bättre U-värde har inte så stor betydelse för effektbehov och energianvändning men kan naturligtvis förbättra komforten då man minskar risken för kallras och strålningsdrag. När det gäller energi till kyla, får vi dels besparing från installerad effekt dels från inbesparad installation:

1. Besparing i värmeenergi 116 kWh
2. Max värmeeffektbehovet minskar från ca 1100 W till 1000 W.
3. Besparing från minskat kylbehov från 86,01 kWh till 28,50 kWh
4. Effektbehovet har minskat från 590 W till 310 W
5. Rumskylare behövs inte = besparing i installation. Temperaturkravet klaras med enbart kyld tilluft.

För att få en kalkyl som är mera exakt, krävs databeräkningar på:

- hel kontorsbyggnad eller hel kontorsplan
- olika fönsterorienteringar
- olika glaskombinationer
- en kombination av åtgärder, exempelvis minska internlaster och externlaster

## 2. Effekten av dagsljus och belysning

För samma kontorsmodul som ovan har beräkningar genomförts för att bedöma effektbehov och utnyttjandegrad av dagsljus vid val av olika typ av fönster och fönsterareor. Samma glaskombination som ovan har beaktats men beräkningarna har denna gång gällt en ökning av fönsterarean från 1,5 m<sup>2</sup> (15 %) till 2,0 m<sup>2</sup> (20 %). Dessutom har vi gjort antaganden att:

- Belysningen stängs av helt när dagsljusinsläppet överstiger 500 lux.
- Under den gränsen varierar belysningen med nivån på dagsljuset.

## Energisparpotential i kontorsbyggnader

## Sammanfattning

Belysningskravet för en kontorsarbetsplats är cirka 500 lux. Dessutom finns krav på att belysningsstyrkan inte får variera för mycket. Vid för kraftig belysning (lampor eller dagsljus) finns risk för bländning.

Om man ser till effektförbrukningen för belysning endast, är bidraget till den totala effektförbrukningen i dessa beräkningsfall liten. Detta eftersom programmet tar hänsyn till dagsljusinsläppet och belysningen stängs av om dagsljuset bidrar till upplysningen med mer än 500 lux. Däremot påverkas det totalt effektbehovet när man ökar fönsterarean jämfört med beräkning under punkt 1, enligt följande:

### IDA beräkning för 10 m2 kontorsmodul

| Effektbehov för kyla resp. värme     | Alt 1 | Alt 2 | Alt 3 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| 15 % fönsterarea sommar              | 590   | 340   | 310   |
| 15 % fönsterarea vinter              | 1100  | 1000  | 1000  |
| Beräknat med 60 W konstant belysning |       |       |       |
| 15 % fönsterarea sommar              | 220   | 0     | 0     |
| 20 % fönsterarea sommar              | 360   | 60    | 0     |
| Beräknat med 60 W varierad belysning |       |       |       |

### Alt 1 2-glas klar

En solig sommardag har man inget behov av belysning. Tillskottet av dagsljus blir mitt på dagen, beroende på fönsterstorlek, mellan 2400 och 3300 lux. Då har man sannolikt ett behov att skärma av arbetsplatsen från dagsljus.

Kyleffekt behovet för att hålla inomhustemperaturen under 26°C ökar från 220 W till 360 W då fönsterarean ökas från 1,5 till 2,0 m<sup>2</sup>.

### Alt 2 2-glas Brilliant 66

Med denna glaskombination har man endast behov av belysning 1 timme på morgonen och 1 timme på eftermiddagen om fönsterarean är 2 m<sup>2</sup>. Vid fönsterarea 1,5 m<sup>2</sup> blir behovet cirka 1,5 timmar på morgon och eftermiddag. Tillskottet av dagsljus blir mitt på dagen, beroende på fönsterstorlek, mellan 1000 och 1300 lux. Då har man eventuellt ett behov att skärma av arbetsplatsen från dagsljus.

Kyleffekt behovet för att hålla inomhustemperaturen under 26°C ökar från 0 W till 60 W då fönsterarean ökas från 1,5 till 2,0 m<sup>2</sup>. Ett sådant marginellt kyleffekt behov kan bortses från.

### Alt 3 3-glas Brilliant 50

Med denna glaskombination har man endast behov av belysning 1 timme på morgonen och 1 timme på eftermiddagen om fönsterarean är 2 m<sup>2</sup>. Vid fönsterarea 1,5 m<sup>2</sup> blir behovet cirka 1,5 timmar på morgon och eftermiddag. Tillskottet av dagsljus blir mitt på dagen, beroende på fönsterstorlek, mellan 750 och 950 lux. Då har man sannolikt inget behov att skärma av arbetsplatsen från dagsljus.

Vid denna typ av fönster har man inget kylbehov oavsett om fönsterarean är 1,5 eller 2,0 m<sup>2</sup>.

Dessa IDA beräkningar är inte representativa för energisparpotentialen i kontorslokaler. De pekar på komplexiteten, det vill säga hur olika system samverkar. Fönsterförbättringen kan ge andra besparingar än endast minskat energibehov. Detta har också klart och tydligt visat sig i andra ombyggnadsprojekt med energieffektiva fönster. Förutom minskat energibehov har besparingarna bestått i minskat effektbehov samt minskade installationer för värme och kyla. Dessutom förbättras inomhusklimatet avsevärt. I kontorsbyggnader och i flertalet andra lokaler kan uppvärmningssystemet uteslutas helt. Eventuellt värmebehov kan, när internlasterna inte räcker till, kompletteras med ett litet värmebatteri i ventilationssystemet eller med andra enkla lösningar.

### Renoveringstakt

Nuvarande produktionskapacitet är ca 1,3 miljoner m<sup>2</sup> fönster. Import och export är än så länge obetydliga, mindre än 5 procent. Kapaciteten kan utökas till 2 miljoner genom ökad skiftgång. På grund av lågkonjunktur inom byggbranschen, finns det gott om ledig kapacitet hos vissa tillverkare, särskilt hos dem som är specialiserade på lokaler. Genom riktade insatser är det därför möjligt att ersätta samtliga äldre fönster med nya, energieffektivare inom fem år.

Det finns etablerade företag som specialiserat sig på fönsterbyten. Arbetslösheten inom byggbranschen skulle minska genom satsningar på fönsterbyten.