

MVB

PRODUKTION AV ENERGIEFFEKTIVA BYGGNADER PROCESSBESKRIVNING

SBUF ® Forskningsprojekt nr 12044



Antal sidor: 65
Projekt nr: 8618203
Jakob Pontusson

Göteborg 2010-06-17
Bengt Dahlgren Göteborg AB

FÖRORD

Denna rapport utgör en del av forskningsprojekt nr 12044 ”Kunskapsuppbyggande inom energieffektivt byggande i ny och befintlig bebyggelse” och har framtagits med stöd av SBUF.

Rapporten är sammanställd av MVB Väst AB och Bengt Dahlgren AB.
Projektledare för projektet är Peter Fredriksson, MVB Väst AB.

Syftet med rapporten är att beskriva byggprocessen för produktion av energieffektiva byggnader, samt att identifiera utbildningsbehov för utformning av energieffektiva byggnader.

Resultatet skall sedan användas som underlag för att utforma en tvåårig mastersutbildning, vid Lunds Tekniska högskola, som behandlar utformning av energieffektiva byggnader. Parallellt med att denna rapport har arbetats fram har en fallstudie gjorts av ”Byggnad 18, Krokslätt Fabriker” en byggnad med krav på låg energianvändning ”

Rapporten berör endast de moment i byggprocessen som påverkar energianvändningen för den färdiga byggnaden. Energieffektivitet och energianvändning under själva uppförandet av byggnaden och energianvändning för framtagande av olika byggnadsmaterial berörs ej i denna rapport.

Rapporten begränsar sig till byggnaden och dess system. Ursprung för olika energikällor, olika energibärare utanför byggnaden osv. berörs endast ytligt.

SAMMANFATTNING

En numera välkänd sanning är att byggnadssektorn står för närmare 40 % av Sveriges totala energianvändning. För att minska denna andel har man på myndighetsnivå upprättat energikrav för nybyggnader genom de kravnivåer som anges i Boverkets byggregler (BBR). Många fastighetsägare väljer dock att skruva dessa krav än hårdare för att minska energibehovet ytterligare.

Då en byggnads energianvändning inte är helt trivialt att veta sig kartlägga eller beräkna är det viktigt att strukturerat arbeta med att minimera energianvändningen genom hela byggprocessen. Detta kräver mycket kunskap hos byggherre och alla andra aktörer genom byggprocessen.

Rapporten är framtagen i syfte att identifiera utbildningsbehov för energieffektivt byggande. Ett resonemang har förts om krav, beslut, system, viktiga moment mm. i syfte att identifiera och beskriva vad som måste beaktas i olika skeden för att en byggnad slutligen skall klara ett hårt ställt energikrav.

Förutom att identifiera utbildningsbehov i olika skeden så har rapporten även resulterat i ett antal checklistor för energiarbetet genom byggprocessen. Tanken är att dessa checklistor skall underlätta planeringen av energiarbetet och därmed leda till ett bättre resultat för byggnadens slutliga energianvändning.



Figur 1: Byggprocessen

Det är byggherren som har ansvaret för att energikravet, och andra krav uppfylls, och denne bör därför ha en central roll genom hela processen. Byggherren måste tidigt ta ställning till om det finns tillräcklig kompetens vad gäller energi i sin egen organisation eller om externa resurser behöver knytas upp för att nå målet.

För att ett hårt satt energimål skall kunna uppfyllas är det mycket viktigt att rätt kompetens finns för att hantera energifrågorna genom byggprocessen. Kompetensen är fördelad på många olika discipliner men det är av stor vikt att någon i projektet har en övergripande kunskap för att kunna samordna energiarbetet. Om byggherren ej har denna kunskap själv så bör han knyta till sig resurser för detta.

Energimålet måste formuleras i ett tidigt skede. Redan i programskedet bör energimålet omformuleras som krav så att alla inblandade vet vad som gäller. Kravet skall vara tydligt och ej kunna misstolkas. Detta är av stor betydelse för att kravet skall kunna uppfyllas. Det har även ekonomisk betydelse då olika aktörer i senare skeden kontrakteras mot dessa krav. Om kraven är tydliga och satta i ett tidigt skede så är det också lättare för byggherren att avgöra vilken kompetens han/hon behöver knyta till sig i projektet för att uppfylla kraven.

Ett viktigt verktyg för energiarbetet under byggprocessen är energiberäkningsprogrammet. Detta verktyg används med fördel genom hela byggprocessen för att jämföra olika alternativ för byggnaden och för att kontrollera att energikravet uppfylls.

Detta görs enklast genom att energiberäkningen uppdateras kontinuerligt. I praktiken görs detta genom att tidigare antagna indata ersätts med projekterade värden efter hand.

Parallellt med att rapporten har utformats så har en fallstudie av ”Byggnad 18 – Krokslätts Fabriker” genomförts. ”Byggnad 18” är en kontorsbyggnad på ca 4 500 m² BTA med hårt satta energikrav.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	SIDA
1	VARFÖR ENERGIEFFEKTIVT BYGGANDE? 7
2	BYGGNADENS ENERGIFLÖDEN 8
2.1	Definitioner för byggnadens energiflöde enligt BBR 9
3	BYGGNADENS ENERGIANVÄNDNING – VAD SÄGER LAGEN?..... 10
4	KLASSIFICERING AV ENERGIEFFEKTIVITET FÖR BYGGNADER 14
5	KOPPLING MELLAN ENERGI OCH MILJÖ 17
5.1	Energikällor..... 17
5.2	Växthuseffekt – Global uppvärmning 17
5.3	Ekonomiska styrmedel..... 20
6	BYGGNADENS KLIMATPÅVERKAN 21
6.1	Energihushållning i byggnader 22
7	BYGGNADENS DELAR OCH SYSTEM 23
7.1	Klimatskalet 23
7.2	Stommen 26
7.3	Fönster 26
7.4	Kompletterande solskydd..... 28
7.5	Ventilation..... 29
7.6	Värmesystem..... 34
7.7	Tappvattensystem 35
7.8	Komfortkyla..... 36
7.9	Processkyla 38
7.10	Belysning 38
7.11	Styr & Övervakning..... 40
7.12	Lokala energikällor 43
8	BYGGPROCESSEN FÖR ENERGIEFFEKTIVT BYGGANDE..... 45
8.1	Mål 46
8.2	Programskedet..... 47
8.3	Systemskedet..... 49
8.4	Detaljprojektering 51
8.5	Byggskede..... 52
8.6	Förvaltning 54
8.6.1	Uppföljning 55
9	VERKTYG OCH HJÄLPMEDEL FÖR ENERGIEFFEKTIVT BYGGANDE.. 56
10	ENTREPRENADFORMER..... 60
11	DISKUSSIONER OCH SLUTSATSER..... 62

BILAGOR

BILAGA 1 – Checklistor

BILAGA 2 – Indata energiberäkning

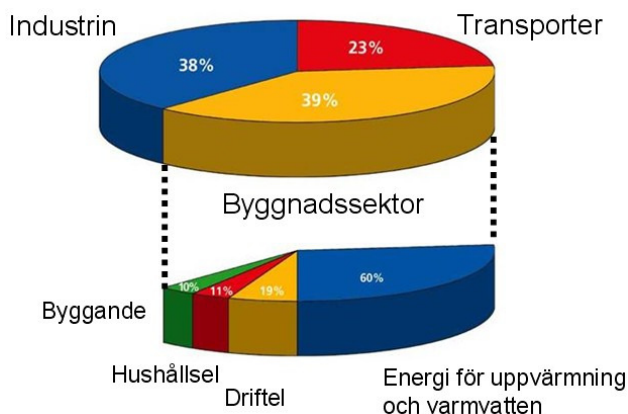
BILAGA 3 – Förslag till utbildningsplan

BILAGA 4 – Fallstudie byggnad 18 – Kroksläotts fabriker

1 VARFÖR ENERGIEFFEKTIVT BYGGANDE?

EU har som mål att minska utsläppen av CO₂ och Europas beroende av importerade energikällor. Den höga energianvändningen i byggnader och den stora effektiviseringspotential som finns där, gör att EU riktar stor uppmärksamhet på bebyggelsesektorn.

Energianvändningen inom bebyggelsesektorn i Sverige står för 39 % av landets totala slutliga energianvändning och för cirka 50 % av den totala elanvändningen. Energin används för uppvärmning av ytor och vatten samt för drift av apparater. Drygt 60 % av energianvändningen i sektorn går till uppvärmning och varmvatten.



Figur 2: Energianvändningens fördelning i Sverige. (Energimyndigheten)

Sveriges riksdag antog i juni 2006 miljömålet att med utgångspunkt i 1995 års användning minska energianvändningen med 20 % till 2020 och 50 % till 2050.

För att uppfylla dessa mål om minskad energianvändning så kommer det att krävas ett hårt arbete med befintligt och nytt byggnadsbestånd.

Syftet med denna rapport är att beskriva hur själva byggprocessen bör bedrivas för att säkerställa att man när huset är färdigbyggt skall ha uppfyllt kravet på energieffektivitet, samt att identifiera utbildningsbehov i olika faser av byggprocessen för energieffektivt byggande. Med ”Energieffektivt byggande” menas i denna rapport produktion av energieffektiva byggnader.

Rapporten har fokus på de aspekter i byggprocessen som är viktiga för att det slutliga energimålet skall uppfyllas. För att man skall kunna förstå och sätta sig in i de moment som krävs för produktion av energieffektiva byggnader krävs mycket kunskap om byggnadens system, lagkrav, energi osv. Denna rapport berör därför även dessa områden för att identifiera det utbildningsbehov som krävs för att kunna få förståelse för processens alla delar.

2 BYGGNADENS ENERGIFLÖDEN

Byggnadens energianvändning, enligt definition i BBR, är den energimängd som vid normalt brukande behöver levereras till byggnaden under ett normalår.

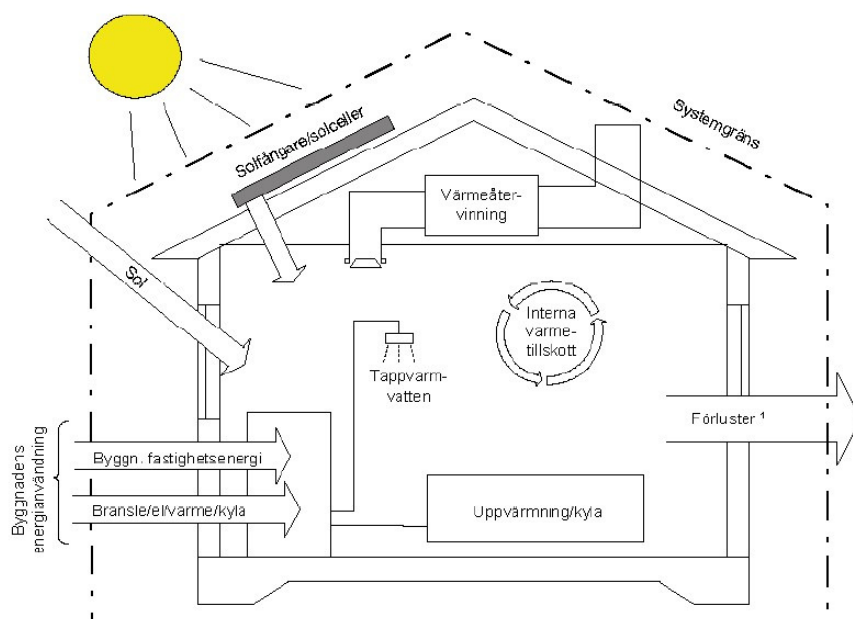
Byggnadens energianvändning enligt BBR

- + Energi för uppvärmning
- + Energi för komfortkyla
- + Energi för tappvarmvatten
- + Byggnadens fastighetsenergi
- Interna värmertilskott
- Solenergi från solfångare och solceller

Hushållsenergi eller verksamhetsenergi räknas inte med i byggnadens energianvändning.

Genom att dividera byggnadens energianvändning med A_{temp} erhålls byggnadens *specifika* energianvändning.

Med A_{temp} menas arean av samtliga våningsplan för temperaturreglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dyligt, inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte.



1) Transmissionsförluster, luftläckning, ventilationsförluster och dyligt.

Figur 3: Illustration av systemgränsen för byggnadens energianvändning (BBR).

2.1 Definitioner för byggnadens energiflöde enligt BBR

Fastighetsenergi

Den el eller annan energi som används för att driva de centrala systemen i byggnaden som krävs för att byggnaden ska kunna användas på avsett sätt. Exempel på detta är elanvändningen för fläktar, pumpar, hissar, fast installerad belysning, avfrostning av hängrännor och dylikt.

Verksamhetsenergi

Den el eller annan energi som används för verksamheten i lokaler. Exempel på detta är belysning, datorer, kopiatorer, TV, kyl-/frysdiskar, maskiner samt andra apparater för verksamheten samt spis, kyl, frys, disk, tvätt och andra hushållsmaskiner och dylikt. Motorvärmare, utomhusbelysning och gemensam tvättstuga redovisas som verksamhetsel och inte fastighetsel. Även annan typ av energi än el kan räknas till verksamhetsel, till exempel viss del av varmvattenanvändningen till ett bageri.

Hushållsenergi

Den el (eller annan energi) som används för hushållsändamål. Exempel på detta är elanvändningen för spis, kyl, frys, disk, tvätt och andra hushållsmaskiner samt belysning, datorer, TV och annan hemelektronik och dylikt.

Energi till uppvärmning

Energin som åtgår till uppvärmning av byggnaden.

Energi till varmvattenberedning

Energin som åtgår till varmvattenberedning.

Energi för komfortkyla

Den till byggnaden levererade kyl- eller energimängd som används för att sänka byggnadens inomhustemperatur för människors komfort.

Övrig kyla

Verksamheten i många byggnader innebär ett kylbehov utöver komfortkyla. Denna kyla kallas ofta processkyla alternativt verksamhetskyla. Energi till "övrig kyla" är verksamhetsenergi och slås ofta ihop med verksamhetselen vid redovisning av en byggnads energiflöden.

Solenergi

Solinstrålning genom fönster tillför byggnaden energi som under uppvärmningssäsongen minskar andelen av den köpta energin till byggnaden. Om man har system för kyla installerat i byggnaden kommer solinstrålningen att öka energianvändningen för kylanläggningen under den varma säsongen.

För att nyttja solenergi i byggnaden kan man använda sig av solfångare och solceller. Dessa system beskrivs närmare under "Byggnadens delar och system".

Enligt BBR så får energi via solfångare/solceller som nyttiggörs i byggnad räknas bort från byggnadens energianvändning. Om man gör en installation med solfångare eller solceller på huset, för att minska behovet av köpt energi, behöver man således inte räkna med erhållen energimängd från sådana, när man beräknar den specifika energianvändningen. Detta är principiellt jämförbart med solinstrålning genom fönster.

3 BYGGNADENS ENERGIANVÄNDNING – VAD SÄGER LAGEN?



EU-direktiv

Energianvändningen för byggnader i EU:s medlemsländer styrs av EU-direktivet om byggnaders energiprestanda 2002/91/EG.

Syftet med detta direktiv är att främja en förbättring av energiprestanda i byggnader i gemenskapen samtidigt som hänsyn tas till utomhusklimat och lokala förhållanden samt till krav på inomhusklimat och kostnadseffektivitet. Energiprestandan skall förbättras främst genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kyl användning samt effektiv elanvändning i våra byggnader. På så sätt ska vi skapa ett hållbart samhälle och minska EU:s beroende av importerad energi.

Lagstiftningen har främst kommit till för att minska byggnaders miljöpåverkan men det finns även ett ekonomiskt intresse att bygga energieffektiva byggnader då energipriserna har ökat mycket de senaste åren.

Direktiv 2002/91/EG antogs i december 2002. Ett direktiv är en EU-rätts akt som innebär att varje medlemsland ska införa egna lagar som ser till att målen enligt direktiv uppnås.

Svensk lagstiftning

Boverket är i Sverige den myndighet som ansvarar för byggande och boende. Boverket lyder under regeringen och sorterar under Miljödepartementet. Boverkets uppgift är att genomföra de beslut som riksdag och regering har fattat.

Sveriges riksdag antog i juni 2006 miljömålet att med utgångspunkt i 1995 års användning minska energianvändningen med 20 % till 2020 och 50 % till 2050.

Lagen om energideklarationer (SFS 2006:985) infördes den första oktober 2006.

Lagen om energideklarationer gäller befintlig bebyggelse och ställer inga krav på energianvändning. Däremot är man som byggnadsägare skyldig att upplysa byggnadens brukare om vilken energiprestanda byggnaden har. Tanken är att marknadskrafter skall göra att byggnader med dålig energiprestanda genomför åtgärder för att minska byggnadens energianvändning.

Vid nybyggnation och tillbyggnad av befintliga byggnader regleras byggnaders framtida energianvändning av Boverkets Byggregler BBR. BBR är föreskrifter och allmänna råd till delar av plan- och bygglagen (PBL), plan- och byggförordningen (PBF), lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (BVL) samt förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m. (BVF). Det betyder att BBR förtydligar och preciserar innebörden i delar av överordnade förordningar och lagar.



Figur 4: Krav på energihushållning enligt BBR 2008 inklusive Supplement februari 2009 – 9 Energihushållning.

Krav på specifik energianvändning för byggnader varierar beroende på i vilken klimatzon byggnaden ligger. Sverige delas in i tre klimatzoner:

Klimatzon I: Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län.

Klimatzon II: Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län.

Klimatzon III: Västra Götalands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands, Örebro, Västmanlands, Stockholms, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge, och Gotlands län.

Byggnader ska vara utformade så att:

- byggnadens specifika energianvändning,
- installerad eleffekt för uppvärmning och
- genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om})

högst uppgår till de värden som anges i tabell 1-4.

Krav på energianvändning för byggnader enligt BBR inkluderar energi till:

- Uppvärmning
- Komfortkyla
- Varmvattenberedning
- Fastighetsel (tex. el till fläktar och pumpar)

Verksamhetsenergi inkluderas ej i kravet.

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	150	130	110
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,50	0,50	0,50

Tabell 1, Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme.

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,035(A _{temp} - 130)	0,030(A _{temp} - 130)	0,025(A _{temp} - 130)
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,40	0,40	0,40

Tabell 2: Bostäder med elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	140	120	100
+ tillägg då uteluftsflödet av utökade hygieniska skäl är större än 0,35 l/s per m ² i temperaturreglerade utrymmen. Där q _{medel} är det genomsnittliga specifika uteluftsflödet under uppvärmningssäsongen och får högst tillgodoräknas upp till 1,00 [l/s per m ²].	110(q _{medel} -0,35)	90(q _{medel} -0,35)	70(q _{medel} -0,35)
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,70	0,70	0,70

Tabell 3, Lokaler som har annat uppvärmningssätt än elvärme.

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	95	75	55
+ tillägg då uteluftsflödet av utökade hygieniska skäl är större än 0,35 l/s per m ² i temperaturreglerade utrymmen. Där q _{medel} är det genomsnittliga specifika uteluftsflödet under uppvärmningssäsongen och får högst tillgodoräknas upp till 1,00 [l/s per m ²].	65(q _{medel} -0,35)	55(q _{medel} -0,35)	45(q _{medel} -0,35)
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,035(A _{temp} - 130)	0,030(A _{temp} - 130)	0,025(A _{temp} - 130)
+ tillägg då uteluftsflödet av utökade kontinuerliga hygieniska skäl är större än 0,35 l/s per m ² i temperaturreglerade utrymmen. Där q är det maximala specifika uteluftsflödet vid DVUT.	0,030(q-0,35)A _{temp}	0,026(q-0,35)A _{temp}	0,022(q-0,35)A _{temp}
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,60	0,60	0,60

Tabell 4: Lokaler med elvärme

Exempel 1:

Kontorsbyggnad i Lund (dvs klimatzon III).

Uppvärmningssystem: Bergvärmepump (dvs el).

Genomsnittligt uteluftsflöde under uppvärmningssäsong: 0,7 l/s,m²

Max uteluftsflöde vid DVUT (Dimensionerande vintertemperatur): 0,5 l/s,m²

A_{temp} = 2000 m²

Max specifik energianvändning enligt BBR blir:

55+45(0,7-0,35)=70 kWh/m² A_{temp},år

Max installerad eleffekt för uppvärmning enligt BBR blir:

4,5+0,025(2000-130)+0,022(0,5-0,35)=51 kW

När man bygger ett nytt hus ska man enligt BBR göra en energiberäkning som visar att det nya huset kommer att klara de krav som finns i BBR:s avsnitt 9 Energihushållning. Kraven på byggnadens energianvändning skall sedan följas upp 2 år efter det att byggnaden tagits i bruk. Kraven skall verifieras genom mätning av till byggnaden levererad energi.

4 KLASSIFICERING AV ENERGIEFFEKTIVITET FÖR BYGGNADER

Utvecklingen av verktyg för energi- och miljöbedömning av byggnader är ett område som expanderat kraftigt sedan 1990-talets början. Den ökande medvetenheten om den byggda miljöns omfattande bidrag till samhällets miljöpåverkan i stort har spelat stor roll för denna utveckling. Verktygen förväntas ha en betydelsefull roll i att driva på och underlätta miljöförbättringar och förändring av marknaden i bygg- och fastighetssektorn.

Det finns ett antal klassificeringar och metoder för att klassificera energieffektivitet hos byggnader. Nedan följer en kortfattad beskrivning av de vanligaste metoderna.

Passivhus och Minienergihus

Passivhus och Minienergihus är begrepp som ofta används för att ange att en byggnad har låg energianvändning.


För att en byggnad skall få lov att kallas passivhus eller minienergihus i Sverige skall den uppfylla krav på effekt och energi för uppvärmning enligt kravspecifikation från FEBY, Forum för Energieffektiva Byggnader. Om kraven enligt FEBY följs och uppfylls så får man lov att säga att byggnaden är:

- Projekterad för Passivhus eller Minienergihus enligt FEBY, respektive
- Verifierat Passivhus eller Minienergihus enligt FEBY

Olika energislag viktas olika beroende på klimatpåverkan.

Effektkrav och energikrav varierar beroende på klimatzon mm. och är betydligt lägre än BBR-krav. Till exempel får en eluppvärmd byggnad i klimatzon III ha en installerad effekt för uppvärmning på max $10-12 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$, och använda max $30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$, år exklusive verksamhetsenergi och hushållsenergi för att uppfylla kraven på passivhus.

För att uppfylla kraven för minienergihus får samma byggnad ha en installerad effekt för uppvärmning på max $16-20 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$, och använda max $40 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$, år exklusive verksamhetsenergi och hushållsenergi.

 <p>EU</p>	<p>GreenBuilding</p> <p>GreenBuilding (även kallat EU GreenBuilding) är en klassificering som har initierats av EU för att främja energieffektivisering av byggnader. I Sverige är det Sweden Green Building Council som administrerar GreenBuilding. Kravet för att en byggnadsägare skall bli GreenBuilding-partner är i huvudsak att byggnadens befintliga energianvändning sänkes med 25%, eller ligger 25% under BBR-kravet för byggnaden. Verksamhetsenergi räknas ej in i byggnadens energianvändning.</p>
---	--

 Sverige	<p>Miljöklassad Byggnad Miljöklassad Byggnad är ett svensk klassningssystem som tagits fram av Bygga-bo-dialogen och som nu förvaltas av Intresseföreningen Miljöklassad Byggnad. Vid klassningen tar man hänsyn till energi, inomhusmiljö, och kemiska ämnen i byggnaden. Vid klassificering enligt denna metod tittar man inte bara på byggnadens energianvändning utan även på energibehov och energislag. Miljöklassad byggnad betygsätts i fyra nivåer: Klassad, Brons, Silver och Guld.</p>
 Sverige	<p>Miljö- och energirosen Miljö- och energirosen är två bedömningssystem utvecklade i Sverige av Miljöstatusföreningen. Klassningarna är framtagna för befintliga byggnader, men kan även fungera som underlag vid nybyggnation. Energirosen bedömer energianvändningen och kan användas som underlag för energideklaration. Miljörosen bedömer energi, inomhusmiljö och kemiska ämnen. Byggnadens prestanda bedöms på en skala 1-5 och redovisas i rosdiagram. Miljörosen är idag det ledande miljöklassningssystemet i Sverige med mer än 3 000 bedömda byggnader.</p>
 Sverige	<p>P-märkning Metod framtagen av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut som kan användas för kvalitetssäkring av inomhusmiljö och energieffektivitet hos byggnader. Om byggnaden uppfyller kraven enligt metoden blir byggnaden P-märkt.</p>
 USA	<p>LEED LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) är en amerikansk metod för miljöklassning av byggnader som även tar hänsyn till energianvändning. Metoden är framtagen av US Green Building Council. Byggnaden betygsätts i fem nivåer: Certified, Brons, Silver, Gold och Platinum.</p>
  Storbritannien	<p>Breeam och Code for Sustainable Homes Breeam (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) och Code for Sustainable Homes är brittiska metoder för miljöklassning av byggnader som även tar hänsyn till energianvändning. Metoderna är uppbyggda på ungefär samma sätt men Code for Sustainable Homes är mer anpassat för bostäder. Det är lagkrav i Storbritannien att alla nybyggda småhus skall klassas enligt denna metod. Breeam betygsätter byggnaden i fem nivåer med Pass, Good, Very Good, Excellent eller Outstanding. Code for Sustainable Homes betygsätter byggnaden i sex nivåer med 1-6 stjärnor.</p>

Förutom ovan nämnda klassificeringsmetoder finns en mängd andra metoder som används lokalt i andra länder.

Sweden Green Building Council

Företag inom svenska bygg- och fastighetsbranschen har gått samman och bildat Sweden Green Building Council, SGBC. SGBC ska tillhandahålla, utveckla och marknadsföra certifieringssystem som möjliggör benchmarking ur såväl nationellt som internationellt perspektiv samt inspirera till att ständigt utveckla det egna fastighetsbeståndet mot att bli mer hållbart. Organisationen vill samverka med beslutsfattare med målet att skapa incitament för att bygga och förvalta våra fastigheter med ett långsiktigt hållbarhetsfokus, t.ex. genom ändrad beskattning och beaktande av hållbarhetsaspekter i planfrågor.

Ett av SGBC:s mål är att utvärdera miljöklassningssystem för att välja system som uppfyller de krav vi i Sverige vill att ett klassningssystem ska uppfylla. I skrivande stund rekommenderar SGBC GreenBuilding, Miljöklassad Byggnad, LEED och BREEAM som lämpliga certifieringssystem för svenska byggnader. Certifiering med GreenBuilding administreras av SGBC i dagsläget. SGBC har ansökt om att få administrera även certifiering med Miljöklassad byggnad. Arbete med att anpassa LEED och BREEAM till svenska regler pågår. Så småningom (troligen under år 2011) kommer SGBC även att administrera certifiering med dessa system i Sverige.



5 KOPPLING MELLAN ENERGI OCH MILJÖ

All energiomvandling påverkar miljön. Miljöpåverkan från energiomvandling beror på tre faktorer:

- hur mycket energi vi använder,
- vilken ursprungskälla energin har
- vilken teknik vi använder för att omvandla energin.

5.1 Energikällor

En energikälla är en naturtillgång eller ett naturfenomen som kan omvandlas till nyttiga energiformer som ljus, rörelse och värme. Vi delar ofta in dem i fossila och förnybara energikällor.

Fossila energikällor

Exempel på fossila energikällor är naturgas, råolja och stenkol. Dessa finns i begränsade, men mycket stora, lager och nybildas mycket långsamt. En annan energikälla som inte nybildas är uran som är råvaran för kärnbränsle.

Förnybara energikällor

De flödande energikällorna återbildas hela tiden genom solens inverkan på jorden och naturen. De kallas därför för förnybara. Vatten-, vind- och vågenergi är flödande energikällor, liksom tidvattenenergi.

Biomassa räknas som en solbaserad energikälla och är därmed också en förnybar energikälla, liksom solenergi förstås. Biomassa benämns ofta biobränsle när den används som energikälla. Utöver dessa energikällor finns det också geotermiska energikällor som har sitt ursprung i jordens inre.

Mellanting

Torv är en organisk jordart som bildas i fuktig och syrefattig miljö genom nedbrytning av döda växt- och djurdelar under inverkan av mikroorganismer och kemiska föreningar. Torv återbildas relativt långsamt och är därför ett mellanting mellan förnybara och fossila bränslen.

5.2 Växthuseffekt – Global uppvärmning

Klimatet på jorden håller på att förändras. Det beror delvis på att vi människor släpper ut för mycket av vissa ämnen i luften. Då blir det mer värme kring jorden. Det kallas för växthuseffekten.

En del av gaserna i jordens atmosfär (främst vattenånga och koldioxid) har en förmåga att absorbera värmestrålning. De hindrar inte solljuset från att nå ned till jordytan och värma upp den, men de fångar effektivt upp en del av den värmestrålning som sänds tillbaka från jorden ut i rymden. Med andra ord har de ungefär samma verkan som glasrutorna i ett växthus. Atmosfärens naturliga växthuseffekt är en förutsättning för livet på jorden. Utan den skulle det vara nästan 35 grader kallare vid jordytan än det är i dag.

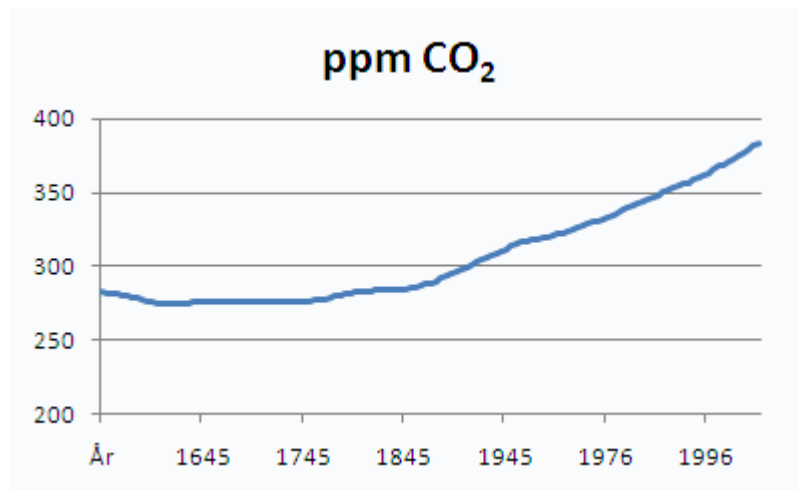
Växthusgaser (gaser som bidrar till växthuseffekten) har alltså ständigt funnits i atmosfären, men flera av dem uppträder nu i stigande halter som en följd av mänsklig påverkan. Det innebär att växthuseffekten är på väg att förstärkas.

Det finns en mängd olika växthusgaser som har olika stor förmåga att reflektera värmestrålningen från jordens yta. För att ha en gemensam måttenhet för utsläpp av alla växthusgaser brukar man ange detta i koldioxidekvivalenter (CO₂e). Denna enhet anger mängd av en växthusgas uttryckt som den mängd koldioxid som ger samma klimatpåverkan.

Ämne	kg CO ₂ /kg ämne
CO ₂	1
Metan	25
N ₂ O	320
CO	2
Övriga kolväten	3

Figur 5: Exempel på olika växthusgaser och dess påverkan på växthuseffekten. (Environmental assessment of products, Volume 2: Scientific background. Hautschild och Wentzel 1998)

Mänskliga utsläpp av växthusgaser påverkar klimatet och den ökning av temperaturen på jorden som skett under 1900-talet kan endast förklaras med de ökade utsläppen av växthusgaser. Utsläppen från vår användning av kol, olja och naturgas står för den största delen av växthusgasutsläppen. Sedan i slutet av 1700-talet har koldioxidhalten i atmosfären ökat från 280 ppm till 380 ppm.



Figur 6: Koldioxidhalt i atmosfären 1550 – 2007 (Svensk Energi)

Under 1900-talet har jordens medeltemperatur stigit med 0,7°C. För närvarande stiger temperaturen med 0,1°C till 0,4°C per årtionde.

EU har ställt upp ett mål om att den globala medeltemperaturen inte ska tillåtas att öka med mer än 2°C. Enligt IPPC:s (FN:s klimatpanel) senaste utvärderingsrapport innebär detta att koncentrationen av växthusgaser bör stabiliseras på en nivå om 400-450 ppm koldioxidekvivalenter.

Klimatpåverkan varierar mycket mellan olika energikällor varför man alltid måste se till vilket ursprung energin har.

	Koldioxid-emissioner	Total växthuseffekt	
El	kg CO ₂ /kWh	kg CO ₂ -ekv/kWh	
El märkt med Bra Miljöval	ca 0,001	ca 0,002	(-)
Svensk medelel	0,047	0,049	(CIT, Energy&Trp database 2001)
Nordisk medelel	0,090	0,106	(EMIR, Uppvärmning i Sverige 2007)
Europeisk medelel (EU15)	0,475	0,516	(CIT, Energy&Trp database 2001)
Marginalel kolkondens	0,771	1,000	(EMIR, Uppvärmning i Sverige 2007)
Marginalel naturgaskondens	0,374	0,377	(EMIR, Uppvärmning i Sverige 2007)
Värme			
Solvärme	0,000	0,000	(EMIR, Uppvärmning i Sverige 2007)
Oljepanna	0,353	0,355	(EMIR, Uppvärmning i Sverige 2007)
Naturgas	0,236	0,237	(EMIR, Uppvärmning i Sverige 2007)
Pelletsanna	0,002	0,008	(EMIR, Uppvärmning i Sverige 2007)
Ny vedpanna	0,010	0,021	(EMIR, Uppvärmning i Sverige 2007)
Fjärrvärme Svensk mix	0,103	0,117	(EMIR, Uppvärmning i Sverige 2007)

Figur 7: Exempel på klimatpåverkan för olika energibärare.

Det finns även andra sätt att mäta klimatpåverkan. T.ex. utsläpp av partiklar vid förbränning. Det mest vedertagna sättet att kvantifiera miljöpåverkan är dock koldioxidemissioner.



Figur 8: Kraftverket Jämschwalde Tyskland. (foto Vattenfall)

5.3 Ekonomiska styrmedel

Det finns ett flertal ekonomiska styrmedel för att minska energianvändningens miljöpåverkan:

Skatter

Det finns flera olika former av miljöskatter t.ex. koldioxidskatt.

Handel med utsläppsrätter

EU:s utsläppshandel inleddes i januari 2005 och omfattar cirka 12.000 anläggningar inom industri- och energiproduktion i EU. Handeln regleras genom ett särskilt direktiv och omfattar alla EU:s medlemsländer. Handel med utsläppsrätter är ett viktigt verktyg för att nå EU:s åtagande om minskade utsläpp av växthusgaser enligt Kyotoprotokollet.

Endast utsläpp av växthusgasen koldioxid ingår för närvarande i handelssystemet. Handelsdirektivet öppnar dock för att såväl EU-kommissionen liksom enskilda länder successivt kan inkludera ytterligare branscher liksom växthusgaser utöver koldioxid. Handel med utsläppsrätter omfattar för närvarande cirka 40 procent av EU-ländernas totala utsläpp av koldioxid.

Elcertifikat

Den 1 maj 2003 infördes elcertifikatsystemet i Sverige. Elcertifikatsystemet ska ge Sverige en ökad elproduktion från förnybara energikällor. Genom elcertifikatsystemet ökar de förnybara energikällornas möjlighet att konkurrera med icke förnybara energikällor.

6 BYGGNADENS KLIMATPÅVERKAN

Byggnadssektorn i Sverige står för 39 % av landets energianvändning, vilket innebär en betydande del av landets totala klimatpåverkan.

Eftersom klimatpåverkan varierar kraftigt mellan olika energikällor ställs i allt fler sammanhang krav på miljövärdering av den energi som används.

Att beräkna till exempel koldioxidutsläppen från användningen av pellets eller olja är relativt lätt. Det är däremot betydligt svårare att skapa sig en korrekt bild av miljöpåverkan från förändringar av elanvändningen eller förändringar i elproduktion. Komplexiteten i dessa frågeställningar beror på att den el som konsumeras har producerats i en stor mängd produktionskällor av olika slag. Användningen av olika produktionskällor varierar dessutom hela tiden till följd av bl.a. bränslepriser, styrmedel, väderlek, tillgång på vatten i vattenmagasinen, och en lång rad andra faktorer.

Klimatpåverkan i form av koldioxidutsläpp för el varierar mellan 0,001 och 0,771 kg CO₂/kWh beroende på vilket ursprung elen har. Olika intressenter i branschen har mycket delade meningar om hur detta skall bedömas.

Även fjärrvärme kan vara svårt att bedöma när det gäller klimatpåverkan. Om man t.ex. har ett kraftverk som bränner sopor och producerar el, och sedan även ansluter det till ett fjärrvärmenät för att återvinna spillvärme. Hur skall man då fördela utsläpp mellan el och fjärrvärme?

Vad som är miljömässigt bästa val av värmesystem är inte uppenbart. Fjärrvärme till exempel är ett bra val i tätbebyggda områden. I glesare nyexploateringsområden kan biobränslepannan vara ett alternativ.

Värmepump är ett bra miljömässigt val när den ersätter direktverkande el i befintliga byggnader. När det däremot handlar om värmepumpar i ny bebyggelse finns potentiella problem: att dessa de facto ger ett ökat elbehov och eftersom el handlas över nationsgränser ger varje ny enhet som förbrukar el ökade koldioxidutsläpp. Detta beror på att den så kallade marginalproduktionen av el är fossil (kol och naturgas) och effekttillskottet är som störst under kalla dagar där det går åt mest effekt.

Denna problematik gör att varje fall måste bedömas utefter de förutsättningar som råder. Man skall alltid vara noggrann med att redovisa vilket ursprung man antagit för respektive energibärare.

6.1 Energihushållning i byggnader

Med energihushållning avses energieffektiva lösningar och val av förnybara energislag för att minska uttaget av icke förnyelsebara energiresurser och minimera miljöpåverkan i form av bl.a. utsläpp av växthusgaser.

Teknik för förnyelsebara energiresurser inom bebyggelsen är exempelvis solfångare, solceller, minivindkraftverk på hustak, bibränsle och bränsleceller.

Ett noggrant utförande av byggnaden är viktigt för att uppnå ett hårt satt energimål. Vid val av system och komponenter är det viktigt att ha en helhetssyn som beaktar både ekonomi och miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv. Bästa möjliga styr- och reglerteknik bör användas. För en effektiv drift och för upprätthållande av en god komfort och hälsosam inomhusmiljö måste hänsyn tas till byggnaders funktion och till ingående delars beständighet och prestanda. Dessutom måste skötsel och underhåll underlättas. Brukarna bör uppmuntras att energispara och få större möjlighet att reglera sin värme-, varmvatten- och elanvändning.

7 BYGGNADENS DELAR OCH SYSTEM

Byggnadens olika delar och system som har betydelse för byggnadens energianvändning beskrivs kortfattat i detta kapitel.

Det går sällan att säga att en lösning/princip alltid är den rätta då det i regel finns flera olika sätt att uppfylla ett krav. Verksamheten och dess internlast, drifttider, klimatkrav, byggnadens placering och orientering mm. varierar mycket från fall till fall vilket innebär att systemval och byggnadsutformning måste studeras för varje unik byggnad för att hitta den rätta lösningen m.a.p. energieffektivitet.

Olika system och byggnadsdelar påverkar varandras funktion vilket innebär att jämförande analyser blir relativt komplexa. För att kunna ta rätt beslut vid val av system och byggnadsutformning krävs beräkningar med energiberäkningsprogram i kombination med kunskap om byggnadens system och hur de samverkar.

Kunskapen om byggnadens olika delar och system finns fördelad på flera olika discipliner inom projekteringsgruppen, vilket gör att lagarbete och samordning är ett måste för att man skall kunna uppfylla hårt satta energikrav.

För att kunna driva och samordna energifrågorna i ett byggprojekt på bästa sätt så bör någon i projektorganisationen ha en övergripande kunskap om byggnadens alla system och hur de samverkar.

7.1 Klimatskalet

Klimatskalet är samlingsnamnet för de konstruktioner som omsluter byggnaden. Klimatskalets uppgift är att skydda byggnaden från yttre element så att önskat klimat erhålls inne i byggnaden.

Vid konstruktion av byggnadens klimatskal skall funktion och estetik vägas samman. Många system såsom fönster, utsmyckning, solskydd mm. skall integreras i klimatskalet vilket kräver mycket samordning genom byggprocessen om man skall uppfylla ett hårdare energikrav än normalt.

Transmissionsförluster

En betydande post i byggnadens energianvändning består av transmissionsförluster genom klimatskalet.

Med transmissionsförluster menas den energimängd som går förlorad genom byggnadsmaterial på grund av värmeledning, konvektion och strålning. Till transmissionsförlusterna räknas också värmeförluster via köldbryggor vilket behandlas nedan.

Vid beräkning av transmissionsförlusterna räknar man ut U-värden ($\text{W/m}^2\text{K}$) för alla byggnadens ingående delar. U-värdet är ett mått på den värmemängd som per tidsenhet passerar genom en ytenhet av materialet då skillnaden i lufttemperaturen på ömse sidor om materialet är en grad.

För att kunna räkna ut U-värdet behövs materialets värmeövergångsmotstånd R som beror på materialens tjocklek, d (m), och värmekonduktiviteten, λ (W/mK), enligt följande ekvation:

$$R = d/\lambda \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

U-värdet beräknas sedan enligt följande formel:

$$U = 1/\Sigma R \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Köldbryggor

En köldbrygga är en försvagning i klimatskalet, utöver fönster, där värmeflödet ut ur byggnaden är större än i övriga delar av klimatskalet. Köldbryggor brukar delas in i konstruktiva och geometriska köldbryggor.

Exempel på konstruktiva köldbryggor:

- Reglar
- Fästanordningar som kramlor och skruvar mm.

Exempel på geometriska köldbryggor:

- Hörn och kanter i klimatskalet
- Bjälklagsanslutningar i yttervägg
- Infästning av fönster
- Utkragande balkonger

Köldbryggorna utgörs ofta av material som har god värmeledningsförmåga som stål eller betong men även träet i en träkonstruktion kan vara en köldbrygga.

Det förekommer att man vid energiberäkning använder schabloner för värmeförlusterna via köldbryggor. Detta kan vara OK om man använder sig av standardlösningar vars värmegenomgångskoefficienter är kända, men för att vara säker på att man uppfyller energikravet bör dock värmegenomgångskoefficienterna beräknas för alla köldbryggor.

Vid energiberäkning i tidiga skeden kan man ta hänsyn till de geometriska köldbryggorna genom att lägga på 25% på värmeförlusterna genom klimatskalet. Detta antagande måste givetvis stämmas av senare i projekteringskedena.

Konstruktiva köldbryggor inkluderas normalt i konstruktionens totala U-värde. Dvs. vid beräkning av konstruktionens U-värde så tar man hänsyn till de konstruktiva köldbryggorna.

Geometriska köldbryggors effekt beskrivs av dess linjära värmegenomgångskoefficient Ψ . Om köldbryggan finns längs l meter av konstruktionen kan det specifika extra värmeflödet som försvinner ut genom byggnaden beräknas enligt:

$$Q_{\Psi} = \Psi \cdot l \quad [\text{W/K}]$$

Ψ = Linjära värmegenomgångskoefficienten [W/mK]

l = Köldbryggans längd [m]

För att bestämma den linjära värmegenomgångskoefficienten måste man göra två- eller tredimensionella värmeflödesanalyser. Program för att göra detta är bland annat Heat2, Heat3 och DAVID32.

Lufttätet.

Klimatskalets lufttätet har betydelse för energianvändningen. Luftläckage eller ofrivillig ventilation som det ofta benämns, ökar byggnadens energi för uppvärmning. Ökade krav på energieffektivitet ställer därför även ökade krav på lufttätet.

I BBR ställs inga kvantifierade krav på lufttätet då detta anses ingå i krav på bla. energihushållning. Det är därför viktigt att byggherren själv formulerar krav på lufttätet och följer upp att dessa krav uppfylls.

Vid angivelse av en byggnads lufttätet är det vanligt att man anger krav på q_{50} för byggnaden. Detta värde beskriver luftläckage (l/s) vid en tryckdifferens på 50 Pa. Byggnadens lufttätet kan sedan verifieras med tryckprovningssmetod enligt SS-EN 13829.

Vid kravformulering för byggnadens lufttätet kan man jämföra med tidigare utgåva av BBR där kravet var $q_{50}=0,8$ l/s,m² för bostäder och 1,6 l/s,m² för lokaler. Man kan även jämföra med krav på lufttätet i passivhus som är $q_{50}=0,3$ l/s,m² enligt FEBY 2009.

Luftläckage genom klimatskalet under verklig drift är det flödet som är intressant vid energiberäkning. Många energiberäkningsprogram räknar själva om angivet värde för q_{50} till verkligt värde under drift q_{drift} . Energiberäkningsprogrammet är därför ett bra verktyg för att se hur olika täthetskrav påverkar byggnadens energianvändning.

Vid omräkning av q_{50} till q_{drift} kan följande formel användas för FT/FTX-system (Sandberg 2007):

$$q_{\text{drift}}=q_{50}/20$$

För att uppnå ett hårt ställt täthetskrav är det mycket viktigt att kravet kommuniceras till alla berörda aktörer genom hela byggprocessen ända fram till den montör som handgripligen utför montaget. Det spelar ingen roll hur väl projekterat och föreskrivet ett täthetskrav är om inte montören har fått information om och förstått kravet. Det är därför viktigt att montörer får information om vilka krav som gäller, vilka krav detta ställer på montaget, och hur man kommer verifiera att kravet blir uppfyllt. Det är mycket kostsamt att i efterhand rätta till ett felaktigt montage som upptäcks vid provtryckning av byggnaden.

7.2 Stommen

Utformningen av byggnadens stomme har betydelse för byggnadens energianvändning. En tung stomme har större förmåga att lagra energi över dygnet och på så sätt minska energi till värmning och kylning av byggnaden. För att denna lagring av energi (stomlagring) skall kunna utnyttjas på bästa sätt måste man tillåta att inomhustemperaturen får lov att glida inom en dödzon. Stommen måste också var exponerad mot rummet för att möjliggöra värmeutbyte med rummet.

Fasaden är infäst i stommen vilket innebär ett antal köldbryggor som måste beaktas vid konstruktion och energiberäkning.

7.3 Fönster

Fönster och glaspartier utgör i regel de delar av byggnadens klimatskal med sämst värmeisoleringsförmåga. Dessa partier släpper även in solljus vilket också påverkar byggnadens energibalans. Fönstrens utformning har därför i regel stor inverkan på byggnadens energianvändning. Hur stor inverkan fönstren har på byggnadens totala energianvändning beror naturligtvis inte bara på fönstrets konstruktion utan även av hur stor del av klimatskalet som består av fönster och i vilka väderstreck de är placerade mm.

Krav på genomsnittlig U_m enligt BBR innebär i praktiken en begränsning av max acceptabel area för glasade konstruktioner, ex. fönster eller glaspartier, då dessa regelmässigt har högre U -värde än U_m medan övriga byggnadsdelar väggar, tak och golv kan ha avsevärt lägre U -värde än U_m . Byggnads form och U -värden på ingående byggnadsdelar blir avgörande för hur stor andel av ytterväggar som kan utgöras av glasad konstruktion. En hög byggnad kan ha mindre glasandel än en motsvarande lägre byggnad då golv och tak där får en större andel av omslutningsarean A_{om} . (Bygga med glas, Per-Olof Carlson, 2005)

Transport av värme genom fönstret sker genom strålning, konvektion och ledning.

Strålningsförlusterna kan reduceras om glasytans emissivitetsfaktor ε ($W/m^2 K$) minskas. Lågemissionsglas är ett glas belagt med ett mycket tunt skikt av metall (oftast silver) eller metalloxid (t ex tennoxid). Beläggningen släpper in solens kortvågiga energistrålning, medan den långvågiga rumsvärmestrålningen ($< 100^\circ C$) hindras från att lämna rummet. Emissivitetsfaktorn beskriver glasets förmåga att utstråla och ta emot lågtemperaturstrålning. Vanligt, klart glas har hög emissivitet, ca 0,84 (enligt SS-EN 673), medan de effektivaste lågemissionsglasen har emissivitet på 0,03. (Bygga med glas, Per-Olof Carlson, 2005)

Värmeöverföring genom konvektion och ledning i luftspalt mellan glasskivor har att göra med mediets temperatur, densitet, dynamisk viskositet, konduktivitet samt specifik värmekapacitet. För att förbättra värmeisoleringen kan spalten i en isolerruta fyllas med en gas. Vanligen används ädelgaserna argon eller krypton som finns i och utvinns ur luft. Argon är den gas som i särklass används mest p g a dess rimliga kostnad. (Bygga med glas, Per-Olof Carlson, 2005)

Fönstrets värmeisolerande förmåga U_w bestäms enligt standarden SS-EN ISO 10077-1 där man tar hänsyn till den värmeisolerande förmågan hos

- glaset, U_g , W/ m²K
- ramen, U_f , W/ m²K (karmen och för öppningsbart fönster även bågen)
- distanslisten, Ψ_g , W/mK (interaktion mellan glas, distanslist och båge/karm, varför olika värden beroende på material i ramen) enligt formeln:

$$U_w = (A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g) / (A_g + A_f)$$

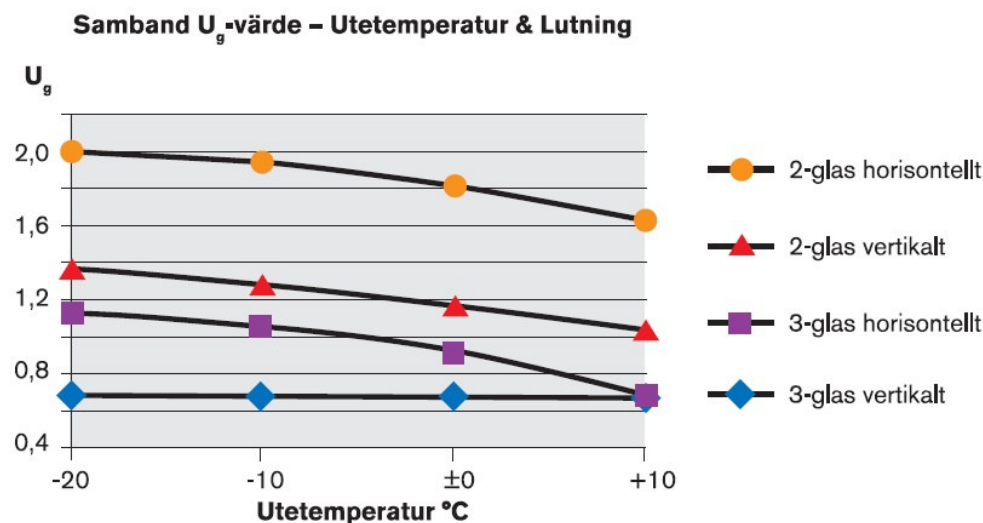
Där

A_g = glasrutans area, m²

A_f = ramens area, m²

l_g = distanslistens längd, m

Vid beräkning av värmetransport genom fönstret är U_w -värdet en viktig parameter, men hänsyn måste även tas till bl a fönstrets lutning, temperatur ute/inne, vindpåverkan, strålning mot klar himmel, solinstrålning samt arbetsutförande, dvs. hur springor och spalter ser ut vid anslutningar. Figur xx visar U -värde för två glasningar vid varierande utetemperatur och lutning.



Figur 9: Exempel på U_g för fönster kan variera vid horisontellt och vertikalt montage. (Bygga med glas, Per-Olof Carlson, 2005)

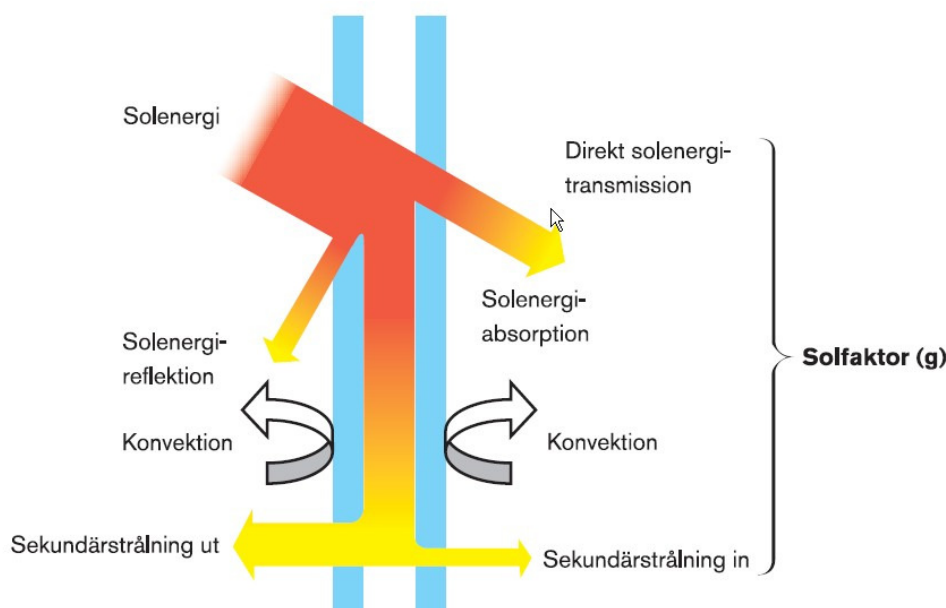
Solskyddsfönster

Solskyddsglas syftar till att minska obehag av bländning, strålningsvärme och övertemperaturer inomhus. Solskyddsglasen kan indelas i fyra huvudtyper:

1. Genomfärgade solskyddsglas där solskyddet ökar med ökande tjocklek.
2. Hårdbelagda solskyddsglas som har solskyddsbeläggning och ibland även är genomfärgade.
3. Mjukbelagda solskyddsglas som har solskyddsbeläggning.
4. Mjukbelagda solskyddsglas som fungerar både som solskydd och även har lågemissiva egenskaper.

Om byggnaden har komfortkyla så kan energianvändningen till denna reduceras mycket eller helt genom att man med solskydd reducerar solinstrålningen via fönster. Solskyddet kan antingen finnas i glaset eller vara en kombination av glas och yttre eller inre skydd.

Total andel solenergi som tillförs ett rum vinkelrätt genom glasning kallas solfaktor och betecknas vanligen med g . Solfaktorn består av direkt transmission av solenergi samt sekundär värmetillförsel från inre solvärmad glasruta. Sekundär solenergi tillförs genom värmestrålning och konvektion. Solfaktorn benämns ofta g -värde. Ju lägre g -värde ju mer påverkas genomsläpligheten av dagsljus.



Figur 10: Fönstrets solfaktor g (Bygga med glas, Per-Olof Carlson, 2005)

De flesta energiberäkningsprogram kan användas för att beräkna hur mycket solenergi som kommer in i ett rum via fönster. Om man vill analysera klimatet i ett rum och hur det påverkas av olika fönster så krävs det att man använder ett beräkningsprogram som är avsett för klimatanalyser, t ex IDA, eller enklare beräkningsprogram, t ex ParaSol.

7.4 Kompletterande solskydd

Kompletterande solskydd kan antingen vara fast eller rörlig. För att välja lämplig typ av glas och kompletterande solskydd behövs förutom data för byggnaden och dess klimatskal även uppgifter för såväl ort, orientering, omgivning, solstrålning under året samt verksamhetstider.

För att välja rätt typ av fast utvändigt solskydd och utförande är solhöjder under dimensionerande perioder en väsentlig parameter.

Rörliga solskydd kan placeras utvändigt, mellan glas och invändigt. Utvändiga solskydd är oftast effektivast eftersom man då stoppar solinstrålningen innan den når fram till fönstret.

Det rörliga solskyddets effektivitet brukar betecknas med faktor F_c .

Det totala solskyddet för glasning inklusive solavskärmning betecknas med g_{tot} och fås genom att multiplicera g med F_c

$$g_{tot} = g \times F_c$$

Styrningen av det rörliga solskyddet kan integreras i byggnadens styrsystem för optimal drift. Man kan då utnyttja solskyddet optimalt genom att:

- släppa in solen under uppvärmningssäsongen för att minska energi till uppvärmning
- släppa in solen för att minska belysningsbehovet (utan att öka kylbehovet)
- dra ner solskyddet under uppvärmningssäsong för att minska byggnadens värmeförluster

Dessa utökade användningsområden för solskyddet ställer ökade krav på byggnadens styrsystem då solskyddet måste styras med hänsyn till värmebehov, kylbehov, belysningsbehov och verksamhet. Dessa parametrar varierar ju även i byggnadens olika delar och väderstreck.

7.5 Ventilation

Ventilationen står för en betydande del av en byggnads energianvändning. Det som är avgörande för byggnadens ventilationsbehov är vilken verksamhet som bedrivs. En annan avgörande parameter för luftomsättningarnas storlek är om överskottsvärme från internlasterna skall ventileras bort, eller om bortförsl av värmeöverskott sker på annat sätt, tex. med vattenburen kyla.

Stort fokus bör läggas på att utforma ventilationssystemet för den verksamhet som bedrivs, och de klimatkrav som är ställda, för att undvika att för stora luftflöden och för långa drifttider.

Den energi som används vid ventilering av en byggnad kan i huvudsak delas upp enligt följande:

- Fläktel, dvs. den el som används för drift av fläktar.
- Värmning av tilluft
- Kylning av tilluft
- Befuktning/avfuktning

Fläktel

Mängden fläktel som används är beroende av:

- Luftflödets storlek [m^3/s]
- Tryckfallet i systemet [Pa]
- Fläktens verkningsgrad [%]
- Fläktmotorns verkningsgrad [%]
- Transmissionsförluster vid kraftöverföring mellan motor och fläkt. [%]

Produkten av fläktens verkningsgrad, fläktmotorns verkningsgrad, transmissionsförlusterna och utrustning för varvtalsreglering (frekvensomformare eller spänningsreglering) brukar kallas fläktens totalverkningsgrad [%].

Fläktens totalverkningsgrad varierar med flöde och tryck. Vid dimensionering av system med variabelt luftflöde är det därför viktigt att ta hänsyn till vilken driftpunkt som kommer att gälla för systemet under flest drifttimmar.

Ett vanligt sätt att ange eleffektivitet för ventilationsaggregat eller fläktar är att ange SFP-värdet (Specific Fan Power). Detta värde beskriver fläktens elanvändning i förhållande till transporterat luftflöde [$\text{kW}/\text{m}^3/\text{s}$].

Ju större ett ventilationsaggregat görs för ett visst luftflöde, ju lägre internt tryckfall får det, och ju mindre el åtgår för fläktdrift, vilket ger ett lägre SFP-värde.

För till- och frånluftsaggregat beräknas SFP-värdet enligt följande formel:

$$\text{SFP} = \text{Total eleffekt} / \text{Max luftflöde} \quad [\text{kW}/\text{m}^3/\text{s}]$$

Exempel: Ett ventilationsaggregat har ett tilluftsflöde på $8 \text{ m}^3/\text{s}$ och ett frånluftsflöde på $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Tilluftsfläktens elmotor drar $5,5 \text{ kW}$ och frånluftsfläktens motor drar $4,5 \text{ kW}$ vid dessa flöden.

$$\text{SFP} = (5,5 + 4,5) / 8 = 1,25 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$$

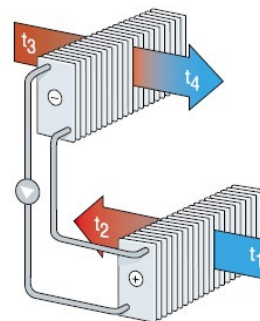
100 % av tillförd el för drift av fläktar blir värme vilket är viktigt att ta hänsyn till vid utvärdering av olika fläktar. Dvs. byte till en effektivare fläkt för tilluft ökar värmebehovet under vintern och minskar kylbehovet under sommaren (förutsatt att fläktmotorn kyls av ventilationsluften). Detta måste vägas ihop med den minskade elanvändningen för fläktdrift.

Värmning av tilluft

Hur mycket värme som behöver tillföras byggnaden till följd av luftutbyte via ventilationen är mycket beroende på vilken typ av teknik man använder för återvinning av värmen ur frånluften. Denna värmeåtervinning kan ske på olika sätt. Det enklaste och vanligaste alternativet är att återvinna värme mellan från- och tilluft via en värmeväxlare placerad i ventilationsaggregatet.

Det finns olika typer av värmeväxlare, med varierande temperaturverkningsgrad, för värmeväxling i luftbehandlingssystem:

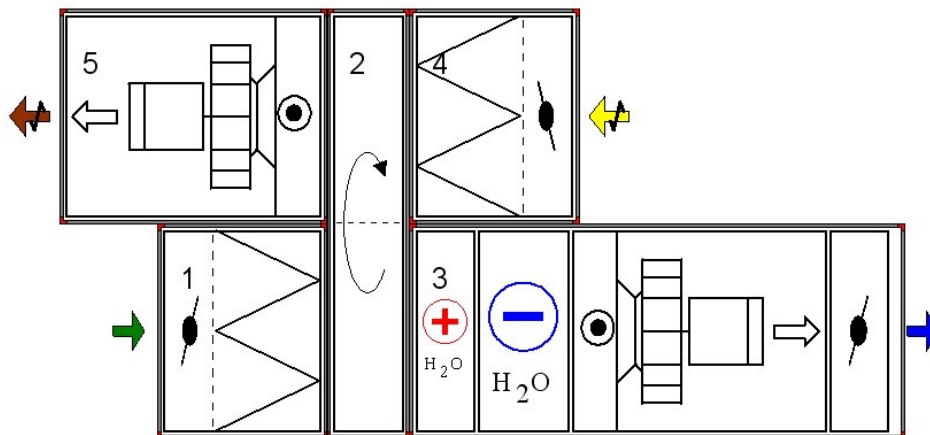
- Roterande värmeväxlare ($\eta \approx 85 \%$)
- Plattvärmeväxlare ($\eta \approx 70 \%$)
- Batterivärmeväxlare ($\eta \approx 55\text{-}60 \%$)



$$\text{Temperaturverkningsgrad: } \eta_t = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1}$$

Figur 11: Förklaring av temperaturverkningsgrad (Coiltech)

Roterande värmeväxlare har bäst temperaturverkningsgrad och bör väljas i första hand. Viss återföring av luft sker via rotorn, vilket innebär att den ej kan användas i alla verksamheter.



Figur 12: Princip för FTX-aggregat med roterande värmeväxlare och efterbehandlingsbatterier för värmning och kylning (IV-Produkt).

Om roterande värmeväxlare ej kan användas pga. tex. risk för överföring av lukt mellan från- och tilluft så kan man istället välja plattvärmeväxlare eller batterivärmeväxlare.

Plattvärmeväxlare är relativt platskrävande medan batterivärmeväxlare har något sämre temperaturverkningsgrad. Fördelen med batterivärmeväxlare är att värmeväxlaren delas upp i en tilluftsdel och en frånluftsdel som binds samman med ett vätskekopplat system. Detta innebär att ventilationsaggregatets till- och frånluftsdel kan stå på olika ställen.

Ett annat sätt att återvinna värme ur frånluften är att installera en frånluftsvärmepump. Värmepumpens förångardel (kalla sidan) placeras då i frånlufts-/avluftskanalen. Kondensordelen (varma sidan) kan antingen placeras direkt i tilluftskanalen eller så kan den anslutas till ett vätskeburet system för återvinning av värme till byggnadens värmesystem alternativt till tappvarmvattensystemet. En fördel med detta system för återvinning ur komfortsynpunkt är att det finns teknik för att reversera processen så att man sommartid kan använda samma utrustning för att kyla tilluften.

Beroende på värmeväxlarens verkningsgrad behövs mer eller mindre tillskottsvärme till ventilationen. I bostäder och lokaler tillförs denna värme till tilluften efter värmeväxlaren enligt figur x. I lagerbyggnader och andra mindre känsliga verksamheter kan tillskottsvärmen även tillföras i rummet med exempelvis cirkulationsvärmare.

Befuktning/Avfuktning

Om verksamheten ställer krav på luftfuktighet, så kan det vara nödvändigt att befukta och avfukta luften, vilket är energikrävande.

Det finns 2 huvudprinciper för att befukta luft:

- Befuktning med vatten (evaporativa fuktare)
- Befuktning med ånga

Vid befuktning med vatten förångas vattnet i luften vilket innebär att energin som åtgår för ångbildning tas från luften. Motsvarande värmeenergi behöver sen tillföras luften om man inte vill utnyttja avkylningen för kylning av byggnaden.

Vid befuktning med ånga har man tillfört ångbildningsenergin innan ångan tillförs luften. Beroende på ångans tryck (och därmed temperatur) kommer luften att värmas upp samtidigt som den befuktas.

Vilken befuktningsteknik som är den mest energieffektiva beror på verksamhetens krav och rådande utestillstånd. Viktiga parametrar vid jämförelse mellan de båda alternativen är verkningsgraden för ånggeneratoren vid befuktning med ånga och verkningsgraden för värmekällan vid befuktning med vatten.



Figur 13: FTX-aggregat (Swegon)

Vid avfuktning i ventilationssammanhang används huvudsakligen 2 olika principer:

- Sorptionsavfuktning
- Avfuktning genom kondensering

I sorptionsavfuktare dras fuktig luft förbi eller genom ett fuktabsorberande material, vanligen ett speciellt kisel eller på olika sätt sammanbundet silica gel. Absorbatet kan sedan torkas ut genom uppvärmning av sorptionsmaterialet. Uppvärmningen/uttorkningen av sorptionsmaterialet står för huvuddelen av den energi som används vid denna avfuktningssprincip.

Vid avfuktning genom kondensering får luften möta en yta vars temperatur är lägre än luftens daggpunkt. Detta sker vanligen i ett kylbatteri. Beroende på hur man kyler detta kylbatteri så används köpt energi för denna kylning/kondensering. Eventuellt behöver även luften eftervärmas vilket också använder energi. Om en kylmaskin används för kylning så kan kondensorvärmnen användas för återvärmning.

Vilken avfuktningsteknik som är den mest energieffektiva varierar från fall till fall beroende på hur den energi som används för avfuktning kan återvinnas till övriga system i byggnaden.

Ventilationsprinciper

Det finns ett antal huvudprinciper för ventilation i byggnader:

- S – Självdrag
- F – Frånluft
- FT – Frånluft/Tilluft
- FTX – Frånluft/tilluft med värmeväxling

Det är svårt att vid nybyggnad klara myndighetskravet på energieffektivitet utan återvinning av värme ur frånluften. Normalt ställda krav på både inneklimat, energianvändning och flexibilitet i lokalbyggnader innebär i regel att man väljer FTX-system.

Vidare kan byggnader ventileras med CAV-system (konstant luftflöde) eller VAV-system (variabelt luftflöde).

Om man skall bära bort överskottsvärme från internlasterna med ventilationen så bör man ha ett VAV-system för energieffektivast drift. Om man har ett annat system för att transportera bort värmeöverskott, tex. ett vattenburet kylsystem, så kan ett CAV-system med endast hygienluftflöde vara ett alternativ.

Val av ventilationsprincip måste göras ihop med val av värmesystem och kylsystem för att hitta energieffektivaste lösningen för den verksamhet som är aktuell.

Utvädning av fukt och emissioner från byggnadsmaterial

Inflyttning i en nyproducerad byggnad sker i regel mycket kort tid efter färdigställandet. Byggnadsmaterial och inredning kommer under det första året/åren att avge fukt och ämnen som är mer eller mindre skadliga för människan.

Flyktiga organiska ämnen, lösningsmedel och andra skadliga ämnen avges från trämaterial, golvmattor, målarfärg och limmer. Dessa ämnen kan orsaka allergiska reaktioner och andra obehag.

För att undvika att fukt vädras ut och att halter av skadliga ämnen blir för höga bör ventilationens drift anpassas för detta. För att få en uppfattning om hur mycket och hur länge ventilationens drift behöver utökas så kan mätning av fukt och emissioner ske regelbundet när byggnaden är nybyggd.

Denna utökade drift av ventilationen kommer att påverka byggnadens energianvändning vilket måste vägas in vid uppföljning.

7.6 Värmesystem

Byggnadens värmesystem är det system som ser till att byggnaden kompenseras för alla de förluster som sker via klimatskal och ventilation. I första hand skall man eftersträva att dessa förluster blir så små som möjligt men utformningen av värmesystemet har också betydelse för byggnadens energianvändning.

Vid nybyggnad måste man till att börja med bestämma sig för vilken värmekälla byggnaden skall ha. Exempel på olika värmekällor är:

- Fjärrvärme
- Biobränslepanna
- Oljepanna
- Gaspanna
- Elpanna
- Olika typer av värmepumpar

I vissa fall kan man vara låst till en värmekälla från början men oftast görs en utredning för att jämföra olika alternativ. Energipriser, verkningsgrad och ursprung för olika energikällor varierar vilket gör att det sällan är givet vilket alternativ som är det bästa map. ekonomi och miljö.

Flera värmekällor kan också komplettera varandra. Värmepumpar brukar tex. inte dimensioneras för fullt effektbehov, vilket innebär att en extra värmekälla behövs.

Om man har en egen pannanläggning så måste pannans verkningsgrad vägas in vid beräkning av byggnadens energianvändning. Vid fjärrvärme brukar man räkna med en verkningsgrad på 100 % då förlusterna ligger utanför byggnaden. Biobränslepannor, oljepannor och gaspannor har en verkningsgrad på 80-90 % medan elpannor har en verkningsgrad på ca 96 %.

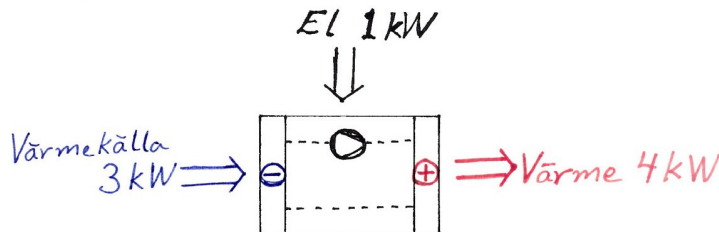
Distribution av värme mellan värmekälla och olika värmeapparater inom byggnaden sker vanligtvis med vatten eller luft. Det allra vanligaste i lokaler är vattenburna system. Värmning med luft är vanligast i byggnader med stora luftvolymmer som tex. lagerlokaler och industribyggnader. Vid distribution av stora energimängder inom industrin förekommer även att man använder ånga för att transportera energi.

Distributionssystemen bör utformas för att få så små distributionsförluster som möjligt. Dels map. tryckfall i systemet och dels map. värmeförluster. Tryckfallet i systemet ökar kvadratisk med hastigheten vilket innebär att det är viktigt att inte ha för höga hastigheter i distributionssystemen. Värmeförlusterna reduceras genom isolering av rör och kanaler.

En annan viktigt parameter för värmeförlusternas storlek är temperaturnivån i värmesystemet. Ju större differens det är mellan värmesystemets temperatur och omgivande temperatur ju större blir värmeförlusterna.

Hur stor betydelse värmeförlusterna har beror mycket på i vilka utrymmen som värmeledningarna är förlagda. Om de ligger i utrymmen som skall värmas så har förlusterna inte lika stor betydelse som om de passerar genom oppvärmda utrymmen eller utrymmen med kylbehov.

Lämplig systemtemperatur påverkas också av vilken värmekälla byggnaden har. Om värmekällan är en värmepump av något slag så påverkas värmepumpens COP_v (Coefficient Of Performance) mycket av vilken temperaturnivå som den skall jobba emot. Ju lägre temperatur på varma sidan (kondensorsidan) ju bättre COP_v får värmepumpen.



Figur 14: Principskiss värmepump. $COP_v = 4/1=4$

Lägre systemtemperaturer i värmesystemet ökar även förutsättningarna för återvinning av kondensatorvärme från kylmaskiner vilket beskrivs närmare under "Komfortkyla".

Lägre temperaturer i värmesystemet medför att apparater för värmning blir större och dyrare.

Vilken värmekälla och vilka systemtemperaturer som är bäst map. energianvändning bör utredas från fall till fall.

7.7 Tappvattensystem

Beroende på verksamhet så används mer eller mindre tappvatten (kall- och varmvatten) i en byggnad. Förbrukning av kallvatten påverkar ej byggnadens energianvändning nämnvärt. Förbrukning av varmvatten har däremot betydelse då det används energi för att värma vattnet. För att undvika tillväxt av legionella i tappvarmvattensystem så måste tappvarmvattnet vara minst 50 °C vid tappstället (max. 38 °C om det finns särskild risk för olycksfall). Detta innebär i regel att man måste värma vattnet till ca. 55 °C för att kompensera för systemförluster.

Vid större tappvarmvattensystem installeras system för VVC (Varm Vatten Cirkulation). VVC-systemet håller cirkulation i tappvarmvattensystemet dels för att minska väntetiden på varmvatten vid tappstället, och dels för att varmhålla systemet för att undvika tillväxt av legionella.

Rör för tappvarmvatten och VVC isoleras för att minska värmeförluster men det blir ändå värmeförluster som man måste ta hänsyn till vid beräkning av byggnadens energianvändning. Om det är stort avstånd mellan varmvattenberedning och tappställe bör man fundera på om det är bättre att värma tappvarmvattnet lokalt med en elvärmad varmvattenberedare. Detta måste utredas från fall till fall.

7.8 Komfortkyla

Med komfortkyla menas den kylning som behövs för att sänka byggnadens inomhustemperatur för människors komfort. Komfortkylning i en byggnad kan ske på olika sätt. De vanligaste principerna är:

- via ventilationen
- via vätskeburet system
- via lokala kylaggregat

Kylning via ventilationen sker genom att man tillför luft som har en lägre temperatur än börvärdet i rummet. Denna princip för komfortkyla innebär ofta att man behöver större luftflöden än vad som krävs för att upprätthålla hygien i rummet.

Kylning via vätskeburna system sker genom att kallt vatten får cirkulera i rumsmonterade apparater för kylning.

Kylning via ventilationen och via vätskeburna system utformas i regel som centrala system i byggnaden.

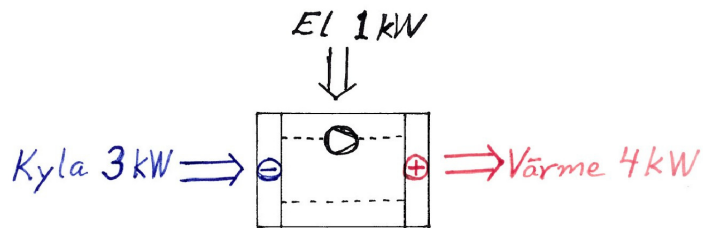
Det absolut vanligaste sättet att ”producera” kyla i byggnader är att använda sig av kylkompressorer (kylmaskiner). En kylmaskin har en kall sida (förångare) och en varm sida (kondensor). Om byggnaden har något värmebehov samtidigt som det föreligger kylbehov bör man utreda hur man kan tillgodogöra sig kondensorvärmens från kylmaskinens varma sida.

I många verksamheter är det bara beredning av tappvarmvatten som använder värme under den period som byggnaden behöver kylas. Det kan därför i många fall vara svårt att få lönsamhet i den extra investering som utrustning för återvinning av kondensorvärme medför. Det som har betydelse för lönsamheten är värmebehov, kylbehov, hur värme- och kylenergin fördelas över året och avstånd mellan kylmaskin och värmekälla.

För att förbättra förutsättningarna för framtida återvinning av kondensorvärme bör man redan i systemhandlingskedet upplysa arkitekten om fördelarna med att ha de tekniska utrymmena samlade i byggnaden.

Verkningsgraden för en kylmaskin benämns vanligen COP_k (Coefficient Of Performance). COP_k beskriver hur stor del av kyleffekten i förhållande till eleffekten till kompressorn. COP_k för kylmaskiner för komfortkyla i byggnader ligger normalt i spannet 2,5 - 4,5. Det som är avgörande för kylmaskinens COP_k är:

- Förångningstemperatur
- Kondenseringstemperatur
- Typ av köldmedium



Figur 15: Principskiss kylmaskin. $COP_k = 3/1=3$

För att kylmaskinen skall gå med så bra (högt) COP_k som möjligt så skall temperaturskillnaden mellan förångning och kondensering vara så liten som möjligt. Detta innebär att byggnadens apparater för kylning skall dimensioneras för så höga temperaturer som möjligt.

Omvänt förhållande gäller på varma sidan. Ju lägre kondenseringstemperatur ju mindre el kommer kompressorn att använda. Om man skall återvinna kondensorenergien så måste man vara observant på att temperaturen i det system som kondensorvärmens skall återvinnas till måste vara lägre än kondenseringstemperaturen på kylmaskinens varma sida.

Vilka dimensionerande temperaturer som skall gälla i kyl- och värmesystem för energieffektivast drift map. hela byggnaden måste utredas från fall till fall.

Fjärrkyla

I vissa tätbebyggda områden finns fjärrkyla som kan vara ett alternativ till egenproducerad kyla. Alternativet med fjärrkyla innebär att mängden köpt energi ökar jämfört med egna kylmaskiner eftersom man får köpa all den energin som skall kylas bort. Vid kylning med egen kylmaskin så köper man ju bara el till kylkompressorn. Man tappar också möjligheten att återvinna kondensorenergien inom byggnaden. Men det finns även många fördelar med fjärrkyla vilket innebär att det kan vara det både lönsammaste och miljövänligaste alternativet. Det måste dock utredas från fall till fall.

Frikyla

Oavsett om man har en egen kylmaskin eller kyler byggnaden med fjärrkyla, har ett vattenburet eller luftburet kylsystem så skall man alltid utreda möjligheterna till frikylning. Med frikyla menas kylning som ej använder någon köpt energi, dvs. ej påverkar byggnadens energiprestanda.

Exempel på frikyla är kylning med uteluft, havs/sjövatten och kyla från marklager (borrhål eller akvifärer).

7.9 Processkyla

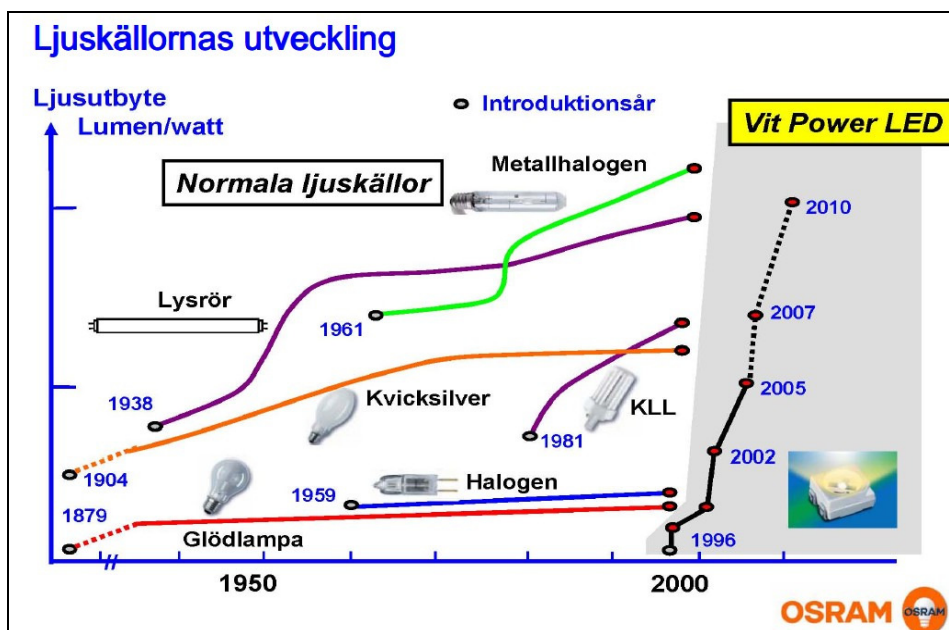
Verksamheten i många byggnader innebär ett kylbehov utöver komfortkyla. Denna kyla kallas ofta processkyla alternativt verksamhetskyla. Exempel på processkyla i en kontorsbyggnad är tex. kylning av serverrum.

Principerna för kylning och återvinning är i stort sätt detsamma för processkyla som för komfortkyla. Processkylan är i regel mindre årtidsberoende än vad komfortkylan är. Tex. ett serverrum har ungefär samma värmelast året runt.

I lokaler är effektbehovet för processkyla för det mesta litet i förhållande till effektbehovet för komfortkyla. Om man använder samma kylmaskin/kylsystem för både process- och komfortkyla, så kan detta medföra ineffektiv drift vintertid då ett stort kylsystem skall hållas kallt för ett relativt litet processkylbehov. Det är inte ovanligt att pumpenergin och distributionsförluster i kylsystemet är större än själva processkylbehovet. För att undvika detta problem bör man alltid kontrollera om det är energimässigt bättre att bygga ett mindre lokalt kylsystem för processkyla.

7.10 Belysning

På senare år har utvecklingen av energieffektiva ljuskällor (lampor) varit mycket framgångsrik vilket innebär att installerad effekt för belysning idag kan minskat avsevärt jämfört med för några år sedan. Teknik för belysningsstyrning har också utvecklats i rask takt vilket ytterligare ökar möjligheterna till att minska energianvändningen för belysning. Trots detta så står belysningen för en betydande del av verksamhetsenergin även i en ny byggnad med modern belysningsteknik varför belysningsanläggningen skall väljas med omsorg.



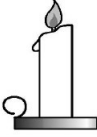




Figur 16: Ljuskällornas utveckling (Osram)

Ljuskällor

Det synliga ljus som det mänskliga ögat uppfattar från en ljuskälla benämnes ljusflöde och mäts i lumen. Genom att sätta antalet lumen i relation till den förbrukade effekten (W) får man ett tal som visar hur effektiv ljuskällan är, dvs. hur många lumen per watt (lm/W) som ljuskällan producerar. Detta tal kallas för ljuskällans ljusutbyte.

Exempel på olika ljuskällor:

- Glödlampor
- Halogenglödlampor
- Lysrör
- Kompaktlysror och Lysrörslampor
- LED (Light Emitting Diod)

					
				HCL Metall- halogen	LED Lys- dioder
Ljusutbyte lm/W	1	10 – 15	70 – 110	70 – 120	50 (- 80)
Verknings- grad (relativ)	<1%	5 – 9%	25 – 30%	30 – 35%	20 – 30%

Figur 17: Exempel på ljusutbyte och verkningsgrad för olika ljuskällor (Osram)

För att uppnå energieffektiv belysning är det viktigt att välja energieffektiva belysningskällor men det är även viktigt att välja lämpliga armaturer som riktar ljuset dit det behövs.

Färgsättning av invändiga ytor påverkar belysningseffekten då olika färger reflekterar olika mycket ljus. Samordning mellan elkonsult/belysningskonsult och inredningsarkitekten är därför nödvändig.

Många ljuskällor måste kopplas till elnätet via något slags förkopplingsdon för att den skall fungera. Donet kan bestå av en transformator som ger lampan rätt spänning eller av en strömbegränsare.

Donet använder viss energi då donets effektbehov ligger på ca. 10-25 % av ljuskällans märkeffekt beroende på typ av ljuskälla och don. Vid beräkning av belysningens energianvändning är det viktigt att även räkna med energin till driftdonet.

De flesta lysrörsarmaturer som säljs på den professionella marknaden i Sverige är bestyckade med HF-don (högfrekvensdon). Den höga frekvensen ger högre verkningsgrad, flimmerfritt ljus och förlänger lysrörens livslängd.

LED-belysning

LED-tekniken (Light Emitting Diod) är den belysningsteknik som utvecklats mest de senaste åren. Ljusutbytet har tidigare varit för dåligt för att fungera som huvudljuskälla i byggnader men i dagsläget är ljusutbytet närmare 100 l/W. Dvs. ungefär lika bra som för lysrör.

I konventionella ljuskällor uppstår det synliga ljuset som biprodukt vid uppvärmning av en metallspiral, vid gasurladdning eller genom omvandling av den ultravioletta strålningen som alstras vid en gasurladdning. I LED-tekniken alstras ljuset i en halvledare, som på elektrisk väg stimuleras till att lysa (elektroluminiscens).

Belysningsstyrning

Enklaste formen av belysningsstyrning (om man ej räknar med vanlig strömbrytare) är att installera en timer som automatiskt släcker belysningen efter inställd tid. Denna typ av belysningsstyrning kan vara lämplig i små förråd och liknande.

För att säkerställa att belysningen inte lyser ”i onödan” kan närvaro-/rörelsedetektor installeras för automatisk tändning och släckning. För att ljuskällornas livslängd inte skall påverkas negativt bör detektorns frånslagsfördröjning ställas in till minst 10–15 minuter, alternativt dimmas ner till nästan helt släckt ljuskälla. För att slippa problem med att belysningen släcks när man är i lokalen, men ej rör sig i rörelsedetektorns avkänningsområde, så kan man komplettera med en närvarogivare som detekterar ljud.

Ett annat sätt att styra belysningen för minskad energianvändning är att reducera belysningsstyrkan vid instrålning av dagsljus. Det finns idag armaturer som levereras färdiga med både närvarostyrning och dagsljusreducering.

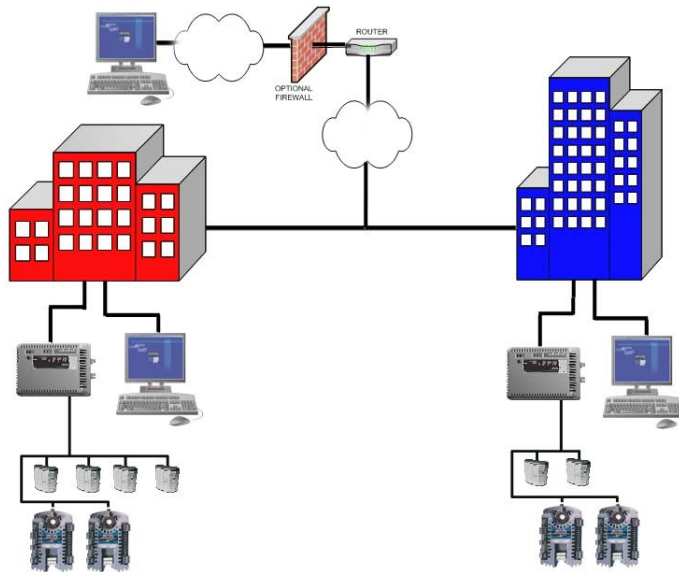
Belysning i allmänna utrymmen bör kopplas till byggnadens styrsystem för att med automatik släckas ner utanför arbetstid.

7.11 Styr & Övervakning

Styrsystemet i en byggnad har mycket stor betydelse för byggnadens energianvändning. Styrsystemet skall se till att temperaturreglering, drifttider, funktioner för återvinning mm. styrs på rätt sätt vid alla olika driftförhållanden som kan uppstå för byggnaden. Det spelar ingen roll hur noga man varit vid systemval mm. om inte styrsystemet klarar av att styra systemen och dess funktioner som det är tänkt.

Ett styrsystem kan vara uppbyggt på flera olika sätt. Ett traditionellt system är uppbyggt med en DUC (Dataundercentral) där alla funktioner programmeras. Komponenter levereras då utan egen intelligens för att anslutas till och styras via DUC.

I moderna styrsystem kan systemens drifttillstånd följas lokalt eller via internet på en övervakningsdator som är kopplad till DUC alternativt till ett överordnat systemet.



Figur 18: Uppbyggnad för ett modernt styrsystem (Ecienergy)

Under senare år har det blivit allt vanligare att komponenter och enheter levereras med färdiga integrerade styrsystem och förprogrammerade funktioner. Dessa lokala system är i regel förberedda för att antingen sköta sig själva som fristående enheter eller för att kommunicera med ett överordnat system.

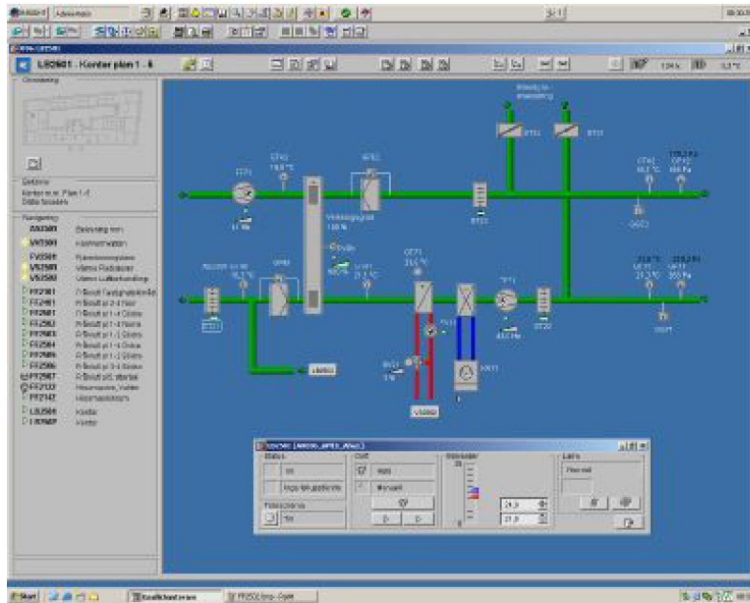
Exempel på komponenter som ofta levereras med integrerad styr är ventilationsaggregat, pumpar, belysningsenheter mm.

Provning

Byggnadens system skall fungera tillsammans men byggs ofta av flera olika aktörer. För att säkerställa att alla system fungerar och kommunicerar som de skall är det mycket viktigt att alla funktioner provas. Denna provning brukar kallas samordnad provning och görs normalt i samband med slutbesiktning. Vikten av att denna provning utförs noggrant ökar i byggnader med hårt ställda energikrav. Vissa funktioner är årstidsberoende vilket kan innebära att alla funktioner inte kan provas vid ett tillfälle. Vissa funktioner behöver också provas under en längre tid för att se om det fungerar som det är tänkt. Sådana funktioner är viktiga att följa upp under förvaltningsskedet.

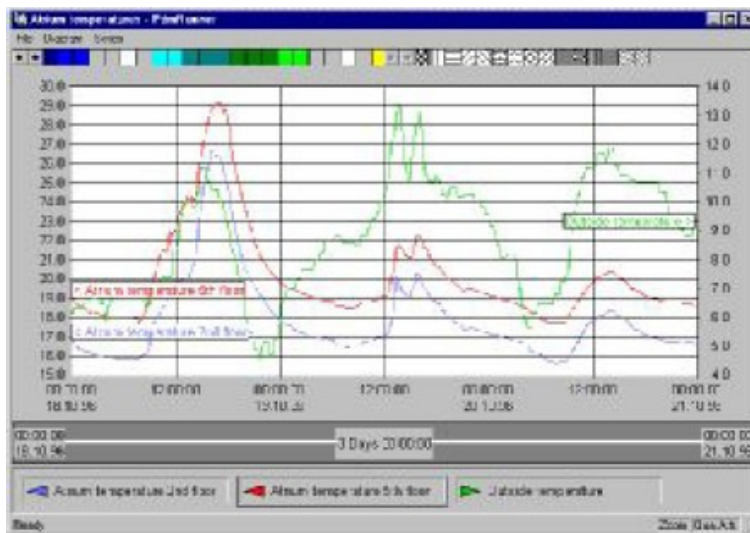
Uppföljning

I övervakningsdatorn finns driftbilder för byggnadens olika system där drifttillstånd, börvärden, ärvärden, spjällägen, ventillägen mm. redovisas. Ju fler parametrar som framgår ju bättre möjligheter har man att följa upp anläggningen.



Figur 19: Exempel på driftbild för ett ventilationsaggregat. (Siemens)

För att underlätta uppföljning bör styrsystemet ha funktioner för loggning. Genom att tex. logga temperaturer i ett ventilationsaggregat så kan man få en bra uppfattning om värmeåtervinning och temperaturreglering styrs på rätt sätt i olika driftfall.



Figur 20: Exempel på loggning av temperaturer i ett ventilationsaggregat. (Siemens)

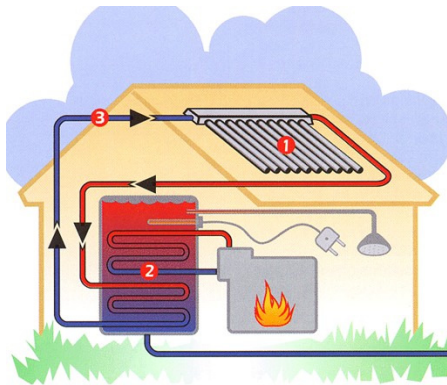
Alla energimätare i byggnaden bör vara uppkopplade mot övervakningsdatorn för att underlätta uppföljning av energistatistik. Man får då snabbt en indikation på om något system använder mer energi än förväntat.

7.12 Lokala energikällor

Det ställs allt hårdare krav på byggnaders energianvändning och teknik för att nyttja lokala energikällor är på frammarsch. Nedan beskrivs kortfattat de vanligaste teknikerna för lokala energikällor som nyttjas för byggnader.

Solfångare

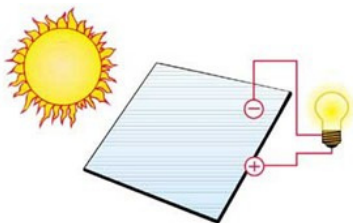
Solfångare producerar varmvatten med temperaturer mellan 50-100 °C. Energin från solfångarna varierar med typ av solfångare. Placering och montage har även betydelse för hur mycket energi som kan levereras från solfångarna. Så kallade vakuumsolfångare producerar mer energi per m² solfångaryta än vanliga konventionella solfångare. Energimängden varierar mellan 170 – 650 kWh/m²,år beroende på solfångartyp och solfångartemperatur.



Figur 21: Solfångare kopplad till värmesystemet (Mazdon solvärme).

Solceller

Det finns idag nyckelfärdiga solcellssystem som relativt enkel kan anslutas till byggnadens elnät. Maximalt uttagen effekt är ca 125 W/m² och årsproduktionen av växelström 95-100 kWh/m² för ett takinstallerat och söderriktat solcellssystem.



Figur 22: Solceller för el-generering (Lapplands kommunalförbund)

Vindkraftverk

Det finns ett antal tillverkare av vindkraftverk för placering på eller i anslutning till byggnader. I dagsläget finns huvudsakligen två olika typer av vindkraftverk; traditionella horisontella vindkraftverk och vertikala vindkraftverk. Horisontella vindkraftverk är en beprövad teknik, men inte så vanlig för takinstallation. Vertikala vindkraftverk är en ny och relativt oprövad

teknik. Det finns i dagsläget inte så många referensanläggningar.

Det finns ytterligare några varianter av små vindkraftverk men de är mer eller mindre i utvecklingsstadiet.



Figur 23: Vindkraftverk från Hannevind AB

Exempel på energiutvinning för de två olika typerna av vindkraftverk ges i tabellen nedan.

	Traditionella vindkraftverk (minivindkraftverk)	Vertikala vindkraftverk
Utförande	Diameter 2-3 m, 10 m högt	Diameter 2 m, 7 m högt
Energi/effekt	1,5 – 2,5 kW vid vind 7 m/s ca 3 000-4 000 kWh/år	5 kW vid medelvind 7 m/s ca 10 000 kWh/år

8 BYGGPROCESSEN FÖR ENERGIEFFEKTIVT BYGGANDE



En byggnad genomgår olika skeden under sin livstid, från första idén om att bygga över program, systemskede, detaljprojektering och produktion till förvaltning och slutligen rivning.

Det aktiva byggskedet är kort i förhållande till förvaltningsskedet och redan i planerings- och projekteringskedena fattas viktiga beslut som bestämmer byggnadernas energianvändning och miljöpåverkan över en lång tid framåt. Det är därför viktigt att frågeställningar kring energi beaktas tidigt i processen.

Ju tidigare energifrågorna implementeras i byggprocessen desto större är möjligheterna att få en energieffektiv byggnad. Energimålet bör sättas innan processen startar och bör sedan så fort som möjligt omformuleras till krav så att alla jobbar med rätt förutsättningar.

Det är enkelt och samtidigt svårt att inkludera energifrågorna i projekteringsarbetet. Enkelt därför det finns bra beräkningsverktyg för utredningar. Svårt därför att alla i byggprocessen påverkar den framtida energianvändningen och det blir mycket att hålla reda på.

Projektets organisation måste bestämmas i ett tidigt skede. Det är byggherren som har ansvaret för att energikravet, och andra krav uppfylls, och han bör därför ha en central roll genom hela processen. Byggherren måste tidigt ta ställning till om han har tillräcklig kompetens i sin egen organisation eller om han behöver knyta upp externa resurser för att nå målet.

I detta kapitel beskrivs hur energiarbetet bör bedrivas under de olika skedena för att energimålet skall uppfyllas. I bilaga 1 sammanställs viktiga moment och beslut uppdelat i checklistor för respektive skede.

8.1 Mål



Innan själva byggprocessen startar så har den blivande brukaren för det mesta funderat en del på vad man förväntar sig av sitt nya hus. Vilken verksamhet skall bedrivas? Hur stort behöver huset vara? Design och gestaltning. Ekonomi osv. Det vill säga man har börjat formulera sitt mål med det nya huset.

Byggherren skall nu tolka brukarens önskemål och tydligt formulera vilka mål och krav som gäller och anpassa kommande arbete efter dessa.

Redan i detta tidiga skede bör energimålet formuleras eftersom detta måste vägas in i många av de beslut som skall tas i nästa steg. Om en arkitekt är involverad redan i detta skede så bör han vara väl införstådd med målen för energianvändning och hur detta påverkar design och gestaltning för byggnaden.

Ett sätt att se till att inget ramlar mellan stolarna vad gäller energi, är att utse en person som har ansvar för att samordna och bevaka energifrågorna under hela processen. Denna roll benämns ofta energisamordnare. Energisamordnaren kan vara en helt fristående person men kan också vara någon av projektörerna.

Energisamordnaren skall utgöra en stödfunktion för byggherren genom hela processen och se till att de beslut som tas överensstämmer med det energimål som gäller för byggnaden. Energisamordnaren skall även se till att byggnadens energianvändning stäms av med jämna mellanrum under processens gång. Detta görs enklast genom att energiberäkningen uppdateras kontinuerligt. Dvs. tidigare antagna indata ersätts med projekterade värden.

<i>Aktörer</i> Byggherre Brukare
--

8.2 Programskedet



I detta skede skall man fortsätta att formulera mål och krav för de grundläggande funktionerna och egenskaperna för byggnaden. Kraven måste vara tydliga och skall ej kunna misstolkas.

Genom tydliga krav i programskedet undviks många onödiga frågor och utredningar under projekteringskedet. Med tydliga krav i programskedet undviks också oplanerade ändringar i byggskedet.

Energianvändning är en av de parametrar som nu måste diskuteras igenom på allvar. Skall byggnaden vara bättre än vad lagen kräver? Hur mycket bättre?

För att få hjälp i detta resonemang kan det vara lämpligt att använda sig av de klassificeringar som finns för energianvändning hos byggnader. Det är viktigt att man är insatt i vad klassificeringen innebär, vilka av byggnadens energiflöden och delar som innefattas i klassificeringen.

Om byggherre och brukare inte är samma person så är det mycket viktigt att alla brukarens förväntningar kommer fram nu. Brukaren är ofta okunnig i dessa frågor, vilket innebär att byggherren har ett stort ansvar att tolka hur brukarens krav påverkar byggnadens utformning, samt hur denna information skall föras vidare i projektet. Man måste även ifrågasätta brukarens krav och informera brukaren om vilka ekonomiska konsekvenser kraven medför.

Det måste i detta skede finnas någon som har övergripande kunskap om byggnadens system och dess påverkan på den slutliga energianvändningen.

Man bör nu även fundera på lämplig entreprenadform för projektet. Hur olika entreprenadformer påverkar energiarbetet beskrivs senare under "Entreprenadformer".

När man har dessa grundläggande krav klara för sig är det dags att involvera en arkitekt i projektet. Arkitekten kommer utifrån ställda krav att ta fram förslag på byggnadens utformning. Detta innebär att arkitekten måste var informerad om energikravet och han måste även ha förstått vad detta innebär för byggnadens utformning. Husets form, orientering, fönsteryta och solskydd är faktorer som har stor betydelse för byggnadens framtida energianvändning.

När arkitekten kommer med första förslaget bör man preliminärt stämma av utformningen mot ställda energikrav genom att göra en energiberäkning. I detta tidiga skede måste man göra en mängd antaganden om internlast mm. Det är viktigt att dokumentera statusen på alla indata så att man senare i projektet kontinuerligt kan uppdatera beräkningen. Exempel på indata som krävs för en komplett energiberäkning redovisas i bilaga 3.

I detta skede är det omöjligt att ge ett noggrant svar på hur mycket energi som huset kommer att använda. Det viktiga är nu att kunna se skillnaden mellan olika alternativ.

De tankar, mål och krav som kommer fram under programskedet sammanställs i en programhandling. Denna handling ligger till grund för fortsatt arbete i systemskedet.

Aktörer i programskedet

Byggherre

Brukare

Projektör - Arkitekt

8.3 Systemskedet



I detta skede utreds vidare vilka krav som skall gälla för husets olika delar och system. En projektgrupp som i regel består av arkitekt, VVS-konsult, konstruktör och el-konsult sätts samman. När man väljer projektörer är det viktigt att förvissa sig om att rätt kompetens finns inom varje disciplin. Ansvar för att energikravet uppnås är fördelat på samtliga discipliner.

Så fort som projektörerna är engagerade skall dom informeras om energikraven, samt vad som förväntas av dom utöver det vanliga till följd av dessa krav. Man bör även snarast tala om vilka uppgifter dom skall lämna till den som gör energiberäkningen, och när detta skall överlämnas. Genom att gå igenom antagna indata i energiberäkningen, så får respektive projektör en uppfattning om vad hon/han har att jobba emot. Ju tidigare detta förmedlas desto bättre är det. Om kraven är hårdare än normalt så innebär det i många fall att man inte kan välja traditionella lösningar, vilket är viktigt att vara uppmärksam på redan från början. Genom att ta upp detta till diskussion i ett tidigt skede kan man också förvissa sig om att alla inblandade har förstått kraven.

Nu när projekteringen har kommit igång kommer det att behövas tas en mängd beslut om vilken teknik som skall användas i olika delar och system för byggnaden. Det finns alltid flera olika sätt att lösa ett problem. En mer energieffektiv lösning är ofta förknippad med en högre investering, vilket kan innebära att det är svårt att bedöma om det är rätt lösning för projektet. Om det ej är uppenbart vilken lösning som är den rätta med avseende på energieffektivitet och därmed miljöpåverkan samt ekonomi, så bör analyser göras mha. LCC (Life Cycle Cost). Denna typ av beräkning tar hänsyn till alla framtida faktorer som påverkar kostnaden tex. livslängd, kalkylränta, energiprisökningar och underhållskostnader. Resultatet fås i form av ett nuvärde (kr). Detta gör att det är lätt att jämföra olika alternativ ekonomiskt.

Det är viktigt att komma ihåg att resultatet av LCC redovisas som kostnad. Det mest ekonomiska alternativet behöver inte vara det mest energieffektiva då energipriser varierar för olika energislag.

Entreprenadformen har betydelse för hur arbetet skall bedrivas under systemskedet. Om produktionen skall utföras i en totalentreprenad, så är det normala att man formulerar kraven i en ramhandling som arbetas fram under systemskedet. I denna ramhandling måste samtliga krav framgå eftersom totalentreprenören sedan kontrakteras mot denna handling. Totalentreprenören ansvarar för att i nästa skede ta fram bygghandlingar som uppfyller kraven enligt ramhandlingen.

Om produktionen skall utföras som en generalentreprenad alternativt delad entreprenad ansvarar byggherren för framtagande av bygghandlingar vilket normalt innebär att man under systemskedet arbetar fram en systemhandling. Kraven skall även framgå i denna handling men tanken är inte att man kontrakterar en entreprenör på en systemhandling. Man kan säga att systemhandlingen är ett delmål för bygghandlingen som tas fram i nästa skede. I systemhandlingen framgår materialval och systemutformning i stora drag, vilket innebär att byggherre och brukare kan kontrollera att projektörerna har förstått de ursprungliga kraven.

Oavsett vilken entreprenadform som väljs skall slutresultatet bli det samma förutsatt att kraven varit tydligt formulerade från början. Alla beslut som påverkar byggnadens energianvändning måste tas vid samma tillfälle under byggprocessen oavsett entreprenadform. Fördelning av ansvaret för att rätt beslut tas vid olika tillfällen varierar dock för olika entreprenadformer. Vid upprättande av kontrollplaner mm. är det därför viktigt att hålla ordning på vilken entreprenadform som gäller, och hur beslutsvägarna därmed skall se ut.

Oavsett partsförhållande så måste rätt kompetens finnas hos projektledare, projekteringsledare, entreprenör osv.

Aktörer i systemskedet

Byggherre

Brukare

Projektörer

8.4 Detaljprojektering



I detta skede arbetas förfrågningshandlingar fram. Dvs. de handlingar som skall lämnas ut på förfrågan till de entreprenörer som skall lämna anbud på att uppföra byggnaden och dess system. Förfrågningshandlingarna omarbetas sedan till bygghandlingar som ligger som underlag för arbetet i byggskedet.

Vid totalentreprenad skall nu ställda krav enligt ramhandlingen arbetas in i förfrågningshandlingar och bygghandlingar.

Vid generalentreprenad alternativt delad entreprenad skall nu de system som har valts i systemskedet samordnas och dimensioneras i detalj för att beskrivas i förfrågningshandlingar och bygghandlingar.

En mängd jämförande analyser måste nu göras för att utreda vilka systemval och komponentval mm. som skall göras för att uppfylla energikraven. Alla delar och system vars funktion påverkar den framtida energianvändningen måste väljas med omsorg. Viktiga parametrar för byggnadens olika delar och system beskrivs i kapitel 7 och i bilaga 1.

LCC är ett viktigt verktyg även i detta skede. Ytterligare hjälpmedel och verktyg för dessa analyser beskrivs under kapitel 9.

Det övergripande arbetet för att uppfylla energikravet flyttas nu delvis ner på de olika projektörerna. Det är dock viktigt att följa upp viktiga moment kontinuerligt för att säkerställa att alla har förstått kraven och att de uppfylls. Detta görs genom regelbunden avstämning av kontrollplanen för energiarbetet. Kontrollplanen skall även uppdateras regelbundet med eventuellt tillkommande moment som skall följas upp i nästa skede.

Aktörer i skedet för detaljprojektering

Byggherre
 Brukare
 Projektörer
 Entreprenör (om TE)

8.5 Byggskede



Detta skede är den mest intensiva fasen under byggprocessen. Nu skall byggnaden rent fysiskt börja byggas och utförandet i detta skede är helt avgörande för att energikravet skall uppfyllas. Det spelar ingen roll hur väldefinierade kraven varit eller hur bra bygghandlingarna är om man inte utför det på rätt sätt.

Oavsett entreprenadform så är det nu en mängd olika entreprenörer som skall utföra sina delar av arbetet med att bygga huset. Det kommer i detta skede in många nya projektdeltagare som inte har hunnit sätta sig in i kraven och inte heller kan bakgrunden till dessa. Det finns därför i detta skede en stor risk att information misstolkas eller går förlorad, vilket innebär att det är mycket viktigt att informera nya projektdeltagare om hur vissa kritiska moment skall utföras. Det är också viktigt att informera om bakgrunden till kraven. Resultatet blir i regel bättre om man har förstått varför man skall göra på ett visst sätt.

Entreprenörerna bör även så fort som möjligt upplysas om vilka moment/delar som kommer att besiktigas extra noga och hur denna besiktningen kommer att gå till. Exempel på ett sådant moment är täthetskravet för byggnaden. Ett högt satt täthetskrav ställer ökade krav på både montage och besiktning. Utbildning av montörerna bör ske innan montaget påbörjas. Stickprov bör sedan göras under byggtiden.

Det är också en mängd leverantörer som måste ha förstått kraven för att kunna leverera rätt material, komponenter och utrustning.

Beställarens kontrollanter som kontrollerar utförandet under byggskedet fram till besiktning måste vara väl insatta i kraven. Även om felaktiga utföranden förhoppningsvis upptäcks vid slutbesiktning så kan det då vara för sent att rätta till det.

Injustering av alla system är ett mycket viktigt moment i byggskedet. Energieffektivitet i många system är helt beroende av en noggrann injustering. System för ventilation, värme och kyla är exempel på sådana system. Injusterade värden skall protokollföras för att underlätta fortsatt optimering och uppföljning under förvaltningsskedet.

I slutet av byggskedet skall byggnaden och alla dess system besiktigas och provas. Täthetsprovning och termografering är exempel på provningar utöver det vanliga som kan vara aktuella vid besiktning av byggnader med högt satta energikrav.

Den funktionsprovning som görs för att testa byggnadens alla system, för att säkerställa att de tillsammans fungerar på rätt sätt, kallas samordnad provning. Detta är en mycket viktig del av besiktningen av energieffektiva hus. Om inte systemen styrs och samverkar på rätt sätt så kommer inte energikravet att uppnås.

Ett provningsprogram för den samordnade provningen bör sammanställas och dokumenteras för uppföljning under förvaltningskedet.

Efter godkänd slutbesiktning lämnas anläggningen över till beställaren som då tar över ansvaret för drift av byggnaden. Det är viktigt att beställaren i samband med övertagandet får den information han behöver för att kunna sköta anläggningen. Det ingår normalt i entreprenörernas åtagande att ta fram instruktioner för drift och skötsel av anläggningen. I dessa instruktioner måste det framgå hur byggnaden skall skötas och driftas för att energimålet skall uppfyllas.

Aktörer i byggskedet

Byggherre
Brukare
Projektörer
Entreprenör
Underentreprenörer
Leverantörer
Kontroll
Besiktning

8.6 Förvaltning



När byggnaden är uppförd, besiktigad och överlämnad till beställaren så börjar förvaltningsskedet. Under tidigare skeden har förutsättningarna i form av rätt system, funktioner och byggnadsdelar utformats för att byggnaden skall kunna uppfylla det energikrav som satts. Nu när byggnaden börjar användas, och därmed även börjat använda energi, så är det helt avgörande att byggnaden används, driftas och sköts på det sätt som är tänkt för att byggnadens energikrav skall uppfyllas.

Det är därför nu mycket viktigt att se till att kunskapen om byggnadens system och hur de skall skötas och användas förs vidare till brukare, driftspersonal och förvaltningspersonal. Brukarna måste använda byggnaden på rätt sätt och få information om vilka förutsättningar som gäller för inneklimat mm. När man ställt krav på byggnadens energianvändning så har man ju ställt detta krav med vissa premisser såsom verksamhet, tillåten rumstemperatur vid olika årstider, drifttider, internlast osv. En enkel jämförelse kan göras med en bil. Utlovad bränsleförbrukning förutsätter ju en viss körstil. Följer man inte hastighetsbegränsningarna så använder bilen mer bränsle.

En plan för fortsatt optimering av byggnaden bör därför upprättas. Denna plan bör även tala om vad som skall följas upp och dokumenteras under de första 2 åren.

Driftpersonalen måste få information om vilka förutsättningar som gäller för olika system och hur byggnadens energianvändning påverkas av systems drift. Den uppföljning som skall göras för att optimera byggnadens energianvändning görs lämpligen i samarbete med driftpersonalen. Vid uppföljning av energistatistik mm. är det en stor fördel att kunna byggnadens historik för att kunna utvärdera eventuella avvikelser från beräknad energianvändning.

Förvaltningspersonalen har också en betydande roll för byggnadens energianvändning under förvaltningsskedet. Det finns i regel en budget för drift av en byggnad. För att denna budget skall hålla i längden måste medel avsättas för underhåll av byggnaden och dess system. Om underhållet blir eftersatt, och uppföljning ej sker som planerat, så kommer energianvändningen med stor sannolikhet att öka. Det är därför viktigt att även förvaltningspersonalen får information om vad som kräver underhåll och uppföljning och hur mycket som därmed måste avsättas för detta i budgeten.

Entreprenören är fortfarande en viktig aktör eftersom han/hon har ett garantiansvar för byggnaden och dess funktion under garantitiden. Garantitidens längd kan variera mellan olika projekt och skall framgå i kontraktshandlingar. Kortare garantitid än 2 år är ovanligt för byggnader. Ofta så ansvarar entreprenören för service under garantitiden. Dessa servicebesök är bra tillfällen för erfarenhetsutbyte mellan driftspersonal och entreprenör vilken innebär att driftspersonalen bör medverka.

8.6.1 Uppföljning

I BBR finns börkrav om att kunna visa att energianvändningen verkligen är lägre än eller max lika hög som BBR-kravet efter 2 år. I olika certifieringssystem som exempelvis GreenBuilding skall man kunna visa att kraven uppfyllts. I de sammanhangen gäller det att göra rätt mätningar och att använda rätt uppföljningsverktyg.

För att kunna ha en rimlig chans att identifiera enstaka ”energibovar” samt vidta adekvata åtgärder bör byggnaden ha en genomtänkt mätarstruktur för uppföljning. Med mätarstruktur avses antalet, typ utav mätare och dess placeringar utifrån av vad byggnaden skall användas till och vad byggnaden rimligen kan komma att användas till i framtiden. Denna mätarstruktur måste utformas redan i projekteringskedena för att kunna implementeras i de olika systemen på rätt sätt.

Med rätt mätarstruktur och rätt verktyg för mätvärdesinsamling kan debitering av energi fördelas mellan olika hyresgäster. Denna återkoppling gör att brukarna lättare kan se hur deras beteende påverkar energianvändningen vilket ökar motivationen till energimedvetenhet hos brukarna.

För att kunna utvärdera resultatet av energimätningarna är det viktigt att ha koll på hur driften av anläggningen utförts. En av anledningarna till detta är att byggnaden under de första åren vanligtvis kräver en annorlunda driftstrategi av systemen jämfört med det ideala fallet pga. exempelvis emissioner från byggnadsmaterial och byggfukt som skall vädras ut när byggnaden är ny. För utvädring av emissioner från byggnadsmaterial krävs ökad ventilation, och uttorkning av byggfukt innebär ett ökat uppvärmningsbehov. Båda faktorerna ger upphov till en ökad energianvändning jämfört med det ideala fallet, vilket är viktigt att vara medveten om vid utvärdering av byggnadens energianvändning. Eventuellt förändrad verksamhet påverkar också byggnadens energianvändning och måste vägas in vid utvärdering av energistatistiken.

Ett sätt att organisera sitt energiarbete under förvaltningsskedet är att utforma ett energiledningssystem. Ett energiledningssystem är i stora drag uppbyggt på fem steg (GreenBuilding V2, 2006-12-01):

- Formulera en energipolicy
- Sätta upp mål för arbetet med energi
- Tillsätta energiansvarig
- Göra energiinventering
- Ta fram åtgärdsplan för hur målen ska nås
- Årligen följa upp och vid behov revidera policyn och målen

Flera av klassningssystemen för energieffektivitet hos byggnader ställer krav på att byggnadsägaren har ett dokumenterat energiledningssystem.

Aktörer i förvaltningsskedet

Byggherre
Brukare
Förvaltning
Entreprenör

9 VERKTYG OCH HJÄLPMEDEL FÖR ENERGIEFFEKTIVT BYGGANDE

Det finns en mängd verktyg och hjälpmedel för alla de beslut som skall tas i energiarbetet under byggprocessen. Det krävs mycket erfarenhet för att välja rätt verktyg vid rätt tillfälle och det krävs kunskap för att kunna använda verktygen på rätt sätt.

De flesta av beräkningsverktygen är mycket användarvänliga och lätthanterliga. Det som inte får glömmas bort är att man måste kunna teorin bakom beräkningarna för att resultatet skall bli tillförlitligt.

Energiberäkningsprogram

Ett av de viktigaste verktygen i ett byggprojekt med högt satta energikrav är energiberäkningsprogrammet. Användningsområdet för detta verktyg är mycket brett och sträcker sig ända från programskede till förvaltning. Den energiberäkningsmodell som skapas tidigt i projektet uppdateras under de olika skedena och används vid utvärdering av olika alternativ för byggnaden och dess system.

Exempel på energiberäkningsprogram för projektörer är:

- BV² (www.bv2.se)
- Enorm (www.equa.se)
- VIP+ (www.strusoft.com)

Vid simulering av byggnader med stora värmelaster och stora glasytor bör ett mer avancerat beräkningsprogram användas. Dessa program ställer högre krav på användaren. Exempel på energiberäkningsprogram för specialister är:

- IDA Klimat och Energi (www.equa.se)
- DEROB-LTH (www.ebd.lth.se)
- Riuska (Finskt program)
- IES (Amerikanskt program)
- Energy+ (Amerikanskt program)

Lönsamhetsberäkningar

Ekonomi är en viktig del i alla byggprojekt och under byggprocessen behöver en mängd lönsamhetsberäkningar göras. I energiarbetet handlar det oftast om att beräkna om ett alternativ med minskad energianvändning och ökad investering är lönsamt eller inte.

De vanligaste metoderna för lönsamhetsberäkning vid nybyggnation är:

- Rak PayOff
- LCC (Life Cycle Cost)

Rak PayOff är den enklaste metoden att beräkna lönsamhet. Resultatet anger hur lång återbetalningstiden blir.

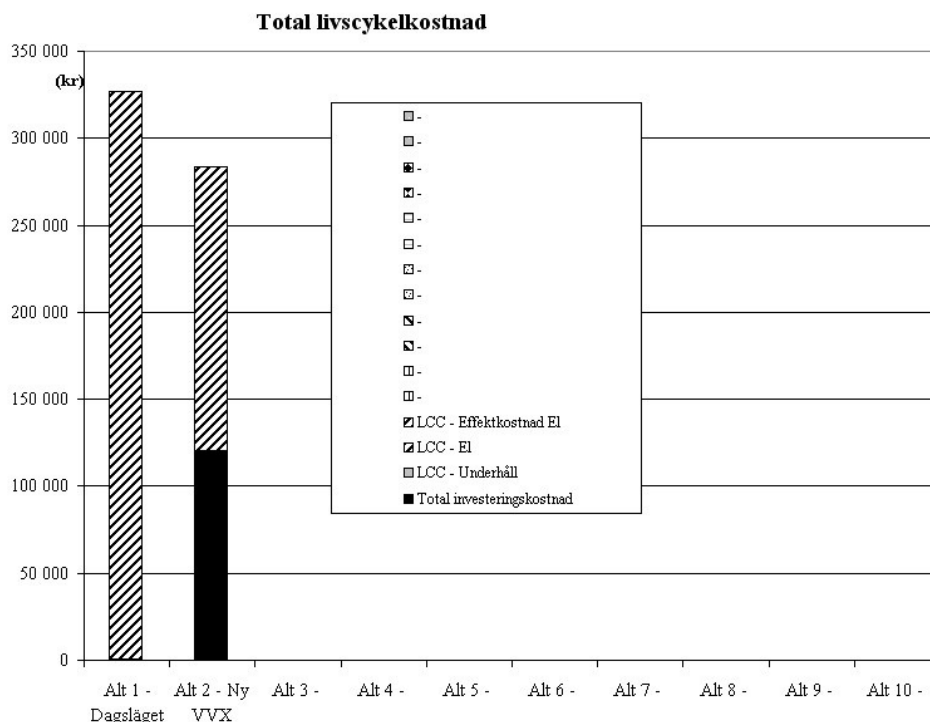
Ex. En värmeväxlare kostar 120 000 kr att installera. Energikostnaden minskar med 10 000 kr/år. Rak Pay Off = $120\,000 / 10\,000 = 12$ år

En stor nackdel med denna metod är att man inte tar hänsyn till energiprisökningar, kalkylränta och livslängden för investeringen.

LCC är en mer noggrann metod för lönsamhetsberäkningar. Denna metod tar hänsyn till investering, livslängd, energiprisökningar och kalkylränta. Resultatet redovisas som Livscykelkostnad.

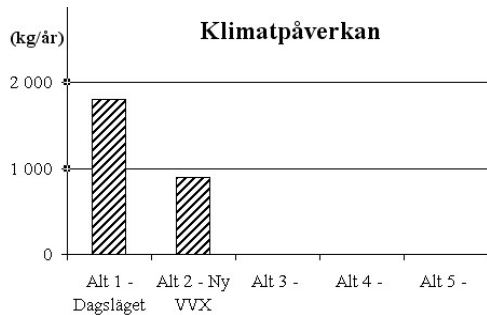
Ex. En värmeväxlare kostar 120 000 kr att installera.
 Dagens energianvändning (EI): 20 000 kWh/år
 Energianvändning efter installation av VVX (EI): 10 000 kWh/år
 Kalkylperiod: 20 år
 Kalkylränta: 5 %
 Årlig energiprisökning (EI): 3 %
 Enerkipris (EI): 1 kr/kWh
 0,090 g CO₂/kWh (Nordisk medel)

Livscykelkostnaden redovisas i stapelform enligt figur 24.



Figur 24: Livscykelkostnad i stapeldiagram

Det är enkelt att även lägga med miljöbelastning i form av CO₂-utsläpp i samma beräkning. Se figur 25.



Figur 25: CO₂-utsläpp under kalkylperioden i stapeldiagram

Life Cycle Cost gynnar ett långsiktigt tänkande och används för bedömning av energieffektiviserande åtgärder vid husbyggande där de delar av huset som är dyra också har lång livslängd.

Det finns en mängd LCC-verktyg att hämta gratis på internet.

Solavskärmning

Beräkning av solavskärmning innebär relativt komplexa beräkningar då solens läge varierar över året. Byggnadens lokalisering har också betydelse. Solskyddsglas och solskydd i kombination ökar även komplexiteten i beräkningarna.

ParaSol är ett bra verktyg för att beräkna sammansatt g-faktor för glas och solskydd i kombination (gratis på www.ebd.lth.se, baserat på DEROB-LTH).

Inneklimat

Olika tekniska lösningar för att minska en byggnads energianvändning påverkar ofta inneklimatet på något vis. Man bör därför ha något verktyg för att säkerställa att även kravet på inneklimat uppfylls.

Parasol kan även användas för att beräkna operativ temperatur, kylenergi och kyleffektbehov (gratis på www.ebd.lth.se, baserat på DEROB-LTH).

ProClim kan användas för att beräkna max inomhustemperatur sommartid, kyleffektbehov för viss innetemperatur, operativ temperatur vintertid (gratis på www.swegon.se, baserat på IDA Klimat och Energi).

Teknosim kan användas för att beräkna max inomhustemperatur sommartid, kyleffektbehov för viss innetemperatur (kostar ca 2300 kr på www.lindab.se).

R1 – Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav framtagen av VVS-Tekniska Föreningen för att ge vägledning vid upprättande av kravspecifikation för inneklimat.

Köldbryggeberäkningar

Värmeförluster via köldbryggor beräknas ofta med schabloner alternativt så beaktas dom med en påslagsfaktor på det klimatskalets U-värde. Med hårdare energikrav ställs även hårdare krav på kölbryggor och beräkning av dessa.

HEAT2, DAVID32, UNorm är exempel på program som kan användas för beräkning av köldbryggor.

I Swedisols Isolerguiden 06 finns uppgifter om köldbryggor för diverse standardkonstruktioner.

10 ENTREPRENADFORMER

Entreprenadformens betydelse för energiarbetet har berörts ytligt i tidigare avsnitt om byggprocessens olika skeden. Oavsett entreprenadform så skall samma saker göras vid ungefär samma tidpunkter. Det som är viktigt att hålla reda på, och som påverkar energiarbetet, är att ansvarsfördelningen ser olika ut i olika entreprenadformer. För att beslutsgången skall flyta under processen måste man veta vem som har ansvaret för olika frågor vid olika tillfället. Många frågor/beslut påverkar ekonomi och tidplan som båda har mycket stor betydelse i de allra flesta byggprojekt.

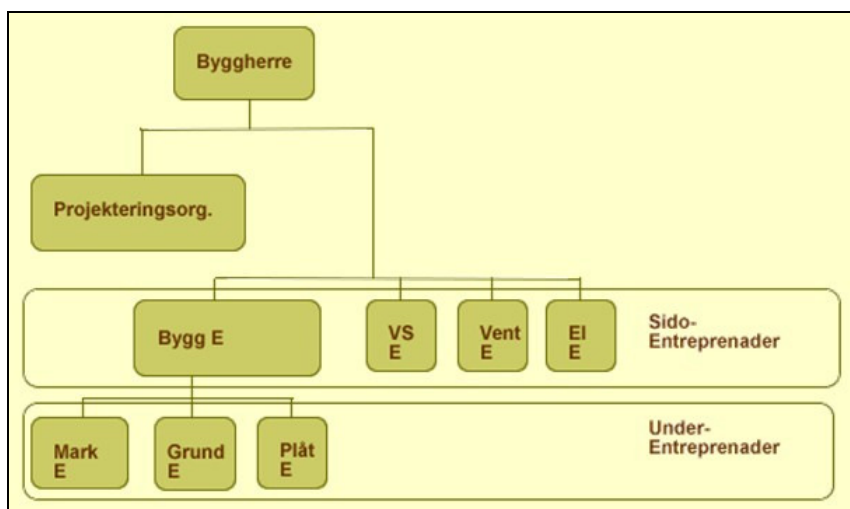
För att energiarbetet skall flyta på så bra som möjligt, dvs. frågor hamnar hos rätt person utan att fastna på vägen, så bör ansvarsfördelning och beslutsvägar i projektet vara en punkt på ett av de första mötena i varje skede. I samband med detta så bör gränsdragningslista för energiarbetet gås igenom och viktiga moment bör föras in i tidplanen.

De vanligaste entreprenadformerna är:

- Delad entreprenad
- Generalentreprenad
- Totalentreprenad

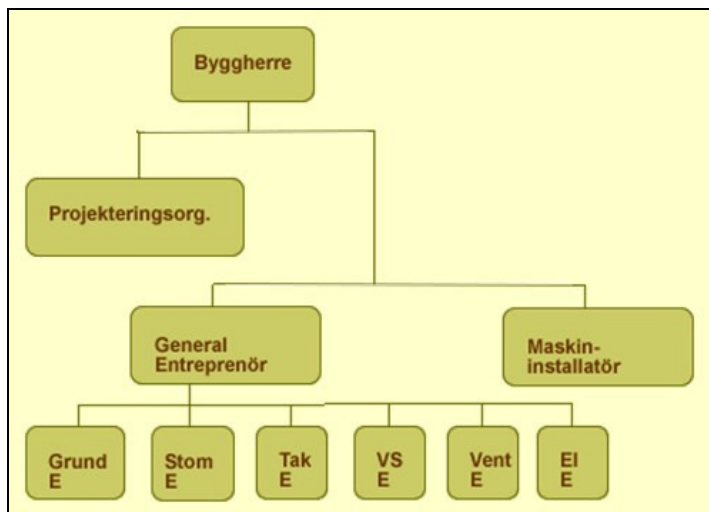
Ansvarsfördelningen i de olika entreprenadformerna beskrivs här kortfattat.

Vid delad entreprenad ansvarar byggherren för samordningen mellan de olika sidoentreprenörerna. Byggherren har avtal med både projekteringsorganisation och sidoentreprenader. Det förekommer även att byggherren delegerar samordningsansvaret till någon av entreprenörerna (vanligtvis byggentreprenören) som då kallas huvudentreprenör.



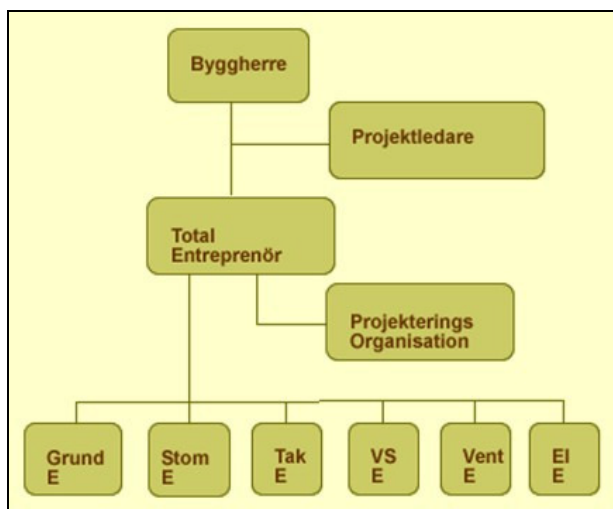
Figur 26: Organisation vid delad entreprenad (Byggladarna)

Vid generalentreprenad ansvarar generalentreprenören för samordning mellan de olika sidoentreprenörerna. Byggherren har endast avtal med projekteringsorganisation, generalentreprenör och eventuella sidoentreprenörer tex. leverantörer av utrustning. Entreprenader som ligger under generalentreprenaden kallas underentreprenörer och betecknas normalt UE.



Figur 27: Organisation vid Generalentreprenad (Byggledarna)

Vid totalentreprenad ansvarar totalentreprenören för detaljprojektering och samordning mellan de olika entreprenörerna. Totalentreprenören handlas normalt upp på den ramhandling som produceras i systemskedet och kan vara mer eller mindre styrda map. systemutformning och materialval mm. Byggherren har endast avtal med totalentreprenören.



Figur 28: Organisation vid totalentreprenad (Byggledarna)

11 DISKUSSIONER OCH SLUTSATSER

Byggprojekt har historiskt ofta varit hårt styrda av ekonomi i investeringsskedet. Detta i kombination med relativt låga energipriser har gjort att utvecklingen av energieffektiva lösningar inom byggnadssektorn har gått långsamt jämfört med andra branscher.

Under de senaste åren har miljöfrågan, och därmed också energifrågan, kommit mer och mer i fokus. Internationella avtal har föranlett myndighetskrav som i kombination med stigande energipriser har bidragit till en ökad efterfrågan och mycket positiv utveckling av energieffektivare lösningar för byggnader. Fler och fler fastighetsägare inser behovet, och även marknadsvärdet i att energieffektivisera sitt byggnadsbestånd. De energi- och miljöklassningssystemen som har introducerats på den svenska marknaden under det senaste året har också gett branschen en knuff i rätt riktning.

Denna snabba utveckling för krav och teknik för att sänka byggnaders energianvändning ställer även krav på en ökad kunskap i ämnet. Det är en stor omställning för många aktörer att börja tänka enligt långsiktig hållbarhet. Livscykelperspektivet har länge varit ointressant för många aktörer men är nu ett vedertaget begrepp i branschen.

Kunskapen om energieffektivt byggande har inte ökat i samma snabba takt som kraven vilket har lett till ett stort behov av kunskapslyft i ämnet inom branschen. Detta har lett till att flera nya utbildningar för energieffektivitet i byggnader har startat eller kommer att starta inom kort.

Syftet med denna rapport har varit att identifiera utbildningsbehov för produktion av energieffektiva byggnader. Resultatet är tänkt användas som underlag för en 2-årig mastersutbildning vid Lunds Tekniska Högskola, men kan även bidra till ökad kunskap för byggherrar och andra aktörer vid produktion av energieffektiva byggnader.

Produktion av energieffektiva byggnader är ett mycket brett ämne som kräver stor kunskap om både byggnaden och dess system, men även om byggprocessen. Det finns redan idag mycket bra kursmaterial för byggnaden och dess system map. energieffektivitet, men motsvarande material som beskriver hur byggprocessen skall bedrivas vid produktion av energieffektiva byggnader finns inte i samma omfattning.

Det har i denna rapport lagts visst fokus på att belysa de byggprocessaspekter som är viktiga vid produktion av energieffektiva byggnader. Ett antal checklistor för energiarbetet genom byggprocessen har tagits fram. Dessa checklistor kan kunskapen om vilka frågor som är viktiga och när. Checklistorna kan även vara till hjälp i verkliga byggprojekt där man ställt hårda krav på energieffektivitet för byggnaden. Det är dock mycket viktigt att betona att checklistor, hur kompletta dom än är, aldrig kan ersätta den kunskap och erfarenhet som behövs för att kunna driva dessa frågor i ett byggprojekt.

För att ett hårt satt energimål skall kunna uppfyllas är det mycket viktigt att rätt kompetens finns för att hantera energifrågorna genom byggprocessen. Kompetensen är fördelad på många olika discipliner men det är av stor vikt att någon i projektet har en övergripande kunskap för att kunna samordna energiarbetet. Om byggherren ej har denna kunskap själv så bör han knyta till sig resurser för detta.

Energimålet måste formuleras i ett tidigt skede. Redan i programskedet bör energimålet omformuleras som krav så att alla inblandade vet vad som gäller. Kravet skall vara tydligt och ej kunna misstolkas. Detta är av stor betydelse för att kravet skall kunna uppfyllas. Det har även ekonomisk betydelse då olika aktörer i senare skeden kontrakteras mot dessa krav. Om kraven är tydliga och satta i ett tidigt skede så är det också lättare för byggherren att avgöra vilken kompetens han/hon behöver knyta till sig i projektet för att uppfylla kraven.

Parallellt med att denna rapport har tagits fram har en fallstudie av ”Byggnad 18 – Krokslätt Fabriker” genomförts. Byggnad 18 är ett kontorshus där fastighetsenergin kommer att ligga på ca 50 % av BBR-kravet. Erfarenheter från detta projekt har förts in i rapporten.

Viktiga erfarenheter som dragits av fallstudien är att dels att energifrågorna tas upp tidigt i processen och vikten av vara tydlig med mål och krav. Det är också viktigt att man i ett tidigt skede klargör vem som skall göra vad i energiarbetet, så att man så tidigt som möjligt kan bedöma om rätt kompetens finns på rätt plats.

Det finns mycket ny teknik för energieffektiva byggnader. Detta innebär att det finns många system som inte har provats ihop tidigare. En annan erfarenhet som dragits är att man skall vara beredd på att det kan uppstå problem vid integrering av många nya system i en byggnad. Detta gäller inte bara styrsystemen utan även rent byggtekniska detaljer.

KÄLLFÖRTECKNING

Digitala källor

- Energimyndighetens hemsida (www.energimyndigheten.se)
- Boverkets hemsida (www.boverket.se)
- Ljuskulturs hemsida (www.ljuskultur.se)
- Byggladarnas hemsida (www.byggladarna.se)

Övriga källor

- EG-direktivet 2002/91/EG
- Energicertifiering, Linda Schulz, EFFEKTIV, RAPP NR 2003:02
- Energideklarationen diagnos efter ett halvår, Frawsen Gari, Fastighetsägarna 2008
- Regelsamling för byggande, BBR 2008
- Regelsamling för byggande, BBR 2008, Supplement februari 2009, 9 Energihushållning
- Energihushållning enligt Boverkets byggregler, Boverket oktober 2009
- FEBY Kravspecifikation för Passivhus, Version 2009
- FEBY Kravspecifikation för Minienergihus, Version 2009
- Miljövärde höjer värdet på byggnader, VVS Forum nr:11 2009
- Miljöanpassat byggande, Göteborgs Stad Fastighetskontoret, 2008
- Methodological aspects of environmental assessment of buildings, Doktorsavhandling av Tove Malmqvist KTH, 2009
- Miljövärdering av el med fokus på utsläpp av koldioxid, Elforsk
- Verktyg och hjälpmedel för Byggherrens kravformulering i tidiga skeden. Institutionen för Arkitektur, Malmqvist, I. och Ryd, N., 2006, CTH, Publikation 2006:09
- Bygga med glas, Per-Olof Carlson, 2005
- Sandin K. (1996), *Värme och Fukt*, Avd. för Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola
- Metoder för besiktning och beräkning, Eje Sandberg, Version 2, ATON, 2007
- The European GreenBuilding Programme, Riktlinjer för energiledning, V2, 2006-12-01

Bildkällor

- figur 3: Boverket
- figur 4: Boverket
- figur 5: Environmental assessment of products, Volume 2: Scientific background.
Hautschild och Wentzel 1998

-
- figur 6: Svensk Energi
 - figur 8: Vattenfall
 - figur 9: Bygga med glas, Per-Olof Carlson, 2005
 - figur 10: Bygga med glas, Per-Olof Carlson, 2005
 - figur 11: Coiltech
 - figur 12: IV-Produkt
 - figur 13: Swegon
 - figur 16: Osram
 - figur 17: Osram
 - figur 18: Ecienergy
 - figur 19: Siemens
 - figur 20: Siemens
 - figur 21: Mazdon solvärme
 - figur 22: Lapplands kommunalförbund
 - figur 23: Hannevind AB
 - figur 26: Byggledarna
 - figur 27: Byggledarna
 - figur 28: Byggledarna