

Energieffektivitet

Enno Abel, Lars Ekberg





EFFEKTIV är ett samarbetsprojekt mellan näringslivet och staten med ELFORSK som koordinator. EFFEKTIV finansieras av följande parter:

- ELFORSK
- Borlänge Energi AB
- Borås Energi AB
- Elbolaget i Norden AB
- Falu Energi AB
- FORMAS
- Gräninge Kalmar Energi AB
- Göteborg Energi AB
- IMI Indoor Climate
- Jämtkraft AB
- Karlstads Energi AB
- Mälar Energi AB
- Skellefteå Kraft AB
- SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
- Statens Energimyndighet
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Sydkraft AB
- Umeå Energi AB
- Uppsala Energi AB
- Vattenfall AB
- Öresundskraft AB

Rapportbeskrivning:

I begreppet effektiv användning av energi ligger att vi skall använda så litet energi som möjligt för de energikrävande funktioner, miljöer och hjälpmedel som i dag är en förutsättning för vår tillvaro och verksamhet. Vi måste oförtröttligen arbeta med att minska energianvändningen i det vi redan har och vi måste fortlöpande utveckla vårt kunnande och vår teknik så att energibehoven i det nya som tillkommer blir så låga som möjligt.

Detta gäller i hög grad byggnadssektorn, där det under de senaste 20 åren skett en betydande utveckling när det gäller minskning av energibehov. Det är en utveckling som fortsätter både genom åtgärder i befintliga hus och genom tillämpning av nya tekniska lösningar vid nybyggnad.

I det här arbetet måste man dock alltid hålla i minnet att de åtgärder man vidtar och de tekniska lösningar man väljer aldrig får innebära att byggnadernas funktion och egenskaper i övrigt försämras eller att det skapas problem med exempelvis innemiljö och beständighet.

Tekniska åtgärder och tekniska lösningar för minskat energibehov kräver normalt insatser i form av material, tekniska utrustningar etc. Det är då viktigt att det i det som kommer till genomförande finns en balans mellan det som man faktiskt vinner i energi och det som måste uppoffras för att åstadkomma energivinsten.

En effektiv användning av energi i byggnader innebär därmed lägsta möjliga energianvändning med bibehållande av byggnadens funktion och egenskaper och med rimlig balans mellan insatser för och resultat av energibesparingen.

Föreliggande rapport behandlar kortfattat hur man kan nå hög energieffektivitet i byggnader, med tyngdpunkt på att ge förståelse för de tankestrukturer som är viktiga för att verkligen nå hög energieffektivitet. Rapporten är koncentrerad på hur man skall säkerställa att de tekniska lösningar och tekniska åtgärder som man väljer verkligen kommer att bidra till byggnadens energieffektivitet, dvs minskar energibehovet med rimliga insatser och utan att riskera byggnadens funktion.

Förhoppningen med rapporten är att den på ett lättillgängligt sätt skall ge en övergripande bild av och förståelse för området och samtidigt ge hänvisningar till lättillgängliga publikationer som mer ingående behandlar olika delområden.

Enno Abel, Lars Ekberg, CIT Energy Management AB

Innehåll

Effektiv användning av energin		4
Energieffektivitet		4
Byggnadens funktion i fokus		5
Krav		5
Något om krav på luftkvalitet		7
Något om krav på rumstemperatur		8
Inneklimatfaktorer		8
Värdering och bestämning av energivinsten		10
Byggnadens energibalans		10
Bostadshusets energibehov för inomhusklimatet		11
Lokalbyggnadens energibehov för inomhusklimatet		12
Beräkning av hur energibehovet påverkas		13
Beräkningsprogram		14
Värmeenergi och elenergi		15
Energieffektiviserande åtgärder		17
Bostadshus		18
Lokaler		19
Litteratur		21

Effektiv användning av energin



Den värmeenergi och den elektriska energi som en byggnad behöver under sin livstid, svarar för en betydande del av byggnadens livstidskostnad. Energin som byggnaden behöver under sin livstid utgör dessutom en helt dominerande del av den totala miljöpåverkan som byggnaden svarar för.

Det är därmed viktigt att våra byggnaders energibehov är så lågt som möjligt. Detta gäller alla hus som redan finns, där man måste fortlöpande vidta åtgärder som minskar energibehovet. Det gäller också på ett mycket påtagligt sätt alla nya hus som byggs, som måste utformas så att energibehovet verkligen blir litet från början.

I det viktiga arbetet med att minska energibehovet i befintliga hus och utforma nya hus så att de får ett lågt energibehov, måste man dock alltid hålla i minnet att de åtgärder man vidtar och de lösningar man väljer får inte försämra för dem som bor eller arbetar i huset. Detta är en grund för att åtgärder för minskning av energibehov skall kunna ses som steg mot en effektiv användning av energin.

Energieffektivitet

Utgångspunkt är att åtgärder för energihushållning och tekniska lösningar för låg energianvändning inte får leda till att man får problem i den färdiga byggnaden. Detta är ett villkor för energieffektivitet.

Dessutom är det viktigt att resurser som kan avsättas för energihushållning nyttjas effektivt. Därför måste de tekniska lösningar som väljs och de åtgärder som vidtas vara rimligt resurskrävande i förhållande till den sparade energimängden. Detta ger ytterligare ett villkor för energieffektivitet.

Därmed gäller följande två kriterier, som båda måste vara uppfyllda för att en teknisk lösning eller åtgärd skall kunna betraktas som energieffektiv.



- **En teknisk lösning eller åtgärd för minskning av energibehovet får inte försämra byggnaden eller dess funktion.**
- **Resursförbrukningen för en teknisk lösning eller åtgärd för minskning av energibehov måste balanseras av byggnadens verkliga totala energibesparing.**

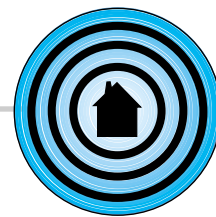
För energieffektivitet krävs att båda dessa delkriterier uppfylls!

Det här innebär att ett lågt energibehov inte alltid kan likställas med en hög energieffektivitet.

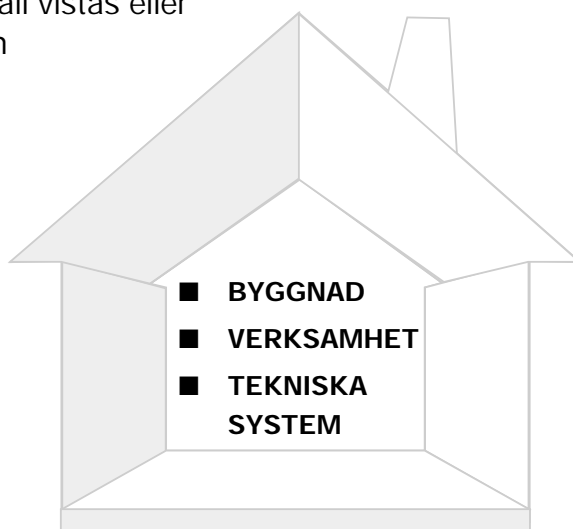
Energivinster som fås genom att man gör avkall på krav som verksamheten ställer på funktion, beständighet, driftsäkerhet etc och därmed minskar byggnadens användbarhet eller genom att man manipulerar sådana krav, bidrar inte till energieffektiviteten utan kan innebära en totalt sett minskad energieffektivitet.

En teknisk lösning eller åtgärd som leder till ett mycket lågt energibehov, men gör det på bekostnad av resursuppföring som inte står i proportion till energivinsten, är inte heller energieffektiv utan kan likaledes innebära en totalt sett minskad energieffektivitet.

Byggnadens funktion i fokus



När man arbetar med minskning av byggnaders energibehov är det första steget att göra klart vilka grundläggande krav som måste uppfyllas med hänsyn till människorna som skall vistas eller verka i huset och till den verksamhet som skall bedrivas. Det är därför naturligt att även här börja med ett resonemang kring detta.

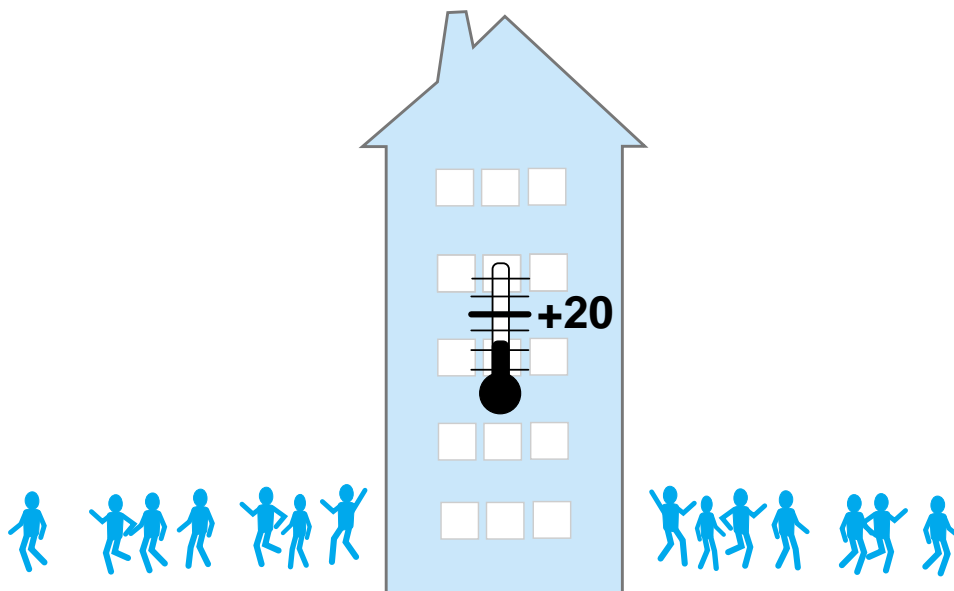


Allmänt gäller att en byggnad måste:

- ha en utformning och en funktion som är väl lämpad för den verksamhet som skall bedrivas i den
- i alla avseenden fungera väl för de människor som vistas i den
- vara beständig, vilket för permanenta byggnader innebär att de med rätt underhåll skall kunna fungera utan problem i många decennier

För att få ett lågt energibehov utan att riskera någon av dessa punkter, måste man arbeta systematiskt och ha en helhetssyn på byggnaden, dess tekniska installationer och den verksamhet som skall bedrivas. Det första steget i det systematiska arbetet är att klarlägga de krav som byggnaden och dess installationer måste uppfylla oberoende av vad som sker på energisidan. Detta innebär att man måste kartlägga verksamheten och dess behov och specificera de krav som måste uppfyllas för att man både skall kunna bedriva den verksamhet huset är avsett för och få ett allmänt sett bra hus.

När det gäller byggnadens detaljkonstruktion och byggnadens tekniska installationer, där normalt huvuddelen av potentialen för minskning av energibehovet ligger, är det i första hand de tekniska kraven som måste specificeras. Energieffektivitet åstadkoms genom tekniska lösningar. Dessa utgår från tekniska krav. Därför behandlas krav, med tyngdpunkt på de tekniska kraven, något närmare nedan. En mer uttömmande behandling finns i exempelvis [1].



Krav

Kraven som byggnaden och dess tekniska installationer skall uppfylla är mycket olika för olika slag av byggnader. Det är exempelvis stora skillnader i de krav som ställs på ett bostadshus jämfört med de som ställs på ett sjukhus, på ett kontorshus, på en skola eller på andra slag av lokaler.

Vad som dock är gemensamt för alla slag av byggnader är att det alltid finns krav som måste uppfyllas för att huset över huvudtaget skall kunna användas. Exempel på ett sådant är att rumstemperaturen inte får sjunka under ett visst värde, säg +20°C. Om rumstemperaturen i ett bostadshus tidvis skulle bli mycket lägre, skulle huset inte kunna användas. De krav som måste uppfyllas för att huset skall kunna användas för sitt ändamål kallas *verksamhetsknutna krav*. Krav i fråga om termiskt inomhusklimat hör således till de verksamhetsknutna kraven.

Ett hus som fungerar enligt de verksamhetsknutna kraven kan vara mer eller mindre bra som hus betraktat, även om det kan användas för sitt ändamål. Ytterligare krav måste uppfyllas för att huset skall vara ett bra hus. Exempelvis måste huset ha rimliga anläggnings- och driftkostnader, huset bör ha ringast möjliga miljöpåverkan och det bör ha ett lågt energibehov. De krav som måste uppfyllas för att huset, utöver det att det kan användas, blir ett bra hus kallas *byggnadsknutna krav*. Krav på ett lågt energibehov hör således till de byggnadsknutna kraven.

Ett villkor för att en projekteringsprocess skall på ett effektivt sätt leda fram till ett välfungerande och allmänt sett bra hus är att kraven måste följas i och med att de blivit identifierade, specificerade och fastställda. Detta gäller både de verksamhetsknutna kraven och de byggnadsknutna kraven. Dock gäller alltid:

De tekniska lösningar man väljer för att uppfylla de byggnadsknutna kraven får aldrig medföra att de verksamhetsknutna kraven riskeras



Exempel på Verksamhetsknutna tekniska krav

INNEKLIMAT

- Termiskt klimat
- Luftkvalitet
- Dagsljusinsläpp
- Belysningskvalitet
- Barriärer mot spridning av gaser och partiklar (Sjukhus, läkemedelsindustri, laboratorier)

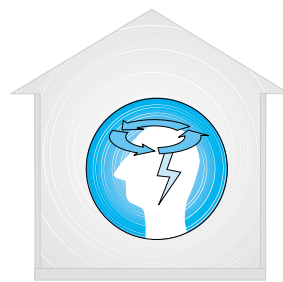
STÖRNINGAR

- Störande luftrörelser
- Störande ljud
- Elektriska fält
- Bländning

ÖVRIGT

- Driftsäkerhet
- Beständighet
- Säkerhet mot fuktskador
- Säkerhet mot mögel

När man specificerar krav måste man alltid vara helt säker på att det verkligen är en funktion eller en egenskap som anges och inte en av flera tänkbara åtgärder eller tekniska lösningar som kan åstadkomma den funktion som efterfrågas. Man måste alltså identifiera funktionen eller egenskapen. Kraven måste sedan uttryckas så att de blir dels entydigt definierade, dels entydigt kontrollerbara, dvs de måste vara angivna i mätbara storheter. Självklart måste de också vara möjliga att uppfylla med insatser som ligger inom det rimligas gräns.



Exempel på Byggnadsknutna tekniska krav

- Beständighet och underhållsvänlighet
- Estetiskt goda lösningar
- Effektivt utnyttjande av utrymmen
- Minimerad livstidskostnad
- Energieffektivitet
- Ekologi och kretsloppstänkande
- Generalitet och flexibilitet
- Tekniskt och ekonomiskt optimala lösningar etc, etc



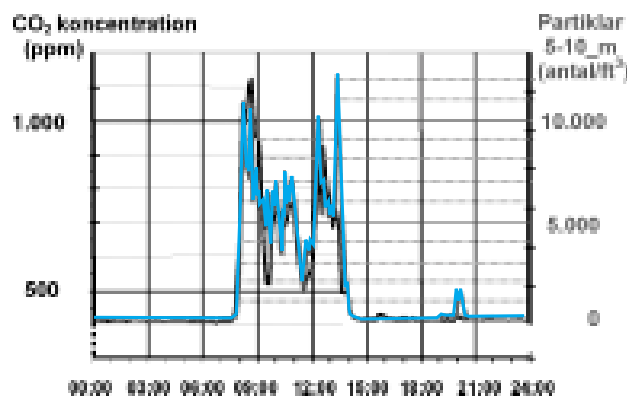
Något om krav på luftkvalitet

Ett grundläggande verksamhetsknutet krav är att luften inomhus skall vara ren, dvs. att dess halt av partiklar och förorenande gaser inte får överstiga en viss kravnivå. Vilken denna kravnivån bör vara och hur den bör anges varierar med vilken verksamhet som skall finnas i huset eller i de enskilda rummen. Här berörs som ett exempel kriteriet CO₂-halt, som brukar användas som mått på luftkvalitet i rum där människors verksamhet dominerar.

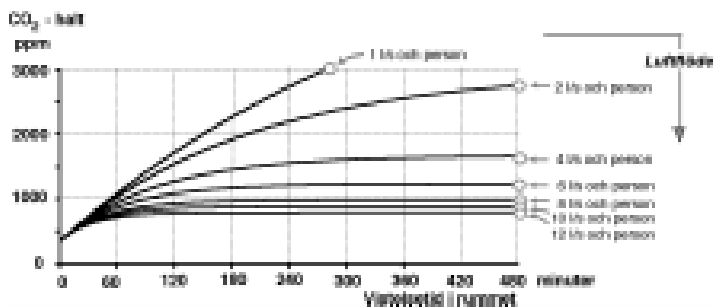
Skälet är dels att koldioxidhalten är relativt lätt att mäta, dels att den är ett ungefärligt mått på många föroreningar i rumsluften som är människorelaterade.

WHO, Socialstyrelsen m fl rekommenderar 1000 ppm (0,1%) som högsta tillåtna CO₂-koncentration. Koldioxiden i sig innebär ingen störning vid detta värde. Den är endast en indikator på att luften är ofräsch. Koldioxidhalten kan knytas direkt till ventilationsluftflödet.

Ventilation med ett visst luftflöde är en teknisk lösning för att uppfylla det verksamhetsknutna kravet att en viss CO₂-halt, exempelvis 1.000 ppm, inte får överstigas. Luftflödet i sig är således inte ett verksamhetsknutet krav utan en lösning för att uppfylla kravet. Det finns andra tänkbara tekniska lösningar. Man kan exempelvis ha en luftrenare där rumsluften cirkuleras via partikelavskiljande och eventuellt även gasavskiljande filter. Sådana renar inte från koldioxid, som ju inte heller är ett problem i sig, men väl från de föroreningar som koldioxiden är indikator på.



Bilden visar samtidigt uppmätt CO₂-koncentration och halt av luftburna partiklar under ett dygn i en lågstadieskola i Göteborg. Man ser att CO₂ koncentrationen och partikelhalten varierar likartat. När CO₂ koncentrationen är hög är partikelhalten hög.



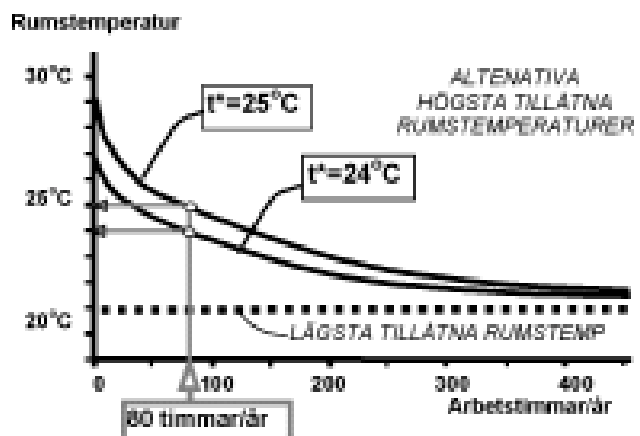
Rumsluftens koldioxidhalt efter det att rummet börjat användas. Diagrammet gäller för en rumshöjd på drygt 3 m och golvytan 4 m² per person. För att rumsluftens koldioxidhalt inte skall stiga över 1.000 ppm, krävs ett luftflöde på något över 8 l/s och person.

Något om krav på rumstemperatur

Det är viktigt att kraven är uttryckta så att de kan förstås och bedömas även av dem som inte är specialister inom området.

Exempelvis ställs i lokaler normalt krav på att rumstemperaturen dels inte får sjunka under en viss lägsta nivå, dels inte får stiga över ett visst högsta värde. Den övre gränsen bör dock då inte uttryckas som en fast temperatur, utan man bör acceptera att temperaturen får stiga under kortare tider.

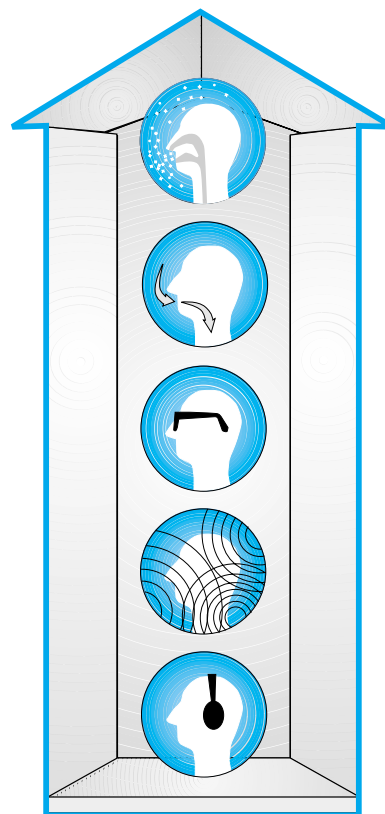
Temperaturkraven kan då anges i ett temperatur – varaktighets diagram, som visas här bredvid. I ett sådant kan man se hur många timmar under ett år en viss temperatur kan komma att överstigas i exempelvis ett kontor. Den som kommer att använda kontoret har då möjlighet att väga timmar med hög temperatur mot skillnaden i kostnad mellan olika alternativa högsta tillåtna temperaturer.



Inneklimatfaktorer

Människans upplevelse av inomhusmiljön beror på en rad olika, ofta samverkande faktorer. Av dessa är ett antal tekniskt påverkbara och kan därmed uttryckas i mätbara termer. Luftkvalitet, termiskt klimat, ljudmiljö, ljusmiljö och elmiljö kan alla beskrivas med mätbara entydiga storheter. Vid sidan av de angivna fysiska miljöfaktorerna är en rad andra faktorer kopplade till individens upplevelse och tolkning av miljön. Exempelvis är det viktigt att brukarna i en byggnad kan påverka inomhusklimatet. Det bör dock vara med enkla och förståeliga åtgärder som att ställa om radiatortermostater, öppna fönster, starta fläkten i en spiskåpa, använda solskydd och liknande. Detta behöver inte innebära större energiförluster om möjligheterna används förnuftigt (information) eller om man väljer energi-effektiva lösningar som begränsning av radiatorn då fönster öppnas, tidur etc (teknik). Människors värdering av den inre miljön påverkas givetvis också av sådant som knappast kan påverkas tekniskt, som relationer med andra människor, hälsotillstånd mm..

Riktlinjer för och krav på inomhusmiljön finns publicerade av myndigheter och av olika intresse- och branschorganisationer. De baseras på den kunskap som efterhand framkommer ur forskningen på området. Myndigheternas krav beträffande inomhusmiljön är ofta allmänt formulerade och särskilt när det gäller luftburna föroreningar finns relativt få fastställda kravnivåer. Det innebär inte att faktorer som inte omfattas av myndighetskraven är oviktiga ur hälso- och komfortsynpunkt, utan att kunskapen om många faktorerers betydelse fortfarande är begränsad.



Grundläggande myndighetskrav på inomhusklimat, som alltid måste uppfyllas, finns angivna i bland annat [2 och 3]. En mer generell behandling av inomhusklimat och krav som berör inomhusklimat finns i exempelvis [1, 4, 5, 12 och 15] och i EFFEKTIV rapport 2000:02 [7].

En mycket bra sammanfattning av mycket inom området inomhusklimat finns i [6]. Det är en danskspråkig bok med viss tyngdpunkt på danska förhållanden och normer. Den behandlar dock inneklimat uttömmande, är väl skriven och är relativt lätt att läsa även för en svensk.



Termiskt klimat, luftkvalitet och ljusförhållanden

Byggnaden och dess tekniska system skall åstadkomma ett bra termiskt klimat, en bra luftkvalitet och goda ljusförhållanden för de människor som vistas i byggnaden och för den verksamhet som bedrivs.

Det termiska klimatet bestäms av:

- luftens temperatur
- omgivande ytors temperatur
- luftens fuktighet
- luftens rörelser

Luftkvaliteten bestäms av:

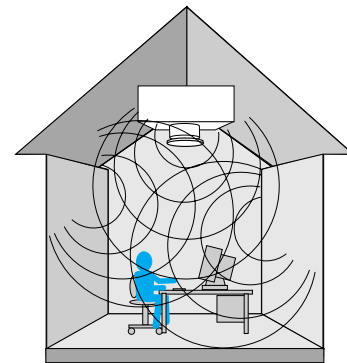
- luftens halt av partiklar
- luftens halt av gasformiga föroreningar

Ljusförhållandena bestäms bl a av:

- dagsljusandel
- ljusstyrka
- luminans
- bländningsförhållanden

Störningsfaktorer

Åtgärder för minskad energianvändning får inte leda till att byggnadens användbarhet minskar, eller att byggnaden får ur användarsynpunkt dåliga egenskaper. För inomhusklimatet innebär det att de skall åstadkommas utan att det uppstår störningar. Sådana kan vara direkta, orsakade av byggnadens tekniska system. De kan också vara indirekta i form av exempelvis byggnadstekniska lösningar som från början eller efter hand genom dålig beständighet påverkar inneklimatet negativt.



Störningar från tekniska system

- störande ljud
- störande luftrörelser - drag
- störande temperaturgradienter
- elektriska fält
- bländningseffekter
- föroreningsalstring från försmutsade tilluftssystem

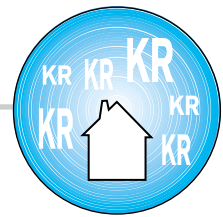
Störningar från byggnadskomponenter

- avgivning av gaser, partiklar eller luktande ämnen i allmänhet
- bristande beständighet som efter hand leder till avgivning av föroreningar
- konstruktioner och material som inte är fuktsäkra och därmed mottagliga för mögelbildning

De energibesparande lösningar och åtgärder man väljer får inte leda till störningar av något slag vare sig för de människor som skall verka i huset eller för den verksamhet som skall bedrivas där.

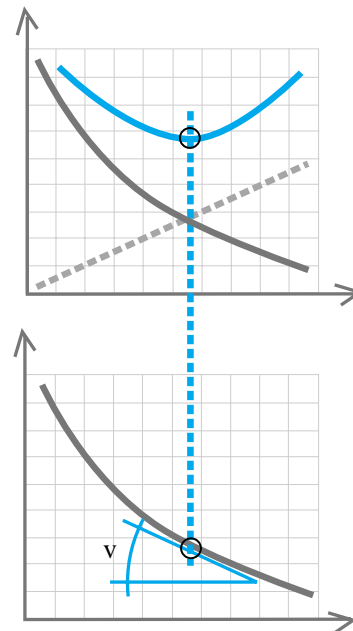
Man skall därför aldrig välja en viss energibesparande teknisk lösning eller åtgärd utan att först ha gjort en grundlig analys av om den kan innebära risk för störningar av något slag. Denna analys måste vara förutsättningslös och utgå från en helhetssyn. Den får inte ha inslag av "marknadsföring" eller suboptimeringar.

Värdering och bestämning av energivinsten



Som betonats inledningsvis ingår i begreppet energieffektivitet att man vid val och dimensionering av lösningar och åtgärder väger den energi som man vinner mot den insats av teknik och material som krävs. I praktiken sker detta lämpligast genom att man med en livscykelkostnadskalkyl, eller som man brukar benämna den en LCC-kalkyl, väger värdet av energivinsten mot kostnaden för att åstadkomma den. Detta kan ske efter två huvudprinciper:

- investeringsannuitet (amortering och ränta, kr/år) med en viss kalkylränta och livslängd jämförs med värdet av den årligen sparade nettoenergin (kr/år)
- nuvärdet av den sparade nettoenergin med en viss kalkylränta och livslängd (kr) jämförs med investeringen (kr)



Man kan eventuellt se på återbetalningstiden, dvs se på hur många år det tar att med värdet av den årliga energibesparingen återbetala investeringen. Detta är ett lättbegripligt sätt att jämföra åtgärder med samma livslängd, men kan leda fel om de åtgärder som skall jämföras har olika livslängd. Det borde förbehållas för återbetalningstider som är korta, av storleksordningen ett par år.

Ekonomiska kalkyler inriktade på energi behandlas närmare i exempelvis [5]

Hur man än gör den ekonomiska värderingen blir kalkylen meningsfull endast om bedömningarna av vad åtgärden kostar och vad den innebär ur energisynpunkt är tillförlitliga. Detta innebär bland annat att den antagna energivinsten måste överensstämma väl med den som kommer att uppnås i verkligheten.

För att så skall bli fallet krävs:

- att man beräknar energivinsten med hänsyn tagen till de förhållanden som kommer att gälla då byggnaden är i användning, dvs har med intern värmeutveckling mm
- att man utgår från åtgärdens inverkan på energibehovet för byggnaden i dess helhet, dvs har med även åtgärdens eventuella indirekta inverkan på byggnadens energibehov
- att man har med åtgärdens inverkan på både värmebehov och elbehov.

Det kan finnas anledning att beröra detta något närmare.

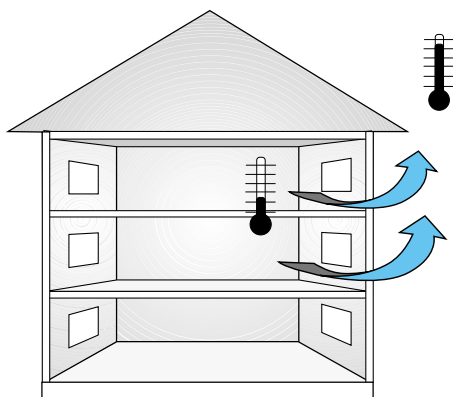
Byggnadens energibalans

När man skall bedöma den verkliga effekten av energibesparande åtgärder är det helt nödvändigt att utgå från en helhetssyn, dvs se på hur åtgärden påverkar byggnadens energianvändning i dess helhet. Detta innebär att man alltid måste studera varje enskild åtgärds inverkan med avseende på hur den påverkar det totala värmebehovet och det totala elbehovet. Man får således inte se på en enskild åtgärd som isolerad från byggnaden i övrigt, utan måste se på vad den kommer att ha för total energiinverkan då byggnaden används i verkligheten.

För att resonemanget inte skall bli för oöverskådligt, inriktas det här på rumstemperaturen och energiförloppen som hänger samman med att man får en viss temperatur inomhus. Den temperatur som man har i ett rum är ett resultat av att vid just den temperaturen är värmeflödena in i rummet, värmeflödena ut ur rummet och värmeutvecklingen i rummet i balans.

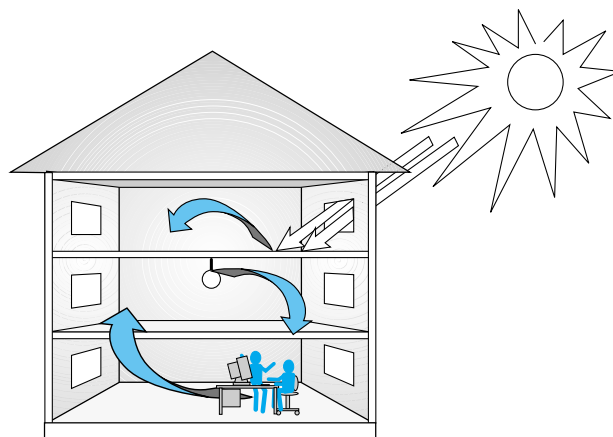
Denna balans bestäms av

- Energitransporter genom byggnadens klimatskal,
- Aktiviteter som leder till att värme genereras internt i byggnaden



Värmetransporter genom byggnadens klimatskal

- Värmetransmission genom väggar, tak, golv, fönster och dörrar
- Värmetransport på grund av luftinfiltration och luftläckage,



Intern värmegenerering i byggnaden

- Solinstrålning genom fönster med åtföljande värmeavgivning från rummets golv och väggar
- Värme genererat av människor;
- Värme genererat av belysning och maskinell utrustning.

Om den interna värmegenereringen i ett rum är mindre än värmeavgivningen från rummet vid en viss rumstemperatur, uppstår ett *värmeunderskott*. Om den interna värmegenereringen är större än värmeflödet ut, uppstår ett *värmeöverskott*.

För att rumstemperaturen inte skall sjunka då det råder värmeunderskott, måste värme tillföras rummet. För att rumstemperaturen inte skall stiga då det råder värmeöverskott måste värme föras bort från rummet.

Det är tekniskt lätt att tillföra den värme som behövs för att rumstemperaturen inte skall sjunka då det råder värmeunderskott i ett rum. Vanligast sker det med något slag av radiatorer. Att föra bort värmeöverskott kan däremot vara tekniskt mer komplicerat.

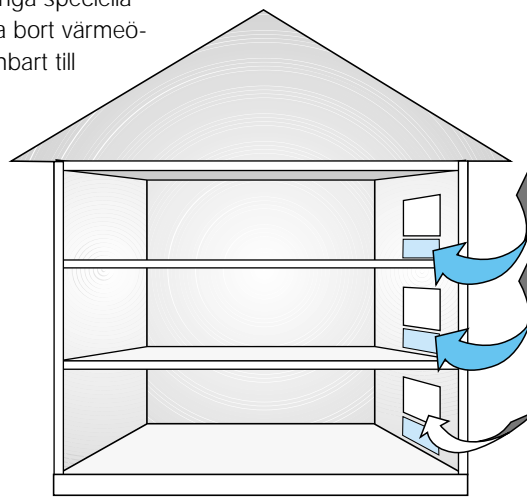
Bostadshusets energibehov för inomhusklimatet

I bostadshus är den interna värmeutvecklingen oftast måttlig, det är oftast rätt mycket utrymme per person och man är inte bunden till en arbetsplats. Det är främst på sommaren som det ibland skulle kunna bli besvärande varmt, men då öppnar man fönster, skärmar av solen etc. Det ställs därför inga formella krav på att rumstemperaturen inte får stiga över en viss nivå. Man kräver endast att rumstemperaturen inte får sjunka under en viss nivå.

I bostadshus behövs därför normalt inga speciella tekniska klimatinstallationer för att föra bort värmeöverskott. Ventilationen i bostäder är enbart till för att säkerställa en bra luftkvalitet.

Bostadshusets behov av energi för klimathållning

- Värme för att täcka värmeunderskott i de olika rummen
- El för drift av eventuella fläktar och cirkulationspumpar



I bostadshus är det värmeunderskottet som är avgörande för energibehovet. Här är det viktigt att minska värmeförluster genom klimatskalet så långt som möjligt. Åtgärder för minskning av värmeunderskott innebär att husets energibehov minskar och innebär en ökning av energi-effektiviteten, givetvis under förutsättningen att de kräver rimliga resursupoffringar och inte medför att husets kvalitet och funktion försämras.

Detta innebär bland annat att en god isolering av väggar och väl värmeisolerande fönster ger en direkt minskning av energibehovet.

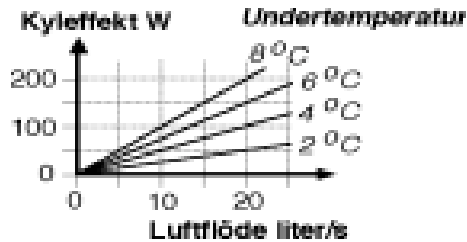
Lokalbyggnadens energibehov för inomhusklimatet

I arbetslokaler och liknande som kontor, varuhus, vårdlokaler och sjukhus, lokaler för undervisning och forskning och stora delar av industrins lokaler, kan den interna värmeutvecklingen under arbetstid vara större än värmeutströmningen genom byggnadens klimatskal under huvuddelen av året.

Det innebär att man under en stor del av året kan få värmeöverskott i rum där det pågår verksamhet. För att det inte skall bli för varmt måste värmeöverskottet föras bort. Detta kan ske med ventilationsluft, med kylda ytor eller med en kombination av ventilationsluft och kylda ytor.

Kylning med luft

Om luften som tillförs rummet är kallare än rumsluften, har undertemperatur gentemot rummet, kommer detta att kylas.

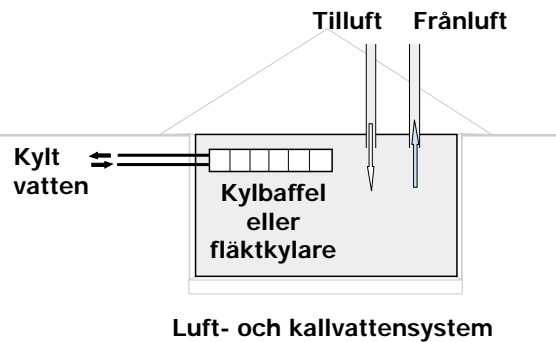
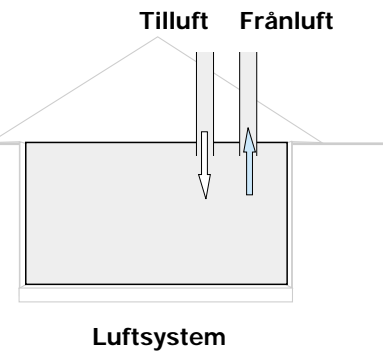


Undertemperatur = Rumstemp - Tilluftstemp

Kylning med kalla ytor

Kylning kan ske direkt i rummet med kalla ytor eller kylare, kopplade till ett rörsystem med cirkulerande vatten som kylvärme bärare.

För att rumstemperaturen inte skall stiga måste kombinationen av luftflöde och undertemperatur ge en kylteffekt som motsvarar värmeöverskottet.

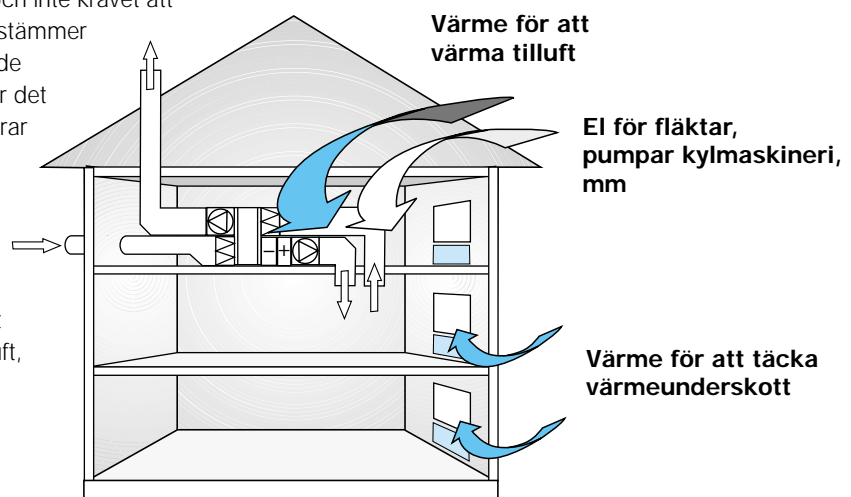


Energibehov

För att åstadkomma inomhusklimatet i lokaler behövs därmed energi dels för att täcka värmeunderskott, dels för att driva de system som skall föra bort värmeöverskott. Ju större värmeöverskotten som måste föras bort är, desto mer omfattande och komplicerade måste dessa system vara och desto mer energikrävande kan de bli. För ventilationssystemet gäller detta då det är kravet att föra bort värmeöverskott, och inte kravet att föra bort luftburna föroreningar, som bestämmer luftflödets storlek. För de vatten-baserade kylsystemen, kylbafflar, fläktkylare etc, är det alltid värmeöverskottet som dimensionerar

Lokalbyggnaders behov av energi för klimathållning

- Värme för värmning av rum
- Värme för värmning av ventilationsluft
- Elenergi för transport av ventilationsluft, radiatorvatten, mm
- Elenergi för drift av kylmaskiner



I huvuddelen av lokalerna är det värmeöverskottet som ofta har en avgörande inverkan. Ju större värmeöverskottet är desto större kapacitet måste de system som skall föra bort värmeöverskottet ha. Dessa systems energibehov tenderar därför att öka med allt som ökar de enskilda rummens värmeöverskott. Till de viktiga energihushållande åtgärderna i lokaler hör därför att minska rummens värmeöverskott, och därmed energibehovet för de system som skall föra bort värmeöverskotten.

Detta accentueras av att en stor del av värmeöverskotten härrör från belysning och elförbrukande utrustningar som således utöver att belasta klimatsystemet är direkta förbrukare av elektrisk energi.

Det finns således en grundläggande energiteknisk skillnad mellan bostadshus och lokaler.

Beräkning av hur energibehovet påverkas

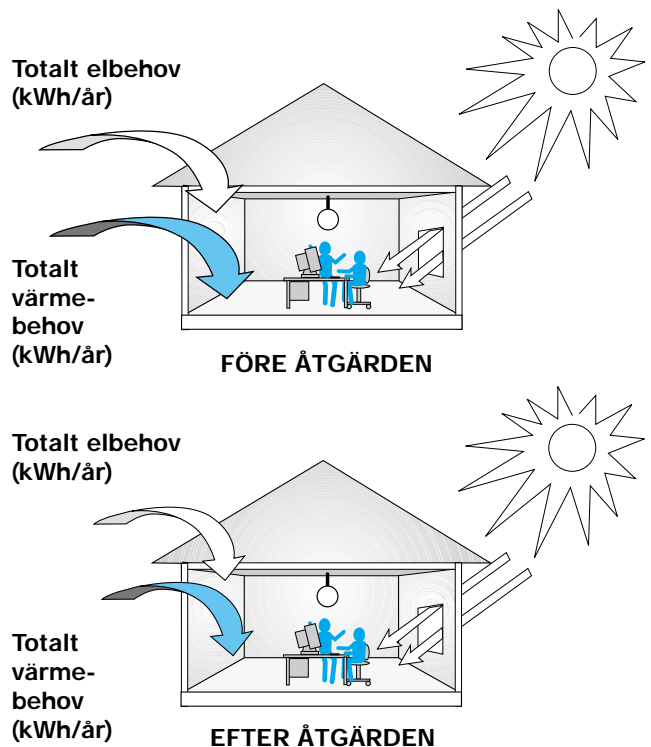
En grundförutsättning för att nå energieffektivitet i verkligheten är att bedömningen av den energivinst en viss åtgärd ger är korrekt, dvs att den överensstämmer väl med den energivinst som kommer att uppnås i verkligheten.

Som redan betonats kräver detta att man beräknar energivinsten för de förhållanden som kommer att gälla då byggnaden är i användning och att man ser på energibehovet för byggnaden i dess helhet. Givetvis måste man också alltid se på åtgärdens inverkan på både behovet av värmeenergi och behovet av elenergi.

Utgångspunkten vid planering av nya byggnader bör vara att man beräknar byggnadens totala årliga värmebehov och totala årliga elbehov utan den tänkta åtgärden och med den tänkta åtgärden. Vid åtgärder i befintliga byggnader finns det ofta uppgifter om värme- och elbehovet. Det är således årsbehovet för hela huset man normalt bör utgå från.

Man kan förenkla beräkningen endast om man säkert kan se att den åtgärd som planeras inte har några svårbedömbara sidoeffekter, vilket kan gälla för vissa begränsade tekniska åtgärder. Ett exempel på ett sådant är installation av värmeåtervinning mellan från- och tilluft i luftbehandlingsystem. Den minskar värmebehovet för luftvärmning och ökar elbehovet för lufttransport något, men inget annat påverkas. Andra exempel är ersättning av oljepanna med värmepump, installation av frånluftsvärmepump för varmvattenberedning och förbättring av tidsstyrningen av ventilationssystem efter hur arbetstiden är.

I övrigt bör man normalt utgå från förändringen av totala energibehovet då byggnaden används på avsett sätt. Bedömning av isoleringsåtgärder eller isoleringsalternativ, liksom av fönsteralternativ kan bli direkt felvisande om man inte utgår från det verkliga värmebehovet. Detta är inte den värmemängd som under året strömmar ut genom väggen eller fönstret, värmeförlusten, utan minskningen av husets faktiska värmebehov. Värmebehovet är den del av värmeförlusten som inte täcks av den interna värmeutvecklingen och värmelagringen i byggnadskonstruktionen. För att med acceptabel säkerhet bedöma hur stor ändring av energibehovet åtgärden verkligen kommer att ge, måste man normalt se på hela husets årsbehov.



kWh/år

I lokalbyggnader blir det speciellt viktigt att utgå från helheten. Exempelvis medför förbättrad isolering och förbättrade fönster att värmeförlusten genom byggnadens klimatskal kommer att minska. I arbetslokaler innebär detta ett minskat värmeunderskott men också ett ökat värmeöverskott, vilket har konsekvenser för den eller de tekniska system som skall hålla rumstemperaturen på en acceptabel nivå. Dessa konsekvenser måste man ta hänsyn till. Detsamma gäller exempelvis vid jämförelse mellan olika belysningsssystem, olika alternativ för solavskärmning etc. Här riskerar man också att komma mycket fel om man inte ser på det totala årliga behovet av värmeenergi och elenergi.

Beräkningsprogram

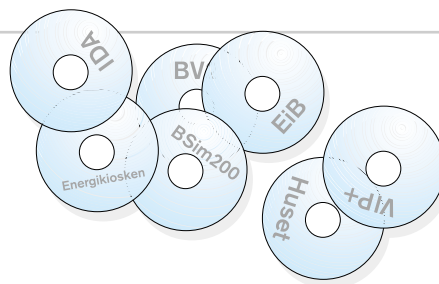
Beräkningen av byggnaders energibehov är i sig komplicerad, men det finns i dag några relativt lätthanterliga och tillförlitliga beräkningsprogram för detta. Här kommer endast att beröras sådana beräkningsprogram som är lämpade för praktisk användning vid projektering av nya byggnader och vid bedömning av energiatgärder i befintliga byggnader. Utgångspunkten här härvid att:

- det skall krävas en rimlig arbetsinsats, högst en dag för en ingenjör med visst beräknings- och dator-kunskande, att lära sig tillämpa programmet praktiskt

- beräkningsprogrammet skall vara validerat, dvs det skall ha visats att de resultaten som fås stämmer något så när med verkliga förhållanden
- beräkningsprogrammet är allmänt tillgängligt, dvs att det kan köpas eller hyras, och att det finns support så att man rimligt snabbt, inom några timmar, kan få hjälp om det uppstår problem med beräkningarna
- det skall gå relativt fort att beräkna årsenergibehov så att man snabbt kan studera effekten av olika alternativ

Olika programgrupper

I EFFEKTIV rapport 2001:03 [8] finns en sammanställning och beskrivning av energitekniska beräknings- och simuleringsprogram, som uppfyller dessa kriterier. Egentligen finns det 100-tals beräkningsprogram som behandlar temperaturer och värmeströmmar i byggnader, men det är ytterst få av dessa som uppfyller de ovan ställda kraven för att kunna användas i praktisk verksamhet. I sammanställningen [8] finns medtagna två grupper av beräkningsprogram, generella program och bostadsprogram.



Bostadsprogram

- EnergiKiosken
- Huset
- Villaenergi
- Värmeenergi
- VIP+
- ENORM 1000
- OPERA

Bostadsprogrammen är utformade med utgångspunkt i bostadens energiförhållanden. Flertalet kan användas för både enfamiljshus och flerbostadshus där värmeströmmarna i byggnadskonstruktionen spelar stor roll i byggnadens värmebalans och därmed för byggnadens värmebehov. De kan emellertid leda fel om de används för byggnader inom lokalsektorn, då de normalt inte har nödvändig tyngd på de tekniska systemen klimathållningssystemen, som ofta är energitekniskt dominerande i lokalbyggnader.

Generella program

- BV2
- EiB
- IDA Indoor Climate and Energy
- BSim200

De generella programmen är lämpade för behandling av såväl bostadshus och lokaler. De fyra generella programmen kräver olika mycket av användaren. Med ett program som är enkelt att använda kan man inte gå lika långt ner i tekniska detaljer och den tänkta verksamheten som med ett program som kräver mer av användaren.

Slutsats

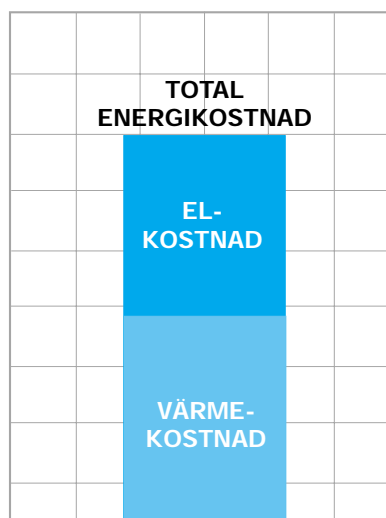
Därför är det de generella programmen som bör användas när det är fråga om energitekniska åtgärder i och energitekniska lösningar för byggnader inom lokalsektorn och huvuddelen av industrins lokaler. Samtliga beräkningsprogram i sammanställningen ovan finns att köpa eller hyra. Två av bostadsprogrammen, EnergiKiosken och Huset, kan erhållas utan kostnad. I [8] finns, utöver beskrivningar av programmen, alla uppgifter om varifrån de kan fås.

Värmeenergi och elenergi

Värmeenergi och elektrisk energi är i grunden sinsemellan helt artskilda och bör alltid behandlas separat då man diskuterar energianvändning i byggnader. De är inte i sig adderbara, dvs man kan inte utan vidare addera $\text{kWh}_{\text{värme}}$ och kWh_{el} .

Däremot kan man givetvis addera kostnader för värmeenergin och kostnaden för elenergin till en gemensam energikostnad.

$$\text{Energi kostnad} = \text{Värmekostnad} + \text{Elkostnad}$$



Det krävs betydande insatser för att generera el. Elgenerering, och speciellt fossilbaserad generering, har negativa miljöeffekter. Eldistributionssystemen har begränsad kapacitet. Av bland annat miljöskäl kan det framdeles bli svårt att tillgodose alla elbehov. Med bland annat dessa skäl som bakgrund finns det anledning att sträva efter lågt elbehov i nya byggnader och minskat elbehov i befintliga byggnader.

När man väljer tekniska lösningar och åtgärder för minskning av energibehov, bör man lägga speciell vikt vid elenergi. I det praktiska valet av energisparande lösningar sker detta genom att höja elenergens värde. Detta kan ske genom att man i sina bedömningar och kalkyler åsätter elenergin ett högre värde.

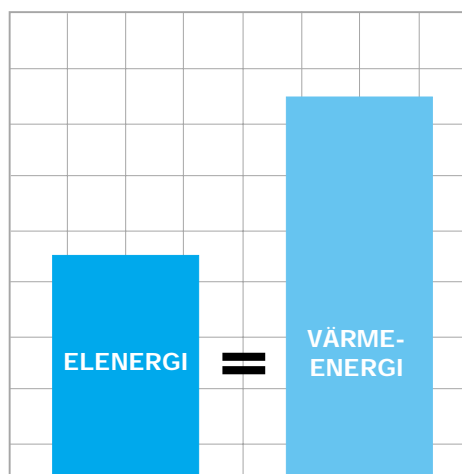
$$\text{Elenergens värde} = \kappa \times \text{Värmeenergens värde}$$

Storleken av konstanten κ kan diskuteras. Ett värde $\kappa = 1,5$ kan vara rimligt.

Det innebär att en besparing av exempelvis $700 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{år}$ är jämförbar med en besparing av $1.000 \text{ kWh}_{\text{värme}}/\text{år}$. Det innebär också att om man sparar $1.000 \text{ kWh}_{\text{värme}}/\text{år}$ men den totala elenergiförbrukningen samtidigt stiger med $700 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{år}$, då har man inte åstadkommit någonting alls.

Det här betonar vikten av att man alltid ser på den tekniska lösningens eller åtgärdens inverkan på *hela* energibehovet så att man är säker på att exempelvis en värmesparande åtgärd inte har bieffekter som höjer elbehovet och därmed utplånar den verkliga besparingseffekten.

Ju högre κ -värde man väljer desto mer betonas elbesparing.



Man kan då kanske fråga sig vad man i första hand bör inrikta sig på för att nå hög energieffektivitet genom tekniska lösningar i nya hus eller genom energisparande åtgärder i befintliga hus.

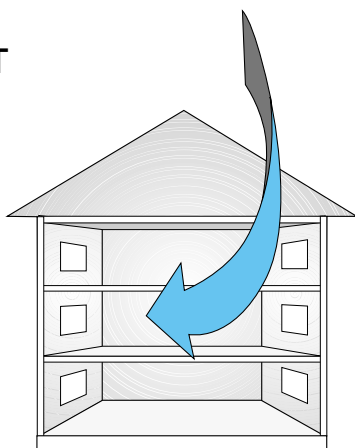
Bostadshus

En enkel regel är:

- då det gäller bostadshus får man ofta bästa energiresultat genom att i första hand inrikta sig på sådant som påverkar eller påverkas av värmeunderskott

VÄRME- UNDERSKOTT

Behov av att tillföra energi

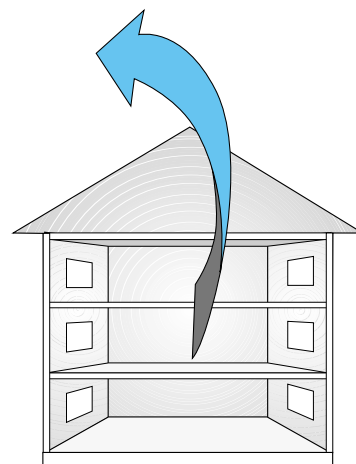


Lokalbyggnader

- då det gäller lokalbyggnader får man ofta bästa energiresultat genom att i första hand inrikta sig på sådant som påverkar eller påverkas av värmeöverskott

VÄRME- ÖVERSKOTT

Behov av att föra bort energi



Möjliga åtgärder

Nedan sammanfattas översiktligt en del möjliga slag av åtgärder för ökad energieffektivitet. Då man kommer till praktiska fall måste man alltid bedöma varje teknisk lösning eller åtgärd med utgångspunkt i det aktuella fallet. Som betonats i det föregående krävs alltid bedömning av

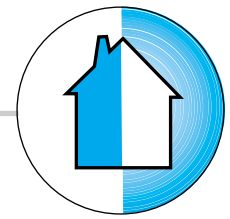
- om byggnadens funktion och främst inomhusklimat kan komma att påverkas negativt - om det finns någon risk för detta, skall man inte gå vidare
- vad det kostar att genomföra den tekniska lösningen eller åtgärden
- hur stor den verkliga energispareffekten är, dvs spar effekten för hela huset med hänsyn tagen till hur både värmebehov och elbehov berörs

Utöver tekniska lösningar och åtgärder i byggnaden finns det andra möjligheter för att spara energi. I bostäder kan man ta in energieffektiva kylar, frysar, diskmaskiner och tvättmaskiner. Både i bostäder och på arbetsplatser kan man ändra beteenden, som att bli bättre på att släcka lampor när man går ut ur rum, stänga TV apparater och datorer när de inte används. Hemma kan man begränsa duschningstider, se till att varmvattenkranar inte får rinna i onödan, vädra ordentligt under kort tid i stället för att under lång tid ha fönstret något öppet etc.

Sådant finns dock inte medtaget i denna skrift, som är inriktad på tekniska lösningar och tekniska åtgärder i byggnader

I bland kan man kanske diskutera vissa klimatkrav och tumma på dessa, men då har man lämnat begreppet energieffektivitet.

Energieffektiviserande åtgärder



Med utgångspunkt i resonemanget om värmebalans kan man dela in energisparande tekniska lösningar och åtgärder i följande huvudområden efter vad som påverkas:

Byggnadens klimatskal och inre byggnadskonstruktion inverkar:

- på värmeförluster genom transmission
- på värmeförluster genom luftläckage
- på solinstrålning och därmed indirekt på
- intern värmeutveckling och *värmeöverskott*
- på lagring av värme och utjämning av *värmeunderskott* och *värmeöverskott*

Belysning och elbrukande utrustning inverkar:

- direkt på elbehov
- på *värmeunderskott*
- på *värmeöverskott*

Systemen för byggnadens försörjning med värme och kyla påverkar:

- om det krävs bränslen
- vilka bränslen som krävs
- om det krävs el för värmealstring
 - direktel
 - elpanna
 - värmepump
- om det krävs el för alstring av kyla

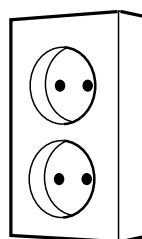
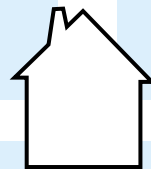
Hur mycket bränsle, eller vid anslutning till fjärrvärme, värme som behövs, *bestäms av värmeunderskotten*.

Hur mycket el som behövs för värmealstring, om denna baseras på el, *bestäms av värmeunderskotten*.

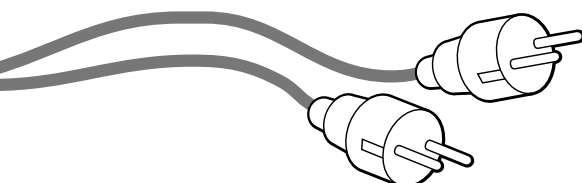
Hur mycket el som krävs för alstring av kyla, om det sker med eldrivna kylmaskiner *bestäms av värmeöverskotten*.

Systemen för byggnadens klimathållning inverkar:

- på värmesystemets värmebehov för täckande av *värmeunderskott* – *ökar med ökande värmeunderskott*
- på värmesystemets elbehov för drift
- på ventilationssystemens behov av värme och elenergi för drift och ev kyla
I det fall att ventilationen har i lokaler till huvuduppgift att föra bort *värmeöverskott ökar både dess värmebehov och elbehov med ökande värmeöverskott*
- på elbehovet för drift av och kyla för system för värmebortförel i lokaler
I det fall att det finns ett separat system för detta (kylbafflar, fläktkylare etc) *ökar elbehovet med ökande värmeöverskott*



Avslutningsvis ges i det följande några exempel på åtgärder för minskning av energibehov i bostäder och i lokaler. Syftet med dessa exempel är i första hand att något belysa angreppssätt mellan bostäder och lokaler. Det är således ett begränsat urval, som skulle kunna utvidgas avsevärt.



Bostadshus

I bostadshus gäller det att minska värmeförluster så långt möjligt utan att inomhusmiljön försämrats och att ha ett så energieffektivt värmeförsörjningssystem som möjligt. Värmeförlusterna minskas genom att minska transmissionsförluster och förluster genom luftläckage.

Transmissionsförluster

När det gäller transmissionsförluster är det främst fönstrens isolerande egenskaper och vindsisolering som är viktiga. Transmissionsförlusten genom själva väggarna är normalt liten och energivinsten med förstärkningar här så liten att man inte vinner nämnvärt i energieffektivitet genom att isolera väggar mer än vad som redan sker.

Tätheten

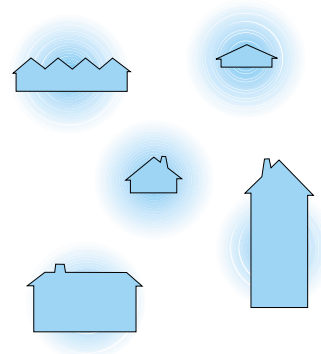
Tätheten mot luftläckage är viktig över hela byggnadens klimatskal. Givetvis får en förhöjd täthet inte leda till att luftkvaliteten riskeras. Här finns bittra erfarenheter från 70- och 80-talet där byggnadstekniken snabbt utvecklades till ökad lufttäthet hos klimatskalet utan att man tänkte på att luftläckaget var en del av den ventilation som krävdes för att säkerställa en acceptabel luftkvalitet inomhus. Det här, som i främsta hand ledde till problem i under denna period byggda enfamiljshus, är ett varnande exempel på konsekvensen av att inte se på helheten.

Fuktskador

När det gäller byggnadstekniska lösningar och åtgärder är det viktigt att välja lösningar som inte innebär risker för emissioner av förorenande ämnen eller, vilket i dag kanske är det viktigaste, att det inte byggs in risker för framtida fuktskador och därmed mögelangrepp.

Emissioner

När det gäller emissioner från byggmaterial rekommenderas den tidigare nämnda danska boken [6]. När det gäller fukt och mögel i byggnadskonstruktionen finns en tankvärd praktiskt inriktad bok [13], som ger en bra sammanfattning av hur man inte bör utforma byggnadsdelar.



Värmeförsörjning

Värmeförsörjningen är viktig både för energieffektivitet och yttre miljö. I Sverige är flerbostadshusen i stor utsträckning anslutna till fjärrvärme eller liknande centraliserade system. Rätt många grupper av småhus i stadsnära områden är också anslutna till fjärrvärme och det pågår en hel del anslutning av befintliga småhus i periferin av fjärrvärmenäten. Det kanske viktigaste att sträva efter i fjärrvärmeanlutna hus är att ha lägsta möjliga vattentemperaturer. Här gäller att utforma husets värmesystem och abonnentcentralen som ansluter till fjärrvärmenätet så att värmebehoven klaras med möjligast låga vattentemperatur. Det här är en fråga om dimensionering, injustering och reglering.

I främst småhus kan det finnas möjlighet att i nya hus välja och i befintliga hus att byta försörjningssystem. Byte av en befintlig oljepanna mot värmepump, exempelvis en värmepump med berg eller mark som värmekälla, är något som sker i rätt stor utsträckning.

Detta innebär att man går från värmealstring från ett fossilt bränsle till värmealstring med hjälp av elektrisk energi. Denna sker dock med en värmefaktor 2,5-3,0 vilket innebär att man för en kWh_{el} erhåller 2,5 - 3 $kWh_{värme}$.

Det här överstiger markant det i avsnitt Värmeenergi och elenergi nämnda $\kappa \approx 1,5$ och innebär därmed en klar ökning av energieffektiviteten, förutsatt att anläggningskostnaden är rimlig i förhållande till energivinsten. Det kan emellertid finnas skäl att värdera elenergin högre än vad $\kappa \approx 1,5$ antyder, exempelvis om man knyter tillkommande elenergi till importerad fossilbaserad kondenskraft. Då kan det vara rimligt att välja ett κ -värde upp mot 2,5. Då är det inte längre givet att övergången till värmepump innebär en ökning av energieffektiviteten. I nyare välisolerade hus med litet uppvärmningsbehov, kan det också vara svårt att balansera anläggningskostnad och energivinst.

I hus med enbart frånluftssystem kan installation av en liten värmepump, som med en ännu något högre värmefaktor tar värme ur frånluften för främst varmvattenberedning, också innebära en ökning av energieffektiviteten. Behovet av tappvarmvatten är i stort oberoende av om huset är nytt eller gammalt, så här kan anläggningskostnad och energivinst balanseras oberoende av om huset är nytt eller gammalt.

Lokaler

I lokaler är det oftast systemen för bortförel av värmeöverskott och i byggnaden alstrade luftburna föroreningar som erbjuder de största möjligheterna för minskning av energi-behovet. Värmeförlusterna genom byggnadens klimatskal har i många fall relativt liten inverkan på det totala energi-behovet. I många lokalbyggnader har man under arbetstid värmeöverskott i rum med verksamhet under arbetstid huvuddelen av året. Då det råder värmeöverskott minskar värmeförlusten värmeöverskottet och därmed belastningen på de tekniska system, ventilationssystemet eller/och kylbaffel eller fläktkylarsystemet, som skall föra bort värmeöverskottet.

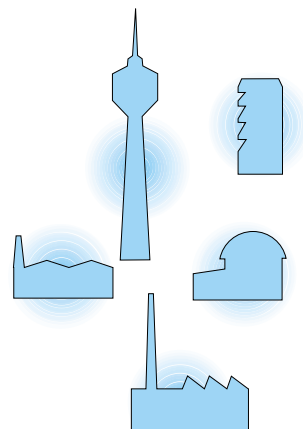
Utom arbetstid, då den interna värmeutvecklingen är liten, ger värmeförlusten ett värmeunderskott som kan kräva tillförel av värme. I lokaler med liten intern verksamhet, som exempelvis lagerlokaler, är en god isoleringsnivå viktig. Den energitekniska betydelsen av klimatskalets isolerande förmåga blir mindre ju större andel av året lokalerna används.

För de system som skall föra bort värmeöverskott är förhållandet det motsatta. Ju längre lokalernas utnyttjnings-tid är desto större är deras inverkan på energibehovet och desto större är möjligheterna att spara energi där och i sådant som påverkar deras belastning.

Det är därför viktigt att alltid göra klart hur de lokaler man studerar används eller kommer att användas. Nedan ges några exempel på användningen av olika slags lokaler.

Lokaltyp	Användning
Undervisning	Under terminstid ca 2.000 tim år, ofta oanvänt helger, sommar, jul o nyår
Kontor	Under arbetstid ca 2.500 tim år
Laboratorier	I drift året om, 8.760 tim/år, men minskad aktivitet utom arbetstid
Sjukhus	Delar i full drift året om, 8.760 tim/år. I delar minskad aktivitet nattetid.

Även i gamla sjukhusbyggnader har man ofta värmeöver-skott i de olika rummen i stort hela året. Här har således besparingsåtgärden inriktade på klimatskalet ringa, om någon, effekt.



Solavskärmning

Ett undantag är dock solavskärmning. En effektiv sol-avskärmning innebär att värmeöverskottet sommartid och därmed den erforderliga kapaciteten hos de klimatstyrande systemen kan minskas påtagligt. En effektiv sol-avskärmning minskar därmed anläggningskostnader, värmebehov och elbehov.

Belysningsystem

Belysningsystemet är likaledes mycket viktigt. En installation av effektiva belysningsystem med litet elbehov innebär dels en direkt besparing av den elenergi som krävs för belysningsystemet, dels en minskning av värmeöver-skotten och därmed av de klimatstyrande systemens el och värmebehov. Effektiva belysningsystem behandlas i exempelvis [13].

Luftbehandling

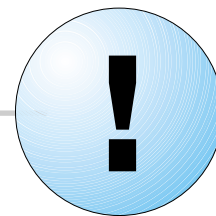
Trots att i stort all luftbehandling inom lokalsektorn inkluderar värmeåtervinning mellan frånluft och tilluft, svarar luftbehandlingen för huvuddelen av värmebehovet i många lokaler. I äldre anläggningar kan dimensionering vara för knapp från början. Det kan finnas tekniska brister i återvinningssystemet eller ändrade driftsätt eller driftinställningar som kan innebära att återvinningen är utvecklingsbar. I nya anläggningar kan effektivare lösningar än de i dag vanliga vara välmotiverade.

Kylsystem

Kylsystemen är ett område där det speciellt i samband med systemval i nya byggnader finns potentiella möjligheter till effektivisering av energianvändningen. Hithörande frågor berörs i bland annat EFFEKTIV-rapporterna 2001:01, 2001:02 och 2001:06 [9, 10, 11].

I lokaler som laboratorier, sjukhus, undervisningslokaler och samlingslokaler där man för att klara skyddsfunktioner och acceptabel luftkvalitet måste ha stora lufflöden, kan indirekt evaporativ kylning i stället för maskinell kylning vara en bra lösning.

Referenser



1.

Abel, E.
Byggnaden som klimatsystem,

Kompendium VIN 086:1 2000, Inst. för installationsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, 2000.
hvac@vsect.chalmers.se
Institutionen för installationsteknik, Chalmers. 41296 Göteborg.
Tel: 031 772 11 45
Fax: 031 772 11 52

2.

Boverkets Byggregler,
BBR, BFS 1998:38.

www.boverket.se
Boverkets publikationsservice
Fax 0455 81927

3.

Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken - ventilation.

Socialstyrelsens författningssamling SOSFS 1999:25
www.sos.se
Socialstyrelsens kundtjänst
Fax 08 779 96 67,
socialstyrelsen@strd.se

4.

Ekberg, L.E. och Strindehag, O., "VVS2000 - Tabeller och diagram, Inomhusklimat & Inomhusmiljö",

Förlags AB VVS, 2000.
www.siki.se
Box 5501, 11485 Stockholm
Tel: 08 783 80

5.

**Nilsson, P-E. (ed),
Energiledning - att hantera energirelaterade frågor i företag och organisationer,**

ER11:2000, Statens Energi-myndighet, Eskilstuna, 2000.
Skriften finns tillgänglig på
www.stem.se

6.

**Indeklimathåndboken
(På danska)**

**Statens Byggeforskningsinstitut
SBI-anvisning 19. 2. udg. 2000**

www.by-og-byg.dk
By og Byg
Postboks 119, 2970 Hørsholm,
Danmark
E-post: info@by-og-byg.dk

7.

**Nilsson, P-E,
God Inomhusmiljö**

EFFEKTIV, Rapport 2000:02,
Centrum för Effektiv Energi-användning, 2000.
Skriften finns tillgänglig på
www.effektiv.org.

8.

**Bergsten, B.
Energiberäkningsprogram för byggnader - en jämförelse utifrån funktion och användaraspekter**

EFFEKTIV, Rapport 2001:03,
Centrum för Effektiv Energi-användning, 2001.
Skriften finns tillgänglig på
www.effektiv.org.

9.

**Nilsson, P-E.
Komfortkyla**

EFFEKTIV Rapport 2001:01,
Centrum för Effektiv Energi-användning.
Skriften finns tillgänglig på
www.effektiv.org.

10.

**Nilsson, P-E,
Köldmedier**

EFFEKTIV Rapport 2001:02,
Centrum för Effektiv Energi-användning, 2001
Skriften finns tillgänglig på
www.effektiv.org.

11.

**Bergsten, B., Aronsson, S.
Energieffektivisering i komfortkylsystem**

EFFEKTIV Rapport 2001:06,
Centrum för Effektiv Energi-användning, 2002
Skriften finns tillgänglig på
www.effektiv.org.

12.

**"Klassindelade
Inneklimatsystem, Riktlinjer och specifikationer, R1",**

Förlags AB VVS, Stockholm, 2000.
Box 5501, 11485 Stockholm
Tel: 08 783 80
www.siki.se

13.

Samuelson, I.: Mögel i hus - Orsaker och åtgärder.

Statens provningsanstalt.
Teknisk rapport 1985:16
SP Sveriges provnings och forskningsinstitut SP
Box 857, 501 15 Borås
Tel 033 16 50 00

14.

**Starby, L.,
Belysningshandboken:**

Underlag för planering av belysningsanläggningar, Ljuskultur, 1992.

15.

Samuelson, I.: Kriterier för sunda byggnader och material.

ISBN 91-7147-498-6,
D.nr. B6087-1686/96,
Boverket publikationsservice Box 534, 371 23 Karlskrona.

Denna rapport är framtagen i forskningsprogrammet EFFEKTIV som bedrivs inom Centrum för Effektiv Energianvändning (CEE).

CEE består av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, CIT Energy Management och Institutionen för Installationsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola.

Layout och produktion: illustration & information, Borås

EFFEKTIV

c/o SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås. Telefon 033 - 16 50 00. Fax 033 - 13 55 02. Internet www.effektiv.org

RAPPORT EFFEKTIV 2002:01

ISBN 91-7848-897-4

ISSN 1650-1489