

Fera8

## **ENERGIEFFEKTIV ELVÄRME**

### **Erfarenheter av olika tekniska lösningar i småhus**

#### **Ingress**

Denna uppsats syftar till att ge villaägaren kunskaper om småhuset som energisystem jämte uppgifter om normal energianvändning och hur denna påverkas av olika faktorer. Vanliga tekniska lösningar behandlas jämte ett antal goda lösningar för såväl äldre hus som nya. Äldre hus med direktverkande elradiatorer eller vattenradiatorer samt oljepanna behandlas. Fördelar och risker med ett antal vanliga energisparåtgärder belyses. Olika tekniska lösningar värderas från inomhusmiljö, effekt-, energi och kostnadssynpunkt.

### **ERFARENHETER SEDAN OLJEKRISEN 1974**

#### **Enkla beprövade lösningar att rekommendera**

I Sverige finns i det närmaste ca en miljon småhus med elvärme i någon form. Av dessa har ca ½ miljon direktel. De flesta nya småhus som byggs idag har elvärme i någon form, som direktel eller med vatten alternativt luft som värmemedier. Svenska småhus har av tradition radiatorer som värmedistributionssystem. Elvärme har genom sin höga effektivitet för villaägaren hittills varit ett mycket ekonomiskt och funktionssäkert alternativ med låga bygg-, drift- och underhållskostnader.

Mycket av dagens debatt kring ombyggnad av befintliga hus och utformning av nya småhus respektive gäller valet av värme- och ventilationssystem. Småhus byggs på många olika sätt med stora variationer i inomhusmiljö, effekt, energi och kostnader. Synpunkter från byggare och boende samt möjligheterna att sköta hus, värme- och ventilationssystem är av särskild betydelse för att i praktiken uppnå god inomhusmiljö och effektiv energianvändning. Några av sätten att bygga måste vara bättre än andra. Mångfalden lösningar gör det svårt för villaägaren att välja rätt. Inte ens experterna är ju eniga om olika lösningar.

#### **Goda lösningar kan spara 30 % energi utan inomhusmiljöproblem**

Energisparandet beskylls ofta för att ge upphov till olika problem. Rätt energisparande medför dock inte inomhusmiljöproblem. Det finns goda tekniska lösningar, som sparar 30 % energi och ger god inomhusmiljö, utan att byggkostnaden ökar. Därför är det angeläget att värdera och rangordna olika tekniska lösningar från inomhusmiljö-, effekt-, energi- och kostnadssynpunkt samt att på olika sätt underlätta för de goda lösningarna.

Efter oljekrisen 1974 har ett stort antal undersökningar genomförts, varvid olika energisparåtgärder och lösningar uttestats med kraftigt varierande resultat. Erfarenheterna visar dock entydigt att det är enkla, beprövade och lättskötta lösningar som i praktiken har störst tillförlitlighet och besparingspotential. En sådan lösning är radiatorer och enkel ventilation (frånluft).

Luftvärme med återluft i sovrum och rum för vila är förbjudet enligt Boverkets Byggregler 1994 på grund av hälsorisker och hög energianvändning. Kraven har dessvärre luckrats upp i Boverkets Byggregler 1999. Golvvärme med vanliga lösningar för platta på mark i nyproduktion måste förbättras för att bli energieffektiv och komfortabel. Vanliga lösningar med golvvärme och 100 mm isolering under betongplattan uppvisar cirka 30 % högre total

energianvändning, summa för värmesystem, varmvatten och hushållsel jämfört med motsvarande hus med radiatorer.

### **Tätningåtgärder och tilläggsisolering minskar ventilationen**

Efter oljekrisen 1974 inleddes med omfattande åtgärder för att täta och isolera hus. Dessa åtgärder visade sig snart försämra ventilationen och ge lukt-, fukt- och mögelproblem. Motåtgärder vidtogs för att öka ventilationen, som "säkerställdes" genom installation av fläktstyrd frånlufts- eller frånlufts-/tilluftssystem. Därigenom ökade intresset för värmeåtervinning med ventilationsvärmväxlare, som teoretiskt sett kunde motiveras lönsamhetsmässigt.

En stor andel av hus byggda 1980 - 1995 har luftvärme med återluft och värmeåtervinning. Förväntad energibesparing har emellertid ofta helt eller delvis uteblivit på grund av stora värmeförluster från kanaler och växlare, reglerförluster och dålig styrning av värmeförlusterna med en centralt placerad termostat. Dessutom har komplicerade ventilationssystem många gånger lett till hälsoproblem för de boende.

### **Problem med platta på mark**

Ett ökat byggande av källarlösa hus med platta på mark påbörjades redan under 1950-talet, till att börja med nästan obefintlig isolering av plattan. Detta ledde till betydande värmeförluster genom golvet och klagomål på kalla golv. Kring mitten på 1970-talet förbättrades golvkonstruktionen från värmeisolerings- och komfortsynpunkt, ofta med träreglar och mineralullsisolering på betongplattan. Dylåka konstruktioner visade sig dock efter några år ge upphov till avsevärda lukt-, fukt-, mögel- och rötproblem. Dessa erfarenheter av platta på mark ledde i sin tur av fukttkniska skäl till införandet av konstruktioner med underliggande isolering av mineralull eller cellplast. Golvmaterial, t ex plastmattor, ligger ofta direkt på betongplattan, något som de boende ofta klagar på. Golvet känns därför hårt och kallt att gå på. Orsaker till klagomål på kalla golv är i första hand inte låga yttemperaturer utan hög värmeavledning från foten till golvet.

Fukt- och mögelproblem i golvet, klagomål på hårda och "kalla" golv samt ökad användning av klinkerplattor som golvmaterial har lett till att många hus byggs med golvvärme. Genom att lägga viss del av isoleringen på betongplattans översida kan förhållandena förbättras. Installation av golvvärme kan reducera/eliminera klagomålen på kalla golv. Därefter kvarstår klagomålen på hårda golv för platta på mark.

### **Golvvärme ökar kostnaderna**

Den hittills vanligaste golvvärmelösningen, i nya småhus vid platta på mark, består av ingjutna värmerör och 100 mm isolering under plattan. Denna lösning medför ca 30 % högre total energianvändning för värmesystem, varmvatten och hushållsel jämfört med om huset har radiatorer. Bland orsakerna till den ökade energianvändningen är hög golvtemperatur, för lite isolering under plattan och långa kanterna, stor värmetröghet och dålig reglering av värmeförlusterna. Ofta saknas rumsvis reglering.

Energieffektiv och komfortabel golvvärme med i stort sett samma energianvändning som med radiatorer kan uppnås med åtgärder som ökad isolering och minskad värmetröghet av plattan samt noggrannare styrning av värmeförlusterna med utetemperaturstyrd framledningstemperatur och rumstermostarer. Byggtkniskt kan detta åstadkommas med flerskiktsskonstruktioner t ex 250 mm isolering under plattan, 50 mm ovanpå och överst rören på värmefördelande plåtar. Byggekostnaden för denna lösning ökar med ca 500 kr/m<sup>2</sup>. Främst

är det de värmefördelande plåtarna, som är orsaken till den stora ökningen av byggkostnaden. För golvvärme står således valet mellan högre driftkostnad och/eller högre byggkostnad.

### **Kombinationer golvvärme och radiatorsystem är intressant**

Från årskostnads- och komfortsynpunkt är följande kombinationer av golvvärme och radiatorsystem intressanta:

- Platta på mark och golvvärme i bottenvåningen samt elradiatorer i övervåningen. Speciell uppmärksamhet måste därvid ägnas åt att golvvärmen görs energieffektiv och komfortabel dvs i första hand med god värmeisolering, liten värmetröghet och noggrann rumsviss styrning av värmefördelningen.
- Radiatorer i samtliga utrymmen som basvärme i drift under uppvärmningssäsongen. Våtutrymmen, exempelvis badrum och hallar med golvmaterial som "känns kalla" till exempel klinkerplattor kompletteras med tidstyrd elektrisk golvvärme som komfortvärme. Golvvärmen kan då vara i drift även under sommaren respektive periodvis för att driva ut fukt. Energianvändningen bedöms öka marginellt med denna lösning.
- Golvvärme som basvärme och elradiatorer som "spetsvärme" för ökat gratisvärmeutnyttjande och högre komfort genom mindre innetemperatursvängningar.

### **Luftvärme med återluft förbjöds 1994**

System med kanaliserad tilluft och återluft medför ofta hög energianvändning och hälsoproblem för de boende på grund av förorenad tilluft och uppvärmning av denna med elspiral, som har hög yttemperatur. Stora luftrörelser och onoggrann reglering av tillufttemperaturen med en centralt placerad termostat gör det svårare att ta tillvara gratisvärme från sol, belysning, personer etc. Förbudet mot luftvärme med återluft i sovrum och rum för vila enligt Boverkets Byggregler 1994 har dessvärre luckrats upp i Boverkets Byggregler 1999.

## **KRITERIER FÖR VAL AV TEKNISKA LÖSNINGAR**

### **Utgångspunkter**

Energisparåtgärder och teknisk lösning väljs utgående från:

- inomhusmiljöegenskaper
- energianvändning
- effektuttag
- årskostnad, dvs summan av bygg-, drift- och underhållskostnader

I första hand måste valet av lösning ske utifrån människans behov och upplevelse av inomhusmiljön, närmast det termiska inneklimatet. Ofta väljs lösningar som medför låga byggkostnader utan vederbörlig hänsyn till drift- och underhållskostnader. Erfarenheter visar att det är enkla, beprövade och lättskötta lösningar som i realiteten har störst energisparpotential och som med högst tillförlitlighet ger utlovad energibesparing. En sådan lösning för värme och ventilation är radiatorer och mekanisk frånluftsventilation.

### **Termiska komfortkrav**

De termiska komfortkrav som skall vara uppfyllda i vistelsezonen är enligt Boverkets Byggregler 1999:

- Lufthastigheten får inte överstiga 0,15 m/s.
- Inneluftstemperaturgradienten får vara högst 1,5 °C mellan 0,1 och 1,1 m över golv.
- Yttemperaturen på golvet får vara högst 27 °C och lägst 16 °C, i hygienrum lägst 18 °C och i lokaler avsedda för barn lägst 20 °C .

- Den operativa temperaturen (medelvärde av luft- och strålningstemperatur) under uppvärmningssäsongen skall ligga inom intervallet  $20 \pm 2$  °C .
- Den ekvivalenta temperaturen (inverkan av operativ temperatur och lufthastighet) skall vara 22 °C med variationer inom intervallet 20 - 24 °C.
- Den beräknade riktade operativa temperaturen får vara lägst 18 °C i bostads- och arbetsrum samt 20 °C i hygienrum och vårdlokaler, i rum för barn i daghem, förskolor och för äldre i servicehus o d.
- Skillnaden i beräknad riktad operativ temperatur mellan olika punkter i rummets vistelsezon får vara högst 5 °C.

Bl a följande förutsättningar måste vara uppfyllda, för man skall kunna uppnå ett energieffektivt hus med god innemiljö:

- Torrt och rent byggande, gärna inomhus
- Noggrant arbetsutförande för isolering och tätningar
- Injustering av värme- och ventilationssystem
- Rena och så korta tilluftskanaler som möjligt

Ett välbyggt hus ger utöver energibesparing också högre komfort inne, vilket i sin tur kan leda till ytterligare besparingar genom sänkt innetemperatur. Kvaliteten på arbetsutförande bestäms av konstruktionsutförande och produktionsförhållanden inklusive kvalitetssäkringssystem.

## **ENERGIANVÄNDNING OCH VARIATIONER**

### **Stora variationer mellan olika hus**

Energianvändningen varierar kraftigt mellan såväl nominellt lika som olika hus. Detta beror främst på:

- Skillnader i boendevanor, som kan medföra variationer på mer än 10 000 kWh/år mellan identiska hus.
- Kvalitetsvariationer i arbetsutförande, som kan medföra skillnader på cirka 5 000 kWh/år mellan identiska hus.
- Valet av tekniska lösning. Nedan diskuteras olika vanliga tekniska lösningar och energisparåtgärder.

### **Rätt teknisk lösning kan spara 30 % energi**

Tekniskt sett beror energianvändningen på när huset har byggts samt på valda konstruktioner och installationer. Som framgår i det följande kan rätt teknisk lösning leda till ca 30 % lägre energianvändning och god innemiljö utan att byggkostnaderna ökar. Här görs endast en grov uppdelning i äldre småhus, byggda före 1970 och nya småhus byggda efter ca 1980. Exempel ges på vanliga lösningar och goda lösningar. Uppgifterna avser total energianvändning fördelat på energi till värmesystem, varmvatten och hushållsel.

## **ÄLDRE SMÅHUS**

### **Energiuppgifter**

Småhus med elvärme byggda före oljekrisen 1974 har i medeltal den totala energianvändningen 25 000 kWh/år eller cirka 160 - 180 kWh/m<sup>2</sup> år för värmesystem, varmvatten och hushållsel. Energianvändningen antas i dylika hus vara fördelad på 15 000 kWh/år till värmesystemet, 5 000 kWh/år till varmvatten och 5 000 kWh/år till hushållsel.

Energianvändningen för värmesystem och varmvatten motsvarar vid oljeuppvärmning 4 m<sup>3</sup> olja/år vid 50 % verkningsgrad och 3 m<sup>3</sup> olja/år vid 67 % verkningsgrad.

Den energisnålaste grupp av äldre småhus som studerats i Boverksundersökningen, Harrysson (1994), har i medeltal den totala energianvändningen 18 000 kWh/år eller ca 120 kWh/m<sup>2</sup> år. Husgruppen karakteriseras av noggrant arbetsutförande, torrt byggande inomhus enligt volymelementmetoden, tvåglasfönster, självdragsventilation och direktverkande elradiatorer. Den avsiktliga ventilationen är låg, cirka 25 % av gällande normkrav.

### Några energisparåtgärder

Nedanstående värdering av olika energisparåtgärder och tekniska lösningar avser ett vanligt äldre småhus med total energianvändning 25 000 kWh/år enligt ovan samt med direktverkande elradiatorer eller vattenradiatorer som värmedistributionssystem. Åtgärder för att spara energi indelas lämpligen i tre kategorier:

1. Elleverantör m m
2. Boendevanor
3. Tekniska åtgärder
  - närliggande
  - långtgående

Det är i allmänhet mest lönsamt och enklast att genomföra åtgärderna enligt kategorierna 1, 2 och 3 i nämnd ordning. Bland tekniska åtgärder för att skapa god inomhusmiljö och låg energianvändning till låga kostnader är enkla, beprövade, lättskötta bygg- och installations tekniska åtgärder de mest lönsamma och tillförlitliga.

#### Elleverantör m m

Rätt val av elleverantör, säkringsstorlek och eltariff kan betyda upp till 5 öre/kWh eller tusentals kronor per år. Skillnaden mellan 16A och 20A huvudsäkring kan betyda ca 1 000 kr/år. Förändrade boendevanor kan normalt medföra energibesparingar av storleksordningen 10 000 kWh/år. Störst kostnads- och energisparpotential har åtgärder som minskad vattenanvändning, sänkt innetemperatur, energi- och vattensnåla dusch- och badvanor samt disk- och tvättvanor.

#### Boendevanor

Skillnader i boendevanor kan ge variationer i energianvändning med 1:2 till 1:3 mellan lägsta och högsta värden inom ett grupphusområde. De stora skillnaderna i energianvändning på grund av variationer i boendevanor förklaras framförallt av:

- **Vattenanvändning.** Variationer i vattenanvändning på 1:5 (80 - 400 m<sup>3</sup>/år) förekommer normalt särskilt beroende på dusch- och badvanor, men också av disk- och tvättvanor. Såväl kall- som varmvatten använder energi på sin väg genom huset. Energianvändningen uppgår normalt till 22 - 28 kWh/m<sup>3</sup> kallvatten beroende på rörens och varmvattenberedarens placering och isolering, beredartyp m m. I det närmaste 100 % av energin för varmvatten blir spillvärme, dvs bidrar inte till uppvärmning av byggnaden. I ett normalt småhus är vattenanvändningen normalt ca 160 m<sup>3</sup>/år eller ca 60 m<sup>3</sup>/person och år.
- **Innetemperatur.** Genom att sänka innetemperaturen sparar man ca 5 % per °C temperatursänkning. Om värmen är jämn i huset kan man hålla en lägre innetemperatur.
- **Hushållsel.** Normalt varierar hushållselen mellan 3 000 och 7 000 kWh/år. Större delen av hushållselen (80 - 100 %) blir gratisvärme, dvs bidrar till uppvärmning av byggnaden.

Hushållsel, som inte blir gratisvärme, är det som först måste minskas, t ex el för utebelysning, infravärmare på uteplatser och i glasrum samt för kupé- och motorvärmare. Att värma upp bilen tar 1 - 2 timmar, lite beroende på hur kallt det är. Vid sträng kyla behövs 2 - 3 timmar för motorvärmare och vid 0 °C räcker det med en timme. En bra investering är tidur för såväl kupé- som motorvärmare.

- **Uppvärmning av sidobyggnader.** Dessa har ofta väsentligt sämre energitekniska egenskaper än bostadshusen. Med 100 mm mineralull i tak, väggar och golv har en 10 m<sup>2</sup> stor sidobyggnad energianvändningen ca 1 000 kWh/år vid innetemperaturen 10 °C och ca 3 000 kWh/år vid 20 °C. För en 40 m<sup>2</sup> stor sidobyggnad med samma isolering är energianvändningen ca 3 000 kWh/år vid innetemperaturen 10 °C.

## **Tekniska åtgärder**

### Effektivisering av elvärmen i stället för konvertering och fjärrvärme

De kommunala energiverken har stora kostnader för att bygga ut fjärrvärmen till villaområden. Även förlusterna är stora. Fjärrvärmeverkens energiverkningsgrad uppgår normalt till 80 á 85 %. Ju glesare och energisnålare bebyggelsen är desto lägre blir den totala verkningsgraden inkluderande kulvertförlusterna. Kulvertar i villaområden med normala tomtstorlekar har kontinuerliga värmeförluster normalt med ca 20 % på årsbasis. Elnätet däremot har endast förluster vid energiuttag och då med 5 - 10 %. Ca 90 % av Sveriges elbehov produceras i vatten- eller kärnkraftverk.

Erfarenheter visar att fjärrvärmelösningar ekonomiskt sett bygger på att både kommunen och villaägaren får energibidrag som betalas av samtliga skattebetalare i landet.

Installationskostnaden för kulvert och växlare är normalt 50 000 - 60 000 kr. Om huset har direktel tillkommer kostnaden för ett vattenradiatorsystem, 60 000 - 80 000 kr. Den totala energikostnaden (rörlig och fast del) för fjärrvärme ligger ofta mellan 40 och 60 öre/kWh. Ju mindre energianvändningen är desto högre blir den totala kostnaden med nuvarande taxekonstruktioner.

Byte av energislag från el till fjärrvärme samt av värmedistributionsystem från exempelvis direktverkande elradiatorer till vattenradiatorer är relativt dyrbara åtgärder som kräver ekonomiskt stöd från samhället för att ha tillräcklig lönsamhet. En bättre strategi är därför i allmänhet att behålla elvärmen och genom olika åtgärder effektivisera den. Detta kan, som framgår nedan, ske till relativt låga kostnader och med hög lönsamhet.

### Byte av termostater och elradiatorer

Tekniska åtgärder för noggrannare reglering av innetemperaturen med hjälp av lämplig styrutrustning samt modernisering/byte av radiatorer och termostater kan leda till flera tiotal procent lägre energianvändning. Rumsvis reglering av innetemperaturen har därvid högst gratisvärmeutnyttjande och komfort samt högst energisparpotential. Nya elektroniska termostater kostar ca 500 kr/st och nya elradiatorer med elektronisk termostat kostar 1 000 - 1 500 kr/st.

### Tilläggsisolering av vindsbjälklag

Bland byggnadstekniska åtgärder har tilläggsisolering av vindsbjälklaget i allmänhet hög lönsamhet. Vid 100 m<sup>2</sup> takyta och 100 mm ursprunglig mineralullstjocklek blir energibesparingen 3 200 kWh/år om tilläggsisolering görs med 300 mm mineralull. Kostnaden för åtgärden är av storleksordningen 10 000 kr.

Det är viktigt att isoleringen blir noggrant utförd. Med tilläggsisolering blir det kallare och fuktigare i vindsutrymmet. Därför måste särskilt ev läckage av varm och fuktig luft inifrån begränsas. Vidare måste det vid takfot finnas en fungerande luftspalt på minst 35 mm mellan yttertak och isolering samt ventiler i gavlar näranock.

#### Tilläggsisolering av väggar och golv. Fönsterbyte

Tilläggsisolering av väggar och golv görs vanligtvis i samband med renovering av huset. Först vid byte av fasadpanel eller klagomål på hårda och kalla golv vid platta på mark kan tilläggsisolering försvaras ekonomiskt respektive från komfortsynpunkt. Tilläggsisolering av väggar och golv, liksom byte till energieffektiva fönster, är från ekonomisk synpunkt endast försvarbart vid renovering och större ombyggnader.

#### Tätthet - ventilation

Tätningar av hus, till exempel med EPDM-gummilister mellan båge-karm respektive karmvägg m m, kan minska energianvändningen med ett par tusen kWh per år. Åtgärden ger högre termisk komfort (mindre drag), men kan speciellt i självdragsventilerade hus, leda till för låg ventilation. Tecken på detta kan vara kondens på fönstrens insida, dålig lukt, hög fuktighet etc. För låg ventilation kan medföra fukt- och mögelskador på såväl byggnaden som på inredning, möbler etc. Den ökade tätheten kan således leda till behov av högre ventilation genom kanalsystemet. Enklast uppnås detta i självdragsventilerade småhus genom installation av små kanalfläktar i våtutrymmen samt uteluftsdon över fönster i sovrum och vardagsrum. Det ursprungliga okontrollerbara självdragsventilationssystemet har därmed byggts om till ett enkelt och styrt frånluftssystem (fläktförstärkt självdrag) med mindre klimatpåverkan.

#### Bergvärmepump

Lösningar med bergvärmepump blir ofta lönsammare än övergång till fjärrvärme. Installationskostnaden för bergvärmepump är ca 120 000 kr och energibesparingen 12 000 - 15 000 kWh/år, vilket skall jämföras med installationskostnaden vid fjärrvärme, 50 000 - 60 000 kr för växlare och anslutning samt ett något lägre energipris än för el.

#### Frånluftsvärmepump

Beroende på planlösning, typ av ventilationssystem och kanalernas förläggning kan lösningar med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten vara intressanta. Elradiatorerna behålls och kompletteras med ett par vattenradiatorer, som ansluts till frånluftsvärmepumpen. Kostnaden uppgår till 60 000 - 70 000 kr och energibesparingen är 5 000 - 7 000 kWh/år.

#### Pannbyte

Byte av oljepanna inklusive brännare till olja/el-panna respektive trippelpanna kostar 50 000 kr respektive 60 000 kr och sparar ½ - 1 m<sup>3</sup> olja/år.

### **NYA SMÅHUS**

#### **Energiuppgifter**

Hus byggda sedan mitten på 1980-talet har normalt i medeltal den totala energianvändningen 13 000 - 15 000 kWh/år eller ca 130 kWh/m<sup>2</sup> år. Energianvändningen antas vara fördelad på 3 000 - 5 000 kWh/år till värmesystemet, 5 000 kWh/år till varmvatten och 5 000 kWh/år till hushållsel.

Det finns också goda lösningar, som ligger avsevärt lägre, cirka 10 000 kWh/år eller cirka 90 kWh/m<sup>2</sup> år. Energianvändningen antas då vara fördelad på 5 000 kWh/år till värmesystem och varmvatten samt 5 000 kWh/år till hushållsel. Tre husgrupper i Boverksundersökningen, Harrysson (1994), ligger på denna energinivå. Husgrupperna karakteriseras av noggrant arbetsutförande, frånluftsventilation, vattenradiatorer samt frånluftsvärmepump för värmesystem och varmvatten.

Denna energinivå sammanfaller i stort sett med de energisnålaste provhus som har byggts t ex i NUTEKs småhustävling, som har målsättningen 80 kWh/m<sup>2</sup> år. Flera av husen i denna tävling har inte nått energimålet på grund av att de har golvvärme.

Ju energisnålare byggnaden i sig är desto större relativ betydelse har gratisvärmets. Svårigheter att hålla en jämn innetemperatur ökar därmed, liksom risken för övertemperaturer. I täta och välisolerade småhus föreligger därför ett större behov av att kunna variera luft- och värmeflödet i och mellan olika rum. Slutsatsen av detta är bl a att reglerutrustningen och värmesystemet i energisnåla byggnader måste reagera snabbare och ha mindre värmetröghet. I första hand bör man därför satsa på enkel ventilation (frånluft) och ett enkelt värmesystem (radiatorer). Luftvärme och energislösande golvvärme bör undvikas.

## **Projekteringsråd**

### Utgångspunkter

Nya småhus skall utformas för att ha god innemiljö, vara energieffektiva, medföra låga årskostnader (summa bygg-, drift- och underhållskostnader) och vara ekologiskt hållbara lösningar. Erfarenheter visar att dessa målsättningar säkrast uppnås med enkla och beprövade lösningar, som är lätta att bygga, driva och underhålla. Speciellt gäller detta för valet av värme- och ventilationssystem.

### Energieffektivitet - komfort

Beroende på husets och installationernas utformning varierar förhållandena i temperatur, luftflöden m m mellan olika ställen inne. Ur komfort- och energisynpunkt bör utformningen väljas så att klimatet inne blir så jämnt som möjligt. Alla rum förses med uppvärmning så att det blir jämn värme och samma komfortkänsla i hela huset. Isoleringens tjocklek och fördelning i olika byggdelar bör bl a ske med hänsyn till respektive värmesystems särdrag. Om huset har golvvärme i stället för radiatorer bör t ex isolertjockleken omfördelas och ökas i golvet respektive minskas i taket.

De vanligaste klagomålen för hus med platta på mark är kalla och hårda golv. Egentligen är det inte låg yttemperatur på golvet utan hög värmeavledning från foten till golvet, som gör att man fryser om fötterna. Yttemperaturen på golvet är i praktiken nästan alltid högre än 16 °C i nya hus.

En byggnad är ett relativt värmetrögt system. Ju energisnålare huset i sig är desto större relativ betydelse har gratisvärmets från sol, belysning, personer etc. Energieffektiva och komfortabla värmesystem skall vara placerade så nära byggkonstruktionens insida som möjligt och snabbt kunna anpassa sig till det aktuella värmebehovet pga variationer i klimat- och värmebelastning för att möjliggöra ett högt gratisvärmeutnyttjande och minska problemen med övervärme/övetemperaturer. Energieffektiva och komfortabla värmesystem skall ha liten värmetröghet och noggrann styrning av värmeflödet, t ex utetemperaturstyrd framledningstemperatur samt rums-/radiatortermostat för begränsning av värmeflödet.

### Värmeförluster - gratisvärme

Bättre värmeisolering och större fönsterytor ökar komfortskillnaderna inom huset. Gratisvärmets kan därmed relativt sett täcka en allt större del av byggnadens värmebehov, vilket därmed i allt högre grad utgörs av ventilationsförluster och värmeförluster genom glasytor.

Komfortproblem kan uppstå t ex under stora och värmeslukande fönster eller nära väggventiler, där kall uteluft tas in i frånluftsventilerade hus respektive nära tilluftsdon i frånlufts-/tilluftsventilerade hus. Värmebehovet är extra stort på dessa ställen, varför det lokalt kan krävas förhöjd vämeavgivning inom dessa områden. Hur bra fönstren än är, känns det i första hand som om kylan tränger in genom dessa. Fönstrets ytemperatur är relativt låg vid (sträng) kyla oavsett hur bra fönstren än är. Luften inne nära glasytan kyls och faller ner på golvet s k kallras. Strålningsdrag är egentligen den värmestrålning som sker från en kropp med högre temperatur, t ex från en människa till ett fönster. Då temperaturskillnaden når ett visst värde uppstår en känsla av drag.

### Ventilation - glasytor

Ventilationssystemet skall utformas så att hög termisk och hygienisk komfort säkerställs. Framst är det utelufts- och tilluftsdonens placering och egenskaper i frånlufts- respektive frånlufts-/tilluftsventilerade hus, som måste beaktas bl a med hänsyn till god luftspridning och så att minimala dragproblem uppstår.

Ventilationen måste kunna garanteras i täta hus. Detta uppnås säkrast med mekanisk frånluftsventilation. Trenden att bygga hus med allt större fönsterytor och som går ända ner till golv har lett till ökad frekvens klagomål på komforten i hus med golvvärme jämfört med radiatorsystem, oavsett om huset har frånluftsventilation eller frånlufts-/tilluftsventilation. I förstnämnda fallet förstärks inverkan av kallras från väggventiler (uteluftsdon), vilket de boende kompenserar med höjd innetemperatur. I andra fallet klagar man ibland på kalla golv genom att huset primärt värms med ventilationsluften på grund av att tilluftstemperaturen är för hög samtidigt som värmeförlusterna till golvslingorna reglerats ner eller stängts av.

Ur komfortsynpunkt bör fönsterytor begränsas och höga fönster undvikas. Minst 300 mm hög fönsterbröstning rekommenderas och så energisnåla fönster som möjligt väljs. Uteluftsdon som väggventiler i frånluftssystem väljs med så goda luftspridningsegenskaper som möjligt. Väggventiler placeras över radiatorerna och fönstren för att fånga upp kallrasen. I golvvärmda hus med frånluftsventilation placeras väggventiler vid sidan av fönstren så att inte kallrasen från dessa förstärks. I golvvärmda hus med frånlufts-/tilluftsventilation är det viktigt att tilluftsdonen i taket inte placeras för nära fönstren, så att inte kallrasen från fönstren förstärks. Dessutom måste tilluftstemperaturen i frånlufts-/tilluftssystem begränsas till 15 á 17 °C för att man primärt inte skall värma huset med ventilationssystemet.

### Golvvärme

Traditionella konstruktioner för golvvärme vid platta på mark med underliggande isolering och värmerören i underkant av plattan måste isoleras avsevärt bättre med minst 20 cm cellplast e likv och med tillräcklig kantisolering. Vidare måste golvkonstruktionen göras mindre värmetrög genom att en del av isoleringen läggs på betongplattans översida och värmerören flyttas upp nära överytan.

Golvvärme är känslig för variationer i värmebehov. Lokalt kan därför extra åtgärder behöva vidtas för att öka värmeförlusterna pga stora luftrörelser, kallras, strålningsdrag m m beroende

på glastyp, placering och typ av väggventiler m m. I områden med extra stora värmeförluster bör radiatorer placeras eller golvvärmerören läggas tätare, dock ej tätare än att ytemperaturen på golvet överstiger 27 °C. Slingans tillopp kan med fördel placeras där värmebehovet är störst. Inverkan av strålningsdrag nära fönster kan minskas t ex med värmereflekterande glas eller golvvärmslingor i fönsterbröstningen. För att motverka kallras kan man vidta särskilda åtgärder t ex (golv)värmeslinga i bröstningen under fönstret, radiator under fönstret eller tätare mellan golvvärmerören.

Golvtemperaturen ca 23 °C är den temperatur som 95 % av människorna är nöjda med då de har strumpor eller sockar på fötterna. Detta motsvarar en värmeavgivning till rummet på 20 - 30 W/m<sup>2</sup> och leder i nya hus till innetemperaturen 20 - 21 °C . Temperaturer inom intervallet 19 - 26 °C säger sig 85 % av människorna vara nöjda med. Ett bräd- eller parkettgolv med större tjocklekar än 20 mm har betydande värmemotstånd som medför ökade förluster nedåt och att upp till 5 á 10 °C högre värmemediatemperatur erfordras.

### **SAMMANFATTANDE SLUTSATSER**

Det är vid ombyggnad i allmänhet enklast och mest lönsamt att i tur och ordning vidta energi- och kostnadsbesparande åtgärder inom områdena:

- Elleverantör m m
- Boendevanor
- Tekniska åtgärder

I tur och ordning bör man undersöka valet av elleverantör, huvudsäkring och eltariff m m. Därefter kvantifieras hur boendevanorna inverkar genom vattenanvändning, innetemperatur, utomhusel och och uppvärmning av sidobyggnader för att fastställa om de boende är låg- eller högförbrukare. Först därefter bör man genomföra vanliga och mindre kostbara energisparåtgärder som byta tätningslistor, installera energieffektiva elradiatorer med elektroniska termostater, tilläggsisolera vindsbjälklaget, byta ut gamla hushållsapparater jämte byta till lågenergilampor och installera rörelsedetektorer på utebelysningar. Bara genom dessa åtgärder kan man spara 15 - 25 % energi beroende på utgångsläget. Vid ombyggnad och renovering av väggar och golv kan tilläggsisolering liksom fönsterbyte vara motiverat.

Framtidens byggande måste inriktas på enkla, billiga och lättskötta lösningar för att man med hög lönsamhet och tillförlitlighet nå god inomhusmiljö och låg energianvändning. Noggrant arbetsutförande, torrt och rent byggande under kontrollerade förhållanden samt installationer med rena och korta kanaler, speciellt för tilluft, är betydelsefulla faktorer i sammanhanget.

Som värme- och ventilationssystem rekommenderas radiatorer respektive frånluftsventilation, i äldre hus alternativt fläktförstärkt självdragsventilation (småfläktar med kontinuerlig drift i våtutrymmen). Speciell uppmärksamhet måste därvid ägnas åt att uteluften tillförs så dragfritt och är så ren som möjligt.

Man kan ifrågasätta om extremt tröga värmesystem som golvvärme är lämpliga för energieffektiva småhus med litet effektbehov och i vilka den okontrollerbara andelen gratisvärmestillskott från processer, personer och solinstrålning kan ge ett mycket stort bidrag till byggnadens uppvärmningsbehov. Hur stor del av dessa tillskott som kan tillgodogöras beror i hög grad på reglersystemets noggrannhet och hur snabbt värmesystemet kan anpassa sig till det aktuella behovet. Genom relativt sett större gratisvärmeandelar i allt energisnålare hus kan man med fog påstå att de blivit mer känsliga för människans beteende. Problemen med värmetrögheten förstärks naturligtvis av trenden mot allt större fönsterytor.

Ju energisnålare huset i sig är desto mindre värmetröghet måste värmesystemet ha. Detta för att värmetillförseln skall kunna styras så noggrant som möjligt. Enklast åstadkoms detta med radiatorer. Väljer man golvvärme måste denna utformas med så liten värmetröghet som möjligt samt vara försedd med rumsreglering.

Energisnåla hus måste ha ett följsamt värmesystem för att kunna vara energieffektivt, hålla jämn innetemperatur och dra maximal nytta av gratisvärmets. Radiatorer med termostater ger den jämnaste innetemperaturen. Värmesystemet skall vara placerat inomhus för att uppnå hög energieffektivitet.

## REFERENSER

Ahnland, R (1996). Luftvärme. Är argumenten för luftvärme ett önsketänkande? Praktiken visar på både ohälsa, dåligt inneklimat och höga driftskostnader, Västerås.

Boverket (1994). Boverkets byggregler 94, Föreskrifter och allmänna råd BFS 1993:57. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.

Boverket (1999). Boverkets byggregler 99, BFS 1993:57 med ändringar t o m BFS 1998:38. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.

Cajdert, A (1999). "Bo 92 - ett slag i luften?" Bok om luftvärme får debattör att minnas bostadsmässan i Örebro. VVS-Forum, nr 2, februari 1999, Stockholm.

Cajdert, A red (2000). Byggnad med kunskap och moral. En debattskrift om sjuka hus, miljögifter och forskningsetik. Örebro universitet, nr 1, Örebro.

Harrysson, C (1992a). Högisolerade konstruktioner. En översyn av gällande beräkningsmetoder för lambda- och U-värden. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.

Harrysson, C (1992b). Miljöriktigt småhusbyggnad. Arkitektshögskolan i Oslo.

Harrysson, C & Ljung, L (1993). Erfarenheter från fältundersökningar av luftvärmesystem: Vanligt med klagomål. Norsk VVS 5/93, Oslo.

Harrysson, C (1994a). Innemiljö och energianvändning i småhus med elvärme. Enkätundersökning och mätningar i 330 gruppbyggda småhus med olika systemlösningar. Boverket Publikationsservice, Rapport 1994:8, Karlskrona.

Harrysson, C (1994b). Innemiljö och energianvändning i småhus med elvärme. Några praktiska resultat. Elvärmegruppen, Rapport 5/1994, Stockholm.

Harrysson, C (1997). Golvvärme eller radiatorsystem i småhus? Värdering genom praktiska mätningar enligt förlustfaktormetoden, registrering av el-, gas- och vattenanvändning. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.

Harrysson, C (1999a). Stora möjligheter att spara energi och förbättra innemiljön i direktelvärmda småhus. Vägledning för effektivisering av elvärme i stället för omställning. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.

Harrysson, C (1999b). Erfarenheter av olika sätt att bygga: Innemiljö och energianvändning i småhus. Bygg & teknik 5/99, Stockholm.

Harrysson, C (2000). Energieffektiva golvvärmekonstruktioner kräver såväl minskad värmetröghet som ökad isolering. Bygg & teknik 4/00, Stockholm.