

## VÄLBYGGDA HUS MED RÄTT TEKNIK

# Spar energi, högre komfort och mindre byggfelskostnader



Boverket uppger i en undersökning 2018 att byggfelskostnaderna överstiger 100 miljarder kronor om året samtidigt som byggkostnaderna ökar kraftigt. Offentlig statistik och flera undersökningar visar samtidigt att påstådda energibesparingar ofta helt eller

delvis uteblivit. **Praktisk forskning och erfarenheter visar dock att det är möjligt sänka såväl byggkostnader som energikostnader** med vardera minst 30 procent genom att använda känd kunskap.

TEXT CHRISTER HARRYSSON

**U**tförande och boendevanor liksom valet av teknisk lösning har mycket stor betydelse för husets kvalitetsegenskaper och energianvändning liksom för att minska riskerna för inomhusmiljöproblem och byggsador. Ett välbyggt hus med rätt teknik kan ha 30 procent lägre energianvändning än slarvigt byggda med ”normala” byggfel och brister, figur 1. Dessutom har

det välbyggda huset högre komfort och mindre risker för fuktrelaterade byggsador.

### HELHETSGREPP MED RÄTT UTFORMNING OCH UTFÖRANDE

Praxis för att bygga nytt och bygga om har kraftigt förändrats sedan oljekrisen 1973 med oväntade och ökade risker för byggsador och inomhusmiljöproblem. Husen har tilläggsisolerats och tätats. Något som ihop med självdragsventilation lett till försämrade ventilation samt fukt- och mögel-

problem i våtrum. Ett annat exempel är vindsutrymmen som blivit kallare och fuktigare efter tilläggsisolering. Ytterligare exempel är platta på mark som tilläggsisolerats på ovansidan med mineralull och träreglar utan tillräckligt fuktskydd samt inomhusmiljöproblem med förorena(n)de tilluftskanaler. För att inte tala om alla enstegstättade putsfasader med skador för miljardbelopp.

Stora variationer i energianvändning förekommer såväl mellan olika hus som

→ mellan nominellt lika. Detta beror främst på skillnader i boendevanor, men också på kvalitetskillnader i arbetsutförande av isolering och tätningar. Därtill ska läggas hur injustering har gjorts av värme- och ventilationssystem. Välbyggda hus med rätt teknik fordrar tvärvetenskapliga kunskaper. Samspillet klimat, byggteknik, installationer (värme och ventilation), inomhusmiljö och energi måste beaktas jämte systematisk erfarenhetsåterföring och fungerande kvalitetsssäkring inklusive ovk. All kontroll och besiktning måste naturligtvis utföras av oberoende kontrollansvariga och besiktningförrättare.

**VÄRMEFÖRLUSTER GENOM TRANSMISSION OCH VENTILATION**

Värmetransport genom klimatskärmen utgörs av transmissions- och ventilationsförluster. Ventilationen utgörs av en oavsiktlig del (luftläckage/infiltration) och en avsiktlig genom kanalsystemet. Brister i utförandet ökar såväl transmissions- som ventilationsförlusterna.

**Transmission**

Värmeförluster genom transmission (värmetransport genom material och konstruktion) bestäms huvudsakligen av isolermaterialets värmekonduktivitet (värmelednings-tal) och tjocklek, utförandets noggrannhet och fukt. Dessutom inverkar materialets luftgenomsläpplighet och eventuella inbyggda installationer. För att minska värmeförlusterna är det viktigt att isolerarbetet utförs noggrant, utan springor och spalter samt att vindskydd och tätskikt (ångspärr/ångbroms) är hela samt appliceras med täta fogar och genomföringar samt understödda skarvar som klamras.

Jämförelser mellan olika isolermaterial ska inte bara göras för material- och arbetskostnaden för att få materialet på plats. Värmeisoleringsförmågan hos porösa värmeisoleringsmaterial ökar bland annat med minskande densitet under förutsättning att porerna är små oavsett vilket material man använder. Avgörande för de verkliga värmeförlusterna är inte den deklarerade värmekonduktiviteten, som bestäms i laboratorium. Det är snarare den praktiska värmeisoleringsförmågan som påverkas av olika faktorer, till exempel materialets och konstruktionens luftgenomsläpplighet, fuktinnehåll och arbetsutförandet, inklusive eventuella installationer i klimatskärmen.

Tjocka lager av isolering är ingen garanti för att huset blir energieffektivt. En avgörande betydelse är att arbetet utförs noggrant med hänsyn till byggnadsdelarnas konstruktion och material. Isolermaterial och isolertjocklek är inte de enda fakto-

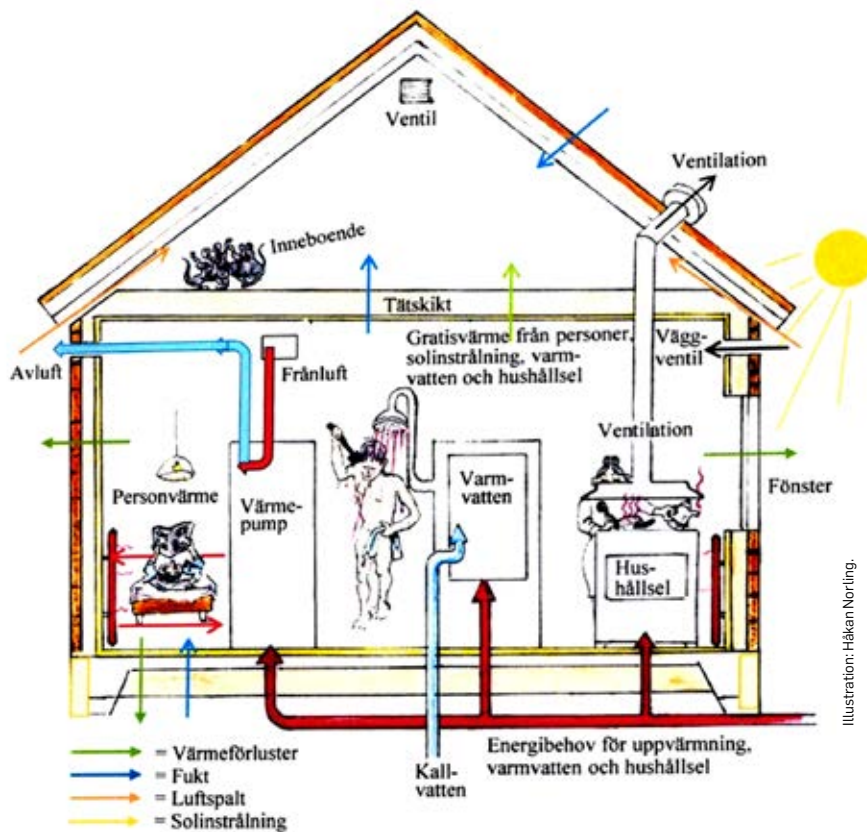
rerna som påverkar husets värmeisolerings och värmekapacitet, det vill säga förmågan att behålla och lagra värmen i grund, väggar och tak. Istället påverkas energieffektiviteten i hög grad av hur isoleringsarbetet utförs. Det finns undersökningar som visar att värmeförlusterna kan variera mycket mellan småhus som har likvärdiga konstruktioner och isolersystem. Förklaringen till att vissa av husen kan ha upp till 30 procent högre värmeförluster och sämre komfort inne måste härledas till arbetsutförandet: att man helt enkelt slarvat med olika moment, som till exempel tätning kring fogar, skarvar och genomföringar samt applicering av isolermaterialet.

*Oavsiktlig ventilation - tryckskillnader*

Tryckskillnader uppstår på grund av:

- Temperaturskillnader inne/ute (långvariga)
- Vindbelastningar (kortvariga)
- Fläktkrafter

Temperaturskillnader under uppvärmningssäsongen ger normalt övertryck i husets övre hälft och undertryck i den undre hälften, figur 2. Känsligast för byggsador är med andra ord väggar och tak. Konstruktionsutformningen är därför av största betydelse vid val av isolering, vindskydd och tätkikt på insidan. Slarvigt utförande förvärrar skadorna. Dessa förekommer vanligast kring fogar, skarvar och genomföringar.



Figur 1. Vanligt energisystem i nya småhus. Schematisk beskrivning av byggteknik, värme, ventilation och återvinning.

Illustration: Håkan Norring

Övertryck inne relativt ute kan orsaka fuktkonvektion in i klimatskärmen. Vintertid kan detta leda till kondensutfällning i de yttre delarna av klimatskärmen med fukt och mögel som följd. Det är därför olämpligt och riskfyllt att kontinuerligt övertryck råder i en byggnad i förhållande till uteklimatet, i synnerhet i hus med organiska material som trä och träprodukter. I byggnader med övertryck adderas fuktflöden genom diffusion och konvektion. Stora risker föreligger för kondensation i klimatskärmen, men kan elimineras genom att göra insidan lufttät.

Fränluftsventilation ökar undertrycket i hela huset. Fränlufts-/tilluftsventilation med/utan ventilationsvärmväxlare ökar ofta övertrycket på grund av att bristfällig injustering, försmutsade don, filter och kanaler dåligt fungerande reglersystem samt på grund av att fränluftsdonen försmutsas snabbare än tilluftsdonen. Därtill ska läggas att hus med fränluftsventilation normalt har större undertryck än fränlufts-/tilluftsventilation beroende på att fränluftsdonen försmutsas snabbare än tilluftsdonen.

**SKYDD MOT FUKTTTRANSPORT GENOM DIFFUSION OCH KONVEKTION**

Fukttransport i väggar och tak sker till största delen genom diffusion och konvektion, figur 3. Fukttransport genom diffusion beror på temperatur- och fuktförhållan-

dena ute och inne samt av fuktproduktionen inne. Den relativa fuktigheten inne bestäms av utelufts temperatur och relativa fuktighet, innelufts temperatur, fuktproduktionen inne och ventilationens storlek. Diffusionen ger sällan upphov till skador i yttreväggar och tak om byggnadsdelen är rätt utformad och rätt utförd.

#### TRYCKSKILLNADER – FUKTTRANSPORT

Fukttransport genom konvektion beror på tryckförhållandena runt en byggnads klimatskärm. Tryckskillnader kan medföra transport av stora mängder fuktig luft inne som under ogynnsamma omständigheter kan kondensera i klimatskärmen. Om klimatskärmen inte är lufttät beroende på förekomst av sprickor och springor eller på grund av ingående material och konstruktion är mer eller mindre luftgenomsläppliga, sker till följd av tryckskillnaderna fuktvandring från det högre till det lägre trycket dvs. normalt från inne till ute. Skadlig konvektion kan förhindras genom att använda lufttäta spärrskikt.

#### ASPEKTER PÅ VAL AV MATERIAL OCH KONSTRUKTIONER I YTTREVÄGGAR OCH TAK

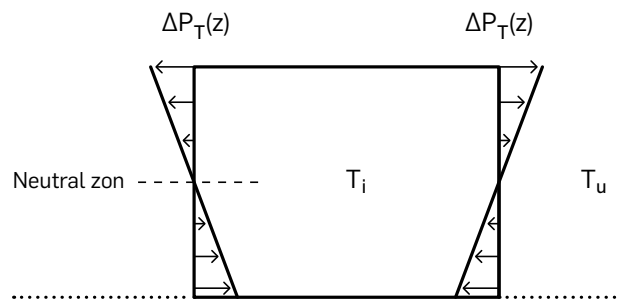
##### Yttreväggar

En vanlig yttrevägg av träregelkonstruktion och fasad med träpanel består utifrån sett av:

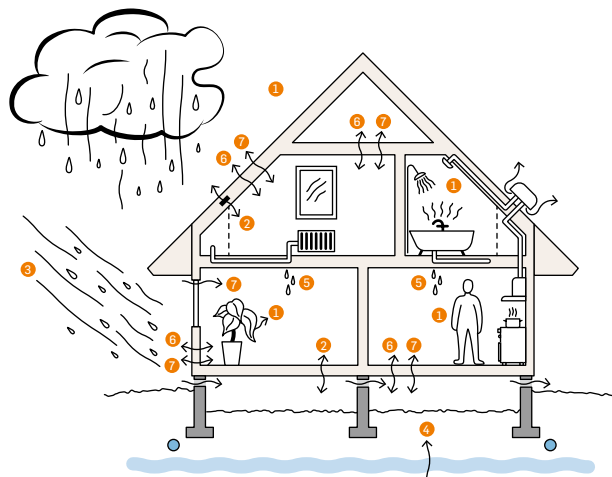
- Träpanel
- Luftspalt
- Vindskydd
- Träreglor på avståndet cirka 600 mm
- Isolering
- Tätskikt (ångspärr = plastfolie eller ångbroms)
- Skivmaterial eller träpanel

Tätt vindskydd, ångbroms eller ångspärr begränsar värmeförluster och fukttransport. Detta för att minska fukttransporten inifrån och ut samt för att undvika att vind och nederbörd utifrån ska sätta ner konstruktionens fukt- och värmeisoleringsförmåga. Den klassiska tumregeln säger att förhållandet i ånggenomgångsmotstånd mellan tätskiktet på insidan och vindskyddet ska vara mellan 5 och 10. Kvoten mellan ånggenomgångsmotståndet för tätskikt och vindskydd får heller inte vara för stor, vilket ger en obalans som motverkar ångtransport i båda riktningarna, vilket sker under året. Detta ökar risken för oönskade fuktansamlingar i klimatskärmen.

Vid val av tätskikt på insidan av isoleringen brukar man utgå från isoleringens förmåga att buffra och transportera fukt. Generellt rekommenderas ångbroms för organiska material som till exempel träfiber- eller cellulosaisolering och ångspärr



Figur 2. Tryckskillnader över klimatskärmen av olika temperatur inne och ute.



#### Fuktkällor

- 1 Luftfukt (även tillskott från t.ex. människor, växter, bad, tvätt och matlagning)
- 2 Byggfukt
- 3 Regn och slagregn
- 4 Markfukt (ytvatten, infiltrationsvatten och grundvatten)
- 5 Fritt vatten (t.ex. läckage på klimatskärm och installationer)

#### Fukttransport sätt

##### Ångfas

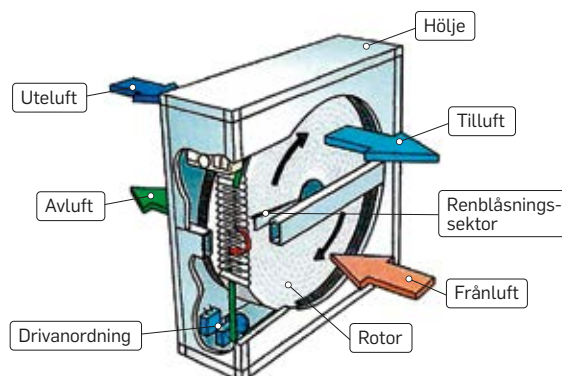
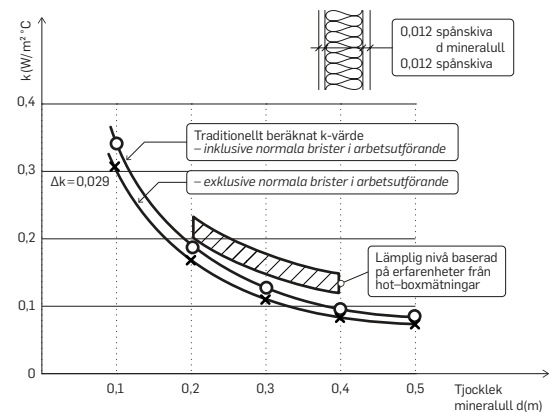
- 6 Diffusion
- 7 Konvektion

##### Vätskefas

- Kapillaritet
- Tyngdkraft
- Vindkraft

Figur 3. Fuktkällor och fukttransport sätt.

Figur 4. Samspelet mellan värmeförluster (U-värde, tidigare k-värde) i en mineralullskonstruktion exklusive respektive inklusive normala brister i arbetsutförande.



Figur 5. Roterande värmeväxlare. Energi & Miljö 1–2, 2020, Stockholm.



Figur 6. Luftvärmens uppgång och fall finns belyst i en rapport från 1996 av Runo Ahnland.  
→ byggochenergiteknik.se/artiklarochböcker

Figur 7. Passivhusen har analyserats av Gunnar W Bergman i en rapport från 2018.  
→ byggochenergiteknik.se/artiklarochböcker

→ (plastfolie) för oorganiska material som mineralull. Vindskyddet ska vara lufttätt men ångöppet och klara slagregn. Tätskiktet på insidan (ångspärr eller ångbroms) ska ha ett ”lagom” ånggenomgångsmotstånd som tidigare påpekats och vara anpassat till vindskyddets ånggenomgångsmotstånd. Oavsett material måste dock konstruktionen vara lufttät och får inte punkteras.

Stora risker föreligger för kondensation i klimatskärmen. Dessa skador uppstår främst kring fogar, genomföringar och skarvar hos vindskydd och tätskikt. Håll därför koll på skarvar, köldbryggor, utfyllnad, hörn och förläggning av installationer. Skadorna kan elimineras genom att insidan görs lufttät. För att klimatskärmen ska fungera optimalt måste skarvar och genomföringar utformas och utföras noggrant. En öppning av en tiokronas storlek kan leda till ett så stort luftläckage att skador uppstår genom fuktkonvektion. Därför bör man alltid använda de stosar, skarvband och andra tillbehör som tillverkare rekommenderar.

#### TJOCKARE ISOLERING STÄLLER HÖGRE KRAV PÅ UTFÖRANDET

Med åren har nya hus byggts med allt tjockare isolering och äldre hus tilläggsisolerats särskilt på vindsbjälklaget. Men beräknade energibesparingar har ofta helt eller delvis uteblivit. Detta beror främst på utförandebrister hos isolering, vindskydd och tätskikt på insidan. Men det kan också bero på olämpliga värme- och ventilationssystem samt injustering och skötsel av dessa. Där-

till ska läggas valda indata och beräkningsmetodens överensstämmelse med verkligheten.

Som tidigare påpekats är det viktigare att isolera noggrant än tjockt! Tjock isolering i kombination med utförandebrister ökar både värmeförluster och risker för fukt- och mögelskador samtidigt som livscykelkostnaden blir omotiverat hög. Med ökad isolering minskar värmeförlusterna genom klimatskärmen och därmed uttorkningseffekten. Ju energisnålare huset utformas som, dvs. ju tjockare isoleringen är, desto viktigare är ett noggrant utförande såväl från fukt- som värmeteknisk synpunkt.

#### EXTREMT TJOCK ISOLERING KAN TILL OCH MED ÖKA LIVSCYKELKOSTNADERNA

Ju tjockare isoleringen är desto mindre nytta gör den sista centimetern. Med ökad isolering spar man endast energi under uppvärmningssäsongen, för nya småhus cirka halva året. En livscykelanalys visar att extrema isolertjocklekar ska undvikas och medför materialslöseri samt ökar byggkostnader med 10-20 procent. Detta visar byggandet av ett flertal passivhus och forskning vid LTH<sup>1</sup>. En väggkonstruktion med mineralull och tjocklekarna 29 respektive 49 cm har en procents skillnad i total energianvändning räknat på 50 års livslängd. Då har inte de ökade riskerna för fukt- och mögelskador beaktats. Inte heller att inverkan av utförandebrister på värmeförluster relativt sett ökar med isolertjockleken! Ju större isolertjocklekar desto högre är risken för fukt- och mögelskador. Fukt utifrån

tränger in längre än decimetern i väggarna, vilket är mer än man trott och gäller även väggar med luftspalt. Ju tjockare väggen är desto viktigare är det att skaderiskerna beaktas.

#### NYA TYPER AV VINDSKYDD OCH TÄTSKIKT

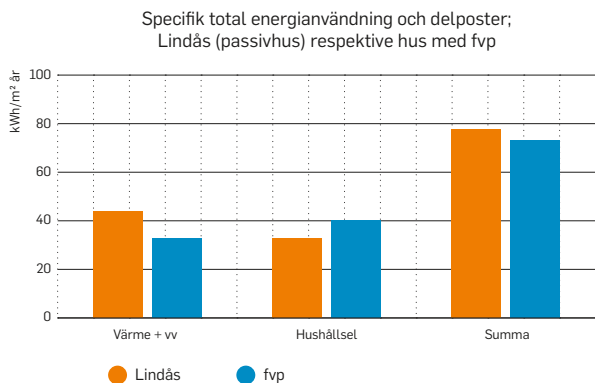
Ökad isolering med mindre värmetransport och uttorkningseffekt ökar risker för fukt- och mögelskador som förstärks av utförandebrister och kortare byggtid. Detta har lett till utveckling av nya material för vindskydd och tätskikt som kan ventilerar ut vattenånga, men som också har täthet mot vatten och luft (ångbroms). Kombinationen av egenskaper kan förhindra fuktinneslutningar i byggnadsdelar. Erfarenheterna visar att lufttätheten i de flesta fall är en mycket viktigare parameter än ångtätheten i spårskikten. Denna typ av produkter finner man sedan tidigare inom andra användningsområden som sportkläder och hygienartiklar till exempel blöjor.

#### SYSTEM FÖR VENTILATION OCH VÄRME

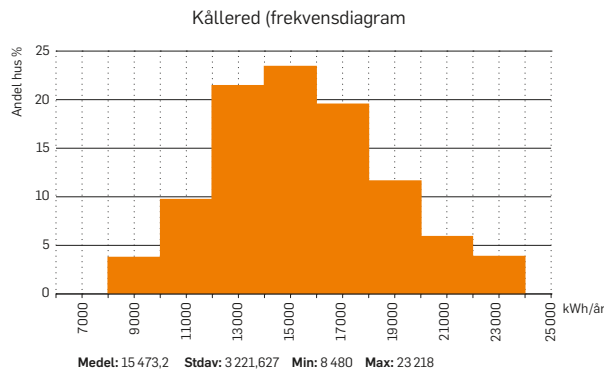
Inneluften är normalt sämre än uteluften i cirka 80 procent av våra bostäder. Inneluftens kvalitet beror på kvaliteten på uteluften, föroreningar i och via kanalsystemen, textilier, inredning, möbler och sist men inte minst de boende. Därtill ska läggas kvaliteten på injustering av värme- och ventilationssystemen samt skötsel och OVK.

Efter oljekrisen 1973 har avsevärt högre energipriser, tätare och mer isolerade hus med försämrade självdragsventilation lett till ökad användning av mekaniska ventilationssystem, antingen frånluftsventilation, F-vent eller frånluftsventilation, FT-vent, med eller utan värmeåtervinning. Vid FT-vent med värmeåtervinning är ventilationsvärmväxlare, FTX-vent vanligast. Uppgifter om växlarnas energibesparingar överskattas ofta beroende på att de baseras på laboriemätta värden, att distributionsförluster underskattas samt bristfällig OVK med förore(n)de växlare och kanaler. Regenerativa (roterande) ventilationsvärmväxlare, figur 5, läcker fukt och lukt mellan från- och tilluft. Tilluftstemperaturen styrs av en centralt placerad termostat som medför minskat gratisvärmeutnyttjande.

Under 1980- och 1990-talen lanserades med stora marknadsansträngningar luftvärme, FTX-vent med värmebatteri (oftast elbatteri) och återluft. Efter avsevärda inneklimatproblem och uteblivna energibesparingar i minst 20 procent av husen med nämnda lösning förbjöds luftvärme med återluft 1994 i samband med nya byggregler, figur 6. Förbudet har sedermera uppluckrats. Luftvärme, men utan återluft, har



Figur 8. Välbyggda serieproducerade småhus med frånluftsvärme-pump är bättre än passivhusområdet Lindås Park.



Figur 9. Uppmätt total energianvändning, summa energi för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel för 51 direktelvärmda friliggande 1½-planshus i Källered byggda 1973. 1992/1993 uppgick medelvärdet till 18 900 kWh/år. Sedan dess har ett okänt antal energisparåtgärder utförts. Mätvärdena avser 2012.

→ under 2000-talet återkommit bland annat i passivhus.

På grund av nämnda problem har ett antal hus med luftvärme, FTX-vent och återluft, byggts om till F-vent utan värmeåtervinning och med elradiatorer, vilket resulterat i högre komfort och häpnadsväckande nog, lägre energianvändning än tidigare.

Sedan millennieskiftet har passivhus vunnit ökad marknadsandel, figur 8. De karakteriseras av extremt tjock isolering, stora glasytor samt luftvärme utan återluft och med FTX-ventilation som reglerar värmeförlusten via en centralt placerad termostat. Detta system har mindre gratisvärmennyttjande än radiatortermostater i varje utrymme. Passivhus har samma totala energianvändning som välbyggda serieproducerade hus, figur 8. Ju mer isolerad klimatskärmen är desto mindre är värmeförlusten och uttorkningseffekten. Riskerna för fukt- och mögelskador i klimatskärmen ökar med isolertjockleken i klimatskärmen, vindsutrymmet och yttertak.

**SAMMANFATTANDE SLUTSATSER**

Tjocka lager av isolering är ingen garanti för att huset blir energieffektivt. En avgörande betydelse är att arbetet utförs noggrant med hänsyn till byggnadsdelarnas konstruktion och material. Isolermaterial och isolertjocklek är inte de enda faktorerna som påverkar husets värmeisolering och värmekapacitet, det vill säga förmågan att behålla och lagra värmen i grund, väggar och tak. Istället påverkas energieffektiviteten i hög grad av hur isoleringsarbetet utförs. Det finns undersökningar som visar att den totala energianvändningen kan variera med mer än 1:3 mellan nominellt

lika småhus som har likvärdiga konstruktioner och isolersystem, figur 9. Detta beror främst på variationer i boendevanor och utförande. Slarvigt utförande kan ge upp till 30 procent högre värmeförluster och sämre komfort inne. Slarvigt utförande måste härledas till att man helt enkelt slarvat med olika moment, som till exempel tätning kring genomföringar och skarvar hos vindskydd och tätskikt samt vid applicering av isolermaterialet.

Bostäder ska ha separata värme- och ventilationssystem med rumsvis styrning och reglering av luft- och värmeförlusten. Tryckskillnader över klimatskärmen i småhus ligger normalt runt 3-5 Pa. Uteluften skall tillföras i så korta och rena kanaler som möjligt. Enkla och beprövade installationslösningar som frånluftsventilation och radiatorer är därför att föredra. En del av den oavsiktliga ventilationen "fångas upp" av frånluftsventilationen och ger på så sätt viss energibesparing. Frånluftssystemens "akilleshäl" är väggventilernas luftspridande egenskaper och riskerna för drag, figur 11. Spaltventiler ska undvikas då de har för stora tryckfall med för små luftflöden och komfortproblem.

Bästa alternativet för värmeåtervinning i nya bostäder är frånluftsvärme-pump för värme och varmvatten. För större hus rekommenderas bergvärme eller ytjordvärme. För befintliga hus är utelufts-/vattenvärme-pump att föredra om huset har vattenvärme-system. Alternativt kan man välja luft-/luftvärme-pump. Det senare alternativet är särskilt lämpligt för hus med direktverkande elvärme.

Lönsamheten med solceller har ökat med åren. En yta på 35m² sparar cirka 6 000 kWh/år. Med solceller på taket och



Figur 10. Exempel på väggventil (uteluftsdon) med gynnsam luftspridningsbild.

Källa: Fresh.

värmepump(-ar) kommer energianvändningen sannolikt ner i nivå med de bästa provhus som har byggts. ■

Referens

- 1 Adalberth, K (1995). *Bygga Bruka Riva – Energi-användning i småhus ur ett kretsloppsperspektiv*. LTH Avd för byggnadsfysik, Rapport TVBH - 3027, Licentiatavhandling, Lund.

Harrysson, C (2019). *Bygg Bättre Billigare. Fakta, erfarenheter och goda råd*. Bygg- och Energiteknik, Falkenberg. ISBN 978-91-519-1457-2. Boken finns hos bokhandlare eller byggochenergiteknik.se.

Artikeln baseras på innehållet i boken liksom figurerna om inte annat anges.

**CHRISTER HARRYSSON**  
Teknologie doktor

