

# D3.1a UTMÄRKANDE DRAG FÖR LÅGENERGIBYGGNADER OCH LÅGENERGIRENOVERINGAR

---

Åke Blomsterberg, WSP, 2012-10-09



The sole responsibility for the content of this publication etc. lies with the authors. The publication does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EACI nor the European Commission is responsible for any use that may be made of the information contained therein.

**Further information**

More details on BUILD UP Skills "Sweden" can be found at [www.buildupskills.se](http://www.buildupskills.se)

More details on BUILD UP Skills can be found at [www.buildupskills.eu](http://www.buildupskills.eu)

More details on the IEE programme can be found at <http://ec.europa.eu/intelligentenergy>

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	4
Inledning .....	5
Reduktion av värmeförluster.....	7
Byggnadens form, förhållandet mellan omslutningsyta och volym.....	7
Klimatskal .....	7
Fönster .....	9
Lufttäthet.....	9
Ventilation .....	10
Rekommendationer för ombyggnad och nybyggnation.....	11
Reduktion av kylbehov .....	13
Solavskärmning .....	13
Utjämning av värmetillskott .....	13
Ventilation .....	14
Rekommendationer för ombyggnad och nybyggnation.....	14
Reduktion av elanvändning.....	14
Eleffektiva fläktar, pumpar .....	15
Eleffektiv belysning.....	15
Eleffektiva hushållsapparater och kontorsutrustning.....	15
Rekommendationer för lågenergibygnader.....	16
Utnyttjande av passiv solenergi .....	18
Kontroll och visning av energianvändning.....	18
Värmesystem .....	18
Kompaktaggregat.....	18
Styrsystem.....	19
Varmvattenberedning.....	19
Rekommendationer för ombyggnad och nybyggnation.....	19
Val av energikälla .....	21
Energianvändning på byggsplatsen .....	22
Referenser .....	22

## Sammanfattning

Vid projektering av lågenergibygnader och lågenergirenoveringar av befintliga byggnader kan med fördel en femstegsstrategi tillämpas (Dokka 2006). Av stor betydelse är valet av konstruktionslösningar och utförandet av dessa lösningar på byggarbetsplatsen. Detta förutsätter kunniga projektörer och utförare på byggarbetsplatsen. De fem stegen är:

1. Reducera värmeförlusterna (och behovet av kylning)
2. Reducera elanvändningen
3. Använd solenergi, inklusive dagsljus
4. Kontrollera och visa energianvändning
5. Tillför återstående energibehov med förnybar energi

Utförandet på byggplatsen måste uppfylla kraven enligt projekteringen.

Huvudtanken är att först minska energibehovet och därefter i så hög grad som möjligt tillföra det återstående energibehovet med förnybar energi. Viktigt är alltid att säkerställa en god termisk och visuell komfort. Vid lågenergirenoveringar måste hänsyn tas till förutsättningarna, som ges av den befintliga byggnaden, vilket innebär att t.ex. undvika att skapa fukt- och mögelproblem och att ta hänsyn till bevarandenaspekter.

Det första steget i en reduktion av värmeförluster innebär att skapa en kompakt byggnad dvs. att åstadkomma en byggnad med liten omslutningsyta i förhållande till volymen. Detta för att vinterhalvårets värmeförluster står i direkt proportion till den omslutande ytan. Nästa steg är säkerställa att klimatskalet är välisolerat och lufttätt. Avgörande för klimatskalets funktion är vald konstruktionslösning och det praktiska utförandet på byggplatsen. För fönster gäller det att balansera värmevinster och -förluster samt dagsljus. Detta genom att välja rätt fönsterstorlek och orientering samt rätt egenskaper hos glas, karm och båge.

Det tredje steget är att begränsa värmeförlusterna pga. ventilation. Detta görs genom att välja rätt storlek på ventilationen med hjälp av behovsstyrning, minimera oönskad infiltration/exfiltration genom god lufttäthet, installera bra värmeåtervinning och minimera elanvändningen för ventilation. Avgörande för ventilationens funktion är vald konstruktionslösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

En viktig målsättning för lågenergibygnader är att undvika förhöjda rumstemperaturer och därmed behovet av mekanisk kylning. Detta görs genom att förhindra icke-önskvärda värmetilskott med hjälp av solavskärmning och reduktion av interna laster genom att välja eleffektiva hushållsapparater, eleffektiv kontorsutrustning, belysning m.m. Andra åtgärder är att utjämna värmetilskotten genom att öka värmelagringskapaciteten i byggnadsstommen och att forcera ventilationen. Avgörande är valda konstruktionslösningar och det praktiska utförandet på byggplatsen.

Nästa steg är att minimera all elanvändning för tekniska installationer, belysning, kontorsutrustning och hushåll. Detta görs genom att välja eleffektiva fläktar, pumpar, belysning, hushållsapparater (framförallt kyl- och frysskåp, tvättmaskiner) och kontorsutrustning, samt säkerställa att dessa endast används när de verkligen behövs med behovsstyrning. För fläktar och pumpar gäller även att minimera tryckfall. För alla komponenter gäller att de används efter behov och inte mer. Även här kan det praktiska utförandet på byggplatsen påverka resultatet.

Efter dessa steg bör byggnaden ha ett lågt energibehov, vilket gör det intressant att undersöka möjligheterna att utnyttja passiv solenergi. Framförallt under hösten och

våren kan solinstrålning genom fönster ge ett bidrag till uppvärmningen. Det är dock viktigt att undvika att höga innetemperaturer uppstår under sommaren genom att säkerställa tillräcklig solavskärmning.

Även en mycket välisolerad och lufttät byggnad med värmeåtervinning kommer med stor sannolikhet att ha ett uppvärmningsbehov, även om det är litet. Denna uppvärmning måste tillföras med ett värmesystem som kan leverera och fördela de små värmemängder som behövs. Därutöver behövs ett styrsystem som säkerställer att ingen värme förslösas och säkerställer termisk komfort. Systemet bör också visa innetemperaturen och energianvändningen fördelad på lämpliga delposter. Avgörande för funktionen är vald teknisk lösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

Det sista steget är att välja energikälla, som minimerar emissionen av växthusgaser och användningen av primärenergi. Avgörande är även här val av teknisk lösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

Givetvis kan det i praktiken vara nödvändigt att revidera tidigare steg vid arbetet med ovan nämnda femstegsstrategi. Detta för att uppnå kostnadseffektiva och energieffektiva helhetslösningar.

Generella rekommendationer för nybyggnation av lågenergibyggnader och energieffektiv ombyggnad, som kan användas som ett hjälpmedel för kravformulering vid upphandling, har tagits fram av beställargrupperna för bostäder ([www.bebostad.se](http://www.bebostad.se)) och lokaler ([www.belok.se](http://www.belok.se)), som är nätverk och samarbete mellan energimyndigheten och Sveriges största fastighetsägare.

Under byggproduktionen på en byggplats används en hel del energi för transportfordon, el för uppvärmning av byggbodnar och byggbelysning. Relativt enkelt skulle elanvändningen på byggarbetsplatser kunna minskas med 20-30 %. Detta genom t.ex. val av metoder och teknik. Idag är energieffektivisering på byggarbetsplatsen inget krav från beställaren, men kan bli inom en snar framtid.

## Inledning

BUILD UP SKILLS är ett EU-projekt som har till uppgift att öka hantverkares och installatörers kunskap och kompetens om energieffektivisering och installation av förnybar energi. Fokus ligger på hantverkare och installatörer på byggarbetsplatser. Omställningen som behövs för att nå EU:s energi- och klimatmål medför att behovet av utbildning och fortbildning i byggbranschen är stort i hela Europa. Syftet med Build Up Skills är att ta fram en handlingsplan och plattform för vidareutbildning och förstärkning av kompetensen hos alla verksamma på byggplatsen. Projektet har 30 deltagande länder i Europa, där varje land tar fram sin egen handlingsplan för hur hantverkare och installatörers kvalifikationer ska stärkas. Build Up Skills i Sverige (BUSS), det svenska projektet, har en projektgrupp vilken arbetar med att ta fram Sveriges handlingsplan.

Inom BUSS projektet finns olika s.k. Work Package (WP), med ett WP 3 ”Identifiering av kunskapsluckor, hinder och lösningar”. Syftet med WP3 är bl.a. att bestämma de viktigaste egenskaperna för energieffektiva byggnader (t.ex. passivhus, Nära Noll Energi byggnader, nollenergibyggnader), samt förekommande problem på byggplatsen relaterade till energieffektivisering vid nybyggnation/renovering.

Arbetet inom WP3 sker i olika steg:

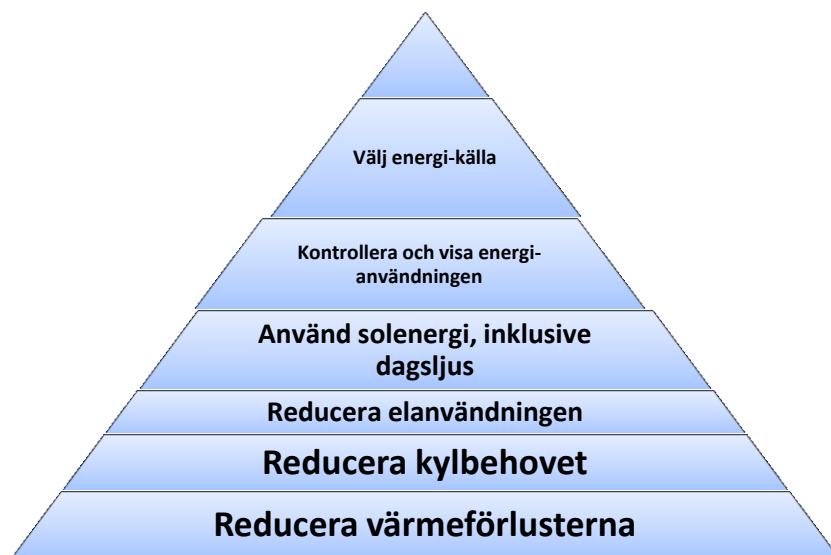
1. Definition av de viktigaste egenskaperna för lågenergibygnader (bostäder och lokaler)
2. Identifikation och definition av svårigheter på byggplatsen relaterade till energi effektivisering vid nybyggnation/ renovering
3. Identifiering av kompetensbehov på byggplatsen, liksom strukturella hinder och möjliga lösningar för att täcka behoven
4. Förslag på lösningar

Under punkten 1 genomförs en litteraturstudie. Detta för att fånga in utmärkande drag för energieffektiva byggnader. Det är resultaten från denna studie som redovisas i denna rapport. Målgruppen är arkitekter, projektörer och verksamma på byggarbetsplatser.

Ansvarig för WP 3 är Stefan Dehlin från byggföretaget NCC. Ansvarig för sammanställningen av utmärkande drag är Åke Blomsterberg från WSP.

Detta dokument sammanfattar därför de allmänna projekteringsrekommendationer som bör tillämpas för en lågenergibygnad eller lågenergirenovering av befintliga byggnader, där målsättningen är en halvering av energianvändningen. Valet av komponenter och konstruktioner för en byggnad med låg energianvändning kan illustreras med en femstegsstrategi för låg energianvändning som utvecklats inom projektet "kostnadseffektiva lågenergihus (Dokka 2006):

1. Reducera värmeförlusterna (och behovet av kylning)
2. Reducera elanvändningen
3. Använd solenergi, inklusive dagsljus
4. Kontrollera och visa energianvändning
5. Tillför återstående energibehov med förnybar energi



Figur 2.X. Modifierad version av Kyoto Pyramiden, anpassad för kontorsbyggnader.

Med andra ord: Utgångspunkten är att tillämpa energieffektiviseringsåtgärder för att minska behovet av energi, och sedan tillföra det återstående energibehovet med förnybar energi. I alla steg går man längre än för en traditionell byggnad.

Rekommendationerna för lågenergibyggnader gäller för alla typer av lågenergihus och de bör alltid säkerställa god termisk och visuell komfort också.

Vid lågenergirenovering måste till speciell hänsyn tas till förutsättningarna givna av den befintliga byggnaden. Detta gäller bl.a. att undvika att fukt- och mögelproblem skapas, att ta hänsyn till bevarandaspekter. Rätt genomförd lågenergirenovering resulterar i ett bra inneklimat.

## **Reduktion av värmeförluster**

### **Byggnadens form, förhållandet mellan omslutningsyta och volym**

Energihushållning i projekteringsfasen bör fokusera på att minska förlusterna genom klimatskalet genom att inledningsvis minska omslutningsytan för byggnaden (Bülow-Hübe 2011). Det gäller att minska förhållandet mellan omslutningsyta och volym. Förhållandet definieras som förhållandet mellan byggnadens omslutningsyta dividerad med den totala uppvärmda volymen för byggnaden. Ju kompaktare en byggnad är desto mindre är ytan genom vilken värme förloras under vinterhalvåret eller icke önskad värme tillförs under sommarhalvåret.

Vid renovering av en befintlig byggnad är det vanligen svårt att ändra på byggnadens form. Dock kan det vara möjligt att t.ex. bygga in balkonger, ta bort burspråk och minska omslutningsytan.

### **Klimatskal**

Ju bättre värmeisoleringen av klimatskalet är desto lägre kommer värmeförlusterna att bli (Bülow-Hübe 2011).

Byggmaterial kännetecknas av sin värmeledningsförmåga ( $\lambda$ , enhet W/mK) som sammanfattar de tre mekanismerna för värmeöverföring - konvektion, ledning och strålning - i ett enda värde. Ju lägre värde, desto bättre är isoleringen och desto lägre värmeförluster vid given tjocklek. Typiska värden för allmänt tillgängliga isoleringsmaterial är cirka 0,035 till 0,040 W/mK. Om material med högre värmeledningsförmåga används måste det tillåtas att tjockleken av konstruktionen kommer att öka i syfte att hålla värmetransmissionsförlusterna så låga som möjligt.

Om man tar hänsyn till materialtjockleken kan ett värmemotstånd räknas fram för ett visst materialskikt. Värmemotståndet R räknas fram genom att dividera materialtjockleken,  $d$ , med värmeledningsförmågan:  $R = d/\lambda$  och anges med enheten  $m^2 K/W$ .

För att ange hur mycket värme som strömmar genom en konstruktion används den s.k. värmegenomgångskoefficienten eller U-värdet (kallades tidigare k-värde). U räknas fram genom att invertera summan av värmemotstånden i en konstruktion:  $U = 1/R$ . Ju lägre U-värdet är desto bättre värmeisolering.

När varje enskild del (väggar, golv, tak etc.) är välisolerad så blir detaljlösningarna vid anslutningarna mellan byggelementen avgörande. Dåliga detaljlösningar kan enkelt skapa ganska stora extra värmeförluster i så kallade köldbryggor. En köldbrygga är en del av konstruktionen som av olika anledningar leder mer värme än de omgivande områdena. Detta kan bero på tunnare isolering längs betongplattor, bärande element som penetrerar genom isoleringsskiktet.

Avgörande för klimatskalets värmeisolering är vald konstruktionslösning och det praktiska utförandet på byggsplatsen.

Klimatskalet kan vara av lätt eller tung konstruktion dvs. stomme av reglar av trä eller plåt alternativt betong i kombination med isolering, läggklinkerblock kompletterad med isolering, lättbetong kompletterad med isolering, massiva trästommar kompletterad med värmeisolering eller andra byggnadstekniska lösningar (Sikander 2011).

Lätta klimatskal och utfackningsväggar dvs. lätt konstruktion är hittills bland de lågenergihus och passivhus som byggts den vanligare konstruktionen. Dessa klimatskal består av en inre diffusions- och lufttätning, värmeisolering mellan reglar (trä eller stål), vindskydd, luftspalt och fasadbeklädnad. U-värdena är i många fall så låga som  $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Projekteringen och utförandet är mycket viktigt för att undvika köldbryggor och åstadkomma god lufttäthet. Lufttäthet åstadkoms oftast med ett inre tätskikt av plastfolie som tejpas eller kläms i skarvar och anslutningar. Beständigheten hos valda lösningar måste vara god. Lufttätheten måste bestå under hela byggnadens livslängd, eftersom det lufttätande skiktet är inbyggt och inte är tillgängligt för komplettering i efterhand. Köldbryggor undviks genom att använda lättreglar eller korslagda reglar. Mineralull och cellplast är vanliga isoleringsmaterial.

Till de lätta klimatskalen kan även sandwichkonstruktioner med kombination av ett tunt skivmaterial i kombination med cellplast räknas in. Konstruktionen är fortfarande ganska ovanlig men kan väntas öka i samband med byggande av energieffektiva hus.

Tunga klimatskal förekommer i Sverige, men framförallt i övriga Europa, i lågenergibyggnader med tung stomme. Eftersom den värmeisolerande förmågan för betong är låg så måste stommen kompletteras med ett värmeisolerande material. Detta görs ofta på utsidan av betongen, vilket innebär att köldbryggor undviks. En annan vanlig utformning är sandwichelement med isoleringen mellan två betongskivor. Även här är vanliga isoleringsmaterial mineralull och cellplast. Lufttätheten är god hos materialet betong och därmed finns goda förutsättningar för god lufttäthet hos konstruktioner som isoleras på utsidan.

Lättklinkerblock med isolering kan bestå av lättklinkerblock med en kärna av polyuretan. Konstruktionen är dock inte så vanlig. Murblocken behöver kompletteras med värmeisolering annars riskerar konstruktionerna att bli alltför tjocka. För att uppnå god lufttäthet behövs ett kompletterande skikt t.ex. putsning på insidan. Detta eftersom blocken är luftgenomsläppliga.

Lättbetong i klimatskal behöver kompletteras med värmeisolering på utsidan eller integrerat i blocket för att uppnå de mycket låga U-värden, som eftersträvas i lågenergibyggnader. Annars blir klimatskalet mycket tjockt. Lufttätheten beror framförallt på anslutningar, genomföringar m.m.

Massiva trästommar med värmeisolering förekommer, även om de inte är vanliga. Lufttätheten beror på hur den massiva trädelen fogats samman och hur olika byggnadselement ansluts.

Slutligen finns exempel på massiva cellplaststommar, träullselement, cellglaselement.

De vanligaste värmeisoleringsmaterialen är skivor av mineralull av sten eller glas eller cellulosa-baserade, vilka alla används i lågenergibyggnader (SINTEF 2012). De uppfyller alla värmeledningsförmågan  $0,05 \text{ W/m K}$ , som är ett rimligt minimikrav för att minska värmeförlusterna utan att konstruktionerna blir alltför tjocka. Isoleringen kan också appliceras som lösfnllnadsisolering. Polystyren och polyuretan används ganska ofta i lågenergibyggnader, men för det mesta bara som markisolering och ibland



som takisolering. Det finns också exempel på användning av detta material för väggisolering, ibland enbart eller i kombination med mineralull. Transparent isoleringsmaterial används nästan aldrig. Vakuumisoleringssskivor med en mycket låg termisk ledningsförmåga testas i några lågenergiprojekt med renovering. Dessa paneler har fördelen att de har en mycket låg värmeledningsförmåga, vilket resulterar i t.ex. tunnare väggar. Väggtjockleken kan vara en viktig fråga, eftersom tjockare väggar "stjäl" värdefull yta, inomhus eller utomhus. En vakuumisoleringskiva som är 2-3 cm tjock är ekvivalent med 10-15 cm av mineralull. Panelerna är emellertid för närvarande ganska dyra. Ett annat isoleringsmaterial med låg värmeledningsförmåga och hög kostnad är PIR (polyisocyanurat).

Vid renovering av en befintlig byggnad är det ofta tekniskt möjligt att förbättra klimatskalet. Enklast ur värmeisoleringssynpunkt och säkrast med hänsyn till fukt är att isolera på utsidan av stommen. Dock kan bevarandenaspekter försvåra detta. Riskerna för att skapa fukt- och mögelproblem måste minimeras.

## Fönster

Glasning är en viktig komponent för energieffektivitet, relaterad till både värme- och ljusenergibehov (Bülow-Hübe 2011). Lämpligt val av glas kräver att värmevinster och -förluster balanseras liksom dagsljus. Värmeförluster genom fönster bör minimeras genom att optimera

- Fönsterstorlek och -orientering
- Glas- och karm-båge-typ

Idag finns högpresterande fönster tillgängliga på marknaden, fönster med isolerade karmar/bågar, flerglasfönster, lågemissionsbeläggningar, isolerande distanslistor mellan glasen och ädelgaser som fyllnad som kan avsevärt minska värmeförlusterna i förhållande till de fönster som vanligen används idag.

Tillämpningen av smarta fönster, såsom omkopplingsbara glas, spektralt selektiva glas och isolerande gaser (krypton, argon och xenon) är idag kommersiellt tillgänglig.

Avgörande för fönsters funktion är vald konstruktionslösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

Introduktionen av passivhus har medfört att tillgången på lågenergifönster (U-värde mindre än  $0.8 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ ) har ökat. Lågenergifönster behövs för att säkerställa låga värmeförluster och säkerställa termisk komfort även om det inte finns några radiatorer under fönstren i lågenergibostadshus. Fyrdubbla-glasfönster med ett U-värde på  $0,6 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ , g-värde 0,45 och dagsljustransmittans på 0,59 finns tillgängliga. Treglasfönster med ett U-värde på  $0,7 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ , G-värde på 0,50 och dagsljustransmittans på 0,71 finns tillgängliga. Vid lågenergibostadshus används sällan fyrglasfönster. Fönster i energisnåla bostadshus är mestadels treglasfönster.

Vid renovering av en befintlig byggnad är det ofta tekniskt möjligt att förbättra fönsterna genom tilläggsruta, byte av glas eller byte till helt nya fönster. Dock kan bevarandenaspekter försvåra.

## Lufttäthet

Lufttäthet har blivit särskilt viktigt för att uppnå energieffektiva byggnader (Bülow-Hübe 2011). Detta har lett till en växande efterfrågan på konstruktionsdetaljer för planering och utformning lufttäta byggnader.

Lufttäthetslösningar och -produkter av hög kvalitet måste användas som ång-/luftspärr (plastfolie), för fönster/dörrar, skarvning av plastfolie, syll och grund, syll och vägg, bjälklagsgenomföringar, rör genom betong, eldosor, spotlights, små rör (lufttätning runt små rör t.ex. vattenrör, vp-rör), mellan yttre och inre rör (t.ex. mellan vp-rör och kabel), ventilationsrör, kaminrör och anslutningar till andra material. Dessa produkter behövs för att säkerställa god lufttätet i klimatskalet, vilket är nödvändigt för att undvika drag, fuktproblem och se till att all ventilationsluft passerar genom värmeåtervinningsaggregatet. En studie har nyligen gjorts för att kartlägga tillgången på lufttäthetsprodukter (Johansson 2010). I studien konstateras att det finns flera produkter och lösningar, men de kan vara svåra att hitta. Det finns nya och gamla lufttäthetsprodukter. De nya är ofta bra på lufttätet, men deras tillförlitlighet eller beständigheten är inte alltid känd. Utförande är viktigt för slutresultatet, så därför måste lufttäthetslösningar vara lätta att applicera på byggplatsen.

Vid renovering av en befintlig byggnad är det ofta tekniskt möjligt att förbättra lufttätheten, men det kan vara svårt att gå från en otät byggnad till en mycket tät byggnad. Dock kan bevarandenaspekter försvåra.

## Ventilation

En annan viktig faktor för att uppnå mycket låg energianvändning är att begränsa värmeförlusterna på grund av ventilationsluften (Bülow-Hübe 2011).

Energianvändning för ventilation påverkas av fyra parametrar:

- Ventilationens storlek
- Infiltration/exfiltration, som påverkas av de naturliga drivkrafterna och lufttätheten hos klimatskärmen (se kapitlet om Lufttäthet)
- Värmeåtervinningsverkningsgraden
- Specific Fan Power (SFP-värdet) (se kapitlet om Effektiva fläktar, pumpar, belysning)

Ventilationens storlek ges av byggnormens minimikrav på 0,35 l/sm<sup>2</sup> och bör ge en god luftkvalitet inomhus. Eftersom en minskning av ventilationen under minimikravet inte rekommenderas generellt, är det enda sättet att minska värmeförlusterna pga. ventilation att införa värmeåtervinning i ventilationen. På grund av den mycket låga in/exfiltrationsandelen i en lufttät byggnad, så kan större delen av ventilationen - och värmeförlusterna, också - kontrolleras.

Ventilationsförlusterna är därför den värme, som inte återvinns av ventilationsaggregatet.

Det finns minst fem (2 - 7) olika metoder för värmeåtervinning på ventilationen, vilka med fördel används för mekanisk ventilation. De flesta metoderna är svåra att tillämpa på självdragsventilation.

1. Behovsstyrd ventilation
2. Från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning
3. Rökgasvärmeåtervinning
4. Frånluftsvärmepump
5. Kombinerad luft-luft-värmeåtervinning med värmepumpar
6. Pre-konditionering i tilluftskulvert

Behovsstyrd ventilation tillämpas framförallt i kommersiella byggnader såsom kontorsbyggnader, men är mindre vanligt i bostadshus. Varför ventileras mer än vad som behövs av hygieniska, hälso- och fuktskäl? Ventilationen kan styras av en eller

flera av följande parametrar:

- RF (relativ fuktighet)
- CO<sub>2</sub>
- Lukt
- Matos (endast bostäder)
- Närvaro

Luft-till-luft värmeåtervinning innebär att frånluften används för att förvärma den inkommande uteluften i en värmeväxlare, som kan bygga på motflödes-, medflödes-, korsflödes- eller växelflödesprincipen. Bäst värmeåtervinning har vanligen roterande värmeväxlare. Dessutom finns vätskekopplade system, som dock har ganska låg verkningsgrad. Verkningsgraden bör vara högre än 80 %. I bostäder byggda som passivhus används ofta motströmsvärmeväxlare. I lågenergikonator är det vanligt med roterande värmeväxlare.

Avgörande för energianvändningen för ventilation är vald konstruktionslösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

Vid renovering av en befintlig byggnad är det ofta tekniskt möjligt att installera värmeåtervinning eller behovsstyrning av ventilationen. Dock kan det finnas praktiska problem t.ex. svårt att få plats med nya komponenter.

## Rekommendationer för ombyggnad och nybyggnation

Beställargruppen *bostäder* (ett samarbete mellan Energimyndigheten och några av Sveriges mest framträdande fastighetsägare av flerbostadshus) har tagit fram generella rekommendationer för ombyggnader av flerbostadshus, att användas som ett hjälpmedel för kravformulering vid upphandling (BeBo 2011) (se tabell 1). Beställargruppen *lokaler* har tagit fram motsvarande för lokalbyggnader (BELOK 2011) (se tabell 1).

Tabell 1 Rekommendationer för ombyggnad.

	Förklaring	Rekommendation flerbostadshus (BeBo 2011)	Rekommendation lokalbyggnader (BELOK 2011)	Miniminivå
<b>Klimatskal</b>				Enl BBR 19, 9:92
U-värden	Yttertak	0,10 W/m <sup>2</sup> K	0,10 W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
	Yttervägg	0,10 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K
	Golv	0,12 W/m <sup>2</sup> K		0,15 W/m <sup>2</sup> K
	Fönster inkl. karm	0,80 W/m <sup>2</sup> K	1,00 W/m <sup>2</sup> K	1,20 W/m <sup>2</sup> K
	Ytterdörr	0,80 W/m <sup>2</sup> K	0,90 W/m <sup>2</sup> K	1,20 W/m <sup>2</sup> K
Lufttäthetskrav	Tillåtet luftflöde vid ±50 Pa	≤ 0,4 l/s,m <sup>2</sup>	Tätas så långt möjligt	Enl tidigare normkrav, ej lagkrav ≤ 0,8 resp. 1,6 l/s,m <sup>2</sup>
<b>Ventilation</b>				

FTX	Temperaturverkningsgrad	>90 %	>60-80 %	Ej lagkrav >70 %
Kanalisolering	Isolering i kalla utrymmen (< +10°C)	< 0,2 W/m <sup>2</sup> K	< 0,3 W/m <sup>2</sup> K	Ej lagkrav < 0,3 W/m <sup>2</sup> K
Styrning	VAV		Behovsstyrning	

Beställargruppen lokaler (ett samarbete mellan Energimyndigheten och några av Sveriges mest framträdande fastighetsägare av lokaler) har tagit fram generella rekommendationer för nybyggnation av lokalbyggnader, att användas som ett hjälpmedel för kravformulering vid upphandling (BELOK 2011) (se tabell 2). Från byggnation av passivhus finns erfarenheter från nybyggnation av bostäder (Blomsterberg 2009) (se tabell 2).

Tabell 2 Rekommendationer för nybyggnation.

	Förklaring	Rekommendation flerbostadshus (Blomsterberg 2009)	Rekommendation lokalbyggnader (BELOK 2012)	Miniminivå
<b>Klimatskal</b>				Enl BBR 19, 9:92
U-värden	Yttertak	0,07 W/m <sup>2</sup> K	0,10 W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
	Yttervägg	0,10 W/m <sup>2</sup> K	0,10 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K
	Golv	0,10 W/m <sup>2</sup> K		0,15 W/m <sup>2</sup> K
	Fönster inkl. karm	0,80 W/m <sup>2</sup> K	1,00 W/m <sup>2</sup> K	1,20 W/m <sup>2</sup> K
	Ytterdörr	0,80 W/m <sup>2</sup> K	1,20 W/m <sup>2</sup> K	1,20 W/m <sup>2</sup> K
	Genomsnittlig värde för byggnadsdelar och köldbryggor		< 0,4	< 0,4 för bostäder < 0,6 för lokaler
Lufttäthetskrav	Tillåtet luftflöde vid ±50 Pa	≤ 0,3 l/s,m <sup>2</sup>	≤ 0,3 l/s,m <sup>2</sup>	Enl tidigare normkrav, ej lagkrav ≤ 0,8 resp. 1,6 l/s,m <sup>2</sup>
<b>Ventilation</b>				
FTX	Temperaturverkningsgrad	>90 %	>65-80 %	Ej lagkrav >70 %
Kanalisolering	Isolering i kalla utrymmen (< +10°C)		< 0,3 W/m <sup>2</sup> K	Ej lagkrav < 0,3 W/m <sup>2</sup> K

## Reduktion av kylbehov

Att undvika mekanisk kylning och för höga rumstemperaturer kan göras i tre steg (Bülow-Hübe 2011);

- Förhindra värmestillskott: använd solavskärmning, och försök minska interna laster
- Utjämma värmestillskotten: minska värmebelastningen genom att öka den termiska massan, t.ex. en betongvägg. Detta hjälper till att utjämma inre temperaturvariationer genom att höja eller sänka den strålningstemperaturen inne.
- Använd forcerad ventilation: Överskott värme kan lagras i byggmaterial med hög termisk massa och sedan transporteras bort med uteluftsventilation på natten.

Ventilationsstrategier som naturlig ventilation bör tillämpas under den varma årstiden, om möjligt med tanke på utomhusluftens kvalitet.

## Solavskärmning

Det mest effektiva sättet att undvika obehagligt höga rumstemperaturer och energikrävande mekanisk kylning i byggnader under den varma årstiden är att förhindra överskott av solvärme från att komma in i byggnaden med hjälp av solavskärmning (Bülow-Hübe 2011). Solavskärmning kan användas som antingen fasta, t.ex. överhäng, eller indragbara enheter i samband med fönster, t.ex. yttre persienner. En annan möjlighet är att använda glastyper med solskyddsfunktion. Fördelarna med rörliga solskydd är att solskyddet kan vara automatiskt och/eller manuellt och justeras efter behov. Nackdelen med fasta solskydd är att de alltid minskar dagsljus och solvärme, även när detta kan vara användbart för byggnaden för att t.ex. sänka värmebehovet. I allmänhet är yttre solskydd mer effektiva för att minska oönskad solvärmebelastning än inre solskydd. Solavskärmning mellan glasrutorna kan också vara ganska effektiva.

Fönster på öster- eller västerfasader är ofta orsaken till övertemperaturer på sommaren och är svåra att skugga utan att blockera solen, på grund av den låga vinkeln på solstrålningen. Problemet kan också vara stort på vintern, på grund av den låga vinkeln på solen som kommer under en fast solavskärmning såsom ett taksprång.

Avgörande för solskyddets funktion är vald konstruktionslösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

## Utgämning av värmestillskott

Det andra steget är att dämpa värmeöverskott genom att flytta värmeenergin i tiden, främst dag - natt, genom att använda termisk massa (Bülow-Hübe 2011). Tunga konstruktioner kan absorbera och lagra en del av värmen som kommer in genom fönstren. Lätta konstruktioner kan lagra mindre värme än tunga konstruktioner, och solinstrålning kan lättare orsaka övertemperaturer. Termisk massa i väggar och golv utsatt för direkt solstrålning är mest effektiv för inlagring av solvärme. Mörka färger absorberar mer energi än ljusa färger. Tjockleken hos massan är också av betydelse. I allmänhet har tjocklekar på termisk massa mer än 10-15 cm liten effekt (ref. SINTEF). Tekniken är ofta mest tillämpbar i klimat med stora dygnsvisa temperaturvariationer. Det är en fördel om viss svängning av rumstemperaturen accepteras av brukarna. De exponerade ytorna måste vara tillräckliga.

Vid renovering av en befintlig byggnad är det ofta tekniskt svårt att tillföra termisk massa. Dock kan det vara möjligt att installera PCM (fasändringsmaterial dvs. material

med hög energidensitet och som kan genomgå ett flertal fasändringar utan att prestandan försämras och därmed lagra eller avge termisk energi).

## Ventilation

Frikyla med uteluft kan bidra till att bli av med överskottsvärme (Bülow-Hübe 2011). Kylning av byggnaden under natten är effektiv om hög inre termiska massa föreligger som kan fungera som termisk buffertlagring under dagen. Således kan svalare nattluften då hjälpa till att kyla ner.

## Rekommendationer för ombyggnad och nybyggnation

Beställargruppen bostäder har tagit fram generella rekommendationer för ombyggnader av flerbostadshus, att användas som ett hjälpmedel för kravformulering vid upphandling (BeBo 2011) (se tabell 3). Beställargruppen lokaler har tagit fram motsvarande för lokalbyggnader (BELOK 2011) (se tabell 3).

Tabell 3 Rekommendationer för ombyggnad.

	Förklaring	Rekommendation flerbostadshus (BeBo 2011)	Rekommendation lokalbyggnader (BELOK 2012)	Miniminivå
<b>Solavskärmning</b>				
	Solfaktor		~0,4	

Beställargruppen lokaler har tagit fram generella rekommendationer för nybyggnation av lokalbyggnader, att användas som ett hjälpmedel för kravformulering vid upphandling (BELOK 2011) (se tabell 4).

Tabell 4 Rekommendationer för nybyggnation.

	Förklaring	Rekommendation flerbostadshus (BeBo 2011)	Rekommendation lokalbyggnader (BELOK 2012)	Miniminivå
<b>Solavskärmning</b>				
	Solfaktor		<0,3	

## Reduktion av elanvändning

Fokus i en byggnad med låg energianvändning bör vara att minska all energianvändning, inklusive elanvändning för tekniska installationer, belysning, kontorsutrustning och hushåll (Bülow-Hübe 2011). Detta görs genom att välja effektiv utrustning och säkerställa att utrustningen endast används när den verkligen behövs. Det sistnämnda kan innebära automatisk behovsstyrning och/eller ändra beteendet hos brukaren.

Vid renovering av en befintlig byggnad är det ofta tekniskt möjligt att byta ut tekniska installationer, belysning och hushålls/verksamhetsutrustning.

## **Eleffektiva fläktar, pumpar**

Elanvändningen för fläktar och pumpar kan minskas genom att tillämpa den senaste energieffektiva tekniken för att minska både installerad effekt och energianvändning under drift.

För att säkerställa låg elanvändning för ventilation kan ett antal åtgärder genomföras:

- Optimering av ventilationssystemets layout
- Val av fläkt med hög verkningsgrad
- Reduktion av tryckfall vid anslutning mellan fläkt och ventilationskanal
- Reduktion av tryckfall i ventilationskanalerna
- Val av effektiv teknik för reglering av luftflödet
- Begränsning av luftflöden och drifttider, utan att göra avkall på inneklimatet

För att säkerställa låg elanvändning för pumpar kan ett antal åtgärder genomföras:

- Optimering av systemlayouten
- Val av pump med hög verkningsgrad
- Val av effektiv teknik för reglering av vattenflödet
- Begränsning av vattenflöden och drifttider

## **Eleffektiv belysning**

Strategier som ökar dagsljus i byggnaden kan ha två effekter. Först, reduceras direkt energianvändning för belysning. Den andra effekten är en minskad inre värmekälla. Detta minskar internvärmes som är till hjälp under sommaren för att minska risken för övertemperaturer, men kan leda till en ökning av energianvändningen för uppvärmning under den kalla årstiden. Dagsljuspenetration in i en byggnad beror på och kan optimeras genom att använda rätt lösningar:

1. Fönster (typ, placering och orientering)
2. Glasrutor
3. Takfönster, ljusgårdar
4. Ljushyllor

I Norden finns det alltid ett visst behov av artificiell belysning under vintern på grund av den lilla mängd dagsljus som finns att tillgå på vintern. Belysningen som behövs bör tillhandahållas av lågenergilampor.

## **Eleffektiva hushållsapparater och kontorsutrustning**

För att minska användningen av el och för att minimera interna vinster under sommaren i mycket energisnåla byggnader, behövs de mest effektiva hushållsapparaterna och kontorsutrustningen. Energianvändningen för hushållsapparater och kontorsutrustning kan minskas genom att köpa och använda den senaste energieffektiva tekniken för att minska både installerad effekt och energianvändning under drift. Detta innebär vanligtvis att köpa apparater av energiklass A eller bättre.

## Rekommendationer för lågenergibyggnader

Beställargruppen bostäder har tagit fram generella rekommendationer för ombyggnader av flerbostadshus, att användas som ett hjälpmedel för kravformulering vid upphandling (BeBo 2011) (se tabell 5). Beställargruppen lokaler har tagit fram motsvarande för lokalbyggnader (BELOK 2011) (se tabell 5).

Tabell 1 Rekommendationer för ombyggnad.

	Förklaring	Rekommendation flerbostadshus (BeBo 2011)	Rekommendation lokalbyggnader (BELOK 2012)	Minimnivå
<b>Ventilation</b>				
FTX	SFP <sub>v</sub> : Lgh-aggregat Centralt-aggregat	< 1,5 kW/m <sup>3</sup> s < 1,3 kW/m <sup>3</sup> s	< 1,5-1,7 kW/m <sup>3</sup> s	Enl BBR 19, 9:95 2,0 kW/m <sup>3</sup> s
F + värmepump	SFP <sub>v</sub> (fläktaggregat)	< 0,8 kW/m <sup>3</sup> s		Enl BBR 19, 9:95 1,0 kW/m <sup>3</sup> s
<b>Uppvärmning</b>				
Pumpar	Energiklass	Energiklass A/EEI <0,23	25-50 % beroende på storlek	Energiklass C-B/EEI <0,27
<b>Eleffekt</b>				Ej lagkrav
	Belysning kontor		<9 W/m <sup>2</sup>	Lågenergi Lysrör med HF-don LED
	Belysning korridor	Lågenergi	<5 W/m <sup>2</sup>	Lågenergi Lysrör med HF-don LED
	Belysning källare	Lågenergi	<3 W/m <sup>2</sup>	Lågenergi Lysrör med HF-don LED
	Belysning driftutrymmen		<9 W/m <sup>2</sup>	Lågenergi Lysrör med HF-don LED
	Belysning bostäder	Lågenergi		Lågenergi Lysrör med HF-don



				LED
--	--	--	--	-----

Beställargruppen lokaler har tagit fram generella rekommendationer för nybyggnation av lokalbyggnader, att användas som ett hjälpmedel för kravformulering vid upphandling (BELOK 2011) (se tabell 6). För flerbostadshus anges rekommendationerna för ombyggnad (se tabell 6).

Tabell 2 Rekommendationer för nybyggnation.

	Förklaring	Rekommendation flerbostadshus ombyggnad (BeBo 2011)	Rekommendation lokalbyggnader (BELOK 2012)	Minimnivå
<b>Ventilation</b>				
FTX	SFP <sub>v</sub> : Lgh-aggregat Centralt-aggregat	< 1,5 kW/m <sup>3</sup> s < 1,3 kW/m <sup>3</sup> s	< 1,3 kW/m <sup>3</sup> s	Enl BBR 19, 9:95 2,0 kW/m <sup>3</sup> s
F + värmepump	SFP <sub>v</sub> (fläktaggregat)	< 0,8 kW/m <sup>3</sup> s		Enl BBR 19, 9:95 1,0 kW/m <sup>3</sup> s
<b>Uppvärmning</b>				
Pumpar	Energiklass	Energiklass A/EEI <0,23	25-50 % beroende på storlek	Energiklass C-B/EEI <0,27
<b>Eleffekt</b>				
	Belysning kontor		<9 W/m <sup>2</sup>	Lågenergi Lysrör med HF-don LED
	Belysning korridor	Lågenergi	<5 W/m <sup>2</sup>	Lågenergi Lysrör med HF-don LED
	Belysning källare	Lågenergi	<3 W/m <sup>2</sup>	Lågenergi Lysrör med HF-don LED
	Belysning driftutrymmen		<9 W/m <sup>2</sup>	Lågenergi Lysrör med HF-don LED
	Belysning bostäder	Lågenergi		Lågenergi Lysrör med HF-don LED

## Utnyttjande av passiv solenergi

För en byggnad med mycket låg energiförbrukning, är användningen av solenergi viktig (Bülow-Hübe 2011). Under framförallt hösten och våren kan passiva solvinster genom fönster ge ett anmärkningsvärt bidrag till uppvärmning i de nordiska länderna. Vinsterna under vintern är ofta små i de nordiska länderna, eftersom det finns lite solenergi tillgänglig på grund av de höga breddgraderna. Med rörlig solavskärmning kan solenergitillskotten styras för att undvika höga inomhustemperaturer under våren och hösten, och särskilt under sommaren.

De viktigaste parametrarna är valet av fönster och deras orientering och valet av solavskärmning.

Det mest effektiva sättet att utnyttja solvärme är att optimera byggnaden för vintern och skydda byggnaden från alltför mycket solvärmestillskott hela sommaren genom rörlig solavskärmning.

## Kontroll och visning av energianvändning

### Värmesystem

När en byggnad är mycket välisolerade och värme återvinns från ventilationen är det trots allt sannolikt att det fortfarande finns en efterfrågan på uppvärmning på våra nordliga breddgrader (Bülow-Hübe 2011). Utmaningen att då leverera och fördela de små mängder värme som behövs i en lågenergibyggnad. Ett värmedistributionssystem behövs, liksom en värmekälla.

I ett lågenergihus, är uppvärmningsbehovet ofta så begränsat att uppvärmningen framförallt i bostäder kan ske med endast tilluften, även om luft har en begränsad värmekapacitet och därför inte kan bära någon större mängd värme. I många lågenergihus som passivhus är luftflödet i ventilationssystemet ofta tillräckligt stort för att bära den mängd värme som behövs. Vissa lågenergihus värms av en eller två radiatorer per lägenhet.

Värmepumpar kan vara en effektiv värmekälla. Dessa rekommenderas att ha ett COP-värde (värmefaktor) högre än 3,0. Värmepumparna är antingen mark-till-vatten, luft-till-luft eller luft-till-vatten värmepumpar. Mark-till-vatten och luft-till-vatten värmepumpar kan användas antingen för tappvarmvatten eller uppvärmning eller båda. Luft-luft värmepumpar kan ge uppvärmning. Värmepumparna måste ha tillräckligt låg uteffekt för en lågenergibyggnad.

Tappvarmvattenarmaturer, som är energieffektiva bör användas. Sådana kranar finns sedan ett par år, vilket garanterar en minskad användning av varmvatten.

Avgörande är även här vald teknisk lösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

### Kompaktaggregat

En lågenergibostad måste ha ett aggregat med värmeåtervinning (Bülow-Hübe 2011). Ofta värms tilluften för att ge den enda uppvärmningen. En möjlighet är att installera en liten värmepump, vilket som energikälla använder frånluften efter värmeväxlaren. Denna luft är minst varmare än luften utomhus. Om även utomhusluften förvärms i en

kanal/rör nedgrävda i marken, kommer temperaturen på frånluften sällan att vara låg. Ett system som detta kan ge ventilation, uppvärmning och varmvatten.

## Styrssystem

Styrssystem, som är lämpliga för lågenergibyggnader måste användas (Bülow-Hübe 2011). Dessa system är i stånd att styra de små mängder av uppvärmning som krävs i en lågenergibyggnad. Ingen värme ska förlösas och termisk komfort bör garanteras, förutsatt att byggnaden är väl isolerad och lufttät, vilket normalt är fallet för en lågenergibyggnad. Användargränssnittet ska vara användarvänligt. Systemet bör också visa inomhustemperaturen, energianvändningen för uppvärmning, varmvattenberedningen, fastighetsel och hushållsel. Detta för att kunna följa upp energianvändningen och veta om byggnaden fungerar som förväntat.

Avgörande är även här vald teknisk lösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

## Varmvattenberedning

Varmvattenberedare, med låga tomgångsförluster ska installeras. Tomgångsförluster under sommaren är till liten nytta. Helst värms varmvatten med solfångare. I de nordiska länderna upp till 50% av den årliga efterfrågan levereras av solenergi. Ytterligare åtgärder för låg energianvändning för tappvarmvatten är:

- Snålspolande armaturer
- Individuell mätning och debitering
- Varmvattencirkulation med rätt temperatur (50 – 60 °C), välisolerade rördragningar, rätt flöde och energiklass A cirkulationspump.

Det finns även möjlighet till värmeåtervinning på avloppsvattnet, dock är inte verkningsgraden bättre än 20-30 %. En ny produkt är duschvärmeväxlare, som kan återvinna 40 %.

Avgörande är även här vald teknisk lösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

## Rekommendationer för ombyggnad och nybyggnation

Beställargruppen *bostäder* har tagit fram generella rekommendationer för ombyggnader av flerbostadshus, att användas som ett hjälpmedel för kravformulering vid upphandling (BeBo 2011) (se tabell 7). Beställargruppen *lokaler* har tagit fram motsvarande för lokalbyggnader (BELOK 2011) (se tabell 7).

Tabell 7 Rekommendationer för ombyggnad.

	Förklaring	Rekommendation flerbostadshus (BeBo 2011)	Rekommendation lokalbyggnader (BELOK 2012)	Miniminivå
<b>Ventilation</b>				
F + värmepump	Värmepump COP <sub>värme</sub>		Ej aktuellt	Ej lagkrav

	Vid 0°C/35°C Vid 0°C/55°C	≥ 4,3 ≥ 3,3		≥ 4,0 ≥ 3,0
<b>Uppvärmning</b>				
Individuell mätning	Tappvarmvatten		Ej aktuellt	Ej lagkrav ännu
<b>Styr, regler och övervakning</b>				
Flödesbilder	Övervaknings-möjligheter	Operatörspanel med uppkoppling mot huvuddator	Se Kravspecifikationer Styr- och övervakningssystem (BELOK 2006)	Ej lagkrav Lokalt placerad operatörspanel med dynamiska flödesbilder
Styr & regler-system		Öppna system om kan byggas samman, övervakning/styrning dessutom av belysning, larm	Se Kravspecifikationer Styr- och övervakningssystem (BELOK 2006)	Ej lagkrav Enhetligt system för värme + ventilation Övervakning/styrning även av energi- och vattenmätare
Mätsystem	Möjlighet till avläsning och summering av till byggnaden levererade energimängder (kWh)	Separat mätning för: <ul style="list-style-type: none"> <li>- uppvärmning</li> <li>- komfortkyla</li> <li>- tappvarmvatten</li> <li>- fastighetsel</li> <li>- varmvatten-cirkulation</li> <li>- undermätare i lokaler</li> </ul>	Se Kravspecifikationer Styr- och övervakningssystem (BELOK 2006)	Enl BBR 19, 9:96 Byggnaders energianvändning ska om det inte finns synnerliga skäl kontinuerligt kunna följas upp genom ett mätsystem.  Mätsystemet ska kunna avläsas så att byggnadens energianvändning för önskad tidsperiod kan beräknas.

Beställargruppen lokaler har tagit fram generella rekommendationer för nybyggnation av lokalbyggnader, att användas som ett hjälpmedel för kravformulering vid upphandling (BELOK 2011) (se tabell 8). För flerbostadshus anges rekommendationerna för ombyggnad (se tabell 8).

Tabell 8 Rekommendationer för nybyggnation.

	Förklaring	Rekommendation flerbostadshus (BeBo 2011)	Rekommendation lokalbyggnader (BELOK 2012)	Miniminivå
<b>Ventilation</b>				
F + värmepump	Värmepump COP <sub>värme</sub>		Ej aktuellt	Ej lagkrav

	Vid 0°C/35°C Vid 0°C/55°C	≥ 4,3 ≥ 3,3		≥ 4,0 ≥ 3,0
Värmepumpar	COP <sub>värme</sub> Vid 0°C/35°C Vid 0°C/55°C		≥ 4,3 ≥ 3,3	
<b>Uppvärmning</b>				
Individuell mätning	Tappvarmvatten		Ej aktuellt	Ej lagkrav ännu
<b>Styr, regler och övervakning</b>				
Flödesbilder	Övervaknings-möjligheter	Operatörspanel med uppkoppling mot huvuddator	Se Kravspecifikationer Styr- och övervakningssystem (BELOK 2006)	Ej lagkrav Lokalt placerad operatörspanel med dynamiska flödesbilder
Styr & regelsystem		Öppna system om kan byggas samman, övervakning/styrning dessutom av belysning, larm	Se Kravspecifikationer Styr- och övervakningssystem (BELOK 2006)	Ej lagkrav Enhetligt system för värme + ventilation Övervakning/styrning även av energi- och vattenmätare
Mätsystem	Möjlighet till avläsning och summering av till byggnaden levererade energimängder (kWh)	Separat mätning för: <ul style="list-style-type: none"> <li>- uppvärmning</li> <li>- komfortkyla</li> <li>- tappvarmvatten</li> <li>- fastighetsel</li> <li>- varmvatten-cirkulation</li> <li>- undermätare i lokaler</li> </ul>	Se Kravspecifikationer Styr- och övervakningssystem (BELOK 2006)	Enl BBR 19, 9:96 Byggnaders energianvändning ska om det inte finns synnerliga skäl kontinuerligt kunna följas upp genom ett mätsystem.  Mätsystemet ska kunna avläsas så att byggnadens energianvändning för önskad tidsperiod kan beräknas.

## Val av energikälla

Av betydelse vid val av energikälla är storleken på växthusgasutsläppen från energikällan och användningen av primärenergi energikällan ger upphov till (Bülow-Hübe 2011). Detta innebär att förnybara energikällor bör övervägas.

I en låg energibyggning är behovet av uppvärmning mycket lågt. En stor del av uppvärmningen i en lågenergibostad kan vara uppvärmningen av tappvarmvatten, vilket företrädesvis kan ske genom solenergi. I Norden kan minst hälften av den energi som behövs för varmvattenberedning täckas med solenergi dvs. solfångare på t.ex. taket.

Det finns en rad av förnybara energikällor som kan användas för uppvärmning och elproduktion, t.ex. biobränsle, solceller, som har en låg påverkan på miljön.

Det finns även möjlighet till värmelagring utanför byggnaden i form av borrhålslager, akvifärer eller stora vattentankar.

Avgörande är även här vald teknisk lösning och det praktiska utförandet på byggplatsen.

## **Energianvändning på byggplatsen**

Under byggproduktionen på en byggplats används energi. Enligt en specialstudie använde byggsektorn under år 2004 totalt 5 TWh energi, där den största enskilda användaren var transportfordon, 1,6 TWh. Totalt gick det åt 0,7 TWh el (Norrman 2010). Studier visar att 70 % av all elanvändning vid byggproduktion av flerbostadshus går åt till uppvärmning av byggbodar och byggbelysning. Relativt enkelt skulle elanvändningen på byggarbetsplatser kunna minskas med 20-30 %. Detta kan göras genom bl.a. val av metoder och teknik, förhållningssätt och löpande uppföljning. Idag är energieffektivisering på byggarbetsplatsen inget krav från beställaren, men kan bli inom en snar framtid.

## **Referenser**

BeBo, 2011, Energirelaterade godhetstal för flerbostadshus - Ombyggnad, [http://www.bebostad.se/documents/Projekt/Godhetstal/BeBos\\_energirelaterade\\_godhetstal\\_ombyggnation\\_111219.pdf](http://www.bebostad.se/documents/Projekt/Godhetstal/BeBos_energirelaterade_godhetstal_ombyggnation_111219.pdf)

BELOK, 2006, Kravspecifikation för styr- och övervakningssystem – Komplement, <http://www.belok.se/docs/kravspec/styr.pdf>.

BELOK, 2011, Energikrav för lokalbyggnader, Version 3, Augusti 2011, <http://www.belok.se/docs/kravspec/Energikrav-11-09-06.pdf>

Blomsterberg, Å, 2009, Lågenergihus - En studie av olika koncept, Energi och ByggnadsDesign, Institutionen för arkitektur och byggd miljö, Lunds universitet, Lunds tekniska högskola, Rapport EBD-R--09/28.

Bülow-Hübe, H., Blomsterberg, Å., 2011, Important design aspects of very low energy buildings, NorthPass – Promotion of the Very low-energy house Concept to the North European Building Market, Project IEE/08/480/SI2.528386, <http://northpass.ivl.se/>.

Dokka, T.H., & Hemstad, K. (2006). Energieffektive boliger for framtiden – en håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger. IEA SHC Task 28/ECBCS Annex 38 Sustainable Solar Housing, SINTEF Building and Infrastructure.

Johansson, T., Ulfsson, V., 2010, Lufttätthet i småhus – En inventering av leverantörer, metoder och produkter, examensarbete, Lunds Universitet, Bygg- och miljöteknologi/Byggnadsmaterial.

Norrman, J., 2012, Energieffektiv Byggarbetsplats – energisparande i byggskedet på arbetsplatsen – Verktyg för planering, genomförande och uppföljning, International Management Consulting Group.

Sikander, E., Ruud, S., 2010, Teknik- och systemlösningar för lågenergihus. En översikt. SP Rapport 2011:68.

SINTEF, 2012, Very Low-Energy Houses in Northern Europe, Deliverable D17, NorthPass – Promotion of the Very low-energy house Concept to the North European Building Market, Project IEE/08/480/SI2.528386, <http://northpass.ivl.se/>.