

Passivhus för skolor och förskolor



Sveriges
Kommuner
och Landsting



Passivhus för skolor och förskolor

Upplysningar om innehållet:
Magnus Kristiansson, SKL
08-45279 33, magnus.kristiansson@skl.se

© Sveriges Kommuner och Landsting, 2011
ISBN 978-91-7164-657-6
Text: Eje Sandberg ATON Teknik AB
Omslagsfoto: Tyréns
Foto inlaga: sid 23, 40 41 (övre):Tyréns;
övriga Eje Sandberg, där ej annat anges
Produktion: forsbergvonessen
Tryck: Modintryckoffset

Förord

Energikostnaderna ökar och har blivit en betungande post i fastighetsförvaltningen.

Senast 2019 ska enligt ett EU-direktiv krav införas inom alla medlemsländer på att offentliga byggnader som uppförs minst ska uppfylla kriterier för ett "nästan nollenergihus". Två år senare ska även alla privata byggnader som uppförs klara dess krav.

Det är alltså en mycket snabb utveckling som krävs inom byggbranschen för att klara dessa mål. Dessbättre har redan nu ett antal byggnader uppförts inom Europa och även i Sverige som kan betecknas som passivhus, dvs. byggnader med mycket låga värmeförluster.

Byggkostnaderna ökar visserligen för dessa projekt, men inte mer än vad som kan försvaras i ett förvaltningsperspektiv. Däremot finns ett kunskaps hinder. Hur ska man egentligen göra för att bygga denna typ av byggnader? Vad finns det för problem och vad finns det för lösningar?

Denna rapport är till för att ge ett stöd i byggprocessen för dem som avser att bygga skolor och förskolor enligt passivhuskriterierna. Den riktar sig därmed till beställare och dess projektledare, till energisamordnare och till företrädare för de olika fackområden som berörs.

Projektet har initierats av Sveriges Kommuner och Landstings FoU-fond för fastighetsfrågor.

Skriften är författad av Eje Sandberg ATON Teknikkonsult AB. Till sin hjälp har författaren haft en styrgrupp som medverkat i arbetet, bistått med material och lämnat värdefulla synpunkter. Styrgruppen har bestått av: Guido Hjorthemer, FABS Alingsås, Bo Göransson, Västerås stad, Barbro Änges, Armada Fastighet AB, Lars Dahlén, Umeå kommun.

Ulf Sandgren har på uppdrag av Sveriges kommuner och landsting varit projektledare.

Stockholm i mars 2011

Gunilla Glasare och Göran Roos
Sveriges Kommuner och Landsting
Avdelningen för tillväxt och samhällsbyggnad

Innehåll

6	Sammanfattning
8	Kapitel 1. Varför passivhus?
14	Kapitel 2. Vad är passivhus?
19	Kapitel 3. Utgångspunkter
19	Energi- och miljömål
22	Arkitektur och estetik
24	Verksamhet och planeringsförutsättningar
32	Kapitel 4. Erfarenheter från genomförda projekt
32	Tillbyggnad av skola, Hjörning Danmark
35	Marienlyst skola, Norge
37	Vargbroskolan, Storfors kommun
41	Förskola Skogslunden, Österåkers kommun
46	Stadsskogens förskola, Alingsås
48	Förskola, Apladalen, Värnamo.
51	Kapitel 5. Entreprenadformer
53	Kapitel 6. Energikrav och uppföljningssystem
56	Verifikat
58	Kapitel 7. Teknik och konstruktionslösningar
58	Verksamhetens energianvändning
59	Klimatskal
65	Ventilation
70	Belysning
74	Solskydd och sommarkomfort
77	Värmedistribution
78	Solfångare och produktionssystem
79	Pumpar
80	Värmeåtervinning ur spillvatten
80	Varmvattenblandare
81	Rörisolering
82	Hiss
82	Torkutrustning

84	Kapitel 8. Beräkningsstöd
86	Kapitel 9. Från idé till bygghandling
94	Kapitel 10. Programkrav - energi
95	Byggnadsnivå
97	Energirelaterade innemiljöparametrar
101	Systemdelsnivå
102	Steg 1.
103	Steg 2.
107	Belysning
109	Värmesystem
109	Värmeproduktion
111	Pumpar i värmesystem
111	Värmeåtervinning ur spillvatten
111	Varmvattenblandare
112	Rörisolering
112	Hiss
112	Torkutrustning

Sammanfattning

Denna rapport syftar till att ge byggherren och dennes arkitekter och konsulter ett stöd för att bygga skolor och förskolor som passivhus. Tanken är att denna rapport ska både fungera som en inspirationskälla och som en mer handfast guide för passivhusbyggande. Förhoppningsvis leder detta till att det blir både enklare att fatta beslut om att bygga i passivhusutförande och att det slutgiltiga resultatet blir riktigt bra.

Den snabba utvecklingen av energieffektiva fönster i norden, högeffektiva värmeåtervinningssystem och bättre kunskaper om byggmetoder för bättre isolering och energieffektivt byggande gör det idag möjligt att med god förvaltningsekonomi dramatiskt sänka energikostnaderna vid nyproduktion. Senast om 10 år är det "nästan nollenergihus" som kommer bli minimistandarden.

Att börja skaffa kunskaper och egna erfarenheter från sådant byggande idag är en god idé eftersom på sikt allt byggande måste ge så energieffektiva byggnader som möjligt.

Den här rapporten är uppbyggd på i princip fyra delar;

- › Inledande orientering om lokalbyggnaders energianvändning, samt förståelse för vad passivhus är och dess speciella egenskaper (kap 1-2). Vidare vad byggherren och programgruppen bör ha med i sina planeringsförutsättningar för att projektet ska bli enkelt att genomföra och inte gå i fallgropar beroende på att man tänker i gamla spår (kap 3). Detta handlar mycket om byggnadens övergripande egenskaper som dess utformning, uppglasning och värmesystem.
- › I kapitel 4 ges detaljerade beskrivningar av tre skolbyggnader och tre förskolebyggnader. En av skolbyggnaderna är inte byggt enligt passivhus-tanken, men ger ändå intressanta erfarenheter och ligger på en mycket låg nivå för köpt energi. Två av förskolebyggnaderna uppfyller inte kriterierna

för passivhus, men är byggda enligt passivhustanken och ger på olika sätt ändå erfarenheter vi kan ha nytta av. Alla dessa exempel på energieffektiva byggnader ger konkreta erfarenheter och uppslag som kan vara av intresse för många.

- › I kapitel 7 ges en ingående teknisk beskrivning av konstruktionslösningar och installationslösningar, samt beskrivning av andra systemdelar som har stor betydelse för ett lyckat passivhusprojekt. Exempelen är delvis hämtade från de byggnader som redovisas i kapitel 4 men också från andra projekt. Detta kapitel innehåller också den orienterande teknikbeskrivning som gör att de detaljerade programkravsbeskrivningarna i kapitel 10 blir enklare att förstå.
- › Kapitel 10 utgör en konkret checklista på alla de programkrav som kan vara aktuella att ta ställning till och utgör därmed ett stöd i program- eller systemskedet så att inte väsentliga energiaspekter tappas bort. Avsnittet är delvis skrivet som en ikryssningslista för att snabbt kunna ringa in de programkrav som byggherren vill ha med. Självklart är det fritt att välja eller ändra i denna lista. För att göra detta kapitel någorlunda koncentrerat har merparten av orienterande och förklarande delar förlagts till kapitel 7. Men för att inte göra den helt obegriplig finns vissa kommenterande texter direkt i anslutning till vissa av programkraven. En viss upprepning av innehållet i kapitel 7 och kapitel 10 kan därmed inte undvikas, men där kapitel 10 kan vara ett operativt användbart styrdokument om dess innehåll förs över till projektets övriga styrdokument. För att kunna göra detta enkelt kommer kapitel 10 också att finnas som ett nerladdningsbart Word-dokument¹.

Övriga kapitel handlar mer om hur formerna för projekten kan drivas (kap 5 entreprenadformer), kvalitetsstyras (kap 6 energikrav och uppföljningssystem, kap 9 från idé till bygghandling) och energikalkyleras (kap 8).

¹ Finns under rapporter på Aton Teknikkonsults hemsida www.aton.se

Varför passivhus?

Intresset för att bygga energieffektiva byggnader är idag väldigt stort, både på politisk nivå och hos fastighetsägare och förvaltare. Motiven är flera: Energipriserna har gått upp kraftigt och därmed är det kostsamt att förvalta byggnader som uppförs med dåliga BBR-prestanda. Klimat- och miljöproblematiken oroar och därför kommer frågorna allt högre på den politiska agendan. I maj 2010 antog EU direktivet 2010/31/EU om energideklarationer, mm. Där anges också att medlemsländerna ska tillse att alla nya byggnader från och med 2021 är nära nollenergibyggnader. För offentliga sektorn ska kravet gälla från 2019. Länderna ska även upprätta planer för hur de ska nå dit.



Att skapa förutsättningar för byggande av energieffektiva hus blir en viktig politisk utmaning framgent.
Illustration: Arne Wittstrand.

Erfarenheterna från de energieffektiva byggnader som uppförts hittills inom Europa har varit lovande. Teknik och komponenter för energieffektivt byggande har kommit fram i rask takt. De två största värmeförlusterna i en byggnad har varit genom fönster och ventilation. Här ger dagens produkter mycket bättre prestanda än tidigare. Därför är det inte svårt att bygga mycket energieffektivt, men det underlättar om man tar del av de erfarenheter som finns. Därav denna rapport. Med mycket energieffektivt menas i denna rapport minst en halvering av dagens minimikrav enligt Boverkets byggregler (BBR) vilket innebär minskning av uppvärmningsenergin med ungefär tre fjärdedelar.

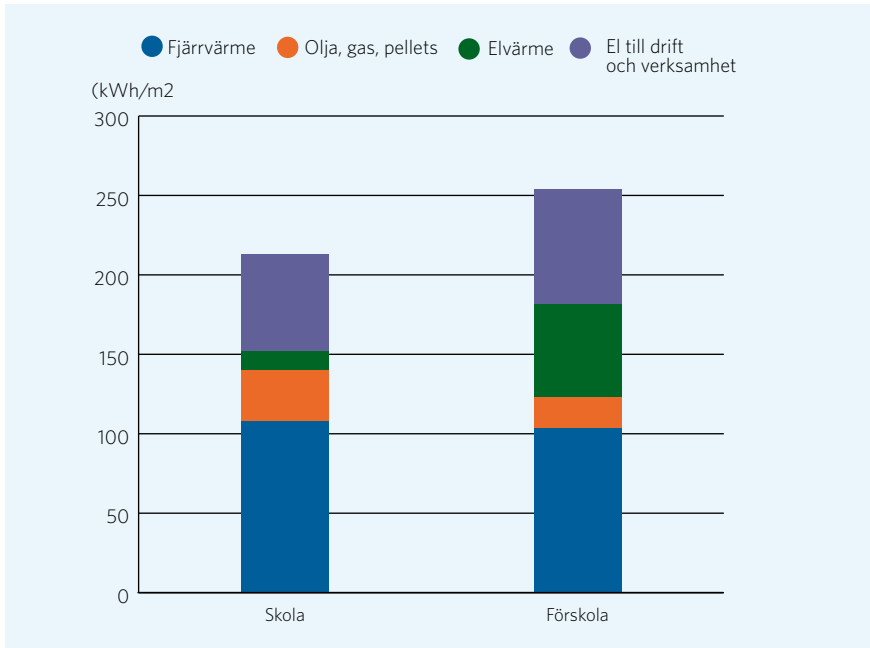
En byggnad består av många olika delsystem och det är många detaljer som ska komma på rätt plats. Att överföra kunskap, utbilda aktörer inom branschen och få igång lokala referensanläggningar är en viktig uppgift för att visa att energieffektivt byggande inte är så märkvärdigt. Viktigt därför att några måste börja så att fler kan komma efter. Och då snart alla offentliga byggnader ska uppföras som ”nästan nollenergihus” är det viktigt att vi redan nu får igång läroprocessen.

Det har varit tacksamt för dem som vågat ta klivet att bygga passivhus. De har visserligen krävt mer engagemang från beställare, konsulter och byggtreprenörer, men redan vid dagens energipriser är passivhusprestanda ett ekonomiskt motiverat val. Och vartefter vi lär oss hittar vi allt mer kostnadseffektiva lösningar, bättre produkter kommer fram och konkurrensen hos aktörerna ökar. Då blir det ännu lönsammare. Man skulle kunna påstå att vi egentligen inte har råd i Sverige att inte snabbt sätta igång denna utveckling nu, att lägga lite extra pengar och lite extra omsorg på de byggnader som uppförs. Då kan de utgöra modeller för framtidens byggande.

Hittills har passivhusbyggande främst omfattat bostadsbyggnader. En del skeptiker till passivhusbyggande för lokaler menar att vi har så mycket överskottsvärme från verksamheten att det inte lönar sig att isolera mer. Mer isolering skulle då bara öka behovet av klimatkyla. Visst är verksamhet i lokaler mer energiintensiva än rent boende, men oftast är verksamheten begränsad till dagtid vardagar. Det innebär att under resterande 65% av veckans timmar finns ingen verksamhet och därmed borde det heller inte finnas någon överskottsvärme som värmer byggnaden. Tyvärr gäller fortfarande att bortkoppling av belysning och apparater under icke arbetstid inte har någon automatiserad styrning, men det är något som kommer.

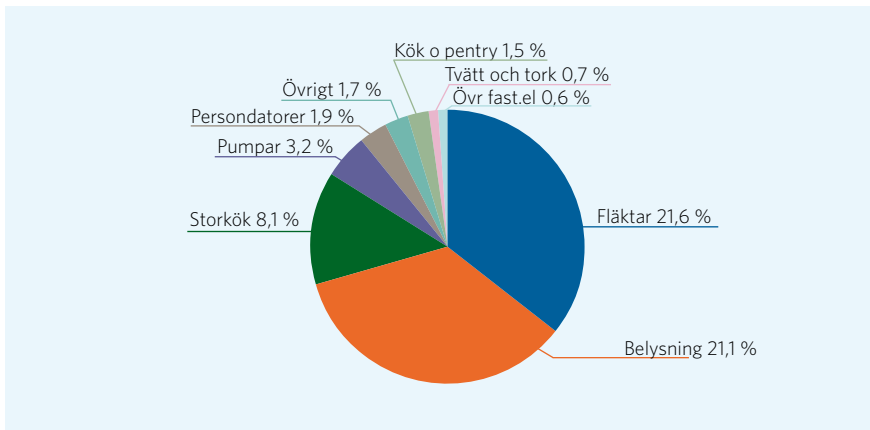
Förutom energi för uppvärmning har också teknik för belysning och ventilation utvecklats så att betydligt eleffektivare drift är möjlig. Det minskar överskottsvärmen och värmebehovet ökar ytterligare. Ser vi till elanvändningen i det befintliga beståndet av skolor och förskolor är visserligen elanvändningen hög, men också värmebehovet, se figur 1.2.

FIGUR 1.2. Energiförsörjning till befintliga skolor och förskolor. Källa: STIL 2006.



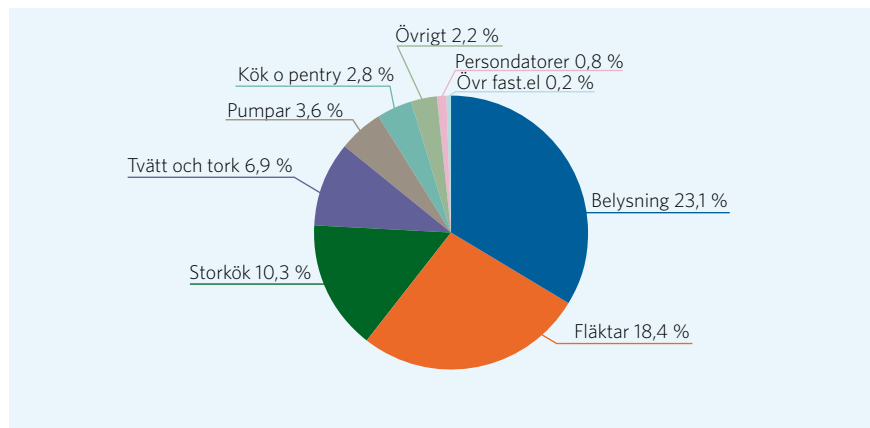
Av verksamhetens elanvändning i skolor är det främst belysning och kontorsutrustning som ger bidrag till uppvärmningen och är då ett ganska begränsat tillskott, se figur 1.3.

FIGUR 1.3. Elanvändningens fördelning på olika användningsområden i skolor. Källa: STIL 2006.



Av förskolans verksamhet är det huvudsakligen belysning som ger överskotts-
värme, se figur 1.4.

FIGUR 1.4. Elanvändningens fördelning på olika användningsområden i förskolor. Källa: STIL 2006.



Väl genomarbetade installationslösningar kan dessutom mer än halvera dessa tal för belysning liksom för eldrifter av byggnaden, som pumpar och fläktar. I Vargbroskolan (se sid 37) lyckades man få ner elanvändningen för byggnadens drift (fastighetsel) och skolans verksamhet till under 30 kWh/m². Det finns alltså klara skäl att bygga energieffektivt i denna typ av lokaler.

Men även effektivare installationer kräver medvetna val och att dialogen mellan byggare, förvaltare och verksamhetsansvariga utvecklas så att rätt mängd ljus och rätt mängd luft erhålls, dvs. system som är följsamma till verksamhetens varierande behov.

Att välja energieffektiva lösningar är därför också att våga välja nya lösningar och andra lösningar än vad man tidigare valt. Det innebär att man också måste våga välja lösningar som inte alltid är så väl beprövade. Denna rapport är dock till för att minimera riskerna att välja fel genom att sammanställa de erfarenheter som nu finns.

Först efter att vi fått ner energianvändningen radikalt är det möjligt att sikta på noll-energihus, där solceller och solvärmesystem kan leverera energi under delar av året för att kompensera inköp under andra delar. Hur kan byggnadens utformning och orientering bäst möjliggöra installation av solceller och solvärmesystem? I denna rapport avgränsas dock sammanställningen till passivhuslösningar, dvs. byggnadens energianvändning.

Hur ska vi då tackla det befintliga byggnadsbeståndet. Jo, troligen kan vi få stor nytta av den kunskap, och av de system och komponenter som utvecklas

för passivhusbyggandet. En hel del av detta kan sedan appliceras på det befintliga beståndet.

Intresset för passivhus har nu slagit igenom och passivhusprojekt har förverkligats, främst inom bostadssektorn. En ungefärlig uppskattning av nuläget i Sverige är att passivhusbyggandet omfattar ca 50 småhus och 2.800 lägenheter² i radhus och flerbostadshus vad avser redan byggda, planerade eller projekt under pågående projektering. Av dessa är ca hälften färdigställda.



Lågenergihus i Hammarby Sjöstad.

Än så länge finns det få offentliga verksamhetslokaler som är byggda som passivhus, men ca 10 olika projekt pågår som omfattar skola, äldreboende, förskola och kontor.

Byggande av passivhus är en enkel byggteknik, men med höga krav på kvalitet, hantverk och material. Husen ska vara täta med extra tjock isolering. Det får inte förekomma fukt i byggmaterial. Frånluften värmer tilluften i en värmeväxlare. Många passivhus som inte är fjärrvärmade har solfångare för varmvatten.

Passivhusbyggandet förutsätter också utbildning av inblandade, såväl byggarbetare som driftspersonal.

² Uppgifter från Passivhuscentrum i Alingsås

Västerås, Linköping, Malmö, Stockholm, m.fl. har angett egna energikrav för byggande på kommunens mark via exploateringsavtalen för att få fart på utvecklingen och få fram kunskaper om energieffektivt byggande. Kravnivån har varit på passivhusnivå för vissa delområden (Malmö, Stockholm), eller också gäller kraven minienergihus, som ligger på en nivå mellan passivhus och kraven i BBR, men med samma metodik som för passivhus.

Hur blir ekonomin?

Att bygga väsentligt bättre än tidigare innebär att de första byggnaderna belastas med läro kostnader. Det gäller arkitekter som måste förstå vilka förutsättningar i byggnadens form och vilka detaljlösningar som gynnar energieffektivt byggande. Fler detaljritningar måste ritas för att vägleda byggarna hur detaljer ska utformas så att byggnaden blir tät och att köldbryggor undviks. Konstruktören måste räkna både på U-värden och köldbryggor och hitta optimala lösningar. Det tar alltså mer tid inte bara att rita de första byggnaderna utan också att uppföra dem. Speciellt är det täthetskraven som ökar hantverkstiden. Erfarenheterna visar att denna mertid är initial, t.ex. på den första byggnaden om fler byggnader uppförs.

Sen krävs mer isolering, men det är en liten kostnad. Däremot kan höga markkostnader innebära att 10 cm tjockare vägg ger en mindre byggyta att slå ut markkostnaderna på. Byggrätter och detaljplaner bör alltså utformas så de inte missgynnar lågenergihus.

De merkostnader som här nämnts blir väsentligt större för små objekt jämfört med stora objekt. För flerbostadshus med 100 lägenheter erhålls en merkostnad på 1,5 – 3% procent. Då kan det energieffektiva valet ge lägre hyreskostnad redan första månaden. För mindre byggprojekt kan dessa merkostnader uppgå till 5 – 10% och i sämsta fall kräva en återbetalningstid som svarar mot byggnadens hela avskrivningstid. Detta vid dagens energipriser, så det kan ses som en försäkring gentemot framtida energiprishöjningar. Men högre initiala byggkostnader kräver dock extra finansiering.

Vartefter byggandet av passivhus blir allmän kunskap och vartefter komponenter och byggsystem anpassats till den nya marknaden, så kommer de angivna merkostnaderna radikalt att sänkas. Där är vi ganska snart om bara byggandet av passivhus kommer igång på bred front.

Vad gäller merkostnaderna för lokalbyggnader i passivhusutförande är det mindre studerat. Här krävs normalt ett värmeåtervinningssystem och därmed ett lufttätt klimatskal under alla förhållanden, så det handlar mer om optimering, minimering av köldbryggor, val av bättre fönster och mer isolering. I princip handlar det bara om att göra ett bättre jobb och välja bättre komponenter.

Vad är passivhus?

Det finns en rad olika begrepp för byggnaders energianvändning som är lägre än Boverkets minimikrav (BBR).

Här finns de som uttrycker energikraven enligt BBRs begrepp energiprestanda, som SIS standard för energiklassning och miljöklassad byggnad.

Sen finns begrepp för byggnader som både har bra energiprestanda och samtidigt kvalitetsstyrts för vissa energirelaterade parametrar (buller från ventilationssystem, låga fönster U-värden, täthet och innetemperatur sommarperioden) så som passivhus, minienergihus och plusenergihus. Plusenergihus är byggnader som uppfyller kriterierna för Passivhus och därutöver har egen producerad energi (t.ex. solceller) som över året genererar minst lika mycket som man själv köper in på årsbasis, men med hänsyn tagen till energislagens viktade värde.

Det finns några olika kriterieuppsättningar för passivhus. De internationellt mest tillämpade är kriterierna som utvecklats av Passivhusinstitutet i Tyskland (PHI) och är bundna till ett specifikt beräkningsprogram PHPP. Sen har vi nationellt anpassade kriterier i Norge och i Sverige som bägge är anpassade till våra respektive byggregler och klimatförhållanden. Det finns en rapport om hur de svenska kriterierna skiljer sig³ från PHIs, men här redovisas enbart de svenska.

De svenska kriterierna finns dokumenterade mer i detalj i kriteriedokumentet för passivhus (se not 2) utgivet av Forum för energieffektiva byggnader (FEBY). I dokumentet finns också detaljerade anvisningar för beräkningsmetodiken. Dessa riktar sig till beräkningsingenjörer och det räcker med att referera till detta dokument. Vidare finns det beräkningsstöd redan anpassade till FEBYs beräkningsmetodik som kan användas, se kapitel 8.

Den gemensamma definitionen för såväl det svenska som det internationella passivhusbegreppet är att byggnadens värmeförluster ska vara så låga att byggnaden kan värmas med det luftflöde vi ändå behöver tillföra för mänsklig

3 FEBY. Kriteriejämförelse av Passivhus enligt PHI och FEBY, 2009.

verksamhet. Därmed är det möjligt att slopa ett distributionssystem och på så sätt förenkla och sänka kostnaderna för byggandet så att det jämnar ut sig med kostnaderna för mer isolering. Men den tekniska utformning är helt fri. Är det lämpligt att förse några eller flera av byggnadens rum med kompletterande radiatorer så går det bra.

Kriterierna är uppdelade på krav på:

- › högsta acceptabla värmeeffektbehovet (skallkrav)
- › högsta acceptabla årsenergibehovet (börkrav)

Därutöver finns funktionskrav på U-värde för fönster, att mätning skall vara möjligt, mm. Det låga U-värdet för fönster ska garantera ett bra inneklimat utan strålningsasymmetri.

Denna rapport beskriver förutsättningar, mm utifrån de svenska kriterierna för passivhus om inget annat sägs. Detta hindrar dock inte att bilder ges även på byggnader som uppförts enligt de internationella kriterierna eller på byggnader som uppförts i Sverige med passivhussystem, även om de inte klarar dagens kriterier.

Minimerat värmeeffektbehov

Att de svenska kriterierna ännu bara har skallkrav på värmeeffektbehovet beror på att detta är det viktigaste kravet för att säkra utvecklingen av energieffektiva byggnader och att byggnaden garanterat då får minimala värmebehov. Med enbart krav på köpt energi kan en dåligt isolerat klimatskal döljas av vissa installationslösningar, t.ex. inslag av värmepumpar eller att verksamheten ger mycket överskottsvärme på grund av ineffektiva elkrävande apparater.

FIGUR 2.1. Effektkrav för värme (W/m^2) säkrar en byggnad med små förluster. Effektbehovet beräknas för den kallaste perioden. Bild: Passivhuscentrum.



Effekt- och energikrav för lokaler är samma som för bostäder. Det innebär för en byggnad i den södra klimatzonen, ett värmeeffektbehov på högst $10 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$ vid dimensionerande utetemperatur. Hur dimensionerande temperatur definieras framgår av kriteriedokumentet och där finns också en tabell på temperaturer för olika orter. Observera att kriteriet avser hela byggnaden. Enskilda rum kan ha högre värmeeffektbehov och därmed högre luftflöde eller separat värmare.

För klimatzon II gäller $11 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$ och för klimatzon I gäller $12 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$.

Samma kriterier för skolor och förskolor som för bostäder motiveras med:

- › Ökade ventilationsförlusterna när byggnaden används kompenseras av ökad värmeavgivningen från personer och belysning förutsatt att ventilationen är behovsstyrd.
- › Ökad elanvändning för fläktdrift kompenseras av lägre behov av tappvarmvatten jämfört med bostäder.

<p>Beräkning av överskottsvärme som minskar värmeeffektbehovet</p>	<p>Exempel. För en daghemsbyggnad som är i drift 12 timmar per dag, 5 dagar i veckan, med en persontäthet på $10 \text{ m}^2/\text{person}$ och en närvaro på 50% (i genomsnitt är varje person inne i byggnaden 6 timmar per dygn) ger personvärme i genomsnitt $1,07 \text{ W/m}^2$ under veckor med verksamhet. <u>Tillsammans med värme från apparater blir överskottsvärmen ca $3,2 \text{ W/m}^2$.</u></p>
<p>Vid beräkning av värmeeffektbehovet för skolor och daghem, får en intern överskottsvärmeeffekt på högst 5 W/m^2 tillgodogöras under drifttiden och $0,5 \text{ W/m}^2$ under icke drifttid. Därtill överskottsvärme från det antal personer byggnaden dimensioneras för (70 W/person) med hänsyn tagen till uppskattad närvaro under drifttiden.</p>	<p>Att sedan den verkliga byggnaden kan dra mer elenergi och ge mer överskottsvärme kan naturligtvis ge än lägre värmebehov i praktiken, men byggnaden ska kunna klara uppvärmning även i framtiden om el för belysning mm minskar ytterligare när tekniken blir bättre.</p>
<p>Observera att byggnaden sedan måste projekteras så värme kan säkras även under t.ex. skollov och att byggnadens ventilation måste dimensioneras för det antal personer som den är byggd för. Vid beräkningen anges genomsnittligt luftflödesbehov.</p>	

Låg energianvändning

Årsenergianvändningen för uppvärmning kommer med värmeeffektkravet enligt ovan, hamna på nivån $15 - 25 \text{ kWh/m}^2$, lite beroende på var i landet, hur mycket överskottsvärme som verksamheten avger och hur mycket solenergi som byggnaden tar upp. I Boverkets krav på byggnadens energiprestanda in-

går även varmvattenanvändning och el för byggnadens drift. Inkluderas dessa energiposter i årsenergianvändningen rekommenderas i FEBYs passivhuskriterier att denna ska uppgå till högst $50 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ för en icke elvärmad byggnad i klimatzon III och till $30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ för en elvärmad byggnad. För andra klimatzoner och för byggnader som värms med en blandning av olika energislag, hänvisas till FEBYs kriterier där också anvisningar ges för hur uppvärmningsenergin ska beräknas.

Att energikravet ännu bara är en rekommendation beror på att olika energislag kan värderas på olika sätt och att Energimyndigheten ännu inte fastslagit vilka viktningfaktorer man bör använda när man ska summera olika energislag. Det är också allt för få uppförda passivhus som hunnit mätas och utvärderas och därmed ge stöd för vad som med säkerhet går att kräva. Detta är dock inget hinder för att byggherren sätter upp egna mål eller krav för byggnadens årsenergianvändning.

Varför inte passivhus?

Varför inte uttrycka energikravet enbart med begreppet energiprestanda, dvs. köpt kilowattimmar per uppvärmd area enligt BBRs definitioner? Jo, det går, men ska man få ett likvärdigt resultat som med FEBYs krav och rekommendationer krävs att man i så fall kompletterar med krav på byggnadens värmeförlusteffekt vid dimensionerande utetemperatur, krav på byggnadens täthet, inneklimat sommarperioden, mm. BBR har inte definierat beräkningsförutsättningarna (innetemperatur, referensvärden för uteklimatet, personbelastning, värme från apparater och belysning, mm) vilket också ger utrymme för marknadens egna tolkningar. Därför måste man i så fall själv definiera beräkningsförutsättningarna om man vill kunna värdera t.ex. inkomna anbud. Nu har SVEBY⁴ tagit fram branschgemensamma värden för sådana indata att använda för att kunna verifiera om en byggnad uppfyller BBR (se kapitel 9), men dessa värden baseras på de höga energiåtgångstal för belysning, pumpar, fläktar vi tidigare har haft i beståndet och passar därför inte lika bra för byggnader med medvetna val för energieffektiv utformning också vad gäller installationer. Då blir det för mycket överskottsvärme med SVEBYS referensvärden och även en medelmåttigt isolerad byggnad skulle då få bra energiprestanda.

Effektiva apparater och låg varmvattenanvändning

När väl värmebehovet ska minimeras, så bör även behovet av varmvatten och el för drift av byggnaden minimeras. Tips ges i kap 7.

4 SVEBY (Standardisera och verifiera energiprestanda i nya byggnader) är ett branschgemensamt arbetsprojekt samordnat av Sveriges Fastighetsägare.

Varmvattenbehovet är i stor utsträckning relaterad till typ av verksamhet. Varmvattenbehovet endast för hygienbruk (toaletter) i skolor och kontor är inte mer än ca 2 kWh/m². Men lägger vi till matlagningskök, omklädningsrum med duschar, vattenlekrum på daghem, så ökar varmvattenbehovet till kanske 10 – 20 kWh/m². Men en del kan även påverkas av byggherren. Att välja energieffektiva varmvattenarmaturer (se kap 7) är ett exempel och har stor påverkan (ca 20% lägre varmvattenbehov). För tillagningskök bör upphandlingen styras mot energieffektivitet genom att låta projekterande konsult genomföra livscykelkostnadsanalyser för optimering av all energitug apparatur.

För WC som ligger spridd i en skolbyggnad och bara drar 2 kWh/m² i varmvattenanvändning, kan förlusterna i varmvattencirkulationskretsen vara av samma storlek, dvs. hälften av värmen försvinner. Samisolering av varmvattencirkulation, med varmvattenledning och en högre isolerclass kan vara en lösning.

Utgångspunkter

Verksamhetens behov är alltid en utgångspunkt, men ibland kan också olika funktioner delas av flera verksamheter. I Alingsås ska en skola uppföras för 300 personer. För att kökets matsal ska få bättre utnyttjande ligger den i separat byggnad och ingår som en del av idrottshallens service och den ska då också utgöra en områdesmatsal.

Exempel på en byggnad som planeras flexibelt för att kunna transformeras för andra verksamheter ges på sid 25-26.

Energi- och miljömål

Kriterierna för passivhus innehåller en del miljörelaterade krav som direkt eller indirekt har med byggnadens energiegenskaper att göra.

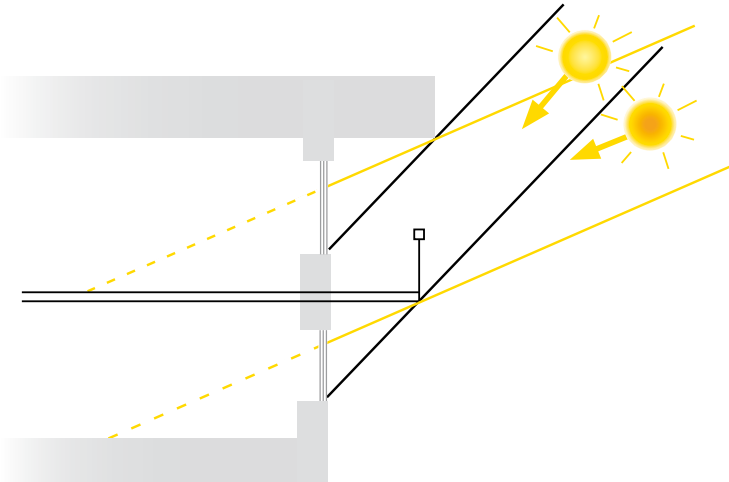
Krav på *lufttätethet*, för att det inte bara påverkar energianvändningen utan också för att säkra att otätheter inte ska leda till kondenserande fukt i ytterväggen.

Buller från ventilationssystemen, för att passivhus ger en mycket ljudisolerad miljö från bullerstörningar utifrån, men det innebär också att interna ljud från ventilationssystemen uppfattas tydligare och är därför känsligare.

Inneklimat sommarperioden. Här rekommenderas att innetemperaturen inte ska behöva överstiga 26 grader mer än 10% av tiden under perioden april – sept. Normalt brukar man bara studera sommarperioden, men eftersom perioden med tillskottsvärme blir kort, så ökar perioden med risk för övertemperaturer i passivhus. Detta innebär att byggnader med stora uppglasningar får problem med fast solavskärmning under de perioder då solen står allt för lågt för att kunna skärmnas av. Det innebär också att bra vädringsmöjligheter, utan att besvärande drag uppstår, är en viktig fråga.

Under den varma julimånaden kan det vara en fördel att byggnaden är välisolerad eftersom den då kan behålla en sval innetemperatur längre. Det förutsätter bra solavskärmning och en genomtänkt utformning av ventilationssystem (t.ex. intag av kall nattluft via ventilationssystemet).

FIGUR 3.1. Takutsprång och balkonger kan användas för solskydd av den högt stående södersolen på sommaren. Den lågt stående solen på vintern släpps in.



Miljöanpassat byggande

Finns önskemål om miljöanpassat byggande i andra avseenden finns bra vägledningar i rapporten Miljöklassad Byggnad⁵. Med tanke på att inbyggd fukt i väggkonstruktioner under byggnadsperioden är svårare att driva ut när väggarna är välisolerade är ett fuktsäkert byggande viktigt. Även Miljöstyrningsrådet har utarbetat ett upphandlingsstöd⁶ för miljöriktig utformning vid nybyggnad av lokaler, där även andra miljöaspekter än energi ingår. Energiförbrukningen är dock inte speciellt utvecklade i deras upphandlingsanvisning, men övriga avsnitt utgör bra komplement.

TABELL 3.1. Innehåll i Miljöstyrningsrådets upphandlingskriterier för Byggentreprenader - nybyggnad av lokaler.

Miljöaspekt	Ansats	Krav i MSR dokument
Energianvändning och utsläpp av växthusgaser	Minska energianvändningen	3. Energi
Innehåll av farliga ämnen i byggvaror	Ställa krav på ingående ämnen	5. Materialval
Generering av avfall	Minska materialförstörelse på grund av felaktig hantering Källsortera avfallet	6. Materialhantering 7. Byggavfall
Byggnadsrelaterad ohälsa	Uppnå ett bra inomhusklimat	8. Termiskt inneklimat och luftkvalitet
	Minska fuktproblemen	9. Fuktsäkerhet

Källa: MSR.

⁵ <http://www.byggabodialogen.se>

⁶ www.msr.se

Minimera verksamhetens energianvändning

När byggnaden uppförs med ett minimerat energibehov är det rimligt att även minimera verksamhetens energianvändning. Denna energianvändning kan vara svår för byggherren/förvaltaren att påverka annat än med informationsinsatser och utbildning i byggnadens skötsel, men det finns viktiga delar där energieffektiva lösningar kan underlätta, som t.ex. system för behovsanpassad belysning. Vi bör ändå hålla isär vad vi menar med byggnadens energi (värme varmvatten för hygienändamål, hiss, pumpar, fläktar och fast belysning i byggnadsgemensamma delar) och verksamhetsenergi (arbetsplatsbelysning, kök, tvätt, disk, datoranvändning).

För skolor och förskolor är gränsdragningen mellan byggnadens- och verksamhetens elanvändning svår att dra. Hela byggnaden är ju utformad just för den aktuella verksamheten. I SVEBYs dokument ”Brukarindata för energiberäkningar i kontor”, redovisas kontorshusets gränsdragning. SVEBY föreslår att belysning i verksamhetsdelarna ska utgöra verksamhetens energianvändning, medan ventilationssystemet bokförs på byggnaden. En stor del av belysningsanläggningarna i skolor och förskolor ansvarar dock byggherre/förvaltare för och oavsett hur elenergin ska bokföras är det rimligt att energieffektiva lösningar väljs.

”Vi bestämde redan från början att förskolans energimål skulle vara passivhus och att energikravet, 50 kWh/m² skulle inkludera verksamhetens energianvändning. Därmed fick projektgruppen ett tydligt mål att arbeta efter”.

Lars Tirén, numera pensionerad VD för Eksta Bostads AB

Tekniska lösningar för en energieffektiv belysning, ventilation, mm ges i kapitel 7. Men observera att det inte bara handlar om teknik, utan också att det inte är självklart att utebelysning ska vara tänd under årets alla mörka timmar. Om risk för åverkan mm är motivet för nattbelysning kan styrning med rörelsedetektorer vara en lämpligare lösning. Om nattbelysningen motiveras av att kunna orientera sig, kan en minimal nattbelysning med LED-lampor väljas och sen kompletteras med ljusstarkare belysning för den tid då anläggningen är i drift.

Ifrågasätt alla standardlösningar genom att tydligt ange vilka övergripande mål som avses med projektet och att alla inblandade ska hitta effektivast möjliga

lösningar. Man ska kunna motivera de lösningar som föreslås med andra argument än att ”så har vi alltid gjort”.

Arkitektur och estetik

All arkitektur tar sin utgångspunkt i verksamhetens funktionella behov och från omgivningens förutsättningar för att skapa en fungerande och estetiskt tilltagande byggnad. Det finns dock vissa aspekter som har stor påverkan på byggnadens förutsättningar att nå en låg energianvändning som här ska diskuteras.

Orientering och omgivningsfaktorer

Byggnadens läge och därmed solvärmeinstrålning under vinterperioden har en stor betydelse, men den absoluta nivån i kilowattimmar räknat är inte lika avgörande. Behovet av uppvärmningsenergi kan påverkas +/- 25% beroende på om den mest glasade fasaden ligger mot söder eller mot norr. I kilowattimmar räknat blir däremot inte skillnaden så stor: kanske +/- 5 kWh/m². Väsentligare aspekt är nog att man under vintern kan få in lite solsken för trivselns skull och då samverkar ju önskemålen, men det ska inte vara ett hinder för att bygga i ett skuggigare läge om det finns många andra skäl som talar för den platsen.

Det finns ytterligare ett skäl till varför en söderorientering av den mest glasade fasaden är en fördel och det är att solen står högt på himlen under sommarperioden då risken för övertemperaturer är stor. Därmed är denna solinstrålning enklare att avskärma med fasta utanpåliggande solskydd. Principen framgår tydlig i både figur 2.1 och 3.1.

Varsam uppglasning

Glasningen är till för att säkra ett bra dagsljus i de rum där man vistas och för större lokal byggnader innebär det att glasning måste ske i alla orienteringar. Den konsekvens man måste beakta är just hur inneklimatet påverkas under den i passivhus förlängda sommarperioden och hur solavskärmningen då ska lösas.

Det finns en arkitektonisk strömning där man önskar glasa upp vissa fasader mer extremt för att skapa ett estetiskt uttryck, dvs. långt utöver vad som krävs för dagsljusinsläppet. Detta ger upphov till flera problemställningar som är svåra eller omöjliga att hantera:

Kallstrålning. Stora sammanhängande glasytor ger en kallstrålning (den operativa temperaturen sjunker) och kräver normalt en motstrålande kropp för att förhindras. I passivhus väljs fönster med mycket låga U-värden och konstruktionslösningar som minimerar köldbryggorna runt fönstren och detta oavsett vilka fönsterareor som väljs.

Kallras. Har dessa glasytor en tillräckligt stor höjd börjar också kall luft att rasa ner framför fönstren och ger upphov till ett kallras. Även denna risk minskar med bättre fönster.

Värmeläckage. De stora fönsterpartierna blir den dominerande förlustposten och energikriterierna kommer inte klaras.

Där det inte går att lösa problemen med kallras eller kallstrålning på annat sätt (bättre U-värde, mindre fönsterarea, intag av varmluft) får man ta kostnaderna för en radiator placerad under fönsterdelen.

Väljs fönsterareor dimensionerade utifrån dagsljusbehov snarare än utifrån arkitektonisk profilering, så slipper vi dessa problem. Det är alltså viktigt att arkitekten redan i skisskedet har en enkel energibalans och kan testa gränserna för sina utkast.

I begränsad utsträckning kan dock större fönsterareor kompenseras av fönster med bättre U-värden. Se mer om fönster sid 59, under rubrik "Klimatskal".



Skogslunden. Förskola i Åkersberga med 15% fönsterarea/uppvärmad area. Där valde man att importera passivhusfönster från Tyskland, med 30% lägre värmeförluster än de som uppfyller energiklass A i Sverige. Observera hur solskyddet mot sydväst är löst genom takutsprång och balkong.

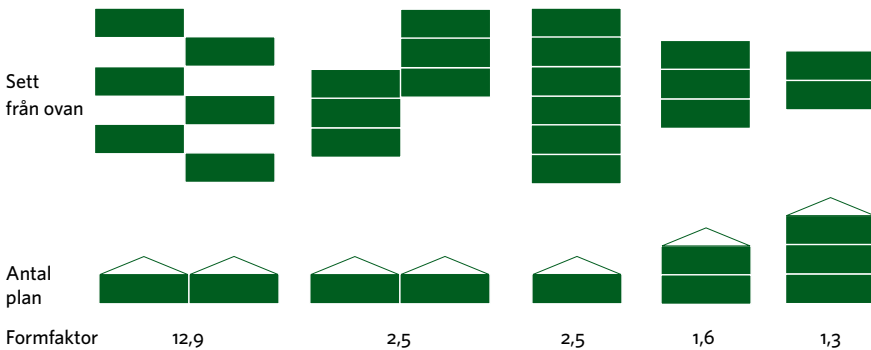
Övertemperaturer. Stora fönsterpartier ger övertemperaturer på sommarhalvåret (april – sept) och är svåra att på ett effektivt skärma av. Även med genomtänkta solskyddslösningar är detta en stor riskfaktor och en vanlig brukarkritik i byggnader med stora glaspartier.

Formfaktorns betydelse

Med formfaktor avser vi klimatskalets omgivande area relativt den uppvärmda arean. Detta påverkar ju förlusterna genom klimatskalet per nyttighet (uppvärmd area).

Byggnadens formfaktor påverkas av form, utskjutande partier, etc., men främst av antal våningsplan. Hur antal våningsplan påverkar formfaktorn ($A_{\text{omslutande}} / A_{\text{temp}}$) framgår av följande figur.

FIGUR 3.2. Byggnadens form och dess antal våningsplan påverkar påtagligt den s.k formfaktorn, (omslutande area för yttervägg, tak och golv mot mark relativt den uppvärmda arean, A_{temp}).



Det stora språnget sker när man går från ett plan till två våningsplan. När den omslutande arean minskar, så minskar värmeförlusterna.

Formfaktorn påverkar inte bara förlusterna ut genom väggar och tak. Det blir också fler köldbryggor, när byggnadens omkrets ökar och fler ytter- och innerhörn tillkommer. Slutligen ökar också byggnadens kostnader eftersom ett större klimatskal per nyttig yta kostar mer att bygga.

När mindre gynnsamma former ändå måste väljas av andra skäl, så ökar projektets kostnader eftersom dyrare konstruktionslösningar måste lösas, eller att andra kompromisser krävs, som minskad fönsterarea eller att större (och kostsammare) ventilationsaggregat måste väljas.

Verksamhet och planeringsförutsättningar

Intensitet, variation

I verksamhetslokaler som skolor och förskolor är alltid verksamhetsnivån varierande. Antal barn i förskolan varierar kraftigt under dagen. En del börjar sent andra slutar tidigt. Beroende på väder, yttre förutsättningar och verksamhetens inriktning är barnen i uteverksamhet. För belysning räcker det

med att någon går in i ett mörkt rum så behöver rummet belysas. Belysningen kan styras på närvaro så att drifttiden begränsas eller med manuellt tillslag och automatisk släckning när ingen är närvarande.

Ventilationen däremot måste anpassas till personbelastningen. Många personer i samma rum vid en viss tidpunkt kräver stora luftväxlingar och i vissa fall komplettering med fönstervädning. Men att köra fullt luftflöde i alla rum oavsett hur många som är där blir onödigt energikrävande. I förskolor är den vanliga lösningen att luftflöde och innetemperatur regleras utifrån behovet i respektive avdelning. Det innebär att med öppna dörrar och barn som går mellan de olika rummen så får vi en ganska bra utjämning av temperatur och luftkvalité. Hur väl detta fungerar beror på planlösningar och rumsplaceringar.

För klassrum, som är mer slutna enheter och med stora personbelastningar (hög intensitet) kan behovet av luft variera från 30 till 250 l/sek beroende på om det är en eller 30 personer som är närvarande. Utmaningen är att skapa robusta kostnadseffektiva lösningar som i möjligaste mån kan ge luftflöden som varierar med behoven och att tillföra stora luftmängder utan att drag eller buller uppstår.

Sektionering

Energianvändningen påverkas också av hur byggnaden kommer att användas tidsmässigt och om t.ex. viss begränsad verksamhet kommer bedrivas under kvällar och helger. Då är en genomtänkt sektionering av innerbelysning, utebelysning och ventilation avgörande för hur mycket energi som kommer att krävas under dessa drifttimmar. En anläggning som möjliggör stor flexibilitet i detta avseende kan vara värd att överväga.

Separata ventilationsaggregat för de delar i t.ex. skolbyggnaden som har helt andra drifttider eller förutsättningar bör övervägas, t.ex. matsalsdel, med bara några få timmars drift per dag jämfört med del där kvällsundervisning ska kunna hållas.

Ju tydligare beställaren/verksamheten kan ange de förutsättningar de nu kan se, liksom tänkbara förändringar i en framtid, ju bättre kan projektörerna utforma lämpliga lösningar.

Klimatkrav

Den viktigaste driftparametern är innetemperaturen. Passivhusbyggnader är väldigt värmetröga. Det innebär att innetemperaturen sjunker mycket långsamt, även om ingen värme tillförs. Normalt kommer morgontemperaturen vid driftstart vara högst en grad lägre än dagen innan. Det gör det möjligt att ha både värme- och ventilationssystemet avstängt när byggnaden inte används. Efter långhelger, eller vid stäng kyla, behöver dock värmesystemet sättas på i tid så att innetemperaturen på måndag morgon är acceptabel. Denna

temperatur kan ligga lägre än normal drifttemperatur eftersom innetemperaturen stiger när väl byggnaden värms från barnen.

Temperaturkrav skola

För skolor är ett vanligt klimatproblem att det uppstår övertemperaturer i klassrummet efter några timmars lektioner med en välfylld klass. Temperaturen i sådana klassrum stiger successivt under dagen och det kan krävas mycket stora luftvolymmer för att klara kylningen. Men det finns tre sätt att hantera detta som också kan kombineras:

1. Ange börvärde 18 grader vid skoldagens start, eller att det ska vara möjligt att justera ner klassrummets temperaturbörvärde. Då finns utrymme för viss temperaturhöjning under dagen.
2. Välj tilluftsdon som ger effektiv inblandning av kall tilluft med den varma rumsluften. Då kan väsentligt lägre minimitemperatur för tilluft väljas vilket ökar kyleffekten.
3. Välj fönsterbeslag som möjliggör effektiv vädring utan att drag uppstår, t.ex. DreKip.

För att klara rekommendationen enligt alternativ 1 ovan, så väljs en inställningsbar värmereglering för varje klassrum.

Börvärde som genomsnitt under dagen: klassrum, korridorer: 20 grader; arbetsrum: 21 grader.

Med en reglering av tillförd värme till respektive klimatzon (klassrum) kan inställningsvärdet anpassas efter att drifterfarenheter erhållits.

Acceptabel lägsta morgontemperatur: 18 grader. (Eftersom passivhus har en stor tidskonstant så kommer innetemperaturen sjunka mycket långsamt. Det innebär att den lägsta acceptabla morgontemperaturen bara inträffar efter längre driftuppehåll vid långlov eller efter perioder med mycket låga utetemperaturer).

Temperaturkrav förskola

För daghem är en högre temperatur önskvärd och här är vanligen hela avdelningen en gemensam klimatzon med gemensam temperaturreglering och normalt blir också temperaturen ungefär lika hög inom hela zonen.

Börvärde som genomsnitt under dagen: 21 grader. Acceptabel lägsta morgontemperatur: 18 grader (Se även kommentaren för skola ovan).

Strålningsdifferens

Oavsett temperaturnivå upplever kroppen det som ett obehag om temperaturen i olika riktningar skiljer sig för mycket åt, t.ex. om ytemperaturen på fönstrens insida är mer än fem grader lägre än det övriga rummets temperaturer. Detta kan anges som strålningsdifferens (operativ temperatur i olika riktningar) och som inte bör överskrida fem grader⁷.

Detta påverkas i sig av fönsterareornas storlek (relativt den uppvärmda arean i rummet) och dess U-värde, liksom av eventuella motstrålande kroppar.

För att säkra att strålningsdifferensen inte blir för hög i en passivhusbyggnad utan radiatorstrålning vid fönstren rekommenderas ett fönster U-värde på 0,7 W/m²,K utom i landets sydligare delar där klimatet är mindre strängt.

Tvåplanslösningar för förskolor

Att bygga passivhus förutsätter att energiaspekterna beaktas i den arkitektoniska utformningen. Det innebär också att en grundlig dialog med verksamheten där olika lösningar studeras är väsentlig. Speciellt för förskolor är den gängse utformningen enplanslösningar, så att barnen enkelt kan komma ut på lekplatsen. Då vill det till att man ser vilka möjligheter som ett tvåplansutförande ger så att man kan bryta invanda mönster.

Tvåplanslösningen ger bättre totalekonomi genom att byggkostnaden och energianvändning minskar, dvs. mer pengar över till verksamheten. Tvåplanslösningen ger bättre markeffektivitet och därmed mer lektyta för barnen.



Skogslunden, Åkersberga. Tvåplanslösningar möjliggör ett lekrum med hög takvolym. I en förskola i Odense, Danmark skapade man en bred och sluttande "rutchbana" från övre till nedre plan.

Utformningen av ett tvåplanshus kan möjligen göras som ett sutteränghus med en sluttande tomt, eller att en sådan skapas, genom att markmassor förflyttas och ger en marksluttning upp till det övre planets lekgårdsentré. Att skapa en marksluttning är också att skapa en utemiljö som kan inkludera t.ex. en tefatsbacke på vintern och rutschbana för sommaren.

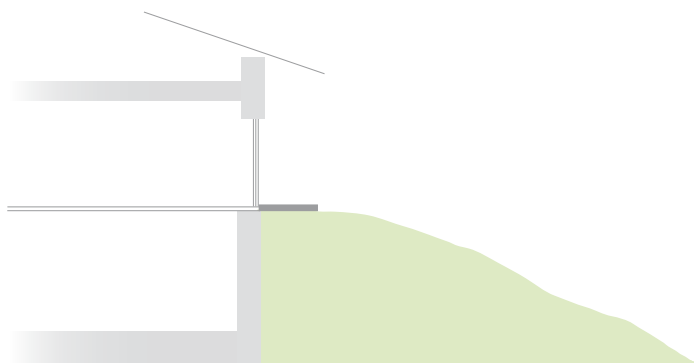
Är inte heller detta möjligt eller lämpligt kan man fråga sig vilka delar skulle kunna placeras på en övervåning som täcker hela eller delar av byggnadens undervåning. Finns kontorsverksamhet och teknikytor som kan placeras där?

För Skogslunden, Åkersberga såg verksamheten en möjlighet i att placera de äldre barngrupperna på övervåningen och att man med balkongdelen på överplanet fick bra regnskydd för utevistelsen, se bild på sid 41.



Skogslunden, Åkersberga. Den äldre barngruppen placerades på övervåningen. Med balkongdelen erhöj man ett bra regnskydd för utevistelsen.

FIGUR 3.3. Byggs inte på ett suttoreängplan, kan en sådan kanske skapas och samtidigt ge en spännande sluttning för kana och tefatsåkning. Andra lösningar är en lågsluttande bred ramp upp till övervåningen vilket prövats i en dansk förskola.



Golvvärme i förskolor

Golvvärme i förskolebyggnader är ganska vanligt. Barnen leker på golvet och dessa är normalt kalla och dragiga och då är responsen på installerade golvvärmesystem ganska god. Förutsättningarna i ett passivhus är radikalt annorlunda. Här är både golv och väggsystem extremt välisolerade. Det innebär att golvtemperaturen ligger mycket nära rumstemperaturen. Barn har en högre ämnesomsättning än vuxna och mer underhudsfett. Erfarenheterna från förskolor byggda med lågenergihusteknik visar att golvvärme inte är motiverat i passivhus utifrån verksamhetens behov.

Golvvärme är ett installationssystem som inte kan motiveras i passivhus för att man vill ha ett ”varmt golv”. Golvvärme ger problem med att reglera värmen vid snabba väderomslag och ökar värmeförlusterna ut genom golv och golvbjälklag. Dessutom kommer inte något värmesystem vara på alls utom under kanske fyra månader. Golven kommer alltså normalt ändå vara ”icke uppvärmda”.

På morgonen när solen lyser in och barnen gör entré ökar temperaturen relativt snabbt, men ingjutna golvvärmesystem är som en stor betongklump som värmts under natten då det var kallt och fortsätter mata ut värme. Hur snabbt nedregleringen kan ske påverkas av golvvärmesystemets tidskonstant. Ett minimikrav om golvvärme väljs är att den har en tidskonstant under 3 timmar. Det innebär att värmeslingan måste isoleras mot betongplattan och vara utformad så att värmen leds uppåt mot golvet. Passivhusets låga värmebehov gör dock att egentligen bara en liten del av golvet behöver en värmeslinga (t.ex. utmed ytterväggen) för att få ut värmen och då faller ändå idén med att golven ska upplevas som varma. Men även en tidskonstant på 3 timmar kan ge övertemperaturer vid ändrad värmelast som delvis kommer vädras bort.

En förskola i ”nästan passivhusutförande” som valt golvvärme är Synålen i Malmö, det ”flexibla huset”. Det anser man i efterhand var ett stort misstag. Systemet är allt för trögt vid värmeväxlingar. Yttemperaturen på golvet blev ändå så lågt att man inte uppfattat det som varmt. Lågt därför att man med de små värmeeffekter som krävs i ett passivhus får en yttemperatur med golvvärme som endast är marginellt högre.

Man vågar i efterhand inte heller borra i golvet eftersom man då kan skada en värmeslinga.

Luftvärme eller radiatorer i förskolan?

Såväl i Alingsås som i Åkersberga har system med luftburen värme valts. I Alingsås har man bara goda erfarenheter från detta, trots att denna byggnad har 50% högre värmeeffektbehov vid den kallaste perioden än vad passivhuskriterierna ställer som krav.

I Alingsås valde man ett luftvärmesystem eftersom det ger fördelar med en snabb reglering. Under köldknäppen jan 2010 var innetemperaturen efter ledighetsperioden nere i 16 grader på måndagsmorgonen, men ökade till en behaglig temperatur redan efter några timmar. Trots att innetemperaturen tillåts sjunka under helgerna till 18 grader på morgonen, så upplever de inga problem. Luftvärmens går på klockan sju när de startar upp och ger snabbt en behaglig temperatur.

Vid luftvärmesystem så följer värmen med luftflödet. Mer luft ger mer värme. Men behovet av extra luft och extra värme följs inte alltid åt. Vanligen väljs ett värmeaggregat per avdelning. Alla rum får då tilluft med samma temperatur oavsett var barnen finns samlade. Valet av systemlösning måste utgå från behoven, eller att ett luftvärmebaserat system kompletteras med radiator i extra utsatta rum.

Överströmning av luft från ytterväggsplacerade rum till korridorer och kommunikationstäta rum kan vara en lösning men inte alltid. För att förhindra luktspridning från skötrum på förskola väljs dessa med frånluft. Öppna planlösningar och stora rum underlättar temperaturspridning inom den aktuella innetemperaturzonen och eftersom det är väldigt små värmeeffekter som ska tillföras blir temperaturskillnaderna vanligen små. Från Åkersberga finns ännu ingen drifterfarenhet att redovisa.

Skolor har andra förutsättningar

Ett välfyllt klassrum med belysningen på ger snarare kylningsbehov än uppvärmningsbehov. Samtidigt är luftflödesbehovet stort. Detta kan bara lösas genom att varje klassrum har sin värmare som kan styras separat, oavsett om det är en luftkonvektor i tilluftskanalen eller en värmeradiator placerad någonstans i klassrummet (behöver inte vara fönsterplacerat om bra klimatskal).

Om klassrummen har varierande luftflöden beroende på personbelastningen är en separat värmarenhet (radiator) än mer motiverat.



Passivhusskola i Hjörning, Danmark. Placeringen av en reception i anslutning till entrén gav komfortproblem för personalen, eftersom frekvent öppning av ytterdörren gav dragproblem. Lämpligt utformade luftslussar rekommenderas för alla ytterdörrspartier med mycket spring vintertid.

KAPITEL 4

Erfarenheter från genomförda projekt

Tillbyggnad av skola, Hjörning Danmark



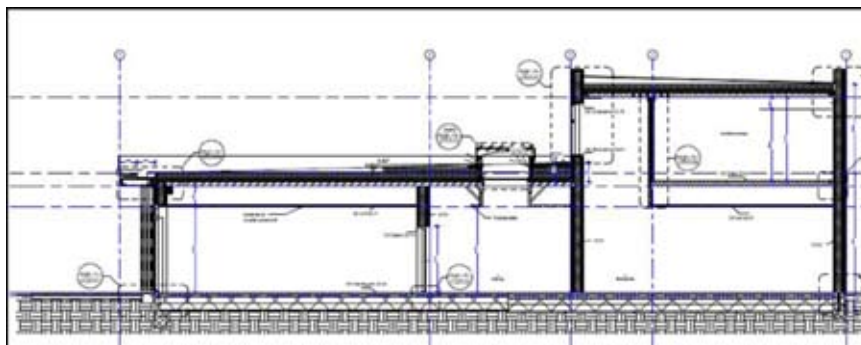
Södervägg i passivhusskola, Hjörning, Danmark.

Byggnad, verksamhet och solskydd

Tillbyggnad på befintlig yrkesskola om totalt 1200 m² inkluderande 7 klassrum på 70 m² och en större gemensam entrédel på 200 m². Klassrummen ligger i ett plan, medan ventilations- och teknikrummet placerats på plan 2. Mittkorridoren får dagsljus via mellanväggsfönster till de söderorienterade klassrummen och från takfönster. De nordliggande klassrummen får dagsljus även från väggfönster placerade i ett ljusschakt på plan två, se figuren.

De söderorienterade klassrummen har dels utskjutande takparti och dels lamellförsedda solskydd som manuellt kan dras åt sidan. Södersidan är helglasad.

FIGUR 4.1. Tvärsnitt för skolbyggnad i Hjørring, Danmark.



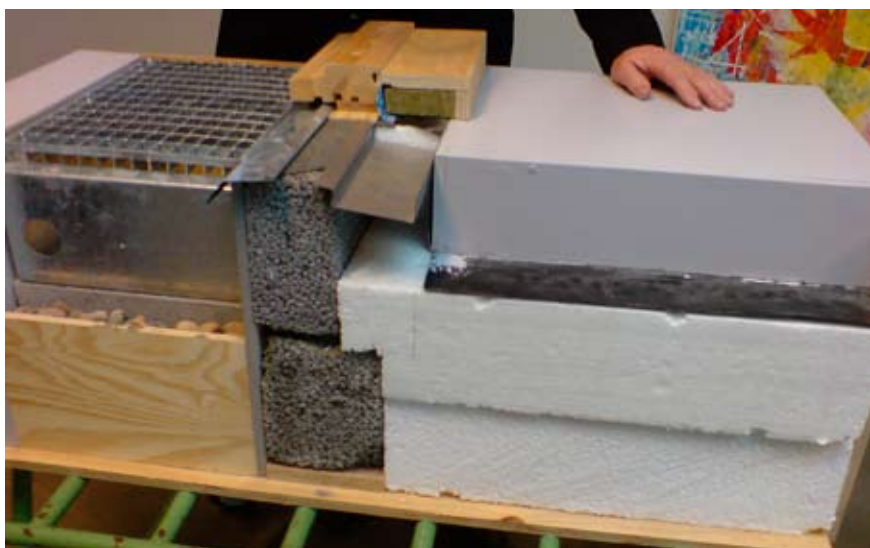
Entrépartiet har en vindfångsdel med yttre och inre dörrar för att förhindra luftdrag.

Kalkyleringar visar att övertemperaturer över 25 grader uppstår högst 10% av tiden under perioden april – september.

Målsättningen var en merkostnad på maximalt fem procent jämfört med traditionellt byggande. Entreprenadpriset blev 11.500 Dkr exklusive moms, vilket svarar mot normala skolbyggnadskostnader i Danmark.

Konstruktion

Den bärande konstruktionen är innanförbyggande stålkonstruktion. Ytterväggar i lätt träkonstruktion, med fibercementplattor som regnskydd, men också som skyddande innekärlning.



Prototyper byggdes för vissa konstruktionslösningar, vilket starkt uppskattades av anbudsgivarna eftersom det underlättade för dem att förstå och kalkylera anbudet.

Energirelaterade konstruktionsdata

Lufttäthet: <0,6 omsättningar/h

U-värde tak: 0,121 W/(m²K),

U-värde golv: 0,093 W/(m²K)

U-värde yttervägg: 0,108 W/(m²K) (350 mm mineralull)

U-värde fönster: < 0,7 W/(m²K)

G-värde fönster: >0,6

Installationer

Ventilationen är behovsstyrd med temperatur- och koldioxidmätning i varje klassrum och balanserad ventilation för varje rum med både till- och frånluft. Två parallella aggregat har ökat flexibiliteten. Dessa har roterande värmeväxlare med 90% verkningsgrad (enligt uppgift).

Värme via en väggplacerad radiator per klassrum.

Energidata

- › Projekterat med PHPP.
- › Kalkylerat värmebehov: 10 kWh/m²/år

Marienlyst skola, Norge



Marienlysts skola, 4 mil väst om Oslo. Fasad mot nordost. Juni 2010. Foto: FutureBuilt/Espen Gees.

I Norge finns en passivhusstandard för bostadsbyggnader, men ingen passivhusdefinition för skolor. Arbete pågår för olika byggnadskategorier under 2010.

Byggnad, verksamhet och solskydd

Marienlyst skola är byggt i 3 våningsplan och i en sammanhållen byggnadsform på totalt 6500 m² och uppförd för ca 550 elever.

Fönsterarea utgör 13% (m²/BRA).

Konstruktion

Byggnaden har en betongstomme och lätta utfackningsväggar (350 mm mineralull).

Platta på mark som grund med 850 mm lecaisolering. Exstraisolerad kantbalk (175 mm). Prefabrikerade lätta takmoduler med 420 mm isolering som kompletterats med ytterligare 100 mm.

Dagsljus till den inre delen av byggnaden sker med glastakssektioner. Baseerat på simuleringar av de mest solutsatta delarna har automatiserad utvändig solavskärmning valts för solutsatta fasader och solskyddsglas.

Det översta våningsplanet är speciellt utsatt för solvärmelast genom att den har 120 m² takfönster. Dessa har försetts med solskyddsglas.

Energirelaterade konstruktionsdata

Yttervägg, genomsnitt	U = 0.12 W/m ² K
Yttertak	U = 0.10 W/m ² K
Golv mot mark	U = 0.05 W/m ² K (inkl markens värmemotstånd)
Fönster och glaspartier	U = 0.80 W/m ² K
Glastak	U = 1.1 W/m ² K
Dörrar	U = 1.0 W/m ² K
Köldbryggor, normaliserat	"ψ" < 0.01 W/m ² K
Luftläckning	N50 < 0.6 oms/h vid 50 Pa

Installationer

Skolan har balanserad ventilation med roterande värmeväxlare (84% verkningsgrad och SFP 1,5 kW/m³/s). Ventilationen är behovsstyrd och styrs i klassrummen utifrån temperatur och koldioxid. Brandgasfläkten har fått som kompletterande uppgift att evakuera varm luft under kylningssäsongen och brandgasluckor har försetts med en automatisk vädringsfunktion. Ventilationen har försetts med en nattkylningsfunktion.

Belysning med effektiva armaturer (T5) och delvis med LED-belysning. Belysningen är närvarostyrd och dagsljusanpassad. Genomsnittlig effekt till belysning är beräknat till 7 W/m² och årsenergin till 15,5 kWh/m² per år.

Vattenburen golvvärme på samtliga våningar är dragna i ett lätt system med 50 mm isolering mot golv för att erhålla en snabb värmereglering.

Energidata

Projekterat utifrån norska passivhuskriterier.

- › Netto värmeenergi: 13,4 kWh/m²år (BRA)
- › Förlustfaktor: 0,44 W/m²K(BRA)
- › Fjärrvärme: 22 kWh/m²år (BRA)
- › Elenergi: 45 kWh/m²år (BRA)
- › Summa köpt energi: 67 kWh/m²år (BRA)

Värmeförsörjning sker via ett värmepumpsbaserat närvärmesystem. Under speciellt varma perioder kan golvvärmesystemet användas också för kylning. Överskottsvärmen från skolan levereras då till ett näraliggande utomhusbad.

Vargbroskolan, Storfors kommun



Idrifttagning jan 2008.

Byggnad, verksamhet och solskydd

Skola för mellan- och högstadiet, med 4030 m² golvarea och 270 elever.

Byggnaden följer inte passivhuskriterierna, men har på annat sätt lyckats komma ner i en energianvändning på mycket låg nivå.

- › Byggnaden har en formfaktor på 1,6 (Aomg / BRA)
- › Fönster- och dörrarea utgör 11 % (m²/m² BRA)

Nyckeltal för verksamheten

Personvärme, dagtid: 6,5 W/m²

Personvärme: 1,2 W/m² (medelvärde under en vecka)

Internvärme apparater, belysning: 2,3 W/m² (medelvärde under en vecka)

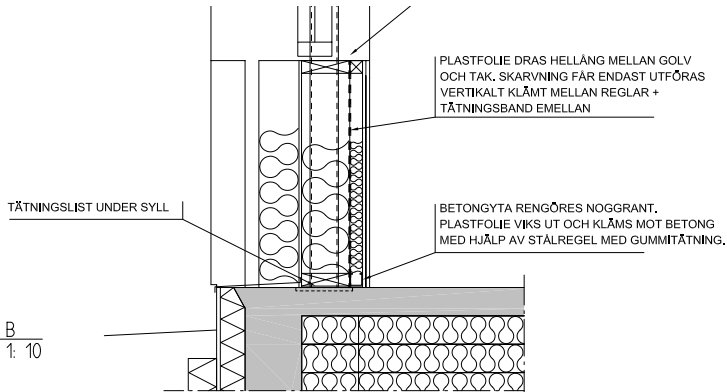
Personbelastning: 12 m²/pers (medeltal för skolan)

Personbelastning: 2,3 m²/pers (klassrum)

Konstruktion

Klimatskal enligt passivhusnivå, men sämre U-värde på fönster. Betongstomme med lätta utfackningsväggar och lätt takbjälklag.

FIGUR 4.2. Väggsektion, Vargbroskolan.



Energirelaterade konstruktionsdata

Klimatskal U_m : ca $0,2 \text{ W/m}^2, \text{K}$ (inkl köldbryggor)

Vägg: $0,11 \text{ W/m}^2, \text{K}$

Tak: $0,08 \text{ W/m}^2, \text{K}$

Golv: $0,12 \text{ W/m}^2, \text{K}$

Fönster: $1,1 \text{ W/m}^2, \text{K}$ (avser hela fönstret)

Köldbryggor tillkommer.

Luftläckage: $0,3 \text{ l/s, m}^2 A_{\text{omg}}$

Förlustfaktor: $0,52 \text{ W/m}^2, \text{K}$

Installationer

Markvärt tilluftssystem med lågt konstanttryck. Tekniken innebär att en kulvert anläggs under mark med en omslutande markarea dimensionerad för $0,6 \text{ ggr}$ den uppvärmda arean i skolan. I denna kulvert förvärms tilluften av marken under vinterperioden så att den inte understiger ca 10 grader och kyls under vår och sommar. Kulvertens väggar är oisolerade, men kulverttak mot skola har 10 cm foamglas, men vissts värmeläckage kommer från skolans golv.

Luftflödet till respektive rum behövsstyrts via tilluftspjäll utifrån temperatur och evakueras passivt via överluftdon till korridor och vidare ut ur byggnaden via reglerande spjäll och takhuv alternativt taklanternin. Tilluftdon av s.k. motfjädrande passivt utförande. Luftflödet styrs sekventiellt så att värmen i rummet först stängs av innan ventilationsflödet ökas. Ett utomhustemperaturstyrt tryckbörvärde i tilluftskulverten upprätthålls med en axialfläkt. Som resultat erhålles höga luftflöden vid behov utan drag och ljudproblem och nästan inget luftflöde alls när ingen är i rummet. Uppehållsrum, studieytor och korridorer ventileras med behovsstyrd ventilation på liknande sätt som i klassrummen utöver överluften från klassrummen.



Tilluftskulvert under byggnation Luftflödet styrs utifrån rummets personbelastning. Till höger ses en stängd ventil till ett vid tillfället obemannat klassrum. Lilla bilden upptill visar ett av flera passiva tilluftsdon. Dessa har motfjädrande öppningar som öppnas av trycket som uppstår då ventilen i kulverten öppnar.

Belysningsystemet består av:

- › ***Närvarostyrd korridorbelysning*** Under vardag 06 – 18.00 dimmas armaturerna ner till 10%. Närvarogivare aktiverar till 80% nivå. Övrig tid släcks belysningen ner helt efter 10 minuter. Vid städning kan en tidsströmställare aktiveras (0 – 60 minuter)
- › ***Klassrumsbelysning*** med armaturer som har kommunicerbara och programmerbara HF-don. Belysningskontakterna har elektronisk kommunikation med armaturerna som kan adresseras.

Funktioner; frånvarosläckning, samt konstanthållning dagsljusnivå.

Energidata

Följer inte kriterierna enligt FEBY.

- › Beräknat effektbehov av fjärrvärme: 15 W/m² (vid DUT)
- › Uppvärmning: 40 kWh/m²,år
- › Elenergi för tappvarmvatten: 2,1 kWh/m²,år
- › (exkl. storkök och gymnastik. Instantvärmare i respektive WC)
- › Fastighetsel inklusive fläktar: 2,1 kWh/m²,år
- › Verksamhetsel inkl. belysning: 19 kWh/m²,år
- › El från solceller: 15.5 MWh/år (131 m²)
- › Viktad total energianvändning: ca 30% lägre än FEBY-kriterierna för 2010.

Erfarenheter

Innetemperatur efter intrimning är mycket bra.

Elanvändning för belysning, (ca 17 kWh/m²) är hög trots behovsstyrning. Sannolikt är "viloläget" allt för krävande (50 % av fulleffekt) liksom standby strömmen. Någon detaljanalys av belysningssystemet är ännu inte utfört.

FEBY EXPERTGRUPPSUTLÅTANDE

Vargbroskolan uppfyller nästan kriterierna för Minienergihus (fönstren har något högre U-värde) och är byggd med en okonventionell ventilationslösning. Värmebehovet på nivån 40 kWh/m² (normalårskorrigerat) i kombination med extremt lågt elbehov (exklusive verksamhetens belysning), ger en total viktad energianvändning som hamnar ca 30% lägre än PH09-kriterierna (för viktad energi) och 70% lägre än rekommendationerna i BBR. Detta får betraktas som mycket framgångsrikt.

Det speciella ventilationssystemet har förutsättningar för att kunna uppfylla högt ställda krav vad avser inneklimat, klimatisering vid värme och kyla och mycket låga ljudnivåer (vid normal drift). Ytterligare injusteringsåtgärder rekommenderas dock för att minimera de tillfällen då drag kan uppstå och för att öka luftomsättningen i det mest utsatta klassrummet.

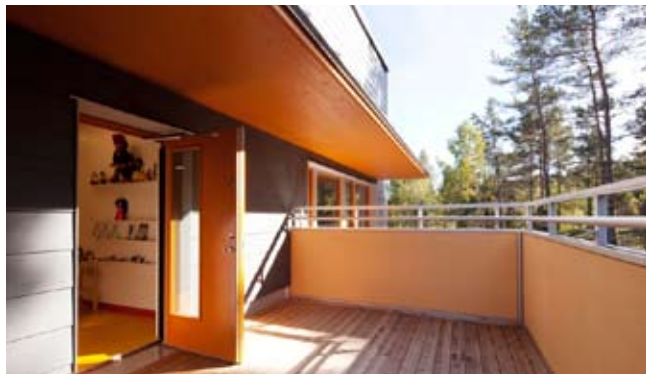
Klimatiseringen är bra (jämn innetemperatur) och enkäten och personalens omdömen indikerar bra hälsostatus (efter drygt ett års drift) jämfört med andra skolor. Det hårdast belastade klassrummet hade alltför höga koldioxidhalter, men bör kunna trimmas in för ett jämnare högre luftflöde eftersom kapacitet finns.

Systemet innehåller dock vissa risker. Hela systemet förutsätter en väl genomarbetad behovsanpassning av luftflödena och en väl genomförd Injustering och intrimning. Styr- och reglersystemet är komplext och kräver också en kunskapsrik entreprenör för att bli rätt utfört. När det väl är intrimmat, bör dock inte kompetenskraven vara besvärande, men driftpersonalen måste vara införstådd med systemets utformning.

Övertrycket i hela systemet förefaller vara den svagaste punkten eftersom fuktig inomhusluft kan komma att läcka ut i konstruktion och kan där ge skador.

Källa: Jens Beiron. Drifterfarenheter från en energieffektiv skola- Vargbroskolan i Storfors. Karlstad Universitet

Förskola Skogslunden, Österåkers kommun



Förskolan Skogslunden. Passivhus i två plan. Övre plan är hemvist för de större barnen. Dessa får också en rymlig balkong på södersidan, som samtidigt blir solskydd för våningsplan ett.

Byggnad, verksamhet och solskydd

Denna förskola på 880 m² är utförd för att klara de internationella passivhuskriterierna.

Den är utformad som en kompakt kub med minimerade fasadytor och har en formfaktor på 2,1 ($A_{\text{omg}}/A_{\text{temp}}$).



Fönsteröppningar mellan vissa väggar ger "utblicksmöjligheter" leder dagsljus längre in i byggnaden.

Fönsterarea och glasade dörrar (13 % ($\text{m}^2/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$) i ytterväggen är dimensionerat för dagsljusinsläppet. Dessa har sedan kompletterats med fönsteröppningar mellan väggar så att "utblicksmöjligheter" skapas och så att dagsljus kan föras längre in i byggnaden.



”Vi vågade ställa krav som låg utanför det vanliga och har därmed också fått landets mest energieffektiva förskola. Det känns väldigt bra”. Barbro Ånges, projektansvarig vid Armada Fastighets AB.

Reggio Emilia pedagogiken har varit viktigt vid gestaltningen vilket givit öppna rum med flera samband och ytor som kan nyttjas på många olika sätt. Två-planslösningen blev en naturlig följd av passivhusets energikrav och kunde också uppfylla verksamhetens behov, men det var inte ett självklart val. Förskolan inkluderar 5 vistelser och är dimensionerad för 90 barn.

Byggnaden är upphandlad som samordnad generalentreprenad. Arkitekten och konstruktören har tagit fram flera gemensamma detaljrutningar för att undvika köldbryggor och säkerställa lufttäteten. Entreprenören har sedan vidareutvecklat och produktionsanpassat detta.

Projektet har drivits så att de internationella passivhuskriterierna skulle gälla, dvs. man har använt beräkningsstöd och certifierat kalkylen med PHPP⁸. Köldbryggeberäkningar visade att bra detaljlösningar behövdes som t.ex. ut-anspånliggande isolering för att isolera fönsterkarmarna.

Varken beställaren, projektörerna eller entreprenören har tidigare arbetat med passivhus. Tack vare en passivhusutbildad energisamordnare, anpassade utbildningsprogram och en god och öppen dialog mellan alla parter har målet nåtts. T.ex. visade täthetsprovningarna att luftläckaget inte blev högre än 0,08 l/s,m² före skivorna monterats och 0,05 l/s,m² efter monteringen.

Förutom entreprenörens egenkontroll har beställaren haft en egen kontrollant som följt projektet.

Verksamheten ser huset som ett lärande även för barnen. Glasruta i väggen till fläktrummet gör barn nyfikna på tekniken.

Konstruktion

Knepiga anslutningar mellan varma och kalla ytor har reducerats. Balkonger och dekoration på fasaden är inte anslutna till varma delen av fasaden för att förhindra onödiga köldbryggor.

⁸ PHPP är det beräkningsstöd som ska användas om man följer de internationella kriterierna.

Konstruktionen består av lättreglar för ytterväggar och stålkonstruktion för stommen, samt lösullsisolering med cellulosafibrer. Se detaljer och bilder sid 59 under rubrik ”Väggkonstruktion”.

Energirelaterade konstruktionsdata

Klimatskal U_m : ca 0,14 W/m²,K (inkl köldbryggor)

Vägg: 0,106 W/m²,K

Tak: 0,078 W/m²,K

Golv: 0,095 W/m²,K

Fönster: 0,65 W/m²,K

Köldbryggor: < 3% av förlusterna

Luftläckage: 0,07 l/s, m² A_{omg} (uppmätt vid 50 Pa)

n50 = 0,1 l/h

Installationer

Centralt ventilationssystem med roterande växlare. Styrts på temperatur och koldioxid för respektive avdelning. Tilluft förvärms i en 50 m lång markförlagd 800 mm kanal. Lutning för dränaget är en grad och en inspektionsbrunn finns vid dränagepunkten. Ett alternativ med markkolektorer diskuterades.

Återluft på grundflöde startas under icke drifttid om innetemperaturen sjunker under 18 grader, vilket dock sällan kommer uppträda. Dagtid är börtemperaturen 20 grader.

Uppvärmning sker med en bergvärmepump (8 kW) och solvärme (x m²) ger via en ackumulator varmvatten och även värme om överskott finns.

Värmen distribueras med tilluften. Det finns ett ventilationsaggregat och en gemensam eftervärmare för hela byggnaden. Värmen tas från en ackumulatortank på 1000 liter som är gemensam för både solfångare och värmepump. Även varmvatten tas från denna ackumulator.

Tilluftskanaler är placerade i undertak och dimensionerande tillufttemperatur är 24,5 grader. Om detta inte räcker finns som reserv elftervärmarebatterier i några rum.

Torkrum (små) med avfuktare kompletterar kapprummen som då används för torra kläder.

För att informera personalen om hur byggnaden fungerar och hur de kan bidra till ett bra resultat har en pedagogisk användarhandledning utarbetats. Även den bok om passivhus, se bild sid 92, som riktar sig till barnen ger en bra beskrivning och innehåller bilder från Skogslunden.



Användarhandledning som stöd för personalen.

Energidata

- › Förlustfaktor: $0,34 \text{ W/m}^2, \text{K}$
- › Beräknat värmebehov, netto: 17 kWh/m^2
- › Beräknat behov köpt energi: 20 kWh/m^2 (elenergi)
- › Beräknat värmeeffektbehov: 9 W/m^2 (vid DUT)
- › Byggnaden är certifierad enligt passivhusinstitutets program PHPP, se bild nedan.



Erhållet certifikat.

Platschefens kommentarer

I AF-delen fanns ett krav att alla medverkande i projektet skulle medverka på en endags utbildning i passivhusbyggande. Detta var en aha-upplevelse för alla och gav engagemang. Tack vara kursen kom de på en rad bra lösningar i projektet.

Arbetet pågick under den kalla vinterperioden 2009/2010. Entreprenören valde att göra stommen inklusive taket klart först, vilket innebar att de tidigt fick en ”tät” byggnad. Vid uttorkningen av betongen bör man säkra tillräcklig luftväxling så att inte fuktproblem uppstår. Entreprenörens (NCC) interna kravvärde är 16% RF för trävirke och 85% RF i betongplattan, vilket var tuffare än beställarens egna.

Fönstermontaget av de importerade fönstren, som inte inkluderade svenska lösningar för fönstermontage, gav inledningsvis en del problem tills man hittade egna lösningar för hur dessa skulle fästas in. En fönsterrobot användes vid monteringen av de stora och därmed tunga fönstren och för att underlätta montaget i fönsteröppningar med små toleranser.

Väggkonstruktionerna med delvis diffusionsöppna dukar och cellulosabaserad lösullsisolering var nya lösningar för entreprenören men gick smidigt att hantera och var en positiv erfarenhet.

Valet av en utanpåliggande armerat vindpapp (Exortex) istället för skivor (enligt handlingen) var entreprenörens förslag och gav ett väsentligt snabbare montage.

Montagetiden för denna entreprenad uppskattas ha ökat med ca 15%.

Stadsskogens förskola, Alingsås



Stadsskogens förskola, Alingsås.

Byggnad, verksamhet och solskydd

Förskola med fem avdelningar för 105 personer och ett mottagningskök.

Uppvärmd area: 940 m². Inflyttning juni 2008.

Byggnad ursprungligen ritad som konventionell byggnad och sedan inriktad mot passivhus med isolerstandard enligt Lindås-projektet (Sveriges första passivhusområde). Byggnadens form gör dock att värmeförlusterna ändå blir något högre än kraven för passivhus.

Investeringskostnaden för daghemmet i Alingsås hamnade på nivån 22 kr per kvadratmeter exklusive sprängningskostnader.

Alingsås har goda erfarenheter av att driva projekten som utförandeentreprenader i partneringsförhållande och anser att man därmed slipper ställa en massa skallkrav i alternativet totalentreprenad. Vidare följer en dagkontrollant arbetet. Fuktplan är en central fråga.

Under projekterings- och byggprocessen har man löpande energimöten (med separat konsult för energikalkylering, samt A och K).

Byggnadens formfaktor: 2,5 ($A_{\text{omg}}/A_{\text{temp}}$)

Fönster och dörrarea: 16 % ($\text{m}^2/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$)

Konstruktion

Lättreglar för ytterväggar och stålkonstruktion för stommen. Lösullsisolering. Se detaljer och bilder sid 60, under rubrik "Väggkonstruktion".

På taken har sedumväxter planerats för att minska dagvattenflödena.

Energirelaterade konstruktionsdata

Vägg: 0,10 W/m²,K

Tak: 0,09 W/m²,K

Golv: 0,117 W/m²,K

Fönster: 0,85 W/m²,K

Köldbryggor tillkommer.

Luftläckage: 0,19 l/s, m² A_{omg} (uppmätt)

Installationer

Centralt ventilationssystem med roterande växlare. Styrs på temperatur och koldioxid för respektive avdelning. För bra vädring finns ett öppningsbart takfönster.

Uppvärmningen under natt/helg sker med cirkulerande luft, intermittert drift och recirkulerande flöde om ingen verksamhet men värmebehov finns. Varje avdelning har ett värmebatteri. För bra vädring finns ett öppningsbart takfönster.

Konceptet med luftburen värme har tillämpats framgångsrikt och fungerat bra även den kalla vintern 2009/10, men efter sportlovsveckan låg innetemperaturen på 16 grader på morgonen. Inget egentligt problem det heller eftersom temperaturen ökar snabbt när verksamheten sätter igång.

- › Klimatkrav: Börvärde dagtid 20 grader. 18 grader accepteras på morgonen.
- › Luftflöde dagtid: 1,72 l/s,m².
- › Luftflöde natt: 0,35 l/s,m² (vid behov).

Energidata

- › Förlustfaktor: 0,6 W/m²,K
- › Beräknat värmeeffektbehov: 16-17 W/m² (vid DUT)
- › Beräknat värmebehov, netto: 42 kWh/m²
- › Byggnaden är ansluten till fjärrvärme.

Erfarenheter

Inneklimatet är bra och värme via ventilationen har gått utmärkt. Golven upplevs inte som kalla.

Förskola, Apladalen, Värnamo.

Byggnad, verksamhet och solskydd

Förskola inklusive tillagningskök. Utformat i ett våningsplan för tre avdelningar och 60 barn. Upphandlad som generalentreprenad under 2010.

Uppvärmad area: 764 m² (enligt energikalkylen)

Fönster och dörrarea: 16,3 % (m²/m² A_{temp})

Formfaktor: 2,7 (A_{omg}/A_{temp})

Konstruktion

Lätta utfackningsväggar med lösullsisolering. Sedumtak utan vindsutrymme.

Energirelaterade konstruktionsdata

Klimatskal U_m: ca 0,16 W/m²,K (inkl köldbryggor)

Vägg: 0,088 W/m²,K

Tak: 0,084 W/m²,K

Golv: 0,09 W/m²,K

Fönster: 0,94 W/m²,K

Köldbryggor: tillkommer

Luftläckage: 0,3 l/s, m² A_{omg} (skallkrav)

Installationer

Ett aggregat för verksamheten med roterande växlare som styrs på tid för grundflöde. Forcering styrs på rumsnivå (personalrum, allrum/lekrum, vilorum) med tryckknappstimer.

Ett aggregat (plattvärmeväxlare) för köksdelen.

Luftvärme, men kompletterande reservvärme i form av elslinga i golv utmed glaspartier i vindfångsdelen utgör ”hängslen och livrem” ifall det skulle bli problem med kalla golv vid extrem kyla. En golvtermostat (som inte personalen kan styra) kallar på värme efter inställt börvärde. Drifttiden för denna bedöms bli väldigt liten.

Energidata

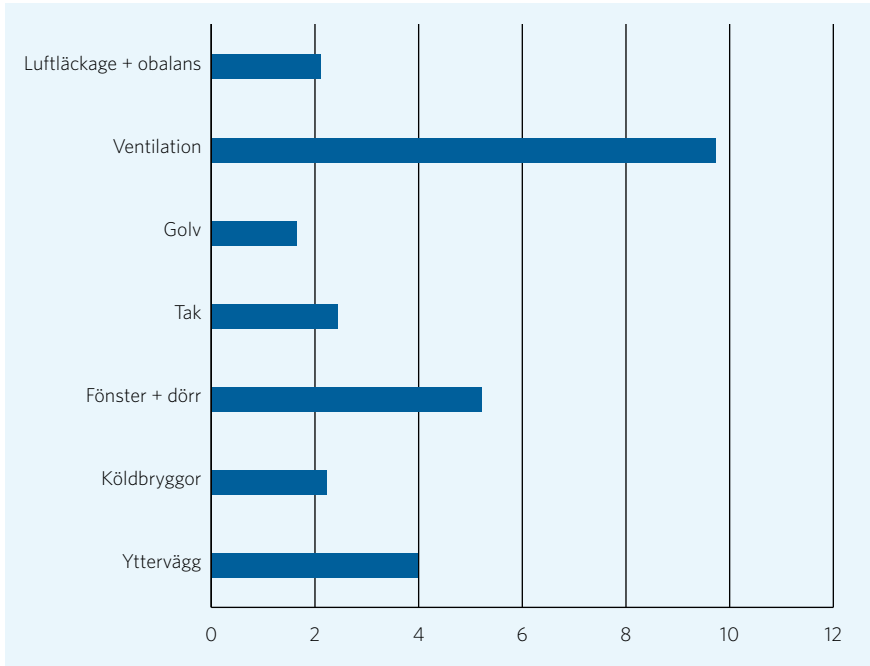
- › Förlustfaktor: $0,59 \text{ W/m}^2, \text{K}$
- › Beräknat värmeeffektbehov: $21,5 \text{ W/m}^2$ (se nedan)
- › Beräknat värmebehov, netto: 66 kWh/m^2

Energi har beräknats med VIP+. Inga köldbryggor har angivits. Lufttäthet har antagits till $0,6 \text{ l/s, m}^2$ (i bygghandlingarna har angivits $0,3 \text{ l/s, m}^2$). Överskottsvärme från verksamhetens apparater har antagits till 18 W/m^2 dagtid och personbelastningen till 5 W/m^2 . Med dessa antaganden har värmeenergi beräknats till 36 kWh/m^2 .

En ny kalkylering har genomförts med Energihuskalkyl som då gav 41 kWh/m^2 men är kalkylerar vid 1 grad högre innetemperatur vilket förklarar skillnaden. Påslag för köldbryggor med 20% av transmissionsförlusterna ger 50 kWh/m^2 . Tillämpas passivhuskriteriernas anvisningar (FEBY) för överskottsvärme och personbelastning erhöles 75 kWh/m^2 . Med täthet $0,3 \text{ l/s, m}^2$ (bygghandlingarna) erhöles 66 kWh/m^2 och ett värmeeffektbehov vid DUT på $21,5 \text{ W/m}^2$, dvs. 100% högre än FEBYs kriterier för passivhus. Till detta kommer varmvatten, ca 10 kWh/m^2 , samt eldrift för ventilationen på $8,4 \text{ kWh/m}^2$ och eldrift för pumpar och fastighetsrelaterad belysning.

En dominerande värmeförlust är ventilation där kökets höga ventilationsförluster i kombination med en låg verkningsgrad för plattvärmväxlaren (ca 50%) är den främsta förklaringen till de höga värmeförlusterna, se figur 4.3.

FIGUR 4.3. Värmeeffektföruster vid dimensionerande utetemperatur för olika systemdelar.



Om en plattvärmeväxlare med 90% verkningsgrad hade valts hade förlusterna minskat till 14,5 W/m² och energiåtgången hamnat på 39 kWh/m² för värme.

Trots bra energidata för klimatskalets olika delar så är värmeförlusterna i detta projekt för höga för att uppfylla kriterierna för passivhus. Mindre ventilationsförluster, en lägre formfaktor (annan byggnadsdesign), bättre fönster och mindre köldbryggor är kanske den kombination av åtgärder som skulle krävts för att klara kriterierna.

Entreprenadformer

När kunskap om bästa lösningar redan finns hos alla parter, när beprövade metoder och system väljs är det ganska enkelt att beskriva ett projekt, kalkylera kostnad och prestanda och följa upp.

En vanlig entreprenadform för lokalbyggande är idag generalentreprenad, där beställaren med hjälp av sina konsulter beskriver på en detaljerad nivå (systemhandlingar) vad som ska göras, vilka material som ska väljas etc. och handlar upp de olika entreprenaderna (mark, bygg, el, ventilation och värme, etc.) var för sig. Byggherren tar själv ansvaret för att de lösningar och handlingar som utarbetas uppfyller de mål och krav som ställts inom projektet.

Vanligt är också att dessa separata entreprenader samordnas i en samordnad generalentreprenad, där en entreprenör utses till att samordna de olika entreprenörerna på arbetsplatsen.

För bostadsbyggnader är totalentreprenad en vanlig entreprenadform. Tanken är då att låta entreprenören kunna pressa kostnader och därmed pris genom att ha en stor frihetsgrad i byggteknik, materialval, etc. För byggande där byggherren har mer uttalade krav än vad som regleras i BBR kan totalentreprenaden styras mer eller mindre, genom att t.ex. olika funktionskrav formuleras. Detta kan även gälla energirelaterade funktionskrav, så som täthet, klimatskalets effektförluster, installationernas regleregenskaper, mm. Totalentreprenaden kan alltså vara mer eller mindre styrd.

Passivhusbyggande är delvis en ny spelplan. Långtgående funktionella krav ställs upp vad gäller byggnadens energiegenskaper, liksom dess installationer. Vad gäller energikraven är målet väl definierat, men inte vägen dit. Det innebär att konstruktioner ska uppföras där köldbryggor minimerats genom att väl genomarbetade detaljlösningar studerats och valts. Klimatskalets isolering ökar och kraven på täthet skärps radikalt. Så länge byggandet av passivhus inte är en ”vardagslösning” krävs därför mer tid och omtanke för de nya lösningar som ska in i projektet. En öppenhet för att gemensamt diskutera alternativa lösningar är värdefullt.

Några bostadsföretag har haft god erfarenhet av en ny entreprenadform, partnering⁹. Partnering är en strukturerad samarbetsform där byggherren, konsulterna, entreprenörerna och andra nyckelaktörer samverkar kring gemensamt utvecklade lösningar. Grundidén är att byggherren tidigt samlar den kompetens, ett projekttag, för att realisera projektet. Speciellt är detta värdefullt om man via en ramupphandling av sin partneringgrupp kan bibehålla samma team för ett kommande antal likartade byggnader som ska uppföras.

Oavsett val av entreprenadform är kraven på kvalitet så höga vid passivhusbyggande att grundlig utbildning av de kontrakterade entreprenörerna bör ingå i projektplanen för alla som inte redan gått en utbildning i passivbyggande. En inledande utbildning i passivhusbyggande för arkitekter och konstruktörer rekommenderas alltså varmt liksom en byggplatsutbildning av alla berörda när bygget startas. Vidare att ett genomarbetat kontrollprogram utarbetas och som omfattar alla funktionskritiska delar.

⁹ Mer information, liksom standardavtal utarbetade av Byggherrarna finns på hemsidan: www.partnering.se

Energikrav och uppföljningssystem

Det finns en internationell definition för vad som är passivhus och det finns kriterier utarbetat av det tyska passivhusinstitutet. Dessa har i Norge anpassats för att bättre passa den norska beräkningsmetodiken och i Sverige har Sveriges Centrum för Nollenergihus (före detta FEBY) anpassat dessa kriterier till en kravspecifikation¹⁰ för svenska förhållanden och svensk beräkningsmetodik.

Kriterierna för passivhus inkluderar också krav på täthet och ljud. Om andra miljökrav ska ställas på fukt, komfort, materialval etc. kan kraven enligt miljöklassad byggnad eller Miljöstyrningsrådet vara ett bra komplement, se sid 20. Exempelvis är det mycket lämpligt att ställa kompletterande krav på fuktsäkert byggande.

Alla väsentliga krav som ställts vid upphandling eller formulerats under projektet ska också följas upp. Uppföljningar som ska mätas samordnas med projektets alla andra uppföljningspunkter i en mät- och kontrollplan.

De krav man avser ställa och avser följa upp bör beskrivas så tidigt som möjligt i processen (programskede) så att anlitate konsulter, entreprenörer etc. kan beakta dessa från början och veta vad som förväntas av dem, t.ex. utarbeta detaljanvisningar för mätning och uppföljning.

De övergripande kraven enligt de svenska passivhuskriterierna är upplade på skallkrav och börkrav. Det är beställaren som avgör vilka av börkraven som ska föras in i projektets kravlista. De kontrollpunkter som berör kriterierna för Passivhus sammanfattas i tabell 6.1.

¹⁰ Kravspecifikation för passivhus, version 2009. Forum för energieffektiva byggnader (FEBY)

TABELL 6.1. Sammanfattning av FEBY krav och rekommendationer, samt lämpliga metoder för uppföljning (kursiv text). De värden som inte angivits i tabellen är klimatzonsberoende. Källa: FEBY, Mätning och verifiering.

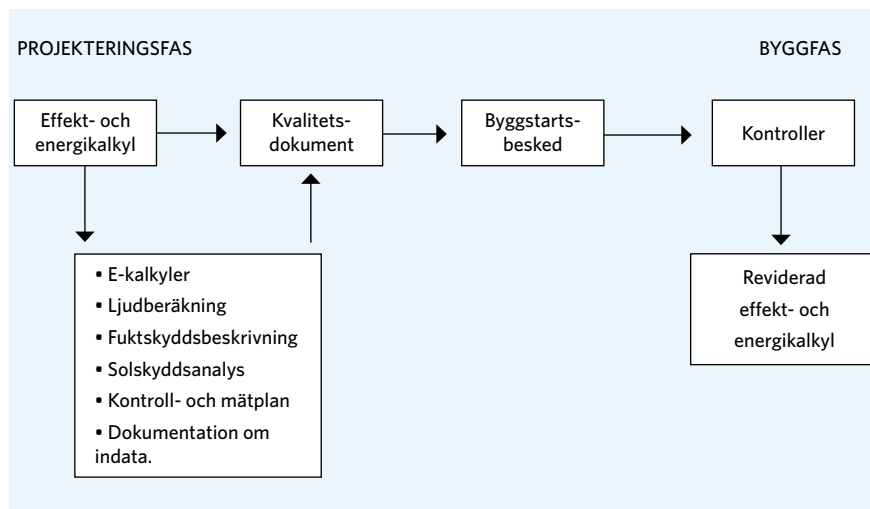
FEBY Krav	Värde	Dokumentation/kontroll
Fönster U-värde	<0,90	Leverantörsuppgift
Ljudklass	Klass B	- Mätning eller dok. ljudproj.
Tilluftstemp.	max 52 oC	Projekteringsvärde
Täthet	<0,3 l/s,m ²	- Mätning
Effektkrav	<x W/m ²	Kalkyl + dokumenterade indata - Effektförlustmätning
Rekommenderade prestanda		
Energi	<x kWh/m ²	Kalkyl + dokumenterade indata - Energimätning
Ventilationssystem	SFP <1,5 kW/m ³ ,s	- Mätning
	System verkng. >70%	- Mätning
Inneklimat sommar		Förenklad kalkyl eller fördjupad. - Enkät
Fuktsäkert byggande		Fuktsäkerhetsbeskrivning - Fuktkontroller

Vissa detaljkrav, som exempelvis energikrav på fönster är minimikrav. För att klara övergripande energikrav kan mycket väl fönster med bättre prestanda behöva väljas. I kontrollplanen anges då de värden som projektet kräver. Värdena för värmeeffektbehov och årsenergi väljs för aktuell klimatzon enligt FEBY kravspecifikation.

Vad gäller energikraven för årsenergi är de baserade på ”normalt brukande” av varmvatten, med låsta referensvärden. Att den verkliga anläggningen sedan använder mer eller mindre energi kommer i hög utsträckning påverkas av om verksamheten inkluderar även matlagningskök, sportanläggning med duschutrymmen (skola), etc. som påverkar verksamhetens behov av varmvatten. Detta kompenseras man för vid uppföljningen eftersom det är byggnaden, inte beteendet som ska värderas.

Eftersom klimatskalets egenskaper har en central betydelse rekommenderas att de indata som avser U-värden och köldbryggor kvalitetssäkras genom att den konstruktionsansvarige skriftligen intygar att de värden som används i kalkylen är korrekt beräknade och även **dokumenterar** hur dessa data tagits fram. Då blir det också lättare att förstå och hitta orsaker till eventuella avvikelser om uppföljningsmätningar visar avvikande prestanda. Denna dokumentation liksom övrig dokumentation som visar hur kraven ska klaras kan samlas i ett ”kvalitetsdokument” se följande figur.

FIGUR 6.1. Krav och uppföljningsrutiner anslutna till nya PBLs krav på kontrollsystem i byggprocessen.



Mer stöd för hur kraven ska verifieras ges i FEBYs rapport Mätning och verifiering¹¹. I den rapporten finns bilagor med exempel på lämplig dokumentation som kan ge vägledning.

GUIDER OM UPPFÖLJNING

Bra vägledning vad avser konsten att ställa krav och följa upp ges också i:
Energiverifikat09, SVEBY
(nedladdningsbart dokument hos www.fastighetsagarna.se)

UFOS rapporter (beställs från SKL):
Bättre klimatskärm – att ställa krav och följa upp, samt
Hela vägen fram, uppföljning av energikrav i byggprocessen (avser installationsutrusning)

I SVEBYs rapport Energiverifikat09, föreslås att bygghandlingarna kompletteras med en ny handling ”Energiverifikat”, där alla energirelaterade handlingar samlas, t.ex. den energiberäkning som visar att byggnaden ska klara uppställda energikrav. Under de kommande stegen systemprojektering, detaljprojektering, bygg- och installation, så uppdateras den tidigare energikalkylen utifrån de ändringsdata som uppkommer. Därmed säkras att kraven behålles genom hela processen.

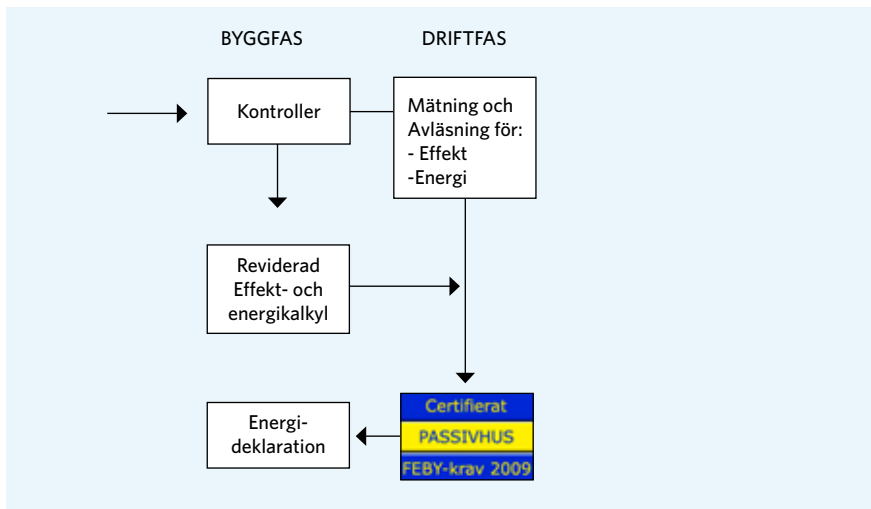
¹¹ Mätning och verifiering – Underlag till kriteriedokument för Passivhus och Minienergihus. www.energi-effektivbyggnader.se

Energiberäkningar som verifierar att byggnaden uppfyller passivhuskriterierna sker enklast med för ändamålet anpassade beräkningsstöd. Dels finns ett beräkningsprogram PHPP, anpassat för europeisk beräkningsmetodik utgiven av tyska passivhusinstitutet¹² och dels finns ett beräkningsprogram, Energihuskalkyl¹³ anpassat till de svenska passivhuskriterierna enligt FEBY. Denna kan även användas när krav ställs enligt kriterierna för minienergihus eller av kommuner som vill koppla egna lokala energikrav till markanvisningsavtal. Energihuskalkyl har utvecklats i samarbete med Västerås Stad och Linnköpings kommun för att enkelt kunna visa att ställda energikrav uppfylls.

Verifikat

Forum för energieffektiva byggnader har utarbetat rutiner för verifiering av passivhuskraven, så att ett av FEBY utställt verifikat kan lämnas¹⁴. Eftersom årsenergikraven än så länge (version 2009) enbart är en rekommendation, så kan detta verifikat begränsas till enbart skullkrav, dvs. byggnadens värmeeffektbehov. Har byggherren också ställt krav på årsenergianvändningen (rekommenderas) ska verifikatet även inkludera en mätverifiering av årsenergi.

FIGUR 6.2. Mätning av värmeeffektbehov och årsenergi ger underlag för ett verifikat från FEBY.



12 Programmet PHPP 07 är översatt till svenska och licensieras av Passivhuscentrum, www.passivhuscentrum.se

13 Programmet Energihuskalkyl, är ett nätbaserat program som kan användas i samband med markanvisningsavtal, vid anbudsinfodran så att jämförbara kalkyler säkras, eller för egna energiberäkningar. Se www.energihuskalkyl.se.

14 PM; FEBYs system för intyg av Passivhus och Minienergihus, www.energieffektivbyggnader.se

Observera att man vid en verifierande årsenergimätning måste normalisera resultatet utifrån:

- › Avvikande drifttider
- › Avvikande intensitet (personbelastning)
- › Gradtimmar under uppvärmningsperioden
- › Avvikande överskottsvärmevolym från fastighetsel och verksamheterna elanvändning

Att avvikelser uppstår kan ha olika förklaringar, t.ex. att byggnadens täthet blev bättre eller sämre (mätes) att ventilationssystemet fick större tryckfall än projekterat och kanske också gav sämre systemverkningsgrad (mätes).

Teknik och konstruktionslösningar

Verksamhetens energianvändning

Verksamhetens energianvändning påverkar verksamhetens kostnader. Den påverkar också energibalansen genom att mer eller mindre överskottsvärme kommer avges.

Väsentliga poster för verksamhetens energianvändning är belysning, kontorsutrustning (datorer i skolan), köksutrustning och varmvatten. Belysning beskrivs i eget kapitel.

Offentliga sektorn ska gå före i omställningen till ett energieffektivt samhälle enligt EU:s energitjänstedirektiv¹⁵. Enligt lagen ska statliga myndigheter välja minst två av de sex åtgärder för energieffektivisering som anges i förordningen. Om sådana åtgärder väljs som omfattar att ställa krav vid upphandling av energirelaterade produkter och tjänster ska detta göras genom att använda Miljöstyrningsrådets kriterier¹⁶ på avancerade nivå. Dessa omfattar produkter och tjänster i bästa miljöprestandakvartil (25 %). Relevanta produktområden för passivhusbyggnader som berör energianvändningen är följande:

- › AV-produkter (TV-produkter, mm)
- › Inomhusbelysning
- › Pumpar
- › Storkök
- › Tvätt- och torktumlare för kommersiellt bruk

¹⁵ enligt förordning (2009:893) om energieffektiva åtgärder för myndigheter.

¹⁶ www.msr.se

- › Utomhusbelysning
- › Vitvaror

Miljöstyrringsrådets har också utarbetat upphandlingskriterier för storkök, som kan ge vägledning.

Kontorsutrustning

Datorer och annan kontorsutrustning som skrivare, kopiatorer mm använder inte bara el när de är i drift. Dessvärre använder de el även när de inte är i drift antingen som tomgångskörning eller som ren stand-by effekt.

Planera tillsammans med verksamheten för en elmatningslösning så det är möjligt att slå av alla anslutna apparater centralt via elmatningen till dessa när arbetsdagen är slut och att detta sektioneras på lämpligt sätt om olika förutsättningar råder (datasal, jämfört med kontorsavdelningen).

Klimatskal

Funktionskrav

I programskedet är det lämpligt att utforma ett funktionskrav för hela klimatskärmens samlade prestanda i form av ett värde på maximala effektförluster per uppvärmd area ($W/m^2 A_{templ}$, K). Detta gör att klimatskalets energiegenskaper kan isoleras från ventilationens. Vad som sen krävs för klimatskalets komponenter för att klara detta krav blir beroende på om byggnadens *formfaktor* är gynnsam eller inte (främst antal våningsplan) och vald fönsterarea.

När väl byggnadens form är klar kan de U-värden som krävs för att klara det övergripande kravet på maximala effektförlust per uppvärmd area bestämmas. Hänsyn ska då också tas till samtliga köldbryggor som måste bestämmas utifrån konstruktionslösningen.

Istället för att energiegenskaperna blir en konsekvens av valda konstruktionslösningar är det nu konstruktionslösningar som ska väljas för att klara det övergripande funktionskravet för klimatskalet!

Väggkonstruktion

Materialmässigt finns en rad olika konstruktionslösningar som är mer eller mindre lämpade för energieffektiva byggnader. När väggen byggs med större isolertjocklekar kan nya konstruktionslösningar vara mer kostnadseffektiva än de som använts tidigare. Lättregelvägg och lösullsisolering kan vara en sådan och har valts i förskolebygget både i Alingsås och i Åkersberga (se kapitel 4).



Förskola i Alingsås. Lättreglar för ytterväggar och stålkonstruktion för stommen.

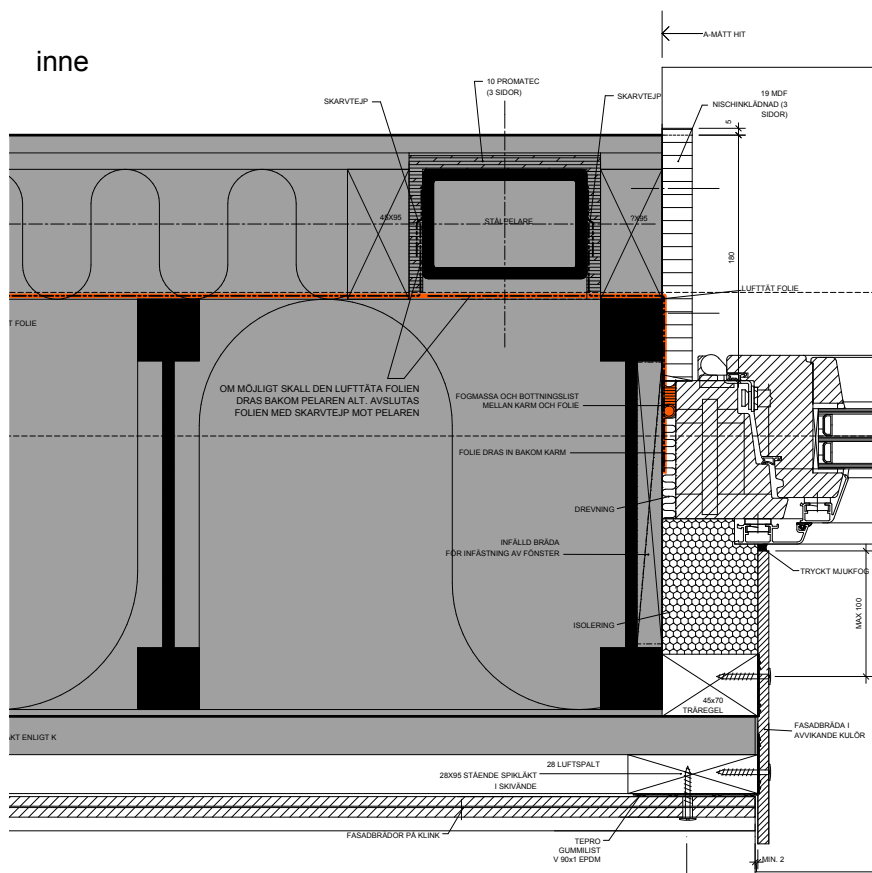
Väljs träfiberisolering som kan transportera fukt är det möjligt att också välja tätskikt som klarar täthetskraven, men som är delvis diffusionsöppna. Men det förutsätter att det yttre tätskiktet är mer diffusionsöppet så den fukt som trots allt går in i väggen också kan ledas ut. Det inre tätskiktet, oavsett materialval, bör ligga minst 45 mm in i väggen (installationsvägg) så den inte punkteras vid installationsarbete eller genom att användarna gör hål. Däremot bör den placeras högst 30% in i isoleringen så inte kondensering av fukt kan uppstå.



Förskola Skogslunden. Lättregelvägg, 300 mm för ytterväggar och ett installationsskikt på 100 mm innanför. Observera fiberduken (tätskikt) som ligger i väggen (markerat i bilden).

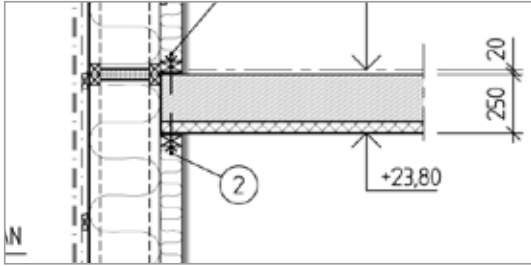
I Skogslunden valdes en fiberduk i tremetersbredd som drogs ut i 6 meters längder, kunde täcka bägge planen och på så sätt eliminera läckage vid anslutning av mellanbjälklaget. Skarvarna hamnade i de vertikala delarna och skarvades mot vägg reglerna. Stålpelarna placerades i installationsväggen innanför tätskiktet (se figur 7.1.).

FIGUR 7.1. Konstruktionsdetalj med tätskikt färgmarkerat. Observera att fönsterkarmen får en utanpåliggande isolering som minskar värmeförlusterna från karmen och därmed köldbryggorna runt fönstren. Skogslunden.

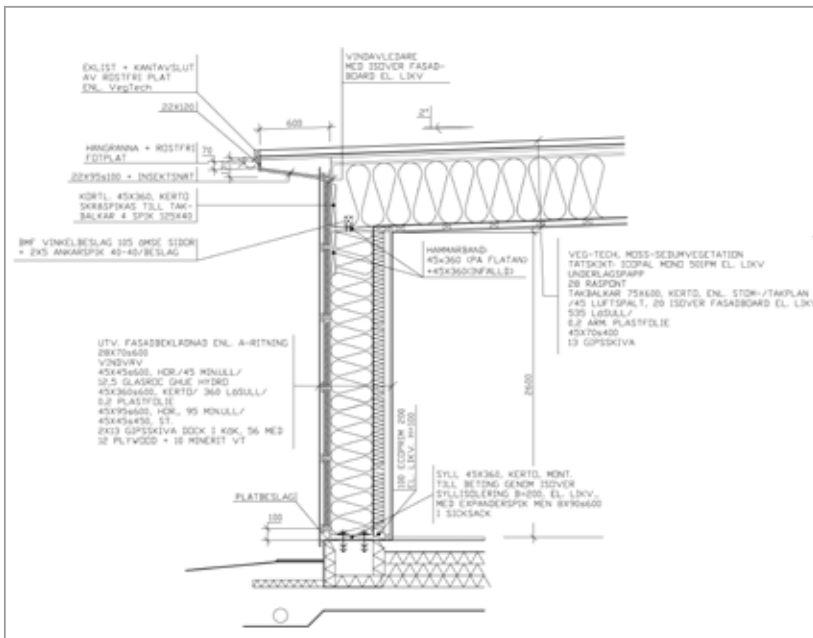


Det innebär också att mellanbjälklaget placeras på stålkonstruktionen innanför tätskiktet som alltså går utan skarvning på utsidan av mellanbjälklaget. I detta projekt byggdes väggen inifrån och ut.

FIGUR 7.2. Mellanbjälklag, placerat innanför tätskikt. Skogslunden.



FIGUR 7.3. Vägghkonstruktion förskola i Apladalen, Värnamo. Lösullsisolering och spärrskikt i plastfolie.



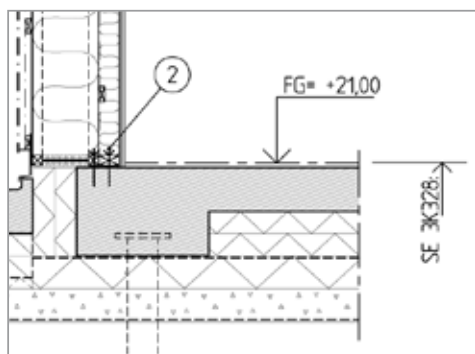
För en förskola i Värnamo har också lösullsisolering valts, men här är inneliggande tätskikt med plastfolie och sedan ett 95 mm installationsskikt. Taket förses med sedumvegetation.

Golv mot mark

Det är gynnsamt för byggnadens tidskonstant med en platta på mark som ackumulerar värme och jämnar ut innetemperaturen, speciellt i byggnader som i övrigt har en lätt konstruktion.

Även kantbalken bör vara väl isolerad. I Skogslunden lades 300 mm isolering mot mark under och 250 mm utanför kantbalken. I grunden finns också krossad foamglas (kapillärbrytande och isolerande) som dock ska ligga minst 400 – 500 mm tjockt för att kunna kompakteras bra.

FIGUR 7.4. Isolerad kantbalk. Skogslunden.



Fönster och fönsterdörrar

Energieffektiva fönster har idag U-värden på nivån 0,7 – 0,8 W/m²,K och på kontinenten från 0,6 W/m²,K och uppåt. Det är främst fönsterkarmarna i de svenska produkterna som inte är tillräckligt bra isolerade ännu och som höjer fönstrens U-värden.

Det är ur både kostnads- och energisynpunkt bättre att för samma totala fönsterarea välja stora fönster än många små. Fönsterleverantörens U-värde för en viss fönstertyp avser fönster med en standardiserad storlek. Väljs mindre fönster ökar U-värdet. Även köldbryggor runt fönstren ökar (ökad längd) med många små fönster, liksom läckageflöde och arbetsinsats.

Däremot ger större sammanhängande fönsterpartier kallstrålning, men det kan minimeras genom val av fönster med lägre U-värde.



Karm och båge med brott för köldbryggor. Källa NorDan.



Nederkant fönster kan ge "kallhorn". Bilden visar kompletterande isolering mot nedre fönsterkarm för att minska köldbryggans effekt från fönster med sämre isolerad karm och kantbalk vid en passivhustillbyggnad av en befintlig skola. Passivhusskola i Hjörning, Danmark.

Vädring

Energieffektiva byggnader har en förlängd "sommarperiod" med övertemperaturer som behöver kunna vädras ut. Fönster med bra vädringsmöjligheter möjliggör vädring utan att det blir för stort drag i vistelsezonen. Beslag med t.ex. Dreh-Kipp gör det möjligt att öppna med infällning i fönstrets överkant. Därmed kommer draget hamna i taknivå utan att störa. Dessutom minskar risk för infallande regn och fönsteröppningen blir barnsäker. Med minst ett bra öppningsbart fönster per rumsenhet kan en god vädring möjliggöras. Öppningsbara fönster försämrar fönstrets U-värde med ca 0,1 enheter.

Solskydd

Solskyddsglas med låg solljustransmittans (g -värde) väljs om behov av solavskärmning finns och detta inte kan ordnas med yttre solavskärmning eller mellanliggande persienner. Speciellt i öst- och västlig riktning kan fasta solskydd vara svåra att få effektiva.

Om solskydd i form av persienner eller solskyddsgardiner krävs, ska dessa vara mellanliggande eller utanpåliggande. Innanpåliggande solskydd ger endast ett svagt solskydd eftersom värmen då redan kommit in i byggnaden.

Om en mellanliggande solskyddslösning väljs ska denna vara monterad på fabrik. Eftermonterade persienner kan punktera klimatskalets täthet. Alla fönsterleverantörer klarar inte täthetskraven med monterade solskydd. Genomföringsnipplar för fönstersnören, mm måste vara i särskilt "lufttätt" utförande.

Kvalitetsmärkning

Om produkten är energimärkt innebär det att vald fönstermodell kontrollerats enligt internationell standard.

Information

Bra fönster ska kombineras med information riktad till brukaren, att kondens på glasets utsida kan förekomma vissa tider på året, men är ett kvitto på energieffektivt fönster och uppvägs av ökad värmekomfort inomhus.

Arkitekt bör vara utbildad i solskyddslösningar och hur kondens på utsidan kan minimeras genom arkitektonisk utformning i känsliga lägen.

Referenser

1. Fönsterlistan. Energimyndighetens hemsida. Denna fönsterlista innehåller de fönster som Energimyndigheten har fått begärda uppgifter om från respektive tillverkare, och där tillverkaren låtit en oberoende part granska underlagen
2. <http://www.energifonster.nu/>

Ventilation

Trots ett genomtänkt behovsstyrt ventilationssystem kan ventilationen i ett passivhus stå för drygt en tredjedel av värmeförlusterna.

Luftflöden anpassade till olika driftfall

Ventilationen dimensioneras utifrån verksamhetens behov. En normal utgångspunkt är ett grundflöde på 0,35 l/s,m² när byggnaden är i drift och ett tillägg på 7 l/s, m² person som belastar den aktuella byggnadszonen. Dimensioneringen sker för förväntad toppbelastning (timmedelvärde) medan extremtoppar kanske kan hanteras med kompletterande fönstervädring. Regleringen sker utifrån hur personbelastningen förväntas variera och energiberäkningen sker utifrån förväntat genomsnittligt luftflöde. Regleringen kan ske i steg eller variabelt utifrån lämpliga styrparametrar (temperatur, koldioxid, manuellt tillslagen timer på rumsnivå. etc.).

Eftersom drifttiden bara står för drygt 30% av årets timmar är det väsentligt att ventilationen utformas så den kan vara helt avstängd när verksamheten inte är i drift.

NATTAVSTÄNGD VENTILATION

För att förhindra bionedbrytning och bakteriell tillväxt i smutsiga tilluftsfilter.

Vid avstängning, går aggregatet ner på minflöde/grundflöde.

Friskluftens kanal stängs helt med spjäll placerat före aggregatets tilluftsfilter.

En by pass kanal (dimensionerat

för detta lägre luftflöde) placerat före tilluftsfiltret öppnar mellan avluftkanal och friskluftkanal.

Aggregatet går i fortsatt drift X minuter tills filtret är varmt och uttorkat.

Därefter stängs aggregatet av.

Uppstart sker med fullt flöde av frisk luft tills byggnaden fått en luftväxling innan byggnaden börjar användas.

Den ventilerade zonen är vanligen respektive avdelning på förskolan, eller klassrummet i skolan. Det innebär vanligen att luftflödet styrs med spjäll för respektive zon utifrån varje zons separata behov.

Principen är annars som den vanliga; tilluft till zoner som har prioritet på frisk luft och som har störst kylbehov via tilluften, som klassrum och vistelserum, överluft till sekundära rum som korridorer och mellanrum, samt frånluft från skötrum, WC och korridorer. Observera konsekvenserna av vädring på överluften.

Balanserad ventilation över klassrummet kan vara nödvändig och kräver då reglerande spjäll på både till- och frånluftsidan.

Överluft från klassrum till korridorer där grupparbeten ska bedrivas, kan ge ljudöverhörning.

Ventilationsaggregaten kan vanligen bara regleras ner till ca 25% av det totala flödet. Även på kanalnivå är reglerintervallet begränsat med den mätteknik som finns. Toalettgrupper och rum med fasta frånluftsflöden läggs därför in i ventilationssystemet så att dessa täcker upp minst det mätbara minflödet. Det innebär att de variabla luftflödena då kan mätas tillsammans med detta minflöde. Denna fråga är strategisk och kan därför innebära att placering av våtrum och annan rumsdisponering sker utifrån detta behov så inte frånluften från dessa rum måste läggas i separata kanaler.

EXEMPEL PÅ VENTILATIONSSLÖSNING FÖR KLASSRUM

Nattflöde: aggregatet avstängt.

Minflöde: 0,35 l/s,m² (ca 25 l/s)

IR-detektor: Ökar till 80 l/s, vid detektering. Klarar därmed 7 – 8 personer.

Detta mellansteg motiveras av att man ska slippa den fördröjning som annars sker om enbart reglering på koldioxid.

Samma IR-detektor kopplas till belysning för att reglera ner när ingen är i rummet.

Koldioxidmätare och temperatur reglerar till fullflöde vid behov. D.v.s250 – 300 l/s

Spjällstyrning på kanal för respektive till- och frånluft.

Tre passiva självreglerande tilluftsdon (100 l/s, per don). Motfjädrande för att ge tillräckligt tryckfall oavsett luftflöde så att en bra rumsluftsinblandning åstadkommes och därmed att en underkylning på upp till åtta grader tillåts.

Systemet bör vara möjligt att drifta på avstånd.

Grupprum: ett aktivt don som reglerar från 10 till max 100 l/s + överluft till korridor.

Om stora luftflödesvariationer väljs två separata aggregat som går in i steg för att klara reglering ner till 13% av fullt flöde.

EXEMPEL PÅ VENTILATIONSLÖSNING FÖRSKOLA

Nattflöde: avstängt.

Separat kanal/brandcell för respektive avdelning.

Minflöde: 0,35 l/s,m² (ca 25 l/s)

Storrum och delar med stor variation på personbelastning: Flexibelt aktivt tilluft-

don (< 100 l/s,don) alternativt spjällfunktion i kanal.

Koldioxidmätare och temperaturgivare reglerar till fullflöde vid behov.

Slavstyrning av spjäll för frånluft.

Ventilationsaggregat med hög verkningsgrad

Förutom att minimera värmeförlusterna så ger en behovsstyrd ventilation också en minimering av elåtgång för fläktdrift.

Att välja aggregat med hög värmeåtervinningsfaktor har också stor betydelse. En temperaturverkningsgrad på 90 % halverar ventilationens förluster jämfört med ett aggregat på 80% när det är som kallast. En energianalys får dock visa om detta inte straffas mer än motiverat med större elåtgång för fläktdriften.

Säkra tidigt att utrymme för ett värmeåtervinningssystem med hög verkningsgrad finns och att dess placering blir genomtänkt. Ventilationsaggregat kan även väljas som färdiga ventilationsrum för direkt placering på tak.

Aggregat med låg elåtgång väljs (lågt SFP tal).



Dubbla plattvärmväxlare av typ polykarbonat ger ca 90% värmeåtervinning och är avspolningsbara så att även kök kan anslutas. Källa: VoltAir.

Köksventilation (tillagningskök) väljs normalt som separata aggregat med platta värmväxlare som har låg verkningsgrad. Ventilationsförlusterna via kökets aggregat kan bli den dominerande förlustposten (se sid 48 under rubrik ”Förskola, Apladalen, Värnamo”). Alternativa lösningar med avspolningsbara växlare bör övervägas, se bild ovan.

Klimathållning

Klassrum med stor personbelastning ger stora kylbehov under stora delar av året. Om vi utgår från moderata glaspartier (dagsljusdimensionerade), genomtänkta solskyddslösningar och en genomtänkt strategi för värmeförseln (låg innetemperatur när skoldagen startar) så är ändå behovet av kylning via ventilationen stort. För att helt balansera värmeavgivningen från varje person krävs en underkylning av tilluftens temperatur med ca 8 grader. Med viss värmeackumulering av värme i väggar och tak, kan dock en lägre underkylning vara möjlig. Om underkylningen skapas vid aggregatet så blir alla ventilerade utrymmen kylda, vilket innebär att luftflöde till kontorsrum, mm också bör styras efter behov så att de balanseras mot överskottsvärmen från personbelastningen.

Nattkylning kan underlätta klimatiseringen, vilket innebär att kall nattkyla tas in för att sänka stomtemperaturen. Nattkylan tas enklast in via aggregatet, men automatiserade fönsteröppningslösningar är ett elsnålare alternativ om det kan lösas regn- och inbrottsäkert.

För att åstadkomma underkylning av tilluften även varma dagar perioden juni – augusti finns alternativen:

- › Evaporativ kylning. Förångning av vatten i frånluften kan sänka frånluftens temperaturen med några grader och denna kyla återvinnes sedan i aggregatet, så att den låga temperaturen kan bibehållas.
- › Markkyla. En lösning som sänker tilluftens temperatur under sommarperioden är en markförlagd tilluftskanal. Allt vanligare i Tyskland är att denna ersätts med en vätskeburen ”brine”-ledning som grävs ner i marken och som avger värme via en luftkonvektor till tilluftsflödet på vintern och som ger kyla på sommaren. Denna senare lösning anses ligga på samma kostnadsnivå och har fördelen att kylningen/värmningen styrs till de tidpunkter då behovet är som störst.



I förskolan Skogslunden valde man att lägga en 600 mm tilluftskanal i marken med erforderlig lutning för dränage och en inspekterbar dränagepunkt. De mätte upp ca 5 grader svalare tilluft under sommaren (23 grader när utetemperaturen var 28 grader). På bild beställarens projektledare Kristin Åberg Nilsson och Claes Eléhn platschef från NCC.

Ventilation som värmesystem.

Med de låga värmeeffektbehov som krävs i ett passivhus kan värmen bäras redan vid hygienluftflödet. Detta är en lösning som valts i flera förskolor. När temperaturen blir allt för låg i byggnaden under perioder då ventilationen är

avstängd, så startas ventilationen upp för att lösa värmebehovet. Detta gäller dock under kortare period vintertid eftersom temperatursänkningen under helger är ganska liten.

Tilluftskanalerna som ska bära in värmen behöver isoleras till en sådan nivå att värmen kan behållas fram till det rum som ska värmas. Ingjutning i bjälklag av oisolerade tilluftskanaler är då inte en möjlighet.

FRYSRISK?

Luftvärmare i tilluftskanalen kan ge en frysningsrisk i samband med att brandgasspjället konditioneras och brandgasfläkten startas. Om denna risk minimeras genom förvärmning av tilluften via markvärme av något slag bör övervägas. Brandgasevakeringen får

heller inte innebära att undertrycket i byggnaden blir så hög att man inte klarar att öppna ytterdörrarna nu när byggnadens klimatskal är mycket tät. Denna konditionering bör styras till lämplig tidpunkt på dygnet.

I **skolor** måste systemen för värme och ventilation separeras, eftersom ventilationsflödet till klassrummet är som störst när samtidigt kylningsbehovet av personbelastningen är som störst. Väljs aggregat med hög verkningsgrad och bra tilluftsdon med god omblandning så krävs ingen eftervärmare i dessa aggregat, vilket också sänker elbehovet för fläktdriften.

Belysning

Belysningen projekteras med armaturer och ljuskällor som möjliggör en bra belysningsmiljö (bländning, kontrast, ljusnivå, etc.) med minsta möjliga elinsats och med genomtänkta lösningar för dess styrning. Här kan referensvärdet för installerad eleffekt utgöra en utgångspunkt, se tabell 7.1.

Armaturer för lysrör bör vara utförda med dimbara HF-don oavsett om dessa skall närvarostyras eller inte. Dels för att kunna ställa in rätt ljusflöde (spara energi) och säkra lång hållbarhet på donen (driftekonomi). För att armaturernas drivdon ska få lång livslängd injusteras maxvärdet till nivån 80% av vad ljuskällan kan ge. Vidare bör de ha en drifttid på minst 3 minuter innan de släcks och som längst 15 minuter av energiskäl. Armaturerna projekteras så att avsedd belysningsstyrka erhålles i driftläget (80%).

Den nya ljus teknologin med LED-belysning är enklare att styra eftersom vi här inte har några HF-don som slits.

Mer detaljerad guidning i belysningsplanering ges i Miljöstyrningsrådets upphandlingsdokument där också upphandlingsdokument för upphandling av ”belysningsplanerare” ingår. Att anlita en kunnig belysningskonsult med dokumenterad erfarenhet av energieffektiv belysningsplanering, kan vara väl värt.

Styrning

Automatisk styrning rekommenderas för rum där belysningen riskerar att stå på utan att någon är där eller när dagsljuset ändå räcker till. Exempel på sådana rumsenheter är skolsalar, grupprum, konferensrum, trapphus, mm. Här kan armaturen släckas ner helt från driftläget när rummet inte används.

I rumsenheter med många korta besök ger täta upptändningar från helt nerläckt läge ett stort slitage på både lysrör och dess drivdon. Detta slitage minimeras påtagligt om nersläckningen sker i två steg. Först till ett minläge (ca 3% av full effekt) varifrån en återupptändning kan ske helt utan slitage och dels ger minläget ett visst ljust så inte rummet blir helmörkt. Denna strategi innebär att nersläckning i steg kan ske omgående efter det närvarogivaren inte längre indikerar närvaro, kanske bara 15 sek fördröjning. När man passerar ett sådant område ser man att belysningen verkligen är behovsstyrd, vilket ger en pedagogisk påminnelse om att belysningen inte ska vara på och dra ström när vi inte behöver ljuset.

I rumsenheter med dagsljus skall tändning och släckning alltid kunna ske manuellt. Ibland vill vi att det ska vara nedsläckt. Närvarodetekteringen träder då bara in när man glömt släcka belysningen. Denna styrning kallas för ”frånvarostyrning”, dvs. nedsläckning när ingen är där. Om ljuset regleras ner till förinställd lägre belysningsnivå (t.ex. 3%) kallas styrningen för ”frånvarodämpning”.

Frånvarodämpning kan kombineras med en ”dynamisk styrning” där en fullständigt nedsläckning sker med automatik, men först efter en förväntad period av ”icke aktivitet”. Styrningen har ett minne för förväntat beteende.

Ett alternativ till frånvarodämpning i rum och passage med täta besök är LED-armaturer. LED-belysning tål frekventa tändningar och släckningar.

För utrymmen med mycket dagsljus (klassrum, korridor) kan konstantljushållning i kombination med närvarostyrning ge ytterligare besparingar, se tabell 7.1.

Automatisk belysningsstyrning i skolor och förskolor är i de flesta fall anpassade lösningar för verksamheten i de skilda rummen. Mer avancerade och kostsamma buss-system är därför mindre motiverade.

Då tyvärr tomgångsförlusterna (parasiterande ström) i HF-don är ganska höga kan stora mängder elenergi förbrukas natt- och helgtid till ingen

nytta (ca 4-5 kWh/armatur). Det börjar komma fram HF-don med minimala tomgångsförluster ($< 0,1$ W/don). Antingen kan dessa väljas eller utformas belysningsystemet så att all elmatning slås helt ifrån när byggnaden eller den aktuella delen av byggnaden inte är i bruk, med hjälp av lämplig automatik.

Observera att projektering av belysningsstyrning kräver kunskap och erfarenhet för att val av närvarodetektorer, placering och logik ska ge en väl fungerande anläggning. Referenser och dokumenterad utbildning för belysningsstyrning i motsvarande lokaltyper bör alltid krävas av den som ska projektera anläggningen.

”Vi valde en väldigt enkel lösning för styrning av uteverksamhetens belysning, en manuell timer inställd på två timmar. Då fick vi samtidigt den pedagogiska effekten att barnen ser att detta med energianvändning är något vi kan påverka”.

Lars Tiren, numera pensionerad VD för Eksta Bostads AB.

Referensvärden belysning

Typiska drifttider¹⁷ för manuellt styrd belysning i skolor ligger på 1400 timmar per år.

Drifttiden kan reduceras genom styrning, antingen enbart via närvarodetektor eller i kombination med konstantljushållning som reglerar ner vid dagsljusinstrålning för de rum som har stort dagsljusinsläpp. Verkliga drifttider och möjlig besparing kommer variera med verksamhetens förutsättningar, men de värden som anges i tabellen kan ses som riktvärden att utgå ifrån.

Installerad effekt är rekommenderad möjlig effekt för väl planerad högeffektiv belysning. Vid upphandling där differentiering mellan skallkrav och börkrav formuleras, kan skallkravet tillåta ca 20% högre elåtgång.

¹⁷ STIL-studien för skolor. Energimyndigheten.

TABELL 7.1. Referensvärden för max önskad eleffekt för belysningsinstallationer, samt möjliga besparingar med behovsstyrning av belysningen. Källa. Ljus och Rum 2010.

	Installerad effekt	Närvaro-styrning	Närvaro + dagsljus.
	W/m ²	Besp (%)	Besp (%)
Klassrum	10	20	70
Grupprum	10	10	30
Korridorer	6	45	70
Uppehållsrum	8	40	50
Sporthall	14	30	40
Omlädningsrum	4	14	-

Aktuella ljuskällor

Utebelysning

Högtrycksnatrium (stora areor ska belysas), kompaktlysrör, LED-belysning.

Innebelysning

Lysrör, främst raka lysrör av typ T5¹⁸.

Vid behov ska HF-don avsedda för ljusreglering väljas.

Funktionskrav: livslängd minst 19.000 timmar (service life), ljuskällans ljusutbyte (inkl HF-don) 80 – 95 lm/W. Funktion för fördröjd släckning ska ingå i regleringen.

Kompaktlysrör

Dessa har olika ljusutbyte beroende på effekt och typ.

Funktionskrav: HF-don, vid behov HF-don avsedda för ljusreglering, inklusive funktion för fördröjd släckning.

Livslängd minst 10.000 – 16.000 timmar, ljuskällans ljusutbyte 50 – 70 lm /W (inkl. HF-don).

Lågenergilampor¹⁹ (tidigare lysrörslampor)

Detta är ett dyrare alternativ om ljusreglering önskas.

Funktionskrav: HF-don, vid behov HF-don avsedda för ljusreglering.

Livslängd minst 10.000 timmar, ljuskällans ljusutbyte 40 – 60 lm /W.

¹⁸ Den för närvarande mest energieffektiva ljuskällan som uppfyller ställda krav på färgåtergivning.

¹⁹ Dessa har inbyggda driftdon och är därför dyrare i inköp.

LED (*Lighting Emitting Diode*)

Funktionskrav för LED: livslängd minst 35.000 timmar. Ljusutbytet är max uppe i 55 lm/W idag²⁰ (vita LED med en färgåtergivning på ca Ra 80). Urvalet av armaturer är begränsat om inte armaturer med E-sockel väljs. Temperatur i armatur som inte är anpassad för LED kan bli hög vilket påverkar ljusutbyte, färgåtergivning och livslängd. Observera att LED-ljuskällor av mycket varierande kvalitet förekommer. I avvaktan på en internationell standard för hur LED ska redovisas bör den som upphandlar själv samla in relevanta data från leverantörerna. Till hjälp för detta finns en checklista framtagen av belysningsbranschen²¹.



LED armatur för trapphus. Finns även med närvaroavkänning och tänd/släck- eller min/max-funktion för att slavstyra armaturer utan sensor. Motsvarar 22 W kompaktlysrör. Dimbar till 10% via driftspänning. Källa: Energisystem, Nyköping.

Solskydd och sommarkomfort

En välisolerad byggnad med små värmeförluster får ett behagligt klimat vintertid. Även sommartid kan den ge ett behagligt klimat genom att effektivt stänga sommarhettan utanför och återvinna den lägre innetemperaturen. Men detta förutsätter att inte verksamheten i byggnaden genererar allt för stora värmelaster och att inte allt för stora värmelaster från solen tillåts komma in.

20 Till 2012 förväntas ljusutbytet vara ca 70 lm/W och 2017 ca 90 – 100 lm/W

21 Checklista vid upphandling av ljusarmatur baserad på LED. Nedladdningsbar från www.belysningsbranschen.se och www.ljuskultur.se.

Den korta uppvärmningsperioden som utmärker passivhus innebär samtidigt att sommarperioden blir förlängd, dvs. att perioden då inkommande solvärme ger värmeöverskott förlängs. Samtidigt kommer den lägre utetemperaturen möjliggöra att kylning ges via tilluften och eller i kombination med vädring.

Bra förutsättningar för ett bra inneklimat även under sommarperioden skapas om

- › fönstren dimensioneras med utgångspunkten att föra in nödvändigt dagsljus, men inte mer
- › att en söderorientering av de mest uppglasade fasaderna eftersträvas, då dessa är enklast att solavskärma
- › fasta utanpåliggande solskydd kan väljas (söderorienterade) och gärna med byggnadskonstruktioner som ger annan nytta (balkonger, solfångare, solceller)
- › rörliga solskydd placeras utanför fönstren eller möjligen i mellanglaspartier (persienner) och gärna med en utformning som kan länka in dagsljuset längre in i byggnaden
- › fönstren medger vädring utan att verksamheten störs genom drag eller skapar nya risker

Solskydd ska aldrig lösas i efterhand om ”det visar sig att problem uppstår”. Detta kan enkelt simuleras redan i projekteringen och det är då problemen ska lösas eller helt undvikas. Montage av t.ex. mellanliggande persienner eller solskyddsgardiner, förutsätter dubbelglasade fönster. Men montage i efterhand är inte en acceptabel åtgärd, eftersom byggnadens täthet då inte längre kommer klaras. En lufttät persienneinstallation kräver speciellt utförande och måste ske på fabrik. Genomföringar till yttre solskyddsinstallationer som markiser ska utföras inom byggentreprenaden och inte i efterhand.

Innanpåliggande gardiner gör marginell nytta eftersom värmen som kommer in blir kvar.

I djupa byggnader kan innerväggsfönster och taklanterniner övervägas för att få dagsljuset långt in i byggnaden utan att glasa fasaden allt för mycket. Men även taklanterniner måste solavskärmas, även om det är svårt, se t.ex. följande figurer.



Dagsljus till skolkorridoren förs in dels via fönster till klassrummen och dels via takfönster. Takfönstren solavskärmas för att inte få in solvärmen, se nästa bild. Hjörning, Danmark.



Fasta solskydd av takfönster till skolkorridor. Hjörning, Danmark.

För fönster i östlig och västlig riktning är fasta utanpåliggande solskydd mindre effektiv eftersom solen står lägre i dessa orienteringar. Manuella rörliga solskydd i östlig riktning kommer att ha släppt in stora värmemängder redan

innan eleverna ens börjat skolan på morgonen om ingen tänkte på att ha ner dem på eftermiddagen/kvällen.

Solskyddsglas kan vara ett alternativ i sådana rum, men skärmar också bort värmen på vintern då vi vill ha in den.

Värmedistribution

Lågenergibygnader har små värmeförluster och variationer i sol och över-skottsvärme ger stor påverkan på det aktuella värmebehovet. Värmesystemet ska därför vara snabbreglerat för att kunna känna av temperaturförändringar inne i byggnaden och därmed ge önskat inneklimat. De låga värmebehoven möjliggör också att systemen dimensioneras för låga temperaturer på värmebäraren.

Luftvärmesystem

Snabbast att reglera är system där värmen bärs med tilluften. Eftersom värmen ska kunna distribueras till de yttre byggnadsdelarna får värmeläcket från t.ex. oisolerade kanaler inte bli för stort. Eftervärmare placeras lämpligen i anslutning till den byggnadsdel som ska ha en gemensam temperaturnivå (kanske avdelad brandcell). Enligt FEBY rekommenderas inte högre tilluftstemperaturer än 52 grader (efter värmaren) vilket begränsar möjlig tillförd värmeeffekt till ca 14 – 16 W/m² för ett luftflöde motsvarande hygienluftflödet.

Radiatorsystem

Små radiatorsystem eller värmepaneler för vattenburen distribution ger relativt snabb reglering. Placering i rummet kan vara fritt om energieffektiva fönster valts och inte koncentrerats i allt för stora partier så att motstrålande värmeenheter krävs. Radiatorsystem är ett bättre val än luftvärme när luftbehov och värmebehov inte följs åt, vilket t.ex. gäller för klassrum.

Golvvärmesystem

Golvvärmesystem är trögare, men ytplacerade golvvärmesystem utformade så att värmen leds uppåt och isoleras nedåt kan kombinera acceptabel reglerbarhet och lågt temperatursystem.

Ingjutna golvvärmesystem ger mycket tröga system reglermässigt och ger därför större reglerförluster (mer vädring för att få bort ej önskade övertemperaturer) och är därför en oacceptabel lösning.

Golvvärme i entréhallar där blöta skor och stövlar tas in kan ses som en rationell lösning. Men borttransport av fukt kan ske effektivare med den luft som ändå redan finns i rummet om t.ex. en luftcirkulation med cirkula-

tionsfläkt väljs. Om luften blir fuktmättad kan en ökad luftomsättning krävas (fuktgivare kopplad till ventilationen). I rum för upptorkning är en avfuktare en annan teknisk lösning.

Solfångare och produktionssystem

Utanför fjärrvärmeområde kan olika lösningar övervägas; t.ex. solvärme i kombination med biopanna eller bergvärmepump. Rationella och automatiserade anläggningar för biobränsle finns på marknaden. Drift och tillsyn av produktionssystem kan läggas ut på externa serviceföretag och beaktas i lönsamhetskalkylen. För ytterligare funktionskrav, se rekommendationer från branschorganisationerna

Solcellssystem

Solceller är idag inte kommersiellt konkurrenskraftig teknik, men förväntas att kunna bli det inom en rimligt kort tidshorisont. I nyproduktion bör detta beaktas. Upphandlingskrav kan då ställas på anlitate konsulter att de utformar byggnad och anslutningar för framtida montage av solceller, när de väl blir lönsamma (se kap 10 om programkrav).

Solvärme för varmvatten

Solvärme ger bäst ekonomi om det dimensioneras för täckning av varmvattenbehovet under perioden juni – augusti.

Varmvattenbehovet är i ett antal förskolor²² uppmätt till ca 10 kWh/m² (0,18 m³/år, m²), men kan vara högre om också ett tillagningskök ingår.

Varmvattenbehovet i skolor utan kök eller gymnastikhall, är inte mer än ca 2 kWh/m² (0,04 m³/år, m²) och täcker då behovet för varmvatten i toaletterna.

Till dessa värden tillkommer varmvattencirkulationsförlusterna, som kan vara ganska höga vid en ogenomtänkt planering.

Varmvattenbehov för kök och idrottshallar kan vara väsentligt högre.

Lönsamhet och miljönytta är helt beroende på vilket energislag som solvärmens sparar bort. Är det biobränsle, som dessutom kan stängas av under sommarperioden och sänka driftkostnaderna, eller är det spillvärme i fjärrvärmesystemet från avfallseldning eller kraftvärme?

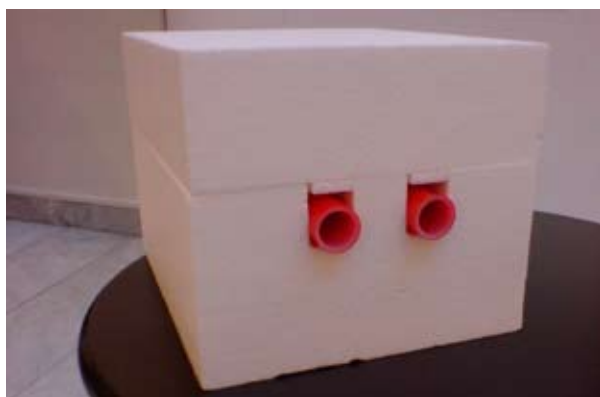
Referenser: Svensk solenergi.

22 STIL, förskolor och skolor.

Värmegles fjärrvärme

Energieffektiva byggnader med FTX-ventilation har ett lägre energibehovet, vilket innebär att kulvertförlusterna ökar jämfört med levererad energi. Utifrån fjärrvärmeleverantörens perspektiv innebär detta att nätet blir värmeglesare. För att klara anslutning till nya värmeglesa områden med lågenergihus kan fjärrvärmeleverantören, eller byggherrarna kollektivt i ett område, anlägga ett lågtemperaturnät. Det innebär att fjärrvärmens i en gemensam central växlar ner till ett sekundärnät med en fast framledningstemperatur på drygt 60 grader året om och 25–30 grader på returen. Dessutom dras ledningarna genom en kulvert som isoleras med väl tilltagen cellplast. På så sätt minskas kulvertförlusterna och kostnaderna blir lägre.

Detta sekundära nät förläggs sedan med PEX-ledning, vilket gör det möjligt för byggtreprenören att själv lägga sina servisledningar i samband med att de drar VA-nät till byggnaden. I Västerås tillämpas denna förläggningsprincip redan i sju olika områden.



Nya system för lågtemperaturnät sänker ledningsförlusterna och möjliggör anslutning även av mer värmeglesa områden. Samförläggning med VA är möjligt. Bild av sektion från Elgocell.

I byggnaden projekteras värmesystemen då för lågtemperatur anpassat till fjärrvärmesystemets temperaturer.

Pumpar

Pumpar med högeffektiva motorer och inbyggd tryckstyrd reglering ger påtagligt lägre elåtgång än pumpar med fasta varvtal. Enligt EG:s förordning

(EG) nr 641/2009 för EKO-design för pumpar, kommer följande krav på energieffektivitetsindex ställas på fristående cirkulationspumpar:

› 2013: $EEI < 0,27$

› 2015: $EEI < 0,23$

2015 inkluderas även s.k. inbyggda pumpar (för solenergisystem och värmepumpar). Riktmärket för de mest effektiva cirkulationspumparna är $EEI \leq 0,20$.

Energieffektivitetsindex beräknas enligt en bilaga i förordningen och jämförs med ett referensvärde. Till dess dessa krav införts refereras istället till det klassificeringssystem i skalan A-G som idag tillämpas av flera tillverkare som frivilligt system.

Energi- och kostnadseffektivt val: Energiklass A för såväl värmesystem som för VVC-pumpar.

Värmeåtervinning ur spillvatten

En uppföljande studie²³ på centrala värmeväxlare för spillvatten i flerbostadshus byggda på 90-talet har genomförts och indikerar en återvinning på ca 200 – 250 kWh/lgh, dvs. högst 10% av varmvattenbehovet. För förskolor och skolor med lägre varmvattenbehov är denna åtgärd inte lönsam. För idrottsanknutna anläggningar med stora varmvattenbehov kopplade till omklädningsrum kan värmeåtervinningssystem övervägas, men förutsätter att spillvattenväxlare kan placeras i nära anslutning till undercentral för att minimera rördragningar.

Varmvattenblandare

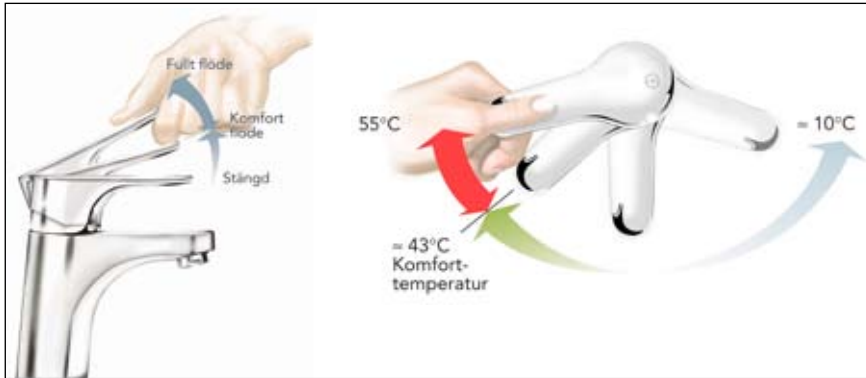
Varmvattenanvändningen kan minskas påtagligt (ca 20%) genom val av blandare med energieffektivt utförande och att blandare i tvättställ injusteras till 38 °C.

Med energieffektiva menas ettgreppsblandare med:

- en inbyggd flödesbegränsande funktion, där användaren genom en spärr- eller en motfjädrande funktion kan påverka önskat flöde utöver normalflöde.
- en inbyggd temperaturbegränsande funktion, där användaren genom en spärr- eller en motfjädrande funktion kan påverka önskad temperatur utöver komforttemperatur, alternativt att armaturen har ett kallt mittläge.
- Därutöver ska duschblandare ha en termostatfunktion.

För lokalfastigheter kan beröringsfri blandare vara ett acceptabelt alternativ

23 Värmeåtervinning ur spillvatten - flerbostadshus. 1999 ATON Teknikkonsult AB (se www.aton.se, under rapporter). Leverantör: Powerpipes.



Exempel på effektiva blandare. Bild: Gustavsberg.

Leverantörsöversikt

	Oras	Gustavsberg	FM Matsson
Flödesbegränsare	Ja	Ja	Ja
Temperaturbegränsare	Ja	Ja	Nej
Kallt mittläge	option	Ja	Ja

Rörisolering

Rörisoleringen väljs normalt efter AMA 98 och standardnivån ligger långt under ekonomiskt optimal isolering, då detta är ett område som normalt inte energikalkyleras. Finns utrymme så är bättre isolering än serie 43 motiverad. Optimal isolering beräknas utifrån valda temperaturnivåer med beräkningsprogram, t.ex. IsoDim. Säkra att utrymme för bra isolering av rör skapas.

I föreskrifterna anges isoleringstjocklek enligt viss serie, samt krav på isolerarens högsta värmekonduktivitet vid drifttemperatur.

Beakta dock att det krävs större utrymme för ledningen vid projekteringen.

För varmvattencirkulationsledningarna kan förlusterna bli lika stora som själva varmvattenbehovet (skola med lågt varmvattenbehov). Förlusterna minimeras genom att:

- › VVC-ledningar inte gjuts in i mellanbjälklag
- › Samisoleras med varmvattenledning
- › En högre isolerclass väljes

Om oisolerade kall- och varmvattenledningar läggs i samma ”rör i rör” ledning blir kallvattnet ohygieniskt varmt (Legionellarisk) och förluster uppstår för det varma vattnet.

Exempel	
För rördiameter 20 mm innebär serie 43 en rörisolering på 40 mm, vilket ger en förlust	på ca 7 W/m vid ΔT 35 OC. Serie 43 ger 60 mm isolering för rör > 20 mm.

Hiss

Elåtgången för en ny modern direktdriven hiss kan halveras genom de tillkommande funktionskrav som ges i kap. 10. Av dessa ger aktivitetsstyrning av belysning störst energibesparingseffekt. Den kan med fördel lösas i kombination med LED-belysning, som tål täta tänd- och släckningar och dessutom har en extremt lång livslängd så att ljuskälleutbytet nära elimineras. En bra funktion kan erhållas med s.k. dopplereffektsensorer som indikerar när någon går mot hissdörren och tänder därmed hissen innan dörren öppnats, men tänder inte på passerande personer²⁴.

Hissautomatiken kan ha en kontinuerlig effekt på flera hundra Watt helt i onödan och med stor värmeutveckling. Med viloläge för elektroniken går den ner till endast några få Watt. Uppstartningen ger en fördröjning på mindre än en sekund.

Torkutrustning

Torkningen är det moment vid tvätt och torkning som drar mest energi och ska därför fuktstyras. I enklare torkskåp är även semifuktstyrd reglering tänkbar, dvs. reglerteknik där temperaturökningen används som indikator på fukthaltens förändring.

För rum där fuktiga kläder hängs upp (förskolor) i större omfattning sker torkning mycket energieffektivare med en avfuktare för rummet än att öka luftflödena och höja temperaturen.

24 Energieffektiv hissbelysning. Lysdiodsbaserade lågprofilsarmaturer. BEBO



Kompletterande värmeåtervinningsväxlare till torktumlare. Spar torktid och energi. Foto: Electrolux.

Ny värmeväxlingsteknik baserad på släta lamellväxlare i polykarbonat som är enkelt avspolningsbara gör värmeåtervinning praktiskt realiserbar. Till varje tork kopplas en växlare, se bild ovan.

Beräkningsstöd

I princip är det tre beräkningar som är aktuella att kunna göra:

1. Effektbehovskalkyl vid DUT^{25} , enligt FEBYs anvisningar.

Detta är en relativt enkel kalkyl enbart baserad på byggnadens tidskonstant och byggnadens värmeförluster. Därmed kan man i tidigt skede få en återkoppling till om byggnadens design och ambitionsnivåer för isolering och ventilationsaggregat kommer att kunna räcka till.

Tyvärr är få beräkningsprogram anpassade för att direkt ge denna beräkning utöver Energihuskalkyl²⁶ och PHPP²⁷, som bägge är utformade för energiberäkningar av passivhus. Den första enligt de svenska kriterierna och den senare enligt de internationella.

2. Årsenergikalkyl, enligt FEBYs anvisningar.

Här kan i princip alla marknadens alla beräkningsstöd användas. Eftersom det är låga överskottsvärmeeffekter som får tillgodogöras enligt FEBYs kriterier (som förutsätter att installationer, belysning och apparater kommer att utföras mer energieffektivt framöver och då ge mindre överskottsvärme) och att byggnaderna som är välisolerade ger långa tidskonstanter (värmetröga) så kan mycket enkla beräkningsprogram användas för att visa om man klarar kriterierna eller inte. Det är viktigare att de är enkla att förstå och enkla att använda så att kalkyleringarna kan följa projektet under dess utveckling, samt att alla relevanta data kan hanteras.

25 Dimensionerande utetemperatur, egentligen DUT_{20} som innebär den utetemperatur som kan uppstå vart 20:e år för den tidsperiod som byggnadens tidskonstant omfattar. Denna temperatur ska tolkas så att om man precis dimensionerar värmesystemet för denna temperatur kommer innetemperaturen vart 20:e år sjunka med 3 grader under denna köldperiod.

26 Det finns en "provapå" version på nätet: www.energihuskalkyl.se.

27 Beställs via Passivhuscentrum i Alingsås.

Endast Energihuskalkyl är direkt anpassad för de referensvärden (varmvatten, överskottsvärme, innetemperatur, etc.) som ges i FEBYs kriteriedokument, men dessa kan normalt ”översättas” på lämpligt sätt så de kan tillämpas också i andra beräkningsprogram.

3. Innetemperaturer under sommarperioden (april – september).

I passivhuskriterierna finns ännu bara en rekommendation vad avser innetemperaturer under sommarperioden. I byggnader med intensiv verksamhet och i byggnader med solutsatta fasader som glasas upp mer än vad kravet på dagsljus innebär finns det skäl att noga uppmärksamma temperaturerna inomhus.

Kompletterande beräkningar för de mest solutsatta byggnadsdelarna kan rekommenderas, speciellt om dessa ges större glaspartier och om inte mycket genomtänkta solskyddslösningen integrerats från början. För detta finns specialprogram, t.ex. Parasol som är ett gratis program eller integrerade innetemperaturberäkningar i dynamiska mer avancerade beräkningsprogram som IDA Klimat och energi.

I de enklare statistiska beräkningsprogrammen som Energihuskalkyl och PHPP kan indikativa värden beräknas som t.ex. solareafaktorn, som ger en indikation på om byggnaden kan tänkas få problem med för stora solvärme-laster.

Hur mycket tid som bör läggas på simuleringsstudier av innetemperaturen och hur sofistikerade programstöd som behövs är helt en fråga om i vilken utsträckning byggnaden utformas så att det blir en riskbyggnad för höga innetemperaturer eller inte.

Demonstrationskalkyl

En demonstrationskalkyl för förskola ligger inlagd på hemsidan för Energihuskalkyl. Samma byggnad som förskolan på tvåplan i Åkersberga har använts, men här har vissa indata förändrats och vidare har vissa data anpassats till FEBYs beräkningsmetodik. Här kan man snabbt testa vad som händer om man väljer systemdelar med andra energiprestanda, andra luftflöden, etc.

KAPITEL 9

Från idé till bygghandling

Hur byggprocessen drivs påverkas av vald entreprenadform och byggherrens rutiner. Hur de olika skedena i processen därmed namnges kan alltså skilja sig åt, varför följande benämningar inte ska tas bokstavligt.

Steg 1. Energi- och verksamhetsidé

Erfarenheterna från passivhusbyggande i Sverige är att arkitektritningar eller i alla fall arkitektskisser oftast funnits framme redan när byggherren kommer på att det vore intressant att prova ett utförande med passivhusteknik. Det innebär att byggnaden inte från början varit utformad med tanke på energismart byggande, t.ex. formfaktorns betydelse, uppglasningens problematik, köldbryggor, väggdjocklek, våtrummens placering, aggregatrummets placering och dimensionering, placering av ventilationsschakt, mm.

Byggnadens form och orientering för solavskärmning, placering av tilluftsintag, mm har också betydelse för inneklimate och komfort. Om en enplansutformning redan är iritad (typisk lösning i förskolor) är omstart en förutsättning, men kan bli problematisk. Arkitekt och kanske även verksamhet har redan haft sina utgångspunkter klara och det har resulterat i en utformning som man nu ska backa från. Det riskerar att skapa negativa blockeringar och att parterna hamnar i ett motsatsförhållande där man "slåss för sin sak".

"Den utvalda arkitekten fick inte rita ett streck innan hon var införstådd med passivhusprojektering".

Simone Kreutzer, Tyréns. Energisamordnare förskola Skolglunden i Åkersberga.

Starta därför alltid från start. Börja med ett möte där verksamhetsidé och energiidé utgör startpunkt. Låt såväl arkitekt som energiansvarig delta från startpunkten och sen följa projektet via programarbete, systemskede, projektering och utbildning av montörer och entreprenörerna.

Steg 2 Programarbete

I programskedet kan alternativa lösningar diskuteras, prövas och förkastas. Såväl verksamhetens och lågenergiutförningens olika förutsättningar behöver mötas för att hitta lösningar som kan fungera från bägge utgångspunkter. Arkitektskisser kan formas parallellt med att systemskisserna för installationerna tar form.

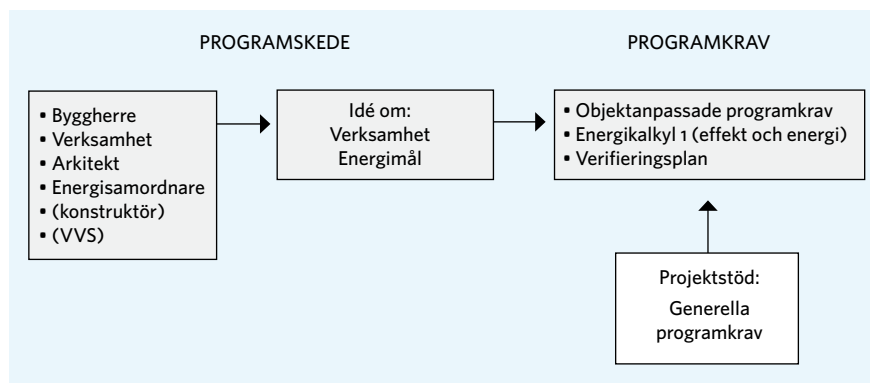
Det är i tidigt skede de goda lösningarna ska hittas och här stör de inte produktionsekonomin.

Som stöd för programarbetet finns i kapitel 10 exempel på funktionella programkrav för energieffektivt utförande att välja bland och i kap 7 finns orienterande teknikbeskrivningar som ger vägledning för energisamordnaren.

De konsulter som väljs (inte minst byggherrens energisamordnare) bör alla vara införstådda med vad passivhus innebär genom att ha gått någon passivhusutbildning och helst ha gjort studiebesök i Sverige eller i annat land med bra demonstrationsbyggnader. Idag finns utbildningar utformade för passivhusexpert (arkitekter och konsulter) och för passivhusbyggare. Efter avklarad prov erhålls ett certifikat. På sikt bör utbildningscertifikat vara ett skallkrav.

Alla bör vara införstådda med att passivhusbyggande innebär andra utgångspunkter och då kommer andra lösningar väljas vilket kräver tid och intresse.

FIGUR 9.1. Programarbete. De generella programkrav som redovisas i kapitel 10 utgör en checklista som stöd. Byggarbetsmiljösamordnaren, BasP, bevakar att förslagen blir enkla att montera.



I programskedet görs en första energiberäkning. Den baseras på de funktionskrav som diskuteras i skisskedet, på skisser av byggnadens utformning och på typiska nyckeltal för de konstruktionslösningar som kan bli aktuella. När väl programarbetet är klart och energiberäkningarna visat att man är i

mål bör energikalkylen ingå i en separat ”bygghandling”, här kallat för ”Energiverifikat” som följer genom byggprojektets olika faser och som vartefter kompletteras med dokumentation och mätresultat, mm. Energikalkylen revideras i varje etapp i den mån andra indata tillkommit. Ansvaret för att detta blir utfört ligger på energisamordnaren, men att leverera reviderade indata ligger på respektive fackområde; A, K, VVS etc.

Observera att i tidigt skede måste goda marginaler (ca 20%) finnas i energikalkylen eftersom många detaljer ännu inte är lösta.

Redan i programskedet ska krav ställas på kvalitets- och uppföljningsarbete. Det kan t.ex. gälla praktiska tester av de detaljlösningar som ska väljas, innan arbetshandlingar ritas.

I en **kontrollplan** anges vilka anvisningar för mätning och uppföljning som ska tas fram för att i byggprocessen verifiera de funktionskrav som ställs både på delsystem och på totalprestanda energimässigt. Syftet med att redan i denna fas ange vilka funktioner som ska verifieras, är att de konsulter som upphandlas för system- och detaljprojektering ska veta vilka anvisningar de ska utarbeta, vilka mätförutsättningar som ska skapas och vilka mätare som ska installeras.

Formulering av funktionskrav och verifiering av att dessa uppfylls ska gå som en röd tråd genom projektet. Här finns bra anvisningar i SVEBYs rapport Energiverifikat09 och i UFOS rapporter ”Hela vägen fram” (installationer) och ”Bättre klimatskal att ställa krav och följa upp”.



Energiverifikat09, är utarbetad för verifiering av att energikrav enligt BBR är uppfyllda och anpassas i passivhusprojekt till de specifika krav och anvisningar som FEBY lämnat i kriterierna för passivhus.

För passivhus finns ett kapitel om verifiering i FEBYs ”Metodrapport – Beräkning och verifiering”²⁸. I metodrapporten rekommenderas följande uppföljning i byggskedet och för vilket anvisningar behövs i kontrollplanen:

- › Byggnadens täthet
- › Fukt i ingående material till ytterväggskonstruktioner, fukthalt i betongkonstruktioner (anvisningar i fuktskyddsplan).
- › Buller från ventilationssystem.
- › Uppmätning av köldbryggor med värmekamera/yttemperaturmätare. Resultatet jämförs med förväntade värden enligt konstruktionshandlingar.
- › U-värde och G-värde för fönster (beteckningar och rätt utfört montage).
- › Samtliga luftflöden genom ventilationsaggregat mäts via fasta mätuttag
- › Samtliga temperaturer över ventilationsaggregat loggas

Detaljeringsgraden i kontrollplanen ökar för varje steg i projektet från övergripande anvisningar om vad som ska följas upp till detaljerade anvisningar om hur, när och av vem.

I programfasen blir byggnadens form antagen, liksom driftförutsättningar och aktuella luftflöden.

Därmed kan väsentliga delar av byggnaden beskrivas som funktionskrav för den fortsatta projekteringen och utgör de villkor för att de uppställda energikraven ska klaras.

Exempel på sådana funktionskrav är verkningsgrad för värmeåtervinningen, klimatskalets täthet och dess U-värden och köldbryggor.

Ett effektivare ventilationsaggregat ger större frihet vad gäller val av U-värde för fönster och väggar, eller större frihet för arkitektens utformning av byggnaden och vice versa. Men ett effektivare ventilationsaggregat kan vara dyrare och ta större utrymme. Energisamordnarens roll är att samordna möjligheterna i denna tidiga process, genomföra tidiga analyser av energiåtgång och få den gemensamma gruppen att hitta optimala lösningar. Därefter ska programmet styras upp så att intentionerna kan realiseras.

Det är också i detta skede som placeringen av våtrum, kök läggs så att det fungerar för verksamheten och samtidigt ger enkla kanaldragningar, korta ledningar för varmvattencirkulation, spillvatten och enkelt montage. Isolering av kanaler och ledningar som kräver detta ska vara praktiskt genomförbart. Därmed kan också energiförlusterna minimeras.

I den inledande energikalkylen byggs en beräkningsmodell upp som sedan hålls levande och uppdateras vid projekteringen.

28 Finns att ladda ner från www.energieffektivbyggnader.se, eller www.aton.se under fliken rapporter.

Steg 3 och 4, systemskede och projektering

Projektet bör drivas på ett sådant sätt att nyckelpersoner följer med från projektets start till färdig anläggning, se kapitel 5 om entreprenadformer.

Energikalkylen revideras i varje projektsteg utifrån de detaljdata som nu tagits fram. För att tydliggöra ansvarsfrågorna i en generalentreprenad bör alla ingångsdata dokumenteras, vem som ansvarat för att dessa är korrekta, eller hur dessa värden är framtagna.

Även efter projekteringsskedet finns kvarvarande osäkerheter, om än lägre än i programskedet, varför en viss kvarvarande marginal i energiberäkningarna bör finnas, kanske 10%, jämfört med målangivelsen.

Från programfasen ges ramarna för vilka förluster som är acceptabla för klimatskalet, dvs. vad avser täthet, U-värden, köldbryggor. Inom respektive ram får sedan ansvarig konsult och senare entreprenör, ansvara för att de lösningar som väljs ger ett resultat som rymms inom den givna ramen. Om t.ex. fler och större köldbryggor upptäcks som ökar förlusterna, så måste detta kompenseras genom att mer isolering väljs eller att kraven på täthet ökar gentemot byggentreprenören (som då höjer priset på anbuden eftersom bygget blir svårare) etc.

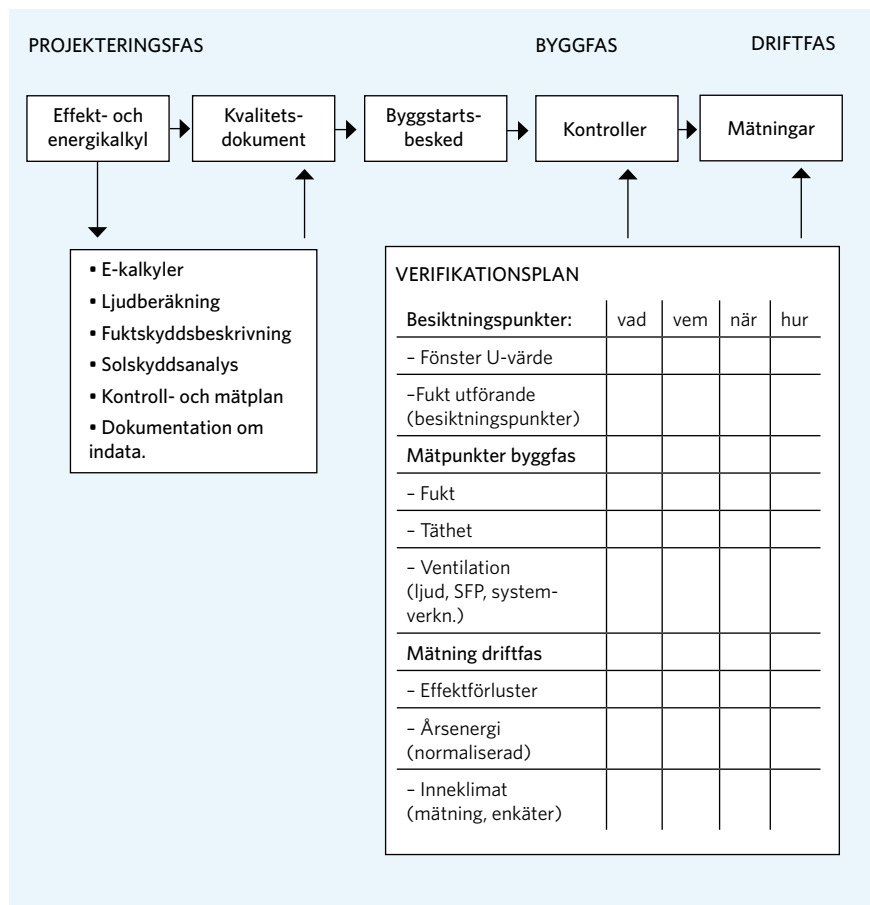
Det samma gäller för ventilationssystemet. Nu ska de tekniska lösningar väljas som möjliggör så låga tryckfall och bra verkningsgrad som tidigare antagits. Nu ska även detaljerna för styrning och reglering bestämmas så att det genomsnittliga ventilationsflödet inte ökar mer än tidigare antagits.

För att byggnadens täthet ska kunna klaras måste samtliga installationskonsulter (el, vent, rör) planera för genomföringar i tätskiktet redan i projekteringsstadiet, identifiera alla genomföringar som kommer krävas och beskriva hur de ska tätas. Det innebär att alla genomföringar via tätskiktet

- › ska i första hand undvikas
- › i andra hand koncentreras till så få ställen som möjligt
- › placeras så att dessa kan utföras på ett genomtänkt sätt och även kunna kontrolleras
- › beskrivs hur de ska tätas

I detta skede bestäms detaljerna i kontrollprogrammet. För ett passivhus kan det omfatta punkter enligt figur 9.2. Observera att i programfasen anges vilka kontrollpunkter som ska ingå, medan det i system- och projekteringsskedet utarbetas en verifikationsplan med detaljerade anvisningar för hur detta ska göras.

FIGUR 9.2. I verifikationsplanen anges viktiga mät- och kontrollpunkter som ska genomföras.



Steg 5. Byggskede

Praktisk utbildning

Alla involverade i byggprocessen måste utbildas, praktiskt och på plats. Detta är en förutsättning för att täthetskraven ska klaras. Gärna med en fullskalemodell för hur detaljkonstruktioner ska lösas, där snickare och montörer själva får utföra arbetet. Passivhuscentrum har också utbildning för passivhusbyggare som inkluderar utbildning i de praktiska utförarfrågorna.



Vid utbildning av personal till förskolan Skogslunden överlämnades även en barnbok²⁹ som enkelt och pedagogiskt illustrerar vad ett passivhus är.



Arbetsmodell för att testa detaljlösningar i praktiken.

”Vi hade en mycket lyckad heldagsutbildning på plats för snickare och montörer om tätning, isolering etc. Elmontören såg de tätningsdetaljer som underlättar tätning av genomföringar, t.ex Inu-tape. Så blev också resultatet bra. Vid täthetsprovnings fick vi ett läckflöde på endast 0,05 l/s,m²”.

(platschef Claes Eléhn NCC).

²⁹ Beställes via: http://www.tyrens.se/Global/Nyheter/Nyheter%202010/tyrens_folder.pdf

Bygghkontroll och mätning

Nu genomförs de besiktnings- och kontrollpunkter som tidigare angivits i kontrollprogrammet.

Täthetsprovning genomförs när brister fortfarande kan åtgärdas. Ofta halveras läckageflödena i samband med att man vid provningen upptäcker läckande detaljer och då åtgärdar dessa. Provningen görs så fort en första sektion är klar. Det är en fördel om det finns en temperaturdifferens mellan ute och inne på minst 10 grader för att med termografering hitta läckage.

Alla avsteg under byggprocessen som påverkar energianvändningen noteras och nya värden förs in i en reviderad energikalkyl.

Drifttagning

Varje delsystem som tas i drift ska verifieras i en funktionsprovning och en prestandaprovning. Funktionsprovningen visar bara att det fungerar, men säger inte om prestanda. Prestandaprovningen planeras i tidigare skede så det också framgår vilka förutsättningar som gäller vid denna provning.

Kontrollansvarige kontrollerar att en uppdaterad energiberäkning finns framme.

Effektförlostmätning

Efter det att byggnaden tagits i drift kan en mätning av värmeeffektförlost mätas under den mörkare delen av årets vinterperiod. Detaljerade anvisningar finns i FEBYs metodrapport, men måste anpassas till lokalbyggnadens förutsättningar.

Årsenergimätning

Senast 2 år efter drifttagning ska enligt BBR en årsenergimätning vara genomförd och kan samtidigt utgöra en grund för lagstadgad energideklaration.

KAPITEL 10

Programkrav – energi

Med programkrav avses i denna rapport ett dokument som redovisar vilka ambitioner som byggherren vill se förverkligad i den aktuella byggnaden, vilka funktionskrav som ska ställas på byggnad, delsystem och på vissa energirelevanta komponenter och hur dessa ska verifieras.

I botten krävs också programkrav som beskriver verksamheternas behov, drifttider, persontäthet och dess variation under dygnet, dimensionerande närvarograd och genomsnittlig närvarograd, samt rumsfunktioner, men i denna rapport begränsas guidningen till de energirelevanta delarna.

Syftet med att formulera programkrav är att i ett tidigt skede klargöra vad som förväntas i system- eller projekteringsskedet, så att de konsulter eller entreprenörer som då anlitas budgeterar för den tid projektet kommer ta, men också för att vara tydlig på vilka krav som ställs.

De föreslagna värden som i vissa fall anges kan ses som lämpliga godhets-tal, men som inom ramen för övergripande energimål alltid kan diskuteras. Andra lösningar, eller förutsättningar kan ju ändra lämpliga målnivåer och här kan detta kapitel ses som en guide eller checklista där det ska vara enkelt och överskådligt att se vad man slutligen väljer. Ett stöd för diskussionerna i programfasen och en dokumentation av vad som förväntas i kommande skeden i projektet.

Vidare har detta kapitel utformats med ett ikryssningsformat, så det ska vara enkelt att kopiera av relevanta textdelar och själv kryssa för de alternativ som passar bäst och i tillämpliga delar bifoga dessa i förfrågningsunderlag eller som bilaga i kontrakt och avtal.

Vid upphandling av arkitekter, konsulter och entreprenörer kan kompetenskrav vara aktuellt att ställa, t.ex. att arkitekt, energisamordnare, entreprenör, har dokumenterade erfarenheter från byggande av lågenergihus eller att de genomgått lämplig utbildning för lågenergihusbyggande.

Byggnadsnivå

- Byggnaden skall uppfylla kraven för Passivhus enligt FEBYs kriterier³⁰.
- Kraven skall även inkludera rekommenderade energikrav.

Kommentar: I FEBYs kriterier är årsenergikraven endast rekommendationer, medan kravet på lufttäthet och max värmeeffektbehov vid dimensionerande utetemperatur är skallkrav. Ställ därför årsenergianvändning som ett separat krav om de ska ingå som krav eller formulera egna enligt nedan.

För byggnader med kombinerade energisystem (t.ex. med värmepumpar) tillämpas en ekvation där elenergi viktas upp för att skapa jämförbara resultat som därmed tar hänsyn till systemkonsekvenser (primärenergi). Installation av en frånluftsvärmepump eller bergvärmepump är ju annars den lösning som enklast ger låga värden på inköpt energi, men då övergår energimixen till kostsammare elenergi och underhållskostnaderna ökar.

Tabell 10.1. Rekommenderat krav för årsenergi enligt FEBYs kriterier

	Klimatzon	III	II	I	
$E_{\text{köpt}}$	för icke elvärmade byggnader	≤ 50	54	58	$\text{kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$
$E_{\text{köpt}}$	för elvärmade byggnader	≤ 30	32	34	$\text{kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$
E_{viktad}	för blandade värmesystem	≤ 60	64	68	$\text{kWh}_{\text{viktad}}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$

- Egna krav för årsenergi (värme, varmvatten och fastighetsel): $E_{\text{viktad}} : \leq \dots \text{kWh}_{\text{viktad}}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$.

Kommentar: För skolor och förskolebyggnader som är helt utformad för en specifik verksamhet kan det vara mer relevant att i programkraven för en generalentreprenad utforma energimål som inkluderar verksamhetens elanvändning. Lägg i så fall till verksamhetens elanvändning i parentes för årsenergi, alternativt ett separat sådant enligt nedan, som dock förutsätter att mätningen för denna elanvändning sker separat.

Lokala viktningsslag för olika energislag:.....

Kommentar: I FEBYs kriterier viktas elenergi med en faktor 2,0 för att totalviktad årsenergi för olika teknislösningar ska kunna jämföras. På orter där t.ex. fjärrvärmens har stora inslag av spillvärme kan andra viktningstal anges.

30 "FEBY Kravspecifikation för Passivhus och Nollenergihus", version juni 2009

Egna mål för verksamhetens elanvändning: $E_{\text{verksamhet}} : \leq \dots \dots \text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$.

Mätning och uppföljning

- Uppföljande effektförlustmätning ska genomföras.

Kommentar: Detta rekommenderas starkt då det ger möjligheter till att tidigt få en återkoppling från genomfört byggande. Har man fått den byggnad som man beställt? Denna mätning kombineras med en uppföljande mätning på ventilationsaggregatet/en så att den återstående förlusten kan bokföras på klimatskalet och jämföras med projekteringsvärdena. För system med varierande luftflöden krävs en loggning av luftflödena under mätperioden.

- Entreprenören ansvarar för att mätningar genomförs som verifierar ställda energikrav och att byggnaden förses med en sådan mätutrustning att detta låter sig göras, t.ex. att el, värme, varmvatten som inte hör till byggnadens drift ska mätas separat (el till utebelysning, motorvärmrutar, förrådsbyggnader, etc.).
- Energirelaterade funktioner ska funktionsprovas och dokumenteras genom byggprocessen enligt anvisningar i SVEBYs dokument Energiverifikat09.
- En värmeeffektbehovsberäkning och en årsenergiöverräkning ska upprättas i programskede och ska sedan revideras under byggprocessen vid minst följande kontrollpunkter: projekteringshandlingar och efter genomförda funktionsprovningar.
- Kontrollplanen kompletteras med en punkt ”energianvändning”. I denna klarläggs
 - vilka kontroll- och mätpunkter som ska genomföras för att verifiera funktionskrav för olika systemdelar, liksom för de explicita krav som ställs i passivhuskriterierna (täthet, etc.).
 - att en verifierande effektförlustmätning ska göras³¹ och vem som ansvarar, liksom
 - att en verifierande årsenergimätning ska göras där hänsyn tas även till hur överskottsvärme från personer och verksamhet avviker jämfört med projekterade värden, samt vem som ansvarar
 - att en energideklaration utfärdas och sänds till Boverket.

31 Se anvisningar i rapporten ”Mätning och verifiering”, FEBY 2009. www.energieffektivbyggnader.se

Kommentar: Krav som ställs ska också kunna följas upp. I projekteringsfasen verifieras energikrav och värmeeffektbehov genom en standardiserad beräkning enligt FEBYs kriteriedokument.

Indata dokumenteras t.ex. enligt anvisningarna i rapporten ”Mätning och verifiering” (se www.energieffektivbyggnader.se under rapporter). I SVEBYs dokument Energiverifikat09 ges anvisningar för hur mät- och uppföljningsarbete kan organiseras och hur det ska dokumenteras. Observera dock att FEBYs anvisningar för kalkylering ska tillämpas både vid beräkning och uppföljning eftersom dessa är anpassade till lågenergihus.

Ytterligare anvisningar ges i UFOS skrifter³²: ”Bra klimatskal – att ställa krav och följa upp”, samt i ”Hela vägen fram- uppföljning av energikrav i byggprocessen”.

När väl det övergripande energikravet är satt, kan uppgiften överlämnas till byggherrens energisamordnare eller den gemensamma partneringorganisationen (se kap 5) att klargöra vilka mer detaljerade tekniska funktionskrav som måste uppfyllas för att ekvationen ska gå ihop. Följande funktionskravsbeskrivningar är tänkta att utgöra ett stöd för den fortsatta processen där alla delar vart efter kan preciseras. Detta minimerar också risken för att energianvändningen ska springa iväg för delar man annars skulle glömma bort att ställa energikrav på.

Energirelaterade inomhusmiljöparametrar

Byggnadens utformning och installationer påverkar inte bara energianvändningen utan också vissa inomhusmiljöförhållanden. Krav på inomhusmiljö kan vara lämpligt att ställa parallellt med energikrav. Här hanteras de inomhusmiljökrav där tydliga kopplingar finns till energiegenskaper. I övrigt hänvisas till nybyggnadsreglernas minimikrav som alltid gäller eller till något av systemen för miljöanpassat byggande.

Ljudmiljö

Ljud från ventilationssystemet skall klara minst ljudklass B enligt SS 02 52 67.

Verifiering: mätning i representativa utrymmen och där högsta värden kan förväntas.

Kommentar: Lågenergihus som baseras på FTX-system har i regel små yttre ljudstörningar. Att byggnaden därmed blir skyddad från yttre ljud och upplevs som tyst ökar dock känsligheten för ljudstörningar från ventilationsystemen, vilket motiverar särskilda krav.

32 UFOS hemsida: www.offentligagastigheter.se

Luftkvalitet

- Uteluftsintag. Om trafikerat läge skall uteluftsintag placeras skyddat så att NO₂ i inomhusluft minimeras.

Verifiering: mätning av yttre miljö innan, projekteringshandlingar.

Kommentar: Kravet är enbart relevant för byggnader i utsatta lägen.

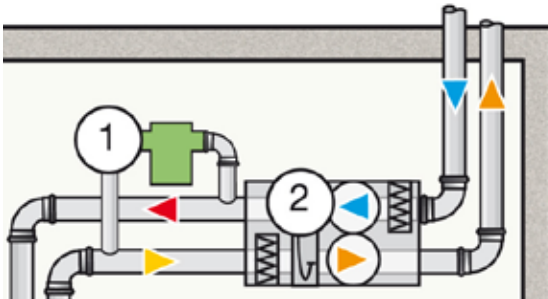
- Ventilation ska kunna vara avstängd under natt/helg utan risk för biologisk nedbrytning i tilluftsfilter, se även sid 65.

Verifiering: projekteringshandlingar, samt funktionsprovning.

- Luktöverföring mellan olika brandceller minimeras. Om tillagningskökets utrymmen och matsal är ansluten till en roterande värmeväxlare ska lukt från köksdel elimineras genom att en ozonfälla eller likvärdigt installeras.

Verifiering: projekteringshandlingar, samt brukarenkät

FIGUR 10.1. Ozongenerator som kopplas till frånluftskanalen före värmväxlingen oxiderar luktämnen. Eventuellt ozonöverskott går ut med avluften. En sensor i tilluften säkrar systemet. Tekniken finns demonstrerad hos flera bostadsföretag. Källa: Ozon-Tech systems.



Fuktskydd

- En fuktskyddsbeskrivning upprättas, där uttorkningstid och kontrollpunkter (mätmetod, max fukthalt, etc.) för fuktdimensionerade delar ska anges och hur ett fuktsäkert genomförande av bygget ska säkras och max fukthalt för inkommande byggmaterial till konstruktionen. Fuktskyddsbeskrivningen ska granskas av tredje part och ingå i dokumentation inför byggstartsbesked.

Kommentar: Se även, kontrollsystem för att motverka byggfukt enligt Rådet för ByggKompetens.

EXEMPEL PÅ ANVISNING

Allt trä som byggs in skall ha en fuktkvot som högst motsvarar fuktkvotklass 18 enligt SS232740.

Före igångsättning av arbeten med träkonstruktioner skall arbetsplan över utförande upprättas.

Termiskt klimat vintertid

- Rumstemperatur, börvärde: 21 grader (förskola)
- Rumstemperatur, börvärde: 20 grader (klassrum)

Kommentar: Innetemperaturkraven kan anges i rumsprogrammet. Observera att stora skillnader i temperaturkrav för näraliggande rumsenheter i praktiken inte fungerar, eftersom stora värmeflöden då går genom innerväggar och bjälklag.

- Acceptabel minimitemperatur, morgon: 18 grader

Kommentar: Lågenergihus med bra isolering och värmeåtervinning ger mycket värmetröga förhållanden och en jämn innetemperatur som enbart långsamt sjunker från börtemperatur till mintemperatur först efter en längre period och samtidig vinterkyla (t.ex. under jul/nyår). Uppvärmning från en lägre temperatur påbörjas då i tid för att klara börvärdet för mintemperaturen.

- Drag. BBRs krav på max lufthastighet i ett rums vistelsezon ($\leq 0,15$ m/s under uppvärmningssäsong) ska följas upp med mätning.

Kommentar: Även olämpligt placerade tilluftsdon och olämpligt utformade tilluftsdon kan skapa dragproblem i vistelsezonen.

Speciellt i klassrum där stora luftflöden ska kunna tas in och kunna ge en kylande effekt så att klassrumstemperaturen inte stegras, så ska tilluften kunna hålla så låga temperaturer som möjligt utan att ge drag. Observera att samtliga tilluftsdon anslutna till samma aggregat ska klara lika låga tillufts-temperaturer. Detta så att en eftervärmning inte ska krävas för övriga rum.

Termiskt klimat sommartid

- Innetemperatur under perioden april – september ska inte överstiga 26 grader mer än högst 10% av tiden i det mest utsatta rummet (eller den mest utsatta delen i byggnaden).

Verifiering: simuleringsstudie, eller att byggnadens solareafaktor ligger på en låg nivå.

Kommentar: Socialstyrelsen anger som indikativt värde för fortsatt utredning, uppmätt värde: över 26 °C sommartid³³. Ovanstående kravformulering rekommenderas av Forum för energieffektiva byggnader där hänsyn tagits till att ”sommarterioden” för lågenergihus kan börja redan i slutet av mars.

För beräkning finns flera webbaserade program för beräkning av ”värmebalans i rum”.

- Solvärmefaktor: $< 0,036$, där solvärmefaktor $= A_{\text{glasr}}/A_{\text{golv}} * Sg$.
I solfaktorn (Sg) ingår solskyddsglas, persienn, markis eller annan typ av solavskärmning ($Sg = g\text{-glas} \times F_{\text{konstruktion}} \times F_{\text{glas}} \times F_{\text{horisont}} \times F_{\text{solskydd}}$).

Verifiering: Solvärmefaktor beräknas enligt ekvationen. g-värden för solskyddsåtgärder kan bestämmas med beräkningsprogrammet Parasol (www.parasol.se). Beräkningen av solvärmefaktor görs med en enkel excelkalkyl och är t.ex. en inarbetad del i beräkningsprogrammet Energihuskalkyl (www.energihuskalkyl.se).

Kommentar: Solvärmefaktorn är ett enklare sätt att uppskatta den termiska situationen och ge ett stöd i tidigt skede så att optimala åtgärder kan väljas, t.ex. att byggnadens utformning anpassas för bättre solavskärmning innan kostnader för detaljerade ritningar lagts ner. Speciellt är byggnader med större fönsterareor i väst-östlig riktning svåra att solavskärma.

Nackdelen är att denna metod är mer indikativ, dvs. bestämmer inte temperaturen direkt. Vidare saknas erfarenhetsvärden för att idag säga var larmvärdet bör ligga i byggnader med större interna värmelaster. Dessa personvärmelaster ska i så fall kunna kylas bort med ventilationen eller genom att en fungerande vädring möjliggörs, t.ex. med Dre-Kip beslag.

33 Socialstyrelsens allmänna råd om temperatur inomhus. SOSFS 2005:15

Systemdelsnivå

Hur projekten drivs i tidigt skede varierar mycket mellan olika byggherrar. Här följer en beskrivning som kan vara en arbetshypotes för en ”omvänd projektering” där vi utgår från resultatet och sedan arbetar med funktionskrav i olika steg. Använd de delar som ger er stöd i projekteringsprocessen.

Relationen mellan fönsterarea, byggnadens formfaktor, U-värden och köldbryggor, samt luftflöden och ventilationsaggregatets systemverkningsgrad översätts i programskedet till separata ”beting” för de olika systemdelarna. Därefter kan projektering fortsätta inom ramen för dessa. Därmed skulle programarbetet kunna landa i följande programkravsspecifikationer:

Ventilationens värmeförluster

- Luftflöde: \leq (l/s, m^2A_{temp}) som genomsnittsvärde under veckans samtliga timmar.

Luftflöde (l/s, m^2A_{temp})

Varav:

Driftfall

Drifttid (h/vecka)

Natt/helgluftflöde: \leq (l/s, m^2A_{temp})

Grundflöde: \leq (l/s, m^2A_{temp})

Forceringsflöde: \leq (l/s, m^2A_{temp})

Verifiering: mätning vid olika driftfall, loggning drifttid eller loggning genomsnittsfloeden.

Kommentar: Behovsanpassat flöde ger genomsnittsvärden beroende på möjlig flödesvariation, styrning på rumsnivå eller brandcells nivå, steglös reglering eller bara tre flödesnivåer (avstängd, grundflöde, maxflöde). Vid steglös reglering anges uppskattat resultat som en fördelning mellan grund och maxflöde som ger samma resultat, eller genom ett genomsnittsvärde för ”Driftflöde”, som då ersätter begreppet ”Forceringsflöde” på raden ovan. Utan egna erfarenheter kan ett genomsnittsvärde på 66% av forceringsflödet antas för detta ”driftflöde”.

- Systemverkningsgrad: \geq (procent) som genomsnittsvärde under den tid aggregatet är i drift.

Verifiering: mätning vid olika driftfall, loggning.

Kommentar: Systemverkningsgraden tar hänsyn även till kanalförluster (kanallängd och dess isolering) och flödesobalans, men ligger mycket nära aggregatets verkningsgrad om balanserade luftflöden. Systemverkningsgraden bör vara minst 80%.

Klimatskalets värmeförluster

Dessa förluster kan anges i två separata steg, eller att värden anges direkt för steg 2.

Som underlag har utrymmet för klimatskalets totala förluster ($\text{W/m}^2 A_{\text{temp}}/\text{K}$) bestämts med hänsyn till överskottsvärme och ventilationens genomsnittliga värmeförluster. Hur dessa förluster kan fördelas på arkitektens respektive konstruktörens huvudsakliga ansvarsområde enligt följande löses i samråd.

Steg 1.

Arkitekt

Fönsterarea: \leq (% av A_{temp})

U-värde, fönster: \leq ($\text{W/m}^2, \text{K}$)

Kommentar: U-värden som anges för en viss fönstertyp är värden för viss fönsterstorlek (t.ex. 1,2 m x 1,2 m enligt svensk standard) vilket innebär att byggnadens genomsnittliga U-värde blir sämre om mindre fönsterstorlekar väljs och detta inte beaktats.

Byggnadens formfaktor: \leq .

Konstruktör

Täthet: \leq ($\text{l/s, m}^2 A_{\text{omsl}}$) vid en tryckdifferens på 50 Pa (medelvärde av över- och undertryck), enligt SS-EN 13829.

Verifiering: mätning

Kommentar: Luftläckaget får vara högst 0,3 l/s, $\text{m}^2 A_{\text{omsl}}$ enligt passivhuskriterierna. En halvering av dessa värden är möjliga, men kan vara svåra att ställa som absolutkrav vid en upphandling. Mätning sker när tätningåtgärder fortfarande är genomförbara.

Exempel på anvisning: Luftläckning genom klimatskal skall maximalt vara 0, xx l/s,m2 enligt SS-EN 13829. Täthetsprovning görs vid två tillfällen. Först efter att

invändigt tätskikt uppförts, men innan invändig skivbeklädnad. Därefter före slutbesiktning. Protokoll skall upprättas och överlämnas till beställaren.

Klimatskalets $U_m \leq$ (W/m²A_{omslutande}·K) inklusive fönstrens förluster

Verifiering: beräkning enligt steg 2, samt effektförlustmätning efter idrifttagning.

Steg 2.

I projekteringskedje ska areor och U-värden, samt köldbryggor bestämmas och dokumenteras, t.ex. enligt följande tabeller, samt undertecknas av ansvarig konstruktör.

KLIMATSKAL	Area	U-värde	A x U
Byggnadsdel	m ²	W/(m ² K)	W/K
Yttervägg 1			
Yttervägg 1			
Ytterdörr			
Tak mot uteluft			
Golv mot mark			
Golv mot lätt markkonstruktion			
Vägg mot mark			
Köldbryggor			
Fönster och altandörrar			
Terasstak			
Etc			
Aom			Summa
U_{medel}		W/(m²K)	

KÖLDBRYGGOR	Längd L	Ψ	$L \cdot \Psi$
	m	W/(mK)	W/K
Bottenbjälklag			
Fönster och dörrar			
Mellanbjälklag			
Balkonginfästningar			
Ytterhörn			
etc.			
Summa			

Verifiering: Konstruktörens underskrift, samt mätning efter driftstart.

Jag har beräknat U-värden och köldbryggor för denna byggkonstruktion med beräkningsprogrammet/en:.....

Datum, namn.

Kommentar: Beräkningen baseras på indata för klimatskalets area och köldbryggelängder från arkitekt och dess indata för U-värden och köldbryggor signerat från den konstruktionsansvarige. Beräkningen ställs upp så att beräkningen kan följas och revideringar är möjliga. Värdet för summa köldbryggor läggs in i tabell för U-värden så att U_{medel} kan bestämmas och jämföras med tidigare ansats.

Mätning genomföres under vinterperioden enligt FEBYs anvisningar³⁴.

Fönster och solskydd

TABELL 10.2. Fönster U-värde

	Alternativ A	Alternativ B
(W/m²,K)³⁵		
- Fasta fönsterpartier	0,70	0,90
- Öppningsbara fönster	0,75-0,80	0,90

Fönster enligt alternativ A väljs.

Fönster enligt alternativ B väljs.

34 FEBY. Mätning och verifiering, 2009. Dessa anvisningar är angivna för bostadsbyggnader, men kan anpassas för lokalbyggnader.

35. Värde avser fönster inklusive glas, karm och båge.

- Vådringsbara fönster väljs med alternativ A: Beslag typ DrehKipp (eller KipDreh)
- Vådringsbara fönster väljs med alternativ B: Glidhängda
- Solskyddslösningar:
- Produkten ska vara energimärkt.
- Operativ temperatur vinterperioden beräknas för större sammanhängande fönsterpartier.

Kommentar: I tidigt programskede kan ansatsen vara att välja inriktning genom valet av alternativ A eller B. Senare i projektet när antal fönster och dess storlekar bestämts så preciseras det genomsnittliga U-värdet för fönster som underlag till beräkningshandlingarna.

För större byggnader är fönster den dominerande förlustposten. Lågt U-värde ger också bättre värmekomfort, dvs. vistelsezonen flyttas längre ut mot väggen, även där fönster finns. För byggnader utan motstrålande radiatorer, är låga U-värden för fönstren än mer väsentliga för bra komfort vid utevägg. Fasta fönster är ca 0,1 enhet bättre än öppningsbara och väljs där vådringsaspekten redan beaktats (t.ex. del av fönsterpartiet).

Samma data för fönsterdörrar väljs som för öppningsbara fönster.

Ventilation övriga funktionskrav

- Specifik elåtgången för fläktdrift, SFP: < 1,5 kW/m³,s
- Luftflödesbalans. Tilluftsflöde/frånluftsflöde: 100 procent
- Tilluft som värmebärare
- Anslutningsbar till styr- och övervakningssystem (SÖ): öppet system i aggregatet.³⁶
- WEB-baserad övervakning av luftflöden, temperatur och systemverkningsgrad.
- Luftflöden för utrymmen som huvudsak dimensioneras för att undanröja lukt (förråd, soprum) förses med lukteliminering ozongenerator för minimering av luftflöde.

³⁶ Se BeBo-rapporten: "Systemplattform - Standard för datoriserad styr och övervakning, klimatkontroll, larmhantering, mediaavläsning mm", 2008



WEB-baserad övervakning ökar tillgänglighet till information och underlättar drift.

- Varma tilluftskanaler (luftvärme) bör vara isolerade och får inte vara ingjutna i vägg, eller mellanbjälklag

Kommentar: Om värmedistribution sker med tilluft, ska värmen transporteras ut till byggnadens olika rum och inte förloras på vägen. Nödvändig isolering bestäms utifrån följande målvärden, max temperaturtapp 10% om separat ledningsdragning och max 5% om ledningsdragning tillsammans med frånluftskanaler.

EXEMPEL TEKNISK SPECIFIKATION, LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT

Temperaturverkningsgrad, vx: 80%

**Tryckökning tilluft, respektive frånluft
exkl. aggregat:** 200 Pa vardera.

Värmevattenetemperatur: xx-yy grader
(om luftvärmedistribution)

Uppställning: Ej ge vibrationer till kanaler och andra rum.

EXEMPEL PÅ REGLERFUNKTIONER

Max antal inpendlingar till stabil reglering vid uppstartning: > 3 st.

Uppstart

Först frånluftsfläkt.

VVX styrs till maximal återvinning.

Tilluftsfläkt efter inställd tid, samt utespjäll öppnar.

Vid stopp stänger utelufts-spjäll.

Dagtid

Styrs på tidschema, grundflöde.

Forcering (förskola)

Timer placerad i; personalrum, allrum/lektrum, vilorum

Tryckknappstimer startar

Nattkyla

Startar inom inomhustemperatur överskrider inställt värde (t.ex. 23 grader förskola, 21 grader skola), och

- utetemp minst två grader under innetemperatur

- utetemperatur är över inställd gräns

- tidsschema nattkyla aktiv

- aggregatet ej i ordinarie drift

Aggregatet går i drift.

Värmeventil är stängd.

Värmeåtervinning VVX är urkopplad.

Nattkyla stoppar när inomhustemperatur når 4 grader under inställd startgräns eller ngt av övriga startvillkor upphört gälla.

Nattvärme

Startar om inomhustemperatur underskrider inställt startgräns (t.ex. 16 grader), och

- vintertid drift

- aggregat ej i ordinarie drift

Aggregatet är i drift på grundflöde.

Tilluftens temperatur regleras till inställt börvärde via reglering av värmeventil och full återvinning VVX.

Nattvärme stoppar när innetemperatur är över inställd hysteres (t.ex. 4 grader) eller ngt av övriga startvillkor upphört gälla.

Belysning

- Alla HF-don ska vara dimbara, med inställningsvärdet max runt 80% och för styrning med frånvarodämpning till minvärdet 3%.
- Antingen skall valda HF-don förbruka mindre än 0,1 W i tomgångsförluster, eller så ska all elmatning till belysningsanläggningar med interna tomgångsförluster kopplas ur med lämplig automatik när byggnaden, eller aktuell byggnadsdel inte är i bruk (natt, helg, etc.).
- I programarbetet skall följande tabellvärden anges

TABELL 10.1. Mall för angivande av funktionskrav för upphandling eller projektering. På näst sista raden summeras årsenergi för inomhusbelysning och på sista raden beräknas den specifika elåtgången per A_{temp} .

Belysning	Area (m ²)	Belysning styrka	P inst. Effekt, W/m ²	Styrning typ	Årlig drifttid	Årsenergi kWh
Rumstyp		Lux	W/m ²		h/år	
Klassrum						
Grupprum						
Korridorer						
Uppehållsrum						
Etc.						
Tomgångsförluster						
					Summa	
Specifik energiåtg.						kWh/A_{temp}

TABELL 10.2. Mall för angivande av funktionskrav för upphandling eller dokumentering av projekteringsvärden.

Utebelysning	Antal	Watt/st	Styrning typ	Årlig drifttid	Årsenergi kWh
Utebelysning 1					
Utebelysning 2					
Etc.					

Verifiering: Ifyllda data i tabellerna. Efter installation görs en mätning av belysningsstyrka där även hänsyn tas till ljuskällans tidsmässiga prestandaför-sämring³⁷, belysningseffekt, drifttid eller årsenergimätning.

Kommentar: Tabellerna ger anvisningar för projektör/entreprenör, samt underlag för energibalanskalkylen. Typ av styrning anges med T = timer, F = frånvarostyrning, FD = frånvarodämpning, D = dagsljusstyrning. Olika typer kan kombineras, t.ex. D + T. Tomgångsförluster kan inte beräknas för-rän vid projekteringsstillfället, endast grovt uppskattas i tidigt skede. Tabell-värden revideras efter genomförd projektering.

37 Ljus och rum. Ljus & Rum, planeringsguide för belysning inomhus. Ljuskultur.

Armaturer ska vara väl anpassade till vald ljuskälla och ha god verkningsgrad utan att orsaka synnedläggande bländning, se även anvisningar i planeringsguiden Ljus och Rum för planering av belysningsanläggningar (www.ljuskultur.se).

- Systemet ska vara leverantörsoberoende för uppkoppling och övervakning³⁸.
- Följande delsystem ska vara uppkopplingsbara till övergripande system för inställningar och övervakning:.....(ange vilka)

Värmesystem

Luftvärmesystem

- Tilluftsdonets egenskaper och dess placering väljs så att luften oavsett om den är ordentligt underkyld eller uppvärmd får god omblandning, att kortslutningseffekter inte uppstår och vid bakkantsinblåsning att luftflödet kan riktas så värmen når yttervägg, men utan att risk för drag i klimatzonen uppstår.

Verifiering: dimensioneringsdata, referensanläggningar, värmekamera

Golvvärmesystem

- Energikalkylen ska med golvvärmesystem beakta ökade förluster via bjälklag, mot mark, samt ökade ”reglerförluster” (vädringsförluster).
- Golvvärmesystemets tidskonstant beräknas och bör inte uppgå till mer än 3 timmar.

Värmereglering

- Varje klimatzonsenhet (klassrum, Förskoleavdelning) förses med egen reglerenhet (innetemperaturstyrning) för reglering av enhetens temperatur.

Värmeproduktion

Generellt programkrav alla tillförselsystem

- Regler- och övervakningssystem ska vara ”öppet”, dvs. ej leverantörsbundet. Det öppna systemet kan t.ex. utgöras av industristandarden PLC så att egen programmering görs möjlig och kostnader för dess underhåll kan hållas nere, se även not 38.
- Produktionssystemet (eller undercentralen) ska vara ansluten/anslutningsbar till övergripande datoriserad styr- och övervakningsnivå.

38 Se BeBo-rapporten ”Systemplattform - Standard för datoriserad styr och övervakning, klimatkontroll, larmhantering, mediaavläsning mm”, 2008

- Produktionsenhet förses med visningsdisplay för visning av väsentliga driftparametrar; (t.ex. temperaturer, verkningsgrad, COP-faktor, drift-timmar, etc.).
- Värmeförluster från rörsystem och komponenter ska minimeras genom att isoleringens prestanda optimeras.
- Angivna funktions- och prestandakrav, ska verifieras. Underlag för hur detta ska ske lämnas till mät- och verifieringsplan.
- Om produktionssystemets prestanda påverkas av distributionssystemets temperaturer ska detta klarläggas, så att optimerade system kan erhållas.

Verifiering: Mätpunkter i installerade produktionssystem ska kunna nås via förvaltarens övergripande system.

Solcellssystem

Solceller är idag inte kommersiellt konkurrenskraftig teknik, men förväntas att kunna bli det inom en rimligt kort tidshorizont. I nyproduktion bör detta beaktas genom uppdrag till berörda konsulter enligt nedan. I den mån en installation är aktuell redan i dagsläget (genom bidrag eller av andra skäl än ekonomiska) kan möjligen formuleringarna ändå vara användbara, t.ex. om solcellssystemet upphandlas som en separat entreprenad.

Arkitekt

- Byggnadens utformning ska ske med hänsyn till möjlig framtida installation av solcellsanläggning. Lämpliga placeringar i orientering syd-väst till syd-ost ska anges, samt uppgifter på:
 - möjlig solcellsarea
 - möjlig årlig elproduktion (dvs. vinklar och orientering ska beaktas)

Elkonsult

- Anslutning av yttre solcellspaneler ska förberedas på så sätt att kanalisation genom tätskikt till tänkt solcellsplanering ska ingå liksom kanalisation som möjliggör senare dragning inom byggnad från solcellsanläggning till elcentral.

Konsult för konstruktion

- Anslutning av yttre solcellspaneler ska förberedas på så sätt att lämpliga fastsättningspunkter redovisas som möjliggör senare installation.

Kommentar: För bedömning av möjlig solcellsarea bör expertkunskap inhämtas som ger anvisningar om förutsättningarna för bestämning av lämplig placering.

Solvärme för varmvatten

- Solvärmen ska dimensioneras för täckning av varmvattenbehovet under perioden juni – augusti så att solvärmeproduktionen på årsbasis får bäst ekonomiskt utbyte.

Verifiering: Beräkning baserad på systemhandling. Uppmätning av använd varmvattenvolym på årsbasis, respektive energiåtgång för kompletterande varmvattenuppvärmning.

Pumpar i värmesystem

- Pumpar väljs med Energiklass A.

Kommentar. För produkter med inbyggda värmecirkulationspumpar, t.ex. mindre fjärrvärmecentraler och värmepumpar, är mer energislukande cirkulationspumpar fortfarande vanliga. Ställ alltså krav även på dessa leverantörer att effektiva cirkulationspumpar ingår i leveransen.

Värmeåtervinning ur spillvatten

- I programarbetet ska ingå analys av möjligheter och nytta med installation av värmeåtervinningssystem för värme från spillvatten.

Kommentar. Aktuellt endast för enheter med stora förväntade varmvattenförbrukare.

Varmvattenblandare

- Varmvattenblandare ska vara energieffektiva. Blandare i tvättställ injusteras till 38 °C.

Kommentar. Definition se ”Varmvattenblandare”, sid 80.



Passivhus för skolor och förskolor

Senast 2019 ska enligt ett EU-direktiv krav införas inom alla medlemsländer på att offentliga byggnader som uppförs minst ska uppfylla kriterier för ett "nästan nollenergihus". Två år senare ska även alla privata byggnader som uppförs klara dess krav.

Det är alltså en mycket snabb utveckling som krävs inom byggbranschen för att klara dessa mål. Dessbättre har redan nu ett antal byggnader uppförts inom Europa och även i Sverige som kan betecknas som passivhus, dvs. byggnader med mycket låga värmeförluster.

Byggkostnaderna ökar visserligen för dessa projekt, men inte mer än vad som kan försvaras i ett förvaltningsperspektiv. Däremot finns ett kunskapshinder. Hur ska man egentligen göra för att bygga denna typ av byggnader? Vad finns det för problem och vad finns det för lösningar?

Denna rapport är till för att ge ett stöd i byggprocessen för dem som avser att bygga skolor och förskolor enligt passivhuskriterierna. Den riktar sig därmed till beställare och dess projektledare, till energisamordnare och till företrädare för de olika fackområden som berörs.

Projektet har initierats av Sveriges Kommuner och Landstings FoU-fond för fastighetsfrågor.

Beställ eller ladda ner på www.skl.se/publikationer eller på telefon 020-31 32 30.

ISBN 978-91-7164-657-6



Sveriges
Kommuner
och Landsting

Post: 118 82 Stockholm
Besök: Hornsgatan 20
Telefon: 08-452 70 00
www.skl.se