

Byggbranschens behov av förnyelse

– en väg till småhus med lägre livscykelkostnader

Byggnaders livscykelkostnader påverkas av många olika faktorer under projekterings-, produktions- och förvaltningsskedena. Ökad helhetsyn och förbättrad samordning över skrågränserna under byggnadens livslängd kan sänka bygg- och driftkostnaden (bland annat för energi) med vardera cirka 30 procent.

Detta är möjligt till exempel genom minskat slöseri i byggprocessen, rätt val av entreprenadform och teknisk lösning samt med ett fungerande kvalitetssäkringssystem.

Exempel på ytterligare kostnadseffektiviseringar är att välja gruppbyggda småhus i stället för flerbostadshus, upplåtelseformen äganderätt, import av byggmaterial och arbetskraft, bättre inköp och mer industrialiserat byggande. Om man utnyttjar känd kunskap i ökad utsträckning behöver man inte så ofta säga "det var bättre förr"!

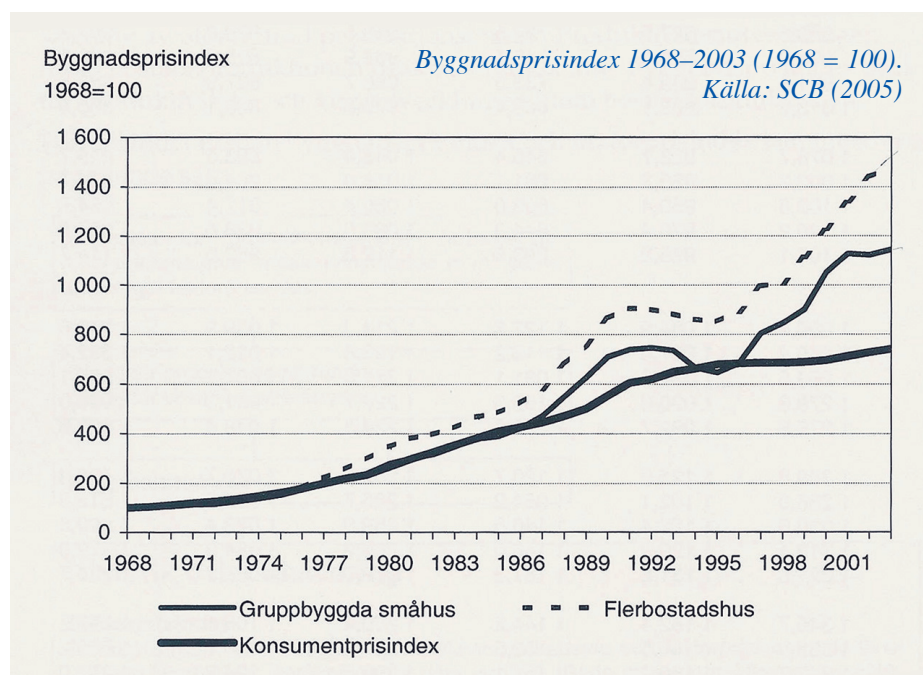
Efterfrågan på bostäder har ökat kraftigt efter ett antal år med lågt bostadsbyggande, låga räntor och hittills relativt låga energipriser. Kostnaderna för bostadsbyggandet har kraftigt skjutit i höjden särskilt relativt kostnadsutvecklingen inom andra områden som livsmedel och bilar, *figur 1*. En vanlig nybyggd villa kostade 1975 mellan 150 000 och 200 000 kronor mot idag mellan två och tre miljoner kronor.

Byggsektorn svarar för 40 procent av Sveriges energianvändning. Därför är det viktigt att öka ansträngningarna för att spara energi i rätt sammanhang. Problem föreligger ofta med hög energianvändning och dåligt inneklimat orsakat till exempel av luftvärme, golvvärme och stora fönsterytor. Därtill ska läggas åtgärder som lett till mindre energibesparingar och högre investeringskostnader än förväntat.

Byggandet har blivit allt mer komplicerat och påkostat med många nya och oprövade material, konstruktioner och komplicerade lösningar, som testats i otillräcklig omfattning innan de börjat användas i serieproduktion. Allt för ofta är valet av lösning inriktat på att minska produktionskostnaderna utan vederbörlig hänsyn till drift- och underhållskostnaderna. Nya hus har helt andra och delvis okända egenskaper än tidigare eftersom de till exempel är fukt känsligare. På många orter och områden pågår ett experimenterande med byggande av nya och exklusiva hus. Exempel på detta är tren-

den mot allt större glasytor som Bo 01 och konceptet "hus utan värmesystem", som de facto har ett värmesystem, *figur 2*, *Harrysson* (2004, 2005). Bakom dessa ansträngningar ligger bland annat strävan att åstadkomma ett mer attraktivt boende och unika marknadsfördelar.

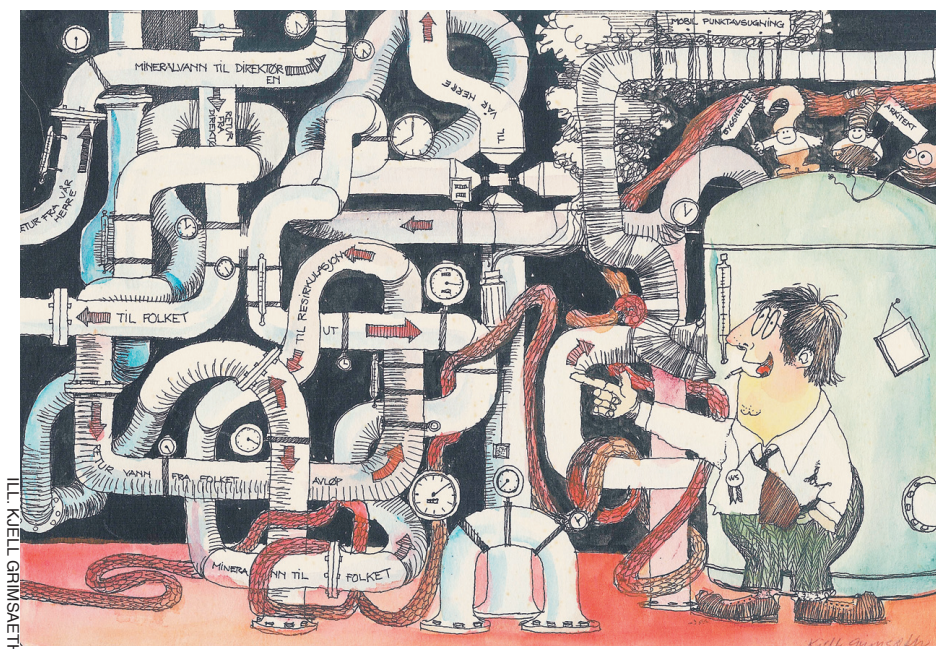
Larmrapporterna duggar tätt om dålig innemiljö med hälsoproblem för de boende och byggsador. Ett med tiden allt mer komplicerat byggande med många nya material och konstruktioner, kortare byggtider och bristfällig erfarenhetsåterföring har lett till ökad frekvens innemiljöproblem och byggsador med uppgifter



Figur 2: Passivhusen i Grumslöv har luftvärme med frånluft-/tilluftsentilation, ventilationsvärmexlaxare och elbatteri. Solavskärmning 23 september 2005 klockan 13.15.



Artikelförfattare är professor **Christer Harrysson**, Örebro universitet.



Figur 3: Undvik komplicerade lösningar!

om onödiga fördyringar med drygt 30 procent, *figur 3*. Tillsammans med kraftigt höjda bygg- och driftkostnader samt höjda energipriser accentueras behovet av förnyelse av byggbranschen som måste vidareutvecklas och förbättras för att kunna bygga bättre och billigare.

Många valmöjligheter ökar riskerna för problem

Rangordna olika lösningar. Bygg- och driftkostnaderna varierar kraftigt mellan olika hus bland annat beroende på brukarvanor, tekniska lösningar och hur man lyckats genomföra byggprocessen som helhet. Det finns en mångfald lösningar, något som försvårar valet att välja goda lösningar för såväl villaägaren som för branschfolk. Hur ska lekmannen kunna välja rätt när inte ens samhällets företrädare och experter är eniga? Några av lösningarna är självfallet bättre än andra och det finns därför ett stort behov av att rangordna olika lösningar till exempel med hänsyn till livscykelkostnader, systemlösningar, inomhusmiljö och energianvändning. Denna artikel syftar till att ge impulser/tankeväckare till hur man från "vaggan till graven" kan uppnå ett mer miljövänligt och kostnadseffektivt småhusbyggande till lägre livscykelkostnader samt hur man undviker dåliga lösningar och som kan ge problem.

Använd känd kunskap! Samordning
över skrågränserna under

- projektering
- produktion (överbyggnad – grund med mera)
- förvaltning

gör det möjligt att kunna betrakta hela byggprocessen med ökad helhetssyn allt från råvaror till färdig byggnad. Dessutom ska suboptimeringar undvikas. Kunskap om miljövänligt och kostnadseffektivt byggande finns men används inte bland annat beroende på bristfälliga erfarenheter.

renhetsåterföring. Från samhällets sida är det angeläget att skärpa tonen och satsningarna för att uppnå ett bättre och billigare byggande. De främsta hindren för ett kostnads- och energieffektivt byggande är:

- Låga produktionskostnader prioriteras framför livscykelkostnader.
- Otydliga beställarkrav ger dålig projektering.
- Byggföretaget är utpräglat "försäljningsbyggare" i stället för "förvaltningsbyggare". Man har valt delad entreprenad i stället för totalentreprenad.
- Husen har arkitektur med allt större glasytor.
- Uppställda krav på energianvändning kontrolleras varken i projekteringsskedet eller i det bebodda huset.
- Energipriserna är fortfarande låga.

Produktionskostnaderna kan minskas med 30 procent. En kartläggning av Josephson & Saukorriipi (2005) visar att slöseriet i byggprojekt är omfattande och i storleksordningen 30 till 35 procent av produktionskostnaden. Författarna har sorterat exemplen på slöseri och sorterat dessa i fyra huvudgrupper:

- Fel och kontroller, mer än tio procent (synliga och dolda fel, kontroller, försäkringar, stölder och skadegörelse). Den dolda felkostnaden är större än den synliga.
- Resursanvändning, mer än tio procent (väntan, stillastående maskiner och materialspill).
- Hälsa och säkerhet, cirka tolv procent (arbetsrelaterade skador och sjukdomar belastar projekten indirekt via skattebetalningar).
- System och strukturer, cirka fem procent (utdragen detaljplaneringsprocess, omfattande upphandlingsprocess och mycket dokumentation). Denna grupp av slöseri är den mest underskattade i nämnda referens. Det finns en tendens till att

förbättringsarbete utmynnar i alltmer omfattande projektledningssystem.

Författarna anger vidare fyra hinder för utveckling:

- Bygg är unikt och konservativt.
- Bristande insikt om vad som är värdeökande arbete.
- Paradoxen att förbättringsarbete leder till ökat slöseri.
- Byggsektorns struktur motverkar utveckling.

Som ett realistiskt långsiktigt mål anser författarna vara en reduktion av produktionskostnaderna med en tredjedel. För närvarande sker en omfattande utveckling av tekniska lösningar, av inköpsprocesser och inom industrialiserat byggande. Företagsledare påstår i fackpress att de kan sänka byggkostnaderna med 20 till 30 procent genom bättre inköp och mer industrialiserat byggande.

Entreprenadformer

Småhus uppförs på många olika sätt, *Harrysson (1994)*. De två vanligaste entreprenadformerna är:

- Totalentreprenad. Husköparen skriver ett avtal med ett företag.
- Delad entreprenad. Husköparen skriver flera avtal med flera företag: Hussäljare, husföretag, byggare för överbyggnad respektive grund, VVS-installation, elinstallation, målning, golv, bygg-, VVS- och elkonsult, byggleddare med mera.

Möjligheterna att få ett välbyggt hus är störst om företaget har alla anställda och all kompetens, såväl under projekterings- som produktionsskedet inklusive bygglärdare.

Det som skenbart förefaller bli billigast, delad entreprenad, kan genom allt för pressade priser på olika delentreprenader leda till kvalitetssänkningar, osäkerheter, merkostnader och allehanda problem för husköparen. Vid delad entreprenad blir det gärna så, att när det blivit fel, så skyller de olika företagen på varandra. Ett betydligt säkrare, tryggare och problemfriare alternativ är totalentreprenad visar undersökningar bland annat av Konsumentverket.

För att få ett välbyggt hus och tryggt husköp är det, utöver entreprenadformen, väsentligt att företaget har ett bra kvalitetssäkringssystem och tioårigt konsumentskydd innefattande produktionsgaranti och ansvarutfästelse. Vidare ska kvalitetssäkringssystemet omfatta egenkontroll av produktionen och stickprovsmässig extern kontroll enligt någon väl etablerad modell. Det är viktigt att få fram enkla metoder för att verifiera projekterade värden till exempel för isolering, täthet och energianvändning.

Med traditionella entreprenadformer är risken stor att gamla fel upprepas och nya tillkommer. Nya entreprenadformer till exempel partnering eller funktionsentreprenad, *Bejrums & Grennberg* (2003), innebär att byggbaren även ansvarar för drift-

ten under till exempel tio år och får/tvingas till erfarenhetsåterföring med möjligheter att bygga upp en kunskapsbank. Funktionsentreprenad är dock i första hand lämplig för andra boende- och upplåtelseformer än småhus med äganderätt.

Kvalitetssäkringssystem

Äldre byggbestämmelser – ansvarig arbetsledare – kvalitetssäkring. Framställningen i detta avsnitt baseras bland annat på *Jahnsson* (2006). Han konstaterade att SBN 67 omfattade flera hundra sidor med detaljerade föreskrifter och råd. De elektriska installationerna däremot behandlades på en halv sida. Trots detta är de sällan behäftade med fel. Troligen beror det på att skräväsandets lärlingssystem bibehållits och att Elsäkerhetsverket genom stickprov kontrollerar utförandet.

För ledningen av övriga byggnadsarbeten infördes begreppet "ansvarig arbetsledare" anställd av den byggande med uppgift att såsom arbetsgivarens ställföreträdare öva tillsyn av det praktiska byggnadsarbetet så att arbetet utfördes enligt gällande byggbestämmelser och för objektet av byggnadsnämnden godkända handlingar. Den byggande var skyldig att tillhandahålla den ansvarige arbetsledaren alla för objektet gällande handlingar och vid behov lämna förtydliganden eller rätta handlingar som ansvarig arbetsledare upptäckt fel i. "Den byggande" kunde således vara en entreprenör som åtagit sig att för en byggherres räkning uppföra en byggnad men kunde givetvis gälla byggherren själv när denne uppförde en byggnad i egen regi.

Dagens byggnadsproduktion – kvalitetsansvarig – besiktningsman – försäkringar. Införandet av PBL och Nybyggnadsreglerna 1988 innebar att ansvaret överfördes på byggherren enligt följande skrivning i PBL, avsnitt 9 "Byggnadsarbeten, tillsyn och kontroll":

"Den som för egen räkning utför eller låter utföra byggnads-, rivnings- eller markarbeten (byggherren) skall se till att arbetena utförs enligt gällande bestämmelserna i denna lag och enligt föreskrifter och beslut som meddelats med stöd av lagen". Med höjd prefabriceringsgrad, som alltmer vunnit terräng inom byggandet, är det emellertid i praktiken omöjligt för en byggherre att ta något ansvar för projektering och fabrikstillverkning av komponenter (plan- eller volymelement) som görs i fabrik belägen långt från byggnadsplatsen. Skrivningen i PBL är en relikt från den tiden när allt byggnadsarbete utfördes på byggnadsplatsen.

De kvalitetsansvarigas roll har begränsats till att övervaka så att samhällskraven uppfylls. Som det ursprungligen var tänkt skulle byggherren utse kvalitetsansvarig som endera hade riksbehörighet eller godkänts av byggnadsnämnden. Vid byggsamråd före arbetenas påbörjande skulle en kontrollplan för bygget faststäl-

las. I verkligheten har det blivit så att hustillverkare och entreprenörer "tillhandahåller" en anställd som kvalitetsansvarig och byggherren får finna sig i valet. Det är också oroväckande att alla krav på verifierande dokumentation, till exempel av för energieffektivitet och fuktsäkerhet viktiga egenskaper, förefaller att ha slopats i Byggherrens nu lagda förslag till nya byggregler. Det är inte bara kvalitetsansvariga som i praktiken utses av hustillverkare. För styckebyggda småhus tillhandahåller hustillverkarna via dotterföretaget Garbo även besiktningsmän. Dessa besiktningsmän begränsas oftast till att omfatta endast finish på inredningsdetaljer och tapeter, så kallad målningsbesiktning.

Idéer till ett fungerande kvalitetssäkringssystem. Kvalitetssäkringen av dagens byggproduktion är bristfällig. Byggherren (villabyggaren/privatpersonen) är i praktiken ansvarig medan myndighetskontrollen är ringa. Det praktiska ansvaret är delegerat på kvalitetsansvarig och besiktningsman, vilka ofta är utsedda av eller har koppling till husföretaget. Ökad fabrikstillverkning och om byggherren dessutom är lekman försvårar en god kontroll/kvalitetssäkring. Den kvalitetsansvarige/besiktningsmannen kan då endast göra en begränsad insats. Dessutom fokuserar besiktningsmännen vanligen på utseendebriter i stället för på den tekniska funktionen.

Ett fungerande kvalitetssäkringssystem ska givetvis omfatta egenkontroll och stickprovsmässig extern kontroll av något certifierat organ. Den tid som står till buds för meningsfull kontroll är begränsad och i vissa fall starkt avgränsad i tiden, dvs kontrollen måste göras när det fortfarande är möjligt att lokalisera och åtgärda upptäckta brister. På samma sätt som elektriker kontrollerar sitt eget arbete ska arbetsledare och berörda byggnadsarbetare kontrollera och åtgärda upptäckta brister. Denna kontroll av eget arbete ger omedelbar erfarenhetsåterföring och tillfredsställelse samt så småningom yrkestolthet, när en enkel mätning visar att utförandet är godkänt. Givetvis måste kontrollmetoder vara enkla och robusta och kravnivån anpassad så att resultatet av en mera sofistikerad mätning utförd till exempel av ett certifierat kontrollorgan, vid stickprovskontroll håller sig inom tillåtna gränsvärden. Alla viktiga kontrollmoment ska genomföras och dokumenteras så att den färdiga byggnaden kan förväntas uppfylla uppställd kravnivå.

Kvaliteten på det färdiga huset beror både på projekteringen och produktionen. Det är i synnerhet viktigt med en fungerande kvalitetssäkring under de olika skedena. Hur produktionen har kontrollerats och byggledningen har skett är avgörande faktorer för det färdiga husets kvalitet. En med byggnadsarbetet integrerad, verkningfull och fungerande kontroll erfordrar att utförandet av viktiga detaljer doku-

menteras på arbetsritningar och i beskrivningar samt att alla berörda får erforderlig utbildning och resurser i form av enkel mätutrustning som krävs.

Industrialiserat byggande

Byggsystem och produktionsmetoder. Entreprenörer har ett allt större behov av att köpa in olika komponenter. Detta i sin tur talar för ett ökat industrialiserat byggande som bland annat kan ge fördelar som:

- bygga torrt genom tillverkning inomhus/väderskydd
- högre kvalitet
- mindre skaderisker
- ökad tillgång på kvalificerad arbetskraft
- lägre kostnader.

Trähusindustrin består av många och små företag med varierande ekonomi och kompetens. Hittills har man ofta inriktat sig på att välja material, konstruktioner och installationer utan att tillräckligt beakta konsekvenserna för byggprocessen som helhet. Detta har lett till suboptimeringar med fördyringar som följd. Många olika lösningar existerar, eftersom så gott som varje småhusföretag hittills, har ett mer eller mindre unikt bygg- och installationssystem. Bra systemlösningar är nödvändiga för att nå låga livscykelkostnader. Systemtänkandet ska inte bara omfatta projekteringen utan även produktionsmetoden, dvs från råvaror till färdig byggnad inkluderande drift, underhåll och eventuell ombyggnad.

Öppna eller slutna byggsystems för- och nackdelar har diskuterats vid flera tillfällen. Mångfalden system har lett till satsningar på standardisering och modulsamordning. Argument för detta kan vara att flera företag behövs för att klara större exportorders eller att man vill uppnå kvalitetshöjningar genom att utveckla genomarbetade system och handlingar till reducerade kostnader.

Småhus kan byggas som styckehus eller grupphus med olika grader av *förtillverkning och leveransåtagande*, *Harrysson* (1985 a,b). Man kan med hänsyn till graden av förtillverkning indela branschens företag i fyra grupper:

- Platsbygge, där material och komponenter sammansätts till färdiga byggnader på byggplatsen.
- Väggar som småblock (högst 1,2 m långa), i regel lagertillverkning, men ofta utan fabriksmonterade installationer. Övriga byggnadsdelar förtillverkas i regel som precut och färdiga takstolar.
- Väggar som storblock (mer än 1,2 m långa), i regel med kundorderstyrning samt med fönster och installationer monterade i fabrik. Ofta har installationerna koncentrerats och förtillverkats som våtvägg eller våtvolum. Övriga byggnadsdelar förtillverkas i regel som precut (till exempel golvbjälkar och färdiga takstolar med spikplåtar). Ökad mekanisering och



Figur 4: Ett och ett halvplanshus förtillverkat som två volymelement och yttertak med mera som storblock.

automatisering (Cad/Cam) medför lättare objekthanpassning och högre förtillverkningsgrad.

- Volymelement, med hård kundorderstyrning ofta med nyckelfärdiga enheter från fabrik. Cad/Cam ger lättare objekthanpassning och högre förtillverkningsgrad.

Mellanformer och kombinationer av de olika produktionstyperna kan förekomma även inom ett företag och för olika hustyper, figur 4. Skilda bygg- och installationssystem samt varierande grader av leveransåtagande för olika hustyper förekommer ofta inom ett och samma företag. Småhusbranschen innehåller fortfarande ett stort antal företag som enbart levererar byggkomponenter utan montage, installationer, ytmaterial, grundarbeten och så vidare. Olika grader av förtillverkning och leveransåtagande påverkar priset för de delar företaget levererar, men också husets totala produktionskostnad.

Förutsättningar för energieffektiva hus med god inomhusmiljö

Nya och högisolerade konstruktioner har helt andra och delvis okända fukt- och värmetekniska egenskaper än äldre. Skärpta värmehushållningskrav med större isolertjocklekar som följd ställer högre krav på produktionsförutsättningar och konstruktionsutformning. Konstruktionerna är ofta mer känsliga för utförandebristar med mera. Produktionsförutsättningarna måste ändras för att minska människans inverkan på arbetsutförandets kvalitet. Högisolerade konstruktioner erfordrar ofta speciell tillverkningsgång eller särskilt utformade produkter för att det ska vara möjligt att i praktiken nå avsedd energieffektivisering. Vid ut-

formning av konstruktionerna bör eftersträvas "slutna" element (till exempel för att skydda isoleringen) mellan byggnadsdelar respektive runt hörn. Installationerna placeras på isoleringens varma sida och undertryck inne relativt ute eftersträvas. Ytterväggar ska ha luftspalt på vindskyddets utsida.

Ett välbyggt hus ger utöver lågt energibehov också högre komfort inne, vilket i sin tur kan leda till ytterligare besparingar genom sänkt inomtemperatur. Arbetsutförandets kvalitet bestäms av konstruktionernas utformning och produktionsförhållandena inklusive tillverkningskontroll. Företag med dessa förutsättningar uppfylla, egen utbildad och anställd personal ökar möjligheterna att få ett välbyggt hus med god inomhusmiljö. För att man ska uppnå ett energieffektivt hus med god inomhusmiljö måste bland annat följande förutsättningar vara uppfyllda:

- torrt och rent byggande, gärna inomhus
- noggrant arbetsutförande för isolering och tätningar



Figur 5: Passivhus i Grumslöv. Solavskärmning 23 september 2005 klockan 13.15. Glasfönster i bottenvåningen är helt oskärmda.

- injustering av värme- och ventilations-system
- rena och så korta tilluftskanaler som möjligt.

Byggnadsutformning

Byggekostnader, energibehov och inomhusmiljö påverkas kraftigt av valda material, konstruktioner och installationer. Som framgår av det följande är valet av teknisk lösning (kombination av isolering, tätningar, fönster, dörrar, värme- och ventilations-system) av stor betydelse. Fler och fler larmrapporter kommer om besvärande hög solinstrålning, Harrysson (2004). Det är därför angeläget att glasytornas storlek begränsas och förses med passande anordningar för solavskärmning, figur 5.

Byggekostnaderna kan sänkas utgående från arkitektoniska och planlösningsmässiga åtgärder som att minska ytorna, välja yteffektiva husformer, dubbelutnyttja rum (till exempel vardagsrum/allrum), koncentrera installationer, bygga ihop bostadshus och sidobyggnad med mera, Harrysson (1985 a,b). Det är viktigt att husen anpassas till omgivningen och närliggande bebyggelse. Gynnsam placering med hänsyn till sol, vind och temperatur kan betyda 25 procent energibesparing, Bokalders & Block (2004).

Exempel på en god lösning för byggsystem och produktionsmetod

Olika metoder för industrialiserat byggande har granskats bland annat av Larsson mfl (2004). Ett exempel på en god lösning är Kärnhem, Boverket Byggekostnadsforum (2005). Arbetet har styrts hårt både vad gäller projektering och produktion. Projektet kännetecknas av god förberedelse, noggrann och genomtänkt projektering, konsekvent tänkande, erfarenhetsåterföring från början till slut, möjligheter till kundanpassning, väl genomarbetade gemensamma ritningar för arkitekt- och konstruktionshandlingar. Dessutom infördes begränsningar och standardisering av

- antalet ingående komponenter
- spännvidder, takstolstyper, väggelement och bjälklagsbalkar
- konstruktion
- takform
- installationer
- stomkompletteringar.

Man har valt beprövad teknik och industriell tillverkning med fabrikstillverkade ytterväggar, takstolar och bjälkar med spikplåtar. Monteringen har skett snabbt med tät klimatskärm på en dag. Kringkostnaderna är låga. Avsikten har varit att välja god design och kvalitet samt att göra rätt från början för att minska reklamationernas kostnader. Rutiner har utvecklats för inköp, logistik och produktion på byggsplatsen.

Produktionsstyrningen har utgått från ett genomarbetat material som möjliggör och kräver engagemang av alla inblandade i byggprocessen. Arbetet med ständiga förbättringar är tydligt och viktigt. Den tekniska plattform som har tagits fram utgörs av

- träbyggnadsteknik inklusive detaljer
- genomarbetat material
- engagemang av alla inblandade parter i byggprocessen
- erfarenhetsåterföring – ständiga förbättringar.

Produktionskostnaden i Växjö uppgår totalt inklusive mark och moms till 12 500 kr/m² lägenhetsarea, vilket är mycket lågt, jämfört med figur 6. Som jämförelse kan nämnas likartade hus i Örebro Näsby som 2005 byggts för 14 000 kr/m². Flerbostadshus i motsvarande lägen i Örebro kostar cirka 19 000 kr/m², se även SCB(2005).

Rätt teknisk lösning spar 30 procent energi med god inommiljö

Orsaker till hög energianvändning.

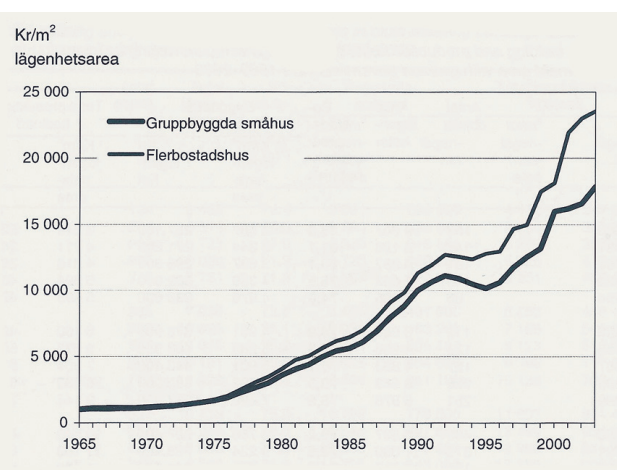
Orsaker till hög energianvändning i nya hus är:

- boendevanor (vattenförbrukning, innetemperatur, utomhusel med mera)
- dåligt arbetsutförande för isolering och täthet
- otillräcklig isolering i väggar, golv, tak, fönster och ytterdörrar
- stora glasytor
- köldbryggor
- luftläckning
- dåligt utförda och injusterade värme- och ventilationssystem
- hög innetemperatur (den kallaste lägenheten eller rummet bestämmer)
- avsaknad av eller brister i värmeåtervinning
- komplicerade tekniska lösningar speciellt avseende installationer till exempel golvvärme och luftvärme
- hög elanvändning (golvvärme i våtrum, handdukstorkar, värmekablar, utebelysning, energislösande sidobyggnader med mera)
- dåligt utförda sidobyggnader.

Energianvändningen för ett småhus bestäms främst av:

- Boendevanor. Dessa kan påverkas bland annat genom information
- Tekniska lösningar som i första hand väljs vid projekteringen.
- Produktionsförhållandena inklusive tillverkningskontroll (kvalitetssäkring) som påverkas under byggprocessen.
- Val av husfabrikant, som i stor utsträckning har förutbestämt de tekniska lösningarna och produktionsförhållandena.

Energiuppgifter och variationer, Harrysson (2004). Småhus byggda sedan mitten på 1980-talet har normalt i medel-



Figur 6: Produktionskostnader, kronor per kvadratmeter lägenhetsarea, 1965–2003. Källa SCB(2005)

tal den totala energianvändningen 13 000 – 15 000 kWh/år eller cirka 130 kWh/m² år. Energianvändningen är ofta fördelad på 3 000 – 5 000 kWh/år till värmesystemet, 5 000 kWh/år till varmvatten och 5 000 kWh/år till hushållsel. Det finns också goda lösningar som ligger avsevärt lägre, cirka 10 000 kWh/år eller cirka 90 kWh/m² år. Energianvändningen anses då vara fördelad på 5 000 kWh/år till värmesystem och varmvatten samt 5 000 kWh/år till hushållsel.

Energianvändningen varierar kraftigt mellan såväl nominellt lika som olika hus, Harrysson (1988). Detta beror främst på:

- Skillnader i boendevanor, som kan medföra variationer på mer än 10 000 kWh/år mellan identiska hus.
- Kvalitetsvariationer i arbetsutförande, som kan medföra skillnader på cirka 5 000 kWh/år mellan identiska hus.
- Val av tekniska lösningar
- Individuell energiförsörjning eller kollektiv (fjärrvärme).

I Harrysson (2000, 2005) diskuteras ingående olika tekniska lösningar. Det är möjligt att utan ökade byggkostnader, men med rätt teknisk lösning spara 30 procent energi och samtidigt få ett gott inneklimat. Det finns goda lösningar som har en total energianvändning (hushållsel, varmvatten och värme) på 70 – 80 kWh/m² år. Exempel på en sådan väl dokumenterad god lösning är:

- frånluftsventilation med väggventiler och radiatorer
- frånluftsvärmepump för värme och varmvatten.

Detta är en god lösning som inte ställer speciella krav på projektören, byggaren, förvaltaren och brukarna.

Enkla beprövade och lättskötta lösningar för projektörer, byggare, förvaltare och brukare/boende är ofta att föredra. Ju energisnålare byggnaden i sig är desto större relativ betydelse har gratisvärmes. Svårigheter att hålla en jämn innetemperatur ökar därmed, liksom risken för övertemperaturer. I täta och välisolerade småhus föreligger därför ett större behov av att kunna variera luft- och värmetillför-

seln i och mellan olika rum. Slutsatsen av detta är bland annat att reglerutrustningen och värmesystemet i energieffektiva byggnader måste reglera snabbare och ha mindre värmetröghet. I första hand bör man därför satsa på enkel ventilation (frånluft) och ett enkelt värmesystem (radiatorer). Luftvärme och energislösande golvvärme bör undvikas. Radiatorer med termostater ger jämna innetemperaturen. Värmesystemet ska vara placerat inomhus för att uppnå hög energieffektivitet.

Hustyp och upplåtelseform

Stora kostnadsskillnader föreligger mellan gruppbyggda småhus och flerbostadshus respektive mellan olika områden och upplåtelseformer, SCB (2005). Gruppbyggda småhus jämfört med flerbostadshus har i allmänhet per kvadratmeter lägenhetsyta

- 30 procent lägre produktionskostnad
- 50 procent lägre energianvändning.

Orsakerna till detta är att bland annat att flerbostadshus har större gemensamhetsytor till exempel trapphus, större krav på hållfasthet och brandskydd samt individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningen. Slutligen inverkar tomtkostnaden. Äganderätt har i allmänhet lägre kostnader än andra upplåtelseformer.

Slutsatser

Artikel visar bland annat att det är möjligt att sänka

- Produktionskostnaderna med 30 procent genom åtgärder som minskar slöseriet under byggprocessen.
- Den totala energianvändningen med 30 procent genom rätt teknisk lösning och god inommiljö, utan att öka byggkostnaden.

Ett bättre och billigare bostadsbyggande åstadskoms i första hand med ökad helhetssyn och samordning över skrågränserna under projekterings-, produktions- och förvaltningskedena. Förtydning och suboptimeringar beror ofta på ett alltför snävt synsätt under byggprocessen. Det är viktigt att välja enkla lösningar som kan produceras av olika företag och ej ställer speciella krav på projektörer, byggare, förvaltare och brukare samt ger god inommiljö till låga livscykelkostnader.

Framtidens byggande måste inriktas på enkla, billiga och lättskötta lösningar för att man med hög lönsamhet och tillförlitlighet ska uppnå en god inommiljö och låg energianvändning. Låga livscykelkostnader åstadskoms ofta med enkla beprövade och lättskötta lösningar såväl för projektörer och byggare som för förvaltare och brukare. Noggrant arbetsutförande, torrt och rent byggande under kontrollerade

förhållanden samt installationer med rena och korta kanaler, speciellt för tilluft och som lätt kan rensas, är betydelsefulla faktorer i sammanhanget. Ett välbyggt hus ger utöver energibesparing även hög inomhuskomfort, vilket i sin tur kan leda till ytterligare besparingar genom att innetemperaturen kan sänkas *figur 7*. Som värme- och ventilationssystem rekommenderas radiatorer respektive frånluftsventilation. Speciell uppmärksamhet måste ägnas åt att uteluften tillförs så dragfritt och är så ren som möjligt. Glas- ytor begränsas/minskas för att minska effekt- och energianvändningen.

Sammanfattningsvis ges följande råd för energieffektiva och komfortabla småhus med låga byggkostnader:

- Ökad helhetssyn. Arbeta över skrägränserna bygg och installationer under projektering, produktion och förvaltning. Gör jämförelser mellan teori och praktik.
- Noggrann planering och omsorgsfull projektering och produktion.
- Bättre samverkan mellan arkitektur, byggteknik, installationer, styr- och reglersystem.
- Termisk komfort måste prioriteras och hanteras bättre. Begränsa glasytor.
- God värmeisolering i väggar, golv, tak, fönster och dörrar. God lufttätethet.
- Minimera köldbryggor.
- Enkel ventilation (frånluft). Värme- pump och radiatorer.
- Noggrant dimensionerade och injusterade värme- och ventilationssystem med värmeåtervinning.
- Väl fungerande styr- och reglersystem för att bättre kunna utnyttja gratisvärmets från till exempel solinstrålning och processvärme med mera.
- Individuell mätning av energi- och vattenanvändning.
- Krav på bättre dokumentation på verklig uppmätt energianvändning.

I framtiden erfordras ett mer miljö- och kretsloppsanpassat byggande där man beaktar livscykelkostnaderna ("från vaggan



Figur 7: Exempel på miljövänligt och kostnadseffektivt småhus.

till graven") och inte bara tänker på produktionskostnaden. Genom att använda känd kunskap i ökad utsträckning behöver man inte så ofta säga "det var bättre förr". ■

Referenser

Bejrums, H & Grennberg, T. (2003). *En väg till fungerande hus. Funktionsentreprenader, livscykelekonomi och BOT*. KTH, Rapport nr 19 KTH:s Bostadsprojekt, Uppsats nr 25. ISSN 1403-8218 TRITA-BFE-U25, Stockholm.

Bergman, G (2004). *Byggprofessor Christer Harrysson i installationstalet: Ökad helhetssyn ger bättre, billigare och energieffektivare lösningar*. VVS-Forum nr 3, 2004, Stockholm.

Bokalders, V & Block, M. (2004). *Byggekologi. Kunskaper för ett hållbart byggande*. Svensk Byggtjänst, Stockholm, ISBN 91-7333-070-1.

Boverket Byggekostnadsforum (2005). *Kärnhem. Industriell tillverkning av bostäder i trä med hög kvalitet, god design och låga kostnader*. Boverket, Publikationsservice ISBN 91-7147-875-2, Karlskrona.

Harrysson, C (1985 a). *Kostnadsbesparing för småhus i trä. Produktionsmetoder och byggsystem*. Statens råd för byggnadsforskning, Rapport R72:1985, Stockholm.

Harrysson, C (1985 b). *Kostnadsbesparing för småhus i trä. Grundkonstruktioner*. Statens råd för byggnadsforskning, Rapport R73:1985, Stockholm.

Harrysson, C (1986). *Varmgrunder - Systemlösningar och erfarenheter*. Väg- och vattenbyggaren nr 10, 1986, Stockholm.

Harrysson, C (1988). *Småhusets energiomsättning. Analys med särskild hänsyn till ingående delposters variationer*. CTH, Avd för byggnadskonstruktion Publ 88:2 (doktorsavhandling), Göteborg.

Harrysson, C (1994). *Låga årskostnader och bra inommiljö med beprövade lösningar*. Bygg & teknik, 1/94, Stockholm.

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

Harrysson, C (2004). *Byggnadsutformning och värmekapacitet. Praktisk vägledning och enkel förklaringsmodell*. Bygg & teknik, 5/04, Stockholm.

Harrysson, C (2004). *Rätt teknisk lösning spar 30 procent energi med god inommiljö*. Väg- och vattenbyggaren 5, Stockholm.

Jahnsson, S (2006). *Bristfälligt kvalitetssäkring av dagens byggnadsproduktion*. Opublicerat PM, Energidoktorn Konsult HB, Eksjö.

Josephson, P-E & Saukkoriipi, L (2005). *Slöseri i byggprojekt. Behov av förändrat synsätt*. Sveriges Byggindustrier, FoU-Väst, Rapport 0507, ISSN 1402-7410, Göteborg.

Larsson, T, Brorsson, M, Ellervik, A & Nygren, T (2004). *Industrialiserat byggande – en granskning av några olika metoder*. Örebro universitet, Institutionen för teknik, Rapport nr 13, Örebro, ISSN 1404-7225.

SCB (2005). *Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 2005*. Statistiska centralbyrån, Örebro, ISSN 0349-4713.