

# HANDBOK

för beställare och projektörer  
av flervånings bostadshus i trä

*Redaktörer och författare:* Anders Gustafsson och Per-Erik Eriksson, SP Trä, Susanne Engström, Luleå Tekniska Universitet, Tina Wik, Högskolan Dalarna och Erik Serrano, Linneuniversitet.

*Grafisk form:* TR, Skellefteå.

*Referensgrupp:* Christer Johansson, Trästad 2012, Bertil Sterner, Träbyggnadskansliet, Anders Persson, Midroc, Jan Kans, f d Orsabostäder och Petter Jurdell, SABO.

*Finansiärer:* Formas, Träbyggnadskansliet och Trästad 2012.

*Foto:* Fotograf anges vid bild.

*Tryck:* Davidssons Tryckeri; Växjö, 2013.

SP rapport 2012:70

ISBN: 978-91-87017-98-8

# Innehåll

Var och hur skall vi bo i framtiden? .....	4
Inledning .....	5
1. Vad den här boken handlar om .....	6
2. Frågor kring flervånings bostadshus i trä .....	8
3. Fördjupning .....	12
Vad innebär industriellt byggande av flervånings bostadshus i trä? .....	12
Möjligheter och begränsningar med olika typer av industriella byggsystem .....	14
Arkitektur och teknik .....	17
Fasader .....	26
Bärförmåga och stabilitet .....	30
Brand .....	32
Ljud .....	34
Energi och täthet .....	36
Väderskydd .....	39
Upphandling .....	40
Ekonomi och förvaltning .....	44
Miljö/kretslopp .....	47
4. Exempel på flervånings bostadshus i trä .....	50

# Var och hur ska vi bo i framtiden?

Var och hur vill vi bo i framtiden? Det är en fråga som blir mer och mer aktuell i takt med ett minskande bostadsbyggande, med bostadsbrist som följd. Något som dessutom accentueras av att vi blir allt fler och att vi – glädjande nog – lever allt längre. Vad som ytterligare ökar trycket på att bygga fler bostäder är vår kraftiga urbanisering och de stora barnkullarna från 1990-talet. Nu vill och behöver den här generationen flytta hemifrån för studier, jobb eller helt enkelt för att bilda egna hushåll och familjer.

I flera rapporter har både problem med processen att få fram detaljplanelagd mark samt landets höga byggkostnader utpekats som stora skäl till den låga byggtakten. På senare år har dessutom det sänkta bolånetaket kraftigt försämrat möjligheterna för dem som vill köpa nya småhus.

För byggherrar är ökad konkurrens det mest kraftfulla verktyget för att motverka skenande byggkostnader, vilket även skapar förutsättningar för en sund teknikutveckling samt främjar mer industriell och processtyrd produktion av flerbostadshus.

Därför är det med stor glädje vi sett att konkurrensen bland landets entreprenörer har ökat i och med att fler företag har tagit steget att bli entreprenörer som levererar hus med trästomme. Samtidigt utmanas dagens dominerande byggmetoder av nya byggsätt och nya entreprenörer. Därför är vår förhoppning att den skärpta konkurrensen även ska sporra etablerade entreprenadföretag att ta ytterligare steg mot mer industrialiserade byggprocesser. Det kommer att ge mer konkurrenskraftiga byggpriser över hela landet.

Träbyggande präglas även av hållbarhet och goda förutsättningar för energieffektivitet. Enligt vår bedömning borgar det för en sund konkurrens mellan olika byggsätt och metoder – en konkurrens också om vilken av dessa som kommer bli framgångsrikast i framtiden.

Vi hoppas att den här bokens innehåll ska få dig som beställare att våga ta steget in i ett hållbart byggande, förvaltande och boende.

Mycket nöje med läsningen.

Petter Jurdell  
*SABO*

Anders Persson  
*Midroc Property*

Jan Kans  
*f d Orsabostäder*

# Inledning

Byggkommissionen konstaterade i sitt betänkande 2009 att "En grundläggande förutsättning för ett lyckat byggprojekt är starka och komptenta byggherrar"\*. Beställare av byggnadsarbete har ett affärsmässigt avtal med en eller flera leverantörer men även en skyldighet att följa Plan- och bygglagen. Byggprojekten betraktas oftast som unika och speciellt för relativt nya "oprövade" byggsystem uppkommer det osäkerheter. Denna handbok är ett försök att minimera byggherrens eller hans/hennes företrädare och andra intressenters osäkerheter och i stället visa på vilka möjligheter som finns med att bygga flervåningshus i trä och därmed skapa ytterligare alternativ på marknaden.

Med denna bok vill författarna ge en översikt av de erfarenheter och framsteg som åstadkommit under de senaste åren inom byggandet av flervåningshus i trä. Innehållet är strukturerat med hänsyn till de frågeställningar som en beställare ställs inför vid byggande av flervånings trähus för första gången. Vidare vill vi göra befintlig kunskap tillgänglig för svenska tillverkare och projektörer av träelement, vilket kan göra att flera aktörer kan ta steget att utveckla sin nuvarande verksamhet till att även omfatta komponenter till flervåningshus i trä. Handboken skall även vara en hjälp till leverantörer av plan- och volymelement att utveckla sina produkter till att även gälla flervåningshus.

Boken begränsar sig till flervånings bostadshus och omfattar byggprocessen, arkitektur, byggsystem samt drift och förvaltning. Stora delar kan även omfatta andra typbyggen. Utgångspunkten är en industriell byggprocess, då detta helt dominerat senare års bostadsbyggande med trä. Boken innehåller redovisningar utifrån de teoretiska och erfarenhetsbaserade kunskaper som föreligger idag, och den är indelad i fyra delar. Första delen beskriver kortfattat vad handboken handlar om. Den andra delen tar upp några vanliga frågor från beställarhåll beträffande flervånings bostadshus i trä. Den tredje delen innehåller fördjupande information fördelade på ett antal huvudområden; industriellt byggande, arkitektur och teknik, upphandling, ekonomi och förvaltning samt miljö/kretslopp. I slutet av handboken finns också samlat ett axplock av genomförda, svenska och internationella, byggprojekt för flervånings bostadshus i trä. Förhoppningen är att dessa exempel ska visa på bredden och spridningen av projekt, men också vara en källa till referenser för dig som vill söka inspiration och erfarenheter från de byggherrar och projektörer som låtit bygga och förvaltar dessa trähus idag. I samband med texten finns hänvisningar till litteratur och hemsidor, vilket ger möjlighet för den som vill fördjupa sig ytterligare att finna information och fakta.

\* Von Platen F.; Skärpning på gång i byggsektorn!, Boverket 2009

# 1. Vad den här boken handlar om

Med flervånings bostadshus i trä avses i denna handbok byggnader i tre våningar eller fler där de lastbärande och stabiliserande delarna av huset (stommen) i huvudsak består av en träkonstruktion. Den traditionella synen på vad ett trähus är har kommit att ändras genom möjligheten att bygga högt i trä. Fasadmaterialiet kan naturligtvis signalera "trä", men valet av fasadmaterial är inte knutet till om byggnaden är ett trähus eller inte med denna definition. Jämförelsevis kan sägas att en mycket stor andel av våra småhus är träkonstruktioner (storleksordningen 90 %) och bland dessa är både tegelfasader och putsade fasader vanligt förekommande.

Det finns ett antal fördelar med att bygga flervåningshus i trä, några av dessa är:

- Konkurrenskraftigt pris
- Snabbt montage
- Torrt byggande
- Flexibilitet

Naturligtvis styrs valet av byggsystem och möjliga leverantörer av byggobjektets specifika krav men med träbyggsystem finns det oftast ett flertal alternativ för byggande av flervåningshus. Trä i byggandet har en unik ställning i och med att näst intill alla typer av stomsystem kan utföras med lösningar av trä, vilket illustreras schematiskt i nedanstående tabell.

Trä kan med fördel kombineras med andra material. Vanligast förekommande är, förutom för grundläggning, att man väljer andra material i fasad, för balkonger, loftgångar eller för trapphus och hisschakt. Det bör dock påpekas att man, som alltid när man kombinerar olika material, måste försäkra sig om att materialen samverkar på ett bra sätt, t ex vad gäller styvhet och fuktrörelser. Därför kan det vara en klar fördel, och faktiskt förenkla, att använda trä även i t ex trapphus eller hisschakt. Det finns många exempel på flervåningshus med hela stommar i trä (förutom grundplatta), inklusive balkonger och hisschakt.

**Tabell 1:** Alternativa val av material för olika stomsystem.

Stommaterial	System					
	Bärande system			Tillverkningsmetod		
	Pelars-balk	Reglar	Skivor	Platsbygge	Prefab. Planelement	Prefab. Volymelement
Stål	■	■	■	■	■	■
Betong	■	■	■	■	■	■
Trä	■	■	■	■	■	■

Möjligheter: ■ = lämplig ■ = möjlig ■ = olämplig

Det är få situationer där ett visst material alltid är det bästa valet. Oberoende av materialval är också god projektering, kompetenta aktörer och en kontrollerad byggprocess viktiga förutsättningar för ett långsiktigt och hållbart resultat. Till fördelarna med trä som byggmaterial hör den minskade miljö- och klimatpåverkan som ett ökat träbyggande kan medföra. Trä är från ett arkitektur- och gestaltningsperspektiv ett klassiskt material med många uttrycksmöjligheter som är enkelt att bearbeta och hantera. Att utgå från trä som bygg- och konstruktionsmaterial har även unika fördelar vid fabriksbearbetning, vägtransporter, samt vid lossning och montage på arbetsplats. Massivträelement kan exempelvis redan i fabrik enkelt försees med öppningar och hål med hjälp av CAD/CAM-teknologi och hanteras med mobilkran vid montage på byggplats. Därför utgår också många industriella byggföretag från någon sorts stomsystem i trä. Detta är också anledningen till att i princip alla flerbostadshus som byggts med trä under senare år tillämpat någon form av industriellt byggande.

Genom ett ökat antal leverantörer finns idag flera olika byggsystem att välja mellan, med varierande grad av förprojektering och förtillverkning. Till dessa kan beställaren förhålla sig med utgångspunkt från vad beställaren värderar, till exempel hög grad av flexibilitet mot byggnadsprogrammet eller en väldefinierad funktion till en fastställd kostnad. Förtillverkade byggsystem i trä är inte bara ett alternativ vid nybyggnation i tidigare obyggda områden. Fördelar kan finnas vid påbyggnader, vid förtätningar av områden med små arbetsområden och där störningar lätt uppkommer.

Idag är byggda flervånings bostadshus i trä inte längre att betrakta som en unik företeelse på marknaden. Tillväxten har under senare år varit stor och bedömning-

en är att marknadsandelen nu (2012) är 15-20 % av den totala flerbostadsmarknaden. Men många frågor kring byggandet av flervånings bostadshus i trä har ändå fortsatt att återkomma. De möjliga fördelarna med såväl trämaterialiet som de industriella byggmetoderna kan väga tungt vid beställarutvärderingar, men det är inte ovanligt att osäkerheten kring "det nya" väger tyngre.

En självklar grundförutsättning för byggaktörers val att bygga med trä som stommaterial är att det går att uppfylla, och överträffa, alla krav i Boverkets byggregler (BBR). Att vissa saker ibland i detta sammanhang sägs vara till träets nackdel hänger samman med osäkerheter kring exempelvis brand-, ljud-, fukt- och täthetsfrågor. Men det finns idag fungerande tekniska lösningar till konkurrenskraftiga priser tillgängliga på marknaden, och svar finns också på de från kund- och beställarhåll ofta ställda frågorna. Detta kommer nästa kapitel i denna handbok belysa. Industriellt byggande, arkitektur och teknik, ekonomi, förvaltning och miljö behandlas därefter mer fördjupat i efterföljande kapitel.



Bild: PA Burén

## 2. Frågor kring flervånings bostadshus i trä

Det här kapitlet tar upp ett antal vanliga beställarfrågor som rör valet att bygga flervånings bostadshus i trä. I nästa kapitel presenteras fördjupningar och även ytterligare möjligheter med frågor kring flervånings bostadshus i trä.

### *När jag några miljöfördelar med flervånings bostadshus i trä?*

Ja, mycket talar för att det bör vara ett självklart alternativ att utvärdera. Miljöbelastningen – främst koldioxidutsläppen – från produktionen är väsentligt lägre än för motsvarande hus byggt med betong- eller stålteknik. Under byggnadens livstid lagras avsevärda mängder kol i stammen – faktiskt större mängd än utsläppen i produktionsfasen. Eftersom trä är förnybart material kommer man dessutom kunna tillgodoräkna sig den återvinningsbara resurs som finns tillgänglig när byggnaden eventuellt slutligen rivs. Idag finns miljöaspekterna av materialvalet dock inte med ordentligt i något av de miljövärderingsverktyg som används i Sverige för byggnader. Därför krävs det fortfarande att byggherren är särskilt insatt i frågorna för att detta ska ha en inverkan på val av byggnadsmaterial och utformning.

Se vidare fördjupning del 3, sidan 47.

### *Vilka ekonomiska fördelar finns det med att bygga flervånings bostadshus i trä?*

Generellt är det mycket svårt att jämföra produktionskostnader mellan olika byggobjekt utan att göra omfattande undersökningar av ett stort antal objekt. En förutsättning för träbyggandets fortsatta möjligheter att ta marknadsandelar är att vara ekonomiskt konkurrenskraftiga i jämförelse med andra alternativ.

En sammanställning av erfarenheter från ett antal

träbyggprojekt visar generellt att:

- Flervånings trähus kan, för vissa segment, exempelvis små lägenheter, studentboende och äldreboende, vara mycket kostnadseffektiva
- Andelen flervånings bostadshus i trä har ökat från noll procent år 1994 till ca 15-20 procent 2012, vilket tyder på att träbyggande är under stark utveckling och är konkurrenskraftigt
- Vid jämförelser av insatser och hyror mellan konventionellt byggda system och träbyggsystem i jämförbara lägen har det visat sig att träbyggsystem är konkurrenskraftiga
- Nya byggsystem medför flera tänkbara leverantörer och flera alternativ vilket långsiktigt är fördelaktigt för beställare

Se vidare fördjupning del 3, sidan 44.

### *Hur blir det med drift- och förvaltningskostnader?*

Flervånings bostadshus i trä är en relativt ny företeelse på marknaden och därför finns det få uppföljningar att tillgå av förvaltningskostnader under lång tid. De undersökningar\* som finns, visar ingen skillnad i drift- och underhållskostnader mellan flervåningshus med trästomme och övrigt bestånd av flerbostadshus. Den skillnad som föreligger kan oftast hänföras till exponerat trä i fasaden. Detta gäller även åtgärds kostnader vid vattenskador, där till och med träalternativen har visat på en lägre åtgärds kostnad.

Se vidare fördjupning del 3, sidan 46.

### *Är det möjligt att bygga flervånings bostadshus i trä enligt de krav som är angivna i detaljplanen?*

Detaljplanerna anger ramarna för byggrätten. Dessa ramar kan anges på olika sätt, men den tillåtna bygg-

\* Levander. E.: Förvaltning av industriellt byggda flerbostadshus med trästomme, kartläggning av kostnader och erfarenheter, teknisk rapport, ISBN 978-91-7439-006-3.



nadsarean anges alltid. Byggnadsarean påverkas inte nämnvärt av byggnadens stomval. Vad som däremot kan påverka vid val av trästomme är tillåten byggnadshöjd, om den är angiven. Ibland anges enbart antal våningar, ibland antal våningar inklusive byggnadens högsta tillåtna höjd vid mötet mellan tak och vägg och/eller nockhöjd. Dessa mått styr utformningen på olika sätt och tanken från planmyndigheten är att styra valet av takvinklar. Dessa höjdmått kan visa sig vara olyckliga för trästommar om de är snävt tilltagna och angivna utifrån betongbyggandets bjälklagsmått, vilka är lägre än trästommarnas. I dylika fall bör en diskussion med plan- och bygglovmyndigheterna tas i tidigt stadium.

Se vidare fördjupning del 3, sidan 26.

### *Passar min planlösning för flervånings bostadshus i trä?*

Att bygga ett flervåningshus med trästomme jämfört med andra stommaterial ställer inte några speciella krav på planlösningarna. Det finns gott om exempel på flervåningshus med bra planlösningar som visar vilka möjligheter som finns.

Ett stort antal exempel visas i del 4.

Att bygga med trästomme innebär inte att valet av stomsystem är givet. Det finns olika slags trästommar som klarar och lämpar sig sämre eller bättre för olika behov. Både stomsystem och byggprocessen spelar in. Finns särskilda planlösningsoönskemål bör det beaktas vid val av stomme, huruvida en stomme av massivträ, träreglar, pelarbalk alternativt annan stomme bäst uppfyller beställarkraven.

Trästommar kan i princip klara samma planlösningar som vilket annat stommaterial som helst. Man kan välja pelarbalksystem och dimensionera dessa utifrån

önskade spännvidder. Man kan välja regelsystem och integrera limträ- eller stålbalkar vid större öppningar. Man kan välja massivträsystem som klarar stora öppningar, utkragande partier och många ej ännu vanligt förekommande lösningar.

Väljer man att bygga industriellt med planelement, har man oftast större flexibilitet vad gäller öppna planlösningar. Volymbyggandet ger kortare byggtid och skyddar bygget mot väder och vind, men kan medföra en mindre flexibilitet med avseende på planlösningar. Normala lägenhetsplanlösningar brukar dock inte begränsa volymelementsbyggandets möjligheter.

Se vidare fördjupning del 3, sidan 18.

### *Uppfylls brandkraven i flervånings bostadshus i trä?*

Kraven på brandmotstånd hos byggnader är idag desamma oavsett byggmaterial. Byggnormens krav på brandmotstånd gäller i första hand hur de som befinner sig i byggnaden skall skyddas och kunna utrymma byggnaden. Kraven gäller därför hur länge den bärande stommen skall motstå brand och hur länge avskiljande byggnadsdelar skall uppfylla sin funktion. Dessutom finns det krav på hur lättantändligt ytmaterial får vara med hänsyn till hur fort branden i en brandcell får utvecklas. Trä som material har egenskaper som gör att det, när det brinner, behåller bärigheten länge, vilket kan utnyttjas i exempelvis exponerade limträstommar. Normalt byggs trästommar in och bekläs med brandtåligt material, främst gipsskivor, för att uppnå ett bestämt brandmotstånd. Ett sprinklersystem kan ytterligare bidra till minskad risk för såväl antändning som brandspridning. Detta förbättrar brandsäkerheten i alla typer av byggnader. Sprinkler ger också möjligheten till

tekniska byten, vilket ger ökade möjligheter att använda mer synligt trä invändigt och i fasader, eller minskade krav på inklädnader av stommen. Det finns dock inga krav på sprinkler i bostadshus i Sverige, oavsett om byggnaden har en stomme av trä eller annat material.

Se vidare fördjupning del 3, sidan 32.

### *Uppfylls ljudkraven i flervånings bostadshus i trä?*

Det finns många aspekter av ljud att beakta; luftljud, stegljud, flanktransmission, ljud från installationer, ljud från yttermiljö och efterklangstid. I den svenska normen anges tre alternativa kravnivåer, där beställaren har möjlighet att själv besluta vilket krav som skall gälla för aktuellt byggprojekt.

Valet av stommaterial påverkar och leder till olika konstruktionslösningar. Speciellt för lätta konstruktioner som bjälklag och väggar av trä är det extra viktigt att korrekta byggtekniska lösningar används. Mycket forsknings- och utvecklingsarbete har lagts ner för att uppnå dagens krav. Många av de byggdelar som används klarar normens högsta krav (klass A) och sammansatta byggdelar normens näst högsta krav (klass B). För att uppnå dessa krav används vanligtvis dubbelkonstruktioner i bjälklag och transmissionslister i anslutning mellan bjälklag och vägg. En konsekvens av de lösningar som utarbetats är att bjälklagshöjden blir högre än för motsvarande lösning i ett tyngre stommaterial än trä. Se vidare fördjupning del 3, sidan 34.

### *Går det att bygga flervånings bostadshus på ett fuktsäkert sätt?*

Att bygga torrt är en viktig faktor för allt byggande. För träbyggande finns det väl utarbetade metoder för att byggdelarna och byggmaterialet under byggtiden

inte skall bli utsatt för fukt. Om hela eller delar av huset kommer att platsbyggas, bör väderskydd användas i form av t ex tält. Används volymelement för uppförande av huset kan fuktsäkerhet uppnås genom väl utarbetade rutiner för transporter, montage och tillfälliga väderskydd.

Fuktvandring genom en konstruktion kan ge upphov till skador under byggnadens livslängd. Ofta leder fuktkonvektion, då luft pressas genom otätheter i konstruktionen, till de mer allvarliga skadorna. Därför är luft- och ångtätande skikt och anslutningar väsentliga delar av träkonstruktionen och kompletteras med ventilationslösningar för att uppnå undertryck i lokaler med särskilt hög fuktighet. Med de ökade kraven på ytterväggens isoleringsförmåga och täthet för att uppnå exempelvis passivhusstandard, har en mängd studier genomförts för att fastställa fukttillståndet i de yttre väggdelarna. Idag rekommenderas att använda en mineralullsisolering utanför de yttersta stomdelarna av trä för att helt säkerställa att klimatskalets yttre del uppfyller normkraven avseende fukt.

Se vidare fördjupning del 3, sidan 39.

### *Tätheten – klarar man den i trähus?*

För energiprestandan i en byggnad är tätheten av stor betydelse. I takt med högre krav på energiprestanda har tekniska lösningar för nära-nollenergi- eller passivhusstandard tagits fram och konkreta byggobjekt genomförts. God täthet gäller för byggnader oberoende av material. För flervånings trähus är dock denna punkt speciellt viktig, eftersom största delen byggs som volymelement eller med stora planelement. I båda fallen gäller det att elementfogar utformas på ett bra sätt för att säkerställa funktionen. Genomförda byggobjekt som till



Exempel på flervåningshus i trä med putsad fasad.

Bild: Marco Glijinis

exempel Portvakten i Växjö, se exempel, och pågående provningar, visar att det är fullt möjligt att uppnå passivhusstandard för flervånings bostadshus i trä.

Se vidare fördjupning del 3, sidan 36.

### *Måste trähus ha träfasad?*

Trähus behöver inte ha träfasad. Beställare och arkitekt kan välja den fasadutformning och det fasadmaterial de själva önskar, beroende på projektets förutsättningar. Exempelvis har det byggts flervånings trähus upp till åtta våningar med putsad fasad som uppnått goda resultat.

Se vidare fördjupning del 3, sidan 26.

## 3. Fördjupning

I den här delen tas tidigare frågeställningar upp i större omfattning. Arkitektur och tekniska egenskaper presenteras tillsammans med ett antal exempel.

### Vad innebär industriellt byggande av flervånings bostadshus i trä?\*

Att utgå från trä som bygg- och konstruktionsmaterial har olika fördelar vid fabriksbearbetning, vägtransporter, samt vid lossning och montage på arbetsplats. Därför utgår många industriella byggföretag från någon sorts stomsystem i trä. Träbyggande för flervåningshus innebär (2012) också nästan per definition ett industriellt byggande i någon form.

Industriellt byggande är idag ett etablerat begrepp inom den svenska bygg- och fastighetssektorn. Marknadsandelarna har också ökat markant under 2000-talet och idag finns många väletablerade aktörer och beprövade systemlösningar. Från akademikerhåll har generella definitioner presenterats för att karaktärisera och beskriva det samtida industriella byggandet. Redan genom att dela upp det industriella byggandet utifrån hur mycket som förtillverkas i fabrik (prefabriceringsgrad) och typ av byggsystem blir det dock tydligt att "industriellt byggande" inte har en entydig innebörd. I takt med att marknaden vuxit har också utbudet ökat och blivit mer tydligt differentierat. Det är viktigt att som beställare känna till att olika system och systemleverantörer kan svara upp mot olika beställarbehov på olika sätt.

#### *Industriellt byggande – gammal företeelse i ständig förändring*

Allt sedan industrialiseringens början har aktörer inom

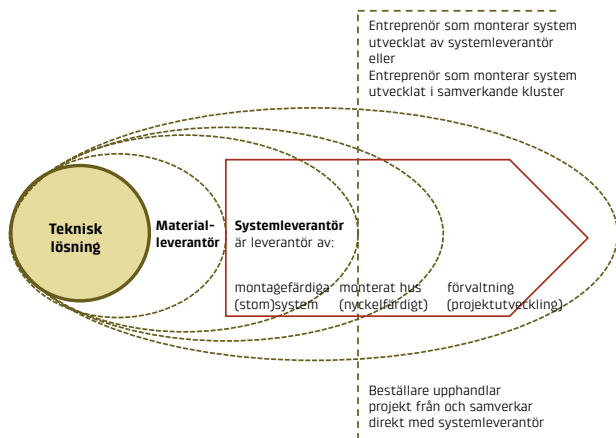
byggbranschen hämtat inspiration och prövat olika möjligheter att anpassa till byggandets förutsättningar vad som i tillverkningsindustrin varit framgångsrika metoder och principer.

Många förknippar ännu idag "industriellt byggande" närmast med miljonprogramsbyggandet och bostäder som uppfördes för mer än 50 år sedan, då byggsektorn hämtade inspiration från massproducerande tillverkningsindustri. Men precis som tillverkningsindustrin förändrats och utvecklats har också det industriella byggandet genomgått radikala förändringar.

Idag är rationella processer och ständiga förbättringar det industriella byggandets ledstjärnor. En annan trend inom det moderna industriella byggandet är också de många industriella byggföretagens strävan att standardisera och kontinuerligt förbättra produktionsmedlen och processerna på sätt som samtidigt medger kundanpassning av slutprodukten. Att industriellt byggande, med sina tankar kring standardisering, automatiskt medför att allt byggande likriktas – med arkitektonisk utarmning och minskad mångfald som följd, är mer myt än sanning. Exempelvis kan standardisering ske av förband och element, medan planlösning, öppningar och val av ytskikt anpassas efter kundkrav i varje enskilt projekt.

Hur stor flexibilitet som medges gentemot byggprogram och specifika kundkrav varierar mellan olika industriella byggsystem. På dagens byggmarknad utkristalliserar sig nu allt mer ett spektrum av industriellt byggande. Den gemensamma nämnaren är någon form av systembyggande där prefabricering tillsammans med standardisering och repetition i geometrier och/eller processer är typiska utgångspunkter. Men byggentreprenörerna skiftar därefter i sitt val av produktansvar, se Figur 1.

\*Utdrag från "Beställarguide: Industriellt byggande i trä", rapport till Formas-BIC, se även LTU-kompendium "Industriellt byggande i Sverige".

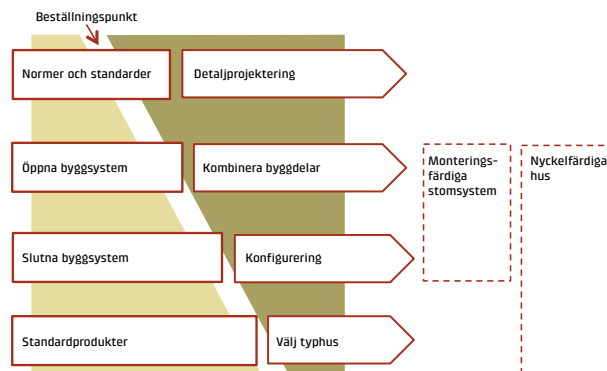


**Figur 1** En illustration av det industriella byggspektret i Sverige utifrån byggföretagets produktansvar (utvecklad efter Helena Johnsson, Träbyggnad LTU).

Synen på och tillämpningen av "standardisering" varierar därmed också stort mellan olika industriella aktörer.

På den svenska byggmarknaden finns idag också företag som själva inte utvecklar och prefabricerar stomsystem i fabrik, men som i samverkan med systemleverantörer utvecklar metoder för att planera, projektera och bygga rationellt på byggsplats med montagefärdiga system.

Systemleverantörens produktionsstrategi har stor betydelse för hur flexibelt byggsystemet är gentemot



**Figur 2** Det industriella byggspektret utifrån produktionsstrategi och grad av förprojektering (utvecklad efter Helena Johnsson, Träbyggnad LTU).

byggprogram och de ändringar beställaren önskar göra under byggproduktionsfasen. I figur 2 illustreras fyra olika produktionsstrategier för industriella byggföretag.

### *Olika typer av industriella byggsystem*

Det finns många olika sätt att kategorisera industriella byggsystem på. Mest grundläggande är uppdelningen i öppna och slutna (eller stängda) byggsystem. Från beställarsynpunkt innebär ett öppet system att det kan kombineras och sättas samman med komponenter och öppna byggsystem från andra leverantörer. Utgångspunkten i öppna byggsystem är därför tvådelad. För

det första måste det finnas en allmängiltig byggmåttsstandard som efterföljs av samverkande aktörer. För det andra måste byggsystemet finnas tillgängligt tillsammans med metodbeskrivningar för dimensionering och anvisningar för montage. I många fall kan beställaren inte vända sig direkt till en leverantör av ett öppet byggsystem för att upphandla en färdig byggnad. Leverantören av ett öppet byggsystem är byggdelsleverantör och produktionen av själva byggnaden sker istället i samverkan mellan flera aktörer, däribland en entreprenör som ansvarar för uppförandet på byggplatsen. Kombination stålpelare och betonghåldäck kan betraktas som ett öppet system där flera aktörer finns på marknaden. Något motsvarande, helt öppet, byggsystem med trä som stommaterial finns inte tillgängligt på den svenska marknaden i dagsläget, även om det tekniskt är möjligt att kombinera till exempel träbjälklag med betongväggar. Masonites MFB-system liksom samarbetet mellan White (arkitekter), Martinsons Byggsystem (leverantör av planelement massivträ) och Lindbäcks Bygg (leverantör av volymelement med regelstomme) i Älvsbacka strand i Skellefteå visar också på möjligheter som prövats i enstaka projekt.

Slutna byggsystem innebär ur beställarsynpunkt att kombinationer med andra system eller komponenter vanligtvis inte är aktuella. Ett företag med slutet byggsystem levererar istället alla ingående delar och är därmed att betrakta som byggnadsleverantör. I det längst drivna fallet, förvaltning undantaget, levererar aktörer med slutna byggsystem en komplett lösning och åtagandet sträcker sig hela vägen fram till ett "tätt hus". Därmed kan totalentreprenad, där såväl produktion som projektering ingår i åtagandet, vara en entreprenadform som lämpar sig för slutna byggsystem. De metoder som

tillämpas är internt utvecklade, standardiserade och antalet varianter vanligtvis begränsade för att leverantören ska kunna uppnå serieeffekter. Detta innebär också att förprojekteringsgraden är hög och att ett tidigt samarbete med arkitekten är en förutsättning för att byggsystemet ska kunna tillämpas effektivt. Till slutna volymmodulsystem tillhandahåller underleverantörer olika katalogobjekt såsom dörrar, fönster och köks- och badrumsinredningar, där beställarens valfrihet vanligtvis definieras genom de leverantörssamarbeten som systemleverantören tecknat.

Med prefabricering som utgångspunkt finns det tre huvudgrupper av byggsystem:

- 1 Pelar-balk-stomme med bjälklag.
- 2 Lastbärande väggar med bjälklag/ planelement.
- 3 Moduler/volymelement.

Pelar-balk-stomme med bjälklag innebär den lägsta graden av prefabricering och volymelement den högsta. Under (1) och (2) kan öppna system återfinnas, även om långt ifrån alla byggsystem av dessa slag som finns på marknaden idag är att betrakta som (helt) öppna system. Moduler/volymelement tillverkas i slutna system, men kombinationer av moduler och andra byggsystem förekommer.

## Möjligheter och begränsningar med olika typer av industriella byggsystem

*Pelar-balk-system* öppnar upp för möjligheten att komponenter från många olika tillverkare kan kombineras i en och samma byggnad. Under rådande sakförhåll-

landen är denna möjlighet ofta begränsad till följd av att systemtillverkare exempelvis utvecklar egna förbandslösningar. Pelar-balk-system kan också tillverkas som (helt) slutna byggsystem. Den tekniska lösningen medger emellertid i sig stor flexibilitet gentemot byggprogrammet genom att bjälklag med stor spännvidd möjliggör öppna planlösningar, samtidigt som bärande delar upptar begränsat utrymme.

Inom ramen för den öppna planlösningen kan enkla plattor och mellanväggar skapa flexibla, anpassningsbara lokaler vilket kan vara attraktivt för exempelvis förvaltare av kontors- och industribyggnader som vill kunna erbjuda verksamhetsanpassade lokaler. För bostadsbyggande kan denna typ av byggsystem ha svårare att positionera sig som ett kostnadseffektivt alternativ, då klimatskärmens utfackningsväggar många gånger har potential att bära de i bostadshuset uppkomna lasterna.

Ett system uppbyggt av enskilda komponenter kan erbjuda beställaren möjlighet till större flexibilitet i valet av övriga samverkanspartners. Med detta följer, precis som vid platsbyggande utan byggsystem, ett behov av projektunik samordning av delsystem, vilka projekteras av enskilda upphandlade entreprenörer. Vid denna samordning är kommunikation som rör byggsystemets gränssnitt mot andra delsystem särskilt känslig för tolkningsmöjligheter i fråga om mått, toleranser, håltagningar etc, eftersom flexibiliteten vad gäller anpassning och förändring av själva byggsystemet är begränsad.

**Lastbärande väggar** är en teknik som utvecklades redan under Miljonprogrammets dagar och är det idag dominerande sättet för byggande av flerbostadshus. Elementens storlek begränsas av transportmöjligheterna. Även med denna teknik kan flexibla planlösningar erhållas,



**Figur 3** Exempel på pelar-balk-system i limträ.

Bild: Anders Gustafsson

men med lätta bjälklag av trä är spännvidden begränsad till 8-10 meter. Med ökande spännvidd ökar också bjälklagets tjocklek vilket kan ha både kostnadsmissiga och bygglovstekniska konsekvenser, där bjälklagets tjocklek i extremfallet kan kosta byggherren ett våningsplan.

Oberoende av om de lastbärande väggarna utförs i lättbyggnads- eller massivträteknik är kommunikation som rör byggsystemets gränssnitt mot andra delsystem lika kritiskt här som i fallet med pelar-balk-system, även om samordningen underlättas av att byggsektorns aktörer anpassat sina produkter (hissar, trappor, ...) till detta dominerande byggsätt.

Vid montage av ett byggsystem utgör överensstämmelse i gränssnitten en viktig förutsättning för att planerade tidplaner och produktionskostnader ska kunna realiseras. Från systemleverantörshåll har i dessa sammanhang framhållits vikten av att tydliggöra betydelsen av att angivna toleranser efterföljs för andra i byggprojektet inblandade parter. För beställaren är detta särskilt viktigt att tänka på om denne väljer att ha samordningsansvar, exempelvis mellan mark/grundläggningsentreprenör och husleverantör. Här gäller också för beställaren att uppmärksamma att förändringar som kan göras med hög grad av flexibilitet i projekteringsfasen inte kan mötas med samma flexibilitet i produktionsfasen. För detta krävs att nya konstruktions- och produktionsritningar tas fram, med risk för att kostnadsfördelar med en rationell byggprocess kan gå förlorade. Fördelar med lastbärande väggar i trä behandlas ytterligare i kapitlet "Arkitektur och teknik".

*Moduler eller volymelement* tillverkas mycket sällan av betong då en förutsättning för prefabricering av rum, eller delar av rum, är att transport sedan kan ske till

byggplats. Volymelement med trästomme däremot är lätta nog för lastbilstransport. Transportbegränsningarna rör istället modulernas bredd som inte får överstiga 4,15 meter vid transport på allmän väg utan särskild poliseskort. Volymelement tillverkas också som slutna system med hög integrationsgrad där systemtillverkaren eftersträvar kontroll över byggprocessen för att möjliggöra automation, repetition och uppnå skalfördelar. Därmed är flexibiliteten ur beställarsynpunkt vanligen låg vad gäller sådant som:

- Val av samverkanspartners
- Val av material- och komponentleverantörer
- Tillgängliga tekniska lösningar
- Ändringar och tillval efter beslut om produktionsstart

Samtidigt möjliggör standardisering och repetition att byggnader uppförs med utprovade lösningar som kan utvecklas systematiskt, att ökad kostnadseffektivitet kan uppnås, att säkra kostnadsuppgifter kan erhållas i tidigt skede och att byggtiden kan förkortas. Det senare gäller särskilt den tid som produktion sker på byggplats. I fall med långt gången industrialisering genom förprojektering och förtillverkning kan montage på byggplats reduceras till att omfatta ett fåtal dagar, se figur 4.

Projekt som inte på förhand har tagit hänsyn till att byggnaden ska uppföras med utgångspunkt från ett volymelementsystem kan behöva ritas om, vilket riskerar att leda till ökade byggherrekostnader. Detta är en orsak till varför slutna byggsystem inte alltid lämpar sig för alla entreprenadformer. För volymelementsystembyggare är totalentreprenad en vanlig utgångspunkt, där även projektering ingår i åtagandet.





## Arkitektur och teknik

Gestaltning av flerbostadshus påverkas i större utsträckning av bostadsfunktionen än valet av stommaterial. Varje lägenhet ska t ex förses med balkong och vara tillgänglig för rullstolsburna. Många flerbostadshus, framförallt allmännyttans, byggs med en snäv budget för att hålla hyresnivåerna rimliga. Det innebär att projekteringen måste ske på ett kostnadseffektivt sätt och att utformning, val av material mm görs på sådant sätt att arkitektur och detaljutformning inte kommer i kläm. Arkitekturen kräver en gestaltungsidé som balanserar harmoni mellan ytskiktens olika material, fönstersättning och dess proportioner.

Proportionerna på fasaderna till flerbostadshus med trästommar kan ställa till problem då bjälklagen i dessa byggnader är högre än vad vi vant oss vid i betong- eller stålbyggnader. Därmed ställer trähusen krav på noggranna fasadstudier och att fönsterstorlekar väljs med tanke på våningshöjderna. Stora fönsterpartier, som blivit populära och tekniskt möjliga i och med utvecklingen av nya glastyper, lämpar sig särskilt väl för denna hustyp. Dagens, och än mer kommande, energinormer kräver dock att dessa partier studeras och kontrolleras noga, framförallt så att ökade kyl- eller uppvärmningsbehov inte uppstår.



**Figur 5** Muhlweg i Wien av Dietrich & Untertrifaller, passivhus med mindre fönster generellt men stora partier mot balkongerna. Därmed hindras värme-läckage via strålning nattetid.

Bild: Tina Wik



**Figur 6** Infill i Bergshamra, Stockholm. Wälludden, Växjö. Limnologen, Växjö.

Bild: Tina Wik

Att stomvalet framhålls vid gestaltning av en byggnad förekommer men vanligare är att stomlösningen väljs utifrån planlösningens utformning, där det alternativ väljs som bäst klarar de byggtekniska kraven. Frågan om huruvida stommaterialet ska påverka gestaltningen eller inte, är intressant i samband med flerbostadshus med trästommar, då denna byggnadstyp är ny på marknaden. Vi ser exempel på båda varianterna. Infillhus i Bergshamra, Stockholm, ger ingen antydning om att de har trästommar, medan bostadshusen i Växjöprojekten, Wälludden och Limnologen, vill framhålla sina trästommar. Båda förhållningssätten bör få förekomma för att inte begränsa möjligheterna att bygga med trästommar.

I mitten av 1990-talet byggdes ett antal flervånings

bostadshus i trä. De flesta av objekten uppfördes i form av platsbyggda konstruktioner och byggprojekten genomfördes av rikstäckande entreprenadföretag med vana från att bygga med andra material. Objekten såsom Kvarngården och Wälludden i Växjö samt Orgelbänken i Linköping var vanligtvis pilotstudier och verifiering av ny teknik. De större entreprenadföretagen kunde emellertid inte finna incitament för en vidare utveckling av platsbyggda flervånings bostadshus i trä. Utvecklingsarbetet togs över av företag med huvudinriktning mot industriell produktion och högre prefabriceringsgrad. Såsom behandlats i föregående avsnitt utvecklades ett antal system av huvudgrupperna, pelarbalk, panel-element och volymelement.

Trästommarna i flervåningshus kan bestå av reglar, massivträskivor eller pelarbalksystem av limträ. Både val av typ av trästomme samt val av byggprocess påverkar utformningen. Byggnaderna kan platsbyggas eller förtillverkas i fabrik som planelement eller volymelement. Varje val medför möjligheter och begränsningar. Väljer man planelement kan dessa utföras som slutna eller öppna system. Fördelen med ett öppet system är att installationer kan installeras på bygget medan slutna system kräver att all projektering och alla installationer utförs i förväg i fabrik. Däremot förlängs byggtiden på plats då man bygger med öppna system.

En vanlig oro som uttrycks i samband med planer på att använda sig av industriellt producerade flervåningshus i trä är att de "ska se likadana ut". Naturligtvis innebär långt dragen industrialisering en begränsad flexibilitet mot olika arkitektoniska lösningar, men husen behöver inte vara identiska. Det visar exempelvis Leksandsbostädernas och Orsabostädernas hus, som båda uppförts utifrån SABO/HBV upphandling av typhus. Valfrihet kan också råda vad gäller exempelvis ytskikt/tillval.

### *Kombinationslösningar, plan- och volymelement*

Ur ekonomiska perspektiv kan det förväntas vara kostnadseffektivast att tillverka arbets- och kostnadskrävande delar i fabriksmiljö, även i fall då planlösningen inte passar sig för volymelement. Kombinationer av bärande system med ickebärande rumsmodullösningar förekommer, om än i begränsad omfattning vad gäller bostadsbyggnade. Rum som är lämpliga att tillverka i färdiga volymer är badrum, kök och installationsutrymmen. Metodiken kräver en anpassning av det bärande bjälklaget och kan medföra att totala bjälklagstjockleken ökar.



**Figur 7** Köks- och badrumsvolymer monterade på ett våningsplan i hus med bärande planelement.

### *Påbyggnader*

Underhållsbehovet ökar, inte minst gäller detta för byggnader från miljonprogrammets era. Möjligheten att öka antalet lägenheter i samband med renoveringar är något som uppmärksammas allt mer. Påbyggnad innebär en förtätning där inte ytterligare mark behöver tas i anspråk. I många fall kan en påbyggnad göras utan att behöva förstärka byggnaden och grunden – eller med bara enkla förstärkningar – förutsatt att påbyggnaden görs med ett lätt byggsystem. Här lämpar sig de flesta träbyggsystemen mycket väl. Många av de bostadsområden som kan vara aktuella för påbyggnader har geometriskt identiska byggnader, vilket underlättar våningspåbyggnader.



**Figur 8** Påbyggnad av 6-våningshus.

Bild: Anders Gustafsson

Ett antal faktorer bör beaktas vid en eventuell påbyggnad, bl a:

- Påbyggnader ger en stor möjlighet att förändra och påverka områdets miljö samt byggnadens arkitektur
- Inventering av befintlig byggnad krävs för att säkerställa bärförmåga, tillgång och kvalitet på teknisk försörjning
- Användning av prefabricerade volymer/element ger kort byggtid vilket minskar störande buller

### *Att bygga med Pelar-balk-system* Arkitektoniska och tekniska aspekter vid byggande med pelar-balk-system

Pelar-balk-system förknippas oftast med kontorsbyggnader och pu-

blika lokaler. Systemens fördelar är att stora öppningar i fasaderna kan utföras på ett enkelt sätt och att möjlighet ges till stora öppna ytor. Pelar-balk-system har hittills använts i relativt få bostadsprojekt. Pelar-balkstommar ger en stor frihet i utformningen av planlösningen samtidigt med beaktande av stomstabiliseringen av huset. Stabiliseringen kan göras genom inspänning i grunden och "styva" knutpunkter eller med tvärstag. För objekt med stora glasytor och där öppna fasadlösningar önskas är pelar-balksystem mycket fördelaktiga, se Figur 9.

Pelar-balkstommar är vanligtvis gynnsamma ur ljudsynpunkt. Med bärande pelare i stället för bärande väggar minskas flanktransmissionen

av ljud mellan våningarna.

Systemet har använts till högre flervånings bostadshus i trä, se Figur 10. Montaget av stommen går vanligtvis snabbt och yttertak kan monteras i ett tidigt skede vilket ger väderskydd för övrigt arbete. Stabiliseringen av byggnaderna görs vanligtvis med stora stående långsmala skivor eller med trapphus av trä eller betong. Bjälklagselement är uppbyggda av Kerto-skivor och limträ.

### *Att bygga med planelement* Arkitektoniska aspekter vid byggande med planelement

Med planelement kan man bygga i stort sett vilka lägenhetstyper som helst oavsett om man väljer planele-



**Figur 9** Pelar-balkstomme med stabiliserande skivväggar.

Bild: Driendl achitects

ment med regelsystem eller massivträ. Bärande invändiga väggbjocklekar blir nättare med massivträstommar. Däremot kan inte mer utrymmeskrävande installationer dras i dessa utan måste dras i separata schakt. Man kan kombinera massivstommar med regelväggar i icke-bärande delar och förse dessa med installationer. Planerar man större lägenheter med rum bredare än 3,8 meter bör man beakta eventuella begränsningar i transportbredd och eventuellt välja att bygga med planelement istället för volyement.

Lätta bjälklag av trä dominerar klart över massivträelementbyggnad för flerbostadshus i fler än tre våningar. Massivträelement har jämfört med lätta bjälklag av trä många relativa fördelar såsom högre bärförmåga och förmåga att klara stora spännvidder, samtidigt som den relativt låga egenvikten ger grundläggnings-, transport- och monteringsfördelar jämfört med prefabricerade betongelement. Planelement av massivträ kan utgöras av massivträskivor, vilket liknar lättbyggnadsteknikens öppna element, eller av mer



**Figur 10** Exempel på pelarbalksystem för bostadshus i trä.

Bild: Moelven Töreboda

färdigställda vägg- och bjälklagselement som mer liknar lättbyggnadsteknik med slutna element.

### **Tekniska aspekter vid byggande med planelement med regelstomme**

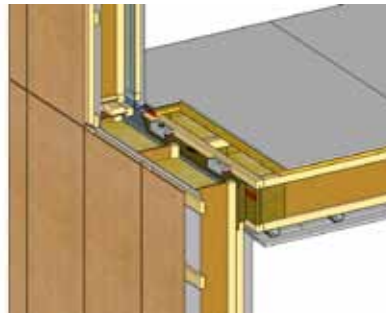
Planelement med bärande regelstomme är ett väl beprövat byggsätt som har använts inom småhusindustrin under ett stort antal år. För flervånings bostadshus i trä tillkommer ytterligare faktorer som måste beaktas i relation till småhus; krav på ljudisolering, brandtekniska krav, större laster, mer omfattande installationer m m.

Planelementen kan göras med olika hög prefabriceringsgrad och mängden kompletterande arbete bestäms av byggobjektets förutsättningar eller vald produktionsmetod. Vanligtvis bör elementen färdigställas i fabrik så långt det är möjligt. Ytterväggselementen har en tjocklek av 300-400 mm och bärande lägenhetsskiljande väggar har en total tjocklek av 300-350 mm i två separerande vägghalvor. Ytterväggens tjocklek styrs ofta av kravet på värmeisolering och för lägenhetsskiljande väggar styrs



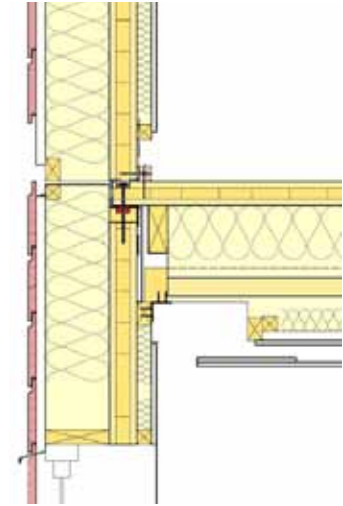
**Figur 11** Exempel på planlösning för ett hus byggt med panelement, Älvsbacka Strand.

Bild: White Arkitekter



**Figur 12** Exempel på inhängt bjälklag.

Bild: Masonit Beams



**Figur 13** Exempel på upplagt bjälklag.

Bild: Martinsons Byggsystem

tjockleken av ljudisoleringskraven. Lägenhetsskiljande bjälklag har en tjocklek av 450-550 mm och dimensionerande tjocklek bestäms av kravet på ljudisolering.

En viktig del i byggande med panelement är sammanfogningen mellan vägg och bjälklag. Det finns två principiella metoder vid utformningen av knutpunkter, inhängda bjälklag och upplagda bjälklag, se Figur 12 och Figur 13. För höga byggnader kommer de nedersta knutpunkterna mellan vägg och bjälklag att utsättas för stora laster. Genom att använda sig av inhängda bjälklag minimeras mängden trä som belastas vinkelrätt fiberriktningen och därmed minimeras eventuella deformationer i knutpunkten. Genom rätt dimensionering av ingående virkesdelar är det dock även möjligt att använda upplagda bjälklag för höga byggnader.

På marknaden finns det idag ett fåtal tillverkare av panelement med regler eller balkar (I-balkar) för flervåningshus. Det sker även en fortlöpande utveckling av

vägg- och bjälklagselement för att skapa hela koncept. Tillverkare av panelement kan i allmänhet bidra med färdiga lösningar för sina produkter. Elementen levereras till byggplatsen med transport- och väderskydd. Montage och eventuell lagerhållning på byggarbetsplatsen ska göras så att elementen inte utsätts för väta, se väderskydd, se sid 39.

### **Tekniska aspekter vid byggande med panelement av korslimmade brädor (KL-skivor)**

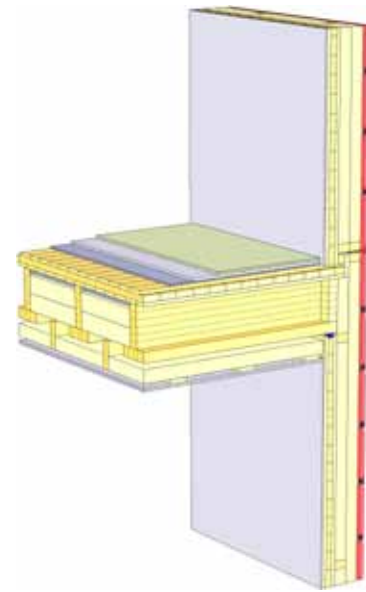
Byggsystem med KL-trä (även kallat massivträ) utgörs främst av väggar och bjälklag av korslimmade brädor och lämpar sig bäst där våningshöga skivor utnyttjas som bärande och stabiliserande bärverk.

Karaktäristiskt för byggsystem av massivträ är att de har hög bärförmåga, klarar stora spännvidder, klarar att ta upp stora horisontella krafter, har stabil yta för infästningar och kan användas som synlig träyta. Flervånings



**Figur 14** Montage av väggelement med bärande KL-skivor.

Bild: Lövångerstugor AB



**Figur 15** Principfigur av bjälklagselement med KL-skivor och anslutning mot vägg.

Bild: Martinsons Group

bostadshus och mindre lokaler med bjälklagsspännvidder upp till 7 meter är lämpliga byggobjekt där planelement för både väggar och bjälklag kommer väl till pass.

Planelementen tillverkas i fabrik med så hög färdigställandegrad som möjligt. Den bärande delen utgörs av korslimmade brädor och skivorna dimensioneras och CNC-bearbetas till färdiga skivor med rätta yttermått och håltagningar. Skivorna kan kompletteras med värmeisolerings, fönster, ledningsdragnings mm. Skivornas konstruktion med korslimmade brädsikt ger en hög bärförmåga i relation till den slutliga vägg- och bjälklagstjockleken. För bjälklag kan skivan kompletteras med uppstyvande limträ och därmed kan stora spännvidder uppnås. Den stora mängden trä i konstruktionen ger stommen en fukt- och värmetrög egenskap.

De vanligast förekommande KL-skivorna är uppbyggda av korslimmade brädor, 3-11 skikt och med skivtjocklekar 70-300 mm. Vanligt förekommande

element framgår av Figur 14 och Figur 15.

På svenska marknaden finns det idag (2012) tre leverantörer av KL-skivor och ett par leverantörer av hela system. Leverantörer av skivor kan i de flesta fall bidra med färdiga knutpunktslösningar för sina produkter.

### *Att bygga med volymelement*

#### **Arkitektoniska aspekter vid byggande med volymelement**

Volymelementsbyggande lämpar sig väl för projekt där man eftersträvar kort byggtid. Montering av ett flervåningshus med volymelement kan ske på några få dagar även om det slutliga färdigställandet beror på prefabriceringsgraden. Stora öppna planlösningar kan åstadkommas men kräver avvaxlingar och i många fall speciallösningar som kan minska volymelementens konkurrenskraft. Den maximala rumsbredden är ca 3,8 meter och öppningar upp till 3,2 - 3,6 meter kan göras med

hjälp av avvaxlingar. För vanliga normalstora lägenheter räcker detta oftast.

Vid byggande med volymelement blir väggarna i volymskarvarna relativt tjocka, ca 300 mm. Därmed blir det en yta som räknas in i hyran utan att den kan nyttjas till fullo. Dessutom kan tjocka väggar upplevas som något negativt om rummen är små. Detta gäller framförallt volymelement med re-

gelstommar. Massivträstommar kan ge nättare mått i volymskarvar inom samma brandcell.

### **Tekniska aspekter vid byggande med volymelement med bärande regelstommar**

Volymelementen tillverkas med så hög färdigställandegrad som det är möjligt. Bärning och stabilisering sker i princip på ett likartat sätt som för konstruktioner med

planelement. Volymelement innebär till skillnad från planelement att lägenhetsskiljande bjälklag består av en övre bärande bjälklagsdel tillhörande den övre volymen och ett undertak tillhörande den undre volymen.

Volymbyggande medför vanligtvis tjockare innerväggar och därmed högre egenvikt per kvadratmeter i jämförelse med planelementbyggnad. Användandet av volymelement kan oftast inrymma större antal stabiliserande väggar vilket ger mindre koncentrerade laster och därmed förenklas den totala stabiliseringen av byggnaden. Volymelementen tillverkas med små toleranser och god passform vilket innebär att monteringen kan göras på kort tid. Det medför att fasta väderskydd kan undvikas med god planering och temporära intäckningar.

Montagearbetet görs normalt så att ett förtillverkat tak kan läggas på efter varje montagedag, eller alternativt att montagearbetet pågår tills översta våningen inklusive det permanenta taket är på plats. För normalstora lägenheter kan 15-25 lägenheter monteras på en till två veckor. Ytterligare ett par månader behövs sedan för färdigställande och komplettering av inredning, sam-



**Figur 16** Exempel på planlösning för hus byggt med volymelement, Kvarteret Ekorren i Skellefteå.

Bild: AIX arkitekter AB





**Figur 17** Leverans av volymelement.

Bild: Per-Erik Eriksson



**Figur 18** Montage av volymelement.

Bild: Ulf Haglind



**Figur 19** Tillverkning av volymelement med bärande KL-skivor.

Bild: Ulf Haglind



**Figur 20** Femvåningshus uppbyggt med volymelement med bärande KL-skivor.

Bild: Anders Gustafsson

mankoppling av installationer samt utvändigt färdigstäl-  
lande.

För att bygga kostnadseffektivt med volymelement kan det krävas mindre ändringar av planlösningarna. För att minimera transportkostnader och uppfylla regler som gäller på våra vägar bör inte volymelementens bredd överstiga 4,15 m och längden understiga 12 m.

### **Tekniska aspekter vid byggande med volymelement med korslimmade skivor**

Den huvudsakliga skillnaden jämfört med volymer med träregelstomme är mängden trä samt möjligheten att ta upp punktlaster eller använda sig av enbart mindre punktupplag. Korslimmade skivor möjliggör också användning av olika infästningsmetoder mellan elemen-  
ten, vilket kan vara till fördel för högre byggnader.

### *Bjälklags- och vägg tjocklekar*

Bjälklagens bygghöjd bestäms av den ljudisolering som eftersträvas och har en bygghöjd av ca 450-550 mm. Vägg tjocklekar påverkas mindre då bärande delar kan integreras i värmeisoleringen. Tabellen nedan ger exempel på bjälklags och vägg tjocklekar.

**Tabell 2** Sammanställning av bygghöjder/tjocklekar för olika byggdelar för hus 5-8 våningar

Byggdela	Bygghöjd/tjocklek (mm)
Yttervägg, träpanel eller puts	300-350
Yttervägg, skalmur av tegel	400
Bjälklag	450-550 spv. ca 6,5 m)
Lägenhetsskiljande vägg	300-370

## Fasader

### *Trä i fasad*

Träfasader diskuteras ofta i samband med flervåningshus med trästommar. Fördelen med träfasader är att de har låga produktionskostnader i relation till många andra fasadmateriäl. Nackdelen är den relativt korta tiden mellan underhållsintervallen om fasaden målas. Därför har bland annat värmebehandlat trä tagits fram som inte behöver behandlas och som står emot röta och rörelser.

En annan ny behandling är tryckimpregnering med oorganiska salter för att åstadkomma brandimpregnerat virke för fasader där det finns krav på brandskyddad yta.

Panelbrädor sågas i regel av gran i Sverige. Gran har

fördelen att ha stor kärnvedsandel. Kärnved är beständigare än splintved och suger upp mindre vatten än splinten. Även andra träslag som furu, lärk, ceder etc förekommer som panelvirke. Virkets kvalitet bestäms av flera parametrar, bland annat kvistar, sprickor, snedfibrighet, missfärgningar och svampangrepp. Vid sågverken sorteras virket till olika kvaliteter, s k sorter. Enligt AMA Hus gäller för synlig vägg- och takpanel samt list utomhus att virket ska vara av lägst sort G4-2 eller G2-2\*. Lös kvist, sprickor eller barkringkvist får inte förekomma. På marknaden finns panel som sorterats och torkats med särskild hänsyn till de krav som ställs på en fasadpanel och som är tillverkningskontrollerad och märkt för spårbarhet enligt särskilda kvalitetssäkrings-system. Kvalitetssystem kan till exempel vara P-märkt panel.

Fasadpaneler av gran behandlas vanligen med slamfärg, linoljefärg eller med oljegrund samt moderna färgtyper enligt färgleverantörers anvisningar. Fasadpanelen kan med fördel lämnas obehandlad eller behandlas med järnvitriol för att snabbare få en jämn grånad. Det finns lång erfarenhet både av att använda slamfärger och linoljefärger.

Vid ommålning av slamfärg borstas den gamla färgen bort, linoljefärg förtunnas med tiden och slipas bort. Övriga färgtyper måste skrapas bort, vilket innebär ett större åtagande. Vid val av ytbehandling bör man även ta hänsyn till hur behandlingen patineras. Ommålning krävs snabbare om behandlingen börjar flagna och bli ful. En patinering som uppstår av att färglagret förtunnas upplevs ofta som charmigt och vackert. Ibland väljer man att inte måla om gamla hus för att bibehålla färgytans patinering.

De vanligaste träfasaderna består av panelbrädor

\* Enligt SS-EN 1611-1 och SS-EN 1611-1/A1

med olika utformning som sätts stående eller liggande. Fasadskiktet ska skydda de isolerande skikten i väggen från nederbörd, sol och vind och ge byggnaden dess yta, färg och uttryck. Vid projektering av träfasader bör därför följande beaktas:

- Utformning
- Montage
- Trämateriäl
- Ytbehandling

Dessa faktorer påverkar den totala kostnaden, hållbarheten och underhållsbehovet. Särskilt för flerbostadshus har underhållsintervallens längd stor betydelse för husens livscykelkostnader.

Framtida underhållsinsatser av målningen ska räknas in när man som projektör väljer utvändigt fasadbeklädnad och ytbehandling, så att byggherren kan göra ett aktivt val. Hjälpmiddel för bedömning av målade ytor och en hjälp vid egenkoll har bland annat tagits fram av Målaremästarna och SABO.

En träpanel kan i regel målas om eller t o m ersättas utan alltför stora kostnader. Dokumentation av använda färger kan underlätta framtida ommålningar. Fasadsystem med beprövade eller garanterade underhållsintervall bör användas. Kvalitetssäkrad och fabriksgrundad panel kan ge längre underhållsintervall än helt platsmålad träpanel.

Träpaneler är lätta att forma för att ge fasaden olika uttryck. Det finns stora möjligheter till variation av fasadytan med stående, liggande och diagonala bräder för att ge liv åt fasaden. Kombinationer av olika paneltyper samt träpanel tillsammans med andra fasadmateriäl, t ex puts eller tegel, kan utnyttjas för utformningen. Detaljlösningar vid övergångar blir då särskilt viktiga

för utseendet och hållbarheten. För att uppnå lång livslängd gäller sammanfattningsvis att:

- Använda fingerskarvade panelbrädor, undvik skarvar
- Vara noggrann med detaljutformning
- Använda om möjligt kvalitetsmärkta produkter
- Använda stora paneldimensioner för stora hus



**Figur 21** Exempel på grupphus som linoljefärgmålats och där inga skador uppstått på 10 år, medan bredvidliggande hus som målats med alkydolfärg börjat flagna på kortare tid.

Bild: Eric Adlercreuz



**Några olika fasadytor som är lämpliga för flervåningshus i trä:**

**Figur 22** Fingerskarvad panel.

Bild: Karin Sandberg



**Figur 23** Kvalitetsmärkt panel tillsammans med flerskiktsskivor.

Bild: Björn Egertz



**Figur 24** Limträpanel.

Bild: Anders Gustafsson

Träfasad kan användas utan begränsning i byggnader med 1-2 våningar. Träfasad tillåts även för hus med tre eller fler våningar som är sprinklade, eftersom sprinkling av bostäder förhindrar övertändning av rum och flammmande eld ut genom fönster. För höga osprinklade hus finns olika sätt att använda träpanel i fasaden, t ex med brandskyddad träpanel, brandklassade fönster, automatiska fönsterluckor, flamskärmar över fönster eller avbrott i träpanelen. Brandskyddad träpanel ska ha dokumenterad väderbeständighet för utomhusanvändning.

### *Putsade och murade fasader*

En yttervägg med trästomme kan förses med andra fasadmateriäl än trä. Detta kan i vissa fall vara att föredra t ex för anpassning mot intilliggande byggnader, krav enligt detaljplan eller brandspekter. Även när man använder andra fasadmateriäl än träpanel utgör den bärande trästommen ett mycket bra underlag för infästning av fasadmateriälet. Murverk och putsskikt måste

förankras till den bärande konstruktionen. Puts och murverk upp till åtta våningar har provats i konkreta objekt med gott resultat, bl a Vetenskapsstaden och Limnologen, se Figur 25 och Figur 26. För högre byggnader med trästommar ska alltid horisontella rörelsefogar beaktas.

Initial- och långtidslaster på den bärande stommen ger upphov till vertikala deformationer på stommen. Detta förekommer för alla stommaterial och gäller även för träbyggsystem. Deformationerna uppkommer i trämateriallet och i ljudtransmissionslistor som används i knutpunkterna mellan bjälklag och vägg. Ljudtransmissionslistorna används för att minimera ljudöverföringen mellan lägenheter. Listorna dimensioneras mot beräknade laster samt för att optimera ljusisoleringen. I de fall listornas bärförmåga överskrids brukar statiska lösningar användas där ändträ stödjer på ändträ och ljudisoleringen görs med inklädnader. Fältmätningar och erfarenheter från ett antal objekt visar på att



**Figur 25** Exempel på putsad fasad, 3-våningshus.

Bild: Joakim Norén



**Figur 26** Exempel på putsad fasad, 8-våningshus.

Bild: Mats Samuelsson

initialsättningen är klart dominerande. Efterföljande deformationer har visat sig vara små och har ej medfört några skador på den bärande konstruktionen eller på fasadskiktet.

På marknaden förekommer ett antal olika fasadputs-system med eller utan isolerande skiva, tjockputssystem och tunnputssystem. Fuktskador har upptäckts i hus med putsade, enstegstätade regelväggar. Skador har uppstått inne i välisolerade regelväggar som utvändigt isolerats med styrencellplast eller styv mineralull direkt mot en yttre skiva av kartongklädd gips, spånskiva eller kryssfäner. Utanpå isoleringen finns puts. Mot den varma insidan sitter vanligtvis en luft- och ångspärr i form av en 0,2 mm PE-folie. Denna konstruktion har visat sig vara känslig för fukt\*. I rapporten "Putsade regelväggar" visar resultaten från ett antal inventeringar att det förekommer fuktskador och högt fuktinnehåll i många byggnader. Andelen skadade hus är hög både i det slumpmässiga urvalet av byggnader och i hela

\* Putsade regelväggar, SP rapport 2009:16

\*\* Fuktmätningar under två år efter byte av putsfasad, SP rapport 2011:67

undersökningsmaterialet.

Att vid projektering och utförande förordas, använda och montera tätningsmaterial noggrant garanterar inte att anslutningsdetaljer fungerar, alltså blir regntäta. För att säkerställa detta rekommenderas att alla typer av anslutningslösningar provas och utvärderas innan användning. Bygghälsor som fönster och dörrar eller andra fasaddetaljer såsom ventilationsrör, markisinfästningar eller inskurna tak m m kan ha brister som förorsakar att vatten leds in i ytterväggen. I sådana fall spelar det ingen roll att fasaden och alla dess anslutningsdetaljer är regntäta, fuktskador kan ändå uppkomma. Därför rekommenderas att fasadsystem provas och utvärderas med förekommande fasaddetaljer och att fasadsystem och lösningar är utformade extra fuktsäkert, med avseende på vanligt förekommande svagheter.

Ett sätt att påvisa ytterväggens prestanda och funktion över tiden är att använda kvalitetssäkrade byggsystem\*\* för ytterväggar och fasader.

## Bärförmåga och stabilitet

Med stommens bärförmåga avses vanligtvis stommens förmåga att motstå vertikala laster. För lätta byggsystem, som massivträstommar eller träregelstommar, påverkas denna förmåga i stor utsträckning också av de horisontella laster som verkar på byggnaden. Tidigare har nämnts ett antal alternativ vid byggande av flervånings trähus som pelar-balk-lösning, bärande skivor av flerskiktsskivor (KL-skivor) och regelstommar.

De två förstnämnda alternativen kan dimensioneras och byggas för att klara laster upp till 10-14 våningar medan regelstommar vanligtvis används för hus upp till 6-8 våningar. Det har även gjorts studier som visar på att det är möjligt att bygga 25-30 våningar med trästommar. I sådana fall krävs dock ytterligare utveckling av lösningar, bl a för stabilisering. Vilket alternativ som är mest kostnadseffektivt för ett specifikt objekt beror på antalet våningar, planlösningens utformning och andra objektspecifika faktorer.

Generellt gäller att konstruktören fördelar ut lasten

så långt som möjligt för att minimera koncentration av tryckkrafter. En uppskattning av hur många våningar som är möjligt att bygga med de angivna dimensionerna presenteras i Tabell 3.

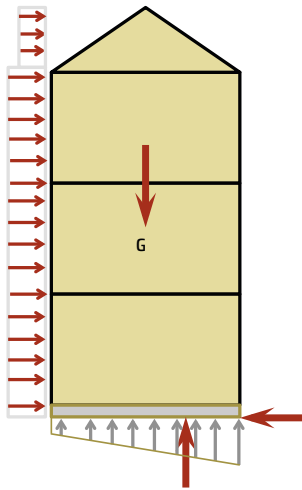
### *Stabilitet*

Med stomstabilitet avses stommens förmåga att motstå horisontella laster. För lätta byggsystem, som massivträstommar eller träregelstommar, påverkas denna förmåga i stor utsträckning också av de vertikala laster som verkar på byggnaden.

Stabiliserande system för träbyggnader är en integrerad del av det vertikalt bärande systemet och byggsystemet i sin helhet. Det är därför viktigt att så tidigt som möjligt tydliggöra hur de horisontella lasterna förs ned till grunden via bjälklag och väggar eftersom det påverkar utformningen av hela byggnaden. En dimensionering av byggnadens stabilitet behandlar såväl enskilda byggdelar såsom väggar och bjälklag, och samverkan mellan dessa byggdelar då de sammanfogas med hjälp av olika förband.

**Tabell 3** Exempel på olika systems vertikala bärförmåga

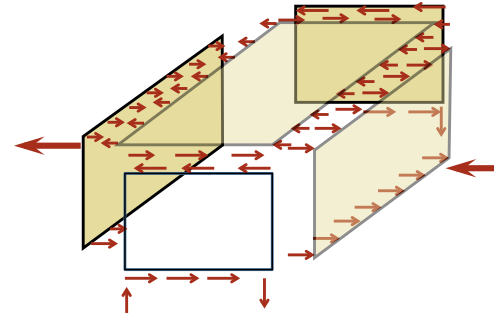
System	Dimension	Vertikal bärförmåga	Antal våningar
Reglar	45x170 mm <sup>2</sup> , c 600 mm	ca 100 kN/m	< 4-5 våningar
KL-skiva	95 mm	ca 150 kN/m	< 5-6 våningar
KL-skiva	120 mm	ca 200 kN/m	< 10-12 våningar



#### ◀ Figur 27 Stjälpning och glidning

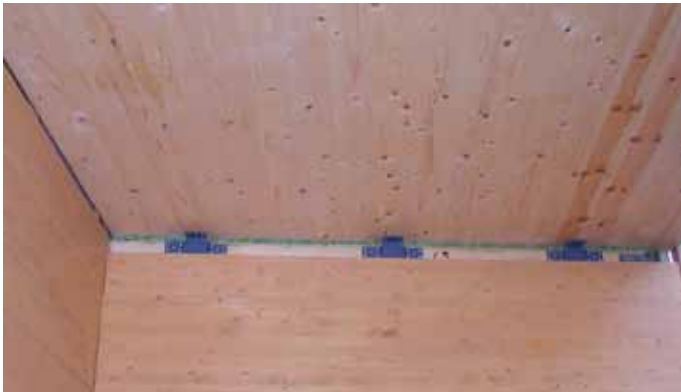
Den horisontella lasten, vindlasten och snedställningslasten på en byggnad ger upphov till såväl horisontella som vertikala grundreaktioner. Byggnader måste därför dimensioneras i sin helhet både för ett stjälpande moment och för en horisontell grundreaktion. I de flesta fall är detta inga problem för träbyggnader på upp till 8-10 våningar, tack vare att de kan lösas med dragstag eller andra förankringsbeslag ner till grunden.

Om egetyngden av byggnad och bottenplatta inte ger ett tillräckligt mothåll mot stjälpning måste byggnadens utformning ändras genom att öka egetyngden och/eller ändra dess fördelning. I de flesta fall är det enklast att ändra utformningen av bottenplattan. En sista utväg kan vara att förankra bottenplattan ner i undergrunden.



#### ▲ Figur 28 Skivverkan

För att de horisontella lasterna ska kunna överföras ned till grunden krävs att samtliga stabiliserande väggar, bjälklag och förband dimensioneras för denna last. I vissa fall krävs även stabiliserande väggskivor i byggnadens inre. Dimensionering och uppbyggnad av de stabiliserande byggdelarna beror på planlösning, byggnadens höjd, mängd och placering av stabiliserande delar.



#### ◀ Figur 29 Horisontella och vertikala förankringar

Horisontella laster förs ned till grunden via de bjälklag och väggar som ingår i det stabiliserande systemet. Knutpunkterna mellan väggar och bjälklag måste dimensioneras för dessa horisontella krafter. Mekaniska förband används vanligtvis för att säkerställa tillräcklig skjuvkapacitet mellan de stabiliserande vägg- och bjälklagsskivorna.

Vertikala laster som egetyngd, snölast och nyttig last minskar behovet av förankring på lyftsidan, samtidigt som påkänningarna ökar på den tryckta sidan. Vid högre byggnader kan de sammanlagda tryckkrafterna bli stora, vilket kräver att man alltid måste kontrollera tryckhållfastheten i underliggande syllar, bjälklagsbalkar m m.

I de flesta fall är stabilitet och stjälpning inga problem vid projektering av flervånings träbyggnader. Tillverkare och leverantörer har ofta utvecklat ingående delar samt beslag så att ett stort antal olika planlösningar täcks in. Vid planering av planlösningar bör bland annat följande beaktas:

- Stora öppningar som ger stora koncentrerade laster och komplicerade lösningar bör undvikas
- Tydliga och obrutna vertikala lastlinjer är att föredra
- Symmetriska planlösningar är att föredra
- Med befintliga system, moduler, planelement, pelarbalksystem och kombinationer finns det lösningar till nästan alla planlösningar

Vid dimensionering av träregelstommar med mekaniska förband kan två metoder användas, elastisk eller plastisk dimensionering. Elastisk dimensionering är den vanligaste metoden och kan studeras i boken "Dimensionering av träkonstruktioner"\*. Vid plastisk dimensionering kan man till viss del styra kraftflödet genom byggnaden på ett flexibelt sätt\*\*. Metodiken är praktiskt tillämpbar på förekommande upplagsvillkor och ger ett antal fördelaktiga möjligheter, t ex att:

- Förankringskrafterna kan spridas och lättare tas upp av väggen, samt att krafter på grundplattan och undergrunden får en bättre fördelning
- Öppningar kan beaktas på ett bättre sätt
- Tvärväggars inverkan kan tas med i beräkningarna

\* Carling O.; Dimensionering av träkonstruktioner, Svensk Byggtjänst 1992

\*\* Källsner B., Girhammar U. A.; Horisontalstabilisering av träregelstommar, SP Rapport 2008:47

## Brand

Funktionsbaserade krav, i motsats till materialbaserade krav, ger möjligheten att bygga flervånings bostadshus med trästomme. Detta har lett till att ett mycket stort antal flervåningshus i trä har byggts i Norden från mitten av 1990-talet. Bostäder med trästomme är lika brandsäkra som vilken annan stomkonstruktion som helst.

Införandet av bostadssprinkler har även ökat möjligheterna att kunna använda mera synligt trä både invändigt och utvändigt.

I Sverige är huvudprinciperna för brandsäkerhet följande:

- Boende skall kunna lämna byggnaden på ett säkert sätt
- Bärande delar i konstruktionen skall upprätthålla sin funktion under en bestämd tid
- Utveckling och spridning av brand och rök skall begränsas
- Spridning av brand till närliggande byggnader skall begränsas
- Säkerheten hos räddningspersonas skall beaktas

Oavsett byggmaterial och system är det omöjligt att uppnå absolut brandsäkerhet. Vad som kan accepteras bestäms av myndigheter och den ekonomiska förlusten regleras och ersätts genom uppgörelser mellan fastighetsägare och försäkringsbolag. Brandsäkerhet kan i princip uppnås på två olika sätt, genom passivt eller aktivt brandskydd – eller en kombination av dessa två. Vad som är den bästa lösningen bedöms från fall till fall. Passivt brandskydd innebär att byggnadsdelar dimensioneras för att upprätthålla sin funktion under hela det avsedda brandförlopp, vilket bl a omfattar:



- Sektionering och avgränsning för att förhindra spridning av värme, rök och gaser
- Val och dimensionering av bärande struktur och skyddande skikt
- Val av ytskikt
- Val och dimensionering av utrymningsvägar

För att ytterligare höja brandsäkerheten eller bibehålla samma säkerhetsnivå med mindre avsteg från det passiva brandskyddet används aktiva brandskyddssystem. En brand i en lägenhet kan uppstå på olika sätt, men oftast börjar branden i inredningen\*. Branden utvecklas oftast till en början långsamt, oavsett om huset är byggt i trä eller i ett annat material. Efter några minuter bildas brandgaser och initialbranden övergår till övertändning. Temperaturen stiger kraftigt, brandgaslagret sjunker mot golvet och flammor framträder i brandgaserna\*\*. Ingen människa kan överleva i ett övertänt rum. Ett sprinklersystem som på ett tidigt stadium kan dämpa eller släcka branden är därför ett mycket effektivt sätt, ofta det enda, att öka säkerheten för den som befinner sig i den brandcell där branden startar.

Boendesprinkler är ett enklare sprinklerssystem, kopplat till tappvattensystemet, som utformats för att i första hand rädda liv, i andra hand skydda egendom. Skillnaden mellan ett traditionellt sprinklersystem och boendesprinkler, är att de traditionella har högre vattenflöden, samt att vattenkällan skall räcka normalt minst 60 minuter, d v s systemet skall klara en stor brand under lång tid. Boendesprinkler dimensioneras så att två eller fyra sprinklerhuvuden aktiveras vid en brand och delar normalt servis med byggnadens kallvatten. Systemets varaktighet är normalt 30 minuter, vilket motsvarar den tid man uppskattar att det tar att utrymma

byggnaden. Om boendesprinkler installeras finns också möjligheten till så kallade tekniska byten. Några av dessa är (se vidare\*\*\*):

- Brännbar fasad i mer än två våningar. Minskade krav på inre ytskikt
- Ökat gångsavstånd till utrymningsvägar
- Minskade krav på skydd mot brandspridning i ventilationssystem
- Reduktion av brandteknisk klass för avskiljande/bärande konstruktion
- Minskat krav på ytskikt i utrymningsvägar

Att installera boendesprinkler har både miljö- och kostnadsfördelar. Miljöbelastningen från bränder i bostäder förväntas minska då bränderna blir mindre omfattande, samt genom att totala livslängden för byggnadsbeståndet ökar. Mindre släckvatten krävs vid eventuella bränder och vattenförsörjningen till byggnaden behöver inte dimensioneras utifrån ett traditionellt sprinklersystem. Kostnaden för boendesprinkler uppgår till ca 150-200 kr/m<sup>2</sup>.

### *Krav och normer*

Byggherren ansvarar för att brandskyddet utformas enligt gällande normer och regler. Byggnaden ska utformas med sådant brandskydd att brandsäkerheten blir tillfredsställande och dimensionering av brandsäkerheten kan göras enligt en förenklad eller analytisk metod\*\*\*\*. Trästommar dimensioneras enligt gällande krav på brandsäkerhet genom att vanligtvis komplettera den bärande stommen med skyddande skivor och isolering.

Detaljutförning och brandtätningar är viktiga delar för att uppnå en god brandsäkerhet. För flervånings trähus finns ett antal detaljer som särskilt bör beaktas:

\* Bengtsson, L-G., Inomhusbrand, Räddningsverket 2001

\*\* Boendesprinkler räddar liv, Video över brandförsök i vardagsrum, SP, 2001

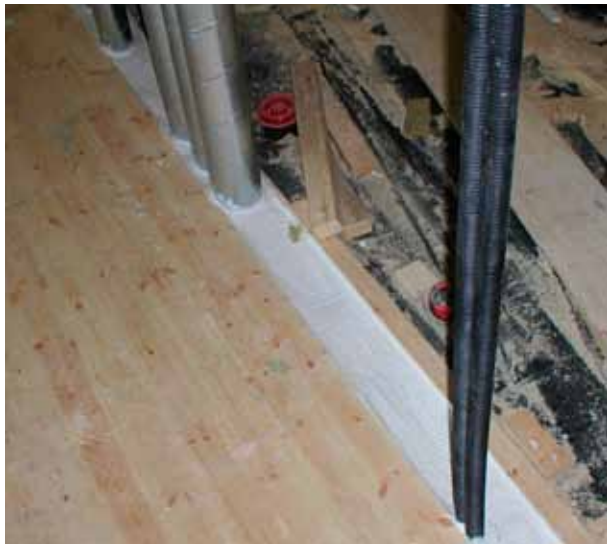
\*\*\* Östman, B, Nystedt, F, Tekniska byten i sprinklade byggnader - Fallstudier, SP-Rapport 2012:33

\*\*\*\* Regelsamling för byggande, BBR, Boverket 2012

- Brandstoppar i konstruktioner och mellan konstruktioner
- Genomföringar i lägenhetsskiljande konstruktioner
- Fasadutformning, när brännbart material används i fasaden

Ökad användning av teknisk utrustning och högre standard i våra bostäder medför en ökad mängd schakt och håltagningar. För att säkerställa brandsäkerheten måste alla tätningsmedel m m vara certifierade och väl utprovade, exempel på detta framgår av Figur 30.

Ytterligare information och utformning av tätningar av genomgångar finns att läsa boken "Brandsäkra trähus"\*.



**Figur 30** Exempel på genomföring i bjälklag.

Bild: Anders Gustafsson

\* Brandsäkra trähus, version 3, SP Rapport 2012:18.

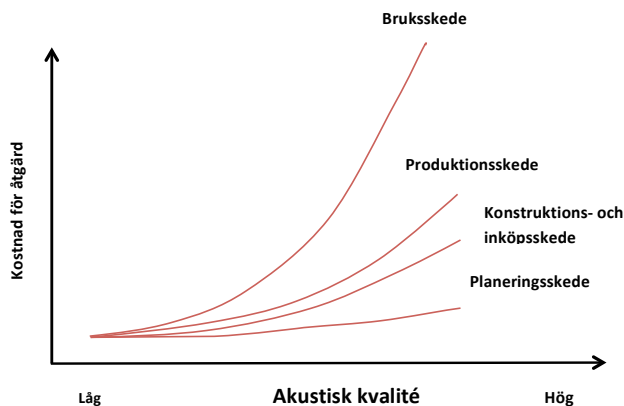
För flervånings bostadshus i trä finns det idag tekniska lösningar för att uppfylla kraven i gällande norm. De teoretiska modeller och ingångsvärden som presenterats i ett flertal böcker är väl underbyggda med försök och även ett flertal fullstora brandprovningar av bärande väggar och bjälklag har genomförts.

## Ljud

Noggrann planering av ljudfrågor i ett tidigt skede ger både praktiska och ekonomiska fördelar. Otydliga underlag ökar risken för missförstånd och behov av korrigerande åtgärder i ett senare skede. Figur 31 visar sambandet mellan kostnader och tidpunkt för lösningar av ett problem.

Ljud- och vibrationsfrågor för flervånings bostadshus i trä är något mer komplicerade att hantera än exempelvis hus med betongstomme. Orsaken till detta är trästommens och träbyggsystemens lägre vikt och relativt komplexa uppbyggnad jämfört med massiva byggsystem. Under ett antal år har dock objektsprovningar och teoretiska beräkningsmetoder bidragit till lösningar som tidigare saknats inom träbyggandet.

Stegljudsisolering och flanktransmission är delar som påverkar ljudkomforten i den färdiga byggnaden och som under de senaste tio åren varit föremål för mycket utveckling och forskning. Utvecklingen av lämpliga beräkningsmetoder för träbyggande har inneburit att produktutveckling och förbättringar av konstruktionen uppnåtts. Även om det fortfarande saknas verifierade beräkningsmetoder i projekteringskedet, har man i konkreta objekt visat att träbyggandet uppfyller de normkrav som ställs på väggar och bjälklag.

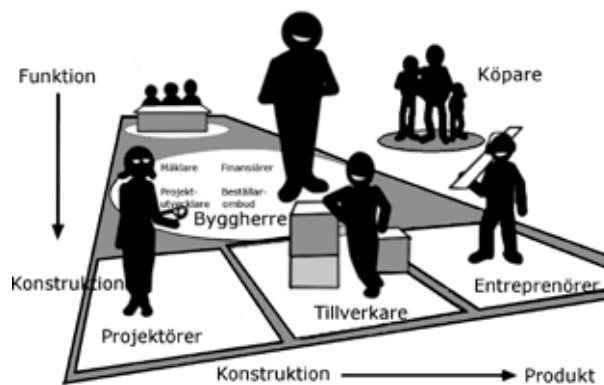


**Figur 31** Samband mellan akustisk kvalitet och kostnad för bulleråtgärder.

Källa: SOU 1993:65

Boverkets Byggregler anger att byggnader och installationer ska utformas så att både ljud från byggnadens installationer och ljud utifrån dämpas. Hänvisning sker till SS 25267 där värden för högsta tillåtna stegljudsnivå och lägsta tillåtna luftljudsisolering anges i olika klasser. Klass A har det högsta kravet följt av klass B, C och D. Klass C anger den miniminivå som uppfyller Boverkets föreskrifter och ger "tillfredställande ljudförhållanden för en majoritet av de boende". Klass A och B kan väljas om särskilt goda ljudförhållanden önskas där klass B motsvarar "betydligt bättre ljudförhållanden än ljudklass C" medan klass A motsvarar "mycket goda ljudförhållanden". Klass D avser bl a äldre byggnader. Vanligast förekommande idag är att flerbostadshusens lägenhetsskiljande delar utformas för att klara ljudisolering motsvarande klass B, vilket samtliga etablerade träbyggsystem klarar.

Ljudkraven i normer och standarder omfattar ett antal olika egenskaper. Kraven berör alla skeden i byggprocessen, flera byggnadsdelar och många yrkesgrupper. Det medför många frågor som ska lösas och beslut



**Figur 32** Byggprocessens hantering av bland annat ljudfrågor.

Källa: Bullerskydd i bostäder och lokaler, Boverket 2008

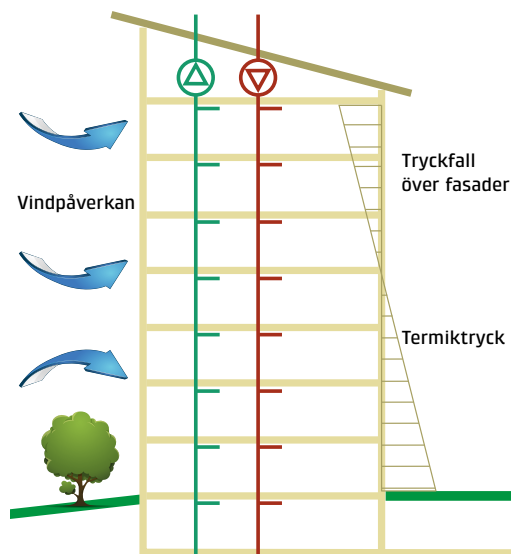
som ska tas av olika personer, något som kräver en väl genomtänkt och noggrann hantering, se Figur 32.

För att uppnå ett gott resultat finns det några saker som beställaren eller byggherren bör beakta:

- Precisera förutsättning och önskade krav (ljudklass) i en programhandling. Ange även dimensionerande ljudnivåer utomhus (trafik m m) samt av vem och hur det skall verifieras
- Granska underlag. Utse en sakkunnig på ljud eller säkerställ genom andra åtgärder att leverantör har verifierbart underlag
- Utforma förslag på moment som är relevanta i sin egen kontrollplan och redovisa vilken verifiering som behövs för att visa att även övriga mål har uppnåtts, som inte omfattas av krav enligt BBR
- Besluta vem som ska ansvara för verifiering under projektering eller upphandling och utförande
- Begär slutintyg

## Energi och täthet

Till följd av ökade uppvärmningskostnader och krav på minskad energianvändning har intresset för och medvetenheten om behovet av lufttäta och väl isolerade byggnader också ökat. En viktig del i detta är en byggnads täthet på grund av energiförluster i form av luftläckage, men även att det kan ge fuktskador. Den ökande medvetenheten och utvecklingen av tekniker, respektive anpassade produkter, gör det möjligt att bygga täta hus. En förbättrad täthet bidrar till minskad energianvändning bättre termisk komfort, bättre luftkvalitet och minskar risken för fuktskador. En definition av passivhus är att de ska vara "välisolerade byggnader som till stor del



**Figur 33**  
Exempel på tryckskillnader som kan uppstå i ett flervåningshus.

Källa: Underlag till bild hämtad från Flercells informationsblad.

värms upp genom den energi som redan finns i huset". Maximalt luftläckage har satts till  $0,3 \text{ l/m}^2\text{s}^*$  och värmeenergin skall komma från exempelvis sol, personer och överskottsvärme från elektrisk utrustning.

Höga byggnader ger upphov till tryckskillnader, se Figur 33, vilket ställer högre krav på väggars funktion och därmed också väggens uppbyggnad och produktionsutförande.

Tryckskillnader i kanalsystem och andra installationer innebär inte några särskilda problem för trästommar. Boverkets byggregler ger inget direkt värde på luftomsättningen i en bostad. Däremot finns det krav på byggnadens energianvändning, vilket medför att byggnaden måste ha en god lufttäthet. I övrigt är det beställaren eller byggherren som ställer kraven. Att ställa krav på tätheten för en byggnad innebär ofta att kvaliteten ökar. Detta eftersom väl genomtänkta lösningar är ett måste för att uppnå tillräcklig god täthet. Hur detta skall göras konkret finns presenterat ibland annat SPs rapport "Goda erfarenheter på lufttäta konstruktioner"\*\*\*.

God täthet hos byggnader gäller oberoende av stomval. För flervånings trähus är detta dock speciellt viktigt ur aspekten att största delen kommer att byggas i volymer eller med stora panelement. I båda fallen gäller det att utforma elementfogar på ett bra sätt för att säkerställa funktionen.

I rapporten "Lufttäthetsfrågor i byggprocessen-Etapp B. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler"\*\*\*\* har ett antal förslag presenterats till hur byggherren kan formulera och följa upp sina krav på täthet. Kravformuleringen bör naturligtvis anpassas mot ambitionsnivå och presumtiva leverantörer/entreprenadform. Några av dessa punkter är:

\* Forum för energieffektivt byggande har angivit  $0,3/\text{m}^2$  vid 50 Pa

\*\* Wahlgren P., Goda exempel på lufttäta konstruktioner, SP rapport 2010:09

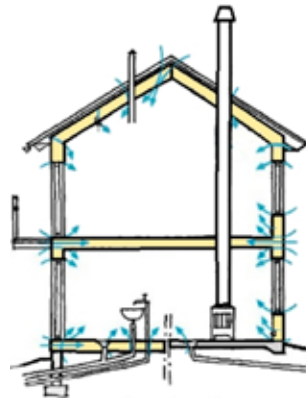
\*\*\* Sandberg Pl. M.fl; Lufttäthetsfrågor I byggprocessen Etapp B. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler, SP Rapport 2007:23

### I projekteringskedet

- Projektören ska utse en ansvarig för lufttätetsfrågorna
- Besluta om ambitionsnivå vid 50 Pa tryckskillnad
  - Nivå 1: Lufttätethet  $\leq 0,2 \text{ l/m}^2\text{s}$  (läckagen har liten påverkan på ventilation, energianvändning, termiskt klimat m m).
  - Nivå 2: Lufttätethet  $\leq 0,4 \text{ l/m}^2\text{s}$  (läckagen har viss påverkan på ventilation, energianvändning, termiskt klimat m m).
  - Nivå 3: Lufttätethet  $\leq 0,6 \text{ l/m}^2\text{s}$  (luftläckagen har påverkan på ventilation, energianvändning, termiskt klimat m m).
- Använd verifierade produkter med avseende på beständighet
- Projektering för lufttät byggnad skall tydligt redovisas på detaljnivå
- Upprätta en "täthetsbeskrivning" där väsentliga arbetsmoment beskrivs

### I byggskedet

- Begär att entreprenören/leverantören utser en ansvarig för byggnadens lufttätethet
- Kontrollera att entreprenören/leverantörens egenkontroll omfattar lufttätethet
- Kontrollera att all personal blir utbildad/informerad om vad som gäller
- Mätningar och läckagesökningar ska genomföras i så tidigt skede som möjligt
- Verifierande mätning utförs vid färdigställande



Figur 34 Exempel luftläckage.

### Installationer

Många betraktar byggsystem som en fråga om bärande konstruktioner och tillhörande byggkompletteringar. Men andra delar i byggandet är väl så krävande och betydelsefulla. Kostnaderna för installationer inklusive byggnadsåtgärder utgör 30-35% av entreprenadkostnaden. Installationer är också en del av byggnaden som har en relativt kort livslängd, vilket medför att placering och åtkomlighet till installationsschakt är av stor betydelse.

I träbyggandet kan schakt planeras på likartat sätt som för byggnader projekterade i andra stommaterial. Ledningar dras i golvkonstruktioner till gemensamma schakt på traditionellt sätt. Det finns dock stora skillnader beroende på hur hög prefabriceringsgrad som planeras för bygget. Används panelement tillsammans med väderskydd kan ofta installatörer starta med sitt arbete redan då första planet är monterat. Används volyelement är en mycket stor del av installationerna fördragna och det krävs endast sammankoppling mellan volymer.

### Konsekvenser vid vattenläckage eller släckning av brand

Innebär flervånings bostadshus i trä risk för ökade kostnader för framtida vattenskador? Det är en fråga som ofta ställs. Eftersom omfattande statistiskt underlag saknas får bedömningen grundas på ett antal jämförelser

som gjorts under senare år. VVS-installatörerna har i sin rapport "Vattenskadeundersökning"\* från 2002 visat på statistik kring småhus och flervåningshus generellt. I rapporten framgår att:

- Vanligast förekommande skador i ledningssystem beror av korrosion och frysning i vattenledningar
- Mekaniska kopplingar orsakar fler skador än lödfogar,
- Äldre installationer från 1960- och 1970-talet dominerar
- Tätskiktets anslutning mot golvbrunnar är den vanligast förekommande skadeorsaken i våtrum

Uppkomsten och omfattningen av vattenläckor kan betraktas som likartade oavsett byggnadens stommaterial och beror till största delen på utförande och ålder. Detta skulle innebära att åtgärdskostnader utgör skillnaden mellan byggtyperna.

I rapporten presenteras en jämförelse mellan bjälk-

lagstyp och skadekostnad vilket kan ge en indikation på relativa skadekostnaden mellan betong och träbjälklag, se Tabell 4

En jämförelse har även gjorts mellan bjälklagstyp och på vilket sätt skadan tillkommit, se Tabell 5.

Eftersom undersökningen omfattar såväl flerbostadshus såsom småhus är en direkt jämförelse svår att göra. Dock visar denna undersökning att åtgärdskostnaden för träbjälklag är lägre än för andra bjälklagstyper. Bjälklag i flervåningshus i trä har flera materialskikt och därmed kommer åtgärdskostnaderna att öka i relation till nedan angivna kostnader. Skillnaden bör dock kunna inrymmas i kostnadsskillnaderna som anges i tabellerna nedan. För inner- och ytterväggar bör skillnaden mellan byggmetoderna inte vara av stor betydelse, eftersom den vanligast förekommande byggmetoden med platsgjuten stomme med utfackningsväggar och träbyggande i dessa delar är likartade.

**Tabell 4** Antal skador och medelkostnad fördelade efter bjälklagstyp

Bjälklagstyp	Antal skadefall (st)	Kostnad för skada (kkr.)
Trä	4 129	28
Platta på mark	1 620	35,6
Betong	1 633	35,5
Totalt	7 382	31,3

**Tabell 5** Antal skador och medelkostnad fördelad efter bjälklagstyp och förlopp.

Utströmningsförlopp och bjälklagstyp	Antal skadefall (st)	Kostnad för skada (kkr.)
Plötsligt, trä	2 179	31,1
Plötsligt, platta på mark	693	35,5
Plötsligt, betong	720	40,7
Smygande, trä	1 950	24,6
Smygande, platta på mark	927	35,7
Smygande, betong	913	31,3
Totalt	7 382	31,3

\* Vattenskadeundersökning; VVS-installatörerna, 2002

Vattenskador vid bränder utgör ofta en lika stor kostnad som de som uppkommer av själva branden. Räddningstjänsten använder flera tusen liter vatten i minuten vid släckningsarbete.

En avgörande skillnad kan dock vara om byggnaden har försetts med sprinkler. Att släcka en brand i en byggnad utan sprinkler kräver sex till sju gånger mer vatten än i en sprinklad enligt statistiken\*. Varje sprinklerhuvud genererar mellan 70-150 liter vatten per minut och i 80 procent av bränderna aktiveras högst fyra sprinklerhuvuden, men oftast aktiveras bara ett.

## Väderskydd

Väderskydd används allt mer vid nybyggnation av flervåningshus och borde vara en naturlig del i byggandet för alla byggmetoder. Väderskydd har hittills enbart betraktats som en extra kostnad för att undvika fukt- och mögelskador. Ofta har man därför beslutat sig för väderskydd sedan man vid tidigare projekt haft problem med fukt- och mögelskador. Redan i förfrågningsunderlaget bör byggherren ange att väderskydd i form av heltäckande tält skall användas om inte entreprenören på ett tillfredsställande sätt kan visa att bygget kan genomföras utan heltäckande väderskydd. Det är viktigt att kravet kommer in i bygghandlingarna, som alla, såväl byggtreprenör som underentreprenörer, får ta del av. Förbättringar i materialhanteringen kan då också tas tillvara på ett bättre sätt och ge förmånligare priser vid upphandling.

Byggtreprenörens kostnader har hittills varit högre än de direkt mätbara besparingarna, men vanligtvis omfattar kostnadsjämförelserna endast de direkt nedlagda

arbetstimmarna\*\*. Byggtreprenören kan dock även tillgodoräkna sig andra besparingar såsom färre arbetsplatsolyckor, högre kvalitet och därmed lägre kostnader för besiktningssamverkningar, bättre arbetsmiljö för samtliga yrkesgrupper. För byggherren finns det några faktorer som bör beaktas:

- Kortare produktionstid ger tidigare hyresintäkter för byggherren
- Högre kvalitet ger lägre kostnader på kort och lång sikt
- Mindre risk för förlängda byggtider på grund av dåligt väder

För träbyggsystem med planelement bör särskilt väderskydd alltid användas. En vanlig lösning är ett montagetält som hissas upp allteftersom våningsplanen monteras, se Figur 35 på sidan 40. Vid pelar-balkstomme monteras oftast hela stommen, upp till färdigt tak, innan stomkompletteringen i form av utfackningsväggar monteras, vilket innebär att montagetält oftast inte behövs.

Under stomkompletteringskedet är dock ett väl genomtänkt väderskydd nödvändigt. Vid användande av volymelement kan oftast montaget upp till färdigt tak ske på så kort tid att särskilda väderskydd kan undvikas, förutsatt att montage inte utförs vid nederbörd. För samtliga metoder gäller naturligtvis att de prefabricerade elementen måste vara väl väderskyddade fram till montage, se Figur 36.

\* Backvik B., Fagergren T., Jensen L.; Installationsbrandskydd, Brandskyddslaget, 2008

\*\* Axelsson K., Larsson B., Söderlind L.; Väderskyddad produktion: Möjligheter och erfarenheter. FoU-Väst-rapport 0404, 2004



**Figur 35** Tält med lyfthjälpmedel.

Bild: Anders Gustafsson



**Figur 36** Vädertskyddade väggelement färdiga för leverans.

Bild: Ander Gustafsson

## Upphandling

Det finns ett antal faktorer som talar för att upphandla flervåningsbostadshus i trä:

- Kostnadsfördelar, vanligtvis förknippade med byggsystem och industriella bygghetoder
- Kostnadsfördelar, förknippade med ett större antal konkurrerande leverantörer
- Miljöfördelar
- Ökad mångfald i den byggda miljön
- Fler tänkbara leverantörer

När beställare har särskilda krav på specifika tekniska lösningar, ska dessa tydligt anges redan i upphandlingsskedet. Ju tidigare specifika krav kan läggas fram, desto större är möjligheten att dessa kan beaktas av leverantörer av byggsystem. Ju färre sådana tekniska krav som föreligger, desto större är emellertid möjligheten för beställaren att kunna ta del av nytänkande från leverantörssidan och pröva möjligheterna att bygga exempelvis

med olika typer av byggsystem. Detta talar för att beställare bör eftersträva att i större utsträckning fokusera på att formulera funktionskrav i sin upphandling. Det är inte helt ovanligt att förfrågningsunderlag återanvänds av beställare vid upphandling av ett efterföljande projekt. I kombination med att sidoanbud inte får lämnas, kan detta innebära ett konkret hinder för beställare att i ett initialt skede och därefter fullt ut kunna ta del av byggsystemlösningar och för beställaren nya sätt att lösa problem på.

Det finns därför en outnyttjad potential att i ett tidigt skede involvera tänkbara leverantörer för att gemensamt bedöma och utforma projektet så att det blir så fördelaktigt som möjligt för alla parter. För upphandlingar enligt lagen om offentlig upphandling, LOU, kan detta vara omöjligt att använda då tidig kontakt med leverantörer kan betraktas som en konkurrensfördel för leverantören.

När beställaren har tagit beslutet att upphandla ett flervånings bostadshus i trä finns ett antal delprocesser för att genomföra upphandlingen. Valet av entreprenad-



form avgör var i processen beställaren skall lämna över till entreprenören och hur detta ska ske. Beställaren kan låta entreprenören enbart svara för byggproduktionen, vanligtvis delad entreprenad eller generalentreprenad. Väljer istället byggherren att låta entreprenören ansvara för både projekteringen och byggproduktionen, totalentreprenad, är entreprenörens ansvar större än vid delad entreprenad. En blandning av dessa entreprenadformer är också vanlig.

Utvecklingen av träbyggandet går dock allt mer mot färdiga system där systemens tekniska funktion och ekonomiska fördelar i allt större grad påverkar slutresultatet både tekniskt och ekonomiskt.

Det innebär att en form av funktionsentreprenad skulle vara en lämplig upphandlingsform för flervånings bostadshus i trä. I handboken "Funktionsentreprenad, stöd för upphandling" har författarna visat på en modell som ska leda till:

- En tydligare ansvarsfördelning mellan beställare och entreprenör/leverantör
- En minskning av byggherrens osäkerhet avseende produktens egenskaper och livscykelkostnader
- Bättre förutsättningar för industriell produktion och kostnadseffektivare produkt
- Bättre förutsättningar för samordning mellan projektering och produktion
- Bättre förutsättningar för långsiktig produkt- och produktionsutveckling

För att uppnå detta krävs en kunskap hos beställaren om vilka produkter som finns på marknaden och deras funktion, samt en samordning mot beställarens krav.

Eftersom träbyggande för flervånings bostadshus idag ofta innebär ett industriellt byggande, finns det

några aspekter som beställaren bör beakta i samband med upphandlingen för att inte utestänga möjligheten för sådana alternativ. Konkret bör en upphandling ske enligt följande i de fall en funktionsbaserad totalentreprenad önskas:

- Beställaren sammanställer ett översiktligt förfrågningsunderlag (programhandling) med sina önskemål om form, gestaltning, kvalitet och eventuella tekniska funktionsegenskaper
- Entreprenören upprättar handlingar i erforderlig omfattning, teknisk beskrivning, tidplan, kostnad, för att kunna presentera ett erbjudande baserat på sitt system
- Entreprenadkontrakt upprättas med det fördelaktigaste erbjudandet

Funktionsupphandlingen kan ske i stor likhet med upphandling av "traditionell" totalentreprenad. Skillnaden är att beställaren bör vara öppen för anpassningar mot byggsystemet och försöka minimera eventuella särkrav utöver gällande byggregler, samt att fokus läggs på funktionen.

Funktionsupphandling baseras på ett antal funktioner som ska uppfyllas och verifieras, vanligtvis genom uppföljande mätningar och avstämningar. Hur funktionskraven formuleras är en uppgörelse mellan parterna, dock ska normens minimikrav uppfyllas. Exempel på detta kan vara krav på svikt, inomhusmiljö och ljudförhållanden. I kontrakt bör det klart framgå hur dessa krav skall följas upp och kontrolleras.

Eftersom denna typ av upphandling ofta präglas av ett informationsutbyte mellan entreprenör och beställare före kontraktsskrivningen, kan det innebära svårigheter om upphandlingen omfattas av lagen om offentlig upphandling. Ett sätt att lösa detta är att genomföra gemen-

samma ramupphandlingar för vissa typer av bostadsbyggnader, vilket framgångsrikt prövats av exempelvis SABO/HBV.

För kommunala beställare har detta förfarings sätt i vissa kommuner haft stöd av politiskt beslutade strategier. Här finns kommuner som anvisat områden för uteslutande träbebyggelse, exempelvis Sundvall, Växjö och Skövde, medan andra har tydliggjort att möjligheten att bygga i trä ska prövas vid upphandling.

### *Några viktiga planerings- och projekteringsaspekter att tänka på inför upphandling*

Sammantaget för industriella husbyggnadsprojekt är det viktigt med god anpassning till byggsystemet, såväl dess möjligheter som dess begränsningar. Leverantörer av industriella byggsystem har historiskt sett tenderat att brista i sin tydlighet vad gäller ramarna för byggsystemet och har också, för att tillmötesgå enskilda beställares önskemål, kunnat överskrida byggsystemets ramar. Detta har vanligtvis skett på bekostnad av de fördelar byggtreprenören kunnat dra av sitt byggsystem och därmed vilka fördelar beställaren kunnat erbjudas. För att det industriella byggandets fördelar ska kunna förverkligas till fullo, rekommenderas generellt byggherren, arkitekten och konstruktören att göra sitt systemval i ett tidigt skede och därefter vara lojala mot detta val.

Konventionellt platsbyggande, utan tillämpning av något industriellt byggsystem, utgår från branschstandarder och normer. Projekteringen måste i fall som dessa vara utförd med en sådan detaljeringsgrad att entreprenören kan uppföra byggnaden med hjälp av ritningarna. Beställare bör emellertid vara medvetna om att detta sätt att tänka och agera samtidigt kan utgöra ett väsentligt

hinder för att i upphandlingen pröva ett industriellt byggande. En systemleverantör med slutet byggsystem kan exempelvis ha svårt att svara på förfrågningsunderlag som utgår från en redan genomförd eller tänkt projektering, där den som projekterat inte har tagit hänsyn till byggsystemet.

Projekteringen av en byggnad som ska uppföras av en industriell byggaktör, eller av en entreprenör genom tillämpning av ett industriellt byggsystem, sker på gängse vis genom uppritning av planer, fasader, sektioner och detaljer. Till det kommer också rumsbeskrivningar och beräkningar av statik, ljud, brand och energianvändning. Men med ett väl utformat byggsystem är många funktionskrav lösta redan vid utvecklingen av byggsystemet. Därav följer att samordning av alla gränssnitt mot byggsystemet, exempelvis det mellan byggsystem och grund/fasad, ska vara beaktade redan under projekteringsfasen.

Ju högre grad av förtillverkning beställaren vill öppna upp för i sin upphandling, desto viktigare är det att detta också blir beaktat i beställarens planering och projektering. Figur 2, på sidan 13, illustrerar var beställaren möter byggtreprenören i den industriella byggprocessen och hur mycket av utformningen beställaren eller beställarens ombud, t ex en arkitekt, kan och får påverka. Som Figur 2 antyder, kan frihetsgraderna variera väsentligt mellan olika leverantörer av byggsystem. Med hög grad av förprojektering, och för byggsystem med många inbyggda funktioner, gäller vanligtvis att efter lagd kundorder sker tillverkning av produkten/huset med begränsade eller inga möjligheter till ändringar (se även vidare diskussion nedan). Samtidigt som detta innebär en begränsning av flexibiliteten under själva byggprocessen, utgör detta förutsättningar

för god produktionsplanering och kostnadshantering internt hos byggtreprenören, med möjlighet till hög precision gentemot beställare vad gäller funktionsleverans, kostnads- och tidplan.

Det konkreta projekterings- och arkitektarbetet minskar generellt eftersom industriellt byggande innebär att tillämpa färdiga standardlösningar i projektet. Detta möjliggör en snabb projektering, kontinuerlig funktionsutveckling och kostnadsfördelar. Hur denna möjlighet kan förverkligas i ett projekt beror dock på hur beställaren agerar. Beställare som vill dra nytta av byggsystemets fördelar fullt ut bör uppmärksamma att projektering som vanligen görs för ett konventionellt platsbyggande riskerar att leda till dubbelprojektering. Detta gäller särskilt om sidoanbud inte medges. Hinder för industriellt byggande då tekniska krav specificeras kan handla om att byggtreprenören inte kan dra nytta av utarbetade leverantörssamarbeten, vilket kan vara en viktig del i byggsystemets kostnadsfördelar.

Begränsningar i fråga om ingrepp och ändringar i byggsystemet har dock vanligtvis sin grund i viktiga kvalitetsaspekter, då byggsystemleverantören ska kunna säkerställa byggsystemets inbyggda funktioner. Detta gäller för slutna byggsystem och standardprodukter/hus, men även mer öppna byggsystem där flexibiliteten gentemot olika byggnadsprogram kan vara hög så länge projektering kan ske med hänsyn tagen till byggsystemet. Här kan beställare som vill dra nytta av det industriella byggandets möjligheter överväga att upphandla arkitekter och projektörer med bred kompetens inom området industriellt träbyggande. Beställare som därtill vill dra så stor nytta som möjligt av specifika byggsystem bör också säkerställa tidig dialog och att projektering sker i samråd med byggsystemleverantören.

Ur den industriella byggprocessens perspektiv kan projekteringsfasen betraktas som bestående av två delar; projektering av själva byggnaden och produktionsberedning inför förtillverkning i fabrik och efterföljande montage. Denna uppdelning är särskilt påtaglig för industriellt byggande med slutna system och standardprodukter/hus, men även mer öppna byggsystem bereds för produktion inför förtillverkningen i fabrik. Produktionsberedningen är en "inre angelägenhet" för den industriella byggaktören, men konsekvensen av densamma vad gäller möjlighet att möta eventuella önskemål om ändringar och tillkommande krav och anpassningar är betydelsefullt för beställaren att uppmärksamma. Uppdelningen tydliggör behovet av att beställaren är klar över sina krav och kan föra en tydlig dialog kring dessa så de kan fastställas innan produktionsberedning.

Ändringar och anpassningar till specifika kundkrav och önskemål kan vara fullt möjliga att göra under projekteringskedet och då till relativt sett låga kostnader, men kan efter genomförd produktionsberedning bli påtagligt dyrare, om de ens är möjliga. Många industriella byggare har automatiserat hela eller väsentliga delar av sin produktionsprocess, vilket lagt grunden för kostnadseffektivitet, tidsprecision och kvalitetssäkring av lösningar och funktioner. Även till synes små ändringar kan därmed kräva stora produktionsmässiga åtgärder. I de fall då byggnaden uppförs av annan entreprenör än systemleverantören, kan ändrade krav på samma sätt föranleda att konstruktionsritningar måste göras om och beställningar ändras, eller att oplanerade justeringar ska utföras på byggplats. Allt med risk för efterföljande negativa effekter på tids- och kostnadsplanen, samt att leverantören eventuellt inte längre på samma sätt kan garantera funktionen i levererad lösning.

## Ekonomi och förvaltning

Detta kapitel syftar till att ge en bild av den påverkan som träbyggande har på byggkostnaden (produktionskostnaden). Varje enskilt projekt har dock sina egna objektspecifika förutsättningar.

Det är lätt att det uppstår oklarheter vid ekonomiska jämförelser mellan platsbyggeri och industriellt trähusbyggande. Naturligtvis är det möjligt att bygga flervånings bostadshus i trä på konventionellt vis, direkt på byggplatsen.

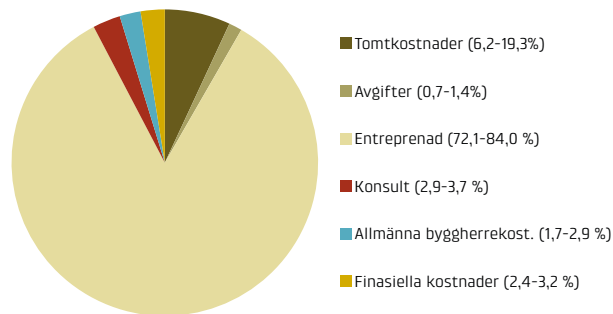
Att bygga med trä medger stora möjligheter att variera både planlösningar och byggnadens utformning och det möjliggör även att välja olika entreprenadformer och om hela bygget ska upphandlas av en eller flera leverantörer. Allt mer av byggandet och speciellt träbyggande går dock mot högre prefabriceringsgrad och större andel fabrikstillverkning. Med hög prefabricering finns det många faktorer som kan ge fördelar för hela

projektet såsom kort färdigställandetid, högre kvalitet, bättre planering m m.

En industriell produktion, eller långt gången prefabricering, innebär i de flesta fall lägre kostnader. Var och en som har erfarenhet av konventionellt byggande inser att dagens produktion i många fall är ineffektiv. Klimat, tids- och materialspill, svinn, etc kan inte undvikas till fullo med nuvarande process. Inom träbyggandet finns en stor potential i att minska kostnaderna, vilket inte minst småhusproduktionen har påvisat. Det är därför naturligt att även byggande av flervåningshus i trä skulle kunna framställas efter likartade metoder och uppnå en mer kostnadseffektiv produktion.

Allt fler väljer att bygga med prefabricerade element, dvs bärande planelement eller fullstora volymelement. Vilket som är fördelaktigast bestäms till stor del av byggnadens utformning, planlösning, resurser mm. En konsekvent genomförd förtillverkning kan ge stora vinster när metodiken utnyttjas för hela objektet.

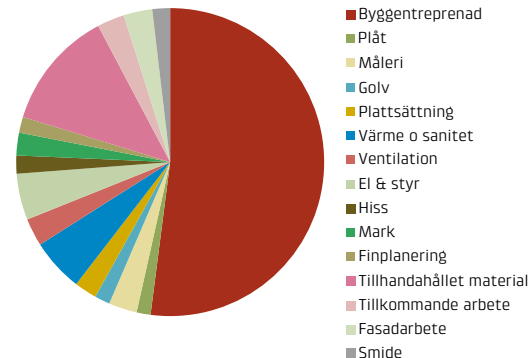
### Linköping, Stockholm, Norrköping



**Figur 37** Produktionskostnader för nyproduktion i tre olika byggprojekt.

Källa: Boverket

### Fördelning av entreprenadkostnad



I en rapport\* utgiven av Boverket har kostnaden för tre flervåningshus studerats och entreprenadkostnaden uppgår till ca 72-84 % av totalkostnaden och enbart byggentreprenaden utgör mer än 50 % av totala entreprenadkostnaden.

Vid projektering eller planering av flervåningshus finns det flera alternativ att välja mellan, platsbygge, användning av planelement (till tätt hus) eller volymbygge. För att utvärdera vad som är lämpligast för det aktuella bygget finns det ett antal kostnadspåverkande faktorer som bör beaktas, bland annat:

- Arbetskostnader och tillgång på kunnig arbetskraft. Tillgången på kompetent arbetskraft påverkar slutkostnaden då byggandet är arbetskraftsintensivt. Ofta medför det att i högkonjunktur ökad arbetskostnad varför högre andel prefabricering kan bli fördelaktigare. Väl upparbetade kontakter med tillverkare och inarbetade rutiner kan därför vara av värde vid nästkommande högkonjunktur
- Transporter, möjliga leverantörer, byggplats och års-tid. Väljs alternativ med prefabricerade element eller moduler har trälösningar många fördelar. Den låga vikten gör att fraktkostnaderna blir lägre vilket ger möjlighet för ett större antal tillverkare att lämna offerter då fraktkostnaden ofta kan uppgå till 10-15% av kostnaden för en leverans. Lätta träelement kan oftast lyftas med normala byggkranar vilket ger snabbare montagetider än vid användande av mobilkranar
- Grundförhållanden. En stor del av byggkostnaden kan hänföras till grundläggning och grundkonstruktion. Flervåningshus i trä är lätta byggnader vilket kan medföra att eventuella grundförstärkningar kan minskas eller helt undvikas

- Kapitalkostnader. Korta byggtider medför oftast en kostnadsfördel. Räntan på byggnadskreditivet minskar och den egna personalen kan lösas tidigare för andra projekt
- Produktionskostnader (kostnader för att uppföra byggnaden och tillhörande delar) är ofta den del i de totala kostnaderna som tilldrar sig det största intresset. Drift och underhållskostnader är andra kostnadsaspekter som måste beaktas

Redan i planeringsskedet finns ett stort antal faktorer som har betydelse. Författarna till boken "Byggherrrollen, Byggande handlar inte om byggande" tar upp ett antal faktorer som bör beaktas, inte minst för att uppnå en mera kostnadseffektiv produktion så att kundens önskemål kan tillgodoses. Många av dessa faktorer är speciellt relevanta för att nå "industriell tillverkning". Nedan har ett antal av dessa faktorer redovisats:

- Mängden komponenter och varianter av komponenter ska vara tillräckliga för att uppfylla beställarens krav. De träbyggsystem som finns idag på marknaden uppfyller samtliga byggtekniska krav i svenska normer och regler
- Beställaren ska inte känna sig begränsad till typiserade byggnader. Industriellt byggande ger dock stor frihet för beställaren att själv utforma huset. Bäst ekonomiskt utfall fås om leverantören av byggkomponenter i ett tidigt skede får medverka vid utformningen
- Modulariserad uppbyggnad ska kunna uppnås och anpassningsbarhet i terrängen ska vara möjlig. För objekt där modularisering och därmed tillgodoräkning av upprepningseffekter möjliggörs, uppnås stora ekonomiska fördelar

\* Produktionskostnader för nyproduktion av flerbostadshus. "En jämförelse mellan tre projekt, Stockholm, Linköping och Norrköping", Boverkets Byggekostnadsforum, mars 2009

### Förvaltningskostnader

Flervånings trähus är en relativt ny företeelse på bostadsmarknaden. Det finns därför få uppföljningar av förvaltningskostnader att tillgå. De undersökningar\* som finns visar ingen skillnad i drift- och underhållskostnader mellan flervåningshus med trästomme och övrigt bestånd av flerbostadshus. Den generella uppfattningen bland fastighetsägare som har flerbostadshus med trästomme är att förvaltningen av dessa i stort inte skiljer sig i jämförelse med andra bestånd. Förvaltnings-, reparations- och underhållskostnader är ungefärligen desamma för alla bestånd.

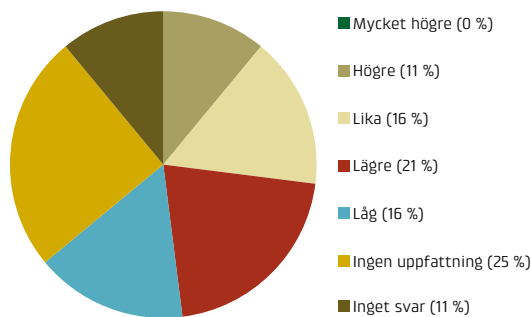
Boverket visade i en rapport 2009 att uppvärmningskostnaden utgör den största enskilda kostnaden.

En undersökning\*\* av uppvärmningskostnader

mellan hus byggda med olika stommaterial, visar att fastighetsägare som förvaltar trähus inte anser att det är någon skillnad mellan hus uppförda med trästomme och hus med andra stommaterial.

Underhållskostnader utgör efter uppvärmningskostnader den största delen av förvaltningskostnaden. I en jämförelse mellan flervånings trähus och traditionellt byggda flervåningshus finns det från förvaltningssynpunkt få skillnader. Livslängd för bärande stomme kan betraktas som likartad då trästommar enbart utnyttjar ca 50 % av sin bärförmåga och dimensioneras mot gällande normer när det gäller teknisk funktion. Fasadmaterial, invändiga ytskikt, stomkompletteringar, inredning mm kan väljas med lika stor frihet som för hus med andra stommaterial.

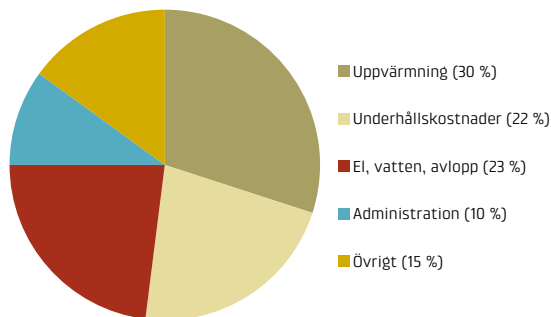
### Uppvärmningskostnad



**Figur 38 Uppvärmningskostnad.** Undersökning av uppfattningen hos fastighetsägare om skillnader i uppvärmningskostnader mellan bostadshus i trä och andra stommaterial.

Källa: Boverket

### Förvaltningskostnader



**Figur 39 Förvaltningskostnader.** Fördelning av förvaltningskostnader för flervånings bostadshus.

\* Levander E.; Förvaltning av industriellt byggda flerbostadshus med trästomme, kartläggning av kostnader och erfarenheter, Teknisk rapport, Ltu, Luleå 2010, ISBN 978-91-7439-006-3

\*\* Levander E.; Addressing Client Uncertainty, A Swedish Property Owner's Perspective on Industrial Timber Frame Housing and Property, Ltu, Luleå 2010, ISBN 978-91-7439-109-1

## Miljö/kretslopp

Det finns stora miljöfördelar med att bygga flerbostadshus med trästomme jämfört med de idag vanligaste stommaterialen betong och stål. Främst gäller det följande miljöaspekter:

- Trä från ett hållbart skogsbruk är ett förnybart material
- Energianvändningen för tillverkning av träprodukter är relativt låg och består till stor del av förnybar energi
- Koldioxidutsläppen från tillverkning och montage av trähus är mycket låga
- Trästommen binder stora mängder kol under sin livslängd och utgör dessutom en avsevärd bioenergitillgång vid eventuell rivning



**Figur 40** Skogens och Skogsprodukters kretslopp.

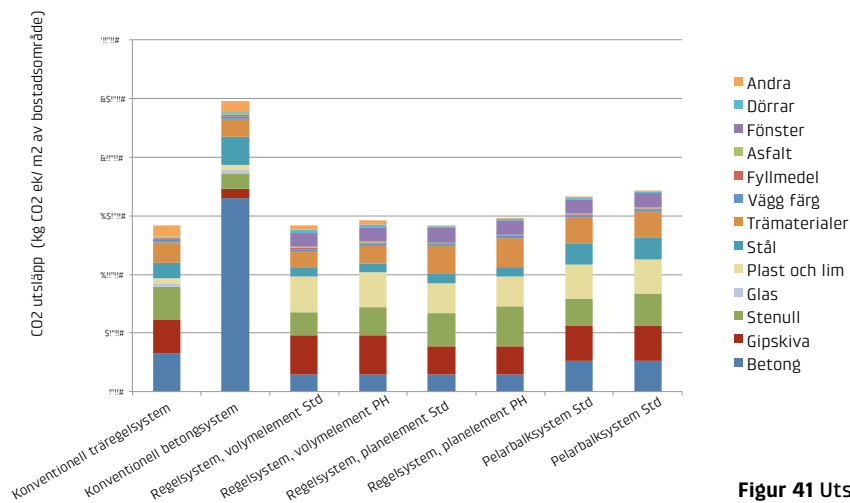
Källa: Skogsindustrierna

\* Sveriges Centrum för Nollenergihus. Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus FEBY 12.

Inom ett europeiskt projekt gjordes under 2010-2012 bland annat en mängd LCA-beräkningar för ett fyra-våningshus i Växjö med olika byggtekniker. Huset är modellerat utifrån objektet Wälludden (se exempel i kapitel 4). Byggteknikerna som använts för modelleringen är dels så som huset ursprungligen byggdes 1995, d v s lättbyggnadsteknik med trä, och dels en platsgjuten betongstomme med utfackningsväggar med lättbyggnadsteknik (trä). Båda dessa avser hus med en energieffektivitet motsvarande 1995 års byggnormer. Till detta har nu fogats modeller enligt tre av dagens teknikalternativ; Volymelement med lättbyggnadsteknik (trä); Planelement med bärande massivträskivor (KL-trä); Pelar-balk-stomme av limträ med ytterväggar med lättbyggnadsteknik (trä). De tre senare har också modellerats med utförande enligt BBR 2012 respektive med ett utförande som motsvarar passivhuskraven enligt FEBY\*. Beräkningarna omfattar en fullständig modell av huset inklusive grundplatta men exklusive inredning och hiss. Ytskikt såsom golv, väggar och tak ingår dock.

I Figur 41 visas resultaten av beräkningarna av påverkan på växthusgaser i atmosfären ("Global warming potential" uttryckt som koldioxidekvivalenter) från samtliga dessa åtta alternativa utföranden för produktionsfasen, d v s från råvaruutvinning till och med färdiga produkter eller element från fabrik. Staplarna är schematiskt uppdelade i olika ingående materialslag.

Resultaten visar att det finns skillnader mellan de tre olika träbyggnadsalternativen men att dessa är relativt små. CO<sub>2</sub>-utsläppen är något högre för de moderna byggheterna, vilket främst kan förklaras av att mängden isolering i väggar och under grundplattan nu är något högre och att en större mängd plastbaserade material antagits ingå. Därtill har fönstren i dagens ut-



**Figur 41** Utsläpp av växthusgaser (koldioxidekvivalenter) från produktionsfasen av åtta olika alternativa utföranden av ett fyrvåningshus\*.

förande antagits vara trä-aluminiumfönster. Skillnaden mellan standardutförande (Std) och passivhusutförande (PH) för de tre moderna alternativen utgörs främst av en ökad mängd isolering. Skillnaden mellan dessa tre är i sin tur främst att pelar-balk-systemet har trapphus och hisschakt utförda i betong för stomstabiliseringen, medan dessa har trästomme i de två andra träalternativen. Betongsstommen har såväl grundplatta som bjälklag och lastbärande väggar utförda i platsgjuten betong, vilket förklarar de betydligt högre CO<sub>2</sub>-utsläppen, medan utsläppen från exempelvis mineralull, gipsskivor och trämaterial är lägre än för träalternativen. Skillnaden i utsläpp är i storleksordningen 100 kg/m<sup>2</sup>, vilket bekräftas av ett flertal motsvarande studier\*\*. Räknet på en lägenhet om 100 m<sup>2</sup> blir skillnaden totalt ca 10 ton koldioxid eller ungefär lika mycket som en ny personbil släpper ut på 8 000-10 000 mils körning. Om ytterväggarna i betongstommen skulle utföras på annat sätt än utfackningsväggar med trästomme, exempelvis med

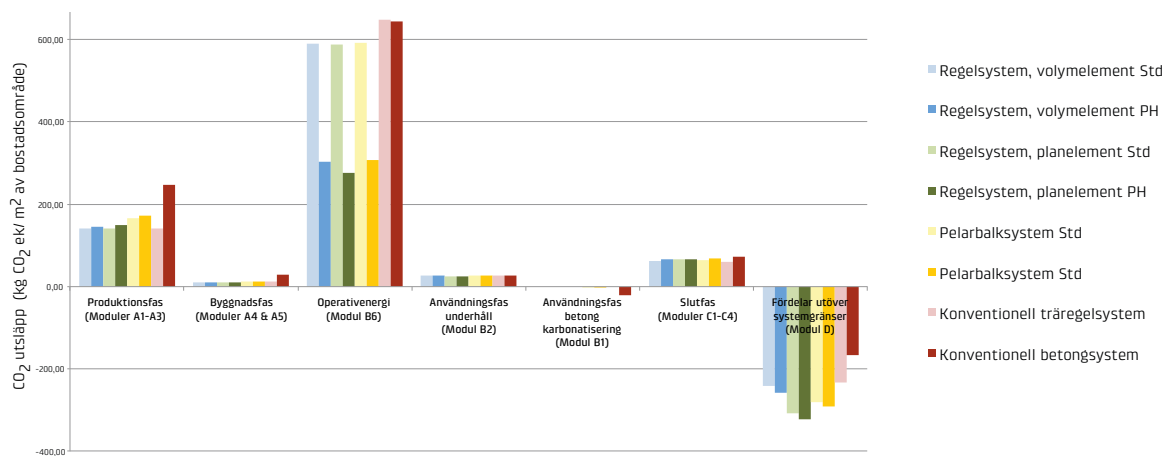
stålreglar eller som betongsandwichkonstruktion skulle skillnaden öka.

Detta är dessutom inte hela sanningen eftersom resonemanget ovan enbart beaktar tillverkningsfasen fram till färdig byggnad eller "från vaggan till grinden" och inte "från vaggan till graven". Ett trähus skiljer sig från hus byggda med annan teknik också genom att trämaterial har en stor mängd inlagrade kolföreningar som binds under byggnadens hela livslängd. I Figur 42 redovisas beräkningen av utsläpp även under byggnadens övriga livscykel faser. I figuren framgår att inlagringen av kol, omräknat till mängd koldioxid mer än väl motsvarar utsläppen från produktionsfasen för samtliga träalternativ. Även betongalternativet lagrar avsevärda mängder kol i det ingående trämaterial, det vill säga i till exempel utfackningsväggarnas träkonstruktioner och invändiga trägol. En ytterligare aspekt är också att trämaterial, vid en eventuell rivning, används som energi. I figuren redovisas den mängd utsläpp som kan

\* Peñaloza, D, Norén, J, Eriksson, P, Life Cycle Assessment of Different Building Systems: The Wälluden Case Study, SP Report 2013:07

\*\* Eriksson, P, Comparative LCA:s for wood and other construction methods, Proceeding of the 8<sup>th</sup> WCTE, Lahti, Finland, 2004.





**Figur 42** Utsläpp av växthusgaser (koldioxidekvivalenter) från byggnadens livscykel av åtta olika alternativa utföranden av ett fyrvåningshus. Observera att de sista två staplarna redovisar alternativa scenarier för trämaterialets slutöde.

Källa: SP Rapport 2013:07

undvikas om man antar att trämaterialiet ersätter kol för energiproduktion.

I Figur 42 redovisas också utsläppen från energianvändning för uppvärmning och varmvatten under 100 års drift av byggnaden. Här framgår de stora skillnaderna mellan byggnader som uppfyller passivhusstandarden och "normala" byggnader. De parametrar som antagits förändrade, utöver mängd isolering i ytterväggar och tak och som inte ger utsläppsskillnader i produktionsfasen, är bland annat en högre lufttätet samt energisnålare installationer. CO<sub>2</sub>-utsläppen är beräknade med antagande om fjärrvärmeuppvärmning enligt Växjö Energis fjärrvärmeproduktion som till största delen är baserad på bioenergi. Med detta scenario är alltså utsläppen från 100 års drift storleksordningsmässigt lika stora som för produktionsfasen för passivhusen och ungefär dubbelt till tre gånger så stora för övriga byggnader. Beräkningen tar även hänsyn till den skillnad som uppstår av olika värmetröghet för de

olika stomalternativen, men som framgår av "original"-alternativen (som har samma U-värden i klimatskalet och i övrigt antagits lika) så är denna skillnad marginell för bostadshus, se även Dodoo\*.

Slutligen redovisas i figuren den bindning av koldioxid som sker under byggnadens drifttid genom karbonatisering av betongen. Denna sker främst i betongstommen där en större mängd betong är exponerad och således kan karbonatisera.

En mycket viktig faktor för en byggnads miljöpåverkan är byggnadens och dess ingående delars livslängd. I analysen som refererats ovan har det inte antagits vara någon skillnad mellan de olika alternativen vad beträffar livslängd eller intervall för renovering, underhåll och utbyte av material och komponenter. Bakgrunden till detta är att skillnaderna till sin helhet återfinns i de inbyggda stomdelarna som inte förväntas kräva något underhåll under byggnadens livstid, medan alla utvändiga och invändiga yttskikt antagits vara lika i alla alternativ.

\* Dodoo, A.: Life cycle primary energy use and carbon emission of residential buildings, Doktorsavhandling, Mittuniversitetet, 2011.

## 4. Exempel på flerbostadshus med trästommar i Sverige och i Europa

I denna avslutande del ges ett antal exempel på olika projekt som uppförts i Sverige, men även i andra europeiska länder. Exempelen vill påvisa mängden av möjligheter och den bredd som redan finns, trots att den här sortens träbyggande fortfarande befinner sig i sin linda. 1994 ändrades lagstiftningen med följden att trähusbyggande i flera våningar blev möjligt. I en tidigare publikation, Sverige bygger åter stort i trä – 55 exempel på modern träbyggnadsteknik i stora konstruktioner, utgiven av Sveriges Träbyggnadskansli år 2007, visas exempel på olika träbyggnadsprojekt under åren 2000 - 2012. Den här exempelsamlingen begränsar sig till bostadsprojekt och tar i första hand upp projekt efter 2007. Några exempel återfinns i bägge publikationerna då vi bedömt att det kan vara av intresse att referera till äldre projekt för att följa hur flervånings bostadshus i trä klarat sig genom åren.

Vi kan följa hur träbyggandet från slutet av 1990-talet sökte sig fram till olika system. Nu finns flera fabriker med tillverkare som börjat producera prefabricerade träbyggnadselement för flervåningshus med trästommar. Det ger avtryck i den byggda miljön som vi visar i denna exempelsamling. Det finns en spridning av projekt med olika slags trästommar, regelväggar eller massivträelement, uppförda med volym- eller planelement.

Denna utveckling har bara pågått i knappt 20 år, därför kan vi förvänta oss att spännande fortsättning.

# Limnologen, Växjö



Bild: Åke Eson Lindman

Husen är byggda på ett område med mycket dåliga grundförhållanden intill sjön Trummen. Alla husen har därför pålats. För att få en styv bottenplatta valde man att göra hela våning ett i betong, även bjälklag över plan 1. Alla övriga plan har en stomme av massivträelement från Martinssons byggsystem. Dragstag av stål tillsammans med korslimmade skivor används till stabilisering av husen.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

7-8 våningar varav den understa är i betong och 138 lägenheter.

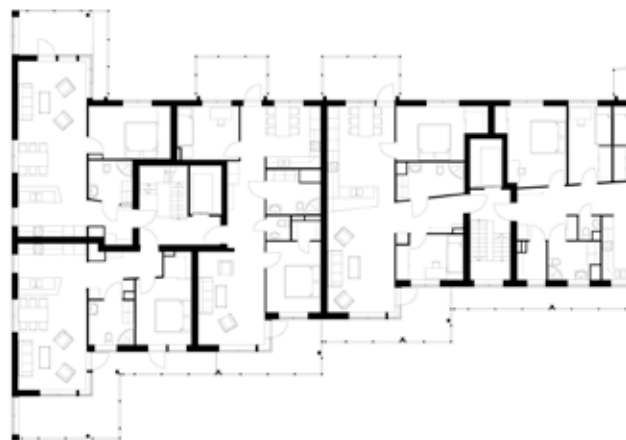
**Beställare:** Midroc.

**Arkitekt:** Ola Malm, Arkitektbolaget i Växjö AB.

**Stomleverantör:** Martinsons Byggsystem AB.

**Entreprenör:** NCC.

**Byggår:** 2006 - 09.



# Cederterrassen, Piteå



Bild: Per Pettersson



Första projektet med upplåtelseformen kooperativ hyresrätt i Norrland. Uppförd på 6 mån, gäller både produktion i fabrik samt uppförande, efter att grunden färdigställts.

**Bostadsform:** Kooperativ hyresrätt.

4 våningar med 39 lägenheter.

**Beställare:** Lindbäck's fastigheter AB.

**Arkitekt:** Hans Tirsén, Tirsén & Aili Arkitekter AB.

**Stomleverantör och entreprenör:** Lindbäck's Bygg AB.

**Byggår:** 2010.

# Rättvisan, Orsa



Bild: Janne Bäckman

Projektet är upphandlat via allmännyttans "Bygg nytt i trä" som är ett samarbete mellan SABO och HBV, där upprättat ramavtal ger en förenklad upphandling. Uppföljningar av energiåtgången har visat på lägre värden än förväntat.

**Bostadsform:** Hyresrätt.

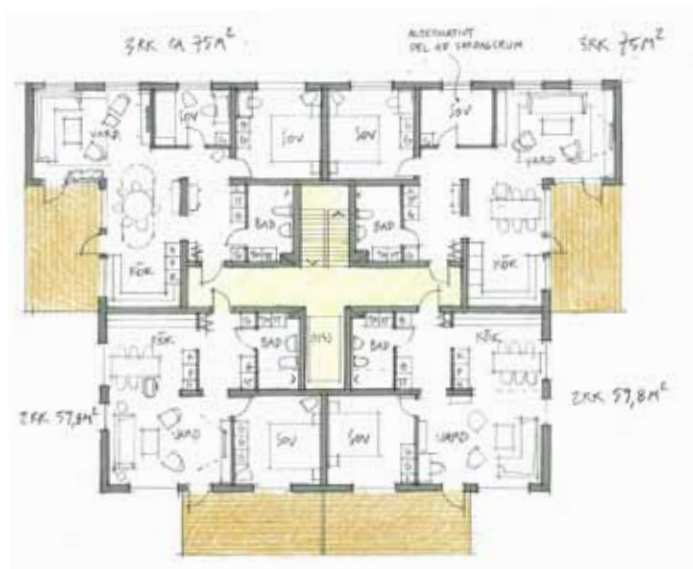
3 våningar och 11 lägenheter.

**Beställare:** Orsabostäder AB.

**Arkitekt:** Hans Tirsén, Tirsén & Aili Arkitekter.

**Stomleverantör/Entreprenör:** Lindbäck Bygg AB.

**Byggår:** 2010.



# Fullriggaren, Kv Skonaren, Västra hamnen, Malmö



Bild: Jais Arkitekter AB

Hyreshuset uppförs som passivhus och bostadsrätterna går under begreppet minienergihus. Bygghetod är ett nyutvecklat träbyggnadssystem som ska klara 8 våningar. Detta projekt är ett pilotprojekt för ett nytt stomsystem som Derome utvecklat tillsammans med ett antal partners. Projektet är ett passiv- och lågenergi projekt där solceller och solfångare integreras i byggnaderna.

**Bostadsform:** Bostadsrätt/Hyresrätt.

Upp till 9 våningar med 31 hyresrätter, 37 bostadsrätter och 3 lokaler.

**Beställare:** Derome Mark och Bostad/ Derome förvaltning AB.

**Arkitekt:** Nisse Landén, Henrik Jais-Nielsen & Mats White Arkitekter AB.

**Stomleverantör:** Derome AB.

**Entreprenör:** Veidekke Entreprenad AB.

**Byggår:** 2010 - 12.



# Kv Klaräppet, Varberg



Bild: Derome/Cadwalk

I projektet har en ny trästomme tagits fram för att klara öppna planlösningar. Byggsystemet är prefabricerat och har kort monterings-tid. Ambitionen är att åstadkomma ett bygge med låg klimatpåverkan med ett värmepumpsystem för att få låg energiförbrukning.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

4 våningar med 12 lägenheter.

**Beställare:** Derome Mark och Bostad AB.

**Arkitekt:** Fredblads Arkitekter AB.

**Stomleverantör:** A-hus AB (Ingår i Deromegruppen).

**Entreprenör:** Bravida AB.

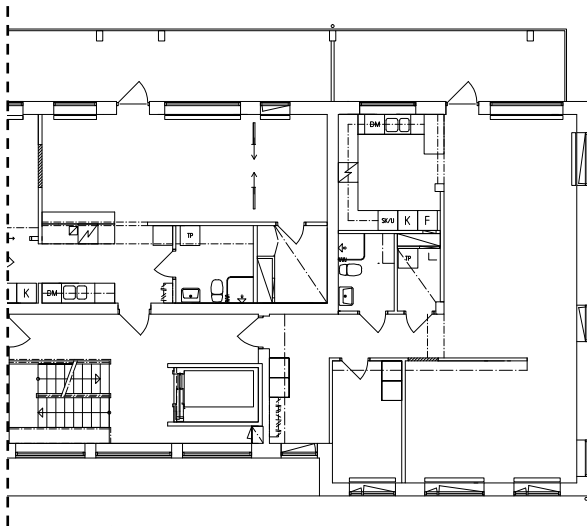
**Byggår:** 2013.



# Älvsbacka Strand, Skellefteå



Bild: PA Burén



Älvsbacka Strand byggdes med bärande prefabricerade panelement av korslimmade skivor som kompletterades med volymelement för kök och badrum. Fasaden är en limträpanel. Byggnaderna har certifierats enligt Miljöbyggnad.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

7 våningar, varav den översta indragen, med 17 lägenheter per hus.

**Beställare:** Bygg i Trä Sverige AB; Martinsons Byggsystem AB, White arkitekter AB och Lindbäcks Bygg AB.

**Arkitekt:** Katrin Ehnberg-Gunnarsson, White arkitekter AB.

**Stomleverantör:** Martinsons Byggsystem AB och Lindbäcks Bygg AB.

**Entreprenör:** Bygg i Trä Sverige AB.

**Byggår:** 2009 - 10.



# Björkbacken, Tyresö centrum



Bild: Johan Bergström

Projektet började som ett betongprojekt men övergick till att byggas som ett kombinationsprojekt med 4 våningar i betong och 6 överliggande våningar med trästommar i volymelement.

**Bostadsform:** Hyresrätter/trygghetsboende.

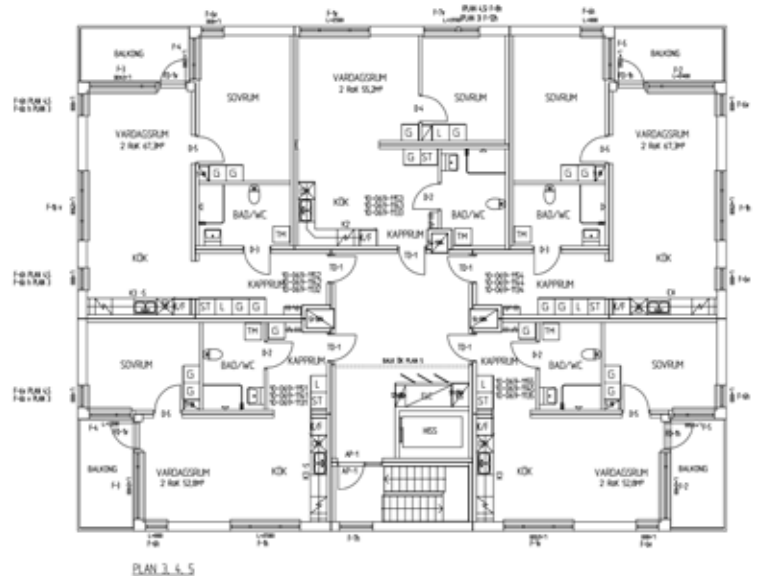
5, 7 och 10 våningar med 75 lägenheter.

**Beställare:** Tyresöbostäder AB.

**Arkitekt:** Svante Bergman, BSK Arkitekter AB.

**Stomleverantör/Entreprenör:** Lindbäck's Byggs AB.

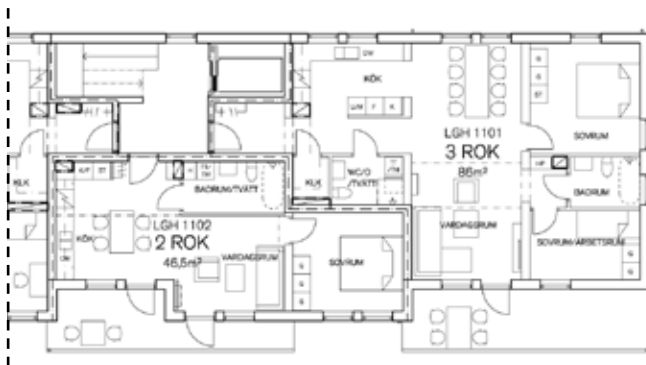
**Byggår:** 2012.



# Ängsnäs Terrass, Huddinge, Stockholm



Bild: Tina Wik



Detta är den andra etappen av exploateringen av Ängsnäsområdet i Huddinge. Området har varit oexploaterat på grund av dåliga grundläggningsförhållanden. Projektet ligger i ett villaområde med de aktuella husen vända mot ett parkstråk mot söder. Lägenheterna varierar från 2 - 5 rum och kök och är 46 - 115 kvm. Bottenvåningen är i betong medan övriga har trästommar.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

3 våningar med 16 lägenheter.

**Beställare:** Åke Sundvalls Byggnads AB.

**Arkitekt:** Malin Amneby och Per Johanson, Joliark Arkitekter.

**Stomleverantör:** Moelven Byggmodul AB.

**Entreprenör:** Åke Sundvalls Byggnads AB.

Byggår: 2011-12.

# Skagershuset, Årsta, Stockholm



Bilder: OWC Architects

Projektet har totalt 5 våningar varav den understa är i betong och tre fulla våningar är byggda med Moelvans trämodulsystem. Överst finns en indragen kungsvåning. Projektet har bärande stomme i trä och fasaden är klädd med cederträ som får gråna. Volymernas dubbla bjälklag har parerats i indragna förskjutna balkonglösningar då isolering redan finns i bjälklagssystemet.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

5 våningar, varav 4 med trä, med 33 lägenheter och garage.

**Beställare:** Åke Sundvalls Byggnads AB.

**Arkitekt:** Björn Ahrenby, OWC Architects.

**Stomleverantör:** Moelven Byggmodul AB.

**Entreprenör:** Åke Sundvalls Byggnads AB.

**Byggår:** 2012 - 13. Inflyttning november 2013.

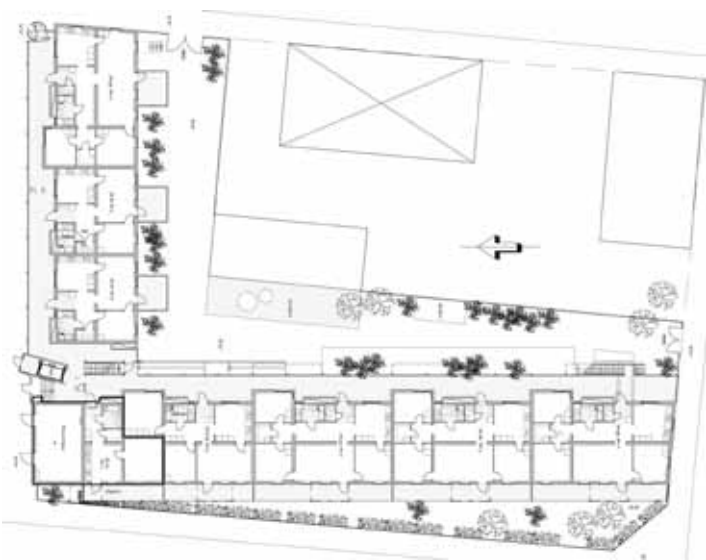


Genomgående lägenhet  
med entré till terrassen ovanför.

## Kv Ekorren, Skellefteå



Bild: Tina Wik



Projektet är ett bostadshus med loftgång där en trappa och hiss försörjer 9 bostäder per våningsplan. En utrymnings-trappa löper utmed ena loftgången. Bostäderna är uppförda med volymelement i två kroppor. Systemet ger synligt trä exteriört såväl som interiört.

**Bostadsform:** Bostadsrätt (även parkeringshus i trä).  
3 - 5 våningar med 33 lägenheter.

**Beställare:** Brf. Ekorren.

**Arkitekt:** Magnus Silfverhielm och Klas Eriksson, AIX arkitekter AB.

**Stom- volymleverantör:** SETRA Plusshus.

**Entreprenör:** PEAB.

**Byggår:** 2006-09.

# Kv. Långskeppet, Råcksta, Stockholm



Bild: Natasa Jovic

Första projektet där arkitekten varit med längre än vanligt i projektet för att höja kvaliteten på byggnaden. Det är ett exklusivt bygge. Priset var högre än vanligt för detta projekt, men det gav både stomleverantör och byggare kunskap om hur till exempel elementskarvar kan trollas bort och hur standarden kan höjas för framtida projekt utan nämnvärd kostnadsökning. Souterrängvåningen är i betong med utfackningsväggar i trä.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

5 våningar + souterrängvåning med 62 lägenheter.

**Beställare:** Bfr Ängbybacke.

**Arkitekt:** Kri Bennström, Bergkrantz Arkitekter AB.

**Stomleverantör:** Lindbäck's Bygg AB.

**Entreprenör:** Åke Sundvall Byggnads AB.

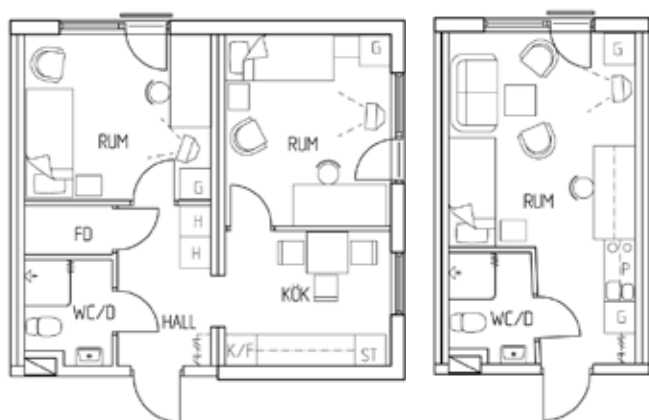
**Byggår:** 2008-9.



# Kv Kandidaten, Solna



Bild: Tina Wik



Befintliga studentbostäder har kompletterats med 530 nya bostäder i bebyggelse från 60-talet med kulturhistoriskt värde. Hushöjden är 2 till 4 våningar. Byggtekniken med färdiga volymelement från fabrik kan ses som en vidareutveckling av 60-talets prefabteknik. Området är ett exempel på hur hög tillverkningsgrad kan kombineras med omsorgsfull anpassning till en mycket speciell byggplats.

**Bostadsform:** Studentbostäder.

4 våningar med 514 lägenheter.

**Beställare:** SSSB.

**Arkitekt:** Hans Tirsén, Tirsén & Aili Arkitekter.

**Stomleverantör:** Lindbäcks Bygg AB.

**Entreprenör:** Lindbäcks Bygg AB.

**Byggår:** 2003.

# Wälludden, Växjö



Bild: Tina Wik.

Projektet hör till de första flervåningshusen i trä som byggdes i landet, 1995. Det byggdes i två etapper med hyresrätter i etapp I och både hyres- och bostadsrätter i etapp II. Etapperna byggdes på olika sätt, etapp I med element som tillverkades i en fältfabrik. 4-våningshuset i etapp II var ett platsbygge medan bostadsrättslängorna i två-våningar byggdes med fabriksstillverkade planelement. Bostadsrätterna tvåvåningslängor skiljer sig från hyresrätterna med sina slamfärgsmålade träfasader.

**Bostadsform:** Hyresrätt i etapp I. Hyresrätt/Bostadsrätt i etapp II.

Etapp 1, 4- och 5-våningshus med 36 lägenheter. Etapp II, 4 våningshus med 20 lägenheter och 3 st bostadsrättshus i 2 våningar med 24 lägenheter.

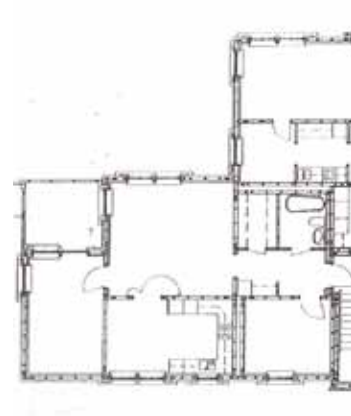
**Beställare:** Södra Skogsägarna/Skanska.

**Arkitekt:** Tina Wik, Tina Wik Arkitekter AB.

**Stomleverantör:** Etapp I byggd i fältfabrik. Etapp II platsbyggd och bfr-delen med planelement.

**Entreprenör:** Skanska.

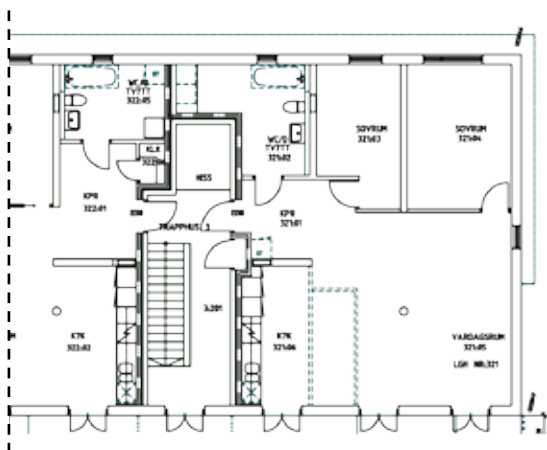
**Byggår:** 1995-96.



# Trähus 2001, Bo01, Malmö



Bild: Åke E:son Lindman



Projektet fick första pris i Träinformations/Skanskas arkitekttävling om Trähus i samband med bomässa Bo01 i Malmö. Projektet skulle byggas enligt den träbyggnadsprincip Skanska utarbetat i tidigare projekt, ett regelsystem med en stabiliserande OSB-skiva, men nu med större utformningsambitioner. Därför anordnades denna tävling mellan 133 inkomna förslag. I projektet togs nya fasadlösningar fram för att få en träfasad som klarade projektekonomin. Lösningen blev treskiktsskivor i trä.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

4 våningar med 32 lägenheter.

**Beställare:** Skanska Ny Hem.

**Arkitekt:** Kim Dalgaard och Tue Traerup Madsen, Köpenhamn.

**Stomlev.:** Platsbyggt, mellanbjälklag från Södra Skogsägarna; Semibjälklaget.

**Entreprenör:** Skanska AB.

**Byggår:** 2000 - 01.



# Portvakten, Växjö



Bild: Mats Samuelsson

Projektet är byggd med första våningen i betong och Martinsons byggsystem (KL-skivor) i övriga våningar. Andra generationen väggelement och bjälklag från Martinsons med högre prefabriceringsgrad och precision än tidigare projekt. En kran och fyra byggnadsarbetare monterade alla element på kort tid. Hela bygget färdigställdes på 11 månader. Projektet är utformat som ett passivhusprojekt, bl a utbildades byggnadsarbetarna om lågenergibyggande och dess krav.

**Bostadsform:** Hyresrätt.

8 våningar med 64 lägenheter.

**Beställare:** Hyresbostäder i Växjö AB.

**Arkitekt:** BSV i Värnamo.

**Stomleverantör:** Martinsons Byggsystem AB.

**Entreprenör:** NCC.

**Byggår:** 2009.



# Trä8, Askims torg, Göteborg



Bild: Arkitekthuset i Jönköping AB



Projektet består av två stycken bostadshus vid Askims torg i Göteborg. Pelarbalksystemet av limträ med Kerto-balkar i bjälklagen. Systemet är prefabricerat i bjälklagselement som levereras till byggsplatsen. Systemet ger ett snabbt montage och därmed förutsättningar för torrt bygge. Stomsystemet ger stor flexibilitet, framförallt om man vill ha annan verksamhet i vissa våningsplan.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

6 våningar med 65 lägenheter.

**Beställare:** Hökerum Bygg AB.

**Arkitekt:** Arkitekthuset i Jönköping AB.

**Stomleverantör:** Moelven Töreboda AB.

**Entreprenör:** Hökerum Bygg AB.

**Byggår:** 2011-12.

# Kv Balder, Nynäshamn



Bild: Natasja Jovic

77 hyreslägenheter som har upphandlats inom ramen för SABO-avtalet, Bygg nytt med trä, i centrala Nynäshamn. Husen är uppförda helt och hållet av industriellt producerade volymelement där endast fasadarbeten och invändiga kompletteringar utförts på byggarbetsplatsen. Den totala byggtiden uppgick till endast 7 månader.

**Bostadsform:** Hyresrätt.

5 våningar med 77 lägenheter.

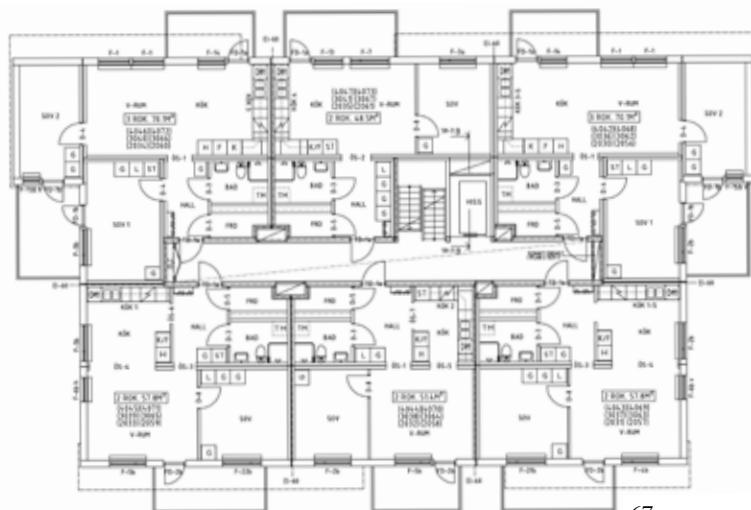
**Beställare:** Nynäshamn bostäder.

**Arkitekt:** Hans Tirsén, Tirsén & Aili Arkitekter AB.

**Stomleverantör:** Lindbäcks Bygg AB.

**Entreprenör:** Lindbäcks Bygg AB.

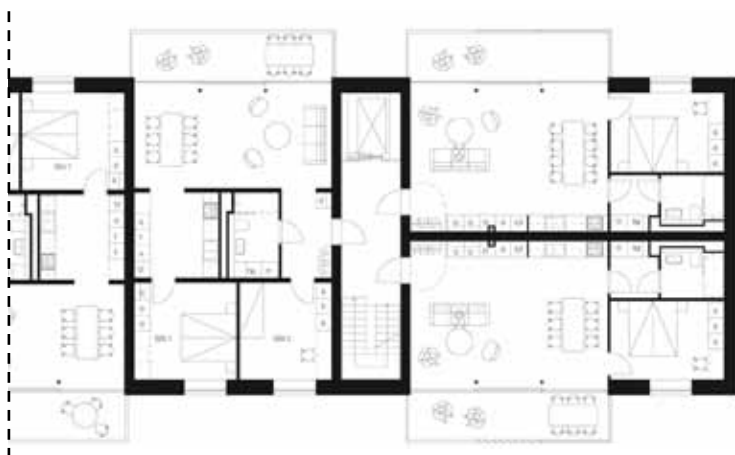
**Byggår:** 2010.



# Strandparken, Sundbyberg



Bild: Wingårdhs Arkitektkontor AB



Detta är ett stort projekt i trä, byggt med massivträ-stomme och med både fasad och tak i trä, ytskikten är av cederträ. Uteplatserna med stora skjutsdörrar till ca 13 kvm stora terrasser eller balkonger har sjöutsikt. Trapphusen är utformade med växtrum.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

4 hus i 8 våningar med 124 lägenheter.

**Beställare:** Folkhem AB.

**Arkitekt:** Anna Höglund, Wingårdhs Arkitektkontor AB.

**Stomleverantör:** Martinsons Byggsystem AB.

**Entreprenör:** Folkhem AB.

**Byggår:** 2012-15.

# Kanslisilket, Vällingby, Stockholm



Bild: Tina Wik

Detta är ett förtätningsprojekt i Vällingbys 50-tals bebyggelse. Ambitionen i projektet var att utforma interiöra anslutningsdetaljer med genomtänkta lösningar som även kunde användas i framtida projekt. Husen är lamellhus med bostäder, lokaler och garage.

**Bostadsform:** Bostadsrätter.

2 stycken 4 våningshus med 56 lägenheter.

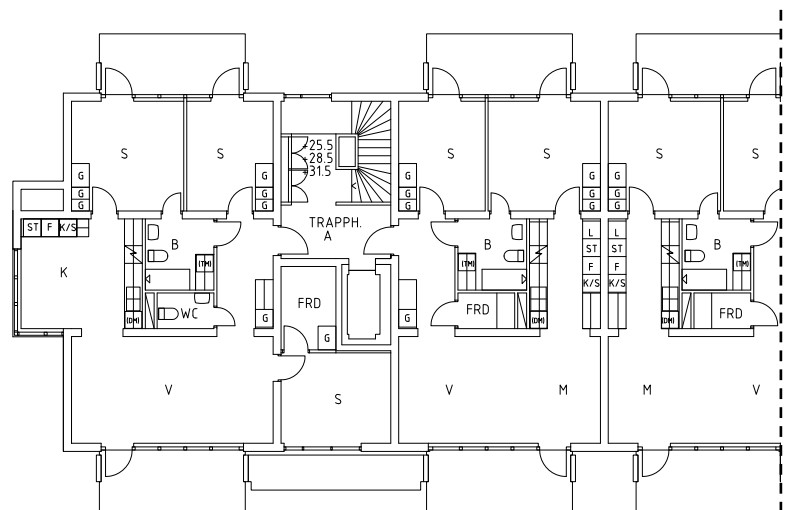
**Beställare:** AB Svenska Bostäder.

**Arkitekt:** Johan Nyrén, Nyréns arkitektkontor AB.

**Stomleverantör:** Lindbäcks Bygg AB.

**Entreprenör:** Lindbäcks Bygg AB.

**Byggår:** 2006.



# Barkarby Hage, Barkarby, Stockholm



Bild: Joel Sjögren



Projektet är byggt i trämoduler, 4x10 m<sup>2</sup>. Alla våtrum, d v s. kök, wc och bad, är samlade i samma modul. De olika modulerna är orienterade kring en väl tilltagen indragen balkong. Alla lägenheter nås via ett utvändigt trapphus som också det har en stomme av trä.

**Bostadsform:** Bostadsrätt.

4 våningar med 54 lägenheter.

**Beställare:** Åke Sundvall Byggnads AB.

**Arkitekt:** Arkitektmagasinet AB.

**Stomleverantör:** Moelven Byggnadsmodul AB..

**Entreprenör:** Åke Sundvall Byggnads AB.

**Byggår:** 2008.

# Kv Brynet, Örebro

Bild: Anders Storm

I projektet användes Martinsons system med väderskydd m m. Från systemhandlingskedet tog Martinsons över projekteringen. White Arkitekter AB behöll dock gestaltningsansvaret.

**Bostadsform:** Hyresrätter.

7 våningar med källare och 18 lägenheter.

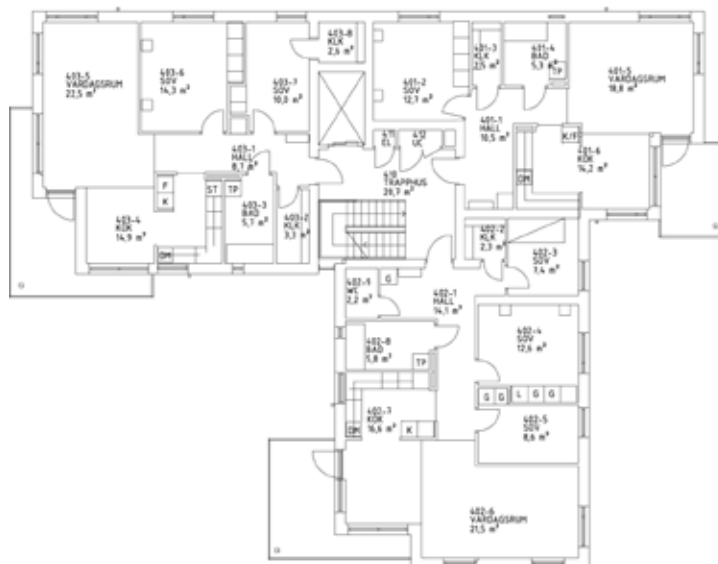
**Beställare:** John Ekströms Fastigheter AB.

**Arkitekt:** Anders Ejdeholt, White Arkitekter AB.

**Stomleverantör:** Martinsons Byggsystem AB.

**Entreprenör:** Ekströms Bygg AB.

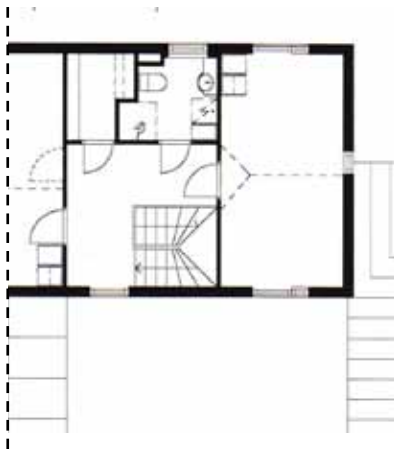
**Byggår:** 2012.



# Lehtovuori Housing area, Konala, Helsingfors, Finland



Bild: Arno de la Chapelle



Tanken var att visa att man kan bygga ett lågt och tätt bostadsområde med samma densitet som flerbostadshus. Fem sinsemellan mycket olika bostadstyper appellerar till hushåll med olika livsstilar. Bostäderna är friliggande, kopplade eller förenade till radhus med två mindre lägenheter. Friliggande hus är placerade i kvarterets mitt för att möjliggöra utblickar tvärs genom kvarteret. Varje bostad har en relativt skyddad uteplats med god orientering. Bostadshusen är målade med linoljefärg vilket stått sig utan skavanker.

**Bostadsform:** Ägarbostäder.

2-3 våningshus som flerbostadshus, kedjehus, radhus och villor.

**Beställare:** Allmännyttan VVO.

**Arkitekt:** Eric Adlercreutz, Jyrki Iso-Aho och Päivi Vaheri; A-konsultit Oy.

**Stommar:** Grund och mellanbjälklag av betongelement, väggelement av trä.

**Entreprenör:** Erkki Kataja Oy.

**Byggår:** 2002-06.



# Bridport House, Hackney, London, England

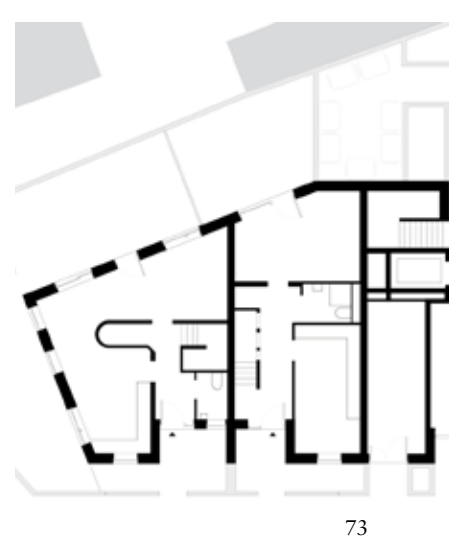


Bild: Jukka Töyli, copyright Stora Enso

Detta bygge använde KL-träskivor som bärande element till hela stommen. Till varje lägenhet används 30 - 40 m<sup>3</sup> trä, vilket motsvarar 30 ton bunden CO<sub>2</sub>. Lägenheterna får generöst med ljus då de vänder sig mot söder och väster. I projektet har massivträ kombinerats med tegel, aluminium och koppar som använts i de arkitektoniska detaljerna. KL-skivorna gav ett tätt hus med låg vikt och kort byggtid, 12 veckor. Dessutom stabiliserade skivorna konstruktionen och varken betong eller stål användes i de olika schakten.

**Bostadsform:** Ägarlägenheter.  
9 våningar med 41 lägenheter.  
**Beställare:** London Borough of Hackney.  
**Arkitekt:** Karakusevic Carson Architects.  
**Stomleverantör:** CLT Stora Enso.

**Entreprenör:** Willmott Dixon Ltd, Wood construction and assembly: URBAN Ltd.  
**Byggår:** 2010.



# Murray Grove, Hackney, London, England



Bild: KLH



Detta 9-våningshus har en massivträstomme, även i kärna med trapphus och hiss. Det gör det till världens högsta bostadshus med trästomme. Byggtiden var kort och en lägenhet tog 7 veckor att färdigställa. Hela byggtiden omfattade 49 veckor. Ambitionerna i projektet har varit att skapa attraktiva lägenheter till ett överkomligt pris.

**Bostadsform:** Ägarbostäder.

9 våningar med 29 lägenheter.

**Beställare:** Metropolitan Housing Trust

**Arkitekt:** Waugh Thistleton Architects Ltd. London.

**Stomleverantör:** KLH

**Entreprenör:** Telford Homes

**Byggår:** 2009 - 10

# Muhlweg, Wien, Österrike



Bild: Tina Wik

Projektet är ett resultat av en entreprenörstävling inom "Climate protection Program of the City of Vienna". Ambitionen är att uppnå både ett klimatsmart byggande såväl som lågenergilösningar. Tre byggnader har placerats utmed tomtragränsen för att ge samtliga lägenheter en orientering mot antingen söder eller väster. Bottenvåningarna och de allmänna kommunikationsytorna är utförda i betong, övriga stomelement i massivträ med element från Kaufmann.

**Bostadsform:** Hyresrätt.

4 våningar med loftgångar och 84 lägenheter.

**Beställare:** BWS Gemeinnützige Allgemeine Bau-, Wohn- und Siedlungsgenossenschaft.

**Arkitekt:** Hermann och Johannes Kaufmann.

**Stomleverantör:** Massivträskivor samt träreglar från Binderholz.

**Entreprenör:** Schertler-Alge GmbH.

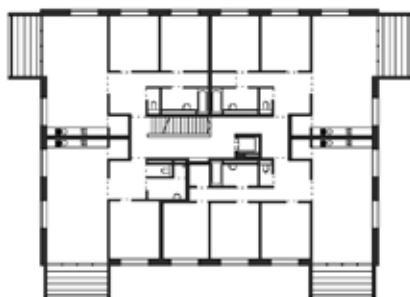
**Byggår:** 2005 -06



# Muhlweg, Wien, Österrike



Bild: Tina Wik



Passivhus med bärande ytterväggar av KL-skiva som kompletterats med 340 mm isolering. Första våningen är av betong, de fyra övre har massivträstommar. Balkonger och takterrass har ekpanel. Byggandet utfördes med prefabricerade KL-element som monterades klimatskyddat på fem dagar. Putsarbetet utfördes på plats på det yttersta isolerskiktet medan fönster och dörrar hade monterats på fabrik.

**Bostadsform:** Hyresrätt.

4 bostadshus i 5 våningar med 70 lägenheter.

**Beställare:** Bauträger Austria Immobilien.

**Arkitekt:** Dietrich & Untertrifaller, Voralberg.

**Stomleverantör:** KLH.

**Entreprenör:** KLEA Wohnbau Gesellschaft m.b.H och betongdelarna Universale bau Ag, Wien.

**Byggår:** 2005 - 06

# Muhlweg, Wien, Österrike



Bild: Büro Architekt Dipl. Ing. Hubert Riess, Tina Wik

Projektet har en kombination av betongstomme och trästomme där garage och kommunikationszonen i mitten är i betong och bostadsdelarna i trä. Utvändigt är byggnaderna klädda med fibercementplattor och balkongerna formade som holkar som enkelt skruvats fast i den massiva trästommen. Ambitioner fanns att inrymma stadsvillor som omfattade lägenhetslösningar i tre plan, men dessa reducerades i slutskedet till vanliga lägenheter.

**Bostadsform:** Hyresrätter.

4 st 4 - 5 våningar med 90 - 95 lägenheter samt garage.

**Beställare:** ARWAG Holding-Akriengesellschaft

**Arkitekt:** Büro Architekt Dipl. Ing. Hubert Riess.

**Stomleverantör:** Sohm, Voralberg.

**Entreprenör:** Gerstl KG.

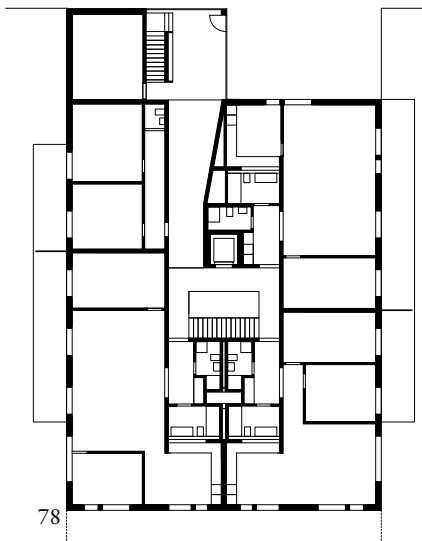
**Byggår:** 2006.



# Hegianwandweg Housing Development, Abriebputz, Schweiz



Bild: Stefan Nyberg



Projektet har ambitioner att utveckla trädgårdsstadsbegreppet till att även omfatta dagens diskussion om hållbarhet. Projektet har sökt platsens möjligheter och studerat samband mellan privata och offentliga rum. Flexibilitet är ett centralt tema och ses som en icke ersättningsbar funktion. Projektet strävar mot nya sociala möjligheter samtidigt som det möter hållbarhetskrav i materialval och drift.

**Bostadsform:** Hyresrätt.

5 hus med 4 våningar och 74 lägenheter samt hobbyrum, ateljéer, förskola och gemensamhetslokaler. Underjordisk parkering med 79 bilplatser.

**Beställare:** Familienheimgenossenschaft Zurich.

**Arkitekt:** EM2N

**Konstruktör:** Pirmin Jung Ingenieure für Holzbau AG, Rain, Makiol + Wiederkehr Holzbauingenieure, Beinwil am See.

**Byggår:** 2003.

# Badenerstrasse, Zürich, Schweiz



Bild: Pool Architekten

Ett lågenergiprojekt byggt med pelar-balkstomme, 100 x 195, i trä där även infästningarna utförts med träpluggar med tanke på låg CO<sub>2</sub>-belastning. Trästemmen är prefabricerad och byggtiden kort. Skivor som nyttjats har optimerats gällande material och laster. Både 3-skiktsskivor, 40 och 55 mm, och 33 mm kertoplattor har använts. Projektet är det första i Zürich som uppfyller landets nya hårda energikrav. Lägenheterna vänder sig genomgående både mot söder och mot parken. Byggnaden har en luftad fasad med betongplattor som bedöms vara relativt underhållsfria.

**Bostadsform:** Ägarbostäder och företagsytor.  
6 bostadsvåningar med 54 lägenheter över en företagsvåning.

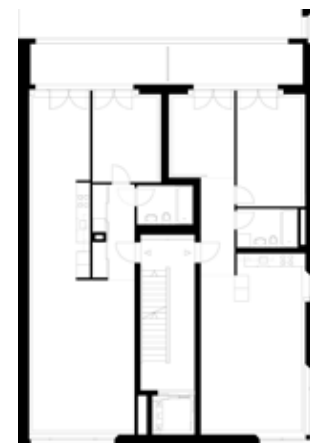
**Beställare:** Baugenossenschaft Zurlinden,  
Zürich.

**Arkitekt:** Pool Architekten, Mathias Heinz och  
David Leuthold.

**Stomleverantör:** Zimmereigenossenschaft  
Zurich mit Unterstützung der Firma Jäggi  
Hafer Holzbau Regensdorf.

**Träbyggnadsingenjör:** SJB Kempter Fitze AG,  
Herisau AG.

**Byggår:** 2008 - 10.



## Via Cenni, Milano, Italien



Bild: RPA Rossi Prodi Associati



Via Cenni är resultatet av en arkitekttävling 2009 vars målsättning var innovativt, socialt byggande. Tävlingsförslaget består av 4 stycken 9 våningar höga bostadshus som är förbundna med ett antal tvåvåningslängor. Höghusen är en-spännare med ett trapphus i mitten. Samtliga delar är uppförda med KL-element, även trapphus och hiss-schakt. Konstruktionen är dimensionerad för att tåla jordbävningar.

**Bostadsform:** Socialt boende.

2 - 9 våningar med 124 stycken 2-4 rumslägenheter.

**Beställare:** Polaris Investment Italia SGR SpA, Fondo Housing Sociale.

**Arkitekt:** Fabrizio Rossi Prodi, RPA Rossi Prode Associati, Firenze.

**Stomleverantör:** CLT från Stora Enso.

**Entreprenör:** CARRON spa och Service Legno (trästommen).

**Byggår:** 2012 - 13.