

Industrielt trebyggeri: Erfaringer fra norske prosjekter

*Industrial timber construction:
Experiences from Norwegian projects*

Saksbehandlere: Anders Q. Nyrud, Kristian Bysheim, Geir Glasø
(Treteknisk)
Tomas Nord (Linköpings universitet)
Finansiering: Innovasjon Norge
Dato: April 2011

Sammendrag

De siste årene har det vært økt interesse for å utvikle konsepter for industrialisering og systematisering av byggeprosessen. Den kraftige etterspørselsveksten etter boliger og næringsbygg fram til 2007, gjorde det nødvendig å effektivisere byggeprosessen (korte ned byggetid, senke byggekostnader, utnytte arbeidskraft mer effektivt). Effektivisering kan realiseres ved å industrialisere produksjons- og byggeprosessen. Industrialisering kan også bidra til jevnere kvalitet på byggeprosjekter (f.eks. mindre variasjon i kvalitet).

Rapporten gir en oversikt over noen utvalgte ferdigstilte trebyggeriprojekter som har vært gjennomført i Norge i løpet av de siste årene, og hvilke erfaringer man har med industrielt trebyggeri. Tidligere har det ikke blitt samlet inn informasjon om hvilke erfaringer deltakere i industrielle trebyggeriprojekter har tilegnet seg i løpet av planleggings-, bygge- og bruksfasen. Rapporten er ment å være en katalog over viktige ferdigstilte prosjekter, slik at beslutningstakere i byggeprosessen kan dra nytte av disse. Prosjektenes grad av industrialisering vurderes også, og det gis innspill til videre satsing på industrielt trebyggeri i Norge.

Stikkord: Trebyggeri, industrialisering, systematisering
Keywords: *Timber construction, industrialization, systematization*

Summary

In recent years there has been an increased interest in developing concepts for industrialization and systematization of the building process. The strong growth in demand for housing and industrial buildings until 2007, necessitated an increase in the efficiency of the building process (shortening the construction period, lowering building costs, utilizing manpower more efficiently). Efficiency improvement can be realized through industrialization of the production process and the building process. Industrialization may also contribute to a more even quality in the building projects (e.g. less variation in quality).

The report provides a summary of some selected timber construction projects completed in Norway during recent years, as well as the experiences made with industrial timber construction. Information regarding the experiences that participants in industrial timber construction projects have acquired during the various phases of the building process (planning, building and operational), have previously not been gathered. The report is intended as a catalogue of important completed projects, in order for decision-makers in the building process to benefit from previous experiences. The degree of industrialization of the projects is also assessed, and suggestions for further efforts in industrial timber construction in Norway are given.

Forord

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Innovasjon Norge. I forbindelse med deres satsing på industrielt trebyggeri, var det behov for en gjennomgang av aktuelle byggeprosjekter i Norge. Rapporten skal gi en oversikt over noen utvalgte ferdigstilte trebyggeriprojekter som har vært gjennomført i Norge i løpet av de siste årene, og hvilke erfaringer man har med industrielt trebyggeri.

Industrielt trebyggeri er et satsningsområde for flere norske aktører. Tidligere har det ikke blitt samlet inn informasjon om hvilke erfaringer deltakere i industrielle trebyggeriprojekter har tilegnet seg i løpet av planleggings-, bygge- og bruksfasen. Det er derfor behov for å kartlegge hva som allerede fungerer tilfredsstillende i byggeprosessen og hva som eventuelt kan forbedres.

Siden det fokuseres på norske forhold, er det i hovedsak norske kilder som er gjennomgått. Rapporten inneholder imidlertid også et kapittel viet svenske erfaringer med industrielt trebyggeri, skrevet av Tomas Nord (Kapittel 3).

Innhold

Sammendrag.....	3
Summary	4
Forord	5
1 Industrielt trebyggeri	10
1.1 Industrielt byggeri	10
1.2 Industrielt trebyggeri.....	12
1.3 Byggeprosess/organisering.....	17
1.4 Case-studien.....	18
1.4.1 Utvalg	18
1.4.2 Datainnsamling	19
2 Status: Situasjonen i Norge.....	21
2.1 Norske produsenter av industrielle trebyggekonsepter	24
3 Industrielt tråbyggande i Sverige under 2000-talet	28
3.1 Marknadslåget fr industrielt tråbyggande.....	29
3.1.1 Tråhusbyggandet initieras.....	30
3.2 Affårsmodeller og tekniske løsninger fr industrielt byggande i trå .	31
3.2.1 Delsystemleverantrer	32
3.2.2 Systemleverantrer	33
3.3 Erfarenheter frå statlige og branshespesifika satsninger på ökat tråbyggande	35
4 Presentasjon av ferdigstilte prosjekter	39
4.1 Zitty.....	39
4.1.1 Informasjon om prosjektet.....	40
4.1.2 Prosjektidé.....	40
4.1.3 Offentlige rammefaktorer	40
4.1.4 Løsninger/Teknologi	40
4.1.5 Planlegging	41
4.1.6 Logistikk.....	41
4.1.7 Erfaringer fra prosjektet.....	41
4.1.8 Konklusjon.....	42
4.1.9 Kilder	42
4.2 Engaland.....	43
4.2.1 Informasjon om prosjektet.....	44
4.2.2 Prosjektidé.....	44
4.2.3 Offentlige rammefaktorer	44
4.2.4 Løsninger/Teknologi	44
4.2.5 Planlegging	45
4.2.6 Logistikk.....	45
4.2.7 Erfaringer fra prosjektet.....	45
4.2.8 Konklusjon.....	46
4.2.9 Kilder	46

4.3	Passivhus på Skøyen.....	47
4.3.1	Informasjon om prosjektet.....	48
4.3.2	Prosjektidé.....	48
4.3.3	Offentlige rammefaktorer	48
4.3.4	Løsninger/Teknologi	48
4.3.5	Planlegging	49
4.3.6	Logistikk.....	50
4.3.7	Erfaringer	50
4.3.8	Konklusjon	51
4.3.9	Kilder	51
4.4	Preikestolen fjellhytte	52
4.4.1	Informasjon om prosjektet.....	53
4.4.2	Prosjektidé.....	53
4.4.3	Offentlige rammefaktorer	53
4.4.4	Løsninger/Teknologi	54
4.4.5	Planlegging	54
4.4.6	Logistikk.....	55
4.4.7	Erfaringer	55
4.4.8	Konklusjon	57
4.4.9	Kilder	57
4.5	Passivhus i Bodø.....	58
4.5.1	Informasjon om prosjektet.....	59
4.5.2	Prosjektidé.....	59
4.5.3	Offentlige rammefaktorer	59
4.5.4	Løsninger/Teknologi	59
4.5.5	Planlegging	60
4.5.6	Logistikk.....	61
4.5.7	Erfaringer	61
4.5.8	Konklusjon	62
4.5.9	Kilder	62
4.6	Næringsbygg i Vestby	63
4.6.1	Informasjon om prosjektet.....	64
4.6.2	Prosjektidé.....	64
4.6.3	Offentlige rammefaktorer	64
4.6.4	Løsninger/Teknologi	64
4.6.5	Planlegging	65
4.6.6	Logistikk.....	65
4.6.7	Erfaringer	65
4.6.8	Konklusjon	66
4.6.9	Kilder	66
4.7	Ungdomsboliger i Hokksund.....	67
4.7.1	Informasjon om prosjektet.....	68
4.7.2	Prosjektidé.....	68
4.7.3	Offentlige rammefaktorer	68
4.7.4	Løsninger/Teknologi	68
4.7.5	Planlegging	69

4.7.6	Logistikk.....	70
4.7.7	Erfaringer	70
4.7.8	Konklusjon.....	72
4.7.9	Kilder	72
4.8	Idrettsparken boliger på Rena.....	73
4.8.1	Informasjon om prosjektet.....	73
4.8.2	Prosjektidé.....	74
4.8.3	Offentlige rammefaktorer.....	74
4.8.4	Løsninger/Teknologi	74
4.8.5	Planlegging	75
4.8.6	Logistikk.....	75
4.8.7	Erfaringer	75
4.8.8	Konklusjon.....	76
4.8.9	Kilder	76
4.9	Fjøs i Vestre Toten kommune.....	77
4.9.1	Informasjon om prosjektet.....	78
4.9.2	Prosjektidé.....	78
4.9.3	Offentlige rammefaktorer.....	78
4.9.4	Løsninger/Teknologi	79
4.9.5	Planlegging	79
4.9.6	Logistikk.....	79
4.9.7	Erfaringer	79
4.9.8	Konklusjon.....	80
4.9.9	Kilder	80
5	Oppsummering av erfaringene fra byggeprosjektene	81
5.1	Grad av industrialisering.....	81
5.1.1	Planlegging og gjennomføring av byggeprosessen.....	82
5.1.2	Byggeteknologi og bygget som system	82
5.1.3	Markedsfokus og relasjoner	83
5.2	Økonomi: Kostnadseffektivitet og konkurransedyktighet.....	83
6	Konklusjon.....	87
6.1	Dagens status i case-prosjektene.....	87
6.2	Muligheter.....	87
7	Referanser	90
	Vedlegg 1 Produsenter som har Teknisk Godkjenning av SINTEF Byggforsk eller er CE-godkjent.....	91
	Vedlegg 2 Intervjuguide	96

1 Industrielt trebyggeri

De siste årene har det vært økt interesse for å utvikle konsepter for industrialisering og systematisering av byggeprosessen. Den kraftige etterspørselsveksten etter boliger og næringsbygg fram til 2007, gjorde det nødvendig å effektivisere byggeprosessen (korte ned byggetid, senke byggekostnader, utnytte arbeidskraft mer effektivt). Effektivisering kan realiseres ved å industrialisere produksjons- og byggeprosessen. Industrialisering kan også bidra til jevnere kvalitet på byggeprosjekter (f.eks. mindre variasjon i kvalitet).

I dette kapitlet avklares sentrale begreper, og det gis også en kort beskrivelse av faktorer som påvirker industrielt byggeri. Det har nylig vært gjennomført flere undersøkelser av industrialisert byggeri Norge og Sverige. Apleberger m.fl. (2007) og Lessing (2006, 2008) beskriver industrielt byggeri i Sverige, mens en norsk rapport ble gitt ut i forbindelse med Byggekostnadsprogrammet (Berg, 2008). I tillegg har det i Norge kommet to rapporter om industrialisering av trehusproduksjonen (Kristoffersen m.fl., 2007 og Schmidt, 2009). Det er utenfor denne rapportens målsetting å foreta en fullstendig historisk gjennomgang av industrialiseringen av byggeprosessen, eller å gjennomføre en fullstendig gjennomgang av all litteratur på området. For mer utfyllende utredninger av begrepet industrielt byggeri eller beskrivelser av teknologiske løsninger og industrielle trebyggesystemer, vises det til disse rapportene.

1.1 Industrielt byggeri

Industrialisering innebærer at man videreforedler råvarer eller lett omarbeidede råvarer, til standardiserte produkter. En industriell produksjon innebærer at et råstoff videreforedles i en standardisert produksjonsprosess. Industriell produksjon foregår gjerne i stor skala, og for å etablere industriell produksjon kreves det gjerne store forhåndsinvesteringer i realkapital.

Industrielt trebyggeri omfatter flere typer næringsvirksomhet, f.eks. ferdighusproduksjon og produksjon av større bygningselementer. Dette er ikke nytt i seg selv. Schmidt (2009) viser til at det allerede i antikken ble produsert standardiserte bygningskomponenter. I Norge har vi lange tradisjoner for produksjon av prefabrikkerte hus eller byggeelementer.

De viktigste årsakene til at man ønsker å etablere industrialisert produksjon av trebygg er:

- Reduserte produksjonskostnader på grunn av mindre arbeidsintensiv produksjon og mer effektiv ressursutnyttelse.
- Jevnere kvalitet på grunn av standardisert produksjon og råvarer (fukt).
- Høyere volum på grunn av standardiserte produkter.

- Raskere leveranser på grunn av standardiserte produkter.
- Fleksibilitet på grunn av overordnet planlegging.
- Bedre leveransesikkerhet på grunn av organisasjonsmessige fordeler.
- Offentlige krav gitt i lover og standarder.

Apleberger m.fl. (2007) skiller mellom *industrielt byggende* og *industrialisert byggende*:

Industrielt byggende: Tilverkningsprosesser som sker i en sluten industriell miljö, endast montagearbeten sker på byggplatsen.

Industrialisert byggende: Bygg- och planeringsprocessen drivs enligt industriella principer med bland annat användning av förtilverkade komponenter, men en övervägande del av produktionen sker på byggplatsen.

I følge definisjonen av industrielt byggeri forutsettes det at produksjonen av bygninger eller bygningsdeler skjer før bygningen settes opp på byggeplass. I Norge er det i dag en utstrakt innenlandsproduksjon av både bygninger og bygningselementer, men relativt få bedrifter har utviklet konsepter som tilfredsstiller definisjonen av industrielt byggeri. Industrialisert byggeri omfatter også systematisert byggeproduksjon.

Erfaring viser at det selv med ganske enkle midler er mulig å systematisere byggeprosessen, f.eks. ved produksjon av byggelementer. Apleberger m.fl. (2007) omtaler dette som systematisert byggeri. Ved å systematisere produksjonsprosessen kan man øke produsert volum uten vesentlige investeringer i avansert produksjonsutstyr. Dette er en relativt vanlig produksjonsstrategi for mange produsenter av byggesystemer. Systematisert byggeri er altså som en undergruppe av industrielt byggeri.

For å vurdere grad av industrialisering av byggeprosessen, har Lessing (2006), med utgangspunkt i tidligere forskning utarbeidet en liste over åtte kriterier (Bergs oversettelse (2008)). I denne undersøkelsen benyttes Lessings rammeverk for vurdering av grad av industrialisering i hvert enkelt prosjekt.

1. Planlegging og kontroll av prosessen.
2. Bruk av IKT.
3. Systematisk evaluering av måloppnåelse og erfaringstilbakeføring.
4. Logistikk integrert i byggeprosessen.
5. Utvikling av tekniske systemer.
6. Bygningsdeler produsert off-site.
7. Langsiktige relasjoner mellom aktørene.
8. Kundefokus.

I et teoretisk perspektiv kan det hevdes at teknologi består av to hoveddeler (Rogers, 2003): (1) Verktøy som utgjør teknologien på et materielt eller fysisk nivå og (2) Kunnskapsbasen for verktøyet. Lessings kriterier er i tråd med dette, og prosjekter vurderes både ut i fra kunnskapsbasen i hvert enkelt prosjekt (logistikk, bruk av IKT-verktøy, evaluering av prosjektet, planlegging og kontroll, kunde-fokus og relasjoner mellom aktører) og de fysiske byggesystemene som er benyttet i prosjektet (tekniske systemer (byggeteknologi) og produksjon av bygningsdeler).

1.2 Industrielt trebyggeri

Industrielt trebyggeri innebærer industriell produksjon av bygningsdeler eller hele bygninger der bærende konstruksjon og/eller vesentlige deler av bygningen er bygd i tre. Industriell produksjon av trebygg deles gjerne inn i fire kategorier (Goslie, 2003):

- *Precut-system*: Trekomponenter kappes og merkes i fabrikk eller på lager før transport til byggeplass.
- *Elementbygg*: Bygningsdeler (f.eks. vegg eller gulv/etasjeskille) produseres i fabrikk og settes sammen på byggeplass av montasjeteam.
- *Volumseksjoner/moduler*: Hele seksjoner produseres og monteres i fabrikk og transporteres direkte til byggeplass der de settes sammen.
- *Hybridløsninger* der man kombinerer to eller alle tre metodene i ett byggeprosjekt.



Figur 1. *Precut*: Ferdigkappede tredeler på byggeplass i emballasje.



Figur 2. Precut: Plassbygging ved bruk av precut.



Figur 3. Elementbygg: Produksjon av veggelementer i fabrikk.



Figur 4. Elementbygg: Prefabrikkert yttervegg klar for transport til byggeplass.



Figur 5. Elementbygg: Bygging ved bruk av elementer.



Figur 6. Elementbygg: Prefabrikkerte massivtrelementer som heises inn i bygget.



Figur 7. Volumseksjoner: Prefabrikkering av volumseksjoner i fabrikk.

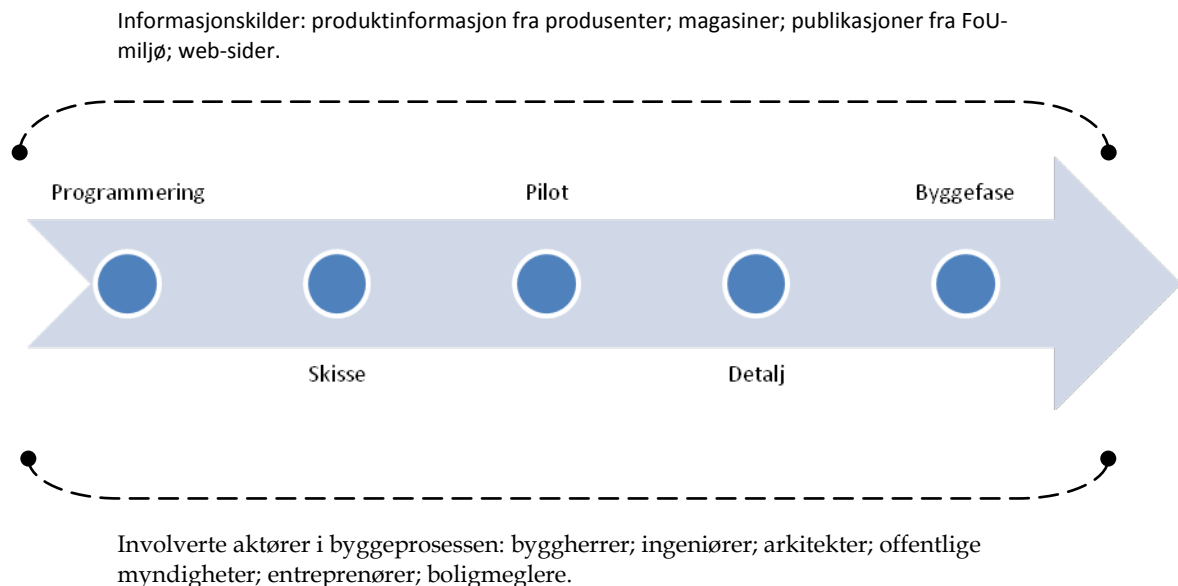


Figur 8. Volumseksjoner: Prefabrikkerte volumseksjoner heises på plass.

Industrielt trebyggeri spenner i prinsippet fra *precut*-strategier, dvs. plassbygging der ferdige emner/materialer leveres på byggeplass og tilpasses fortløpende, til en lukket byggeprosess der produksjonen foregår i et fabrikkanlegg og aktiviteten på byggeplass i all hovedsak omfatter grunnarbeid og montering av elementer eller moduler. Det vil i de fleste tilfeller være en avveining mellom høy grad av standardisering av produkter og fleksibilitet med hensyn til tilpasning til det enkelte prosjektet. Graden av fleksibilitet påvirker gjerne mulighetene for å utnytte bruk av standardiserte komponenter, men vil også ofte medføre at en større del av arbeidet må gjøres på byggeplass.

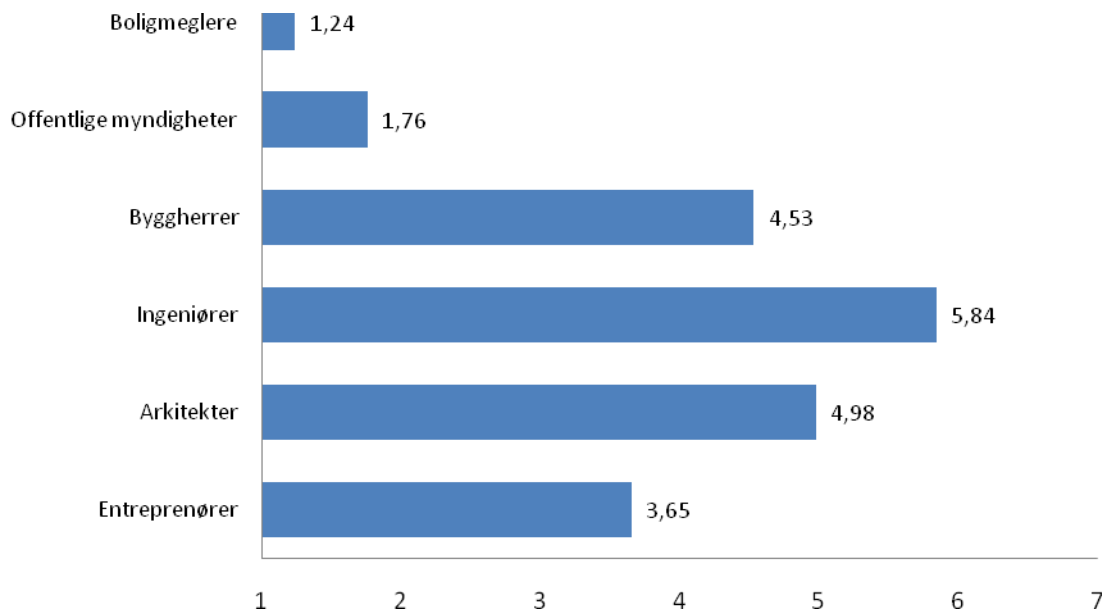
1.3 Byggeprosess/organisering

Figur 9 viser en skisse over plan- og byggeprosessen for et bygg. Figuren viser også aktuelle informasjonskilder som benyttes av aktørene, og hvilke aktører som er involvert.



Figur 9. Beskrivelse av prosess for materialvalg (basert på Emmitt og Yeomans, 2008).
I figuren er prosessen delt opp i fem hovedfaser: Programmeringsfase; skissefase; pilotfase, detaljfase; byggefase.

Figur 10 gir en oversikt over relativ innflytelse på materialvalg blant deltakerne i byggeprosessen. Tallene er hentet fra en undersøkelse blant norske aktører i byggebransjen utført av SINTEF Byggforsk og Norsk Treteknisk Institutt i 2008/2009 (Bysheim og Nyrud, 2010). Figuren viser hvem norske arkitekter og ingeniører oppfatter har sterkest innflytelse på materialvalg i plan- og byggeprosessen. Resultatene viser at ingeniører, arkitekter og byggherre blir ansett for å være de mest innflytelsesrike aktørene i plan- og byggeprosessen. Respondentene ble bedt om å rangere de ulike aktørene på en syvpunktsskala, hvor verdien syv indikerte mest innflytelsesrik.



Figur 10. Oversikt over hvilke aktører som blir ansett som mest innflytelsesrike i forhold til materialvalg. De oppgitte tallene er gjennomsnittsverdier for alle respondentene.

1.4 Case-studien

Studien omfatter norske byggeprosjekter som nylig er realisert. Det ble lagt vekt på å finne prosjekter som var ferdige, da det var et ønske om å samle inn erfaringer fra alle parter i byggeprosessen – også brukserfaringer fra byggherre.

1.4.1 Utvalg

I samråd med Trebasert innovasjonsprogram i Innovasjon Norge ble det valgt ut ni byggeprosjekter som skulle inngå i denne studien. Hvert prosjekt ble valgt fordi det var relevant fra et perspektiv om industrialisering av trebyggeri. Følgende kriterier ble lagt til grunn når prosjektene ble valgt ut:

1. Teknologi (byggemetode)
2. Grad av prefabrikasjon
3. Kunde-/markedsfokus
4. Logistikk

For å få et bredt erfaringsgrunnlag ble det lagt vekt på å velge prosjekter som ikke har for mye til felles. Det er stor variasjon mellom prosjektene som inngår i studien, f.eks. med hensyn til bygningenes anvendelse, teknologiske løsninger som ble brukt og kontraktsform. Prosjektene er tatt med fordi de gir informasjon om praksis i industrialisert trebyggeri, hvilke løsninger som fungerer, nødvendige investeringer i realkapital, god materialbruk eller samarbeid mellom aktører. Utvalget omfatter en rekke prosjekter med høy grad av industrialisering eller systematisert produksjon, men det er også eksempler på prosjekter som er spesialiserte og ikke faller direkte innenfor begrepet vi typisk klassifiserer som industrialisert byggeri.

Tabell 1. Utvalgte prosjekter.

Prosjekt	Byggeår	Byggherre	Arkitekt	Utførende
Preikestolhytta	2008	Stavanger Turistforening	Helen & Hard Arkitekter AS	Holz100 Norge
Ungdomsboliger Hokksund	2006	Eiker Eiendoms- utvikling	Code Arkitektur v/Eivind Nygård	Moelven Massivtre, m.fl.
Engaland	2008	Engaland AS	Lund og Slaatto Arkitekter AS	Skanska Husfabrikken
Zitty Drammen	2008	Peab boligutvikling	Finn Kleiva Sivilarkitekt	Moelven Byggmodul
Passivhus Bodø	2010	Grethe og Tony Bakkejord	-	Moelven Byggmodul
Rena leir	2010	Forsvarsbygg	LPO arkitektur & design/Birger Håheim	Senterbygg Entreprenør AS
Butikk Vestby, Norgesgruppen	2009	Olav Breivik	-	Hersleth Entreprenør
Tollefsrud fjøs	2009	Ola Tollefsrud	Fjøssystemer	Fjøssystemer
Passivhus Skøyen	2009	Stein Stoknes	Medplan Arkitekter AS	Byggmester Jo Toftdal

1.4.2 Datainnsamling

Innsamlingen av erfaringer er i hovedsak basert på intervjuer med personer som var involvert i de aktuelle prosjektene. Sentrale beslutningstakere og personer som har deltatt enten i planlegging eller oppføring av bygget ble intervjuet. I tillegg til intervjuene er det også samlet inn informasjon fra åpne kilder og ved kompletterende intervjuer med fagpersoner med spesiell kunnskap om prosjektet.

Alle intervjuene ble gjennomført over telefon. Alle som deltok ble spurt de samme spørsmålene. Dette ble gjort ved å benytte en standardisert intervjuguide. Intervjuguiden er gjengitt i sin helhet i Vedlegg 2. Intervjuguiden var delt inn i fem temaer av relevans for prosjektets gjennomføring og suksess. Tre av disse er basert på Lessings kriterier for industrialisert bygg: 1) Teknologiske løsninger, 2) Planlegging og gjennomføring av byggeprosessen og 3) Logistikk. I tillegg ble deltakerne eksplisitt bedt om å fortelle om 4) Erfaringer fra prosjektet og 5) Hvordan offentlige ramme faktorer hadde påvirket prosjektgjennomføringen.

De åpne kildene omfatter informasjon fra en rekke kilder, f.eks. tilgjengelige rapporter om prosjektene, artikler i fagtidsskrifter og aviser samt presentasjoner på konferanser eller møter. Det er lagt vekt å basere denne delen av datainnsamlingen på kilder som er offentlig tilgjengelige, enten trykte eller digitale. For enkelte av prosjektene har det også blitt samlet inn ytterligere informasjon om prosjektene fra ressurspersoner som enten har deltatt direkte i prosjekter eller som har spesiell kjennskap til enkeltprosjekter, f.eks. på grunn av underleveranser. Dette har blitt organisert som samtaler/intervjuer basert på strukturen i intervjuguiden.

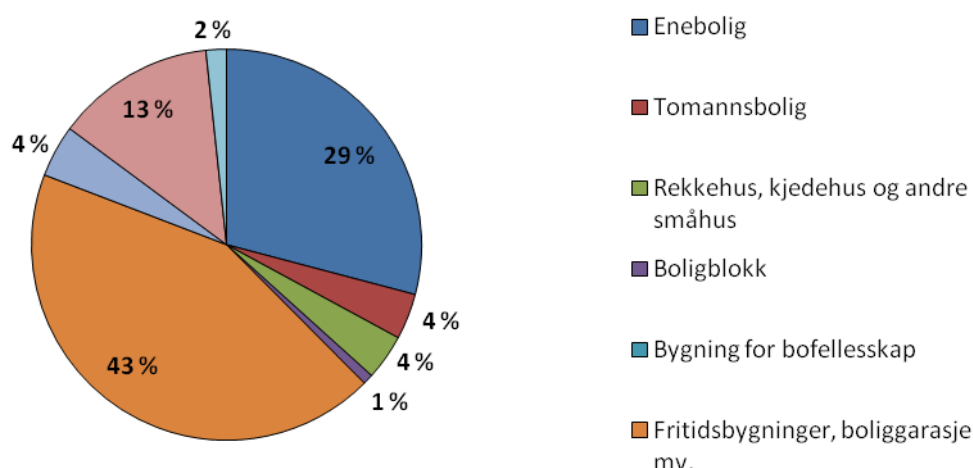
2 Status: Situasjonen i Norge

Bygningsmassen i Norge deles grovt inn i tre hovedgrupper: Boliger, fritidsbygg og næringsbygg. Trehus har tradisjonelt vært forbundet med småhus og eneboliger, dvs. forholdsvis enkle byggesystemer som har blitt utviklet over tid, og det finnes i utgangspunktet ikke tilsvarende løsninger som også fungerer for høyhus. Industrielt trebyggeri er aktuelt for alle anvendelser: Bolig (enebolig, rekkehus, fleretages boliger), fritidsbygg og næringsbygg (kontorer, produksjonslokaler samt offentlige bygg som skoler, haller, forsamlingslokaler, kulturbygg, kontorer og helsebygg). Tabell 2 gir en oversikt over antall bygninger fordelt på de tre hovedgruppene. Det er flest boliger og fritidsbygg, men med få unntak er disse mindre enn offentlige bygg og næringsbygg.

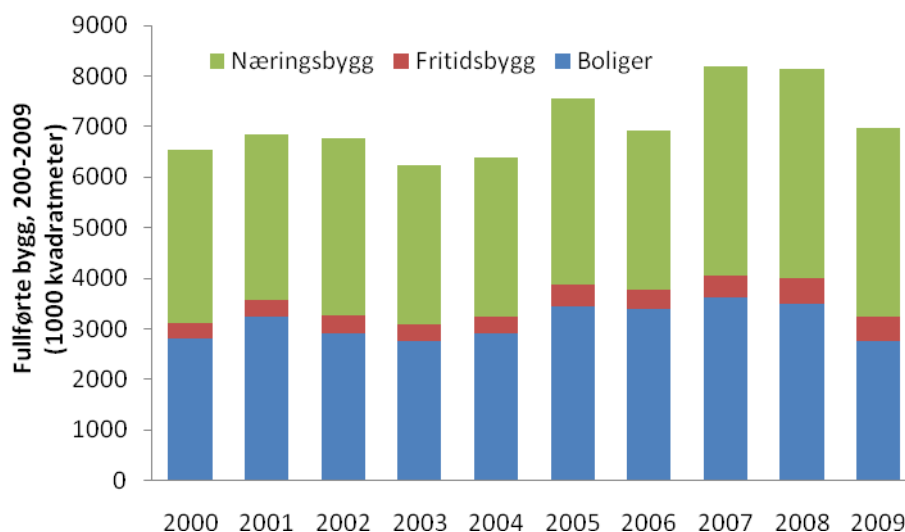
Tabell 2. Norsk bygningsmasse, antall bygninger fordelt på anvendelse. Kilde SSB (2010).

	Antall
Boliger	1 459 727
Fritidsbygg	1 682 703
Næringsbygg	745 178
Sum	3 887 608

Figur 11 viser antall bygninger i Norge fordelt på bygningstyper, og Figur 12 viser byggeareal for fullførte bygg i perioden 2000-2009. Figurene viser at boliger og næringsbygg er de viktigste markedene for norsk byggeindustri.

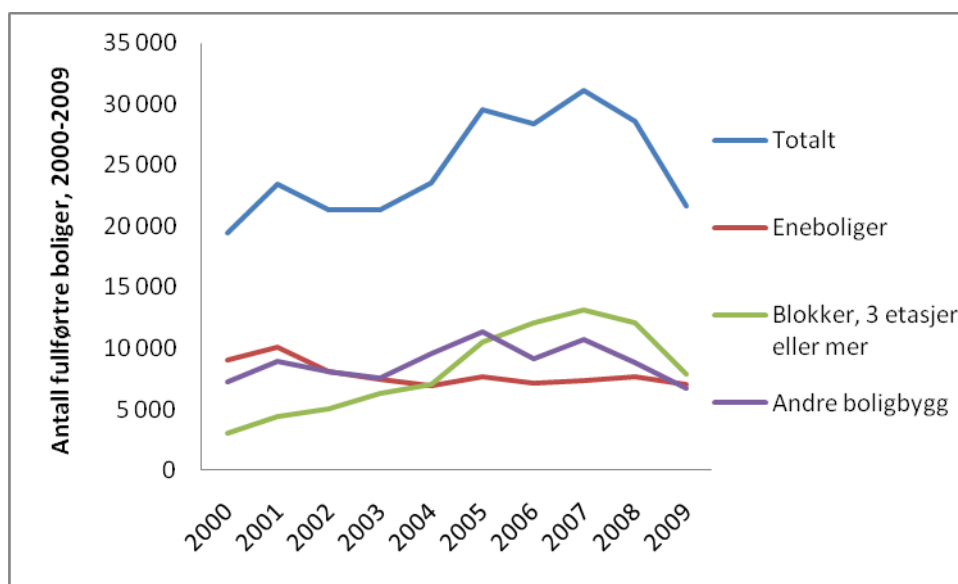


Figur 11. Antall bygninger i Norge fordelt på bygningstyper, 2010. Kilde: SSB (2010).



Figur 12. Areal fullførte bygg fordelt på bygningstyper, 2000-2009. Kilde: SSB (2010).

Det har de siste årene vært en stor grad av tilflytting til de store byene i Norge. Dette har medført økt etterspørsel etter tomter og boliger i og rundt byene og dermed høyere tomtepriser i disse områdene. Høye tomtepriser har ført til krav om arealeffektiv boligbygging, noe som er en viktig årsak til at etterspørselen etter byggesystemer og løsninger for fleretasjes hus har tiltatt de siste årene, jfr. Figur 13.

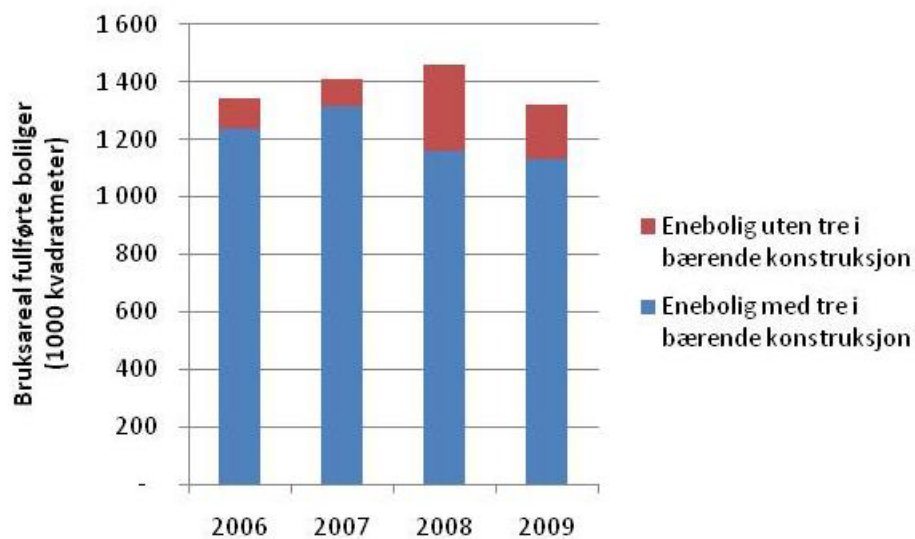


Figur 13. Antall fullførte boliger i Norge, fordelt på boligtyper, 2000-2009. Kilde: SSB (2010).

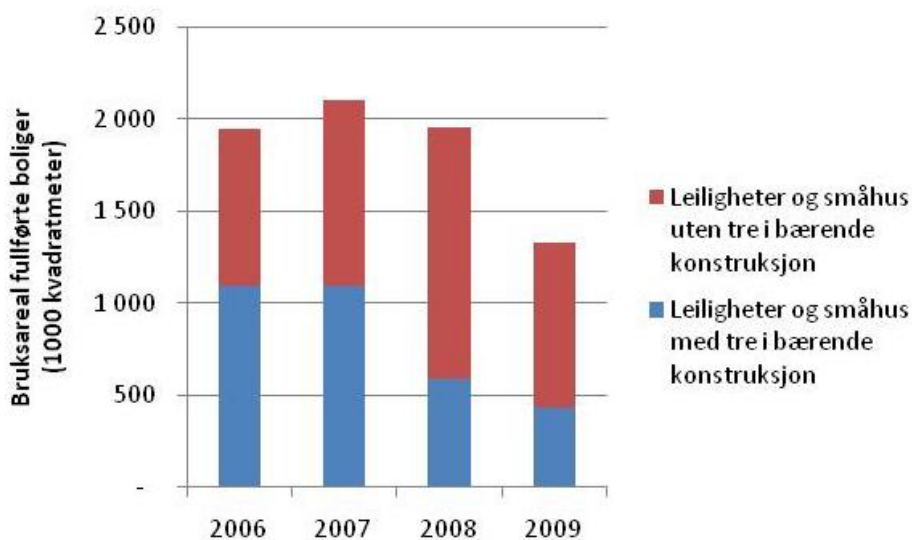
Det eksisterer ingen offentlig tilgjengelig statistikk over materialbruk i norske byggeprosjekter. Tradisjonelt har treandelen vært høy i boliger, spesielt eneboliger. Fleretasjes boliger inneholder vanligvis mindre tre enn eneboliger,

og treandelen er tilsvarende lav i næringsbygg. Krav om økt arealeffektivitet har medført at trebyggeri har tapt markedsandeler i løpet av den siste tiårsperioden.

Innen boligsegmentet er det eneboligene som dominerer med hensyn til bruk av tre. For denne typen bygg benyttes tre i bærende konstruksjon i om lag 90 % av alle prosjekter, jfr. Figur 14. For leiligheter og småhus, inkludert boligblokker, er treandelen lavere, jfr. Figur 15. Det er også tydelig at andelen hus med tre i bærende konstruksjon har sunket betraktelig de siste to årene, sannsynligvis fordi det har vært et markant fall i større boligbyggeprosjekter siden 2007.



Figur 14. Materialbruk i bærende konstruksjon for fullførte eneboliger, 2006-2009. Kilde: Treteknisk, basert på data fra Prognosesenteret og SSB (2010).



Figur 15. Materialbruk i bærende konstruksjon for fullførte leiligheter og småhus, 2006-2009. Kilde: Treteknisk, basert på data fra Prognosesenteret og SSB (2010).

2.1 Norske produsenter av industrielle trebyggekonsepter

En rekke bedrifter produserer, selger og markedsfører industrielle trekonstruksjonsløsninger i Norge i dag. Dette varierer fra hele byggmoduler, dvs. volumelementer som kan monteres sammen til hele bygninger, avanserte bygnings-elementer, som f.eks. hele vegger, og enkle bygnings-elementer som takstoler.

Til sammen omsetter den norske industrielle trebyggeindustrien for ca. 2 mrd. kr årlig (gjennomsnitt for perioden 2007-2009). Med utgangspunkt i SINTEF Byggforsks sertifiseringsordning for prefabrikkerte bygnings-elementer kan vi dele produksjonen inn i seks produkter: Trehussystemer, prefabrikkerte bygningsmoduler, bygnings-elementer, etasjeskillere, veggkonstruksjoner og takkonstruksjoner.

Trehussystemer

Produsenter av trehussystemer har spesialisert seg på å levere prefabrikkerte enkeltkomponenter til bygg, som f.eks. yttervegger, eller større sammensatte systemer, som f.eks. hele etasjer (volumseksjoner/moduler) til et byggeprosjekt.

Graden av prefabrikkering varierer mye fra produsent til produsent. Enkelte prefabrikkerer kun det bærende skallet (f.eks. bindingsverket), mens resten av arbeidet utføres på byggeplass. Andre leverer hele etasjer ferdige (volummoduler), hvor yttervegger, innervegger og etasjeskiller med alle sjikt og materialer er montert i fabrikk før den transporteres til byggeplass. Dører, vinduer, installasjoner, kjøkken og bad kan også inngå her.

Formatene eller størrelsen på disse prefabrikkerte komponentene eller modulene har som regel noen begrensninger i forhold til høyde, bredde og lengde. Men alle har tilpasset sin produksjon av slike komponenter eller moduler ut fra byggetype/marked som disse løsningene er tenkt brukt innenfor.

Prefabrikkerte bygningsmoduler

Prefabrikkerte bygningsmoduler er basert på at det meste av jobben gjøres i fabrikk og minst mulig gjøres på byggeplass. Prefabrikkerte bygningsmoduler er såkalte volumelementer hvor større eller mindre deler av et bygg produseres ferdig i fabrikk før det transporteres ut til byggeplass. Noen produserer moduler som utgjør en hel etasje med yttervegger, innervegger, etasjeskiller, dører, vinduer, installasjoner, kjøkken og bad ferdig integrert i modulene. Andre produserer moduler som utgjør en del av en etasje, og ved å sette sammen flere slike moduler danner disse en hel sammensatt etasje.

Moduler som produseres som en hel etasje har gjerne begrensninger i forhold til størrelse på grunnflate, men etasjer som består av flere moduler kan utvides i lengderetning, slik at ønsket lengde oppnås. Det er som regel en begrensning på maksimal bredde på slike moduler (dvs. husbredde). Modulene produseres med innvendig høyde lik 2,4 meter eller 2,7 meter.

Modulene er bygd opp som elementer som settes sammen i fabrikk og dermed utgjør volummoduler. Elementene som inngår i modulene (yttervegger, innervegger, etasjeskillere, tak) er laget etter kjente løsninger og er nærmere beskrevet under de ulike bygningselementene.

Bygningselementer

Produsenter av bygningselementer har spesialisert seg på å lage prefabrikkerte elementer som inngår som en del av et byggesystem for et byggeprosjekt.

Bygningselementer som prefabrikkeres i fabrikk kan enten være:

- Ytterveggselementer
- Innerveggselementer
- Etasjeskillere
- Takelementer

Bygningselementene kan produseres med stor ferdigstillelsesgrad, dvs. ferdig med vinduer, dører, opplegg for installasjoner samt alle materialer og sjikt innebygd i elementet, eller de kan prefabrikkeres som et enkelt bærende "skall", hvor den resterende jobben utføres på byggeplass.

Bygningselementene har begrensninger i forhold til størrelse/format, og er gjerne optimalisert ut i fra ytelse i løsningen (bæreevne, isolasjonsevne, lyd- og brannforhold), type bygg, produksjonsmessige forhold og transportforhold. Yttervegger produseres som regel med hensyn til innvendig høyde lik 2,4 meter eller 2,7 meter. Veggene er som regel bygd opp som bindingsverksvegger av heltre konstruksjonsvirke, I-bjelker, limtreprodukter eller massivtreelementer. Etasjeskillere produseres som regel med faste bredder, hvor høyden og lengden på elementet i stor grad er bestemt av spennvidden og evt. lydmessige forhold. Etasjeskillere består vanligvis av bjelkelag av heltre, I-bjelker, limtreprodukter eller massivtreelementer.

De fleste elementprodusenter benytter kjente løsninger for tre og godt dokumenterte løsninger i forhold til ytelse.

Etasjeskillere

En del produsenter lager prefabrikkerte etasjeskillere. Disse løsningene inngår enten som rene elementer eller som en del av et element ved produksjon av moduler.

Disse løsningene baserer seg på bruk av heltrebjelker, I-bjelker, limtreprodukter, gitterbjelker eller massivtreelementer. For spennvidder over ca. fem meter benyttes det ofte I-bjelker, limtreprodukter, gitterbjelker eller massivtreelementer.

Løsningene skal ivareta både krav til bæreevne, stivhet, brann og lydisolering. I tillegg er enkelte av løsningene tilrettelagt for å legge inn installasjoner/føringer i gulvet. Noen av løsningene er tilpasset for å legge inn vannbåren varme i etasjeskillerne. Løsninger er optimalisert for krav til byggehøyde samt lyd- og brannkrav innenfor både bolighus og andre typer bygg som næringsbygg, skoler, m.m.

Løsningene som tilbys kan benyttes både internt i en bolig mellom etasjer, eller som lydskilte mellom to boenheter.

Løsningene er gjerne fleksible i forhold til hvilket overgolv som skal benyttes sammen med etasjeskiller.

Veggkonstruksjoner

En del produsenter lager prefabrikkerte veggkonstruksjoner. Disse løsningene inngår enten som rene elementer eller som en del av et element ved produksjon av moduler.

Veggkonstruksjonene er enten ytterveggskonstruksjoner eller innerveggskonstruksjoner. Innerveggskonstruksjonene kan igjen enten være enkle veggkonstruksjoner eller veggkonstruksjoner som skille mellom naboileiligheter (lydskiltevegg).

Enkelte leverer ytterveggskonstruksjoner som rene bærende skall, hvor alle andre sjikt/materialer utføres på byggeplass. Andre produserer komplett ferdige ytterveggselementer, hvor alle sjikt/materialer/installasjoner er integrert i elementet. Også dører og vinduer kan være ferdig integrert i slike løsninger.

Ytterveggene som produseres i hele husets bredde og lengde kan ha alle sjikt/materialer integrert ved produksjon i fabrikk. Yttervegger som består av flere prefabrikkerte elementer vil ha større behov for endelig ferdigstillelse på byggeplass pga. tettesjikt m.m.

Ytterveggene produseres som regel med standard høyde, slik at innvendige mål blir enten 2,4 meter eller 2,7 meter.

Ytterveggene er som regel bygd opp som tradisjonelle bindingsverksvegger med senteravstand 600 mm mellom de bærende stenderne. De fleste tradisjonelle løsninger benytter heltrestendere i slike elementer. Nye U-verdikrav har imidlertid medført at det tilbys nye løsninger med tykkere vegger og mer isolasjon, der den tradisjonelle heltreløsningen suppleres med påforing på innsiden. I tillegg tilbys løsninger med bruk av I-bjelker, limtreprodukter, trestendere med innebygget isolasjon i steget og massivtreelementer for å oppnå bedre isolasjonsevne.

Takkonstruksjoner

Prefabrikkerte takstoler tilbys av mange produsenter i Norge. De fleste tradisjonelle takstoler er bygd opp av konstruksjonsvirke, og delene er sammensatt ved hjelp av spikerplater.

Takstoler som tilbys kan klare spennvidder som tradisjonelle sperretak ikke kan klare. Det tilbys takstoler til både mindre bygg og til større bygg med store krav til bæreevne og spennvidde. Høyder og lengder på takstoler tilpasses hvert prosjekt, og for store prosjekter kan transporthensyn medføre at en takstol må produseres som flere små deler for så å settes sammen på byggeplass.

Takstoler kan tilpasses alle typer takformer.

Takstoler kan enten produseres som elementer, hvor flere takstoler er montert sammen i fabrikk, eller som en bunt med takstoler som monteres på byggeplass.

Det er utviklet mange typer ulike takstoler som tar hensyn til utforming av loftsrom og utnyttelse av rom under tak.

3 Industriellt träbyggande i Sverige under 2000-talet

Av Tomas Nord

Industriellt byggande har vuxit fram under senare år i Sverige som ett av flera alternativa sätt att komma tillrätta med kostnads- och kvalitetsfrågor som omgärdat byggindustrin. Kostnaden för byggandet både i det enskilda småhusbyggandet och i det större flerbostads- och infrastrukturbyggandet har ökat utan att kvaliteten har följt med i samma grad. Utredningar och studier har i olika grad relaterat detta till ökade materialkostnader och lönekostnader, till den låga konkurrensen i byggbranschen och därmed mot själva byggprocessen och dess kortsiktiga projektfokus utan ett tydligt långsiktigt lärande (exv. SOU, 2002)¹. Till kostnadsaspekten kommer även de ökade kundkraven på individuella lösningar vilket gynnar enstycksproduktion och försvårar lärandet. Med hänvisning till utvecklingen inom bilindustrin, mot ökad prefabricering och samverkan mellan leverantörer och sammansättare i form av en ökad standardisering i delsystem, har receptet varit en ökad förtillverkning av plan- och volymelement och en ökad andel av produktionen i fabrik.

En delsektor som har anammat denna utveckling är träbyggindustrin. Trä har egenskaper som att det är lätt att bearbeta, har en låg egenvikt och hög bärförmåga (god transporterbarhet) och har goda miljöfördelar, vilket möjliggör prefabricering och systemtänkande. Med en ökad grad av förtillverkning av plan- och volymelement uppnås bland annat radikalt förkortad byggtid, en ökad kvalitetssäkring och långsiktiga processer som gynnar lärande.

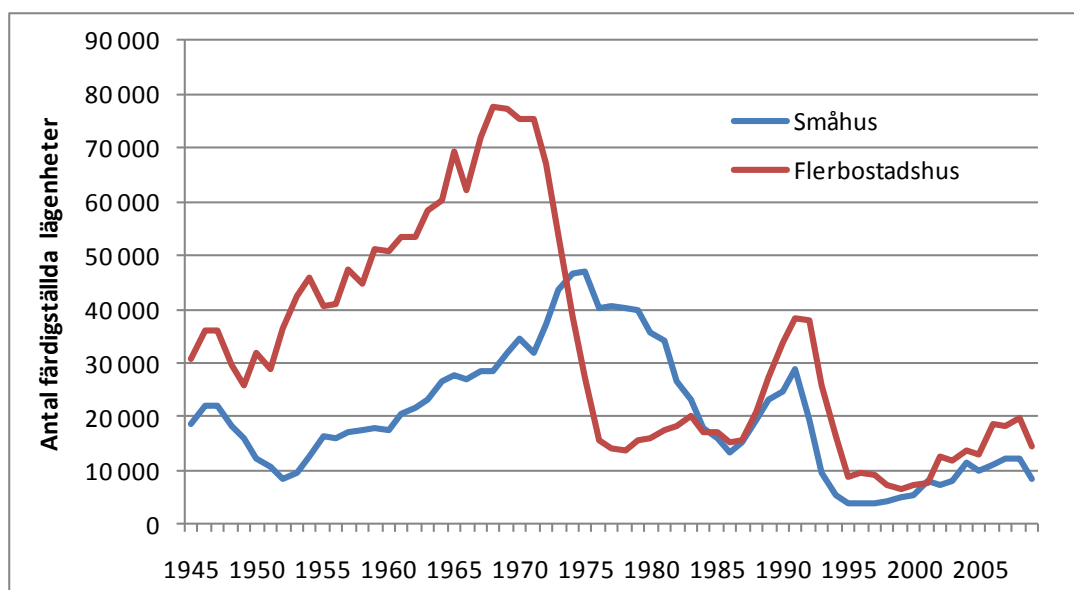
Under de senaste tio åren har ett antal större statliga och industriella satsningar skett för att öka användningen av trä i byggandet. Ledstjärnan för dessa satsningar har varierat men i flera fall har miljöaspekten lyfts fram som drivande faktor. Andra drivkrafter har varit att flera alternativ gynnar konkurrensen med fler aktörer som kan erbjuda slutkunder det de önskar. Det kan även stimulera till innovationer i enskilda och samverkande materialkombinationer. Sammantaget kan skönjas en gradvis förskjutning i vem som är aktiv i satsningar från en stor statlig påverkan på inriktningen till en mer industridominerad och lokalt driven utveckling.

¹ SOU (2002) *Skärpning gubbar – Om konkurrensen, kvaliteten, kostnaderna och kompetensen i byggsektorn*. Statens offentliga utredningar 2002:115.

3.1 Marknadsläget för industriellt träbyggande

Det totala bostadsbeståndet i Sverige uppgick till omkring 4,5 miljoner lägenheter år 2009. Småhus svarade för drygt 2 miljoner och lägenheter i flerbostadshus för cirka 2,5 miljoner. Med en befolkning på knappa 9 miljoner invånare innebär det en ca. 2 personer per lägenhet. Den siffran har uppnåtts genom bland annat den statliga satsning som skedde under en tioårsperiod mellan 1965-75 då en miljon lägenheter färdigställdes och bostadsbristen i stort sett försvann. Efter det sjönk byggandet till en mer normal nivå. Under de senaste 15 åren har nybyggandet dock varit lågt, i genomsnitt har endast knappa 20 000 lägenheter per år färdigställts. Detta då Boverket pekar att det faktiska behovet ligger på omkring 35 000 lägenheter/år. Orsaker till det låga nybyggandet ligger delvis i den avreglering av bygg- och bostadsmarknaden som skedde under 1980-talet och början av 1990-talet. Bostadsfinansieringen avreglerades, skattessystemet lades om och subventioner till byggandet ändrades, vilket tillsammans med lågkonjunkturen gjorde att bostadsbyggandet sjönk dramatiskt (se Figur 16). En följd av nedgången blev en stor utslagning av byggföretag, företrädesvis medelstora och regionalt fokuserade. Industristrukturen förändrades och idag har Sverige ett mindre antal internationella anläggnings- och bostadsföretag fokuserande på projektledning och försäljning och ett stort antal små (färre än 10 anställda) företag oftast inriktade på ROT-sektorn.

Nybyggandet i landet Sverige var innan avregleringen av marknaden inriktad på ett socialt tänkande där invånarna skulle få tillgång till en god bostad och bostadsmiljö. De kommunala bostadsbolagen var viktiga aktörer för genomförandet och är idag de som förvaltar denna resurs.



Figur 16. Nybyggnad av lägenheter i flerbostadshus och småhus, färdigställda lägenheter åren 1945-2009. Källa: SCB.

Byggnaderna från rekordåren uppfördes med hjälp av tidens nytänkande avseende produktionsmetoder (prefabricering och stordrift) och tekniska landvinningar (exv. kranar). Det var en hög grad av industriellt byggande men med fokus på produktion och inte kundnyttan. Med hjälp av det kraftiga byggandet under perioden minskade bostadsbristen, vilket visar sig i att antalet personer per lägenhet sjönk från drygt fem personer per lägenhet direkt efter andra världskrigets slut till omkring två och en halv åren efter rekordårens byggande. Idag ligger den på drygt två personer/lägenhet. Den dominerande lägenhetstypen var den med tre rum och kök.

Även småhusbyggandet skedde med rationella metoder. Standardiserade hustyper rullades ut över hela landet: så kallade småhusmattor. Utvecklingen inom småhusindustrin med en ökad grad av färdigställande i fabrik och med en industristruktur sprungen ur träindustrin medförde att trästomme fick en ledande ställning. Idag ligger den på mellan 80 % och 90 % av småhusbyggandet.

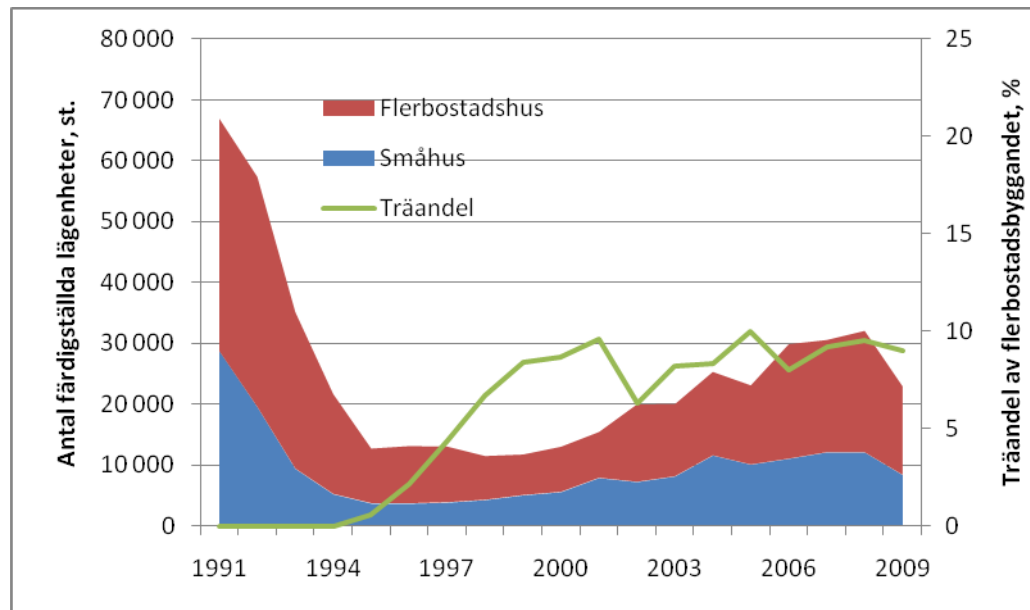
Samhällsutvecklingen har sedan rekordåren lett till ökad levnadsstandard och därmed förändrade boendekrav. Förändringarna har accentuerats av en förändrad demografisk mix med en ökad andel äldre och fler enmanshushåll. Efterfrågan på små lägenheter ökar vilket inte kan matchas av det befintliga bostadsbeståndet (en stor andel tre rum och kök).

3.1.1 Trähusbyggandet initieras

1994 reviderades de svenska byggreglerna till att bli funktionsanpassade. Som en följd av revideringen öppnades marknaden för att använda trä som stommaterial i byggnader större än två våningar, vilket varit förbjudet i drygt 100 år.

Initialt fokuserades arbetet på att hitta tekniska lösningar till framför allt brand- och ljudkrav, men även generellt marknadsföring mot beställare och arkitekter och konsulter. Tidigt anammade inblandade företag ett industriellt tänkande i sina processer eftersom det var där möjligheterna och behoven sågs som störst.

Antalet företag som är verksamma i byggande av större byggnader med trästomme och med en industriell process har ökat. Detsamma gäller leveranskapaciteten och antalet färdigställda byggnader (Figur 17).



Figur 17. Antal färdigställda lägenheter uppdelat på småhus och flerbostadshus, samt andel trä i flerbostadsbyggandet, mellan år 1991- och 2009 (2009 års träandelssiffror är egen uppskattning).

År 2008 färdigställdes drygt 30 000 lägenheter. Av dessa var lägenheter i flerbostadsbyggnader knappt 20 000 och småhus omkring 12 000. Inom småhusbyggandet dominerar trästomme med omkring 90 %, men den stora förändringen är andelen trästommar i flerbostadsbyggandet. År 2008 uppskattas andelen till knappt tio procent, eller ca. 1 800 lägenheter.² Det industriella träbyggandet är ännu inte en spridd verksamhet, vare sig produktionsmässigt eller uppförandemässigt. Det är i huvudsak mindre och medelstora städer som har byggt större industriellt producerade byggnader och fortfarande väntas ett genomslag i de tre storstadsregionerna.

3.2 Affärsmodeller och tekniska lösningar för industriellt byggande i trä

Utvecklingen för industriellt träbyggande kan liknas vid den klassiska introduktionsmodellen: en inledande prototypfas där fokus sker på teknisk utveckling och ganska bred marknadsfokus. Detta följs av att några tekniska lösningar får en tydlig dominans och det sker en fokus på nischmarknader. Med en ökad efterfrågan sker en diversifiering mot nya marknadssegment samtidigt som processen utvecklas och det går mot en massmarknad. Idag har industriellt

² Gruppbyggda småhus ingår inte i dessa uppgifter. Uppgifter om träandelen i dessa saknas, men uppskattas till strax under andelen för småhus, det vill säga 70-80 %.

träbyggande klarat av de inledande faserna och har etablerat några olika affärsmodeller samt tekniska lösningar på delar av marknaden.

När marknaden öppnades efter byggregelsrevideringen har tre olika övergripande vägar in på marknaden visat sig.

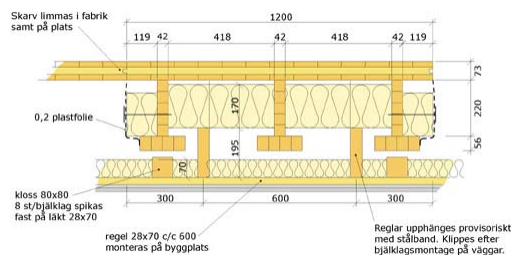
1. Aktörer från trämekanisk industri rör sig framåt i värdekedjan och utvecklar och levererar stomsystem i trä.
2. Byggentreprenörer utvecklar egna system, vilka baserats på modularisering med trä som stommaterial.
3. Företag med fokus på en- och tvåfamiljshus avancerar in i flerbostadssegmentet.

Idag finns det exempel på de två första medan småhustillverkarna inte har visat samma intresse av att vare sig utveckla sina tekniska lösningar till att även innefatta flerbostadsbyggandet eller att anpassa sina affärsmodeller efter nya kundgrupper. Detta trots att en stor tillverkare tillsammans med ett av de fyra stora byggföretagen vann SABO:s (Sveriges Allmännyttiga Bostadsorganisationer) nationella tävling "Bygg så vi har råd att bo". Tävlingen utlystes 2002 och gick ut på att bygga prisvärda hyreslägenheter av hög kvalitet för hushåll med normala inkomster. Det vinnande bidraget "Det ljuva livet" har en hyresnivå för lägenheterna på 1 100 kr per kvm och år. Förutsättningen var bland annat att använda trästomme vilket resulterade i möjligheter till låga produktionskostnader eftersom tillverkningen till stora delar av husen sker i fabrik med en kort produktionstid. Dock har endast ett mindre antal byggnader har uppförts sedan dess.

3.2.1 Delsystemleverantörer

Aktörer från den trämekaniska industrin har gått vidare från sina befintliga lösningar som leverantörer av strukturella produkter och system (oftast limträ) till att bli *delsystemleverantörer* (stommen). En delsystemleverantör agerar som en totalunderentreprenör i ett byggprojekt eftersom dennes del endast utgör en del av hela projektet och behöver kompletteras av annan entreprenör. Delsystementreprenören måste därmed samordna både mot totalentreprenören och mot de projekteringsresurser som köps in nedifrån (VVS, el, akustik osv.). Det är sällan som en delsystemleverantör från trämekaniska industrin har tillgång till eller resurser för att hålla alla projekteringsresurser "in-house" utan fokus ligger på konstruktionen i trä.

Den tekniska lösning som oftast framkommer hos de svenska delsystemleverantörerna är förtillverkade planelement (vägg- och bjälklagselement) av antingen massivträ eller lättelelement (regelsystem eller lättbalkar). Elementen är isolerade och gipsade, installationsarbetet är förberett (dragna rör för olika ledningstyper, hål för olika installationssystem är gjorda), fasadbeklädnad är monterad, samt att de är förberedda för snabbt montering. Exakt hur elementen är utformade beror i huvudsak på vilken prefabriceringsgrad systemet har.



Figur 18. Kassettbjälklag med fribärande undertak. Källa: Träguiden.



Figur 19. Montering av ventilation: Foto: Anders Gustavsson.

På byggarbetsplatsen genomförs sedan tre arbetsmoment, montering, invändig komplettering (stomkomplettering) och fasadkomplettering. Beroende på grad av detaljplanering i fabriksproduktionen samt prefabriceringsgrad, användande av beprövad teknik sker monteringen olika snabbt.

Invändig komplettering innebär installations- och ytskiktsarbeten. I system från de industriella träbyggarna är numera rördragningen gjord i fabrik vilket innebär att endast dragning och sammankoppling av avlopp, el och ventilation sker på arbetsplatsen, samt montering av kök och badrum. Avseende ytskiktsarbetet (golvläggning, tapetsering och målning) sker det oftast på plats men skiljer sig mellan leverantör och givetvis mellan projekt.

Avslutningsvis följer fasadkomplettering och omfattningen av denna beror på typ av fasadmaterial och design. Träfasad kan komma monterad på ytterväggar från fabrik, medan putsfasad görs på plats.

3.2.2 Systemleverantörer

Företag som tidigare agerat byggmästare eller trämekaniska företag som arbetet inom byggindustrin innan regeländringen har i större utsträckning hållit kvar i *systemleverantörsrollen*, och agerar direkt mot beställaren. Man har även utvecklat system som baseras på volymteknik för att hålla kontroll på hela processen.

En systemleverantör tar ett totalansvar i byggprojektet och levererar en färdig produkt. Den produkt man säljer är, i byggnadssammanhang, relativt standardiserad och det var i de lägre segmenten som dessa företag fokuserade

inledningsvis, det vill säga student- och äldreboenden samt flerfamiljshus i mellansegmentet.

Systemleverantörerna använder sig av olika volymbyggnadssystem med en hög prefabriceringsgrad. Med en hög prefabriceringsgraden behövs ett nära samarbete med byggherren och slutkunden vilket oftast resulterar i ett helhetsåtagande. Helhetsåtagandet innebär ett totalansvar mot byggherren som innefattar projektering fram till nyckelfärdigt hus. Företagen som agerar som systemleverantörer idag i Sverige äger inte alla resurser själva men har långsiktiga samarbeten med ett fåtal projektörer som integreras i processen enligt uppställda rutiner för att säkerställa kvalitet och lärande. En följd av planprocesser i kommuner och de förändrade finansieringsreglerna för byggandet är det i allt större utsträckning de stora byggföretagen med redan tilldelad mark som påverkar byggnadstakten och som blir byggherrar för systemleverantören. Totalentreprenad är då den vanliga formen för upphandlingen.

Volymtekniken skiljer sig från elementtekniken i det att byggelementen består av tredimensionella volymelement. I dag finns det volymer som lättregelsystem eller som massivträsystem, båda klarar brand- och ljudkrav enligt BBR. I volymbygget har man utökat monteringen i fabriksmiljön till att även omfatta montering av väggar och bjälklag som sammanfogas till volymer. När byggvolymer anländer till byggplatsen är de så pass färdiga att köken är monterade, badrumsutrustningen finns på plats, golvparkett/kakel är lagt, väggar är målade och tapetserade.



Figur 20. Tillverkning, färdigställande och montering av volymelement.

Arbetet på byggarbetsplatsen delas liksom för elementbyggandet in i montering, invändig komplettering och fasadkomplettering men där volymtekniken i ännu högre grad gynnas av den höga prefabriceringsgraden. Det är färre delar som skall sammanfogas innan huset är färdigmonterat vilket gör att monteringssekvensen går mycket fortare. Volymerna monteras ihop och därefter placeras nästkommande vånings volymer på de första och så fortskrider arbetet till dess att det är dags att lyfta på taket.

Installationsarbetet vid volymbyggande skiljer sig markant mot elementbyggandet eftersom det mesta redan är utfört i fabriken. I huvudsak består installationsarbetet på plats i att koppla ihop installationssystemen (el, vs, ventilation) mellan volymerna då de sammanfogas.

Även ytskiktsarbetet minskar med volymbyggnadstekniken. Färdigställandegraden från fabriken är hög och det som återstår är oftast endast att färdigställa ytskikten i skarvarna. Det kan till exempel handla om att lägga parkett, måla, och sätta lister i volymskarvarna.

Fasadkompletteringen skiljer sig inte nämnvärt mellan volym- och elementbyggande, omfattning av arbetet avgörs av vilken typ av fasadbeklädnad som huset skall ha. En träpanel är oftast redan monterad medan en putsad fasad görs på plats.

Framgångsfaktorer för de träbyggande företagen har varit att de har utnyttjat möjligheten till industriell produktion. En industriell produktion kräver tidiga och nära kontakter med beställare och byggherrar men även projekteringskunniga och sökandet efter långsiktiga samarbeten. Till detta kommer även alla olika marknadsaktiviteter som genomförts via statliga och branschspecifika initiativ de senaste 10 åren.

3.3 Erfarenheter från statliga och branschspecifika satsningar på ökat träbyggande

Sedan byggreglerna ändrades 1994 och möjliggjorde användning av trä i det större byggandet har det skett ett antal större både statliga och branschspecifika satsningar för att öka andelen trä i byggandet (Figur 21). Satsningarna har varit både forsknings- och marknadsinriktade. De senare har varit utsatta för diskussioner om det snedvrider konkurrensen på ett otillbörligt vis.

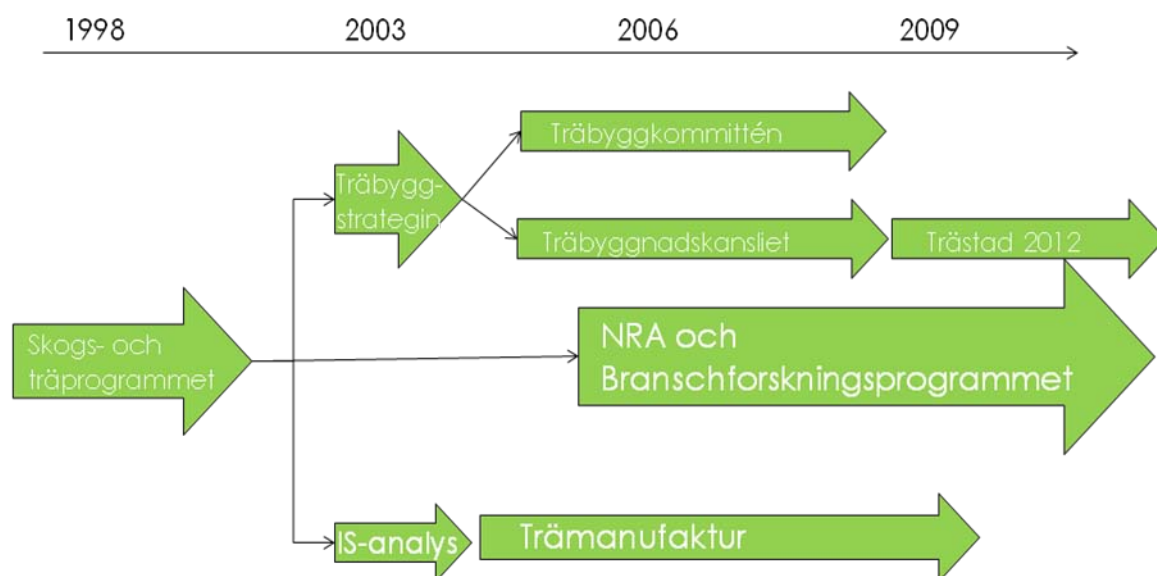
Den första stora satsningen skedde under perioden 1998-2001 (Skogs- och träprogrammet) där staten var med och finansierade forskningsprojekt med mål att bland annat utveckla tekniska lösningar på träbyggandet. Massivträkonsortiet var ett projekt som finansierades via denna satsning, tillsammans med uppbyggnad av kompetensplattformar i Skellefteå och Växjö kring träbyggande. Det resulterade i utvecklandet av dagens massivträsystem och samarbeten som fortfarande finns mellan projektdeltagarna.

År 2004 presenterades "Mer trä i byggandet"³ vilket var resultatet av ett förhandlarpuppdrag initierat av Närings- och miljödepartementen med syfte att öka användningen av trä i byggandet. Bakgrunden var det 100-åriga förbudet mot trä i större byggnader, de potentiella miljöfördelar som träanvändning ger och möjligheten till nytänkande i byggindustrin genom att ett nytt material med nya lösningar ökar konkurrensen. Förhandlarpuppdraget ledde till att regeringen initierade en kommitté för att genomföra åtgärdsförslagen. Under perioden 2005 till 2008 har kommittén verkat för att öka antalet byggnader med trästomme både i flerbostadsbyggandet och i andra byggnadsverk bland annat träbroar, genomfört fortbildnings- och informationsaktiviteter kampanj där ca 5 000 personer har mottagit information om träbyggande. Resultatet är att antalet demonstrationsobjekt nu mångdubblats och finns i de flesta län i Sverige, att det skapats en bas av företag kring industriellt träbyggande för fortsatt utveckling och att kunskapen om träbyggandet ökat markant både till redan verksamma och via nyskapade tjänster vid universitet och högskolor.

Parallellt med träbyggnadsstrategikommittén, initierade skogsindustrin Sveriges Träbyggnadskansli (www.trabyggnadskansliet.se) med syfte att ytterligare påverka kommuner och regioner till att genomföra träbyggnadsprojekt och bidra med kunskap kring uppförandet. Detta arbete drivs via branschorganisationen Skogsindustrierna.

En utveckling av ovanstående två satsningar är projektet Trästad 2012 där tre regioner och hittills 16 kommuner har gått samman i ett projekt med mål att skapa ett antal demonstrationsobjekt som har mål om klimat- och energieffektivt byggande och boende. Resultatet skall vara ett stöd i andra kommuners strävan till ökad miljöhänsyn i byggandet och boendet. Projektet pågår fram till år 2012.

³ Näringsdepartementet (2004) Mer trä i byggandet. Ds2004:1. Fritzes offentliga publikationer



Figur 21. Statliga och branschspecifika satsningar under perioden 1998 till 2010

Under de senaste 6 åren har VINNOVA varit aktiva inom träbranschen via sitt Trämanufakturprogram. Efter en inledande Innovationssystemanalys⁴ har programmet genomfört ett antal projektsatsningar för bland annat det industriella byggandet exempelvis Lean Wood Engineering som är en kompetensplattform mellan Luleå Tekniska universitet, Linköpings Universitet och Lunds Tekniska Högskola.

Sverige var även tidigt med att ta fram en National Research Agenda (NRA)⁵ inför EU:s sjunde ramprogram. Ett resultat av den och samtal mellan industri och stat blev Skogs- och Träindustrin branschforskningsprogram⁶. I detta återfinns ett antal projekt med stark koppling till industriellt träbyggande.

Utöver dessa satsningar pågår regionala och lokala initiativ till att öka användningen av trä i byggandet, vilket också är ett tydligt exempel på utvecklingen i Sverige avseende forskning och utveckling – från statligt initierade forskningsprogram till mer industri- och regionalt uppdykande initiativ och som på egna meriter får statligt stöd.

⁴ Brege, S., Johansson, H-E. och Pihlqvist, B (2004) Trämanufaktur – det systembrytande innovationssystemet. VINNOVA Analys VA-2004-02

⁵ En nationell strategisk forskningsagenda för den skogsbaserade näringen. www.nra-sweden.se

⁶ Skogs- och Träindustrin – en del av innovativa Sverige.

Utvecklingen av ovanstående program har lett till att det finns en industriell träbyggindustri i Sverige bestående av ett mindre antal företag. Den stöds av den tendens som framkommer generellt inom byggindustrin mot ett ökat industriellt tänkande där fokus ligger på processen, istället för som i det traditionella byggandet, på byggprojektet. Vad som ytterligare krävs är att värdeskapandet kommer fram tydligare i branschen och premieras, och där väntetider och sena ändringar minimeras. Aktörer i byggprocessen måste ännu tydligare se sin roll i en industriell process och öka samarbetet. Då går det att få till en förändring.

Några utmaningar för det industriella (trä-)byggandet som lyfts fram under senare år (sammanställt i rapporten Byggandet av flervåningshus i trä, år 2008) är:

- Företagskulturer och marknadens kultur, som är komna av det projektstyrda byggandet och organiserandet utan tydliga gemensamma mål, måste förändras till att bli mer samarbetsorienterade. Med gemensamma mål för slutprodukt och erbjudande kan det skapas incitament för samarbete inom och mellan företag i värdekedjan.
- Standardiserade rutiner och arbetsmetoder med målet att nå en jämn produktionstakt saknas, men behövs.
- Ytterligare tydlighet behövs gällande definitioner av slutproduktens prestanda avseende mått och flexibilitet, samt arkitektens systemgränser. Rollen mellan arkitekten och den industriella producenten måste bli tydligare och ske inom ramen för det industriella systemet.
- Tydliggöra olika aktörers roller inom olika marknadssegment. Vem gör vad i olika produkter och till olika slutkunder.
- Hantering av standardiserade processer i unika projekt kräver dokumentation.
- Fortsatt utveckling av standardiserade system som är väl definierade och stöds av en industriell projektering.

Sammantaget finns det en stor potential i det industriella byggandet. Under förutsättning att svensk byggindustri anpassar sig till detta nya sätt att bygga (vilket inte är helt säkert med tanke på de stora företagens affärsinriktning), kan industriell produktion av byggnadsverk mycket väl komma att bli lösningen på de lönsamhets- och kostnadsproblem som idag kännetecknar svensk byggindustri. Det som krävs är fortsatt satsning för de industriella träbyggarna, både tekniskt och affärsmässigt, på ett sådant sätt att det industriella byggandet kan bli konkurrenskraftigt och därmed lönsamt för både beställare, producenter och slutligen även brukarna.

4 Presentasjon av ferdigstilte prosjekter

4.1 Zitty



Bilder: Google Maps Street View.

4.1.1 Informasjon om prosjektet

Sted	Drammen
Prosjekttype	Boligblokker med 75 leiligheter, 3-4 etasjer. Parkering og næringslokaler i underetasje og 1. etasje.
Byggetid	November 2007 til september 2008
BRA	4400 kvm
Prosjektkostnad	100 millioner kroner inkl. mva.
Entrepriseform	Styrt totalentreprise
Byggherre	Peab Boligutvikling
Prosjektledelse	Finn Kleiva Sivilarkitekt
Hovedentreprenør	Moelven Byggmodul
Rådgivere	-
Prosjektstøtte	-

4.1.2 Prosjektidé

Grunnforholdene på tomten gjorde at bygget ikke kunne utføres i betong som planlagt. Dette gjorde at byggherren måtte finne nye løsninger med tanke på materialvalg. I tillegg gjorde bygging i tettbygd bystrøk at det ble stilt strenge krav til effektiv logistikk i byggeprosessen.

4.1.3 Offentlige rammefaktorer

Grunnvannstanden i Drammen gjør at garasjen i prosjektet går under flomnivå, noe som la føringer for materialbruk i garasjen fra kommunens side.

4.1.4 Løsninger/Teknologi

Zitty består av 75 leiligheter fordelt på fem blokker, som til sammen danner et gårdsrom. Én blokk består av tre etasjer, mens de resterende fire blokkene er i fire etasjer. I garasjeanlegget i første etasje er det også satt av areal til næringsformål. Garasjeanlegget og dekket over er betongkonstruksjon, ellers er all konstruksjon over dette moduler i tre fra Moelven Byggmodul. Modulene er bokser med største bredde på fire meter. Siden bygget er satt opp i urbane omgivelser satte dette ekstra store krav til planlegging av byggeprosessen og logistikken knyttet til montering av modulene på byggeplass.

Totalt leverte Moelven Byggmodul 159 moduler til leilighetene i Drammen, samt byggelementer til utvendige boder. Modulene var utstyrt med ferdige kjøkken og baderom, samt annet fast inventar. Modulene var i tillegg malt utvendig og innvendig. Moelven Massivtre leverte gulv til svalganger og balkonger, mens Moelven Limtre leverte søyler og bjelker til svalganger og balkonger. Moelven Elektro utførte alle elektriske installasjoner.

Modulene produseres innendørs i tørre og kontrollerte omgivelser, der de ferdigstilles med utstyr før de emballeres og transporteres til byggeplass. Modulene har en bredde på maksimum 4,2 meter og lengde på 10,2 meter. De kan etter gjeldende forskrifter benyttes i bygg som er opptil fire etasjer høye. Modulene som Moelven produserer i fabrikk omfatter også komplette anlegg for elektro, ventilasjon, kjøkken, m.m. Det er også muligheter for å få modulene levert ferdig med møbler og inventar.

4.1.5 Planlegging

Økonomiske kriterier forbundet med grunnforholdene var et viktig moment ved valg av konstruksjonsmateriale i dette prosjektet. Spesielle grunnforhold på tomten gjorde at det ved oppføring av tunge konstruksjoner var behov for å stabilisere grunnen ved hjelp av pæling. Siden det ikke var fast fjell i grunnen og risiko for oversvømmelser, var det behov for en lett konstruksjon. Bygget var opprinnelig tenkt oppført i stål og betong, men grunnforholdene gjorde at man gikk for en løsning med tremoduler, siden modulene har lav vekt sammenlignet med tilsvarende konstruksjon i stål og betong. Vekten gjorde at en løsning i betong ville blitt mye dyrere enn tilsvarende løsning i tre.

4.1.6 Logistikk

Modulene har ferdige tekniske sjakter ved stabling, noe som gir muligheter for rask og effektiv sammenkobling. I Zitty-prosjektet i Drammen ble en etasje montert på én dag, og en blokk ble satt opp på under én uke. Det høye tempoet under monteringen av modulene førte til at stillasjemontørene som jobbet på prosjektet til tider ikke greide å bygge etter og sikre fort nok. Det var også en utfordring at stillaser og byggekraner skulle reises og få plass i et trangt bymiljø.

Modulene måtte transporteres som spesialtransport med politieskorte på nattetid med åtte trailere. Trailerne stod parkert på tomten til montering av modulene kunne begynne i grålysningen. Bilene returnerte etter hvert som de ble losset, og ble så lastet med nye moduler for montering neste dag. I hver transport ble det fraktet nok moduler til å montere én etasje.

4.1.7 Erfaringer fra prosjektet

Modulbruk var viktig for byggeplasslogistikken og byggeprosess. Produksjonen foregikk i egne lokaler, og man trengte bare mobile kraner på selve tomten for å sette sammen modulene. Moduler i tre var fordelaktig rent plassmessig for byggeriggen, siden det ble bygget i et bykvartal. Men det innebar også store logistikk-messige utfordringer. Omfattende og fortløpende leveranser av moduler måtte gjennomføres slik at monteringsprosessen ikke ble forsinket og man unngikk ventetid.

For bygging med elementer og moduler er det viktig at arkitekten har erfaring med bruk av disse. Det er også viktig med opplæring av arkitekten i forhold til bruk av moduler og elementer, slik at hun/han blir kjent med de begrensningene som er knyttet til bruken.

I følge arkitekten er det behov for mer kunnskap om modulbygging, industriell produksjon og rasjonalisering av byggeprosessen. Modulbyggeriet som er i dag er restriktivt, med en konservativ bransje som er lite villig til å utvikle nye muligheter. Det vil kunne være interessant å kombinere elementer og moduler for å få mer fleksibilitet. Det trengs både mer kunnskap og vilje i forhold til produktutvikling av moduler og elementer.

Det er mange positive sider ved bruk av moduler og elementer: Elementene og modulene kan i stor grad prefabrikeres. Det eksisterer gode tekniske løsninger, og man har kontroll på avfallet på byggeplassen. Bruken av moduler øker kravene til teknisk kunnskap, men er fordelaktig ved at det begrenser kravene til arbeidskraft. Det blir større krav til presisjon, og det kreves mer kunnskap, mens "håndlag" blir mindre viktig. Bruken av moduler kan ses som en del av en samfunnstrend der tradisjonelt plassbyggeri blir for krevende.

Erfaringene med byggeprosessen var gode. Det endelige resultatet samsvarte med arbeidstegningene og forventningene i forkant av prosjektet. Tilbakemeldingen fra beboerne så langt tyder også på at de er fornøyde. Vedlikehold av utseendet på balkongene har derimot vist seg å være en utfordring. Samarbeidet mellom de involverte partene fungerte bra, og en erfaring fra prosjektet var at modulbygging krever at modulprodusenten inkluderes i et tidlig stadium av prosjektet. Tidlig inkludering av modulprodusenten kan sikre at arkitektens intensjoner for bygget er i samsvar med de forutsetningene som gjelder når man velger å bygge med moduler. Dermed kunne prosjektet velge løsninger som utnyttet byggesystemets fordeler på en god måte.

4.1.8 Konklusjon

Prosjektet benyttet en standardisert løsning med høy grad av prefabrikasjon, og logistikken i prosjektet fungerte bra.

4.1.9 Kilder

Intervjuer: Finn Kleiva (arkitekt), Kurt Eirik Restad (Peab Bolig), Bjørn Ottar Torp (Moelven Byggmodul AS);

Bygg.no: <http://www.bygg.no/prosjekter/37785.0>;

Moelven.no: <http://www.moelven.com/no/Om-Moelven/Virksomhetene/byggsystemer/Moelven-BbyggModul-AS>;

Norgebygges.no database, prosjektnummer 6133

4.2 Engaland



Bilder: Google Maps Street View.

4.2.1 Informasjon om prosjektet

Sted	Vålerenga, Oslo
Prosjekttype	46 leiligheter, fem rekkehus, tre byhus og parkeringskjeller
Byggetid	Februar 2008 til november 2008
BRA	6500 kvm
Prosjektkostnad	100 millioner kroner inkl. mva.
Entrepriseform	Delt totalentreprise
Byggherre	Engaland AS (heleid av Peab Bolig)
Prosjektledelse	Lund og Slaatto Arkitekter AS
Hovedentreprenør	Skanska Husfabrikken
Rådgivere	-
Prosjektstøtte	-

4.2.2 Prosjektidé

Grunnet høye betongpriser i byggeperioden valgte byggherren å bygge med tremoduler ut fra økonomiske hensyn. Siden byggeplanene allerede var til behandling hos offentlige myndigheter, var det en utfordring å beholde det ytre uttrykket samtidig som man holdt seg innenfor prosjektet som var sendt til behandling hos plan- og bygningsetaten.

4.2.3 Offentlige rammefaktorer

Nærliggende bebyggelse la visse føringer for det visuelle uttrykket i prosjektet.

Det ble ikke gitt noen form for offentlig støtte til prosjektet.

4.2.4 Løsninger/Teknologi

Prosjektet består av tremoduler i fire etasjer og rekkehus bygget av elementer, hvor leverandøren Skanska Husfabrikken hadde en standard for materialer. Interiøret er enkelt, med Huntonit-plater på veggene og eswa-plater i himlingen. I trappene og kjeller ble det benyttet betong, som ikke var en del av leveransene fra Skanska Husfabrikken. Engaland består av totalt 54 boliger, grøntareal og parkeringskjeller med 43 plasser. 46 tradisjonelle to-, tre- og fireroms-leiligheter utgjør størstedelen av boligene. I tillegg er det fem rekkehus på 110 kvm med to etasjer og privat takterrasse. Tre byhus – med syv rom hver over fire plan – inngår også som en del av Engaland-prosjektet. Byhusene har et areal på mellom 152 kvm og 176 kvm. Leilighetene er levert som moduler, mens rekkehusene og byhusene er bygd med prefabrikkerte elementer. Modulene har en maksimal bredde på 4,2 meter, og ble transportert sjøveien fra Skanskas produksjonslokaler i Steinkjer til Oslo. Ved transport på vei måtte modulene ha politieskorte.

4.2.5 Planlegging

Skanska benytter 3D-prosjektering og BIM i planleggingsfasen av prosjekter for å kunne sjekke at alle tekniske løsninger stemmer. En detaljert reguleringsplan dannet grunnlaget for prosjektet, der Peab forpliktet seg til å følge et miljøprogram med fokus på energisparende løsninger, og det var et mål å lage boliger som ikke hadde et energiforbruk som var høyere enn 100 kWh per kvadratmeter. Skanska leverte derfor sine modulsystemer med balansert ventilasjon, bolig-sprinkling og vannbåren varme. Premissene for bygget ble gitt av oppdragsgiver, der Husfabrikken Skanska hadde ansvaret for den byggtekniske prosjekteringen. Arkitekten hadde ansvaret for å kontrollere de utvendige tegningene, grunnet reguleringskrav fra plan- og bygningsmyndighetene om at bygget skulle tilpasses nærmiljøet på Vålerenga, som består av småhus i tre. Standardløsningene fra Skanska Husfabrikken skulle benyttes så lenge de ikke kom i konflikt med rammebetingelsene.

Prosjektet var opprinnelig tenkt utført i betong. Da prosjektet skulle prises i perioden 2005-2006 var det vanskelig å få tak i betong, og prisene var høye. Peab Bolig bestemte derfor at prosjektet skulle bygges i tremoduler, som de hadde erfaring med fra tidligere prosjekter. Modulbyggeri av tre førte til bedre økonomi, kortere byggetid og var bedre tilpasset organisasjonen. Prosjektet var allerede sendt til plan- og bygningsetaten for behandling når det ble bestemt å bygge med tremoduler, og Peab Bolig fryktet derfor at eventuelle endringer ville kunne føre til forsinkelser. De ytre rammene for bygget skulle derfor ikke endres, noe arkitekten i prosjektet fikk ansvaret for å kontrollere.

4.2.6 Logistikk

Peab Bolig har en egen arkitektorganisasjon med fem arkitekter, som har erfaring med å tegne med systemet som ble brukt i Engaland-prosjektet. Siden det meste foregår innad i bedriften, blir det lettere å optimalisere prosessen. Hele byggesystemet til Peab baserer seg på tre, der det bygges med trebaserte moduler eller elementer. Modulene produseres av Skanska i Steinkjer, og leveres ferdig innvendig. Bortsett fra i skjøtene skjer det ingen overflatebehandling innvendig på byggeplassen. Peab ønsker fortrinnsvis å benytte løsninger de har erfaring med fra før.

4.2.7 Erfaringer fra prosjektet

I prosjektet ble det benyttet kjente løsninger. Valget av standardløsninger gjorde at materialene for primærkonstruksjon og interiør var gitt på forhånd. Arkitekten hadde innflytelse på utformingen av fasadekledningen for at denne skulle være i henhold til føringene som var lagt av plan- og bygningsetaten. Ifølge arkitekten ga tremodulene et helt annet uttrykk [enn de opprinnelige planene med betong i konstruksjonen]. Det var vanskelig å få til gode planer, siden den største modul-

bredden ga føringer for prosjektet. Husene skulle gi inntrykk av å være flere mindre enheter som var satt sammen. Arkitekten fikk tegninger fra Husfabrikken og hadde som oppgave å påse at kravet fra myndighetene om at en skulle kunne lese mindre enheter i fasaden var overholdt. Noen av rommene i bygget ble tegnet under 15 kvm, noe arkitekten i prosjektet reagerte på. I ettertid skulle arkitekten ønsket mer ansvar lenger inn i prosessen. Arkitekten kommenterte også at mye av det som ble gjort i prosjektet i praksis var plassbygging innendørs. Det kunne vært gjort mer for å lage ting mer systematisk, og man kunne i større grad dyrket det systematiske. Et eksempel på dette var bruken av modulære panel på 100 mm. Alle vinduene ble derfor plassert i forhold til et grid på 100 mm. Likevel var det i prosjektet vanskelig å få til et helt panel på hver side av vinduene, og dette ble først løst etter samtaler mellom arkitekt og entreprenør i prosjektet. Arkitekten påpekte også at det ved transport av modulene i praksis ble fraktet mye luft. I følge arkitekten har modulene iboende egenskaper som kunne gitt spennende løsninger, og man kunne ha optimalisert bedre hvis man hadde fått litt mer spillerom. Modulene, slik de er konstruert, har store begrensninger. Siden det er brukt stenderverk, er det ikke mulig med overheng/utkraging. I så fall trengs det andre typer trekonstruksjoner, som f.eks. massivtreelementer.

4.2.8 Konklusjon

I prosjektet ble det i stor grad benyttet prefabrikkerte og kjente løsninger, som ble satt sammen på byggeplass. Standardløsningene fra Skanska Husfabrikken ble i størst mulig grad beholdt, og de tilpasningene som ble gjort i prosjektet var relatert til krav fra plan- og bygningsetatens side.

4.2.9 Kilder

Bygg.no: <http://www.bygg.no/prosjekter/45216.0>;
Norgebygges.no database, prosjektnummer 20028;
Intervju med: Inge Ormhaug (Lund & Slaatto Arkitekter AS),
Carl Fredrik Langseter (Peab Bolig AS)

4.3 Passivhus på Skøyen



Foto: Stein Stoknes, Norsk Massivtre.

4.3.1 Informasjon om prosjektet

Sted	Skøyen, Oslo
Prosjekttype	Enebolig
Byggetid/ferdigsilt	12 mnd/høsten 2009
BRA	186 kvm
Prosjektkostnad	Ca. 19 000,- kr/kvm BRA eks. mva
Entrepriseform	-
Byggherre	Stein Stoknes
Prosjektledelse	Medplan Arkitekter AS/Stein Stoknes
Hovedentreprenør	Byggmester Jo Toftdal
Rådgivere	Nils Ivar Bovim, Brucon, SINTEF Byggeforsk
Prosjektstøtte	Innovasjon Norge, Enøk-etaten Oslo, Husbanken, Enova

4.3.2 Prosjektidé

Det overordnede målet med prosjektet har vært å utvikle et helhetlig, energi- og klimaeffektivt boligkonsept basert på massivtre som byggemetode. Bruken av massivtre skal kombineres med isolasjonssjikt uten kuldebroer. Det har vært et ønske å optimalisere bruken av massivtre slik at man kan oppnå både kostnads-/areal- og energieffektive løsninger. I prosjektet ønsket man å finne gode løsninger for integrering av massivtre og tekniske installasjoner som rør, elektriske føringer og ventilasjon som er påkrevd i et passivhus. Eneboligen er prosjektert etter passivhusstandarden. Dette medfører at årlig energibehov til oppvarming ikke skal overstige 15 kWh/m² per år, og at maksimalt effektbehov til oppvarming ikke skal overstige 10 W/m².

4.3.3 Offentlige rammefaktorer

Prosjektet er gitt støtte fra Innovasjon Norge, Husbanken og Enøk-etaten i Oslo som et pilot- og visningsprosjekt.

Eneboligen ble bygd på en liten tomt på ca. 500 m² i et tettbebygd og godt etablert boligområde. Det har vært en lang prosess med Oslo kommune for å få godkjent oppføringen av passivhuset. Bygget var opprinnelig tegnet med flatt tak, noe kommunen ikke ønsket. Taket ble derfor gjort om til et saltak. Bygget er prosjektert som et passivhus, noe som medfører at bygget ble tegnet kompakt og med minst mulig ytterveggsoverflate slik at varmetapet er minst mulig.

4.3.4 Løsninger/Teknologi

Massivtre er brukt i konstruksjonen, kombinert med et isolasjonssjikt uten kuldebroer. Det er ikke brukt lim i massivtrekonstruksjonen, som er eksponert som innvendige flater. Veggene i bygget er diffusjonsåpne for å respondere på klimaet inne i bygget. Tekniske installasjoner som rør, elektriske føringer og ventilasjon er

integrert i veggene. Målene for huset er 16 meter langt og 6,5 meter bredt over to og en halv etasje, der det er brukt massivtre i vegger, tak, hemser og etasjeskillere. Veggene er bygd opp av tre og fire lags overlappende elementer i gran med en bredde på 120 mm, hvor elementene er synlige. Tak, hemser og etasjeskillere er selvbærende med 48 mm synlig panel. Taket har en vinkel på 41 grader, der deler av huset har full romhøyde uten stag eller bjelker på tvers i rommet. Det er brukt kontinuerlige flater av massivtre i prosjektet. Etasjeskillerne er 223 mm og spenner over 5,8 meter. Til sammen 38 elementer á 400 mm hver ble produsert og pakket i plast. Elementene hadde en fuktighet på 10 % og ble lagret frem til montering. Elementene ble lagret innpakket i plast for å hindre at UV-stråling og annen forurensing skulle forringe kvaliteten på elementene.

Det ble tidlig i prosjektet bestemt at det skulle benyttes massivtreelementer som bæring i boligen. I og med at isolasjon har nesten tre ganger bedre isolasjonsegenskaper enn massivtreelementer, var det et ønske å optimalisere massivtrekonstruksjonen så mye som mulig med hensyn til bæreevne. Massivtrekonstruksjonen fungerer også som festeunderlag for det utvendige skallet (isolasjonssjikt og ytterkledning). Den trimmede massivtrekonstruksjonen medførte at ytterveggene kun består av 88 mm massivtreelement i tre sjikt.

Ytterkledningen er festet gjennom isolasjonssjiktet og til massivtrekonstruksjonen med lange konstruksjonsskruer, noe som reduserer kuldebroeffekten. Den utvendige kledningen består av 100 % ubehandlet malmfuru. Denne vil få en naturlig gråning over tid. Innvendig er massivtreelementene behandlet med linolje. Dette gir massivtreelementene et lyst preg, samtidig som dette er en diffusjonsåpen behandling som medfører at treets naturlige fuktregulerende egenskaper beholdes. Det ble benyttet 350 mm isolasjon i yttervegg og 380 mm isolasjon i tak.

Hele bygget ble oppført under telt for å sikre bygget mot oppfukting under byggeperioden. Byggefukt som kommer inn under bygging av passivhus vil kunne ta lengre tid å tørke ut enn i tradisjonelle hus.

4.3.5 Planlegging

En av hovedutfordringene i prosjektet var å utvikle løsninger som kombinerte massivtre med et isolasjonssjikt som var uten kuldebroer. Dette for å oppnå, kostnads-/areal- og energieffektive løsninger. Byggherren, Stein Stoknes, har hatt interesse for energiøkonomisering og miljøvennlig husbygging helt siden studietiden.

Prosjektet bærer preg av at løsningene som ble benyttet ikke tidligere er prøvd, og det er derfor lagt ned mye arbeid i å tilknytte seg nødvendig kompetanse og inngå samarbeid med ulike leverandører som hadde produkter som egnet seg til bygging av passivhus. Siden det ikke er utarbeidet noe standardløsninger for passivhus eller for kombinasjonen massivtre og passivhus, ble det lagt ned mye arbeid i forkant og underveis i prosjektet. Mange av løsningene ble utviklet underveis i byggeprosjektet.

4.3.6 Logistikk

Massivtreelementene er produsert i en byggehall i Valdres, mens montering og bygging har skjedd på Skøyen i Oslo. Alle sammenstillinger av elementer og seksjoner fulgte samme prinsipp, noe som ga kontinuerlige overflater i hele byggets lengde og høyde. Elementene var ferdige tilpasset med hulltaking for åpninger/vinduer og sammenføyning med andre elementer. Den bærende massivtrekonstruksjonen ble først satt opp (dvs. det bærende skallet for hele bygget). Deretter ble det lagt på utvendig vindsperre før utvendig isolasjon med utlekting ble festet til massivtreskallet. Utvending kledning ble festet inn gjennom isolasjonssjiktet til massivtrekonstruksjonen. Takelementene i massivtre kom som ferdige saltakselementer til byggeplass, og ble heist på plass og festet til toppen av ytterveggene i massivtre. På øverste del av taket ble det benyttet ekstra trykkfast isolasjon for å hindre deformasjoner i takflaten på grunn av snølast.

Norsk Massivtre AS produserte og monterte i prosjektet. Hele byggeprosessen frem til bygget var tett foregikk under telt. På denne måten unngikk man fukt i konstruksjonene. Bruken av prefabrikkerte elementer reduserte også avfallet under byggeprosessen.

4.3.7 Erfaringer

Siden dette prosjektet er en nyskapning i forhold til både byggemetode og løsninger, har det dukket opp mange utfordringer underveis i byggeprosjektet. Prosjektet har fått bred støtte fra alle involverte og mye leverandørhjelp underveis. De involverte i prosjektet har hatt stort engasjement, og alle har hatt ønske om å løse utfordringene i prosjektet på en best mulig måte. Prosjektet har hatt tilgang til god kompetanse innenfor alle fagområder og har derfor lyktes veldig bra.

4.3.8 Konklusjon

Prosjektet viser at kombinasjonen passivhus og massivtreelementer er en god kombinasjon. Prosjektet har vært en lang reise fra idé til ferdig prosjekt. Med et godt team av dyktige fagfolk og stor interesse for utvikling og innovasjon hos alle de involverte i prosjektet, har dette bidratt til et suksessfullt passivhusprosjekt.

Dette utviklingsprosjektet vil være et foregangsprosjekt for andre tilsvarende passivhusprosjekter i tiden som kommer. Mange fagmiljøer og leverandører har fått nyttig erfaring gjennom dette prosjektet og har ervervet ny kunnskap rundt passivhusbygging. Prosjektet har utviklet mange nye og innovative løsninger for passivhus som kan benyttes i andre tilsvarende løsninger.

4.3.9 Kilder

Prosjektpresentasjon Norsk Massivtre: <http://www.landsbyarkitektene.no/div/prosjektpresentasjon%20massivpassiv.pdf>;

Artikkel Ecobox: <http://www.arkitektur.no/?nid=177584>;

Intervju med Stein Stoknes (EcoBox)

4.4 Preikestolen fjellhytte



Foto: Juri Havran.



Foto: Emilie Ashley.

4.4.1 Informasjon om prosjektet

Sted	Preikestolen, Jørpeland
Prosjektttype	Turisthytte og serveringssted
Byggetid/ferdigstilt	2007-2008/november 2008
BRA	1290 kvm (brutto)
Prosjektkostnad	28 000,- per kvm (25,9 mill. eks. mva)
Entrepriseform	Delt entreprise
Byggherre	Stavanger Turistforening
Prosjektledelse	Bernt Krogh
Prosjekterende	Helen & Hard arkitekter AS
Hovedentreprenør	Holz100 Norge
Rådgivere	Cowi AS, Modalsli prosjektering, Ekrheim Consult AS, Wörle Sparowitz Ingenieure, SK Langeland
Prosjektstøtte	Enova, Norwegian Wood

4.4.2 Prosjektidé

Stavanger turistforening hadde som mål å lage en enkel, effektiv turisthytte ved bruk av få materialer og som skulle gi de besøkende mulighet til nær kontakt med naturen.

4.4.3 Offentlige ramme faktorer

Det hele startet med en arkitektkonkurranse i 2005, hvor målet var å bygge miljøvennlig og energiøkonomisk i tre, stein, glass, stål og betong. Kriteriene og rammene som ble lagt til grunn passet godt inn i Norwegian Wood, og ble derfor et av disse prosjektene. I Norwegian Wood stilles det krav til innovativ trebruk, energieffektivitet, miljøvennlig materialbruk og universell utforming.

Bygget ble byggemeldt på vanlig måte. Ingen spesielle krav ble satt til bygget. Tomten er på over tre mål, så det var ingen problemer i forhold til naboer.

Et moment ved byggestedet er at det er langt unna brannvesen, og dermed kreves ekstra tiltak i forhold til brannsikkerhet og muligheter for å slukke en eventuell brann. Det ble derfor langt ned en del ressurser på å løse brannsikkerheten. Dette ble løst ved at det ble lagt inn brannstoppere flere steder i den luftede kledningen, slik at en brann på utsiden av bygget ikke skal spre seg så lett. Det ble også boret flere nye brønner for å sikre bygget tilstrekkelig vanntilførsel.

4.4.4 Løsninger/Teknologi

Bygget er svakt vinkelformet og tilpasset terrenget rundt, med to fløyer som møtes i en knekk. Den østre delen av bygget har personal- og fellesrom i første etasje og gjesterom i andre og tredje etasje. Den andre fløyen har resepsjonsområde, kafé, restaurant og stue i første etasje. I andre etasje er det soverom og konferanserom. Hovedkonstruksjonen i Preikestolen Fjellstue er bærende tversgående massivtre-elementer, der hvert element er tilpasset på fabrikk. Bygget bæres av massivtre-skiver med en akseavstand på 2,7 meter. Dimensjonen for veggene er på 210 mm massivtre og det er isolert med 200 mm tykke trefiberplater. Tilsvarende dimensjoner for taket er 250 mm massivtre og 200 mm isolasjon. Hele ytterveggskonstruksjonen er i underkant av 600 mm tykke (fra innside til utside). Ytterveggen er bygd opp av 250 mm tykke massivtrelementer med trefiberisolasjon på 200 mm lagt mellom 198 mm stendere som utforing. På utsiden av dette er det benyttet 35 mm trefiberplate (isolasjon og vindsperre). Det er benyttet bærende gjennomgående massivtreskiver som fungerer både som søyle i første etasje og som romskiller i andre etasje. Disse er benyttet som bæring og naturlig romskille gjennom hele bygget (og er satt opp med akseavstand lik 2,7 meter). Det er benyttet to doble massivtreskiver per akse, men satt opp med en liten senteravstand for å ta høyde for lydisolasjon mellom rommene i andre etasje.

Den utvendige kledningen er tradisjonell utluftet kledning hvor det er benyttet malmfuru fra Røros som ytterkledning. De indre massivtreveggene er doble – 130 mm i to lag – for å isolere mot lyd. Ytterveggene er 600 mm tykke. På taket er det brukt bordkledning av kjerneved som ytterkledning. Under den luftede takflaten er det et undertak av trefiberplater. Massivtreelementene fungerer som søyler i første etasje og som romdelere i andre etasje. Som energikilde i bygget er det benyttet en varmepumpe som tar vannet fra nærliggende vann. Det resterende varmebehovet på kalde dager dekkes med vedovn.

4.4.5 Planlegging

Det var mange utfordringer knyttet til sammenføyninger og statiske beregninger, noe som har krevd utvikling av løsninger underveis i prosjektet. Bruk av mange skrå vegger gjorde at beregningsarbeidet tok flere måneder ekstra for statikerne – tilmålt tid for beregningsarbeidet var to måneder – men det ble brukt 14 måneder totalt på å utføre regnearbeidet knyttet til styrke og stabilitet. Dette førte til at prosjektet ble forsinket ett år i forhold til den opprinnelige planen. Under byggeprosessen ble arbeidet fulgt opp av en arkitekt som representerte arkitektfirmaet i prosjektet. Dette gjorde det lettere å følge opp de justeringene som måtte gjøres underveis, og mulighetene for å følge opp detaljer i prosjektet var gode.

Bygget er komplekst oppbygd med mange vinkler, og dette krever mye arbeid for å sikre at alle delene og komponentene i bygget passer sammen. Det ble derfor laget en nøyaktig modell i 3D for å sikre dette.

Prosjektet bærer preg av at dette ikke tidligere er gjort, og det er derfor lagt ned veldig mye arbeid i å gjennomarbeide og utvikle gode løsninger. Arkitekten har hatt en veldig sentral rolle i dette prosjektet fra start til mål, og har vært med og fulgt opp prosjektet veldig tett i hele prosjektperioden. Arkitekten har vært på byggeplassen flere ganger i uken for å følge opp prosjektet og løse utfordringer som har dukket opp underveis. Den konstruktive bruken av de dyblede massivtreelementene er også veldig spesiell og medfører at det har blitt lagt ned mye ressurser for å optimalisere løsningene.

4.4.6 Logistikk

Massivtreelementene ble levert av Holz100 Norge som prefabrikkerte elementer. Veggelementene kom fra fabrikker i Østerrike, Tyskland og Norge, og ble fraktet til byggeplassen med trailer og heist på plass med kraner. Monteringen ble utført av fagfolk fra Tyskland som hadde spesialkunnskap og erfaring med montering av massivtreelementer. Den siste finpussen av prosjektet ble utført av spesialarbeidere fra Sør-Tyskland. Måten å bygge på var utfordrende for de involverte rørleggerne og elektrikerne. Montasjeteamet besto av syv personer. Når disse var ferdig overtok fire til fem tømrere arbeidet med tak og isolasjon. Til slutt, når skallet var på plass, overtok elektro, automasjon, ventilasjon og andre installatører det videre arbeidet. Arbeidet ble mer omfattende enn først antatt, og det var behov for erfaren arbeidskraft. Dette gjorde f.eks. at bedriftene ikke kunne benytte lærlinger i de forskjellige delene av byggeprosessen.

Bygget ble bygget uten værbeskyttelsessystem (WPS).

4.4.7 Erfaringer

I følge arkitekt Dag Strass var de største utfordringene med prosjektering og oppføring av bygget knyttet til den komplekse geometrien som er benyttet. Det opprinnelige elementet fra Holz100 ble endret slik at det passet bedre for dette prosjektet. Arkitektonisk var den største utfordringen å få til ønsket presisjon på uttrykket med en veggoppbygging på 600 mm. En annen utfordring var knyttet til at gjennomføringene i massivtreelementene måtte planlegges svært nøyaktig, siden bygget har få rette vinkler. Det ble likevel hevdet at dette ikke innebar flere justeringer enn for et vanlig bygg. Det oppsto forsinkelser underveis i prosjektet grunnet problemer med å levere nok prefabrikkerte elementer fra fabrikkene i Norge. Dette gjorde at fabrikkene i Østerrike og Tyskland måtte levere elementer, noe som ga økte transportkostnader i prosjektet.

I og med at dette prosjektet inngikk som et av prosjektene i Norwegian Wood, har prosjektet nytt godt av drahjelp av ulike fagfolk. De har gjennom Norwegian Wood fått tilgang og hjelp fra ulike eksperter på de ulike deler av prosjektet.

Arkitekten i prosjektet har lagt ned veldig mye tid på å få et så nøyaktig tegningsunderlag som mulig. Bygget er komplekst, og det er brukt flere hundre ulike massivtreelement typer i bygget. I tillegg er det mange ulike vinkler i bygget. Det ble derfor laget en 3D CAD-modell av hele bygget, med alle de ulike massivtreelementer, installasjoner og føringer lagt inn, både for å sjekke at alle deler passet sammen og for at dette underlaget kunne benyttes videre ved produksjon av alle de ulike massivtreelementene, ved styrke- og stivhetsberegninger, installering av tekniske føringer, m.m. Det skulle imidlertid vise seg at ingen kunne bruke disse 3D-tegningene i sin produksjon.

Det endte derfor med at massivtreprodusenten måtte lage sine egne tegninger, som da arkitekten måtte kontrollere, før disse gikk tilbake til produksjon. Dette medførte veldig mye mer arbeid for arkitekten underveis i prosjektet og viser at det er store utfordringer i bruk av dataverktøy og integrasjon mellom de ulike leverandører og rådgivere i prosjektet.

Bruken av dyblede massivtreelementer ble også en utfordring i forhold til den spesielle bærende konstruksjonen som var valgt for bygget.

Byggeprosjektet ble forsinket med ca. ett år i forhold til planlagt ferdigstillelse. Dette skyldes i hovedsak at det ikke var noen rådgivende ingeniør i Norge som kunne ta på seg beregningene av styrke og stivhet til massivtreelementene, og det tok lang tid å få tak i kompetent rådgiver som kunne gjøre dette. Det endte opp med at ingeniører fra Østerrike måtte engasjeres for å dimensjonere bygget.

Byggets kompleksitet medførte at det var behov for dyktige fagfolk i alle ledd ved byggingen. Det viste seg at dette var spesielt utfordrende for rørlegger og elektriker, og lærlinger i faget kunne ikke benyttes i prosjektet.

Byggets yttervegg kunne vært utført annerledes, hvis den skulle vært bygd på nytt. På den tiden bygget ble satt opp, var eneste løsning med utvendig isolasjon utenpå massivtreelementene å bruke 198 mm stendere som utforing hvor isolasjonen festes. I prinsippet blir dette som å bygge to veggkonstruksjoner. I dag har det kommet andre isolasjonsløsninger som medfører at stenderne kan sløyfes (se Passivhus Skøyen).

4.4.8 Konklusjon

Et slikt komplekst bygg har mange elementer av innovasjon i seg og krever at alle de involverte er samkjørte i forhold til hva man ønsker å få til. Det har vært viktig for suksessen i prosjektet at arkitekten har hatt en helt sentral rolle fra start til mål, og har fulgt opp prosjektet tett hele veien. Bygget ble slik turistforeningen og arkitekten hadde tenkt, og det ser også ut til at energirammen som prosjektet hadde målsetting om ble oppfylt. Men det gjenstår å måle energiforbruket i bygget.

4.4.9 Kilder

Artikkel i Bergens Tidende:

<http://www.bt.no/forbruker/husoghjem/article659446.ece>;

Ecobox: <http://www.arkitektur.no/?nid=119694&pid0=92058>;

Pressemelding Norwegian Wood 4. juni 2008;

Artikkel i Aftenbladet: <http://www.aftenbladet.no/lokalt/article517129.ece>;

Foto 1: <http://www.hotellmagasinet.no/images/content/fasade.jpg>; Foto 2:

[Http://www.adressa.no/multimedia/archive/01082/hytta_langt_1082070a.jpg](http://www.adressa.no/multimedia/archive/01082/hytta_langt_1082070a.jpg);

Artikkel i Bygg.no: <http://www.bygg.no/prosjekter/40821.0>;

Intervju med Dag Strass (Helen & Hard arkitekter)

4.5 Passivhus i Bodø



Foto: Christoffer Aas Clementz, Treteknisk.

4.5.1 Informasjon om prosjektet

Sted	Bodø
Prosjekttype	Enebolig i passivhusutførelse
Byggetid	Oktober 2009 - mai 2010
BRA	172 kvm
Prosjektkostnad	-
Entrepriseform	Totalentreprise
Byggherre	-
Prosjektledelse	-
Arkitekt	Mesterhus
Prosjekterende	Byggmester Erling Skipnes
Hovedentreprenør	Moelven Byggmodul
Rådgivere	Byggma, Glava
Prosjektstøtte	Innovasjon Norge

4.5.2 Prosjektidé

Våren 2008 startet Mesterhus et passivhusprosjekt med sikte på å utvikle og bygge passivhus for “folk flest”. Mesterhus ønsket med dette å tilby passivhus tilpasset massemarkedet til en akseptabel pris. I og med at det per i dag ikke er bygget så mange eneboliger etter passivhusstandard, ønsket Mesterhus å dele erfaringene fra plan- og byggeprosessen, herunder både tekniske løsninger og avveininger som må gjøres underveis.

Mesterhus kan nå tilby tre hustyper som oppfyller passivhusutførelse. Det første passivhuset som ble bygget i Bodø er et eksisterende kataloghus som ble omprosjektert til passivhusstandard. Dette omprosjekterte huset har en ideell form i forhold til de strenge kravene til passivhus med sin enkle og kvadratiske form.

4.5.3 Offentlige ramme faktorer

Prosjektet ble støttet økonomisk av Innovasjon Norge.

4.5.4 Løsninger/Teknologi

Manglende erfaring med bygging av passivhus i Norge gjorde at ulike tekniske løsninger ble vurdert; oppfyllelse av energikrav, håndverkernes kjennskap til de ulike løsningene, økonomi og hvor godt løsningen var kjent i det norske bygge-markedet var alle faktorer som påvirket valget av løsning. Løsning for ringmuren hadde gode isolasjonsegenskaper, og var kjent for håndverkerne før byggeprosessen startet. Utenpå ringmursløsningen ble det benyttet 100 mm isolasjon for å redusere kuldebroene. Det ble benyttet litt større dimensjoner enn det som er vanlig, men dette førte ikke til noen problemer. I ytterveggen mot terrenget ble det benyttet et EPS-basert 350 mm elementsystem, og veggen ble i tillegg lektet

ut med 50 mm som ble isolert. Stegene ble isolert mellom hvert element for å unngå kuldebroer. Tykkere vegger og mer isolasjon fører til at det blir kaldere på den utvendige siden av veggene. I taket ble det brukt 600 mm mineralull som isolasjon. Isolasjonen som ble brukt i veggene, er plater som ble tilpasset I-profilen. Usikkerhet mht. risiko for fuktskader ved økte veggtykkelser har vært et tema man har ønsket å se nærmere på under byggeprosessen. Derfor har man under byggeprosessen logget fuktinnholdet i treverket for å se hvordan det utvikler seg i løpet av byggeprosessen og senere i bruksperioden. Boligens areal er fordelt på to etasjer, med 17 % vindus- og dørareal i forhold til gulvareal, noe som er typisk for småhus. Huset har en enkel og kvadratisk form, noe som er godt egnet i forhold til de strenge kravene som stilles til et passivhus. Andel vindusareal mot sør er 72 %, 20 % er mot nord, mens de resterende 8 % er mot øst.

Eneboligen er prosjektert og beregnet etter passivhusstandarden NS 3700. Etter denne standarden er maksimalt tillatt energibehov 20,0 kWh/m² BRA. Beregnet energibehov for eneboligen er 14,1 kWh/m² BRA og tilfredsstiller dermed kravet med god margin. Det brukes omtrent dobbelt så mye isolasjon i et passivhus som i en bolig etter norske forskrifter i 2009. Et hus bygget etter passivhusstandard bruker omtrent 25 % av energibehovet til et vanlig hus. Ytterveggene består av to lag med 200 mm isolasjon, dvs. totalt 400 mm isolasjon. I taket over 2. etasje (kaldt loft) er det lagt inn 600 mm isolasjon. I dette prosjektet er det benyttet isolasjon med forbedret isolasjonsevne (Glava Extrem 33), som isolerer omtrent 10 % bedre enn standard isolasjon (A37) i ytterveggene. Det ble valgt å benytte en ringmur fra Jackon, som har svært gode isolasjonsegenskaper og som i tillegg var godt kjent for håndverkerne fra før. Det ble benyttet Jackon ringsmurselementer med en U-verdi på 0,17 W/m². I tillegg ble det lagt 100 mm isolasjon på utsiden av disse elementene for å redusere kuldebroer ytterligere. Den bærende konstruksjonen i yttervegger og etasjeskiller består av I-bjelker i tre, mens i takkonstruksjonen ble det benyttet takstoler av tre.

For å avdekke eventuelle svake punkter i huset ble det foretatt lufttetthetsmålinger og termofotografering underveis i byggefasen samt rett før overtagelse av byggherre. Ingen svakheter ble avdekket gjennom disse målingene. Energibruken til lys utgjør en betydelig andel av den totale energiregningen. Det er derfor benyttet LED-lys som kun bruker en brøkdel av energien til tradisjonelle lyskilder. Det ble valgt å benytte luft-til-luft-varmepumpe i dette huset.

4.5.5 Planlegging

Siden byggmesteren i prosjektet normalt bygger med elementer, var det naturlig å velge denne byggemetoden også i dette prosjektet. Dette for å sikre minimalt med fuktpåkjenning under selve byggingen av veggene. Det ble lagt ned mye ressurser for å vurdere hvilke løsninger som skal benyttes til dette bygget. Det var svært begrenset erfaring rundt bygging av passivhus i Norge. Mye tid gikk også med til å vurdere ulike forhold i tilknytning til oppfyllelse av energikrav. Dette inne-

bærer både valg av løsninger (passive og aktive), kjennskap til løsninger hos håndverkerne og ikke minst økonomi i prosjektet.

Det ble vurdert ulike kilder for oppvarming til boligen. Både solfangere og luft-til-vann-varmepumper ble vurdert. På grunn av beliggenhet og det værharde området, samt det arkitektoniske uttrykket til bygget, var bruk av solfangere uaktuelt i dette prosjektet. Når det gjelder luft-til-vann-varmepumper, ble dette ansett for kostbart sett i forhold til privatøkonomi.

4.5.6 Logistikk

Bygget er plassbygd og det er benyttet ferdige elementer som ble produsert under kontrollerte og tørre forhold i fabrikk. Veggelementene kom ferdig med vinduer, dører og utvendig vindsperre til byggplass. Isolasjon ble ettermontert innvendig på byggplassen. Utvendig kledning, inklusive utlektning, ble ettermontert på byggeplass. Takkonstruksjonen består av prefabrikkerte takstoler levert til byggeplassen. Tetting, isolering og legging av takbelegg ble utført på byggeplassen.

4.5.7 Erfaringer

Ved bygging av passivhus er det viktig med en helhetstenkning for å kunne oppnå et godt resultat. Det er viktig å legge ned mye ressurser på planlegging og detaljprosjektering for at resultatet skal bli som ønsket. I tillegg er det viktig at håndverkerne har nødvendig kompetanse og er fokusert på de små detaljene for at resultatet skal bli bra. Det er også viktig at håndverkerne har kjennskap til de løsningene som velges i et slikt prosjekt.

I prosjektet var det også store utfordringer knyttet til å finne tekniske løsninger som ligger innenfor akseptable økonomiske rammer for å oppfylle kravet til fornybar energi for kunden. En erfaring var at løsninger som fungerer for tradisjonelle boliger, kanskje ikke er like godt egnet for passivhus. For eksempel ble vannbåren varme vurdert i prosjektet, men på grunn av kostnader og komfort er det vanskelig å regulere dette når varmebehovet er såpass lavt.

Byggherren ønsket å ha en vedovn, men i prinsippet er det ikke behov for dette i forhold til komforthensyn. Vedovn ble derfor installert for ren "hygge og fornøyelse". Det ble installert en vedovn som ikke leverte så mye varme, stikk motsatt av det man gjorde tidligere, da man ønsket mest mulig varme fra vedovnen.

I forhold til eksisterende luft-til-vann-varmepumper, er det et behov for enklere og rimeligere varmepumper som primært kan dekke tappevannsbehovet. Dette gjelder både for passivhus og boliger med mer normalt oppvarmingsbehov.

Tykkere vegger og mer isolasjon medfører at det blir kaldere på den utvendige siden av veggen. Det har vært en diskusjon blant forskere at dette kan medføre en større risiko for fuktskader enn i mer normalt isolerte konstruksjoner. For å unngå dette, er det en utbredt oppfatning om at det bør legges inn et papirlag inne i isolasjonen for å forhindre konveksjon inne i isolasjonssjiktet. I dette prosjektet ble det derfor installert loggere for å undersøke om det er et reelt behov i praksis.

4.5.8 Konklusjon

Bygging etter passivhusstandard er lite utbredt i Norge per i dag. Men Mesterhus har gjennom prosjektet i Bodø vist at det er fullt mulig å gjennomføre. De har gjennom erfaringene fra dette prosjektet og arbeid i ettertid utviklet tre kataloghus som er klassifisert og prosjektert etter passivhusstandarden.

For å gjennomføre et bygg etter passivhusstandarden er det viktig at alle som er med i prosjektet er klar over hvor avgjørende detaljer er i slike bygg. Det kreves mye kompetanse blant de involverte i prosjektet og er helt avhengig av veldig godt håndverksmessig utført jobb for at bygget skal få de kvaliteter som forutsatt.

4.5.9 Kilder

Blog Mesterhus.no: <http://blogg.mesterhus.no/category/passivhuset-karita/>;
Glava: <http://www.glava.no/proff/bygg/folg-bygging-av-passivhus-i-bodo/>;
Møter med involverte parter fra Treteknisk og Mesterhus

4.6 Næringsbygg i Vestby



Foto: Bjørn Lier, Trebruk AS, og Are Brug AS.

4.6.1 Informasjon om prosjektet

Sted	Vestby, Akershus
Prosjekttype	Næringsbygg
Byggetid/ferdigstilt	12 måneder/2009
BRA	1300 kvm
Prosjektkostnad	60 mill. kr.
Entrepriseform	Totalentreprise
Byggherre	Olav Breivik
Prosjektledelse	Hersleth Entreprenør
Prosjekterende	-
Hovedentreprenør	Hersleth Entreprenør
Rådgivere	Alfa Tre AS, Are Brug AS
Prosjektstøtte	Innovasjon Norge

4.6.2 Prosjektidé

Byggherre og utbygger Olav Breivik hadde en idé om å bygge forretnings- og kontorbygg ved bruk av mest mulig tre. Bakgrunnen for dette var et ønske om å bygge miljøvennlig og at disse intensjonene er godt forankret i nasjonale retningslinjer, særlig med sikte på å binde CO₂. Det var også et ønske om å utfordre de tradisjonelle aktørene innen stål og betong og vise at en treløsning kan være like kostnadseffektiv.

Bygget disponeres i dag av Spar-kjeden, som er en del av Norgesgruppen. Norgesgruppen syntes prosjektet og målsettingen var veldig spennende og i tråd med deres profil.

4.6.3 Offentlige rammefaktorer

Det var ingen spesielle pålegg i forhold til valg av løsning eller saksgang. Innovasjon Norge har støttet prosjektet økonomisk. Dette har gjort det mulig å avklare de utfordringene en trekonstruksjon har medført.

4.6.4 Løsninger/Teknologi

Konstruksjonen i bygget er nesten utelukkende av tre. De bærende konstruksjonene består av søyler og bjelker i limtre, og veggene er montert som kassetter i tre. Kassettenes ble isolert og kledd med gips. I takkonstruksjonen ble det benyttet en takstolløsning, hvor inntil åtte takstoler ble satt sammen til en pakke. Denne byggemetoden gjorde at konstruksjonen kunne stå åpen uten himling, hvor takstolpakkene stod med en senteravstand på fem meter. Dette gjør at trekonstruksjonen er godt synlig i butikkmiljøet. Ytterveggene består av prefabrikkerte bindingsverksvegger med kledning av panel. Bygget er fundamentert med sålefundament i løsmasser.

Bygget er på ca. 1 000 kvm over én etasje og er ca. 50 meter langt og 20 meter bredt. Bygget består i hovedsak av butikkarealer med blant annet kjøkken-/ferskvare-/kjølelager, lager og mindre kontorarealer. Bygget er fundamentert med sålefundament i løsmasser, med gulv på grunn. Bærekonstruksjonen er oppført i søyler av limtre og takstoler av tre. Ytterveggene består av prefabriserte bindingsverksvegger med kledning av panel.

Det var ønske om å bygge bygget mest mulig åpent og fleksibelt uten noen form for innvendig bæring. Valmtaket skulle derfor bæres av ytterveggene, og det var ønske om å ha synlige takstoler i taket. Tradisjonelle takstoler har begrenset bæreevne i forhold til brann på grunn av utvendige og synlige spikerplater. For å få tilstrekkelig bæreevne i taket og beskytte ståldetaljene i takstolene, ble det valgt en løsning hvor flere takstoler ble satt sammen i hver akse, slik at ståldetaljene dermed blir beskyttet av de utenforliggende takstolene. Dermed kunne disse takstolene være synlige uten noen form for tildekking. Takstolene står med en akseavstand på fem meter i byggets lengderetning. Takstolene spenner ca. 20 meter fra yttervegg til yttervegg og hviler på limtresøyler i yttervegg. Mellom limtresøylene i yttervegg er det satt inn prefabriserte bindingsverksvegger, og avstivningen i bygget tas opp av tradisjonelle stålkryss mellom limtresøylene. Takstolene er levert av Are Brug.

4.6.5 Planlegging

For å verifisere bruken av denne type takstoler i takkonstruksjonen i forhold til bæreevne ved brannpåkjenning, ble brannegenskapene testet i brannlaben til SINTEF Byggforsk. Flere av de involverte i byggeprosjektet har jobbet sammen i andre treprosjekter og har gjennom dette utviklet et godt samarbeidsklima. Det har vært langt ned mye tid på forprosjektet i forkant, og alle de involverte ble involvert på et tidlig tidspunkt i prosjektet.

4.6.6 Logistikk

Veggene ble levert ferdigprodusert fra en lokal fabrikk. Isoleringen av kassene og kledning med gips foregikk på byggeplass. Alle de involverte partene i prosjektet – byggherre, entreprenør og leverandører av materialer og løsninger – har lokal forankring i eller nær byggeplassen. Dette har medført kort transportavstand fra produksjon til levering på byggeplass.

4.6.7 Erfaringer

Byggherren var en sterk pådriver for å få til denne løsningen i tre sammen med alle de andre involverte i prosjektet. Også bruker av bygget, Spar-butikk, som er en del av Norgesgruppen, har vært veldig positiv til prosjektet. Byggesaksgangen for dette treprosjektet har vært som for et tilsvarende tradisjonelt bygg. I følge

byggherren tok det like lang tid med grunnarbeidene og betongarbeidene for dette bygget som om det skulle vært bygd tilsvarende i stål og betong.

Det er første gang Are Brug har levert disse type takstoler. De har etter dette prosjektet valgt å benytte samme løsning i takkonstruksjonen i sin nye produksjonshall. Denne type trekonstruksjon i taket har blitt etterspurt og vært aktuell i andre prosjekter på bakgrunn av erfaringer fra dette prosjektet.

Løsningen med å beskytte bakenforliggende limtre med en "pakke" med takstoler, åpner nye muligheter for å benytte trekonstruksjoner synlig i tak og medfører at det ikke er behov for brannbeskyttende himling eller tilsvarende. Den selv bærende takstolkonstruksjonen, som spenner fra yttervegg til yttervegg, medfører full fleksibilitet i forhold til innredning og arealutnyttelse innvendig i bygget.

Utbygger er godt fornøyd med prosjektet og ønsker å vise at det går an å bygge næringsbygg i tre på en kostnadseffektiv måte, og at det kan være mange fordeler med slike typer bygg.

4.6.8 Konklusjon

Byggherren er veldig fornøyd med gjennomføringen av prosjektet og å ha fått fremhevet bruken av tre som synlig i konstruksjonene. Prosjektet viser at trekonstruksjoner kan være konkurransedyktige også i næringsbygg av denne typen. Byggetiden for slike bygg er omtrent den samme som for tilsvarende bygg i stål og betong. Dette skyldes i hovedsak at grunnarbeidene tar like lang tid, uansett hvilke byggematerialer som benyttes.

Utfordringer knyttet til åpen og synlig bærekonstruksjonen i taket er løst på en god og samtidig enkel måte, samtidig som treet kan eksponeres uten ytterligere tiltak. Ved å legge hele bæringen til det utvendige skallet, gir dette full fleksibilitet i forhold til innredning og inndeling av bygget både nå og for fremtidige krav til bruksendringer. Denne type løsninger er nytt og innovativt i forhold til trebruk i næringsbygg. Det har i ettertid kommet flere henvendelser for å benytte tilsvarende løsninger i andre typer bygg.

4.6.9 Kilder

Moss avis: <http://www.moss-avis.no/nyheter/konomi-og-forbruker/skiftet-ut-stal-og-betong-med-norske-trevarer-1.3959877>;

Innovasjon Norge: <http://www.innovasjonnorge.no/Satsinger/Landbruk/Nyheter/Norsk-miljoennlig-mat-selges-fra-en-miljoennlig-trebygning/>;

Hersleth entreprenør hjemmeside: <http://www.hersleth.no/node/382>;

Artikkel i Vestby Nytt: <http://www.hersleth.no/node/351>;

Intervju med Olav Breivik (Byggherre), Steinar Wahl (Are Brug AS)

4.7 Ungdomsboliger i Hokksund



Foto: Geir Glasø, Treteknisk.

4.7.1 Informasjon om prosjektet

Sted	Øvre Eiker, Hokksund
Prosjekttype	Leilighetsbygg
Byggetid/ferdigstilt	-/2006
BRA	-
Prosjektkostnad	12,6 mill. kroner (eks. tomt)
Entrepriseform	-
Byggherre	Eiker Eiendomsutvikling
Prosjektledelse	Byggmester Øystein Henriksen
Arkitekt	Code Arkitektur (Eivind Nygård)
Prosjekterende	Byggmester Øystein Henriksen
Hovedentreprenør	Moelven Massivtre, Sweco Grøner, Eiker Bioenergi, Holtefjell VVS, Visjon Elektro
Rådgivere	Siving, Sigurd Eide
Prosjektstøtte	Innovasjon Norge

4.7.2 Prosjektidé

Øvre Eiker kommune besluttet å utvikle ungdomsboliger hvor økonomi, miljø og bærekraft skulle integreres til et helhetlig resultat.

4.7.3 Offentlige rammefaktorer

Øvre Eiker kommune besluttet å utvikle ungdomsboliger hvor miljø og bærekraft skulle være i fokus. Boliger i massivtre basert på regionalt råstoff ble derfor valgt, og kommunen etablerte et eget prosjekt for å realisere prosjektet. Prosjektet ble utlyst som en arkitektkonkurranse, hvor Code Arkitektur vant som én av fire pre-kvalifiserte deltakere. Det var et krav om at massivtre skulle inngå i bygningens bærende konstruksjoner, og at det hovedsakelig skulle benyttes tre i de andre bygningsdelene. Materialene i prosjektet skulle i størst mulig grad være fornybare og biobaserte.

Prosjektet er støttet økonomisk av Innovasjon Norge.

4.7.4 Løsninger/Teknologi

Bygget består av 16 leiligheter fordelt over to etasjer; åtte toroms-leiligheter og åtte treroms-leiligheter. Ungdomsboligene er bygget opp som åtte separate enheter som står på hver sin separate betongsåle. Det som knytter de ulike enhetene sammen er kledningen, en svalgang og taktekkingen. Veggelementene er montert på 5 mm tykke finérklosser. Dette gjør at det blir en luftslisse under og over hvert element som demper lyden. Både tak og vegger i boligene er bygget uten fuktspærre. Skilleveggene mellom leilighetene består av tre sjikt, hver med en tykkelse på 100 mm, bredde på 2 600 mm og en lengde på 10 900 mm. Hver vegg består av

to elementer montert med 100 mm mellomrom, som senere ble fylt med sprøyteisolasjon. Etasjeskillerne som ble brukt var 1 200 mm brede, og etasjeskillerne hadde en tykkelse på henholdsvis 160 mm og 220 mm for små og store etasjeskiller. Alle etasjeskillerne består av fem sjikt, og hvert leilighetsfakk består av ti elementer; ni store elementer og ett lite. Bygget ble i stor grad isolert med sprøyteisolasjon, siden dette var både tidsbesparende og lettere håndterlig. Det ga mindre behov for å tilpasse isolasjonen til de forskjellige hulrommene, siden sprøyteisolasjon er fint oppkuttet og dermed fordeler seg lett utover. Denne isolasjonsmetoden har også klare ressurs- og miljøfordeler, siden man benytter seg av overskytende isolasjon som ellers ville blitt avfall.

Det ble benyttet fundamentelement av typen L-element fra Jackson. I leilighetskillerne ble det lagt ned trykkfast isolasjon mot grunnen, mens det ble benyttet vanlig isolasjon i resten av bygget. Hele den bærende konstruksjonen består av massivtreelementer i vegger og tak. Takelementene består av massivtreelementer i statisk samvirke med pålimte bjelker for å få nødvendig styrke og stivhet i takflaten. Takelementene kom som ferdige moduler med de pålimte bjelkene til byggeplass. De sekundære bærende konstruksjonene i etasjeskillerne består også av massivtreelementer.

På taket og mellom leilighetsskiller ble det benyttet innblåst isolasjon. Dette fordi det er tidsbesparende og enkelt å håndtere. Over isolasjonsflaten i taket er det lagt diffusjonsåpen sperre, deretter opplektet yttertak med OSB-plater som underlag for asfaltbelegg. I yttervegg ble det benyttet vanlig 150 mm isolasjonsplater som ble skåret og tilpasset på byggeplass. Den utvendige luftede kledningen består av 60 mm tykke massivtreelementer i tre sjikt.

For å få god lydisolering ble bygget bygd slik at det var vertikalt skille mellom boenhetene. Dette hulrommet ble isolert med innblåst isolasjon. Horisontalt mellom boenhetene ble lydisolasjonen løst ved å benytte et tilfarergulv. For å redusere flanketransmisjonen ble veggene i leilighetsskillet lagt oppå finérklosser.

Bygget skal oppfylle energiklasse B. For å oppfylle dette kravet bygges det et eget fyrrom. Fyrkjelen er en flisfyr som er koblet til et system med vannbåren varme. Det er installert to varmtvannsbeholdere på 400 liter som er koblet til dette systemet. Det varme vannet føres via sjakt opp til badet på hver leilighet og fordeler varmvannet videre til tilkoblingspunkter.

4.7.5 Planlegging

Oppstart for byggeprosessen var planlagt til november 2005, men grunnet problemer med naboene rundt bruk av private veier inn til tomten ble prosjektet først startet opp i februar 2006. Grunnet manglende isolering ble det også frost i byggegrunnen tidlig i 2006, noe som førte til at L-elementene som var brukt i grunnen hevet seg 15 mm. Det ble derfor brukt et oppvarmet telt over bygge-

gropen for å tine grunnen. Byggegrunnen besto av stabile masser og ingen spesielle hensyn måtte dermed tas.

Som en del av prosjektet med å bygge ungdomsboliger ble det bestemt at Øvre Eiker kommune skulle arrangere et tverrfaglig designverksted. Tilstede på dette designverkstedet var arkitekter, representanter fra ulike kommuner og ungdom fra Øvre Eiker. Dette som et ledd i å få innspill på hvordan kommunen skulle bygge med fokus på bærekraft og miljø.

Monteringen av leilighetskomplekset ble utført i to trinn. Først ble de åtte toroms-leilighetene montert, dette tok ca. fire dager, deretter ble det isolert og gjort klart til tekking. Videre ble det samme gjort med de åtte treroms-leilighetene. Her var montasjetiden tre dager.

Da alle leilighetene var montert ble hele taket tekket, og yttervegger og gavlvegger heist på plass. Svalganger og terrasser var det siste som ble montert.

Det ble vurdert å benytte et værbeskyttelsessystem (WPS) ved bygging av dette prosjektet. Blant annet for å beskytte massivtreelementene mot værpåkjenning under byggeperioden, og dermed sikre stabile og tørre forhold under bygging. Dette er også positivt for gjennomføring av prosjektet og forholdene for montørene på byggeplass. Prosjektets stramme økonomiske ramme gjorde at dette likevel ikke ble gjennomført.

4.7.6 Logistikk

Prosjektet la opp til lokal leveranse av massivtreelementer til prosjektet. Massivtreelementene ble levert av Moelven Massivtre på Krøderen, og nærhet fra produksjonssted av elementene til byggeplass har vært et stort pluss i prosjektet. Monteringen av selve leilighetskomplekset ble utført over to trinn. Monteringsarbeidet med det første trinnet ble gjennomført på fire dager, mens det andre trinnet tok tre dager. Etter at alle leilighetene var montert ble taket tekket, og yttervegger og gavlvegger ble heist på plass. Til slutt ble svalganger og terrasser montert. Elementene ble fraktet fra Moelven Massivtre sine lokaler på lastebiler med mulighet for å frakte inntil 12 meter lange elementer. Før elementene ble heist på plass ble de mellomlagret på byggeplassen. Heisingen av etasjeskillerne tok én dag.

4.7.7 Erfaringer

Byggeprosjektet var preget av godt samarbeid. Arkitektenes forslag utnyttet massivtreets egenskaper og hadde god detaljering. Hverken arkitektene eller byggmesteren i prosjektet hadde erfaring med bygging i massivtre, men fikk positiv erfaring med materialet gjennom prosjektet. Byggteknisk rådgiver i prosjektet var BA8 Ingeniører, mens Norsk Treteknisk Institutt bidro med ekspertise i forhold til bruken av massivtre i prosjektet. Løsningene ble utviklet

gjennom diskusjoner og undersøkelser underveis i prosjekteringen og byggeprosessen. Godt samarbeid mellom de ulike aktørene gikk igjen i hele prosjektfasen. Hovederfaringen fra prosjektet var at bygging med massivtreelementer viste seg å være en relativt enkel prosess med små krav til erfaring. Selve monteringen gikk raskt og i stor grad problemfritt, mens planlegging og utføring stilte større krav til samarbeid mellom de involverte partene i prosjektet. Monteringsarbeidet ble gjennomført med lite bruk av arbeidskraft – stort sett var det kun tre til fire mann på byggeplassen under monteringen. I ettertid har man imidlertid sett at dekkeelementene som ble sammenføyd på byggeplassen med fordel kunne ha blitt sammenføyd til ett element på fabrikk i stedet. Dette kunne ha spart mye arbeid med monteringen på byggeplassen, og man hadde dermed også fått mindre utgifter til leie av kran.

I og med at det har vært noe begrenset erfaring med bygging av større massivtreprosjekter i Norge, spesielt leilighetsbygg i flere etasjer, ble det knyttet flere FoU-prosjekter til dette byggeprosjektet. Byggesystemet med leilighetsskiller både vertikalt og horisontalt mot nabo-leiligheter gir en del utfordringer i forhold til blant annet lydisolasjon. I tillegg er taket tilnærmet flatt, og det gir også en del utfordringer i forhold til utlufting under taket. Det er også et spørsmål om det er behov for dampsperre i takkonstruksjonen over massivtreelementene.

Dette var utfordringer som de tilknyttede FoU-prosjektene jobbet med i løpet av prosjekteringsfasen, og som ble fulgt opp under bygging og etterprøvd ved måling og instrumentering. I takkonstruksjonen ble det installert flere loggere i ulike snitt av taket for å registrere utviklingen av trefuktighet og temperatur i takkonstruksjonen.

Byggmesteren i prosjektet hadde fra før ingen erfaring med bygging med massivtreelementer, men var i ettertid veldig positiv til de erfaringene som ble gjort i forbindelse med byggeprosjektet. Montering og tilpasning av de ulike delene har gått raskt og mer eller mindre problemfritt. I tillegg har byggmesteren hatt en tett og god dialog med de involverte FoU-prosjektene, noe som ga en ekstra trygghet for byggmesteren.

Med elementbygging har også byggeplassen vært mer oversiktig og ryddig. Installering av teknisk anlegg har også vært et stort pluss, da dette kunne legges skjult i vegger og gulv. Et tett og godt samarbeid mellom arkitekt, massivtreleverandør og utførende har vært viktig for å lykkes med dette prosjektet.

4.7.8 Konklusjon

Byggeprosjektet for ungdommer i etableringsfasen med fokus på økonomi, miljø og bærekraft har vist at massivtreelementer kan være et godt alternativ for å oppfylle dette. Byggeprosjektet har knyttet til seg mye kompetanse via tilknyttede FoU-prosjekter, som både har bidratt til å utvikle byggesystemet videre samt at dette også har gitt viktige innspill til den videre utviklingen av massivtreelementer som et byggesystem.

Også byggmesteren, som ikke hadde noen erfaring fra den type bygg før, har sett fordelene med dette byggesystemet og har i ettertid bygd flere massivtreprosjekter.

4.7.9 Kilder

Artikkel i Teknisk Ukeblad: <http://www.tu.no/nyheter/bygg/article50087.ece>;
Artikkel Trefokus.no: <http://www.trefokus.no/fullstory.aspx?m=699&amid=4836>;
Rapport Tverrfaglig designerverksted 2003:
<http://www2.arkitektur.no/files/OvreEiker.pdf>;
Kristine Ellingsen. 2006. Ungdomsboliger i Hokksund. Hovedoppgave vår 2006, Høgskolen i Oslo;
Intervju med: Knut Arne Johansen (Moelven Massivtre AS), Øystein Henriksen (Byggmester Øystein Henriksen AS)

4.8 Idrettsparken boliger på Rena



4.8.1 Informasjon om prosjektet

Sted	Rena
Prosjektttype	Boliger/fleretasjes hus (tre og fire etasjer)
Byggetid/ferdigstilt	11 mnd/august 2010
BRA	128 m ² grunnflate (11,3 m x 11,3 m)
Prosjektkostnad	87 mill (inkl. tomt og tilknytningsavgifter)
Entrepriseform	Konkurransепreget dialog
Byggherre	Forsvarsbygg
Prosjektledelse	Forsvarsbygg/innleid prosjektleder
Prosjekterende	LPO arkitektur & design /Birger Håheim
Hovedentreprenør	Senterbygg Entreprenør AS
Rådgivere	Montasje AS
Prosjektstøtte	Innovasjon Norge

4.8.2 Prosjektidé

Sammen med Innovasjon Norge og den fylkeskommunale organisasjonen “Trefylket”, ønsket Forsvarsbygg gjennom dette prosjektet å bidra til økt bruk av tre i boligbygg i Hedmark. Dette er i tråd med politiske målsetninger. Byggene skulle oppfylle dagens strenge energi- og miljøkrav. Forsvaret ønsket samtidig å være en pådriver for miljøriktige løsninger i bygge- og eiendomsbransjen.

Byggeprosjektet var planlagt som boliger for forswarets ansatte på Rena leir, og skulle lokaliseres i Rena sentrum. Tidligere har forsaret bygd ut inne på Rena leir, men de hadde et ønske om å integrere seg mer med resten av Rena, og dette prosjektet er ett av to byggeprosjekter som er bygd utenfor Rena leir.

Forsvarsbygg ønsket å bygge disse husene ved bruk av massivtreelementer, og hadde tidligere erfaring med denne byggemetoden. Det ble lagt vekt på å tilpasse husene til serieproduksjon og rasjonelle byggemetoder. I tillegg skulle det legges opp til fleksible planløsninger. Det ble også lagt vekt på at prosjektet skal tilpasses BIM (Building Information Modelling), som kan benyttes for å kollisjonsteste de forskjellige fagområdenes prosjekteringsgrunnlag og dermed forhindre prosjekteringsfeil underveis.

Byggene skulle fremstå som moderne, gode og effektive, og boligene måtte utvikles med tanke på god energiøkonomi, robusthet, fleksibilitet i planløsningen og bygningsmessig soliditet. En fleksibel planløsning gjør at leilighetene dermed kan tilpasses både kollektivløsninger og familier.

Prosjektet består av seks hus på tre og fire etasjer. Det er totalt 20 leiligheter i prosjektet. De seks husene skal leies ut til yngre befall, vervede og barnefamilier.

Forsvarsbygg står som både byggherre og utleie-, drift- og vedlikeholdssansvarlig for byggene.

4.8.3 Offentlige rammefaktorer

Prosjektet ble støttet økonomisk av Innovasjon Norge.

4.8.4 Løsninger/Teknologi

Bæresystemet til husene består av bærende massivtreskiver i yttervegger og etasjeskillere. Takkonstruksjonen består av bærende takstoler. Massivtreelementer kommer ferdig prefabrikkert fra produsent i Tyskland og kan monteres uten ytterligere tilpasninger på byggeplass. Elementene har et fuktighetsnivå tilpasset bruken og man unngår oppfukting av disse ved bruk av værbeskyttelsessystem.

Ytterveggene består av 250 mm tykke massivtreelementer. På utsiden er det lagt 120 mm trefiberplater som festes med not og fjær innbyrdes. Trefiberisolasjonen skrues fast direkte til massivtreelementene på innsiden. Det gikk totalt med 3 450 kvm massivtreelementer til vegger, 1 750 kvm massivtreelementer til etasjeskiller og 2 500 kvm trefiberisolasjon.

Etasjeskillerne er bygd opp med 180 mm tykke massivtreelementer. For å oppnå krav til lydisolasjon ble det lagt et tilfarergulv på oversiden av massivtreelementene. Massivtreelementene ble brutt i overgangen mellom rom med ulik aktivitet for å redusere flanketransmisjonen. Lydisolerende innervegger består av isolerte massivtreelementer for å ta hensyn til lydisolasjon.

4.8.5 Planlegging

Nedre del av tomte ligger i et flomutsatt område. Det ble derfor planlagt å benytte denne delen av tomte til parkering og boder. Prosjektet var veldig stramt i forhold til tidsskjema, noe som gjorde at det var viktig å holde fremdriften. Det var lagt opp til bruk av BIM i prosjekteringsfasen for å krasjteste de ulike fagområdene og tegningsunderlaget. Dette gjorde at eventuelle feil kunne identifiseres i tidligere faser av byggeprosjektet, og rettes opp før byggestart på prosjektet. Prosjektet holdt fremdriften etter de opprinnelige planene, og husene var ferdigstilt i august som forutsatt.

4.8.6 Logistikk

Dette prosjektet benyttet prefabrikkerte elementer og bygningsdeler. Massivtreelementene kom til byggeplassen ferdig tilpasset for montering. Dermed kunne bygningskroppen settes raskt opp. Våtrommet kom som ferdige moduler, og ble heist på plass på byggeplass. Ventilasjonssystem ble lagt inn i en nedforet himling på undersiden av massivtreelementene.

Isolering av vegger og tak samt tetting av bygget ble utført på byggeplass. Ved bruk av massivtreelementer er det enkelt å skru og feste isolasjon og andre ting rett i treverket. Massivtreelementene ble også brukt som etasjeskillere, noe som gir en enkel og god plattform for videre bearbeiding.

For å sikre tørre og stabile forhold under bygging, slik at bygningsmaterialer og massivtreelementene ikke skulle fuktes opp under byggeperioden, ble det etablert et værbeskyttelsessystem over byggeplassen.

4.8.7 Erfaringer

Forsvarbygg har mye erfaring med trebygg fra før, og spesielt på Rena leir. Forsvaret har bygd ut mye i tre inne på Forsvarets område. Flere av byggene inne på Forsvarets område er bygd med massivtreelementer. Forsvarsbygg er opptatt av å

lære av de prosjektene de gjennomfører. Ola Øyen fra Innovasjon Norge ble derfor engasjert eksternt for å lage en evalueringsrapport.

Forsvarsbygg hadde lagt opp til en stram tidshorisont for å gjennomføre prosjektet, og det ble ferdigstilt i henhold til fremdriftsplanene. Massivtreelementene som ble brukt kom ferdig tilpasset fra fabrikk uten behov for videre justering på byggeplass. Prefabrikasjonen ga både en effektiv produksjonsprosess og en effektiv montering og tilpasning på byggeplassen. Det samme gjelder også kostnadsrammen til prosjektet. Kostnadene ved å bygge med massivtreelementer kontra et tradisjonelt bygg ble ikke beregnet i dette prosjektet, men man antar at det er omtrent samme pris, eventuelt litt dyrere, kontra et tilsvarende bygg i stål og betong.

Bygging under telt ga mange fordeler. Et stabilt og tørt klima under teltet på byggeplassen gjorde fremdriften raskere og bidro til en gevinst i forhold til helse-, miljø- og sikkerhet. Bruk av teltløsning ga også mindre byggeavfall og er et positivt bidrag til miljøet i bolig- og byggesektoren. I driftsperioden til boligene skal energiforbruket undersøkes nærmere.

4.8.8 Konklusjon

Forsvaret ønsker også å være en pådriver for miljøriktige løsninger i bygge- og eiendomsbransjen. Gjennom dette og tidligere treprosjekter har Forsvarsbygg fått en erfaringsbase for å drive denne jobben videre. Som et ledd i dette arbeidet er Forsvarsbygg opptatt av at evaluering og erfaring de skaffer seg gjennom disse prosjektene gir økt forståelse og kunnskap om tre- og massivtrebygg.

Forsvarsbygg ønsker dessuten å undersøke, samt utvikle, egenskapene til bygg av massivtre, det være seg konkurranseevne, byggetid, miljø og drift.

4.8.9 Kilder

Forsvarsbygg: Konkurransesgrunnlag, del III A – Orientering. 2445062
Idrettsparken boliger;
SINTEF Byggforsk: *Trebruk ved Rena Leir. En erfaringsrapport*. Fjærtøft, Frode, Bøhlerengen, Trond og Einstabland, Håkon. Prosjektrapport 2003;
NAL Ecobox: <http://www.arkitektur.no/?nid=98588>;
Informasjonsskriv LPO arkitekter: http://www.lpo.no/getfile.php/Prosjekter/0104455%20Rena%20Leir_Ny%20Sykestue/Rena%20leir-%20Sykestue.pdf;
Norsk Skogbruk, 9/2010;
Intervju med Tina Kalsveen (Forsvarsbygg)

4.9 Fjøs i Vestre Toten kommune



Foto: Sigurd Eide, Treteknisk.



Foto: Tor Lier, Fjøssystemer.

4.9.1 Informasjon om prosjektet

Sted	Vestre Toten kommune
Prosjekttype	Landbruksbygg
Byggetid/ferdigstilt	14 måneder/2009
BRA	756 kvm
Prosjektkostnad	5,4 mill. kr (inkludert melkeutstyr og gjødsellager). Ca. 75-80 000 kr. per liggebås.
Entrepriseform	Totalentreprise
Byggherre	Ola Tollefsrud
Prosjektledelse	Fjøsssystemer ved Terje Strand
Prosjekterende	Fjøsssystemer
Hovedentreprenør	Fjøsssystemer
Rådgivere	Fjøsssystemer
Prosjektstøtte	Innovasjon Norge

4.9.2 Prosjektidé

Byggherren ønsket å bygge om eksisterende fjøs. Etter en runde fant man ut at det ville bli billigere å bygge nytt enn å bygge på det eksisterende fjøset. Tollefsrud fikk kontakt med Ola Øyen i Innovasjon Norge, og etter et møte ble det klart at de tenkte likt i forhold til nytt fjøs. Det ble da bestemt at det nye fjøset skulle bygges i limtre og massivtre. Det var ønskelig å oppføre et fjøs i tre med gode kvaliteter, men som kunne bygges kostnadseffektivt. Fjøset skulle etter planen huse 66-68 melkekuer.

Fjøsssystemer, som er totalleverandør av landbruksbygg, og som jobber både med stål- og treløsninger for landbruk, sto for prosjektledelsen. De var veldig positive til å være med på å utvikle et kaldfjøs for kuer i tre. Fjøsssystemer hadde tilgang på erfaring med trekonstruksjoner gjennom Terje Strand, som har jobbet med laftekonstruksjoner og limtre de siste 25 årene, blant annet ved Moelven Limtre.

4.9.3 Offentlige rammefaktorer

Prosjektet "Norske klimafjøs i tre" har som mål at 80 % av norske fjøs skal være trefjøs. Fjøsprosjektet er et tiltak for å få til mer bruk av industrielt trebyggeri. For å få flere massivtreprodusenter til å tenke industrielt byggeri, ble pilotprosjektet hos melkeprodusent Olaf Tollefsrud i Vestre Toten kommune opprettet. Prosjektet ble tildelt ekstra midler gjennom Innovasjon Norge.

4.9.4 Løsninger/Teknologi

Fjøset er et modulbygg i heltre, med limtresøyler og dragere. 60 mm tykke massivtreplater er festet mellom søylene ved vegg. Ti meter lange massivtreplater er skrudd rett på takdragerne og det er lektet opp for vanlige takplater. I fjøset er det to søylerekker, og det er benyttet en forenklet betongsåle med fiberarmering. Fjøset er 18 meter bredt og 42 meter langt. Det er benyttet fiberarmert betong i fundament.

Fjøset er et heltrebygg på 756 kvm (18 m x 42 m) og rommer 66-68 liggebåser. Bygget består av et hovedbæresystem med søyler og dragere i limtre. Det er to søylerekker innvendig i bygget. Sekundærbæresystemet består av 60 mm tykke massivtreelementer i vegger og tak. Massivtreelementer i vegg er festet mellom limtresøylene. Massivtreelementene i tak er skrudd rett på limtredragerne. Over massivtreelementene er det lektet opp for vanlige takplater. Bygget er uisolert, såkalt kaldfjøs. Massivtreelementene i vegger og tak sørger imidlertid for en viss isolasjonseffekt. Bygget er naturlig ventilert.

4.9.5 Planlegging

Fjøssystemer har hatt totalansvaret for oppføring og gjennomføring av prosjektet, både når det gjelder bygget i seg selv og alle installasjoner som skulle inn i bygget. På den måten har de total oversikt over alle ledd i prosessen og kan legge opp til en effektiv byggeprosess.

4.9.6 Logistikk

Hele bygget er plassbygd. Limtre og massivtreelementer kom til byggeplass ferdig tilpasset. Etter at fundamentering var ferdig, tok det seks dager å få opp hele konstruksjonen. Det var lagt opp til at alt av innvendig arbeid skulle gjøres ferdig først, og at resterende arbeid kun skulle være utvendig. På denne måten kunne bonden begynne å ta i bruk båsene og starte opp produksjon, mens de siste arbeidene ble gjort utvendig. Totalt tok det ni uker fra første spadetak ble tatt til bonden var i full produksjon.

4.9.7 Erfaringer

Brukeren har i etterkant påpekt at det finnes mye vankant og kvist i trevirket, noe som tillegges sorteringen av materialene. En av pådriverne i prosjektet, Ola Øyen, mener derimot at om man skal kunne holde kostnadene nede må man nøye seg med lavere kvalitet på virket; man kan ikke bare bruke finere kvaliteter, men også bruke en større bredde av de ulike kvalitetene som finnes blant trevirke.

Kostnaden for hver liggebås ligger på 75-80 000 kr. Dette er godt under det som er anbefalt som kostnad for å få en drivverdig økonomi for melkebønder (anbefalt kostnadsramme ligger på mellom 100-110 000 kr per liggebås).

Totalkostnadene for dette fjøset i tre ble meget kostnadseffektivt sammenlignet med andre byggemetoder/byggematerialer. Selve bygningskroppen er omtrent lik i pris med et enkelt stålbygg, men totaløkonomien, og med de kvaliteter et slikt trebygg gir, ble dette bygget billigere enn andre løsninger i stål eller betong. Det er i ettertid satt opp fem tilsvarende bygg; alle bygget etter samme konsept.

Byggetiden for dette bygget er også meget kort. På dette bygget tok det ni uker fra første spadetak ble tatt til bonden var i full produksjon. Etter at alt av grunnarbeid var ferdig tok det seks dager å føre opp hele trekonstruksjonen. På denne måten kunne melkebonden rask sette i gang med produksjonen sin.

Trekonstruksjonen og den uisolerte ytterveggen i massivtreelementer medfører et godt og behagelig inneklima. Selv om det er kaldt på utsiden, er det likevel god temperatur på innsiden av bygget. Temperatur og fuktighet har blitt logget for dette bygget over en lengre periode. Det er også merkbart lite "fjøslukt" i fjøset. Det er beregnet at fjøset binder ca. 200 tonn CO₂.

4.9.8 Konklusjon

Prosjektet viser at det er mulig å bygge landbruksbygg – spesielt fjøs – i tre, rasjonelt og kostnadseffektivt, samtidig som det gir mange positive kvaliteter i tillegg. Sammenlignet med andre tilsvarende bygg i stål og betong gir en tre-løsning gode kvaliteter i forhold til inneklima. Selv om byggene er uisolerte, gir de en behagelig varmekomfort for dyrene.

Siden dette prosjektet ble gjennomført, er det satt opp fem tilsvarende bygg etter samme konsept.

4.9.9 Kilder

Artikkel i Norsk Skogbruk: http://www.norsk-skogbruk.no/asset/2884/1/2884_1.pdf
Intervju med Terje Strand (Fjøssystemer AS)

5 Oppsummering av erfaringene fra byggeprosjektene

Utvalget av prosjekter som er tatt med i rapporten gir et realistisk inntrykk av teknologier som benyttes i Norge. Det er stor variasjon både med hensyn til prosjekter og aktører som er involvert i norsk industrielt trebyggeri, og i sammenfatningen legges det vekt på å finne ut hvilke erfaringer som er sammenfallende og hva som er forskjellig på tvers av prosjektene.

5.1 Grad av industrialisering

I Tabell 3 er alle prosjektene vurdert med hensyn til grad av industrialisering. Vurderingen er basert på Lessings (2006) kriterier for industrialisering i byggeindustrien (jfr. Kapittel 1). Prosjektene er rangert på en skala fra 1-5, med følgende forklaring for tallverdiene (oversatt fra Apleberger m.fl., 2007): 1: *Ikke implementert*; 2: *Forbereder implementering*; 3: *Delvis implementert*; 4: *Nesten implementert*; 5: *Fullt implementert*.

Tabell 3. Industrialisering i utvalgte prosjekter.

Prosjekt	Preikestolhytta	Ungdomsboliger	Engaland	Zitty Drammen	Passivhus Bodø	Rena leir	Butikk Vestby	Tollefsrud fjøs	Passivhus Skøyen
Kriterier									
Planlegging og kontroll									
Planlegging og kontroll av prosessen	2	3	5	4	4	4	4	4	2
Bruk av IKT (BIM)	2	2	5	3	1	5	1	1	1
Systematisk evaluering av måloppnåelse og erfaringstilbakeføring	3	3	3	3	2	4	2	3	3
Logistikk integrert i byggeprosessen	2	3	5	5	4	3	3	5	2
Byggeteknologi og bygget som system									
Utvikling av tekniske systemer	2	3	4	4	3	3	3	4	3
Bygningsdeler produsert <i>off-site</i>	3	3	5	5	4	4	3	5	3
Markedsfokus og relasjoner									
Langsiktige relasjoner mellom aktørene	1	2	5	2	5	3	3	3	2
Kundefokus	1	2	4	4	4	3	2	4	1

5.1.1 Planlegging og gjennomføring av byggeprosessen

Planlegging og kontroll av prosessen er godt ivaretatt i de fleste av prosjektene, det er likevel et skille mellom store og små aktører relatert til planleggings- og gjennomføringsfasen av byggeprosjektet, markedsfokus i organisasjonen og langsiktige relasjoner til andre parter involvert i byggeprosessen. Dette kan relateres til teknologiens kunnskapsbase, jfr. Rogers (2003). Kunnskapsbasen bygges i stor grad opp innen en bedrift, og er dermed også vanskelig å kopiere for konkurrenter. I små organisasjoner kan det bli en utfordring å ha tilstrekkelig spesialisert kunnskap for å kunne utføre alle trinnene i plan- og byggeprosessen internt i bedriften. For bedrifter med små organisasjoner kan det være vanskelig å avse tilstrekkelige ressurser til å ivareta disse oppgavene.

Det er stor variasjon i hvordan informasjonsutvekslingen har fungert i de forskjellige prosjektene. IKT-hjelpemidler har vært benyttet i alle prosjektene, men det er store forskjeller i omfang og grad av integrasjon i IKT-løsningene. Det er flere eksempler på at det ikke har vært mulig å utveksle data mellom programvare som benyttes av aktørene i byggeprosessen, noe som i beste fall fører til merarbeid. Flere bedrifter har etablert rutiner for systematisk evaluering av måloppnåelse og erfaringstilbakeføring.

Informasjonsbehovet varierer avhengig av om det er mange parter involvert i prosjektet, størrelsen på produksjonsbedriften og hva slags type bygg eller byggeteknologi som anvendes. Vellykket logistikk ser ut til å være en viktig suksessfaktor i prosjekter der det anvendes industrialisert trebyggeri. Tre er ømfintlig for fuktighet, og det er derfor nødvendig å finne gode logistikkmessige løsninger som gjør at byggematerialene ikke utsettes for fuktige miljøer. Dette gjelder i hovedsak transport til byggeplass og mellomlagring på byggeplass før montering. En viktig forutsetning for å ivareta høy kvalitet på bygg er derfor at riktige materialer leveres på byggeplass til riktig tid, i overensstemmelse med progresjonen i byggeaktiviteten.

Gjennomføringen av logistikken i prosjektene har variert fra tilfeller der alt har gått som planlagt, og bygget har blitt reist i løpet av kort tid (f.eks. Forsvarsbygg eller Tollefsrud fjøs), til prosjekter der logistikken i byggeprosessen har vært mindre vellykket, og man har opplevd betydelige forsinkelser (Preikestolhytta). Prosjekter med høy grad av prefabrikasjon har jevnt over hatt smidigere logistikk på byggeplassen, med både mindre byggeavfall og kortere reisetid for bygget.

5.1.2 Byggeteknologi og bygget som system

Det er relativt stort spenn i innovasjonsgraden i de tekniske løsningene som er i bruk: Fra *precut* (Passivhus Bodø) til nyskapende design med komplisert elementutforming (Preikestolhytta). I de fleste prosjektene har det vært levert ferdige fabrikkproduserte bygningsdeler for sammensetting eller montasje på en byggeplass. Det er stor variasjon i hvor standardiserte disse bygningsdelene er. I flere

tilfeller har bygningsdeler blitt spesialprodusert for prosjektet. Bygningsselementene som leveres fra fabrikk er altså ikke standardiserte. Ved slik spesialproduksjon forsvinner muligheten for effektivisering gjennom standardisering, og hvert nytt byggeprosjekt krever spesielle tilpasninger, både med hensyn til planlegging og produksjon. Det er få av de mindre produsentene som har klart å utvikle standardiserte byggesystemer med høy grad av repeterbarhet.

De store produsentene av volumseksjoner/moduler (PEAB, Moelven Byggmodul) leverer de mest standardiserte produktene. Det er flere årsaker til dette: Disse produsentene har ofte betydelig kontroll over utforming av bygget og planleggingsfasen. Store bedrifter har for eksempel egne arkitekter som kjenner byggeteknologien som brukes, og som er ansatt for å utforme bygg innenfor rammene som denne byggeteknologien gir.

5.1.3 Markedsfokus og relasjoner

De fleste produsentene legger stor vekt på å tilpasse produktene sine til kunders behov og forventninger. Dette vil i praksis si at det fokuseres på å innfri spesielle krav som stilles av byggherre eller fra aktørene i designfasen. Markedsfokus er gjerne synonymt med å tilfredsstille produktspesifikke krav til funksjonalitet og arkitektur eller visuelt uttrykk. Prosjektspesifikke krav vil ofte føre til at planlegging og prefabrikasjon blir mer komplisert og dermed påvirker grad av industrialisering. Når bygningsdeler ikke kan standardiseres blir det vanskeligere å gjennomføre en industriell produksjon. Utfordringen ligger i å kunne tilby fleksible løsninger, som kan tilfredsstille kundenes behov, men som er basert på standardiserte deler der det kun brukes noen få, standardiserte bygningselementer.

Relasjonene mellom aktørene i byggeprosjektet ser ut til å være bedre for de store aktørene. Gjennomgangen av de ulike byggeprosessene viser at de store aktørene generelt får bedre vurdering enn de mindre aktørene. De store aktørene har store organisasjoner og dermed også spesialkompetanse internt i bedriften. Et eksempel på dette er Peab/Skanska, som benytter en egen gruppe med arkitekter som tegner bygg basert på byggesystemet deres. Dette øker mulighetene for planlegging og kontroll, systematisk evaluering og erfaringstilbakeføring og langsiktige relasjoner mellom aktørene i byggeprosessen.

5.2 Økonomi: Kostnadseffektivitet og konkurransedyktighet

En viktig årsak til at man ønsker å ta i bruk teknologier for industrielt byggeri, er ønsket om mer kostnadseffektiv produksjon. Det er imidlertid lite dokumentasjon av hvor store besparelser det er mulig å oppnå ved implementering av industriell byggeteknologi. Totalkostnadene i et prosjekt påvirkes av flere faktorer: Utnyttelse av kapital, byggetid, usikkerhet i planleggingsfasen, produktivitet i fabrikk eller på byggeplass, ulykker, råvarekostnader samt reklamasjoner og feil i det ferdige

bygget. I Tabell 4 gis en oversikt hvordan moderne byggeteknologi kan forventes å påvirke totaløkonomien i prosjekter (Nore, 2010).

Tabell 4. Faktorer som påvirker totalkostnader i byggeprosjekter. Kilde: Nore, 2010.

Faktor	Forventet effekt
Totaløkonomi	
Nytt element (dyrt som bæresystem alene)	-
Planlegging	
Lav egenvekt (mindre fundamentering, enklere transport)	+
Lett å kombinere med andre materialer	+
Bruk av telt	+/-
Skjult anlegg	?
Ferdigprodukt med endelig overflate	?
På byggeplass	
Kort montasjetid (raskt, tørt og lukket bygg)	+
Lett å bearbeide på byggeplass (enkelt elektrisk, vvs og rør)	+
Færre sjikt (færre arbeidsoperasjoner, god ressursutnyttelse)	+

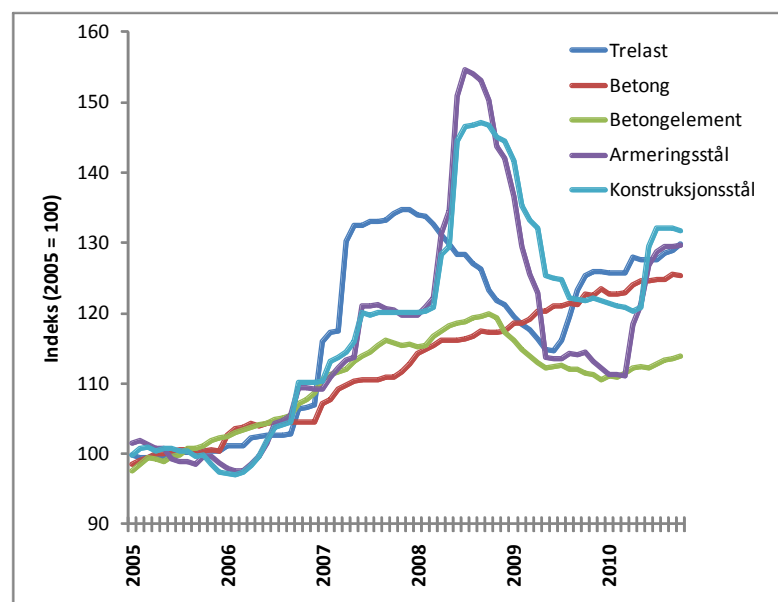
Kostnadseffektiv produksjon er en nødvendig forutsetning for at prosjekter skal være lønnsomme. Men totaløkonomien avhenger også av prisene på ferdigstilte bygg. Dette er igjen avhengig av at industrialiserte byggeprosjekter har tilfredsstillende kvalitet sammenlignet med andre byggeteknologier.

Massivtreteknologien er relativt ny i Norge. I forbindelse med at denne teknologien har blitt mer populær her til lands, har det blitt samlet inn og offentliggjort en del dokumentasjon om denne typen prosjekter. Nore (2010) har presentert en oversikt over byggekostnader for noen utvalgte massivtreprosjekter, jfr. Tabell 5. Prisen som oppgis omfatter alle kostnader frem til ferdige overflater. Kostnader forbundet med grunnarbeid og hvitevarer/løst interiør er ikke tatt med. Tre av disse prosjektene er beskrevet i Kapittel 4.

Tabell 5. Priser på byggeprosjekter med industriell bruk av massivtrelementer.
Basert på tall fra Nore (2010) og intervjuer.

Prosjekt	Byggeår	Pris (kr/m ²)	Merknad
Ungdomsboliger Hokksund	2006	11 500	
Passivhus Skøyen	2009	19 000	Budsjettert 17 000 kr/m ²
Limnologen (Sverige)	2010	24 700	Budsjettert 29 900 sek/m ²
Statsbyggprosjekter, snitt	2009	25 000	Alle prosjekter i 2009
Preikestolhytta	2008	28 000	

Industrielt trebyggeri avhenger selvsagt av prisene på råvarer. For industrielt trebyggeri er trevirke en viktig innsatsfaktor. Trevirke er, som andre byggematerialer, utsatt for sykliske svingninger i innkjøpspris. Årsaken til dette er at råvaremarkeder er globale, og i perioder med høy global økonomisk aktivitet påvirkes råvareprisene. Prisindekser for de viktigste byggematerialene de siste fem år er vist i Figur 22. Figuren viser at prisene på tre de siste fem årene har variert mindre enn stålprisene, men mer enn betongprisene. I gjennomsnitt for hele perioden er likevel ikke prissvingningene spesielt store for trelast.



Figur 22. Variasjon i kostnader for ulike byggematerialer, materialindekser for trelast, betong og armeringsstål. Kilde: SSB (2010).

Det er også relevant å undersøke hvor stor del kostnadene til ferdigproduserte bygningsdeler i tre utgjør av totale byggekostnader. Gjerde m.fl. (2007) gjennomgikk flere massivtreprosjekter der hovedinnsatsfaktoren med treinnhold var prefabrikkerte bygningselementer og limtre som utgjør hovedbærekonstruksjoner for bygget. Bygningenes totalkostnad og andel av kostnadene som var direkte forbundet med innkjøp av byggematerialer og bygningsdeler i tre er gjengitt i Tabell 6. Hovedkonklusjonen var at kostnader for bæresystemer generelt ligger i størrelsesorden 4-10 % av totalkostnaden for større byggeprosjekter, dvs. oppi mot 100 mill. kr. Generelt koster et bæresystem i tre noe mer enn et i stål og betong. Hovedårsaken til dette er at stål og betong er mer utbredt, med lengre erfaring og er godt etablert hos entreprenører. Bæresystemer i tre for større bygg (kontor, næring, bolig, etc.) er foreløpig i beskjedent antall i Norge. Unntaket er haller, lagerbygg, driftsbygninger og trebroer.

Tabell 6. Byggekostnader og kostnader til bygningsdeler av tre. Kilde: Gjerde m.fl., 2007.

Prosjekt	Byggeår	Byggets størrelse (m ²)	Totalkostnad (mill. kroner eks. mva)	Kostnad til bygningsdeler av tre (% av totalkostnad)
Nardo skole, Trondheim	2008	6 400	108 mill	7,49
Vøyenenga skole, Bærum	2006	6 600	96 mill	4,0
Viken adm. bygg, Hønefoss	2007	2 275	50 mill	6,21

6 Konklusjon

Prosjektene som er evaluert i rapporten viser bredden i norsk industrielt trebyggeri. Disse omfatter alt fra fleretasjes bolighus, til eneboliger utført i passivhusstandard og kaldfjøs i massivtre.

6.1 Dagens status i case-prosjektene

De ti case-prosjektenes grad av industrialisering er evaluert i Tabell 3. Prosjektene som ble vurdert til å ha størst grad av industrialisering i plan- og byggeprosessen var Peabs prosjekt "Engaland" i Oslo, Fjøssystemers bygg hos Ola Tollefsrud i Vestre Toten kommune, Peabs prosjekt "Zitty" i Drammen og Mesterhus' passivhusløsning i Bodø. Det som karakteriserer disse prosjektene er godt utviklede tekniske systemer, fabrikkproduksjon av bygningsdeler og gode logistikk-løsninger for transport til byggeplass og montering av løsningene. De vurderes også som effektivt utført med hensyn til planlegging og kontroll av prosessen.

I de fleste prosjektene var det et sterkt fokus på utvikling av byggesystemer, både med hensyn til utvikling av byggtekniske løsninger for bygg og industriell produksjon av bygningsdeler. Det er rom for forbedringer i alle prosjektene som har blitt gjennomgått. Dette gjelder bruk av IKT, langsiktige relasjoner mellom aktørene samt systematisk evaluering og tilbakeføring av erfaringer fra prosjektene. Resultatene samsvarer også med konklusjonen til Apleberger m.fl. (2007), som vurderte industrielt byggeri i Sverige.

De siste årene er det lagt ned betydelige ressurser i å gjennomføre prosjekter der industrielt trebyggeri benyttes. Dette beviser at det er mulig å gjennomføre industrielle byggeprosjekter med utstrakt bruk av tre, og slike eksempelprosjekter er viktige for beslutningstakere i plan- og designfasen. Det er imidlertid viktig å være klar over at det er store forskjeller fra prosjekt til prosjekt, og at det derfor ikke alltid er relevant med direkte sammenligning av enkeltprosjekter. Enkelte prosjekter er gjennomført av store aktører i norsk byggeindustri, og industrielt trebyggeri er valgt med utgangspunkt i et ønske om kostnadseffektivitet. I andre prosjekter er materialvalg motivert av at byggherre eller andre beslutningstakere har ønsket å bygge i tre.

6.2 Muligheter

I alle case-prosjektene ble det benyttet prefabrikkerte bygningsdeler, men det var få bygg der det ble benyttet utelukkende standardiserte moduler eller volumseksjoner. I de fleste eksempelprosjektene ble det brukt bygningselementer som var spesiallaget for hvert enkelt bygg. Dette kan sannsynligvis forklares med at bruk av prefabrikkerte bygningselementer til fleretasjes trehus fremdeles er ikke er særlig utbredt, eller at produksjonsteknologien er fleksibel og at det dermed er

lett å spesialprodusere elementer. For å være konkurransedyktige mot andre teknologier og byggematerialer har produsentene gått med på å innfri spesielle krav fra byggherre/arkitekt om utforming av bygget.

For å oppnå en større grad av industrialisering bør man prioritere å utvikle byggekonsepter som består av standardiserte bygningsdeler og som produseres i egne produksjonsanlegg før de settes sammen/monteres på byggeplass. Standardisering av produksjonen vil også forenkle logistikk. Det er viktig at personer som er ansvarlige for utforming av bygg kjenner teknologien som brukes, både med hensyn til hvilke rammer bruk av standardiserte bygningselementer gir for utformingen av det ferdige bygget samt hvordan kunnskap som tilegnes i byggeprosjekter kan brukes til å videreutvikle produktene.

For at tre som byggemateriale skal ta økte markedsandeler i norsk byggenæring, de kommende årene, må man også følge med på utviklingen i byggemarkedet. Å kunne tilby produkter som etterspørres av forbrukere eller grupper av forbrukere, og som samtidig overholder tekniske krav som stilles av myndigheter, er en forutsetning for å ta markedsandeler. I Norge oppføres trebygg i all hovedsak til boligformål. Selv om etterspørselen etter boliger har falt de siste årene, er det likevel behov for at det utvikles byggeteknologier og systemer for fleretasjes trebygg.

I Sverige har det også blitt arbeidet med å utvikle industrielle teknologier for bygging av fleretasjes trehus, og disse teknologiene er etter hvert blitt brukt en del i boligprosjekter. Aktører fra både treindustri og byggeindustri har utviklet forretningsmodeller for industrielt trebyggeri, og jobber med å tilpasse produktene sine til kundesegmenter. Vi er vitne til en lignende utvikling i Norge, men fremdeles legges det, men noen få unntak, mindre vekt på å rendyrke produksjon av standardiserte bygningselementer og å utvikle og produsere større bygningselementer (volumseksjoner og modulløsninger).

Svenske erfaringer med industrialisering av byggeprosessen er imidlertid ikke udelt positive. NCC innledet en omfattende satsing på industrialisert byggproduksjon da husfabrikken i Hallstahammar ble innviet i 2006, men prosjektet ble skrinlagt allerede i 2007 på grunn av store kostnadsoverskridelser. Fabrikken produserte moduler for montering på byggeplass. I følge NCCs konsernsjef opplevde de store problemer med logistikk, transport og montering/tilpassing på byggeplassen.

Det finnes en rekke eksempler på at beslutningstakere utelukker å bygge med tre fordi de ikke har erfaring med å bygge fleretasjes trehus. I slike tilfeller er det viktig at det finnes god dokumentasjon på tekniske løsninger der tre benyttes. Men det kan også være aktuelt å utnytte materialspesifikke egenskaper der trevirke har fortrinn fremfor andre byggematerialer som vanligvis brukes, f.eks. trevirkets lave egenvekt sammenlignet med stål og betong. Det produseres i dag bl.a. bygningselementer i heltre (av bl.a. massiv- og limtre) med egenskaper som ligner betong og mur (f.eks. lastoverføringer, lydisolasjon og brannmotstand).

Dessuten kan man se helt nye anvendelser som f.eks. er knyttet til etterisolering av stående bygg, fornying av bygg eller fortetting ved å øke antall etasjer med lette trekonstruksjoner uten å måtte forsterke fundament og lastoverførende konstruksjoner. Erfaring tyder på at modulbygging i tre er en kostnadseffektiv byggemetode som bl.a. kan være egnet for innfyllingsprosjekter i byer der tomtesituasjonen er trang og gjør det vanskelig med mye rigging.

Industrialisering av byggeprosessen kan bidra til jevnere kvalitet på prefabrikerte bygningsdeler og bedre kontroll av fuktpåvirkning i produksjon på fabrikk, under transport og under montering på byggeplass. Problemer forbundet med at tre er følsomt for fuktpåvirkning, tilsier at det er viktig å kunne produsere bygningsskomponenter av jevn kvalitet som er beskyttet mot variasjoner i fuktighet.

Innføring av nye standarder som Eurocode 5 kan gi muligheter til å nå ut til nye og større markeder, siden det gir muligheter for å bruke samme løsninger i flere geografiske områder. Det er riktignok nasjonale tillegg til de nye kravene, men det åpner likevel opp for at tekniske løsninger vil tilfredsstille kravene til produkt-dokumentasjon i større markeder enn det som er tilfelle i dag. Samtidig som dette kan åpne opp nye markeder for norske aktører, kan det også gi økt konkurranse i det nasjonale markedet fordi utenlandske aktører også slipper til på det norske markedet.

I utgangspunktet finnes det ikke byggetekniske krav eller offentlige standarder som utelukker bruk av tre i byggeprosjekter. Det er imidlertid ofte vanskelig og ressurskrevende å skaffe til veie nødvendig dokumentasjon for løsninger som ikke er utprøvd i stor skala. Dette kan være et hinder for at nye teknologier skal kunne bli tatt i bruk. Utvikling av industrielle, standardiserte byggeteknologier og produkter kan derfor bidra til å gjøre det lettere for produsenter av byggesystemer å dokumentere tekniske løsninger for byggene de selger.

En annen faktor som ikke har vært tatt med i rapporten er muligheten som industrialisering og systematisering gir med hensyn til vedlikehold. Hvis man velger å bygge med standardiserte komponenter, kan vedlikehold enten begrenses til utskifting av komponenter på eksisterende bygg eller til å montere nye komponenter på eksisterende bygg, f.eks. som etterisolering.

7 Referanser

- Apleberger, L. Jonsson, R. Åhman, P. (2007): Byggandets industrialisering. Nulägesbeskrivning. FoU- Väst Rapport 0701. 75 s.
- Berg, T.F. (2008): Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon – Er systematisering og standardisering BA-næringens veivalg? SINTEF Byggforsk prosjektrapport 20-2008. 102 s.
- Bysheim, K. og Nyrud, A. Q. 2010. Materialvalg i byggprosessen. Upublisert manuskript. Norsk Treteknisk Institutt.
- Emmitt, S. og Yeomans, D. T. 2008. Specifying buildings: A design management perspective. Elsevier, Oxford. 234 s.
- Gjerde, G., Burmann, B., Tandberg, B. og Nilsen K. R. 2007. Massivtre – energi og økonomi. Hovedprosjektoppgave, Høgskolen i Oslo. 85 s.
- Goslie, S. 2003. Fleretasjes trehus: Hefte 1. Håndbok 51, Byggforsk. 25 s.
- Kristoffersen, J., Gundersen, F., Karlsson, S. 2007. Trehusindustrien i Innlandet – egenskaper, dynamikk og utfordringer. ØF-rapport nr 16/2007, Østlandsforskning. 59 s.
- Lessing, J. 2006. Industrialised House-Building: Concept and Processes. Licentiate Thesis, Lund University. 196 s.
- Lessing, J. 2008. Industrielt bostadsbyggande – Konsept och processer. Boverket Byggkostnadsforum. 102 s.
- Nore, K. 2010. Prøveforelesning til graden Dr. scient. Presentasjon NTNU. 68 s.
- Rogers, E. M. 2003. Diffusion of Innovations Fifth Edition. Free Press, London. 543 s.
- Schmidt, L. 2009. Industrialisering av trehusproduksjonen - en kunnskapsoversikt. NIBR-rapport 2009:18. 147 s.
- Statistisk sentralbyrå (SSB). 2010. Statistikk for bygge- og anleggsvirksomhet, url: <http://www.ssb.no/bygg/> (besøkt 12.12.2010).

Vedlegg 1 Produsenter som har Teknisk Godkjenning av SINTEF Byggforsk eller er CE-godkjent

Tabell V-1. Produsenter av Trehussystemer.

Type	Nr	Produkt	Innehaver
TG	2204	Älvsbyhus trehusmoduler	Älvsbyhus AB
TG	2505	AS Ferdighus trehussystem	Ferdighus AS
TG	20008	Finndomo konstruksjonssystem	Finndomo AB
TG	2200	Götenehus trehussystem	Götenehus AB
TG	2557	Hålogaland Element Bygningsmoduler	Hålogaland Element as
TG	2149	Hedalm Anebyhus trehussystem	Hedalm Anebyhus AS
TG	2467	Hedalm ByggTech modulsystem	Hedalm ByggTech AS
TG	2226	Horten Hus ytterveggelementer	Horten Hus AS
TG	2440	IEC-HUS trehussystem	International Enterprises & Construction LTD AS
TG	2606	Kjeldstad trehuselementer	Kjeldstad Holding AS
TG	2485	Kodumaja trehusmoduler	Kodumaja AS
TG	2614	Konsmo Moduler	Konsmo Fabrikker AS
TG	2229	Konsmohus veggelementer	Konsmo Fabrikker AS
TG	2532	Matek trehusmoduler og elementer	Matek AS
TG	2207	Mester-Element ytterveggelementer	Drammens Hus & Hytter A/S
TG	2220	Moelven Modul	Moelven ByggModul AS
TG	20036	Nordbohus byggesystem	Nordbohus AS
TG	20005	Nordek element- og modulsystem	Nordek AS
TG	2612	Overhalla trehuselementer	Overhalla Industrier AS
TG	2542	Ringsaker Takelementer - elementsystemer	Ringsaker Takelement AS
TG	2528	SelvaagHus trehusmoduler	Selvaag Bolig as
TG	2218	Senja Veggelementer	Senja Elementer AS
TG	2173	Skanska Elementbygg	Skanska Husfabrikken as
TG	2174	Skanska Modulbygg	Skanska Husfabrikken as
TG	2568	SmålandsVillan trehusmoduler	SmålandsVillan AB
TG	2232	Støren Trehusindustri trehuselementer	Støren Treindustri A/S
TG	2574	Trebyggeriet Trehussystem	Trebyggeriet AS
TG	2184	Trivselhus veggelementer	Trivselhus AB
TG	2609	Ugland byggelementer	Ugland Industrier AS
TG	20014	Unihouse timber frame building elements	Unibep S.A.

TG	2593	Unihouse trehusmoduler	Unibep S.A.
TG	2553	Willa Nordic ytterveggelementer	Willa Nordic AB

Tabell V-2. Produsenter av Bygningsselementer.

Type	Nr	Produkt	Innehaver
TG	2505	AS Ferdighus trehussystem	Ferdighus AS
TG	2200	Götenehus trehussystem	Götenehus AB
TG	2149	Hedalm Anebyhus trehussystem	Hedalm Anebyhus AS
TG	2226	Horten Hus ytterveggelementer	Horten Hus AS
TG	2440	IEC-HUS trehussystem	International Enterprises & Construction LTD AS
TG	2606	Kjeldstad trehuselementer	Kjeldstad Holding AS
TG	2229	Konsmohus veggelementer	Konsmo Fabrikker AS
TG	2532	Matek trehusmoduler og elementer	Matek AS
TG	2207	Mester-Element ytterveggelementer	Drammens Hus & Hytter A/S
TG	20005	Nordek element- og modulsystem	Nordek AS
TG	2612	Overhalla trehuselementer	Overhalla Industrier AS
TG	2542	Ringsaker Takelementer - elementsystemer	Ringsaker Takelement AS
TG	2218	Senja Veggelementer	Senja Elementer AS
TG	2173	Skanska Elementbygg	Skanska Husfabrikken as
TG	2232	Støren Trehusindustri trehuselementer	Støren Treindustri A/S
TG	2574	Trebyggeriet Trehussystem	Trebyggeriet AS
TG	2184	Trivselhus veggelementer	Trivselhus AB
TG	2609	Ugland byggelementer	Ugland Industrier AS
TG	20014	Unihouse timber frame building elements	Unibep S.A.
TG	2553	Willa Nordic ytterveggelementer	Willa Nordic AB

Tabell V-3. Produsenter av Etasjeskillere.

Type	Nr	Produkt	Innehaver
TG	2419	Arbor etasjeskiller med slissegolv	Arbor-Hattfjelldal A/S
TG	2201	Forestia etasjeskiller av tre	Forestia AS
TG	2421	Moelven Massivtreelement	Moelven MassivTre AS

Tabell V-4. Produsenter av Prefabrikkerte bygningsmoduler.

Type	Nr	Produkt	Innehaver
TG	2204	Älvsbyhus trehusmoduler	Älvsbyhus AB
TG	20008	Finndomo konstruksjonssystem	Finndomo AB
TG	2557	Hålogaland Element Bygningsmoduler	Hålogaland Element as
TG	2467	Hedalm ByggTech modulsystem	Hedalm ByggTech AS
TG	2485	Kodumaja trehusmoduler	Kodumaja AS
TG	2614	Konsmo Moduler	Konsmo Fabrikker AS
TG	2532	Matek trehusmoduler og elementer	Matek AS
TG	2220	Moelven Modul	Moelven ByggModul AS
TG	20005	Nordek element- og modulsystem	Nordek AS
TG	2528	SelvaagHus trehusmoduler	Selvaag Bolig as
TG	2174	Skanska Modulbygg	Skanska Husfabrikken as
TG	2568	SmålandsVillan trehusmoduler	SmålandsVillan AB
TG	2593	Unihouse trehusmoduler	Unibep S.A.

Tabell V-5. Produsenter av Takkonstruksjoner.

Type	Nr	Produkt	Innehaver
TG	2421	Moelven Massivtreelement	Moelven MassivTre AS

Tabell V-6. Produsenter av Veggkonstruksjoner.

Type	Nr	Produkt	Innehaver
TG	2421	Moelven Massivtreelement	Moelven MassivTre AS

Tabell V-7. Produsenter av Takstoler.

Type	Nr	Innehaver
1070 - CPD -	403	Alfa Tre AS
1070 - CPD -	444	Alta Takstoler AS
1070 - CPD	417	Are Brug AS
1070 - CPD -	418	AS Takstoler
1070 - CPD -	452	Bernhard Olsen AS
1070 - CPD -	406	Bredesen Opset AS
1070 - CPD -	402	Fræna Treindustri AS
1070 - CPD -	438	Halldor & Johs. Hamre A/S
1070 - CPD -	442	Heimdal Sag AS
1070 - CPD -	427	Jatak Kaupanger AS
1070 - CPD -	447	Jæren Treteknikk AS
1070 - CPD -	430	Konsmo Fabrikker AS
1070 - CPD -	413	Kvatro AS Takstol og Element
1070 - CPD -	437	L. Hjertnes AS
1070 - CPD -	405	Larvik Takstol AS
1070 - CPD -	420	Leigland Bygg AS
1070 - CPD -	450	Lindal Hus AS
1070 - CPD -	426	Medby Sagbruk AS
1070 - CPD -	407	Mjøstre AS
1070 - CPD -	412	Modul AS
1070 - CPD -	404	Naglestad Bruk AS
1070 - CPD -	428	Norsk Takstol AS
1070 - CPD -	423	Nye PH Takstoler A/S
1070 - CPD -	429	Optimera Produksjon
1070 - CPD -	446	Overhalla Industrier AS
1070 - CPD -	408	Pretre Stryn AS
1070 - CPD -	422	RingAlm Tre AS
1070 - CPD -	424	Ringebu Sag Takstol AS
1070 - CPD -	433	Senja Elementer AS
1070 - CPD -	440	Sotra Takstol AS
1070 - CPD -	448	Støren Treindustri AS
1070 - CPD -	434	Takstolfabrikken AS
1070 - CPD -	421	Takstolfabrikken AS Borkenes
1070 - CPD -	435	Takstolteknikk AS

1070 - CPD -	432	Telemark Treindustri AS
1070 - CPD -	451	Trekonstruksjoner AS
1070 - CPD -	419	Treteknikk AS
1070 - CPD -	436	Trysil Byggsystem AS
1070 - CPD -	425	Ugland Industrier AS
1070 - CPD -	416	Vestlandske Limtreindustri AS

Vedlegg 2 Intervjuguide

OFFENTLIGE RAMMEFAKTORER

Ble det gitt noen form for føringer eller støtte til prosjektet fra offentlige myndigheter? (Av hvem eventuelt?)

Var det noen andre eksterne faktorer (grunnforhold, arkitektkonkurranse, etc.) som påvirket planlegging og gjennomføring av prosjektet?

Hvordan påvirket dette det endelige resultatet?

PLANLEGGING

Hvilke kriterier (f.eks. pris, byggemetode, logistikk) ble lagt til grunn for de tekniske løsningene som ble brukt i bygget?

Hvordan var samarbeidet mellom de ulike aktørene under planleggingsfasen?

TEKNISKE LØSNINGER

Hvilke byggtekniske løsninger/byggemåter ble benyttet i bygget?

Var tilfredsstillende dokumentasjon av tekniske løsninger lett tilgjengelig?

LOGISTIKK

Hvordan foregikk produksjonen? (Prefabrikasjon eller Plassbygging?)

Hvordan foregikk transporten til byggeplass?

Hvordan ble materialene montert på byggeplass?

ERFARINGER

Er du fornøyd med de løsningene som ble valgt i prosjektet?

Hvordan fungerte samarbeidet mellom de ulike aktørene i prosjektet?

I hvilken grad ble det brukt dataverktøy (til f.eks. tegninger) under planlegging, produksjon og montering av bygget? Hvordan påvirket dette samarbeidet og informasjonsdelingen mellom de ulike aktørene prosjektet?