

ManuBuild – erfarenheter från ett EU-projekt om industriellt bostadsbyggande



Förord

Projektet har finansierats av NCC Construction Sverige AB samt Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF. Syftet har varit att sammanfatta och ge en övergripande bild av det arbete som genomförts i EU-projektet ManuBuild. Kollegor och deltagare i ManuBuild tackas varmt för den hjälp som erhållits och den kunskap som delgivits.

Göteborg, april 2010

Christina Claeson-Jonsson, NCC Teknik

Sammanfattning

Projektet ManuBuild¹ var ett av Europas största EU-finansierade utvecklingssatsningar någonsin avseende industrialisering av byggbranschen. Projektet strävade efter att radikalt reducera byggkostnaderna, byggtiden samt arbetsplatsolyckorna. Visionen var också att skapa billiga kundanpassade och flexibla byggsystem som ökar livskvaliteten. Stor vikt lades på att eftersträva arkitektoniskt rika och uthålliga byggda samhällen. Resultatet från ManuBuild inkluderade kunskap och demonstration på ett europeiskt plan om industrialisering av byggsektorn och byggde ett ramverk för vägen till framgångsrik industrialisering. Deltagarna var representanter för Europas ledande byggare, tillverkare och universitet. Från Sverige deltog NCC Construction Sverige AB och Swerea/IVF.

Projektet ManuBuild har under projektets gång studerat olika aspekter ur Open Building Manufacturing. Projektet omfattade huvudsakligen fyra delområden:

1. Aktörernas krav och önskemål
2. Byggsystemkoncept
3. Affärsmodeller
4. Tillverkningsmetoder

Dessa fyra understöddes också av ett delområde som behandlade ICT (datorstöd). Fyra demonstrationer av konceptet genomfördes under resans gång: ett i Sverige, två i Storbritannien samt ett i Spanien. Till detta lades även ett utbildningspaket. Denna rapport sammanfattar och söker återföra resultat från Europeisk forskning och utveckling, inom ramen för ManuBuild, i de delar som är tillämpbara ur skandinavisk/svensk synpunkt.

För att lyckas med att kunna bygga ett byggsystem industriellt måste många faktorer stämma. Det är helt klart så att många satsningar präglas av ett tunnelseende där man nästan enbart fokuserar på teknik- och/eller produktionsaspekter. I vår iver att efterlikna tillverkningsindustrins produktion med robotar och avancerade fabriker, glömmer vi att fundera på vad marknaden efterfrågar, hur den ser ut och hur det nya produktions sättet förhåller sig till det traditionella. Att produktionen kan ske billigare eller med mer avancerade metoder räcker inte för att konceptet skall bli konkurrenskraftigt. Att låsa sig till ett material, en geometrisk konfiguration eller till en produktionsmetod gör att man blir väldigt konjunkturkänslig. Frågan är om byggbranschen är betjänt av det konstanta gnabbet mellan olika materialfabrikanter där huvudfrågan ofta inte är materialets förtjänstfullhet utan snarare går ut på att smutskasta de andra potentiella materialen. Är det inte mer intressant att diskutera vilket material som är mest lämpat för en specifik användning och istället sträva mot ett öppet förhållandesätt där man ger principer och riktlinjer som möjliggör ett innovativt klimat?

Vad som kan förefalla uppenbart är att det faktiskt är någon som skall bo i våra bostäder eller verka i våra kontor, kanske till och med vi själva. Trots detta är det fokuseringen på slutanvändaren som ofta försvinner när vi brottas med tekniska detaljproblem, besparingar och tidspress. Resultatet blir dessbättre sällan katastrofalt men förbättringspotential finns på de flesta fronter. Ett integrerat synsätt där slutanvändaren sätts i fokus, såsom föreslås av ManuBuild, är en möjlig förbättringsåtgärd.

¹ www.manubuild.org

Innehållsförteckning

1. BAKGRUND OCH SYFTE	5
1.1 VAD ÄR MANUBUILD?	5
1.2 SYFTE	7
2. INTRODUKTION TILL MANUBUILD	8
2.1 MANUBUILDS HUVUDTANKAR	8
2.2 VIKTIGA PERSPEKTIV PÅ ÖPPENHET	9
3. AKTÖRERS FÖRSTÅELSE OCH FÖRVÄNTAN	11
3.1 VÅR MENTALA RYGGSÄCK	11
3.2 EUROPEISK UNDERSÖKNING	13
3.3 RESULTAT AV INTERVJUERNA.....	13
3.3.1 Förståelse för ManuBuilds grundtankar och vision	14
3.3.2 Acceptans eller skeptism?	14
3.3.3 Fördelar respektive nackdelar	14
3.3.4 Barriärer.....	15
3.3.5 Möjligheter.....	16
3.3.6 Analys ur ett svenskt perspektiv	17
4. PRINCIPER FÖR BYGGSYSTEM	22
4.1 VAD ÄR DESIGN?	22
4.2 INTERNA OCH EXTERNA VÄRDEN	23
4.3 DESIGN FOR OPENNESS – ÖPPENHET	24
4.4 MASS CUSTOMIZATION.....	24
4.5 DESIGN FOR MANUFACTURE AND ASSEMBLY	28
4.6 SMARTA KOMPONENTER	29
4.7 ATT STANDARDISA INNEBÄR INTE ATT BEGRÄNSA.....	30
5. MANUBUILDS AFFÄRSMODELL	32
5.1 HUR SKILJER SIG BYGGBRANSCHEN FRÅN ANDRA BRANSCHER?	32
5.2 NYCKELTAL FÖR PROCESS, PRODUKT OCH ORGANISATION.....	33
5.3 MANUBUILDS AFFÄRSMODELL – FRÅN EN PRODUKTORIENTERAD INDUSTRI TILL EN TJÄNSTEORIENTERAD INDUSTRI.....	34
6. TILLVERKNINGSPROCESSER	37
6.1 INDUSTRIELLT SAMMANHANG	37
6.2 PÅDRIVANDE FAKTOR.....	38
6.3 PRINCIPER OCH METODIK.....	38
6.4 FAST FABRIKSKONCEPT	39
6.5 ETT KONCEPT FÖR EN MOBIL FÄLTFABRIK	41
6.6 LOGISTIK	42
6.7 SNABBA ANSLUTNINGAR OCH MONTERINGSMETODER	42
7. INTEGRERAT DATORSTÖD	44
8. SAMMANFATTNING	47
9. EN FRAMÅTBlick	50
10. LÄSTIPS	52

ManuBuild

Open Building Manufacturing



European Integrated Project on
Industrialised Construction

www.manubuild.org



1. BAKGRUND OCH SYFTE

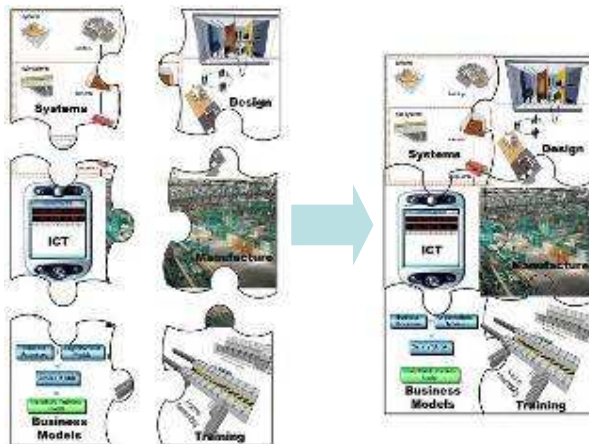
1.1 VAD ÄR MANUBUILD?

Projektet ManuBuild² var ett av Europas största EU-finansierade utvecklingsåtgärder någonsin avseende industrialisering av byggbranschen. Projektet strävade efter att radikalt reducera byggkostnaderna, byggtiden samt arbetsplatsolyckorna. Visionen var också att skapa billiga kundanpassade och flexibla byggsystem som ökar livskvaliteten. Stor vikt lades på att eftersträva arkitektoniskt rika och uthålliga byggda samhällen. Resultatet från ManuBuild inkluderade kunskap och demonstration på ett europeiskt plan om industrialisering av byggsektorn och byggde ett ramverk för vägen till framgångsrik industrialisering. Deltagarna var representanter för Europas ledande byggare, tillverkare och universitet. NCC var den enda svenska deltagaren från byggsektorn av totalt 22 partners inom detta samarbete. Swerea/IVF var den andra svenska partnern. ManuBuild drevs under perioden 2005-2009.

ManuBuild omfattar huvudsakligen fyra områden: Aktörernas krav och önskemål, Byggsystemkoncept, Affärsmodeller samt Tillverkningsmetoder; till dessa tillkommer ett stödjande ICT (Information Communication Technology) område samt demonstrationer och ett utbildningspaket. De enskilda delarna symboliserar pusselbitar som sedan skall pusslas ihop, se Figur 1.

NCC ledde det arbetspaket som hanterar själva byggsystemet och var involverad i övriga arbetspaket som hanterade aktörernas krav, processen, tillverkningsmetoder, ICT-stöd, informationsspridning, utbildning, management och demonstrationsbyggande.

² www.manubuild.org



Figur 1 *ManuBuild (Open Building Manufacturing) tar ett helhetsgrepp på den industrialiserade byggprocessen och integrerar resultaten från de individuella områdena för att uppnå målen i form av minskad byggtid, minskade byggkostnader och ökad säkerhet.*

Själva förkortningen ManuBuild står för Open Building Manufacturing. Principerna för Open Building artulerades första gången av John Habraken i hans bok *Supports: An Alternative to Mass Housing* (1962). Dessa tankar har genererat en uppsjö artiklar, konferenser och böcker. Kort sammanfattat kan man säga att begreppet behandlar hur man bygger för en okänd framtid och ger en anvisning på lösningar. Tre beslutsfattande nivåer definieras: "tissue", "support" och "infill". De är separerade men samtidigt samordnade. Staden definieras på nivån "tissue" och är på en högre nivå än själva byggnaderna som placeras inuti denna "tissue". Byggnader kan ändras eller ersättas men själva staden består. Byggnaderna kan i sin tur delas in basfunktioner (support) och utfyllnad (infill). Som en naturlig konsekvens kommer livslängderna att vara olika där "tissue" har den längsta livslängden och "infill" (som tex köksutrustning) har den kortaste. Öppenheten syftar till att systemdelarna skall vara utbytbara. I ett öppet industrialiserat (manufactured) system är komponenter som framställs av olika tillverkare utbytbara. Detta möjliggör upphandling i konkurrens. Ett öppet standardiserat system innebär möjligheter till kontinuerlig produktutveckling och även möjligheter att bättre utnyttja nationell (eller lokal) tillverkningsanläggningskapacitet.

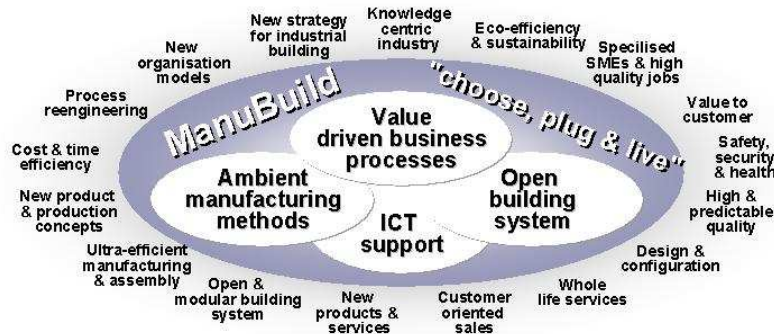
Det öppna systemet bygger på måttamordning, modulkoordinering och standardisering av tillverkningen av produkter och inte minst en acceptans av byggandets parter. Det öppna systemet för industrialiserat byggande har kommit till varierande användning i olika länder. Det är inte i sig materialspecifikt utan kan användas av såväl betongindustrin, lättbetongindustrin, stålbyggnadsindustrin och träindustrin. Många byggföretag har utvecklat sina egna byggsystem mer eller mindre framgångsrikt, dessa är dock oftast slutna och drar således inte nytta av ovan nämnda fördelar. ManuBuild (Open Building Manufacturing) har jobbat med öppna systemlösningar. Begreppet och förutsättningar för öppna system kommer att diskuteras mer i kapitel 2.2.

1.2 SYFTE

Syftet med denna rapport är att sammanfatta och återföra resultat från Europeisk forskning och utveckling, inom ramen för ManuBuild, i de delar som är tillämpbara ur skandinavisk/svensk synpunkt till den svenska byggbranschen. Fokusen kommer att ligga på frågor som är viktig för svenska byggföretag. Huvudsyftet har varit att ge en övergripande bild av projektet ManuBuild och dess resultat för att på ett relativt lättillgängligt sätt ta del av de resultat som framkommit från projektet. För mer detaljer ges den intresserade läsaren tips på publicerat offentligt material som framtagits inom ManuBuild.

ManuBuild - Målsättning

ManuBuild syftar till ett "öppet tillverkningssystem för bygg", en radikal förändring av arbetssättet från hantverk och resursbaserat byggande mot en kunskap- och värdeskapande industri. Systemet använder olika nivåer (platser) och skalor för tillverkningen, kommersiella "plug-and-fix"-komponenter samt monterar systemet effektivt på plats till kundanpassade bostäder.



ManuBuild Consortium © 2005

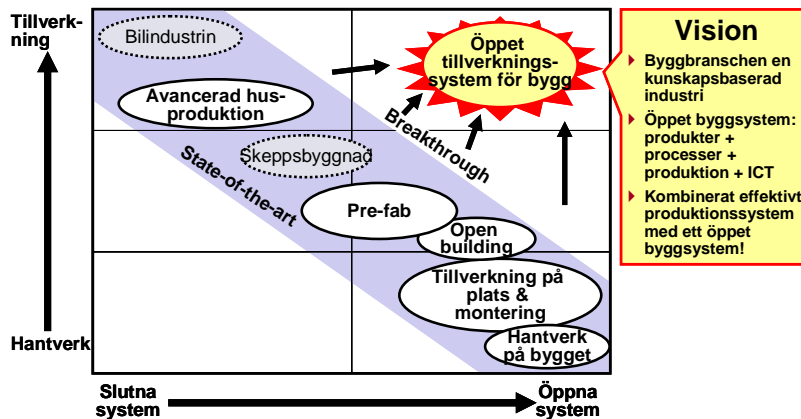


2. INTRODUKTION TILL MANUBUILD

2.1 MANUBUILDS HUVUDTANKAR

Traditionellt byggande karakteriseras av en hög intensitet av hantverk och att systemen som används i en mycket hög grad kan betraktas som öppna. Om vi däremot betraktar bilindustrin så är förhållandet det motsatta. Bilindustrin har en hög tillverkningsgrad i fabrik och bygger i mycket hög grad slutna system (konkurrerar med märken). ManuBuild syftar till att möjliggöra ett öppet industrialiserat tillverkningssystem för byggnader. Man hoppades därmed kunna kombinera effektiva produktionssystem med ett öppet system och därigenom erhålla de mål som eftersträvades:

- Byggekostnaderna reduceras med 50%
- Byggtiderna reduceras med 70%
- Arbetsrelaterade olyckorna reduceras med 90%



Figur 2 ManuBuilds vision

2.2 VIKTIGA PERSPEKTIV PÅ ÖPPENHET

Öppna respektive slutna system är två begrepp som är relativt ovanliga i byggbranschen och vi börjar därför med att diskutera dessa begrepp. Öppenhet innebär helt enkelt att möjligheten är öppen till valmöjligheter. Därför måste man ange vilken aspekt man diskuterar; är systemet öppet ur perspektivet framtida ändringar eller öppet i fråga om nya leverantörer? En samlad definition av begreppet *öppna* byggsystem som bygger på en sådan inställning kvarstår att göra. Vår ansats är kvalitativ:

Ett system som är *öppet* ur ett visst perspektiv erbjuder ett antal valmöjligheter som är relevanta ur det perspektivet.

Av detta följer att ett system som är *slutet* ur ett visst perspektiv endast erbjuder ett begränsat antal olika varianter som är relevanta ur det perspektivet. Här följer några exempel på viktiga perspektiv och tillhörande valmöjligheter som ett öppet system bör leva upp till.

- **Formgivning**

Systemet skall erbjuda individuell, varierad formgivning. Exempelvis skapar kundorienterad projektering valmöjligheter i form av flexibla hus och lägenheter.

- **Transparens**

Systemet skall ha en förutsägbar och utvecklad process, exempelvis med en beslutstidplan, vilket tydliggör vilka valmöjligheter kunden har.

- **Standardisering**

Systemet skall vara standardiserat på artikelnivå, och med standardiserade sätt att kommunicera och konfigurera, vilket ger möjligheter till många olika produkter från samma, rationella process.

- **Framtida ändringar**

Systemet skall tillåta rimliga ändringar under byggnadens livstid utan dyra åtgärder. Ett system som är öppet ur denna aspekt har typiskt en uppdelning av byggnaden i fast stomme och flexibel inredning och stomkompletteringar. Ett tekniskt ekonomiskt rimligt krav på öppenhet i framtida ändringar är möjligheten att lätt kunna byta ut kök och badrum samt flytta innerväggar. Ett helt öppet system skulle tillåta flytt även av lägenhetskiljande väggar, vilket sannolikt inte är ekonomiskt försvarbart. Sätillvida kanske det helt öppna systemet inte är allena saliggörande.

Men allt är inte nytt, en del är lånat – i ManuBuild arbetade vi också på att anpassa tekniker och metoder från andra branscher till byggbranschen, och på att förbereda byggsektorns användande av dem. Ett exempel på detta är en metodik som styr projekteringen så att produkterna blir enkla att tillverka och montera på plats. Till exempel har byggkonstruktörer mycket att lära från exempelvis Toyota och Kockums; i många fall fokuserar vi på att konstruera så att vi håller nere mängderna och mindre på att arbetet på bygget underlättas. Vad vi förlorar i mängder kan många gånger väl kompenseras av att arbetet går lättare, smidigare och säkrare på byggarbetsplatsen. Arkitektens formgivning underkastas ofta med kraft liknande resonemang.

För att bidra till denna gemensamma marknad syftade projektet ManuBuild till att skapa förutsättningar för öppna byggsystem. Vad betyder egentligen detta? Ett öppet byggsystem erbjuder valfrihet, exempelvis för vilken leverantör som helst som uppfyller systemets fastlagda specifikationer. Detta öppnar upp möjligheten för nya jobb för småföretag, bättre konkurrens och man kan även få avkastning för sitt utvecklingsarbete vilket är relativt nytt för byggbranschen. Utsikten att hamna i beroendesituation av enbart en tillverkare undviks och man kan söka nya leverantörer i övriga Europa och världen vilket sänker kostnaderna. Kommissionens mål om en gemensam byggmarknad stämmer därför bra med svenska företags strategier om direktinköp och internationella inköp. Frågan om vad öppenheten egentligen betyder visade sig dock inte var självklar, eftersom den moderna datorkraften ger stora möjligheter till variation även utan konkurrens bland underleverantörer.

För att klara industriell lansering av många nya produkter på kort tid, krävs nytänkande och ökad förmåga att standardisera processer. Detta är idag ett ökat kännetecken för industrialisering: Att skapa värde genom standardiserade processer. En stor utmaning är att integrera alla processerna under ett paraply och att få alla aktörer att jobba tillsammans istället för att särpräglas av egenintressen. Att projektet ManuBuild kunnat samla så många aktörer i Europeiska länder utifrån samma utgångspunkter, visar att det finns en klar insikt om vilken riktning som är nödvändig, och vilka resultat som behöver uppnås. Ett litet steg framåt genom projekt som ManuBuild, skapar förutsättningar för det stora steg, som byggsektorn i Europa kan och behöver ta.

The voice of the stakeholders



ManuBuild Consortium © 2009



3. AKTÖRERS FÖRSTÅELSE OCH FÖRVÄNTAN

3.1 VÅR MENTALA RYGGSÄCK

Under efterkrigstiden blev det omedelbara behovet av bostäder och bristen på kvalificerad arbetskraft i Europa akut och tvingade byggbranschen att utveckla nya och rationellare byggprocesser. Lösningen för hur man kunde tillverka hus i stor utsträckning till en låg kostnad var att industrialisera och standardisera byggsystem. Denna industrialisering minskade byggtiden på plats och gjorde byggnader lättare att montera. För att få ekonomiska fördelar behövde större volymer tillverkas, till bekostnad av den arkitektoniska utformningen och materialval (Adler, 2005³). Betong var ofta det materialet som valdes, tack vare sina relativt låga kostnader, sina goda mekaniska egenskaper och en slitstark yta, det senare utnyttjades ofta i fasadelement. Med andra ord var flexibiliteten i systemen mycket begränsad. Signifikant för dessa hus är att de ofta är höghus byggda av prefabricerade betongelement med synliga skarvar (Lassl och Lövgren, 2006⁴). Ett typiskt hus med prefabricerade element från efterkrigstiden visas i Figur 3.

³ Adler, P. (2005): *Bygga industrialiserat*, Svensk Byggtjänst, Stockholm, 232 sidor

⁴ Lassl, V., Lövgren, P. (2006): *Smart connection development for industrial construction*, Master's Thesis 2006:108. Department of Structural Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2006, 72 sidor



Figur 3 Ett typiskt hus med prefabricerade betonelement

Resultatet av denna massframställning av bostäder var inte positiv ur alla synvinklar, trots att framstegen inom teknikutvecklingen och kunskap i den industriella byggprocessen var tillfredsställande. Systemen lyssnade inte på de nya behov och krav som kom från en omvärld i förändring. Systemen förändrades bara ur teknisk synvinkel med förbättrad teknik där huvudsyftet var att göra systemet ännu mer effektivt, dvs krav som fastställts av själva systemet. Arkitektoniska och användarvänliga alternativ tillämpades inte i någon stor utsträckning, (Adler, 2005)

Storleken på byggnaderna ledde till det faktum att hyresgästerna hade problem att förhålla sig till de stora komplexen, och känslan av att vara en individ gick på sätt och vis förlorat. Byggnaderna har också kritiserats för sin brist på arkitektonisk kvalitet, är opersonliga och kan inte förändras för att passa kundens behov, t.ex. är lägenheternas planering fixerad då de flesta väggarna är bärande och inte flyttbara. Interiören, som kök och badrum, var också standardiserade och kunde inte påverkas av hyresgästerna. Tillsammans ledde alla dessa faktorer till att när det mest trängande behovet av bostäder hade minskat så flyttade de som hade råd till andra områden. Endast de fattigaste stannade kvar och många områden har så småningom blivit slumområden (Power, 1997⁵).

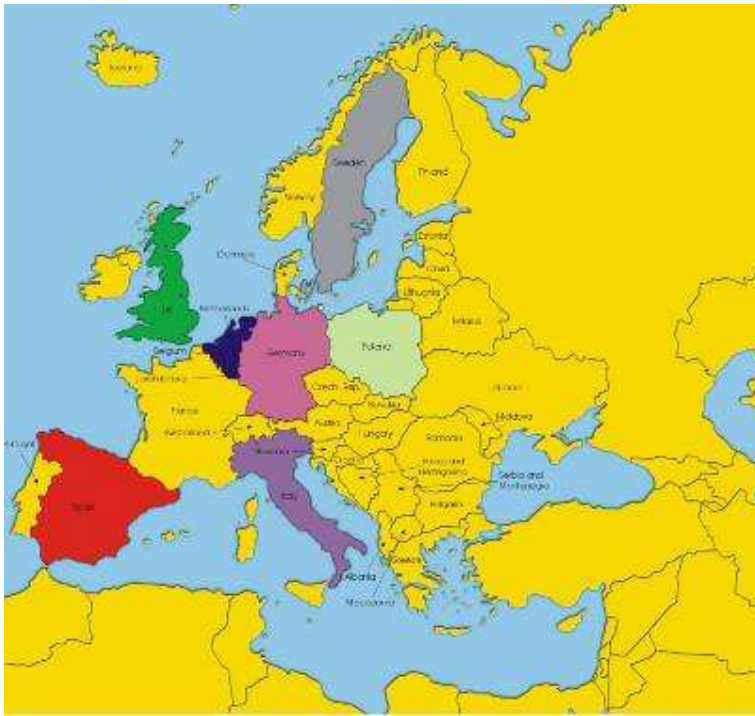
På grund av denna massproducering av bostäder, och dess sociala effekter, har industriellt byggande fått ett dåligt rykte bland gemene man. Som en reaktion på detta så uppfördes under 70-talet och 80-talet de flesta av husen som traditionellt platsbyggda. Husen blev dyrare eftersom alla fördelarna med massproduktion gick förlorade. När husen blev alltför dyra att bygga på 90-talet och början av 2000-talet var man ännu en gång tvungen att hitta nya metoder för att rationalisera byggprocessen och återigen har industriellt byggande vunnit intresse, denna gång förhoppningsvis med kunskaperna från tidigare misstag.

⁵ Power, A. (1997): *Estates on the edge: The social consequences of mass housing in northern Europe*. MacMillan Press Ltd., London, 432 sidor

3.2 EUROPEISK UNDERSÖKNING

Med ovan i bakhuvudet beslöts tidigt att genomföra en Europeisk intervjuserie som syftade till att identifiera de möjligheter som olika aktörer såg på ManuBuilds tankar och idéer, vilka nackdelar som kunde identifieras och vilka hinder man kunde förvänta sig.

Sammanlagt genomfördes 112 muntliga intervjuer, med en genomsnittlig längd om cirka 2 timmar, i sju Europeiska länder (Sverige, Storbritannien, Tyskland, Holland, Polen, Italien och Spanien) under perioden 2005-2006 inom ramen för ManuBuild. De intervjuade representerade olika aktörer inom byggsektorn, från myndigheter, byggherrar och organisationer till bostadsutvecklare, byggtreprenörer, konsulter, elementtillverkare samt kunder. Dessutom intervjuades också stadsplanerare, representanter för försäkringsbolag, certifieringsansvariga, kommunikatörer, programutvecklare samt universitetspersonal.



Figur 4 112 Aktörer från sju europeiska länder intervjuades inom projektet ManuBuild

3.3 RESULTAT AV INTERVJUERNA

Erfarenheten av industrialiserat byggande skiljde sig markant åt från person till person vilket också avspeglade sig i resultatet från studien. I detta kapitel presenteras en sammanfattning av de intervjuer som genomförts med tyngdvikt på följande frågor:

- Kunskapsläge om industrialiserat byggande generellt
- Generella fördelar respektive nackdelar
- Specifika aktörers synpunkter

3.3.1 FÖRSTÅELSE FÖR MANUBUILDS GRUNDTANKAR OCH VISION

Innan intervjuerna ägde rum hade den intervjuade fått tillskickat sig en presentation av ManuBuild och intervjun startade också med en genomgång av denna inkluderande projektets vision och grundtankar. Nästan 100% av de intervjuade förstod ManuBuilds grundtankarna och huvudkoncept. Således kunde detta anses som positivt och att ManuBuild lyckats kommunicera ut sitt huvudbudskap väl. Dock kunde konstateras att brister i förståelsen uppträdde då man diskuterade projektet mer i detalj. Detta var speciellt tydligt inom vissa grupper (icke-tekniker) och i vissa länder (Spanien och Polen). I andra länder, t.ex. i Holland och i Sverige, där man under en längre tid arbetat med olika former av industrialiserat byggande, uppfattade man snarare ett problem med att differentiera industrialiserat byggande och industriellt byggande (se även examensarbete Danielsson och Wahlström (2005)⁶). Man kan därför dra slutsatsen att när man väl kommit förbi det första initiella hindret (det vill säga generell förståelse) måste det finnas klara och tydliga definitioner av viktiga begrepp för att underlätta fortsatt kommunikation och gemensam förståelse.

3.3.2 ACCEPTANS ELLER SKEPTISM?

En stor del av de intervjuade, oberoende av land eller kategori, sa sig vara redo att i större eller mindre utsträckning anamma denna typ av innovation inom bostadsbyggandet. Man uppvisade generellt intresse och hade åsikter och idéer om hur man skulle gå till väga även om dessa skiljde sig åt beroende på erfarenhet, attityd och land. Många menade att detta var byggsektorns enda framtida väg. Dock kunde en grupp identifieras som, ironiskt nog, refuserade ManuBuild på grund av dess höga ambition. Också från en arkitektoniskt ståndpunkt befarades att byggprocessen skulle förlora all form av differentiering. Man såg också industrialisering som en form av massproduktion där massproduktion uppfattades som en direkt förolämpning av arkitekten – dels genom att begränsa deras kreativitet och frihet och dels genom att minska projektets flexibilitet. Man skall här komma ihåg att arkitektens ställning, påverkan och roll skiljer sig markant mellan de olika Europeiska länderna.

I länder utan större erfarenhet inom området spårades en viss reservation eller tveksamhet avseende möjligheten att minska kostnader och tid i verkliga projekt. För just dessa två faktorer betraktades som de främsta drivkrafterna och påtagliga framgångsfaktorer.

3.3.3 FÖRDELAR RESPEKTIVE NACKDELAR

Fördelar

Allmänt uppfattas i Europa erhållandet av ett EU-finansierat projekt som mycket prestigefullt och innebär i sig en form av legitimitet. En stark medverkan från industrin uppfattades också som mycket positivt.

De kvalitetsgarantier som kan erhållas genom en industrialiserad process ("noll-fel") lyfts fram som en stor fördel. Genom ett bättre kontrollerat materialflöde, tillverknings- och monteringsprocess samt styrt kommunikationsflöde kan en kostnadsänkingspotential erhållas vilket ses som en stor fördel.

⁶ Danielsson, A., Wahlström, H. (2005): *Industrialiserat byggande – en nulägesbeskrivning*. Examensarbete 2005:95, Institutionen för bygg- och miljöteknik, Chalmers, Göteborg

En annan stor fördel är möjligheten att minska arbetsplatsolyckorna, något som de intervjuade i Spanien framförallt uppmärksammade.

Intervjuade som representerade försäkringsbolag underströk den omedelbara fördelen av att ha en tydlig och klar ansvarsfördelning och gränsdragning i ett mycket tidigt skede av byggprojektet.

De redovisade fördelarna med minskad byggkostnad, minskad byggtid, säkrare arbetsplats, ett stort differentierat utbud uppfattades som mycket positivt.

Nackdelar

Allmänt uttrycktes åsikten att det finns en risk att denna typ av byggsystem blir alltför rigida, inte så kostnadseffektiva som planerat samt att de estetiska kraven som ställs av slutanvändarna/kunderna inte kan uppfyllas.

Man befarar också att hantverkskunskapen och känslan av hantverk kan gå förlorad. En möjlig lösning föreslogs att man kanske kan lägga denna kunskap på något annat moment så att man fortfarande behåller kunskapen.

Farhågan att det man bygger kommer se ut på samma sätt och ingen vill bo där allt ser samma ut uttalades. Detta sågs både som en nackdel men också som en utmaning. Grovfunktionen och designen kan vara fix men sen kan man styla den efter kundens önskemål för att ge personlighet. Här gjordes jämförelsen med biltillval för att ge den unika känslan. Man måste ta fasta på att det måste finnas valmöjligheter. Vad det beträffar bostäder så ansåg många av de intervjuade att det inte är så många kunder som är intresserade att välja stomme, man vill istället ha komfort såsom till exempel temperatur. Kunden har i många fall inte kunskap om vad de skall välja vad det beträffar balkar, bjälklag, isolering etc. Däremot är till exempel färg på kakel, var toaletterna skulle ligga i förhållande till andra utrymmen viktiga frågor.

3.3.4 BARRIÄRER

Några av de intervjuade noterade att huvudtankarna inte var nya utan att man gjort liknande försök tidigare utan att helt ha lyckats. Man poängterade vikten av att ta reda på de huvudsakliga barriärerna och därefter försöka tackla dessa.

I Storbritannien, Spanien och Polen kan man se en tydlig närvaro av en ”tegelkultur”, dvs en stark preferens för ett speciellt konstruktionsmaterial och utseende. Denna preferens förstärks av kulturella skäl att behålla denna typ av traditionellt utseende eller för att undvika påminnelse om tidigare byggnation (t.ex. Polen och Sovjetisk efterkrigsbyggnation). Denna preferens kan verka konserverande då den förhindrar all introduktion av nya material. Då kunderna någon gång vill ha någonting annat förhindras detta av brist på kunskap av användningen hos utvecklare, byggare, arkitekter och övriga tekniska konsulter.

Många av de intervjuade, oavsett land, noterade att dagens byggprocess mycket sällan involverar slutkunderna förrän i ett sent skede vilket ses som en brist. Ibland kan det också vara ett problem i kommunikation och marknadsföring där man framhåller involvering av kund, t.ex. i Holland, men som i verkligheten sällan sker utan kundkraven inkluderas väldigt dåligt.

Kostnad och vinst är två faktorer som gör skillnad men det är också viktigt att undersöka hur byggprocessen är organiserad. I Holland konstaterades generellt att den nuvarande byggprocessen hämmar innovation. En absolut fixering på kostnadsänkning är närvarande även om kostnadsbildningen är allt annat än transparent. Flexibilitet ses som en annan viktig faktor. Både kunden och arkitektens krav måste kunna tillgodoses.

I Spanien ses bristen på kvalificerade yrkesarbetare inom byggsektorn som ett allvarligt problem då man befärs att kvaliteten på arbetet kan försämrats. Denna brist löses genom att använda tillfällig arbetskraft från andra länder (framförallt Afrika) vilket dock har inneburit vissa problem inte minst kommunikativt. Samtidigt menar man från svenskt håll att det finns risk att den yrkesstolthet som finns idag försvinner om man flyttar tillverkningsplatsen från själva arbetsplatsen. Även i Holland ställer sig yrkesarbetarna negativa till tanken att jobba i fabriksmiljö.

Ett industriellt byggsystem kräver aktörer som är mentalt förberedda och införstådda med hela processen och förstår konsekvensen av utformningen avseende tillverkning, logistik och montering samt att utnyttja de repetitiva enheternas fördelar.

Sättet att hantera information mellan olika aktörer i processen idag är tveksam och den digitala hanteringen av olika format bristfällig. Många uttalade en brist på kommersiella program som kan hantera informationsflödet genom hela processen och även enkelt visualisera resultatet för kunden i annat än traditionella 2D-ritningar.

Slutligen kan man konstatera att det finns en uppenbar risk att de nationella regelsystemen kan sätta käppar i hjulet för ett koncept såsom föreslaget av ManuBuild. Speciellt den tyska analysen indikerar att det finns juridiska hinder och noterar avsaknaden av integration mellan nationella och internationella standardiseringsorgan. Samtidigt så kritiserar man i Spanien den otroliga mängd av förordningar som förhindrar utveckling av byggsektorn.

3.3.5 MÖJLIGHETER

För att möta de ovan nämnda barriärerna finns ett antal möjliga åtgärder att tillgripa. Dessa skall försöka summeras nedan.

I intervjuerna framkom att olika typer av utbildning krävs för att både mentalt och bokstavligen kunna anamma det industrialiserade tänkandet. Detta innefattar en rad olika aktörer inom sektorn, faktum är att hela samhället berörs. Många menar att utbildningen måste fokusera på förståelse. Det är viktigt att även de negativa aspekterna lyfts fram och bearbetas samt att möjliga lösningar presenteras.

Risken för arbetslöshet för byggarbetarna är en risk som kan ha negativ effekt på resultatet. Det är viktigt att den skicklighet som yrkesarbetarna besitter integreras i processen och används, inte på samma sätt som den görs på byggarbetsplatsen idag, men på ett mer intelligent, säkrare och arbetsmiljömässigt bättre sätt. I de regioner där man lider brist på yrkeskunnigt folk kan de anställda man har användas till att träna och leda nya medarbetare.

De intervjuade menade också att man i den industrialiserade husbyggnadsprocessen måste

öka kundfokuseringen och förbättra processerna för att integrera planering, design, tillverkning, logistik och montering genom förändring och innovation.

En klar fokus på kunder är nödvändigt för att säkerställa rätt produkter med rätt kvalitet till rätt kostnad. Detta betyder att undersökningar avseende kundens behov och prioriteringar måste utföras till en högre grad än som görs idag. Många slutkunder har ofta högre ambitioner än de är villiga eller kan betala för och därför föreligger en skillnad mellan önskade och reella krav. Eftersom kunden oftast inte har kapacitet att själv definiera sina önskemål och behov är det viktigt att någon i (säljar)organisationen hjälper till att översätta önskemål till skriftliga krav.

För att kunna säkerställa produktivitet och effektivitet är det viktigt att processerna och de tekniska lösningarna kontinuerligt följs upp med hjälp av mätningar både avseende hårda som mjuka parametrar. Erfarenheter och mätresultat analyseras och resultaten används därefter som input till produktutvecklingsprocessen och uppkommande projekt. Det är viktigt att anställda från de involverade aktörerna alla får möjlighet att dela med sig och ta del av erfarenheterna för att processerna skall kunna förbättras och att alla skall känna delaktighet.

3.3.6 ANALYS UR ETT SVENSKT PERSPEKTIV

Om man analyserar intervjuresultatet från ett svenskt perspektiv med fokus på byggföretag så kan man konstatera följande:

Industrialiserat bostadsbyggande

Industrialiserat bostadsbyggande är inte något nytt som begrepp, men innehållet och ramen för konceptet är nytt för byggnadsindustrin. Under 1960- och 70-talet utvecklades och användes produktionsfokuserade och icke-kundorienterade byggsystem i länder som Sverige och Storbritannien. Systembyggande var en typ av industrialiserat byggande där prefabricering, standardisering och metoder för produktion och kvalitetskontroll var centrala (Gann, 1996⁷). Detta var dock massproduktion som fallerade av olika anledningar, en framträdande faktor var avsaknandet av kundorientering. Strategin för det nya industrialiserade byggandet måste således innefatta en ökad kundorientering och förbättrade metoder för att integrera design, produktion, information och styrning, som uppnås genom förändring och innovation.

Vad innebär industrialiserat byggande?

En ram för begreppet industrialiserat byggande kan använda åtta karakteristiska områden (från Ekholm, Lessing och Robertson, 2005⁸):

1. Planering och kontroll av processer
2. Utvecklade tekniska system
3. Off-site tillverkning av byggdelar
4. Långsiktiga relationer mellan deltagarna

⁷ Gann, D.M. (1996): *Construction as a manufacturing process? Similarities and differences between industrialized housing and car production in Japan*. Construction Management and Economics, 14(5) 437-450.

⁸ Ekholm, A., Lessing, J., & Robertson, A. (2005): *Industriellt byggande är mer än bara prefabricering!* Bygg & Teknik nr 2/05

5. Supply chain management integrerat i byggprocessen
6. Kundfokus
7. Användning av informations- och kommunikationsteknik
8. Systematisk resultatmätning och återanvändning av erfarenheter

I detta analyskapitel har vi utgått från dessa områden och strukturerat informationen därefter. Varje område inleds med en kort beskrivning och därefter följer en kort reflektion.

Planering och kontroll av processer

Projektering, tillverkning, montering och andra relaterade processer kräver en sammanhållen struktur och ledning från början till slut för att nå målen och leverera maximalt värde till kunderna. En grundlig planering av all verksamhet krävs därför särskilt i tidiga skeden av projektet där extra uppmärksamhet måste ägnas åt design (arkitektur såväl som teknik), planering och förberedelse. Genom väl förberedda processer, färdiga handlingar när produktionen startar och användning av separat utvecklade och provade tekniska systemlösningar, som stöds av strukturerade metoder för planering, kommer genomförandet av processerna löpa smidigt och med ett fåtal fel och misstag. Målet är noll fel och minsta mängd avfall.

Nackdelarna som de intervjuade tryckte på var:

- Risk för begränsningar med hänsyn till slutanvändarnas önskemål - Systemet skall möjliggöra en hög flexibilitet,
- Risk för en arkitektur som är standardiserad och bygger på teknik istället för att låta tekniken öppna nya former, kund Anpassning etc,
- Risk att volymen innebär tekniska svårigheter,
- Risk att yrkesstolthet i byggsektorn äventyras när hantverk baserade arbetstillfällen försvinner.

De intervjuade påpekade också att om det är fel i konstruktionslösningen får detta stora negativa konsekvenser och det är svårt att rätta till efteråt. Man måste således ha en strukturerad, utprovad projekteringsprocess.

Arkitektur

En bra bostad skall omfatta både den klassiska arkitekturens kvaliteter och kundens specifika krav. Vi måste börja samarbeta tidigt så att utformningen av byggnaden påverkas på ett positivt sätt av de tekniska processerna. Utformningen får inte styras av "enklast möjliga produktionslinor". Nyckeln är en riktig kombination av antalet och storleken hos de grundläggande komponenterna.

Flera av de tillfrågade i den svenska studien (detta konstaterades även i de holländska och tyska studierna) betonade att ett livscyelperspektiv ger bäst valuta för pengarna (i stället för att fokusera på de initiala investeringarna), en funktion som de anser ManuBuild konceptet inte fångar upp ordentligt.

Utvecklade tekniska system

För att minimera fel och skapa en fungerande process så utvecklas tekniska system i separata produktutvecklingsprocesser, där lösningarna testas, anpassas och utvecklas till en hög färdigställandenivå. Dessa system används sedan vid projektering, tillverkning och montering av unika bostadsprojekt. De tekniska systemen omfattar stomsystem, elektriska

och sanitära installationer, fasadsystem etc med olika nivåer av flexibilitet. Erfarenheter från utförda projekt används som underlag för den fortsatta utvecklingen av det enskilda systemet. De intervjuade ansåg att det skulle vara värdefullt om resultaten från ManuBuild är en serie av riktlinjer och metoder, till skillnad från en rad produkter. ManuBuild syftar till att lösa systemrelaterade frågor - de underliggande strukturerna. Vilken produkt vi beslutar att bygga verkar vara helt irrelevant, enligt en intervjuad. En annan intervjuad uppgav att det är viktigt att planeringen tillåter att vissa komponenterna kan bytas utan att riva delar av huset.

Förtillverkning av byggdelar

Precis som Ekholm, Lessing, och Robertson noterar så bör byggnadsdelarna förtillverkas i en miljö anpassad för effektiv produktion, där avancerad utrustning finns tillgänglig och god arbetsmiljö. De tillverkade enheterna bör hålla en hög färdigställandegrad för att minimera arbetet på byggplatsen. För att kunna tillgodogöra sig fördelarna bör så många delar av byggnaden som möjligt förtillverkas för att slutligen monteras på byggplatsen. En stor positiv faktor som många av de intervjuade påpekade är möjligheten att få en bättre produktkvalitet ("noll-fel") eftersom kontrollen är mycket bättre avseende materialhantering, tillverkningsprocess och montering.

Långsiktiga relationer mellan deltagarna

Samarbetet mellan de olika aktörerna i byggprocessen bör karakteriseras av långsiktigt engagemang för att gemensamt kunna skapa ett klimat som bildar förutsättningarna för att kunna erhålla bättre produktivitet och en mer effektiv produktion. Gruppen av deltagare sätts samman utifrån vissa kriterier för att skapa goda förutsättningar för samarbete och gemensamma förmåga att uppnå mål och skapa värde för kunden. Långsiktiga relationer innebär att teamet kan starta projekt snabbt eftersom de har en struktur för samarbetet och därmed sparas värdefull tid eftersom inga ansträngningar måste göras för att föra in anbud och utvärdera olika leverantörer och projektörer. Detta tillvägagångssätt har många likheter med strategiska partnerskap. Många av de intervjuade nämnde just partnering som en framgångsfaktor, alla skall tjäna på affären.

Det kan bli nödvändigt, som en intervjuad påpekade, att granska och att verka för att vissa lagar avseende inköp justeras eller till och med skrivs om. Dagens lagar tillåter inte automatiskt denna typ av förfarande (speciellt när den offentliga sektorn är kunden).

Supply chain management integreras i byggprocessen

Genom att flytta byggverksamhet uppströms från byggarbetsplatsen till fabriken, där förmontering utförs, kommer kraven att höjas på hanteringen av leveranskedjan (materialflöde) och logistiska aktiviteter. Materialflödet är uppdelat i två huvuddelar: förmontering på fabriken och montering på byggplats, vilket ställer olika krav på leverantörskedjan. Förmonteringen omfattar inköp, materialhantering, leverantörs-engagemang, transport och mönster på efterfrågan mm Verksamheten på byggplatsen har strukturen för slutmontering och leveranserna av delar och komponenter måste vara väl genomarbetad där JIT (just-in-time) införs i nära samarbete med komponent- och elementleverantörer.

En av de intervjuade anser det inte vara möjligt att ha ett slutet system och fortfarande tala om partnering. I ett slutet system tycks det svårt att ha en win-win system för alla aktörer.

För att fullt ut kunna införa denna form av nytänkande inom byggsektorn är det viktigt att behandla de uppenbara nackdelarna med systemet. Rädslan för arbetslöshet bland hantverkare är en risk som kan ha negativ inverkan på resultatet. Det är viktigt att skickligheten hos hantverkare ingår i processen och används, inte på samma sätt som på plats idag, men på ett mer intelligent, säkert och arbetsmiljövänligt sätt. En intervjuad uppgav att såsom leverantör såg denna person enbart fördelar med ett öppet produktionssystem, särskilt eftersom en väl definierad partner att kommunicera med skulle göra dialogen mycket enklare. Idag sker kommunikationen mer av typen ”stora öron, snabba fötter”. En annan uppgav att nyckeln till framgång för tillverkningssystem i byggandet är att produktionen styrs av tillströmningen av kompetens, inte som idag när tillgången på kompetens styr produktionen.

Kundfokus

Ett tydligt fokus på kunden är en nödvändighet för att säkerställa att rätt produkter, med rätt kvalitet till rätt kostnad produceras för slutkonsumenten. Detta synsätt innebär att noggranna undersökningar och utredningar måste göras för att systematiskt fånga kundernas behov och prioriteringar.

Även om vissa delar av byggsektorn redan idag utvärderar och inkluderar värdet för slutanvändaren på ett korrekt sätt finns här fortfarande en stor förbättringspotential. Det är vanligt att hålla möten med slutanvändarna och grupper av användare, men när man ser till utvecklingen av bostadshus kan man ibland undra på vem vi har lyssnat. Det är normalt att bortse ifrån driftskostnader (garantitiden är ofta begränsad till två år). Samtidigt har kunderna ofta högre ambitioner än vad de i praktiken är villiga att betala för och därmed skapas problem i att möta deras behov och krav. En intervjuad uppgav att byggsektorn var bra på möta upp till de stora kunderna liksom till de mindre, som ofta är villiga att acceptera en begränsad valfrihet. Kunderna "mitt emellan" dessa kategorier är ofta kvar otillfredsställda. Eftersom kunden själv saknar förmåga att definiera hans eller hennes krav ges konsulter jobbet att översätta kundens önskemål till skriftliga krav. När entreprenören kommer in i projektet är många val redan gjorda och entreprenören har inte alltid möjlighet till direktkontakt med slutanvändaren. En av de intervjuade, kategori entreprenör, menade att kunden idag ej har ansvar utan bara skall läsa avtalet. Idag köps en färdigutvecklad dröm. Frågan är bara: vems dröm?

Vi går mot mer avancerad teknisk utrustning i en alltmer komplex byggnad. I framtiden tror man att man kommer se fler affärskoncept som inkluderar service av olika slag till kunderna. Att fylla på pellets i sin panna är en sak, det är mycket svårare att själv kontrollera och ställa in avancerade styrsystem. I många fall är det svårt att utveckla tekniska system som är enkla och användarvänliga, det är kanske bättre att ha en lösning för hur till exempel underhåll skall ske redan från början.

Användning av informations- och kommunikationsteknik

Industrialiserade processer kräver korrekt och tillförlitlig information. Modern IT tillhandahåller verktyg som effektivt hanterar uppdateringar och förändringar av digitalt material och tillhandahåller lösningar för informationsutbyte och datalagring. Genom att öka användningen av moderna IT-verktyg som stödjer de olika processerna erhålls fler korrekta handlingar vilket i sin tur ger goda förutsättningar för en effektiv produktion där fel upptäcks tidigt och problem inom tillverkningsindustrin och montering undviks.

Korrekt information på ett tidigt stadium behövs alltid. En intervjuad svarade att det finns

en risk att alltför mycket information finns tillgänglig på en plattform. Informationen skall vara strukturerad, exempelvis med hjälp av en användarvänlig profil. Man bör alltid komma ihåg att information på en plattform aldrig helt kan utesluta behovet av fysiska möten och kommunikation. Det påpekades också att det är viktigt att alla aktörer använder sig av samma underlag och version för att undvika onödiga omritningar, felaktiga beslut eller fel handlingar och förutsättningar.

Flera av de intervjuade önskade 3D-modeller som kan roteras och ha intelligent grafik, dvs innehåller information om varje del som ingår, och redan i utformningens första fas ingår som ett arbetsredskap, där den arkitektoniska utformningen kopplas med byggnadens verkningssätt - energianvändning, inneklimat, statik etc.

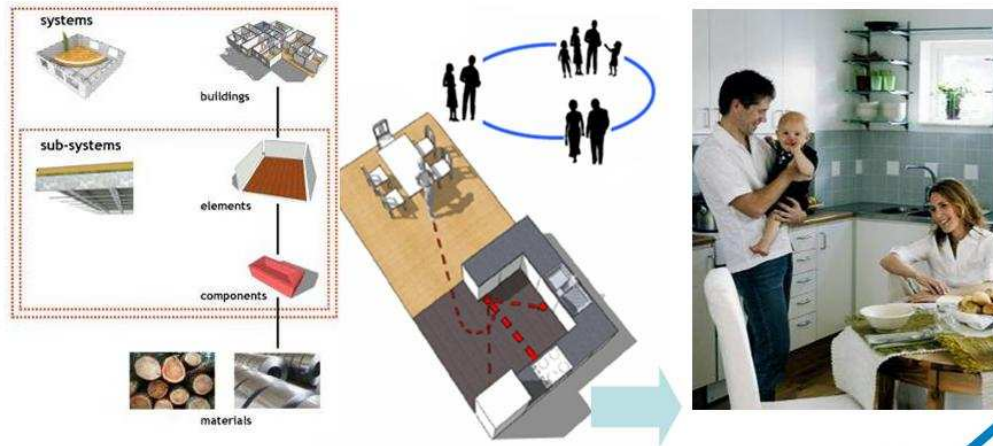
Systematisk resultatmätning och återanvändning av erfarenheter

Industrialiserade bostäder handlar om att använda och förbättra effektiva metoder och lösningar för husbyggnation. För att få information om de ingående processerna och tekniska lösningarna krävs kontinuerlig mätning och uppföljning, såväl avseende mjuka såväl som hårda parametrar. Erfarenheter och åtgärder analyseras och resultaten är input till utvecklingsprocessen och kommande projekt. Personal från alla deltagande företag bör ingå i denna verksamhet eftersom erfarenheter från alla delar av processerna är viktiga och det är viktigt att alla deltagare känner ett kollektivt ansvar för förbättring.

Man måste ta till vara på de äldre, mer erfarna medarbetarnas kunskaper och låta dem agera som mentorer för de yngre. Samtidigt skall man komma ihåg att de yngre oftare har lättare att ta till sig ny teknologi och nya arbetssätt. Precis som för traditionellt byggande är en differentierad organisation/team att föredra.

Design Process Production ICT Training

Delivers **sustainable** buildings that are **adaptable** and **flexible**, fulfilling the **end-user's requirement**, offering a rich and **attractive architecture** and forming the basis for a **safe, quick, economic** and **environmentally friendly** assembly on-site.



ManuBuild Consortium © 2009

ManuBuild

4. PRINCIPER FÖR BYGGSYSTEM

Efter att ha undersökt aktörernas önskemål och krav påbörjades arbetet med att se på olika byggsystemkoncept. Denna del av ManuBuild behandlade den arkitektoniska och tekniska utformningen av byggnaden. Utmaningen låg inte i att utforma och konstruera en specifik anslutning eller till och med en produkt, utmaningen låg i att utforma själva boendet eller som vi kallade det i ManuBuild, *Design for Living*. Syftet var att åstadkomma hållbara byggnader som är anpassningsbara och flexibla som uppfyller slutkundens önskemål och som erbjuder en rik och attraktiv arkitektur och formar basen för en säker, snabb, ekonomisk och miljövänlig montering på byggarbetsplatsen. Arbetet inom detta delprojekt har paketerats i tre underteman:

- Fokus på slutkund: öppna industriella byggsystem, mass customisation, ramverk för byggsystemkoncept och Design for Living.
- Typologier och Byggnadsmallar
- Design for Manufacture and Assembly illustrerad med hjälp av smarta komponenter

4.1 VAD ÄR DESIGN?

Det engelska ordet design är återkommande i detta arbete, till exempel *Design for Living*, *Design for Openness*, *Design for Manufacture and Assembly*. I resterande del av denna

rapport kommer det engelska ordet att användas. Således behövs en tydlig förklaring eftersom det svenska ordet tenderar att förknippas enbart med utseende och formgivning.

Design = Formge, utforma, planlägga och konstruera. Således omfattas både arkitektur och konstruktion.

4.2 INTERNA OCH EXTERNA VÄRDEN

Några av ManuBuilds övergripande mål är kostnadsminskning (50%), kortare byggtid (70%) och en säkrare arbetsplats (en minskning av olyckor med 90%). Helt klart är det mycket som är relaterat till produktiviteten. Produktivitet kan definieras som:

$$\text{Produktivitet} = \text{Värde} / \text{Tillgångar}$$

Om man tittar på definitionen av produktiviteten, måste det vara klienten / kunden / samhället som definierar värdet. Vanligtvis är det köparen som bestämmer vad som är mest värdefullt, han/hon tenderar att spendera sina pengar där avkastningen är störst, och inte av projektdeltagarna (arkitekter, ingenjör, konstruktör etc). Naturligtvis har projektdeltagarna egna värderingar och prioriteter men man kan hoppas att de arbetar med att leverera det bästa värdet till sin kund. Detta innebär att vi kan dela upp begreppet värde i:

- **Externa värden** – klient- / kundvärde
- **Interna värden** – av och mellan deltagarna i teamet.

Arbetet i denna del av projektet fokuserade på det externa värdet medan det interna värdet behandlas i ett annat delprojekt (Affärsmodeller). Naturligtvis är det ganska komplicerat att definiera slutkunden. Kunden representerar många olika intressenter som t.ex. användare, investerare, ägare etc, alla med olika värden och intressen. Här är bidragen från intervjuerien (se tidigare kapitel) värdefullt.

De externa värdena kan delas upp i (a) **processvärde** och (b) **produktens värde**. Processvärde handlar då om att ge våra kunder den bästa upplevelsen under projektering och tillverkning av produkten. Det omfattar följande: mjuka värden (etik, kommunikation, konfliktlösning), hårda värden (att hålla tidsfristerna, kostnadsberäkningar, kvalitet och säkerhet) och värderingar som kommer från projekterings- och byggprocessen (lärande från deltagande, sekundära effekter). Således kan de mjuka och hårda värdena förstås som partneringvärden för projektet. Processvärdet behandlades i de andra delprojekten.

Produktvärdet, detta delprojekts tyngdpunkt, kan sammanfattas i sex värden sk *design values*. De tre första härstammar från Vitruvius⁹ tre grundläggande principer: styrka, användbarhet, skönhet (*firmitas, utilitas, venustas*). Materialen bör vara av hög kvalitet, byggnaden bör fungera väl för sitt ändamål och dessutom bör den estetiskt sett vara vacker, harmonisk och ha den rätta symmetrin. Till dessa tre grundvärden har adderats beständighet, lämplighet (i relation till övrig bebyggelse och socialt) och byggbarhet. Självfallet kan dessa värden delas upp ytterligare i ett värde-träd för att säkerställa att

⁹ Slogorden myntades av den romerska arkitekten och ingenjören Vitruvius' (Marcus Vitruvius Pollio) i hans tiodelade verk *De architectura*. Den kända klassikern behandlar bl.a. kanaler, avloppssystem och scenografi.

kunden styrs genom hela värdekedjan (och för att ge projektdeltagarna / deltagarna i ManuBuild en tydlig inriktning). Naturligtvis samverkar de olika värdena för processen och produkten.

4.3 DESIGN FOR OPENNESS – ÖPPENHET

Öppenhet är ett multifasetterat begrepp och vi bör inte söka det i produkterna som produceras utan snarare i de principer vi använder. Detta begrepp har diskuterats i olika sammanhang, bland annat av Engström och Johansson (2007)¹⁰. Öppenhet i ett industrialiserat system kan summeras såsom:

- En transparent och väldokumenterad arbetsprocess
- Goda möjligheter till varierat uttryck (parametriska komponenter, standardisering på artikelnivå), val och anknytning till det aktuella läget.

ManuBuild syftar inte till ett enda, givet byggsystem, utan till att tillhandahålla verktyg för hela branschens industrialisering. Genom att arbeta med metodik för utveckling av produkter och processer anpassade för industriell byggproduktion kan ManuBuild stödja den fortsatta utvecklingen av många olika industriella koncept. Principer som *Design for Assembly*, värdeflödesanalys, modularisering av tillverkningslinor och *Just in Time* är tillämpliga oberoende av byggsystemens strategiska val av stommateriäl, variationsmöjligheter och marknadssegment. Genom resultaten från ManuBuild har var och en möjligheten att i ett tidigt skede arbeta igenom konsekvensen av olika lösningar med egna förutsättningarna som indata.

4.4 MASS CUSTOMIZATION

Självva begreppet mass customization tillskrivs Stan Davis i *Future Perfect*¹¹ och definierades av Tseng & Jiao¹² som "producing goods and services to meet individual customer's needs with near mass production efficiency". Det kan ses som kontrast till rekordårens massproduktion. Att standardisera och dela upp tillverkningen, i vissa fall i fragmentiserade moment, har varit en framgångsfaktor för den tidiga industrialiseringen. Under 1960 och 70-talet innebar industrialisering fortfarande att man skapade standardiserade produkter. Genom allt ökande krav på variation, blir idag antalet möjliga varianter som exempelvis en bil kan tillverkas i närmast astronomiska. Om hänsyn tas till alla kombinationsmöjligheter, räcker jordens befolkning inte tillnärmelsevis till för att ta hand om en enda biltillverkares möjligheter att variera sina modeller med färger, inredningar, motorer etc. En marknadsmässig insikt är också, att många olika modeller ökar den totala försäljningsvolymen. Begreppet produktoffensiv innebär då att få fram många modeller till marknaden på kort tid. Se lanseringen av nya mobiltelefoner; det räcker inte att bara visa en ny telefon längre.

¹⁰ Engström, D och Johansson, M.(2007): *Industriell öppenhet är metodik, inte teknik*, Väg och Vattenbyggaren 2, sid 52-55

¹¹ Davis, S (1996): *Future Perfect*, 10th anniversary edition, Addison-Wesley Pub Co, Harlow, England, ISBN: 020159045X

¹² Tseng, M.M. och Jiao, J. (2001): *Mass Customization*, in: *Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operation Management* (3rd ed.). New York, NY: Wiley. ISBN 0-471-33057-4.

I Fredrik Karlssons blogg¹³ kan man läsa följande:

”På 80-talet fanns inte slutkunden för bostadsbyggarna. Länsbostadsnämnden styrde bidragsgivandet och byggandet i detalj. Vad kunderna efterfrågade eller tyckte var då inte så viktigt.

–Slutkunden fanns inte i vår sinnevärld, säger Zdravko Markovski, chef för JM Bostad Stockholm.

JM har sedan dess gjort en jätteresa mot att bli ett kundorienterat företag. Enligt en undersökning från Prognoscentret hade de branschens nöjdaste kunder.”

I samma blogg görs reflektionen ” Tänk om byggföretagen kunde göra samma resa. Om byggföretag kunde utföra renoveringsjobb åt privatpersoner med samma inställning till kunderna. Dessa byggföretag finns förstås i dag men är för få.”

Utmaningen ligger således i att anpassa byggandet till brukaren, dvs slutkunden. Det danska arkitektkontoret Juul og Frost har till exempel tagit fram en boendevariant som bara har en enda fönstertyp och saknar inredning och kök, vilket gjorde den mycket billigare. Denna variant ger brukaren stora möjligheter att anpassa boendet till just sina behov. Då ingen fast inredning existerar kan man själv välja vilken pris- och standardnivå man vill lägga sig på.

Rätt typ av upprepning

Det finns en oro bland allmänheten, beställare och arkitekter att industrialiseringen betonar upprepningstvinsterna på bekostnad av variationsmöjligheterna. Oron till viss del befogad, eftersom det är lätt att gå i fällan att bara fokusera på rationell tillverkning och glömma många andra egenskaper som karakteriserar goda industriella system; den direkta kundstyrningen är inte den minst viktiga. ManuBuild ägnade stor kraft åt att diskutera arbetet med olika kategorier av intressenter, inte minst genom sina konferenser och intressenätverket på nätet (se www.manubuild.net). Man skall inte underskatta möjligheterna till kostnadsbesparingar genom variantminimering; industrialisering utan upprepning är inte rationell. Men frågan är vad det är som upprepas, produkten eller processen. Referenserna som ofta görs till miljonprogrammet ger inte en rättvisande bild. Under rekordåren standardiserade branschen gentemot marknaden på byggnadsnivå i syfte att rationalisera produktionen. Idag handlar det inte bara om industriellt byggande, utan om industriellt *tänkande*. Vi skall veta vad vi gör så att vi kan göra det lite bättre nästa gång. Många entreprenörer standardiserar moduler på företagsintern nivå för att kunna anpassa sig till varje projekts förutsättningar. Idag innebär standardisering att man skapar värde främst genom standardiserade processer. En stor utmaning där ManuBuild kan göra stor nytta är att integrera alla processerna under ett paraply och att få alla aktörer att jobba tillsammans istället för att särpräglas av egenintressen. Ett litet steg framåt genom projekt såsom ManuBuild är ett stort steg för byggbranschen.

Med de möjligheter som finns till hands avseende automatisering kan vi tillverka mer eller mindre vad som helst idag, även inom byggandet. Många av dessa maskintillverkade byggnadsdelar kommer inte att vara möjligt att skilja från de hantverksproducerade. Den stora utmaningen ligger i att definiera, i industriella termer, vad en kvalitetsfunktion

¹³ <http://fredrik.byggvarlden.se/> se 2010-03-12

verkligen är - för att kunna producera det i stället för en sämre produkt. Det största problemet för ManuBuild är att projektet inte kan föreskriva en viss arkitektonisk stil. De principer som föreslås måste vara på en process- eller kvalitetsfunktionsnivå, inte på en nivå som omfattar tekniska/arkitektoniska lösningar. Hur underlättas en arkitektonisk kvalitet utan att definiera den? Hur skall man beskriva arkitektoniska standarder utan att peka på lösningar eller begränsa kundernas val av kvalitetsnivå? Klimatet och preferenser i Skandinavien är också mycket annorlunda än de som råder till exempel i Spanien - regionala preferenser måste tillgodoses. Den föreslagna lösningen i ManuBuild är att ge en beskrivning av väsentliga värdebärare för bostäder, men tillåter aktörer i varje projekt och/eller system att göra sina egna prioriteringar.



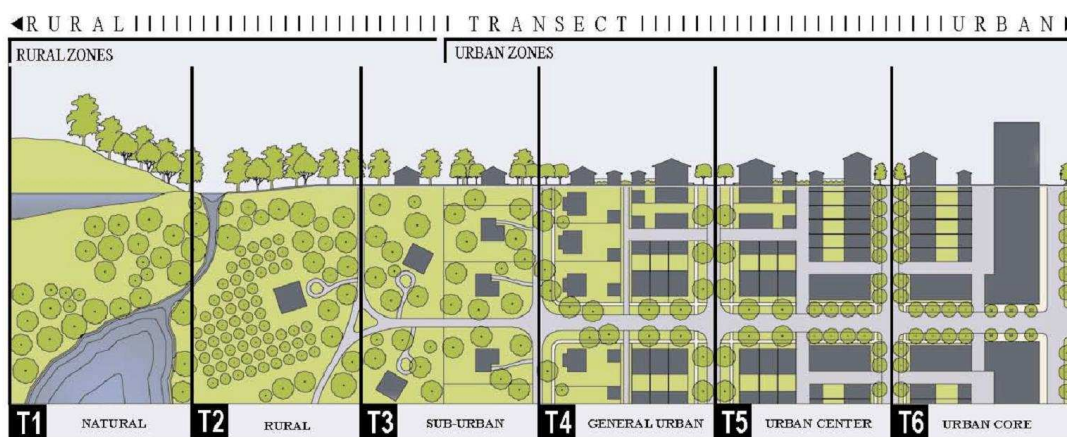
Figur 5 Vinnande tävlingsbidrag Ctrl[space] av Piercy Conner Architects, se www.manubuild.org

I informationsåldern är det inte längre så att en bostads enda syfte är att ge skydd och tak över huvudet. Med den ökande komplexiteten i den värld vi lever i och den teknik som finns tillgänglig för oss i dag så är frågan mer komplex och den bygger på en rad andra faktorer såsom den sociala och fysiska omgivningen, förmågan att underlätta vårt liv och aktiviteter, möjligheten till kontinuerlig flexibilitet under vår livscykel, och en rad andra överväganden.

Att konstruera, tillverka och leverera en bostad som tillgodoser behoven hos de boende och samhället, idag och i framtiden, kräver ett stegvis förändrat synsätt. En verkligt hållbar lösning kan inte uppnås genom att fortsätta att driva standardiserade konstruktioner och layouter baserat på vad som ansågs acceptabelt förr, eller uppfylla det vad i bostadsbranschen räknas som "genomsnittliga" eller "typiska" hushåll och diktera människors sätt att leva sina liv genom begränsningar av husen de bor i. Inte heller kan vi designa och bygga hus isolerat, utan att ta hänsyn till det större sammanhanget. Det finns ett behov av att samarbeta med de boende och öka förståelsen för vad de vill, behöver och strävar efter både på hushålls- och lokal nivå. De två viktigaste områden att beakta är därför:

- Förstå de boendes krav (både nuvarande och framtida), och
- Att förstå det bredare sociala och fysiska sammanhanget, hur dessa påverkar utformningen och framgången för ett hem och dess komponenter, och vice versa.

Genom att förstå vad som är värdefullt för slutanvändare och varför, och utifrån denna kunskap även undersöka varför de föredrar ett hus framför ett annat, först då öppnas möjligheten att utforma bostäder som slutanvändarna trivs med nu men även i framtiden. Att utforma hem och inte hus, hem som anpassar sig, som växer och krymper allteftersom hushållets behov förändras. Detta är en radikal förändring i synsätt, från den gemensamma förståelse att en byggnad är statisk och fullständig när det överlämnas till kunden, till uppfattningen att en byggnad har ett liv att leva, och är inte komplett förrän det slutligen nedmonteras.



Figur 6 För att i ett tidigt stadium kunna utforma byggnaden kan metoden transect användas

Inom ManuBuild togs en rad verktyg fram för att underlätta arbetet för arkitekten och övriga projektmedlemmar som jobbade med utformningen. Dessa hjälpmedel inkluderar bland annat transect (för att hitta rätt typ av byggnad för identifierat läge, se figur 6) och activity spaces (aktivitetsområden, se figur 7). För mer information om dessa metoder hänvisas läsaren till "Building manufacturing architecture - Whatever you thought, think again", Engström et al, www.manubuild.net (2007).



Figur 7 Genom att rörelsemönster och aktiviteter i hemmet kan ett bättre boende utformas

Under arbetets gång hölls två arkitektävlingar. Resultaten från dessa är redovisade i två böcker som finns tillgängliga även de under www.manubuild.net. I dessa finns arkitektförslag för hur de mål och riktlinjer ManuBuild stipulerat kan översättas till konkret utformning.

4.5 DESIGN FOR MANUFACTURE AND ASSEMBLY

Design for Manufacture and Assembly (DFMA) består av ett antal metoder och verktyg för en produktionsorienterad utveckling av produkter, med avseende på hela produktlivscykeln. De första som utvecklade ett systematiskt tillvägagångssätt att arbeta med DFMA var Boothroyd, Dewhurst och Knight (2002). DFMA finns beskrivet i åtskillig litteratur och kommer inte att beskrivas i detalj i denna redovisning. Sammanfattningsvis kan dock DFMA förklaras:

- *Enkelhet är grunden:* Enkelhet ger lägre kostnader och större tillförlitlighet i tillverkning och montering, tack vare färre detaljer, kortare tillverkningssekvenser och enkel materialhantering.
- *Använd standardiserade material och komponenter:* Detta leder till färre komplikationer vid inköp, lagerstyrning, verktygshantering och vid tillverkning/montering.
- *Rationell och genomtänkt konstruktion:* Att använda sig av samma material, komponenter och förmontage i olika produktfamiljer ger ekonomiska fördelar, förenklar processtyrning och reducerar kostnader för verktyg och utrustning.
- *Största möjliga toleranser:* Snäva toleranser ger extra kostnader.
- *Materialval för rätt funktion och process:* Materialet måste samstämma med tillverkningsprocessen och säkerställa produktens tillförlitlighet som i sin tur påverkar garanti- och servicekostnader.
- *Eliminera operationer som inte tillför värde:* Att förädla produkten i så få moment som möjligt minskar hanterings-, lagrings- och administrationskostnader.
- *Konstruktion för process:* t.ex. ge ytstruktur på komponenter, addera funktioner till vissa komponenter som underlättar matning och gripning.
- *Teamwork:* Framgången beror ofta på en öppen-dörr-kultur i hela organisationen, ledningens engagemang, utbildning för alla och en ständig dialog för ständiga förbättringar.

För att kunna utvärdera en produkt eller konstruktionslösning så underlättas arbetet om det finns ett stödjande hjälpmedel som strukturerat går igenom viktiga moment och därigenom underlättar värderingen. Denna metodik har inom ManuBuild bygganpassats och presenteras i bla examensarbetet av Jürisoo och Staaf (2006)¹⁴. En vidareutveckling av denna är också utförd för passivhusproduktion och finns presenterad i SBUF-rapporten "Produktionsvänlig projektering av passivhus"¹⁵.

¹⁴ Jürisoo, E., Staaf, R (2007): *Connection Design for Easy Assembly On-Site - Method to Design and Evaluate Structural Connections in Industrial Construction*, Master's Thesis in the International Master's programme Structural Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Division of Structural Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, Master's Thesis 2007:99

¹⁵ Claeson-Jonsson, C. (2009): *Produktionsvänlig projektering av passivhus*, NCC, SBUF 12149, (17 sidor), www.sbuf.se

4.6 SMARTA KOMPONENTER

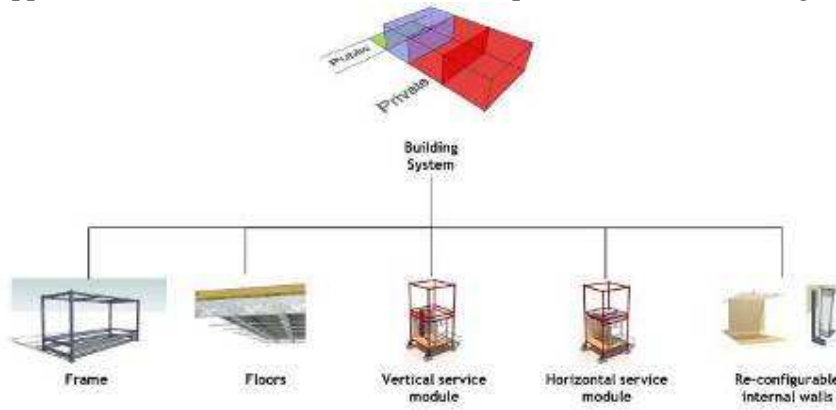
Som tidigare nämnts hade Manubuild som utgångspunkt att ta fram principer, metodiker och processer snarare än att utveckla produkter. Eftersom detta tillvägagångssätt ibland kan uppfattas för abstrakt, valde vi ändå att utveckla ett fåtal specifika produktprototyper. Detta för att illustrera hur principerna, metodikerna och processerna kunde översättas till konkreta produkter. Denna utveckling var intimt sammankopplat med det arbete som utfördes i det delprojekt som behandlade tillverkningsprocesser (se kapitel 6). Några exempel presenteras nedan:

Dragados Serviceschakt – Serviceschaktet är ett steg mot industrialisering genom dess prefabricerade vertikala del som serverar de “fuktiga rummen” (kök, badrum etc). Två av dess fördelar är (i) snabb och enkel montering på plats, (ii) tillverkningsprocessen kan ske antingen i en fast fabrik eller i en fältfabrik med en hög upprepningseffekt.



Figur 8 Dragados schaktprototyp

Corus ManuBuild Byggsystem - Betydande förändringar håller på att ske avseende nödvändig flexibilitet och utförande av byggnader, och i synnerhet bostäder. Syftet med denna prototyp är att undersöka hur dessa förändrade kriterier kan uppfyllas. Genom att först koncentrera på vad som behövs i lagstiftningen samt av marknaden på byggnadsnivå, och sedan utforma ett system och dess komponenter för att stödja dessa krav, kan detta uppnås. En marknadsfokuserad istället för produktfokuserad strategi.



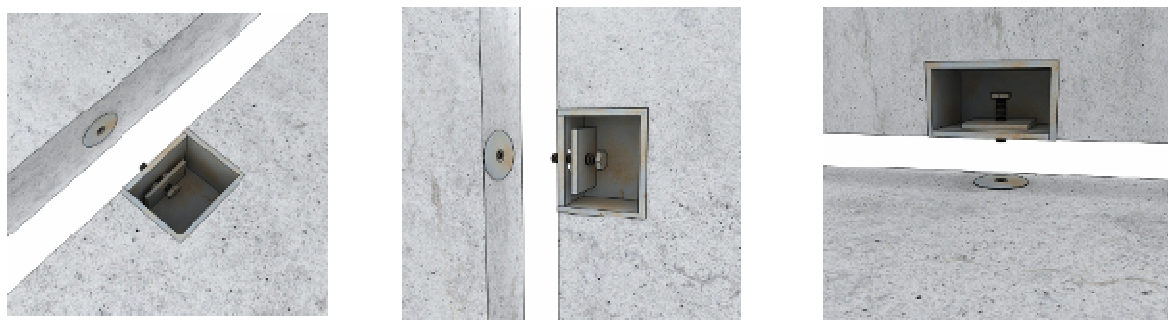
Figur 9 Corus ManuBuild byggsystem

Mostostal FRP mellanväggar – Fiberarmerade polymerer (FRPs) kombinerar låg vikt, högt korrosionsmotstånd och gott mekaniskt verkningssätt, vilket gör livscykelkostnader lägre än för konventionella material. FRP mellanväggssystem kommer att vara öppen ur ett slutanvändarperspektiv. Systemet kommer att vara flexibelt genom att möjliggöra olika väggdimensioner, form och färg. Under livscykeln blir det lätt att ta bort väggen, ändra ytan eller förlänga den.



Figur 10 Mostostols system för mellanväggar är lätta att hantera och montera

Consolis ConBolt System – Ett prefabricerat betongsystem som är mycket snabbt och enkelt att montera och som inte behöver någon eftergjutning på byggarbetsplatsen. Systemet möjliggör en hög flexibilitet för rumsdisponering i projekteringsfasen och även i framtiden, samt gör en standardiserad och effektiv produktion möjlig i fabrik.



Floor to floor

Wall to wall

Wall to floor

Figur 11 Exempel på Consolis anslutningar i prototypsystemet

4.7 ATT STANDARDISA INNEBÄR INTE ATT BEGRÄNSA

För att en industrialisering av byggprocessen skall kunna lyckas så måste man inse att det finns en mental negativ ryggsäck. För att framgångsrikt kunna förändra processen måste man utgå ifrån kunden och därifrån formulera de tekniska och arkitektoniska kraven. Istället för att se de begränsningar som standardisering medför skall man istället se på de möjligheter som öppnar sig. För arkitekten kan detta till exempel vara att det som visas på

ritningarna verkligen byggs, inte något som är ekonomiskt förvanskat. De tekniska lösningar som föreslås är utredda och anpassade till en arbetsmiljövänlig tillverkning och ett smidigt montage. Produkterna är kvalitetssäkrade och färre efterjusteringar krävs. En ständig förbättring är också möjlig eftersom man lättare kan följa upp tid och kostnader. Dock krävs av alla aktörer en förändringsvilja och kraften att bryta upp invanda mönster. Det räcker inte att andra ändrar sig, även du måste göra detta! Inom Manubuild har olika verktyg utvecklats för att hantera och underlätta det nya arbetssättet. Men till skillnad från dagens stafettloppsbyggande så måste man se den arkitektoniska och tekniska utformningen utifrån ett helhetsperspektiv där de olika delarna i processen samverkar från början till slut. I nästa kapitel behandlas sättet att samarbeta och en möjlig affärsmodell.

Design Process Production ICT Training

Harmonised business models with all stakeholders aligned to deliver Open Building Manufacture.



- New and value added process and organisations that integrate the key players
- Organisational concepts and models to support the integration of the customer
- New services covering the whole life cycle of buildings from design until demolition and recycling.



ManuBuild Consortium © 2009



5. MANUBUILDS AFFÄRSMODELL

5.1 HUR SKILJER SIG BYGGBRANSCHEN FRÅN ANDRA BRANSCHER?

I detta delprojekt undersöktes de för ManuBuild relevanta affärsprocesserna för bostadsproduktion (inte bara själva bygget utan även de olika förfaranden som krävs för att säkerställa att själva byggnaden och dess verksamhet, som design, utveckling, tillverkning och driftstjänster) och hur dessa skulle utformas för att passa en öppen byggnads-tillverkning (open building manufacturing).

Byggbranschen har vissa märkliga vanor jämfört med andra branscher, och det gör byggandet mycket speciellt och ibland problematisk. Nedan beskrivs kort några av dessa och deras konsekvenser:

♣ **Slutanvändare** (kunder) engageras vanligtvis i slutet av byggprocessen, endast under försäljning av bostaden och under byggnadens drift, med relativt liten hänsyn till deras önskemål och behov. Dessa är kända indirekt genom försäljningserfarenheter hos mäklare (internt eller externt). Dock kan dessa preferenser och behov, och även själva slutanvändarna, förändras, men byggsystemet är ofta inte tillräckligt flexibelt och möjliggör inte erforderlig byggnadsomvandling. Detta leder till extrakostnader för att genomföra ändringar redan innan den första bostadsinnehavaren flyttar in.

♣ **Intressenter** (arkitekter, konstruktörer, utvecklare, förvaltningar, byggherrar, tillverkare etc.) deltar bara i vissa faser av hela byggnadens livscykel, och de är främst intresserade av att optimera sin egen fas först och ignorerar ofta kopplingen till övriga faser (ofta pga

upphandlingsförfarandet). Detta faktum skapar ett system som bygger på konflikter, inte på samarbete. Varje intressent ser bara till sin egen fördel genom att minimera sina egna kostnader. I och med att processerna inte är integrerade genom hela byggnadens livscykel är det inte möjligt att optimera processen.

♣ **Designen** (arkitektoniska) tar inte tillräcklig hänsyn till industrialiseringsfrågorna så byggnadsindustrin ses ofta som underutvecklad av samhället. Övervägs inte de industrialiserade frågorna från första början försvåras möjligheten att använda olika komponenter från olika leverantörer samt deras utbytbarhet och driftskompatibilitet.

♣ **Byggsystemen** uppvisar också en liten grad av industrialisering, i praktiken hittar vi ofta löses-på-plats-system som inte lämpar sig för att omvandlas från på-plats arbete till fabriksmontering. Detta leder till ett stort behov av arbetskraft, med direkt relaterade risker avseende säkerhet, kontroll och effektivitet. Det är också den allmänna bristen på specialiserad och kvalificerad arbetskraft som intensifierar dessa problem ännu mer.

Således var ett av de viktigaste målen för ManuBuild att utveckla en ny affärsmodell som möjliggör en omvandling av nuvarande praxis och som fokuserar på en ökad kundorientering och mervärde för alla inblandade i byggprocessen. Huvudfrågor i denna nya affärsmodell kan uttryckas som:

- Placera slutanvändaren i centrum för hela byggprocessens olika faser,
- Integrerade processer för hela livscykeln vilket innebär att samtliga intressenter kommer att ansvara för helheten och inte bara för de (sub-) processer där de traditionellt deltar,
- Maximera värdet för alla berörda parter,
- Mycket flexibla byggsystem som snabbt reagerar på förändrade förutsättningar.

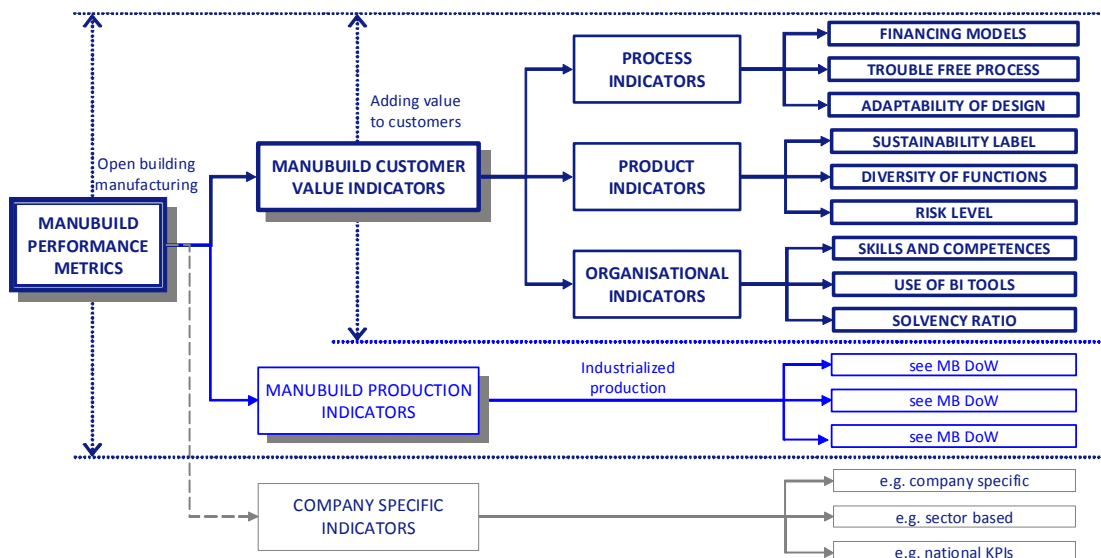
5.2 NYCKELTAL FÖR PROCESS, PRODUKT OCH ORGANISATION

Som ett första steg i framtagandet av en ny affärsmodell utvecklades ett system av nyckeltal eller indikatorer i syfte att fastställa mål för och mäta prestanda hos en produkt (eller tjänst). Dessa nyckeltal kan även användas till att övervaka framsteg (mot strategisk vision, eller prestationsmål som i detta fall). Således kan nyckeltalen användas både för att visa nuläget och för att peka ut framtida utveckling.

ManuBuilds system för nyckeltal består av nio grundläggande variabler vilka reflekterar process, produkt och organisation och vilka kan anses skapa mervärde för slutanvändare. Utöver dessa av kunden upplevda värdeparametrarna adderades produktionsrelaterade värdeparametrar (byggtid, platsolyckor etc.). ManuBuilds system kan även utökas med individuella företagsspecifika parametrar, gemensamma sektorsbaserade eller nationella nyckeltal för att skapa ett generellt system som kan användas som underlag för benchmarking och ständiga förbättringar, se figur 12.

De produktionsinriktade nyckeltalen behöver naturligtvis finjusteras och väljas på så sätt att produktionsplaneringen vägleds till att säkra resurser för att bättre möta förändrade behov hos förändrande kundsegment. Dessa nyckeltal skall hjälpa ledningen att planera och kontrollera resurser, samt underlätta kunskapshantering, för att skapa den kapacitet som krävs och möjliggöra innovativa tillvägagångssätt. Samordnandet av human resource management och flexibel affärsutveckling kräver pålitlig information från kund. För att kunna lyckas måste kopplingen mellan kundvärderelaterade indikatorer och produktionsindikatorer vara känd.

Det föreslagna systemet utvecklades för att användas i den nya affärsmodellen, ManuBuild Business Model.



Figur 12 ManuBuilds system av nyckeltal syftar till att fastställa mål för och mäta prestanda hos en produkt.

5.3 MANUBUILDS AFFÄRSMODELL – FRÅN EN PRODUKTORIENTERAD INDUSTRI TILL EN TJÄNSTEORIENTERAD INDUSTRI

Industrialisering innebär en grundläggande förändring av byggandet. Vi kommer från en situation där byggföretagen är starkt inriktade på att genomföra unika projekt. Den gemensamma basen för dessa projekt är att kunden frågar efter något som avtalsparten, med hjälp av andra företag, realiserar. Entreprenören anställer leverantörer och underentreprenörer på ad hoc-basis. Risker och kostnader specificeras i kontrakt enligt rygg-mot-rygg principen. Detta innebär att varje deltagare i projektet kommer att ha en bit av ansvaret i form av specifika arbetsmoment och uppgifter. Tillsammans bildar dessa företag en fragmenterad värdekedja där det är svårt att bygga vidare på tidigare erfarenheter och innovation tvärs organisationerna är en svår process.

Som samhälle strävar vi efter att ständigt förbättra produkter och tjänster inom byggsektorn. Marknaden å andra sidan letar efter sätt att förverkliga goda vinstmarginaler. Detta orsakar en förändring av fokus: mot värdeskapande med ett livscykel tänk som utgångspunkt. Denna nya paradigms framtingar eller snarare möjliggör ett helt nytt sätt att göra affärer. Att bygga långsiktiga relationer med kunder kommer att bli norm, vilket innebär att hela livscykeln behöver uppmärksamhet. För att kunna svara upp mot dessa komplexa uppdrag kommer entreprenörer, leverantörer och underleverantörer att behöva bilda integrerade värdekedjor. Dessa integrerade kedjor kommer att göra det möjligt att införa förändringar och sätta upp ambitiösa mål för att förverkliga hög kvalitet och hållbara byggnader erbjudande ytterligare tjänster. Tabell 1 redovisar den förändring som förutses och som vi redan idag kan se spår av, tex Partneringprojekt. En ytterligare utmaning är att

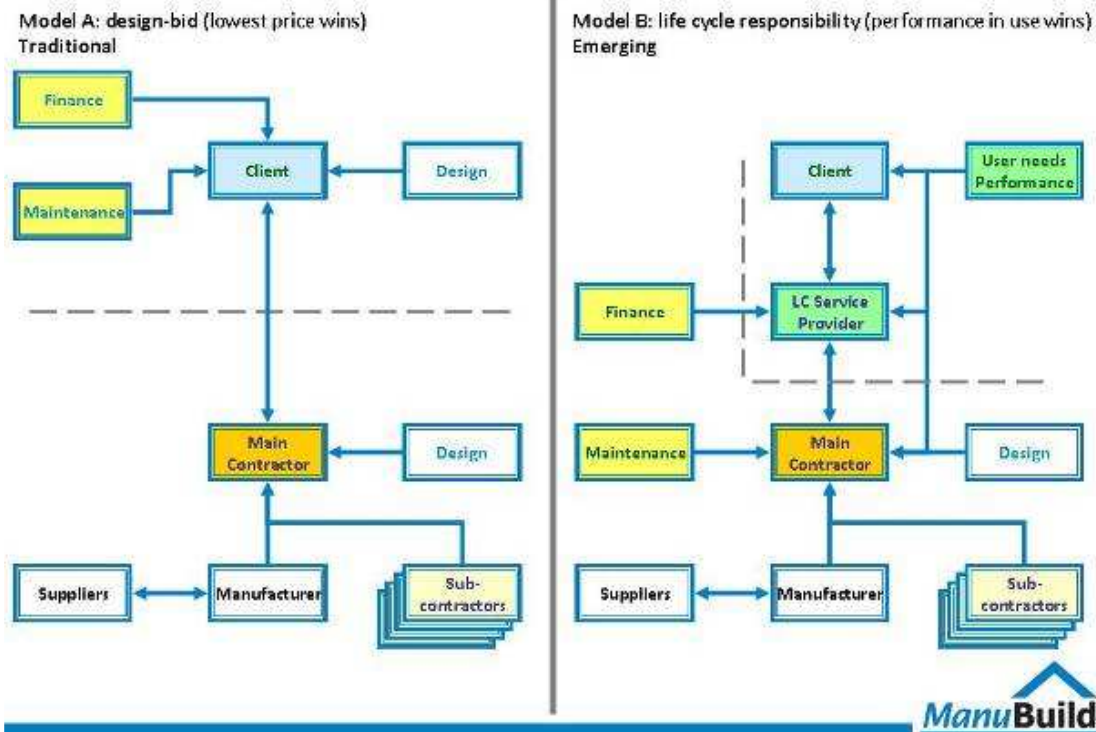
det finns viss konkurrenslagstiftning som kräver noga övervägning vid utarbetandet av samarbetsmodeller med offentliga kunder.

Tabell 1 Hur det är och hur ManuBuild förespår framtiden

FROM	TO
Initial investment	Life cycle financing
Project oriented	Life cycle and process oriented
Parties involved in realisation	All life cycle stakeholders (including service providers)
Static control of the product	Dynamic control of the process
Sequential logistic process	Transparent dynamic supply chain
Fragmented value chain	Integrated value chain
Individual sub-optimization	Overall optimization by the whole partner network
Focus on lowest delivery costs	Performance against life cycle costs
Split risks and costs	Share risks and costs (+/-)
Supply price	Total shared value incl. customer

Ett exempel på en förändrad affärsmodell för en huvudentreprenör visas i Figur 13. Fallet visar en ny modell som möjliggör övergången från kostnadssub-optimering till värdemaximering. I det traditionella design-bid-build projektet väljer kunden lägsta pris för en förbestämd utformning. I den nya modellen väljer kunden en helhetslösning för ett problem (användarnas behov och prestanda i bruk) från ett ställe, en sk one-stop shop. I detta fall är det livscykel-tjänsteleverantören som organiserar finansiering, design och produktion för kunden och erbjuder underhåll genom huvudentreprenören. Denna typ av projekt är inte helt ovanligt i Sverige medan det i andra länder är synnerligen ovanligt.

Main Contractor Business Model Evolution



Figur 13 Ett exempel på traditionell affärsmodell (Model A) och den framtida (Model B).

Nya affärsmodeller innebär ett nytt sätt att organisera arbetet inom byggindustrin. Detta väcker frågan om hur nya mål och roller påverkar kontraktsformen. Kanske behöver också dessa förändras. Eftersom det finns olika affärsmodeller kommer olika former av kontrakt bli nödvändiga. *Det är inte bara byggare och andra aktörer i byggandets värdekedja som måste tänka till vad det beträffar organisations- och kontraktsformer. Professionella kunder kan spela en viktig roll för att stimulera innovationer i byggandet och därigenom underlätta framväxten av en mer kundfokuserad inställning från byggsektorn. De kommer att behöva göra ett val mellan olika organisationsmodeller, kontraktsformer och anbudsupphandlingar med tanke på projektets mål, uppdragskomplexitet och kapaciteten hos sin egen organisation.*

Oavsett aktör och specifik inriktning finns det dock några grundläggande frågor som alla affärsmodeller måste besvara från början:

- Vilken är tjänsten / produkten och hur skiljer den sig från konkurrenternas?
- Vem är kunden som är villig att betala för dess värde?
- Hur är denna tjänst / produkt tillverkad och hur realiserar och levererar man värdet?

Design Process Production ICT Training



Integrated technologies and methods new to the construction industry for **flexible, value-added** manufacturing and assembly processes.

- Logistic solutions for **efficient, lean** handling and on-time delivery.
- Off-site manufacturing: **highly flexible, scalable, efficient, automated manufacturing**.
- Mobile factories: **Portable factories** enabling **efficient manufacturing and pre-assembly on-site**.

ManuBuild Consortium © 2009

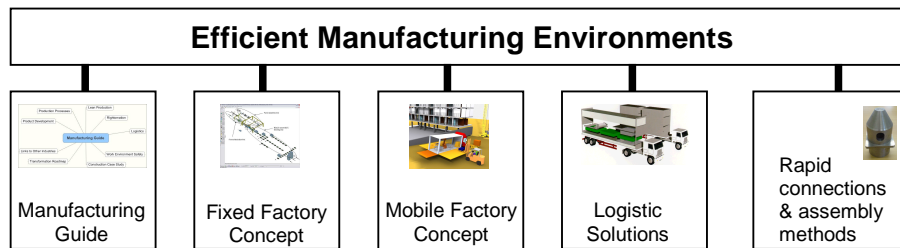


6. TILLVERKNINGSPROCESSER

6.1 INDUSTRIELLT SAMMANHANG

Tillverkning utanför byggarbetsplatsen, eller Off Site Manufacturing (OSM) som är den engelska benämningen, är kopplad till beredning, tillverkning och sammansättning av byggkomponenter och byggsystem avsedda att monteras på byggarbetsplatsen. Exempel på sådana system är i huvudsak förutformade och testade lösningar som har hög tolerans, hög kvalitet och som förlitar sig till att varje produkt är utförd på samma repeterbara manér. Detta görs i en kontrollerad, effektiv och säker miljö, därmed inte styrd av förhållandena på byggarbetsplatsen. Exempel på OSM system skulle kunna vara moduler, tak-, golv-, vägg- och klimatskalsystem. Dessa skulle kunna ha ett brett användningsområde i olika sektorer såsom bostäder, hälsovård, handel och utbildning.

OSM kan utföras i både en fast eller mobil fabriksmiljö. Dessa fabriker kan vara helautomatiserade, delvis automatiserade eller manuellt intensiva, beroende på vilken produkt som tillverkas och de volymer som produceras.



Figur 14 Effektiv tillverkningsmiljö och några ingående komponenter

6.2 PÅDRIVANDE FAKTOR

För att skapa en tillverkningsmiljö utanför byggarbetsplatsen (fasta eller mobila fabriker) finns ett antal pådrivande faktorer som anses viktiga för att kunna leverera en produkt till platsen framgångsrikt och effektivt. Stora investeringar avseende de mest sofistikerade och senaste teknikerna är inte alltid nödvändigt när man överväger fördelarna med OSM. Tvärtom finns det en plats för så kallade low-tech-, lågbudgetlösningar som på ett adekvat sätt uppfyller produktens (som skall tillverkas) behov och krav. Den pådrivande faktorn är att skapa miljöer som är effektiva, flexibla avseende efterfrågan, förbättrar tid/kostnader samt arbetsmiljön för byggnadsarbetaren.

6.3 PRINCIPER OCH METODIK

För att utforma och specificera en OSM-anläggning kan välkända principer användas. Principer som Lean tillverkning och Design for Manufacture and Assembly (DFMA) bör stå i centrum för beslutsfattandet. Endast genom att integrera designteam i ett tidigt skede kan rätt nivå av automatisering, processteknik, bemanning, logistik, flexibilitet i produkt- och process samt monteringsöverväganden väljas.

Att definiera en enda metod för OSM är svårt. Däremot är det så att om processen, avseende vad som behöver övervägas och vilka åtgärder som måste vidtas, är känd kan designen och specifikationen av OSM-anläggningen göras mer robust. Resultaten av detta delprojekt inom ManuBuild föreslår att följande punkter skulle kunna användas för att beskriva kraven på en OSM-anläggning:

- **Förstå den produkt som skall tillverkas**
 - Förstå helhetssynen på denna produkt
 - Förstå helhetssynen på produkten avseende underenhetsmontering och montering
 - Förstå helhetssynen på produkten i en byggnad
- **Integrera design och produktionsteam**
 - Överväg konsekvenserna av de ingående gränssnitten (anslutningarna) till den tillverkade produkten
 - Specificera vilka toleranser som krävs
- **Utvärdera processkartor för själva tillverkningen**
 - Definiera kritiska tillverkningsprocesser
 - Utvärdera rätt grad av automatisering och innovativa processer
 - Avväg mot volymer och kostnader

- **Utvärdera processkartor för logistisk**
 - Definiera kritiska logistiska frågor
 - Leverantörskedja med flera aktörer
 - Val av lämpliga ICT (information-kommunikation-teknik, IKT)-lösningar
- **Iterativ granskning av processkartorna**
- **Introducera process-simulering som ett tillverkningsstöd**
- **Utarbeta process-simuleringsmodeller av centrala processer och tillverkningsytor**
- **Förstå flaskhalsar, maskinutnyttjande och jämför olika processteknik med varandra**
- **Tänk på hur OSM-anläggningen utförs hållbar**
- **Upprätta en slutlig processflödeskarta för tillverknings- och logistiska lösningar**

6.4 FAST FABRIKSKONCEPT

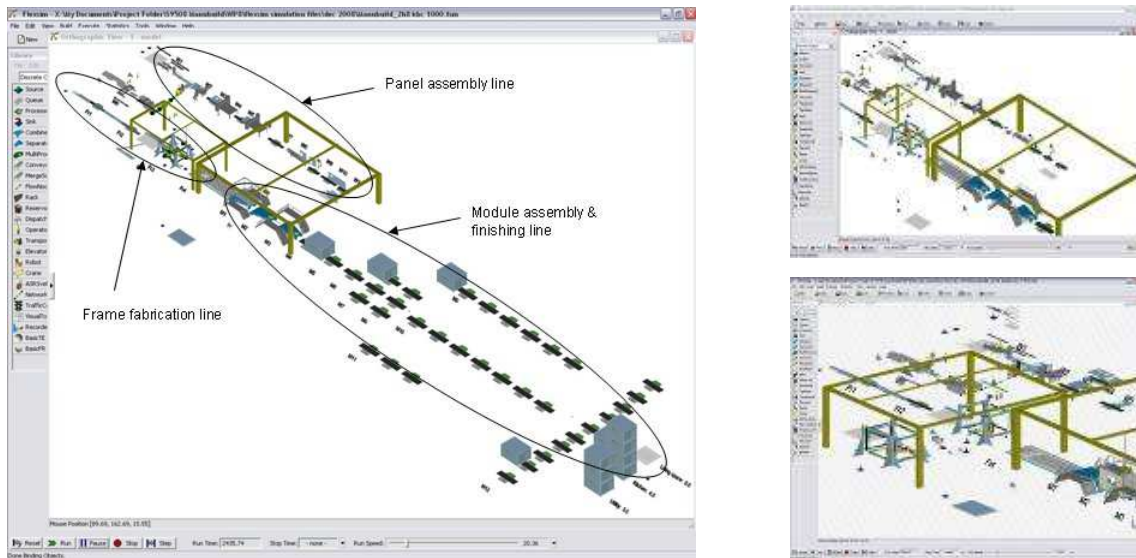
Hur man tar fram och användningen av en fast fabrik för off-site Manufacturing (OSM) måste förhållas till ett antal olika saker; komplexiteten hos komponenterna som skall tillverkas, de produktionsvolymerna som krävs, förutspådd nivå avseende automatisering, marknadskrafter och investeringsvilja finns bland andra. Fabriksutformningen måste integreras med produktutvecklingen för att möjliggöra en effektiv process samtidigt som fabriakens villkor för hantering, förflyttning och lyft av komponenter behandlas.

För att byggsystemet skall bli framgångsrik måste tillverkningseffektivitet spela en nyckelroll. Det koncept på fast fabrik som tas fram måste möjliggöra snabb, effektivt, hållbart och säker tillverkning. Det är inte acceptabelt att enbart flytta in verksamheten under tak! De tillverkningssystem som utvecklas bör anpassa och använda de relevanta, avancerade tillverkningssystem och metoder som sedan länge används i den etablerade tillverkningsindustrin t.ex. fordons- och flygindustrin. Det är också viktigt att den teknik och de metoder som används i den föreslagna fabriken är anpassade till de produkter som kommer att producerats.

De faktorer som kommer att bestämma vilken typ av metoder som är lämpliga inkluderar:

- Produktionsvolymen i den tilltänkta fabriken
- Storleken på den individuella satsen för produktionen
- Den nivå på kundanpassning som krävs
- Kostnad för arbetskraft
- Ingående material

Ett koncept för en fast fabrik togs fram inom ManuBuild. För att identifiera och optimera ett effektivt produktionsschema för tillverkning av över 3000 enheter/år användes process-simuleringsteknik (Flexsim). En sådan simulering visas i Figur 15 nedan.



Figur 15 Process-simulering för att utveckla en effektiv linja

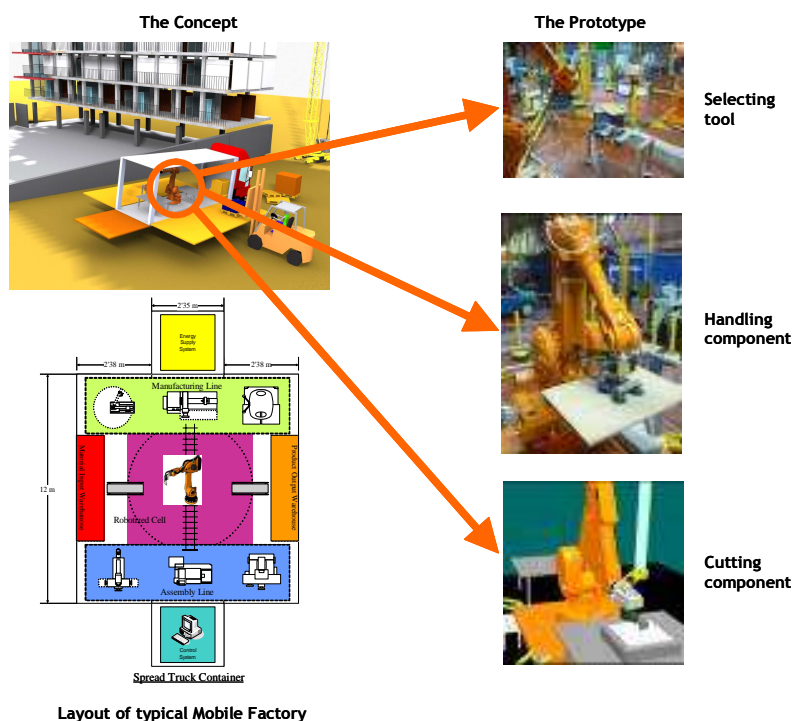
När processen är känd och antalet variabler få behöver man inte tillgripa process-simulering. Tabell 2 nedan visar olika typer av system och deras komplexitet. En process-simulering används lämpligen då komplexiteten är måttlig (moderate) eller hög (high).

Tabell 2 Systemkaraktär och grad av komplexitet

Simulated System Characteristic	Degree of Complexity
Straight through operations - Known rates - known upsets	Slight
Variables dependent on service, product or operating conditions	Slight - Moderate
Lean design with random events or external changes	Moderate
Bottlenecks with by-pass or alternative logic	Moderate
Bottlenecks that change by conditions	Moderate
Surge or KanBan areas needed	Moderate
Introduction of new operations or services	Moderate
Reliability important – Failure modes, interactions	Moderate
Interaction between fluid and discrete manufacturing areas	Moderate - High
Multiple possible material transitions or transit paths	Moderate - High
Batching Operations	Moderate - High
Scheduling influence on performance	Moderate - High
Products or services must be executed in a particular sequence	Moderate - High
Specialized setup or cleaning requirements	Moderate - High
Shared Equipment or services	Moderate - High
Coordination required with other areas or people	High
Competing down times (reliability, break or lunch times, shut downs)	High
Interaction of services, equipment and people	High
Specialized logic (e.g. dynamically adjusting variables based on condition)	High
Pull Manufacturing (make to order) operations	High

6.5 ETT KONCEPT FÖR EN MOBIL FÄLTFABRIK

ManuBuild har utvecklat ett koncept för en mobil fältfabrik för att skapa en lämplig miljö för tillverkning vid eller i närheten av byggarbetsplatsen. Detta system kompletterar den fasta fabriken genom att leverera platsmonterade komponenter som kan vara för stora för transporter på normalt sätt. Den kan också komplettera den traditionella byggarbetsplatsen genom att förtillverka komponenter som därefter lyftes/monteras på plats. Den mobila fabriken skulle kunna bestå av standardiserade, flyttbara moduler som används antingen individuellt eller som enheter som kopplas samman. De installeras eller förpackas i en container som enkelt kan transporteras till eller mellan byggarbetsplatser med exempelvis lastbil eller tåg. Exempelvis kan avlastning vid volymtoppar möjliggöras genom effektiv hantering av volymförändringar. Snabb industrialisering skall skapa förutsättningar för effektiv hantering av nya produkter och produktvarianter. Vidare innebär konceptet att produktion enkelt skall kunna flyttas inom produktionsplatsen såväl som mellan olika produktionsplatser. Med flyttbar produktionskapacitet kan produktion därmed alltid hållas nära produktutvecklingen för att snabbt kunna testa lösningar, jämför bilindustrins förserier. Både modeller och fysiska prototyper har använts i ManuBuild för att demonstrera konceptet. För mer information om mobila fabriker hänvisas också till exempel till Factory-in-a-Box¹⁶.



Figur 16 ManuBuildkoncept på mobil fabrik

Erfarenheten visar att ett av de största hindren (om inte det största) som prefabricerade byggsystem står inför är kostnaden för transporter vilket kan göra dem ekonomiskt omöjliga. Detta beror på det faktum att transport av förtillverkade komponenter innefattar tre faser: lastning, själva transporten, och lossning. Beroende på avståndet från fabriken till

¹⁶ <http://finabox.hedelind.se/default.asp?page=index>

byggarbetsplats är användandet av förtillverkade komponenter utanför byggarbetsplatsen lönsam eller inte jämfört med traditionella byggmetoder. Det är just denna transportkostnad som kan göra att man istället väljer att uppföra en mobil fabrik (fältfabrik) på (eller intill) byggarbetsplatsen.

6.6 LOGISTIK

För att kunna ha kontroll på flödet och därigenom de individuella produkterna är logistiken av avgörande betydelse. Detta har mer och mer uppmärksammats även inom byggsektorn på senare år och många initiativ, tex Leanforumbygg¹⁷, och specialiserade företag, Prolog, Bygglogistik etc har tillkommit.

Vid besök på byggarbetsplats kan man till exempel göra följande reflektioner:

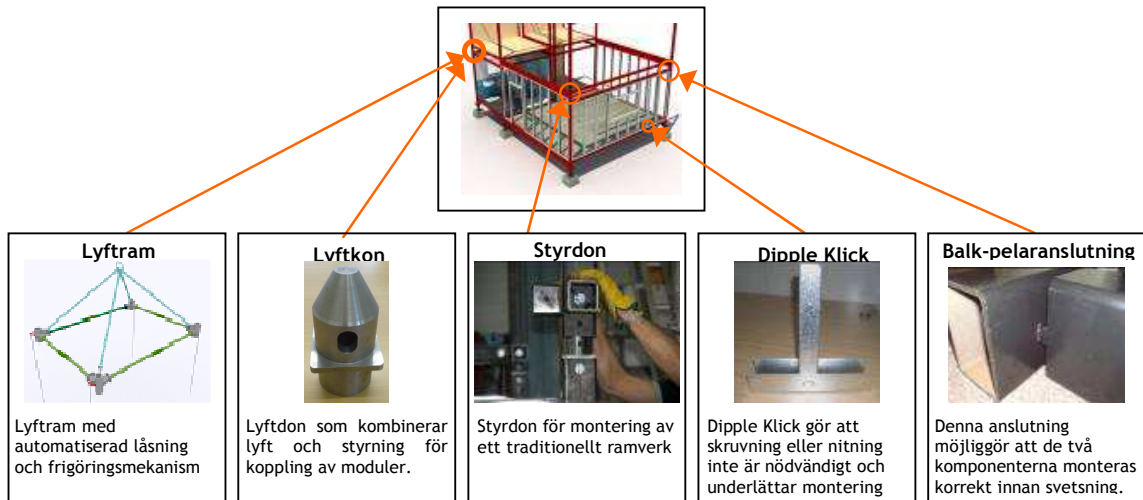
- Kranarna används inte kontinuerligt – kan leveransen av material eller gods bli mer precis?
- Varför finns det ingen på byggarbetsplatsen som packar upp och förbereder levererat material/gods för att underlätta för yrkesarbetarna att börja arbeta omedelbart?
- Många byggarbetsplatser genererar mycket spillmaterial
- Många byggarbetsplatser har mycket emballage
- Många lastbilar kommer halvfulla till arbetsplatsen
- Många klagar på att det finns dåligt med utrymme på byggarbetsplatsen
- Många leveranser får stå oskyddade mot väder, vind och maskiner

Många av ovan nämnda problem kan ganska enkelt lösas med planering, JIT-leveranser och helt enkelt genom att hålla ordning och reda på byggarbetsplatsen. För att få bättre kontroll på flöden kan man använda sig av modern teknologi, tex RFID-taggar. Denna teknik är relativt väl beprövad inom andra branscher men är tämligen oanvänd inom byggsektorn. Just nu pågår det ett SBUF-projekt som syftar till att testa dessa taggar praktiskt, se SBUF 12277 Användning av RFID i bygglogistik med inriktning på fönsterleveranser.

6.7 SNABBA ANSLUTNINGAR OCH MONTERINGSMETODER

ManuBuild har utvecklat en rad snabba anslutningar och monteringsmetoder för att förbättra monteringen av komplexa byggsystem, både på och utanför byggarbetsplatsen. Detta har uppnåtts med hjälp av en styrd utvecklingsprocess utnyttjande DFMA-metoder och prototyparbete. Arbetet skedde naturligtvis i samarbete med delprojektet som behandlade byggsystemkoncept, se kapitel 4. Syftet med ManuBuild har, som tidigare nämnts, inte varit att ta fram ett stort antal tekniska och produktionstekniska lösningar på till exempel anslutningar utan har istället valt att illustrera metodiken genom ett begränsat antal prototyper. I Figur 17 redovisas några av de produkter som utvecklades i syfte att illustrera den övergripande metodiken.

¹⁷ www.leanforumbygg.se



Figur 17 Exempel på några av de resultat som framtagits med hjälp av den metodik som utvecklats inom ManuBuild.

De fördelar som kunnat påvisas hos framtagna anslutningar är:

- Snabbare monteringsstider både på byggarbetsplatsen och i fabriken,
- Hälso- och säkerhetsfrågor i samband med hantering,
- Enkel flyttning och positionering,
- Noggrannhet och repeterbarhet.

Design Process Production ICT Training

Integrated ICT infrastructure and tools to support open building manufacturing allowing building designs to be configured by the various stakeholders involved along with seamless information management and delivery.

- Tools enabling the ManuBuild process where the customer, developer and manufacturer are linked.
- Customer-oriented design and configuration
- Model-based, site logistics and assembly planning.



ManuBuild Consortium © 2009

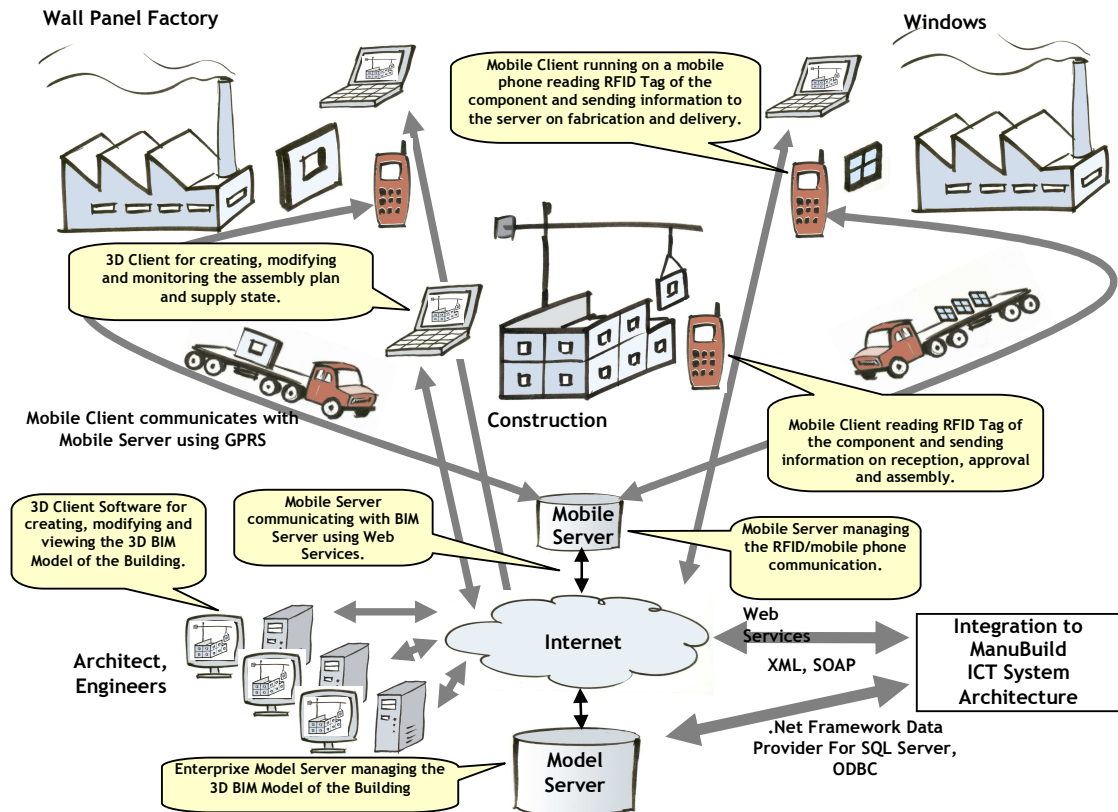
ManuBuild

7. INTEGRERAT DATORSTÖD

Informationssystem har länge varit en viktig del av tillverkningsindustrin. Utifrån produktmodeller, utvecklingsmodeller samt produktionsfilosofier har olika typer av IT verktyg utvecklats. Under 80-talet så var verktygen till stor del inriktade på att stödja den personliga produktiviteten, tex CAD, ordbehandlingssystem. I dag syftar informationshanteringssystemen i hög grad till att identifiera, amordna och utnyttja informationsresurser för att uppnå mervärden i organisationen. I ManuBuild fokuserade ett delprojekt på olika typer av datorstöd med uppgift att stötta de andra delområdena. Framförallt tre områden behandlades:

- Datorstöd för hantering av informationen under konstruktions- och produktionsskedet
- Datorstöd vid möte med kund
- Datorstöd syftande till utbildning och virtuell test av olika arbetsmoment

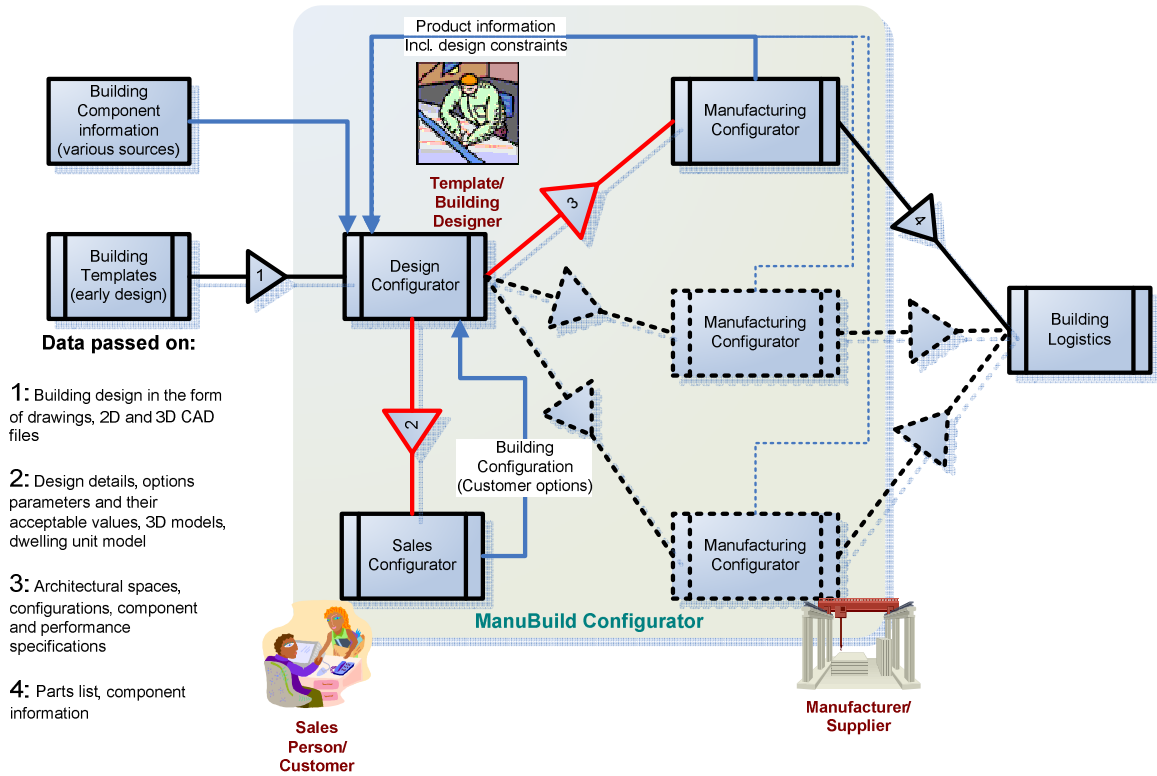
Figur 18 visar en schematisk bild över delar av det informationsflöde som blir aktuellt i ett byggprojekt. Helt klart finns det i byggbranschen en potential som vi idag enbart står i randen vid.



Figur 18 Schematisk bild över den mängd information som skall hanteras i byggprocessen.

ManuBuilds konfigurationsverktyg består av tre olika konfiguratorer: Försäljning, Design och Tillverkning. Dessa konfiguratorer har utvecklats som en uppsättning programvaraverktyg för att stödja "vaggan-till-graven"-tänk, kundanpassning och tillverkning (Design för Manufacture samt kunddriven design och konfiguration). De utgår från intelligenta komponentkataloger som förser hustillverkare / leverantörer med innovativa verktyg för skapandet av detaljerad produktinformation inklusive intelligenta, parametriska 3D-objekt som kan kundanpassas och konfigureras efter behov.

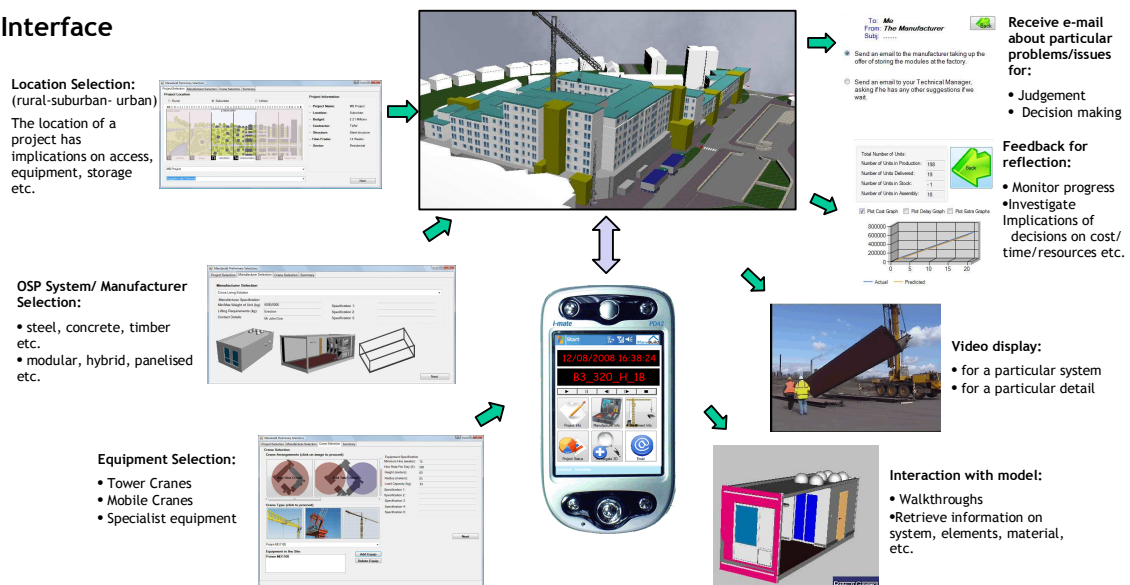
I Designkonfiguratorn kan intelligenta komponenter monteras till byggnadsmallar som omfattar all nödvändig kunskap inklusive dimensioneringsregler, toleranser, säkra monteringssekvenser, regionala regelverk och juridiska randvillkor. Mäklare eller slutanvändare kan därefter omvandla dessa mallar till kundanpassade konstruktioner som inkluderar garanterad tillverkning, faktiska kostnader och leveransdatum. Detta görs genom att dela upp byggnadskonstruktioner i olika delar (moduler / enheter) och integrera dessa med hjälp av Tillverkningskonfiguratorn, som visas i flödesschemat i Figur 19. Tillverkningskonfiguratorn kan fånga upp detaljer avseende tillverkningsmöjlighet, materialbehov, kostnader, leveranstider, samt ge omedelbar feedback. Dessutom kan den faktiska produktionen, leveranser och montering av moduler spåras i realtid genom en länk till logistiksystemet.



Figur 19 Olika typer av datorstöd för olika funktioner som tillsammans skall integreras till ett system.

I Figur 20 redovisas några av de gränssnitt man måste ta i beaktande och som är värdefullt om datorverktyget kan hantera. Den information och de krav som finns på byggarbetsplatsen (vid montage) ingår som en del av det totala informationsflödet inom hela projektet. Det är av yttersta vikt att informationen visualiseras på ett användarvänligt sätt och att processen stöttar de initiella slutmålen.

Interface



Figur 20 Gränssnitt mot byggarbetsplatsen (montage)

Realising the Challenge for Flexible and Open Building Manufacturing



Novel open system for manufactured buildings:

Modular, cheaper and faster manufacturing and assembly, future expandable and open for modification



New value driven business models and processes:

Performance based, customer centric, whole-life, value-driven solutions creating more efficient and better targeted services to the market



New ambient and scalable technologies and methods for manufacturing and assembly:

Efficient, flexible, fast, safe, healthy and environment-friendly



New ICT methods and tools:

Full integrated support throughout the whole life-cycle for customer, community, suppliers and manufacturers



Training Solutions:

New academic courses and flexible, accessible training and education material for the industry

ManuBuild Consortium © 2009



8. SAMMANFATTNING

Projektet ManuBuild har under projektets gång studerat olika aspekter ur Open Building Manufacturing. Projektet omfattade huvudsakligen fyra delområden:

5. Aktörernas krav och önskemål
6. Byggsystemkoncept
7. Affärsmodeller
8. Tillverkningsmetoder

Dessa fyra understöddes också av ett delområde som behandlade ICT (datorstöd). Fyra demonstrationer av konceptet genomfördes under resans gång: ett i Sverige, två i Storbritannien samt ett i Spanien. Till detta lades även ett utbildningspaket. De enskilda delarna symboliserar pusselbitar som sedan skall pusslas ihop, se Figur 1 i kapitel 1.

För att lyckas med att kunna bygga ett byggsystem industriellt måste många faktorer stämma. Det är helt klart så att många satsningar präglas av ett tunnelseende där man nästan enbart fokuserar på teknik- och/eller produktionsaspekter. I vår iver att efterlikna tillverkningsindustrins produktion med robotar och avancerade fabriker, glömmer vi att fundera på vad marknaden efterfrågar, hur den ser ut och hur det nya produktions sättet förhåller sig till det traditionella. Att produktionen kan ske billigare eller med mer avancerade metoder räcker inte för att konceptet skall bli konkurrenskraftigt. Att låsa sig till ett material, en geometrisk konfiguration eller till en produktionsmetod gör att man blir väldigt konjunkturkänslig. Frågan är om byggbranschen är betjänt av det konstanta gnabbet mellan olika materialfabrikanter där huvudfrågan ofta inte är materialets förtjänstfullhet utan snarare går ut på att smutskasta de andra potentiella materialen. Är det inte mer intressant att diskutera vilket material som är mest lämpat för en specifik användning och

istället sträva mot ett öppet förhållandesätt där man ger principer och riktlinjer som möjliggör ett innovativt klimat?

Inom byggsektorn finns redan idag en stark tradition av öppenhet. Även de industriella systemen erbjuder valmöjligheter ur olika perspektiv. Olika systemutvecklare har satsat på olika perspektiv av öppenhet, vilket långsiktigt ger branschen en rik flora av system med olika egenskaper. De flesta industriella systemen är exempelvis öppna för nya leverantörer eftersom man arbetar med strategiska partnerskap som varierar över tiden. Men idag finns det en stor mängd olika byggsystem bara i Sverige. En svensk eller Europeisk byggsektor med total kompatibilitet är inte sannolik, om ens möjlig, delvis på grund av frågans enorma komplexitet. Dessutom ger teknisk kompatibilitet (exempelvis med standardiserade och utbytbara komponenter) inga incitament för företag att utveckla systemen. Jakten på det tekniskt öppna systemet för därför med sig risken att bli ett affärsmässigt hinder för introduktion och utveckling av industriellt tänkande. Således kan konstateras att en teknisk kompatibilitet över många olika system varken är möjlig eller önskvärd.

Om ambitionen är att utveckla sektorgemensam öppenhet måste de affärsmässiga hindren för öppenhet vändas till en möjlighet. Arbetet bör drivas i syfte att utveckla metodiker som många olika företag och organisationer kan ta till sig, och fokusera på de delar som man själv vill prioritera. Det är viktigare att systemägaren och en ny underleverantör båda kan arbeta efter exempelvis samma industriella metodik och principer (t.ex Lean) än att leverantören tillhandahåller en produkt som redan nu passar i det tekniska systemet. Exempel: tekniskt bör sektorn gemensamt driva frågan om standardiserade sätt att kommunicera möten mellan komponenter och byggdelar, så att funktionskrav och/eller utformning anges på ett sätt som ökar möjligheterna till samarbete, alternativt inte lämnar utrymme för missförstånd¹⁸. Därefter är det öppet för alla att driva sin egen utveckling, där slutresultaten kan kommuniceras med samma språk i affären. Direkt standardisering, utbytbarhet och kompatibilitet hos knutpunkter och komponenter blir en fråga att hantera inom system, inte mellan system. Här har exempelvis bilindustrin kommit mycket långt¹⁹.

I sådant utvecklingsarbete ingår att höja branschens kompetens i fråga om industriella affärstrategier (exempelvis så kallade produkt erbjudanden), leverantörssamverkan, kundinflytande, transport och logistik (särskilt just-in-time och minimerad lagerhållning), tillverkning och informationsöverföring. Nyckeln är att gå från ett projektorienterat arbetssätt till ett processororienterat. Oavsett om våra system är tekniskt kompatibla eller ej skapar denna typ av gemensam industriell mognad möjligheter att kommunicera och samarbeta. Underleverantörer kan sälja till flera olika företag, och systemägare kan köpa från flera leverantörer, med samma eller snarlika affärsmodeller och arbetssätt. Möjligheterna kvarstår till varierad formgivning, ett huvudmål för öppenheten.

En generell lärdom från arbetet inom ManuBuild har varit att man måste tänka i en helhet, se över hela processen och inte fastna i teknikaliteter. För att kunna lyckas måste förändringar och förändringsarbete ske på många plan, inte minst hos den enskilde individen. Det finns inte enbart en möjlig lösning utan flera och valet beror på de lokala förutsättningarna och inte minst den lokala efterfrågan. Man skall också ha klart för sig att

¹⁸ Lassel, V. och Löfgren, P. (2006): *Smart connection development for industrial construction*, Examensarbete i Mastersprogrammet i Structural Engineering, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

¹⁹ Andersson, N. och Suber, K. (2006): *Konfigureringsprocessen vid industriellt byggande. Förutsättningar för ett framgångsrikt industriellt byggande med fokus på kundanpassning av hus*. Examensarbete, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm.

förutsättningarna konstant ändrar sig och att man således måste utforma ett system som tillåter förändringar utan att man måste börja om från början.

9. EN FRAMÅTBlick

Såsom en bidragande orsak till lågkonjunkturen så har byggsektorn generellt sett drabbats väldigt hårt av lågkonjunkturen. Frågan är hur många företag som klarar sig lokalt, nationellt och internationellt. I dagsläget arbetar i stort sett alla byggföretag med att sänka kostnaderna. Helt klart måste en förändring ske och man kan identifiera två stora pådrivande faktorer:

- Förändringar i det globala systemet – vi ser en ekonomisk förskjutning mot tillväxtmarknaderna och en globalisering avseende företag och handel
- Klimatförändringar – Den globala uppvärmningen med de krav och föreskrifter som följer. Dessutom ser man en växande trend mot energi och vattenhantering

Såsom nämnts tidigare i rapporten fokuserar allt fler företag mot en affärsmodell som behandlar tjänster som ger höga tilläggsvärden. Några av anledningarna kan summeras i följande punkter:

- Låg vinstmarginal för traditionellt byggande
- Rådande trend att out-sourca aktiviteter som inte är kärnaktiviteter inom industriell- och kommersiell fastighetssektorn
- Projekten blir större och inkluderar fler discipliner; integration av infrastruktur, bostads- och kommersiell byggnation (ger helhetslösningar)
- Högre grad av installationskomponenter i det som erbjuds i huvudsak pga IT och den ökade komplexiteten
- Från hantverk till industriellt (kostnadseffektivisering, ökad kvalitet, ökad säkerhet)
- Från kapacitet till lösningar: PFI, BOT etc ofta krävande högt tekniskt kunnande
- Tillväxt genom uppköp (synergieffekter tex vid inköp, logistik, erfarenhetsåterföring)
- Från projektfokus till långsiktigt penningflöde: funktionsentreprenader, energikontrakt etc. Detta gör företag mindre känsliga för den makroekonomiska situationen.
- Energimarknadens liberalisering

När ManuBuild startade år 2005 var klimatfrågan och energianvändning av avsevärt lägre prioritet än kostnadseffektivisering, tidseffektivisering och arbetsplatssäkerhet. När denna rapport skrivs kan man i efterhand konstatera att dessa frågor skulle ha mycket högre prioritet om ManuBuild startat idag vilket delvis skulle ha inneburit vissa förändrade lösningar. Dock kan konstateras att det angreppssätt att fokusera på metodiker istället för ren produktutveckling (vilket en falang i projektet förespråkade) var korrekt eftersom detta medger att nya värden och prioriteringar kan införas utan att man måste börja om helt från början.

Vad kan svenska byggföretag lära sig från ett projekt såsom ManuBuild? Naturligtvis beror detta på företagets inriktning och marknad, storlek och kompetens men framförallt viljan av att genomföra förändringsarbete. ManuBuilds resultat har visat vikten av att inte enbart

fokusera på en teknisk detaljnivå utan även inkludera processer och organisationen. Toyotas produktutvecklingssystem, som många betraktar som ett föredöme, bygger på tre hörnstenar: Skicklig personal, Processer samt Teknik och verktyg. Dessa skall verka ömsesidigt stödjande. Skickliga, intelligent organiserade människor står i centrum av produktutvecklingssystemet. Processerna bör vara utformade för att minimera slöserier och maximera förmågan hos människorna som använder dem. Slutligen måste tekniken vara på rätt nivå, lösningsfokuserad och utvald för att förbättra resultaten hos personalen och processerna. När dessa grundläggande element sammankopplas med design kan de tillsammans skapa ett verkligt samverkande system. För att uppnå detta resultat måste naturligtvis även andra funktioner inom organisationen anpassas. Utan tvekan är detta den svåraste utmaningen i förändringsarbetet av företaget eller hela byggsektorn!

I slutänden bygger vi bostäder och kontor, inte primärt för att dessa skall vara monomentalbyggnader utan snarare för att någon/några skall bo eller verka i dessa. Detta är den primära utgångspunkten och utifrån denna insikt kan man därefter bygga upp ett system som stöttar denna inriktning. Systemet måste vara flexibelt och öppet för förändringar för att långsiktigt kunna erbjuda en attraktiv och kostnadseffektiv produkt. Erfarenheter från projekt såsom ManuBuild kan förkorta denna ansträngande resa.

10. LÄSTIPS

I rapporten hänvisas till olika studier och rapporter. Förutom dessa kan den intresserade läsare även finna följande publikationer framtagna inom ManuBuilds ramar av intresse:

- Kazi, A.S., Hannus, M., Boudjabeur, S., Malone, A. (editors) (2007): *Open Building Manufacturing – Core Concepts and Industrial Requirements (Book 1)*, ISBN 978-951-38-6352-4, ManuBuild, Finland [finns att ladda ner från www.manubuild.net alternativt www.manubuild.org/downloads]
Denna bok innehåller 16 kapitel som har sorterats under tre teman: *Koncept* (omfattar visionen för öppen industriell tillverkning från ManuBuilds projektkonsortiums perspektiv, lärdomar från olika industriella tillverkningskoncept, klassificering av industriellt tillverkade byggsystem samt olika angreppssätt för att förstå och använda olika koncept inom området), *Industriella krav* (fokuserar främst på de olika krav som ställs på öppna tillverkningssystem för bygg), samt *Lösningar & Tillämpningar* (detta tema presenterar olika initiativ i form av lösningar och tillämpningar i praktiken)
- Kazi, A.S., Hannus, M., Boudjabeur (editors) (2009): *Open Building Manufacturing – Key Technologies, Applications, and Industrial Cases (Book 2)*, ISBN 978-951-38-7144-4, Manubuild, Finland [finns att ladda ner från www.manubuild.net alternativt www.manubuild.org/downloads]
Denna bok är uppföljaren till den första och syftar till att visa upp den senaste utvecklingen inom en rad områden. Författarna till de olika kapitlen kommer både från ManuBuild projektet och utanför och försöker presentera olika koncept, erfarenheter och innovationer inom området Open Building Manufacturing

Tre stycken böcker har producerats med inriktning mot arkitektur [finns även de att ladda ner från www.manubuild.net alternativt www.manubuild.org/downloads]:

- [*Proposals of the first restricted European competition for architectural ideas \(collection book 1\)*](#)
- [*Proposals of the second restricted European competition for architectural ideas \(collection book 2\)*](#)
- [*Manufacturing the Open House - 15 architecturally rich and flexible proposals \(collection book 3\)*](#)
- ”ManuBuild Manufacturing Guide” som inriktar sig mot tillverkningsprocesser och tekniker i fabriksmiljö finns tillgänglig under <http://extra.ivf.se/manubuildpilot/template.asp?meny=31&lank=69>

Examensarbeten inom ramen för ManuBuild

- Flodberg, K., Lundberg, K. (2007): *Fasader till industriella byggsystem – Metodik för värdering av fasadsystem*. Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad, Institutionen för bygg- och miljöteknik, Avdelningen för byggnadsteknologi, Byggnadsfysik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Examensarbete 2007:121
- Greger, M-L. (2007): *B o Vo - Bostäder av Volymelement -en studie av arkitektoniska möjligheter med industriell produktion*. Examensarbete i arkitektur, Institutionen för arkitektur, Chalmers tekniska högskola, Göteborg
- Jansson, C., Tägtsten, S. (2007): *Product Development in the Building Industry Based on Industrial Thinking. Method for Connection Design*. Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad, Institutionen för

bygg- och miljöteknik, Avdelningen för konstruktionsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Examensarbete 2007:128

- Jürisoo, E., Staaf, R (2007): *Connection Design for Easy Assembly On-Site - Method to Design and Evaluate Structural Connections in Industrial Construction*, Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad, Institutionen för bygg- och miljöteknik, Avdelningen för konstruktionsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Examensarbete 2007:99
- Persson, M., Sköld, V. (2006): *En effektivare byggprocess genom standardisering, kommunikation och erfarenhetsåterföring*. Institutionen för bygg- och miljöteknik, Avdelningen för konstruktionsteknik, Betongbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Examensarbete 2006:03
- Törnros, E. (2007): *Industriellt byggande: massproduktion eller mass customisation? Om förutsättningar för arkitektur och gestaltning i industriellt byggande*. Examensarbete i arkitektur, Institutionen för arkitektur, Chalmers tekniska högskola, Göteborg

Mer information om industrialiserade byggprocesser hos finns även att finna i EU-projektet I3CON (<http://www.i3con.org/>) eller om BIM och dess processer hos EU-projektet InPro (<http://www.inpro-project.eu/>).