

Anders Robertson INTEGRERAD INFORMATIONSHANTERING I BYGGPROCESSEN en jämförande studie av skeppsbyggnadsindustrin och byggbranschen

INTEGRERAD INFORMATIONSHANTERING I BYGGPROCESSEN

*en jämförande studie av
skeppsbyggnadsindustrin och
byggbranschen*

Anders Robertson

Avdelningen för Projekteringsmetodik
Institutionen för Bygghälsa
Lunds Tekniska Högskola, 2010



LUND UNIVERSITY

ISSN 1654-5796
ISRN LUTADL/TAPM—10/1001—SE



INTEGRERAD INFORMATIONSHANTERING I BYGGPROCESSEN

*en jämförande studie av
skeppsbyggnadsindustrin och
byggbranschen*

Anders Robertson

Licentiatavhandling

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

© Copyright Anders Robertson och Avdelningen för Projekteringsmetodik, LTH,
Lunds universitet, 2010.

Tryckt hos Media-Tryck, Lunds universitet, Lund 2010.

Integrerad informationshantering i byggprocessen – en jämförande studie av
skeppsbyggnadsindustrin och byggbranschen.

ISSN 1654-5796

ISRN LUTADL/TAPM—10/1001—SE

Avdelningen för Projekteringsmetodik (www.caad.lth.se)

Institutionen för Bygghälsa

Lunds Tekniska Högskola

Box 118

221 00 LUND

Sammanfattning

Bakgrunden till denna licentiat-avhandling är den kritik som i olika utredningar riktats mot den svenska byggsektorn för ineffektivitet och ovilja till förändring. Flera av de utvecklingstendenser vi ser i byggbranschen idag som en industrialisering av byggandet, Lean-inspirerade produktionsidéer och ökad användning av systembyggeri har studerats och utvecklats mot bakgrund av en analys av byggandets villkor.

En slutsats är att vi ser en utveckling mot två sorters byggande i industrialiserade former dels ett utvecklat industrialiserat enstycksbyggande med den oberäkneliga projektformen som bas dels ett industriellt produktlikt byggande med all tillverkning förlagd i fabriksmiljö liksom tillverkningsindustrin. Inspirationen för det industrialiserade byggandet är främst olika idéer som utvecklas i Lean Construction-kretsar medan det industriella byggandet baseras på den utveckling som ägt rum i tillverkningsindustrins utveckling mot Lean Production-tänkande. Två definitioner av dessa utvecklade former av byggande är framtagna.

Den grundläggande orsaken till att inte dessa utvecklingstendenser utvecklats tidigare beror, enligt denna studie, på den fragmenterade strukturen i byggsektorn där olika aktörer och skeden isolerat verkar i stället för att integrerat samverka mot en gemensam kund.

Av samma orsak har inte nya informationstekniska BIM-verktyg utvecklats i byggbranschen liksom andra branscher. Skeppsbyggnadsindustrins erfarenhet av och utveckling mot ett informationstekniskt objektorienterat och integrerat modellbyggande som pågått under flera decennier har studerats och jämförts med byggbranschens utveckling. Också en case-studie av en ventilationsentreprenör (Sydtotal) utvecklade process- och informationstekniska plattform för att effektivisera byggandet har studerats.

Slutsatser från dessa studier kan sammanfattas enligt följande:

- Bristen hos många programvaror att överbrygga de olika skedena i byggprocessen, främst produktbestämning – produktframtagning, har

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

visats vara ett stort problem. BIM-kompatibiliteten hos olika programvaror behöver således utvecklas.

- Utlagd överinformation exempelvis på projektplatser kan idag i många fall verka direkt kontraproduktivt och hindra informationsöverföringen.
- Byggbranschen kommer sannolikt likt skeppsbyggnadsindustrin tvingas filtrera innehållet i BIM-modellen för användning som förvaltningsmodell, bygglövsmodell, affärsmodell för nya användningsområden m.m.
- Bristen på funktionalitet genom att olika byggobjekt inte kan redovisas på olika objektnivåer ses inte som ett prioriterat område för byggbranschen idag att hantera. På sikt kan dock behov av olika detaljerad information tänkas uppkomma.
- Behovet av att kunna hantera sena ändringar kan komma att öka inom byggindustrin orsakade av en framtida ökad konkurrenssituation. Sena ändringar är aldrig önskvärda i en ”framtung” utvecklad industrialiserad form av byggande som skissats i denna avhandling men klaras likt skeppsbyggnadsindustrin relativt enkelt av med ett utvecklat modellbaserat bygginformationssystem.
- Utvecklingen av konfiguratorer som genererar inbyggda lösningsförslag på olika systemleveranser kommer att bli vanliga och kvalitetssäkrar leveranserna.
- Den informationstekniska utvecklingen idag inom det utvecklade traditionella byggandet går mot flera separata BIM-modeller från de olika aktörerna som kan samordnas i efterhand.
- Skräddarsydda API-kopplingar mellan olika programvaror är idag den säkraste formen av informationsutbyte. På sikt förväntas neutrala filformat utvecklas och ersätta API-kopplingarna.

Nyckelord: Industriellt byggande, Industrialiserat byggande, Fragmentering, Skeppsbyggnad, Tribon, ICT, BIM, Lean Construction, Lean Production, Systembyggnation, Sydtotal

Abstract

The background to this thesis is the criticism of various investigations made against the Swedish construction sector for inefficiency and unwillingness to change. Several of the trends we see in the construction industry today as an industrialization of house-building, Lean-inspired production ideas and greater use of systems building has been studied and developed in response to an analysis of the construction conditions.

One conclusion is the development of two types of house-building in industrialized forms: on one hand a developed industrialized one-of-a-kind house-building based on the unpredictable project form and on the other hand an industrial product like house-building with all production located indoors, like manufacturing. The inspiration for the industrialized house-building is mainly different ideas developed in Lean Construction organizations while the industrial house-building is based on the developments that occurred in the manufacturing industry's development towards Lean Production-thinking. Two definitions of these advanced forms of house-building are developed.

The fundamental reason for these trends not being developed further is, according to this study, the fragmented structure of the construction sector where different actors and stages in isolation appears instead of integrated synergy towards a common customer.

For the same reason, no new BIM information tools developed in the construction industry like other industries. Shipbuilding industry experience and progress towards an advanced information technology and integrated object-oriented modeling has been going on for decades and is compared in this study with the construction industry development. Also a case study of a ventilation contractor's (Sydtotal) developed process and information technology platform to streamline the construction has been studied.

Conclusions from these studies can be summarized as follows:

- The lack of many software programs to bridge the different stages in the construction process, mainly design – production, has been shown to be a

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

major problem. BIM interoperability of different software programs need to evolve.

- Excessive information posted on EDM systems today can often seem directly counterproductive and prevent the transfer of information.
- Construction will most likely, like the shipbuilding industry, filter content in the BIM model to be used as a facility management model, building permits model, business model for new uses, etc.
- The lack of functionality due to various construction items cannot be shown at various object levels is not a priority area for the construction industry today to manage. Over time, however, needs of various detailed modeling information are likely to occur.
- Need to be able to control late changes will increase in the construction industry caused by a future increase in competition. Late changes are not desirable in an advanced industrialized form of construction as outlined in this thesis but are handled with relative ease, like the shipbuilding industry, by an advanced model-based construction information system.
- The development of configurators that generates solutions based on different systems deliveries will be frequent and guarantee of quality.
- The information technology development today in traditional construction moves towards more separate BIM models delivered by different players and can be coordinated afterwards.
- Custom API interactions between different software are now the most reliable form of information exchange. On the run, neutral file formats are developed to replace the API links.

Keywords: Industrial building, Industrialized building, Fragmentation, Ship Building, Tribon, ICT, BIM, Lean Construction, Lean Production, Systems building, Sydtotal,

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Abstract	5
Innehållsförteckning	8
Förord.....	13
1 Introduktion.....	14
1.1 Bakgrund.....	14
1.2 Syfte.....	16
1.3 Avgränsningar.....	16
1.4 Läsanvisningar	17
2 Metod.....	19
2.1 Teori.....	19
2.2 Intervjuer.....	21
2.3 Litteraturstudier.....	22
2.4 Case-studier.....	23
3 Industriellt och industrialiserat byggande	24
3.1 Bakgrund till den industriella utvecklingen inom byggsektorn	24
3.2 Industrialiseringen av byggandet under miljonprogrammets dagar.....	26
3.3 Industriell produktion idag.....	27
3.3.1 Allmänt	27
3.3.2 Lean Production.....	28

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

3.4 Byggbranschen som produktionstyp.....	31
3.4.1 Karakteristik av den traditionella byggbranschen	31
3.4.2 Skillnader mellan olika typer av byggande	34
3.4.3 Två sorters byggande.....	37
3.4.4 Lean Construction	39
3.5 Andra trender inom dagens byggande	41
3.5.1 Nya affärsmodeller	41
3.5.2 Partnering	42
3.5.3 Systembyggeri	44
3.6 Definition av Industriellt/Industrialiserat Byggande.....	46
3.7 Slutsatser	50
4 Produktbestämnings-processen.....	52
4.1 Allmänt om bestämningsprocesser	52
4.2 Designprocesser	54
4.3 Produktbestämningen inom traditionellt byggande	59
4.4 Produktbestämningen i ett utvecklat industriellt byggande	61
4.5 Produktbestämningen i ett utvecklat industrialiserat byggande	62
4.6 Slutsatser	63
5 ICT-systemen i ett utvecklat industriellt och industrialiserat byggande	66
5.1 Bakgrund.....	66
5.2 IT-utvecklingen i byggbranschen.....	68
5.3 CAD-utvecklingen i byggbranschen.....	72
5.4 Informationstekniken inom byggsektorn idag	73
5.4.1 3D-modellering.....	75
5.4.2 BIM-funktionalitet.....	77
5.4.3 En eller flera BIM-modeller	81
5.4.4 Informationsöverföring.....	84
5.5 Slutsatser	85
6 Skeppsbyggnad- processer och ICT stöd.....	87
6.1 Allmänt om sjöfartsnäringen.....	87

6.2 Allmänt om skeppsbyggnadsindustrin	90
6.2.1 Ekonomiska förutsättningar för fartygsproduktion	95
6.2.2 Karakteristik av skeppsbyggnadsindustrin	99
6.2.3 Aktörerna inom skeppsbyggnadsindustrin	100
6.2.4 Redarens roll.....	102
6.2.5 Klassningssällskapens roll.....	108
6.3 Skeppsbyggnadsprocessen.....	112
6.3.1 Allmänt.....	112
6.3.2 ”Concurrent Engineering” och ”Collaborative Design”	113
6.4 Tribonsystemet.....	116
6.4.1 Historik.....	116
6.4.2 Grundstruktur	119
6.4.3 Kopplingar till de olika processfaserna	125
6.4.4 ”Contract Design”	126
6.4.5 ”Basic Design”	127
6.4.6 ”Detailed Design”.....	129
6.4.7 ”Parts Manufacturing”	129
6.4.8 ”Assembly”.....	130
6.4.9 ”Production Planning and Engineering”.....	131
6.4.10 ”Materials Planning and Procurement”	131
6.4.11 Tribons objektstruktur	131
6.4.12 Klassificering och standarder	135
6.4.13 Samverkan mellan Tribonsystemet och externa programvaror	137
6.4.14 ”Design Data Management”	140
6.4.15 Tribon.com	141
6.4.16 Kommande förändringar av Tribonsystemet.....	143
6.5 Integration av IT system inom skeppsbyggnadsindustrin.....	144
6.6 Utvecklingstendenser inom skeppsbyggnadsindustrin	147
6.6.1 IT-system på ett modernt varv.....	152
6.7 Slutsatser.....	154
7 Modelluppbyggnad.....	156
7.1 Modelluppbyggnad och hypoteser.....	156
7.1.1 Utveckling av ett industriellt och industrialiserat byggande ...	156
7.1.2 Produktbestämningen i ett utvecklat industriellt och industrialiserat byggande.....	159

7.1.3 Informationshanteringen i ett utvecklat industriellt och industrialiserat byggande	162
8 Empiri.....	168
8.1 Informationshanteringen i UMAS projektet ventilationsentreprenaden	168
8.1.1 Bakgrund	168
8.1.2 Fakta om byggnationen	169
8.1.3 Beställarens krav	170
8.1.4 Sydtotal.....	172
8.1.5 Sydtotals koncept.....	173
8.1.5 Ventilationsentreprenaden	174
8.1.7 Informationshanteringen i UMAS projektet.....	177
8.1.8 CAMvent	180
8.1.9 Det optimala Sydtotalprojektet.....	180
8.1.10 Uppskattad effektivisering med Sydtotal konceptet gentemot ett traditionellt byggande	183
8.1.11 Framtida utvecklingsarbete.....	184
8.1.12 Diskussion och sammanfattning	185
8.2 Analys av modellkapitlet	188
8.2.1 Intervjuer	188
8.2.2 Synpunkter på hypotes 1.....	188
8.2.3 Synpunkter på hypotes 2.....	191
8.2.4 Synpunkter på hypotes 3.....	199
8.2.5 Synpunkter på hypotes 4.....	202
9 Slutsatser	210
Referenser	216
Elektroniska källor:	224
Bilaga 1.....	225
Frågor kopplade till hypoteserna i modelluppbyggnaden.....	225

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Förord

Föreliggande licentiatavhandling har tillkommit på Avdelningen för Projekteringsmetodik (Inst. f. Byggvetenskaper) vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har externt finansierats av NCC via SBUF och Färs och Frosta Sparbank.

Det finns ett antal personer som bidragit till avhandlingen. Först och främst vill jag tacka min handledare professor Anders Ekholm som oförtröttligt, entusiastiskt och skarpsinnigt guidat och bidragit med många analyser och synpunkter under det tidsmässigt utdragna arbetet.

Jag vill också tacka den referensgrupp, bestående av Niclas Andersson, Sverker Andreasson, Håkan Blom, Håkan Fjällström, Pål Hansson, Göran Johansson och Lennart Welin, som bidragit med värdefulla synpunkter under arbetets gång. Ett speciellt tack till Pål och Niclas för era insatser som biträdande handledare.

Tack även till alla intervjuade personer som tålmodigt ställt upp under långa intervjuer. Speciellt vill jag tacka Per-Olof Nilsson, Aveva, som beredvilligt ställt upp och gjort skeppsbyggnadsstudien möjlig.

De nio intervjuade personerna i modellkapitlet har valt att vara anonyma – jag tackar er ändå.

Erling Pålsson och Lina Alfredsson, Sydtotal och Björn Broberg, Lindab (numera Sydtotal) vill jag också tacka för att ni gjort UMAS/Sydtotal studien möjlig.

Vem vore mer lämplig att granska avhandlingens språk än en erfaren kommunikatör – tack Nils Lindsoug!

Övriga intervjuade: Tack!

Hven, midsommar 2010.

Anders Robertson

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Byggindustrin i Sverige har problem. Nya bostäder blir allt dyrare och folk i allmänhet har inte alltid ekonomiska möjligheter att efterfråga dessa. Detta har medfört att nyproduktionen legat lågt under ett antal år vilket placerat Sverige bland de länder som har absolut lägst nyproduktion av bostäder i Europa. Det totala antalet påbörjade lägenheter i byggprojekt 2009 är ca 15 000 vilket tillhör det lägsta i modern tid. Samtidigt påverkas byggsektorn av rådande konjunkturläge varför produktionen av bostäder sedan något år tillbaka kommit i relativ balans med efterfrågan (Boverket, 2009). Det är dock rimligt att tänka sig att efterfrågan på bostäder skulle vara större med lägre priser. En satsning på effektivisering av bostadsbyggandet med strävan att sänka kostnader och priser borde kunna leda till ökad efterfrågan.

Kvalitetsmässigt har byggindustrin också råkat ut för diverse ”skandaler” under senare år som visar på brister inte minst vad gäller den processmässiga hanteringen av byggprojekt (SOU, 2002) . Genom ett förhållandevis omfattande utredningsarbete i Sverige och andra delar av Europa har byggindustrin utretts under den senaste 10-årsperioden (SOU, 2002; SOU, 2000). Därvid har det framkommit att byggindustrin också har omfattande problem med de generellt låga vinstmarginalerna, den låga innovationsgraden, de svaga konkurrensförhållandena, den låga produktivitet utvecklingen, kartellbildningarna, den svarta arbetskraften, den höga andelen byggfel, den fragmenterade byggprocessen, den låga IT-användningsgraden, den gammalmodiga ledarskapskulturen, den svaga kundfokuseringen, den svaga byggherrerollen, den låga andelen högskoleutbildade, kvinnor och invandrare, den hotande arbetskraftsbristen m.m.

Om man på olika sätt följer utvecklingsarbetet i byggbranschen kan det tyckas pågå många försök med nytänkande där man tagit till sig av den kritik som riktats mot branschen. I en nyligen framtagen uppföljning (Statskontoret, 2009) konstateras dock att:

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- inget av Bygghöringskommitténs framlagda förslag har lett till någon varaktig eller genomgripande förändring av sektorns arbetsätt eller attityder
- byggsektorn har fortsatt bristande konkurrensförhållanden
- vi ser fortsatt ökande byggkostnader
- byggsektorn har fortsatt låg produktivitet utveckling jämfört med övrig industri
- antalet byggfel har snarare ökat än minskat.

Lösningen på problemet med de höga kostnadsnivåerna har av Bygghöringskommittén framförts ligga bl.a. i en ökad industrialisering av byggandet. Vi har också sett ett antal försök i denna riktning under den senaste 10-årsperioden i form av ett konceptartat husfabriksbyggande av flerfamiljshus (NCC Komplet, Skanska Moderna Hus, Open House, Bau-How och PEAB PGS). Tillverkningsindustrin, dess produktionsmetoder och produktivitet utveckling har här varit förebilden. Statskontorets syn är att denna sorts byggande har svårt att utvecklas eftersom byggherrarna allmänt sett inte är villiga att beställa serieproducerade flerfamiljshus (Statskontoret, 2009). Detta beror i sin tur på en uppfattning av denna typ av byggande från miljonprogrammets dagar som ett ensartat och torftigt byggande.

Likväl har vi under denna period sett en mer gradvis utveckling av det traditionella byggandet i nya former för att effektivisera produktionen och få ned produktionskostnaderna. Nya samarbetsformer och entreprenadformer, utvecklade syn på informationshanteringsroll i byggprocessen och utvecklade processer vad gäller logistik, användningen av standardiserade komponenter och allmänt sett ett ökat systemtänkande kan sägas karakterisera denna del av byggandet. Många av dessa utvecklingstendenser är inspirerade av bygg- och projektpassade idéer från Lean-tänkandet inom tillverkningsindustrin. En ökad användning av standardiserade komponenter tillsammans med en teknisk plattform kan effektivisera denna typ av byggande utan att nämnvärt ta bort anpassningsmöjligheterna till ett fortsatt projektorienterat enstycksbyggande.

En utmärkande skillnad gentemot den traditionella byggindustrin är att tillverkningsindustrin har en helt annan syn på de olika processerna och hur man tar fram och producerar en produkt. Här dominerar en integrerad processsyn där en övergripande tydlig vision förs ner och får stöd av de olika delprocesserna. Detta gäller även inom skeppsbyggnadsindustrin, som tillverkningsmässigt uppvisar stora likheter med byggandet (Ballard, 2005).

Tillverkningsindustrins satsning på en integrerad informationshantering för att stödja processerna har varit mycket framgångsrik. Motsvarande har vi sett början till en utveckling åt samma håll inom byggsektorn där ICT-utvecklingen ("Information and Communication Technology") förväntas leda till ökad kundnytta, effektiva och samverkande processer, höjd kompetens och nya affärer (Apleberger, 2003).

1.2 Syfte

Denna avhandling försöker analysera och beskriva de utvecklingstendenser mot ett effektivare byggande som utvecklas i den svenska byggsektorn med bl.a. den industriella utvecklingen inom tillverkningsindustrin som förebild. Avsikten är att se vilken påverkan denna utveckling får på processerna för framtagning av nya byggnader och därmed också det informationsflöde som ska stödja processerna. En information som under processens gång ska förädlas från en funktionell bestämning över till en teknisk beskrivning för att slutligen ha karaktären av produktionsstödjande information. Syftet med avhandlingen är då att studera:

hur produktbestämningen och produktframställningen i byggsektorn med stöd av ICT påverkas av de olika former av "industriell" utveckling mot ökad förtillverkning och krav på anpassning till varierande kundbehov.

1.3 Avgränsningar

Arbetet begränsas till att huvudsakligen behandla utvecklade industrialiserade former av husbyggnation i Sverige. Arbetet utgår från processfrågor från dessa utvecklade byggnationsformer för att därefter fokusera på informationshanteringen.

Som case-studie används skeppsbyggnadsbranschen som en till sin karaktär närbesläktad bransch med en avancerad teknisk och informationsmässig plattform. Även UMAS-byggnationen i Malmö, dvs. sjukhusbyggnation, används som jämförande case-studie.

1.4 Läsanvisningar

Kapitel 2 behandlar metodfrågor för avhandlingsarbetet.

Kapitel 3 – Industriellt och industrialiserat byggande – är en analys, beskrivning och begreppsutveckling av de utvecklade former av byggande vi ser dels i olika former av konceptartat ”husfabriksbyggande” dels i olika former av utvecklingsatsningar för att effektivisera det traditionella byggandet.

Kapitel 4 – Produktbestämningssprocessen – behandlar utmärkande egenskaper i produktbestämningen för att de processer som krävs i de former av utvecklat byggande som definierats i kapitel 1 ska kunna fungera.

I kapitel 5 – ICT-systemen i ett utvecklat industriellt och industrialiserat byggande – behandlas informationshanteringen i ett byggprojekt och dess stödjande funktion gentemot de processer som diskuterats i kapitel 4. Den integrerade modellorienterade produktbestämningen och produktframtagningen diskuteras bl.a. med avseende på frågorna om objektorienterad informationshantering och samverkan mellan funktionell bestämning och bestämning av tekniska lösningar och resurser, samt utifrån idén om en central informationsmodell kontra decentraliserade informationsmodeller.

Kapitel 6 – Skeppsbyggnad – processer och ICT stöd – redogör för hur utvecklingen i allmänhet men informationstekniken i synnerhet skett i skeppsbyggnadsbranschen med dess många likheter med byggbranschen bl.a. i form av sin projektlika struktur. Aveva/Tribon-systemets mångåriga och utvecklade form studeras särskilt.

Kapitel 7 – Modelluppbyggnad – presenterar en process-informationsmodell för de två utvecklade former av byggande som definierats i kapitel 1. Intervjuer av ledande byggsakkunniga redovisas. Hypoteser baserade på denna modell redovisas som utgångspunkt för den empiriska studie som redovisas i följande kapitel.

I kapitel 8 – Empiri - görs en analys av ventilationsentreprenaden på UMAS bygget i Malmö där en utvecklad form av informationshantering förväntas stödja såväl produktionsberedning som montage. Andra omständigheter kan dock hindra utvecklingen av denna form av utvecklad informationsanvändning vilket diskuteras i kapitlet. Slutligen avslutas kapitlet med en analys av modelluppbyggnaden i form av en redovisning av de intervjuer som gjorts.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

I kapitel 9 – Slutsatser – här diskuteras resultaten och dras slutsatser av hela arbetet.

2 Metod

2.1 Teori

I den positivistiska och analytiska traditionen är prövningen av kunskapen mot yttervärlden väsentlig och utgår från antagandet om en av oss oberoende objektiv verklighet (Wallén, 1993; Arbnor & Bjerke, 1994). En vetenskaplig sats är meningsfull bara om den kan verifieras empiriskt dvs. ett påstående är sant om det överensstämmer med hur det är i verkligheten. Kunskapen ska vara empiriskt prövbar och kunna ”mätas”. Positivismen bygger på iakttagelser som ska vara logiskt prövbara, genom att komplexa företeelser reduceras till enkla beståndsdelar (Patel & Davidsson, 1991). Vidare ska reliabilitet råda dvs. resultatet ska bli detsamma vid upprepade oberoende mätningar under samma betingelser (Wallén, 1993).

Ett deduktivt arbetssätt innebär att man utifrån allmänna principer och befintliga teorier drar slutsatser om enskilda företeelser. Ur den befintliga teorin härleds hypoteser som sedan empiriskt prövas i det aktuella fallet med vetenskapliga metoder – benämnt ett hypotetiskt-deduktivt arbetssätt (Patel & Davidsson, 1991). Det deduktiva arbetssättet hänger delvis samman med den positivistiska grundsynen. Reduktionismen innebär att helheten i ett problem låter sig studeras genom att man reducerar det till delarna och studerar dem var för sig (Patel & Davidsson, 1991).

Till skillnad från den rent induktiva metoden så bygger det hypotetiskt-deduktiva arbetssättet på att man inte kan observera teorineutralt utan att man startar med att forma en hypotes som sedan styr de observationer man gör. Man observerar alltså inte i största allmänhet och hoppas hitta en regelbundenhet utan man har tidigt gjort klart för sig vad man är ute efter (Hartman, 1998). För att testa hypotesen behövs inte induktiv utan deduktiv logik där slutsatserna är logiskt härledda från hypotesen.

Hypotesens roll i det analytiska tänkandet är att föreslå förklaringar till vissa fakta och att vägleda vid undersökning av andra – man sätter därvid upp påståenden om kausalsamband, dvs. antaganden om att en eller flera faktorer bestämmer

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

uppkomsten av en annan motsvarande ett orsak-verkan samband. Hypotesen är här inte ett allmänt antagande utan det finns alltså en koppling till en teoretisk grund och ett kausalsamband (Arbnor & Bjerke, 1994). Man har då tidigare tagit fram en modell av den objektiva verkligheten som hypotesen baseras på. Hypotesen kan dock i vissa undersökningar uppkomma ur ren intuition eller gissningar.

Hypotes är ett ur teorin härlett påstående som sträcker sig utöver hittillsvarande kunskap och som ska prövas empiriskt (Wallèn, 1993). Hypotesen är då ett antagande om hur flera begrepp är relaterade till varandra. Hypotesen ska kunna verifieras eller falsifieras. Hypoteser är satser som anger samband mellan två eller flera företeelser benämnda relationssatser. Hypotesens innehåll måste utgå från den problemställning man har eftersom hypotesen ska vara en möjlig lösning på det problem man formulerat (Hartman, 1998).

En modell utgör en avsiktlig förenkling och ett hypotetiskt alternativ för att beskriva och förklara en företeelse (Wallèn, 1993). Man kan se modellen som ett sätt att åskådliggöra en teori (Patel & Davidsson, 1991).

En teori är ett system av inbördes relaterade begrepp som tillsammans ger en bild av en företeelse. Den uttalar sig om hur begreppen är relaterade till varandra så att det går att förklara och förutsäga företeelsen eller förstå innebörden av den (Patel & Davidsson, 1991)

I föreliggande studie har hypoteserna (kapitel 7: Modelluppbyggnad) uppkommit ur såväl tidigare studier som befintlig teori. Det innebär att om hypoteserna uppkommer ur resultaten av andra studier och den efterföljande studien stödjer hypoteserna kommer resultaten styrka att en regelbundenhet i den objektiva verkligheten har uppdagats. Vidare kommer en sådan hypotes som bekräftas att bekräfta att teorin håller i såväl detta nya fall som i tidigare tillämpade fall. Man får också hjälp med att tolka resultaten genom att man får svar på frågan varför man har fått de resultat man fått (Arbnor & Bjerke, 1994). Hypotesen är vidare avgörande för vilken typ av data som samlas in för att bekräfta eller förneka själva forskningsfrågan och kan också vara avgörande för det sätt som data organiseras i analysen.

Utmärkande för det analytiska synsättet är dess cykliska struktur dvs. det startar med fakta, det slutar med fakta varvid de fakta som avslutar en cykel utgör början på nästa cykel. De olika cyklerna bildar då en kedja av framgångar där vetandet inom området förhoppningsvis hela tiden utvecklas (Arbnor & Bjerke, 1994).

Litteraturstudier används allmänt för att snabbt erhålla en översikt över ett ämnesområde. Syftet är då inte att komma med lösningsförslag på ställda forskningsfrågor utan att utveckla mer preciserade frågor om ämnesområdet (Yin 1994). En litteraturstudies uppgift brukar också anses vara att dels ge en sammanfattande introduktion till ämnesområdet dels beskriva var forskningsfronten ligger.

2.2 Intervjuer

Med tanke på det ämnesområde och de forskningsfrågor som undersökts i föreliggande avhandling har intervjuformen använts som undersökningsmetod. Intervjustudierna har varit av kvalitativ natur. När den kvantitativa intervjun eller undersökningen utmärks av en hög grad av standardisering och söker den numeriska relationen mellan mätbara egenskaper så syftar den kvalitativa intervjun till att undersöka vilken karaktär en företeelse har, hur den ska identifieras och hur den är beskaffad m.m. (Wallèn, 1993). Man vill i den kvalitativa intervjun fastställa vad för slags fenomen det rör sig om, om det finns karakteristiska drag etc. Kvalitativa studier behövs för undersökningar kring vagt, mångtydigt och subjektivt formulerade förhållanden. Innebörder och symboler måste tolkas kvalitativt. Den kvantitativa studien är mer lämpad för studier av naturvetenskapliga skeenden där kvantitativa data tas fram ur olika mätbara tester.

Som tidigare nämnts är syftet med denna avhandling att studera *hur produktbestämningen och produktframställningen i byggsektorn med stöd av ICT påverkas av de olika former av "industriell" utveckling mot ökad förtillverkning och krav på anpassning till varierande kundbehov.*

Det är således frågan om att försöka finna mönster och strukturer, att beskriva processer, att dra slutsatser om vart byggbranschen är på väg att utvecklas. Det är alltså frågeställningar som svårigen låter sig besvaras med kvantitativa undersökningsmetoder, möjligen kan man tänka sig att till en del använda kvantitativa metoder. Den kvalitativa undersökningen har betydligt större möjligheter att här gå på djupet och ta fram de underliggande sambanden. Dessutom skulle det vara svårt att få fram underlag för en kvantitativ studie för de framlagda hypoteserna i denna avhandling.

För en kvalitativ studie brukar man skilja på frågor med fasta svarsalternativ och öppna frågor med varierande strukturering beroende på frågeformuleringen. Medan kvantitativa intervjuer har hög grad av standardisering, dvs. exakt samma frågor i samma ordning från intervju till intervju, utmärker sig den kvalitativa

intervjun av att vara mer eller mindre ostrukturerad och icke-standardiserad. För den kvalitativa intervjun innebär detta att frågorna inte nödvändigtvis är färdiga från början och den intervjuade kan tillåtas själv bestämma vad som ska diskuteras (Hartman, 1998). I föreliggande avhandling har valts en halvstrukturerad intervjuform vilket innebär en högre grad av standardisering och en lägre grad av strukturering, dvs. ett antal frågor ställs i ordning men den intervjuade får formulera sig fritt varför angränsande frågeområden kan komma att beröras.

Hypoteserna med bakomliggande teoribildning skickades i förväg ut till de intervjuade för inläsning och begrundan vilket i de flesta fall innebar att de intervjuade själva tog tag i intervjun och kom med reflektioner kring den skrivna texten. Ett antal följdfrågor var förberedda av intervjuaren inom de olika hypotesområdena delvis beroende på den intervjuades position. De intervjuade i den avslutande hypotesintervjuomgången kom nämligen från olika områden inom byggsektorn – från leverantörsledet, konsultbranschen, programvaruindustrin, entreprenadbranschen och fabriksbyggindustrin. Bredden på såväl frågorna som de intervjuades bakgrund gjorde att alla intervjuade inte svarade på alla frågor. I själva verket svarade ingen av de intervjuade på alla frågorna vilket berodde på att alla frågor inte var relevanta för dem i deras position. De hade helt enkelt ingen åsikt i frågan i vissa fall. Å andra sidan utvidgade många av de intervjuade frågeställningen till att ta upp även närliggande frågor.

Intervjuer gjordes i skeppsbyggnadsstudien (Kapitel 6: Skeppsbyggnad - processer och ICT stöd), UMAS studien (Kapitel 8.1: Informationshanteringen i UMAS projektet i Malmö – ventilationsentreprenaden) och slutligen i analysen av modellkapitlet (Kapitel 8.2: Analys av modellkapitlet). Intervjuformen användes också inför framtagningen av de båda papren (Robertson & Ekholm, 2006) och (Robertson et al, 2007). Intervjuerna var allmänt relativt omfattande och långa tidsmässigt, mellan 2 – 3 timmar, med något undantagsfall.

2.3 Litteraturstudier

Hela avhandlingsarbetet startade med litteraturstudier. En bred ansats till hela arbetet valdes vilket innebar att byggbranschens karakteristik och utvecklingstendenser analyserades. Relativt tidigt kom karakteristiken av det traditionella byggandet som ett fragmenterat byggande fram där beställarens önskemål långt ifrån alltid var det som de olika aktörerna samverkade mot. Utvecklingstendenserna i dagens byggande i form av olika industrialiseringsförsök, Lean-tänkande och partneringformer gicks också igenom och konstaterades stå i direkt motsatsställning till den fragmenterade

grundstrukturen i byggbranschen. Därefter begränsades litteraturstudierna till produktbestämningsfrågor och processfrågor som studerades i skenet av den övergripande karakteristiken av byggbranschen. Slutligen begränsades studierna ytterligare genom fokuseringen på informationstekniken inom byggandet och de krav man måste ställa på informationsstrukturen och enskilda applikationer för att ett nytt framtida effektivt och konkurrenskraftigt byggande ska kunna utvecklas.

Dessa litteraturstudier pågick dock inte isolerat och separat från det andra arbetet utan skedde delvis parallellt med intervjustudierna genom framtagningen av de båda papren "Industrialised building, project categories and ICT - a comparison with shipbuilding" (Robertson & Ekholm, 2006) och "Investigations in the BICT Project of State-of-the-art ICT for Industrialization of House Building Processes" (Robertson et al, 2007). Ett första försök till framställning av problemområdet gjordes dock tidigare genom tidningsartikeln "Industriellt byggande är mer än bara prefabricering" (Lessing et al, 2005a).

2.4 Case-studier

Case-studier är en vedertagen form av forskningsstrategi och är väl beskriven inom forskningsmetodiken (Yin, 1994; Becker, 1992). En case-studie försöker allmänt sett svara på frågor typ "hur" och "varför" och kan placera in en studie i ett ofta begränsat sammanhang där man enklare kan koppla studien till en teoribildning och dra generella slutsatser. Vid case-studier utgår man från ett helhetsperspektiv varför man försöker få en så heltäckande information som möjligt. Case-studier är vanliga när man vill studera processer och förändringar (Patel & Davidsson, 1991). Case-studier används ofta där vi har stor mängd variabler och samband i ett komplext sammanhang, dvs. svåröverblickbara, svåröversägbara, tvetydiga och diffusa fenomen (Gummesson, 2003).

Case-studier passar således bra in på en frågeställning som den ovan beskrivna forskningsfrågan. Både vad gäller Informationshanteringen i UMAS projektet (kapitel 8.1) och skeppsbyggnadsstudien (kapitel 6) har därvid case-metodik använts vid framtagningen av denna avhandling.

I bl.a. dessa båda case-studier har då kvalitativa intervjuer företagits. Men även annan information har använts, främst olika typer av dokumentation. Denna möjlighet att genom användning av olika typer av källor i en case-studie dra slutsatser resulterar ofta i säkrare slutsatser. Fenomenet benämns triangulering (Lantz, 1993).

3 Industriellt och industrialiserat byggande

3.1 Bakgrund till den industriella utvecklingen inom byggsektorn

Byggnationen av det gigantiska Crystal Palace i London på 1850-talet kan med fog betraktas som startskottet för industrialiseringen av byggandet. Genom att använda ett genomtänkt standardiserat byggsystem bestående av moduler med samma utförande som upprepat användes gång efter gång kunde såväl tillverkningen av modulerna som montaget på byggplatsen väsentligt underlättas och effektiviseras. Byggsystemet bestod av limträbågar i kombination med olika gjutjärnsmoduler och glas, standardiserat tillverkade i vissa specificerade storlekar och sammanfogningsmöjligheter. Montaget av detta svårslagna världsrekord i glasbyggande med likartade konstruktionsdelar underlättades och effektiviserades också av upprepningseffektens effektivitetsskapande och innebar att hela byggnationen stod klar redan efter mindre än ett år (Cornell, 1970).

Själva produktbestämningen av det jättelika Crystal Palace i mitten av 1800-talet tog enligt uppgift bara 10 dagar. Då hade man tidigare arbetat fram ett standardiserat modulsystem bestående av olika byggmoduler som man upprepat använde för att bygga upp hela byggnaden. Byggmodulernas mått och sammanfogningsmöjligheter var viktiga parametrar som man tog hänsyn till. Cornell beskriver bygget av Crystal Palace som en organisatorisk och industriell bragd (Cornell, 1970). Idag betraktar vi Crystal Palace bygget som en milstolpe i utvecklingen av byggandet i industriella former.

Motsvarande industriella utveckling inom tillverkningsindustrin var naturligtvis inspirationskällan för byggandet vid den här tiden. ”Spinning Jenny” symboliserar starten för den industriella utvecklingen i Storbritannien i mitten av 1700-talet genom att massproducera garner maskinellt till låga omkostnader. En utveckling som låg till grund för textilindustrins framväxt.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

T-Fordens utveckling i början av 1900-talet kan ses som en annan symbol för utvecklingen av det nya industrisamhället. Utmärkande drag var:

- utnyttjandet av moderna verktygsmaskiner i en centralt styrd fabriksmiljö
- det löpande bandets uppdelning av specificerade arbetsuppgifter
- framtagning av standardiserade delar
- Taylorismens idéer om vetenskapligt analyserade arbetsmetoder
- införandet av marknadsföring och avbetalningsköp (Hansson, 1996).

Utmärkande drag var alltså att den repetitiva arbetsprocessen genererar en upprepningsvinst genom att tillverkningen och montaget kom att ske i en allt snabbare takt. Den massproduktion detta genererade innebar att det producerades stora volymer av samma produkt på ett effektivt sätt i fabriksmiljö. Målet var en ständigt sjunkande kostnad per producerad enhet.

Denna utveckling var naturligtvis ett stort framsteg gentemot det tidigare hantverksmässiga samhället. Massproduktionen var dock ett produktionssätt som inte i sig gynnade ett kontinuerligt nytänkande för att erhålla en fortsatt produktutveckling. Vidare led massproduktionen länge av kvalitetsproblem men framför allt ledde den till ett ensartat produktutbud som inte kunde ta hänsyn till konsumenternas varierande produktönskemål (Womack et al, 1991). Massproduktionstänkandet i olika former finns kvar på många håll inom dagens tillverkningsindustri.

Biltillverkning innan T-Fords-fabrikationen startade skedde rent hantverksmässigt. Få personer hade möjlighet att införskaffa dessa bilar men de kunde anpassas och fås i olika utföranden.

Byggnationen av Empire State Building i början av 1930-talet kan ses som en sentida efterföljare till Crystal Palace där man tog direkt intryck av bilindustrins (General Motors) massframställningsprocess med standardiserade prefabkomponenter, utvecklad logistik och arbetsprocesser. En projekteringstid på 4 månader och en byggtid på 13 månader, motsvarande en arbetstakt på mer än en våning per vecka, visar på hur otroligt effektiv en massframställningsprocess av denna typ kan vara (Toolanen, 2009).

3.2 Industrialiseringen av byggandet under miljonprogrammets dagar

Idéströmningarna från Crystal Palace och andra liknande byggnationer om en effektivisering av byggandet tog annars fart igen på 1920-talet genom framväxten av Bauhausrörelsen i Tyskland (Andersson, 1976). Motsvarande utveckling i Sverige tog sitt främsta uttryck genom funktionalismens genombrott vid Stockholmsutställningen 1930. Här uttrycktes det att ”den föreliggande verkligheten skulle accepteras, inte dess brister och orättvisor, utan den demokratiska utvecklingen och den moderna tekniken” (Asplund, 1931). Motsvarande uttryckte Le Corbusier det som att ”bostaden skulle betraktas som en maskin att bo i, en maskin som borde anpassas till den industriella metodikens villkor för att kunna massproduceras” (Andersson, 1976).

Det kom dock att dröja till efterkrigstidens och miljonprogrammets dagar på 1960-talet innan dessa delar av funktionalismens ideal kunde förverkligas. Under tiden hade man undanröjt hinder för denna utveckling genom att införa det kommunala planmonopolet, det statliga bostadsfinansieringssystemet och den nya byggnadslagen. Genom framväxten av de kommunala bostadsbolagen fanns aktörer med tillräckliga resurser att också driva den storskaliga miljonprogramsutbyggnaden omfattande 100 000 lägenheter per år under 10 års tid. Drivande för miljonprogrammet var den rådande arbetskrafts- och bostadsbristen. (Ericsson et al, 1987; Engfors et al, 1987).

För att kunna producera miljonprogrammets stora antal bostäder utvecklades olika byggtekniska systemlösningar, ofta i form av företagsegna, slutna och icke-kompatibla lösningar. Tanken bakom miljonprogramsutbyggnaden var att flytta en stor del av produktionen från byggarbetsplats till fabrik för att under dess ordnade former bli mer effektiv. Med hjälp av systembyggandets modultänkande återstod idealt sett, förutom vad gäller grundläggningen av huset, bara montagearbete på byggarbetsplatsen. I fabriksmiljön kunde masstillverkningen av olika systemkomponenter lättare utföras på ett ändamålsenligt sätt genom mekanisering, specialisering, förbättrat materialutnyttjande och genom att utnyttja serieproduktionens fördelar.

Bostäderna som producerades under miljonprogrammet innebar relativt sett en klart positiv utveckling genom ljusa, luftiga och väl genomtänkta planlösningar åtminstone jämfört med den tidigare sekelskiftesarkitekturen. Kritiken mot bostadsmiljöerna från den här tiden har gällt den ensartat repetitiva arkitekturen, den ofta enahanda utemiljön och den ofta ringa anpassningen till platsen i form av

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

s.k. ”kranbanearkitektur”. Massproduktionstänkandet och dess konsekvenser kom alltså till uttryck i bostadsmiljöernas utformning.

Kvalitetsmässigt fanns också brister. Arbetsmetoderna var inte alltid tillräckligt genomtänkta varken i fabriken eller vid montaget på byggarbetsplatsen. Följden kunde bli dålig måttpassning mellan betongelementen med följd att ljudreduktionen kraftigt försämrades.

Ofta förknippas miljonprogrammets elementbyggande med de utvecklade former av prefabricerade betongelement för bjälklag och väggar som användes. En utvecklad variant var Skånska Cementgjuteriets rumselement i betong enligt den s.k. Corpusmetoden som inkluderade all installationsutrustning. Byggelement i andra material användes också inom småhusindustrin vid denna tid. Exempelvis tillverkade Hultsfredshus moduluppbyggda väggelement av mineralullsisolerade fiberplank med not och spont (Handboken Bygg, 1964).

Reaktionen på kritiken mot miljonprogrammet blev ett småskaligt byggande med uttryckliga ambitioner att uppnå mångfald och variation i utformningen av bostadshusen och stadsmässighet i miljögestaltningen (Adler, 1995). Medan Sverige gick tillbaka till ett platsbyggande utan byggelement behöll Danmark och Finland prefabbyggandet på samma nivå som tidigare mycket orsakat av att öppna systemlösningar vann insteg inom byggandet (Adler, 1995).

3.3 Industriell produktion idag

3.3.1 Allmänt

Chryssolouris (1992) karakteriserar den industriella produktionen i allmänna ordalag som ”en process där man förvandlar material och information till varor som kan tillfredsställa mänskliga behov”.

Allmänt sett brukar den industriella utvecklingen anses vara grunden för den moderna välståndsutvecklingen i västvärlden. En utveckling som under senare decennier också börjat sprida sig till delar av övriga världen. Idag anses den moderna globaliseringens och välståndsutvecklingens fyra hörnstenar vara sjöfartsnäringen, telekommunikationernas utveckling, handelsliberaliseringen och en ökande internationell standardisering, områden som under senare år haft en mycket stark utveckling i sig men som också starkt bidragit till utvecklingen inom den övriga industrin (Palmberg et al, 2006).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Jämfört med det tidigare jordbruks/hantverkssamhället innebar den industriella samhällsförändringen att produktionen inom område efter område industrialiserades varvid man kunde producera sina varor effektivare under kortare tid, till lägre kostnad och med högre kvalitet. Man utnyttjade upprepningseffekten och producerade stora volymer varor som också kunde bära kostnaden av investeringen i den maskinella utrustningen.

Dagens industriella produktion innebär inte att massproduktionen helt och hållet har försvunnit men nya idéer har utvecklats som tagit fasta på massproduktionens nackdelar. Framför allt gick bristen på anpassning av produkten till kundens önskemål förlorad vid övergången från den hantverksmässiga produktionen till massproduktionen. Men också uppenbara kvalitetsbrister uppstod.

Den seriella produktionens förändringsobenägenhet gjorde att produktutvecklingen missgynnades vilket resulterade i ett ensartat produktutbud (Womack et al, 1991; Crowley, 1998).

En bidragande orsak till det stora antalet defekta produkter anses Taylors delvis felaktiga antagande om ”oberoende och separata delar” vara, där output från ett tillverkningssteg antas vara oberoende av input till nästa tillverkningssteg. I en komplex sekventiell tillverkningsprocess måste dessa tillverkningssteg anses vara beroende av varandra, vilket annars skapar, likt massproduktionen, ett ensidigt fokus på antalet producerade enheter. I en sådan produktionsfilosofi värderas inte ett helhetstänkande med omsorg om exempelvis kvalitetskrav (Crowley, 1998).

3.3.2 Lean Production

Många av de nya produktionsidéer som utvecklats som en reaktion på den industriella massframställningens negativa effekter i allmänhet kan idag inrymmas under begreppet Lean Production. Även om Lean Production begreppet togs fram i ett forskningsprojekt vid MIT så baseras det på ett utvecklingsarbete efter andra världskriget hos biltillverkaren Toyota i Japan.

Toyota och Ohno vid Toyotas bilfabrik i Japan utvecklade sin produktionsfilosofi benämnd Toyota Production System (TPS). Kännetecknande för TPS är att man producerar sina bilar ”på kortare tid, till en lägre kostnad med färre fel”. Annorlunda uttryckt producerar man bilarna genom att ”göra mer med mindre” (Womack et al, 1990). Man behövde därvid färre antal arbetstimmar, mindre golvyta, mindre investeringar och färre ingenjörstimmar (Gann, 1996). TPS-tänkandet har för Toyotas del bl.a. inneburit att man växt från att ha varit en av de verkligt små biltillverkarna i världen till att år 2007 för första gången rankas som världens största biltillverkare.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Lean production is "lean" because it uses less of everything compared with mass production: half the human effort in the factory, half the manufacturing space, half the investment in tools, half the engineering hours to develop a new product in half the time (Womack et al, 1990).

Toyotas team av mångkunniga yrkesmedarbetare på alla nivåer i organisationen använder flexibla automatiserade maskiner för att producera produkter med stor variation och i stora volymer, vilket är det mest kännetecknande för själva produktionen (Crowley, 1998). Detta produktionssystem har under de senaste 15 åren spridit sig inte bara geografiskt till bilindustrin i övriga delar av världen utan också till stora delar av övrig tillverkande industri och har tillsammans med den ovan nämnda utvecklingen inom den globala handeln varit en starkt bidragande orsak till den moderna välförhållanden i västvärlden.

Lean-tänkandet kombinerar fördelarna inom den hantverksmässiga produktionen i form av kundanpassning och inom massproduktionen i form av låga produktionskostnader. Lean-tänkandet består av många delar och kan sägas vara ett helhetskoncept som sammanfattar och innefattar stora delar av de produktionstekniska innovationer som oberoende av Toyota gjorts de senaste decennierna inom områden som MRP (Manufacture Resource Planning), JIT (Just In Time), TQM (Total Quality Management), FMS (Flexible Manufacturing Systems) (Crowley, 1998).

Womack och Jones (1996) karakteriserar Lean-tänkandet med fem grundläggande principer:

1. Definiera kundnytta
 2. Identifiera värdeflödet för varje produkt eller process
 3. Kontinuerligt flöde utan avbrott
 4. Kundorderstyrning
 5. Ständiga förbättringar
-
1. Kunden och dennes behov ska alltid stå i centrum för och genomsyra verksamheten. Med hjälp av "Quality Function Deployment" (QFD) tekniken kan man kartlägga och väga olika kundkrav mot varandra för att anpassa och optimera produkten efter kunden och dess behov.
 2. Genom att analysera och justera värdeflödet (ledtider, bearbetningstider, lager, resursutnyttjandet m.m.) kan man optimera processerna vid

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

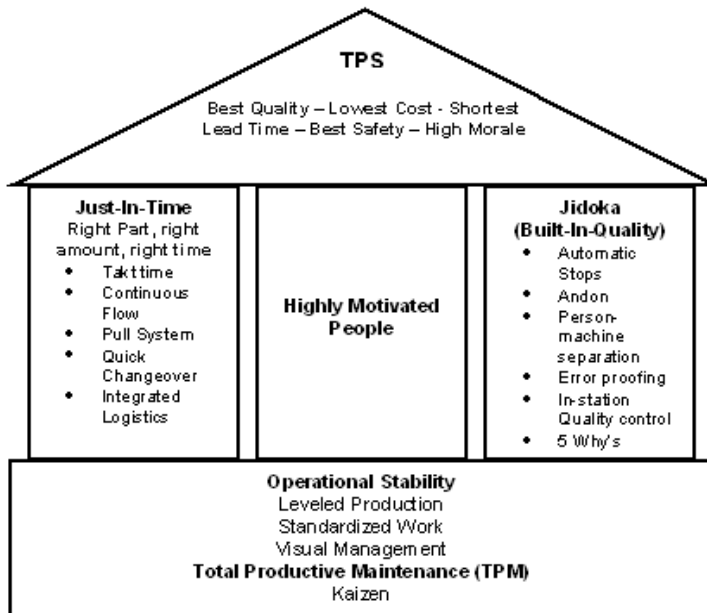
produktframtagningen och ta bort många icke-värdeskapande aktiviteter som inte bidrar till kundnyttan.

3. Genom att optimera processerna mot ett jämnt och stabilt flöde utan avbrott så erhålls en effektiv produktion utan väntetider och lagerbildning. Detta kan åstadkommas på många sätt exempelvis genom Just-in-time leveranser (rätt mängd vid rätt tillfälle med rätt kvalitet), taktstyrd produktion (alla stationer längs produktionslinan tar lika lång tid för att undvika mellanlager), redundanta system m.m.
4. Målsättningen ska vara att inte producera för lager utan att varje tillverkad produkt ska vara beställd av en kund. På detta sätt kan man också få en verklig kundanpassning av produkten.
5. Tanken är att man alltid ska försöka hitta ständiga förbättringar och ta bort icke-värdeskapande aktiviteter i produktionen genom att engagera personalen exempelvis genom tillsättande av tvärfunktionella grupper som arbetar med dessa frågor.

För att aktivt kunna ta bort icke-värdeskapande aktiviteter har man listat sju vanliga slöserier (Ohno, 1988):

- överproduktion
- väntan
- mellanlager
- transporter
- onödiga förflyttningar
- felaktiga produkter
- onödiga processer

Sammanfattningsvis brukar ofta en bild av ”the TPS House” visas upp som symbol för Lean-tänkandet:



Figur 3.1 The TPS House (McBride, 2007).

3.4 Byggbranschen som produktionstyp

3.4.1 Karakteristik av den traditionella byggbranschen

Lean Production-tänkandet är således utvecklat för en viss typ av produktion, biltillverkning, med dess specifika kännetecken. Lean-tänkandet har under senare tid framgångsrikt vunnit inträde i många andra branscher inte minst inom tillverkningsindustrin där det applicerats med tanke på just den branschens kännetecken. För ett införande av Lean-tänkandet i byggbranschen behöver man anpassa det till byggbranschens särdrag.

På många sätt är byggbranschen en speciell bransch med speciella egenskaper som mer eller mindre skiljer den från andra typer av branscher. Inte minst skiljer den sig från tillverkningsindustrin. Nu är ju inte byggbranschen i sig själv homogen och likartad utan där finns stora skillnader mellan olika typer av byggnationer – från repetitiv typhustillverkning till särpräglad monumentalbyggnad, från repetitiv systemkomponenttillverkning till enstycksbyggande.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Koskela et al (1998) ser tre särskiljande egenskaper hos den traditionella byggbranschen gentemot andra branscher:

- dess projektlika karaktär vid byggandet av unika objekt
- dess ”på platsen byggande”
- dess tillfälliga multiorganisation.

Den platsbundna produktionen skiljer byggbranschen från skeppsbyggnadsindustrin, flygplansindustrin, tillverkningsindustrin med flera branscher men är gemensam med bl.a. fiske- och gruvindustrin. Den projektorienterade traditionella byggbranschen med dess unika produkter karakteriserar också flera andra branscher, exempelvis stora delar av skeppsbyggnadsindustrin. Dock är byggbranschens tillfälligt hopsatta design- och produktionsteam från olika företag inte unikt för byggbranschen utan förekommer också i några andra branscher (Ballard och Howell, 1998). Kombinationen av dessa tre karakteristika får däremot anses unik för byggbranschen. Se vidare figur 3.2.

Ballard och Howell (1998) anser att följande två karakteristika tillsammans visar på den traditionella byggbranschens unikheter: platsberoende produktion och platsspecifika förhållanden. Den platsförlagda produktionen innebär att eftersom byggkomponenter ofta är skrymmande stora så sätter man inte ihop dem i fabrik utan ute på byggplatsen. I princip alltid är själva slutmonteringsmomentet kvar på byggplatsen, av naturliga skäl, och utförs inte i fabriksmiljö. De platsspecifika förhållandena är sådana som olika typer av anslutningsmöjligheter (installationsmässiga m.m.), geotekniska markförhållanden, vindförhållanden, seismiska förhållanden, nationella och lokala byggregler, sätt att bygga m.m. Också kundens/byggherrens koppling till platsen gör byggandet unikt eftersom alternativ användningen av byggnationen av en annan kund ofta är begränsad jämfört med annan produktion – byggnationen har ofta ett värde för kunden kopplad just till den specifika platsen.

Den unika enstycksprodukten är speciell för den traditionella byggbranschen liksom integrationen av produkt- och projektutveckling (Ballard och Howell, 1998). Andra branscher, likt tillverkningsindustrin, skiljer på produktutvecklingsprocessen och projektutformning/produktion.

Ballard och Howell (1998) drar då slutsatsen att den traditionella byggbranschen bör karakteriseras som en bransch fundamentalt olik övriga branscher. Vidare

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

menar de att för att kunna införa ett Lean-tänkande i byggbranschen måste detta anpassas till dess speciella karaktär och inte tvärtom. Denna speciella karaktär sammanfattar de som ”design och montering av platsberoende objekt som karakteriseras av platsbyggeri, en unik produkt och temporärt sammansatta team”. Slutsatsen blir då att man bör anlägga ett Lean-perspektiv på byggbranschen, inte genom att minimera de säregenheter byggbranschen visar upp för att kunna anlägga ett Lean-tänkande likt övrig tillverkningsindustri, utan genom att anpassa Lean-tänkandet till den komplex och säreget utformade byggbranschens struktur.

Här menar författarna att man ofta valt fel strategi i de försök som hittills gjorts med industriellt byggande genom att just bara försöka minimera säregenheterna på byggarbetsplatsen och att bara ha kvar slutmontage och kontrollarbete på platsen. En mer framkomlig strategi vore att utveckla standardmetoder för att designa och planera för den komplexa verklighet byggnation av unika byggnader innebär (Ballard och Howell, 1998). Detta ser vi också i nuvarande strategi att utveckla teknikplattformar hos de svenska entreprenadföretagen NCC, Skanska, PEAB och JM.

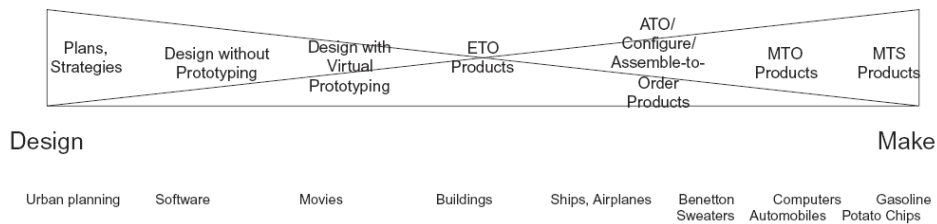
Just den traditionella byggbranschens komplexitet brukar sammanfattas likt Gann (1996) enligt följande:

- ett stort antal olika byggkomponenter
- ett stort antal kopplingar mellan de olika byggkomponenterna
- varierande grad av unik slutprodukt
- den komplexa planeringen av produktionsprocessen.

Karakteristiken av den traditionella byggbranschen som en bransch med stark projektstruktur innebär att det är en bransch där det ena avgränsade projektet (tid och rum) efter det andra avlöser varandra. Detta skiljer byggbranschen klart från stora delar av tillverkningsindustrin där det kontinuerliga processlika flödet mot en klart definierad slutprodukt är en huvudkaraktär. Andra projektlika branscher är konstnärlig produktion, programvaruutveckling, oljefältsprospektering, film och media, forskning, konsultbranschen m.fl. branscher (Gann och Salter, 2000).

Sett ur detta perspektiv kan man betrakta byggprocessen som huvudsakligen en projektorienterad design-process eller en produktorienterad repetitiv produktionsprocess enligt figur 3.2 nedan:

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen



Figur 3.2 Produkttyper (ETO=engineered to order, ATO=assembled to order, MTO=made to order, MTS=made to stock) (Ballard, 2005).

Den projektlika produktionen, vänstra delen av figuren ovan, karakteriseras av ett utvecklat designarbete för varje unikt projekt och sett ur ett Lean-perspektiv av värdegenerering, i stället för minskat slöseri, medan den högra delen kännetecknas av en repetitiv ”manufacturing/making”-process (Ballard, 2005).

Påpekas bör att när här talas om produktion avses produktionen på byggplatsen. Produktionen av byggmaterial/komponenter som ska sättas samman ute på byggplatsen sker normalt i fabriksmiljö under förhållanden som till stor del liknar de inom övrig tillverkningsindustri. Denna produktion benämns här tillverkning.

3.4.2 Skillnader mellan olika typer av byggande

Winch (2003) har utvecklat synen på byggbranschen ytterligare och beskriver byggbranschen som en komplex systemindustri, dvs. producent av komplexa system. Han beskriver olika projektformer utifrån en kategorisering baserad på när kunden träder in i byggandets informationsflöde inför produktionen (”Production Information Flow”). Winch finner här fyra olika produktionsstrategier baserade på informationsflödet och graden av komplexitet:

- **Idé på beställning** (”Concept to Order”): Kunden kommer in tidigt i processen med sitt behov av en ny byggnad och initierar därmed programarbetet som följs av projektering och slutligen produktion. Denna form är vanligt tillvägagångssätt vid traditionella arkitektuppdrag när det rör sig om komplex byggnation (större byggnationer, ombyggnader m.m.).

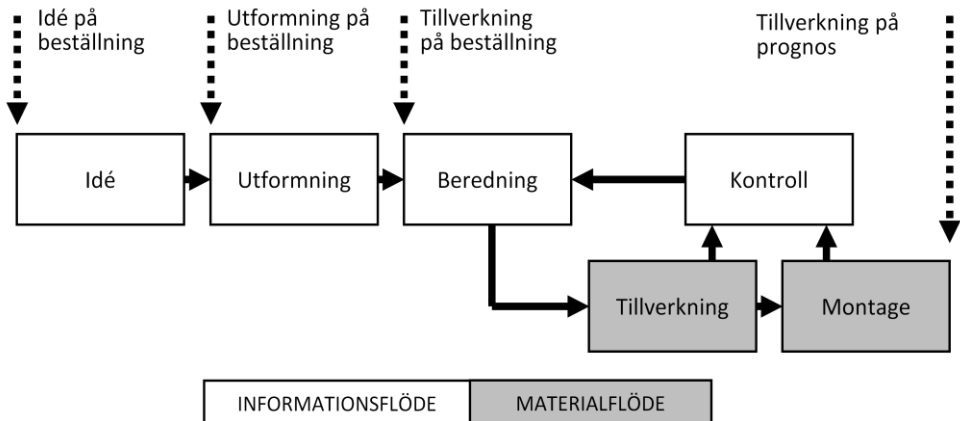
- **Utformning på beställning** (”Design to Order”): Kunden kommer in senare i processen eftersom han/hon erbjuds ett färdigt grundläggande produktkoncept. Kunden kommer således in efter programarbete eller motsvarande varefter projektering och slutligen produktion äger rum. Detta är en inte ovanlig metodik

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

idag vid bostads- och kontorsbyggande som följer på idéförslag, arkitektävling eller parallella uppdrag.

- **Tillverkning på beställning** ("Make to Order"): Kunden kommer här in ytterligare senare i processen och erbjuds ett färdigt detaljprojekterat produktkoncept som eventuellt kan behöva anpassas efter kundens önskemål (mass customisation). Exempel på denna kategori är projekt med utvecklade stomsystem och typhuskoncept.

- **Tillverkning på prognos** ("Make to Forecast"): Kunden kommer här in och kan köpa en färdig byggnad "över disk" (massproduktion). Kunden kan inte påverka utformningen av byggnaden. Vissa typhusbyggen och "egen regi" byggen följer detta koncept.



Figur 3.3 Produktionsstrategier och processflöden (Winch, 2003).

Utgående från en indelning av byggandet i grad av komplexitet, projekt- eller produktlikhet och antal byggda enheter finner man här "Idé på beställning" som den kategori där vi ser de mest komplexa byggobjekten i låga volymer med en projektlik process medan vi i "Tillverkning på prognos" kategorin finner en produktlik process i stora volymer med liten grad av komplexitet eller i alla fall en komplexitet som till stor del bemästrats genom en separat planerings- och produktutvecklingsprocess.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Det tidigare beskrivna traditionella byggandet skulle enligt Winch huvudsakligen kategoriseras in under begreppet ”Idé på beställning”. I denna kategori hittar man traditionellt flerfamiljshusbyggande men också stora delar av annan husbyggnation av stora byggprojekt där kunden tidigt kommer in och kan påverka utformningen.

Med ovanstående indelning som bas delar sedan Winch (2003) in byggnationen av hus i följande tre kategorier med avseende på graden av komplexitet:

- Småhus byggnation (”Private house production”) passar ofta in i kategorin ”Tillverkning efter prognos” med relativt stora volymer producerade enheter som säljs till slutkunden. Villabyggande i form av vissa prefabricerade typhus med små platsanpassningskrav och egen-regi projekt för senare försäljning är exempel på produktion där kunden inte i högre grad kan påverka utformningen. Där husförsäljningen kan separeras från markanskaffningen liknar denna produktion mer ”Tillverkning på beställning” motsvarande Lean Production-konceptet för biltillverkning.
- Husbyggande (”Building”) är betydligt mer lik en komplex produktion och faller traditionellt i kategorin ”Idé på beställning”. Denna produktionstyp har många gånger transformerats till ”Utformning på beställning” och i vissa fall ”Tillverkning på beställning” inkl. anpassning (”Customisation”) för att effektivisera byggandet och omvandla byggandet från ett traditionellt projekterings-anbuds tänkande till ett systemintegrerat och modulariserat byggande med starkt kundfokus.
- Större byggprojekt (”Major projects”) är en mycket komplex produktionstyp och har sedan länge fallit i kategorin ”Idé på beställning”. Orsaken är storskaligheten i denna typ av byggnation där mycket pengar står på spel och osäkerheten i utfallet ofta är stor dvs. riskfaktorn är hög i denna typ av projekt. Detta medför att ett projekterings-anbuds-förfarande setts som en rimlig strategi för denna typ av projekt.

Slutsatsen blir att de två senare byggandekategorierna idag har lite gemensamt med Lean Production-filosofin framförallt pga. sin unika, projektlika och komplexa natur. En utveckling i riktning mot miljonprogrambyggandets massproduktionskaraktär med dess brist på kundfokus, marknadsanpassning m.m. är inte heller en framkomlig väg framåt. Enligt Winch bör i stället dessa båda typer av byggnation baseras på den utvecklade ”project management”-metodiken med dess hantering av komplexa system med hjälp av integrerande ”project management team” (Winch, 2003).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Allmänt sett är möjligheten att bygga till lägre kostnader med bibehållen eller ökad kvalitet större ju senare kunden träder in i processen. Men samtidigt medför en sen entré i processen ett minskat produktutbud och minskad möjlighet för kunden att påverka slutprodukten. Det är därför inte märkligt att vi i den mest standardiserade byggsektorn – produktion av enfamiljshus – hittar de industrialiserade produktionsprocesser som mest liknar bilindustrin (Gann, 1996).

Den principiella skillnaden mellan Winchs olika produktionsstrategier kan sägas utgå från två olika kännetecken: en unik eller återkommande process och en låg eller hög produktvolym. Dessa kännetecken kan åskådliggöras i en matris som kategoriserar olika sorters byggande enligt nedan:

		Process occurrence	
		Unique	Recurring
Product volume	Low	A	B
	High	C	D

Figur 3.4 Projekt kategorier inom byggandet med avseende på processupprepning och antal byggda hus (Robertson & Ekholm, 2006).

Kategori A: Monumentalliknande byggnation som ambassader och kyrkor med mycket speciella krav (Winchs "Större byggprojekt")

Kategori B: Standardbyggnader t.ex. hallbyggnader för shoppingcentra och fabrikslokaler med icke-unika processkrav (Winchs "Husbyggande byggnation")

Kategori C: Starkt platsanpassat flerbostadsbyggande (Winchs "Husbyggande byggnation")

Kategori D: framförallt kataloghus från husfabriker men numera också en del flerbostadshus producerade i en mer eller mindre industrialiserad fabriksmiljö (Winchs "Småhus byggnation" eller "Husbyggande byggnation").

3.4.3 Två sorters byggande

Ungefär samtidigt som Lean Construction-begreppet för byggsektorn växte fram startade i flera västeuropeiska länder, exempelvis Storbritannien och Sverige, en genomlysning av det egna landets byggsektor orsakat av att det kommit fram många varningssignaler om att byggindustrin inte verkade ha utvecklats produktivitetmässigt likt annan industri mot bl.a. högre kvalitet och lägre priser (Egan, 1998; SOU, 2002). Som en följd av dessa olika typer av utredningar men

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

också till följd av en annalkande arbetskraftsbrist började intresset växa för hur man löst byggbranschens problem inom annan tillverkande industri. Inte minst var intresset stort för bilindustrin och dess utveckling varför Lean-tänkandet blev ett område som började formuleras och utvecklas också för byggsektorn bl.a. genom framväxten av IGLC (International Group for Lean Construction) och Lean Construction Institute. En annan effekt av denna genomlysning och omvärdering av byggbranschen kan man säga var framväxten av ”husfabriker” för produktion av flerfamiljshus (Skanskas Moderna Hus, NCC Komplet, Open House, BauHow m.fl.).

Medan diskussionen inom Lean Construction-kretsar utgick från och utvecklades kring hur det traditionella bostadsbyggandet skulle kunna förstås och effektiviseras utifrån sina egna förutsättningar, utvecklades ”husfabrikerna” mer utifrån ett koncept där så mycket som möjligt av produktionen skulle ske inomhus under ordnade traditionellt industrilika former och så lite som möjligt, dvs. i princip bara montaget, skulle ske ute på den oberäknliga byggplatsen.

På detta vis kom ”husfabrikerna” att hämta mycket av det Lean Production-kunnande som utvecklats inom den tillverkande industrin, speciellt bilindustrin, medan utvecklingen bland Lean Construction kretsar varit ifrågasättande till Lean Production-metodikerna och dess applicerbarhet på byggbranschen varför man nu håller på att i princip utveckla en ny produktionsfilosofi dock med flera fundament kvarstående från Lean Production-konceptet (Bertelsen & Koskela, 2004).

Påpekas bör också att medan diskussionen utvecklas och förs öppet i olika Lean Construction-fora så utvecklar ”husfabrikerna” var och en egna koncept med en klart begränsad insyn från utomstående varför det kan vara problematiskt att uttala sig kategoriskt om denna typ av byggande.

Sett med Winchs ögon (Winch, 2003) skulle man kunna säga att ”husfabrikerna” processmässigt kan kategoriseras in som ”Småhus byggnation” med en strävan att kunna erbjuda så mycket variation i slutprodukten huset att kategoriseringen bör kunna utvecklas från ”Tillverkning på prognos” till ”Tillverkning på beställning” inkl. anpassning .

Motsvarande kan Lean Construction-tänkandet idag kategoriseras som antingen ”Husbyggande” eller ”Större byggprojekt” beroende framför allt på dess komplexa natur.

Som senare ska föreslås i denna avhandling innebär detta att ”husfabrikerna” därmed korrekt beskriver sin process som industriellt byggande medan huvuddelen av ett utvecklat byggande inom kategorin ”Husbyggande” och allt byggande inom kategorin ”Större byggprojekt” i detta sammanhang lämpligen bör benämnas industrialiserat byggande, dvs. ett byggande som måste hantera en mycket annorlunda verklighet i form av ett komplext och oberäkneligt projektbyggande ute på en byggarbetsplats.

Bertelsen (2004) uttrycker på ett liknande sätt att de två strategier byggbranschen kan välja för att komma till rätta med de säregenheter byggbranschen traditionellt har, framför allt dess komplexa natur, är att antingen välja en utveckling mot ett **produkttänkande** eller mot ett **processtänkande**. Annorlunda uttryckt innebär detta att antingen reduceras byggandets komplexitet så att principerna från den traditionella tillverkningsindustrin kan användas eller utvecklas nya metoder för att planera och kontrollera byggprocessen och dess komplexa natur. I praktiken innebär produktstrategin att man överför mer och mer arbete från byggarbetsplatsen till fabriksmiljö varvid platsbyggandet reduceras till ett montagearbete medan processtrategin innebär att man utvecklar på-platsen byggandet. Vidare skriver Bertelsen (2004) att produktstrategin inte innebär att man behöver gå ifrån enstycksbyggande utan den stora vinsten är att man kan efterlikna den traditionella tillverkningsindustrins utvecklade processer, och därmed minska komplexiteten avsevärt, tack vare en starkt ökad användning av systembyggande med förtillverkade enheter.

Processtrategin däremot innebär ett behov av att lära sig leva med komplexiteten – den unika produkten, den odokumenterade produktionsprocessen, det temporära produktionssystemet, underentreprenörer som parallellt arbetar på flera byggprojekt samtidigt, den temporära organisationen med ständigt nya aktörer, kundens olika skepnader (kund, slutkund, samhälle), förseningar, ofullständigt projekterade ritningsunderlag, dåligt projekterade lösningar ur byggbarhetssynpunkt, parallellgående aktiviteter, vädret m.m. Genom att vara varse komplexiteten och ständigt försöka hantera, reducera och få kontroll över den kan man bemästra svårigheterna med denna typ av byggande.

3.4.4 Lean Construction

Lean Production-filosofin utvecklades som tidigare nämnts under flera decennier på Toyotas bilfabriker i Japan som Toyota Production System (TPS) och blev i väst känt under namnet Lean Production. Produktionsfilosofin har effektiviserat bilindustrin över stora delar av världen och har därefter spritts också till andra delar av tillverkningsindustrin. Relativt tidigt startade också en diskussion om Lean-tänkandets applicering på och möjlighet att effektivisera byggbranschen med

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

alla dess säregenheter. Därmed utvecklades Lean Construction-begreppet. Som övergripande idé gäller det att öka effektiviteten i byggandet genom att ständigt eliminera all form av slöseri.

Den kanske mest kända metodutvecklingen inom Lean Construction-området är framtagningen av ”Last Planner System” (LPS) som ett effektivt sätt att hantera det s.k. flödet i byggprocessen och därmed kunna använda projektformen på byggarbetsplatsen med dess komplexitet och oberäknelighet (Ballard, 1994; Ballard, 2000b). ”Last Planner System” är således ett planeringsverktyg som baseras på en hierarki av fyra olika planeringssätt:

- Huvudtidplan (”Master Schedule”) (listar alla aktiviteter under hela projektet)
- Produktionstidplan (”Look-ahead planning”) (listar aktiviteter som behöver/kan utföras inom 5-8 veckor)
- Rullande tidplan
- Veckotidplan (”Last Planner”).

”Last Planner System” togs fram som en reaktion på studier som visat att bara omkring hälften av de aktiviteter som planerats i en veckoplan på en byggarbetsplats av olika skäl blir verkställda. Andra kännetecken för ett LPS system är

- användningen av kontinuerliga förbättringar för att effektivisera både produktionen och planeringen
- engagemang och aktiv medverkan från de olika byggyrkeskategorierna
- användningen av PPS (”percent plan completed”) varje dag för att indikera hur väl man följer tidplanen.

Visuell planering är ett annat försök tillämpat bl.a. hos PEAB med målsättningen att effektivisera processerna genom att implementera en modell ursprungligen från Toyota i Japan där man utvecklat en metod för att reducera ledtiderna. Det övergripande syftet är att ”sätta fokus på arbetsinnehållet och prioriteringarna för varje individ, såväl som det övergripande projektet.” (Väg- och Vattenbyggaren, 2006). Metoden anses ge stöd för utvecklingen av teamwork hos de medverkande genom att för alla medarbetare på exempelvis arbetsbodsväggarna visualisera planer ofta i form av post-it lappar, dvs. ett sorts diskussionsverktyg där mål och planer synliggörs. En daglig uppföljning möjliggör en snabb feedback och en

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

koppling mot varje individ. Metoden har använts både i produktionen och i projekteringsarbetet men störst effekt har den fått i projekteringsarbetet.

En mer teoretisk grund i Lean Construction-tänkandet utgör TFV-teorin ("Transformation-Flow-Value") (Koskela, 1992). Koskela sammanfattar och föreslår olika principer för hur man kan förbättra flödet i byggprocessen. Produktionen ses här nästan i Taylors anda som:

- dels ett antal transformationer som kan brytas ned till elementära transformationer eller arbetsuppgifter som effektivt kan styras
- dels ett flöde av bl.a. byggmaterial och information med olika former av väntetider, förflyttningar, inspektioner m.m. Avgörande för en flödesoptimering är att minimera dessa typer av flöden
- dels ett antal värdeskapande aktiviteter för att uppfylla kundens önskemål. Icke-värdeskapande aktiviteter ska minimeras.

Allmänt sett kan man annars beskriva Lean Construction-konceptet som ett sätt att skapa mervärde för kunden och effektivisera det traditionella byggandet genom att optimera resursutnyttjandet och öka kvaliteten. En huvudprincip vid planering av allt arbete är då att maximera värdet för kunden bl.a. genom att minimera slöseriet i processerna i form av väntetider, överproduktion, ineffektiva arbetsmetoder m.m. Värdemaximeringen ska ske genom ett helhetstänkande för hela värdekedjan dvs. för såväl planerings- och projekteringsfasen, för produktionsberednings- och produktionsfasen men också för driftsfasen.

3.5 Andra trender inom dagens byggande

3.5.1 Nya affärsmodeller

Traditionellt har byggbranschen haft en rad olika typer av upphandlingsformer anpassade till olika yttre förhållanden och olika sätt att se på de egna rollerna som beställare och utförare. Många traditionella upphandlingsformer av entreprenader skiljer sig åt beroende på beställarens roll i entreprenaden från en mycket delad entreprenad där beställaren har stort samordnings- och upphandlingsansvar även av projekteringsarbetet till totalentreprenadformen där beställaren "bara" ansvarar för ett mer eller mindre utvecklat anbudsunderlag och upphandlingen av totalentreprenören. Olika upphandlingsformer gör det möjligt att i olika snabb grad starta ett byggprojekt vilket i en del fall kan vara avgörande för beställaren. Normalt tar beställaren över byggnadsverket direkt efter färdigställandet men entreprenadformer/affärsmodeller som t.ex., funktionsentreprenader, med ett

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

utökat funktionsansvar i driftsfasen, har börjat användas för att säkerställa en god funktion, rimliga driftskostnader och ett ökat ansvarstagande från entreprenören. I tidigt upphandlade totalentreprenader, s.k. förhandlingsentreprenader är det vanligt att de två aktörerna (beställaren och entreprenören) delar på eventuell vinst vid underskridande av ett på förhand avtalat tak. Upphandling av konsulter och material av beställare eller entreprenörer skiljer sig dock från dessa entreprenadupphandlingar.

Vid ett utvecklat effektiviserat byggande i industrialiserade former, beskrivet nedan, är ett av grundkraven att de olika byggaktörerna måste samarbeta och leverera ett optimerat helhetsåtagande till kunden. Det innebär att vissa av de upphandlingsformer som förekommer idag främst de s.k. utförandeentreprenaderna kommer att få svårt att motivera sin existens, åtminstone vid nybyggnadsprojekt och på det sätt de bedrivs idag. Att arbeta med en upphandlingsform där inte entreprenörens kunnande tas tillvara i hela processen och där mycken möda från de olika aktörernas sida läggs på att hitta fel i underlag och utfall också mot de egna medaktörerna ligger knappast i linje med en utvecklad effektiviserad byggprocess.

Ett gemensamt ansvarstagande för slutprodukten från de olika parternas sida måste vara ett krav man kan ställa på nya entreprenadformer. Av den orsaken behöver parterna på utförarsidan (konsulter, entreprenörer och leverantörer) ha en utvecklad samverkansform typ en partnering/IPD-modell med samverkan på längre sikt från projekt till projekt, dvs. en affärsmodell snarare än en entreprenadform. Ett funktionsansvar för driften och längre garantitider gynnar också ett ansvarstagande för slutprodukten. Dessa team av konsulter, entreprenörer, leverantörer m.fl. behöver då utveckla en gemensam strategi för sitt byggande i form av olika processplattformar. För att slutligen kunna använda sitt kunnande i det projektlika byggandet är någon form av utvecklad totalentreprenad en rimlig affärsmodell.

3.5.2 Partnering

Partnering som samverkansform mellan olika parter i byggprocessen har under ett fåtal år blivit så vanligt förekommande att den bör beskrivas som en vedertagen arbetsprocess (Fernström, 2007). Partneringutvecklingen inom den traditionella byggbranschen föranleds bland annat av den inte sällan förekommande bristen på förtroende mellan leverantör och kund i byggsektorn. Detta förtroendegap riskerar leda till kvalitetsbrister och suboptimering i byggprojekten då de enskilda aktörerna i stort agerar för att maximera den egna nyttan på bekostnad av helheten. Andra förhållanden som påverkar trenden mot mer partnering inom byggandet orsakas av faktorer som:

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- den alltmer komplexa slutprodukten
- kortare byggtider (Fernström, 2003) .

NCC som arbetat mycket med partnering har tagit fram följande definition: *”Det ledningssätt som används mellan beställare och leverantör, för att enligt avtal, samverka och ömsesidigt informera varandra i syfte att uppnå ett bättre resultat i projektet.”* (Byggindustrin, 2008)

Tanken är alltså att involverade nyckelaktörer redan under tidiga skeden av ett byggprojekt gemensamt planerar och under projektets gång löser problem och drar gemensamma slutsatser för att på bästa sätt leverera det kunden beställt. Partnering blir en slags motvikt till och ett sätt att överbrygga alla de problem vi ser orsakade av den fragmentering och specialisering som finns mellan de olika aktörerna i byggsektorn. Partnering är således ett arbetssätt med aktivt relationsbyggande mellan byggandets olika parter för att undvika konflikter, minska tidsfördröjningar och sänka kostnaderna. Eller uttryckt på följande sätt: partnering är inte någon ny entreprenadform, utan ett sätt att samverka som bygger på öppenhet, förtroende och tillit där alla inblandade i projektet arbetar för kundens bästa (Fernlund, 2003).

NCC:s erfarenhet av partnering är att man erhåller bättre lösningar och att kundens behov bättre uppfylls. Man tycker dessutom att man får en bättre ekonomisk styrning av byggprojektet (Byggindustrin, 2008).

Partnering begreppet är inte entydigt och vi ser idag följande trender i dagens partnering:

- övergång till strategisk partnering med samverkan från projekt till projekt på bekostnad av den traditionella partneringmodellen för varje enskilt projekt (projektpartnering)
- yrkesarbetare och installatörer involveras i partneringsteam
- effekter av partneringutvecklingen är ökad framtagning av LCA-analyser och ökat fokus på drift- och underhållskostnader (Fernström, 2007).

Man brukar skilja på projektpartnering, som avser samarbete mellan parter i enstaka projekt, och strategisk partnering, som avser kontinuerligt samarbete mellan flera parter under en längre period. Strategisk partnering innebär alltså en början på mer långsiktiga samarbeten där olika partnering-team konkurrerar med varandra om de bästa lösningarna, likt arkitektävlingar, för att få göra flera återkommande projekt för byggherren.

Wästbyggs samarbete med McDonald är ett exempel på strategiskt partnerskap där man byggt över 100 restauranger sedan 1995. Man har härvid avsevärt sänkt både byggkostnaden (20 procent) och förkortat arbetstiden (från 16 till 8 arbetsveckor). Också Arconas Lean Construction-modell där man under ett antal år samarbetat med BSK arkitekter, Energo konsult m.fl. aktörer i olika byggprojekt är också exempel på strategiskt partnerskap.

En något mer utvecklad form av partnering är de IPD-team ("Integrated Project Delivery") som gemensamt tar byggkontrakt med beställaren, dvs. man använder sig inte av de traditionella entreprenadformerna. Alla betydande aktörer som arkitekt, konsulterande ingenjörer, olika sorters entreprenörer ingår i teamet och har inbördes kontrakt som reglerar deras verksamhet. Man arbetar gemensamt för de uppsatta projektmålen genom god kommunikation i teamgruppen och delar på vinsten. Man verkar för att utveckla sig från projekt till projekt och se affärsidéer i samverkansformen. IPD utvecklades av AIA (American Institute of Architects) och är anamnad inom Lean Construction-kretsar som en effektiv och utvecklande samverkansform. (Matthews, O. & Howell, G., 2005).

3.5.3 Systembyggeri

Med systembyggeri menas ett byggande med sammansatta, komplexa och multiteknologiska komponenter eller systemprodukter utvecklade av systemleverantörer (Mikkelsen et al, 2005). Det är inte fråga om standardprodukter sammansatta genom ett massproduktionstänkande, som det var frågan om under miljonprogramsutbyggnaden. Det är i stället konfigurerbara och modulariserade byggkomponenter som inom vissa gränser kan tillfredsställa olika byggherrars/kunders varierande behov, dvs. i princip ett utvecklat byggande efter "mass customization"-principer. Genom att variationen är begränsad att gälla inom vissa bestämda gränser och till vissa bestämda värden kommer antalet kombinationer av möjliga lösningar att begränsas vilket är ett avgörande villkor för att kunna rationalisera tillverkningen och montaget.

Vidare utmärks systembyggeriet av att systemleverantören ofta ansvarar för både leverans och montage på byggplatsen antingen själv eller genom auktoriserat ombud varvid han därmed också tar ett helhets- och kvalitetsansvar för såväl leverans, montage, garanti och service.

Idag finner vi systemleveranser till byggarbetsplatser i form av prefabricerade stål- och betongstommar, färdiga badrum och fläktrum, utvecklade ventilationssystem av konceptkaraktär, undertak m.m. Man kan säga att man inför ett tydligare helhets- och produkttänkande i byggsektorn genom ökad användning av

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

systembyggeri inom det traditionella byggandet. Med ökat antal systemleveranser till byggnationer får samtidigt, även i det projektlika utvecklade traditionella byggandet, en allt större andel delprodukter som produktutvecklats separat från produktbestämningen.

Systembyggeriet bygger på den utveckling det industriella byggandet haft med tre distinkta utvecklingsfaser (Russel, 1981):

- standardisering av ingående material för att möjliggöra korrekt information om sammansättning, toleranser, funktion och andra egenskaper
- förtillverkning av sammansatta delar för att minska kostnader och öka tillverkningshastighet och kvalitet
- systembyggandet som utvecklades framförallt under 1950- och 60-talen med karakteristika som standardisering, förtillverkning, måttamordning och nya samverkansformer.

Skillnaden mellan dagens systemleveranser och de leveranser som skedde under miljonprogrammets dagar är den betydligt större variation och anpassningsmöjlighet dagens leveranser har till omgivande byggnadsdelar. Dagens tillverkare av systemleveranser har anammat det utvecklade ”mass customisation”-tänkande för den enskilda systemleveransen som tillverkningsindustrin med sitt Lean production-tänkande använt sig av under flera decennier.

Man skiljer på enskilda mindre systemprodukter på komponent- eller elementnivå som är noggrant specificerade för att kunna ingå i många olika konstruktionslösningar och rent systembyggeri med större kompletta systemlösningar baserade på fasta eller låsta byggkoncept. Man kan här tala om ett öppet (systemprodukter) respektive slutet Lösningssrum (systembyggeri). Systemprodukterna har därmed en mer flexibel gränssyta som kan anpassas till andra byggkomponenter. Traditionellt murverk är urtypen för en systemprodukt som kan anpassas på många olika sätt till andra byggnadsdelar medan ett färdigkonfigurerat badrum som följer vissa principer kan representera en mer låst systemleverans som har betydligt fler restriktioner i sin anpassning till andra byggelement (Mikkelsen et al, 2005).

Produktbestämningen allmänt sett av systemleveranser sker i sin utvecklade form genom en IT-konfigurerings där man genom inmatning av projektspecifika indata erhåller en anpassad förkonfigurerad produktbestämning inkluderande bl.a. en dokumentation färdig att använda för montaget på byggplatsen. Man skulle kunna

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

säga att man återanvänder gamla färdigprojekterade lösningar. Man får en ”mass customization”-anpassad produktbestämning inom vissa givna gränser.

Den stora fördelen med systembyggnation allmänt sett är att man jämfört med hur det ser ut i den traditionella byggindustrin tidigarelägger produktutvecklingen separat från byggprojektet. När den traditionella byggindustrin produktutvecklar gör man det i de enskilda projekten parallellt med produktbestämningen med de konsekvenser det för med sig i form av allmänt sett en låg grad av utvecklingsarbete och stor risk för felaktigheter. Genom att lägga produktutvecklingen för nyckelleveranser i en separat process kopplad till tillverkningen av systemleveransen och med ett helhetsansvar hos en aktör finns potential att få en klart bättre produktbestämning och slutleverans till beställaren.

3.6 Definition av Industriellt/Industrialiserat Byggande

Byggnadskostnadsdelegationen (SOU, 2000) konstaterar i sin utredning att industriellt byggande kan vara en väg att utveckla för att komma till rätta med byggbranschens problem. Man skriver att *en starkare övergång till industriellt byggande är gynnsam för god kvalitet och låga kostnader, då detta ökar möjligheten att bättre styra processerna inom värdekedjan och kontrollera resultaten. En övergång till industriellt byggande bör därför även förstås som en övergång till mer rationellt samordnade processer, inte som en övergång till ny byggteknik, även om detta kan vara konsekvenser eller förutsättningar.*

Adler (2005) definierar det industrialiserade byggandet på följande sätt: *Med öppet och industrialiserat byggande avses idag den integrerade och systematiska tillämpningen och utbytet av produkter, tjänster och information mellan byggandets parter inom ett lands gränser – och även internationellt, mellan länder och regioner med påtagliga olikheter i byggnäringens struktur.*

Tidigare under miljonprogrammets dagar hade man enkelt definierat industrialiseringen av byggandet som en *förflyttning av tillverkningen av byggnadsdelar från byggarbetsplatsen till fabriker och verkstäder, där de framställdes med olika metoder för masstillverkning* (Adler, 2001). En förutsättning var standardisering av förtillverkade byggnadsdelar och montage av måttamordnade byggelement till byggnader. Produktiviteten i byggandet skulle då öka genom ett minskat behov av arbetskraft, minskad materialåtgång och kortare byggtider (Adler, 2001).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Adlers nya och mer utvecklade, om än bristfälliga och inte speciellt detaljerade definition ovan, ska ses som en reaktion mot miljonprogrammets förtillverkningsbyggande och försök till standardisering av hela hus. Adler (2001) skriver själv att han ser denna definition som ett sätt att *befria verksamheten från systembundenhetens tyglade inskränkningar och öppna den för en livsbejakande och människovänlig miljöutformning genom integrering av industrialiserad tillverkning, rationaliserat hantverk och öppen informationshantering*. Han vill alltså att det öppna och industrialiserade byggandet ska karakteriseras av *anpassbara byggmetoder och flexibla tillverkningsmetoder*.

Den öppna informationshanteringen bör, enligt Adler (2001), ske genom *jämförande bedömningar av olika tillverkares produkter i byggprocessens tidigaste skeden*. Härmed kan byggandets olika aktörer *utforma byggnader med de möjligheter tekniken erbjuder*. Förutsättningen härför är dock dels att *producenterna informerar om produkternas egenskaper, deras möjligheter och begränsningar*, dels att *projektörerna behärskar projekteringen med standardiserade komponenter och ett begränsat antal projektspecifika byggnadsdelar*.

Att notera är att Adler använder begreppet industrialiserat byggande och inte industriellt byggande. Adler för ingen diskussion om skillnaden mellan dessa båda begrepp, men med en semantisk syn på det hela kan man allmänt sett tolka begreppet industriellt byggande som ett utvecklat ultimatum byggande som uppnått alla de kännetecken man ställer upp för en industriell process medan det industrialiserade byggandet är ett traditionellt byggande som kommit en bit på vägen mot ett industriellt byggande.

En annan tolkning av de båda begreppen, likt uppdelningen av byggandet ovan i olika kategorier enligt Winch och Bertelsen, är att industrialiserat byggande är ett byggande som utvecklats och effektiviserats så långt det är möjligt för den typ av byggande som till stor del karakteriseras av flexibilitet, unikheter och projektanpassning medan industriellt byggande är det ultimata byggandet för den idag relativt lilla andel byggande som sker mer i produktliknande former likt bilindustrin och tillverkningsindustrin, motsvarande det vi benämner husfabriksbyggande.

Industrialiserat byggande kan då representeras av Winchs projektkategorisering av typen "Idé på beställning" eller "Utformning på beställning" men med en strävan att integrera projekteringen med produktionen. För dessa strategier lämpar sig

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

styrningsformen Project Management som hanterar den typ av komplexa processer det handlar om (Lessing et al, 2005a).

Industriellt byggande däremot *karakteriseras av att byggandet genomgått ett paradigmskifte och har radikalt annorlunda struktur jämfört med den idag rådande byggprocessen, genom att den styrs och utförs utifrån tydligt definierade parametrar och att såväl projektering som planering och produktion integreras och sker utifrån helt andra principer och metoder än i dagens byggprojekt. Industriellt byggande kan placeras i kategorin "Tillverkning på beställning" (Make to Order). För bostadsbyggande med denna strategi är det viktigt att kundkrav och kvalitet ges hög prioritet och balanseras mot krav från produktionen. För industriellt byggande bör produktionsfilosofin Lean Production och dess vidareutveckling Mass Customisation vara lämpliga modeller att arbeta efter* (Lessing et al, 2005b).

Olofsson et al (2004) menar att ett industriellt/industrialiserat byggande (båda begreppen används) är ett byggande där produkten modulariseras så att den balanserar kundanpassning mot produktionseffektivitet och där processen för att producera produkten ständigt förbättras så att värdet maximeras och slöseri minimeras.

Tarandi (2005) menar att: *för att vi ska kunna tala om ett industriellt byggande fordras att produktutveckling, produktivitetsutveckling och processutveckling bedrivs integrerat och på ett sådant sätt att man når skalfördelar i en repetitiv och högt utvecklad process. Detta är viktiga delar i ett industriellt byggande som kan hållas samman till en enhet av informations- och kommunikationsteknologin (ICT).*

Unger (2006) ser det industrialiserade bostadsbyggandet som *dels ett rådande utvecklingsstadium, som förändras över tiden och dels som en organisatorisk kompetens. Industrialisering är ett resultat av en pågående utveckling i byggindustrin, både genom kunskap som är utvecklad inom branschen och genom kunskap som är utvecklad på andra ställen.*

I en artikel i Bygg och Teknik (Lessing et al, 2005a), togs fram en utvecklad definition med egenskapskrav på ett framtida tänkt industriellt byggande av bostäder. Industriellt byggande definieras här på följande sätt: *Med industriellt byggande avses en integrerad tillverknings- och byggprocess med genomtänkt organisation för effektiv styrning, beredning och kontroll av ingående resurser, aktiviteter och resultat med hjälp av användning av högfärdlade komponenter.*

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Egenskapskraven som tillsammans med definitionen ovan utgör grunden för det industriella byggandet är att den genomförande organisationen har en avancerad och utvecklad metodik för:

1. Beredning, styrning, och kontroll av tillverkning och montage.
2. Utformning av standardiserade byggsystem och tekniskt plattformstänkande.
3. Samverkan mellan aktörerna i processen.
4. Kundfokusering och betoning av de tidiga skedena.
5. Integration av logistik- och inköpsprocesser.
6. Användning av informations- och kommunikationsteknologi.
7. Montagebyggande med högförädlade komponenter och begränsad platstillverkning.
8. Aktiv erfarenhetsåterföring och prestationsmätning.

Lessing et al (2005b) och senare Lessing (2006) utvecklade och reviderade denna definition och dess egenskaper ytterligare så att skrivningen blev mer stringent till sin karaktär och ändrade definitionen till: *Industrialiserat husbyggande är en genomtänkt utvecklad byggprocess med en anpassad organisation för effektiv ledning, planering och kontroll av de ingående aktiviteterna, flödena resurserna och resultaten för vilka högt utvecklade komponenter används för att leverera maximal kundnytta.*

Egenskapskrav:

1. Planering och kontroll av processer
2. Utvecklade tekniska system
3. Förtillverkning av byggdelar
4. Långsiktiga relationer mellan aktörer
5. Supply chain management integrerat i byggprocessen
6. Utvecklat kundfokus
7. Utnyttjande av informations- och kommunikationsteknologi
8. Systematisk kunskapsåterföring och mätning av prestationer.

Apleberger et al (2007) var förmodligen de första att öppet publicera en tudelad karakteristik av de båda begreppen. De föreslog följande definitioner baserade på var och med vad byggandet sker:

Industriellt byggande:

Tillverkningsprocesser som sker i sluten industriell miljö, endast montagearbeten sker på byggplatsen.

Industrialiserat byggande:

Bygg- och planeringsprocessen drivs enligt industriella principer med bland annat användning av förtillverkade komponenter men en övervägande del av produktionen sker på byggplatsen.

3.7 Slutsatser

I ovan redovisade försök till definitioner av ett industriellt/industrialiserat byggande, utom den sista, specificeras inte vilken typ av byggande man beskriver och vill utveckla mot industrialisering utan man väljer en mer generell beskrivning. Med den bakgrund som beskrivits i delkapitlet ”Byggbranschen som produktionstyp” (kapitel 3.4) så måste det anses viktigt att, likt Winch m.fl., göra åtskillnad mellan olika typer av byggnadsproduktion eftersom tillvägagångssättet för att effektivisera och industrialisera dessa olika produktionstyper måste vara olika. Man kan se, inte Lean Production-systemet i sig, men väl det tänkesätt man där använt sig av för att nå fram till en metodik anpassad till bilindustrins särförhållanden som möjlig att använda också för att effektivisera och industrialisera byggnadsindustrin. Men då bör man ange vilken delbransch av byggandet man avser och försöka utveckla en anpassad definition därtill.

Bertelsen (2004) delar på ett snarlikt sätt in byggbranschen i sina motsvarande två kategorier produkttänkande respektive processtänkande. Inom produktkategorin ser man likt tillverkningsindustrin hela huset som en produkt man bjuder ut på marknaden för försäljning medan processtänkandekategorin innebär att allmänt utvecklade industrialiserade processer tagits fram för att systematisera arbetsmetoder, samordna inköpsarbete, utveckla tekniska plattformar m.m. på en nivå ovanför det projektspecifika uppdraget. Lean Production-tänkandet ligger nära den sorts byggande husfabrikerna står för medan de idéer Lean Construction-tänkandet står för passar bättre för en utveckling av det traditionella byggandet.

I dagens svenska byggande har utvecklade former av de båda kategorierna inte någon större omfattning men potentiellt kommer i framtiden både ett utvecklat industriellt husfabriksbyggande men framför allt ett utvecklat traditionellt industrialiserat byggande att vinna in. Det industriella husfabriksbyggandet kommer att vara beroende av systemleveranser i form av helhetskoncept på många sätt likt tillverkningsindustrins produktionsformer medan det industrialiserade

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

byggandet är avhängigt utvecklade leveranser i form av systemprodukter för att stödja standardiseringen av det fortsatta projektartade byggandet.

Det innebär att det behövs två olika definitioner gällande industrialiseringen av respektive produktionstyp vilka föreslås lyda:

Med industriellt byggande avses en genomtänkt utvecklad byggprocess med en anpassad organisation för effektiv ledning, planering och kontroll av de ingående aktiviteterna, flödena resurserna och resultaten för vilka högt utvecklade komponenter används för att leverera maximal kundnytta. Tillverkningen sker i en sluten industriell miljö med huvudsakligen montagearbete på byggplatsen.

Med industrialiserat byggande avses en integrerad, flexibel och projektorienterad byggprocess med anpassad organisation för effektiv ledning, planering och kontroll av ingående aktiviteter och med användning av utvecklade system, komponenter och projektspecifika byggnadsdelar för att leverera maximal kundnytta. Tillverkningen av utvecklade systemprodukter sker i en sluten industriell miljö. Montage av systemprodukter och produktion av övriga byggdelar utifrån utvecklade plattformar sker på byggplatsen.

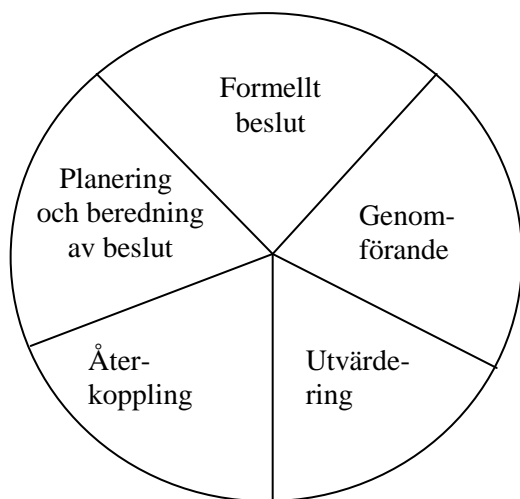
Den avgörande skillnaden mellan de båda utvecklade byggnadsformerna kan sägas vara att ett utvecklat industriellt byggande kännetecknas av en industriell process lik tillverkningsindustrin där en aktör styr och kontrollerar hela förloppet från start till mål medan det utvecklade industrialiserade byggandet övervinner fragmenteringen och problemen med alla olika aktörer genom att processmässigt effektivisera, systematisera och samordna rutiner. Inte minst viktig är här den informationsmässiga integrationen och samordningen.

De olika egenskaperna hos och förutsättningarna för ett industriellt respektive industrialiserat byggande gör att såväl produktbestämningen som informationshanteringen delvis kommer att se olika ut för de båda formerna av utvecklat byggande. Dessa aspekter behandlas i de två följande kapitlen i denna avhandling.

4 Produktbestämningssprocessen

4.1 Allmänt om bestämningssprocesser

Inom olika verksamheter i samhället där man ska bestämma sig för ett framtida agerande eller ändra i en verksamhet brukar man följa ett mönster som kan se ut enligt följande:

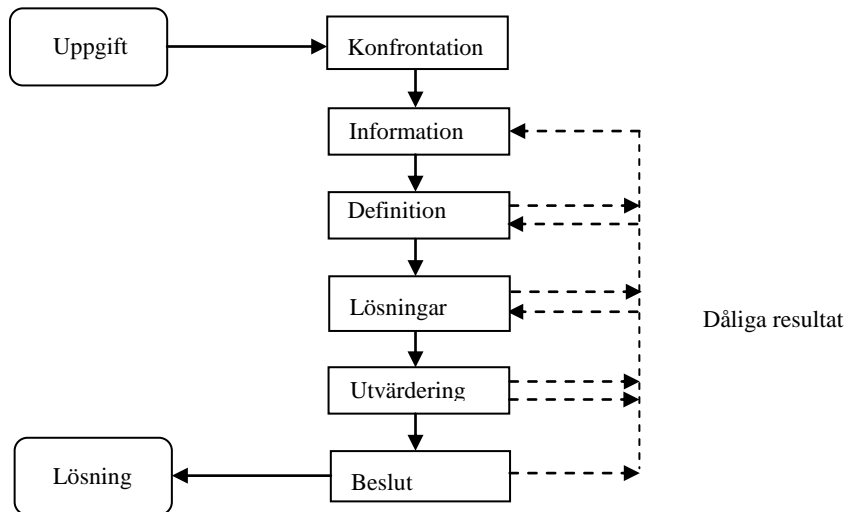


Figur 4.1 Beslutscirkeln, Bäck & Halvarson (1992).

Genom att planera verksamheten innan man tar beslut om genomförande och därefter utvärdera det hela kan man få feedback för att kunna justera verksamheten iterativt och därigenom få en allt effektivare gång.

Pahl & Beitz (2003) ser på ett liknande men lite mer metodiskt och detaljerat sätt bestämningssprocessen på följande sätt med karakteristiska ”utvärderingsloopar”:

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen



Figur 4.2 Generell process för att hitta lösningar (Pahl & Beitz, 2003).

Genom att aktivt konfronteras med vad man allmänt vet om problemet och genom att gå igenom all information även vad gäller liknande lösningar på snarlika problem kan man definiera problemet och dess avgränsningar. Därefter har man underlag att ta fram ett antal kreativa förslag som man utvärderar och slutligen kan bestämma sig för.

Ullman (2003) anger på ett liknande sätt olika basåtgärder för att allmänt sett lösa problem:

1. Förstå problemet
2. Planera hur problemet ska lösas
3. Förstå problemet genom att ta fram en kravspecifikation och se på liknande existerande problemlösningar
4. Ta fram alternativa lösningar
5. Utvärdera lösningarna genom jämförelser sinsemellan och med kravspecifikationen
6. Bestäm en lösning
7. Kommunicera resultatet.

4.2 Designprocesser

Designbegreppet används inte på samma sätt på det svenska och engelska språket. I Sverige har begreppet en snävare betydelse än dess engelska motsvarighet och avser ofta bara en produkts yttre uttryck ofta i form av dess utseende eller den image den utstrålar. Dess engelska betydelse är bredare och kan närmast översättas till produktutformning eller produktbestämning. I designbegreppet innefattas då områdena konstruktion, formgivning, projektering och utformning men också system- och organisationsutveckling (Lundequist, 1995). Under designskedet, motsvarande produktbestämningen, bestäms alltså produktens egenskaper.

Produktbestämningbegreppet ger då en mer korrekt bild av processen fram till färdiga handlingar inför produktionsstarten. Detta eftersom projekteringsbegreppet fått en betydelse av att inbegripa bara den senare delen av produktbestämningen dvs. att ta fram ritningar och beskrivningar.

Designbegreppet ses då som ett av stegen i slutprodukten livscykel som börjar med en beställning eller en ny idé. Man ser då slutprodukten som resultat av en process som dels innebär produktbestämning, dels konvertering av råmaterial till en produkt med allt högre värde ju längre fram i värdekedjan den befinner sig. Under designskedet kommer man alltså successivt att öka bestämningens grad på den kommande produkten. Olika aktörer och specialister kommer under designskedet in i ett samarbete för att gemensamt bidra till produktbestämningen.

Designskedet innebär att ett antal olika specialister samverkar för att skapa en optimal slutprodukt till beställaren. Då måste dessa specialister förstå vikten av att samarbeta vilket innebär att man kan se designskedet som en kreativ eller psykologisk process där personliga egenskaper som initiativförmåga, beslutsförmåga, ekonomisk förståelse, målmedvetenhet, optimism, samarbetsförmåga m.m. har stor betydelse för hur lyckad designprocessen blir (Pahl & Beitz, 2003).

Man kan också se designskedet som en optimeringsprocess för målsättningar och krav inom ramar som delvis kan stå i konflikt med varandra. Den lösning man då kommer fram till är gällande bara inom vissa specificerade ramar. Målsättningar och krav kan röra sig om hänsynstaganden till tekniska förhållanden, material, ekonomi, juridik, miljö och mänskliga frågor (Pahl & Beitz, 2003). Ibland hävdas att målsättningar, krav och ramar först måste lyftas fram och klarläggas så att problemställningen är entydigt formulerad innan design processen kan börja.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Ofta är emellertid målsättningarna i byggprojekt otydligt formulerade vilket innebär att designern i stället för att direkt förtydliga och lösa problemet ställer målsättningen i relation till liknande problemställningar framför allt från sin tidigare erfarenhet. Designern jämför då ”modeller” av tidigare problem och designlösningar med den aktuella problemformuleringen för att hitta relevant lösningsmetodik (Schön, 1983). Simon (1969) uttrycker det som att designern arbetar fram olika alternativa lösningar som sedan testas mot målformuleringen.

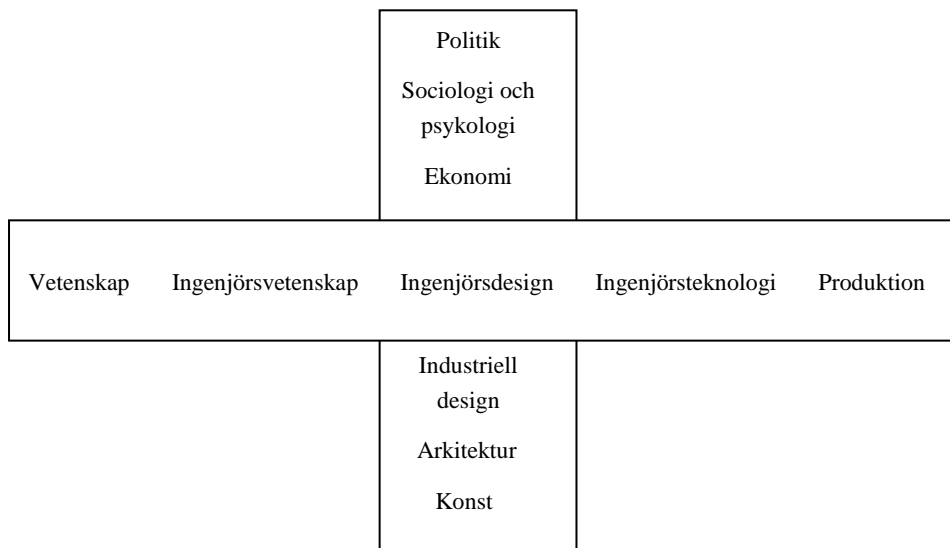
Design innebär alltså att man bestämmer egenskaperna hos en tänkt produkt. Denna egenskapsbestämning görs då inte på själva produkten utan på en tänkt modell av produkten, en artefakt. Designskedet inom husbyggande genomförs av ingenjörer, arkitekter, ekonomer, jurister m.fl. som är utbildade för att inte bara hantera rent naturvetenskaplig kunskap utan för att utforma artefakter. Design innebär en avvägning eller optimering av olika tekniska, ekonomiska, estetiska, ergonomiska, sociala och etiska krav. Medan naturvetenskaperna arbetar med hur naturen och omvärlden ser ut och fungerar och har ett problemorienterat angreppssätt så sysslar designern med hur omvärlden bör kunna se ut i framtiden och har då ett mer lösningsinriktat angreppssätt (Simon, 1969).

Produktens egenskaper i sin tur brukar man dela upp i attribut och relationer, där attribut står för olika egenskaper i form av geometriska data, materialdata, fysikaliska data osv, medan relationer står för olika delkomponenters olika slags kopplingar till varandra.

Förutom egenskaperna brukar man också i designbegreppet inbegripa bestämning av hur produkten ska tillverkas (tillverkningsmetodik, resursåtgång, process), hur produkten ska användas (drift, underhåll) och hur produkten ska återanvändas, destrueras eller liknande.

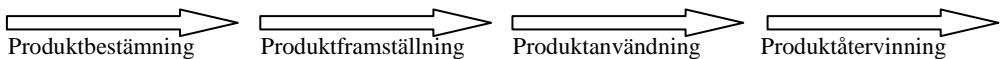
Sett i ett större sammanhang kan man se design som skärningspunkten mellan en kulturell och en teknisk kedja av aktiviteter enligt figur nedan.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen



Figur 4.3 *Ingenjörskonst (Dixon, 1966).*

Applicerat på byggsektorn inbegriper vi i design-begreppet både program- och projekteringsfaserna. Motsvarande ser vi produktbestämningen som första ledet i en produkts livscykel, varpå följer produktframställningen, produktanvändningen och produktåtervinningen enligt figur nedan.



Figur 4.4 *Traditionella processer för att ta fram, bruka och återanvända en byggnad.*

Allmänt sett brukar man skilja mellan olika delar av produktbestämningsskedena på följande sätt (Pahl & Beitz, 2003):

- Planering och klargörande av uppgiften — ett inledande utredningsskede där man klargör de krav man ska ställa på produkten
- Konceptskede — ett inledande översiktlig idé- och principskede där huvuddragen hos den framtida produkten fastställs genom att bestämma en huvudsaklig principlösning

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Systemskede — här fastställs produktens huvuddrag med hänsyn tagen till tekniska och ekonomiska krav
- Detaljskede — här bestäms produkten slutgiltigt in i detalj (materialval, möjliga produktionssätt, kostnadsberäkningar).

Slutprodukten från dessa fyra skeden skulle då vad beträffar den traditionella byggprocessen ungefär motsvara program-, förslags-, huvud- och bygghandlingsskedena.

Produktbestämningssprocessen kan ses som en form av informationshantering där man söker, bearbetar, lagrar och distribuerar relevant information (Lundequist, 1995). En alltmer utvecklad form av information i form av val, kriterier och fakta/data utgör då den röda tråd kring vilken hela byggprocessen kretsar. Informationsinnehållet ändrar karaktär under produktbestämningssprocessens gång från en mer översiktlig och systeminriktad information (Konceptskedet och Systemskedet) till en mer detaljerad information (Detaljskedet) med all relevant information om produktens materialegenskaper, mått, ytbehandling m.m.

En projektör måste naturligtvis ha grundläggande kunskaper inom sitt disciplinområde och måste rationellt och professionellt kunna göra olika val mellan olika teknikersystem och därefter tekniska detaljlösningar. Men projektören måste också kunna ta hänsyn till det intuitiva, erfarenhetsgrundade och skapande tänkandet – ett tänkande som inte så lätt låter sig uttryckas via rationella argument (Schön, 1983).

Hansen et al (2003) visar hur olika företags produkter specificeras olika mycket och på olika sätt innan företaget får sin orderbekräftelse från beställaren. Det vänstra området i figur 4.5 (till vänster om den sneda s.k. ”Order Specification Decoupling Line”) listar fyra olika produktbestämningsskategorier med avseende på hur utvecklat och långtgående produktutvecklingen varit vid framtagningen av de olika undersökta produkterna. Ju mer produktutvecklingsarbete som görs innan orderläggning desto mindre och enklare projektspecifikt design-arbete behöver göras efter orderläggning och vice versa. Å andra sidan minskar flexibiliteten i utformningen av produkten ju mer produktutvecklad och standardiserad processen görs.

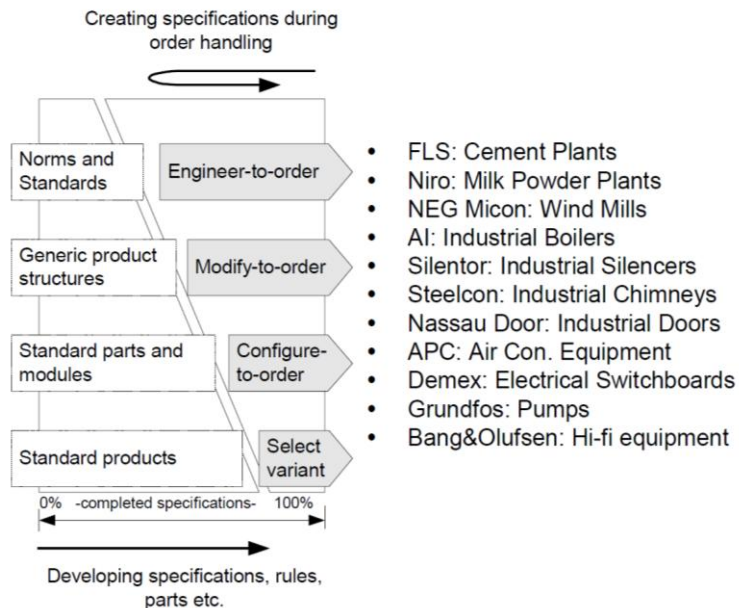
Följande produktkategorier listas i figuren:

- Projektera på beställning (”Engineer to Order”): här utförs en traditionell projektering utan tidigare genomfört produktutvecklingsarbete där hänsyn

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

bl.a. måste tas till krav och normer. All projektering äger huvudsakligen rum efter orderläggningen.

- Modifiera på beställning ("Modify to order"): utgående från företagets tidigare utvecklade generella processplattformar modifieras och anpassas produktbestämningen till den enskilda ordern. Man får då som effekt en effektiv och förenklad produktbestämning.
- Konfigurera på beställning ("Configure to Order"): olika utvecklade systemleveranser i form av förtillverkade standardkomponenter och modulariserade delar används för att ytterligare förenkla produktbestämningsarbetet i det enskilda fallet. Den enskilda ordern tas fram genom en enkel konfigurering av enskilda delar kopplade till varandra genom olika gränssnitt.
- Välja på beställning ("Select to Order"): här erbjuds kunden färdigutvecklade produktvarianter där kunden har att välja mellan ett antal olika varianter som till viss grad kan anpassas till kundens önskemål. Många konsumentprodukter finns bland dessa produktvarianter.



Figur 4.5 Nedlagt specifikationsarbete efter beställning hos elva företag (Hansen et al, 2003).

4.3 Produktbestämningen inom traditionellt byggande

Produktbestämningen resulterar i handlingar, framförallt i form av ritningar och beskrivningar, som gör det möjligt att bygga och förvalta den tänkta byggnaden. Utöver produktions- och förvaltningsaspekter ska produktbestämningen ske under hänsynstagande till samhälls- och brukaraspekter för att kunna omvandla byggherrens krav och idéer till en syntes av tekniska, funktionella och estetiska lösningar och krav. I den traditionella sekventiella och fragmenterade byggprocessen har själva produktbestämningen också fragmenterats i delar där varje projektör mer eller mindre nöjer sig med att lösa sina problem inom givna ramar.

Produktbestämningen delas traditionellt in i ett utredningsskede, ett programskede och ett projekteringsskede. Motsvarande handlingar från respektive fas benämns utredning, program samt förslags- och systemhandlingar, huvudhandlingar och bygghandlingar. Produktbestämningen ingår då i en kedja bestående av produktbestämning — produktframställning — produktanvändning, vilket dock ofta i vanligt tal något oegentligt benämns projektering — byggande (alt. produktion) — förvaltning (Svensk Byggtjänst, 1999). Denna kedja är till sin natur sekventiell men de olika momenten ligger i praktiken delvis omlott tidsmässigt av praktiska skäl.

Produktbestämningen inom byggsektorn kan ses som en process för att formge och tekniskt konstruera den tänkta byggnationen genom fyra delprocesser:

- Framtagning av förutsättningar och program med behovsspecifikationer och målformuleringar
- Utveckling av idéer och koncept, skisser, värdering av alternativ och förslag
- Samordning och bearbetning av arkitektoniska och tekniska egenskaper, systemval samt anpassning till produktionsteknik
- Redovisning för upphandling, produktion, driftsättning och användning (Stintzing, 2005).

Sett utifrån ovan kategoriserade produktutvecklingskategorier (Hansen et al, 2003) skulle dagens traditionella byggande av flerfamiljshus falla i kategorin Projektera på beställning ("Engineer to Order"), dock med vissa inslag av både Modifiera på beställning ("Modify to order") (återanvändning av gamla projekteringslösningar, viss användning av tekniska plattformslösningar) och Konfigurera på beställning

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

(”Configure to Order”) metodik (viss användning av konfigurerbara systemprodukter). I dagens traditionella byggande är således flexibiliteten hög då förhållandevis lite produktutvecklingsarbete är gjort i förväg. Det traditionella projekteringsarbetet blir då både komplext och omfattande.

Antalet fel i byggprocessen är en faktor som ofta har sin orsak i problem med dagens projekteringsprocess. Bygghögskolekommisionen (SOU, 2002) drar slutsatsen att obefintlig kommunal tillsyn över byggnationen, dåligt fungerande kvalitetsledningssystem hos entreprenörerna, svårtolkade ansvarsförhållanden mellan parterna och korta garantitider *leder till brister i konsulter och entreprenörers incitament att rita, beräkna, konstruera och bygga med en hög kvalitet*. Man konstaterar också att tiden som avsätts för projektering har minskat radikalt sedan 1970-talet då exempelvis arkitektarbetet motsvarande var dubbelt så omfattande tidsmässigt jämfört med hur det ser ut i dagens byggande. Noterbart är att under samma tidsrymd har kvaliteten på projekteringsarbeten sjunkit vad avser fullständigheten i de handlingar som tas fram. Antalet ofullständiga handlingar exempelvis i form av ritningar med LPP (”löses på plats”) markeringar har exempelvis ökat.

Upphandlingen av konsulter med ”lägst pris” som måttstock i stor omfattning kritiserar av Bygghögskolekommisionen eftersom mer genomtänkta lösningar som är till gagn för beställaren då sällan hinner tas fram. Speciellt som projekterings faktiska andel av den totala byggkostnaden är betydligt lägre än dess betydelse för densamma. (SOU, 2002). ”Lägst pris”-upphandlingar av konsulter ingår ofta som en följd av beställarens val av utförandeentreprenadformen för hela byggnationen. Utförandentreprenadformen med sin sekventiella struktur, genom en uppdelning i olika delåtaganden, brukar i sin tur ofta ses som en viktig bidragande orsak till byggsektorns fragmentering och ineffektivitet.

Den fragmenterade stafettloppsstrukturen inom produktbestämningen kan innebära att arkitekten överlämnar sin form- och planlösning till byggnadskonstruktören som i sin tur lämnar över sina tekniska lösningar till installationsprojektören som med ofta kraftigt begränsade möjligheter får hitta lösningar till sina installationer beroende på att arkitekten och konstruktören bestämmer sig för *sin* lösning utan större hänsynstagande till nästa aktör i kedjan. Ytterst kan det bli så att alla optimerar sina egna delar och ingen ser till helheten och slutkunden. En inte ovanlig effekt av detta stafettlopp är att produktionsaspekter exempelvis i form av byggbarhetsaspekter inte tas upp alls i projekteringsarbetet vilket får anses vara vanligt i många utförandeentreprenadformer (Stintzing, 2005).

Byggprocessen brukar bli mindre uttalat fragmenterad för funktionsentreprenader jämfört med utförandeentreprenader, speciellt om det sker i partneringliknande former. Här tvingas olika aktörer samman i tidiga skeden. Andra överväganden ligger dock också till grund för vald upphandlingsform. Funktionsentreprenadformen har många fördelar som stämmer överens med hur man ser på ett utvecklat byggande i industrialiserade former. Sett till det enskilda projektet kan dock beställare i en funktionsentreprenad känna osäkerhet inför att inte ha kontroll över och kunna styra projektet i detalj och därvid riskera att inte ha fått ut mesta möjliga för sina satsade pengar. Brukarkrav kan vidare vara svåra att tillfredsställa i funktionsentreprenader (Stintzing, 2005). Motsvarande kan också arkitektävlingar och s.k. parallella uppdrag ha svårt att inrymmas i funktionsentreprenadformen.

4.4 Produktbestämningen i ett utvecklat industriellt byggande

Sättet att ta fram en ny produkt inom ett utvecklat industriellt byggande liknar mer det sätt tillverkningsindustrin använder sig av än den traditionella byggindustrins mer projektlika produktbestämning. Tillverkningsindustrin har varit en stark inspiratör till utvecklingen av detta byggande. Produktutvecklingen är skild från såväl projektering/konfigurering som produktion och under stark central styrning. Genom ett helhetstänkande där alla relevanta aspekter vägs mot varandra är strävan att kunna erbjuda bästa möjliga slutprodukt till ett konkurrenskraftigt pris åt kunden. Likt tillverkningsindustrin utvecklar man då sin produkt i förväg i en separat process för att därefter kunna tillverka sin produkt, eller åtminstone varianter av den, ett stort antal gånger för att vinna serietillverkningsfördelar (Ekholm et al, 2008).

Nu kan man inte jämföra hustillverkning med tillverkning av många andra masstillverkade produkter typ enklare konsumentprodukter. Dagens slutkund/brukare nöjer sig ofta inte med en slutprodukt i form av ett specificerat kataloghus för en så stor och viktig affär som ett köp av nyproducerad villa eller bostadsrätt. Dagens slutkund vill kunna påverka utformningen. Husleverantören måste således tillåta slutkunden att göra olika relevanta val likt hur konsumenten kan sätta ihop sin tilltänkta nya bil på bilfabrikanternas hemsidor. Dessa olika val medför att ett relativt stort antal varianter måste vara möjliga att producera vilket kan vara produktionsmässigt mindre effektivt. Genom att utnyttja metodiken ”mass customization” i kombination med en avancerad informationshantering och flexibel produktionsteknik är detta dock möjligt. Likt bilindustrin kan kundvalen

presenteras i noga uttänkta ”paket” för olika kundgrupper för att minska antalet slutvarianter och därmed också minska komplexiteten och möjliggöra rimliga tekniska lösningar. Varje möjlig variant kan då vara in i detalj utvecklad och optimerad i förhållande till slutprodukten. Inget oväntat förväntas i princip hända utan hela produktionen löper enligt förutbestämda planer. Denna process har inte mycket gemensamt med den som gäller ute på byggarbetsplatsen vid traditionellt byggande (Ekholm et al, 2008).

Eftersom slutprodukten i princip är genomarbetad och bestämd i förväg genom de ramar, restriktioner och detaljlösningar som är inbyggda i det fastlagda byggkonceptet kommer själva ”projekteringen” eller konfigureringen av den enskilda byggnaden innebära att man på ett relativt enkelt sätt tar fram erforderliga bygghandlingar. Principiellt matchar man relevanta indata mot en inbyggd teknisk lösning anpassad till byggkonceptet och får därmed fram en entydig produktbestämning. Om slutprodukten i stället för en villa är ett flerfamiljshus blir den mer komplex och antalet tillåtna varianter totalt sett större vilket gör både produktutveckling och konfigurering mer komplex.

4.5 Produktbestämningen i ett utvecklat industrialiserat byggande

I det utvecklade projektlika byggandet med utvecklade effektiviserande och styrande processer har fragmenteringen mellan olika aktörer och olika processteg minskats genom bl.a. utvecklade upphandlingsformer mellan samordnade team av konsulter-arkitekter-entreprenörer-systemleverantörer som samverkar mot beställaren från projekt till projekt, s.k. strategisk partnering. En dylik upphandling möjliggör en mer integrerad produktbestämningsprocess där de olika aktörerna samordnar sina särkrav till en optimerad helhetslösning mot beställaren. Genom långsiktigt samarbete kan aktörerna utveckla sitt gemensamma koncept från projekt till projekt. Den partneringliknande samarbetsformen förutsätter utvecklande upphandlingsformer där teamen kan dra nytta av det koncept de arbetat med och efterhand utvecklat i ett antal tidigare byggprojekt (Kadefors, 2002; Mikkelsen et al, 2005).

Produktutvecklingen är till viss del skild från det enskilda projektet och dess produktbestämning genom användningen av ett antal systemprodukter. Dessa måste anpassas till det enskilda projektet genom en konfigurering där indata avvägs mot det inbyggda regelsystemet. Vi får därmed en produktbestämning för

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

en viss byggdel som är lik produktbestämningen inom tillverkningsindustrin (Mikkelsen et al, 2005).

Övriga delar av byggandet med anpassningar och speciallösningar för att byggnaden ska få den unika utformning som arbetats fram gentemot beställaren kräver ett mer utvecklat och krävande produktbestämningsarbete. Genom utvecklade tekniska plattformslösningar utan inslag av systemleveranser som den enskilde aktören arbetat med från projekt till projekt, kan man hantera många situationer. Dessa plattformslösningar kan bestå av en samling utvecklade typlösningar för den del av det utvecklade industrialiserade byggandet som inte kan ske med systemprodukter.

Genom det inledande arbetet med beställaren där de grova dragen i produktutformningen bestäms försöker man minska andelen rent projekteringsbyggande genom att erbjuda variabilitet och unika lösningar inom ramen för systemprodukts- och plattformbyggandet så långt det är möjligt.

4.6 Slutsatser

Dagens traditionella komplexa projektanpassade projekteringsprocess med alla dess kvalitetsbrister utvecklas i riktning mot anpassning av mer eller mindre förprojekterade delkomponenter av ”mass customisation”-karaktär till en byggnad. På detta sätt kommer leverantörer ta ett större ansvar för sin leverans och kvalitetssäkra sin process. Vi får då en förskjutning av design processen från ”Projektera på beställning”-metodik till en metodik någonstans emellan ”Modifiera på beställning” och ”Konfigurera på beställning” i det industrialiserade byggandet genom en övergång till frekvent användning av systemprodukter och tekniska plattformslösningar. I det utvecklade industriella byggandet genom utvecklingen av husfabriksbyggandet i form av ett byggkoncept av helhetskaraktär, får vi en förskjutning mot ”Välja på beställning”-metodik.

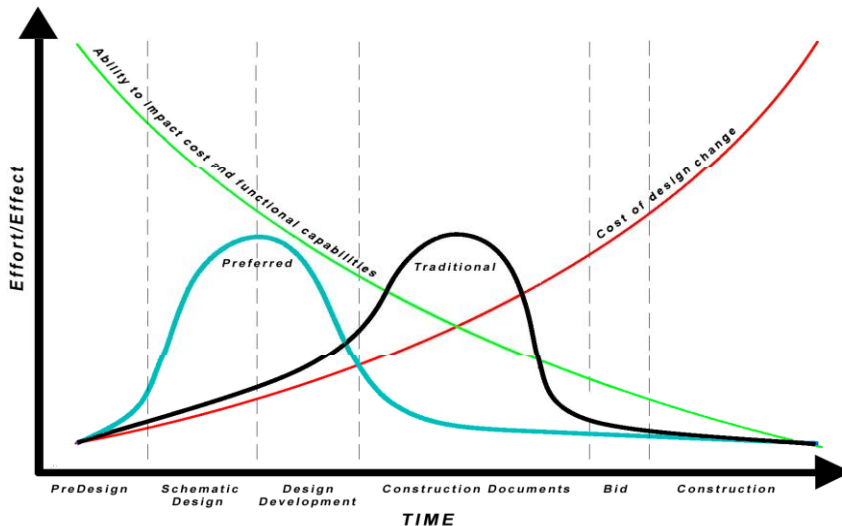
Genom införandet av reellt produktutvecklingsarbete i byggsektorn enligt ovan kommer den projektspecifika designfasen ändra karaktär mot en snabbare, mindre komplex och mer kvalitetssäker process. Arbetet består mycket av ett systemintegrationsarbete med val av olika delsystem utifrån en helhetssyn på hela byggnationen. Viktigt är också att gränsytona mellan de olika delsystemen blir korrekt. Det utvecklade industrialiserade byggandet blir mer komplext, jämfört med det industriella byggandet, i och med en fortsatt användning av ett utvecklat traditionellt plattformbyggande i kombination med byggande med hjälp av systemprodukter.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

I det industriella byggandet har en ”stark” aktör kontroll över hela produktbestämningssprocessen som in i detalj är förkonfigurerad. Efter en analys av huruvida byggprojektet överhuvudtaget är kompatibelt med byggkonceptet och därmed byggbart vidtar en produktbestämningssprocess som i sin inledande del med utveckling av idéer, skisser och alternativa förslag är lik dagens process. Genom att relativt enkelt ta fram och värdera flera olika alternativ med digitala hjälpmedel får man en mer fullödig produktbestämning. Den slutgiltiga tekniska detaljerade produktbestämningen sker via inmatning i konfiguratorer för generering av ritningar, stycklistor, kostnadsberäkningar m.m. Byggprocessen ändrar då karaktär för det industriella byggandet till att bli mer lik tillverkningsindustrins processtänkande som styr produktionen av en förkonfigurerad samling varierbara produkter.

Det industrialiserade byggandets produktbestämning ändrar också karaktär. Från att vara en fragmenterad process där målsättningen att leverera bästa möjliga hus till kunden i praktiken sällan lyckas uppfyllas, finns nu potential att genom samverkande team och avancerad informationshantering virtuellt bygga fortsatt ”unika” byggnader med anpassade systemprodukter i kombination med ett fortsatt unikt platsbyggeri.

Gemensamt för de båda utvecklade formerna av byggande är att hela byggprocessen blir ”framtung” jämfört med dagens traditionella byggprocess. Vi får en mer fullödig och genomarbetad produktbestämning samtidigt som viktiga beslut tas tidigare i processen, se figur 4.6 nedan.



Figur 4.6 The "MacLeamy Curve" (The American Institute of Architects 2007).

Byggprocessens traditionella fragmentering kommer att ersättas av en integration av olika aktörers arbete och olika processer. Genom ökad användning av olika partnering- och IPD-former, exempelvis strategisk partnering, kommer team av olika aktörer långsiktigt kunna samarbeta och utveckla sin leverans mot olika beställare. Dagens frekventa användning av en stor mängd fristående programvaror för optimering av respektive aktörs arbete kommer då inte längre vara optimal. I stället ser vi en utveckling mot processintegrerande och BIM-liknande (Byggnadsinformationsmodellering) programvaror som ger och tar information från en gemensam databas.

5 ICT-systemen i ett utvecklat industriellt och industrialiserat byggande

5.1 Bakgrund

IT-utvecklingen har starkt bidragit till den utveckling mot ett informations- och kunskapssamhälle som stora delar av västvärlden befinner sig i. Inte minst har härvid IT-utvecklingens förändrade karaktär medfört att vi gått från en datafokusering till en förståelse för hur IT kan användas strategiskt för kommunikation mellan organisationer och individer (Björnsson, 2003).

IT-utvecklingen allmänt sett under de senaste decennierna har varit en starkt bidragande orsak till tillverkningsindustrins kraftiga produktivetsutveckling och därmed en allmän välförbättring i många länder. Informationstekniken har t.o.m. inom många delar av tillverkningsindustrin varit den starkaste förändringsteknologin för att effektivisera och förändra framtagningen av nya produkter. Informationstekniken har därför haft en stor avgörande inverkan på framväxten av vårt moderna industrisamhälle (Björnsson, 2003).

Tidigt började informationstekniken användas för att rationalisera det administrativa arbetet hos företag och myndigheter. Användningen av ett affärssystem kopplat till en central informationsteknisk databas hos företag har varit framgångsrik. Här hanteras inköp, försäljning, ekonomisk uppföljning m.m.

Genom att virtuellt tillverka produkten först i datorn med allt vad det innebär av beräkningar, simuleringar, produktionsberedning, kalkylering, styrfilsframtagning m.m. så har ledtider kunnat kortas, produkten kunnat optimeras och produktiviteten kunnat höjas på ett helt annat sätt än vad som tidigare varit möjligt.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Administrativa tillämpningar har förenklat, effektiviserat, rationaliserat och utvecklat framtagningen av produkter. Inom tillverkningsindustrin har informationstekniken traditionellt haft avgörande betydelse för den ständiga produktivitetens utvecklingen genom att automatisera och ta över manuella rutinartade arbetsuppgifter. Sammanlänkning av olika företagsenheter, styrning och koordinering av olika aktiviteter i värdekedjan är andra betydelsefulla områden där informationstekniken haft avgörande inflytande på effektiviteten hos ett företag (Wikfors, 2003).

Tillverkningsindustrin i allmänhet och bil- och elektronikindustrin i synnerhet är alltså exempel på industrigrenar som sedan årtionden tillbaka använt sig av avancerad informationsteknik i form av 3D CAD, produktionssimulering och produktmodeller för att kunna effektivisera sin produktion och därmed öka produktiviteten allt i syfte att kunna stärka sin konkurrenskraft gentemot konkurrenterna (Berggren, G).

Tillverkningsindustrin använder informationstekniken också strategiskt för att

- effektivisera värdekedjan genom att koppla aktiviteter och aktörer samman på nya och mer effektiva sätt samtidigt som man reducerar onödigt arbete
- skapa mervärde genom att optimera slutprodukten
- ompositionera sig på marknaden exempelvis genom att marknadsföra information ur sina databaser (Wikfors, 2003).

Nu finns det väsentliga skillnader mellan den produktorienterade tillverkningsindustrin och den traditionellt projektorienterade byggindustrin vad gäller förutsättningarna för produktionen och användningen av IT-hjälpmiddel. Dessa branschers produktion i en kontrollerad inomhusmiljö i stora serier står i kontrast till byggbranschens traditionellt projektartade byggande utomhus i korta serier ofta i form av unika enstycksbyggnader. Fragmenteringen av arbetsuppgifter där olika byggaktörer skiftar från projekt till projekt och i former som förstärker fragmenteringen gynnar heller inte utvecklingen mot en integrerad ICT-användning (informations- och kommunikationsteknik). Denna integration behövs för att optimera leveransen till beställaren. I kombination med en i många fall lokal byggsektor med begränsad konkurrens har omvandlingstrycket och därmed utvecklingen av IT-hjälpmiddel till byggsektorn inte varit stark historiskt sett.

Skeppsbyggnadsbranschens villkor och förutsättningar att bedriva fartygsproduktion liknar dock i mångt och mycket byggbranschens villkor på ett

annat sätt än tillverkningsindustrins. Det paradoxala i sammanhanget är då att skeppsbyggnadsbranschen visar upp en helt annan utveckling och mognad än byggbranschen inte minst vad gäller användningen av informationstekniken. Man har sedan gammalt en stark tradition av en långt utvecklad hantering av informationsteknik för framtagning av fartyg. En utveckling som inte står tillverkningsindustrin efter ifråga om utvecklingsgrad, även om utvecklingen inom skeppsbyggnadsbranschen ser annorlunda ut än inom tillverkningsindustrin. En särskild studie av ICT-utvecklingen och användningen inom skeppsbyggnadsbranschen har därför gjorts för denna avhandling – se kapitel 6.

5.2 IT-utvecklingen i byggbranschen

Också i byggsektorn har den informationstekniska utvecklingen bidragit till en del nya arbetsformer och en viss effektivisering men den har alltså inte utvecklats lika långt som i tillverkningsindustrin och effekten har inte blivit en kraftig allmän produktivitetsutveckling likt utvecklingen hos andra branscher. Också jämfört med betydligt mer produktions- och processmässigt närbesläktade branscher än tillverkningsindustrin har den informationstekniska utvecklingen historiskt sett i byggbranschen varit svag.

ICT anses allmänt ha potentialen att ge, förutom en effektiv informationshantering, möjlighet för utveckling av nya samarbetsformer, nya produkter och ett hållbart byggande bl. a. genom att öka integrationen i bygg- och förvaltningsprocesserna. I programskriften för ICT 2008 framhålls särskilt att utvecklingen av ICT kan medverka till ökad kundnytta, effektiva och samverkande processer, höjd kompetens och nya affärer (Apleberger, 2003; Apleberger et al, 2007). Viktiga förutsättningar är utvecklingen av en gemensam informationsplattform bestående av tekniska standarder för datahantering och överföring samt branschspecifika standarder för utformning och beskrivning av processer och produkter.

ICT ökar möjligheterna för kundanpassad produktutformning och liksom bilindustrin, där kunden idag genom ett utvecklat ICT-stöd i princip kan skraddarsy sin nya bil, kan byggindustrin bygga upp tekniska plattformar med inbyggd variabilitet och möjlighet till kundanpassning. Genom utvecklingen mot en industrialisering av byggandet och ökad användning av olika former av konfigurerbara systemleveranser kommer informationstekniken byggas in i olika leveranser och kunna anpassas till den enskilda byggnationen. Byggindustrins dilemma att varje hus är unikt på sin plats är mycket tack vare ett utvecklat datorstöd i produktbestämningen ett överkomligt problem.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

I en datorstödd projekteringsprocess kan byggnaden testas och provbyggas virtuellt i datorn. Den pågående utvecklingen mot allt fler programvaror för modellbaserad projektering syftar till att möjliggöra simuleringar, kostnadsberäkningar, hållfasthetsberäkningar, produktionsplanering m.m. Tekniska plattformar byggs upp där erfarenhetsåterföring från tidigare projekt läggs in och där man fastlägger minimivärden på olika parametrar för att få en god slutprodukt (Eastman et al, 2008).

Redan i början av 1950-talet började byggbranschen använda datorer för tekniska konstruktionsberäkningar. Snart började branschen också effektivisera administrativa arbetsuppgifter (bokföring, löneadministration m.m.) allt i syfte att automatisera, effektivisera och förbilliga de tidigare manuella arbetsuppgifterna. Efter hand insåg man potentialen i datorerna att göra mer än bara rutinarbete. Man kunde nu låta datorerna gå ett steg längre än tidigare och exempelvis skapa ett bättre beslutsunderlag genom att inom det administrativa området utföra budgetsimuleringar och kostnadskalkyler, skapa olika organisationsförslag, planera projekt och ekonomi m.m. – arbetsuppgifter som hade varit mycket svåra och tidskrävande om de skulle utförts manuellt (Björnsson, 2003).

I en analys av den svenska byggsektorns IT-användning i tre olika undersökningar under det senaste decenniet kan man konstatera att IT-användningen stadigt fortsätter öka inom byggsektorn.

- Projektörer använder utifrån en låg utgångsnivå mer och mer 3D och objekt för att beskriva sin produkt.
- Beställare och entreprenörer börjar utifrån en låg utgångsnivå använda CAD-modeller för informationshämtning.
- Projektplatser och elektroniska handelsplatser används frekvent vid nybyggnation för att dela ut information.

Samtidigt ligger dock både nuvarande och planerade framtida användningen av produktmodeller (BIM), ”virtual reality” och nya affärsmodeller längst ned på IT-agendan hos byggföretagen (Samuelsson, 2007). Troligen skulle dock en motsvarande undersökning idag ge ett annat resultat åtminstone vad avser användningen av produktmodeller.

I en annan analys av den svenska informationshanteringen i traditionellt flerbostadshusbyggande finner man att den fragmenterade byggprocessen med dess olika aktörers försök att var och en tillvarata sina egna intressen och optimera sitt eget arbete återspeglas i bristande samordning och samverkan också vad gäller

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

information. I kombination med brist på standardiserade informationsstrukturer och gränssnitt för informationsutväxling innebär detta att informationsutbytet huvudsakligen sker med traditionella ritnings- och dokumentfiler (Ekholm et al, 2008; Ekholm et al, 2009).

Vidare finner man att:

- Likartad information, exempelvis manuell mängdavgivning från ritningar, tas fram av de olika aktörerna var för sig utan samordning.
- Det vanligaste projekteringsverktyget är AutoCAD inställd som tvådimensionell digital ritplanka.
- Orsaken till den låga användningsgraden av tredimensionell modellering beror på att de aktörer som skulle utföra denna modellering inte anser sig kunna dra full nytta av merarbetet i det relativt sett okomplicerade flerbostadshusbyggandet.
- Byggherren anses vara den som har störst nytta av tredimensionell modellering.
- Arkitekten använder i allt högre utsträckning tredimensionell modellering inte minst med tanke på de visualiseringsmöjligheter det möjliggör i samverkan med beställaren.
- Byggmaterialtillverkare i form av systemleverantörer använder sig av tredimensionell modellering och medföljande konfigureringsystem för att på ett effektivt sett kunna ta kvalitetsansvar för såväl leverans, montage, garanti och service.
- Webbaserade projektplatser används för informationsutväxling i cirka hälften av fallen.
- Produktions- och leveranstidplaner upprättas frekvent med olika datorapplikationer.
- Administrativa analyser och planer utförs till stor del med datorapplikationer (Ekholm et al, 2008).

Varför inte byggbranschen utvecklats på samma sätt som andra branscher vad gäller informationstekniken finns det många orsaker till. Björnson (2003) och Ekholm et al (2008) m.fl. tar upp följande:

- Den fragmenterade byggprocessen där suboptimeringar snarare än helhetstänkande gentemot beställaren ofta får avgörande betydelse bl.a. för IT investeringarnas karaktär.
- Förekomsten av alla små företag inom byggsektorn innebär att byggsektorn har svårt att få en IT-utveckling på företagsnivå, särskilt tydligt i kombination med den fragmenterade företagsstrukturen.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- En förhållandevis svagt konkurrensutsatt bransch med förhållandevis liten grad av incitament för effektiviseringar och investeringar i informationsteknologi.
- Byggsektorn har betraktats som en lågteknologi bransch där teknikförändringar inte varit i fokus.
- Genom det unika projektartade husbyggandet har det ansetts svårt att använda sig av processplattformar med strukturerade arbetssätt och erfarenhetsåterföringssystem ofta i kombination med ständigt nya projektkonstellationer.
- Vissa vanliga upphandlingsformer i byggbranschen gynnar inte utvecklingen av en informationsteknik som överbryggar flera aktörsområden.
- Standardisering av produkter och processer har varit ovanliga inom byggsektorn.

Idag står dock informationstekniken för en viktig roll i de olika framtidsscenarioer som målas upp för att effektivisera byggbranschen. Man kan säga att följande fyra teknologier allmänt sett är särskilt viktiga för denna utveckling:

- Databasteknologin hjälper aktörerna i byggnadsprojektet att ersätta löst tänkande med andras vetande. Aktörerna kan föra in mer fakta i utformnings- och beslutsprocessen. Man kan administrera stora, föränderliga informationsmängder, vilket innebär att man lättare kan hantera projekt under sin tillkomst. Flera olika aktörer i projektet kan dela på data ur en och samma modell.
- Nätverksteknologierna gör det möjligt att överskrida geografiska avstånd, dvs. att låta dem som behöver vara närvarande för problemlösning eller utformning vara det, oberoende av var de befinner sig. Kunskapen från andra projektdeltagare blir mer tillgänglig. Dessutom blir information och erfarenheter från tidigare genomförda projekt lättare att nå.
- Begripliga användargränssnitt som gör det lättare för kommunikationen mellan människa och dator. Det ökar arkitektens eller konstruktörens möjligheter att ta vara på datortekniken i skiss- och utformningsarbetet på ett sätt som fram till nu inte varit tänkbart.
- Datorgrafiken och nya media ger tekniska förutsättningar att virtuellt visualisera en byggnad som inte ännu är byggd. Arbete i modeller medför möjligheten att beräkna, analysera, simulera, visualisera och presentera ett förslag på sådant sätt att gränsen mellan fantasi och verklighet suddas ut (Wikfors, 2003).

Sett som olika drivkrafter som verkar för en utvecklad ICT-användning i byggbranschen kan man se följande områden:

- Företagens lönsamhetskrav i en alltmer konkurrensutsatt omvärld tvingar fram nya samarbetsformer mellan olika aktörer och olika byggskeden. Detta tillsammans med utvecklingstendenser som utvecklade industriella byggkoncept och långsiktiga samarbetsformer gör att kraven på en ökad avancerad ICT-användning ökar.
- Ett allt tydligare process- och produktägarskap i kombination med en ökad kompetensnivå och effektiva samverkansformer skapar insikt om potentialen i modern ICT.
- Modernt byggande kräver samordnade informationsstrukturer och gränssnitt (Ekholm et al, 2008; Ekholm & Molnar, 2009).

5.3 CAD-utvecklingen i byggbranschen

Det många förmodligen först förknippar med byggbranschens datorisering och IT-utveckling är de olika CAD-system för att ta fram olika typer av ritningar som nu funnits och aktivt använts i branschen under ett drygt trettiotal år. Genom införandet av olika CAD-system ersatte man det tidigare hantverksmässiga handritandet med en digital ritplanka där man dock i stort sett tar fram sina ritningar på samma sätt som tidigare. Även om själva ritandet i sig inte tar kortare tid så är exempelvis revisionshantering och återanvändning av gamla ritningar eller delar därav klart tidsbesparande och rationellt vilket motiverar detta tekniksprång. Man kunde nu enkelt göra revideringar på en ritning i datorn och snabbt få ut ett antal pappersritningar.

Vissa yrkesgrupper, som speciellt utbildade ritare, försvann allteftersom då det inte längre var rationellt att exempelvis som konstruktör skissa på papper, åtminstone i någon större omfattning, när man direkt kunde rita i datorn. I grunden var det dock samma processer som styrde byggandet före och efter introduktionen av CAD-systemen och själva ritningarna var likartade till sitt utseende och struktur. Precisionen och noggrannheten i ritningarna blev klart bättre medan det konstnärliga uttrycket i vissa framförallt äldre arkitekturritningar inte längre kunde framhävas. Man tog fram tvådimensionella projektioner av den tänkta byggnaden och ansvaret för att alla dessa ritningar hängde ihop och var samstämmiga låg hos konstruktören själv. Målgruppen att kunna tyda dessa ritningar var liksom tidigare branschfolk som själva hade vana att förstå ritningar.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

I och med introduktionen av persondatorn i början av 1980-talet tog CAD-användningen ett språng framåt på det viset att man nu gick ifrån de tidigare slutna dator-programvarusystemen där filinformation inte kunde utväxlas till andra konkurrerande dator-programvarusystem. Systemen var alltså tidigare slutna och information kunde bara utväxlas ”inom familjen”.

Vad gäller CAD-programmen i sig utvecklades dock flera avancerade programvaror inom de olika dator-programvarusystemen under denna tid såsom HSBs BERIT, Whites RUCAPS, FFNS GDS och VBBs Intergraph (Wikfors, 2003).

Vad vi nu står inför är ytterligare ett tekniksprång i utvecklingen där CAD-ritandet med ointelligenta linjer ersätts av ett virtuellt tredimensionellt modellerande med intelligenta egenskapsinnehållande objekt.

5.4 Informationstekniken inom byggsektorn idag

Användningen av datorer och datorstöd inom den svenska byggsektorn och dess anställda har studerats av Samuelsson (2007):

- I princip alla inom byggbranschen arbetar idag på en datoriserad arbetsplats.
- Mer än 70 procent arbetar på en arbetsplats där de har en egen dator, egen mejladress och tillgång till internet på arbetsplatsen.
- Utvecklingen inom ritningsframtagningen visar att CAD-användningen idag är i stort sett total inom branschen i byggprojekteringen.
- Användningen av projektplatser och elektronisk handel har under senare år börjat bli relativt vanliga i byggprojekt.
- På topp bland IT-investeringar idag är robust och väl beprövad teknik exempelvis användningen av olika former av mobila lösningar och dokumenthantering.
- Användningen av tredimensionella modeller och objektsinformation har ökat från en låg nivå hos arkitekter och konstruktörer men har även börjat användas av entreprenörer och beställare.

Allmänt sett har annars informationsteknikens genombrott medfört många förändringar i byggsektorn. Ökad effektivitet inom produktionen, automatiserad tillverkning och förbättrad kvalitet är några av de förbättringar där

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

informationstekniken direkt kan sägas vara starkt bidragande orsak till utvecklingen (Adler, 2005).

Kalay (2001) menar att informationstekniken allmänt sett inom byggsektorn möjliggör och stöttar en utveckling av processer, produkter och arbetsätt. Kalay nämner speciellt:

- Digital kommunikation etableras som bas för informationsutbyte mellan olika aktörer.
- Databaser på internet med exempelvis olika byggvaror etableras och skapar nya arbetsätt.
- Dokumenthantering i form av projektplatser på internet möjliggör nya arbetsätt för såväl projektering, produktion och förvaltning.
- 3D-modellering i st.f. 2D CAD-ritning skapar nya möjligheter och effektiviserar projektering, produktion och förvaltning.

ICT brukar ses som en viktig bidragande orsak till utvecklingen mot ett effektivare byggande i industrialiserade former med utvecklad kundanpassning. Ett industrialiserat byggandes krav på fler repetitiva och standardiserade moment i tillverkningen behöver inte stå i direkt motsatsställning till en byggherres eller arkitekts krav på en unik byggnad.

Lika stort och viktigt om än annorlunda inflytande har IT-systemen i ett utvecklat industriellt byggande mer likt tillverkningsindustrins produktlika processsystem. Här ser vi dock idag i flera av de tillämpade husfabrikssystem som tagits fram att byggnadens unikheter, anpassning och variation relativt kraftigt måste begränsas pga. möjligheten att hantera den standardiserade industriella uppbyggnaden.

Båda dessa utvecklingstendenser, industriellt och industrialiserat byggande, kräver dock en sammanhållen byggprocess där de olika aktörerna samverkar för att leverera en optimerad slutprodukt till beställaren. Också informationstekniken med dess möjligheter till informationsutnyttjande måste då samutnyttjas mellan de olika aktörerna. Alla aktörerna skapar information åt och tar ut information från en gemensam informationsmängd vilket förutsätter en samverkande processtruktur. Därmed är även en fungerande informationshantering beroende av att den rådande fragmenteringen inom byggbranschen bryts. I själva verket är de framgångar som byggbranschen bakåt i tiden nått med användning av informationstekniken till stor del av fragmenterad art, dvs. de gynnar enbart den enskilde aktören.

Även informationshanteringen inom byggbranschen är således till stor del fragmenterad idag, vilket visar sig genom frekvent användning av fristående applikationer (Robertson et al, 2006).

5.4.1 3D-modellering

CAD-användningen har under många år varit tvådimensionell, och är så fortfarande till stor del, vilket innebär att man i stort sett arbetar på samma sätt digitalt som man tidigare gjorde med ritplankan. Ritningen var målet och samordningen mellan de olika ritningarna fick göras manuellt.

Ganska tidigt skapades dock ett intresse för tredimensionell CAD-teknik inom framförallt bil-, skeppsbyggnads- och flygplansindustrin. Det var behovet av att digitalt kunna beskriva de komplexa krökta ytor som används hos bilar, fartyg och flygplan som drev på utvecklingen av 3D-tekniken. Målsättningen var att digitalt i en tredimensionell modell bygga upp och visualisera dessa ytor för att sedan överföra denna information till NC-maskiner som skulle skära ut dessa plåtar och också så småningom böja dem, borra hål i dem m.m. Dittills hade hantverksskickliga arbetare med hjälp av olika typer av formar försökt böja och efterlikna konstruktörens eller designerns handritade skisser. För att denna utveckling skulle vara möjlig måste matematiken för att beskriva dessa komplicerade former också utvecklas. Coons vid MIT, Bezier vid Renault och Ferguson vid Boeing var pionjärer i denna utveckling (Foley et al, 1990).

Det tredimensionellt modellerande Styrbjörnsystemet (Steerbear) på Kockums varv utvecklades på 1960-talet för att genom s.k. plåtutbredning automatiskt skära ut plåtar till fartyg. Styrbjörnsystemet kopplades till en databas för att simulera, beräkna, CAD-modellera och administrera bygget av ett fartyg. Se vidare kapitel 6.

Byggindustrin har inte haft samma behov av att kunna generera avancerat böjda matematiska ytor i sina CAD-program vilket kan ha varit en bidragande orsak till att IT-utvecklingen inklusive CAD-utvecklingen inom byggindustrin inte utvecklats likt tillverkningsindustrin. I närliggande anläggningssektorn används däremot ibland avancerade geometrier i form av komplexa gatusträckningar. Dock presenteras dessa geometrier fortfarande traditionellt bara i två dimensioner.

Den användning som bidragit till att driva på utvecklingen mot 3D-teknikens införande i byggindustrin verkar vara visualiseringsmöjligheterna. Speciellt möjligheten för arkitekten att i tidiga skeden kunna ta fram mer eller mindre fotorealistiska perspektiv på en tänkt framtida byggnad är idag närmast ett rutinarbete. Det innebär att arkitekten varit drivande i att utnyttja 3D-tekniken för

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

sina visualiseringsändamål. Få presentationer på arkitektävlingar idag innehåller inte i botten någon 3D-modell. Lätthanterliga, snabbmodellerande och tredimensionella skiss- och presentationsverktyg, typ Sketchpad, har utvecklats för ändamålet och finns nu på marknaden. Men där verkar de svenska arkitekternas intresse för applicering av utvecklade tillämpningar av informationstekniken i byggprocessen ha stannat.

En annan sektor som drivit på utvecklingen och i stor utsträckning använder 3D-tekniken i byggsektorn är installationssektorn. Många VVS-projektörer använder 3D-modellerande applikationer typ MagiCAD med dess testnings- och beräkningsförmåga regelmässigt vid projekteringsarbetet, åtminstone i större och mer komplicerade projekt. Efter hand har programmet byggts ut och skulle idag kategoriseras som ett utvecklat BIM-verktyg.

Från början var det möjligheten till automatiserade kollisionskontroller mellan byggnadsstommen och olika VVS-komponenter och möjligheten att ta fram sneda projektioner för att enklare bilda sig en uppfattning om en komplicerad rördragning som drev på utvecklingen mot 3D-modellering i MagiCAD. Därefter har programmet utvecklats och tillförts olika kalkylfunktioner för att bl.a. dimensionera rördragningar, göra ljud- och värmetransmissionsberäkningar och ta fram materialspecifikationer. Genom nedladdningsbara produktdatabaser från olika installationsleverantörer kan man arbeta med faktiska objektsbaserade ventilationskomponenter hela tiden.

En tredje grupp som tagit tag i den informationstekniska utvecklingen är de stora entreprenadbolagen. Först genom framtagningen av de stora industriella byggkoncepten såsom Skanskas Moderna Hus, NCC Komplet, PEAB PGS m.fl. och senare genom utvecklingsarbetet kring det traditionella byggandet. I det första fallet har vi begränsad insyn i hur den informationstekniska plattformen i dessa konceptsystem ser ut – för en principiell beskrivning se Ekholm et al (2008). I det andra fallet med utvecklingsarbetet kring det traditionella byggandet, motsvarande det som i denna avhandling definieras som ett industrialiserat byggande, är det ett arbete som utvecklas efterhand steg för steg med återkoppling till hur det fungerar ute i praktiken. Precis som när det gäller det industriella byggandet är informationstekniken en del av denna utveckling. Andra viktiga delar i denna utveckling är tekniskt plattformsbbyggande och standardiserade plattformar och processer.

Samma utveckling har inte ägt rum bland beställare bl.a. beroende på att man inte sett fördelarna med visualiseringar så stora inom sitt område för att göra ett

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

teknikskifte och gå över till 3D-modellering. Bara möjligheten att skapa visualiseringar har således inte varit tillräckligt för att dessa aktörer ska tänkas gå över till 3D-modellering (Johansson et al, 2009).

När väl också beställaren inser potentialen i att samla all information om byggprojektet i en datamodell som sedan också kan användas i förvaltningen av fastigheten då kommer beställaren begära in ett objektsbaserat modellunderlag. I detta läge har nästa stora teknikskifte ägt rum i byggsektorn.

5.4.2 BIM-funktionalitet

Vanliga användningsområden för 3D-modellerande programvaror är, förutom att allmänt sett kunna visualisera olika delmodeller som en hel modell och att använda kollisionskontrollfunktionen, att

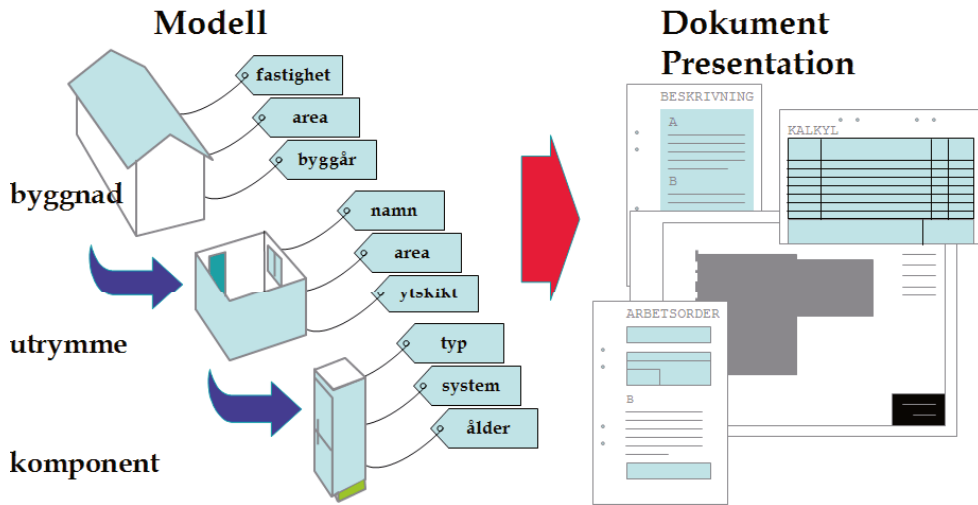
- navigera sig fram i realtid i modellen
- generera renderade stillbilder och förinspelade animationer
- markera speciella områden med s.k. ”redlining”
- skapa hyperlänkar (Jongeling, 2008).

Jongeling (2006) och Woksepp et al (2006) har funnit att användningen av applikationer som visualiserar den tänkta byggnaden:

- förkortar bygglovsprocessen genom att visualiseringen ger ett mervärde i form av ett mer entydigt underlag med risk för färre missförstånd
- förbättrar försäljningsprocessen av bostäder för såväl köpare som säljare så att säljaren får en bättre uppfattning om vilka lägenheter som är attraktiva och köparen bättre kan föreställa sig vad han/hon köper
- minskar antalet fel orsakat av konstruktionsdelar som felaktigt kolliderar med varandra
- förbättrar kommunikationen på byggarbetsplatsen, framtagningen av APD-planer och medför ett jämnare flöde av aktiviteter genom användningen av 4D-Cad.

Frågan är då vad en bygginformationsmodell (BIM) kan tillföra för funktionalitet jämfört med användningen av en ointelligent 3D-modell beskriven ovan. Utgående från 3D-modellens geometriobjekt så ligger styrkan i BIM-modellens objektorientering att nyttja den information som antingen läggs in i objekten eller länkas till dem. Den strukturerade BIM-informationen skapar möjligheter att behålla och använda informationen under byggnadens hela livscykel. Objektorienteringen innebär således att hela huset delas upp i lämpligt stora funktionella delar som tilldelas egenskaper och relationer. Detta till skillnad mot

den rena 3D-modellen där man normalt inte kan särskilja olika delar på detta sätt. Genom att spara alla objekt i en databas i stället för i långa listor i olika dokument får man tillgång till all information om en byggnad på ett strukturerat sätt med ett entydigt gränssnitt, vilket tidigt insågs av Björk (1989) och Eastman (1999).



Figur 5.1 Förhållande mellan modell och dokument (Bygghandlingar 90 Del 8, 2008).

Allmänt sett innebär användningen av modellbaserad information att man har möjlighet att undvika att hantera redundant information eftersom man har bättre kontroll på informationsflödet. Informationen finns i modellen, inlagd en gång och lätt åtkomlig, åtminstone idealt sett. Specifikt kan man se följande fördelar med användningen av standardiserad modellbaserad information:

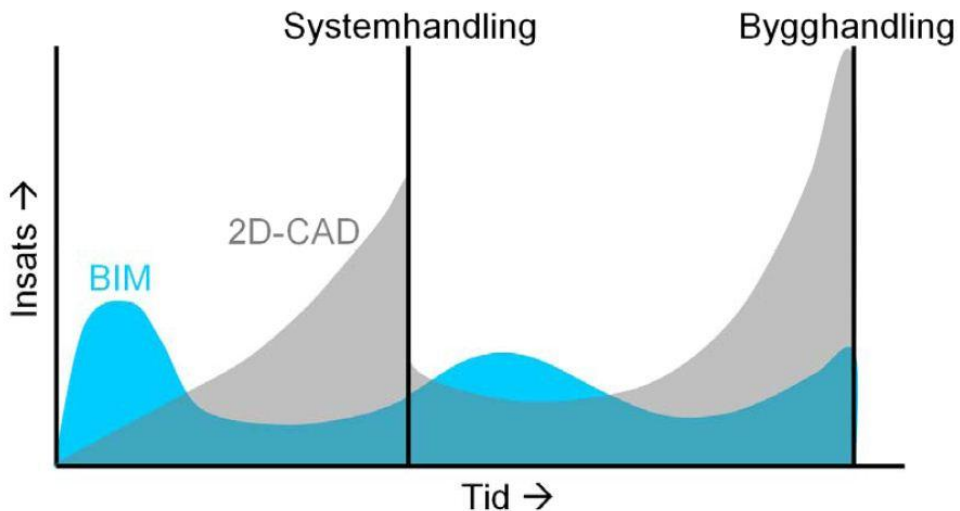
- högre kvalitet
- ökad hållbarhet hos informationen
- underlättar erfarenhetsåterföring
- bidrar till ökad innovationsgrad och kontinuerlig utveckling
- gör att informationshanteringen genom hela värdekedjan kan integreras. (Ekholm et al, 2009)

Bara en liten del av den information som skapas i design- och produktionsfasen av ett traditionellt byggprojekt överförs idag i det traditionella byggandet till fastighetsägaren vid överlämnandet på ett konsekvent sätt. Mycket av den skapade

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

informationen är inte heller användbar för fastighetsägaren eller finns framtagen i felaktig form. Värdet av bygginformation beror på hur lätt den kan tas fram och hur väl den reflekterar omvärldsförhållandena. För att vara användbar måste informationen vara exakt, tillgänglig, komplett och transparent. Bygginformation är dock idag allmänt sett otillförlitlig. Noggrannheten i data och dess tillförlitlighet bryts dessutom ner efterhand som byggnaden tagits i drift. I stort sett all information i byggsektorn idag är ursprungligen digital men degraderas många gånger till ointelligent pappersform ofta när informationen ska överlämnas till annan part (Smith & Tardif, 2009).

Om man förutsätter att leveranserna i designprocessen fortsatt behöver ske i omgångar med delleveranser så kommer den framtunga Mac Leamy kurvan (se även figur 4.6) kunna se ut enligt figur 5.2:



Figur 5.2 Skillnaden i arbetsbelastning för projektering med BIM-verktyg jämfört med 2D-CAD-verktyg. (Jongeling, 2008).

Att implementera BIM i ett företag är mycket mer ett affärsstrategiskt beslut, som betonar informationsutbytet betydelse för olika affärsprocesser, än ett tekniskt beslut. Information skapad av en aktör i byggprocessen är bara en liten del av all sekventiellt skapad information och denna information är potentiellt användbar för en annan aktör i byggprocessen. BIM är en möjliggörande teknologi där de olika aktörerna i byggsektorn samarbetar kring byggmodellens informationsinnehåll

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

genom att information som en gång läggs in i modellen sedan kan återanvändas och förfinas av de olika involverade aktörerna med avsikt att:

- förbättra kommunikation mellan byggaktörerna
- förbättra kvaliteten på information inför beslutsfattande
- förbättra kvaliteten på olika tjänster
- minska tidsåtgången på cykliska processer
- minska kostnaderna under hela byggnadens livscykel BIM (Smith & Tardif, 2009).

Det gemensamma behovet av information genererad i byggprocessen skapar ett kraftfullt incitament för ett tidigt intensivt samarbete mellan aktörerna i design- och produktionsfasen. BIM-metodiken möjliggör en mycket snabbare uppbyggnad av informationsinnehållet inför en byggnation än vad som är möjligt vid en traditionell CAD-stödd design- och byggprocess.

Byggandets traditionellt ineffektiva sekventiella och fragmenterade processtruktur står i direkt motsatsställning till ett effektivt arbetssätt med BIM-modeller och IPD (Integrated Project Delivery). Ett arbetssätt enligt BIM och IPD gynnar i stället processer som kan utvecklas parallellt. Fördelen med parallella processer i stället för sekventiella är att de olika aktörerna då gemensamt kan se fördelarna i att optimera hela affärsidén och slutprodukten i stället för att som i den sekventiella och fragmenterade strukturen bara försöka optimera sin egen del. Information ses då som en resurs med möjliga användningsområden i stället för bara som en leverans av data (Hardin 2009).

En BIM-implementering handlar alltså bara till viss del om att köpa in ”rätt” BIM-programvara, hur många licenser man ska ha och antalet personer som ska skickas på utbildning. Dessa kostnader är, även om de inte är oväsentliga, av underordnad betydelse jämfört med den potential, genomslagskraft och affärsmöjligheter en BIM-implementering har. Risken är uppenbar att om en BIM-satsning i ett byggföretag sker rent tekniskt utan klara affärsmål tenderar kommande förändringar i verksamheten att komma långsamt eller inte alls.

Nyckeln till en lyckosam BIM-affärsstrategi är att inse att företagets affärsprocesser är en del av ett system där flera andra byggaktörer är delaktiga och att bygginformation skapad av en aktör är av potentiellt värde för de andra aktörerna (Smith & Tardif, 2009).

5.4.3 En eller flera BIM-modeller

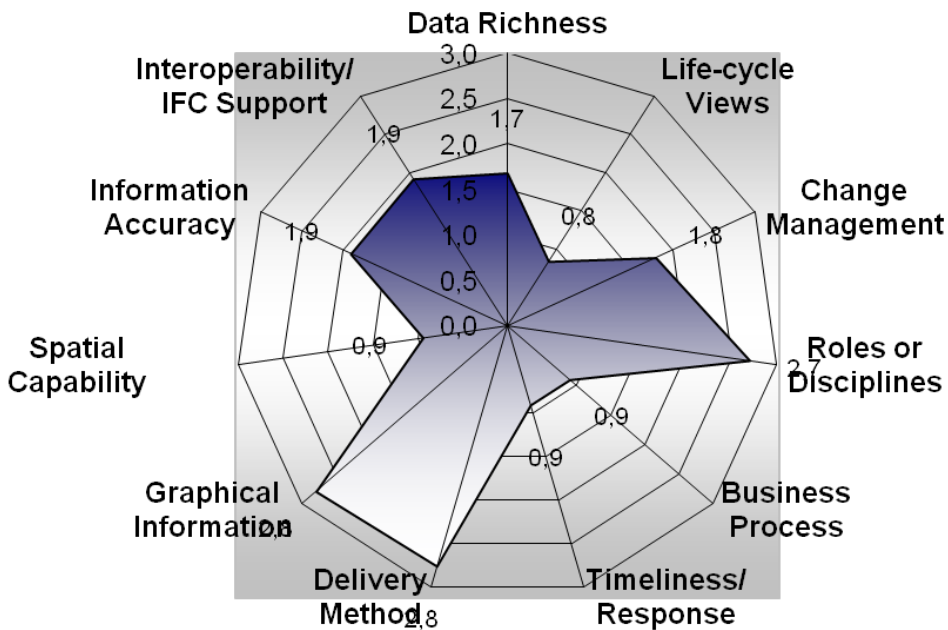
Att implementera BIM innebär inte att all information måste sparas i en och samma databas eller datafil. Det betyder inte heller att informationen måste hanteras av en enda och/eller samma programvara under hela livscykeln. Tekniken för användningen av en enda databas finns inte idag, åtminstone inte vad gäller större byggnadsverk. Ingen kommersiellt tillgänglig programvara kan idag hantera och göra åtkomlig all tillgänglig information om en byggnad genererad under hela dess livslängd.

En tydlig trend i BIM-utvecklingen hittills är mot separata och specialiserade BIM-delmodeller med möjligheter att samverka och utbyta information. Orsakerna till denna utveckling är:

- en byggnads totala livscykelinformation är för komplex för att hanteras i en enda modell
- bygg- och arbetsprocesser varierar för mycket under byggnadens livscykel och skulle kräva alltför stora ändringar av informationshanteringen för att passa in i en enda modell
- kostnaderna för och den tekniska utmaningen i att skapa en enda modell och alla de behov alla aktörer har på denna modell är oöverstigliga (Smith & Tardif, 2009; Ekholm, 2003).

Det intressanta är inte om all data ligger i en gemensam modell eller flera delmodeller utan om alla aktörer kan utbyta information genom en generell informationsstandard. Då kan man låta de olika aktörerna använda vilka programvaror de vill bara de följer standarden för informationsutbytet. En bilateral anpassad informationsöverföring mellan enskilda programvaror blir normalt av högre kvalitet än en generell informationsöverföringsmetod för alla programvaror (Smith & Tardif, 2009).

CMM-metodiken ("Capability Maturity Model") från NBIMS (National Building Information Modeling Standard) mäter "mognaden" hos en BIM-modell och processerna för att ta fram BIM-modellen (NIBS, 2007). Genom att mäta nedanstående 11 parametrar får man en bild av olika BIM-modellers mognadsgrad.



Figur 5.3 BIM-mognads modell (NIBS, 2007).

Data Richness mäter i vilken grad BIM-modellen innehåller kvalitativt informationsinnehåll.

Life Cycle Views mäter i vilken grad modellen kan användas av olika aktörer genom byggnadens livscykel.

Roles of Disciplines mäter hur väl informationen kan överföras från en aktör eller en disciplin till en annan.

Business Process mäter i vilken grad affärsprocesser är implementerade för datafångst.

Change Management mäter graden av dokumenterad metodologi för att vid behov kunna ändra affärsprocesserna

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Delivery Method mäter graden av robusthet i IT systemets supportmöjligheter för datautbyte och datasäkerhet

Timeliness/Response mäter i vilken grad informationen är tillräckligt komplett, uppdaterad och tillgänglig för användarna genom hela livscykeln

Graphical Information mäter graden av ”intelligens” i den grafiska informationen
Spatial Capability mäter i vilken grad modellen är kopplad till omvärlden (GIS/GPS)

Information Accuracy mäter i vilken grad informationen i modellen motsvarar omvärldsförhållandena

Interoperability/IFC Support mäter i vilken grad data i modellen kan tillförlitligt överföras mellan olika programvaror

I en annan rapport (Robertson et al, 2007) har studerats hur informationshanteringen ser ut inom betongprefabindustrin. Man kan betrakta betongprefab som en systemleverans om än inte alltid fullt utvecklad. Betongelementfabrikerna i Sverige är nämligen av väldigt skiftande karaktär från gamla fabriker från 1960-talet med en närmast hantverksmässig produktionsmiljö till dagens nya högteknologiskt robotiserade och flexibla fabriker. Det innebär att de konfiguratorer som ska ta fram den information som behövs för att kunna producera betongelementen antingen måste se väldigt olika ut och anpassade till respektive system eller så måste de vara väldigt flexibla.

Med konfigurator menas här ett system eller en programvara där man genom att mata in olika indata genom konfiguratorns inneboende regelsystem erhåller ett utvecklat lösningsförslag. En konfigurering skiljer sig från en vanlig projektering genom att man inte startar utifrån ett blankt papper utan i stället utgår från ett utvecklat och genomtänkt byggsystem med färdiga lätt konfigurerbara lösningar. På detta sätt flyttar man både produktbestämningen och produktutvecklingen ut från själva designprocessen samtidigt som osäkerheten och risktagandet minskar. Motsvarande flyttar man sig nedåt längs ”Order Specification Decoupling Line” (jfr figur 4.5) till ”Konfigurera på beställning”-metodiken (Hansen et al, 2003).

Som exempel kan nämnas att programvaran Impact från Strusoft är väldigt flexibel och kan anpassas till många olika produktionsmiljöer runt om i världen. Vid produktbestämningen av en betongplatta utgår man dels från det digitala arkitektunderlaget vad gäller yttermåttarna dels från inmatning av olika indata.

Konfiguratoren tar sedan fram kompletta ritningshandlingar i form av byggritningar och monteringsritningar. Styrfiler till automatiserade elementfabriker tas också fram tack vare den anpassning av programvaran till den enskilda produktionsanläggningen. Också utdata till företagets ERP-system levereras vid konfigurationen från den interna databasen för att utgöra basen för fakturahantering, orderläggning m.m. På detta sätt skapas en kvalitetssäkrad leverans av ett komplett underlag för framställning och hantering av betongelement (Robertson et al, 2007).

5.4.4 Informationsöverföring

För att BIM-funktionalitet ska kunna uppnås och information kunna utbytas mellan olika programvaror och en informationsmodell/databas behövs utvecklade gränssnitt som överför rätt information på ett för mottagaren förståeligt sätt.

Informationsflödet idag i den utvecklade delen av byggbranschen sker spontant och ofta utan någon direkt plan och åstadkommer ofta problem exempelvis pga. användning av filformat som inte kan hanteras av mottagaren. Vid användning av en central modellserver ligger all information centraliserad i modellservern och allt utbyte av information mellan olika applikationer sker via modellservern. Vid den i byggsektorn betydligt vanligare användningen av applikationer med inbyggd databas har man flera delmodeller/databaser att förhålla sig till vilket kräver en tydlig struktur för att informationsutbytet ska fungera. Informationen måste således ordnas enligt ett fastställt klassifikationssystem innan det kan överföras och förstås av mottagande databas.

De flesta programvaror inom byggandet idag är operabla men inte interoperabla. De är m.a.o. fristående programvaror där information matas in och annan bearbetad information tas ut. Dessa programvaror skiljer sig från en interoperabel programvara där information rutinmässigt både kan matas in från och matas ut till annan programvara. Interoperabilitet är en förutsättning för arbete med byggnadsinformationsmodellering. Interoperabilitet kan nås med öppna standardiserade filformat typ IFC (Industry Foundation Classes) eller CIS/2 (CIM Steel Integration Standards). Interoperabilitet kan också nås med hjälp av XML-standarderna (Extensible Markup Language) som stödjer informationsöverföringen genom både proprietära, dvs. slutna programvaror, och icke-proprietära filformat. Interoperabilitet kan dessutom nås med informationsutbyte via proprietära filformat. Slutligen kan interoperabiliteten uppnås via olika proprietära gränssnitt (API) mellan olika programvaror. Generellt är graden av interoperabilitet högst för icke-proprietär informationsöverföring (Smith och Tardif, 2009).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Fördelen med öppna och neutrala överföringsformat är att man har ett standardiserat format som olika programvaruleverantörer kan utveckla programvaror mot. Om formatet med tiden ändras sker det öppet och möjligt för alla att ta del av. Användningen av öppna format innebär att man arbetar i en stabil och långsiktig utvecklingsmiljö. IFC-formatet är ett sådant neutralt och öppet objektbaserat filformat som börjat användas i byggbranschen just för att klara av interoperabilitet mellan olika former av bygginformation.

Vissa aktörer inom byggbranschen har valt att helt avstå från att använda sig av IFC eftersom i dagsläget viss bygginformation inte kommer att kunna överföras med IFC-formatet. Andra finner att fördelarna överstiger nackdelarna och använder sig av IFC ändå medvetna om att informationsläckage förekommer. Exempelvis har både Norge och Danmark valt IFC som stipulerat överföringsformat för den objektorienterade informationen i byggsektorn vid byggprojekt av en viss minsta storlek. Man har här valt att utveckla en process kring informationshanteringen där IFC-formatet är själva basen. Man är då rimligtvis övertygade om att IFC-formatet inom en snar framtid kommer att vara möjligt att lita på. Avsikten är då att skapa fungerande standardiserade rutiner kring den digitala leveransen av projektdokumentation dvs. hur informationsflödet mellan olika aktörer i byggprocessen ska organiseras.

Andra överföringsformat som utvecklats och börjat användas är Fi2xml för överföring av relevant information från produktbestämningen till olika förvaltningssystem och Sbxml för överföring till produktions-, mängd- och kalkylsystem anpassad till det svenska BSAB-systemet.

Oavsett om vi tänker oss ett mer konceptbundet industriellt byggande eller ett mer projektligt industrialiserat byggande så är behovet av en sammanhållen informationshantering i form av en obruten informationskedja nödvändig i byggsektorn. Ansvar för denna samordning ligger hos beställaren/byggherren. I och med att beställaren i många fall inte besitter den kompetens som krävs för denna samordning så delegeras den, precis som andra åligganden som beställaren ansvarar för, ofta ut till någon av de kontrakterade aktörerna. Ofta får då arkitekten eller konstruktören ta på sig denna roll som BIM-samordnare.

5.5 Slutsatser

Den projektartade komplexiteten och osäkerheten inom det traditionella byggandet kommer, inte minst tack vare en utvecklad informationsteknisk plattform där all relevant information om byggnationen samlas, att kunna bemästras. Genom

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

användning av en eller flera virtuella BIM-modeller där de olika byggaktörerna kan plocka ut och tillföra information finns möjlighet att alltid ha tillgång till lätt framtagbar relevant och entydig information.

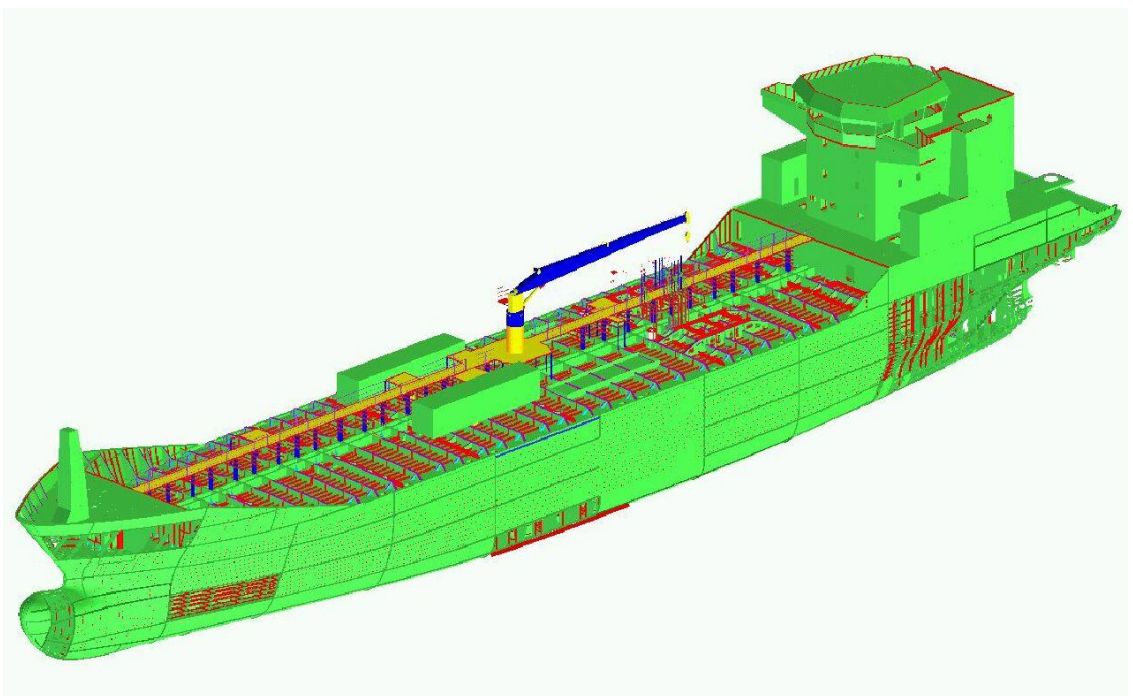
Samverkande projektteam i form av ett utvecklat industrialiserat byggeri med fokus på kundens slutprodukt kan använda utvecklade systemleveranser och dra nytta av informationstekniken för att göra byggprocessen betydligt mer stabil och förutsägbar.

Genom samverkan kring informationen i byggprojekt från projekt till projekt skapas ett innovationsartat klimat som kommer resultera i nya tjänster som effektiviserar byggandet och som på sikt resulterar i produktivitetshöjningar i branschen. Olika utvecklingstendenser och nya användningsområden kan förväntas uppkomma som underlättar hanteringen av informationen som reglerade åtkomstmöjligheter, automatiserade rapporter, datafilspårning och ändringsloggar som redan finns i annan industri. Andra typer av aktörer kan också tänkas vara intresserade av delar av den information som finns för att skapa nya affärsmöjligheter som försäkringsbolag, fastighetsmäklare, fastighetsköpare, fastighetsförvaltare. Redan idag ser vi i de projekt där man använt ett objektsorienterat modelltänkande hur man använder modellinformationen till automatiserad ritningsframtagning, mängdning, ekonomiska kalkyler, visualiseringar, kopplingar till förvaltningssystem m.m.

Genom användning av systemleveranser i ökad omfattning inom byggbranschen får vi med nödvändighet en ökad integration och samordning av informationen i systemleveransen. Idén med systemleveransen är bl.a. att ge ett mervärde till beställaren i form av ett helhetsåtagande. I detta koncept ingår då att leverantören tar ansvar inte bara för själva produkten utan ofta även för montaget och driften också till viss del i form av garantier. För att effektivt kunna hantera alla dessa processer på ett kvalitetssäkert sätt måste leverantören använda sig av ett integrerat informationssystem med gränssnitt ut mot andra system, åtminstone i utvecklade systemleveranser. Leverantören måste helt enkelt för att framstå som trovärdig dokumentera sin produkt på alla de sätt som är brukligt i tillverkningsindustrin. Allt för att kunna erbjuda en kvalitetssäkrad produkt ut på marknaden. På detta vis får utvecklingen av det industrialiserade byggandet ute på byggarbetsplatsen mer formen av ett montagearbete av framförallt olika mer produktlikt och industriellt framtagna delsystem konfigurerade och anpassade till det specifika byggprojektet genom ett i många fall internt konfigureringsystem med inbyggd informationsleverans till byggprojektets BIM-modell.

6 Skeppsbyggnadsprocesser och ICT stöd

6.1 Allmänt om sjöfartsnäringen

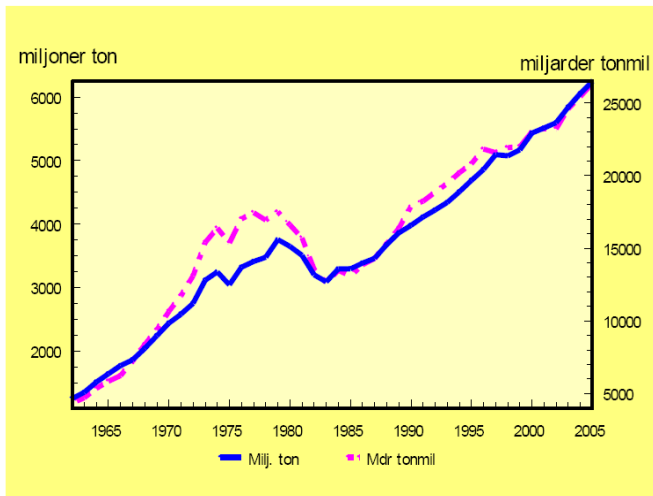


Figur 6.1 Digitalt fartyg (Tribonbroschyr, 2008).

Den internationella sjöfartsnäringen svarar idag för ca 90 procent av den totala världshandeln (The Round Table of international shipping associations, 2007). Världshandeln till sjöss har också vuxit nästan kontinuerligt sedan andra världskriget och har mer än fördubblats sedan 1970.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Jämfört med BNP har världshandeln under en period av flera decennier vuxit betydligt snabbare. Sveriges utrikeshandel som andel av BNP har exempelvis fördubblats i en gradvis process sedan slutet av 1950-talet. Världshandeln omfattar idag inte bara råvaror och färdiga produkter utan i allt högre grad komponenter och tjänster som behövs i den alltmer globaliserade produktionsprocessen där kunden ofta befinner sig på ett annat ställe än producenten (Palmberg et al, 2006).



Figur 6.2 *Fraktmängder (miljoner ton, vänster skala) och transportarbete (miljarder tonmil, höger skala) i den internationella sjöfarten 1962 – 2005 (Palmberg et al, 2006).*

Sjöfartsnäringen och dess utvecklade transporter brukar ses som sannolikt den viktigaste av den moderna globaliseringens och välståndsutvecklingens fyra hörnstenar. De andra hörnstenarna är telekommunikationernas utveckling, handelsliberaliseringen och en ökande internationell standardisering.

Sjöfarten anses vidare vara den mest internationella av alla branscher vilket framgår av följande exempel:

Ett norskägt fartyg byggt i Polen kan vara bareboatbefraktat av en svensk redare som använder en besättning från Kroatien via ett bemanningsföretag i England. Samma fartyg kan samtidigt vara registrerat i Liberia, försäkrat i USA och det kan transportera varor med ursprung i Ruhrområdet i Tyskland via en fransk speditör

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

och en dansk mäklare från en belgisk hamn till Brasilien via terminaler som genom koncessioner drivs av företag från Singapore och Kanada (Ibid).

En klar tendens har varit att rederierna under det senaste århundradet konsoliderats genom fusioner och förvärv liksom inom många andra företag i konkurrensutsatta branscher. Rederinäringen är en synnerligen globalt konkurrensutsatt bransch genom sin mobilitet på världshaven. I Sverige liksom i utlandet har vi därför sett en utveckling där rederierna koncentrerats från ett stort antal ägarfamiljer i början av nittonhundratalet till idag 15 ”stora” rederier där 64 procent av de anställda i branschen tjänstgör.

Konsolideringar, fusioner och förvärv har exempelvis skett genom utveckling av s.k. multi- och intermodala transportlösningar genom förvärv av land- och flygtransportörer för att få kontroll över hela transportkedjan. En annan utvecklingstendens har varit att utveckla ett strategiskt samarbete och allianser med aktörer inom andra delar av transportkedjan. För att få effektivitet i dessa typer av nischade fusioner eller partneringliknande rederikonstellationer med många aktiva aktörer krävs effektivt utvecklade informations- och kommunikationsteknologisystem som kan hantera differentierade tjänster för att kunna skapa effektiva dörr-till-dörrlösningar (Ibid).

En annan tendens har varit att de svenska rederierna under en lång rad år har specialiserats och därmed i hög grad differentierats på olika tjänster. Andra faktorer som också varit viktiga för skeppsnärings utveckling och effektivisering under ovan beskrivna omstruktureringsperiod har varit:

- införskaffandet av större fartyg
- utnyttjande av bekvämlighetsflagg
- rationaliserade produktionsprocesser.

Denna omstrukturering har på global nivå under en lång tid tillbaka resulterat i kraftigt sänkta transportkostnader (Ibid).

Utvecklingen av effektiva logistiklösningar har självfallet också varit mycket betydelsefullt för rederinäringen. Den anrika Broströmskoncernen marknadsför sig idag på sin hemsida inte i första hand som ett rederi utan som *one of the leading logistics companies for the oil and chemical industry, focusing on industrial product and chemical tanker shipping and marine services.*

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Förädlingsvärdet per sysselsatt inom den svenska sjöfartsnäringen uppgick 2001 till över 700 000 kronor per anställd och är därmed betydligt högre än motsvarande siffra för övriga privatanställda (470 000 kronor per anställd). Orsaken till denna mycket höga arbetsproduktivitet anses bero dels på ovan omtalade strukturomvandling inom en globalt konkurrensutsatt sjöfartsnäring på 1980-talet och därmed åtföljande rationaliseringsprocesser, men också på att sjöfartsnäringen är en kapitalintensiv bransch (Ibid).

Sjöfartsnäringen är geografiskt koncentrerad till Stockholms-, Göteborgs- och Helsingborgsregionerna där 80 procent av alla verksamma finns. Sjöfartsnäringen i Sverige har dock krympt internationellt och hyser idag bara ca 2 procent av den totala globala handelsflottan (DwT) - motsvarande siffra för EU ligger på 50 procent. Fortfarande transporteras dock 80 procent av allt gods till och från Sverige på fartyg, även om en stor del av denna transport sker med lastbil eller järnvägsvagn på en färja. En stor andel av dessa svenska fartyg och färjor är dock inte svenska utan utlandsregistrerade även om en stor del av dessa ändå är svenskkontrollerade, dvs. utlands- eller bekvämlighetsflaggade. Tankfartyg och bulkfartyg dominerar antals- och kapacitetsmässigt både internationellt och sett ur ett svenskt perspektiv och tillsammans med container- och stycke gods fartyg svarar dessa fartygstyper för 90 procent av världshandelsflottan (Ibid).

Den svenska sjöfartssektorn och dess s.k. omgivningsföretag har ca 220 000 personer anställda. 13 000 av dessa arbetar inom rederinäringen och 5000 inom hamnverksamheten. Dessa 18 000 personer utgör kärnan inom det svenska sjöfartsklustret, som geografiskt sett har sin koncentration till Göteborgsområdet. De oftast i hög grad specialiserade omgivningsföretagen kan indelas i de kunskapslevererande (40 procent sysselsatta), varutransporter och insatsleverantörer (25 procent sysselsatta), resor och transporter (6 procent sysselsatta) (Ibid). Beaktar man inte specialiseringsgraden så är drygt 400 000 personer sysselsatta i sjöfartsnäringen, inklusive dess omgivningsnäringar. Sammantaget är sjöfartsnäringen långtifrån en liten tynande och utdöende bransch i Sverige (Ibid).

6.2 Allmänt om skeppsbyggnadsindustrin

Skeppsbyggnadsindustrin, som bygger fartygen för att transportera allt gods inom sjöfartsnäringen, har följaktligen en mycket lång tradition i världen som en mycket viktig leverantör av transportmedel för den internationella handeln men också för produktion av krigsfartyg till nationella krigsmakter. Totalt sett utgör skeppsbyggnadsindustrin idag en väsentlig bit av världens totala industristruktur.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Inte minst har flera europeiska länder utmärkt sig under de senaste århundradena som aktiva sjöfarts- och handelsnationer över hela världen. Skeppsbyggnadsindustrin i Europa idag, liksom i många andra länder, är således av såväl politisk, strategisk som ekonomisk betydelse.

Fartygsbyggnation idag är en tekniskt avancerad process för att skapa en komplex produkt ofta av enstyckskaraktär eller i korta produktionsserier. Vidare utmärker sig skeppsbyggnadsindustrin av en avancerad produktionsteknik med många olika specialiserade underleverantörer och underentreprenörer på en klart konkurrensutsatt marknad av global karaktär med krav på en ständig kundfokusering. Konkurrensen och produktivitetens utvecklingen har tvingat fram en specialiseringsvåg inom varvindustrin där de mindre europeiska varven idag ofta satsar på tekniskt och innovativt utvecklade specialfartyg medan den asiatiska varvindustrin och de stora sydkoreanska varven mer satsar på volym och lågprissegmentet. Annorlunda uttryckt:

Dagens (europeiska) varv måste betraktas som storskaliga helhetsverksamheter i en högteknologisk bransch vars viktigaste aktörer ofta är mycket specialiserade små och medelstora företag; de är inte längre tillverkningsanläggningar inom den tunga industri. (LeaderSHIP 2015, 2003).

Genom de omfattande strukturrationaliseringarna i branschen under de senaste decennierna har inte minst den europeiska skeppsbyggnadsindustrin sysselsatt allt färre anställda på allt färre varv. 1975 var bortåt en halv miljon människor anställda inom skeppsbyggnadsindustrin på tre gånger så många varv i Europa. Trots denna minskning av både personal och varv har produktionsvolymen (fartyg) hållit sig någorlunda konstant under åren, varför produktivitetens utvecklingen varit hög inom branschen. Anledningen till denna kraftiga produktivitetens utveckling anses vara

- förbättrade produktionsmetoder
- avvecklingen av många mindre effektiva varv
- en betydande ändring av produktportföljen, från standardfartyg som tankfartyg och bulkfartyg till sofistikerade fartyg som kryssningsfartyg (Ibid.).

Den snedvridna konkurrensen inom skeppsbyggnadsindustrin utgör idag ett påtagligt problem inom världens varvsindustri. WTOs och OECDs regleringar av världshandeln tillämpas idag i bl.a. Europas skeppsbyggnadsindustri men har inte kunnat tillämpas i full utsträckning på den andra stora aktören inom den globala

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

skeppsbyggnadsindustrin nämligen Asiens skeppsbyggnadsindustri, varför vi idag här ser regelmässiga subsidier i form av statsstödda investeringar men också regelrätt prisdumpning. Följden ser vi idag i form av en delvis snedvriden konkurrens och viss överkapacitet på skeppsbyggnadsmarknaden.

Utvecklingen inom skeppsbyggnadsindustrin globalt sett har ändå totalt sett gynnat bl.a. teknikutvecklingen och effektiviteten hos skeppsbyggnadsindustrin framför allt i oreglerade länder så att den numera fullt konkurrensutsatta globala skeppsbyggnadsindustrin kännetecknas av tillfälliga överproduktionsperioder och en tydlig specialisering på olika skeppstyper bland skeppsvarven. Vi har också sett en utveckling mot allt större och alltmer komplexa fartyg (Sansoglou, 2006) med en fortfarande i många stycken klart projektorienterad produktionsprocess.

Skeppsbyggnadsindustrin har precis som andra globala och konkurrensutsatta marknader utsatts för ett omstruktureringstryck. Således har de stora östasiatiska nybyggnadsvarven (Sydkorea, Japan, Kina m.fl. länder) slagits samman i en handfull stora koncerner medan motsvarande process i Europa inte gått lika långt varför ett trettiotal stora varvskoncerner fortfarande verkar sida vid sida. Omstruktureringen innebär också att underleverantörer och underentreprenörer köps upp av stora koncerner och/eller att partnerskapsmodellen utvecklas och används i allt större omfattning ofta i en ”concurrent engineering”- miljö.

Problemet med att varven måste dela med sig av sitt know-how till en rad externa aktörer som underleverantörer, klassificeringssällskap, universitet m.m. vid partneringliknande affärsrelationer gör att behovet av att stärka skyddet mot intrång i deras och tredje parters immateriella rättigheter är viktigt för att upprätthålla en fungerande konkurrens och undvika piratkopieringsverksamhet. Problemet är speciellt komplext i en bransch av engångsproduktkaraktär som skeppsbyggnadsindustrin där de olika samverkande aktörerna kan variera från projekt till projekt.

Ett modernt fartyg är idag en tekniskt avancerad och komplex produkt med en långt utvecklad produktutformning och produktionsteknik i botten grundad på mycket utvecklings- och forskningsarbete. Livslängden på ett fartyg är jämförbar med olika byggnadskonstruktioners livslängd och de korta produktionsserierna gör fartygsproduktionen mer lik den traditionella byggnadsindustrins villkor än övriga tillverkningsindustrin . Medelåldern på världens nuvarande handelsfartyg ligger på

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

mellan 15 och 20 år. Kundfokuseringen är däremot klart mer uttalad än den är inom byggindustrin och konkurrensförhållandena är definitivt starkare i en industri där produktionen är helt oberoende av geografisk belägenhet¹.

Specialiseringen inom varvsindustrin har medfört att de Asiatiska varven specialiserar sig på utveckling av koncepten kring lågprissegmentet i form av tankfartyg, bulkfartyg, containerfartyg m.fl. som man effektivt producerar stora volymer av i sina produktionsanläggningar med hjälp av ett relativt strikt helhetskoncept i botten. De europeiska varven specialiserar sig på tekniskt avancerade och specialutvecklade fartyg typ kryssningsfartyg, offshorefartyg m.fl. Samtidigt vågar varven inte specialisera sig för mycket med tanke på de olika svängningar som marknaden uppvisar för olika fartygskategorier utan man behåller en viss diversifiering i sin verksamhet.

Att de europeiska varven som regel är mindre än de stora massproducerande asiatiska varven (Kina, Sydkorea) passar väl med denna bild av den pågående specialiseringen. Även inom övriga delar av sjöfartsnäringen har en specialisering ägt rum varvid en stor mängd specialiserade tjänster utförs av konsulter t.ex.:

- skeppsregistrering av klassningssällskap
- juridisk rådgivning av specialiserade advokatbyråer
- bemanning av bemanningsföretag
- finansiering av finansiella institutioner
- försäkring av specialiserade försäkringsbolag
- köp och försäljning av fartyg av en skeppsmäklare
- speditörsverksamhet
- fartygsdrift av ”ship management”-bolag och
- agentverksamhet.

Från europeisk sida har denna specialisering åstadkommit genom en satsning på innovativa fartygskoncept, optimerade delsystem samt avancerad utformning, produktion och planering. I ett initiativ från Europeiska kommissionen ”LeaderSHIP 2015” (LeaderSHIP 2015, 2003) kommer man att verka för att ytterligare stärka konkurrenskraften för den europeiska skeppsbyggnadsindustrin genom att försöka:

¹ Intervju Herbert Nilsson, Professor, Chalmers, Göteborg 2006-01-20,

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- förbättra den europeiska varvsindustrins nuvarande tekniska ledarställning inom utvalda marknadssegment
- främja och skydda innovationer och kunnande
- öka kundanpassningen
- förbättra industrins struktur och gå mot en kunskapsbaserad produktion
- göra varven och leverantörerna av marin utrustning i EU världsledande inom deras respektive områden senast 2015.

Denna satsning inom den europeiska skeppsbyggnadsindustrin på en utvecklad komplex produkt innebär en satsning på en produktion som kännetecknas av:

- ett segment med begränsad efterfrågan
- ”prototyp tillverkning”
- en skräddarsydd och högteknologisk produktionsprocess
- mycket tekniskt utvecklingsarbete
- många underentreprenörer och underleverantörer.

Genom alla externa underentreprenörer och leverantörer utgör varvets egen verksamhet och det värde som där skapas bara en mindre del av det totala kontraktbeloppet. Vid exportordrar av fartyg brukar exportkreditorgan kunna ge lån till varven men något sådant stöd finns inte inom EU när det gäller internordrar inom ett land utan bara när det gäller externordrar.

Allmänt sett stärker normalt investeringar i forskning, utveckling och innovationer konkurrenskraften hos en bransch. Detta brukar man säga gäller i ännu högre grad för en specialiserad, högteknologisk och kapitalintensiv bransch som skeppsbyggnadsindustrin. Satsningarna gäller såväl produktutveckling som utveckling av produktionsmetoder. Inom tillverkningsindustrin brukar denna typ av investeringar ske innan serieproduktionen sätter igång medan traditionen inom den europeiska skeppsbyggnadsindustrin, där stora delar av satsningarna inom skeppsbyggnadsindustrin i världen sker, är att integrera dem med själva konstruktions- och produktionsprocessen dvs. efter det att köpeavtalen undertecknats.

Orsaken till denna omvända ordning inom skeppsbyggnadsindustrin är den tradition som finns att handla upp ett fartyg på koncepthandlingar, där långt ifrån alla detaljer i fartygsutformningen finns angivna och heller inte är utvecklade. Skeppsbyggnadsindustrin i Europa satsar i genomsnitt ca 10 procent av sin omsättning på dessa typer av investeringar (LeaderSHIP 2015, 2003).

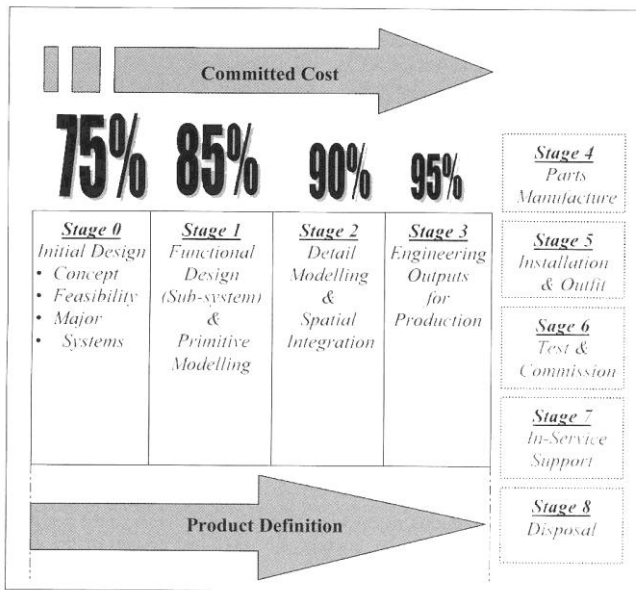
Den militära skeppsbyggnadsindustrin uppvisar många olikheter gentemot den kommersiella. USA har idag en varvskapacitet på den kommersiella sidan där man producerar mindre än 1 procent av världens fartygstonnage på över 1000 bruttoton vilket medför att landet rankas som nummer femton i världen, medan man på den militära sidan är störst och bygger världens idag tekniskt mest avancerade krigsfartyg. Genom olika regleringar nationellt och/eller via militärallianser har i många fall konkurrensen mellan militära skeppsvarv i olika länder satts ur spel varför kostnadsbild, effektivitet m.m. inte alls är jämförbar med den kommersiella delen av skeppsbyggnadsindustrin. Således visar uppskattningar att den europeiska avreglerade skeppsbyggnadsindustrin är 2.5 – 3 gånger mer kostnadseffektiv än den amerikanska vilket också återspeglar sig i att de europeiska varven är världsledande i produktion av bl.a. militära ubåtar och patrullbåtar (LeaderSHIP 2015, 2003).

Den kinesiska skeppsbyggnadsindustrin har växt kraftigt under senare år framför allt orsakat av fördelarna av den låga arbetskraftskostnaden. Ett antal nya varv har vuxit fram och har idag tillsammans med de gamla varven en stor andel av världsproduktionen. Kina rankas idag som världens tredje största skeppsbyggarnation. Däremot har den kinesiska skeppsbyggnadsindustrin på flera punkter halkat efter de flesta övriga länders skeppsbyggnadsindustri och har exempelvis haft en låg produktivitetsutveckling under ett antal år, mycket beroende på en låg teknikutvecklingsnivå i planering och produktion (Chaoguang et al, 2005).

6.2.1 Ekonomiska förutsättningar för fartygsproduktion

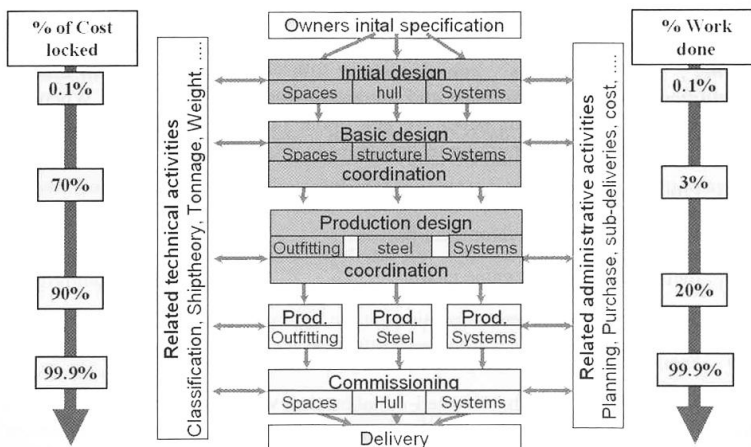
Likt mycket annan projektlänkande produktion där varje ny produkt är av enstyckskaraktär så binds en större del av det totala kapitalet upp redan i de val man gör i de tidiga skedena i projektet också inom fartygsbyggnation. Enligt Martin (2002) så ser det ut som figur 6.3 nedan inom skeppsbyggnadsindustrin.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen



Figur 6.3 Cost Commitment during Design Cycle (Martin, 2002).

En mycket stor del av kapitalet binds alltså upp redan i de tidiga skedena och de val av övergripande systemkaraktär som görs här får avgörande betydelse för slutkostnaden. Vidare är påverkansmöjligheterna på slutnotan pga de val man gör i senare design skeden begränsade. Follesdal och Garcia (2002) ser på det på följande sätt (figur 6.4):



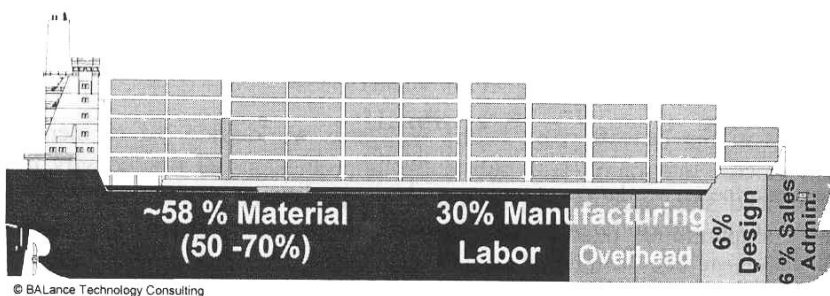
Figur 6.4 Follesdal och Garcia (2002).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Samtidigt vet vi att genom användandet av en produktmodell, typ Tribons PIM-modell (se avsnitt 6.4), genom hela designprocessen med en noggrant uppbyggd objektsstruktur så kommer många sena ändringar i designskedet inte ställa till det och orsaka massor av merarbete och motsvarande kostnader. Tvärtom kan ett varv som har en process som tillåter denna typ av sena ändringar vinna mycket i form av konkurrensfördelar gentemot andra varv. Detta eftersom kunden, dvs. redaren, är mycket angelägen om att kunna göra modifieringar så att han hela tiden kan se till att alltid hänga med i utvecklingen och ha ”det allra senaste” på sitt fartyg. Redaren vill alltså tillförsäkra sig det allra senaste i form av teknisk utrustning eller den senaste trenden vad gäller restaurangernas och poolernas utseende och antal på ett kryssningsfartyg. Men det kan också gälla besvärligare saker som ändringar i skrovkonstruktionen. Allt i syfte att vara säker på att erhålla ett konkurrenskraftigt fartyg där redaren vet att han kommer att kunna konkurrera om frakterna eller passagerarna ute på världsmarknaden.

Denna klara trend mot ett flexibelt fartygsbyggande som tillåter sena ändringar är speciellt tydlig inom den europeiska skeppsbyggnadsindustrin som också har en tyngdpunkt mot produktion av specialfartyg. De sydkoreanska storvarven har en betydligt mer rigid och produktlik processtruktur liknande övriga tillverkningsindustrin, som normalt inte tillåter några ändringar alls efter det att kontraktet skrivits under.

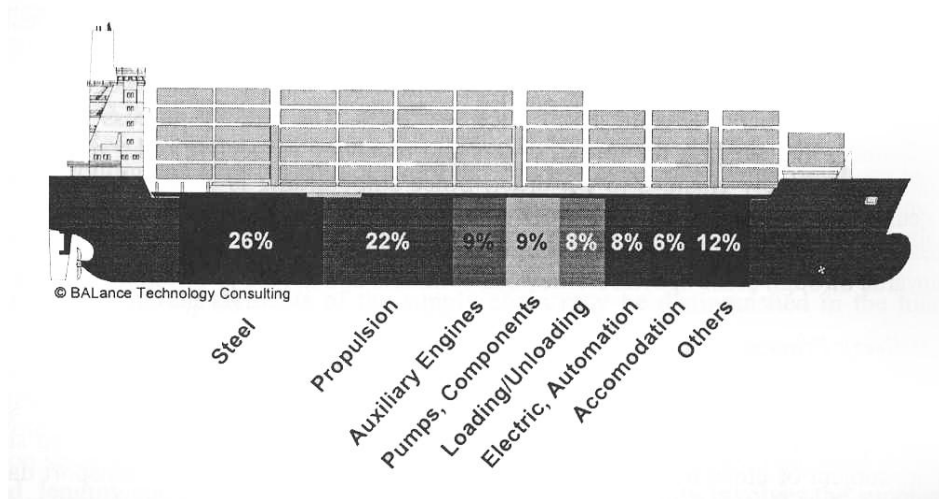
Kostnaden vid fartygsbyggnation kan delas upp i delkostnader enligt följande figur 6.5.



Figur 6.5 Typical ship cost structure (Brodda, 1999).

Att notera är att materialkostnaden är förhållandevis hög, designkostnaden är normal och arbetskraftskostnaden låg jämfört med en motsvarande husbyggnation inom byggbranschen.

Den höga materialkostnaden i sig kan delas upp i följande komponenter, figur 6.6.



Figur 6.6 Typisk distribution av materialkost (Brodda, 1999).

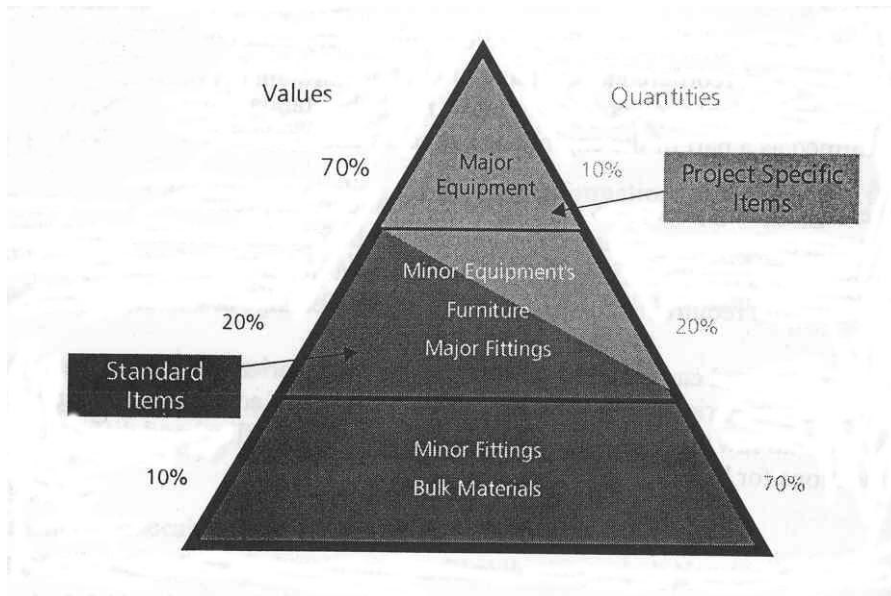
Fartyget ifråga är ett containerfartyg från ett nordeuropeiskt varv. Att stålkostnaden och maskineriet är de två största kostnaderna kanske inte är anmärkningsvärt. Pga en galopperande stålprisutveckling under senare år är sannolikt stålkostnadsandelen idag ännu större.

För ett nybyggnadsprojekt är bortåt 80 procent av materialkostnaden projektspecifik, dvs. den tekniska designen är direkt avgörande för inköpsprocessen varför oftast designpersonal direkt är i kontakt med leverantörerna under designprocessen. Bara en mindre del av alla materialinköp kan således betraktas som inköp av lagervaror.

Eftersom leveranstiden kan vara lång på vissa leveranser, exempelvis ca 1 år vad gäller maskinrummet, så vill många varv tidigt lägga fast val av fartygsmaskineriet så att man kan beställa och få leverans i tid. Också stålleverans är naturligtvis avgörande för fartygsbyggnationen varför man även här tidigt vill försäkra sig om leverans i rätt tid, och till rätt pris². Att inhandla dessa typer av nyckelmaterial i

² Intervju Frank Rauchenecker, Volkswerft Stralsund GmbH., 2006-12-13.

rätt mängd och i tid är således mycket viktigt för ett varv vilket illustreras av följande figur 6.7:



Figur 6.7 Materialtriangeln (Mogensen, 1999).

6.2.2 Karakteristik av skeppsbyggnadsindustrin

Skeppsbyggnadsindustrin brukar i många sammanhang karakteriseras av följande faktorer:

- design, produktion och montage av en komplex produkt med kort leveranstid
- enstycksproduktion (eller mycket korta serier). (Johansson, 2002)

Man brukar i dessa sammanhang tillägga att fartygsbyggnation på varv är en verksamhet

- som försiggår i en multi-projektliknande miljö, där all produktion är dedicerad till det specifika projektet
- med knivskarp konkurrens där i princip alla världens varv tävlar om samma fartygsorder.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Basu och Lamping (1999) uttrycker det som att ”fartygsbyggnation är en komplex flerstegsproduktion med många beroenden” som kännetecknas av

- många olika simultana produktionsmetoder
- korta leveranstider
- ”concurrent engineering” (Basu och Lamping, 1999).

Vid en jämförelse mellan skeppsbyggnadsindustrin och bilindustrin finner man att bilindustrin utmärks av långa serier, man bygger upp en produktionsapparat för en speciell produkt dvs. en bilmodell i form av en prototyp eller en viss plattform, man tar fram speciella verktyg för sina olika bilmodeller. Bilen är också en betydligt enklare konstruktion än ett fartyg komponentmässigt och sammansättningsmässigt, såtillvida att ett fartyg består av väldigt många delar än vad en bil gör. Flygplansindustrin, processindustrin och byggindustrin liknar då mer skeppsbyggnadsbranschen sett utifrån dessa utgångspunkter.

Man brukar säga att projektlänkande branscher har en större mängd information som ska överföras under en kortare tid jämfört med den normala tillverkningsindustrin (Rohr, 2002).

Undantag från den ovan nämnda karakteristiken av skeppsbyggnadsbranschen finns. Konceptbyggande och mer produktlika massproducerande varv finns exempelvis på ett av de stora Hyundai-varven i Sydkorea. Här har man utvecklat tankbåtskoncept anpassade till sin produktionsapparat som man massproducerar, dvs. man har serier med färdigprojekterade tankfartyg med olika specifikationer. Man har också en effektiv återkoppling (erfarenhetsåterföring) när det gäller något som gått snett så att när nästa fartyg produceras har man vidtagit nödvändiga korrigeringar³.

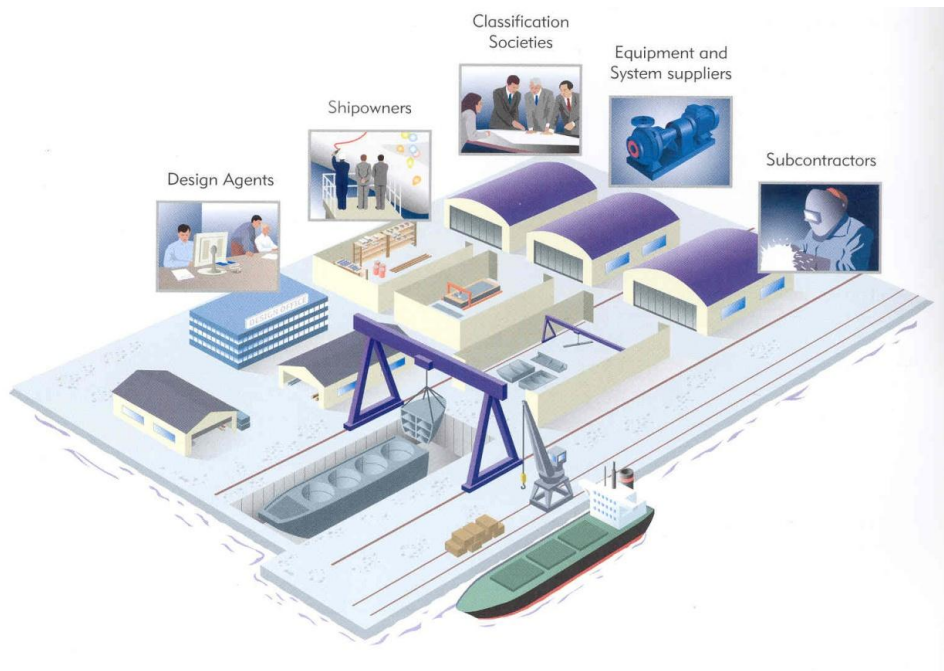
6.2.3 Aktörerna inom skeppsbyggnadsindustrin

Förutom de båda huvudaktörerna, redaren och varvet, så finns ett antal andra aktörer verksamma inom skeppsbyggnadsbranschen: skeppsmäklarna, design-

³ Intervju med Christer Schoug, Managing Director, Stena RoRo AB, Göteborg 2006-01-12.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

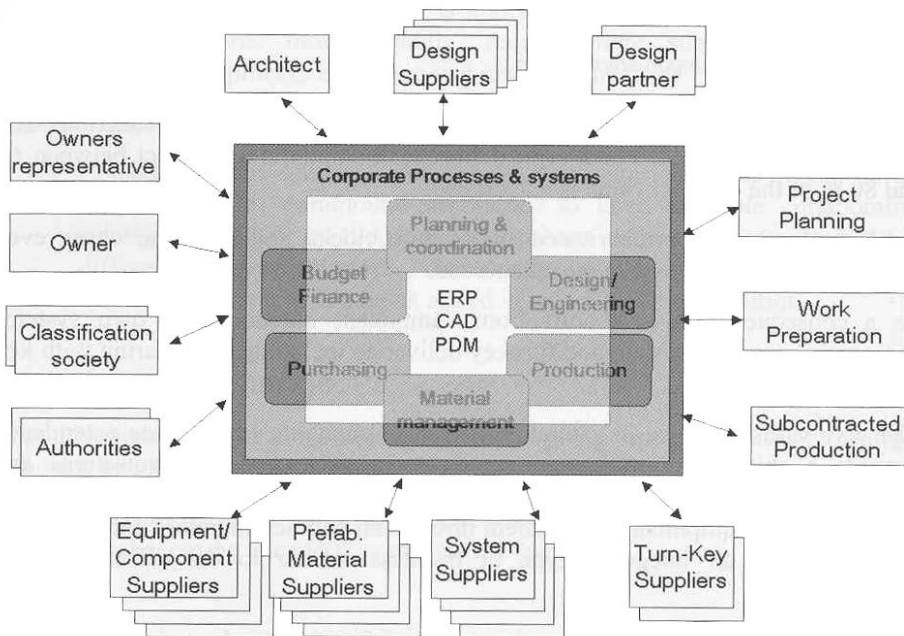
konsulterna, klassningssällskapen, system- och utrustningsleverantörer, underentreprenörer, banker m.fl.



Figur 6.8 Aktörer inom skeppsbyggnadsbranschen (Tribon broschyr, 2008).

Eftersom det är en tydlig trend inom skeppsbyggeriet att alltmer ”outsourca” verksamhet från varvet till andra fristående aktörer så ser man allt färre varv enligt modellen från förr där varvet tillverkade i princip allt inom varvsområdet. Så var situationen för ett par decennier sedan. Idag ”outsourcar” ett modernt europeiskt varv mellan 60 och 80 procent av kontraktskostnaden vilket nedan åskådliggörs av Follesdal Tjonn (2002). Vad gäller stålarbetet ”outsourcar” man idag hela sektioner eller t.o.m. hela skrov vilket gör att vi ser ett skifte från komponentinköp tillsammans med eget ingenjörstekniskt utvecklingsarbete till ett inköpssystem med mer system- eller nyckelfärdiga komponenter. Samtidigt behåller varven områdena produktutveckling (del av), ”conceptual design”, projektplanering, projektledning, koordinering och montagearbete.

Det totala antalet leverantörer till ett stort skeppsvarv kan idag vara ca 3500 företag. För att bygga ett vanligt specifikt fraktfartyg använder varvet ca 1000 stycken av dem.



Figur 6.9 Outsourcing partners (Follesdal Tjonn, 2002).

Varvet är normalt och traditionellt en mycket stark processägare – dvs. varvet har stora befogenheter att ställa, styra och samordna övriga aktörers verksamhet. Ledningen på ett varv har helt andra styrmedel än vad som är fallet i byggsektorn inte minst pga. avsaknaden av den flora av de facto standarder, dokument och överenskommelser som överenskommit bland byggbranschens parter. Denna typ av överenskommelser är positiv sett ur viss synvinkel men skulle varit väldigt konserverande och missgynna en positiv utveckling för en konkurrensutsatt skeppsbyggnadsbransch⁴.

6.2.4 Redarens roll

Redaren vänder sig ofta av praktiska skäl via en mäklare till varven när han är intresserad av att bygga ett nytt fartyg. Mäklaren har bra inarbetade kontakter, han

⁴ Intervju med Per-Olof Nilsson, Manager Special Projects, Aveva, Malmö 2007-07-10, 2007-10-08 och 2007-10-31.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

gör fotarbetet och är ”smörjmaskinen” när väl förhandlingen om ett fartygsbygge kommer igång.

Det grundläggande faktum att man kan köpa ett fartyg var man vill i världen, eftersom man enkelt kan transportera det till hemmahamn, medför att konkurrensen blir mycket påtagligt global och skarp inom världens varvsindustri. Idén om ett nytt fartyg börjar med att redaren ofta själv tar fram en ”spec” (specifikation). Speciellt de stora redarna har resurser att själva plocka fram en ”spec”. Det finns också mindre redare som anlitar en konsult, en s.k. Naval Architect exempelvis Skibskonsulent i Norge, som utarbetar specifikationen åt rederiet.

På Stena har man som en ständig iterationsprocess att ständigt utarbeta ”specar” själva. Man använder härvid ofta specialkonsulter för att reda ut speciella förhållanden. Mäklaren går sedan normalt ut till några olika varv, kanske upp till ett tiotal varv, med ”specen” för att fånga upp intresserade varv. Varven måste då engagera kanske 20 personer på sitt ritkontor en hel månad för att jobba med och räkna på projektet och det kostar kanske ett par miljoner som man inte är säker på att få tillbaka, om man nu inte får ordern⁵.

Att vända sig till ett varv och säga till dem att ni ska svetsa ihop fartyget men jag har en annan konsult som projekterar och kommer med färdiga ritningar till er – det sättet existerar inte för det skulle redaren aldrig gå med på. Redaren vill arbeta mot en enda part som håller ihop det hela och tar det fulla ansvaret. Inga stora varv hade heller gått med på en sådan lösning! Däremot kan konsultfirmor som finska DeltaMarin eller EloMatic (med flera hundra anställda) göra ett sådant jobb till ett litet varv med små resurser och ta det tekniska ansvaret⁶.

Under fartygsbyggnationen på varvet har man som redare alltid ett ”site-team” på plats på varvet – det kan vara egna anställda och/eller konsulter. Idag har Stena skrov som byggs i St Petersburg och som därefter bogseras till Fosen varvet i Norge för att färdigutrustas, vilket man gör av timkostnadsskäl. I St Petersburg har då Stena en konsult som är ”site-manager”, men också en målningsinspektör och

⁵ Intervju med Christer Schoug, Managing Director, Stena RoRo AB, Göteborg 2006-01-12.

⁶ Intervju med Jan Grönstrand, Naval Architect, Kockums Engineering och Leif Andersson, Construction Engineer, Kockums Engineering, Malmö 2005-10-10.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

en stålinspektör som är projektanställda för att tillvarata deras intressen. I Norge har Stena två personer från egen personal som har ”site-ansvar”⁷.

I de allra flesta fallen är det ägaren dvs. rederiet som initierar nya fartygsprojekt. Men det kan också vara ett varv som har ledig kapacitet att bygga exempelvis en tankbåt. Då kan varvet gå ut med erbjudande till olika rederier att de har ledig kapacitet.

Precis som på byggsidan är det en väldig spännvidd mellan olika redare från de små med en eller ett par båtar till de världsomspännande jättelika redarkoncernerna (Carnival Cruiselines, Maersk och Wallenius). Trenden är att rederierna slår sig samman i stora koncerner.

Maersk har som stor koncern kontroll över både beställar- och utförarsidan inom skeppsbyggeriet genom att man själv äger varv, exempelvis Lindö-varvet i Odense, och man är sedan också en av världens stora redare. Också Vicentini-varvet i Italien har samma roll som varven i Maersk-koncernen, dvs. man ägs av en rederi/varvskoncern.

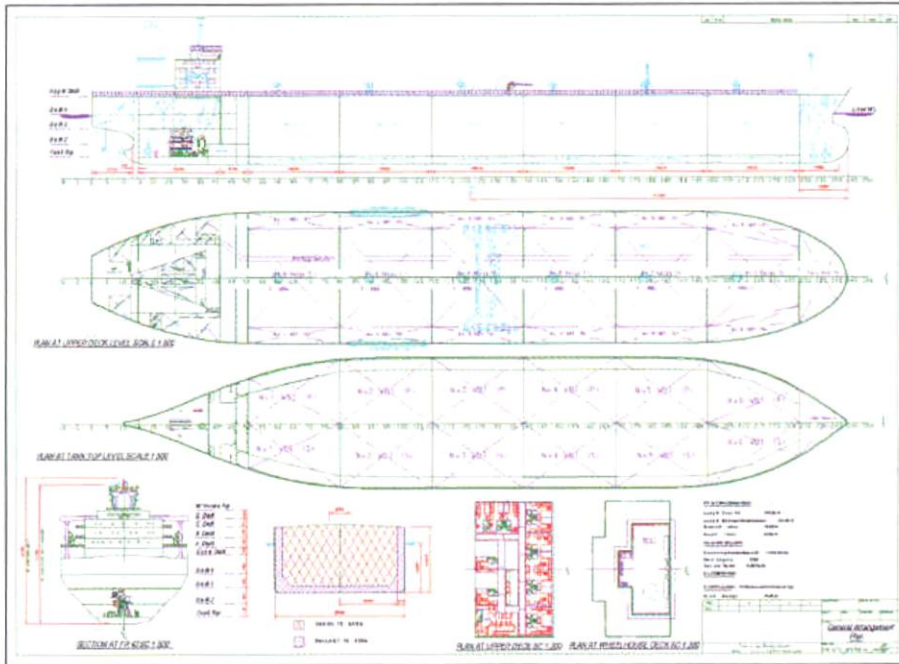
Annars är det normalt inte att redaren är inblandad i varvsnäringen utan koncentrerar sig på sin kärnverksamhet. Stena menar att man inte kan vara duktig både på varvssidan och rederiverksamheten utan man måste välja antingen eller eftersom olikheterna är för stora⁸.

”Specen” utvecklas vidare och tar slutligen formen av en s.k. ”Outlinespecifikation” och en General Arrangements ritning. ”Outlinespecifikationen” består av ett par sidor text där man i allmänna ordalag beskriver vad fartyget ska ha för egenskaper, dvs. i huvudsak funktionskrav.

En skillnad gentemot byggbranschen är att det sällan kommer in estetiska aspekter inom skeppsbyggnadsindustrin, undantaget kryssningsfartyg, vilket gör att det i stort sett enbart är funktionella aspekter som avgör hur ett fartyg kommer att utformas.

⁷ Intervju med Christer Schoug, Managing Director, Stena RoRo AB, Göteborg 2006-01-12.

⁸ Ibid.



Figur 6.10 General Arrangements ritning (Tribon broschyr, 2008).

De funktionskrav som "Outlinespecifikationen" tar upp är allt som är kostnadsdrivande, exempelvis ett nytt navigationssystem. Med finns också bredd och längd, hur många hytter fartyget ska ha, hur mycket last fartyget ska ta, vilken fart fartyget ska kunna gå i osv. Olika redare kan också ha olika uppfattningar om hur fartyget ska se ut. Ska exempelvis däckshuset sitta förut, mittdäcks eller akterut? Man kan också vilja specificera hur man vill ha sin akterramp.

Redaren kan i sin första kontakt med varvet formulera sig som att han vill kunna "transportera 6500 personbilar från Sydkorea till Europa på 22 dagar, jag vill inte ha mer än 15 mans besättning och båten får då inte bränna mer än 2000 ton bunkerolja". I princip kan han handla upp ett fartyg på detta underlag!

Redaren kan i upphandlingen ofta också ha med krav på fartygsmaskineriet. Orsaken är att man har en viss maskintyp i sina andra fartyg och man är van vid att jobba med denna maskintyp och man har sina serviceställen ute i världens hamnar där man servar just denna maskintyp där man sedan länge samarbetat med detta

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

serviceföretag. Även bryggutrustning dvs. automation och navigationsutrustning vill redaren också ofta vara med och bestämma över i upphandlingen⁹.

Dessutom brukar det finnas en ”Makers List” med en förteckning över av rederiet godkända leverantörer. Exempelvis finns godkända leverantörer av navigationsutrustning och brandsläckutrustning med som då får vara med och bjuda på att leverera sin utrustning till fartyget. Slutligen brukar det alltså finnas med en ritning, ”General Arrangements ritningen”, som översiktligt beskriver båten.

Hela detta underlag för fartygsinköp (”Outlinespecifikation”, ”General Arrangements ritning” och Maker’s List) arbetar normalt ca fyra personer fram inklusive en Naval Architect hos Stena. Under hela designfasen och ritningsgodkännandet av fartyget är också normalt fyra personer inblandade. All kommunikation går genom en person – projektledaren. Projektledaren är samma person genom hela projektet och är kontrakts- och budgetansvarig. Han skriver på ”specen” och skriver på leverans vid godkännandet av fartyget¹⁰.

När det gäller upphandlingen av fartyg är det alltså i princip alltid en upphandlingsform liknande totalentreprenadformen som gäller. Det är två parter som förhandlar. Fasta priser utan indexuppräknig är den vanligaste upphandlingsformen men en del varv vill idag ha indexuppräknig pga. de idag kraftigt stigande stålpriserna. Kontraktspriserna bibehålls inom skeppsbyggnadsbranschen undantaget prisändringar pga. ev. indexuppräknig och ev. ändrings- eller extraarbeten. Men det är i så fall prisändringar som inte kommer som någon överraskning för någöndera parten.

Extrakostnader kan naturligtvis tillkomma, speciellt vid spekulationsbyggen, men de kommer aldrig som en överraskning då de normalt alltid är avtalade sedan tidigare. På de stora Sydkoreanska varven blir extrakostnaderna mycket höga pga. deras mer produkt- eller konceptlika process där de till varje pris vill undvika ändringar i konceptet. Detta gäller även ändringar under Designfasen.

⁹ Intervju med Jan Grönstrand, Naval Architect, Kockums Engineering och Leif Andersson, Construction Engineer, Kockums Engineering, Malmö 2005-10-10.

¹⁰ Intervju med Christer Schoug, Managing Director, Stena RoRo AB, Göteborg 2006-01-12.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Den ”Outline Specification” och ”General Arrangements ritning” som redaren beställer sitt fartyg med är det dokument som gäller vidare under hela fartygsbyggnationen. I faserna ”Basic Design” och till viss del i ”Detailed Design” levereras dock alla ritningar till redaren för godkännande. Inga arbetsritningar levereras däremot till redaren.

Tidvis har vissa redare låtit bygga fartyg på ren spekulering i tider när man tror på en ökad internationell handel. Dessa fartyg har man senare sålt vidare till andra rederier.

Många gånger har Stena beställt kanske 2 eller 3 stycken likadana fartyg samtidigt. Normalt beställer man åtminstone 2 fartyg samtidigt och sedan har man option på ett par fartyg till. På det sättet har man erhållit ett bättre pris eftersom delar av designkostnaden slagits ut på flera båtar. Dessutom får man varvet att prata andra priser eftersom man nu får en mer långsiktig kund¹¹.

Många redare, likt Stena, värderar varven efter vad de kan, vad de har för resurser, vad de har för beläggning, hur deras kvalitet är och standarden på personalen som arbetar där. Man vänder sig sedan bara till dessa redan utvärderade varv. Till sist blir det en avvägning mellan kvalitet och pris. Stena åker ständigt ut och inspekterar de varv man har på sin lista. Allmänt sett ingår underleverantörerna och underentreprenörerna i den allmänna bedömningen man gör av varven. Stena har inskrivet att de ska godkänna ”main-subcontractors” i sina avtal. På samma sätt vad gäller komponenter kan Stena begära att få exempelvis samma pumptyp på alla sina fartyg, annars väljer varvet normalt lägsta pris¹².

Hur produktionen går till och vilken teknisk plattform man använder sig av är av underordnad betydelse för redaren – det viktiga är att kvalitetskraven uppfylls. Detta bevakar redaren på plats. Däremot kan dessa faktorer (produktionen och teknisk plattform) komma med i den helhetsbedömning av varvet man gör inför nya fartygsbyggen.

Även om Stena vill beställa nya fartyg till lägsta pris så måste man också tänka långsiktigt så att inte en beställning till ett klart underpris kan tänkas medföra att

¹¹ Intervju med Christer Schoug, Managing Director, Stena RoRo AB, Göteborg 2006-01-12.

¹² Ibid.

varvet går i konkurs så att man som redare inte får sitt fartyg och heller inte kommer att kunna beställa nya fartyg framöver. Ett fartygsköp måste ses långsiktigt så att redare och varv båda hamnar i en ”win-win”-situation¹³.

Tendensen idag är att redaren blir alltmer professionell och slås samman i större rederier. De tidigare så vanliga partrederierna där privatpersoner köpte in sig i ett rederi har idag till stor del försvunnit. Kraven har blivit större på redarna att ha fartygen i toppskick annars släpps de inte in i vissa hamnar och farleder i världen.

6.2.5 Klassningssällskapens roll

Klassningssällskapens krav är viktiga för utvecklingen inom skeppsbyggnadsbranschen och deras krav blir allt starkare. Ursprungligen var klassningssällskapens krav avsedda som ett underlag för att man skulle kunna försäkra fartygen och deras gods. Lloyd’s Register i London var exempelvis från början ett renodlat försäkringsbolag.

Efterhand ville försäkringsbolagen ha bättre kontroll över fartygen de försäkrade och veta hur de såg ut och fungerade. Försäkringen ligger i botten idag också men de krav som ställs upp inom säkerhetsområdet vad gäller miljö, besättning och passagerare är idag väldigt viktiga och styr på många sätt utvecklingen av fartygsbyggnationen i världen. Skulle ett fartyg av misstag läcka olja exempelvis i Östersjön så är konsekvenserna så oerhört stora att man vill försäkra sig om att inte hamna i en sådan situation.

Klassningssällskapen kan idag karakteriseras som oberoende internationella organisationer som kontrollerar fartyg, säkerhet och kvalitet såväl mot egna som nationella myndigheters regler. Klassningssällskapen styrs av IMOs (International Maritime Organisation) bestämmelser. IACS (International Association of Classification Societies) finns också, där dock bara de stora aktörerna är medlemmar. Dessa organisationer kommer överens om ”normer” i hela världen (kvalitetskrav, styrkekrav, stabilitetskrav m.m.). Dessa krav ändras och stärks hela tiden varför det blir alltmer komplext och svårt att bygga ett fartyg idag. Nu startar exempelvis klassningssällskapen också försöksverksamhet med att kräva in produktmodeller av rederierna vilket också driver på utvecklingen. Problemet med denna utveckling är att hitta ett system för hur man reducerar modellen till att bara innehålla nödvändiga data för ett klassningssällskap. Orsaken är att varvet normalt

¹³ Ibid.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

inte släpper ifrån sig produktmodellen då den innehåller varvets företagshemligheter i form av byggsystem, produktionsmetodik m.m.¹⁴.

Allmänt sett kan man säga att klassningen av fartyg bidrar till att göra specifikation, byggnation m.m. av fartyg mer och mer likartad världen över¹⁵.

Lloyd's Register i London integrerar nu sina system och IT-verktyg för klassning av fartyg med designprocessens motsvarande verktyg för att undvika den form av dubbelprojektering som till delar sker idag. Avsikten är att de båda processerna, klassningsberäkningar och designarbete, ska integreras och löpa parallellt med varandra utan att för den delen sudda ut rågången mellan de båda processerna (Roberts, 2005).

Lloyd's Register arbetar med ett Interface Toolkit för att länka samman deras klassnings-databas med varvets eller designkonsultens designverktyg med hjälp av XML-överföringar. Bl.a. har ett interface skapats till Tribon-systemet. Integrationen medför att arbetsgången vid användandet av länkningen mellan klassningsverktygen och designverktygen går till på följande sätt (Roberts, 2005):

- design av fartyget på vanligt sätt med sedvanliga designverktyg
- import av data från designmodellen och utvärdering av konstruktionen gentemot Lloyd's bestämmelser
- utvärdering gentemot klassningsreglerna och ändring av eventuella felaktigheter
- export tillbaks av föreslagna ändringar till produktmodellen.

En form av dubbelarbete sker då vissa moment beräknas på likartade sätt för såväl klassning som för design. Exempelvis har klassningssällskap krav på skrovets hållfasthet precis framräknat på motsvarande sätt sett ur en designingenjörs ögon. Programvaror som VeriSTAR-Hull, ABS-SafeHull och PrimeShip-Hull studerar krafter och spänningar i stålskrovet och värderar risken för buckling, utmattning m.m. på samma sätt som exempelvis Tribons skrovmodul (Safer, 2005).

¹⁴ Intervju med Per-Olof Nilsson, Manager Special Projects, Aveva, Malmö 2007-07-10, 2007-10-08 och 2007-10-31.

¹⁵ Ibid.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Fullständig integration lär inte vara möjlig då syftet med klassningen respektive designen av fartyget skiljer sig åt enligt nedanstående tabell 6.1:

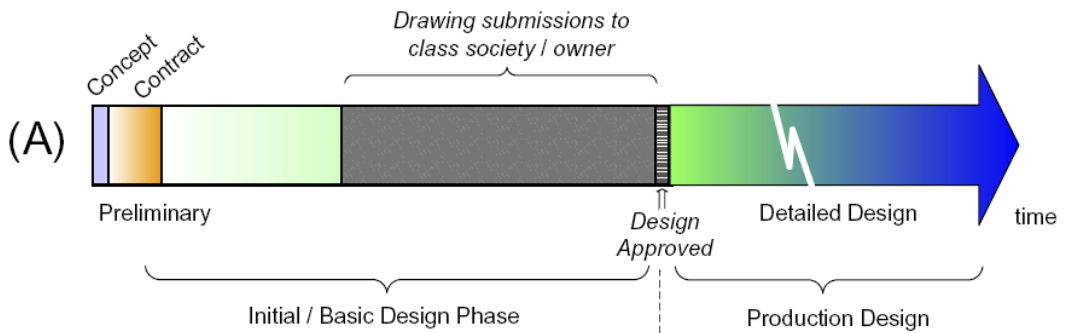
	Programvara från skeppsvarv	Programvara hos klassningssällskap
Användningsområde	Konstruktionsorienterat (material, arbete, montering, planer)	Säkerhetsorienterat med analysfokus, livscykelorienterat med fokus på funktion och underhåll
Antal användare	Många användare per fartyg	En eller ett par användare per fartyg
Detaljeringsnivå	Alla delar finns detaljerat utformade	Idealiserad bild utan detaljer
Toleranser	Konstruktions-toleranser (beaktar skär- och svetsfaktorer)	Idealiserad bild

Tabell 6.1 Olika behov av programvara från skeppsbyggnadsvarv respektive klassningssällskap (Roberts, 2005).

Det pågår också ett arbete där Lloyd's Register, American Bureau of Shipping och Det Norske Veritas tillsammans försöker ta fram ett gemensamt, enhetligt klassningssystem med likartade IT-verktyg (Yu et al, 2005). Ett sådant arbete försvåras dock av att dels har olika varv alternativt deras designkonsulter olika designverktyg dels har fortfarande olika klassningssällskap olika regelsystem för sin verksamhet varför flexibilitet och enkla informationsöverföringssystem är att föredra.

Sett ur ett klassningsperspektiv kan man se på skeppsbyggnadsprocessen enligt figur 6.11 nedan.

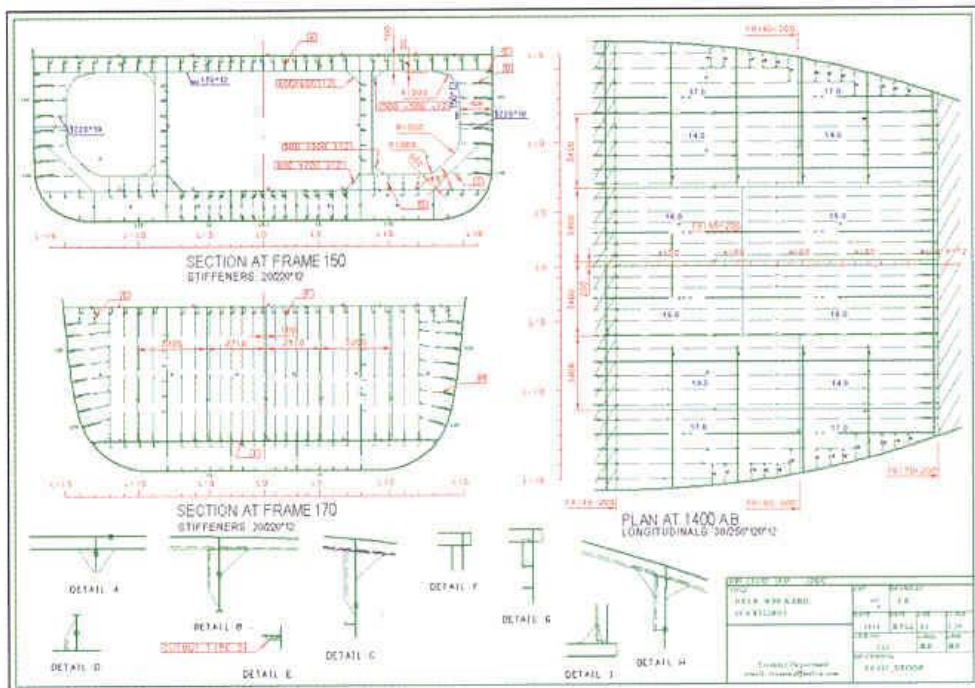
Integrerad Informationshantering i Byggprocessen



Figur 6.11 Normal skeppsbyggnadsprocess med fokus på klassning av fartyg (Roberts, 2005).

Utöver själva klassningen av fartyget inför byggnationen vidtar också klassningssällskapen besiktningar ute i världens hamnar på fartyg i bruk. Med 2-3 års mellanrum besiktigas fartygen där bl.a. skrovtjockleken mäts för att säkerställa fartygets konstitution. Flera tusen mätpunkter mäts upp under en inspektion tillsammans med fotografier över uppmätta punkter (Kobayashi et al, 2005).

Både klassningssällskapet och redaren har sina inspektörer på plats på varvet under hela byggtiden och kontrollerar byggnationen mot överenskomna ritningar. Efterhand som varvet efter beställningen tar fram detaljerade arrangemangsritningar, systemlösningar och scheman så godkänns dessa av dessa inspektörer.

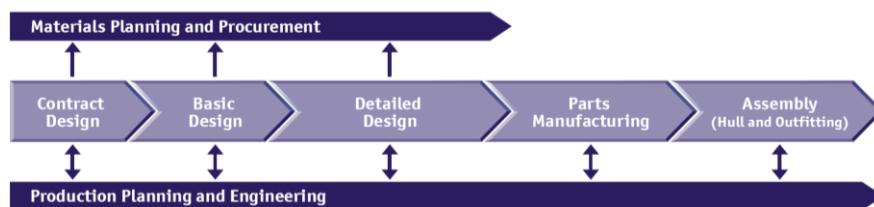


Figur 6.12 Klassifikationsritning (Tribon broschyr, 2008).

6.3 Skeppsbyggnadsprocessen

6.3.1 Allmänt

Skeppsbyggnadsprocessen brukar ofta åskådliggöras i en figur med sekventiella och parallella steg från första idén om ett fartyg, via designfaserna till själva produktionen. En sådan representation kan se ut enligt figur 6.13 nedan:

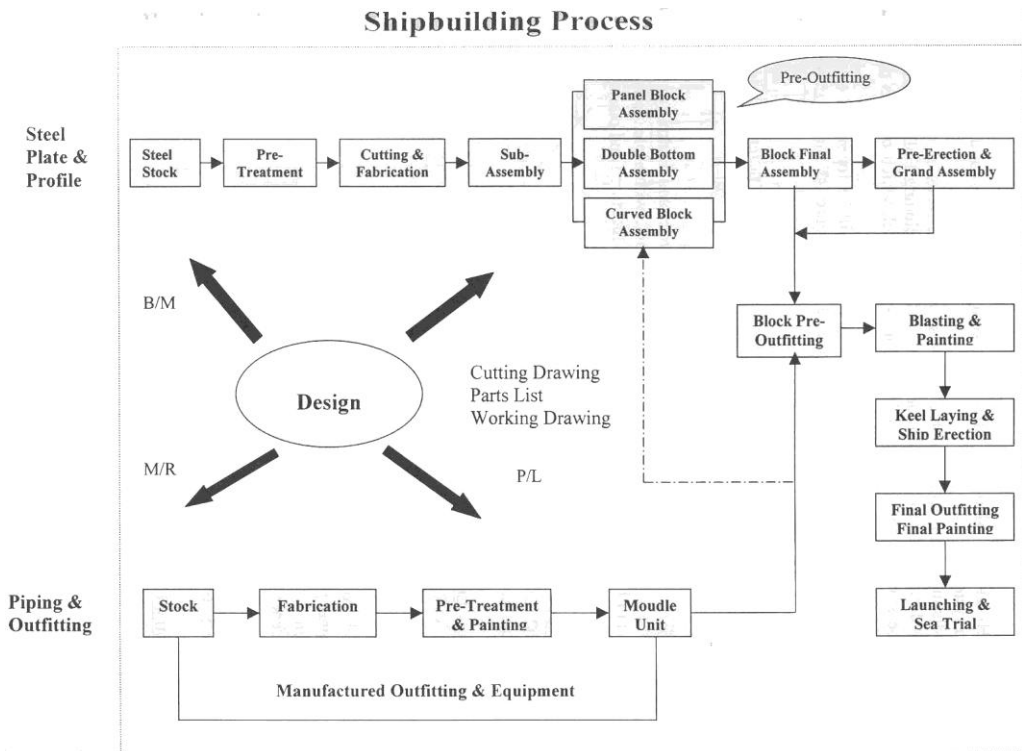


Figur 6.13 Skeppsbyggnadsprocessen (Tribon broschyr, 2008).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

I andra processbeskrivningar kan "Initial Design" vara det första steget i designprocessen som avslutas med en kontraktsbeskrivning. "Detailed Design" kan heta "Detail Design" osv.

Emmanuel och Kim (1999) har en liknande syn på den moderna skeppsbyggnadsprocessen men där fokus mer ligger på produktionen och de två dominerande produktionslinorna plåt respektive rör/utrustning enligt figur 6.13 nedan:



Figur 6.14 Skeppsbyggnadsprocessen (Emmanuel och Kim, 1999).

6.3.2 "Concurrent Engineering" och "Collaborative Design"

I stor utsträckning har speciellt den europeiska varvsnäringen en process där många delprocesser pågår samtidigt, s.k. "Concurrent Engineering", vilket naturligtvis är en stark konkurrensfördel gentemot en redare som snabbt vill ha en fartygsleverans. Detta kan inte de sydkoreanska och kinesiska varven hantera alls på samma sätt i dagsläget i sin mer rigida processtruktur.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Tillvägagångssättet är att varvet snabbt sätter ihop projektgrupper som arbetar med olika delar av fartyget och framför allt börjar man ofta snabbt bygga bottensektionen med maskinrummet trots att man inte projekterat färdigt fartyget och möjligen inte helt och hållet denna bottensektionsdel heller. Dessutom kompliceras det samordningsmässigt ytterligare av att många varv har kapacitet att bygga flera fartyg samtidigt¹⁶.

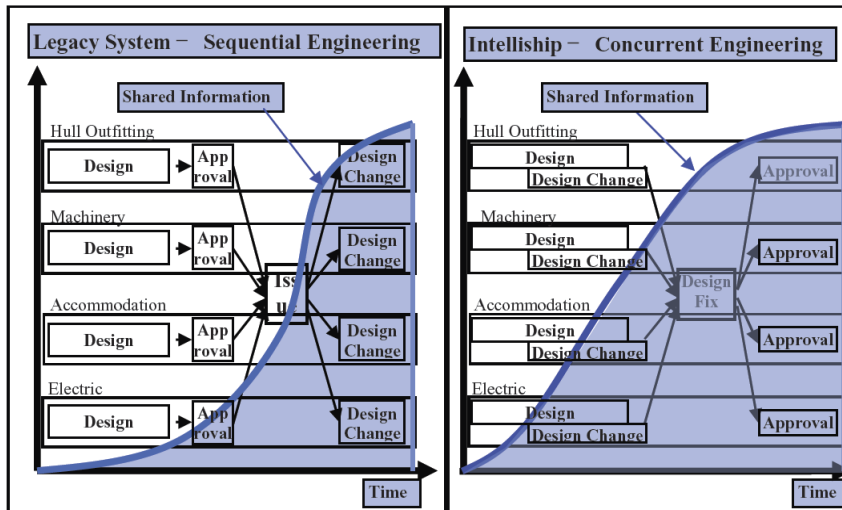
Denna typ av riskbyggande stöder det nedan studerade Tribonsystemet fullständigt – inte bara den interdisciplinära parallelliteten utan också en parallellitet mellan de olika projektfaserna. Tack vare Tribonsystemets objektartade uppbyggnad kring sin PIM-modell (Product Information Model) med dess alla relationer kan denna typ av produktion fungera då man hela tiden vet vilka konsekvenserna blir av valda åtgärder. Detta i kombination med en noggrann planering av all verksamhet på och utanför varvet för att kunna hålla effektiviteten uppe och kunna leverera fartyget i tid.

Varvet tar en risk, man tar hem plåt och vet ungefär hur det hela ska se ut, man börjar bygga och man gör naturligtvis beräkningar på det man bygger och man låter håltagningar m.m. vänta tills efter det att man hunnit projektera färdigt. Håltagning bör naturligtvis göras i förväg så detta sätt är inte produktionsmässigt så effektivt men ineffektiviteten uppvägs med råge av att man snabbt kan leverera sitt fartyg – och det hela stöds av Tribonsystemet. Här kan man med fördel använda funktionaliteten att återanvända gamla fartygskonstruktioner i Tribonsystemet för att snabbt simulera hur ett nytt fartyg ska se ut¹⁷.

Normalt är det framför allt följande processer som överlappar varandra: designprocessen, materialplanering, upphandling och projektplanering. Genom att använda en integrerad databas med referenser mellan de olika delarna på ett fartyg till varandra spar man mycket tid genom att alla som arbetar parallellt genast ser vad som ändrats i modellen. Genom att arbeta på det här sättet vinner man både tid och effektivitet vilket framgår av nedanstående figur 6.15 där man jämför en traditionell sekventiell process med en ”concurrent” process.

¹⁶ Intervju med Per-Olof Nilsson, Manager Special Projects, Aveva, Malmö 2007-07-10, 2007-10-08 och 2007-10-31.

¹⁷ Ibid.



Figur 6.15 Sekventiellt jämfört med samtidigt processflöde (Park, Kim, Sakong och Bae, 2005).

Eftersom många delprocesser pågår samtidigt med krav på kortare och kortare ledtider i en alltmer komplex fartygsprodukt och med efter hand allt fler inblandade parter så är inte alla parter i dagens alltmer specialiserade varvsverksamhet fysiskt på samma plats utan man kan vara utspridda över hela världen. Dessutom ökar kravet på denna typ av nätverk alltmer beroende på den ovan skissade utvecklingen inom branschen. Att branschen saknar ett standardiserat datarepresentationssystem gör dock inte saken enklare. Utvecklingen gynnar dock framväxten av globalt distribuerade och specialiserade team inom skeppsbyggnadsbranschen (Bronsart et al, 2005).

Vid byggnation av ett vanligt containerfartyg ska följande aktörer kunna samarbeta på ett optimalt sett:

- ca 20 st huvudleverantörer av utrustning exklusive deras underleverantörer
- ca 350 komponentleverantörer exklusive deras underleverantörer
- ca 20 design agenter
- klassningssällskapet och
- redaren (Bronsart et al, 2005).

Genom att utnyttja ett internetbaserat interface och en utvecklad metodik för distribuerad ”collaborative design” kan olika aktörer på olika företag få tillgång till produktmodellen, eller en del därav (Chaoguang et al, 2005).

Tribonsystemet har här valt en väg där man har byggt in en funktionalitet som gör att man har full kontroll över informationsflödet när, hur och till vem det distribueras. Genom den genomtänkta objektsdatabasen har man i princip ett inbyggt PDM system med full kontroll över informationen. Se vidare kap. 6.4.14 Design Data Management.

6.4 Tribonsystemet

Framställningen nedan bygger – om inget annat anges – på intervjuer med Per-Olof Nilsson, Manager Special Projects, Aveva, Malmö 2007-07-10, 2007-10-08 och 2007-10-31.

6.4.1 Historik

Tribonsystemet i sin grundstruktur har funnits i mer än 40 år. Det då benämnda Styrbjörn-systemet föddes 1964 genom ett beslut i Kockums styrelse om att utveckla och senare sälja systemet. Systemet utvecklades alltså under 1960-talet men såldes således inte kommersiellt under denna tid utan kan ses mer som ett internt utvecklingsarbete. Systemet byggde på en struktur som Kaj Holmgren, IT-chef, arbetat med på Kockums sedan 1958.

Det fanns två orsaker till utvecklingen av Tribonsystemet vid den här tiden: utvecklingen av numeriskt styrda brännmaskiner (skärbrännare) och datorutvecklingen. De numeriskt styrda brännmaskinerna hade börjat utvecklas och behövde styras för att skära ut enstaka plåtar (s.k. plåtutbredning). Tidigare var dessa optiskt styrda med hjälp av pappmallar som man skar ut eller så ritade man formen på en glasskiva varefter man med hjälp av ett projektionstorn projicerade ner bilden på plåten varefter en ”gubbe” gick med en handskärbrännare och skar upp plåten. Men genom att tekniken utvecklades att med dator matematiskt styra en skärbrännare så var detta en utgångspunkt för Styrbjörn-systemet. Dessa system utvecklades genom ett samarbete med Kongsberg-gruppen i Norge som utvecklade datorerna. Själva bränneheten var av tyskt ursprung. Ett protokoll ESSI arbetades fram för att kunna styra dessa skärbrännare och ett programmeringssystem för att kunna klara inmatningen av data. Allt kördes sedan på Saab D21 datorer på Kockums.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Samtidigt med denna utveckling så började man på Kockums arbeta med datorer för att kunna beräkna och beskriva formerna på ett fartyg. Det var i och med utvecklingen inom matematiken som man nu kunde beskriva formerna i datorn. Man gjorde exempelvis så småningom s.k. ”fairings”, dvs. man snyggade till ytorna och gjorde dem jämnare. När väl formen fanns i datorn kunde man lägga snitt i fartygsformen för att ta fram de resulterande kurvorna.

Styrbjörn utvecklades således under 1960-talet och kring år 1970 började man titta på en rent tredimensionell konstruktion inkluderande en produktmodell. För detta ändamål utarbetades då en ny och fortfarande modern objektsstruktur, benämnd ”beskrivning”, innehållande geometri, egenskaper, olika uppförande m.m. Man utvecklade 1972 ett kommandostyrt tredimensionellt CAD system i ett egenutvecklat kommandospråk som användes utan bildskärm och som klarade av att bygga upp en tredimensionell struktur med topologiska associationer till omgivningen och i princip också med en parametrisk uppbyggnad. I Tribonprogrammen idag används samma uppbyggnad och faktiskt t.o.m. samma programkod som bara automatkonverterats mellan olika programmiljöer. I princip hade man redan då tagit fram en produktmodell (”beskrivning”) med en egenutvecklad databasstruktur i botten.

Som grund för utvecklingen av Styrbjörn låg utvecklingen av den dynamiska minneshanteringens på 1960-talet där minnet i datorn allokeras efterhand som det behövs vilket medförde att man inte behöver någon fast minnesstorlek. Nu behövde exempelvis geometrin hos ett fartyg inga fasta gränser längre utan kunde tilldelas minnesplats där det fanns ledig plats, vilket var ett väldigt effektivt sätt att arbeta på. Saab (DataSaab) var väldigt duktiga inom detta område tillsammans med Olof Morland på Kockums. Denna minneshantering byggdes i RAM-minnets arbetsområde där exempelvis en plåtbit i fartyget förutom genom geometribeskrivningen också beskrevs med sina andra egenskaper som tjocklek, kvalitet, relationer till andra plåtbitar m.m. När plåtbiten ska lagras i databasen så kondenseras all denna information i ett enda binärt databasobjekt. Idag tar man in ett helt fartyg i databasen dvs. kanske 30 000 – 40 000 objekt. I början gällde det dock bara plåtar som man lade in i databasen. Sedan utvidgades det så småningom till att man även lade in ventilation, rör, apparater, installationer m.m. i databasen. Idag täcker man upp precis alla delar och komponenter som finns i ett fartyg.

En parallellutveckling ägde rum i Cambridge, Storbritannien, och företaget CAD Center som på 60-talet började utveckla rörbeskrivningssystem för processbranschen (raffinaderier, offshorebranschen, kärnkraftverk m.m.). De hade samma tankar som Tribon och byggde också upp en produktmodell, dock utan

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

dynamisk minneshantering. CAD Center bytte sedan namn i slutet av 1990 talet till AVEVA. Deras system hette från början PDMS (Plant Design Management System). År 2002 köpte sedan AVEVA Tribon och idag arbetar det gemensamma företaget (AVEVA) med att kombinera de båda programmiljöerna PDMS och Tribon. Hösten 2007 släpptes den nya produkten (AVEVA Marine) som är resultatet av detta.

Användarmässigt började Tribon dock allra först som ett funktionellt och skeppsbygganpassat CAD-system där man byggde upp sin tredimensionella modell, kopplad till databasen. I och med att man byggde upp produktmodellen från början så fick man inbyggt en ordning där man visste vilka objekt man beskrivit och vilka ritningar som gällde – även ritningarna var objekt. PDM-systemet var också därmed i princip inbyggt i produktmodellen från början då ett syfte med PDM-systemet just är att hålla ordning på och beskriva produkten. Det behövdes alltså inte något separat yttre PDM-system i Tribon. När man senare behövde hantera konfigurationsstyrning, ändringshantering och avancerad dokumenthantering då kom också ett pålagt ”PDM-system” att hantera detta på många varvs Triboninstallation. I själva verket är det snarare ett enkelt dokumenthanteringssystem man använder.

Dessa dokumenthanteringssystem plockar data ur PIM-modellen men tillför inte något till den. De tar också oftast hand om externa ritningar från leverantörer och underentreprenörer som skulle kunnat inkorporeras i modellen. I sådana fall brukar man dock ofta bara koppla ritningarna till dokumenthanteringssystemet. ”Share Point” från Microsoft är en sådan populär applikation med lämplig funktionalitet i dess webbaserade dokumenthanteringssystem.

Tribon stod under den första utvecklingstiden vid Kockums nära produktionen och de produktionskrav man ställde. När Tribon senare bildade ett eget bolag 1977 så var man fortfarande ägt av Kockums. Man kan alltså säga att Tribon primärt utgår från produktionsförhållanden och inte från några konstruktörskrav – i annat fall hade produkten förmodligen sett annorlunda ut idag. Förutom av Kockums har Tribon tidigare ägts av Svenska Varv, Celsius, Sjätte AP-fonden och nu AVEVA.

Tribon vände upp och ned på de dåvarande processerna. Tidigare satt konstruktörer och skissade fram designen medan ritarna gjorde de slutgiltiga ritningarna och dokumentationen för tillverkning och sammansättning. Tidigare i det icke datorbaserade fartygsbyggsystemet var det mer av ett ”just in case”-baserat system där man ritade lite grand vad man trodde verkstaden behövde och man levererade hellre för många än för få ritningar.

Tribon kom då med det revolutionerande synsättet att man i stället för att primärt producera ritningar skulle man bygga upp en modell. Konstruktörerna skulle nu sluta arbeta vid ritplankorna och börja arbeta vid datorn och bygga upp ett virtuellt fartyg. Detta ansågs omvälvande. Tack vare framsynta chefer som såg att den här utvecklingen var oundviklig så kunde den genomdrivas på Kockums, dock inte utan gnäll och protester. Efterhand såg man de stora fördelarna med att arbeta på detta sätt – mycket arbete läggs ned på modelluppbyggnaden men sedan kommer ritningar, stycklistor och tillverkningsinformation automatiskt fram ur modellen. Personalmässigt försvann i ett svep bl.a. den yrkesgrupp i form av ett 60-70 tal personer som satt på mallvinden på Kockums och gjorde mallar för att böja plåtar kring.



Figur 6.16 Volkswerft, Stralsund

6.4.2 Grundstruktur

Konkurrenter till Tribon finns idag på varven och bland konstruktions- och designkontor men i 80 procent av alla fartygsbyggen runt om i världen används idag Tribonsystemet. Det innebär att Tribon i någon form finns hos i stort sett alla varv idag av en viss storlek och med en viss teknisk uppbyggnad. I och med dess

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

stora dominans inom skeppsbyggnadsindustrin har Tribonsystemet blivit en de facto-standard inom branschen. De varv som idag inte arbetar med en produktmodell, typ Tribons PIM-modell, i botten blir marginaliserade snabbt och konkurreras ut av de andra varven. Vare sig kvalitetskrav eller produktivitetskrav klarar dessa varv av. Nu börjar klassningssällskapen också kräva produktmodeller av rederierna vilket driver på utvecklingen.

Användarna av Tribonsystemet är inte bara varven utan också de design-kontor som projekterar fartyg åt varv som väljer att inte göra detta själv. Också klassningssällskapen intresserar sig nu alltmer för användning av produktmodellen som ett sätt att klassificera och försäkra fartyget. Även vissa redarkonsulter som hjälper redaren att ta fram ett underlag för upphandling av nya fartyg använder sig av Tribonsystemet idag.

Grundtanken med Tribon är att man levererar ett system som ökar kvaliteten, sparar kostnader och kortar ledtider jämfört med ett traditionellt fartygsbygge i form av platsbyggeri. Grundtanken är nämligen att undvika inmatning av information mer än en gång, också vad gäller olika parallella aktiviteter, för att undvika felaktigheter pga felaktig inmatning.

Man använder informationen inom de olika disciplinerna av fartygsbyggandet varefter man förfinar den, använder den igen och slutligen lägger tillbaka den igen i PIM-modellen.

Enligt AVEVA's egna undersökningar är sparpotentialen vid användandet av själva Tribon-teknologin 30 procent reduktion av arbetstiden nedlagd i designarbetet och motsvarande 8 procent reduktion av arbetstiden nedlagd i produktionen av fartyget jämfört med traditionellt platsbyggeri och motsvarande ritningsbaserat designsystem (Tribon M3 broschyr, AVEVA).

Konstruktionskostnaden (projekteringskostnaden) under designfaserna för ett fartyg ligger på ca 5 procent av slutsumman (kryssningsfartyg upp till 10 procent) så bara det faktum att passningen mellan olika plåtar ökar, minskar produktionskostnaden med 8 procent vid användande av Tribonsystemet. Detta medför att vitsen med att köpa in och använda Tribonsystemet inte primärt är att minska på personalen utan ligger mycket på ökad kvalitet på slutprodukten.

Under ”Basic design” och ”Contract design” faserna spar man mycket totaltid genom att parallellt lägga olika såväl interna som externa aktiviteter s.k. ”Concurrent Engineering”, en mycket vanlig arbetsmetodik inom

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

skeppsbyggnadsindustrin med stora koordineringskrav som Tribon stödjer. Under ”Detailed design” fasen effektiviseras framtagningen av dokument och produktionsinformation vilket spar tid medan man under produktionsfasen spar man-tid främst genom en högkvalitativ produkt anpassad till produktionsapparaten.

Hela Tribonsystemet bygger således på att de enskilda Tribonapplikationerna, men också andra applikationer, kopplar upp sig mot och bygger upp den s.k. PIM-modellen, varur applikationerna också kan plocka ut relevant information för beräkningsändamål, materialspecifikationer, visualiseringar, m.m. Ritningsgenerering och rapportuttag görs automatiskt ur PIM-modellen. Produktionsstyrning av svetsrobotar och annan produktionsutrustning förses också med data från PIM-modellen. All materialanskaffning och produktionsplanering, funktioner som i sig inte finns inbyggda i Tribonsystemet, bygger på data som tas ur PIM-modellen.

PIM-modellen kännetecknas av ett systematiskt och strukturerat innehåll med påkopplade funktioner som 3D-modellering av hela fartyget, automatisk ritningsframställning och innehållande bl.a. tekniska specifikationer, bilder och fotografier, certifikat, livscykelanalyser m.m., allt i syfte att effektivisera skeppsbyggnadsprocessen. Systemet borgar för säker åtkomst till relevant information bl.a. eftersom informationen finns på ett enda ställe och matas in bara en gång, varvid felkällor minimeras. Själva PIM-modellen är komprimerad och får idag plats på en vanlig PC-server.

Genom kopplingen till internet används Tribon idag av de olika aktörerna inom skeppsbyggandet på ett helt annat sätt än förr genom att de kan vara geografiskt placerade var som helst i världen och ändå ha direkt och full access mot PIM-modellen. Detta har hjälpt till att ytterligare skärpa konkurrensen inom skeppsbyggeribranschen.

Anslutningen till internet gör också att alla berörda anslutna parter som ”naval architects”, underentreprenörer, leverantörer m.fl. har möjlighet att nyttja informationen i Tribon-systemet genom att den ligger internetbaserad i ett s.k. virtuellt skeppsvarv där några tusen leverantörer lagt in sin produktinformation om skeppsbyggnadskomponenter och utrustning i ett standardiserat och sökbart format. Se vidare nedan om Tribon.com.

Processfasövergångarna är viktiga att få ordning på. Förr gjordes i skeppsbyggnadsbranschen först s.k. arrangemangsritningar, därefter började man

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

om och gjorde klassritningar, efter det började man om igen och gjorde arbetsritningar, sedan började man om igen och gjorde... Detta var ett väldigt ineffektivt sätt att arbeta på och man riskerade fullt med fel i processen genom multipel inläggning av samma data flera gånger i processen. Genom att med produktmodelltänkandet bara lägga in informationen en gång, vilket är en av huvudtankarna bakom produktmodelltänkandet, undviker man denna typ av fel. "Create once – use many times" är alltså en av de ursprungliga drivande krafterna bakom Tribonsystemet. Man skapar informationen och förfinar den alltmer under processens gång i modellen, dvs. från en designfas till en annan. Har man en gång skapat informationen så finns den där och används sedan under hela resans gång.

Alla aktörer med åtkomst till PIM-modellen kan sedan ta fram den information de behöver ur modellen vid den tidpunkt de behöver den. Ur PIM-modellen tas exempelvis alltid:

- all dokumentation för planering och införskaffande av material och utrustning
- tillverkningsritningar och rapporter för att kunna tillverka alla stålplåtar, rörsystem, ventilationstrummor, elektriska installationer m.m.
- sammansättningsritningar
- svetsritningar och svetsdata till robotsystem.

Tribon stöder fullt ut ett modernt och rationellt sektionsbyggande där färdiga sektioner sätts ihop till ett färdigt fartyg. Anpassbarheten hos Tribon till olika varvs produktionsmiljöer måste då vara stor pga. att exempelvis tillverkningsutrustning, lyftkapacitet och transportkapacitet varierar stort mellan olika varv. Robotisering och automatisering har också kommit olika långt på olika varv. Tribon används på allt från rena "djungelvarv" utan tak där man använder Tribon enbart till att ta fram geometrin på fartyget till fullautomatiserade tyska högteknologiska varv där hela spektrumet av olika Tribonapplikationer används.

Tribonsystemet har också funktioner att under arbetets gång jämföra den framväxande designmodellen med fundamentala designregler och praktiska produktionsaspekter och också varna för avsteg härifrån, dvs. en slags början till ett s.k. expertsystem. Exempelvis finns inbyggt toleranskrav, krympningsmån m.m. så att delarna kommer att passa ihop när de väl fysiskt sätts samman. Allt för att man inte i onödan riskerar arbeta vidare med "omöjliga" konstruktioner.

Tribon innehåller inga inbyggda och direkt utvecklade planeringsmekanismer, utan här får varvet använda externa projektplaneringsprogram som man pluggar in mot Tribon för att hämta information från produktmodellen.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Det finns inte heller några inbyggda funktioner som stödjer erfarenhetsåterföring. Enligt Per-Olof Nilsson finns inga utvecklade funktionsdugliga IT-baserade erfarenhetsåterföringssystem idag alls på marknaden.

Tribon stöder däremot s.k. ”Reverse Engineering” där man från början planerat för, anpassat till och projekterat för produktion på ett visst varv med en viss produktionsutrustning (bl.a. lyft- och transportkapacitet). Om nu förhållandena ändras under resans lopp, vilket ofta sker inom skeppsbyggnadsbranschen, så måste man kanske byta varv för att bygga just detta fartyget. Då ”backar” man fartyget i Tribon till en helfartygsmodell varefter man ”hackar” upp fartyget igen i sektioner och plåtar som passar till det nya varvets produktionsutrustning. Man kan alltså tidigare ha gjort en regelrätt projektering och produktionsberedning som man nu gör om i ett sent skede. Denna funktionalitet kan användas framför allt av de stora varvskoncernerna med flera varv för att optimera produktionen totalt på deras olika varv.

Ofta är sena ändringar och flexibilitet mycket starka önskemål från redarhåll och kan avgöra val av varv för beställning. Flera europeiska varv har valt att profilera sig med just hög flexibilitetsgrad. Redaren vill kanske sent kunna ändra i sin fartygsbeställning för att få en alldeles ny typ av utrustning som precis kommit ut på marknaden för att därmed kunna få ett modernare och mer konkurrenskraftigt fartyg. Inom kryssningsfartygsbranschen, som flera europeiska varv nischat in sig på, är det vanligt att redaren ändrar sig under tiden fram till leverans och exempelvis ändrar på antalet pooler eller hur stor restaurangarea som ska finnas. Leveranstiden för ett kryssningsfartyg är 2–3 år så mycket kan hända inom teknikutveckling m.m. under denna tid. Om man använder produktmodellen fullt ut så är sena ändringar som kundkrav enligt ovan ett betydligt mindre problem än i en ritningsbaserad bransch. Framförallt så är det felkällorna till följd av att man missar alla konsekvenser av ändringarna som man nu betydligt enklare kan hantera.

Varv är således normalt idag inte ägda enskilt utan är ofta ägda i grupp tillsammans och uppköpta så att en hel grupp varv, ibland med olika historia och produktionsutrustning, arbetar tillsammans under gemensam ägare. Den norska varvsgruppen Aker har exempelvis totalt 18 varv runt om i världen idag. Varvsgrupperna vill ha största möjliga flexibilitet och bestämma så sent som möjligt vilken produktionsanläggning man ska utnyttja för en viss order. ”Reverse Engineering” medför då att man kan ändra sitt arbetssätt och relativt enkelt klara sena ändringar och också få klara konkurrensfördelar mot kunden redaren.

Återanvändningen av gamla fartygskonstruktioner ("Tribon Project Copy") innebär att man kan ta in valfria delar av ett tidigare färdigprojekterat fartyg i den nya PIM-modellen. TPC ser då till att automatiskt döpa om alla objekt och referenser så att de passar i den nya modellen. Associativa kopplingar till "moderfartyget" löses också upp och återuppstår gentemot det nya fartyget.

Tribonsystemet kan totalt sett ses som ett programpaket med ett stort antal delapplikationer med den gemensamma databasen i form av den s.k. PIM-modellen i centrum. Det ser väldigt olika ut hur mycket av Tribonsystemet man utnyttjar och alla använder sig inte av alla delapplikationer i Tribonsystemet. Den ursprungliga och grundläggande skrovdelen i Tribon är vanligast att man använder, dvs. där man i en CAD-miljö bygger upp skrovet i sin PIM-modell. Även om Tribonsystemet täcker många områden som behövs för att designa och bygga ett fartyg så täcker den inte alla delområden, som tidigare nämnts, varför Tribon har flera olika möjligheter att låta externa applikationer samverka med PIM-modellens strukturerade uppbyggnad för att plocka ut erforderlig information.

Rederiets konsulter kan redan innan beställningen av fartyget görs börja använda Tribon, dock är det ännu inte så vanligt idag. Konsulten börjar då med ett antal parametrar som längd, bredd, djupgående, lastförmåga m.m. Därur gör man i Tribon en fartygsform. Detta arbetar en eller två personer fram under 3-4 arbetsdagar. Därefter gör man en grov indelning i tankar och olika rum, de huvudsakliga stålstrukturerna och matar in vikter på huvudmaskineriet m.fl. tunga komponenter. Sedan kan man räkna på stabilitet, fart, manövreringsförmåga, sjunkförlopp orsakade av olika typer av skador m.fl. simuleringar och därmed sätta ihop sitt offertförslag, ett s.k. General Arrangements.

Tribonsystemet är fullständigt flexibelt gentemot ett varv som vill använda en utvecklad teknisk plattform eller ett annat outvecklat varv som mer eller mindre bygger sina båtar på det gamla sättet dvs. platsbyggeri och som då kanske bara har behov av själva CAD-delen av Tribon. Nu används ju som tidigare nämnts inte platsbyggeri i någon större omfattning idag, åtminstone inte i Europa. Det finns också i Tribonsystemet inbyggda restriktioner, som en slags standard på mikronivå och utförandenivå, som gör att olika delar passar, exempelvis profilgenomföringar och motsvarande uttag i en plåt. En sådan standard är beräknad och optimerad från början av Tribonsystemet och sker automatiskt. Liknande funktioner finns hela vägen i systemet när konstruktörerna arbetar med Tribonsystemet.

6.4.3 Kopplingar till de olika processfaserna

Tribon är som tidigare visats (figur 6.11) starkt kopplat till de olika processteg som används inom skeppsbyggnadsbranschen för att framställa ett fartyg. Kopplingen innebär också att uppbyggnaden och förfiningen av PIM-modellen stöds av olika funktionalitet i Tribonsystemet under de olika processtegen samtidigt som PIM-modellen klarar av att byggas upp av olika typer av information från de olika processtegen.

Nu är skeppsbyggnadsbranschen ”lösligt” sammansatt, jämfört med exempelvis byggbranschen, med relativt få bestämmelser och regleringar varför många varv bildat en egen kultur i form av ett eget sätt att driva designprocessen eller ett eget sätt att bygga fartyg beroende på den produktionsapparat man förfogar över. Detta innebär att nedanstående uppdelning i olika processfaser får ses som ett slags genomsnittligt sätt att designa och bygga fartyg vid användning av Tribonsystemet. Klassningssällskapens mer övergripande krav utgör också en grund som varven måste förhålla sig till.

Under upphandlingsfasen av ett fartyg måste redaren ta ställning till varvens olika anbud genom att jämföra framförallt pris, leveranstid och kvalitet. Tidigare erfarenheter av varvet och den ranking redaren har klassat varvet i har också betydelse. Ofta försöker vissa varv också ”toppa” sina bud med ett gediget genomarbetat underlag eller genom alternativa förslag på system eller utrustning på vissa delar av fartyget – allt för att visa sin konkurrensförmåga.

Eftersom tiden mellan redarens förfrågan via mäklaren till varven fram till ”Initial Design” fasen som resulterar i ett kontraktsskrivande ofta är mycket begränsad, ofta mindre än 6 veckor, resulterar denna intensiva fas i att man under en mycket kort tid binder upp en stor del av kapitalet. Siffror finns på att 70 procent av slutkapitalet hos ett fartyg binds upp under de första 4 veckornas arbete med designen av fartyget. Det innebär att varvet behöver arbeta med mycket effektiva övergripande redskap som baseras mycket på tidigare fartygsbyggnationer. Genom att arbeta med modifieringar av tidigare detaljprojekterade fartyg i Tribonsystemet kan man på ett mycket effektivt sätt få klarhet i vad denna nya typ av fartygsbyggnation skulle innebära ekonomiskt, tekniskt m.m. Speciellt som varven under denna fas konkurrerar med varandra (Nedess et al, 2005).

Inte bara varven tar entreprenader dvs. ansvaret för fartygsbygget utan det finns en tendens att även andra aktörer med ett bra koncept kan driva ett fartygsprojekt idag. Man kanske beställer skrovet i Rumänien, Ukraina, Bulgarien eller Ryssland, släpar iväg skrovet till något varv i exempelvis Holland och utrustar det där med

inredning och utrustning. Denna typ av specialisering hos olika varv där man utnyttjar vissa varvs klart låga kostnadsläge ökar klart i omfattning idag inte minst europeisk varvsindustri. En ny tendens i Europa är att man inte ens behöver ligga vid ett varv utan kan ligga vid en avgränsad del av en kaj och utrusta fartyget där.

Även militärt fartygsbyggande är viktigt för många europeiska varv. Många varv har både en militär och en civil gren. Dels vill beställaren inte släppa dessa fartygsbyggen till asiatiska varv av strategiska skäl och dels kan varven inte låta bli att bygga dessa fartyg pga de pengar som ligger i dessa ofta inte fullt så konkurrensutsatta order. Militärt fartygsbyggande behandlas inte i denna rapport.

6.4.4 "Contract Design"

För att kunna lämna ett anbud på ett fartyg måste varvet ha ett någorlunda väldefinierat underlag och en uttalad byggstrategi. Eftersom underlaget från beställaren redaren är mer beskrivande och av en mer generell och funktionell natur, liknande en tidig totalentreprenadupphandling inom byggbranschen, finns inget detaljerat underlag för varvet att bygga efter varför "Contract Design"-fasen går ut på att ta fram ett tillräckligt detaljerat underlag inkluderande en uttalad produktionsstrategi för att kunna lämna ett underbyggt anbud på fartygsbygget till redaren. Varvet måste kunna översätta de funktionella kraven till en design med framförallt optimerade tekniska lösningar av ett fartyg som också ska klara klassningssällskapens bedömning, varvets produktionsapparat, den ekonomiska kalkylen plus alla andra viktiga övergripande krav.

Andra vanliga benämningar på denna inledande fas är "Initial Design" eller "Concept Design".

Ur PIM-modellen kan man plocka ut aktuella kostnader och utdata för byggplanering redan i detta tidiga skede trots att offerten, "General Arrangements", från skeppsredaren är ett vanligt dokument som ofta inte är mer specificerat än att det ryms på ett par A4 sidor inkluderande en enklare form av fartygsritning. Detta gör man genom att utnyttja Tribons funktioner för att ta fram:

- preliminära skrovformer eller modifiering av existerande skrov
- arrangemang med hytter
- skott- och däcksplaceringar
- stabilitets-, manövrerbarhets- och kapacitets beräkningar
- maskineri beräkningar
- hållfasthetsberäkningar på skrovet
- säkerhetsberäkningar.

Annars kan man säga att huvudmålsättningen för ”Contract design” fasen är att ta fram skrovformen och linjerna. Man räknar också på effektbehovet för att driva fram fartyget¹⁸.

Eftersom det är väldigt avgörande val som görs inledningsvis och som också har stor betydelse för slutkostnaden är det viktigt att man i detta skede grovt utvärderar flera olika designalternativ. Eftersom den vanligaste typen av design-programvaror inom skeppsbyggnadsindustrin finns inom ”Detailed Design” så finns ett antal varv i världen som inte på ett effektivt sätt utvärderar olika alternativa lösningar på ett systematiskt sätt från de tidiga skedena (Bole & Forrest, 2005).

Även om det finns inbyggda moduler för denna fas i Tribon så använder många varv egna eller externa programvaror i denna fas. Ibland är dessa programvaror av fristående karaktär men oftast av karaktären att den inte bara hämtar data utan också bygger upp informationen i PIM-modellen.

6.4.5 ”Basic Design”

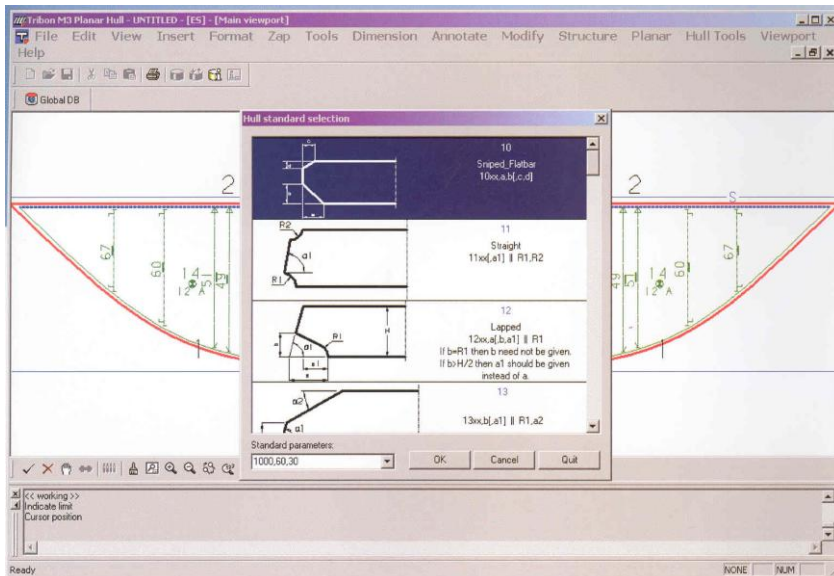
Under ”Basic Design” fasen, dvs. efter det att fartyget upphandlats, bestäms huvuddragen för fartyget någorlunda detaljerat i samarbete med beställaren och klassningsinstitutet, som båda ska godkänna vald konstruktionslösning (Kuutti och Benthall, 2002).

Följande områden berörs under ”Basic Design”-fasen:

- framtagning av klassifikationsritningar
- framtagning av sektionsindelningar
- framtagning av utrustningslistor
- kollisionsskontroller
- walk-through simuleringar
- framtagning av maskineriarrangemang
- uppskattningar av mängden stål och svetslängder
- tyngdpunktsberäkningar.

¹⁸ Intervju med Jan Grönstrand, Naval Architect, Kockums Engineering och Leif Andersson, Construction Engineer, Kockums Engineering, Malmö 2005-10-10.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen



Figur 6.17 Tribon M3 Skrov modul (Tribon broschyr, 2008).

Genom framför allt det XML-baserade gränssnittet i Tribons externa API-koppling kommunicerar PIM-modellen med externa FEM-programvaror för kraft- och vibrationsanalyser och klassifikationsinstitutens klassificeringsprogram.

”Detailed Design”-fasen startar normalt innan ”Basic Design”-fasen avslutats, s.k. ”Concurrent Engineering”, varvid man genom att utnyttja delar av det färdigställda preliminära underlaget från ”Basic Design”-fasen i PIM-modellen tidsmässigt kan korta och effektivisera hela designprocessen.

Det är ofta så att de preliminära ställningstaganden man valt under ”Contract Design” fasen nu under ”Basic Design” visar sig inte hålla måttet. Man är tvungen att modifiera den tidigare valda designen och göra nya mer detaljerade beräkningar och simuleringar. Tack vare PIM-modellen och avancerade datorverktyg kan man snabbt på detta sätt ta fram optimala konstruktionslösningar och jämföra olika designförslag, något som vore omöjligt utan den digitala hjälpmedlen (Mizutani, K., 2005).

Normkravsprogram (”Rules checking”), inkluderande FEM-program, används för att kontrollera fartygskonceptet gentemot klassningsreglerna – de läser data från modellen utan att ge tillbaka någon information. Denna typ av program finns i Tribonsystemet men normalt körs idag program från resp klassningssällskap för detta ändamål.

6.4.6 "Detailed Design"

Alla detalj- och sammanställningsritningar och all produktions- och tillverkningsinformation genereras under denna fasen ur PIM-modellen.

För att kunna nå målen i "Detailed Design"-fasen finns i Tribon funktioner för bl.a.:

- skrovutjämning ("fairing")
- automatisk part-numrering
- målningsarea beräkningar
- plåt "nesting" inkl. skärbränningsritningar och NC information
- tillverkningsinformation för alla plåtar och profiler
- generering av tillverkningsritningar för part-tillverkning
- generering av sammanställningsritningar.

Om man under "Basic Design"-fasen arbetar på en grövre nivå med däck och skott på fartyget så arbetar man i "Detailed Design"-fasen med detaljerade och produktionsanpassade delar typ parter och paneler med håltagningar och inskärningar, se figur 6.18. Det slutgiltiga målet med "Detailed Design"-fasen är att förbereda PIM-modellen med data för den kommande mer eller mindre automatiserade produktionsapparaten och att ta fram produktionsritningar m.m. (Hardy et al, 2005).

Många typer av ändringar från beställarens sida kan relativt enkelt göras också under "Detailed Design"-fasen. Tack vare att PIM-modellen innehåller i princip all information om fartyget uppbyggt i en hierarkisk och relationsbaserad objektsstruktur kommer alla data att revideras vid en ändring. Exempelvis kommer alla ritningar automatiskt att revideras i och med att ritningarna är länkade till modellen och dess objektsstruktur.

Den preliminära skrovstrukturen och konstruktionsuppbyggnaden från "Basic Design"-fasen transformeras i Tribon vid övergången till "Detailed Design"-fasen till produktionsblock som man arbetar vidare med i "Detailed design"-fasen för att få fram ett fartygskoncept anpassat till de på varvet rådande produktionsförhållandena, en produktionsberedningsprocess. Dessa block är i sin tur länkade till motsvarande objekt i den tidigare fasen.

6.4.7 "Parts Manufacturing"

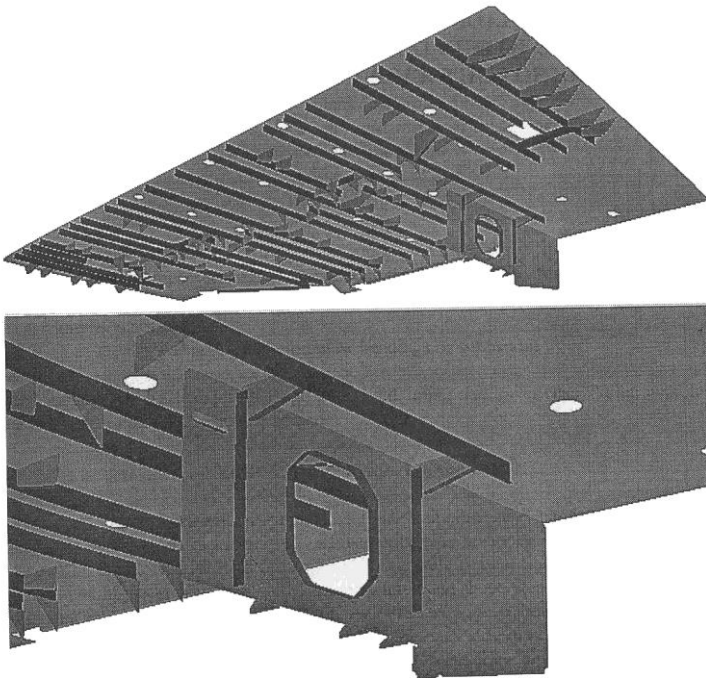
Under denna fasen genereras information från PIM-modellen till mer eller mindre maskinella bearbetningar såsom skärbränning, svetsrobotar, flänssvetsning,

rörböjning m.m. Hänsyn tas härvid till krympning, sträckning och kantpreparering så att delarna passar ihop. I denna produktionsfas utnyttjas även kopplingar gentemot olika externa planerings- och materialförsörjningssystem.

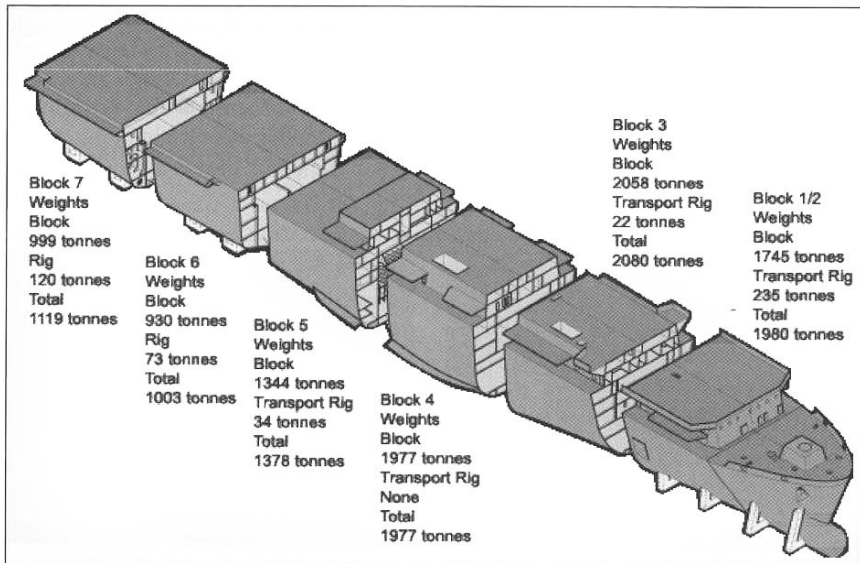
6.4.8 "Assembly"

Planeringen av hopsättningen/montaget av fartyget på varvet görs i Tribon ofta i tidiga designskeden genom att välja en byggstrategi så att designaktiviteterna kan koordineras med produktionsprocessen. Normalt kopplar man också in externa programvaror för produktionsplaneringen. Genom att plocka ut information ur PIM-modellen skapas erforderliga numeriska data för styrning av sammansättningsmaskiner och svetsrobotar.

Vidare genereras arbetsinstruktions-ritningar och dokument för varje arbetsmoment i hopsättningsfasen. Materialplaneringen stöds genom att det plockas ut erforderlig information ur PIM-modellen för att kunna planera för kommande leveranstider med åtföljande kontroll av kassaflödet.



Figur 6.18 Två Tribon skrov paneler (Westenius, 1999).



Figur 6.19 Sektionsindelningsstrategi (Martin, 2002).

6.4.9 "Production Planning and Engineering"

Tribon är utvecklad i nära kontakt med varven och deras produktion och stödjer en process där de olika designfaserna löper parallellt förskjutet med framtagningen av ett produktionsberedningsunderlag, s.k. "Concurrent Engineering", där olika komponenter och delar planeras in i det kommande montage- och produktionsarbetet. Tyngd och areor på komponenter och sektioner, svetslängder m.m. tas ut från PIM-modellen för att planera utnyttjandet av produktionsapparaten på ett optimalt sätt. Externa planeringsprogram kopplas mot PIM-modellen oftast genom API-gränssnittet. Funktioner för produktionsberedning finns i Tribon.

6.4.10 "Materials Planning and Procurement"

Tribon.com's internetbaserade materialspecifikationer tillsammans med något externt integrerat planeringssystem kan med fördel användas för att planera logistiken och leveranser av komponenter och utrustning till varvet. Från denna plan tas också en ekonomisk plan för materialförsörjningen fram.

6.4.11 Tribons objektstruktur

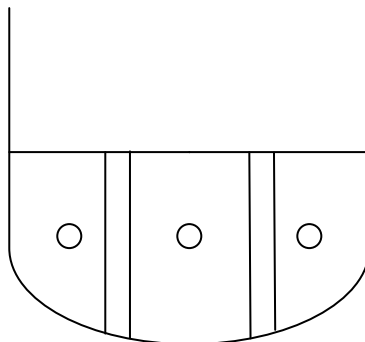
Objektbegreppet är komplext i Tribon. Antalet objekt i PIM-modellen är normalt mycket färre än det faktiska antalet minsta beståndsdelar i fartyget. Om ett

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

”normalt” fartyg består av 30 000 – 40 000 objekt i PIM-modellen kan detta i verkliga livet bestå av ända upp till 50 miljoner små fysiska sammansatta delar eller ”objekt”. Hela maskinen som driver fartyget är då ett objekt i PIM-modellen trots att det består av ett mycket stort antal hopsatta beståndsdelar i verkligheten.

En orsak till att maskinen som driver fartyget normalt behandlas som ett objekt i PIM-modellen är att det idag inte längre är vanligt att maskinen tillverkas på varvet utan den köps idag ofta in av varvet som en färdig systemleverans från en underleverantör. Ett undantag från denna regel är ett par av de stora ”massproducerande” sydkoreanska varven som fortfarande tillverkar sina maskiner själva.

Ett annat mycket vanligt och också mindre komplext objekt är naturligtvis alla plåtar ett fartyg består av. Men också sådana PIM-objekt kan bestå av flera delar. I figur 6.20 nedan med ett fartyg sett i sektion (tvärskepps) finns under understa däck en s.k. panelplåt med hål i, med förstävningar påsvetsade, med brickor, flänsar för rörgenomföringar m.m. Hela detta sammansatta, hopsatta och kanske 80 meter breda objekt behandlas som ett objekt i PIM-modellen när man konstruerar ihop sitt fartyg i Tribon, ett s.k. designobjekt.

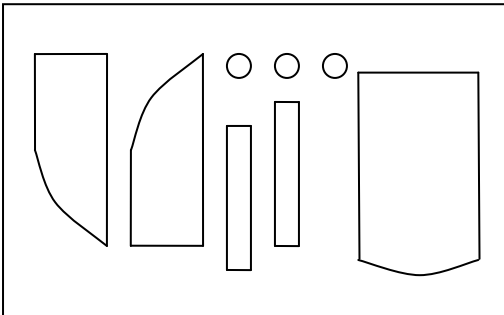


Figur 6.20 Ett plåtobjekt i Tribon-modellen (en s.k. panel) i konstruktionsvy.

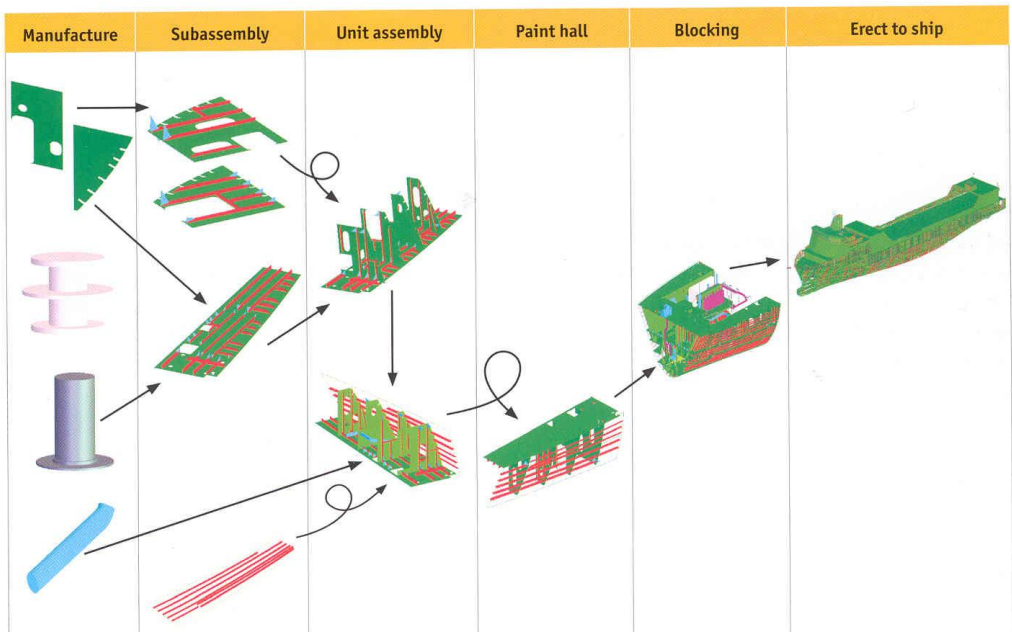
Sedan kan man bryta ner detta objekt till s.k. partar, dvs. kanske ett femtiotal underobjekt. Dessa underobjekt används sedan bl.a. för att pusslas ihop, s.k. ”nesting”, på en råplåt så att man vet var och hur man på effektivaste sätt ska bränna ut de olika partarna som slutligen tillsammans ska bilda ett designobjekt. Själva råplåten/brännobjektet är då också ett objekt i PIM-modellen. Därefter när man börjar svetsa ihop partarna till delobjekt får man många olika s.k.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

sammansättningar på olika nivåer vilka också är objekt i PIM-modellen. Motsvarande finns här också en konstruktionsvy, en tillverkningsvy och en sammansättningsvy, se figur 6.22. Det innebär att samma fysiska del kan ingå i flera objekt. Denna logiska uppbyggnad med objekt i olika former och deras relationer gör att behovet av ett regelrätt PDM-system inte finns eftersom allt finns i strikt ordning i PIM-modellen.



Figur 6.21 Ett plåtobjekt i Tribon-modellen (en s.k. panel) i tillverkningsvy.



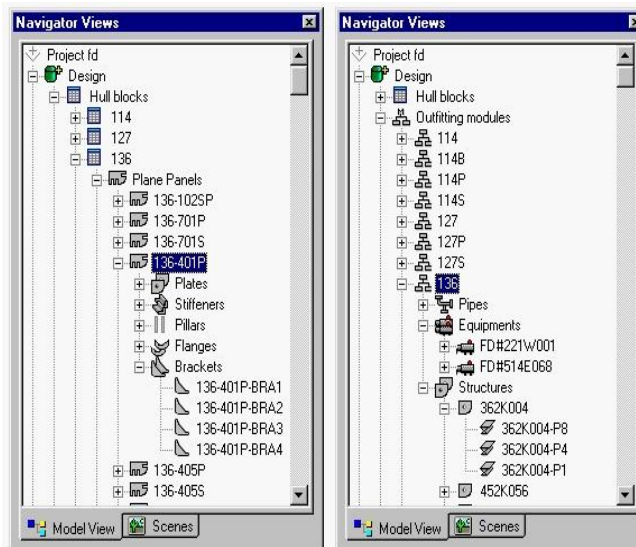
Figur 6.22 Figuren visar olika nivåer av sammansättningsfasen och motsvarande olika sorters sammansättningsobjekt (Tribon broschyr, 2008).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

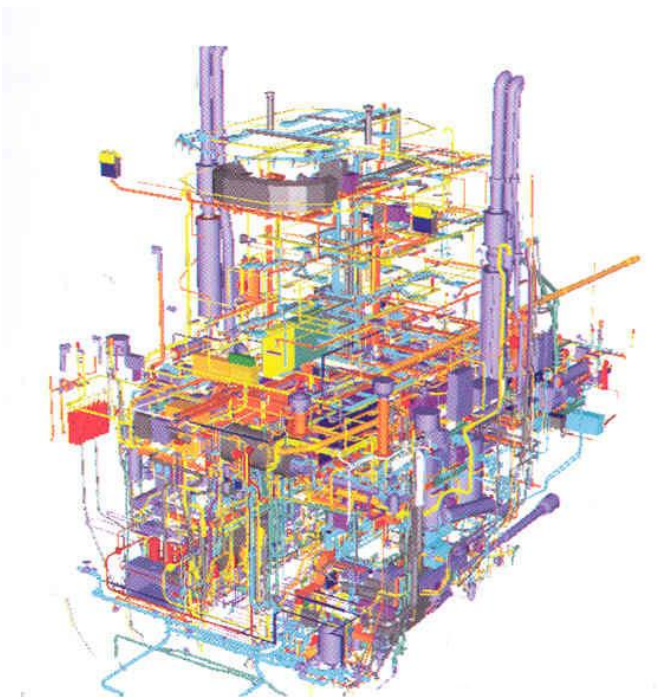
Motsvarande är maskinen, som tidigare nämnts, normalt alltid bara ett objekt i PIM-modellen. Till skillnad från plåtarna är detta objekt däremot inte uppdelat i underobjekt eftersom detta objekt kommer färdigt från underleverantören och därmed redan är satt samman. Vad som däremot måste följa med vid leverans är dokument från underleverantören som visar hur maskinen är sammansatt, hur maskinen ska underhållas, reservdelslista, servicebok m.m. Denna information läggs normalt inte in i PIM-modellen utan överförs till redaren vid fartygsleveransen. Däremot brukar denna typ av information överföras till PLM-system eller andra "Asset Management"-system om sådana används.

Även alla ritningar genererade ur PIM-modellen eller inlagda från underleverantörer är normalt egna objekt i Tribon-modellen.

Tribons objektsstruktur ser enligt ovanstående resonemang också olika ut i "Design fasen" och i Produktionsfasen vilket framgår ur nedanstående figur 6.23.



Figur 6.23 Objekt från Tribon i "Design fasen" (vänster) respektive Produktionsfasen (höger) (Tribon broschyr, 2008).



Figur 6.24 Digital sprängvy av fartyg (Tribon broschyr, 2008).

6.4.12 Klassificering och standarder

Tribonsystemet kan som tidigare nämnts ses som ett skal med olika möjliga applikationer som arbetar mot en produktmodell och där man som användare kan implementera de delar man önskar. Som användare har man också stor handlingsfrihet när det gäller systematiken kring objekten och deras egenskaper, namngivning, klassning m.m. Dessa följer nämligen ingen speciell standard utan man kan i stort sett använda sig av vilket klassifikationssystem man vill. Däremot är det självfallet mycket viktigt vilket system man använder och att man tänkt igenom konsekvenserna beroende på att det måste finnas kompatibilitet både inom Tribonsystemet och externt gentemot andra programvaror. STEP-standarderna, för representation och utbyte av produktdata, är här möjliga att använda, åtminstone kommer det mesta att fungera utan direkta handpålägg. Men varv har sina traditioner och vill ofta arbeta på det sätt man är inkörd på sedan gammalt. Man har då ofta ett egenutvecklat system där man har kompatibilitet både internt och externt gentemot andra programvaror.

Standarder kan både vara konserverande och gynna en utveckling – internetprotokollen är ofta sett med dagens ljus ganska ineffektivt gjorda och skulle troligen inte se ut som de gör om de tagits fram idag men å andra sidan har

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

utvecklingen av internet med intelligenta sökfunktioner och kommunikation i en helt öppen miljö drivit IT-utvecklingen långt fram. Tribon kan trots sin öppna miljö ändå anpassas och trimma produktionen på det egna varvet genom att programmerare går in och anpassar och effektiviserar miljön (genom användning av bl.a. makron) just kring det egna varvets produktionsmiljö för att erhålla konkurrensfördelar gentemot andra varv.

STEP-standarden har varit en viktig standard inom skeppsbyggnadsbranschen under 1990-talet och man har gjort mycket arbete för att implementera standarden. Men standarden har inte slagit igenom och kan idag anses som ”död” för vidare utvecklingsarbete inom skeppsbyggnadsbranschen (Ibid).

Man lade ner mycket arbete på att klassificera objekt med STEP-standarden och för referensdokument är STEP-standarden fortfarande viktig. Men som implementationsprotokoll blev STEP för tungt och oanvändbart. Bilindustrin använder dock fortfarande vissa STEP-standarder. Vad som nu gäller är olika XML-standarder som är praktiskt användbara och implementerbara. Vad gäller objekt och deras egenskaper följer Tribon ingen specifik standard men vad gäller exempelvis geometrin så följer man STEP standarden (AP203) – detta gör man för att enhetligt kunna överföra geometriinformationen från ett CAD-system till ett annat.

Motsvarande klassificering av innehållet i en byggnad och dess vyer enligt BSAB-systemet använder man sig av i Tribon när det gäller ett fartyg. Byggnadsverket motsvarar fartyget, utrymmet motsvarar rummet (”compartment”), byggdelar motsvarar paneler (”panel”), byggdelstyp motsvarar parter (”parts”), produktionsresultat motsvarar sammansättningsdelarna (”assemblies”). Resurser i form av varor, arbetskraft och maskiner har också motsvarande struktur. Däremot finns inte idag i någon utvecklad form motsvarande indelning varken för förvaltningsresultat, verksamhet eller infrastrukturell enhet. Tribon har speciellt utvecklade ”tittlådor” för just partsvyn, panelvyn och sammansättningsvyn men också beroende på om du är i design fasen eller produktionsfasen (Ibid).

För att säkerställa kvaliteten i systemet är det vanligt med checkningssystem som kontrollerar kvaliteten automatiskt på namngivning, klassning m.m. så att om information ska iväg till en speciell verkstad då checkar programmet att plåten inte får vara längre än x antal mm som just den avsedda verkstaden klarar av. Tanken från de varv som implementerat dessa delar är att dessa checkningsprogram och motsvarande virtuella kontroller kraftigt ska dra ned på den fysiska kvalitetskontrollen ute på plats.

Tack vare exaktheten i Tribons 3D-modell behöver varven numera inte lägga på 100 mm plåt extra på kanterna av varje plåtobjekt för säkerhets skull för att plåtbitarna säkert ska passa ihop, med mycket extra brännarbete som följd i efterhand. Även om toleranserna med hjälp av 3D-modellen nu är betydligt mindre så är de likväl komplexa. Solens inverkan gör exempelvis att stora plåtobjekt kan förlängas avsevärt och därmed ställa till med sammansättningsproblem.



Figur 6.25: Volkswerft, Stralsund (Tribon broschyr, 2008).

6.4.13 Samverkan mellan Tribonsystemet och externa programvaror

Tribonsystemet är, som tidigare nämnts, ett skal med många delapplikationer som täcker större delen av processen för att hantera ett fartyg på ett effektivt sätt från vaggan till graven. Eftersom Tribonsystemet dels har en drygt 40-årig historia bakom sig och det faktum att det, mer eller mindre, idag används på i stort alla ledande varv och deras fartygsbyggen världen över så har man varit tvungen att ha ett mycket flexibelt system. Det har funnits olika produktionsfilosofier bakåt i tiden och produktionsutrustningen har under denna tidsperiod utvecklats och

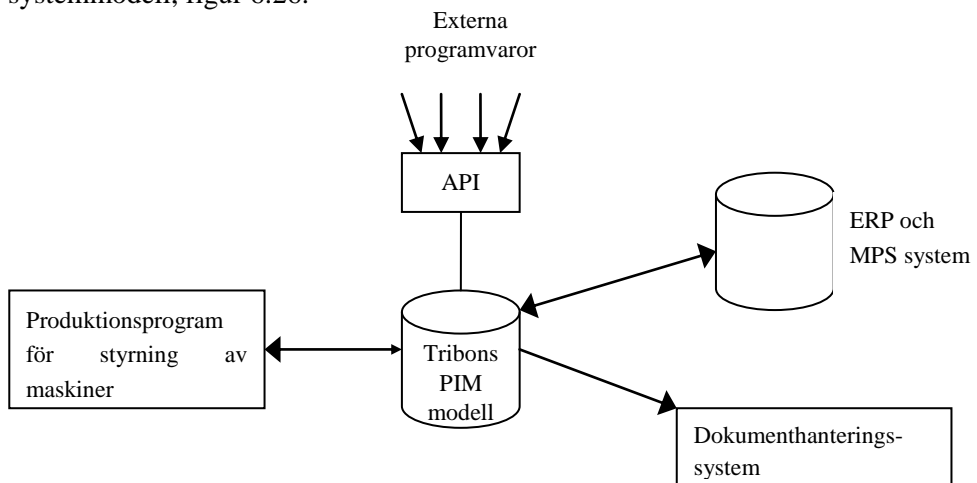
Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

automatiserats. Olika varv ser således väldigt olika ut och har olika förutsättningar att producera fartyg och dessutom har man olika syn på hur man ska producera och designa ett fartyg. Allt detta medför nödvändigheten av ett mycket flexibelt skal kring vilket inte bara Tribonsystemets olika applikationer kan samverka utan kring vilket också många externa applikationer måste samverka. Tribon måste kunna prata med andra data-system (planeringssystem, databaser, dokumenthanteringssystem m.m.).

Tribonsystemets egna programvaror arbetar naturligtvis direkt mot PIM-modellen medan externa programvaror måste ”interfacas” för att samköras mot modellen. Tribon har utvecklat ett eget API så att externa programvaror kan anpassa sig till detta för att arbeta mot PIM-modellen. Det är frågan om ett programmatiskt interface där man programmerar sina egna program mot PIM-modellen, dvs. mot den basprogramvara som håller ordning på PIM-modellen. Idag bygger dessa kopplingar ofta på XML-teknik. API’et är oftast neutralt i förhållande till olika överföringsformat men kan också baseras på speciella format och vara utvecklat av såväl Tribon självt som av externa aktörer.

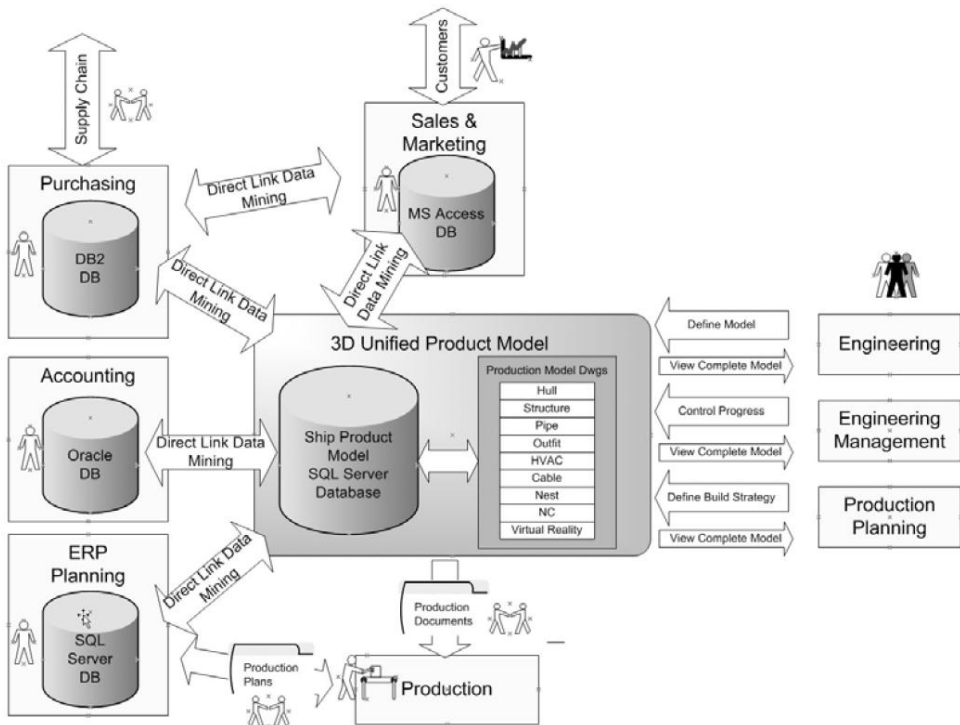
Det finns naturligtvis också filöverföringsmöjligheter mellan Tribon och externa programvaror. Man har exempelvis i vissa fall kopplingar gentemot dwg-formatet, dock utan att få med sig objekten, deras egenskaper eller deras 3D-kompatibilitet. Dwg-formatet används mest för att ta in ritningar i PIM-modellen.

Tribonsystemets kopplingar till externa programvaror ser ut enligt nedanstående systemmodell, figur 6.26:



Figur 6.26 Systemmodell över Tribons kopplingar till externa programvaror.

Motsvarande allmänna systemmodell för ett icke specificerat produktmodellssystem enligt Oetter et al, (2002) ser ut enligt följande:



Figur 6.27 3D produktmodell som visar länkar mellan olika databaser hos ett varv (Oetter et al, 2002).

Affärssystem såsom ERP- och MPS-system, som i sig inte ingår i Tribonsystemet, arbetar ofta mot en egen databas varför en koppling mellan PIM-databasen och affärssystemens databaser måste upprättas. ERP-system ("Enterprise Resource Planning") och MPS-system ("Master Production Schedule") hanterar ekonomi, material och mänskliga resurser. Det finns idag färdigutvecklade sådana kopplingar gentemot Tribonsystemet som också utför en nödvändig integrering och synkronisering mellan databaserna så att man som användare får det att verka som att man sitter i sitt Tribonprogram med exempelvis någon fartygskomponents 3D-vy och med ett högerklick får tillgång till materialstatus, lagersaldo m.m. för just den fartygskomponenten från MPS-systemet. Allt bygger på ett överenskommet litterasystem för komponenterna i fartyget.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Under hela processen för att ta fram ett fartyg används ERP- och MPS-system för materialstyrning och planering. Båda dessa processer tar både ut och tillför information till PIM-modellen. Exempelvis kan man när man byggt färdigt en del av sitt fartyg i Tribonmodellen ta ut en stycklista ur PIM-modellen som då skickas in i materialstyrningsprogrammet där det bl.a. tidssätts.

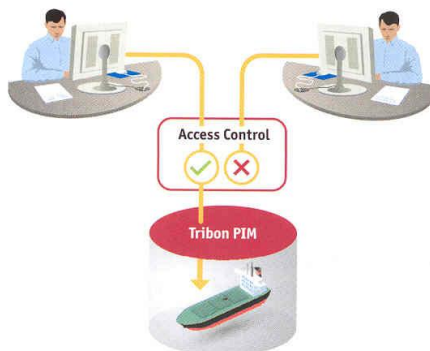
Produktionsprogram för styrning av maskiner (svetsning, bränning, målning etc) är normalt kopplade till PIM-modellen. Dessa kopplingar implementeras av varvet för dess egen maskinpark och ser då väldigt olika ut på olika varv, alltifrån direkta filöverföringar till olika kopplingar via Tribons API. En del varv har en administrativ avprickning när en komponent är klar som då förs tillbaka till Tribons PIM-modell.

”Rules check”-programmen från klassningssällskapen körs normalt idag via enkel filöverföring gentemot Tribon.

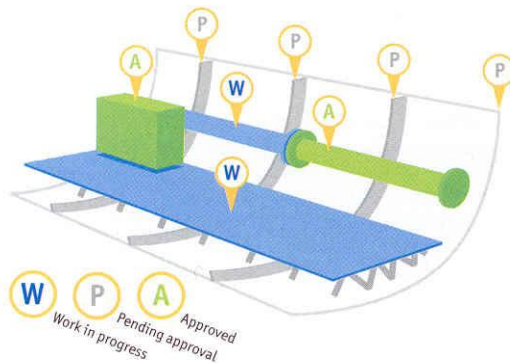
6.4.14 ”Design Data Management”

För att hålla ordning på dataflödet under hela design- och produktionsprocesserna av ett fartyg så används ett kontroll- och styrsystem inbyggt i Tribon. Här finns funktioner för:

- åtkomstmöjlighet till olika delar av PIM-modellen för olika aktörer, se figur 6.28
- organiserat överlämnande av design och tillverkningsdokument vid processövergångar, se figur 6.29
- hantering av objekts och ritningars status
- koppling mellan externa dokument och PIM-modellen
- användardefinierade attribut.



Figur 6.28 Åtkomstmöjligheter till PIM-modellen (Tribon broschyr, 2008).



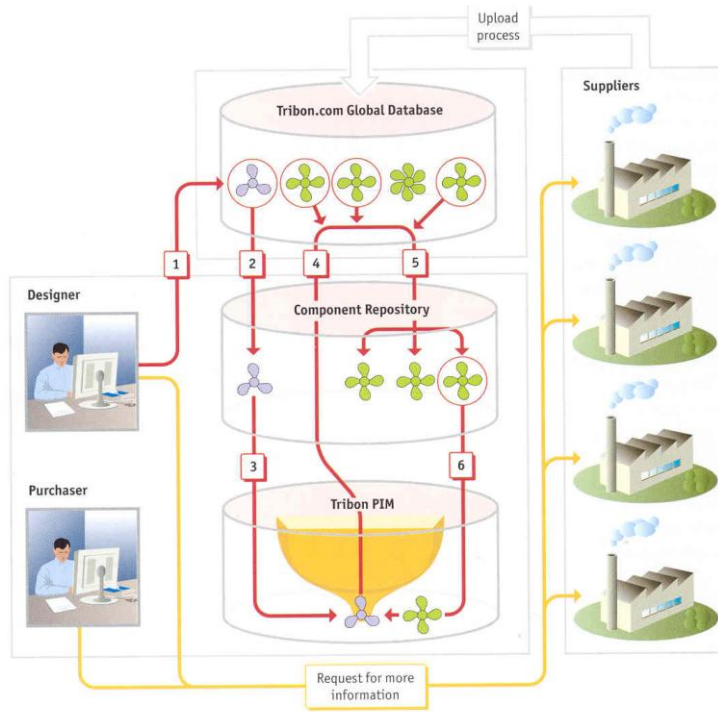
Figur 6.29 Exempel på status för designdata (Tribon broschyr, 2008).

6.4.15 Tribon.com

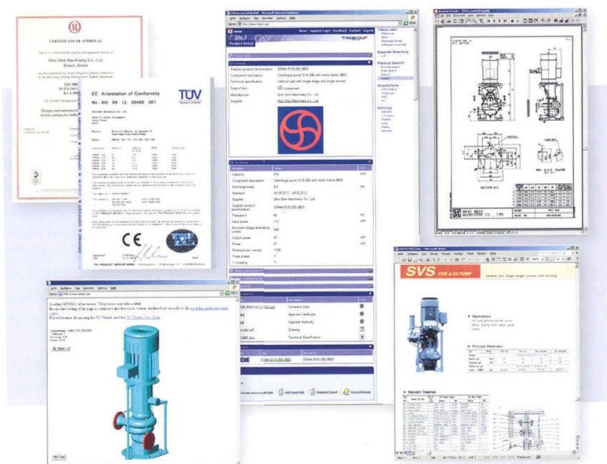
I Tribon-systemets globala databas Tribon.com finns samlad på en och samma plats information om all den utrustning och system som ett fartyg byggs upp av. I denna internetbaserade databas kan komponent- och utrustningstillverkare lägga in information om sina produkter i en sökbar och hierarkisk struktur, se figur 6.30. Databasen arbetar i ett standardiserat format som är integrerat med Tribons PIM-modell så att man som designer direkt kan inkorporera objekten i uppbyggnaden av fartygets PIM-modell, vilket gör det enklare att utvärdera olika alternativa lösningar. I väntan på det slutliga valet kan man i de inledande designskedena ladda ner en generisk representation av komponenten allt i syfte att ta hänsyn till denna komponent i det övriga designarbetet.

Orsaken till att Tribon.com trots några års användning ännu inte fått det genomslag i skeppsbyggnadsbranschen som förväntades med tanke på de effektivitetsvinster som kan förväntas, tros vara att vissa komponent- och utrustningstillverkare är tveksamma till att lägga upp information på en extern server där de inte har full kontroll över ”sin” information. En liknande systemuppbyggnad men där informationen ligger på respektive komponent- och utrustningstillverkarens egen hemsida och sedan integrerades inom ett yttre ”skal” skulle sannolikt haft större framgång.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen



Figur 6.30 Tribon.com's uppbyggnad (Tribon broschyr, 2008).



Figur 6.31 Information från Tribon.com (ritningar, certifikat, 3D-modell, sökbara specifikationer m.m.) (Tribon broschyr, 2008).

6.4.16 Kommande förändringar av Tribonsystemet

Ointelligenta dokument (exempelvis Word-dokument) kan hanteras genom Officepaketets XML-funktionalitet tillsammans med användandet av relationsdatabaser. Detta innebär att en stycklista i ett Word-dokument omedelbart blir intelligent beskriven med ett XML-schema och därefter kan lagras och göras sökbar i en relationsdatabas såsom Oracle eller SQL-server via deras sökverktyg. Detta sätt att hantera textdokument används sedan en tid tillbaka i AVEVA-systemet och dess VPE-modul ("Valid Plant Engineering") och kommer att integreras i Tribonsystemet inom kort. Denna utveckling medför att gränsen mellan intelligenta databasobjekt och vanliga dokument kommer att suddas ut i framtiden. En dokumentsamling kommer att kunna övergå i en sorts databasfunktionalitet.

Den närmast kommande stora integrationen mellan Aveva och Tribon programvarumässigt är att man integrerar Tribons skrovstrukturprogram med Avevas installationsutrustningsprogram från processindustrin.

Tribonsystemet använder sig av sin produktmodell och AVEVA's programvaror för processindustrin, PDMS, har en annan. AVEVA har nu ute på marknaden en programvara som låter dessa produktmodeller "prata med varandra". På skärmen ser det ut som om man arbetar mot en modell och man kan fråga båda modellerna och få ett gemensamt svar. Denna utveckling med kommunicerande produktmodeller kommer sannolikt att fortsätta utvecklas mycket i framtiden. Inom de traditionella AVEVA områdena (process och plant) har utvecklingen gått längre. Här kommer inte sällan en ingenjörsfirma med exempelvis ett Intergraph underlag (cad-produktmodell) och förutsätter att AVEVA bygger vidare på detta och integrerar underlaget i sin produktmodell.

Förmodligen går utvecklingen mot att man filtrerar produktmodellen och skapar ett destillat av produktmodellen där man tar bort produktions-specifika byggsystem m.fl. delar så att man får ett mer neutralt underlag som är tillfyllest och som redaren kan arbeta vidare med. Idag släpper nämligen varvet normalt inte ifrån sig produktmodellen efter avslutad byggnation då man känner att man inte har garantier för att redaren inte går till ett annat billigare varv och beställer flera likadana fartyg med hjälp av det färdigprojekterade underlaget. Man vill vidare inte släppa ifrån sig mer företagsspecifik information. Redaren behöver för drift och underhåll av sina fartyg också bara en bråkdel av all information som finns i produktmodellen och han behöver den dessutom annorlunda strukturerad. Normalt får redaren bara s.k. "As Built" dokumentation idag när fartyget levereras.

Kopplingen till AVEVA's "gamla" programvaror innebär bl.a. att PLM ("Product Lifecycle Management") delen nu kommer att bakas in i Tribon. EDM-system (projektplatser) finns inte i Tribon idag men kommer att komma in nu när PLM-systemen inkorporeras. Annars används fristående EDM-system i varvsbranschen idag. PIM-modellen kan ju alltid "mjölkas" på relevant information men exempelvis ligger alla leverantörsdokument inte i produktmodellen. Övriga delar av programvaror inom affärssystemområdet finns inte heller i Tribonsystemet.

Även om inte heller materialinformation finns med i Tribon så skapas enkelt ett underlag för denna i Tribon i form av mängdning utifrån PIM-modellen. Försök har gjorts med ett SCM ("Supply Chain Management")-system inkorporerat i Tribon men det visade sig vara svårt att få kunden att använda och se fördelar med detta system varför det avbröts. Fortfarande använder man dock den globala internetdrivna databasen Tribon.com med materialspecifikationer. Här finns idag bortåt 400 000 stycken komponenter inlagda. Ett antal varv använder det men det har inte slagit igenom på bred front inom skeppsbyggnadsindustrin. Tribonsystemets materialhantering kom sannolikt för nära och i konflikt med tidigare kopplingar mellan varv och leverantörer som gjorde att det inte blev populärt ute bland varven. Också själva kopplingen till internet där man lade upp sina produktspecifikationer var man orolig för i leverantörsledet, vilket tidigare beskrivits. En trolig utveckling är att vi ändå kommer att se en utveckling åt detta håll men i en annan form så att produktspecifikationerna kanske ligger på leverantörernas egna servrar men att man utnyttjar en centraliserad, neutral internet portal till att söka fram relevant alltid aktuell standardiserad materialinformation med hjälp av dagens moderna och effektiva sökmorteknik.

Ritningar och dokument är fortfarande i flera sammanhang det lagliga dokumentet i relationen mellan redare och varv men även i relationen varv och klassningssällskap, men egentligen borde det kunna vara modellen som var den rättsliga handlingen. Det är förmodligen bara en tidsfråga innan det blir så inom skeppsbyggnadsindustrin.

6.5 Integration av IT system inom skeppsbyggnadsindustrin

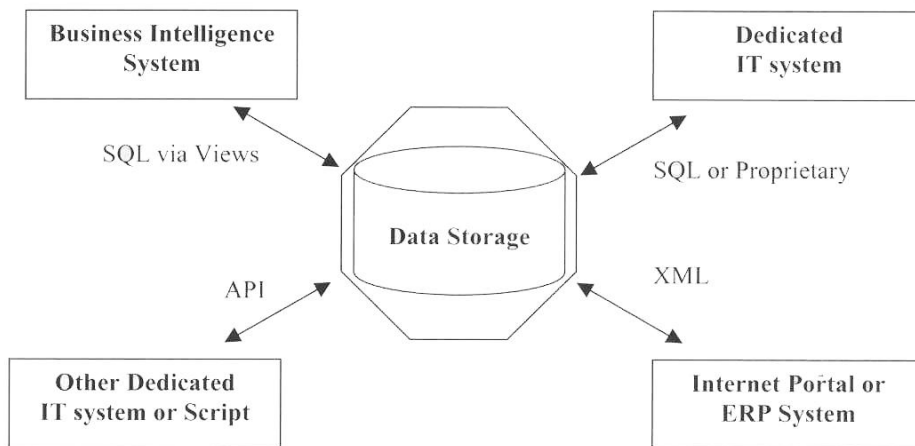
Informationsteknikens genombrott är den enskilt sett viktigaste orsaken till de förändringar som skett inom skeppsbyggnadsindustrin, betydligt viktigare än utvecklingen inom något enskilt tekniskt område (Baczkowski et al, 2002). Vid en undersökning av den amerikanska internationellt sett relativt utvecklade icke-

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

militära skeppsbyggnadsindustrin fann Baczkowski et al (2002) att både den administrativa och den produktionstekniska sidan sedan flera decennier tillbaka starkt påverkats av den informationstekniska utvecklingen. Informationstekniken används dock mycket varierande mellan olika skeppsvarv på så sätt att många varv, framför allt mindre, fortfarande använder många olika separata programvaror av fristående karaktär med ibland separata icke-kommunicerande databaser. Automatiserade tillverkningsprocesser är oftast av fristående karaktär utan koppling till övergripande IT-system, komponentleverantörer använder IT-system som inte kopplas ihop med skeppsvarvets IT-system m.m.

Ett stort arbete läggs för närvarande ner på att integrera olika datasystem som används inom skeppsbyggnadsbranschen. I många framtidsprognoser spås också detta område utvecklas mycket framöver. Många processer eller områden stöds idag av informationstekniken inom skeppsbyggnadsbranschen exempelvis budget, finans, design, materialhantering, tidplanering, produktionsberedning, produktionsstyrning dvs. både rent tekniska processer och rena affärssystem.

Det finns idag olika system för att överföra information och integrera olika skeppsbyggnadstekniska datasystem vilket framgår av nedanstående figur 6.32.



Figur 6.32 Integrerad systemarkitektur i skeppsbyggnadsbranschen (Torp, Riisberg och Börglum, 2002).

Förtydliganden gällande figur 6.32:

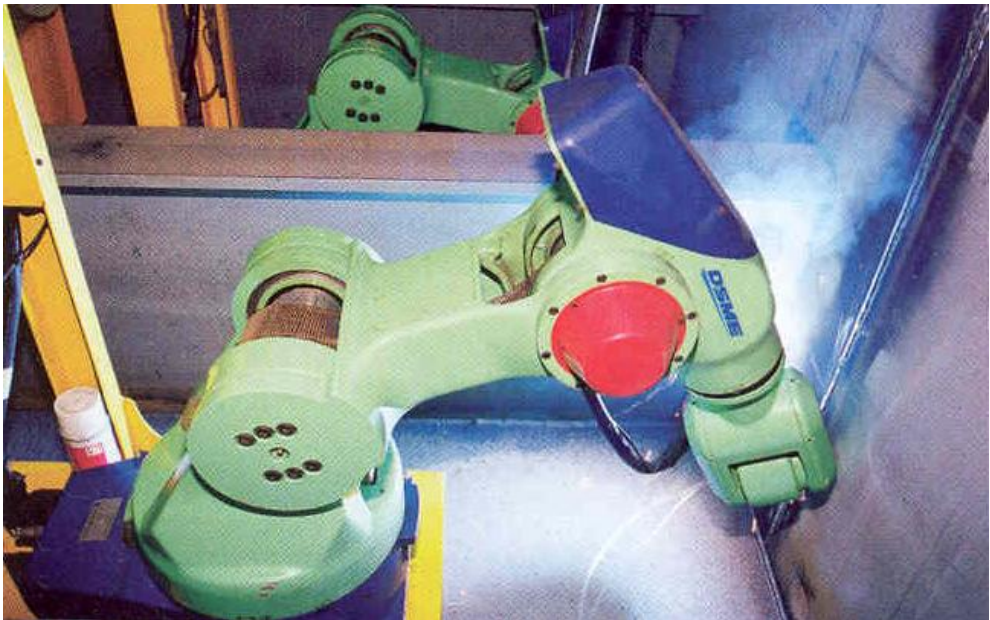
- API-kopplingen är ofta använd och görs i programmeringsspråk typ Java eller C++. Fördelarna med en API-koppling är att integrationen mellan datorsystemen blir i det närmaste fullständig och att varje system kan användas fullt ut vilket gör det till en kostnadseffektiv koppling. API-kopplingen lämpar sig för små datamängdsöverföringar men har en nackdel i att den är icke-standardiserad och således måste göras separat för varje nytt hopkopplat datasystem och programversion, vilket också kan skapa bakåtkompatibilitetsproblem.
- ”SQL via Views”-varianten är inte fullt så vanlig men innebär att man har kontroll över informationen via SQL-språket vilket innebär att det är användbart för att koppla till affärssystem. Metoden är användbar för små till medelstora datamängder och både för intern och extern användning.
- XML-varianten är utmärkt för att komma åt dokument på ett intelligent sätt från ett datasystem till ett annat där inte relationer har någon betydelse. XML-tekniken har stöd av många standarder. Tribon.com använder sig av XML-tekniken. Metoden är användbar för medelstora till stora datamängder och både för intern och extern användning (Torp et al, 2002).

Hultin och Borglum (1999) gör en annan typ av indelning vid integration av olika skeppsbyggnadsdatasystem:

- Enkel filöverföring kan ske via standardiserade eller icke-standardiserade format. Vissa filformat typ SQL arbetar på det andra datasystemets data utan att föra med sig data själv. En nackdel är att bakåtkompatibiliteten gentemot gamla filformats versioner kan vara problematisk. Implementationsarbetet minimeras vid enkel filöverföring speciellt vid användning av standardiserade filformat. Nackdelen är att informationen inte är tillgänglig on-line och överföringen kan medföra valideringsproblem att korrigera.
- Process-Process kommunikation innebär att applikationer eller processer i realtid kan kommunicera med varandra. Detta kräver ett överenskommet applikationsprotokoll och baseras vanligen på TCP/IP vid användning i LAN eller WAN nätverk.
- API principen innebär att det ena systemet har ett angivet API system interface som kan anpassas/programmeras mot det andra datasystemet. Antingen kan man skriva en applikation som anpassas till de båda datasystemens API för att överföra data eller så kan man använda API'et

för att skapa en fil för filöverföring eller för att skapa en process-process kommunikation.

- Databasprincipen innebär att de olika externa datasystemen arbetar mot en och samma databas. Vissa delar av databasen är bara tillgänglig för vissa av de externa datasystemen. Eftersom redundans av data undviks uppträder heller inga inkonsistenser.



Figur 6.34: Svetsrobot (Tribon broschyr, 2008).

6.6 Utvecklingstendenser inom skeppsbyggnadsindustrin

En tydlig utvecklingstendens inom skeppsbyggnadsindustrin som man finner vid intervjuer med olika aktörer är att fartygen blivit och blir alltmer komplicerade med alltmer avancerade navigationssystem, komponenter och delsystem men också skrovupbyggnaden med den dubbelskrovs teknik som nu håller på att implementeras. För att klara denna alltmer komplexa produkt håller varven på att utvecklas till att inta en mer projektledande, övergripande och integrerande roll där många mindre aktörer i form av små eller medelstora specialistföretag får en allt viktigare roll.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Ett modernt varv idag ser väsentligt annorlunda ut jämfört med samma varv för 20-30 år sedan då många varv i princip gjorde de flesta delarna av ett fartyg på plats på varvsområdet - inklusive maskineriet. Man hade anställt de olika yrkeskategorierna och hade som varv fullständig kontroll över produktionen från konceptstadiet till färdigt fartyg. Idag byggs huvuddelen av de komponenter som tillsammans utgör fartyget inte på varvsplatsen utan utanför varvets väggar. Varvet har mer antagit rollen som montagearbetsplats av olika systemprodukter.

Moderna varv, åtminstone många av de europeiska varven, har alltmer distanserats från den gamla rollen som tillverkningsanläggningar inom den tunga industrin för att i stället bli högteknologiska, globalt integrerade arbetsplatser för komponentsammansättning i en mycket konkurrensutsatt miljö.

Att använda sig av en standard design på fartyg är en trend som verkar växa sig starkare inom skeppsbyggnadsområdet idag på vissa ställen i världen. Traditionellt har fartyg byggts enligt modellen ”one of the kind” där varje fartyg byggts unikt anpassat till rederiets krav och teknikutvecklingen. Vissa varv har nu börjat försöka sälja konceptfartyg i större omfattning, där ett större antal fartyg byggs enligt en viss modell eller ett visst koncept, med mindre variationer. Fördelen med denna utveckling är att designkostnaden minskar och/eller att designfasen kan göras mer genomarbetad och noggrann (Koyama, 2005).

Samtidigt vet vi att pga. den långa tiden från beställning till leverans så händer mycket med teknikutveckling och trender inom skeppsbyggandet under tiden varför nästa leverans ändå sannolikt får en ny sorts navigationsutrustning, lastkapacitet m.m. Skeppsbyggnadsbranschen verkar fortsätta vara en bransch karakteriserad eller i alla fall dominerad av ”one of the kind” produktion, även om formerna ändras en del. Möjligheter till sena ändringar i beställningen av ett fartyg utgör ett mycket starkt kundkrav idag.

De senaste framstegen inom skeppsbyggnadsområdet och dess IT-hantering verkar vara en samling harmoniserade kunskaps-, design- och produktionsbaserade system. Speciellt ser Koyama (2005) en utveckling inom följande områden:

- Skeppsbyggnadsindustrin kommer att bli mer och mer informationsbaserad och mindre beroende av enskilda varvsarbetares yrkesskicklighet
- IT användningen inom skeppsbyggnadsindustrin kommer att bli mer och mer utspridd – och inte integrerad – eftersom alltfler komponenter i ett

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

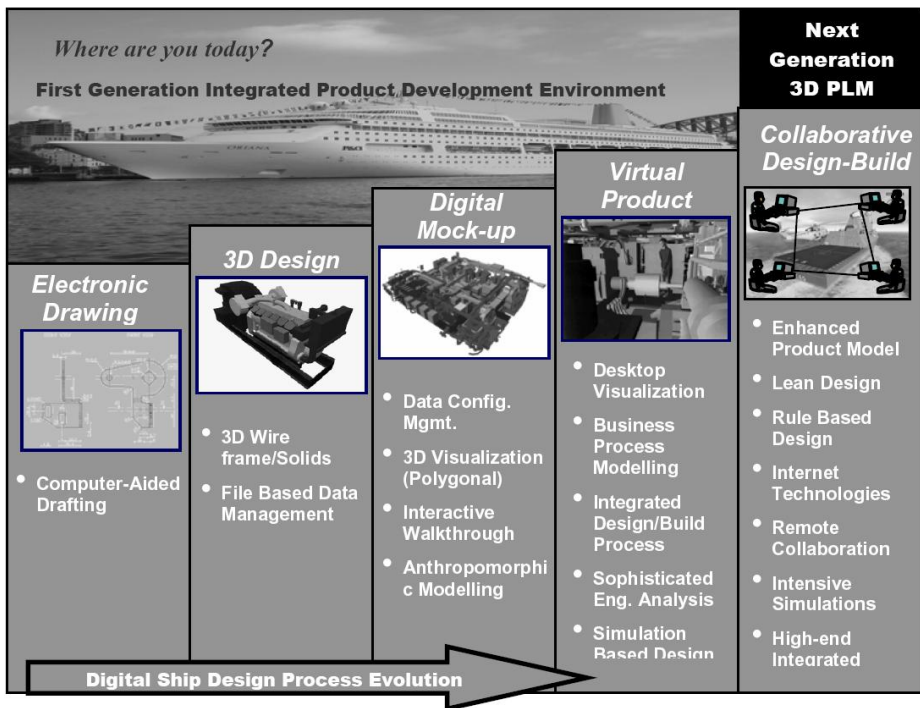
fartyg sätts ihop utanför varvets väggar. Komplexiteten i IT hanteringen kommer därvid att på varje håll minska.

- Skeppsbyggnadsindustrin kommer att bli en bransch som lättare kan startas upp av ”nybörjare” eftersom mindre yrkesskickliga varvsarbetare och en mindre komplex och distribuerad IT-hantering kommer att krävas.
- Antalet intressenter inom skeppsbyggnadsindustrin kommer att öka varför samarbetsformerna kommer att bli en nyckelfråga inför framtiden.
- Kommunikationen inom divergerande och distribuerade organisationer ställer krav på enkla och flexibla kommunikationsprotokoll, exempelvis den semantiska webben. (Koyama, 2005).

Vidare ser Koyama den stora utmaningen för skeppsbyggnadsbranschen och dess IT-hantering i att nå en större samverkan och harmonisering mellan de olika kunskapsbaserade, designbaserade och produktionsbaserade system som används för att ta fram ett fartyg. Trots en mycket framgångsrik historisk utveckling av främst Tribonsystemet och dess huvudidé att just integrera all information, alla processer och alla aktörer i en modell så återstår mycket utvecklingsarbete för att uppnå full kompatibilitet mellan olika system inte minst beroende på den snabba IT-utvecklingen (Koyama, 2005).

Stora separata Ship Management-bolag har börjat agera inom skeppsbyggnadsområdet under senare år. Deras nisch och affärsidé är att hjälpa redaren, eller i många fall fartygets kapten, med att bemanna redarens fartyg, att planera för och utföra underhållsarbeten och att planera för och införskaffa proviantering längs fartygets rutt ute i världen (Koyama, 2005).

En annan tydlig trend inom skeppsbyggeriet är användandet av PLM-tekniken (”Product Lifecycle Management”) för att optimera fartygets livscykel. Målet med PLM kan sägas vara att sätta produkten i fokus under hela processen från första idén om ett fartyg till dess fartyget huggits upp och skrotats. Nyckelord för PLM-tekniken är en produkt som är anpassad, flexibel och lättpåverkad (Romero, 2005). Traditionellt har bil- och flygindustrin varit ledande i utvecklingen av olika PLM-system.



Figur 6.35 Designutvecklingen inom skeppsbyggnadsområdet (Romero, 2005).

Follesdal (2002) menar att följande utvecklingstrender kommer att vara viktiga för skeppsbyggnadsindustrin framöver:

- Många varv och leverantörer specialiserar sig mot en produkt för att kunna bli ledande inom den nischen.
- Fullt ut integrerande varv använder outsourcing som affärsmodell för sin verksamhet (exempelvis monteringsfärdiga delar, skrovsektioner eller hela fartygsskrov).
- En utveckling från inköp av fartygsdelar på komponentnivå till inköp av nyckelfärdiga systemkomponenter där risken/vinsten delas med strategiska leverantörer.
- En utveckling inom varvets organisation och verksamhet mot en mer projektorienterad verksamhet på bekostnad av en mer produktorienterad.

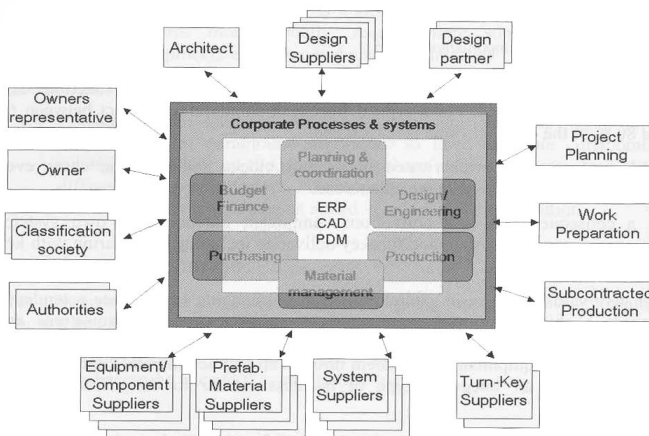
Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Nyckelområdena kompetensmässigt för ett modernt varv idag menar Follesdal är:

- Produktutveckling
- Conceptual design
- Projektplanering och -ledning
- Stålproduktion både ”on-site” och ”off-site”
- Effektivt montage av fartyg inklusive all utrustning.

Möjligheterna till samarbete, samarbetsformer och koordinering av olika aktörers arbete och leveranser kommer enligt Follesdal (2002) vara avgörande för ett varvs överlevnad framöver. En stor del av inte bara produktionen utan också designen görs idag utanför varvets väggar i form av s.k. ”Concurrent Engineering” där samverkan och koordinering är en oundviklig parameter.

I en situation när 60–80 procent av ett fartygs kontraktskostnad hos ett modernt europeiskt varv är ”outsourcat” till konsulter, underleverantörer och underentreprenörer är också kunnandet och effektiviteten inom upphandling av dessa typer av tjänster på den globala marknaden en allt viktigare kunskap för ett varv. T.o.m. själva stålbyggnadsarbetet i form av hela fartygsskrovet eller delsektioner, som kanske är det man mest förknippar med just ett varvs kärnverksamhet, kan idag också mycket väl vara ”outsourcade”. Finska varv kan exempelvis få hela skrovet bogserat till sig för vidare byggnation med inredning, utrustning m.m. från ett ryskt varv med en lägre arbetskraftskostnad. Denna utveckling gynnar inköp av nyckelfärdiga systemkomponenter på bekostnad av inköp på komponentnivå. Utvecklingen gynnar också uppkomsten av samverkan med strategiska leverantörer (Follesdal, 2002).



Figur 6.33 Outsourcing partners (Follesdal, 2002).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Romero (2005) menar att dagens skeppsvarv verkar i en omgivning där trycket driver varven mot lägre kostnader och högre kvalitet. Många varv väljer då att utveckla sig mot än mer ”digitala skeppsvarv” där DMU (”Digital Mock-Ups”) och PLM (”Product Life Cycle Management”) är starka trender just nu. Speciellt ser Romero utvecklingen av

- Samverkansprocesser där integrationen mellan design, produktion, försörjningssystem, MRP-system, kostnadssystem, planeringssystem fortsätter att utvecklas.
- En fortsatt utveckling av anpassade applikationer som kan integreras med det övergripande systemet.
- Introduktion av ingenjör/tillverknings centra för att göra simuleringar och ”digital manufacturing”.
- Introduktionen av kunskapsbaserade system för att effektivisera design och affärsverksamheten.

Det finns en trend att integrera programvaror från klassningssällskapen med programvaror från design processen för att undvika visst dubbelarbete. Det finns också försök med att koppla ihop respektive databaser av samma orsak. Kobayashi et al (2002) beskriver ett försök att via ett XML-gränssnitt koppla ihop Tribons ”Basic Design”-modul med ett klassningssällskaps FEM-analyskrav.

Utvecklingen mot en mer projektorienterad organisation inom den europeiska skeppsbyggnadsindustrin på bekostnad av den tidigare vanligare mer produktorienterade verksamheten beror på utvecklingen mot fler och fler samverkande aktörer som behöver en integrerande stark part som kan leda och hålla ordning på hela montagearbetet. Varven håller alltså på att ändra inriktning från en tung produktionsanläggning till en integrerande och projektledande roll inom montagebyggandet av fartyg (Follesdal, 2002).

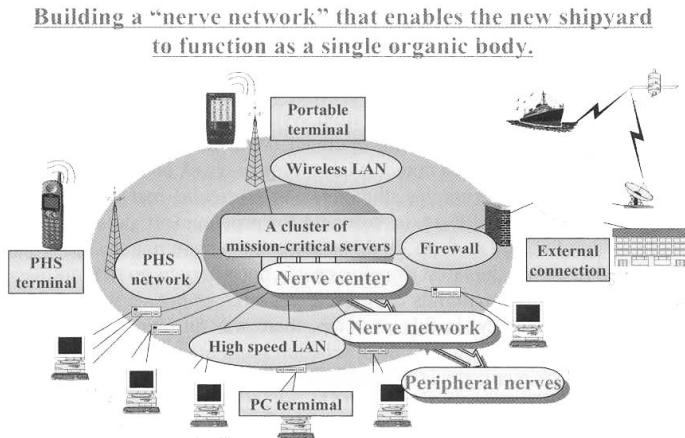
6.6.1 IT-system på ett modernt varv

Yokohama varvet i Japan har under senare år genomgått omfattande förnyelse inom många områden. Efter att ha varit ett reparationsvarv under ett antal år skulle man göra en satsning och göra om varvet till ett nybyggnadsvarv med hög teknik- och IT-nivå (Hanai et al, 2002).

Man valde att införa konceptet ”visible shipyard” med underkoncepten ”visible design” och ”visible workplace”. Avsikten med ”visible design” är att göra alla planer lättåtkomliga och baserade på korrekt information och ”visible workplace” syftar till att kommunicera all information ut till arbetsplatserna i realtid. Varvet har en yta på 320 000 m² motsvarande 40–50 fotbollsplaner vilket gör

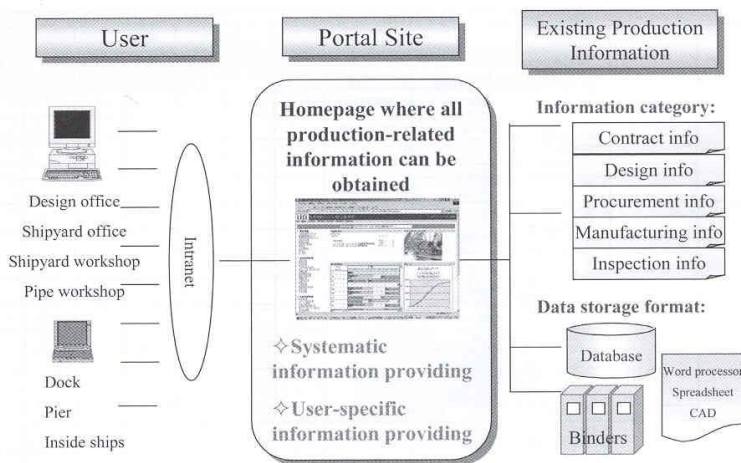
Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

kommunikationen viktig på denna typ av arbetsplats. Systemet, se figur 6.33 nedan, består av ett "Nerve Center" kring vilket alla datorsystem (både mobila, stationära, servrar och terminalanslutningar) och övriga kommunikationssystem ansluts.



Figur 6.33 IT-infrastruktur på Yokohama varvet (Hanai et al, 2002).

I nedanstående figur ser man vilken form av information som är tillgänglig i dess olika former ute på varvet.



Figur 6.34 Produktionsinformationsportalen (Ibid).

6.7 Slutsatser

Den europeiska skeppsbyggnadsbranschen är en högteknologisk mycket hårt konkurrensutsatt bransch med lång erfarenhet av avancerad IT-användning.

I övrigt finns det dock också många likheter jämfört med byggbranschen. Båda branscherna verkar huvudsakligen i en projektartad miljö där ”one-of-a-kind” beställningar är förhärskande. Både hus och fartyg räknas som komplexa produkter som byggs i en komplex miljö, vilket traditionellt innebär planeringssvårigheter och risktagande.

Många specialiserade aktörer med olika systemleveranser deltar i framtagningen av ett fartyg, vilket ännu inte blivit vanligt förekommande i byggbranschen. De olika systemleverantörerna och deras systemprodukter samordnas av projektledningen på varvet. Genom ett traditionellt produktutvecklingsarbete av systemprodukten kan de leverera och montera en anpassbart konfigurerad produkt till det specifika fartyget och därmed också erbjuda omfattande drift- och garantiansvar. Detta minskar kraftigt sårbarheten i att verka i en komplex projektartad produktionsmiljö.

Många varv är av konkurrensskäl specialiserade inom olika områden. I stort är den europeiska skeppsbyggnadsindustrin specialiserad på specialfartyg medan den sydkoreanska industrin bygger fartyg seriemässigt. Man kan säga att de europeiska varven skulle kunna kategoriseras som industrialiserade byggare medan de sydkoreanska varven mer arbetar som industriella byggare.

Varvsledningen är normalt en stark processägare som effektivt kan styra de olika aktörerna för att möjliggöra en i branschen fortsatt stark produktivitetsökning. Upphandlingsformen kan närmast beskrivas som en funktionsentreprenad.

Informationsteknikanvändningen inom skeppsbyggnadsindustrin har långa anor och har möjliggjort en högteknologisk utveckling av branschen. Man har under flera decennier erfarenheter av att ha utvecklat applikationer kring den gemensamma virtuella produktmodellen (motsvarande BIM-modellen inom byggbranschen) med flera funktioner som ännu inte testats alls på motsvarande sätt inom byggbranschen. Det i skeppsbyggnadsbranschen dominerande informationstekniska Tribonsystemet förutsätter en process där alla aktörer samverkar kring och tar ansvar för informationsinnehållet i den s.k. PIM-modellen.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

I Tribonsystemet tar man sedan länge ut sina ritningar som utdrag ur PIM-modellen. Man tar också ut stycklistor och kostnadsberäkningar liksom man gör beräkningar, simuleringar och själva CAD-modellerandet. Man använder en objektsstruktur uppdelad på olika nivåer och gör flera avancerade beräkningar typ anpassning av färdigprojekterat fartyg till ett annat varvs produktionsutrustning.

7 Modelluppbyggnad

Detta kapitel sammanfattar teorin och är utgångspunkt för formulerandet av hypoteser som ska testas i empirin.

7.1 Modelluppbyggnad och hypoteser

7.1.1 Utveckling av ett industriellt och industrialiserat byggande

Byggsektorns ekonomiska betydelse för samhället har medfört att statsmakterna har använt byggsektorn för att reglera samhällsekonomin i stort. Under årens lopp har därvid statsmakterna i olika grad och omfattning reglerat och beskattat byggsektorn. Regleringen har medfört att byggsektorn delvis levt i en egen sluten värld med annorlunda villkor än för den konkurrensutsatta industrisektorn i övrigt.

Konkurrensen internationellt har varit begränsad framförallt till vissa stora byggprojekt på anläggningssidan. Enligt den klassiska marknadsliberala filosofin leder en dynamisk konkurrenssituation till ett omvandlingstryck på företagen så att de hela tiden måste förändra sig, införa ny teknik etc. och därmed rationalisera och effektivisera sin verksamhet vilket skapar en kraftig produktivitetsutveckling. Byggbranschen kännetecknas i stället av att vara en nationellt sluten bransch som kör vidare i sina gamla fotspår (SOU, 2002).

I och med att staten släppt på ett antal reglerande styrmedel, exempelvis statliga lån till nybyggnation, står byggsektorn sedan ett tiotal år inför delvis nya förutsättningar. Olika ”incidenter” inom byggsektorn har dock medfört att byggsektorn nu är inne i ett skede av både självrannsakan och samtidig uppbyggnad av en delvis helt ny struktur. Incidenter som kartellbildningar, svart arbetskraft, stort antal byggfel, sjuka hus, oborrade tunnlrar, storskalig spekulation, allt högre boendekostnader, ineffektiv byggprocessorganisation m.m. har medfört att branschen, myndigheterna m.fl. inser att en ny byggsektor måste skapas med

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

någorlunda likartade arbetsvillkor och förutsättningar som gäller för övrig tillverkande industri (SOU, 2002).

Kritiken mot den fragmenterade byggprocessen kan ses som en röd tråd i den kritik som riktats av Byggekommisionens m.fl. genomlysning av byggsektorn. Den fragmenterade byggprocessen utmärks av de många olika specialiserade aktörerna som kommer in under olika skeden av byggprocessen. Byggprocessen kan då liknas vid ett seriellt stafettlopp. Fragmenteringen brukar allmänt sägas innebära att var och en av aktörerna ser till sin del medan ingen agerar för att optimera hela den slutliga produkten med fördyringar, fel och ineffektivitet som följd. I en dylik miljö står inte kunden i fokus! Varken slutkunden eller beställaren. I denna miljö finns det heller inte naturliga incitament för en utveckling mot partneringliknande konstellationer för att bättre optimera och tillvarata kundens intressen eller integrerade ICT-lösningar för att få en effektiv och stödjande informationshantering eller en utveckling mot mer systembyggeri.

Som en motreaktion mot denna massiva kritik mot byggbranschen har tankegångar om att likt andra branscher industrialisera byggandet därmed tagit fart och vi har sett flera projekt i den riktningen (NCC Komplet, Skanska Moderna Hus, PEAB PGS, NCC Virtuellt byggande, Arconas Lean-inspirerade byggsystem m.m.). Utgående från ovan nämnda kritik har olika försök gjorts att definiera en framtida utveckling av byggandet i mer effektiva former motsvarande ett industriellt eller ett industrialiserat byggande. I denna avhandling utgår resonemanget, som tidigare nämnts, från följande framtagna tudelade definition:

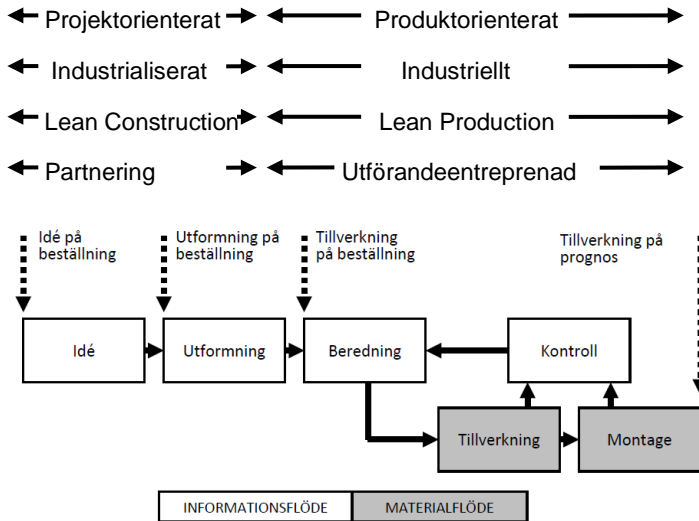
”Med industrialiserat byggande avses en integrerad, flexibel och projektorienterad byggprocess för att effektivt leda, planera och kontrollera aktiviteter, flöden och resurser i ett engångsbyggande med användning av utvecklade systemlösningar, plattformslösningar och projektspecifika byggnadsdelar för att leverera maximal kundnytta i en partneringliknande samarbetsmiljö.”

och

”Med industriellt byggande avses en i förväg centraliserad och utvecklad helhetsprocess för att effektivt leda, planera och kontrollera ingående aktiviteter, flöden och resurser för ett utvecklat montagebyggande med högt utvecklade komponenter men begränsade uttrycks- och anpassningsmöjligheter för att leverera maximal kundnytta.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

För att kunna motverka fragmenteringen och åstadkomma ett ökat samarbete mellan de olika aktörerna är det viktigt att veta när de olika aktörerna är aktiva i processen. Kundrelationen kommer också bli alltmer viktig då alla framöver givetvis måste arbeta mot en och samma slutkund. Winch (2003) har i figur 7.1 nedan kategoriserat olika varianter av när kunden träder in i processen:



Figur 7.1 Produktionsstrategier och processflöden (utvecklat efter Winch, 2003).

Ser man på figur 7.1 ovan med de begrepp vi använt oss av tidigare finner man att:

- ett industrialiserat projektorienterat byggande ligger långt till vänster i figuren (Idé på beställning och ev. Utformning på beställning) medan ett industriellt produktlikt huskonceptbyggande byggande ligger långt till höger (Tillverkning på beställning med anpassning ("customization") och ev. Tillverkning på prognos.
- olika partneringformer, totalentreprenader och andra funktionsentreprenader ligger långt till vänster i figuren medan utförandeentreprenader ligger till höger i bilden.
- Lean Construction-utvecklingen sker till vänster i figuren medan Lean Production utvecklingen sker längre till höger i figuren.
- det Europeiska skeppsbyggandet ligger långt till vänster i bilden medan det sydkoreanska skeppsbyggandet ligger till höger i bilden.

Hypotes 1.

Om ineffektiviteten och därmed den låga produktivitetens utvecklingen är det övergripande huvudproblemet i byggprocessen så är den fragmenterade byggprocessen den underliggande orsaken till ineffektiviteten. Minskad fragmentering gynnar utveckling av samverkande processer för att integrera produktbestämning, produktion och förvaltning. Speciellt kommer en utveckling av partnering, industriellt/industrialiserat byggande och en integrerad informationshantering att gynnas. Orsaken till fragmenteringen är byggherrarnas kortsiktiga projektfokus, avsaknaden av långsiktiga samarbetsformer och incitament för kostnadseffektivisering m.m.

Hypotes 2.

Vi ser två utvecklingstendenser i effektiviseringen av byggandet – industriellt och industrialiserat byggande.

- *Ett industriellt byggande med konfigurerbara och högt standardiserade huskonceptlösningar med begränsade anpassnings- och variationsmöjligheter på en begränsad marknad. Det industriella byggandet kan ses som ett process- och produktorienterat, centralstyrt husfabriksbyggande företrädesvis inomhus och med montage på byggsplatsen.*
- *Ett industrialiserat byggande utvecklar det traditionella projektorienterade byggandet i alla dess former genom de utvecklade bygganpassade tankegångar och utvecklingsprojekt som idag främst ryms inom samlingsbegreppet Lean Construction. Det rör sig om ett decentraliserat och industrialiserat enstycks byggande med såväl systemleveranser som platsbyggnation.*

7.1.2 Produktbestämningen i ett utvecklat industriellt och industrialiserat byggande

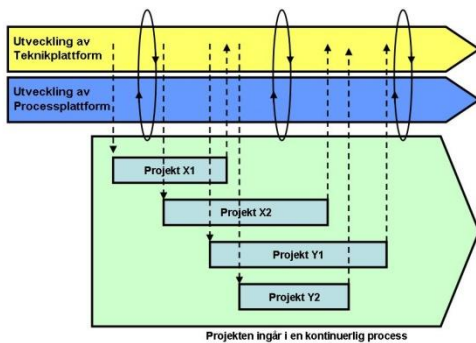
Som beskrivits ovan innebär utvecklingen mot såväl ett mer produktlikt, centralstyrt och industriellt husfabriksbyggande som en utveckling mot ett mer projektstyrt, förhållandevis decentraliserat och industrialiserat "one-of-a-kind" husbyggande att en stark aktör och tydlig process behövs för att hålla ihop och styra byggnationen. I båda fallen med starka inslag av utvecklade systemleveranser på olika sätt anpassade till hela huskonceptet i det ena fallet och i det andra fallet till det specifika projektet. Systemleveranserna levereras, monteras och i vissa fall också driftsätts av systemutvecklaren och kan ibland också konfigureras av systemleverantören. Med konfigurering menas här en utvecklad form av projektering i form av "förprojekterade" lösningar ofta inbyggda i en IT-

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

applikation och normalt levererad som en systemleverans. Byggnaden kommer därmed inte längre att projekteras på komponentnivå utan utifrån sammansatta, komplexa och multiteknologiska komponenter, s.k. systemprodukter, dvs. färdiga badrum, kök, fasadelement, trapprum, energisystem, inneklimatsystem m.m. (Mikkelsen et al, 2003). På motsvarande sätt ser vi inom det industriella byggandet olika systemprodukter integreras i den övergripande informationstekniska plattformen till en optimal helhet.

Den övergripande fasta processtrukturen i de båda fallen av industrialisering gynnar och möjliggör inte bara en effektiv produktion, en kommande produktutveckling och produktivitetshöjning utan också en verklig erfarenhetsåterföring inom byggsektorn.

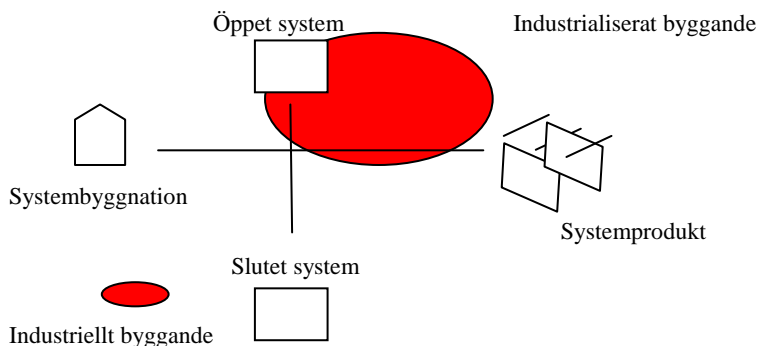
Kopplingen mellan de standardiserade projektberoende plattformarna och det enskilda byggprojektet illustreras nedan:



Figur 7.2 Processmodell för industrialiserat byggande (Lessing, 2006).

Systemleveranser i form av systemprodukter eller systembyggnation (huskoncept) förhåller sig vidare till öppna (flexibla gränssnitt) respektive slutna koncept (fasta gränssnitt) på så sätt att ett industriellt respektive industrialiserat byggande bör kategoriseras olika enligt figur 7.3 nedan (vidareutveckling från Mikkelsen et al, 2003 och Adler, 2001):

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen



Figur 7.3 Industriellt och industrialiserat byggandes relation till öppna/slutna system respektive systembyggnation/systemprodukter.

Exemplifierat på olika specifika tillämpningar kan man illustrera det hela på följande sätt:

	System byggnation	System produkt	
Öppet koncept	Traditionell platsbyggnation	Industrialiserat byggande (Kök, Badrum)	Lean Construction - projektfokus
Slutet koncept	Industriellt byggande (OpenHouse)	Fönster, taktegel, skruv m.m.	Lean Production - produktfokus

Figur 7.4 Exempel på olika sorters byggande i relation till öppna/slutna system respektive systembyggnation/systemprodukter.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Man kan använda figuren ovan och komplettera med relationen till olika lean-utvecklingstendenser. Övre halvan kommer då att vara Lean Construction-inspirerat medan undre halvan är Lean Production-inspirerat. Vidare kan man notera att övre halvan är projektfokuserad och starkt standardberoende medan undre halvan är produktfokuserad och starkt systemberoende.

Vare sig ett öppet eller slutet system enligt ovan utesluter naturligtvis användningen av standardiserade komponenter på detaljnivå i systemleveransen av typen spik, rör m.m. Det är systemleveransen som helhet och dess gränssnitt mot andra systemleveranser eller mot eventuell övrig platsanpassad byggnation som avgör graden av öppenhet/slutenhet.

Hypotes 3.

Systemleveranser i form av systemprodukter till ett industrialiserat byggande och systembyggnation (huskoncept) till ett industriellt byggande med väl specificerade gränssnitt och "färdiga" projekteringsansvisningar är grunden för ett framtida byggande. Projekteringsansvisningarna ges i form av inbyggda konfiguratorer där funktionellt ställda krav genererar ett tekniskt lösningsförslag utifrån det framtagna och genomarbetade helhetskonceptet. Konfiguratoren arbetar mot en BIM-modell där den plockar och tillför information. Inom det industrialiserade byggandet måste konfiguratoren kunna anpassas till mer projektspecifika delar av engångskaraktär och inom det industriella byggandet till hela huskonceptet.

7.1.3 Informationshanteringen i ett utvecklat industriellt och industrialiserat byggande

Genom dialogrutsinmatningar och parametriska funktionsval anpassade till det enskilda projekt målet kan en utvecklad konfiguratorer inbyggda regelsystem generera tekniska lösningsförslag. Man kan säga att konfiguratoren läser av indata och matchar dem mot mer eller mindre färdiga inneboende lösningar i det förkonfigurerade byggsystemet och styr därmed projektören, arkitekten, produktionsplaneraren m.fl. Parametrarna utformas så att de ger relevanta valmöjligheter. Samtidigt som konfigureringen framskrider producerar konfiguratoren dokumentation knutet till tillverkning, leverans, användning och service av produkten.

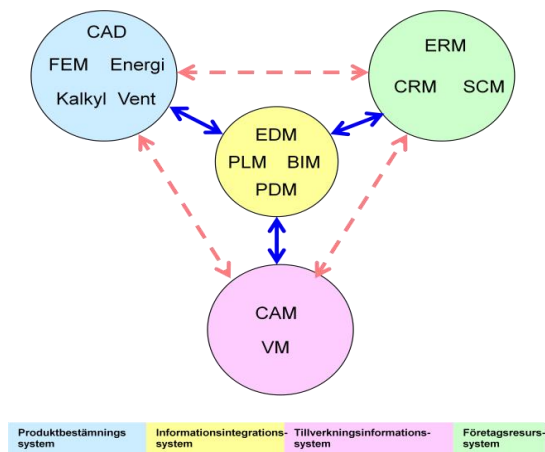
Den informationstekniska plattformen ser olika ut vad gäller industriellt och industrialiserat byggande på det viset att konfiguratoren i det industriella byggandet mer eller mindre byggs ut och är förkonfigurerad till att ta hänsyn till alla påverkande faktorer i huskonceptet medan konfiguratoren i det industrialiserade byggandet mer begränsat tar hänsyn bara till kopplingen mellan den enskilda

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

systemleveransen och projektmålen. En annan skillnad är att den övergripande konfiguratorn i huskonceptet är framtagen av huskonceptaktören medan konfiguratorn för systemleveransen (systemprodukten) tas fram av systemproduktsleverantören. Ytterligare en komplexitet är att det industrialiserade byggandet också ska konfigureras för den i olika grad omfattande ”på platsen byggnation” som pågår parallellt med systemleveranserna. Här är utformningen och dokumentationen av systemleveransen speciellt viktig.

Konfiguratorn för en systemprodukt kan vara i olika grad framåtintegrerad i processen. Förutom kopplingen till systemtillverkarens egna material-, leverans- och produktionssystem kan informationsstrukturen bakom systemleveransen tänkas ”bara” bära med sig information om hur den ska monteras på plats, hur gränssnitten ska se ut osv. men den kan också i varierande grad bära med sig tillverkningsinformation som direkt kan överföras till en databas så att man enkelt kan få ut exempelvis mängdberäkningar, kostnadsberäkningar och egenskapsinformation. Vidare kan informationen också vara anpassad till att kunna kopplas mot såväl tillverkarens egna som entreprenörens affärssystem.

I figur nedan 7.5 (utvecklad från Ekholm et al, 2009) visas olika kategorier av informationssystem i byggbranschen. I ett optimalt framtida scenario tänks alla dessa informationssystem kunna integreras och utbyta information för att säkerställa att rätt information finns lätt tillgänglig vid rätt tidpunkt för ett byggprojekts hela livscykel – vi har då en utvecklad BIM-modell för hela byggnationen.



Figur 7.5 Olika möjliga samverkande informationssystem i byggbranschen.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

I ett enligt ovanstående figur beskrivet informationshanteringssystem hanterar

- Produktbestämningssystem – information om framtagning av produkter (EIC – Engineering Information Creation Systems)
- Informationsintegrationssystem – information som samordnas (EII – Engineering Information Interchange Systems)
- Tillverkningsinformationssystem – information om tillverkning av produkter (MPM – Manufacturing Process Management Systems)
- Företagsresurssystem – information om företagets resurser (ERM – Enterprise Resource Management Systems).

Genom användning av ett objektorienterat informationssystem med en grundstruktur där varje fysiskt objekt i den färdiga byggnaden motsvaras av ett motsvarande digitalt objekt i den tredimensionella virtuella modellen, kommer förutom den geometriska tredimensionella informationen även olika slags egenskaper och relationer till andra objekt att finnas med. En stor fördel med en integrerad informationshantering enligt ovan är då att objektsinformation, inlagd en gång i systemet, kommer att kunna användas oförvanskad i många olika tillämpningar, i tillverkningen av byggprodukten, i konfigureringen, i produktionsberedningen, i produktionen och i förvaltningen. Informationen är kopplad till enskilda objekt och/eller olika konglomerat av objekt i olika hierarkiska nivåer och kommer att kunna berikas med information allteftersom byggprocessen framskrider.

Kraven på objekten måste vara att de ska finnas i olika detaljeringsgrad beroende på var i processen man är och vilken slags information som då behövs. Så har objekten detaljerats på olika nivåer inom skeppsbyggnadsindustrin under mer än 40 års utveckling i Tribonsystemet – alltifrån hela fartyget som ett objekt (slutprodukten) ner till den enskilda skruven (detaljprojekteringen). Danskarna har i ”Det Digitale Byggeri” valt en liknande väg där man definierat sju olika informationsnivåer kopplade till olika skeden i processen med krav på olika detaljeringsnivå på objektsinformationen i de olika skedena. Normalt låter man olika såväl egenframtagna som medlevererade ritningar vara separata objekt i databasen. Fördelen med detta system är att man likt Tribonsystemet för skeppsbyggnadsindustrin om man så vill slipper använda ett separat PDM-system eftersom objektsstrukturen då är logisk och lätt sökbar i sig själv.

Det industriella byggandets informationssystem antas komma vara mer skraddarsytt och anpassat till en fungerande integration mellan de olika informationssystemen jämfört med det industrialiserade byggandets mer flexibla,

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

allmängiltiga och på en lägre nivå standardiserade gränssnitt som måste kunna fungera i olika miljöer från projekt till projekt. I Sverige har denna form av industriellt byggande växt fram relativt kraftigt jämfört med i våra grannländer där man ser en starkare utveckling i form av en effektivisering eller industrialisering av byggprocesserna.

Genom användning av metodiken med en eller flera databaser innehållande olika objekt som tillsammans bygger upp en byggnad med egenskaper och relationer kopplade till objekten samlas informationstekniskt all relevant information på ett strukturerat sätt enkelt åtkomlig för vidarebehandling. Konfiguratoren arbetar mot en produktmodell/BIM-modell. Det man sett hittills är att huskoncepttänkandet (systembyggnation) pga. sin starka integration av alla delsystem med en fast hand med fördel förväntas kunna styra hela processen med hjälp av en enda databas medan det industrialiserade byggandet med fördel på ett naturligt arbetar med flera delmodeller.

Danskarna har i ”det Digitale Byggeri” tagit ställning för att var disciplin kommer att arbeta mot sin separata ”fackmodell” som sedan kan integreras och koordineras i en gemensam ”fællesmodell”, medan man i Norge tagit ställning för arbete mot en gemensam modell trots avsaknad av industriellt byggande i form av huskoncept. En utveckling mot ett arbetssätt i mer ”concurrent engineering”-liknande former gynnas sannolikt av arbete mot en modell eller i alla fall flera delmodeller med täta koordineringar.

BIM-applikationen för en systemprodukt kan då tänkas värderas utifrån vilka och hur många av nedanstående områden den kan kopplas till:

1. tillverkarens egna tillverkningsystem exempelvis i form av styrfiler till maskiner (MPM)
2. tillverkarens affärssystem i form av materialhanteringssystem, inköpssystem m.m. (ERM)
3. olika kalkylsystem som direkt kan läsa av antalet komponenter av olika slag (EIC)
4. olika projekteringsapplikationer (dimensionering, simulering och konfigurering) (EIC)
5. olika produktionsberedningssystem (MPM)
6. applikation för montaget på byggplatsen (MPM)
7. applikation för förvaltningen av fastigheten (EII)

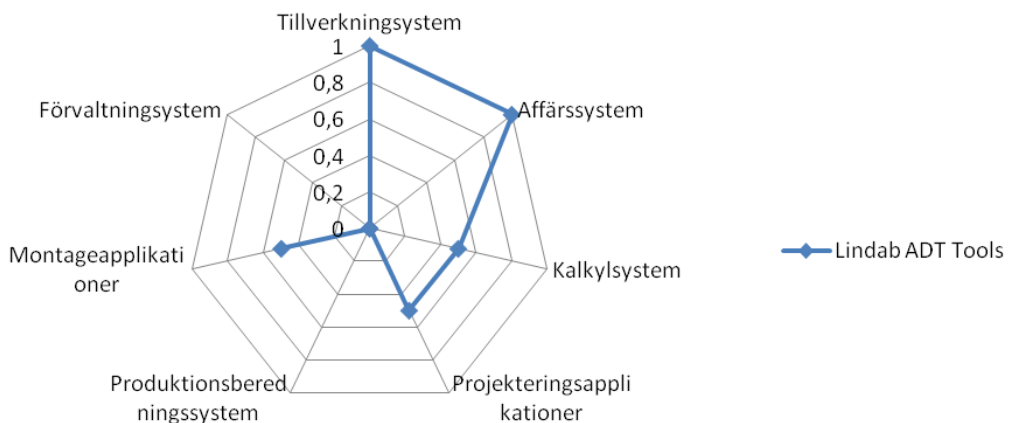
Vid en studie av informationshanteringen i ett ordinärt svenskt flerfamiljshusbyggande (Ekholm et al, 2008) konstateras att den stora majoriteten

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

av använda byggapplikationer är av typen stand-alone, typ Word, Excel, Autocad, Acrobat m.fl. resulterande i "ointelligent" information. I en angränsande studie (Robertson & Ekholm, 2006) studerades fyra stycken möjliga applikationer som kunde använts i processen inför nämnda flerfamiljshus. Här konstateras att dessa alternativa applikationer (Lindab ADT Tools, Impact Precast, Energilotsen och Tekla Structures) avsevärt skulle effektiviserat och gynnat projektet som helhet. Alla applikationerna använder sig av en egen 3D-modell och sett i graden av integration enligt ovan skulle en bedömning ge följande resultat:

- Lindab ADT Tools: 1, 2, 3 (delvis), 4 (delvis), 6 (delvis)
- Impact Precast: 1, 2, 3 (delvis), 4 (delvis), 6 (delvis) dvs. såväl (P), (T) som (F)
- Energilotsen: 4 (delvis), 5 (delvis)
- Tekla Structures 1, 2, 3, 4, 5 (delvis), 6 (delvis)

Sett i ett fältdiagram kan exempelvis Lindab ADT Tools åskådliggöras enligt följande:



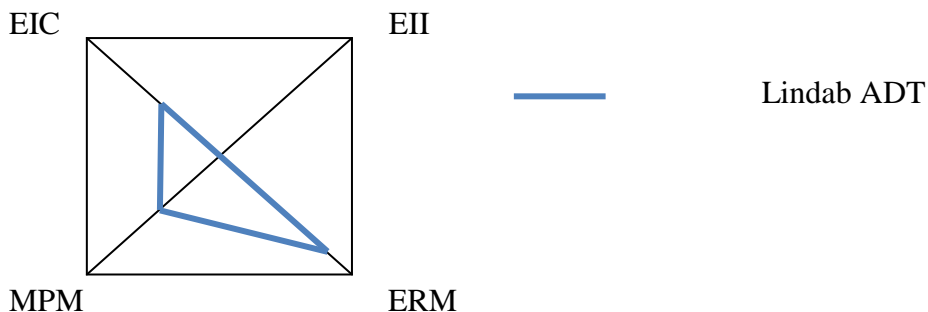
Figur 7.6 BIM-gradering av Lindab ADT-Tools (1).

Graderingen på axlarna baseras på graden av interoperabilitet mätt i termer av

- ostrukturerad-strukturerad-interoperabel information
- pappersinformation- textbaserad information-objektsbaserad information
- proprietära-neutrale format.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Alternativt skulle diagrammet se ut enligt nedan figur 7.7 om det baserades på ovan gjorda huvudgruppsindelning (EIC, EII, MPM och ERM-system):



Figur 7.7 BIM-gradering av Lindab ADT-Tools (2).

Hypotes 4.

En integrerad informationshantering är ett grundvillkor för ett effektivt byggande. Den integrerade informationshanteringen säkerställer att rätt information finns lätt tillgänglig vid rätt tidpunkt för ett byggprojekts hela livscykel. Genom användning av ett objektorienterat informationssystem med en grundstruktur där varje fysiskt objekt i den färdiga byggnaden motsvaras av ett motsvarande digitalt objekt i den tredimensionella virtuella modellen, kommer förutom den geometriska tredimensionella informationen även olika slags egenskaper och relationer till andra objekt att finnas med. Genom neutrala och standardiserade format och gränssnitt kommer information kunna överföras mellan olika aktörers applikationer i form av olika BIM delmodeller. En utveckling mot en totalintegrerad BIM-modell kommer huvudsakligen ske inom det industriella byggandet.

8 Empiri

Detta kapitel behandlar två olika studier. Dels en case-studie över informationshanteringen i en stor pågående sjukhusbyggnation i Malmö (UMAS) där ventilationsentreprenaden utförd av Sydtotal AB studerats dels en intervjustudie utgående från den modelluppbyggnad som redovisats i kapitel 7.

8.1 Informationshanteringen i UMAS projektet ventilationsentreprenaden

8.1.1 Bakgrund



Figur 8.1 Om- och tillbyggnad av Akutmottagning och Infektionsklinik vid Universitetssjukhuset MAS (UMAS) (Arkitektfirmaet C. F. Møller A/S, 2009).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Nuvarande akutmottagningen på UMAS (numera benämnt SUS) är en av Sveriges största men lider av klara brister i patient- och arbetsmiljö. Efter den nedan beskrivna ny- och ombyggnationen erhålls en modern akutsjukvård med triage, hänvisningsfunktion, akutmottagning för barn, specialiserad akutsjukvård, intensivvårdskrävande akutsjukvård, FoUU-arbete, katastrofberedskap och prehospitalt akutteam.

Infektionsverksamheten vid UMAS har idag otidsenliga lokaler spridda i flera byggnader. Man får i sina nya lokaler en samlad verksamhet med öppenvårdsenhet, slutenvård inom infektion, avdelning för andningsvård, infektionsintensivvård och brännskadevård och FoUU.

8.1.2 Fakta om byggnationen

Beställare: Regionfastigheter/Region Skåne

Kostnad: 860 Mkr

Yta: 19000 kvm nybyggnad, 5000 kvm ombyggnad

Byggstart: Januari/februari 2008

Färdigt: 2011

Entreprenadform: Generalentreprenad

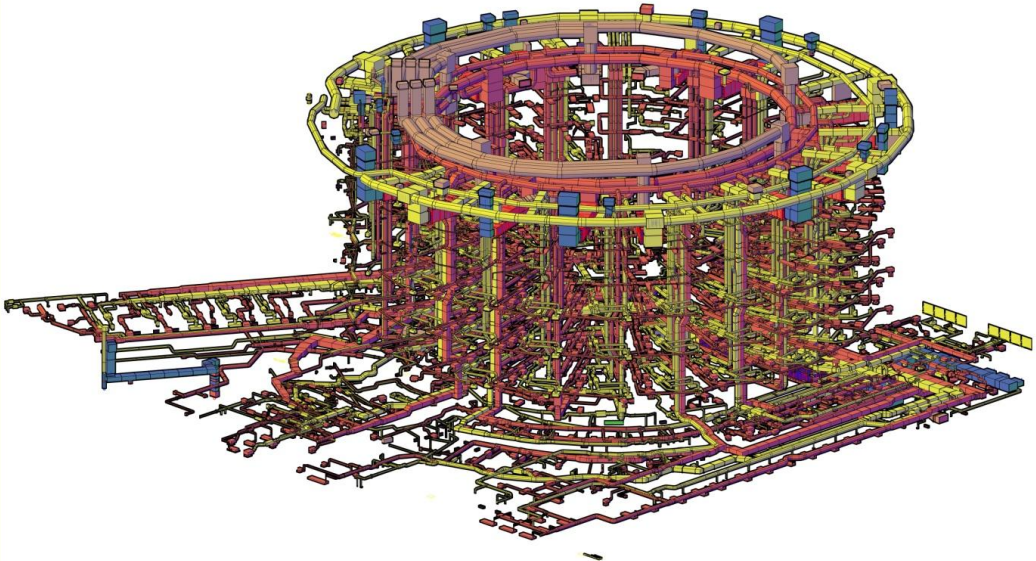
Entreprenör: PEAB AB

Arkitekt: Arkitektfirmaet C.F. Möller

Ventilationskonsult: Incoord AB

Ventilationsentreprenör: Sydtotal AB

Kort beskrivning: En rund tillbyggnad, ca 40 m diameter, med runt atrium i mitten. Bärande prefabricerad betongstomme. 7 våningar exklusive källare. Översta plan rymmer alla installationer inkluderande fläktrum uppstyckat i 19 zoner med matning dels via var sitt vertikalt schakt dels horisontellt via en inre (tilluft) och en yttre ring (frånluft).



Figur 8.2 Ventilationsutformningen på UMAS. Vy från CadVent-modellen. (Sydtotal AB).

8.1.3 Beställarens krav

Regionfastigheter har krav på modellbaserad information idag i UMAS-projektet där allt är modellerat tredimensionellt med användning av objektorienterade programvaror och allt ska levereras i AutoCAD MEP format som dwg-fil. Eftersom CADvent programmet, som Sydtotal använder, är fullt kompatibelt med AutoCAD MEP så levererar man MEP-filer i detta projekt till en projektplats, vilket också är ett krav från beställaren Regionfastigheter.

Regionfastigheter begär in bl.a. modellinformation från de olika aktörerna:

- Alla väggar men inte lös inredning ska finnas med i A-modellen
- Alla bärande system ska finnas med i K-modellen
- Alla elstegar plus ”armaturer som tar plats” ska finnas med i El-modellen
- Alla kanalstråk och hela sprinklersystemet ska finnas med i Rör-modellen
- Hela ventilationssystemet ska hänga ihop och finnas med i Vent-modellen.

Tack vare dessa krav kan man använda sig av tidiga samgranskningsmöten för att göra kollisionstester och hitta kollisionpunkter, vilket är ett krav från beställaren.

Allmänt sett vill Regionfastigheter ha in en något ”strippad” och informationsmässigt tydligt angiven förvaltningsmodell för att inte riskera få in ett

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

oöverstigligt informationsberg på projektplatsen. Viss utvecklad information från projekteringsprocessen begär man också in. Vad förvaltningsmodellen eller relationsmodellen ska innehålla har man då i detalj specificerat i en idag preliminärt framtagen ”Tillämpningsanvisning” som görs upp för varje byggprojekt. Dessa anvisningar baseras på BH90.



Figur 8.3: Installationer på översta våningen på UMAS.

Genom att kräva in information i vissa specificerade allmängiltiga filformat låser man inte projektörerna vid en viss programvara eftersom man gör det möjligt att i slutändan konvertera till begärd programvara. Man hoppas vidare kunna eliminera antalet ofullständigt modellerade modeller genom kravet på fullständiga modeller och man kommer inte tillåta att vissa aktörer sitter och ”håller på information”.

Vad gäller IFC-formatet så använder sig Regionfastigheter inte alls av detta beroende på dess påtalade brister vid användning i olika byggprojekt. Även om man kommer få IFC-formatet att fungera i framtiden tror Regionfastigheter att utvecklingen då kanske har sprungit från IFC-formatet åtminstone som ett förvaltningsformat. Man tror i ett sådant läge mer på utvecklingen av ett neutralt förvaltningsformat exklusivt ritningsunderlaget där man slipper att hela tiden uppdatera CAD-innehållet i sina ritningsdatabaser.



Figur 8.4: Installationer på översta våningen med olika fläktrum på UMAS.

8.1.4 Sydtotal

Innehållet i detta avsnitt bygger – där inget annat anges – på en intervju med koncernchef Erling Pålsson, Sydtotal AB 2009-11-12.

Sydtotal AB startade sin verksamhet år 2000 i Malmö och betecknar sig som ett ventilationsföretag som ”erbjuder ett helhetskoncept inom ventilation och komfortkyla – från ritbordet till efterservicen”. Sydtotal erbjuder samordningsansvar för installationsarbeten (ventilation, styr och övervakning, el, vs och kyla), energirådgivning och energieffektiviseringar och kommunikationslösningar för fastighetsdrift. Det innebär att man levererar betydligt fler tjänster än själva entreprenadverksamheten, dvs. montage av ventilationskomponenterna. Sydtotal har således en klart avvikande profil jämfört med en traditionell underentreprenör.

Sydtotal finns idag på nio olika orter/regioner i landet (Malmö, Helsingborg, Kronoberg/Blekinge, Dalarna, Västerås, Jönköping, Uppsala, Luleå och Stockholm) med ambitionen att inom en nära framtid kunna beteckna sig som rikstäckande. Filialbolagen drivs som dotterbolag med delägarskap i Sydtotal. Ekonomihantering och inköp görs delvis med hjälp från Malmökontoret. Sydtotal har också en utlandsverksamhet genom sitt dotterbolag Sydtotal HVAC AB med flera stora projekt under åren i Danmark, Kazakstan, Sydpolen, Sydgeorgien, och Nigeria. Idag är man ett av landets allra största ventilationsföretag med ca 240 anställda. De största konkurrenterna är Bravida och YIT.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Affärsidén är att som aktör ta ett helhetsansvar för ventilationsentreprenader för att skapa maximal kundnytta till beställaren. Det innebär att man har såväl en egen projekteringsavdelning samt verkstad för framtagning av rektangulära kanaler och specialprodukter. Man är således såväl installatör, tillverkare/leverantör och konstruktör.

För att på ett optimalt sätt kunna erbjuda sitt koncept föredrar man tidigt upphandlade totalentreprenader, s.k. förhandlingsentreprenader där man kan vara med från början och påverka bygget med sin kunskap om produktionsmetoder och kostnader. Vidare kan man ta fram olika kostnadseffektiva och kvalitativa lösningar för beställaren i och med att man har helhetsansvar och ansvar också för projekteringsprocessen. Besparingar i form av effektivitetshöjande åtgärder i en entreprenad upphandlad på detta sätt delas lika mellan aktörerna. Förhandlingsentreprenadformen kan dock vara svår att motivera vid offentlig upphandling.

Som ventilationsentreprenör i en byggbransch med i genomsnitt små marginaler i sin verksamhet utmärker sig Sydtotal genom årliga rörelseresultat under senare år på ca 10 procent. Genom ett vinstdelningssystem går 10 procent av vinsten tillbaka till alla anställda. Alla anställda har månadslön.

8.1.5 Sydtotals koncept

Bakgrunden till dagens Sydtotalkoncept är äldre än Sydtotal själv. När nuvarande koncernchef Erling Pålsson 1994 var nere på studieresa i Tyskland såg han på ISH-mässan i Frankfurt en plasmaskärare för första gången i produktion hos Spiro International GmbH och hur den på ett effektivt och precist sätt genom knapptryckningar kunde styras att skära ut komplexa tredimensionella detaljer med hjälp av ett plåtutbredningsprogram ur plåt för efterföljande automatiserad bockning och hopsättning/skarvning med hjälp av en gejdmaskin till ventilationsrör och andra detaljer. Tidigare hade Erling Pålsson varit och besökt Åkermans verkstäder i Eslöv där man projekterade detaljer för sina grävmaskiner. Åkermans skickade sina styrfiler direkt ner till svarven och fräsen, som med hjälp av dessa instruktioner producerade detaljerna.

Genom att styra den tyska plasmaskäraren med digitalt underlag från produktbestämningen direkt från CADvent, ett 3D-modellerande ventilationsprogram av BIM-karaktär, insågs att produktionen kunde effektiviseras genom att ta bort det dubbelarbete som en separat inmatning av styrfiler annars hade inneburit. Steget var då inte långt till att inse att liknande typ av samordning och möjlighet att nyttja redan inmatad eller genererad digital information skulle få stora konsekvenser effektivitetsmässigt. Därmed var idén till CAMvent född dvs.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

ett internutvecklat projekt- och affärssystem med grundtanken att knyta ihop informationen internt mellan de olika processtegen i byggandet av det specifika projektet. I stället för att driva verksamheten med ett antal fristående applikationer var och en med separata indata, som var regel vid den här tiden och är så fortfarande, så utvecklades CAMvent som ett internt affärssystem för att ta hand om administration och beredningsarbete inför produktionen.

”Byggbranschen är konservativ och vill inte ändra sig”, enligt Erling Pålsson. Den största kraften har Erling Pålsson ofta fått lägga på att omvända och övertyga människor om att man kan arbeta på det här sättet. Han menar att de stora förändringar som är på gång inom byggsektorn saknar en viktig bit nämligen folk som är ute i verkligheten. Samarbetsformerna är viktiga och strategiska allianser tror han på inför framtiden: ”de har potential och gynnar kunden som får en tydlig motpart”.



Figur 8.5: Plasmaskäraren i aktion.

8.1.5 Ventilationsentreprenaden

Innehållet i detta avsnitt bygger – där inget annat anges – på en intervju med Produktchef Björn Broberg, Lindab AB (numera Sydtotal) och Lina Alfredsson, Projektkoordinator, Sydtotal AB 2009-10-01 och 2009-11-12.

Ett montagelag bestående av två montörer monterar var sin zon på respektive våningsplan. Alla komponenter med vissa undantag är märkta och kan lätt identifieras. Korresponderande märkning finns i såväl BIM-modell som ritningar.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Alla komponenter lyfts in utifrån med hiss till varje zon innan montage. Detta sker efter ordinarie arbetstid. I vissa vårdrum, s.k. renrum, inkluderar de färdiga ventilationspaketen allt material färdigkapat medan man i övriga utrymmen utför kapningen på plats efter måttatt ritning. Detta avser då alla runda kanaler som inte har standardlängd 3,0 m. Renrummen på infektionskliniken har åsatts extra hög säkerhet vad gäller ventilation (separat) och luftläckage för att förhindra smittspridning.

Traditionellt utförs denna typ av montage genom att montörerna först sätter sig in i ritningsunderlaget (2D) och sedan på plats mättar upp alla viktiga kanaldelar som behövs för att kunna montera enligt installationsritning. Kontorspersonal ska då manuellt innan ha gått igenom installationsritningarna och listat upp alla komponenter som ska inhandlas. Därefter åker montörerna iväg till grossist och inhandlar kanaldelar, böjar m.m. och hämtar ut tidigare beställda specialkomponenter, fläktaggregat m.m. Det rektangulära kanalaterialet lägger man en beställning på hos en verkstad för senare leverans. Man gör handskisser som sedan renritas på verkstaden innan produktion kan ske. Tillbaka på byggarbetsplatsen bär man in allt inköpt material varefter man mäter, kapar och monterar efter 2D-underlaget.

I Sydtotalkonceptet kommer en montör till sin arbetsplats där allt material finns på plats uppmärkt på såväl material- som på montagevyer, undantaget förbrukningsmaterial och standard kanallängder av det runda sortimentet. Genom de tredimensionella montagevyerna ser montörerna exakt ordningsföljd och vilka delar som ska monteras ihop med varandra. Montören får lätt och snabbt en bättre bild av hur montaget ska se ut. Som en effekt får man minskad kassation och man behöver inte gå och leta alltför länge efter rätt komponenter. Upphängning i tak och vägg sker fortfarande efter ”eget huvud” och finns inte anvisat på några ritningar.

Lägesmässigt positionsbestäms exempelvis i ett fläktrum själva fläktmodulen utifrån ritningsunderlaget och anslutande matningskanaler. Därefter följande komponenter behöver därmed inte positionsbestämmas på ritningen utan de monteras i följd exakt i enlighet med montagevyerna. Raka rördelar kapas direkt efter ritning antingen på plats eller av leverantören i de längder som är framtagna utan föregående uppmätning på plats. Leverantörerna kör materialet till byggplatsen och Sydtotal själv eller inhyrd entreprenör lyfter det på plats vid lämpligt vald tidpunkt.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Sydtotal har tidigare vid ”styckningen” skapat en numrering av de olika ventilationskomponenterna som sedan återfinns på montagevyerna ute på arbetsplatsen. Märkningen av komponenterna utförs sedan med hjälp av detta underlag av komponentleverantörerna. Sydtotal märker dock själv när det gäller det rektangulära kanalmaterialiet och specialkomponenterna eftersom man tillverkar dessa komponenter i egen verkstad direkt efter ritningsunderlaget.

Normalt stämmer de levererade komponenterna med hur det kan utföras på plats fullt ut men för säkerhets skull följer lite extramaterial med i leveransen till byggarbetsplatsen. Vissa justeringsmöjligheter finns också vid montaget. Vid hopkoppling av två kanaldelar är justeringsmöjligheterna ca 5 mm i längdled och 3-4 grader i sidled.



Figur 8.6: Installation i taket i ett renrum.

8.1.7 Informationshanteringen i UMAS projektet

Eftersom Regionfastigheter i den studerade UMAS-byggnationen valt att handla upp hela projektet som en generalentreprenad har Sydtotal kommit in i sent skede när ventilationsinstallationen redan var under projektering av Incoord i Stockholm. Projekteringen av ventilationsentreprenaden varade ca 2 år och utfördes huvudsakligen i MagiCAD. Underlaget från projekteringen resulterade således i ett beskrivningsunderlag, ett stort antal ritningar och modellfiler från MagiCAD-programmet som installationskonsulten modellerade i.

Rörprojektören har använt AutoCAD MEP, ett program med fullständig kompatibilitet gentemot CADvent i form av en utbyggd API-koppling. Samgranskning mellan de olika installationsmodellerna (ventilation, avlopp, tappvatten, värme, kyla, el, sprinkler etc) och mot konstruktionsmodellen gjordes framförallt under projekteringsfasen innan Sydtotal kom in som entreprenör och skulle börja montera ventilationsentreprenaden. En CAD-samordnare utförde då kollisionskontrollen i Navis Works mellan de olika entreprenörernas modeller.

Eftersom MagiCAD är ett objektorienterat 3D-modellerande program med en egen databas kan man få ut information för att utföra kollisionskontroller, göra ljudnivåberäkningar, luftflödesberäkningar m.m. Men då övriga projektörer (arkitekt, konstruktör, rör, el m.fl.) valt Autodesk som CAD-plattform får det till följd en del samverkansproblem. MagiCAD-modellen måste således först "översättas" för att kunna användas vid produktionsberedningen för att få ut riktiga stycklängder m.m. Dessa översättningsprogram kräver dessutom en del handpåläggning för att fungera.

Ett annat problem är sättet man projekterar på, speciellt vid en utförandeentreprenad som denna. Mer och mer har det under årens lopp utvecklats till att konsulterna bara drar upp skisser på hur byggnaden ska utföras. Man gör ingen slutlig produktbestämning i detalj vilket är orsakat av att beställaren vill ha största möjliga flexibilitet vid den senare upphandlingen av entreprenaderna för att därmed kunna få ett mer optimalt pris på entreprenaden.

I UMAS-projektet där man modellerat allt i 3D har det inneburit att alla beräkningar troligen inte kunnat köras i MagiCAD innan produktionen kommit igång vilket möjligen kan vara orsaken till det relativt stora antalet ändringar som gjorts från Incoords sida under produktionens gång. Sydtotal fick inte underlaget för beräkningarna och kände sig tvungna att själv kontrollräkna vissa delar av projektet för att kunna lita på dimensioneringen. En orsak till att beräkningarna

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

inte gjorts kan bero på att dessa typer av beräkningar normalt kräver att hela ventilationssystemet är komplett och produktbestämt med relevanta data.

Totalt har efter hand 15 stycken PM med felaktigheter rapporterats till Sydtotal från konsulter. Felaktigheter som hela tiden måste modelleras om och översättas till Autodesk/CADvent-format för att kunna hanteras av Sydtotal. Å ena sidan ska ett komplett färdigt underlag finnas till hands för Sydtotal att ta över och bygga efter vid byggstarten av en generalentreprenad vilket alltså inte varit fallet denna gång. Å andra sidan finns knappast någon generalentreprenad av denna storlek där det inte upptäckts ett antal felaktigheter i efterhand. Möjligen kan man säga att mängden fel är något större än vad man kunde förvänta sig vid denna typ av entreprenad. Felen i denna entreprenad har varit av karaktären att en spjälltyp har fått felaktig beteckning eller att ett don har fått felaktig placering, dvs. ofta inga grava felaktigheter som ställer till problem dimensioneringsmässigt men som kan vara nog så besvärliga att hantera på plats vid montaget.

I ett fall hade Sydtotal monterat 39 stycken spjäll av en viss typ enligt bygghandlingarna. Man hade gjort färdigt allt, hunnit isolera och ansluta reglerutrustningen. Man fick när det visade sig vara felaktigt angiven spjälltyp göra om montaget och byta alla spjällen. Man valde sedan att i stället för att också byta ut all reglerutrustning till spjällen göra en specialvariant varvid reglerutrustningen byggdes om och anpassades till de nya spjällen. I efterhand konstaterades att bygghandlingen varit så ofullständig att Sydtotal tolkat denna på ett felaktigt sätt.

Ytterligare ett stort problem är att MagiCAD inte är fullt kompatibelt med Autodesk-plattformen och därmed inte heller med CADvent och CAMvent som Sydtotal använder sig av. MagiCAD hanterar för övrigt inte produktionsberedande moment alls – funktionaliteten saknas – utan är en typisk projekteringsprogramvara. Förvisso en mycket kompetent och uppskattad sådan ute bland konsulter bl.a. beroende på att den hanterar såväl ventilation, rör, värme, el, tele och sprinklerinstallationer.

Här behövs således en översättning av informationen från MagiCAD till Sydtotals använda programvaror. IFC-formatet klarar inte av att föra över denna information. Orsaken till behovet att gå över till CADvent är att MagiCAD förvisso är ett objektorienterat program som använder sig av riktiga virtuella ventilationskomponenter från olika tillverkare, men all relevant information tas inte med i objekten vilket är förödande för slutresultatet. Exempelvis kommer inte per automatik hundra procentigt rätta längder på alla komponentstråk med i

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

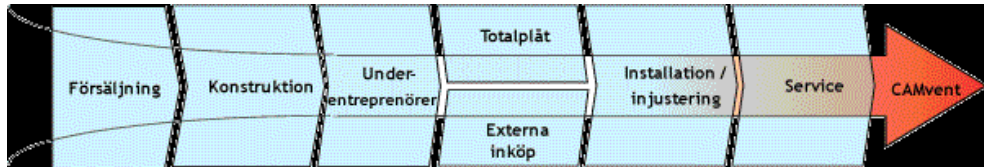
slutmodellen. Detta medför att man inte kan lita på att ett ledningsstråk med ventilationskanaler på en MagiCAD ritning verkligen går att utföra med det antal millimeter kanal som anges på ritningen eller i modellen. Detta får naturligtvis till följd att MagiCAD-underlaget inte kan användas inför produktionen av entreprenören, åtminstone inte om man som Sydtotal monterar och kapar sina komponenter utifrån ett produktbestämt digitalt underlag. Den kollisionstest som IT-samordnaren gjort tidigare i projekteringsfasen på MagiCAD-underlaget kan man då heller inte vara helt säker på att den stämmer. Sydtotal valde i detta fallet att inte göra om kollisionsskontrollen eftersom det inte ingick i deras åliggande, det var ju en generalentreprenad.

Informationen från MagiCAD-modellen måste således översättas till ett program som hanterar objekten på rätt sätt, i detta fall Lindabs CADvent-program. Trots ett egenframtaget översättningsprogram krävs här en del handpåläggning också för att få det att fungera.

MagiCAD hanterar heller inte det rektangulära kanalsortimentet korrekt. Vanligtvis försöker man dessutom slå ihop flera rektangulära komponenter till en för att väsentligt kunna underlätta montaget. Detta blir extra viktigt när man har egen verkstad för framtagning av det rektangulära kanalaterialet som Sydtotal har. MagiCAD kan inte alls hantera denna typen av komponenter.

Vid utförandeentreprenader är det extra vanligt med ändringar orsakade av en ofullständig projektering dvs. man har glömt ta med komponenter eller information eller man har medvetet projekterat ofullständigt. Utförandeentreprenadformen innebär också automatisk avsaknad av kommunikation med den monterande entreprenören och hans byggbarhets- och produktionsberedande krav. Detta medför att flera av de beräkningar projektören skulle utfört troligen inte utförts eller att de utförts på ett bristfälligt eller direkt felaktigt underlag. I detta fall har Sydtotal känt sig tvungna att göra om flera beräkningar i CADvent för att kontrollera att bygghandlingarna stämmer.

8.1.8 CAMvent



Figur 8.7: SydTotals CAMvent system och dess koppling till cad-system, ekonomisystem och inköp (Broschyr SydTotal, 2009).

CAMvent är Sydtotals egenutvecklade projekthanteringssystem med administrativ hantering som Sydtotal utvecklat för att effektivisera sitt arbete. Bakom CAMvent finns idén om att informationen i ett byggprojekt behöver samlas upp på en specifik plats för att enkelt kunna nås och användas för olika tillämpningar. Eftersom Sydtotal vill ta ett helhetsansvar för installationsarbetena i byggprojekten från projektering till färdig leverans inklusive tillverkning av komponenter till samordningsansvar och driftuppföljning så vill man ha all information från dessa skeden samlad och tillgänglig i CAMvent-systemet. Allt i syfte att effektivisera hanteringen och undvika dubbelinmatning av information. I CAMvent kan man importera alla ritningar från CADvent, man kan få upp alla komponenter från CADvent-modellen och se vad de kostar osv. All projektinformation lagras således i CAMvent. Uppdelningen är sådan att CAMvent hanterar det administrativa medan CADvent hanterar det produktionsberedande.

CAMvent har en databasuppbyggnad där all information läggs in. Både egenutvecklade och inköpta standarprogramvaror arbetar mot CAMvent via ett API-gränssnitt.

CAMvent systemet är direkt användbart för partnering. Här finns all information direkt nåbar och man kan följa upp projekten i realtid, fatta nya beslut och göra ändringar m.m. Partnering aktörerna kan då direkt gå in och jämföra kostnader, tider m.m.

8.1.9 Det optimala Sydtotalprojektet

I ett byggprojekt som drivs på ett optimalt sätt enligt Sydtotals koncept är man upphandlade i tidigt skede i en förhandlingsentreprenad. Det innebär att Sydtotal är med i de tidiga skedena, i projekteringskedet, i produktionen och eventuellt också i driftuppföljningen. Sydtotal är då upphandlade för hela installationsentreprenaden och handlar i sin tur själv upp rör- och värmearbetena av sina mångåriga partneringentreprenörer på konsult- och entreprenadsidan. Man föredrar att ha samordningsansvar även för styr och el. Sydtotal har då kontroll

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

över hela processen och kan på ett helt annat sätt styra utvecklingen och optimera sina resurser.

Hur ser då ett optimalt drivet byggprojekt enligt Sydtotal ut idag?

Tidiga skeden:

- Energiutredningar

Projekteringen:

- Projekteringen görs i CADvent av helst egna projektörer.
- I CADvent görs simuleringar för max lufthastighet i vistelsezon, erforderlig luftväxling i olika lokaler, ljudnivåberäkningar m.m.
- Samgranskningar av den integrerade installationsmodellen (Vent, el, rör) mot konstruktionsmodellen görs i Navis Works genom kollisionstester varvid konflikter hanteras och löses tidigt i byggprocessen.

Produktionsberedning:

- Efter projekteringen av ventilations- och värmesystemet i CADvent tas informationen över i CAMvent vilket innebär att alla fysiska objekt som ska monteras på arbetsplatsen, och information om dem, finns representerade i CAMvent. Den information som förs över är namn, leverantör, littera och koordinater på de olika komponenterna.
- En delzonsindelning görs i CADvent i lämplig storlek för ett arbetslag om två montörer att montera och kunna ta emot alla montage delar. CADvent genererar information för att ”alla” komponenter ska bli uppmärkta i form av en positionsnumrering och paketerade till respektive sektionerad delzon. Detta gäller inte standardkanallängder, vissa standardkomponenter och förbrukningsmaterial som tillhandahålles onummerade på plats. Zonindelningen möjliggör just-in-time leveranser av alla ventilationskomponenter till rätt zon.
- Inför produktionen ”styckas” installationen i CADvent. Det innebär att alla kanalstråk delas upp i faktiska monterbara komponenter. Uppskattningsvis 60 procent av alla delar i ett kanalstråk kapas på plats vid en normal installation. Dessa delar blir vid styckningen exakt måttbestämda på ritningsunderlaget för direkt kapning och montage.
- Den logistiska just-in-time planeringen med syfte att lyfta alla komponenter på plats till montageplatsen planeras utifrån den utförda zonindelningen. Detta innebär att ingen mätning på plats behövs.
- Möjligheten att forma arbetsbesparande specialbitar (en böj som slås ihop med en passbit, flera S-böjdelar som slås ihop till en komponent, en stös

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

som slås ihop med en kanalbit etc.) undersöks och tas fram i CADvent. Härvid genereras styrfiler för automatisk plåtutskärning i plasmaskäraren och därpå följande böjning och falshopsättning i gejdmaskin. Arbetsbesparingen ligger främst hos verkstaden.

- Navis Works-programmet används av Sydtotal för att ta fram alla håltagningar. Man samkör då CADvent-modellen mot konstruktionsmodellen i Navis Works för kollisionskontroll. Sedan sparar man håltagningarna i dwg-filer för ritningsframtagning.
- Materiallistor, installationsritningar, montagevyer i 3D-perspektiv tas fram för varje sektion i CADvent.
- Offert- och inköpsunderlag tas fram genom samkörning av CADvent-modellen mot CAMvents prisdatabas. Även skraddarsydda specialkomponenter kan prissättas. Alla någorlunda stora entreprenader är sektionerade i lämpligt stora montagebitar som ett arbetslag ska hantera. I CAMvent tas då offert- och inköpsunderlaget ut per sektion för senare just-in-time leverans.
- Orderläggning görs i CAMvent. Antingen i form av en automatiskt framtagen elektronisk orderläggning till strategiska leverantörer t.ex. Lindab eller den egna verkstaden för varje separat ”styckad” del eller en ”vanlig” orderläggning till övriga leverantörer. Funktionen elektronisk orderbekräftelse är under framtagning i CAMvent där programmet ska kunna jämföra ordern med orderbekräftelsen. Normalt sker då idag i stället orderläggningen ofta per mejl eller fax. Fördelen med den traditionella faxen är dess signeringsfunktion.

Produktion:

- Verkstaden får styrfiler för utskärning av plåtar till plasmaskäraren direkt från CAMvent. Tidigare har då CAMvent importerat hela geometriunderlaget från CADvent. Allt rektangulärt kanalmaterial och alla specialkanaldelar produceras på detta sätt. Verkstaden kan då ofta välja att producera direkt eller planera in produktionen längre fram i tiden, innan montage, med syfte att få ett jämnt produktionsflöde.
- Inkomna fakturor stäms inte av annat än om komponenter skulle saknas på byggplatsen. Normalt är det idag frågan om pappersfakturor som scannas in vilket innebär flera tusen fakturor i ett projekt av UMAS storlek till en kostnad av ca 200:- per styck. Vad gäller leveranser av allt runt kanalmaterial från strategiska leverantören Lindab planeras för övergång till ett helt elektroniskt inköpssystem.
- Tidsplaneringen görs idag för hand.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Sydtotal har samordningsansvaret för allt installationsarbete på byggarbetsplatsen och har rör, el, vs, kyla och styr som underentreprenader.
- Sydtotal arbetar med öppna delar av CAMvent gentemot beställare och sina partneringmedarbetare. Det gäller projektekonomin, beställningar och avvikelserapporter.
- En projektplats används för alla bygghandlingar.
- Injustering av ventilationsflödet sker iterativt på det traditionella sättet genom mätning och justering på plats tills åsatt värde erhålles.
- Camvent spelar en viktig roll vad gäller den ekonomiska uppföljningen under montaget gång. Här jämförs kalkylens delposter från offertframtagningen med de facto förbrukade komponenter och tidsåtgång genom ett resulterande utfall.

Förvaltning:

- Drift och underhållsplan tas fram med hjälp av byggbeskrivning och CAMvent.

8.1.10 Uppskattad effektivisering med Sydtotal konceptet gentemot ett traditionellt byggande

”Om alla gjorde som Sydtotal skulle Regionfastigheter spara stora pengar” säger Per Erlandsson på Regionfastigheter. Uppskattningsvis sparar Sydtotal totalt per år 3 – 4 montörstjänster på att utnyttja CAMvent på det sätt som beskrivits gentemot att använda sig av en traditionell arbetsmetodik. Det innebär i korthet, som tidigare beskrivits, att allt material är på plats när montaget påbörjas, detaljerade tredimensionella montagevyer finns tillgängliga på montageplatsen, direkt ekonomisk projektuppföljning i realtid finns tillgång till hela tiden etc. Detta i ett företag med ca 240 anställda varav ca 120 montörer.

Sett ur ett ekonomiskt perspektiv gör en ventilationsentreprenör, som använder sig av ett liknande koncept med integrerad informationshantering som Sydtotal gör, en besparing i form av en resultatförbättring på 3 procentenheter. Detta i en bransch med resultat på i medeltal 0-5 procent. Det innebär en resultatförbättring på omkring 50 procent säger Björn Broberg, Lindab. Bara användningen av de tredimensionella ritningarna vid montaget uppskattas minska montage tiden med ca 30 procent.

I dagens traditionella ventilationsmontage uppskattas ca halva arbetstiden gå åt till att leta reda på delar som ska monteras och att inhandla komponenter till

byggarbetsplatsen. Bara ca 10 procent av arbetstiden går åt till att montera själva komponenterna i det traditionella byggandet.

I det studerade UMAS-bygget är ventilationsentreprenaden så stor och komplex att möjligheten att överhuvudtaget kunna åta sig en dylik entreprenad på det traditionella sättet starkt ifrågasätts av Sydtotal själv. Detta trots att själva montageiderna i sig däremot är betydligt längre idag gentemot hur de var för något decennium sedan. *Äldre montörer monterar betydligt snabbare än yngre, ca 50-75 procent snabbare. Orsaken är dålig arbetsdisciplin* säger Erling Pålsson, Sydtotal.

8.1.11 Framtida utvecklingsarbete

En framtida utveckling av CAMvent kan vara att i produktionsskedet ytterligare förbättra direkt åtkomst till statusinformation om olika komponenter. Genom ett enkelt musklick på respektive komponent i 3D-modellen skulle man då kunna få reda på om den är beställd, inköpt, levererad eller monterad. Informationen finns idag i CAMvent men är inte åtkomlig på detta sätt. Denna utveckling är inplanerad hos Sydtotal.

En annan möjlig utveckling kan vara att de tredimensionella montagevyerna ersätts eller kompletteras med små laptops där montörerna själva vänder och vrider på installationsmodellen för att möjliggöra bättre förståelse för montaget. De skulle då använda den delmodell som de ska montera och ett modellintegrerande programvara typ Navis Works. Eventuellt kommer försöksverksamhet startas på Sydtotal.

Laserpunkter uttagna ur bygginformationsmodellen kopplade till GPS-signaler kan underlätta montaget genom att direkt ange de punkter på exempelvis en vägg där rörsvep ska borraras fast. Ett sådant utvecklingsarbete pågår på Lindab.

Hade man använt IFC-formatet istället för dwg-formatet för håltagningsarbetet så hade man kunnat uppnå vissa fördelar typ att geometrikoordineringen hade blivit enklare att utföra, mängdberäkning hade kunnat utföras, kalkyler hade kunnat utföras. Detta eftersom artikelkoderna hade kunnat överföras säger Björn Broberg, Lindab.

I en korridor på ett kontorshus finns i taket idag sprinklerrör, tappvattenrör, värmerör, ventilationskanaler och elkablar och eventuellt dessutom styr-el. Idag fästs dessa olika installationer in separat i taket var och en för sig. ”Mycket effektivare hade varit om man lagt dit en gemensam ankarskena, eventuellt ingjuten i taket som prefab där allt hängdes upp. Det hade också varit bra med tanke på kommande ändringsarbeten” säger Björn Broberg, Lindab.

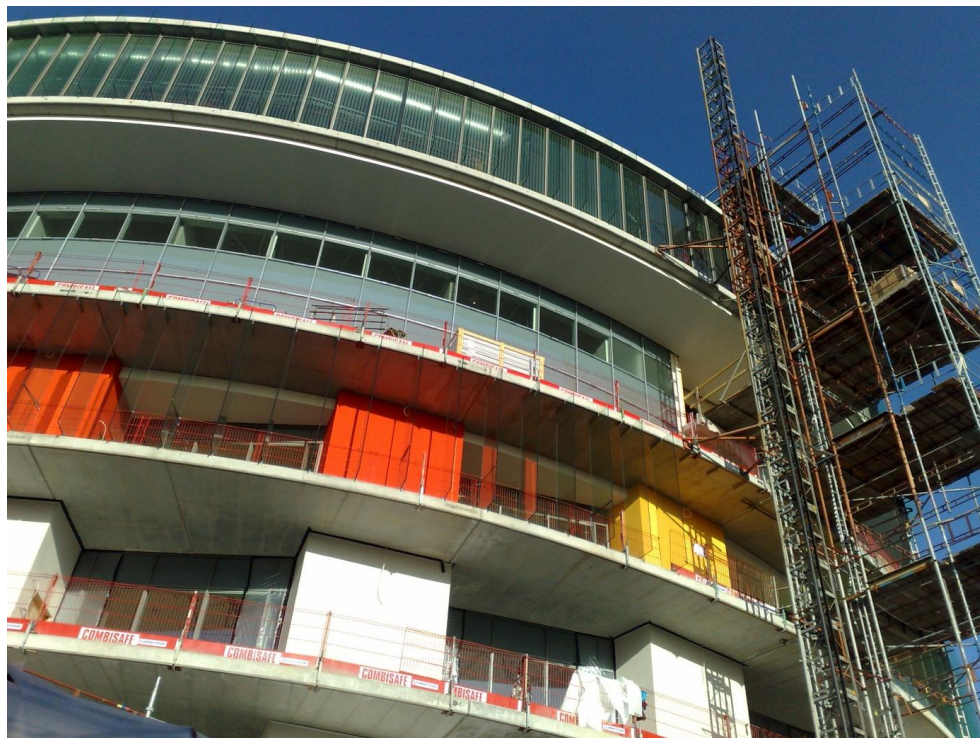
8.1.12 Diskussion och sammanfattning

Av någon anledning används inte de injusteringsberäkningar som CADvent räknat fram i UMAS-projektet. Man använde i stället den traditionella metoden att iterativt mäta och justera luftflödet i efterhand vilket är en tålamodsprövande process. Hade man använt sig av de färdigberäknade injusteringsvärdena och åsatt dem alla don hade det räckt med en enkel efterkontroll. Möjligen skulle man då kunna få problem med vissa specialprodukter typ batterier som specialkonfigureras till varje projekt och därmed inte har alla data med sig. Möjligen skulle också alla revideringar i detta projekt kunna ställa till det med injusteringsberäkningarna. Men sannolikt hade detta sättet varit en klart effektivare metod att få systemet injusterat på.

MagiCAD riktar sig helt och hållet till konsulter som ska göra ritningar i projekteringsfasen av ett byggprojekt och då behöver man inte ha ett program som hanterar hundra procent riktiga produkter utan kan använda icke-verkliga designprodukter. I detta fall är problemet med integrationen att två olika delvis inkompatibla program, MagiCAD och CADvent, inte helt kan samköra objektdata och att egentligen bara det ena hade behövts.

En ny trend verkar vara att leverantörerna integrerar sig framåt i processen och in i kundens, dvs. entreprenörens process och tar en större del av kakan. Lindab går från att sälja produkter till att supporta, ta ett större ansvar och sälja hela lösningar mycket mer idag. Detta gör man av konkurrensskäl dvs. man har så mycket mer att erbjuda än att bara leverera komponenter varför man måste erbjuda kunderna detta – det ger ett mervärde för kunden. Men man betraktar sig inte som en systemleverantör än. Man ser sig fortfarande mer som en komponentleverantör. Man vill inte ta kundernas jobb och projekterar därför aldrig jobb åt kunder utan hänvisar då till lämpliga projektörer.

Kollisionskontroller via Navis Works har använts flitigt i UMAS-projektet. Regionservice har styrt regelbundna samordningsmöten med kollisionsanalyser varvid ca 1000 kollisionspunkter hittats. Kollisioner som till stor del vid traditionell projektering skulle uppdagas först vid montaget. Man spar många pengar och mycket pengar på att uppdaga felen i ett tidigt skede i st.f. i sent skede. Överhuvudtaget verkar just kollisionskontroller mellan framförallt olika installationer vara det som sätter fart på BIM-utvecklingen och samordningen i stort av informationshanteringen kring ett byggprojekt, åtminstone lite större byggprojekt.



Figur 8.8: UMAS byggnationen.

Med tanke på de problem som finns med de neutrala formaten för närvarande kan en utveckling framöver vara den som Regionfastigheter är inne på nämligen att använda sig av en beprövad plattform typ Autodesk. Flera aktörer använder programvaror från denna plattform som då normalt fungerar fullt ut vid samkörning av data, exempelvis vid samgranskningsmöten. Eftersom ett antal andra programvaror utvecklat API-kopplingar till Autodesk-plattformen får man en fungerande integrerad informationsteknisk plattform utan att pådyvla aktörerna en viss programvara, åtminstone inte en programvara som tillhör någon av dessa två nämnda kategorier. Vad gäller risken för monopolställning tror Regionfastigheter inte den är stor eftersom hela tiden nya programvaruutvecklare dyker upp med sina specialprogram som ofta är väldigt kompetenta. Allmänt sett har Regionfastigheter som målsättning en obruten informationskedja där informationen vid varje överföring överförs automatiskt utan handpåläggning för att undvika felaktigheter.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Sydtotalstudien visar hur viktigt det är att produktion och produktbestämning inte arbetar separerat utan integreras mer för att dra nytta av varandras arbete. Framför allt noteras vilken stor effektivitetsvinst och potential inför framtiden det innebär att använda 3D-modellen för ”styckningen” och montering av ventilationsentreprenaden på plats. Produktbestämningens behov av input från produktionen ligger främst på det erfarenhetsmässiga planet genom att ta fram ett erfarenhetsåterföringssystem som kan bygga in dessa erfarenheter i produktbestämningssystemen.

Bristen på kompatibilitet mellan olika programvaror är ett stort problem i byggsektorn vilket också noteras i Sydtotalstudien. S.k. BIM-applikationer kunde inte samverka om inlagd information utan hela modellen fick transformeras och göras om vilket är anmärkningsvärt!

Starka beställare i kombination med samverkande projektteam av olika byggaktörer kan gemensamt genom en informationsteknisk plattform och genom samverkansbefrämjande entreprenadformer av funktionsentreprenadkaraktär åstadkomma stora effektivitetsvinster inom byggandet. Detta kan vi också se av Sydtotalstudien.



Figur 8.9: UMAS byggnationen (Jørgen True samt Arkitektfirmaet C. F. Møller, 2010).

8.2 Analys av modellkapitlet

8.2.1 Intervjuer

I nedanstående analys av modellkapitlet har intervjuer gjorts med ett antal framstående personer inom den svenska byggbranschen som på något sätt utmärkt sig genom att vara engagerade i ett eller flera av de delområden som Modeluppbyggnadskapitlet tar upp. Sammanlagt har nio intervjuer ägt rum med följande personer/företag:

- BIM-konsult: CAD- och BIM-konsult med arkitektbakgrund
- Programvaruleverantör: programvarustrateg från en större internationell programvaruleverantör med klart uttalad BIM-profil
- Systemleverantör: leverantör av stomsystem från nyuppförd modern fabrik
- IT-strateg: IT-ansvarig hos en större svensk konsultfirma inom samhällsbyggnadsområdet
- CAD-strateg: CAD/IT-ansvarig hos ett större svenskt fastighetsförvaltningsbolag
- Industrialiserad byggare 1: IT- och processutvecklare hos stor svensk byggentreprenör
- Industrialiserad byggare 2: affärsansvarig hos mellanstor svensk byggentreprenör med Lean-profil
- Industriell byggare: koncept- och processutvecklare hos stor svensk byggentreprenörs utveckling av industriellt byggande
- Industrialiserad VVS-entreprenör: ansvarig för en stor utvecklad ventilationsentreprenör med helhetsåtagande profil.

8.2.2 Synpunkter på hypotes 1

Om ineffektiviteten och därmed den låga produktivitetsutvecklingen är det övergripande huvudproblemet i byggprocessen så är den fragmenterade byggprocessen den underliggande orsaken till ineffektiviteten. Minskad fragmentering gynnar utveckling av samverkande processer för att integrera produktbestämning, produktion och förvaltning. Speciellt kommer en utveckling av partnering, industriellt/industrialiserat byggande och en integrerad informationshantering att gynnas. Orsaken till fragmenteringen är byggherrarnas kortsiktiga projektfokus, avsaknaden av långsiktiga samarbetsformer och incitament för kostnadseffektivisering m.m.

Sju av de intervjuade (Industriell byggare, Industrialiserad byggare 1, Industrialiserad byggare 2, Systemleverantör, Programvaruleverantör, BIM-konsult, IT-strateg) håller rakt av med hypotesen om att den fragmenterade

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

byggprocessen är huvudproblemet i dagens byggande med effekter som de beskrivna i hypotesen ovan. Övriga svävar lite på målet och kompletterar bilden men ingen motsäger hypotesen.

Flera förslag på komplettering av hypotesen framkommer där fragmenteringen är starkt bidragande nämligen:

- den långsamma IT utvecklingen inom byggandet
- den låga mekaniseringsgraden inom byggandet
- ständigt nya arbetslagskonstellationer från byggprojekt till byggprojekt
- avsaknaden av logistiskt tänkande i byggbranschen
- det ineffektiva letandet efter debiterbara felaktigheter bland handlingar
- den höga nivån ofullständigheter och felaktigheter i projekteringen
- den höga nivån felaktigheter i byggandet
- den höga andelen spräckta byggprojektbudgetar
- avsaknaden av en gemensam slutkund att arbeta mot
- den ostrukturerade ”sörjan” av dokument och filer i dagens byggprojekt.

Ett par intervjuade personer (Industriell byggare, Industrialiserad byggare 1) håller med om hypotesens skrivning men vill i sammanhanget nyansera skrivningen och menar att fragmenteringen är förståelig om alls icke önskvärd med tanke på den hantverksmässiga struktur byggandet haft och till stor del fortfarande har. Detta medför att ”var och en sköter sig själv” och att produktutvecklingen/anpassningen sker i skarpt läge i projekten. Från en platslednings sida är det då praktiskt hanterbart att efterhand stämma av olika delmål under projektets gång så att man kan gå vidare. P.g.a. byggandets komplexa och oförutsägbara natur är riskbedömningar besvärande. För säkerhets skull väljer man då gamla beprövade lösningar och behåller en gammal processtruktur. Regelverken är också i allmänhet anpassade till en fragmenterad process och förutsätter delleveranser av de olika aktörerna utan kopplingar till övriga informationsleveranser.

Men fragmenteringen har också en annan ofta allvarligare sida enligt flera intervjuade. Att stämma av delmål är i sig både förståeligt och kan också vara klokt men när det gäller vad man stämmer av och huruvida dessa delmål stämmer överens med de övergripande målen för projektet och kundens/byggherrens önskemål så kan vi se stora avigsidor med fragmenteringen. I många byggprojekt ser vi då hur olika aktörer utan samverkan med andra aktörer driver sina egna intressen utan att ha den gemensamma målsättningen om en nöjd slutkund i fokus.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Denna typ av suboptimering drivs i många projekt så utstuderat och utvecklat att själva affärsmodellen för en del aktörer inom entreprenadsidan är att hitta fel i bygghandlingarna och därmed tjäna pengar på projektet. Entreprenadformen kan här direkt bidra till och gynna utvecklingen av dessa arbetsformer. Gäller det en projektör kan motsvarande affärsmodell vara att lägga underbud för att ”få jobbet” och sedan på olika sätt se till att hitta många tilläggsbeställningar så att projektet i sin helhet går ihop.

Dessa och andra osäkerheter och avigsidor i byggprocessen gör att man i beräkningarna kalkylerar med en faktisk risk att saker och ting ska gå fel. Följden blir att man inte vågar utveckla sig och hitta nya lösningar utan fortsätter använda gamla beprövade lösningar i stället för att prova nya vilket naturligtvis starkt bidrar till en kultur i branschen där man stämplas som förändringsobenägen med en ovilja att ta till sig forskningsresultat. En annan risk, enligt Systemleverantören, är att de olika parterna är osäkra och lägger för säkerhets skull ut överinformation exempelvis vid upphandlingar. Följden blir att motparten inte klarar av att ta sig igenom all information utan komplicerar och villkorar sina anbud på leveranser och entreprenader. Följden blir på samma sätt att projektplatser överhoppas med delvis irrelevant information som inte alls gynnar ett effektivt samarbetsklimat.

De intervjuade håller med om att om man med utgångspunkt från de båda definitionerna av industriellt och industrialiserat byggande och deras egenskaper som förutsättning för ett effektivare byggande, så kommer just fragmenteringen att vara den orsak som omöjliggör en utveckling av i stort sett alla de åtta egenskaperna mot ett industriellt eller industrialiserat byggande som tagits fram.

Från en entreprenör (Industrialiserad byggare 2) med 15 års erfarenhet av utvecklat partneringsamarbete lämnas också svidande kritik mot många av dagens partneringsarbeten där oftast enbart huvudentreprenören och byggherren sluter sig samman i ett partneringsamarbete. Dessa försök att bryta fragmenteringen kan få motsatt effekt och ökar fragmenteringen i stället gentemot de övriga byggaktörerna menar entreprenören. En av de största bristerna i dagens byggande är den brist på kontakt vi har mellan produktion och projektering i alla utförandeentreprenader. I stället bör alltid partneringformen väljas med omsorg och strategiska underentreprenörer och leverantörer ingå i partneringsarbetet med byggherren för att åstadkomma en verklig och varaktig effekt, enligt Industrialiserad byggare 2.

En annan entreprenör (Industrialiserad VVS-entreprenör) pekar på den konservativa grundsynen som huvudorsaken till alla problem i byggsektorn.

Andra (CAD-strateg, Systemleverantör, Industrialiserad byggare 2, Industrialiserad VVS-entreprenör) ser upphandlingsformerna i form av alla generalentreprenader som starkt bidragande orsak till att det inte samarbetas mer inom byggsektorn.

8.2.3 Synpunkter på hypotes 2

Vi ser två utvecklingstendenser i effektiviseringen av byggandet – industriellt och industrialiserat byggande:

- *Ett industriellt byggande med konfigurerbara och högt standardiserade huskonceptlösningar med begränsade anpassnings- och variationsmöjligheter på en begränsad marknad. Det industriella byggandet kan ses som ett process- och produktorienterat, centralstyrt husfabriksbyggande företrädesvis inomhus och med montage på byggplatsen.*
- *Ett industrialiserat byggande utvecklar det traditionella projektorienterade byggandet i alla dess former genom de utvecklade bygganpassade tankegångar och utvecklingsprojekt som idag främst ryms inom samlingsbegreppet Lean Construction. Det rör sig om ett decentraliserat och industrialiserat enstycks byggande med såväl systemleveranser som platsbyggnation.*

Alla intervjuade som vill uttrycka en mening om hypotesens definition håller med om definitionen och dess skrivning från ett allmänt ”gör begreppsförvirringen klarare” till ”jättebra beskrivet”. Flera intervjuade uttrycker att det råder en klar begreppsförvirring idag kring de båda begreppen och att definitionerna är ”klargörande” (IT-strateg).

En entreprenör (Industrialiserad byggare 2) menar att problemet med flera av de industriella försök som gjorts hittills är att konsulterna inte är tillräckligt insatta i produktionens villkor vilket krävs nu när alla ska ta ansvar för och samverka mot gemensamma mål.

En av de intervjuade (Industrialiserad byggare 1) gjorde en liknelse med datorindustrin. Man kan då se det industriella byggandet som Apple datorer medan det industrialiserade byggandet motsvaras av PC datorer. Apple säljer själv sina datorer och vet precis hur datorn är konfigurerad och uppför sig. Apple styr också programutvecklarna hårt så att allt kommer att fungera. Resultatet är en mycket användarvänlig dator. Microsofts PC datorer vänder sig till alla och envar. Man släpper in ”allt” i datorn vilket innebär en otrolig flexibilitet och väldigt många

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

valmöjligheter. Det innebär då också att man får stå ut med lite buggar och problem. Man får då en mycket öppnare och mindre styrd leverantörsmarknad inom PC-plattformen. Utvecklingspotentialen på sikt torde vara större i ett Microsoft-system. Motsvarande är användningsmöjligheterna något begränsade i en Apple-dator.

En ytterligare kommentar kring definitionerna var att om 10 år så kanske vi inte pratar om de här båda begreppen, industriellt respektive industrialiserat byggande, men utvecklingen kommer ändå gå åt det här hållet och utveckla byggbranschen (IT-strateg). En av de intervjuade (Industrialiserad byggare 2) och det företag han representerar använder inte begreppen dagligdags men ser inget problem med att göra det och anser sig ha hållit på med det industrialiserade byggandet i 15 års tid. Ytterligare en kommentar (IT-strateg) är att även om vi ser många goda exempel på en utveckling i rätt riktning i byggbranschen idag så kommer det med nödvändighet ta lång tid att ändra denna stora bransch.

Även industrialiseringen under miljonprogrammets dagar tog slut men det kom flera goda tankar ut ur det och det är till viss del dessa tankar som idag återuppstått enligt en av de intervjuade (IT-strateg). Det ingår många olika saker i dessa två begrepp och utvecklingen inom något eller några delområden kanske ”drar iväg” åt ett annat håll än man tror sig veta idag. Ingen av de intervjuade ser begreppen eller i varje fall deras innehåll som tillfälliga trender utan som pågående utvecklingstrender som faktiskt är på gång, om än i något långsam takt, som kommer att utveckla byggbranschen i rätt riktning.

En av de intervjuade (Industriell byggare) uttryckte att det industrialiserade byggandet är klart svårare att organisera och utveckla än det industriella byggandet. Problemet idag med det industriella byggandet är att man har svårt att sälja in konceptet hos fastighetsbolagen pga. konceptbyggenas förhållandevis begränsade variationsmöjligheter. Dock har svenskt industriellt byggande flera fördelar gentemot övriga länder i Skandinavien, England, Tyskland, Centraleuropa m.fl. länder i form av:

- En förhållandevis mindre strikt hållen samhällelig bygglagstiftning
- Förhållandevis starka stadsarkitekter
- En allmänt sett väl fungerande byråkrati
- En mindre stark fristående arkitektroll.

Nackdelar med det svenska byggandet allmänt sett är, uttryckte ett par av de intervjuade (Industriell byggare, Systemleverantör), att vi tidigare i processen

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

måste låsa oss till en viss leverantör eftersom slutkomponenterna ofta är leverantörsberoende. I Sverige har Stomsystem sitt eget system för betongprefab, A-betong ett annat och Strängbetong ett tredje vilket man måste låsa sig till i ett förhållandevis tidigt skede av byggprocessen. Så är det exempelvis inte i Finland där det finns en standard för hur gränssnitt ska se ut mellan olika komponenter vilket innebär att man kan projektera fram och utveckla produkten i Finland ganska långt innan leverantör bestämts och på det viset möjligen få en bättre konkurrensutsatt upphandling.

Fördelen med det svenska ”oreglerade” systemet enligt Industriell byggare är att leverantörerna äger en större del av processen vilket också utvecklat vissa delar av byggandet som stödjer den svenska modellen exempelvis inom CAD/CAM-området. De svenska leverantörerna tjänar då också mer på att effektivisera hela hanteringen av sina komponenter och därför har vi leverantörer som integrerar sig fram i byggprocessen och sköter även montaget eller som gör helhetsåtaganden, typ Llentabhallen. Man har då fördelen av att vara en stark aktör som kan styra och optimera hela processen för sin produkt vilket också kan vara klart positivt för beställaren.

En intervjuad (Industrialiserad byggare 2) menar att vi inte bestämmer oss tillräckligt tidigt i byggprocessen i Sverige, vilket är ett stort problem. Genom att samla ihop ständigt nya konstellationer, genom att inte ta med entreprenörer eller leverantörer i produktbestämningen, genom att inte i tillräcklig omfattning ha en idé kring projektet och göra materialval m.m. och genom att inte tidsmässigt möjliggöra en fullödig produktbestämning så får vi en ofullständig produktbestämning. Redan idag kan vi se hur överföringen av denna processtyp till ett nytt BIM-tänkande också där resulterar i felaktigheter i modellen. BIM-stämpeln utgör ingen garant för ett effektivt byggande. BIM-metodiken supportar och förutsätter en viss byggprocess. Entreprenadformen är avgörande för hur dessa samverkansformer kan supportas.

Allmänt sett håller flera intervjuade med om den s.k. utvecklingsspiralen i samhället dvs. det förhållande att vi har gått från en hantverksproduktion till en massproduktion á la Henry Ford och nu en allt effektivare produktion med hjälp av olika effektivitetshöjande åtgärder. Nu har vi snart gått varvet runt och håller på att återgå till en industriellt utvecklad produkt anpassad till en individuell utformning, dvs. tillbaka till en specialanpassad industriellt framställd ”hantverksprodukt”.

Även om inte byggbranschen brukar ligga i framkant i den samhällliga utvecklingen så kan vi möjligen se en utveckling i framtiden att det industriella

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

byggandet utvecklas till att ha full kontroll på sitt system och då kan tillåtas variera och anpassa sin slutprodukt huset mer och mer. För det industrialiserade projektartade byggandet är kundanpassningen inte det stora problemet utan snarare att man ännu inte nått upp till en speciellt högt utvecklad produktions- och processteknisk nivå.

Flera intervjuade (Systemleverantör, Industrialiserad byggare 2) gissar att det industriella flerfamiljshusbyggandet möjligen på lite sikt kommer att kunna ta en begränsad marknadsandel i Sverige på uppskattningsvis 10 procent av bostadsproduktionen av flerfamiljshus. Annorlunda uttryckt kan man säga att ett par av de svenska industriella konceptaktörerna har som målsättning att på några års sikt producera bortåt 1000 lägenheter per år och aktör. Men trots denna relativt blygsamma andel av det totala byggandet så kommer utvecklingen av det industriella konceptet sannolikt att få spin-off effekter inom det traditionella byggandet i form av utvecklade nya systemprodukter. Här har exempelvis pågått en utveckling i kölvattnet av NCC Komplet-projektets nedläggning.

Sålunda pågår ett arbete med att försöka knyta ihop ett svenskt industriellt byggande-koncepts utvecklade betongelementsystem så att det kan passa in i produktionslinan på en modern betongelementfabrik enligt en intervjuad (Systemleverantör). Detta kan annars vara akilleshälen för ett industriellt byggandekoncept dvs. att man inte kan tillverka de ofta specialanpassade produkterna på ett effektivt sätt i en traditionell produktionsmiljö. I det aktuella fallet så har det utvecklats så att de specialutvecklade betongbjälklagen för industriellt byggandekonceptet för tillfället inte tillverkas på den tilltänkta moderna betongelementfabriken utan får tillverkas av konceptägaren själv i egna lokaler på ett betydligt mer hantverksmässigt sätt i små serier och säkerligen också till en betydligt högre kostnad.

Orsaken är att betongelementfabriken inte kan/vågar låsa upp utrustning och utrymme i fabriken till denna speciella produktion som inte produktionsmässigt kan garanteras vara tillräckligt stor och kontinuerligt jämn för att kunna bli lönsam för fabriken. Produktionskostnaden i fabriken skulle således bli för hög beroende på att serieeffekten vid tillverkningen inte kan utnyttjas pga för små serier vilket är förödande för all fabriksproduktion. Vad man nu försöker utveckla från betongelementfabrikens sida är produkter som inte är så nischade som nämnda bjälklag. De ska kunna ingå i fabriken produktionsystem men *samtidigt* ingå i industriellt byggandekonceptets tekniska plattform.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

En tänkt kommande utveckling av systemleveranserna i framtiden kan enligt Systemleverantören vara IKEA-modellen vilket skulle innebära att systemleveranserna blir enklare att montera vid montage. Genom utvecklade arbetsinstruktioner och logistik (typ platta paket) behövs ingen specialiserad montagepersonal.

Byggbranschens toppar och dalar fungerar inte tillsammans med systemleverantörernas krav på jämn orderbeläggning i fabriken om man har för små och nischade serier enligt en intervjuad (Systemleverantör). Flera entreprenörsdrivna systemleveransprojekt på senare tid har inneburit effektivitetsvinster på byggarbetsplatsen men samma effektivitet har inte nåtts vid tillverkningen utan snarare tvärtom! Byggindustrin har dessutom varit ett område där olika politiska utspel många gånger förändrat förutsättningarna för ett långsiktigt utvecklingsarbete hos byggbranschens aktörer.

Ovan nämnda Betongelementfabrik är inte vilken fabrik som helst utan en av Europas modernaste fabriker med en uttalad policy att kunna tillfredsställa de mest skilda kunder med olika krav i en ytterst flexibel produktionsmiljö. Äldre betongelementfabriker försöker alltid få så stora order element av samma sort som möjligt för att underlätta produktionen och undvika tidskrävande omställningsarbete. För en modern betongelementfabrik är detta mindre viktigt – man kan lika gärna göra alla element relativt olika och kundanpassade eftersom robotsystemet effektivt ändå både rensar gjutbord och sätter upp för en ny gjutning direkt efter föregående gjutning. Däremot är volymeffekten avgörande dvs. vikten av att man på en specialprodukt som dessa bjälklag får en tillräckligt stor order och beläggning eftersom fabriken uttalade flexibilitet här nått en gräns varvid en produktion låser upp en lina i fabriken och därmed blir olönsam vid icke-full beläggning. En produktionstakt av bortåt 1000 lägenheter per år anses därvid vara för liten för att få lönsamhet i en modern betongelementfabrik (Systemleverantör). Just 1000 lägenheter per år har angetts av flera industriella aktörer som en målsättning för deras framtida utvecklade industriella byggkoncept.

Ett par intervjuade (Systemleverantör, Industrialiserad byggare 2) påpekar att det är lätt att glömma byggmaterialindustrin när man pratar om industrialisering av byggsektorn. Här kan det se väldigt olika ut. Från vissa leverantörer med mer eller mindre hantverksmässig produktion till det stora flertalet med avancerad produktionsteknisk utrustning och Lean production-processtänkande sedan många år tillbaka. Det är de senare leverantörerna som man kan se nu integrerar sig fram i processen och tar ett större helhetsåtagande i form av en utvecklad systemleverans.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

En systemleverans som dock ter sig olika för det industriella byggandet jämfört med det industrialiserade byggandet.

Ingen av de intervjuade anser Lean-tankegångarna vara en dagslända och de ser dem som ett led i utvecklingen av byggbranschen. Flera intervjuade använder inte begreppet alls men medger att de arbetar med likartade tankegångar ändå för att ytterligare effektivisera byggandet medan en annan intervjuad (Industrialiserad byggare 2) utvecklat sitt företag i linje med dessa tankegångar i 15 år. Ytterligare en annan intervjuad (IT-strateg) menar allmänt sett att det är bra att sätta samman olika tankegångar som leder utvecklingen åt ett visst håll under ett gemensamt begrepp. Ibland kan gamla begrepp som man tjatat om länge bli slitna varför ett nytt begrepp kan verka fräsch och forcera utvecklingen. Jämför användningen av Produktmodell/BIM-modellbegreppen eller ADB/IT/ICT-begreppen.

Modellkapitlets distinktion mellan Lean Production och Lean Construction är för snäv tycker en av de intervjuade (Industrialiserad byggare 2) och menar att man mycket väl kan utgå från de grundläggande tankegångarna bakom Lean Production dvs. de grundläggande idéerna om att hitta de värdeskapande aktiviteterna och därefter hitta spiraler av ständig utveckling. Genom att undvika att kopiera de tillämpade Lean Production exemplen från den produktspecifika tillverkningsindustrin på den komplexa projektlika byggindustrin kan man därmed nå framgång.

En intervjuad (Industrialiserad byggare 1) tar upp tråden om den komplexa byggsektorn och menar att denna stora samhällssektor trots allt till stora delar fortfarande är en "low-tech" bransch. Analogin är då att nästan vem som helst kan starta en fabrik för tillverkning och försäljning av flera sorters byggmaterial men långtifrån alla kan starta fabrik för tillverkning av en ny mobiltelefon. Det kan då vara svårt att hitta ett standardiserat sätt att bygga på eftersom det finns ett så stort utbud av olika byggmaterial och byggsystem. Komplexiteten består också i att så många olika aktörer är verksamma i denna stora samhälleliga byggsektor.

Apropå produktutvecklingen i byggsektorn, som traditionellt sett till stor del ligger i de enskilda byggprojekten, så menar en av de intervjuade (Industriell byggare) att om man i de båda typerna av industriellt och industrialiserat byggande försöker bryta ut åtminstone delar av produktutvecklingsprocessen antingen som en helhetslösning för det industriella byggandet eller som olika dellösningar eller systemprodukter för det industrialiserade byggandet så finns idag inga utvecklade tankegångar i dessa banor inom utvecklade Lean-projekt. Därför är behovet stort att utveckla och förtydliga olika tankegångar från såväl Lean Production, Lean

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Construction, industriellt byggande, industrialiserat byggande, olika samverkansformer och olika principer för en effektiv informationshantering. Här har vi kärnan i utvecklingen av framtidens byggande.

Beträffande orsaken till utvecklingen av det industrialiserade byggandet ser en aktör (IT-strateg) ytterligare en orsak i form av den bristande erfarenhetsåterföring byggsektorn traditionellt haft vilket resulterat i att man gång på gång gör om samma typ av fel. Standardiserade systemprodukter har här möjlighet att vinna terräng eftersom man där har standardiserat och i förväg tänkt igenom även montaget. Husfabrikerna kan likt övrig tillverkningsindustrin lättare ständigt förbättra processen genom sin serieproduktion där de ständigt upprepar standardiserade arbetsmoment och processer. Annars är just problemet i den traditionella byggsektorn att byggjobbarna för lite gör ett repetitivt och standardiserat arbete eftersom det kanske dröjer ett år till nästa gång innan man sätter upp en likartad specialkonstruktion som man precis monterat.

Denna repetitionseffekt anses av ett par intervjuade (Industriell byggare, Industrialiserad byggare 2) vara huvudorsaken till att inte det industriella byggandet på sikt kan frångå att ha väldigt få standardiserade komponentvarianter i sitt byggsystem. Montören måste kunna känna igen sig, det ska inte vara nytt varje gång om man ska kunna utnyttja ett industriellt tänkande och få ner ledtider, öka effektiviseringen m.m. Man måste tänka annorlunda än fallet är med alla icke-värdeskapande aktiviteter inom det traditionella byggandet. Genom att utveckla en arbetsmetodik där man får en serieeffekt genom att upprepa olika arbetsmoment får man effektivitet i produktionen.

Frågan om ett utvecklat industriellt konceptbyggande inverkar menligt och begränsande på antalet variationsmöjligheter i utformningen av huset får både ett jakande och nekande svar från de intervjuade. Mycket av den standardisering som krävs i ett industriellt byggande eller ett industrialiserat byggande är ”inbyggd” i huset och syns inte utanpå av den boende. Vi har exempelvis sedan länge standarder på c/c avstånd mellan reglar i en trästomme eller på tjocklek av betongbjälklag och betongväggar med hänsyn tagen till ljudutbredning. Dock menar några intervjuade att exempelvis en begränsning av antalet fönsteralternativ till ett tiotal varianter klart begränsar uttrycksmöjligheterna men inte nödvändigtvis möjligheten att sälja in konceptet hos en tilltänkt boende. Populära kundanpassningar i form av tapetval, köks- och badrumsinredning, flytt av ickebärande innerväggar m.m. kan dock i fler fall omöjliggöras i ett begränsat snävt industriellt konceptbyggande vilket är en bidragande orsak till att dessa hus främst vänder sig till den inte normalt så kundanpassade kommunala hyreshusmarknaden.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Flera intervjuade ser minskningen av antalet valmöjligheter för slutkunden också som en effekt av valet av strategiska systemleverantörer och andra samarbetspartners och en utvecklad teknisk plattform och menar att denna utveckling är viktig också för utvecklingen av det industrialiserade byggandet. Men man bör absolut inte gå så långt som i konceptbyggandet eftersom valmöjligheterna måste finnas kvar för anpassning till platsen, arkitekt-design anpassning och anpassning till ett enstycksbyggande. Vi kan inte pga. komplexiteten och variabilitetskraven inom det industrialiserade byggandet ha en produktutveckling likt tillverkningsindustrin för hela konceptet utan vi låter produktutvecklingen ske till stor del hos leverantörerna av enbart systemprodukterna så att de sedan kan anpassas/konfigureras till det enskilda projektet. I det utvecklade industriella byggandet däremot kan man testa och genomlys sitt konceptus i detalj och ev. bygga hela prototypus och på det sättet få hela produktutvecklingen skild från det enskilda byggprojektet enligt den Industrielle byggaren.

En av de intervjuade (Industrialiserad byggare 2) byggarna har tagit fram typlösningar för olika ventilationssystem man använder sig av, däremot har man ingen begränsning i antalet fönstertyper. Sannolikt kommer man utveckla flera systemlösningar i samverkan med leverantörerna i framtiden samtidigt som man ser det som ett oavvisligt krav att behålla en hög grad av flexibilitet inom flera områden varför typlösningar här kanske inte alltid fyller någon större funktion. Exempel på sådana fortsatt ”flexibla” områden är formen på huset och grundläggningen av huset i olika terrängtyper och grundläggningsförhållanden.

I ett av sina svenska industriella konceptussystem kan man leverera sex stycken olika hustyper, enligt Industriell byggare. Man kallar inte dessa typhus eftersom man trots allt har ett antal val för beställaren/slutkunden att förhålla sig till. Dessa val genererar totalt ca 26 000 olika kombinationsmöjligheter vilket kan te sig klart flexibelt. Men likt antalet kombinationer på stryktipset genererar ett fåtal valmöjligheter per rad ett stort antal totala valkombinationer för systemägaren att förhålla sig till. Motsvarande antal kombinationer för den traditionella byggindustrin är mångdubbelt större. Ett utvecklat industrialiserat byggande skulle placera sig någonstans emellan dessa båda ytterligheter genom att använda sig av standardiserade systemprodukter i stor omfattning. Genom att titta på processer, komponenter och plattformar gör den intervjuade industriella byggaren en konceptgradsberäkning där man beräknar hur nära man ligger det ursprungliga systemkonceptet. Om denna procentsiffra blir för låg eller om någon avvikelse

finns på någon av de strategiska byggdelarna så tillåter man inte att projektet byggs som ett industriellt byggande, förklarar en av de intervjuade.

8.2.4 Synpunkter på hypotes 3

Systemleveranser i form av systemprodukter till ett industrialiserat byggande och systembyggnation (huskoncept) till ett industriellt byggande med väl specificerade gränssnitt och "färdiga" projekteringsanvisningar är grunden för ett framtida byggande. Projekteringsanvisningarna ges i form av inbyggda konfiguratorer där funktionellt ställda krav genererar ett tekniskt lösningsförslag utifrån det framtagna och genomarbetade helhetskonceptet. Konfiguratorn arbetar mot en BIM-modell där den plockar och tillför information. Inom det industrialiserade byggandet måste konfiguratorn kunna anpassas till mer projektspecifika delar av engångskaraktär och inom det industriella byggandet till hela huskonceptet.

Hypotesen och dess skrivning om systemleveranser godkänns av alla intervjuade som svarat med svar allt från "den köper jag" till "en rimlig utveckling". Man menar att denna utveckling mot systemleveranser har vi sett en längre tid exempelvis i form av att prefabricerade badrum och fläktrum m.m. Efterfrågan har klart ökat på denna typ av produkter under senare år. Också fler och fler produkter som sätts ihop väderskyddat vid sidan om byggarbetsplatsen ser vi i allt större omfattning varvid en allt mindre del av byggtiden går åt till arbete på själva byggarbetsplatsen. Det innebär att byggandet redan idag i allt större omfattning får formen av ett montagebyggande med färdiga komponenter.

Ett par intervjuade sätter frågetecken kring en konfiguratorers funktionalitet och menar att här borde man vara mer nyanserad och sätta in dessa konfiguratorer i sitt sammanhang bland andra produktbestämmande applikationer. Också behovet av en konfigurator i alla situationer har ifrågasatts och man uttrycker att det i många fall kan räcka med enkla checklistor eller annan dokumentation för att avgöra vilken typ av systemleverans man bör använda sig av. I vilket fall menar man att vi inte är så långt framme idag att vi tydligt kan se en utveckling mot ett stort antal konfiguratorer som följer med olika leveranser ut på byggarbetsplatserna. Den Industrielle husbyggaren nämner i det sammanhanget att i deras koncept så krävs alltid av systemleverantören att det med leveransen ska finnas ett avancerat skräddarsytt konfigurerande informationssystem.

Att kunna förmedla informationsutbytet mellan konfiguratorn och en BIM-modell menar ett par intervjuade är en naturlig och nödvändig egenskap för en konfigurator. En intervjuad (Systemleverantör) berättar att han idag har en egen databas i fabriken IT-system och önskan är att el- och ventilationsunderlaget i systemleveransen ska infogas i denna modell. Om el- och ventilationskonsulterna

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

kunde lagt in sitt underlag direkt i fabriken databas så hade det blivit mycket smidigare. Problemet är att dessa konsulter tycker det är besvärligt att lära sig ytterligare en programvara eftersom den programvara de använder idag måste de fortsätta använda i andra liknande projekt där leverans sker från andra fabriker.

Av dessa skäl läggs informationen från konsulten in av fabriken personal och skickas tillbaka till konsulten för verifiering att rätt information är inlagd. Ett sätt att komma bort från detta dubbelarbete är att välja några av de nyckelkonsulter som är insatta i fabriken system. I många fall kan dock inte fabriken styra vem som blir konsult varför en standardisering av gränssnittet mellan de olika programvarorna förmodligen är den bästa vägen att komma förbi problemet. Slutresultatet ska ju oberoende av konfiguratoren ge samma styrfiler till robotarna, samma information till planeringssystemen, samma stycklistor till affärssystemet, samma underlag till ekonomisystemet för fakturering, samma uppbyggnad av modellen osv oberoende av vilken programvara man arbetat med. Möjligen kan också förmågan hos de olika programvarorna att anpassa sig till olika fabrikers automatiseringsnivå ställa till problem.

Användningen av ett prefabfläktrum kan innebära att man med enkla regler i form av en checklista bestämmer sig för vilket av olika förkonfigurerade fläktrum man ska välja. Bl.a. är gränssnittet mot intilliggande byggdelar viktigt att känna till. I övrigt kan man då ha lagt in i sin processtruktur en automatisering av avrop av fläktrummet till systemleverantören. Vidare följer automatiskt med information om hur fläktrummet levereras, hur man lyfter fläktrummet på plats och ansluter det till det övriga ventilationssystemet, information till affärssystemet i form av montagetider, prisinformation m.m. Även information om fläktrummet delkomponenter finns med kopplade till den 3D-modell som man ”monterar” på plats i BIM-modellen. Samma systemleverantör kan då leverera i princip samma fläktrum till olika industriella byggares olika byggsystem där bara gränssnitts Anpassningar och informationsinnehåll skiljer sig åt. Systemleverantören kan också ha samma fläktrum som en systemprodukt ute på den öppna marknaden där systemleverantören själv utvecklat gränssnitt och informationsinnehåll, enligt Industrielle byggaren. Vad gäller det nämnda förkonfigurerade prefabfläktrummet så har det som systemleverans för det industriella husbyggnadskonceptet varit ”otroligt effektiviserande och kvalitetssäkrande”, enligt den Industrielle husbyggaren.

Vad gäller öppenheten i dessa systemleveranser påpekar en entreprenör (Industrialiserad byggare 1) och tillika systemleverantör inom det industrialiserade byggandet att själva teknikinnehållet i systemleveransen är gjort med ett stort mått

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

av nytänkande och radikala lösningar och har hög grad av sekretess. Däremot är gränssnitten öppna för den färdiga systemleveransen mot övriga byggdelar. Entreprenören levererar sina systemprodukter hittills bara till sina egna egenutvecklade totalentreprenader.

En intervjuad (Programvaruleverantör) vill ha ett förtydligande vad gäller en konfiguratorns funktionalitet. Den intervjuade menar att en konfigurator är en betydligt snävare applikation än de mer öppna, flexibla och modellerande projekteringsverktygen som Revit Structures eller Tekla Structures. Strängbetong har däremot gjort en anpassning av Tekla till sin typlagerlokal så att man enkelt kan ta fram den lokalvariant man behöver – då fungerar den som en konfigurator. Troligen kommer vi se mer av lösningar där konfiguratorer kopplar upp sig mot mer generella och större projekteringsverktyg typ Tekla Structures och Revit Structures nu när fler och fler av de mer generella programvarorna för produktbestämning i byggsektorn öppnar sina API för direktkopplingar. Troligen kommer vi också se en rad nya möjligheter och tillämpningar med hjälp av denna typ av BIM-konfiguratorer.

I en konfigurator gör man i princip bara val mellan olika färdigkonfigurerade lösningar utifrån de indata man matar in för en given systemprodukt. Det innebär att en ingenjörskonsults (IT-strateg) framtagna bjälklagskonfigurator där man automatiskt genererar tillverkningsritningar, kaplistor, mängdlistor, styrfiler till tillverkning m.m. möjligen skulle kunna sägas ha utvidgad funktionalitet gentemot en ”normal” konfigurator.

Även Lindab ADT Tools har fler frihetsgrader än att bara välja bland färdiga lösningar men bör ändå liksom bjälklagskonfiguratorn kunna benämnas konfigurator i och med att den hanterar en enda systemprodukt. Möjligen kunde de benämnas BIM-konfiguratorer, menar en av de intervjuade (Industrialiserad byggare 1).

Mer generella konfiguratorer typ Tekla Structures och Revit Structures kanske bör benämnas just generella konfiguratorer. Däremot bör ett rent ”gammaldags” CAD-program typ Autocad inte benämnas konfigurator eftersom den inte genererar några lösningsförslag.

Man kan också tänka sig en utveckling av små ”konfiguratorer” för att hjälpa till med planeringen av byggplatsen och produktionsberedningen. Då får vi en utveckling av konfiguratorns begreppet som skulle kunna benämnas processkonfiguratorer, föreslår Industrialiserad byggare 1.

8.2.5 Synpunkter på hypotes 4

En integrerad informationshantering är ett grundvillkor för ett effektivt byggande. Den integrerade informationshanteringen säkerställer att rätt information finns lätt tillgänglig vid rätt tidpunkt för ett byggprojekts hela livscykel. Genom användning av ett objektsorienterat informationssystem med en grundstruktur där varje fysiskt objekt i den färdiga byggnaden motsvaras av ett motsvarande digitalt objekt i den tredimensionella virtuella modellen, kommer förutom den geometriska tredimensionella informationen även olika slags egenskaper och relationer till andra objekt att finnas med. Genom neutrala och standardiserade format och gränssnitt kommer information kunna överföras mellan olika aktörers applikationer i form av olika BIM delmodeller. En utveckling mot en totalintegrerad BIM-modell kommer huvudsakligen ske inom det industriella byggandet.

Vad gäller hypotesen så ser alla intervjuade den integrerade informationshanteringen som en nödvändig utveckling för att kunna effektivisera byggandet. Just ”rätt information lätt tillgänglig vid rätt tidpunkt” kommenterades av en intervjuad (Systemleverantör) med att ett stort problem idag är den överinformation som ofta ”för säkerhets skull” skickas ut i byggprojekt och som i många fall försenar i stället för att effektivisera byggprocessen. Ofta rör det sig dessutom om ostrukturerad information i stället för selekterad och relevant information.

Förr när en underentreprenör skulle göra exempelvis ett plåtarbete till en byggnation så skickades normalt över relevanta handlingar och ritningar som plåtverkstaden kunde bygga efter. Idag kan det vara så att underentreprenören bjuds in till en projektplats med en gigantisk samling handlingar som han inte har möjlighet eller kompetens att ta ut relevant information ur. Följden blir att underentreprenören inte läser alla handlingarna och villkorar sig för säkerhets skull. Villkor som i sin tur mycket väl kan vara felaktiga och resultera i felaktiga plåtleveranser! Informationstekniken blir då ett hinder och en riskfaktor i st.f. ett hjälpmedel.

En liknande effekt fås från projektplatser idag allmänt sett där man inte som förr samlar på sig ett antal relevanta revideringar och går ut med information vid lämplig tidpunkt. Man lägger i stället idag ofta ut varenda liten revidering separat på projektplatsen. Detta gör det orimligt jobbigt att följa och hantera, enligt en intervjuad (Systemleverantör).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Att ”varje fysiskt objekt i den färdiga byggnaden motsvaras av ett motsvarande digitalt objekt i den tredimensionella virtuella modellen” accepterades inte av alla intervjuade. Flera intervjuade (CAD-strateg, Industrialiserad byggare 1, IT-strateg) menade att i och med att de flesta aktörer idag valt att modellera på byggdelsnivå, som då är minsta objektnivå, så är skrivningen lite oprecis vad gäller detta. All relevant information ska finnas i modellen ner på detaljnivå men man måste inte nödvändigtvis ha denna information i form av separata objekt. Det skulle bli orealistiskt jobbigt att modellera allt på detaljnivå, menar flera intervjuade. Nödvändiga kopplingar exempelvis i form av automatisk mängdavgivning, produktionsplanering i 4D etc verkar fungera om man lägger ribban på byggdelsnivån genom att olika kalkylrecept med detaljerad information om respektive byggdel är inlagda.

Ett par intervjuade (CAD-strateg, Programvaruleverantör) tror dock på sikt att vi kommer att behöva ha med oss mer detaljerad geometri och att med olika bibliotekslösningar och aggregeringsnivåer för objekten kommer vi kunna hantera denna typ av objekt också. Risken för fel p.g.a. den valda detaljeringsnivån i modelleringsarbetet bedömdes av andra (bl.a. Industrialiserad byggare 1) som liten.

Teklas Structures programvaran avviker en del från andra objektsorienterade byggprogramvaror genom att man normalt modellerar från en mer detaljerad nivå än byggdelsnivå, s.k. konstruktionsobjekt. Men inte heller här går man ner på den allra minsta detaljnivån. Exempelvis är en bultgrupp ett objekt varför detaljerad visuell och annan information om de ingående delarna i bultgruppen finns lagrad i objektet men är inget eget objekt.

Tekla har sedan likt andra liknande programvaror möjlighet att skapa grupperade objektsnivåer ovanför denna minsta objektsnivå, vilket ofta kan vara lämpligt att använda sig av. Dock avviker Teklas objektsnivåer från exempelvis Revits objektsnivåer (modellgrupper) vilket därmed kan ställa till problem vid informationsutbyte dem emellan orsakat av avsaknad av standardisering inom området. Alla ansåg sig dock inte ha behov av denna objektsnivågruppering. En intervjuad (IT-strateg) såg dock en klar fördel i att likt skeppsbyggnadsindustrin arbeta med en nivågruppering av objekten i olika objektsnivåer men menar att dessa objektsnivåer kan genereras automatiskt i olika applikationer.

Behovet att ha ett standardiserat sätt att lägga in information i ett objekt kan förväntas bli stort framöver påpekar flera intervjuade. Eftersom leverantörerna sannolikt vill lägga in sin egen information i sina produkter så vore en

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

branschöverenskommelse önskvärd. Ett förslag som framfördes av flera intervjuade (CAD-strateg, Programvaruleverantör) är att som ett första steg samordna all inmatning av objekt i Autodesk-Revit plattformen. Det efterlyses också gemensamt framtagna branschspecifikationer på vilken typ av information som ska levereras till förvaltaren i förvaltningsmodellen. En intervjuad (CAD-strategen) menar att detta är det viktiga för en förvaltare att beakta dvs. vad som levereras och i vilken form leveransen sker. Vilka applikationer som konsulterna använder är då mindre intressant.

Den Industrielle byggaren däremot menar att det är programvaran som man bör bestämma sig för och använda från projekt till projekt. Genom en indelning av byggprocessen i en ”Mark/grundläggningsfas”, en ”Öppet hus fas” och en ”Tätt hus fas” har den Industrielle byggaren bestämt vilka fungerande och interagerande programvaror som får användas i respektive fas. Denna processinriktade programvaruindelning kan då vara helt skild från en traditionell disciplin- eller aktörsindelad indelning.

BIM-begreppet kommenteras av flera och ingen avvisar tanken på behovet av en samlad informationsdatabas. Däremot använder sig inte alla intervjuade av BIM-begreppet (exempelvis Systemleverantör) och det varnas för ointelligenta och flashiga programvaror som okritiskt genererar en massa onödig överinformation genom kopplingen till BIM-modellen. Man håller med om att det råder en begreppsförvirring kring begreppet och en intervjuad visar på en konkretisering av BIM-begreppet på följande sätt. För att ett byggprojekt ska kunna betecknas BIM måste följande villkor uppfyllas (enligt IT-strateg):

- En objektorienterad modell ska finnas med egenskaper hos och relationer mellan objekten och man ska kunna ta fram olika informationsvyer ur modellen. Dessa villkor är ett minimikrav för att ett projekt ska få betecknas BIM.
- Modellen ska kunna lagras i en öppen databas och användas i ett livscykelperspektiv. Uppfylls även dessa krav är det frågan om en fullständig BIM implementering.

En annan intervjuad (Industrialiserad byggare 1) har kommit fram till följande kriterier för att ett byggprojekt ska få benämnas BIM projekt:

- 3D modellerad geometri
- Information ska vara kopplad till modellen som attribut eller metadata

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Öppna gränssnitt gentemot andra programvaror.

Vad gäller frågan om en central BIM-modell (modelservr) eller flera små delmodeller så accepteras skrivningen om att utvecklingen nu i byggsektorn verkar gå mot att allt fler programvaror utvecklar sig genom att bygga upp egna databaser. Även om informationen är delvis svårnåbar/konfidentiell gällande de olika industriella konceptbyggarna så använder åtminstone en av dessa aktörer sig också av flera delmodeller. Genom att utnyttja olika typer av modellintegrerande programvaror så kan man få en helhetsbild av hela byggprojektet och använda olika sorters BIM-funktionalitet (kollisionstester, massavtagning, kalkyler m.m.) när man använder sig av flera delmodeller.

På sikt tror dock flera intervjuade (CAD-strateg, Programvaruleverantör, Industrialiserad byggare 2, IT-strateg) på en-modell-varianten för allt byggande. Fördelarna med en enda central modell är framför allt att man slipper alla samordningsproblem mellan de olika delmodellerna. Idag saknas dock förutsättningar för denna utveckling eftersom en enda modell prestandamässigt idag inte kan hanteras i alla större byggprojekt, enligt Programvaruleverantören. Industrialiserad byggare 2 menar dock att Revit-plattformen på relativt kort sikt kan komma bli den en-BIM-modell-lösning branschen kommer att enas kring. Också den Industrielle byggaren arbetar idag med flermodell metodiken.

Standardisering inom området BIM har inte kommit långt. De tre utfrågade entreprenörerna i detta projekt (två industrialiserade byggare och en industriell byggare) använder sig av tre olika sätt att göra uppdelningen i del-BIM-modeller. En håller på att planera för en övergång till en enda BIM-modell där Revit då blir plattform eller modelservr. En annan kör mer ”traditionellt” med att låta de olika programvarorna med databas kopplad till sig skapa de del-BIM-modeller man arbetar med. Den tredje industrielle entreprenören har gått över till att relatera del-BIM-modellerna till sammanhållna arbetsmoment på byggplatsen vid montaget och har då del-BIM-modeller från Mark/Grundläggnings fas, Öppet Hus fas och Tätt Hus fas.

3D-modellering kräver mer än 2D-ritandet. Man kan med ett modellorienterat byggande inte fuska lika lätt med LPP-moln (”löses på plats”) på ritningarna och överlåta till entreprenörerna att lösa problematiska delar. Nu tvingas man i 3D-modellerandet gå ett steg vidare och tänka igenom konstruktionen mer även om man inte går hela vägen och modellerar allt in i minsta detalj. Å andra sidan hjälps man i sitt tänkande just av själva 3D-modellerandet. 3D-modellerandet innebär

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

därvid en klar förbättring gentemot det traditionella projekterandet och inte alls någon befarad kraftigt förlängd tidsåtgång som många befarat.

Å andra sidan, påpekar en entreprenör (Industrialiserad byggare 2), om vi fortsätter arbeta fragmenterat med ständigt nykomponerade projekteringsgång som inte är samkörda i utförandeentreprenadform och utan koppling till produktionen så undviker man företagsspecifika byggdelar och vi får en halvfärdig BIM-modell som inte går att lita på. Entreprenören arbetade nyligen med ett byggprojekt där fläktrummet lagts in ”neutralt” i BIM-modellen, motsvarande en LPP-lösning, vilket resulterat i att många BIM-funktioner inte längre fungerade korrekt såsom kollisionskontroll, logistiklösningar m.m. Många BIM-programvaror idag tycks inte vara anpassade till att modellera såväl generiskt neutralt som leverantörsanpassat.

Möjligen kan det faktum att man inte ser konstruktionsdelar på en mer detaljerad nivå än byggdelar ställa till problem. Här har då Tekla Structures-programvaran en fördel i och med att man här går ned på en mer detaljerad nivå och i princip kan se alla komponenter in i detalj. Detta kan utnyttjas på så sätt att man vid montaget av stålstommen på Malmö Stadion lade ut modellsamordnade 3D-vyer från Navis Works på byggarbetsplatsen för att bättre åskådliggöra hur montaget skulle gå till. Detta arbetssätt används idag också inom installationsbranschen för att underlätta montaget av ventilationssystem. En trolig utveckling av denna metodik är att ha små laptops till montörerna ute på arbetsplatsen där de själva kan vända och vrida på 3D-modellen och enkelt klicka fram relevant information. Det finns också försök gjorda med en dator eller TV skärm på byggarbetsplatsen med inspelade sekvenser av byggets montage med avsikt att hjälpa till att relatera de enskilda arbetsmomenten till målsättningen med hela byggprojektet. Både Industrialiserad Byggare 2 och Industrialiserad VVS-entreprenör har erfarenheter från detta område.

Några intervjuade påpekade behovet av generella modellerande programvaror där man började på modellera på en generell nivå med övergripande objekt och efterhand som behovet uppstod kunde förfina modellen och objektsstrukturen alltmer och lägga in leverantörsspecifika produkter i modellen.

Vad gäller mängdningsarbete kopplat till en BIM-modell så konstaterades att nu när allt mäts hundra procentigt exakt så stämmer inte alltid slutresultatet längre när inga tumregler längre används. Möjligen får man gå igenom mängdningsdata för att få med alla de extra parametrar och tumregler som tidigare tagits hänsyn till. Många påpekade dock det stora behovet av en automatiserad neutral

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

mängdavgtagning från modellen som ett viktigt allmänt steg för att modernisera och effektivisera byggandet. Dock påpekas av en intervjuad (IT-strateg) att ansvarighetsfrågan kring mängdavgtagningen inte är reglerad men lämpligen bör lösas genom att beställaren köper in tjänsten och tillhandahåller den till de olika aktörerna.

Integrationsformen mellan olika programvaror diskuterades och följande prioriteringslista mellan olika programvaror och BIM modeller ansågs bäst:

1. Öppna neutrala filformat alternativt öppna API-kopplingar
2. De facto filformat

En intervjuad (Industrialiserad byggare 1) påpekar att de öppna API-kopplingarna kommit starkt det senaste året varför nu många ledande byggprogramvaror har direkta API-kopplingar med varandra. API-kopplingarna garanterar en säker och kvalitetsmässigt bra informationsöverföring.

De av de intervjuade som förespråkade öppna neutrala filformat typ IFC pekar på dess generella struktur som kan utnyttjas vid alla typer av informationsöverföring. Detta arbetssätt är att föredra jämfört med att ständigt tvingas uppdatera API-kopplingarna vid programuppdateringar. De som förespråkade öppna API-kopplingar pekar på IFC-formatets ofullständighet och API-kopplingarnas enkla hantering genom avsaknad av tolkning av informationen och dess exakthet i informationsutbytet.

Tack vare IFC-formatets ofullkomligheter för vissa ändamål har det börjat bli vanligt att olika aktörer skickar ”zipade” modellfiler mellan sig. Här kan uppkomma juridiska komplikationer om någon aktör skulle komma på tanken att ”modifiera” modellen för eget syfte. Klokkt kan vara att i stället skicka en speglad information av modellen typ en ”pdf-lösning” som inte kan förändras av mottagaren. Denna typ av lösning efterfrågades av flera intervjuade. En intervjuad (CAD-strateg) påpekar att pdf-lösningen i princip redan finns idag genom de normalt icke-förändringsbara samgranskningsmodeller som idag aktivt används för att tidigt ta fram bl.a. krockar mellan olika byggdelar.

En intervjuad (CAD-strateg) tror inte alls på IFC-formatet åtminstone inte inom en snar framtid, men alla uttrycker sympati med tanken på ett heltäckande neutralt format. Andra intervjuade (Programvaruleverantör, IT-strateg) tror på användningen av IFC redan idag när det gäller viss typ av informationsöverföring.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Pga. ofullständigheten i vissa programvaror kan man inte lita på dem alltid. På installationsidan får båda ledande programvaror MagiCAD och Revit MEP kritik för att man i alla lägen inte kan lita på dem vid produktionsberedningen när det gäller mängdningen och vid montaget när det gäller att ta ut färdiga mått från modellen/ritningen (Industrialiserad VVS-entreprenör). Pga dessa ofullständigheter måste ibland kompletteringsritande idag sättas in. Möjligen kan det också vara så att många programvaror idag har utvecklats för och används mycket vid produktbestämningen. Programmen har då inte utvecklat full funktionalitet gentemot produktionen.

Allmänt sett såg ingen intervjuad några akuta problem med ett föråldrat juridiskt regelverk. Gamla ABT och ABK verkar fungera för industriellt utvecklade byggnadsformer också beroende på att de är generella i sin skrivning. Levererad handling står ansvarig part för precis som innan och senast levererad information är den som gäller också precis som innan, som Industrialiserad byggare 1 uttryckte det. Men vissa nya problem av BIM-användandet måste lösas relativt snart, typ vem som ska ansvara för mängdningen nu när det räcker att en aktör gör detta? Eller vem som ska betala för samgranskningen och de fel man där upptäcker som måste rättas till?

Alla olika avtal i byggsektorn tror flera dock kommer att behöva ändras på sikt. Än så länge arbetas mycket med ritningar genererade ur modeller. Inom en 5-års period är det troligt att ritningarna minskar i betydelse och den strukturerade informationen får en större betydelse och då blir det mer intressant att ändra i det juridiska regelverket. Förmodligen får vi då färre antal ritningar till att börja med. Vissa fastighetsbolag arbetar med en mer strukturerad information redan idag, exempelvis Senaati i Finland i form av en Delivery manual. Möjligen är det så att någon gång i framtiden kommer ritningarna försvinna, menar ett par intervjuade! Det kommer sannolikt utvecklas via ett skede där vi kommer att se ritningar genereras just-in-time ute på plats där de behövs. Fördelen med att ta fram sina ritningar, men också att vända och vrida på modellen, på byggarbetsplatsen är att då tar man fram de snitt och vyer som man verkligen har nytta av och inte något som en annan part tror blir bra. Det man sett hittills i byggprojekt är att K-modellen flitigt börjat användas ute på byggarbetsplatserna för att plocka information ur. Den modellen är då oftast helt uppdaterad och innehåller alla revideringar. A-modellen används ofta inte mycket alls på byggplatsen speciellt inte i de projekt där arkitekten plockat fram en A-modell som han/hon använder för att bara ta fram visualiseringar.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Bilden av informationshanteringen inom byggsektorn med BIM-modellen i mitten eller de sju uppräknade integrationsområdena sågs av flera intervjuade som relevant och nödvändig. Integrationsstävandena ser starka ut nu och pågår mellan flera olika aktörer och kan se väldigt olika ut. Totalt sett har vi dock inte nått så långt. Det verkar som kopplingarna till affärssystemen verkar vara de som hittills utvecklats minst i byggbranschen. Å andra sidan är just dessa affärssystemkopplingar prioriterade av de aktörer som samverkar med strategiska partners i utvecklade partneringmodeller med öppna ekonomisystem.

En intervjuad (IT-strateg) såg svårigheter i att integrera företagsresurssystemen med övrig information pga. de komplicerade relationerna med alla olika aktörer inom byggprocessen. Vems företagsresurssystem ska kopplas ihop med vem? Inga problem i det industriella byggandet där en stark aktör dikterar villkoren, däremot kan det industrialiserade byggandets mer jämspelta aktörer skapa integrationsproblem om inte beställaren ställer krav på utvecklat partneringsamarbete i dessa former, menar IT-strateg.

Drivkraften för utvecklingen av en totalintegrerad informationshantering i byggsektorn kommer inte minst från programvaruleverantörerna som har en klar konkurrensfördel i att visa upp olika sorters integrations- och kopplingsmöjligheter. Genom allianser, uppköp och utestängning av konkurrenter ser vi idag hur integrationsfrågorna idag är strategiskt viktiga inom programvaruindustrin, uttrycker Industrialiserad byggare 1.

Ett konkret behov som framkommit är att knyta ihop tidplaner från byggplatsen med tidplanen hos systemleverantören för att synkronisera den kommande leveransen (Systemleverantör).

Skeppsbyggnadsindustrins frekventa användning av sena ändringar för att bl.a. ständigt kunna erbjuda rederierna det allra senaste i navigationsutrustning eller liknande i en starkt konkurrensutsatt bransch kan utföras med hjälp av ett utvecklat IT-stöd. Motsvarande utveckling i byggbranschen med möjlighet till sena ändringar i ett framtida BIM-orienterat byggande fick stöd av några intervjuade (Programvaruleverantör, BIM-konsult, CAD-strateg). En intervjuad (BIM-konsult) påpekade dock att sena ändringar pga ändrade villkor kan ett utvecklat IT-system klara av men motsvarande ändringar orsakade av sena insikter, exempelvis i form av en ventilationsprojektör som kommer för sent in i processen, kan vara betydligt svårare att hantera. En annan intervjuad (IT-strateg) påpekar att sena ändringar oftast är ett resultat av ”svaga” beställare med dålig insikt i byggprocessen.

9 Slutsatser

Byggbranschen är under omdaning. Många utredningar har pekat på stora brister och ett antal försök med förändringsarbete pågår även om det kommer att ta tid att ändra hela branschens inriktning och attityd. Lösningen på de olika tillkortakommanden byggbranschen kritiserats för kan sammanfattas i att byggbranschen anses behöva utvecklas mot industrilika former likt tillverkningsindustrin.

Jämfört med dagens traditionella byggande konstateras i denna studie att huvudproblemet idag i byggbranschen kan sammanfattas i att vi har en djupt fragmenterad byggsektor och byggprocess som inte är förenlig med de positiva effektiviserande utvecklingstendenser vi ser som förutsätter samverkan och industrialisering.

Det traditionella byggandets komplexa och projektbaserade karaktär gör att många entreprenörer väljer att minimera risker genom att göra som de alltid gjort. Byggbranschen har haft svaga incitament till utveckling och har inte tvingats utvecklas i samma knivskarpa konkurrens som skeppsbyggnadsindustrin, vars utveckling skildras i denna studie.

Starka processägare och effektiv konkurrens har varit avgörande för effektiviseringen av skeppsbyggnadsprocessen, bl.a. utvecklingen av avancerade informationssystem som stöd för processerna. Studien stödjer hypotesen att byggprocessens fragmenterade upphandlingsformer, t.ex. utförandeentreprenader och outvecklade partneringsformer, motverkar utvecklingen av samverkande effektivitetshöjande arbetsformer och nya affärsmöjligheter i byggbranschen. Den fragmenterade byggprocessen med separat produktbestämning och produktion gynnar inte heller framtagningen av en optimerad slutleverans mot den gemensamma kunden.

I studien har analyserats pågående utvecklingstendenser och det konstateras att utvecklingen sker efter två olika huvudlinjer:

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

En utveckling och effektivisering av det traditionella projektartade byggandet pågår där man bryter fragmenteringen mellan de olika medverkande aktörerna och i stället samverkar för en processöverbyggnad som kan användas från projekt till projekt. Genom användning av en allt högre andel generellt produktutvecklade systemprodukter som konfigureras till det enskilda byggprojektet höjs kvaliteten i byggandet samtidigt som byggandets komplexitet och oberäknelighet minskar något. Nya utvecklade former av Lean Construction-inspirerade styrformer verkar effektivt kunna hantera denna typ av byggnation. Byggandet benämns industrialiserat byggande och föreslås bli definierat på följande sätt:

Med industrialiserat byggande avses en integrerad, flexibel och projektorienterad byggprocess för att effektivt leda, planera och kontrollera aktiviteter, flöden och resurser i ett engångsbyggande med användning av utvecklade systemlösningar, plattformlösningar och projektspecifika byggnadsdelar för att leverera maximal kundnytta i en partneringliknande samarbetsmiljö.

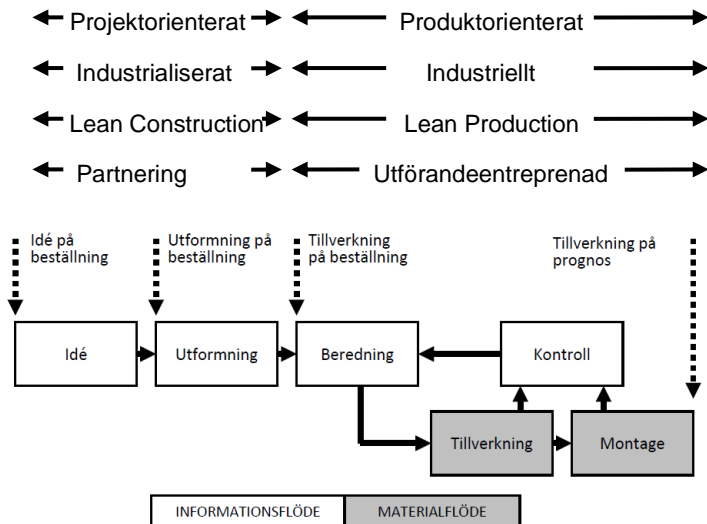
Vi ser också en utveckling mot ett byggande i industriella former likt tillverkningsindustrin där tillverkningen helt och hållet flyttats inomhus i fabriksmiljö och där endast montaget sker på byggarbetsplatsen. Det är ett Lean Production-inspirerat konceptbyggande där all produktutveckling skett i förväg med hjälp av helhetsanpassade och slutna systemleveranser. Uttrycks- och anpassningsmöjligheterna blir därmed begränsade. Byggandet benämns industriellt byggande och föreslås bli definierat på följande sätt:

Med industriellt byggande avses en i förväg centraliserad och utvecklad helhetsprocess för att effektivt leda, planera och kontrollera ingående aktiviteter, flöden och resurser för ett utvecklat montagebyggande med högt utvecklade komponenter men begränsade uttrycks- och anpassningsmöjligheter för att leverera maximal kundnytta.

Sannolikt kommer vi också få se hybrider där exempelvis industriella byggare av ekonomiska skäl inte förlitar sig helt och hållet på en optimerad systemleverans utan också använder sig av allmänt tillgängliga systemprodukter. Sett utifrån kundens inträde i byggprocessen får vi då följande bild av byggbranschen:

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Sett utifrån kundens inträde i byggprocessen får vi då följande bild av byggbranschen:



Figur 9.1 Produktionsstrategier och processflöden (utvecklat efter Winch, 2003).

Studien av informationshanteringen i ventilationsentreprenaden vid den nya akut- och infektionskliniken på Malmö Universitetssjukhus, UMAS, visar att systembyggande med avancerat IT-stöd i form av konfiguratorer möjliggör en betydande effektivisering av både projektering och produktion och visar på möjligheterna med ett utvecklat industrialiserat byggande. Genom kombinationen systemprodukter och utvecklade tekniska plattformar kan inte bara det industriella byggandet utan även det industrialiserade byggandet flytta en stor del av produktutvecklingen från det enskilda projektet.

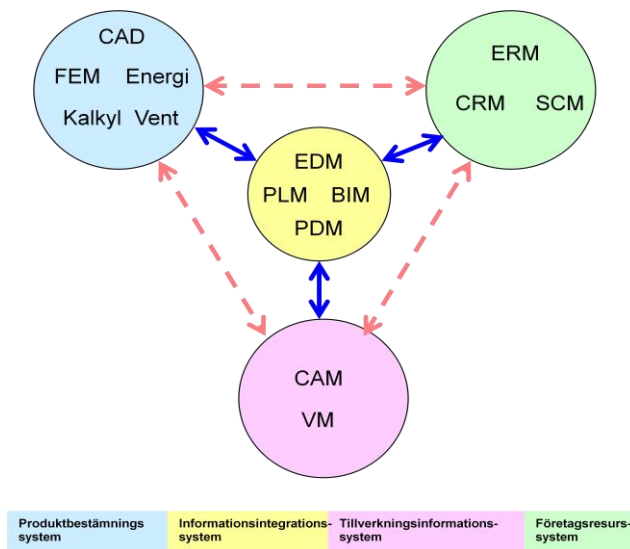
Systemleveranser kan vara öppna eller slutna och generera ett öppet eller slutet byggande med avseende standarder, gränssnitt mm. Vi kan då se systembyggnation i relation till Lean Construction- respektive Lean Production-filosofin enligt figur 9.2 nedan.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

	System byggnation	System produkt	Lean-tänkande
Öppet koncept	Traditionell platsbyggnation	Industrialiserat byggande (Kök,	Lean Construction - projektfokus
Slutet koncept	Industriellt byggande (Open House)	Fönster, taktegel, skruv	Lean Production - produktfokus

Figur 9.2 Exempel på olika sorters byggande i relation till öppna/slutna system respektive systembyggnation/systemprodukter.

En utvecklad form av konfigurerings genererar mycket information i form av tillverkningsinformation, egenskaper, ritningar m.m. som inte bara behövs i designfasen. Genom principen ”inmatning en gång” ser vi en utveckling där denna information läggs i en BIM-modell för användning i andra skeden och av andra aktörer. Sett utifrån olika typer av användning av genererad information i byggprocessen kan man dela upp informationen i fyra olika former enligt bild nedan:



Figur 9.1. Integrationsmöjligheter mellan olika informationstyper i byggprocessen.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

I ett utvecklat framtida byggande av BIM-karaktär kommer ovan visade informationstyper att behöva utbytas gentemot den centrala BIM-modellen. Utvecklingen idag, som visats i denna studie, är dock att flera små modeller utbyter information sinsemellan och slås samman i samgranskningsmodeller. På sikt kan en klar fördel vara utvecklingen av en gemensam BIM-modell i ett byggprojekt.

Konfiguratoren är en applikation med förkonfigurerade lösningar vilket innebär att systemleveransens produktutveckling sker utanför själva byggprojektet vilket är en positiv utveckling av byggandet enligt denna studie. När det gäller ett utvecklat industriellt byggande försöker man arbeta med förkonfigurerade helhetslösningar gentemot hela byggnaden likt tillverkningsindustrin.

Studien visar att skeppsbyggnadsprocessen ursprungligen inriktats mot att samla all information i en gemensam databas, en skeppsmodell. Under senare år har processen vid bl.a. de europeiska varven utvecklats till att omfatta samverkan mellan flera underentreprenörer. Härvid har informationen uppdelats på flera separata modeller som samordnas i samband med slutmontaget. Denna senare modellhantering liknar den som nu utvecklas vid systembyggande i byggsektorn. Motsvarande liknar den ursprungliga hanteringen med en sammanhållen modell samma förhållande i det industriella konceptbyggandet. Valet av modellstruktur med en sammanhållen eller flera samverkande modeller är beroende av organisation av processerna med en enda eller flera samverkande processägare.

Informationsutbytet sker idag i olika former: filutbyte av de facto standard karaktär, filutbyte av neutral standardiserad karaktär och via ”skräddarsydda” API-kopplingar. API-kopplingarna fungerar bäst idag men en ljus framtid spås för neutrala format typ IFC om full funktionalitet uppnås. En möjlig utveckling för det industrialiserade byggandet kan också vara att byggbranschen först samlas kring en en-modell-lösning kring en dominerande BIM-programvara typ Revit. På sikt tror många på en-modell-lösningens samordningsfördelar.

Andra utvecklingstendenser i byggbranschen som framkommit i denna studie är:

- Bristen hos många programvaror att överbrygga de olika skedena i byggprocessen, främst produktbestämning – produktframtagning, har visats vara ett stort problem – se UMAS-studien.
- Utlagd överinformation exempelvis på projektplatser kan idag i många fall verka direkt kontraproduktivt och hindra informationsöverföringen.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Byggbranschen kommer sannolikt likt skeppsbyggnadsindustrin tvingas filtrera innehållet i BIM-modellen för användning som förvaltningsmodell, bygglövsmodell, affärsmodell för nya användningsområden m.m.
- Bristen på funktionalitet genom att olika byggobjekt inte kan redovisas på olika objektnivåer sågs inte som ett prioriterat område för byggbranschen idag att hantera. På sikt kan dock behov av olika detaljerad information tänkas uppkomma.
- Behovet av kontrollerade sena ändringar kan komma att öka inom byggindustrin orsakade av en framtida ökad konkurrenssituation. Sena ändringar är aldrig önskvärda i en ”framtidig” utvecklad industrialiserad form av byggande som skissats i denna avhandling men klaras likt skeppsbyggnadsindustrin relativt enkelt av med ett utvecklat modellbaserat bygginformationssystem.

Referenser

- Adler, P. (1995). *Bostadsbyggande: på väg mot öppen industrialisering*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Adler, P. (2001). *Monteringsbyggda flerbostadshus*. Stockholm: TRITA-ARK-Forskningspublikation - 2001:3, KTH.
- Adler, P. (2005). *Bygga industrialiserat*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Apleberger, L. (2003). *ICT 2008 - Informations- och kommunikationsteknologi för Bygg, Anläggning och Förvaltning. Ett innovationsprogram*. Stockholm: ITBoF.
- Apleberger, L., Jonsson L. och Åhman P. (2007). *Byggandets industrialisering*. Göteborg: FoU Väst Rapport 0701.
- Andersson, H. (1976). *Funktionalismens genombrott och kris*, Stockholm: Arkitekturmuseet.
- Arbnor, I. och Bjerke, B. (1994). *Företagsekonomisk metodlära*, Lund: Studentlitteratur.
- Asplund, G., Paulsson G., Markelius S., Åhrén U., Sundahl E. och Gahn W. (1931). *acceptera*. Stockholm: Tidens förlag.
- Ballard, G. (1994). *The Last Planner*. Monterey: NCCI.
- Ballard, G. (2000a), *Lean design: Process, tools & techniques*. White Paper 10, Lean Construction Institute.
- Ballard, G. (2000b). *The Last Planner System of production control*. The University of Birmingham, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering.
- Ballard, G. (2005). *Construction: one type of project production system*. Sydney: Proceedings IGLC 13.
- Ballard, G. och Howell, G. (1998). *What kind of production is construction?* Guaruja: Proceedings IGLC 98.
- Barlow, J. (1999). *From craft production to mass customisation - Innovation requirements for the UK housebuilding industry*. Housing Studies vol 14 nr1.
- Basu, B. och Lamping, R. (1999). *A collaborative shop-floor planning tool in conjunction with a product model*. Cambridge: ICCAS.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Becker, H.S. (1992). *Cases, causes, conjunctures, stories, and imagery*, in C. Ragin, H. Becker (Eds), New York: Cambridge University Press.
- Bertelsen, S. (2004). *Lean Construction: Where are we and how to proceed?* Lean Construction Journal, vol 1, oktober 2004.
- Bertelsen, S. och Koskela L. (2004). *Construction beyond lean: a new understanding of construction management*. Elsinore: IGLC 12th, Annual conference.
- Björk B-C. (1989). *Basic Structure of a Proposed Building Product Model*, Computer-aided Design, Vol. 21 nr. 2.
- Björnsson H. (2003). *IT-strategier I företag och projekt*. I Wikforss Ö. Byggandets Informationsteknologi. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Bole, M. och Forrest, C. (2005). *Early Stage Integrated Parametric Ship Design*. Busan: ICCAS.
- Bolton, R. (2005). *Shipbuilding Partners & Suppliers (SPARS) Consortium: Enabling the Shipbuilding Virtual Enterprise*. Busan: ICCAS.
- Boverket. (2009). *Bostadsmarknaden 2009-2010*. Karlskrona: Boverket.
- Briggs, T. och Rando, T. (2002). *XML Schemas for Shipbuilding*. Malmö: ICCAS.
- Bronsart, R., Cantow, U., Grafe, W. och Koch, T. (2005). *A Collaborative Platform for Ship Design*. Busan: ICCAS.
- Bronsart, R., Gau, S., Luckau, D. och Sucharowski, W. (2005). *Enabling Distributed Ship Design and Production Processes by an Information Integration Platform*. Busan: ICCAS.
- Bygghandlingar 90 del 8 - Digitala leveranser för bygg och förvaltning*. (2008). SIS - Bygg och anläggning, Stockholm.
- Byggindustrin. (2008). *Partnering en lönsam kulturrevolution - intervju med Tomas Carlsson*. Byggindustrin nr 11-2008.
- Bäck, H. och Halvarson, A. (1992). *Metodbok – projekt och utredningar*. Stockholm: SNS.
- Cornell, E. (1970). *Byggnadstekniken – Metoder och idéer genom tiderna*. Stockholm: Byggförlaget.
- Chaoguang, J., Zhuoshang, J., Yan, L., Shaohua, H. och Yunqing, X. (2005). *Study on integration framework of shipbuilding supply chain management*. Busan: ICCAS.
- Chryssoulouris, G. (1992). *Manufacturing Systems: Theory and practice*. New York: Springer Verlag.
- Crowley, A. (1998). *Construction as a manufacturing process: Lessons from the automotive industry*. Computers and Structures 67, Pergamon.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Dekker, K. och Pries T. (1991). *Construction: A challenge for the European industry*. Voorburg: KD.
- Dixon, J.R. (1966). *Design engineering – Inventiveness, analysis and decision making*. New York: Mc Graw Hill.
- Eastman C. (1999). *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*, Boca Raton FL, CRC Press.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. och Liston, K. (2008). *BIM Handbook*. New Jersey: John Wiley & sons.
- e-business watch. (2006). *ICT and e-business in the shipbuilding and repair industry – ICT adoption and e-business activity in 2006*. European Commission.
- Ekholm, A. (2003). *Begreppsram, teori och modell*. I Byggandets informationsteknologi. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Ekholm, A., Jönsson, J-A. och Molnar, M. (2008). *Nyttan av ICT för byggbranschen - en väg till effektivisering och industrialisering av byggindustrin*. Karlskrona: Boverket Byggkostnadsforum.
- Engfors, C. et al. (1987). *Folkhemmets bostäder 1940-1960*. Stockholm: Arkitekturmuseet.
- Ericsson, F. et al. (1987). *Folkhemmets Byggmästare*. Stockholm: Byggförlaget.
- Fernström, G. (2003). *Partnerskap och partnering i bygg- och fastighetsbranschen*. Stockholm: Byggförlaget.
- Fernström, G. och Kämpe P. (1998), *Industriellt Byggande växer och tar marknad*. Stockholm: Byggförlaget.
- Foley, J., van Dam, A., Feiner, S. och Hughes, J. (1990). *Computer Graphics: Principles and Practice*, Massachusetts: Addison Wesley.
- Follesdal Tjonn A. (2002). *Internet Based Collaboration - an Opportunity to Increase Efficiency in Shipbuilding*. Malmö: ICCAS.
- Follesdal Tjonn A. och García L. (2002). *Internet Based Collaboration, an Opportunity to Increase Efficiency in Shipbuilding*. Malmö: ICCAS.
- Gale, P.A. (2003). *The ship design process, I Ship Design and Construction*, Vol.1, SNAME.
- Gann, D. (1996). *Construction as a manufacturing process? Similarities and differences between industrialized housing and car production in Japan*. Construction Management and Economics nr 14.
- Gann, D. (2000) *Building Innovation – complex constructs in a changing world*. London: Thomas Telford.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Gann, D. and Salter, A. (2000). *Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex products and systems*. Brighton: SPRU-Science and Technology Policy Research, University of Sussex.
- Gummesson E. (2003). *Kunskapande metoder inom samhällsvetenskapen*. Lund: Studentlitteratur.
- Guyt, A., Nienhuis, U. och Wagt, J. (2005). *Enabling integrated (concurrent) design - Requirements analysis and search for solution*. Busan: ICCAS.
- Hagen, A. och Erikstad, S-O. (2002). *Collaborative Build Specification Development – from MS Word to Argus*. Malmö: ICCAS.
- Hanai, Y., Shishido, N., Takata, N., Kouno, K. och Matsui (2002). *The Production Information Portal Site of Shipyard*. Malmö: ICCAS.
- Handboken Bygg*. (1964). Stockholm: AB Byggmästarens förlag.
- Hansen, B., Riis, J. och Hvam, L. (2003). *Specification process reengineering: concepts and experiences from Danish industry*. DTU.
- Hansson, S. (1996). *Teknikhistoria – om tekniskt kunnande och dess betydelse för individ och samhälle*, Lund: Studentlitteratur.
- Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*. Indianapolis: Wiley Publishing.
- Hardy, N., Brånhult, J., Eriksson, U. och Westenius M. (2005). *Procedures for Multi-Discipline Concurrent Ship Design*, Busan: ICCAS.
- Hartman J. (1998). *Vetenskapligt tänkande*. Lund: Studentlitteratur.
- Hultin, H. (2002). *Possibilities of a Shipbuilding API*. Malmö: ICCAS.
- Hultin, H. och Borglum, L. (1999). *Integration of it systems in shipbuilding*. Cambridge: ICCAS.
- Jacobsen, N. J. (2005). *Three Generations of Robot Welding at Odense Steel Shipyard*. Busan: ICCAS.
- Johansson, K. (2002). *Preface*. Malmö : ICCAS.
- Johansson, P., Ryd, N., Johansson, B. och Granath, K. (2009). *Byggherre-ICT Förstudie om ICT-utveckling för byggherrefunktionen*, Stockholm, Byggherrarna.
- Jongeling, R. (2006). *A Process Model for Work-Flow Management in Construction. Combined use of location-based scheduling and 4D CAD*. PhD thesis, Luleå: Civil and Environmental Engineering, Luleå University of Technology.
- Jongeling, R. (2008). *BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt*. LTU: Rapport 2008:04.
- Juntunen, M. och Kosomaa, L. (2002). *Saving Time and Money with Integrated 3D Product Modelling and Life Cycle Management*. Malmö: ICCAS.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Josephson, P.-E. och Saukkoriipi, L. (2005). *Slöseri i byggprojekt - Behov av förändrat synsätt*. Rapport 0507 från Fou-Väst.
- Kadefors, A. (2002). *Förtroende och samverkan i byggprocessen – förutsättningar och erfarenheter*. Göteborg: Chalmers Repro.
- Kalay Y. (2001). *Enhancing multidisciplinary collaboration through semantically rich representation*, *Automation in Construction*, Volume 10, Issue 6, August 2001.
- Kim, I., Jang, Y., Suh, H. och Han, S. (2005). *A new approach to robustly exchange models in heterogeneous CAD/CAE environment and its application*. Busan: ICCAS.
- Kim, H., Choi, Y., Baek, G., Ryu, K., Gu, D., Park, J. och Kim J. (2005). *Introduction to DSME Hull Modelling System "COSMOS" based on TRIBON M3*. Busan: ICCAS.
- Ko, K. H. (2005). *Towards Automatic Measurement and Comparison of Curved Hull Pieces in the Line-Heating Process*. Busan: ICCAS.
- Kobayashi, H., Seto, Y., Kasahara, J. och Yoneya, T. (2005). *A New Advanced Hull Maintenance Information Service: "PrimeShip-HULLCare"*. Busan: ICCAS.
- Kobayashi, H., Sasaki, Y., Suzuki, T. och Yoneva, T. (2002). *Development of a New Direct Strength Assessment System for Double Hull Tankers*. Malmö: ICCAS.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical report Nr 72, CIFE, Stanford University.
- Koskela, L. och Huovila, P. (1998). *On foundations of concurrent engineering*. London: Int. Conference on Concurrent Engineering in Construction, Inst. of Structural Engineers.
- Koyama, T. (2005). *Shipbuilding IT – lessons learnt in CIM project and the future deployment*, Busan: ICCAS.
- Kuutti, I. och Benthall, L. (2002). *On Ship Structure Design, Approval and Life Cycle Management*, Malmö: ICCAS.
- Lantz, A. (1993). *Intervjumetodik*. Lund: Studentlitteratur.
- LeaderSHIP 2015. (2003). *Framtiden för varvs- och reparationsvarvsindustrin inom EU – konkurrenskraft genom spetskompetens*, KOM(2003).
- LeaderSHIP. (1999). *Defining the future of the European Shipbuilding and Shiprepair Industry*. European Union report.
- Lee, O. och Lum, K. (2005). *Benefits of Open Database in CAD/CAM/CIM/PLM*. Busan: ICCAS

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Lessing, J. (2006). *Industrialised house-building – concept and processes*. Div. Design Methodology, Dep. Construction sciences, Faculty of Engineering, Lund University.
- Lessing, J., Robertson A. och Ekholm, A. (2005a). *Industriellt Byggande är mer än bara prefabricering*. Bygg och Teknik, Nr 2, 2005.
- Lessing, J., Stehn, L. och Ekholm, A. (2005b). *Industrialised housing – definition and categorization of the concept*, Sydney: Proceeding IGLC-13.
- Lundequist, J. (1995). *Design och produktutveckling – metoder och begrepp*. Stockholm: Studentlitteratur.
- Martin, J. (2002). *The Actual Reality of Virtual Reality*. Malmö: ICCAS.
- McBride, D. (2007). *Toyota and total productivity maintenance*. Reliable Plant 9/2007.
- Melhado, S.B. (1998). *Designing for Lean Construction*. Proceedings IGLC 98.
- Mikkelsen, H., Beim A., Hvam L., och Tölle M. (2005). *Systemleveranser i byggeriet – en udredning i byggeriet*. København: DTU.
- Mizutani, K. (2005). *Application of NAPA Manager to Ship Initial Design*, Busan: ICCAS.
- Mogensen, M. (1999). *Material management in shipbuilding, success criteria*. Cambridge: ICCAS.
- Naylor, B., Naim, M. och Berry, D. (1999). *Leagility: Integrating the lean and manufacturing paradigms in the total supply chain*. International Journal Production Economics 62.
- Nedess, C., Friedewald, A. och Kurzewitz, M. (2005). *The Knowledge Lounge as an Application to Increase Customer's Benefit*. Busan: ICCAS.
- Nilsson, P.-O. (2005). *Assembly Planning as the Bridge between Design and Production of Ships*, Busan: ICCAS.
- Oetter, R., Barry, C., DeCan, L. och Sorensen, P. (2003). *Integrating Manufacturing and Lifecycle Information into the Product Model*. San Francisco: The Society of Naval Architects and Marine Engineers Ship Production Symposium.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system*. New York: Productivity Press.
- Okumoto, Y. och Hiyoku, K. (2005). *Simulation Based Production Using 3-D CAD in Shipbuilding*. Busan: ICCAS.
- Olofsson, T., Stehn L. och Lagerqvist O. (2004), *Industriellt byggande – Byggbranschens nya patentlösning? Väg- och Vattenbyggaren nr 5 2004*.
- Pahl, G. och Beitz, W. (2003). *Engineering design – a systematic approach*. London: Springer Verlag.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- Palmberg, J., Johansson, B. och Karlsson, C. (2006). *Den svenska sjöfartsnäringens ekonomiska och geografiska nätverk och kluster*. Jönköping: Inst. f. Näringslivsanalys, Internationella Handelshögskolan.
- Park, J., Kim, S., Sakong, G., Bae, Y. (2005). *Innovation in shipbuilding with the most advanced CAD system*. Busan: ICCAS.
- Patel R. och Davidsson B. (1991). *Forskningsmetodikens grunder*. Lund: Studentlitteratur.
- Pergler, L. (2002). *Production Engineering – Key to Success in Commercial Shipbuilding*, Malmö: ICCAS.
- Roberts, P. (2005). *Lloyd's Register's approach to simplifying software interaction with class*. Busan: ICCAS.
- Robertson, A., Jongeling, R., Ekholm, A., Olofsson, T. och Zarli, A. (2007). *Investigations in the BICT Project of State-of-the-art ICT for Industrialization of House Building Processes*. Maribor: CibW78.
- Robertson, A. och Ekholm, A. (2006). *Industrialised building, project categories and ICT - a comparison with shipbuilding*. Valencia: ECPPM.
- Rohr, J. (2002). *Electronic Collaboration in a Shipbuilding Environment*. Malmö: ICCAS.
- Romero, J. (2005). *PLM Transformation in the Shipbuilding Industry*. Busan: ICCAS.
- Russell, B. (1981). *Building Systems*. London: John Wiley and Sons, Industrialisation and Architecture.
- Safer, R. (2005). *Product Model Approach & Structure Basic Design*. Busan: ICCAS.
- Samuelsson, S. (2001). *Systemtänkande för ändrat byggande*. Husbyggaren nr 7 2001.
- Samuelsson, O. (2007). *The IT-Barometer – a decade's development of IT use in the swedish construction sector*. Maribor: Proceedings ”Bringing ICT knowledge to work”, CIB W78.
- Sansoglou, P. (2006). *CESA*, London : SSA Conference.
- Schön, D. (1983). *The reflective practitioner*. New York: Basic Books.
- Simon, H. (1969). *The sciences of the artificial*. Cambridge: The MIT Press.
- Smith, D. och Tardif, M. (2009). *Building information modeling*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Soete, B. (2006). *DIW*, Berlin, SSA Conference, London
- SOU (2000). *Från byggsekt till byggsektor*. Stockholm: Fritzes offentliga publikationer, (SOU 2000:44).

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- SOU (2002). *Skärpning Gubbar! Om konkurrensen, kvaliteten, kostnaderna, och kompetensen i byggsektorn*. Stockholm: Fritzes offentliga publikationer (SOU 2002:115).
- Statskontoret. (2009). *Sega gubbar?* Rapport 2009:6. Stockholm: Statskontoret.
- Stintzing, R. (2005). *Leda projektering i byggprocessen*. Stockholm: Formas.
- Storch, R.L., Hammon, C.P., Bunch, H.M., och Moore, R.C. (1995). *Ship Production*, New York: 2nd Ed., Cornell Maritime Press.
- Svensk Byggtjänst. (1999). *BSAB96 – system och tillämpningar*. Stockholm.
- Tarandi, V. (2005). *IT-stöd för ett industriellt byggande*. Väg- och Vattenbyggaren nr 2.
- Taylor, F.W. (1911). *Scientific Management*. New York: Harper and Row.
- Torp, K., Riisberg, L. och Börglum L. (2002). *Integrating Logistic Systems in Shipbuilding*, Malmö: ICCAS.
- The American Institute of Architects 2007, 21.*
- Toolanen, B. (2009). *Byggandets produktionsutveckling i skenet av Empire State Building*. Samhällsbyggaren nr 4/2009.
- Ullman, D.G. (2003). *The mechanical design process*. New York: Mc Graw Hill.
- Unger C. (2006). *Industriellt byggande – teknologisk eller organisatorisk förändring?* Stockholm: SBUF Projekt nr 11195, KTH.
- Wallén, G. (1993). *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*, Studentlitteratur, Lund
- Westenius, M. (1999). *Compact product models as a vehicle for efficient design management*. Cambridge: ICCAS.
- Wikfors, Ö. (2003). *Datorernas intåg*. I Byggandets informationsteknologi. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Winch, G. (2003). *Models of manufacturing and the construction process: the genesis of re-engineering construction*. Building Research & Information 31(2).
- Woksepp, S., Olofsson, T. (2006). *Using virtual reality in a large-scale industry project*. ITcon, Electronic Journal of Information Technology in Construction, 11, pp. 627-640.
- Womack, J., Jones, D. och Roos, D. (1991). *The machine that changed the world*. New York: Harper Perennial.
- Womack, J. och Jones, D. (1996). *Lean thinking – banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press.
- Väg- och Vattenbyggaren. (2006). *Visuell planering för byggbranschen*, Väg- och Vattenbyggaren nr 2-2006.

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

Yin, R. (1994). *Case study research – design and methods*, Saga Publications, Thousand Oaks.

Yu, H., Horn, G. och Benthall, L. (2005). *Tanker Common Structural Rules and Classification Society Software*. Busan: ICCAS.

Zimmermann, M., Bronsart, R. och Stenzel, K. (2005). *Knowledge Based Engineering Methods for Ship Structural Design*. Busan: ICCAS.

Elektroniska källor:

Baczkowski, R., Blissard R., Burrows D., Fuller P. och Layton S. (2002). *Shipbuilding*. (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA425303&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf> (2007-07-12).

Egan, J. (1998). *Rethinking construction*. (Elektronisk) Tillgänglig: http://www.constructingexcellence.org.uk/download.jsp?url=/pdf/rethinkingconstruction/rethinking_construction_report.pdf (2010-01-13).

Ekholm, A. och Molnar, M. (2009). *ICT Development Strategies for Industrialisation of the Building Sector*. (Elektronisk) Tillgänglig: http://www.itcon.org/data/works/att/2009_28.content.04957.pdf (2010-02-03).

Fernström, G. (2007). *Partnering och nätverkande*. (Elektronisk) Tillgänglig: www.sbi.dk/.../partnerskaber-i-nordisk-byggeri-1/ws4/070607_part_bygg_goesta_fernstroem.pdf (2008-04-18).

Matthews, O. och Howell, G. (2005). *Integrated Project Delivery An Example of Relational Contracting*. *Lean Construction Journal*. (Elektronisk) Tillgänglig: http://www.leanconstruction.org/lcj/V2_N1/LCJ_05_003.pdf (2010-01-20)

NIBS (National Institute of Building Sciences). (2007). *National Building Information Modeling Standard*. (Elektronisk) Tillgänglig: www.wbdg.org/bim/nbims.php (2010-02-01).

OECD report. (1994). *Agreement respecting normal competitive conditions in the commercial shipbuilding and repair industry*. (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.oecd.org/dataoecd/2/5/1880215.pdf> (2007-07-12).

The Round Table of international shipping associations (2007), *Key Facts... Overview of the International Shipping Industry*, (Elektronisk) Tillgänglig: www.marisec.org/shippingfacts/ (2007-05-31).

Bilaga 1

Frågor kopplade till hypoteserna i modelluppbyggnaden

Hypotes 1:

Om ineffektiviteten och därmed den låga produktivitetens utvecklingen är det övergripande huvudproblemet i byggprocessen så är den fragmenterade byggprocessen den underliggande orsaken till ineffektiviteten. Minskad fragmentering gynnar utveckling av samverkande processer för att integrera produktbestämning, produktion och förvaltning. Speciellt kommer en utveckling av partnering, industriellt/industrialiserat byggande och en integrerad informationshantering att gynnas. Orsaken till fragmenteringen är byggherrarnas kortsiktiga projektfokus, avsaknaden av långsiktiga samarbetsformer och incitament för kostnadseffektivisering m.m.

Frågor:

1. Några invändningar mot hypotesen?
2. Ser du det projektartade byggandet med dess unika engångsbyggande stående i motsatsställning till samverkande partneringformer, en integrerad informationshantering och en industrialiserad process mot en gemensam slutkund?

Hypotes 2:

Vi ser två utvecklingstendenser i effektiviseringen av byggandet – industriellt och industrialiserat byggande.

- *Ett industriellt byggande med konfigurerbara och högt standardiserade huskonceptlösningar med begränsade anpassnings- och variationsmöjligheter på en begränsad marknad. Det industriella byggandet kan ses som ett process- och produktorienterat, centralstyrt husfabriksbyggande företrädesvis inomhus och med montage på byggplatsen.*

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- *Ett industrialiserat byggande utvecklar det traditionella projektorienterade byggandet i alla dess former genom de utvecklade byggnadspassade tankegångar och utvecklingsprojekt som idag främst ryms inom samlingsbegreppet Lean Construction. Det rör sig om ett decentraliserat och industrialiserat enstycks byggande med såväl systemleveranser som platsbyggnation.*

Frågor:

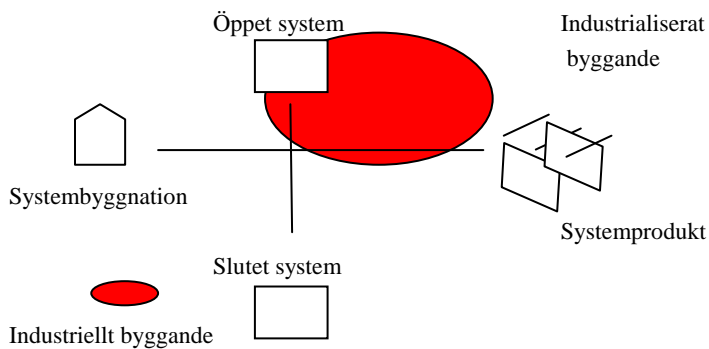
1. Några invändningar mot hypotesen?
2. Ser du utvecklingen mot industriellt och industrialiserat byggande som faktiska bestående utvecklingstrender eller ser du dem mer som tillfälliga trender av dagslände-karaktär?
3. Tror du det industriella konceptbyggandet kommer att kunna ta större andelar av bostadsproduktionen även på flerfamiljshussidan eller kommer det utvecklade industrialiserade byggandet här bli dominerande? Finns någon tredje väg att gå?
4. Ser du utvecklingen av det industrialiserade byggandet som ett resultat av byggandets komplexa karaktär, olika anpassningskrav och unikheter i byggandet eller som orsakat av andra faktorer?
5. Anser du Lean-tankegångarna som snyggt omförpackad gammal skåpmat eller ser du tankegångarna som ett substantiellt bidrag till utvecklingen?
6. Ser du Lean Production tankegångarna som direkt överförbara till byggbranschen eller ser du dem enbart överförbara till ett konceptbyggande av industriell karaktär medan övrigt byggande får hämta idéer från tankegångarna i Lean Construction kretsar? Vad hindrar i så fall användningen av Lean Production idéerna?
7. Måste ett utvecklat industriellt konceptbyggande vara mycket begränsat i graden av variationsmöjligheter? Betyder det i så fall att slutkunden blir lidande och marknaden begränsad?
8. Är inte byggandet för komplext och marknaden för liten i Sverige för ett utvecklat industriellt byggande? (Både NCC Komplet och OpenHouse har gått i graven)
9. Förenklar byggandet med systemprodukter byggandet? Ett utvecklat industrialiserat byggande blir otroligt komplext genom att hänsyn måste tas till hur både olika systemprodukter och olika ”på platsen” anpassningar ska kunna ”projekteras” i en BIM-miljö?

Hypotes 3.

Systemleveranser i form av systemprodukter till ett industrialiserat byggande och systembyggnation (huskoncept) till ett industriellt byggande med väl specificerade gränssnitt och "färdiga" projekteringsansvisningar är grunden för ett framtida byggande. Projekteringsansvisningarna ges i form av inbyggda konfiguratorer där funktionellt ställda krav genererar ett tekniskt lösningsförslag utifrån det framtagna och genomarbetade helhetskonceptet. Konfiguratorn arbetar mot en BIM modell där den plockar och tillför information. Inom det industrialiserade byggandet måste konfiguratorn kunna anpassas till mer projektspecifika delar av engångskaraktär och inom det industriella byggandet till hela huskonceptet.

Frågor:

1. Några invändningar mot hypotesen?
2. Kommer utvecklingen av fler och fler utvecklade systemprodukter att fortsätta i byggbranschen? (Mikkelsen kallar utvecklade sammansatta byggleveranser för systemleveranser (typ färdiga badrum), som i sig uppdelas i systemprodukter och Systembyggnation/huskoncept)



3. Ser vi idag en utveckling där systemleveranser åtföljs av utvecklade konfiguratorer med färdiga inbyggda tekniska lösningar som kan kopplas till olika BIM-system alt. själva utgör ett delBIM-system?
4. Hur förhåller sig dessa konfiguratorer till konfiguratorer av mer generell karaktär (typ Revit, Tekla)?

Hypotes 4.

En integrerad informationshantering är ett grundvillkor för ett effektivt byggande. Den integrerade informationshanteringen säkerställer att rätt information finns lätt tillgänglig vid rätt tidpunkt för ett byggprojekts hela livscykel. Genom användning av ett objektsorienterat informationssystem med en grundstruktur där varje fysiskt objekt i den färdiga byggnaden motsvaras av ett motsvarande digitalt objekt i den tredimensionella virtuella modellen, kommer förutom den geometriska tredimensionella informationen även olika slags egenskaper och relationer till andra objekt att finnas med. Genom neutrala och standardiserade format och gränssnitt kommer information kunna överföras mellan olika aktörers applikationer i form av olika BIM delmodeller. En utveckling mot en totalintegrerad BIM-modell kommer huvudsakligen ske inom det industriella byggandet.

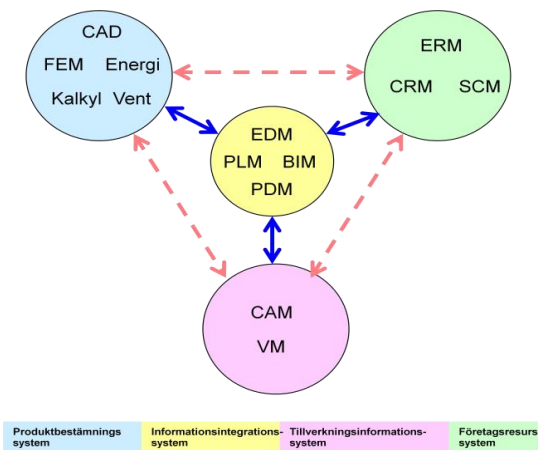
Frågor:

1. Några invändningar mot hypotesen?
2. BIM har blivit ett modebegrepp och grundidéerna från det ursprungliga produktmodelltänkandet har förvanskats. Räcker det att en applikation har en databas kopplad till sig för att den ska kunna benämnas BIM applikation? Vad inbegriper ni i BIM begreppet?
3. Är objekt definierade på olika informationsnivåer ett typiskt industrialiserat byggande fenomen eller används detta/kommer att användas också inom industriellt byggande?
4. Är ett objektsbaserat informationssystem med öppna flexibla gränssnitt ett typiskt industrialiserat byggande krav? Varför?
5. Ser vi idag en utveckling av BIM användningen som visar på en utveckling mot flera delmodeller (som sedan koordineras vid behov)? Beror detta på om vi betraktar den industriella eller industrialiserade utvecklingen?
6. Kommer vi se en utveckling där alla fysiska objekt i en byggnad modelleras som objekt i databasen eller där vissa delobjekt (typ en spik) kan beskrivas på annat sätt? Är det då för komplext och arbetskrävande att modellera allt in i minsta detalj? Leder i så fall inte en sådan lösning till missförstånd och felaktigheter (typ återinfört LPP)? Kan man inte använda färdiga bibliotekslösningar som detaljlösningar? Kommer mängdningen att påverkas?
7. Vilken/vilka typer av integration är att föredra mellan olika applikationer i byggprocessen? Öppna API-kopplingar, neutrala

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

standardiserade filformat, de facto filformat, XML kopplingar, direktkopplingar m.fl.? Eller bör man sträva efter största möjliga flexibilitet med så många kopplingar som möjligt?

8. Blir det mycket kompletteringsritande i 2D för att få vettiga 2D ritningar eller kan man automatisera även denna biten?
9. Kommer användningen av modell integrerande program typ Navis Works att öka eller kommer denna funktion att övertas av de generella integrerande BIM programmen (typ Revit, Tekla)?
10. Kommer utvecklingen av det juridiska regelverket kring de olika aktörernas arbete i byggprocessen att förhindra/senarelägga den tekniska utvecklingen?
11. Kan du se integrationen mellan olika informationssystem i en form enligt bilden nedan med BIM modellen i centrum som ett nav i hela processen?



12. En BIM-applikation för en systemprodukt kan tänkas värderas utifrån vilka och hur många av nedanstående områden den kan kopplas till:
 - tillverkarens egna tillverkningsystem exempelvis i form av styrfiler till maskiner (MPM)
 - tillverkarens affärssystem i form av materialhanteringssystem, inköpssystem m.m. (ERM)
 - olika kalkylsystem som direkt kan läsa av antalet komponenter av olika slag (EIC)

Integrerad Informationshantering i Byggprocessen

- olika projekteringsapplikationer (dimensionering, simulering och konfigurerings) (EIC)
- olika produktionsberedningssystem (MPM)
- applikation för montaget på byggplatsen (MPM)
- applikation för förvaltningen av fastigheten (EII)

Invändningar?

13. Graden av interoperabilitet kan också värderas utifrån
- ostrukturerad-strukturerad-interoperabel information
 - pappersinformation- textbaserad information-objektbaserad information
 - proprietära-neutrala format

Invändningar?