

Ny teknik för anläggningsbyggande genom kombination av prefabricering och platsgjuten betong

Bakgrund

Att öka produktiviteten är en stor utmaning inom byggsektorn där flertalet rapporter visat på en långsammare utveckling än i många andra branscher. Effektivisering av anläggningssektorn är synnerligen viktig eftersom offentliga medel spenderas på investeringar som är avgörande för utveckling och ekonomisk tillväxt i ett land. Traditionell platsbyggnation inom anläggningssektorn förknippas ofta med relativt stort slöseri av både material, tid och andra resurser samt att förhållanden som råder på byggarbetsplatsen ofta är komplexa och resultaten oförutsägbara.

Syfte

Detta forskningsprojekt avgränsar sig till att endast studera anläggningsbyggande och i synnerhet byggandet av små till medelstora betongbroar. Projektet har till syfte att undersöka vilka komponenter och processer som ska ingå i ett industriellt anläggningsbyggande och hur dessa påverkar byggandet. Vidare har fokus huvudsakligen legat på att studera produktionsmetodens inverkan på byggprocessen.

Genomförande

Med stöd från SBUF, NCC, Trafikverket, Betongindustri och Abetong har arbetet utförts vid Luleå Tekniska Universitet i form av ett forskningsprojekt. Utredningsman har varit Johan Larsson och forskningsprojektet har följts och stöttats av en referensgrupp bestående av Magnus Alfredsson och Staffan Hintze (NCC), Peter Harryson (Trafikverket), Peter Öberg (Abetong) samt Mats Emborg, tillika handledare, (LTU/Betongindustri). Genom att kombinera enkätstudie, workshop och fallstudie har ett brett material kunnat samlas in och utvärderas för analys av industriellt anläggningsbyggande. De olika metoderna har tillsammans bidragit till helheten i resultatet vilket har sammanställts i licentiatavhandlingen "Mapping the Concept of Industrialized Bridge Construction: Potentials and Obstacles" ([http://pure.ltu.se/portal/da/publications/mapping-the-concept-of-industrialized-bridge-construction\(207f8442-addc-496e-bd8b-b5059ad0ca88\).html](http://pure.ltu.se/portal/da/publications/mapping-the-concept-of-industrialized-bridge-construction(207f8442-addc-496e-bd8b-b5059ad0ca88).html)).

Enkätstudie & workshop

Enkätundersökningen gav framförallt en tydligare bild över vart denna sektor befinner sig idag, vad man tror om framtiden och vilka hinder som finns för en utveckling av branschen. Denna enkät riktade sig till generella praktiker inom branschen och besvarades av 66 respondenter. Efter att ha analyserat resultatet från enkäten anordnades en workshop med syfte att verifiera vissa intressanta resultat från enkäten. Under ½ dag diskuterades fem specifika punkter (ingående komponenter för industriellt anläggningsbyggande, kundnöjdhet, tidigt samarbete, standardisering, förändringsbenägenhet) där de inbjudna bestod av personer med specifikt intresse och erfarenhet av industriellt anläggningsbyggande.

Fallstudie

Genom att analysera NCC Montagebro (<http://www.ncc.se/Infrastruktur/Broar-och-tunnlar/Montagebro/>), som är ett koncept bestående av en halvprefabricerad överbyggnad (industrialiserad) samt en traditionell platsbyggd bro, var det möjligt att jämföra de olika byggmetoderna (prefabricering och platsbyggnation) för att se hur byggprocessen på arbetsplatsen förändras. Figurerna 1-4 visar byggandet av en NCC Montagebro utanför Skänninge vilken är den bro som analyserats. De platsgjutna stöden visas där de prefabricerade balkarna sedan monteras. Mellan balkarna monteras sedan formplattor vilka tillsammans bildar form för överbyggnaden. Den färdigbyggda bron (figur 4) är en del av nya Riksväg 50 mellan Mjölby och Motala.



*Figur 1. Platsbyggda stöden, Figur 2. Längsgående prefabricerade balkar på stöden
Figur 3. Montering av formplattor, Figur 4. Färdig bro över Skenaån (Skänninge)*

Resultat & analys

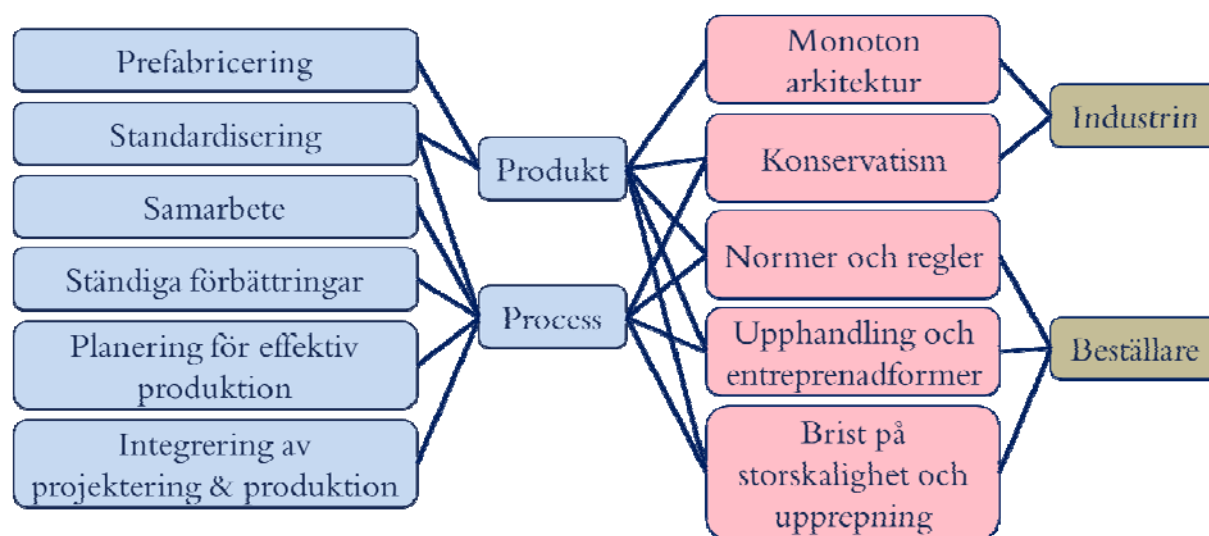
Resultatet visar att industriellt anläggningsbyggande är ett multi-facetterat koncept som består av många komponenter som rätt utnyttjat tillsammans skapar en effektiv helhet.

Prefabricering och standardiserade produkter är en del i denna helhet som närmare har analyserats.

Komponenter och hinder för industriellt anläggningsbyggande

I Figur 5 nedan kan vi se komponenterna (blåa) men även hindren (rosa) för industriellt anläggningsbyggande, vilka identifierades inom ramarna för forskningsprojektet.

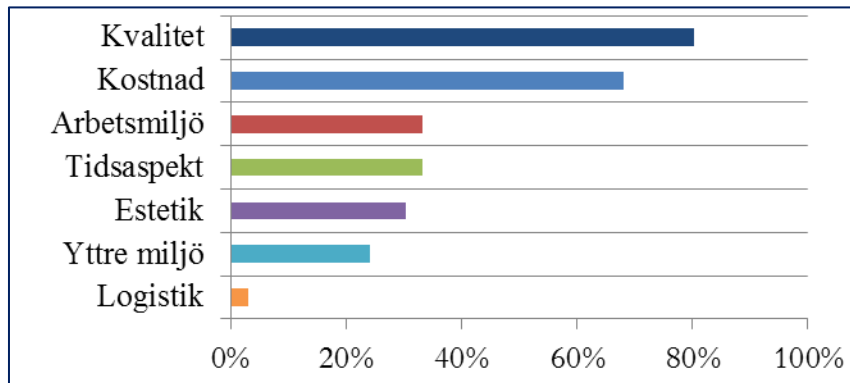
Kompletterat i figuren finns sambanden till produkt och process samt vart det största ansvaret ligger för att bryta dessa hinder. Beställaren har enligt enkäten stort ansvar i att skapa möjligheter för innovationer medan alla aktörer måste våga vara öppna för implementering av dessa inom branschen. Det finns mycket förutfattade meningar om att prefabricering och standardiserade produkter leder till monoton arkitektur och sämre kvalitet. Vidare svarar respondenterna att det ofta är svårt att standardisera denna bransch då man hela tiden jobbar med unika produkter/projekt men ser man på figuren så borde man flytta fokus mera mot till processer. Processen (från projektering till färdig produkt) är ofta liknande mellan projekt och därför borde många delar kunna standardiseras. En standardisering leder till ett mer förutsägbart resultat och en process man ständigt kan förbättra för att uppnå en önskad produktivitetsutveckling.



Figur 5. Identifierade komponenter och hinder för industriellt anläggningsbyggande

Prefabricering vs. Platsbyggnation

En av frågorna i enkäten syftade att belysa de viktigaste faktorerna för brobyggande. Resultatet visar att kvalitet följt av kostnad är de faktorer som är absolut viktigast vid brobyggande, se Figur 6. Vidare svarade respondenterna att tid, arbetsmiljö och kostnad var viktiga drivkrafter för prefabricering medan kvalitet och estetik ses som drivkrafter för platsbyggnation.



Figur 6. Viktigaste faktorerna vid brobyggnad enligt svar i enkät

Fallstudien som gjordes längs nya Riksväg 50 hjälpte sedan till att studera hur enkät resultaten speglar verkligheten. Figur 7 sammanställer resultaten från fallstudien vilka bekräftar att *tid* och *arbetsmiljö* är de två stora drivkrafterna för prefabricering medan endast *estetiken* kan sägas vara en drivkraft för platsbyggnation.

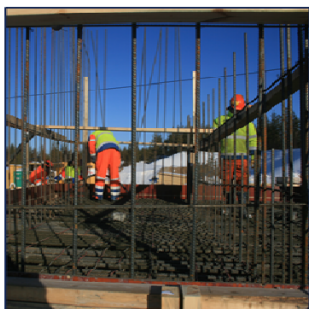
Fallstudien visar att den totala byggtiden på plats minskar med 69 procent (96 arbetsdagar) och att aktiviteterna som utförs på plats blir både färre och mer standardiserade. De standardiserade och enklare arbetsmomenten ger förutsättning för en förbättrad *arbetsmiljö* i form av hälsosammare arbetsställningar vilket observerades under fallstudien. Den *estetiska* nackdelen med prefabricering enligt ovan kan t ex observeras i figur 7 där tre olika nyanser av betongen existerar. Nedre delen (stöden) är platsgjutna i första etappen, kantbalkarna är prefabricerade och sista nyansen består av andra etappens platsgjutna betong.

Respondenterna i enkäten såg *kvaliteten* som en drivkraft för platsbyggnation men varken en inventering av de byggda montagebroarna via trafikverkets databas BaTMan, eller tidigare forskning tyder på detta. *Kvaliteten* brukar snarare framhävas som en drivkraft för prefabricering eftersom man tillverkar element i ett skyddat klimat där produktionsprocesser är enklare att kontrollera.

En jämförelse av kostnader mellan den byggda montagebron med den alternativa kalkyl som togs fram, före byggandet, för ett platsbyggt alternativ visar att kostnaderna är likvärdiga. Montagebron blev dessutom billigare att bygga i jämförelse med den ursprungliga kalkylen vilket indikerar på att detta är ett bra alternativ till det traditionellt platsbyggda.

Vidare gav fallstudien svar på hur byggprocessen förändras och vilka svårigheter som kan uppkomma då man arbetar med en ny teknik (prefabricering). Bland annat minskar flexibiliteten på arbetsplatsen vilket leder till att problem som uppstår på arbetsplatsen blir svårare att åtgärda. Detta ökar behovet av kommunikation och samarbete mellan aktörerna samtidigt som toleranserna på ingående element minskar. Sammanfattningsvis kan sägas att ett väl standardiserat produktkoncept behöver en väl fungerande (standardiserad) byggprocess för att bli så effektiv som möjligt att producera.

Arbetsmiljö



Tidsaspekt

	Platsbyggd (kalkyl)		Montagebron (tidrapport)		Avvikelse		
	Timmar	Dagar	Timmar	Dagar	Timmar	Dagar	Procent
Formställning (mont)	128						
Formsättning	289						
Formrivning & rensning	50						
Formställning (demont)	96						
Montage			49	6			
Form	563	70	138	17	-425	-53	-76%
Armering	464	58	152	19	-312	-39	-67%
Betong	76	9	48	6	-28	-3	-37%
Total tid överbyggnad	1103	138	338	42	-765	-96	-69%

Kostnad

Total byggkostnad likvärdiga.
Prefabricerade bron billigare
än kalkyl.

Kvalitet

Inga påvisade kvalitetsbrister
enligt beställaren

Estetik



Figur 7. Resultat från fallstudien

Slutsatser

Forskningsprojektet visar på stor potential till tidsbesparingar vid användning av mer industriella metoder och tekniker. Det finns dock vissa hinder för en implementering där de stora är den utbredda konservatismen samt att beställaren inte ger tillräckliga påverkans möjligheter för innovationer. Entreprenörer involveras ofta sent i projekteringen då många av de viktigaste besluten för projektets utgång redan är fattade vilket leder till att deras kompetenser inte tas tillvara. Vidare finns en stor brist på storskalighetstänk inom branschen vilket leder till att incitament för utveckling av standardiserade produkter uteblir.

Sex komponenter har identifierats som grundpelare vid en industrialisering (se Figur 5), dock finns det mycket som tyder på att flera komponenter såsom ICT och kundfokus bör vara med bland dessa. Många av de komponenter som identifieras kan härledas till lean tänkande vilket är den filosofi som numer ofta tillämpas i andra branscher för att förbättra effektiviteten.

Genom att använda sig av standardisering och prefabricering av element kan man förvänta sig en snabbare byggprocess och förbättrad arbetsmiljö. Dock är kunskapen kring prefabricering idag begränsad hos många aktörer och därför krävs ett ökat samarbete för att dessa produkter ska bli byggbara. Trots dessa hinder för prefabricering så kan man inte blunda för det faktum att tidsbesparingarna kan bli stora, t ex enligt fallstudien så stor som 69 procent, att arbetsmiljön förbättras samt att resultatet blir mer förutsägbart i och med de färre och mer standardiserade aktiviteterna som utförs på byggarbetsplatsen.

För att öka kunskapen för industrialisering inom anläggningssektorn är resultatet av detta projekt ett första steg men sedan är det nog idé att inom sektorn bli bättre på att utföra benchmarking både internationellt men även inom liknande industrier nationellt för att finna lämpliga utvecklingsmöjligheter. Många av de identifierade komponenterna för industrialisering av anläggningssektorn handlar mer om processer än om produkter vilket gör att man bör förflytta fokus mer mot processutveckling än som idag då fokus ligger på att utveckla produkter för enstyckstillverkning. Resultaten från denna forskning tyder på att även en komplex industri som denna kan dra nytta av att genomgå en industrialisering likt den som ägt rum inom verkstadsindustrin.

Framtida fokus

Standardisering har inom detta forskningsprojekt identifierats som en stor komponent för industrialiserat tänkande. Man har inom byggsektorn börjat studera plattformar och modultänkande för att öka standardiseringen av framförallt produkter. Dessa teorier härstammar från verkstadsindustrin och är både intressanta och relevant även för brobyggande. Fallstudien tyder på att det finns stort potential att utnyttja standardisering på produktionsprocessen inom brobyggande då det är inom detta stadiet av projektet man förverkligar de oftast unika produkterna. Som fortsatt forskning vore det därför intressant att fokusera på hur man kan utnyttja plattformar och modultänkande för att utveckla inte bara produkter utan även produktionsprocessen. Vidare är det också av intresse att se hur dagens flexibilitet som förknippas med platsbyggnation inom både produkt och process kan bevaras på en acceptabel nivå vid användandet av mer standardisering och prefabricering som produktivitetshöjande åtgärd.