

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?

- En fallstudie av NCC Montagebro



David Eriksson
Hampus Jakobson

2009

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

© David Eriksson och Hampus Jakobson

Lunds Tekniska Högskola
Institutionen för byggproduktion
Box 118
221 00 Lund

Tryckt av KFS AB, Lund
ISRN LUTVDG/TVBP--09/5392--SE

Förord

Arbetet med denna rapport har bedrivits hösten 2009 vid NCC Teknics avdelning i Göteborg. Rapporten har skrivits för Avdelningen för Byggproduktion vid Lunds Tekniska Högskola som examensarbete och avslutning på författarnas Civilingenjörsutbildning inom Väg- och Vattenbyggnad.

Att skriva detta arbete har varit lärorikt, intressant och roligt. Ämnet om prefabricerade broar är intressant ur många perspektiv. Denna rapport inriktar sig på hur olika personer i olika branscher uppfattar prefabricerade betongbroar, just det finner vi särskilt intressant.

Vi vill rikta ett tack till NCC och Magnus Alfredsson som gett oss möjligheten att skriva examensarbete om prefabricerade broar. NCC Teknik i Göteborg som bistått oss med kontorsplats, Nilla Olsson som handledare på NCC och Anne Landin som handledare på LTH.

Ett särskilt stort tack vill vi rikta till samtliga som låtit sig intervjuas och med stor entusiasm delgett oss information i form av kunskap, material och erfarenheter.

Slutligen vill vi tacka familj och vänner som med glädje ställt upp och gett oss tips för att slutföra rapporten.

Göteborg december 2009

David Eriksson och Hampus Jakobson

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Sammanfattning

- Titel:** Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
– En fallstudie av NCC Montagebro
- Författare:** David Eriksson och Hampus Jakobson
- Handledare:** Anne Landin, Byggnadsekonomi, LTH
Nilla Olsson, NCC
- Uppdragsgivare:** Magnus Alfredsson, NCC
- Bakgrund:** NCC Bron utvecklades som ”En prefabricerad/standardiserad bro för en smidigare byggprocess” i slutet av 1980-talet. Systemet fick inte det genomslag NCC hoppades på och våren 2009 tog en ny utveckling fart mot dagens NCC Montagebro.
- Syfte:** Examensarbetets syfte är att visa skillnader mellan det traditionella platsgjutna byggandet av broar gentemot prefabbroar. Fokus ligger på arbetsmiljö, kvalitet, miljö, tid och kostnad samt beställarnas inställning mot prefabricerade betongbroar. Att undersöka var produktionen av betongelement är lämpligast. Jämförelsen sker mellan tillverkning in situ eller i fabrik samt utreda framtidsutsikterna för prefabsystem.
- Mål:** Arbetet ska ligga till grund för en bättre samhällsekonomi inom brobyggnad och ge beställarna ett positivare förhållningssätt på andra byggmetoder än det traditionella platsgjutna brobyggnad. Visa att prefabbroar är ett alternativ för framtiden.
- Metod:** Intervjuer har varit huvudmetoden i rapporten och 27 kunskapsbärare från olika kategorier har blivit intervjuade. Kategorierna är platschefer, entreprenörer, konstruktörer, Banverket, Vägverket, prefabtillverkare och arkitekter. Som kompletterande metod har studiebesök och litteraturstudier använts.
- Slutsats:** Prefabricerade betongbroar är ett lönsamt koncept! Arbetsmiljön blir bättre, produktionstiden kortare och kvaliteten säkerställs. I den kostnadsjämförelsen som studerats är en prefabbro inte billigare än motsvarande platsgjuten bro men den är heller inte dyrare. För att klargöra skillnader i den totala miljöpåverkan bör livscykelanalyser göras på både prefabsystem och platsgjutna broar.

Prefabriceringsgraden bör begränsas till överbyggnaden om inte väldigt gynnsamma grundförhållanden råder. För att utnyttja fördelarna gällande arbetsmiljö och kvalitet bör tillverkning av betongelementen ske i fabrik. En entreprenör bör inte upprätta

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

tillverkning i egen regi då initialkostnaderna är stora och produktionsmängden är osäker. De bör istället utnyttja de existerande betongelementtillverkarnas kompetens och resurser. Ett nära samarbete kan leda till gynnsam ekonomi för båda parter.

I dagsläget är estetiken sådan att de svenska prefabbroarna passar bäst ute på landsbygden men med små medel skulle den bli attraktiv även i stadsmiljö.

Då lagen om offentlig upphandling hindrar utvecklingssamarbeten mellan beställare och entreprenörer måste beställaren använda sig av andra metoder för att utveckla brobyggandet i Sverige. En metod är att vid upphandling utnyttja möjligheten att använda incitament för till exempel kort produktionstid, påvisad bättre arbetsmiljö eller minskad miljöpåverkan. Beställarna kan även öka möjligheterna för entreprenören att använda industriella byggmetoder genom att handla upp broar i större entreprenader och utan förslagsritning. Då kommer entreprenörerna se en möjlighet att använda de system de trivs bäst med och kostnadseffektiviteten ökar och leder till sänkta anbud.

Inställningen till prefabbroar hos beställarna är idag ljusare än på många år. Detta beror av många anledningar där generationsskiftet är en bidragande orsak. Det visar sig även att beställarna bland annat genom FIA har fått upp ögonen för vinsterna med industriellt byggande och korta trafikstörningar.

Entreprenadföretagen bör satsa på prefabbroar, men innan de satsar på att sälja in en prefabbro hos beställarna bör de svenska systemen utvecklas både estetisk och konstruktionsmässigt. Spännarmerade balkar är ett måste för att dels få ned konstruktionshöjden men framförallt för att kunna öka spannet mellan upplagen och därmed användningsområdena för systemet. Utvecklingen prefabbroar ska göras av en entreprenör med hjälp av konstruktör, prefabtillverkare och arkitekt för att tillgodose beställarens krav.

Nyckelord:

Prefabricerade betongbroar, prefab, prefabbroar, broar, brobyggnad, broproduktion, industriellt byggande.

Abstract

- Title:** Precast concrete bridges, a profitable concept?
– A case about NCC Montagebro
- Authors:** David Eriksson and Hampus Jakobson
- Supervisors:** Anne Landin, Byggproduktion, LTH
Nilla Olsson, NCC Teknik
- Commissioned by:** Magnus Alfredsson, NCC
- Background:** The NCC Bro was developed as a precast girder bridge with cast in situ deck to gain a smarter building process in the late 80s. The system didn't get the breakthrough NCC was hoping for. During the spring 2009 a new development took place towards what today is called NCC Montagebro.
- Purpose:** The purpose of this master thesis is to show the differences between the traditional constructing of bridges in Sweden and precast concrete bridges. Focus lies in working environment, quality, environment impact, construction time and costs. The thesis focuses on the national authorities (Banverket and Vägverket) attitude towards precast concrete bridges. An investigation is made of where it's most profitable to manufacture precast concrete products, in situ or in an industrial environment. Finally an investigation of the outlook for precast concrete bridge systems is made.
- Objectives:** The authors main objectives is that their work will lead to a better national economy in the aspect of bridge construction and to give the national authorities a more positive attitude in other bridge constructing methods. Finally to show that precast concrete bridges is a potential option to the traditional constructing of bridges.
- Method:** The main method in this report is interviews of 27 operators from different professional categories from the Swedish bridge constructing business. Those categories are site managers, contractors, designers, national authorities, precasters and architects. Literature reviews and field study involving precast bridges have been used as complementary methods.
- Conclusion:** Precast concrete bridges are a profitable concept! The working environment gets better, the time of construction is shorter and the quality is guaranteed. They are not cheaper than traditional constructing methods nor is it more expensive.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

To get a clear picture of the environmental impact of the production methods a lifecycle analysis (LCA) is recommended.

Manufacture of the precast elements is best done in an industrial environment. Otherwise the positive effects with an industrial process are missed. Effects such as reduplication, quality and working environment are all good results of a well organized industrial environment. Only in exception due to extreme conditions, the manufacture should be done in a temporary factory on site.

The precast concrete bridges in the Swedish market are not attractive enough to be used in an urban environment and it is limited when the span is too great. Today the national authorities have a more positive attitude to precast concrete bridges than ever before. The attitude change is due to a younger generation with appreciation of the positive effects of industrial constructing methods and socioeconomic impacts.

The Swedish building contractors should invest in prefabricated concrete bridges. Before they introduce their concepts to the national authorities they should develop the appearance of the bridge. Construction optimisations with pre-stressed concrete girders are also recommended too gain a greater use. The development of precast concrete bridges should be done by contractors in collaboration with precasters, designers and architects.

Keywords:

Precast concrete bridges, precast, precast bridges, prefabrication, bridges, bridge construction, industrial construction methods.

Innehållsförteckning

Förord	III
Sammanfattning	V
Abstract	VII
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Mål	1
1.4 Avgränsningar	1
1.5 Rapportens disposition	1
1.6 Frågeställningar	2
1.7 Metod	2
1.8 Konsekvenser av metodval	6
2 Litteraturstudier	7
2.1 Broar	7
2.2 Prefabricerade betongprodukter	17
2.3 Prefabricerade broar	19
2.4 Konjunktursvängningar	27
2.5 Entreprenadformer	29
2.6 Broprojektering	32
2.7 Upphandling	34
2.8 Broproduktion	35
2.9 Arbetsmiljö	38
2.10 Kvalitet	40
2.11 Miljö	41
2.12 Tid	43
2.13 Kostnad	43
3 Resultat	45
3.1 Resultat av studiebesök	45
3.2 Resultat av intervjuer	47
3.3 Felkällor och kommentarer om intervjufrågor	73
4 Analys	77
4.1 Är prefabricerade betongbroar ett lönsamt koncept?	77
4.2 Vilken produktionsmetod ska man använda sig av?	79
4.3 Är prefabbroar attraktiva för beställare?	80
4.4 Bör entreprenadföretag satsa på prefabbroar?	81
5 Slutsats	83
6 Diskussion	85
6.1 Saker som skulle göra prefabbroar mer attraktiva	85
6.2 Förslag till fortsatta studier	86
7 Referenser	87
7.1 Böcker	87
7.2 Artiklar, dokument och rapporter	87
7.3 Elektroniska källor	88

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

8	Bilagor	91
8.1	Bilaga 1, Intervjufrågor	91
8.2	Bilaga 2, Inför intervju	92
8.3	Bilaga 3, Intervjupersoner	93
8.4	Bilaga 4, Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter	94
8.5	Bilaga 5, Åldersfördelning Banverkets och Vägverkets broar	95

1 Inledning

1.1 Bakgrund

NCC Bron utvecklades som "En prefabricerad/standardiserad bro för en smidigare byggprocess" i slutet av 1980-talet. Systemet fick inte det genomslag NCC hoppades på och en ny utveckling tog fart mot dagens NCC Montagebro. Det är idag en standardiserad bro och en industrialiserad process som kan användas i planskilda korsningar över väg och järnväg samt över vattendrag. Brons grundläggning och underbyggnad platsgjuts med standardiserade former och arbetsmetoder. Därefter monteras långsgående betongbalkar med mellanliggande formplattor och då kan återstående arbete på bron ske utan att störa passerande trafik. Räckan och skyddsanordningar är installerade på kantbalken vid montering och inga ställningar behövs vilket medför en bättre arbetsmiljö. Brobanan, tvärbalkar, vingar och ändskärmar gjuts i en etapp och en kontinuerlig överbyggnad och robust konstruktion uppnås.

1.2 Syfte

- Visa skillnad i lönsamhet mellan ett prefabsystem och ett traditionellt platsgjutet system med avseende på arbetsmiljö, kvalitet, miljö, tid och kostnad.
- Undersöka var produktionen av betongelement lämpligast sker. Jämförelse görs mellan tillverkning in situ eller i fabrik.
- Undersöka framtidsutsikterna för prefabsystem samt beställares inställning mot prefabbroar.

1.3 Mål

- Arbetet ska ligga till grund för en bättre samhällsekonomi inom brobyggnad.
- Ge beställarna ett positivare förhållningssätt på andra byggmetoder än det traditionella platsgjutna brobyggandet.
- Visa att prefabbroar är ett alternativ för framtiden i Sverige.

1.4 Avgränsningar

Arbetet är en fallstudie på NCC Montagebro. Beställarens åsikter om prefabricerade betongbroar kommer delvis att begränsas till detta brosystem även om en generell bild söks vid frågor om prefabricerade betongbroar. Vid val av beställare avgränsas detta endast till Banverket och Vägverket då arbetet att kontakta varje enskild kommunal beställare är för omfattande. Då lönsamheten studeras för NCC Montagebro kommer befintlig konstruktion beaktas, nya konstruktionslösningar behandlas ej då en fördjupning inom det området är för stort för att beaktas i detta examensarbete. Arbetet begränsas till broar i betong. Prefabbroar syftar på prefabricerade broar i betong om inte annat anges.

1.5 Rapportens disposition

Rapporten inleds med bakgrund, frågeställning och metodval. I kap. 2 finns litteraturstudier där bakgrund till det som behandlas i analysen finns. Resultatet av studiebesök och intervjuer redovisas i kap. 3. I kap. 4 analyseras intervjuer och studiebesök med stöd av

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

litteraturstudierna. Frågeställningen besvaras i en slutsats i kap. 5. Diskussion och förslag till fortsatta studier finns i kap 6 och referenser i kap. 7.

1.6 Frågeställningar

Är prefabricerade betongbroar ett lönsamt koncept?

Vilka fördelar och nackdelar finns det vid användandet av en prefabricerad betongbro gentemot en platsgjuten dito? Jämförelser kommer att göras med avseende på arbetsmiljö, kvalitet, miljö, tid och kostnad.

Vilken produktionsmetod ska man använda sig av?

Var är lämpligaste platsen för tillverkning av betongelementen? Är det en tillverkning in situ, eller i betongelementfabrik?

Är prefabbroar attraktiva för beställare?

Vad har Banverket och Vägverket för attityd till prefabricerade betongbroar? Hur värderar dessa beställare kortare produktionstider och vilka är fördelarna med kortare produktionstider?

Bör entreprenadföretag satsa på prefabbroar?

Finns en framtid för prefabsystem eller kommer entreprenörer stå med ett koncept som ingen vill ha? Vad är det i sådana fall som bör förändras?

1.7 Metod

Litteraturstudier

Litteraturstudier gjordes för att få en klar bild över hur prefabproduktionen sett ut nationellt och internationellt genom historien. Studierna behandlade broar, prefabricerade betongprodukter, prefabricerade broar, entreprenadformer, broprojektering, upphandling och broproduktion. De faktorer som i rapporten avgör om ett prefabbrosystem är lönsamt behandlas också i litteraturstudien. Dessa parametrar är arbetsmiljö, kvalitet, miljö, tid och kostnad.

Studiebesök

För att inbringa mer kunskap om prefabbroar besöktes två av de byggda NCC Broarna utanför Örebro. Detta för att få en klar bild av hur de ser ut och för att klargöra problemområden i produktionen av NCC Bron. Fotodokumentation gjordes samt en genomgång av bron för att studera parametrarna i frågeställningen.

Intervjuer

Intervjuer är huvudmetoden för detta arbete. De har gjorts med personer från anläggningsbranschen samt externa experter. Beslutet att använda intervjuer togs för att prefabbroproduktionen i Sverige har varit begränsad vilket bidragit till begränsad litteratur och dokumenterad kunskap. Det är dock många som har åsikter kring ämnet och då branschen är relativt begränsad med få beställare och få entreprenörer valdes denna metod. För att få en bred bild av inställningen till prefabbroproduktion har intervjuer bland annat

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

skett med personer som byggt, kalkylerat, projekterat och beställt prefabbroar. Personerna är utvalda efter tips, befattning och rekommendationer. Intervjuerna är gjorda av författarna och det har skett enskilt i samtliga fall utom ett. Det undantaget gjordes på begäran från den intervjuade. Uppdelning har gjorts i olika kategorier och målet har varit att träffa minst 3 personer från varje yrkeskategori. Detta gäller dock ej för arkitekter där endast en lämplig person fanns att tillgå inom ramarna för examensarbetet. Könsfördelningen är 26 män och 1 kvinna, åldersfördelningen ligger mellan 36 och 67 år. I rapporten avidentifieras de utfrågade till den yrkeskategori de tillhör. Intervjupersonerna redovisas i bilaga 3.

Yrkeskategorier

- Platschefer, PC

I denna grupp finns personer som medverkat direkt i produktion av prefabbroar. De som benämns som platschefer behöver inte ha den befattningen idag. Fyra personer intervjuades.

- Entreprenörer, E

Dessa personer jobbar i anläggningsbranschen som bland annat entreprenadchef, affärschef och kalkylator. En enkel beskrivning är personer som arbetar i byggföretag men inte ute i produktion. Fem personer intervjuades.

- Brokonstruktörer, K

Av dessa har samtliga medverkat i projekteringen av betongbroar. Samtliga har stor erfarenhet och kunskap av prefabricerade broar och brokonstruktion. Sex personer intervjuades.

- Banverket, BV och Vägverket, VV

Dessa två representerar beställare av broar. De intervjuade är alla involverade i arbetet med broar på olika sätt. Fyra personer från Banverket och tre från Vägverket intervjuades.

- Prefabtillverkare, Pre

En av de intervjuade är från prefabtillverkning av iläggingsfärdig armering och övriga är från prefabproduktion av betongelement. Fyra personer intervjuades.

- Arkitekter, A

Denna grupp valdes för att ge en djupare analys av den estetiska betydelsen för broar. En person intervjuades.

Utförande

Inför intervjuerna skickades ett dokument med frågor till de personer som valts ut. Detta skedde ca en vecka innan mötet vilket gav dem en möjlighet att förbereda sig inför intervjun. Frågorna som ställdes redovisas i Bilaga 1. Vissa frågor utslöts i utskicket för att ett personligt och spontant svar söktes och för att se om det fanns en skillnad mellan den intervjuades och företagets åsikter, se frågor markerade med * i Bilaga 1. Även en kort beskrivning av examensarbetets syfte och mål samt hur intervjumaterialet kom att behandlas skickades med, se Bilaga 2. Mötet inleddes med att klargöra om den intervjuade förstätt bakgrunden till examensarbetet och ytterligare förtydliganden gjordes om nödvändigt. Samtliga intervjuer har utförts "öga mot öga" efter rekommendationer från handledare.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Samtalen spelades in med hjälp av diktafon för att lättare kunna dokumenteras i ett senare skede. Ingen annan än författarna har tagit del av det inspelade materialet.

Metod vid intervju

För att intervjuerna skulle generera optimalt med information användes Björn Hägers tips och råd i boken intervjuteknik.

Fokus vid formulering av intervjufrågor

- Endast relevanta frågor som "bara" den intervjuade kan svara på bör ställas. Det är bra att vara påläst och kunna föra en diskussion kring ämnet.
- Använd inte fler ord än vad som är nödvändigt. Korta frågor som inte kan misstolkas är bäst. Frågorna ska vara öppna och inte slutna där den intervjuade själv måste introducera ord och förklara, istället för att svara ja eller nej. Vem som introducerar ett ord eller påstående är av stor betydelse för svarets vikt. Det kan finnas tillfällen då man vill introducera ord men då bör de hållas så neutrala som möjligt. Om ord som besvikelse, framgång, motgång etc. bör inte föregås av färgningar som enorm, oerhörd, total eller liknande.
- Hur frågor ställs kan ha stor betydelse för hur svaret blir. All forskning visar att ett passivt och icke fördömande sätt att fråga är det som är bäst fungerande.
- Vid intervjuer med makthavare och andra högt uppsatta personer kan svaren ofta bli generella. Det kan undvikas genom att omformulera frågorna till speciella händelser eller objekt. Ett generellt svar kan ges då frågan ställs: "Vad kan göras för att öka brobyggandet i prefab?". Ett mer specifikt svar fås då frågan ställs: "Vad ska du göra för att öka brobyggandet i prefab?". Båda frågorna kan vara bra beroende på vad som vill fås ut av frågan.
- Ibland kan det vara svårt att få intervjuade att utveckla ämnet och ge möjliga framtida scenarion, då kan en hypotetisk fråga med fördel användas. Om en intervjuperson från en prefabtillverkare säger att "vi gör ingen satsning på prefabelement till broar och planerar ingen satsning heller" kan en hypotetisk fråga öppna upp tankegångarna. Frågan "Om Vägverket endast vill att prefabbroar byggs from nu, vad gör ni då?" kan vara väldigt effektiv.
- Uppföljningar på den intervjuades nyanseringar och betoningar bör inte gå obemärkt förbi. Säger den intervjuade "det känns rätt bra med prefabbroar" är en lämplig följdfråga "hur menar du med rätt bra?".
- Efter ett svar kan följdfrågor vara bra att använda för att få en fördjupning av svaren. Frågorna: "Vad menar du med det?", "Hur vet du det?" och "Kan du ge ett exempel på det?"

(Häger, 2001)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Personligt agerande vid intervjuer

- Det finns olika sätt att visa att man lyssnar. För att visa att man vill höra mer från personen som pratar kan ord och fraser som: jag förstår, berätta mer, hur menar du? användas. Även nickningar och hummanden till exempel, mmm och mhmm kan fungera bra.
- Om den intervjuade får intrycket att du redan vet om allt den berättar så kommer han inte att säga saker i onödan. Det kan vara bra att spela naiv eller ovetande men intresserad. "Säger du det" och "verkligen" är bra fraser för att visa ett "naivt" intresse.
- Det är viktigt att vinna förtroendet hos den intervjuade. Är personen trygg öppnar den sig. Förtroende kan till exempel fås genom att förklara vad informationen skall användas till. Det kan vara bra att avdramatisera intervjun med att berätta om något som hände på vägen dit eller om gemensamma intressen något som hänt hemma för att "lära känna varandra" lite grann.
- Beroende på var i organisationen den intervjuade personen sitter kan det vara känsligt med att ge ut information eller ha åsikter. Om anonymitet lovas kanske personen delar med sig mer av sina egna åsikter. Ett löfte om att den intervjuade får korrekturläsa texten som ska skrivas kan bidra positivt på flera sätt. Den intervjuade ger ärligare svar och missförstånd kan rätas ut. Avdramatisering av intervjun kan enkelt göras genom att kalla den för diskussion.
- Om den intervjuade svarar på en fråga och det känns som det finns mer i ämnet som är osagt så kan knepet vara att sitta tyst och vänta på fortsättningen. En paus kan också vara provocerande för den intervjuade att känna sig "tvingad" att fortsätta berätta.
- Ögonkontakt är viktigt under intervjuer för att visa att man lyssnar.
- Få den intervjuade personen att känna sig som viktig och uppskattad, att den intervjuade är huvudperson. Tona ner dig själv.
- Summering vid slutet av en diskussion eller hela intervjun kan leda till ytterligare fördjupningar som kan ha missats på vägen. Uttryck som "Det verkar som att du..." och "Du känner att..." är bra inledningar på summeringar.

(Häger, 2001)

1.8 Konsekvenser av metodval

Källkritik

Några av källorna som använts vid litteraturstudier om prefabprodukter är Strängbetong och Betongvaruindustrin. De kan anses som partiska och färgade rörande fördelar och nackdelar med prefab. Broprojekteringsböckerna som använts från Banverket och Vägverket är tryckta 1996 och även om de är de senaste upplagorna dock kan de anses som förlegade. Litteratur kopplad till NCC och Peab kan inte betraktas som absoluta. Björn Hägers bok om intervjuteknik är inte den senaste upplagan, samt riktas boken till intervjuer av journalistisk art. Byggledarna är ett företag med nätverk av konsulter i byggbranschen och anses vara en trovärdig källa. Övriga ej nämnda källor är bland andra statliga verk och myndigheter, internationella forskningsorgan, tekniska högskolor och respekterade författare. Samtliga bilder och fotografier i arbetet har godkänts av upphovsrättsinnehavaren.

Studiebesök

Då båda författarna har erfarenheter från traditionell broproduktion och därför fokuserades studiebesöken på byggda prefabricerade broar.

Intervjuer

Intervjuerna av personerna i grupperna platschefer och entreprenörer har främst gjorts med personer från NCC. Det skedde framförallt på grund av att författarna trodde att frågorna kring NCC Montagebro kunde få skeva svar om de diskuteras med en extern entreprenör. Slutsatser om att olika grupper tycker olika är svårt att göra då så få personer intervjuades i varje grupp. Minst tre personer har intervjuats i varje grupp förutom gruppen arkitekter där bara en har intervjuats. Diagrammen i arbetet är gjorda med vår subjektiva bedömning om den intervjuades uppfattning kring frågan och de är inte statistiskt säkerställda. I några fall har resultatet i diagrammen blivit missvisande då en av de intervjuade personerna i en yrkeskategori haft en stark åsikt som skiljt sig från de övriga. Framförallt begränsningen av tiden för examensarbetet begränsade antalet intervjupersoner och studiebesök. Felkällor och kommentarer om intervjufrågor redovisas i kapitel 3.3.

2 Litteraturstudier

2.1 Broar

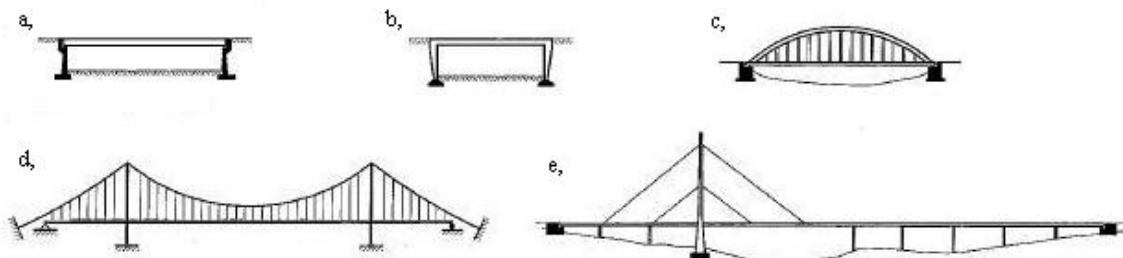
Definitioner

En bro definieras som en konstruktion med en spännvidd större än två meter och som är avsedd att leda trafik över lägre belägna hinder. Det finns många olika varianter av broar och de indelas och uppkallas på nästan lika många sätt. De största indelningsgrupperna är efter trafiken bron ska bära, materialet som bron är uppförd av samt konstruktionens verkningssätt. (Vägverket (a), 1996)

När indelning görs efter vilken sorts trafik som trafikerar bron skiljs det mellan väg- och gatubroar vilka leder biltrafik, järnvägs- och spårvägsbroar vilka leder tåg. Slutligen gång- och cykelbroar som namnet antyder är för fotgängare och cyklister. Självklart finns det kombinationer av ovanstående broar, speciellt i stadsmiljö där vägbroar kombineras med GC-broar. (Vägverket (a), 1996)

Då broar indelas efter materialet som de uppförts med benämns de som aluminiumbroar, betongbroar, stenbroar, stålbroar eller träbroar. Namnet är kopplat till materialet i huvudbärverket för bron, dvs. det material som är bärande för konstruktionen. Då kombinationer av material används benämns bron som samverkansbro. Ett vanligt exempel är en stål balkbro med brobana i betong. Merparten av dagens brobestånd i Sverige är betongbroar. (Vägverket (a), 1996)

När uppdelningen av broar görs utifrån konstruktionens verkningssätt benämns de som balkbroar, rambroar, bågbroar, snedkabelbroar och hängbroar, se figur 1. Ytterligare ett sätt att skilja på broar är att benämna dem som fasta eller rörliga dvs. om bro är öppningsbar eller inte. Det förekommer ett stort antal kombinationer och varianter av de olika broarna. Särskilt gäller detta beträffande material och konstruktionstyp. Detta gör att samma bro kan ha olika benämning beroende på i vilket sammanhang de nämns. En bro kan alltså benämnas vägbro, betongbro eller balkbro. (Vägverket (a), 1996)



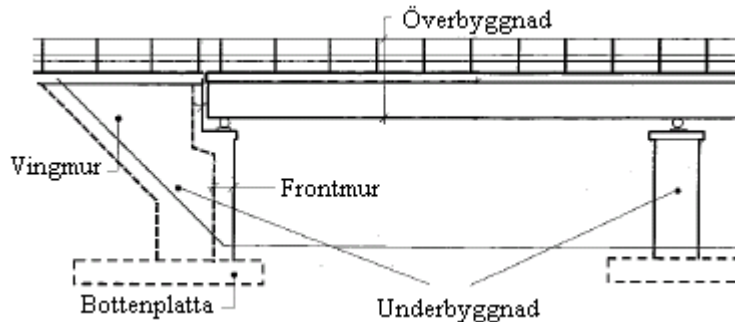
Figur 1 Broar uppdelade efter bärsystem. a) balkbro, b) rambro, c) bågbro, d) hängbro, e) snedkabelbro (Sundqvist, 2005)

Konstruktionsdelar

Uppbyggnaden av en bro delas normalt in i tre delar, grundläggning, underbyggnad och överbyggnad, se figur 2. (Vägverket (c), 2009) Till underbyggnaden räknas alla konstruktionsdelar som behövs för att föra ner lasten från överbyggnaden ner till stabil

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

grund. Överbyggnaden består av huvud- eller primärkonstruktion och sekundärkonstruktion samt särskilda konstruktioner och lager. Huvudkonstruktioner är till exempel balkar i längdriktningen på en balkbro. (Sundqvist, 2005)



Figur 2 Brons huvuddelar (Sundqvist, 2005)

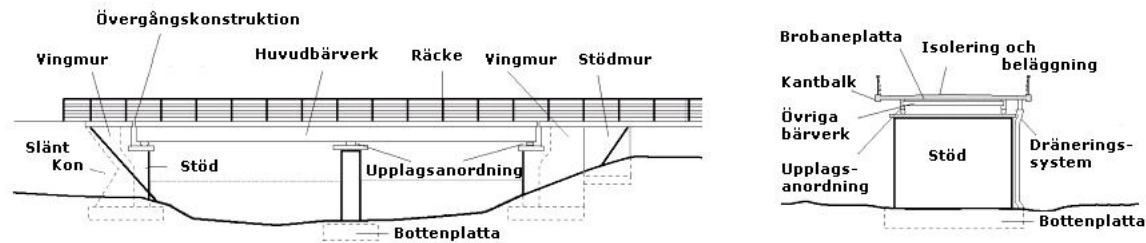
Grundläggning

Det som är nedanför horisontalsnittet som bildas mellan bottenplattan och stödet definieras som grundläggning och dess uppgift är att ta upp laster från underbyggnaden. De konstruktionsdelar som hör till grundläggningen är bland annat bottenplattan, pålar, fyllningsmaterial och spont. Bottenplattans uppgift är att överföra lasterna till marken och pålarna. Pålarna används då marken har dålig bärighet och förstärkning behövs ned till bärkraftig jord eller berg. Fyllningsmaterial med bättre bärighet än ursprunglig jord läggs på som utfyllnadsmaterial efter schaktning. Spont används oftast bara under byggtiden men kan även lämnas kvar och fungerar då som erosionskydd eller bärande element. Permanent spont har dock avsevärd kortare livslängd än övriga konstruktionsdelar på bron. (Vägverket (c), 2009)

Underbyggnad

Till underbyggnaden räknas de konstruktionsdelar som befinner sig mellan grunden och överbyggnaden, se figur 3. Deras uppgift är att föra ned lasterna från överbyggnaden ner till grundläggningen. Definitionen för underbyggnaden kan variera beroende på vilken konstruktionslösning som används för bron. När lager ingår i konstruktionen fungerar dess underkant som gräns mellan över- och underbyggnad. Vid användning av rambroar gjuts oftast ramben och brobaneplattan ihop och det kan vara svårt att urskilja en tydlig gräns. Då används gjutfogen som gräns mellan över och underbyggnad. Då gjutfogen helt saknas används horisontalsnittet som bildas mellan voten och frontmuren. Brobaneplattan förtjockas vid upplag och stöd då spännvidden överstiger 10 meter, detta kallas votning. Det görs för att överföra tvärkrafterna och moment som uppstår. (Vägverket (a), 1996) Till underbyggnaden räknas stödet som har till uppgift att överföra lasterna som uppstår i överbyggnaden ned till bottenplattan. Stöd delas in i frontmur, lagerpall och pelare. Frontmuren gjuts ihop med vingmuren och tillsammans tar de upp laster från överbyggnaden och jordtrycket från vägbanken och för ned dem i bottenplattan. Vingmurens uppgift är främst att avjämna de höjdskillnader som uppstår vid brons ändstöd. (Vägverket (c), 2009) För att vingmurarna inte ska bli allt för dominerande för brons estetik bör de inte vara längre än brons fria spännvidd eller totala brobredd. Stöden utförs antingen som en skiva eller i pelare där lagerpallen är den del på stödet som lagret vilar på. (Vägverket (a), 1996)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 3 Brons beståndsdelar (Vägverket (c), 2009)

Överbyggnad

Överbyggnaden består av huvud- eller primärkonstruktion och sekundärkonstruktion samt särskilda konstruktioner och lager. Alla brodelar ovanför stödet räknas till överbyggnaden, se figur 3. Huvudkonstruktioner är till exempel balkar i längdriktningen på en balkbro och sekundärkonstruktionen i en balkbro är brobaneplattan. För en plattbro är brobaneplattan primärkonstruktionen. (Sundquist, 2005) Upplagsanordningen för bron är oftast någon form av lager. Deras uppgift är att överföra krafterna mellan över- och underbyggnaden samt att ge möjlighet för bron att röra sig i längdled och sidled. Det finns olika varianter på lager, exempelvis rullager, glidelement, kalottlager samt armerade gummilager. (Banverket (b), 2009) Ett armerat gummilager består av flera gummiskikt som vulkaniserats ihop med mellanliggande stålplattor. (Vägverket (c), 2009) En övergångskonstruktion finns i överbyggnaden för att täcka skarvar mellan de olika delarna av överbyggnaden. Övergångskonstruktionen ska även kunna ta upp längd och vinkelrörelser som uppstår mellan olika delar av överbyggnaden eller mellan över- och underbyggnaden. Den ska även skydda underliggande konstruktionsdelar från exempelvis sand och saltvatten. (Banverket (b), 2009) I överbyggnaden finns även andra särskilda element som behövs för trafiken samt brons beständighet. Trafikelement är broräcke, belysning och vägmärken etc. Avlopp för dagvatten finns i överbyggnaden i form av ytavlopp och grundavlopp. (Sundqvist, 2005) Om tätskiktet på överbyggnaden består av asfaltmastix måste gasutlopp anordnas då det finns risk för gasbildning under tätskiktet. (Banverket (b), 2009)

Brotyper

Rambroar

Den vanligaste brotypen i Sverige är rambroar i armerad betong och cirka hälften av Vägverkets broar är just rambroar. Denna bro kan utföras som antingen plattrambroar eller balkrambroar. (Vägverket (c), 2009) Rambroar förekommer oftast som enspannsbroar. För dessa spann är den lösnammaste varianten plattrambro då den är fördelaktigast vid mindre spannvidder och goda grundläggningsförhållanden. (Vägverket (a), 1996)

Plattrambroar

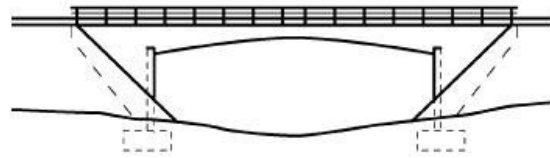
Denna variant av rambro utmärker sig med att brobaneplattan är fast ingjuten och inspänd i brons frontmur, kallat ramben, och dessa i sin tur står på bottenplattorna, se figur 4. (Vägverket (c), 2009) Plattrambroar är vanligast som slakarmerade betongbroar i ett spann och med spannvidder på 20-25 meter. De kan även utföras spännarmerade och då kan spannvidden ökas till 35 meter. (Vägverket (a), 1996) Brobaneplattan gjuts i regel som en enhet och bron är lämplig att använda vid överfarter av mindre vägar med små krav på den

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

fria höjden. Vid dålig bärighet och svåra grundläggningsförhållanden samt korta spännvidder utförs bron som sluten ram, d.v.s. att en hel bottenplatta gjuts. Rambenen bör vara lika höga för att undvika för stora påkänningar på konstruktionen. Fyllnaden mot bron avser med jordtryck att hålla emot de laster som uppstår på brobaneplattan via rambenen och frontmuren. Det är därför viktigt att motfyllningen görs direkt mot baksidan av frontmuren. Brobaneplattan votas vid upplag och stöd då spännvidden överstiger 10 meter. (Vägverket (a), 1996)



Figur 4 Plattrambro (Vägverket (c), 2009)



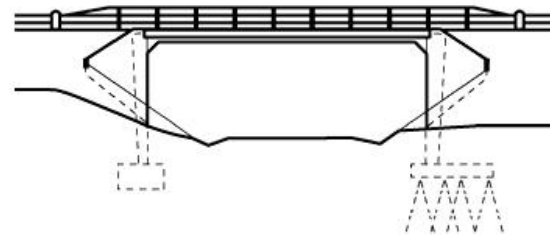
Balkrambroar

Genom att utföra bron som balkrambro uppnås större spännvidder än med plattrambroar, skillnaden är en större konstruktionshöjd för en balkrambro, se figur 5. Denna typ av rambro är dock inte så vanlig idag utan har vid kortare spännvidder ersatts av plattrambroar samt vid längre ersatts av balkbroar. (Vägverket (a), 1996)

Principen för balkrambro är att huvudbalkarna fortsätter ner över frontmuren och stöden där den ersätter vingmurarna. Rambenen och brobaneplattan gjuts ihop och konstruktionen blir stabil i tvärled. Brobanebalkarna utförs antingen med en konstant konstruktionshöjd eller med voter vid upplagen eller stöden. En balkrambro som spännarmeras kan nå upp till 50 meter i ett spann. (Vägverket (c), 2009)



Figur 5 Balkrambro (Vägverket (c), 2009)



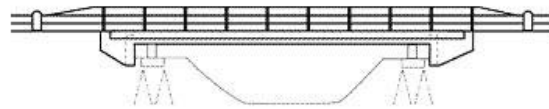
Plattbroar

En plattbro består av som namnet antyder en platta i betong, se figur 6. Vanligaste utförandet är som slakarmerad i ett spann med spännvidder upp till 18 meter. Sträcker bron över flera spann kan spännvidden ökas upp till 25 meter. Även denna bro kan utföras som

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

spännarmerad med spännvidder på 35 meter, det är dock inte så vanligt. Vid spännvidder över 18 meter uppstår det dock svårigheter med plattans egentyngd i kombination med permanenta laster och plattan måste utformas som ribbalkar eller med ursparningar. (Vägverket (a), 1996)

Plattbrons stora fördel är att den erfordrar väldigt låg konstruktionshöjd. (Vägverket (a), 1996) Den byggs som fritt upplagd eller kontinuerlig med en överbyggnad på plattan. Den har konstant tjocklek och är upplagd på landfästen eller stöd. (Vägverket (c), 2009)



Figur 6 Plattbro (Vägverket (c), 2009)

En annan variant av plattbro är den så kallade snedbeningen som är en kontinuerlig platta i tre spann med lutande mellanstöd, se figur 7. Denna konstruktion kräver en mycket god grundläggning för att kunna användas då horisontalkrafterna blir stora från de lutande stöden. (Vägverket (a), 1996) Snedbeningen kan även utformas som balkbro.



Figur 7 Snedbening, balkbro (Vägverket (c), 2009)

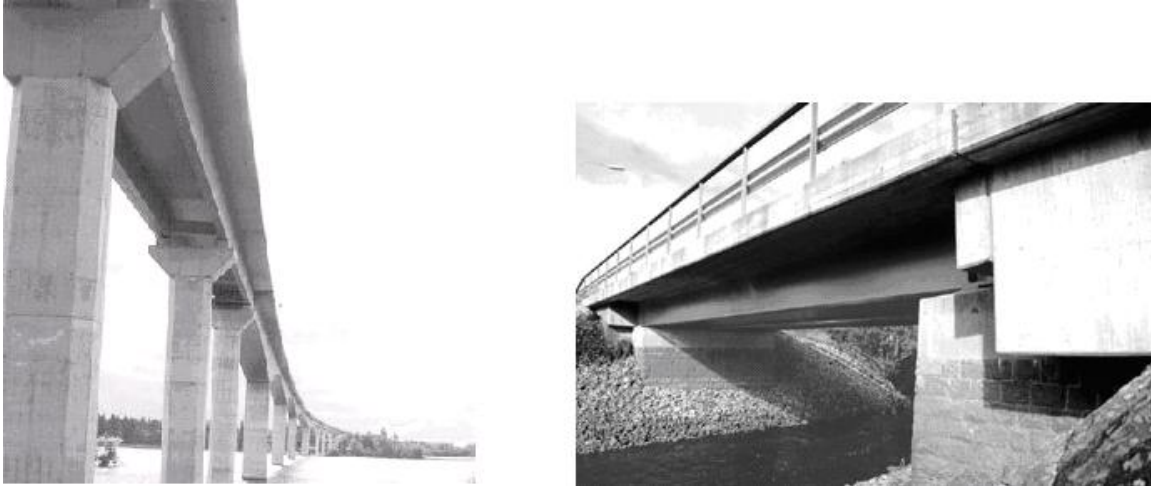
Balkbroar

Det som är karakteristisk för en balkbro är att den har bärande huvudbalkar i antingen betong eller stål. Dess lämplighet är som störst vid spännvidder över 18 meter och uppåt per spann och balkbron byggs som antingen fritt upplagd eller kontinuerlig. (Vägverket (c), 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Betongbalkbroar

Balkbroar som tillverkas i betong benämns betongbalkbroar och har bärande huvudbalkar i betong, se figur 8. Betongbalkbroar kan utföras som slak eller spännarmerade beroende på spännvidden. Slakarmerade broar görs upp till 20 meter, för spännarmerade balkar kan spännvidder över 20 meter överbyggas. Valet av slak- eller spännarmerade balkar beror på vilken konstruktionshöjd som kan tillåtas. Betongbalkarna kräver normalt en hög konstruktionshöjd och det är ekonomiskt och tekniskt lönsamt om det finns utrymme för detta. Höga balkar kan ge bron ett klumpigt utseende. (Vägverket (a), 1996)



Figur 8 T.v. betongbalkbro. T.h. stålbro. (Vägverket (c), 2009)

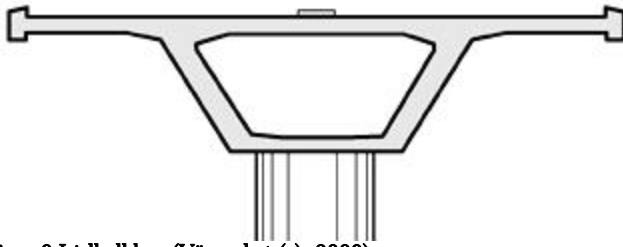
Stålbalkbroar

Stålbalkbroars främsta användningsområde är över vattendrag, se figur 8. Då används metoden med lansering som innebär att huvudbalkarna av stål skjuts från ena landfästet ut över vattendraget, på så sätt undviks ställningar. Stålbalkarna kan även lyftas på plats med kran. Eftersom priset på stål är högt utförs oftast stålbroar med en broanaplatta av betong som samverkar med stålbroarna via studs som sticker upp från stålbroarna. Broanaplattan av betong kan antingen platsgutas eller prefabriceras, dock så måste båda gutas samman på plats med studsarna från stålbroarna. En broanaplatta av stål är endast aktuellt då brons vikt måste hållas nere. Normalt utgör priset för stålet 30-40 % av den totala brokostnaden. En fördel med stålbroar är att produktionstiden förkortas eftersom det snabbt blir en hållfast konstruktion. Dock är stålbroar extra känsliga för påkörning och därför måste de ha en högre frigång än betongbroar. (Vägverket (a), 1996)

Lådbalkbroar

Vid stora spännvidder eller där låg konstruktionshöjd erfordras kan betongbroar utformas som lådbalkbroar, även kallad konsolbroar, se figur 9. Bron utförs som lådsektioner, därav namnet. Brotypen är även fördelaktig att använda då överbyggnaden utsätts för stora vridande moment, exempelvis enpelarbroar och starkt krökta broar. Lådbalkbroar används främst vid stora spännvidder mellan 90-200 meter och den byggs utan fasta ställningar. (Vägverket (a), 1996)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 9 Lådbalkbro (Vägverket (c), 2009)

Prefabricerade betongbroar

Genom att prefabricera vissa broelement av betong i fabrik förkortas produktionstiden på arbetsplatsen. Detta är främst fördelaktigt vid byggnation vid befintlig väg eller järnväg. (Vägverket (a), 1996) Med prefabricerade broar begränsas alltså trafikstörningarna. Det medför oftast att den tid som en väg behöver vara helt eller delvis avstängd minskar samt att brukarna slipper omvägar eller förseningar. Vid brobyggande över järnväg räcker det oftast med en hastighetssänkning för tåget förbi själva arbetsplatsen istället för tågstopp. (Betongvaruindustrin (b), 2009) En annan positiv effekt är ett i princip ställningsfritt byggande och därmed minskade störning av omgivningen. (Vägverket (a), 1996)

Prefabricerade balkbroar

Prefabricerade balkar har använts vid brobyggande i Sverige med spännvidder mellan 6-35 meter. Balkarnas höjd varierar mellan 700-1650 mm beroende på spännvidd. Balkbroar uppförs med balkar på bestämt centrumavstånd med kvarsittande form som monteras på balkarnas ovansida, se figur 10. Balkarna vilar på armerade gummilager och när allt är monterat gjuts farbanan på plats. (Betongvaruindustrin (b), 2009)



Figur 10 Prefabricerade betongbalkar till NCC Bron (fotograf, Lars Lindeberg)

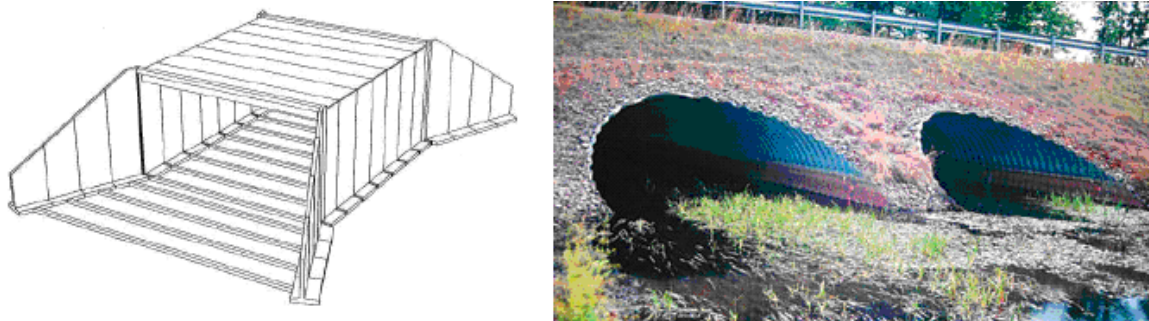
Vid förtillverkning av betongelement i fabrik minskar tiden som arbetsstyrkan befinner sig i farlig trafikmiljö som oftast råder vid brobyggande. Det är en stor fördel ur säkerhetssynpunkt. Dessutom kan säkerhetsutrustning såsom broräcken integreras vid tillverkningen och det gagnar arbetarnas säkerhet ytterligare. (Betongvaruindustrin (b), 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Vid goda grundförhållanden kan broarna göras helt prefabricerade med däck, mellanstöd, ändstöd samt ändskärmar vilket påskyndar produktionen ytterligare. Vid förtillverkning kan kantbalkar och brobanepattan förberedas med räcken och håltagningar för exempelvis grund- och ytavlopp. (Vägverket (a), 1996)

Gång- och cykeltunnlar samt vägportar

Det är vanligt att gång- och cykeltunnlar tillverkas i helt prefabricerade betongelement. Dessa tunnlar har normalt en spännvidd upp till 6 meter och en fri höjd upp till 3,5 meter, se figur 11. Genom att öka spännvidden och höjden på tunneln kan den användas som vägport för motortrafik. Då ökas den fria höjden till 4,7 meter samt spännvidden upp till 16 meter. Redan på fabrik gjuts de armeringar och kopplingslådor som kan förekomma, även håltagningar för broräcke kan med fördel göras i förväg. När tunneln är färdigmonterad blåstras och isoleras den, därefter utförs överbyggnaden direkt på prefabdäcket. För att variera utseendet på tunneln så modifieras ving- och frontmuren med olika form och karaktär. (Betongvaruindustrin (b), 2009)



Figur 11 T.v. GC-tunnel. (Strängbetong, 2009) T.h. rörbro av korrugerad plåt (Vägverket (c), 2009)

Rörbroar

Som namnet antyder består denna prefabteknik av valvformade betongelement. Detta system kan användas för både gång- och cykeltrafik samt vattendrag. Genom att sammanfoga och kombinera olika element uppnås den öppningsarea som önskas. Rörbroar kräver en större överfyllnad då de fungerar i samverkar med omkringliggande jord och det gör att bron oftast används vid bankar. (Betongvaruindustrin (b), 2009) Rörbroar klarar en överfyllnad upp till sex meter och det är viktigt att de grundläggs tjälfrött. (Vägverket (a), 1996) Innan återfyllning blåstras och isoleras skarvarna mellan elementen. (Betongvaruindustrin (b), 2009) Rörbroar kan även utföras med valsade korrugerade plåtar, se figur 11. (Vägverket (a), 1996)

Förspända däck

För att öka spännvidder på broar och samtidigt hålla en låg konstruktionshöjd kan brodäck förspännas. De kan utföras som homogena däck eller om egenvikten skall hållas låg utförs de som håldäck, se figur 12. Det främsta användningsområdet för dessa är över väg, järnväg eller vid renovering av gamla broar. Fördelar med förspända däck är att bron får låg konstruktionshöjd och därmed minskas också tillfartsbankerna jämfört med platsgjutna konstruktioner. (Betongvaruindustrin (b), 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 12 Montage av prefabricerad betongbro med förspända håldäckplattor (fotograf, Lars Lindeberg)

Bågbro

Bågbro är idag ovanlig vid nybyggnation då den blivit utkonkurrerad av enklare och billigare brotyper. Den var förr väldigt populär att använda vid spännvidder över 60 meter och bågen utfördes då i antingen armerad betong, stål eller en kombination av de båda. En bågbro väljs idag endast för sin karaktäristiska utseende då estetik är av betydelse. (Vägverket (a), 1996) Den största lasten upptas genom tryck i bågen och endast en liten del tas upp genom böjning i en bågbro. Det finns olika varianter på en bågbro beroende på var farbanan placeras, se figur 13. Har bron en överliggande båge hålls brobanaplattan av hängstag som är förankrade i bågen. (Vägverket (c), 2009)



Figur 13 Bågbro (Vägverket (c), 2009)



Snedkabelbro

Den snedkabelbro som i Sverige är mest känd är Öresundsbron och inom spännviddsområdet 100-500 meter är snedkabelbron den mest förekommande brotypen. En snedkabelbro består av tre huvuddelar, kablar, pyloner och förstärkningsbalk, se figur 14. Brobanan bärs av stälkablarna i sin tur är spända i pylonerna av betong. Brobanaplattan kan även den utföras i betong eller i samverkan med stål, så kallad samverkanskonstruktion. Den stora fördelen med snedkabelbroar är att de byggs utan ställning och att den hela tiden är självbärande, även under produktionen. Detta beror av att kablarna upptar de horisontella krafterna i systemet till pylonerna så att enbart vertikala laster uppstår. (Vägverket (a), 1996)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 14 Stonecutters Bridge, Hongkong, spännvidd 1018 meter (Highway department, Hong Kong, 2009)

Hängbro

Hängbroar påminner om snedkabelbroar i sin utformning då de består av kablar, pyloner samt en förstyrningsbalk, se figur 15. Därutöver består hängbron av ett ankarblock som förankrar huvudkablarna samt vertikala hängare som binder samman förstyrningsbalken och huvudkabeln. Hängbroar är lämpligast att använda vid spännvidder över 500 meter. (Vägverket (a), 1996) Krafterna i hängbroar tas upp med drag i huvudkabeln som hänger på pylonerna och sedan överförs till ankarblocken i marken. (Vägverket (c), 2009)



Figur 15 Høga kysten bron, spännvidd 1210 meter (Härnösands kommun, 2009)

2.2 Prefabricerade betongprodukter

Potentialen att bygga mer resurssnålt är stor, studier visar på att ca en tredjedel av projektens produktionskostnad är slöseri. Av det är ca 10 % fel och kontroller, drygt 10 % är väntan, stillastående maskiner och materialspill. Resterande del, ca 12 %, är knutet till arbetsrelaterade skador och sjukdomar. Reaktionen då detta presenteras för olika entreprenörer är stor skepsis mot resultatet. Men de projektgrupper som fått ta del av resultatet medger att det kanske är så illa efter att de granskat sin egen verksamhet. Anledningen till slöseriet är bland annat att branschen saknar kundfokus. Kunderna får vad de betalar för men det är ofta onödigt dyrt. (Josephson & Saukkoriipi, 2005)

Ett sätt att minska slöserierna i branschen är att sträva efter ett industriellt byggande och att låta kunden vara i fokus. Planering, projektering och samarbete måste förbättras samt logistik och inköp måste finnas med i processen från början. Standardiserade byggmetoder och tekniskt plattformstänkande bör användas i största möjliga mån. Arbetet på plats bör fokuseras till att montera förädlade komponenter med hög kvalitet. Med prefabricering flyttas produktionen från en provisorisk etablerad arbetsplats till fast industri. Arbetet sker i en väderskyddad miljö och med standardiserade byggmetoder vilket minskar risken för arbetsplatsolyckor. Om samproduktion sker med flera projekt ges skaleffekter. (Betongvaruindustrin (b), 2009) Inom brobyggnad menas att komponenter som till exempel balkar och plattor gjuts i fabrik istället för att formas och gjutas på plats.

Kvaliteten som ges på byggnader och byggnadsverk är starkt knutet till projekterings- och planeringsskedet. Samband finns mellan komponentkvalitet, system och byggdelar. I prefabindustrin är kvalitetsmedvetenheten hög. Det gäller inte bara betongelementskvaliteten utan även produktionsteknik och miljöpåverkan. (Betongvaruindustrin (b), 2009)

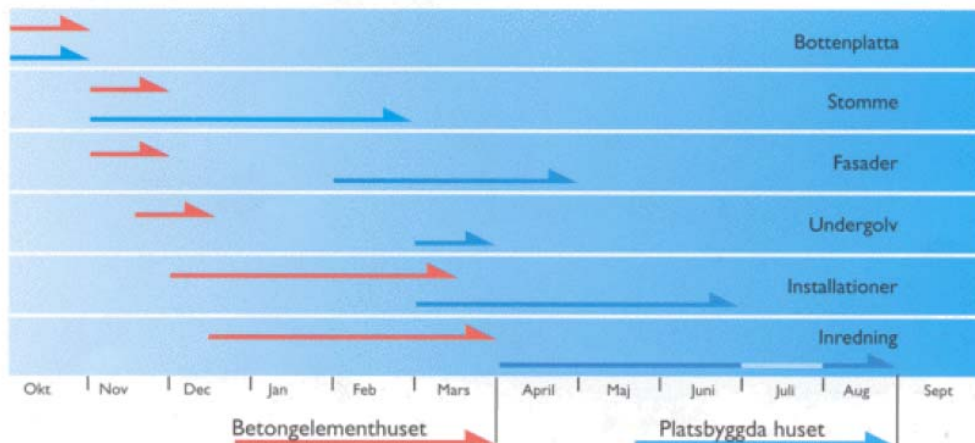


Diagram 1 Jämförelse produktionstid, husbyggnad (Betongvaruindustrin (a), 2009)

Leverera kompletta system som är statiskt stabila med hög måttkvalitet är i stora drag affärsidén i prefabindustrin. Används prefabricerade produkter ökar produktiviteten på byggarbetsplatserna vilket i sin tur ger kortare byggtider, se diagram 1. Med andra ord tas inte bara arbetet med gjutningen bort utan processen blir effektivare. Arbetsplatspersonalen kan minskas vilket gör att omkostnaderna på arbetsplatsen sänks. Utnyttjas metodiken genom hela projektet uppnås påtagliga ekonomiska fördelar genom att samverka

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

prefabelementen med utrymmen för installationer. Då byggtiden förkortas sänks räntekostnaderna där stora vinster kan göras, se diagram 2. Om en högre kvalitet fås på betongelementen och systemet innebär det att projektets livstidskostnader minskar. Vid jämförelsekalkyler är det viktigt att se på totalkostnaden, inte bara de direkta produktionskostnaderna utan även arbetsplatsomkostnader. Dessa omkostnader är bland annat personal, bodar, el, vatten, säkerhetssystem och byggavfall. (Betongvaruindustrin (b), 2009)

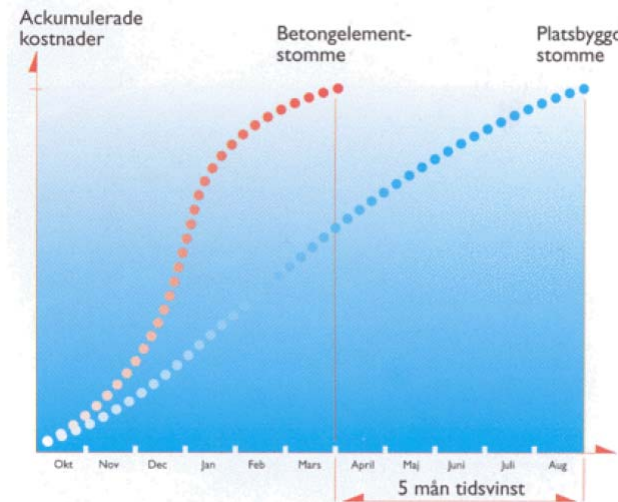


Diagram 2 Jämförelse kostnad-tid, husbyggnad (Betongvaruindustrin (a), 2009)

Plattformar tågstationer

Utveckling inom prefabindustrin sker successivt. Många olika parter använder sig mer och mer av prefabricerad betong och det kan löna sig att öka prefabriceringsgraden även i andra produkter än broar. I Skåne ska fler än 50 stycken tågstationer byggas om fram till 2011 för att klara av den ökande tågtrafiken. Den tuffa tidplanen har tvingat fram ett effektivare sätt att bygga plattformar. Det traditionella sättet att bygga plattformar är med L-stödmurar. Mellan L-stöden fylls grusmaterial och sedan asfalteras en slityta. (Betongvaruindustrin (a), 2009)

Det nya systemet innebär att grus och asfalt fasas ur som byggmaterial och endast prefabelement av betong används. Den nya perrongkonstruktionen är en ihålig betonglåda där de bärande väggarna består av T-formade stödelement. Ovanpå stödelementen läggs betongskivor som i fabrik utrustats med infästningar för belysningsstolpar och ledstråk för synskadade vilket minimerar arbetsmomenten på plats. Konceptet gör att byggprocessen blir mer industrialiserad och skapar förutsättningar för uppköp av plattformselement i större serier. Tidsvinsterna är stora och med det nya systemet beräknas 100 meter plattform ta 5-6 dagar att bygga istället för det gamla systemet som tog ca 3 veckor att färdigställa. Byggkostnaderna för detta projekt minskar med ca 20 % enligt Banverkets kalkyler. Resenärerna gör också vinster vid ombyggnad av plattformarna. Då byggtiden är kortare blir störningarna färre, från ca femton tillfällen a´ 6-8 timmar till fem tillfällen. Förhoppningsvis går byggprocessen mot att trafikstörningar helt uteblir. (Betongvaruindustrin (a), 2009)

2.3 Prefabricerade broar

Brobyggandet i olika länder skiljer sig åt och fördelning mellan prefabricerad och platsbyggd broproduktion varierar kraftigt. I vissa länder används prefabricerade broar i hög utsträckning och i vissa länder, till exempel Sverige, är detta väldigt ovanligt. De länder i Europa som använder sig av prefabricerade broar i hög utsträckning är Belgien, Nederländerna, Spanien, Italien och Storbritannien. I vissa stater i USA är det också väldigt vanligt med prefab. (FIB, 2004)

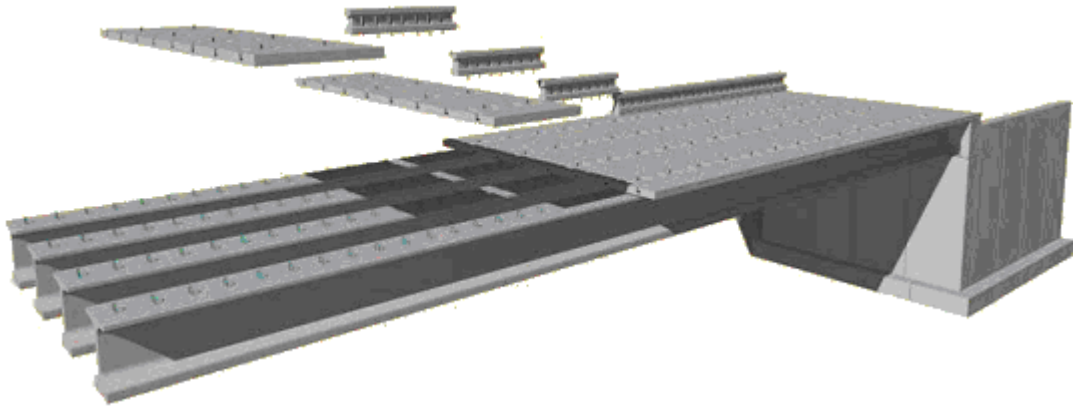
Historisk utveckling

Utvecklingen av prefabbroar har sin begynnelse långt bak i tiden. I de mest utvecklade länderna finns broar från 1930-talet där prefabsystem har använts. Prefabbroar hade sitt stora genombrott runt 50- och 60-talen då biltrafiken ökade kraftigt och behov av många nya broar uppkom. Samtidigt utvecklades systemet med förspänd armering i betongelement vilket gav möjlighet till slankare och längre prefabsystem. I de flesta länder där utvecklingen med prefabricerade broar har kommit långt har det skett i ett samarbete mellan prefabindustrin och myndigheterna. Utveckling har gått mot att kompletta prefabelement för överbyggnaden tillverkas för att slippa så mycket arbete på plats som möjligt. Det började med olika typer av balkbroar med platsgjuten brobana och gick sedan över till kompletta system med lädbalkar. Segmentbroar är en typ av lädbalkbro där hela brosegment med balk och däck monteras ihop och hålls samman med tvärgående vajrar, se figur 16. Lädbalkbroar byggs antingen som en stor balk eller med flera mindre balkar bredvid varandra. Samverkansbroar utförs med ett brodäck av betongelement som läggs på stålbalkar där de förankras för att ge samverkan, se figur 17. Dagens utveckling går mot mer estetiskt tilltalande system och att prefabtillverkaren är ansvarig för hela systemet. De senaste 15 åren har en utveckling mot svängda prefabbroar gjorts. I Spanien, Nederländerna och Storbritannien används lädbalkar med en svängningsradie ner till 120 meter. Prefabtillverkaren har i många länder stor roll i bestämmandet av brotyp till skillnad mot i Sverige där det vanligaste är att beställaren bestämmer hur bron ska gestaltas. Ofta är det prefabtillverkarna som har drivit utvecklingen och visat för beställarna vad de kan producera. Men det är också vanligt förekommande med samarbeten mellan beställare, prefabtillverkare och entreprenörer. (FIB, 2004)



Figur 16 Segmentbro av lädbalkar (Strängbetong, 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 17 Samverkansbro (Strängbetong, 2009)

Teknisk utveckling i olika länder

Fram till omkring 1975-85 tillverkades broar med produktionskostnaden som den viktigaste parametern. Med vägsaltets införande och skadorna det medförde på vägar och broar utvecklades dimensioneringen och ett livstidsperspektiv beaktades. Att tillverka betongelement i fabrik ger större möjlighet att säkerställa betongkvaliteten, vilket är en uppenbar fördel. Erfarenhetsmässigt klarar sig prefabbroar i många länder bättre än platsgjutna. (FIB, 2004)

I Spanien har konkurrensen varit hård med den platsgjutna produktionen vilket har lett till väldigt komplexa prefabsystem. Varianter som framtagits är bland annat sammanhängande lädbalksystem med spann upp till 90 meter och snedkabelbroar med spann upp till 260 meter. Utveckling i Tyskland har lett till balkelement som förspänns för att klara transport och sedan efterspänns på plats för att göra elementen sammanhängande. I Belgien tog utvecklingen fart runt 1966 då en utbyggnad av motorvägnätet skulle göras. Både myndigheter och prefabindustrin trodde på att utveckla ett standardiserat brosystem i betong. Ett system med förspända prefabricerade betongbalkar togs fram och de belgiska myndigheterna tog ansvaret att konstruera alla nya prefabbroar med det framtagna systemet. (FIB, 2004)

Holland är ett av de länder i Europa som kommit längst i utvecklingen av prefabbroar. Consolis är ett ledande företag i Europa med ca 130 fabriker fördelade i 25 länder som står för en stor del av utvecklingen. I Consolisgruppen ingår den svenska prefabtillverkaren Strängbetong. I Holland har de genom systerbolaget Spannbeton utvecklat 54 meter långa lädbalkar och är på väg mot längder på 60 meter. Holländarna har även kommit långt i utvecklingen med både krökta balkar och estetiskt tilltalande broar, se figur 18. (Strängbetong, 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 18 T.v. Krökt lädbalk, Holland. T.h. Utsmyckad kantbalk, Holland. (Strängbetong, 2009)

I Kanada, Frankrike och Tyskland byggs mellan 5-20% av alla broar i prefab. När TGV, Frankrikes höghastighetståg, började rulla på landets järnvägar bjöd SNCF, franska statens järnvägar, in entreprenörer och prefabtillverkare för att de tillsammans skulle bidra till ett bättre järnvägsnät i Frankrike. Detta med utsikten att minska kostnaderna för utbyggnaden bland annat genom standardiserade brosystem. 1996 beslöt SNCF efter att ha studerat ca 30 olika konstruktionsförslag att använda sig av en sammanhängande järnvägsbro med förspända prefabbalkar. Utmattningstester gjordes för att se om balkarna klarade kravet på 100 år vilket de gjorde. Detta har varit en stor bidragande orsak till Frankrikes utveckling av prefabelement. (FIB, 2004)

I Storbritannien hade regeringen stort inflytande på att prefabtillverkarna skulle använda spännarmeringssystem då det var ont om stål i landet på mitten av 1900-talet. I USA utvecklades standardtvärsektioner för betongbalkar av bland andra AASHO (American Association of State Highway Officials). Regelbundet användande av prefabsystem vid brobyggnad började förmodligen i Storbritannien 1948 och i USA byggdes den första prefabbron i Tennessee 1950. På 60-talet låg de spännarmerade balkarna på längder upp till 35 meter vilket har utvecklats till längder i dag på 50-60 meter. (FIB, 2004)

Fördelar och nackdelar med prefabbroar

Prefabbroar är mycket användbara då formsättning vid platsgjutna broar är problematisk, kostsam eller då byggtiden måste minimeras. Det kan exempelvis vara vid järnvägar, vid vattendrag, kanaler eller vid vägar som är i bruk. Prefabricering och industriellt byggande har många fördelar gentemot det traditionella platsgjutna byggandet. Fördelarna är bland annat konstant inomhusmiljö, skyddad från ogynnsamma väderförhållanden, en säkerställd betongkvalitet, lättare att skapa fina ytor, former och dimensioner och samtidigt få ut det optimala från varje element. Arbetsmiljömässigt finns stora fördelar med ergonomiska arbetsställningar, lyfthjälpmiddel och bra temperaturförhållanden. Produktionstiden blir

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

kortare eftersom tiden att bygga formställning samt andra förberedande åtgärder på plats försvinner. Härdningen för elementen sker i anslutning till fabriken och de har då rätt hållfasthet när de levereras. De flesta broprojekt är enkla och mindre där tidsaspekten och en minimal störning av befintlig trafik är viktiga parametrar. Därför är det av stort intresse att använda prefabteknik vid dessa projekt. I Sverige och Skandinavien är det sällsynt med prefabbroar trots eller på grund av klimatet. Det kalla och ogynnsamma vädret ger ofta en problematisk byggprocess där det rent logiskt borde vara en fördel att använda prefabsystem. (FIB, 2004)

Nackdelar med prefab är att det kan krävas åtgärder på plats med tillfartsvägar och uppställningsplatser för mobilkranar som kan vara kostsamma, tidskrävande och även påverka miljön. Vanliga motsättningar mot prefabricerade broar är att de är enkla och fula. Under den första eran som prefabbroar byggdes var de väldigt enkla broar även om det var flera spann. Detta medförde komfortproblem vid skarvarna varför det numera oftast byggs sammanhängande. Antingen är endast brodeckat sammanhängande eller är hela överbyggnaden sammanhängande. Många skarvar mellan elementen ger dålig vägkomfort och kort livslängd. (FIB, 2004)

NCC Bron

Fördelarna med NCC Bron har varit att ett snabbt montage kunnat ske över järnväg. Erfarenhet visar att det tar 6-10 timmar att montera beroende på om tillfälliga avbrott för att släppa fram tåg behövs. Formställning i slanter, över spår och vattendrag kan undvikas och arbetet blir snabbt och smidigt. (NCC (a) 2009)

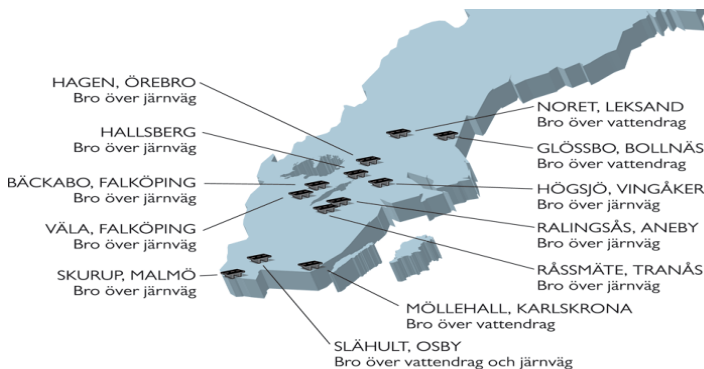


Figur 19 NCC Bron, reklambroschyr 1993 (NCC (b), 1993)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Bakgrund

På begäran av NCCs interna Affärs- och Teknikutvecklingsenhetens påbörjades ett utvecklingsarbete för att skapa en NCC-unik bro i prefabricerad betong. Bron kallades "NCC Bron", se figur 19. NCC Teknik i Malmö utförde arbetet med ledning av en styrgrupp från anläggningsavdelningarna och NCC Prefab. Samtidigt utfördes en upprustning av järnvägsnätet med förbättring av stambanorna som följd. För att möjliggöra snabbare tågförbindelser med X 2000-tågen skulle ett flertal planskiljda korsningar byggas. NCC Bron skulle enligt önskemål från Banverket vara lämplig för montage över järnvägsspår med så få störningar som möjligt. (NCC (a) 2009) Mellan 1993 och 2000 byggdes 12 stycken NCC broar, se figur 20. (NCC (c) 2009)



Figur 20 Sverigekarta över byggda NCC Broar (NCC (c), 2009)

Byggda NCC broar

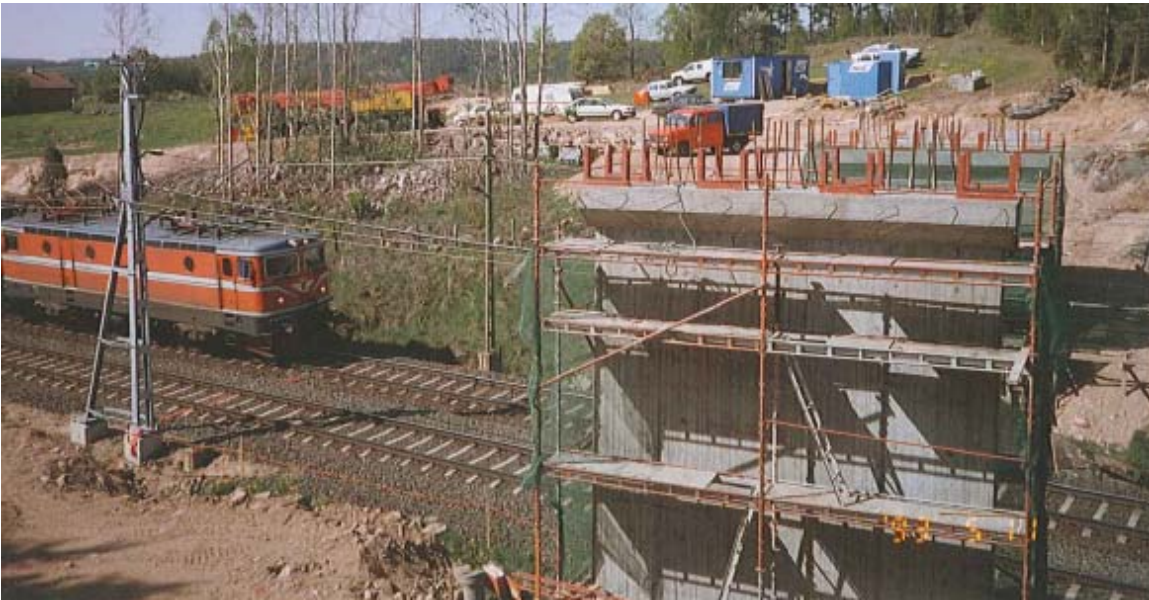
Varje byggd bro är unik och fullständigt projekterad med ca 10-15 konstruktionsritningar per bro. Samtliga krav enligt dåvarande bronorm är uppfyllda och varje bro är levererad till byggherren enligt gällande regelverk. (NCC (a) 2009) Banverket och Vägverket har varit beställare av samtliga NCC broar. Banverket har beställt fem stycken och Vägverket har beställt sju. (NCC (c) 2009) I några av fallen har byggherren krävt en bro i prefab och vid de andra har förslagsritningen inte alltid varit anpassad för prefab. Broarnas spännvidder och brobredder är anpassade för att ge minimala betong- och armeringsmängder. Projekteringsarbetet är förhållandevis omfattande, framförallt vid de sneda broarna eller broarna där skevningen varierade. Ofta fanns begränsningar i projekteringen i form av konstruktionshöjd vilket gav hårt armerade balkar. Balkarna är överhöjda vilket ofta kvarstår efter färdigställande. Det största problemet var fogarna, då brobanaplattan skulle utformas kontinuerlig över mellanstöd. Regeln (12.14) togs bort ur Bro 2004 i februari 2008. Balktillverkning med högpresterande betong har undersöks men på grund av armeringens utrymmesbehov minskar inte betongdimensionerna. Spännarmerade betongelement är ett intressant alternativ som inte undersökts för NCC Bron. (NCC (a) 2009)

Produktionsmetoder och problem

Tillverkningen av balkar och plattbärlag har skett både i fabrik och i tillfälliga fältfabriker på plats. Underbyggnaden har alltid varit platsgjuten liksom delar av överbyggnaden, se figur 21. Problem med körbar väg och lämplig placering av mobilkran har varit återkommande samt begränsning av elementens maximala vikt till 26 ton på grund av mobilkranens lyftkapacitet. Vid uppläggning av primärbalkarna krävs stor precision för att få korrekt

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

anläggning mot gummilagren. Armeringsuppsticken från kantbalkarna som bockas ner i brobaneplattan har upplevts som besvärande. (NCC (a) 2009)



Figur 21 NCC Bron med temporära upplag på mittstöd Platsguten underbyggnad. (fotograf, Lars Lindeberg)

Interna förslag till framtida utveckling

Vid utveckling av NCC Bron bör projekteringsarbetet förenklas betydligt för att få ner kostnaderna. Spännvidder och brobredder bör standardiseras till ett begränsat antal varianter, även om det ger viss överdimensionering. Byggnationen av bron bör göras med godtagna komponenter som huvudbalkar, grundplatta, stöd för landfäste, mellanstöd, vingmurar, farbaneplatta, lagerdetaljer, fogdetaljer etc. Sneda och svängda broar bör undvikas då de är mindre lämpade för prefab, dock bör en hög flexibilitet eftersträvas och estetiska krav bör också vägas in. Projekteringsarbetet bör begränsas till en sammanställning av färdiga komponenter samt en sammanställning för varje bro individuellt. 3D-projektering bör användas bland annat för att kontrollera konstruktionshöjd. Grundläggningen kommer att variera från bro till bro men möjligen ska färdiga alternativ användas. Erfarenheter från drift- och underhållsskedet har gjorts på sex av broarna 2008. Broarna har åldern 8-15 år. Skador som rapporterats är sprickor vid räckesinfästningar, brister i broräcket och infästningar, samt dålig anläggning på gummilager. Lärdomar av skadorna är att rostfria bultgrupper ska användas och stor noggrannhet vid tillverkning av balkar så att anläggning på gummilager blir rätt. (NCC (a) 2009)

NCC Montagebro

Utvecklingen mot ett ökat prefabbyggnande på NCC tog ett stort steg i mars 2009 då en grupp samlades för att diskutera tidigare erfarenheter och framtida lösningar. Gruppen bestod av platschefer som deltagit vid byggandet av NCC Broar, interna och externa konstruktörer och kalkylatorer. NCC Bron bytte namn till NCC Montagebro™ och systemet skulle utvecklas för att göra NCC konkurrenskraftigare på marknaden.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Interna rekommendationer och slutsatser

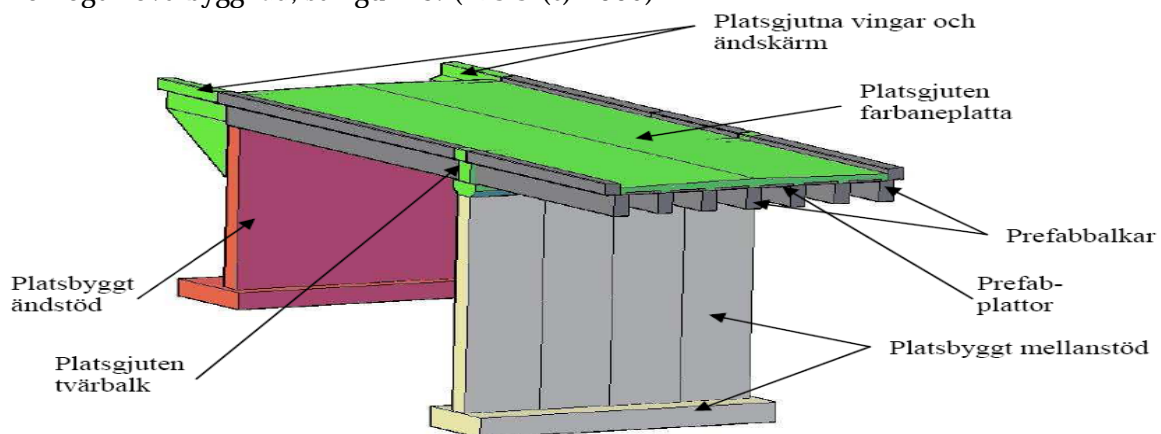
Då armeringslösningen med samverkande plattbärlag är kostsam och besvärlig bör den uteslutas. Underkantsarmering bör monteras med nät och överkantsarmering som rullarmering om möjligt. Fördelar med att montera väderskydd i kantbalkar ska undersökas. Prefabproduktionen bör ske i fabrik och inte i fältfabrik. En standardisering av underbyggnad görs med ILF, iläggingsfärdig armering och standardformar. Om möjligt bör byggandet av NCC Montagebro ske med centralt placerad grupp, PC och montageledare, för att utnyttja erfarenheter och upprepningseffekter. Kalkyljämförelser har gjorts mellan en traditionellt platsgjuten bro och NCC Montagebro och de visar att kostnaden för broarna är likvärdiga. (NCC (g), 2009)



Figur 22 NCC Montagebro, 3-fack (NCC (c), 2009)

Beskrivning av NCC Montagebro

NCC Montagebro är en prefabricerad betongbalkbro, se figur 22. Vid mellanstöd gjuts balkarna ihop till en betongled och vid ändstöden ligger balkarna uppe på gummilager. Kantbalkarna lyfts på plats med broräcke och skyddstak monterat. Fundament och stöd platsbyggs och efter balkar och plattbärlag lagts på plats gjuts farbanaplattan. Vingar, ändskärmar, tvärbalkar och farbanaplattan gjuts ihop och resultatet blir en kontinuerlig och homogen överbyggnad, se figur 23. (NCC (c) 2009)

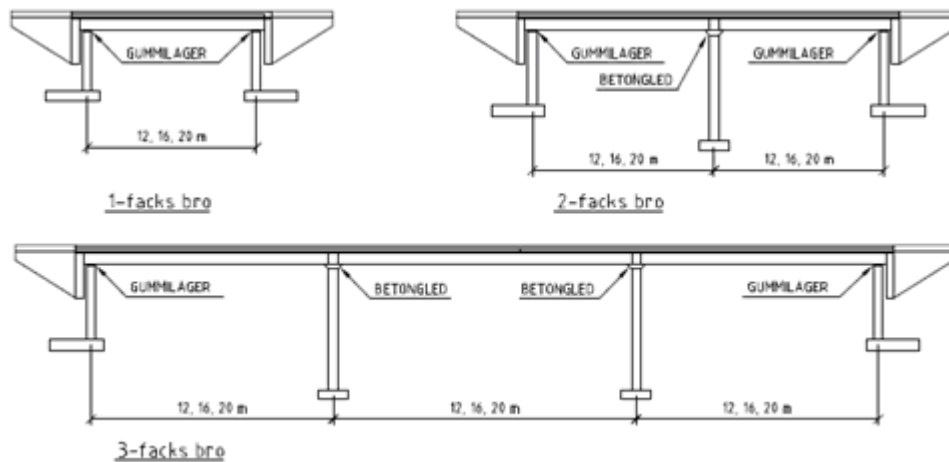


Figur 23 NCC Montagebro, beskrivning av ingående delar (NCC (c), 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Visionen med NCC Montagebro

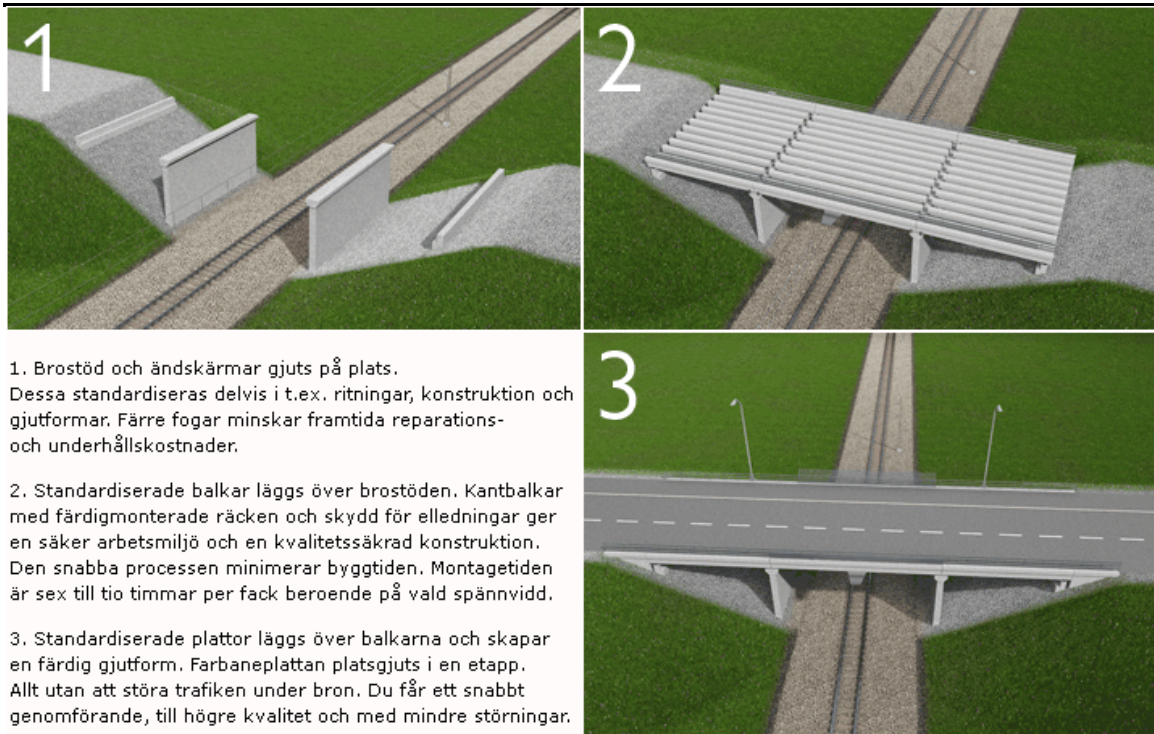
NCC Montagebro ska vara ett konkurrenskraftigt alternativ vid projekt med flertalet liknande järnvägs- och motorvägsbroar eller där det krävs kostsam formställning. Målsättningen vid en utveckling av bron är att uppnå en större standardisering för att minska projekteringskostnader. NCC Montagebro ska bygga på en standardiserad och typgodkänd process med typgodkända standardelement. Standardiseringen ska leda till en snabbare och billigare hantering både i projekterings- och produktionsskedet. (NCC (g), 2009) För att detta skall möjliggöras begränsas antalet fack, längd och brobredd till ett antal standardiserade mått. Balkarnas mått är 12, 16 och 20 meter och en kombination av längderna ger ett stort antal olika broar, se figur 24. (NCC (c) 2009)



Figur 24 NCC Montagebro, principfigur 1-3-facks bro (NCC (c), 2009)

Ytterligare ett led i standardiseringen är ansatsen att bron ska göras rak och att underliggande stöd skall vara vinkelräta mot bronns längdriktning. Avvikelse från detta hanteras genom att bredda och eller förlänga bron för att bibehålla det standardiserade montaget. Eventuell skevning eller bombering (lutning på vägbanan) hanteras genom en utökning av farbanans tjocklek alternativt en kombination med nivåreglering av balkar. Underbyggnaden standardiseras i ritningar och formar. (NCC (c) 2009) Montagebeskrivning redovisas i figur 25.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 25 Montagebeskrivning NCC Montagebro (NCC (c), 2009)

2.4 Konjunktursvängningar

Konjunktoren styr antal prefabbröar, beroende på om vikten ligger vid att sysselsätta mycket folk eller om det är brist på personal. Vid låg sysselsättning byggs platsgjutet för att sysselsätta mer arbetare. (FIB, 2004)

Jämfört med länderna i Europa har Sverige inte kommit långt i utvecklingen av prefabricerade betongbroar. De senaste tio åren har Vägverket byggt ca 35 prefabricerade broar vilket motsvarar knappt 3 % av alla ny- eller ombyggda broar. Banverket har de senaste 20 åren byggt 15 prefabbröar fördelat 14 vägbroar och 1 GC-bro, inga järnvägsbroar har byggts. Det motsvarar ca 8 % av Banverkets väg- och GC-broar men räknas järnvägsbroarna med så motsvarar det ca 1 %. (Vägverket (c), 2009)

Räknat på de sista 10 åren bygger idag Vägverket i genomsnitt omkring 175 broar årligen och Banverket ca 20 broar årligen. I och med regeringsskiftet och den ekonomiska krisen i början på 90-talet gjordes stora satsningar på infrastrukturen och brobyggandet ökade kraftigt. Även under den rådande ekonomiska krisen har stora satsningar gjorts. Enligt budgetpropositionen för 2010 satsas 10 mdkr på närtidssatsningar och 1 mdkr extra på underhåll som en direkt åtgärd för infrastruktur och sysselsättning. (Näringsdepartementet (a), 2009) EU satsar 500 miljoner euro på infrastruktur och Sverige får ta del av 22,2 miljoner euro som fördelas med 16,3 på partihallsförbindelsen i Göteborg och 5,9 på Malmö Hamn. (Näringsdepartementet (c), 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Brobyggandet i Sverige har genom årens lopp varierat i kraftigt, i diagram 3 och 4 visas antalet broar Banverket och Vägverket har byggt i Sverige de senaste 20 åren. (Vägverket (c), 2009) Diagram över de senaste 150 åren redovisas i bilaga 5.

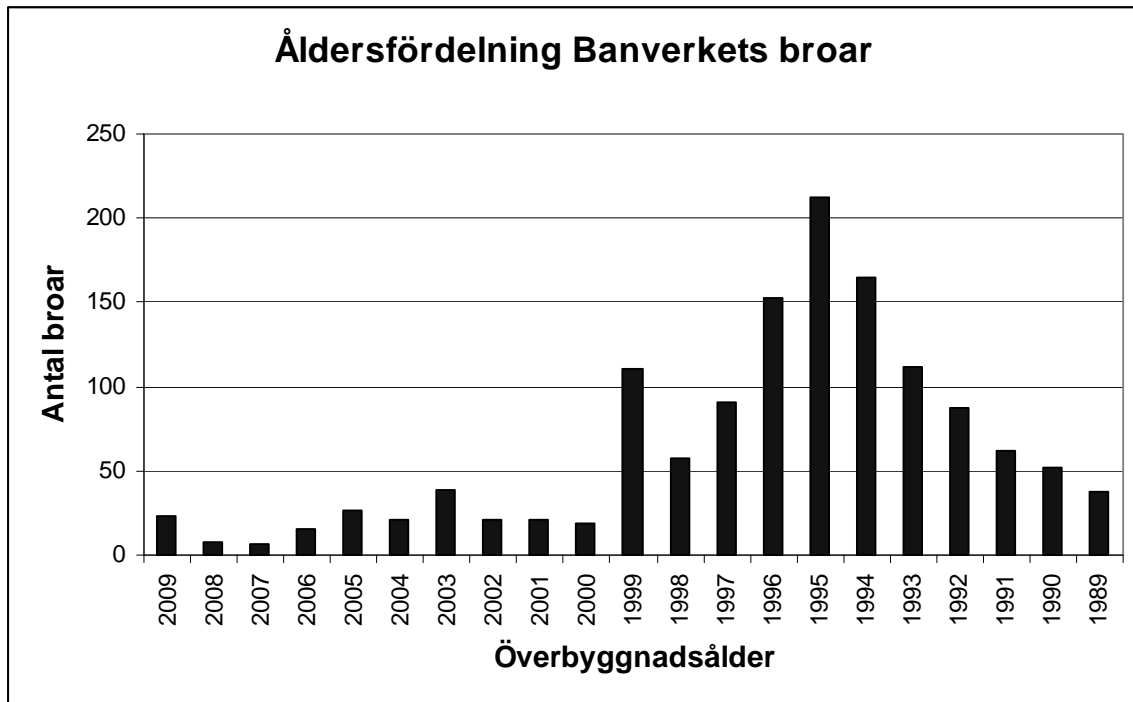


Diagram 3 Åldersfördelning Banverkets broar (Vägverket (c), 2009)

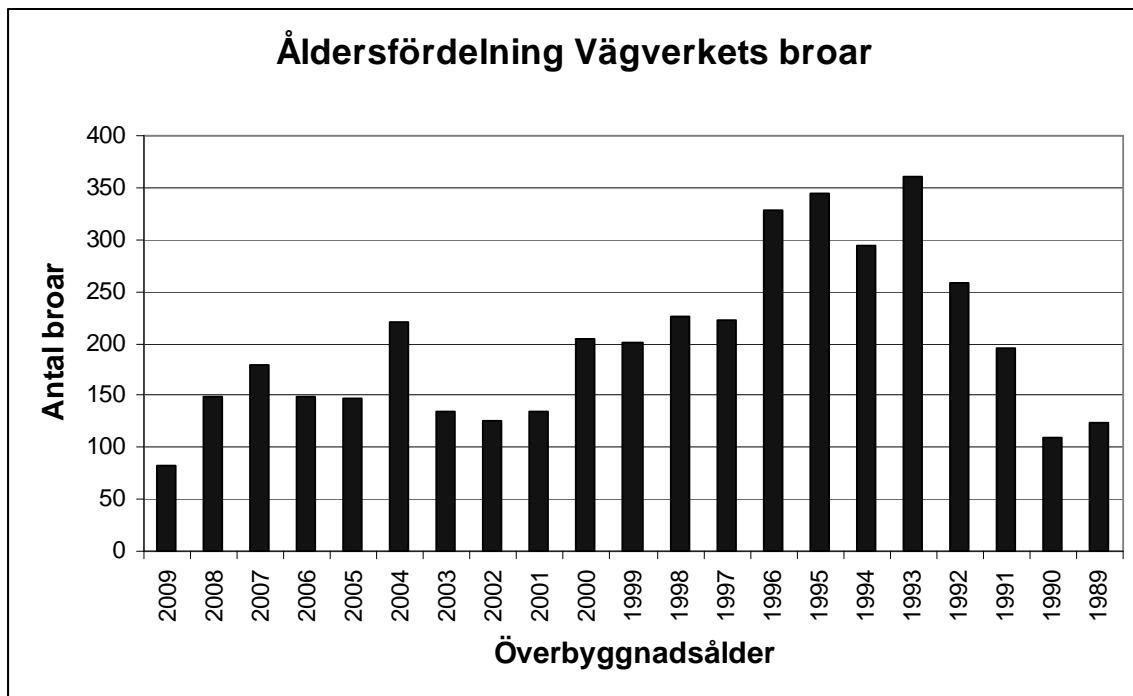


Diagram 4 Åldersfördelning Vägverkets broar (Vägverket (c), 2009)

2.5 Entreprenadformer

På marknaden finns ett antal entreprenadformer. Vilka entreprenadformer som används vid olika byggprojekt bestäms av byggherren. Byggherren är den som låter uppföra till exempel en byggnad för egen räkning. Då byggherren inte upprättar byggnaden själv anlitar han en entreprenör och byggherren kallas då för beställare. (Bygglidarna, 2009) Inom anläggningsbranschen används främst generalentreprenad, totalentreprenad och funktionsentreprenad. I ett steg att kostnadseffektivisera och utveckla leverantörsmarknaden har Vägverket som mål att fler totalentreprenader ska användas samt att storleken på dessa ska öka successivt. (Vägverket (d), 2009) Även Banverket vill öka storleken på entreprenaderna. (Banverket (d), 2009)

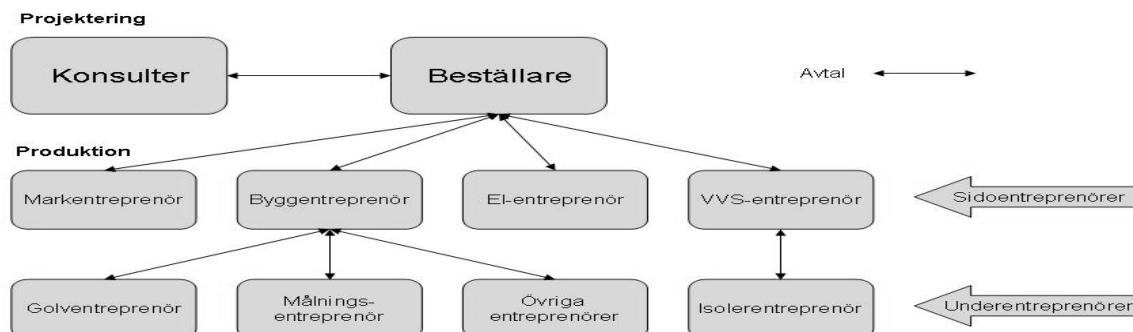
Utförandeentreprenad

Utförandeentreprenader delas upp i delad entreprenad, generalentreprenad och samordnad generalentreprenad. (Bygglidarna, 2009)

Delad entreprenad

Med delad entreprenad menas att beställaren köper in entreprenörer där var och en ansvarar för sin del av byggnaden. Uppdelningen av entreprenader kan vara olika med huvuddelarna mark och byggnad, VVS samt el och hissar, se figur 26. Beställaren behöver då sammanställa förfrågningsunderlag för att infordra anbud, pröva anbud samt att sluta avtal med samtliga entreprenörer. Beställaren ansvarar för projekteringen fram till bygghandlingar, då tar de hjälp av konsulter för upprättandet. De olika entreprenörerna har inget avtal med varandra och beställaren är ansvarig för samordningen mellan dem. Ansvar kan med avtal ges till en av entreprenörerna att ta över samordningsansvaret, oftast den som är ansvarig för mark och byggnad. Han kallas då för huvudentreprenör. I förfrågningsunderlaget ska det stå vem som är ansvarig för kostnaderna för de olika insatserna. Beställaren ansvarar för upprättande av bygghandlingar vilka ingår i förfrågningsunderlaget. (Bygglidarna, 2009)

Betongelemententreprenören bör upphandlas i ett tidigt skede för att den skall kunna medverka i den fortsatta projekteringen och vara med i samordningen. Då möjliggörs för beställaren en tidsvinst och kostnadsänkning. (Betongvaruindustrin (b), 2009)



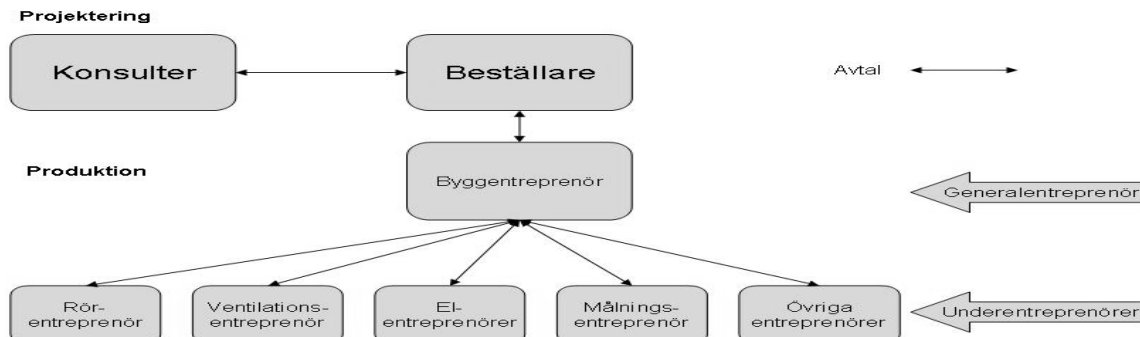
Figur 26 Delad entreprenad (Illustratör David Eriksson med inspiration från Bygglidarna, 2009)

Generalentreprenad

Liksom i delad entreprenad ansvarar byggherren för framtagning av bygghandlingar i en generalentreprenad. Den stora skillnaden är nu att endast ett förfrågningsunderlag som

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

omfattar hela projektet tas fram. Generalentreprenör kallas den entreprenör som får beställningen och blir den ende beställaren behöver samarbeta med under byggskedet. Generalentreprenören står för upphandlingen av underentreprenörer för de arbeten han inte gör själv. Generalentreprenören står även för samordningen med och mellan underentreprenörer, se figur 27. Vid vissa projekt handlas generalentreprenören upp innan projekteringsarbetet är färdigt för att den ska ha en chans att påverka utformningen av projektet. (Bygglédarna, 2009) Vid generalentreprenader får betongelemententreprenören svårt att medverka i samordning och projektering då upphandlingen av denna ligger i slutfasen av projekteringsarbetet. (Betongvaruindustrin (b), 2009)



Figur 27 Generalentreprenad (Illustratör David Eriksson med inspiration från Bygglédarna, 2009)

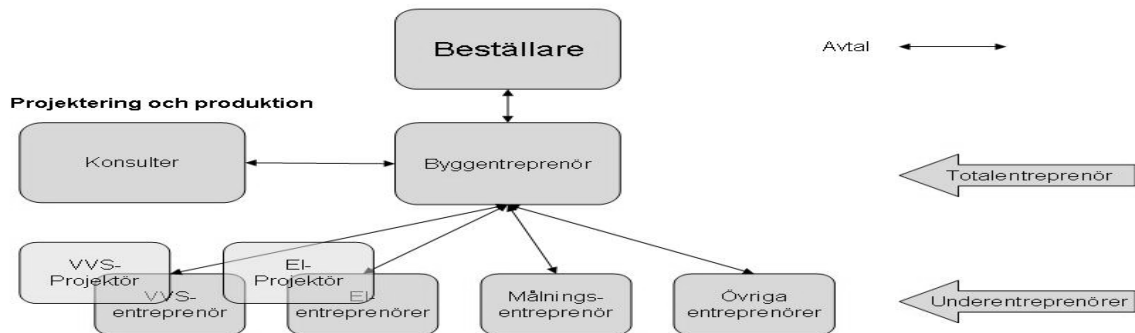
Samordnad generalentreprenad

En variant av delad entreprenad och generalentreprenad är samordnad generalentreprenad. Här bestämmer byggherren vilka entreprenörer som ska sköta VVS-, el- och målningsarbeten etc. De kommer att vara underentreprenörer till generalentreprenören under byggtiden. (Bygglédarna, 2009) I samordnad generalentreprenad finns möjlighet att upphandla betongelemententreprenören i ett tidigt skede och de kan då medverka i projektering vilket kan ge kostnadsänkningar. Betongelemententreprenören kan även medverka i samordningen. (Betongvaruindustrin (b), 2009)

Totalentreprenad

En renodlad totalentreprenad utformas genom att byggherren preciserar funktions-, standard- och övriga krav som byggnaden ska uppfylla. Entreprenören ansvarar för projekteringen och upprättandet av byggnaden. Den väljer också vilka konsulter och underentreprenörer som ska anlitas och sköter själv samordningen, se figur 28. Denna entreprenadform kan användas då byggherren vill få kraven uppfyllda men inte vet hur resultatet ska vara. En annan fördel kan vara att byggherren hoppas få något "på köpet" då de som lämnar anbud på jobbet kan erbjuda andra produkter, som ändå uppfyller kraven. Problem är att det kan vara svårt att värdera anbuden från entreprenörerna då det är en kombination av utformning, pris, utseende m.m. som ska jämföras. Totalentreprenören har ett funktionsansvar mot beställarens funktionskrav. Med funktion menas att en byggnad eller anläggning ska kunna användas för dess ändamål samt ha egenskaper som krävs för användbarheten. Kraven kan till exempel inkludera dimensioner, rumstemperatur, luftflöden, ljud- och värmeisolering och effektförbrukning. (Bygglédarna, 2009) Totalentreprenören sköter upphandling av betongelemententreprenör och tillåts de att medverka i den fortsatta projekteringen kan tidsvinster och kostnadsänkningar göras. (Betongvaruindustrin (b), 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 28 Totalentreprenad (Illustratör David Eriksson med inspiration från Bygglidarna, 2009)

Styrd totalentreprenad

Den enda skillnaden mot totalentreprenad är att beställaren ska förvissa sig om att vissa tekniska lösningar finns med. Byggherren låter en arkitekt eller konsult göra viss projektering före infordran av anbud. Problemet kan bli att det är oklart vem som bär funktionskravet. (AB Svensk Byggtjänst, 2009)

Funktionsentreprenad

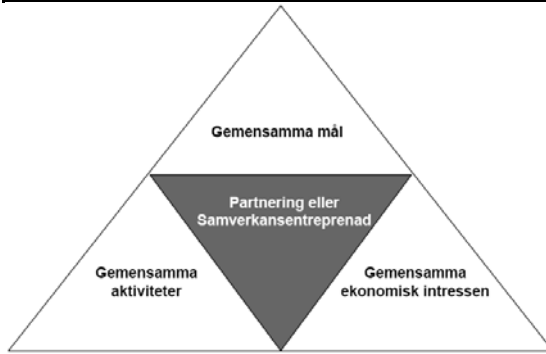
Utveckling av entreprenadformer sker ständigt. En variant är funktionsentreprenad där entreprenören skall säkerställa funktionskrav under del av eller hela bruksskedet. Ett exempel är att låta entreprenören stå för underhållskostnader i 10 år. Funktionskraven måste då specificeras väl för att inga misstolkningar skall uppstå. Entreprenörerna tävlar inte bara om bästa pris utan även om framtida funktion i form av till exempel låga årskostnader eller andra kvaliteter. Entreprenadformen är väl tillämpbar för byggnader som broar, tunnlar och vägar. Ju mer komplex byggnad desto svårare blir det med kravformuleringar. I Sverige har entreprenadformen mest används på befintliga byggnader i drift och underhållsentreprenader. Den stora fördelen med denna entreprenadform är att kvaliteten på byggnaderna höjs då entreprenören vet att den får stå för alla brister som kan uppkomma under bruksskedet. (Bygglidarna, 2009)

Funktionsentreprenaden liknas till mångt och mycket med totalentreprenaden som ibland likställs med funktionsentreprenad. I detta arbete görs skillnaden där funktionsentreprenaden även inkluderar en "garantitid" eller med underhållsansvar.

Partnering/Samverkansentreprenad

Partnering, även kallad samverkansentreprenad är en entreprenadform som blivit mer och mer populär på senare år. Den grundar sig i att det sker en öppen ekonomisk redovisning och att allt sker med öppna kort mellan parterna. Målet med partnering är att skapa lyhördhet och kreativitet för att sänka kostnaderna och utveckla bättre byggmetoder. Ofta uppskattas arbetet av alla parter och kan leda till långvariga kundrelationer. (Peab, 2009) Huvudsyftet med partnering är att samarbeta strukturerat och effektivt, det sker i strukturerade gruppprocesser. Det är viktigt i partnering att alla strävar åt samma håll och har gemensamma mål, se figur 29. Eventuella vinster som genereras av projektet delas mellan parterna. (NCC (d), 2009)

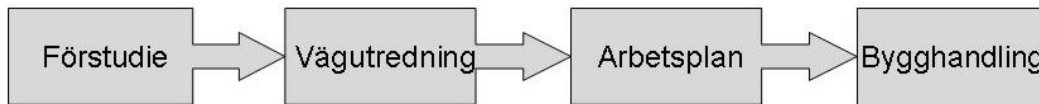
Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 29 Nyckelfaktorer för partnering (Illustratör David Eriksson med inspiration från NCC (d), 2009)

2.6 Broprojektering

En bro projekteras som en del av en vägsträcka och arbetet för att ta fram den slutgiltiga utformningen görs i ett större vägprojekt. Innan en bro står färdig har den utretts i olika skeden där underlaget och detaljriktigheten för den slutgiltiga bron blir större för varje moment i projekteringen som den genomgår. Projekteringen består av förstudie, vägutredning, arbetsplan och slutligen bygghandling som är en del av förfrågningsunderlaget, se figur 30. (Vägverket (a), 1996)



Figur 30 Schematisk bild av projekteringen (Illustratör Hampus Jakobson med inspiration från Vägverket (a), 1996)

Förstudie

Förstudien görs tillsammans med de parter som berörs av projektet samt med länsstyrelser och kommuner. Den utförs för att ge en klar problembild och en bedömning av lönsamhet för olika förslag samt ge förutsättningarna för den fortsatta planeringen. Till förstudien används geologiska och topografiska kartor för att anpassa placeringen av vägen och bron i landskapet. Ett antal förslag och skisser på olika broar tillsammans med en uppskattning av kostnader presenteras efter förstudien. (Vägverket (a), 1996)

Vägutredning

I nästa skede görs en bedömning på de olika brotyperna och dess placering ur en mer teknisk och ekonomisk synvinkel. På detta stadium finns det fortfarande möjlighet att påverka vägens plan och profilläge och den verkliga broutrörelsen genomförs utifrån de uppgifter som hittills samlats in. De geotekniska förutsättningarna har stor påverkansgrad för bronns utformning och kostnad. För att ta reda på grundläggningsförhållandena görs en geoteknisk undersökning. Utredningen behandlar i detta skede bland annat fritt utrymme under bron, estetik och en MKB (miljökonsekvensbeskrivning). (Vägverket (e), 2009) För de mest fördelaktigaste alternativen ur tekniska och kostnadsmässiga aspekter upprättas förslagsskisser och ett preliminärt val av bro görs. (Vägverket (a), 1996)

För att inte försvåra vidare arbete är det viktigt att inte läsa fler krav än nödvändigt i vägutredningsskedet. De broalternativ som tagits fram sammanställs med bland annat längder, area och kostnader. (Vägverket (a), 1996)

Arbetsplan

Innan arbetet fortsätter måste tidigare utredningar ses över. Om det var länge sedan de utfördes kan det krävas komplettering eller till och med omprövning av framtagna förslag. En arbetsplan upprättas för att visa vad som tas i anspråk gällande vägområde, investeringskostnader och miljökonsekvenser för den nya vägsträckningen. När bron projekteras i detta skede behövs bland annat följande ingående uppgifter. (Sundquist, 2005)

- Geoteknisk utredning
- Översiktsplan
- Koordinatsystem
- Väglinjebeskrivning
- Tvär- och normalsektioner
- Fri öppning under bron samt brobredd
- Beläggningstyp
- Släntlutningar
- Befintliga marknivåer
- Vatten
- Befintliga ledningar och hinder
- Planerade ledningar i och under bron
- Belysning

(Sundquist, 2005)

Med detta tar projektören fram broformningen där konstruktionslösningen uppskattas med de laster den utsätts för. Därefter görs en noggrann sammanställning av kostnader för broförslaget. Detta jämförs med tidigare uppskattningar och redovisas med en förteckning över bronns typ, spännvidd, korsningsvinkel, fri öppning, höjd och bredd. Tillsammans med en grundläggning för respektive stöd samt en förslagsskiss på bron där angivna huvudmått i plan, elevation och sektion visas. (Vägverket (a), 1996)

Arbetsplanen fastslås av Vägverket enligt väglagen då berörda markägare och andra intressenter fått sagt sitt om planen. Berörs vatten måste även en godkänd vattendom slås fast. I stadsmiljö ligger arbetsplanen som underlag till detaljplanen. När arbetsplanen fastslagits måste byggarbetet ha påbörjats inom fem år. (Vägverket (e), 2009)

Bygghandling

När arbetsplanen är fastställd upprättas en bygghandling där förslagsritningar och tekniska beskrivningar ingår, till exempel teknisk beskrivning bro (TBb) och teknisk beskrivning bro geoteknik (TBb/Geo). Bygghandlingen ska vara så fullständig att konstruktören kan upprätta arbetsritningar och beräkningar samt att entreprenören kan lägga anbud. Vid utförandeentreprenad ingår arbetsritningar istället för förslagsritningar. (Sundquist, 2005) Då ingår även detaljer för vald brotyp där bland annat grundläggning, beläggning, räkestyp, ytavlopp mot- och kringfyllning preciseras. (Vägverket (a), 1996)

2.7 Upphandling

Lagen om offentlig upphandling

Statliga myndigheter i Sverige är styrda av lagen om offentlig upphandling (LOU) vid tilldelning av kontrakt eller ramavtal avseende byggentreprenader, varor och tjänster. Lagen gäller även vid projekttävlingar som anordnas av statliga och kommunala myndigheter. LOU finns för att upphandlande myndighet ska behandla leverantörer på ett jämlikt sätt. Lagen finns för att ingen ska bli diskriminerad samt för att upphandlingen ska ske på ett öppet sätt. (Sveman, 2009)

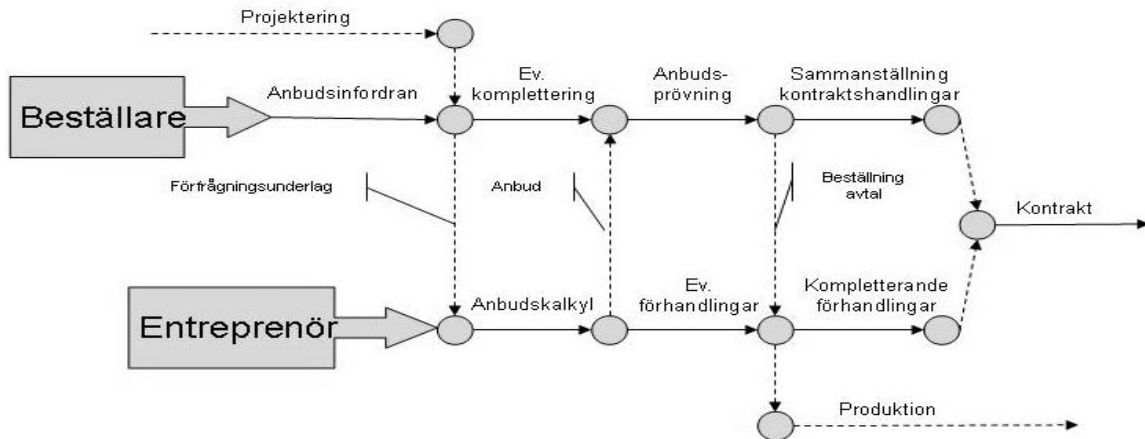
Beroende på vilken entreprenadform som ska användas ser upphandlingsprocessen olika ut. En generell beskrivning av utförandeentreprenad följer för att beskriva upphandlingsprocessen.

Upphandling vid utförandeentreprenad

Först tar byggherren fram handlingar genom konsultbolag som i samråd med beställaren projekterar och utformar förfrågningsunderlag och inforrar sedan anbud från entreprenörer. (Bygglédarna, 2009) Förfrågningsunderlaget som skickas till eventuella entreprenörer skall innehålla administrativa föreskrifter och kravspecifikationer, men även utvärderingskriterier. I utvärderingskriterierna är priset självklart en viktig parameter dock kan andra parametrar vägas in till exempel tekniska lösningar, kvalitet, estetiska egenskaper, genomförandebeskrivning, tidplan, och organisationsplan. Vid bristfälligt förfrågningsunderlag finns risk att processen i ett senare skede blir problematisk. Kravspecifikationen kan med fördel utformas tillsammans med de eventuella anbudsgivarna. Vid denna typ av samarbete kan alternativa lösningar föreslås vilket kan leda till en lägre totalkostnad. (Stockholms handelskammare, 2009)

Entreprenörerna, anbudsgivarna, fastslår entreprenadens omfattning och gör en anbuds kalkyl och lämnar därefter ett anbud till beställaren. Fram till ca två veckor innan anbudsdatum kan entreprenörer ställa frågor till beställaren rörande förfrågningsunderlaget. Beställaren sammanställer sedan frågor och svar som skickas ut till samtliga anbudslämnare. Innan slutdatum för anbudet kan beställaren komplettera förfrågningsunderlaget med ändringar eller tillägg och då måste entreprenörerna ta med dessa ändringar i anbudet. Ibland händer det även att anbud ska kompletteras i efterhand. Då anbudet kommit in prövas och utvärderas beställaren dem. Beroende på vilka utvärderingskriterier som var ställda väljs det förmånligaste anbudet och entreprenaden beställs. Innan entreprenaden beställs kan det förekomma en eventuell anbudsförhandling med en eller flera anbudsgivare. När väl beställaren bestämt sig kan avtal slutas och entreprenader påbörjas men normalt inväntas eventuell överklagan i ett par veckor upp till en månad. Innan kontrakt skrivs tas kompletterande handlingar fram till exempel i form av tid- och betalningsplan. (Bygglédarna, 2009) En illustration av upphandlingsförloppet för beställare och entreprenör redovisas i figur 31.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 31. Upphandlingsprocess vid utförandentreprenader (Illustratör David Eriksson med inspiration från Nordstrand, 2003)

Förslagsritning

Vid traditionell upphandling med generalentreprenad upprättas en förslagsritning, en teknisk beskrivning bro (TBb) samt en teknisk beskrivning bro geoteknik (TBb/Geo). Förslagsritningen skall helst inte innehålla för mycket måttsättning och dimensioner då möjligheten för de som lämnar anbud att föreslå alternativa lösningar begränsas. Utformningen av en förslagsskiss bör innehålla elevation och plan, tvärsnitt, detaljer för speciella lösningar, beskrivande text och hänvisningar samt en situationsplan. (Banverket (a), 1996)

2.8 Broproduktion

Det traditionella sättet att uppföra en bro i Sverige är att den platsgjuts. Det innebär att bron uppförs genom att den formas och sedan gjuts i betong på den plats den ska verka. (Vägverket (c), 2009)

Grundläggning

En geoteknisk undersökning görs för att välja lämplig grundläggning för att bron inte ska få för stora sättningar. För att ge plats åt grundläggningen och ta hand om icke tillfredställande jordmassor schaktas det. Det är då viktigt att vara uppmärksam mot föroreningar i jorden och om läns pumpning av grundvatten krävs måste särskild hantering iakttas. Beroende på grundläggningsförhållanden väljs sedan metod där de vanligaste sätten är antingen en platta direkt på mark eller pålar som slås ned i marken. Platta används vid goda grundförhållanden och pålar vid sämre förhållanden. (NCC (e), 2009)

Ställning

För att bära bron under uppförandet byggs en ställning som ska fungera som stöd för formen samt brokonstruktionen. Denna ska vara utformad tillsammans med en konstruktör för att klara samtliga laster som uppstår under hela produktionen. Vid sämre grundförhållanden kan det krävas att markförstärkningar görs även för ställningen. Ställningen ska även utgöra arbetsytor för yrkesarbetarna så att de kan transportera sig själva och materialet till och från bron. (NCC (e), 2009)

Formning

Brons slutgiltiga utseende fås genom att en form, vanligen av trä, byggs på ställningen, se figur 32. Formen utförs normalt med brädform av 95 mm breda brädor eller utförs den med plywoodskivor beroende på vilken yta som önskas på betongen. Form i lösvirke ger ett reliefmönster och används plywood ges en slät yta. Enligt TK Bro ska ytor inom ett avstånd av 100 meter och vända mot existerande eller planerad bebyggelse betraktas som synliga och ska därför ha ett reliefmönster som visar avtrycket från brädform. Utåtgående hörn ska fasas av för att förhindra att avslagning sker, detta görs bäst med en trekantslist. Allt material till formen lyfts upp på bron och placeras på sin rätta plats av yrkesarbetarna. Formen rengörs invändigt för att förhindra att ytskiktet blir skadat. Formen behandlas med ett speciellt formsläppningsmedel innan gjutning för att den lättare ska lossna vid rivning. (NCC (e), 2009)



Figur 32 Exempel på brädform (fotograf, Jan Sandberg)

Armering

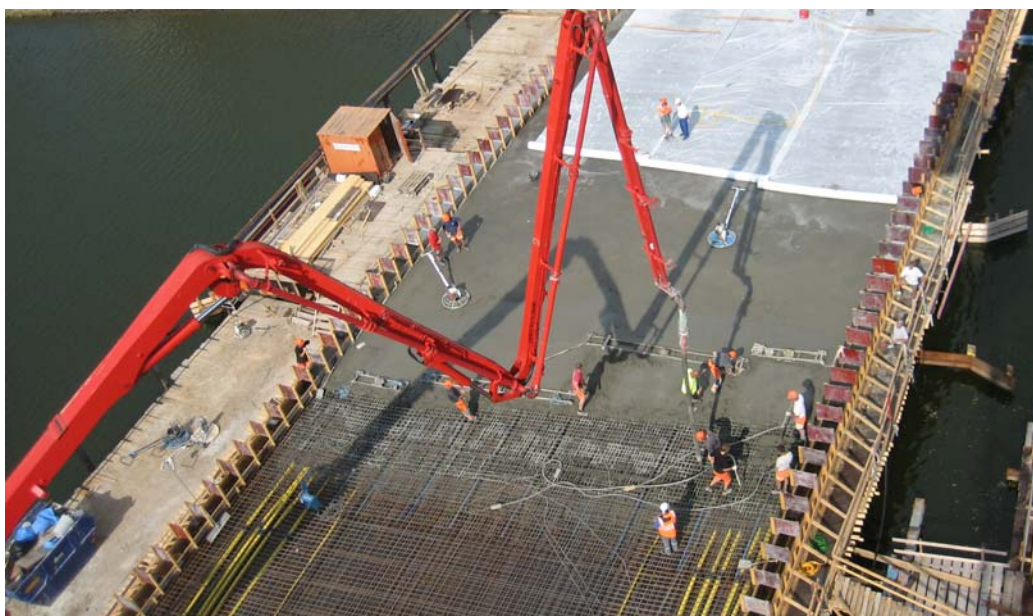
Efter att formningen är klar av bron armeras den med armeringsjärn, se figur 33. För att anpassa armeringen till formen bockas den antingen med hjälp av maskiner på arbetsplatsen eller beställs färdigbockad från fabrik. Sådan armering kallas ILF. Armeringsmängd och placering bestäms av konstruktör. Armeringsjärnen lyfts upp på bron och placeras på sin rätta plats av yrkesarbetarna och sammanbinds med najning. Det är surring med ståltråd som görs antingen för hand eller med maskin. (NCC (e), 2009) Konstruktionen armeras för att klara de dragpåkänningar som uppstår i konstruktionen samt bidrar till att den blir slankare. Vid större spännvidder kan bron utföras med spännarmering. Detta är speciella armeringslinor som löper längsmed konstruktionen och består av höghållfast stål. (Banverket (b), 2009)



Figur 33 Armerad brobana redo för gjutning (fotograf, David Eriksson)

Gjutning

För att klara livslängdskraven, normalt 120 år (L100), krävs ett minsta täckande betongskikt för att hindra att armeringen korroderar. Vilken kvalitet som betongen ska uppfylla samt tjocklek på täcksikt varierar efter vilken miljö konstruktionen är belägen samt vilken livslängd som den ska fullgöra. Roterbilar transporterar betongen flytande till arbetsplatsen som antingen pumpas upp med hjälp av speciella betongpumpar, se figur 34, eller lyfts upp i betongbaskar på bron. Där vibreras den så att en homogen betong uppnås och för att betongen ska tränga in mellan armering och hålrum i konstruktionen. Slutligen slätas den till för att ges en tillfredställande yta. Allt arbete i detta skede är väldigt fysiskt krävande. (NCC (e), 2009)



Figur 34 Gjutning av brobana med betongpump (fotograf, David Eriksson)

Rivning av form och ställning

När betongen uppnått sin erforderliga hållfasthet får formen och ställningen rivas. Rivningen av form och ställning är ett av produktionsskedets mest riskfyllda moment då ställningen är som mest instabil. Det krävs detaljerade och genomtänkta arbetsberedningar för att undvika olyckor. (NCC (e), 2009)

2.9 Arbetsmiljö

Lagar och förordningar

I Sverige styrs alla arbetare och arbetsplatser av arbetsmiljölagen, AML, som bestäms av riksdagen. Arbetsmiljölagens syfte är att förebygga olyckor och ohälsa på svenska arbetsplatser samt att de håller en god arbetsmiljö. (Hellberg, 2009) Det är Arbetsmiljöverket som har fått uppdraget att se till att arbetsmiljö- och arbetstidslagstiftningar följs samt att utfärda mer detaljerade regler om vad som ska gälla. Detta görs genom en författningssamling, allmänna råd och föreskrifter (AFS) där kraven på arbetsmiljö definieras. (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

Arbetsmiljöverkets mål är att "minska riskerna för ohälsa och olycksfall i arbetslivet och att förbättra arbetsmiljön ur ett helhetsperspektiv, det vill säga både när det gäller fysisk, psykisk som social och arbetsorganisatorisk synpunkt". På en arbetsplats är det arbetsgivaren som har det yttersta ansvaret för att arbetsmiljökraven efterlevs. De kontrolleras i sin tur av arbetsmiljöverkets inspektörer som regelbundet inspekterar att arbetsmiljölagen följs på arbetsplatsen. (Arbetsmiljöverket (b), 2009)

Byggbranschens arbetsmiljöföreskrifter

För varje bransch utfärdas särskilda föreskrifter som preciserar just deras verksamhetsområde. För bygg- och anläggningsbranschen heter författningen föreskrifterna om byggnads- och anläggningsarbete, AFS 1999:3. Kontinuerligt sker uppdateringar och tillägg till föreskriften som samlas i så kallade ändringsföreskrifter. Den senaste heter 2008:16 och behandlar bland annat samordning och ansvarfördelning under hela byggprocessen, från planering och projektering till produktionsskedet. Fr.o.m. den 1 januari 2009 måste det finnas en byggarbetsmiljösamordnare (BAS) för varje del i byggprocessen. (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

Byggnads- och anläggningsarbete definieras som arbete med byggnader och anläggningar vid uppförande, underhåll, reparation, rivning och ändring. Till byggnads- och anläggningsarbete räknas hus-, industri-, mark-, tunnel, bro-, väg-, spår-, rörlednings-, installations-, och linjebyggnadsarbete. Detta gäller även för arbete under jord och vatten. (Arbetsmiljöverket (b), 2009)

Inom byggbranschen har det under de senaste åren varit dubbelt så många olyckor och arbetsrelaterade sjukdomar jämfört med de övriga branschernas genomsnittliga arbetstagare. De vanligaste skadorna eller olyckor kan relateras till fallolyckor, tunga lyft eller olämpliga arbetsställningar. Det sker även många olyckor i samband med användandet av maskiner på arbetsplatser. Orsakerna till dessa är många men kan alla sammankopplas med brister i projektering och planering. Arbetsmiljön på tillfälliga arbetsplatser där hög tidspress råder är ofta bristfällig. När arbetsmiljön är god på arbetsplatsen leder det till en roligare arbetsdag, färre skador och sjukskrivningar, effektivare produktion samt lönsammare projekt. (Arbetsmiljöverket (b), 2009)

Risk för fall

Den vanligaste orsaken till olyckor och dödsfall på en byggarbetsplats är fall. Vid nivåskillnader över två meter ska det finnas skyddsanordningar i form av skyddsräcken, arbetsplattor, arbetskorgar eller ställningar. Det kan även behövas vid lägre

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

nivåskillnader där det finns vatten eller uppstickande armeringsjärn. De krav som ställs på ett skyddsräcke är att de ska vara hållfasta, minst en meter höga och att de ska minst ha en överledare, mellanledare och fotlist eller utförda på ett sätt som är likvärdigt och ge samma skydd. (Arbetsmiljöverket (a), 2008) Det finns tillfällen då det inte går att anordna ovan nämnda skyddsåtgärder och då ska en personlig skyddsutrustning bäras till exempel säkerhetssele. Det finns även skyddsnet som kan användas men då måste de kontrolleras av utbildad kontrollant. (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

Personlig skyddsutrustning som skyddshjälm och skyddsskor ska användas utom då det är uppenbart oväsentligt. Skyddsutrustning som ska användas vid behov är ögonskydd, handskar och hörselskydd. (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

Säkra lyft och arbetsställningar

Det är ofta tungt och ansträngande för kroppen att arbeta med byggnadsarbeten. Därför måste det finnas hjälpmedel för att lyfta och transportera material som annars utsätter kroppen för hälsofarliga och uttröttande belastningar. Det är viktigt att utrustning som används ska vara anpassad för det specifika arbete som ska utföras. Arbete från stege ska i så stor utsträckning som möjligt undvikas då kroppen oftast utsätts för en onaturlig och instabil arbetsställning. Istället kan med fördel en ställning med möjlighet att variera arbetshöjden användas. För att undvika statiskt arbete med förslitningsskador som följd bör arbetet varieras så att kroppen får möjlighet att återhämta sig. (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

Användning av maskiner

Det är av stor vikt att de arbetsredskap som används på en byggarbetsplats brukas på rätt sätt. Arbetstagaren ska ha tillräckliga kunskaper eller utbildning för att nyttja maskinerna korrekt, både vad gällande handhavande och ändamål. Maskiner ska i så stor utsträckning som möjligt väljas så att de är ergonomiskt utformade och en bekväm arbetsställning uppnås. De ska dessutom inte medföra en alltför lång exponering för buller, vibrationer, farliga ämnen samt luftföroreningar. När maskinerna har förbränningsmotorer ska de väljas så att den som jobbar med dem inte utsätts för avgaser i skadliga halter. (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

Passerade fordonstrafik

Byggnads- och anläggningsarbeten skall planeras, ordnas och bedrivs så att det ger betryggande säkerhet mot ohälsa och olycksfall på grund av passerande trafik, både spårbunden och fordonstrafik. För att undvika detta ska trafiken i första hand ledas om så att arbetet inte berörs, andra hand ska trafiken passera på betryggande avstånd och i sista hand skiljs arbetsplats och trafik åt med trafikordningar. Det är även viktigt att hastigheten sänks för trafiken förbi arbetsplatsen. Om trafiken inte går att dirigera om ska varselkläder med reflexer bäras av den som arbetar på platser där de inte är avskilda från trafiken. (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

Ansvar på arbetsplatsen

För att skapa en bra arbetsmiljö på arbetsplatsen är det viktigt att samtliga är gemensamt delaktiga i förebyggande arbetsmiljöåtgärder samt att de tar sitt ansvar. Det primära ansvaret att under planeringen och projekteringen ta hänsyn till arbetsmiljön ligger hos byggherren. Han ansvarar bland annat för att en arbetsmiljöplan upprättas, han utser en byggarbetsmiljösamordnare för planering och projektering (BAS-P) samt utser en

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

byggarbetsmiljösamordnare för utförandet av byggnads- och anläggningsarbetet (BAS-U). Ansvar kan via ett skriftligt avtal överlätas till en uppdragstagare. (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

BAS-P ska tillgodose arbetsmiljön i projekteringen och se till att bland annat en arbetsmiljöplan upprättas. BAS-U ansvarar för att tillämpa arbetsmiljöplanen för arbetet som utförs och att arbetet utförs på rätt sätt samt att den följs. Underentreprenörer ska se till att byggarbetsmiljösamordnaren får del av de risker som följer med deras arbetsuppgifter. De ska även följa de ordnings- och skyddsregler som gäller på arbetsplatsen. Alla arbetsgivare ansvarar för sina anställda trots att det finns ett överordnat ansvar exempelvis i form av byggarbetsmiljösamordnare. (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

Ett skyddsombud representerar yrkesarbetarna på arbetsplatsen i skyddsfrågor. ”Om ett arbete innebär omedelbar och allvarig fara för liv eller hälsa och arbetsgivaren inte genast undanröjer risken har skyddsombudet rätt att avbryta arbetet i avvaktan på ställningstagande av Arbetsmiljöverket”. Varje yrkesarbetare ska bruka de skyddsanordningar som finns tillgängliga och vara delaktiga i arbetsmiljöarbetet (Arbetsmiljöverket (a), 2008)

2.10 Kvalitet

Myndigheter

Det allmänna vägnätet styrs och regleras av Vägverket och järnvägsnätet styr Banverket över. Kommunerna och dessa två verk står som beställare för nästan samtliga broar i Sverige men ibland förekommer privata beställare. (Sundquist, 2005)

ATB Bro 2004

Vägverket har använt sig av ATB (allmän teknisk beskrivning) Bro 2004 som beskriver krav vid nybyggande och förbättring av broar. ATB Bro 2004 innehåller krav och riktlinjer som ska följas vid brobyggnad för att rätt kvalitet skall uppnås. För att ATB Bro 2004 skall gälla måste denna återopas i förfrågningsunderlaget. (Vägverket (b), 2004) Motsvarande norm för Banverket är BVS 583.10, Broregler vid nybyggnad – BV Bro, utgåva 9.

TK Bro

Från och med den 1 juli 2009 skall TK Bro användas vid dimensionering och utformning av broar och vissa andra konstbyggnader, då upphörde även Bro 2004 att gälla. Detta för att samma regler ska gälla som i övriga Europa. TK Bro är en svensk tillämpning av Europannormerna. Bro 2004 får dock tillämpas för objekt där förfrågningsunderlaget senast är utskickat 31 december 2009. TK Bro innehåller Banverkets och Vägverkets tekniska krav och i Vägverkets projekt skall de användas tillsammans med TK Väg och TK Geo. I Banverkets projekt skall de användas tillsammans med TK Geo. TK står för tekniska krav och råd på hur kraven uppfylls finns i TR Bro. Materialkrav, utförande och kontroll återfinns i AMA Anläggning. Banverkets och Vägverkets ändringar och tillägg till AMA Anläggning återfinns i VVAMA Anläggning. (Banverket (b), 2009)

Underhåll

Om en bro är beständig menas att dess bärförmåga och stadga är intakt under dess livslängd. Med bärförmåga menas att brott inte uppstår i konstruktionen och med stadga att

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

konstruktionen inte deformeras till den grad att den inte uppfyller sitt ändamål. (Boverket (b), 2009) Broar upprättas med planerad livslängd på 40, 80 eller 120 år. (Vägverket (b), 2004) Med livslängd menas att beständigheten bibehålls med normalt underhåll. (Boverket (a), 2009)

Skador

De vanligaste skadorna på broar i betong är urlakning, vittring, spjälkning och armeringskorrosion. Urlakning är då cementpastan kalkutfaller. Det kan ske till exempel om vatten kontinuerligt strömmar mot betongen. Även om cementpastan är urlakad finns fortfarande en viss sammanhållning mellan cementpastan och ballasten. Vittring sker på grund av frostsprängning, kloridangrepp eller nötning från vatten och is. Då betongen vittrar finns ingen sammanhållning mellan cementpastan och ballasten. Spjälkning är då stora bitar av betong lossnar och kan bero av frostsprängning eller trafikbelastning. Skillnaden mellan spjälkning och vittring är att mycket mindre bitar släpper vid vittring. Korrosion uppstår då armeringen kommer i kontakt med fukt och syre och samtidigt har ett för lågt pH-värde. Sänkningen av pH sker på grund av karbonatisering av täcksiktet. Korrosion kan också uppstå om kloridjoner i fukten kring armeringsjärnen når en viss kritisk koncentration. Kloridsaltet tränger in i betongen med fukten. Denna typ av skador är vanliga där vägsaltning sker eller i skvalpzonen på betongkonstruktioner i saltvatten. Korrosion förhindras genom högkvalitativ betong och tillräckligt tjockt täckande betongskikt. (Vägverket (c), 2009)

2.11 Miljö

Sverige riksdag har antagit 16 nationella miljö kvalitetsmål. Femton av dem antogs 1999 och den senaste "Ett rikt växt- och djurliv" lades till i november 2005. Arbetet för miljön drivs i Sverige med utgångspunkt från miljömålen. Miljö kvalitetsmålen preciseras med 72 delmål vilka anger inriktning och tidsperspektiv. (Naturvårdsverket (c), 2009)

Miljö kvalitetsmål

1. Begränsad klimatpåverkan
2. Frisk luft
3. Bara naturlig försurning
4. Skyddande ozonskikt
5. Ingen övergödning
6. Levande sjöar och vattendrag
7. Hav i balans samt levande kust och skärgård
8. Myllrande våtmarker
9. Storslagen fjällmiljö
10. Ett rikt växt- och djurliv
11. Giffri miljö
12. Säker strålmiljö
13. Grundvatten av god kvalitet
14. Levande skogar
15. Ett rikt odlingslandskap
16. God bebyggd miljö

(Naturvårdsverket (c), 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Delmålet för "begränsad klimatpåverkan" är att minska utsläppen av växthusgaser i Sverige till en nivå som ligger 4 % lägre än utsläppsnivån 1990. Utsläppsnivån mäts som ett medelvärde av utsläppen mellan 2008 och 2012. (Naturvårdsverket (b), 2009) Till växthusgaser räknas de gaser som lägger sig kring jorden och hindrar värmeutstrålning. (Miljöportalen, 2007) Dessa gaser är koldioxid, metan, dikväveoxid och fluorerande växthusgaser där koldioxid står för ca 79 % av utsläppen i Sverige. (Naturvårdsverket (f), 2009) Av koldioxidutsläppen står transporter för ca 32 %. Av transporterna står biltrafiken för klart störst utsläppsandel, 93 % medan flyg och tåg står för 2,5 respektive 0,4 %. Se bilaga 4. (Naturvårdsverket (a), 2009) IPCC (International Panel on Climate Change) bedömer att den totala miljöpåverkan från flyg är 2-4 gånger större än enbart halten koldioxidutsläpp om kväveoxider och kondensstrimmor beaktas. (Naturvårdsverket (d), 2009) Att flyga mellan Göteborg och Stockholm tur och retur ger 160 kg CO₂-utsläpp per person medan tåget ger 3 kg. (Naturvårdsverket (e), 2009) Med andra ord är tåg mycket mildare mot klimatet än flyg.

Transportpolitik

Riksdagen beslutade i maj 2009 att de gamla transportpolitiska målen upphör och de tidigare delmålen ersätts med ett funktionsmål som tar en början i begreppet tillgänglighet och ett hänsynsmål som grundar sig i hälsa, miljö och säkerhet. (Näringsdepartementet (d), 2009) Det övergripande målet från 1998 års transportpolitiska mål är oförändrat; "Transportpolitikens mål är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktig hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet". Funktionsmålet säger att transportsystemets användning, utformning och funktion ska medverka till god kvalitet och användbarhet. Det ska även svara likvärdigt mot män och kvinnors transportbehov. Hänsynsmålet är att transportsystemets användning, utformning och funktion ska anpassas så att ingen ska skadas allvarligt eller omkommer samt att miljökvalitetsmålen uppfylls. (Näringsdepartementet (b), 2009)

Regeringen beslutade att Banverket skulle göra fördjupande analyser av samhällsekonomiska och marknadsmässiga förutsättningar för svenska höghastighetsbanor. Den 30 maj 2008 släpptes via utredaren Gunnar Malm rapporten, Höghastighetsbanor – **ett samhällsbygge för starkt utveckling och konkurrenskraft**. Sträckorna som studerades var Götalandsbanan, Stockholm-Jonköping-Göteborg och Europabanan, Stockholm-Jonköping-Helsingborg-Malmö. Analysen skulle klargöra vilka effekter höghastighetsbanor har på dessa sträckor. (Banverket (c), 2009)

Höghastighetståg kan köras på konventionella banor och höghastighetsbanor. Skillnaden mellan banorna ligger i att kurvradierna på höghastighetsbanorna är mycket större samt att höghastighetstågen klara större lutningar än godstrafik. KTH har gjort beräkningar för restider mellan orterna längs Götalandsbanan och Europabanan, se tabell 1. Beräkningarna grundar sig dock på att maxfarten för höghastighetstågen är 350 km/h men Banverkets beräkningar av maxfarten visar att den borde vara omkring 320 km/h, vilket skulle öka restiderna något. (Banverket (c), 2009)

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Tabell 1 Restider med höghastighetsbanor från Stockholm (Banverket (c), 2009)

Stad	År 2001	Med Götalands/Europabanan
Göteborg	2:59	2:00
Malmö	4:11	2:41

Andra fördelar är att Borås och Jönköping kommer att anslutas till huvudlinjen i Götalandsbanan vilket gynnar pendling mellan städer samt att Helsingborg kommer att få direkt anslutning till Stockholm med Europabanan. Alternativet är att bygga ut befintliga järnvägar med flera spår eller att rusta dem för högre hastigheter. Denna upprustning skulle inte alls ge samma positiva effekter på restiderna men fördelen är att en successiv upprustning kan ske. (Banverket (c), 2009)

Utbyggnaden av höghastighetsbanorna i Frankrike ledde till att flygtrafiken halverades mellan Paris och Lyon ett par år efter TGV-trafiken öppnades år 1981. Liknande tillbakagång eller helt upphörande av flygtrafiken har på många andra linjer observerats. Skulle Europabanan och Götalandsbanan byggas i Sverige visar KTH:s beräkningar ett minskat utsläpp med ca två miljoner ton CO₂ per år. Detta beror främst på grund av transporter med tung lastbilstrafik försvinner. Minskningen motsvarar ca 10 % av transportutsläppen i Sverige. (Banverket (c), 2009)

2.12 Tid

Begreppet tid syftar i rapporten på två skeden, dels projekteringstid och dels produktionstid.

Projekteringstid

I detta arbete definieras projekteringstid som tiden det tar att utföra momenten i en broprojektering enligt kapitel 2.5.

Produktionstid

Produktionstid avser byggtiden för upprättandet av samtliga delar i projektet, till exempel en bro med anslutande väg och grönområden. Tiden avser både huvudentreprenörens och underentreprenörernas arbeten. Det är viktigt att åstadkomma ett effektivt utnyttjande av resurserna som finns tillgängliga där jämn sysselsättning för yrkesarbetarna är av stor vikt. (Nordstrand, 2003)

2.13 Kostnad

Genom hela projektet måste byggherren ha möjlighet att kontrollera sina resurser. Innan ett projekt börjar uppskattas kostnaderna för att kunna finansiera projektet. Sedan görs uppföljningar eftersom projektet fortskrider för att kontrollera att projektet håller den uttalade budgeten. (Nordstrand, 2003)

Projekteringskostnad

Projekteringskostnader är de kostnader som täcker konsultarvoden för projektörer och projektledning. (Nordstrand, 2003) Det arbete som utförs vid broprojektering och ses som projekteringskostnader är bland annat geoteknisk undersökning, dimensionering, brogestaltning samt framtagande och granskning av handlingar. (Sundquist, 2005)

Produktionskostnad

De kostnader som är kopplade till produktionen kan delas in i två kategorier, direkta och indirekta tillverkningskostnader. (NCC (f), 2009)

Direkta tillverkningskostnader

- Kostnader för material som byggs in och förbrukas vid tillverkningen
- Personalkostnader och kostnader för underentreprenörer
- Transporter till och från samt inom arbetsplatsen
- Hyra för bodar och maskiner
- Kostnader för kontroll och besiktning

(NCC (f), 2009)

Indirekta tillverkningskostnader

- Förrådsmaterial, exempelvis hjälpmaterial, handverktyg, formvirke och liknande
- Kostnader för egna maskiner och fordon
- Omstruktureringskostnader, exempelvis neddragning av produktionspersonal
- Kostnader för drift av IT-system kopplade till produktionen

(NCC (f), 2009)

3 Resultat

3.1 Resultat av studiebesök

Studiebesök gjordes vid två av de broar som NCC producerade på 90-talet. Medverkande vid studiebesöken var dåvarande platschef för att ge en klar bild av produktionsmetoder och svårigheter med dem. Tillverkning av element, montering och formning av överbyggnaden var de svaga punkter som upptäcktes och fodrar vidare utredning.

Tillverkning av element

Platschefen som närvarade har erfarenhet från tre broar av denna typ. Samtliga tre har producerats på olika sätt, inköp av balkar och plattbärlag från prefabtillverkare, tillverkning av balkar och plattbärlag på plats i egen regi samt inköp av plattbärlag och tillverkning av balkar i egen regi. Platschefens rekommendationer är att det är bäst att tillverka balkarna i egen regi då de hade bäst resultat ur kvalitetssynpunkt. Deras resultat på yta, täckskikt och passform var mycket mer tillfredställande än vad prefabtillverkarna uppnådde, se figur 35. Plattbärlagen var problematiska att producera på plats och idag finns en utbredd marknad med flera leverantörer vilket gör att det är praktiskt och ekonomiskt försvarbart med inköp. Svårigheter vid produktion var bland annat att uppstickande armeringsjärn från kantbalkarna var tidskrävande att bocka ned i konstruktionen.



Figur 35 Närbild på kantbalk med tydligt brädmönster tillverkad på plats (fotograf, Hampus Jakobson)

Montering av element

Prefabelement blir tunga och svåra att hantera, det kräver extra förstärkning av anslutande vägar och utrymme på arbetsplatsen. Detta för att klara de tunga laster som uppstår från transporter och maskiner som krävs för att hantera elementen. Det behövs även utrymme för upplag i anslutning till monteringen för att den ska kunna ske så smidigt som möjligt. Det är därför viktigt att vana montörer ansvarar för monteringen samt att detaljerade arbetsbeskrivningar görs. Den metoden som diskuterades vid studiebesöket var att använda träreglar på högkant i fiberriktningen. De var billiga och kunde lätt slås bort med hammare efter gjutning av tvärbalk. Figur 36 visar temporära upplag av stål och lager vid montage av NCC Bron.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro



Figur 36 Temporära upplag på stöd inför montering (fotograf, Lars Lindeberg)

Formning

Eftersom överbyggnaden gjuts ihop för att uppnå en kontinuerlig och robust brobana måste formning ske för tvärbalkar mellan de längsgående balkarna. Svårigheter var att täta så att betong inte läckte på underliggande spår samt komplicerad formsättning mellan balkarna, se figur 37. Det har även visat sig att det var besvärligt med de tillfälliga upplagen av balkarna samt att ta bort dessa efter gjutning. Förslagsvis tas en standardform fram som lätt går att använda och håller tätt samt att använda ett upplag som lätt går att justera i höjddled och montera bort efter gjutning. Enligt platschefen är det en stor fördel med prefab då formställning över spår undviks. Med platsgjutet hade störningstiden varit ca en vecka både vid formning och vid rivning. Med prefab kortas störningstiden till knappt ett dygn vid ett tillfälle.



Figur 37 Närbild på komplicerad formning mellan balkar (fotograf, Hampus Jakobson)

3.2 Resultat av intervjuer

Varje fråga som ställts under intervjuerna redovisas enskilt. Första stycket beskriver den allmänna uppfattningen, därefter följer de intervjuades egna kommentarer. De diagram som visas är baserade på författarnas uppfattning om de intervjuades åsikter i frågan.

Vad anser du om prefab i allmänhet?

Allmän uppfattning

Majoriteten av de intervjuade har en positiv uppfattning om prefab och vill se ett ökat användande. Framförallt ses fördelarna med ett industrialiserat byggande. De flesta har upplevt problem med prefabricerade produkter i form av kvalitet och toleranser men att kvaliteten har blivit bättre och bättre. Prefab har ett stort användningsområde, främst inom husbyggnad där det kortar byggtiden och risken med väderstörningar minskar. Att bygga snabbt och med hög kvalitet genererar lönsamhet till projekten. Nackdelen är att mycket behöver bestämmas tidigt i projekten och flexibiliteten blir sämre.

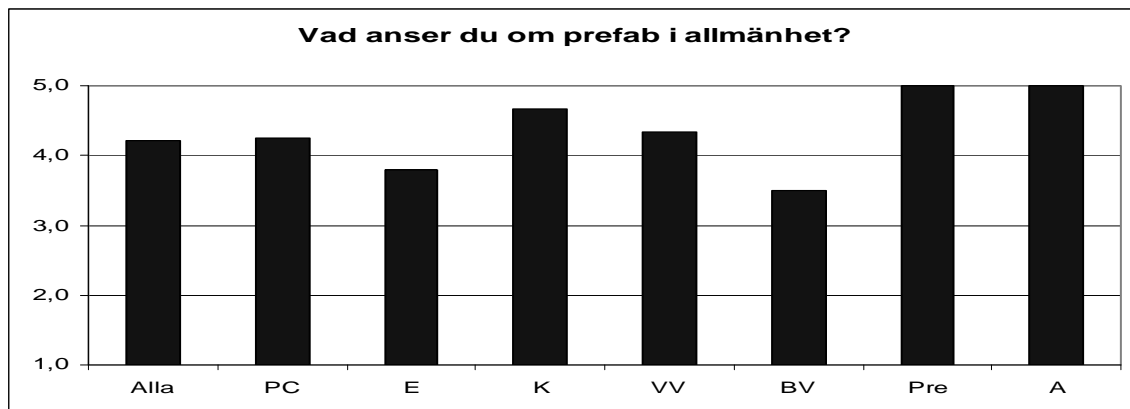


Diagram 5 Vad anser du om prefab i allmänhet? 5=Positivt, 3=Neutral, 1=Negativ

De intervjuades positiva kommentarer

På rätt ställe är det bra.

Vid husbyggnad är det bra då det är många lika komponenter.

Prefab i hus är suveränt.

Borde öka användningen av prefab men det ska inte användas överallt.

Det blir en billigare process med prefabricerade element.

Sverige har en konstig tradition att platsgjuta.

De intervjuades negativa kommentarer

Prefab har sina begränsningar. Det är problem med leveranstider och framförhållning.

Jag har sett prefab med dålig kvalitet.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Prefab kräver att ritningen är godkänd långt innan det ska användas.

En nackdel är att prefab inte riktigt blir en enhet som det blir med platsgjutet.

Vad anser du om prefabbroar?

Allmän uppfattning

Övervägande delen av de intervjuade har en bra inställning till prefabbroar, främst över järnväg och situationer där det kan orsaka stora störningar på trafiken. Styrkorna med att bygga broar i prefab ser de intervjuade främst med vinster i arbetsmiljö och vid krav på korta byggtider. Argumenten mot prefabbroar är om estetiken och med svårigheten att få lönsamhet för en enskild bro. Oro uttrycks för robusthet och hur fogar mellan elementen påverkas av den aggressiva miljö som de utsätts för. Många påpekar att noggrannhet vid produktionen är mycket viktig eftersom de yttre påfrestningarna är större på broar än på hus och många uttalar skepsis mot livslängden.

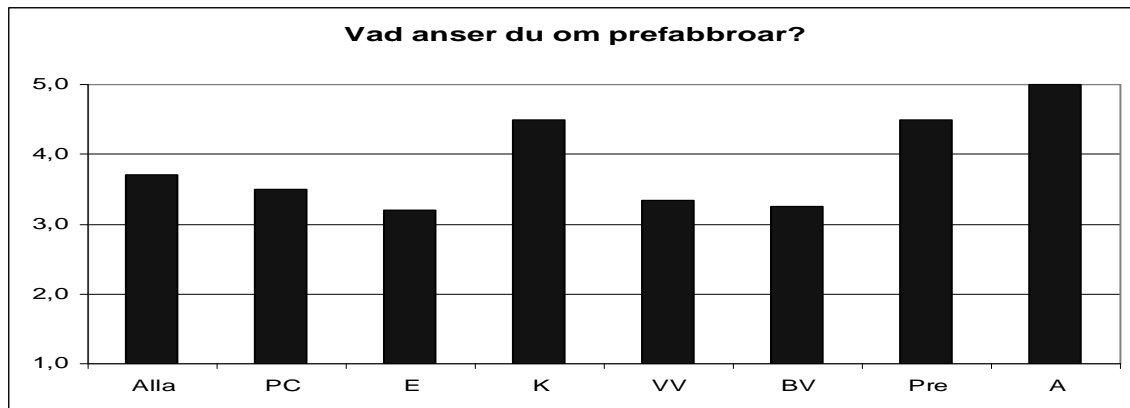


Diagram 6 Vad anser du om prefabbroar? 5=Positiv, 3=Neutral, 1=Negativ

De intervjuades positiva kommentarer

Det borde helt klart finnas fler prefabbroar, man utnyttjar det för lite.

Oftast ett måste när man ska passera över järnväg, synnerhet vid dubbelspår, då har prefab en vital fördel för att minska störningarna av trafiken.

Ser man till arbetsmiljö och kvalitet är det en stor fördel, men sett till kostnad är det för dyrt, skall man uppnå lönsamhet måste de positiva effekterna väga över.

De intervjuades negativa kommentarer

Det kan vara svårt med geometrin vid brobyggnad.

De är för dyra.

En känslig punkt är robustheten, fogar får inte bli kritiska.

Vid tillverkning på elementfabrik begränsas estetiken.

Prefab har begränsningar, alla broar är inte lönsamma att bygga prefabricerade.

Vad anser Banverket och Vägverket om prefabbroar?

Allmän uppfattning

Den generella uppfattningen är att båda beställarna är konservativa och något negativt inställda till att bygga prefabbroar i betong. Speciellt gäller detta de grupper som haft nära kontakt med beställare vid anbuds- och produktionsskedet. Eftersom Banverket tidigare har beställt prefabbroar visar det sig att de uppfattas något positivare samt att de själva ser ett behov av att undvika störningar i tågtrafiken. Vägverket äger inte det problemet i samma utsträckning då de leder om sin trafik. Vägverket anser att estetiken är en begränsning i större utsträckning än vad Banverket gör. Många tror på en förändring i och med att TK Bro införs samt generationsskiftet som sker hos beställaren.

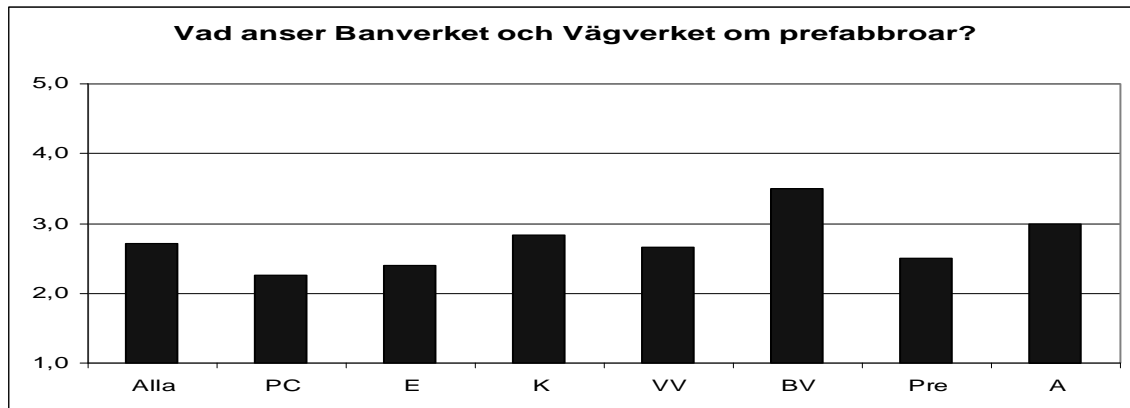


Diagram 7 Vad anser Banverket och Vägverket om prefabbroar? 5=Positiv, 3=Neutral, 1=Negativ

De intervjuades positiva kommentarer

Banverket är mer positiv och en stor beställare av prefabprodukter, de har även mer att vinna på snabba montagetider.

De kan ha ändrat sig nu när en ny generation kommer.

Det finns en myt om att vi är negativa, åtminstone att vi centralt skulle vara negativa.

Det är helt ok med prefab om det uppfyller kraven, i och med TK Bro ökar friheten att bygga hur man vill.

De intervjuades negativa kommentarer

De säger att de är positiva men de är inte det.

Vägverket och Banverket har en inbyggd motvilja som är historiskt betingat.

Idag är det inte möjligt med prefab hos Vägverket.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

De är rätt så konservativa i grunden men byggbranschen är ganska konservativ överhuvudtaget.

Vi ställer oss något avvaktande till prefab i betong.

Riktiga broar är platsgjutna.

Vilka är fördelarna med prefabbroar?

Allmän uppfattning

Alla de intervjuade ser produktionstiden som den största fördelen med prefabricerade broar. De flesta ser även att arbetsmiljön förbättras vid tillverkning i fabrik då det är lättare att kontrollera säkerhetsarbetet samt att arbetsställningarna blir ergonomiskt fördelaktigare. Många diskuterar även kring kvalitetsaspekten och tror att branschen har lärt sig av misstagen från tidigare försök.

De intervjuades kommentarer

Tidsaspekten är en fullständigt dominerande fördel för prefabbroar, speciellt vid järnväg.

Prefabbroar som monteras över järnväg görs på en helg, när man bygger en platsgjuten bro tar valvet över järnvägen ca 3-4 månader. Dessutom slipper man lägga om kontaktledningar, undanleda trafik och bygga provisoriska ställningskonstruktioner.

Eftersom man arbetar i fabrik har man helt andra möjligheter till att kontrollera processen och kan därför uppnå en kvalitet och en finish som inte går att klara av ute på en arbetsplats. Man bygger mer rationellt och får upprepningseffekter i fabriksmiljö.

I resten av världen bygger man med prefab för att få hög kvalitet. I Sverige bygger vi inte med prefab för att vi då får dålig kvalitet?

Det hände någonting för ca 20-30 år sedan då prefabindustrin gjorde en satsning på prefabbroar men brände sig då de hade dålig kvalitet på sin produkt. Samma människor som var med och såg bristerna är de som sitter och bestämmer idag. Man upplevde då att industrin inte tog beställarens krav på kvaliteten på allvar och de hade dålig kunskap om väg- och järnvägsnormer. De borde klara kraven idag.

Idag blir det ofta så att man ska bygga nytt i anslutning till befintliga vägar, och där har prefab en stor fördel. Vid platsbyggda broar är det ofta så att man noggrant bestämmer hur saker och ting ska se ut men att besvärligheter under byggtiden gör att resultaten inte blir som det var tänkt.

Arbetsmiljömässigt är det en stor fördel, det är inte samma belastning på arbetsstyrkan att bygga prefabricerat och man har en säkrare arbetsplats.

Ändrade levnadsmönster talar för prefab, det är inte lika många som vill och har möjlighet idag att jobba långt hemifrån eller på taskiga tider.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Prefabbroar genererar minskade trafikstörningar och därmed samhällsekonomiska fördelar.

Bygger man färdigt tidigare än planerat kan slutbesiktningen genomföras tidigare vilket medför att entreprenören kan få sina pengar tidigare.

Vinster med prefab sker vid stora serier, då är det väldigt kostnadseffektivt och att bygga säkert och snabbare vilket borde sänka kostnaderna.

Kostnadsmissigt är prefabbroar inte billigare, man måste räkna in tidsvinsten för att det ska vara vinnande. Har man svårt att sätta pris på tidsvinsten så är prefab inte lönsamt.

Vilka är nackdelarna med att bygga broar i prefab?

Allmän uppfattning

De största nackdelarna med broar i prefab är estetiken samt flexibiliteten med prefabricerade system. Många tycker att prefabricerade broar ser stela och fyrkantiga ut och att de därför har svårt att passa in i landskapet. De prefabsystem som använts på den svenska marknaden anses begränsade av spännvidden och på grund av den blir användningsområdena få. Det är oftast redan på förslagsstadiet som prefabricerade broar kommer till korta eftersom broarnas placering bestäms efter en väglinje vilket medför att bron kan ligga i en radie och därmed krävs längre spännvidder. Det finns också åsikter om att prefabricerade broar har svårt att uppfylla kraven som ställs och att de inte är tillräckligt robusta. Många påpekar de dåliga erfarenheter som branschen har av prefabbroar efter mindre lyckade projekt på 90-talet. Det finns en oro att det blir svårt att sysselsätta yrkesarbetarna samt att deras kunskaper försvinner vid produktion av prefabbroar. Detta då arbetsplatsen endast blir ett montage av brodelar och hantverksarbetet försvinner.

De intervjuades kommentarer

Det historiska arvet är kanske den största nackdelen.

Spännvidden är begränsad med balkar i betong, de ska helst vara raka broar utan radie. Det är inte lika flexibelt som platsgjutet, man blir låst och begränsad i utförandet med prefab.

Det tar folk och yrkeskunskap från branschen, hantverksjobbet försvinner och man tappar många duktiga snickare, risk att man tappar en hel yrkesgrupp när det blir mer likt fabriksarbete som kan uppfattas monotont och tråkigt.

Risk med dynamiska effekter, måste lösa alla fogar och få robusthet vilket ges automatiskt i en platsgjuten konstruktion. Dessutom ska det vara kontinuerligt bro över stöd för att klara påkörningskrafterna.

Ibland finns tvingande konstruktionsregler som kan vara svåra att uppfylla.

Fogar är känsliga i vårt klimat med frysningar och tiningar som påfrestar mycket. Det är ett stort underhållsproblem om fogarna inte är rätt utförda, omsorg runt fogar leder ofta till att broarna blir dyrare än vanligt.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

De estetiska kraven från beställaren är en nackdel för prefabbroar då det är svårt att få broarna snygga, De passar inte alls i stadsmiljö.

Minskar flexibiliteten eftersom man måste bestämma sig tidigt i projektet och blir det fel vid en leverans så är det svårt att rätta till. Den största estetiska utmaningen är hur man hanterar skarvarna mellan olika element. Skarven är elementets svaga punkt.

Svårt att behålla den kompetens som finns, det krävs en organisation som är kunnig med hanteringen av prefabprocessen och att de regelbundet får arbeta med detta.

Vilka delar skulle du helst se var prefabricerade i en bro?

Allmän uppfattning

Samtliga tillfrågade menar att överbyggnaden är prefabricerad i en bro, och då antingen med balkar med mellanliggande element som sedan sammanfogas med en övergjutning, eller med färdiga element som sedan sammanfogas och beläggs med slitlager. Många ser gärna en ökad prefabriceringsgrad där även stöden förtillverkas samt att spännvidden ökas med förspända element som dessutom är slankare och ger en lägre konstruktionshöjd.

De intervjuades kommentarer

Genom att öka prefabriceringsgraden och även förtillverka stöden så får man bort de farliga momenten som det innebär att ha en ställning väldigt nära spåret.

Ska det vara en montagebro så ska den vara så montagevänlig som möjlig, den ska inte vara halvfärdig, NCC Montagebro är inte ens det. Det är endast balkar och plattbärlag som är prefabricerade.

Framförallt huvudbalkarna ska prefabriceras, de som är över en kontaktledning. Sen får man gärna gjuta någonting på dem, det tror jag funkar. Då slipper man formställning och allt vad det innebär. Man kan säkert använda prefabricerade stöd men det blir svårt med infästning och lager samt blir det väldigt tunga element.

Överbyggnaden bör prefabriceras. Det är den del som har störst fördelar att vara förtillverkad. Det kan finnas behov av att prefabricera stöden men det är sällan lönsamt och blir därför inte aktuellt.

Genom att använda förspända eller efterspända betongelement, hålutsparningar samt högpresterande betong kan man sänka vikten på elementen vilket ger större spännvidder och lättare transporter.

NCC Montagebro är mer som en kombination, onödigt mycket som är platsgjutet.

Är det bättre att tillverka elementen på plats eller via inköp från prefabtillverkare?

Allmän uppfattning

Åsikterna går isär och kan kopplas ihop med vilken erfarenhet samt vilken position de har haft i projekten. Majoriteten säger ändå att en tillverkning av prefabricerade element bör ske på fabrik i samarbete med en leverantör som producent. För att starta tillverkningen av element i egen regi krävs en tillräckligt stor marknad vilket inte är fallet idag. Produktionsprocessen bör vara anpassad så att vilket arbetslag som helst kan bygga bron.

De intervjuades kommentarer

Det är bäst med inköp från fabrik, oftast är det stort arrangemang att tillverka på plats.

NCC bör satsa om det finns en marknad, annars inte, gäller att beställaren öppnar för prefabbroar.

Det är viktigt att få en leverantör som tänker som oss och tar kraven på allvar, men man ska köpa så mycket prefab som möjligt.

Beställer man från tillverkare måste man vara ute i god tid och ha alla handlingar klara i ett tidigt skede. Genom att tillverka elementen på plats sparar man tid och undviker glapp samt sysselsätter arbetsstyrkan hela tiden. Därför kan man lika gärna göra allt själv och vara säker på att man har allt samt att det är av rätt kvalitet.

Man ska nog upprätta ett samarbete med någon prefabtillverkare. Jag tror inte NCC själva ska göra det. Man ska definitivt inte starta en egen fabrik.

Det är bättre med en stationär fabrik och inköp från tillverkare då de har riktiga faciliteter och den kompetens som krävs. En strategisk samverkan och ett gemensamt utvecklingssamarbete skulle vara bra.

Produktionsprocessen bör vara anpassad så att vilket arbetslag som helst kan bygga bron. Det är inte att rekommendera att använda en centralt placerad arbetsgrupp med platschef och montageledare då ett lyckat projekt inte skall stå och falla med enskilda personer.

Det får inte bli dyrare att tillverka i fabrik än att göra på plats. Jag föredrar tillverkning i fabrik och sedan transportera elementen till platsen. Det blir som en vanlig leverans.

Skillnader mellan traditionell och prefabricerad produktion m.a.p. arbetsmiljö?

Allmän uppfattning

Arbetsmiljön lyfts ofta fram som en av fördelarna med arbete i prefabricerad produktion. Framst ses möjligheten att kontrollera arbetsställningarna och att det medför bättre ergonomiska förutsättningar vid tillverkning i fabrik. Det blir större och tyngre lyft med stora element men det ses inte som någon svårighet eller som ett större riskmoment eftersom arbetet utförs av personal som har erforderliga kunskaper och hjälpmedel. Eftersom tiden

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

som spenderas på plats i produktionen är kortare med prefab påverkas arbetsmiljön positivt eftersom vistelsen i farlig miljö är kortare.

De intervjuades kommentarer

Man kommer ifrån moment i en farlig miljö vid användande av prefab. Slipper bygga portaler och ställningar och exponeringen mot kontaktledningen samt passerande trafik minskar, och därmed olyckorna.

Det är många risker med prefab också, det krävs större planering och mer noggrannhet eftersom man har tunga lyft och moment med stora kranar och leveranser.

Flytta så många aktiviteter som möjligt till miljöer som är skyddade från klimatet. Inomhus kan man använda annan teknik, får mindre ergonomiska påfrestningar på arbetarna och inga skador kopplade till vibrering och armering.

Glädjen från byggarbetsplatsen kan försvinna.

Det krävs en otrolig insats från yrkesarbetarna vid platsgjuten produktion då det är mycket slitsamt för dem. De är ute i alla väder och bygger bro i princip i lösvirke.

Sociala effekter kan vara att tiden man bor hemifrån minskas då delar av arbetet flyttas till fabrik.

De tunga manuella momenten för byggnadsarbetarna minskas då man kan använda lyfthjälpmiddel och andra vibrationsmetoder i fabrik. På plats blir arbetsmiljön bättre då personalen är skyddade direkt efter balkar och bjälklag lagts på plats.

I fabrik råder samma klimat hela tiden, samma personal som arbetar med produkten och en arbetsstation som är kontinuerlig år efter år. Databasen finns hela tiden kvar på fabriken medan ute startas det om hela tiden för varje ny plats. På fabriken råder optimala förutsättningar med planering och placering, alltid fördelaktig arbetsmiljö, personalen känner ett ansvar och engagemang för produktionen i fabriken då de kan planera och påverka sin produktion. Utomhus är varje produktionsplats unik och inte anpassad för arbetsmomentet.

Många som är ute på plats uppskattar att jobba ute och ser det som en frihetskänsla och yrkesstolthet är viktigt, men jag tror de som jobbar inne i fabriker mår fysiskt bättre.

Skillnader mellan traditionell och prefabricerad produktion m.a.p. kvalitet?

Allmän uppfattning

Den generella uppfattningen är att prefab borde ha väldigt bra förutsättningar att leverera bra produkter jämfört med att bygga på plats. De som har använt prefabelement i produktionen har dock dålig erfarenhet då elementen brustit i kvalitet både med avseende på täckskikt och på finish. Detta tror dock de flesta att branschen har lärt sig och att prefabtillverkarna idag skall kunna leverera rätt kvalitet. Flexibiliteten hos ett platsgjutet system lyfts ofta fram och fördelarna som kommer med det. Det är viktigt att göra skillnad på kvalitet hos den enskilda komponenten och hela systemet. Ingen av de tillfrågade tvivlar på att elementen kan

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

tillverkas med hög kvalitet och till och med högre kvalitet än platsgjutet, svagheten ligger i att sammanfoga elementen på ett tillfredställande sätt. Det är i ett underhållsperspektiv som oron kring kvaliteten är som störst.

De intervjuades kommentarer

Anläggningselement fordrar högre krav på toleranser och finish. På den tiden hade de inte samma kvalitetstänk på fabriken, de var helt enkelt inte vana med det.

Prefab borde ha väldigt bra förutsättningar för att leverera bra produkter mot att bygga på plats. Det borde bli bättre kvalitet än att bygga på plats. Jag tror inte prefabindustrin kommer att göra om samma misstag.

Man kan misslyckas med båda metoderna om man inte vet vad man håller på med. Vissa menar att man har lättare att kontrollera kvaliteten på fabrik men det tror jag inte på, det handlar om vilka killar man har, man får samma kvalitet på plats som på fabrik. I slutändan är det noggrannheten i själva produktionen som är viktigast för kvaliteten på balkarna än var produktionen sker.

Det ska inte vara någon skillnad. Är kvaliteten sämre på en prefabbro så ska man inte bygga med prefab. Jag har sett exempel på prefabelement då man ser armeringen i ytan efter några år, och då har man misslyckats.

När jag byggde broarna var prefabbalkarna sämre med mindre täckskikt från fabrik än de vi gjorde själva. Konstigt att det sker, det borde vara idiotsäkert på fabrik då man har möjlighet att kontrollera kvaliteten bättre.

Den är lika bra eftersom de ska uppfylla samma hårda krav. Det är inte kvalitetskrav som styr valet av bro, det är spännvidd och estetik vilket ibland kan slå undan benen för prefabbroar.

Borde bli minst lika bra om inte detaljerna ställer till det, måste tänka igenom lösningen tidigt och projektera det så bra att det går att genomföra produktionen. Utmaningen är att utveckla lösningar som inte är känsliga och lätta att utföra.

Jämfört med de broar som hittills är utförda så vill jag påstå att platsgjutna håller lite bättre kvalitet. Det finns en större flexibilitet när man platsgjuter och vi kan platsgjutet och vi vet vad vi får.

Om tillverkningen utförs rätt blir det bättre med prefab, men ur ett underhållsperspektiv kan skarvarna och fogar vara ett dilemma, det har man sett vid prefabricerade stödmurar där läckage och sönderfrysningar är ett problem.

Det måste vara kvalitet i alla led, från produktion till montage. Det är viktigt att ha rätt montörer för att inte få skador på elementen.

Det är enklare i fabrik att ha hög kvalitet i en kontrollerad miljö, nära mellan blandning och gjutning och andra arbetsmetoder kan användas. På fabrik uppnås en upprepningseffekt och du blir expert på varje produkt och det ökar kvaliteten.

Skillnader mellan traditionell och prefabricerad produktion m.a.p. miljö?

Allmän uppfattning

Skillnaderna i miljöpåverkan mellan prefabricerad och platsgjuten produktion har varit problematiskt för de intervjuade att redogöra. Många av de tillfrågade fick tänka till rejält på denna fråga innan de kom fram till något bra svar. Transporterna anses ta ut varandra men möjligheten att kontrollera avfallshanteringen bättre i en fabrik samt att spillet blir mindre väger till prefabproduktionens fördel. Några har diskuterat effekterna som de olika produktionsmetoderna har på trafiken och köerna som de genererar och att det kan finnas ett samhällsekonomiskt perspektiv.

De intervjuades kommentarer

På fabrik har man lägre miljöpåverkan och kan hålla en resurssnålare produktion. Tillverkningen kan miljöcertifieras och krav kan ställas på ingående produkter från underleverantörer.

Man har transporter hur man än gör, antingen balk eller betong som transporteras eftersom broarna ofta ligger på landsbygden.

Mindre åverkan på omgivningen med prefab vid vattendrag. Med prefab minskar risken med att påverka vattnet.

Miljöpåverkan för produktionen Borde inte vara några större skillnader då slutprodukten är lika.

Buller från arbetsplatsen kan minskas med prefab.

Det vore intressant att göra livscykelanalyser.

Det är en miljöaspekt med ökade utsläpp från köbildningar och stillastående trafik på grund av störningar från produktionen, det kan ge stora vinster ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Skillnader mellan traditionell och prefabricerad produktion m.a.p. tid?

Allmän uppfattning

Tiden lyfts ofta fram som en av de stora fördelarna med att använda prefabricerade element i produktionen. Genom att använda prefab förkortas byggtiden och därmed störningen av passerade trafik avsevärt. Att projekteringstiden kan förkortas med prefab diskuteras men några menar på att det går även att uppnå vid traditionellt byggande. Projekteringstiden förkortas genom att använda färdigprojekterade och standardiserade ritningar som sätts ihop till en sammanställningsritning. Samhällsekonomiska vinster nämns också som en fördel för prefabricerad produktion eftersom bygget färdigställs snabbare och påverkan blir mindre.

De intervjuades kommentarer

Allt jobb går snabbt och man kan gå hem efter ett 12-15 timmars pass på helgen. Då har man gjort klart överbyggnaden över spåret och trafiken kan fortsätta som vanligt.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Vid projekt som är utspridda under lång tid är det fördelaktigare med platsgjutet, vid tidspress är det jättebra och en oerhörd fördel med prefabbroar. Projekteringsskedet blir intensivare än för en platsgjuten bro, krävs en större utredning när man ska ha prefabbro.

Produktionstiden är det ojämförligast bästa argumentet för prefab. Jag tror att projekteringstiden kan kortas med standardlösningar men det kan även uppnås vid platsgjutet om man arbetar mer industriellt. Vid snarlika broar försöker man använda liknande konstruktioner för att effektivisera produktionen till exempel om en entreprenad innehåller flera broar.

Prefab är attraktivt då det inte går att stänga av trafiken i flera månader.

Det går fortare att producera i fabrik, arbetstiden kan mätas på ett bättre sätt vilket leder till optimering av produktionen och arbetsstationen kan anpassas för att det ska gå så snabbt och så bra som möjligt. Dessutom minskas spillkostnaderna.

Samhällsekonomiska vinster i form av mindre trafikstörningar under semestertider, i städer kan det vara viktiga parametrar. Det finns ett värde att bygga i två månader istället för sex månader. Det är viktigt att trafikstoppen blir korta.

Skillnader mellan traditionell och prefabricerad produktion m.a.p. kostnad?

Allmän uppfattning

Det råder delade meningar vilken av de båda produktionsmetoderna som är billigast. Produceras en bro antas platsgjutet vara billigast men vid tillverkning av flera snarlika broar är prefab billigare. De flesta anser att det krävs ett förändrat köpbeteende hos beställaren för att möjligheten att använda flera liknande broar i rad ska vara möjlig. Vissa menar att tidsvinsten är en aspekt som måste räknas med för att prefabbroar ska bli billigare. Prefabtillverkarna menar att de är billigare redan vid den första bron medan övriga upplever att det är dyrare. Vid prefab är de stora kostnaderna balkelement, transporter och lyftanordningar och vid traditionellt är de stora för form, ställning och arbetstimmar.

De intervjuades kommentarer

Man slipper kostnader för ställningar och portaler i månader vid prefab, tågstopp och säkerhetsvakter är också en kostnadspost som minskar. Projekteringskostnaderna bör minska när man gör samma sak om och om igen och använder sig av samma system oavsett var i landet den byggs.

Försöker industrialisera platsgjutna så man har plattformstänkande även där med standardformar. En stor volym av broar gör skillnad, då får prefabbroar en större fördel men det behövs ett ändrat köpbeteende hos beställaren.

Kan man utnyttja upprepningseffekten och att broarna är typgodkända så man slipper räkna på dem varje gång kan man sänka kostnaderna, är man billig på bron kan man få större entreprenader med anslutningar och liknande.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Det finns ingenting som slår platsbyggt kontra prefab vid samma förutsättningar. Att bygga form av lösvirke är mycket billigare än alla kostnader man har med prefab, dvs. tillverkning på fabrik, extra transporter, större kranar mm.

Hade prefab varit billigare borde fler broar ha byggts i prefab.

Jag tvivlar på en renässans för standardritningar för hela brokoncept. Det var en gång i tiden ett jättearbete att ta fram en standard för plattrambroar och sedan byggdes bara ett par stycken.

Däremot kan det finnas fördelar både för kvalitet och för ekonomi om man har en långt driven automatisering av beräkningsarbetet baserad på standardiserade utformningar.

Det är inte billigare med prefab, hittills har det alltid varit dyrare. Vinsten är om man kan få större serier. Större serier gynnar prisbilden generellt, både för prefab och för platsgjutna broar.

Över järnväg är det totalt sett billigare att bygga prefab, det är kortare byggtid och påverkar inte trafiken lika mycket, en standardlösning är en fördel för prefab i projekteringen. Det har gjort så tidigare med GC-portar med ett typgodkännande och sedan görs den specifika sammanställningsritningen för bron.

Kostnaden är en fördel för prefab, det blir betydligt lägre totalkostnad när man använder sig av industrialiserat byggande, återanvändning av form, mer kontrollerat arbetsätt, mindre spill, och får en mer genomtänkt konstruktion.

Över lag är prefabbroar något dyrare än platsgjutet då det är förutsättningarna som styr kostnaderna. I projekteringsskedet kan broarna definitivt bli väldigt billiga att projektera vid bro tre och fyra då man har en klar lösning i skrivbordslådan.

Vad anser du om NCC Montagebro?

Allmän uppfattning

Den klara fördelen är tidsvinsten och liten störning på befintlig tågtrafik vid upprättande över järnväg. De flesta tycker att det är bra att slippa formställning, speciellt vid järnväg där kontaktledningen och trafik är problematiskt och kostsamt att ta hand om. Arkitekten anser att med små medel går det att göra bron mycket mer attraktiv. Konstruktions och detaljlösningar diskuteras i samband med utvecklingsmöjligheter.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

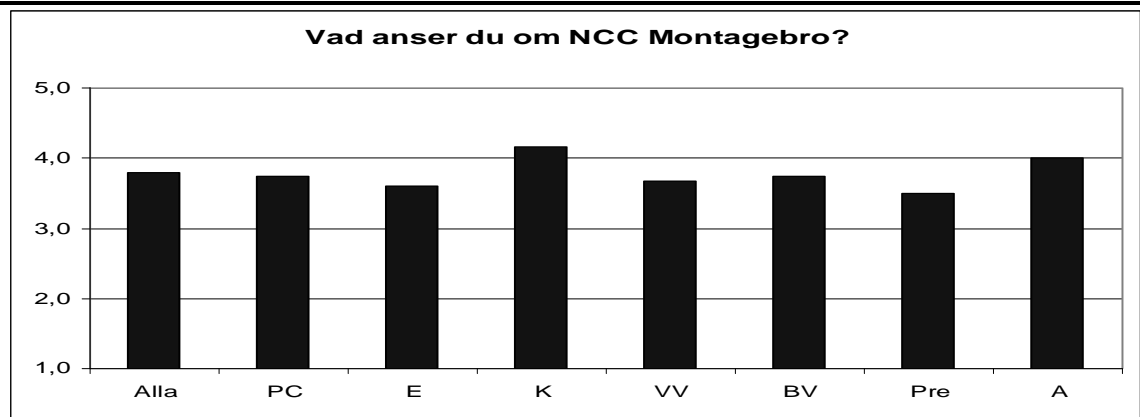


Diagram 8, Vad anser du om NCC Montagebro? 5=Positiv, 3=Neutral, 1=Negativ

De intervjuades positiva kommentarer

Bra och lättbyggd. Bra där det är svårt med formställning till exempel vid järnväg, vattendrag och trafikerad väg.

Bra koncept och effektivt sätt att korsna järnväg. Fördel att kombinera prefab och platsgjutet vilket gör att alla krav uppfylls.

Trygg och säker byggmetod då räckan sitter på plats vid montage av balk. Ser rejäl ut. Klarar den kraven i TK bro är jag nöjd.

Beprovd och säker metod speciellt då de långsgående balkarna gjuts ihop i tvärbalken. Man eliminerar de yttre riskerna som till exempel temperatur och nederbörd kan ställa till med.

De intervjuades negativa kommentarer

Kan inte konkurrera med platsgjutet om inte samhällsekonomiska fördelar vägs in. Borde kunna utvecklas mer.

Den är klumpig. Väldigt begränsad i spännvidd vilket leder till att det krävs räta korsningsvinklar.

Nackdel att den inte kan användas som järnvägsbro.

Den har för många konstruktionsdelar.

Estetiskt skulle man med medel få den mycket mer tilltalande. Tvärbalkar stör estetiken.

Anser du att NCC Montagebro har några svagheter?

Allmän uppfattning

Framförallt är begränsningen i spännvidd och flexibilitet den största svagheten. Korsningsvinkeln över väg och järnväg är begränsad på grund av spännvidden. Estetiken bedöms som tråkig och ful men inte sämre än motsvarande platsgjutna broar. Marknaden för broar är relativt liten och av de broar som byggs är det få som går att ersätta med NCC Montagebro.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

De intervjuades kommentarer

Den har begränsade användningsområden. Med denna bro krävs det att man går nästan vinkelrätt över vägen, det är viktigt att bron anpassas efter vägen och inte tvärt om.

Borde kunna räkna med plattbärlaget i konstruktionen. Omständlig formning och armering vid tvärbalkar vilket borde effektiviseras. Bron måste optimeras.

Det är klart att begränsningarna med lutningar och radier är den stora svagheten.

Ser ut som en öststatsbro. Ingen vacker skapelse men fungerar bra för mindre vägar över järnväg och inget som kommuner eller arkitekter efterfrågar. Det är funktionell bro men rätt så begränsad som går att förbättra på många sätt främst estetiskt.

Estetiken är en svaghet eftersom det fokuseras på det idag vid brobyggandet, borde kanske användas som bro över järnväg.

Kantbalk och räcke ska hänga ihop visuellt vilket till exempel kan framhävas med olika vinklar.

Det finns möjlighet att jobba med detaljer när det gäller utformning, till exempel rundade kantbalkar. Det kan vara svårt att konkurrera mot platsbyggt när det är komplicerad geometri.

Svårigheten, som jag minns det, var armeringen över stöd. Här blev det väldigt mycket armering vilket gör att det är praktiskt komplicerat att utföra. Bron ska vara så enkel som möjligt och ändå bli godkänd av beställaren. Det får inte vara komplicerat arbete på plats för då är det risk att utförandet blir bristfälligt.

Den har sin konkurrenskraft över järnväg. Inte lika konkurrenskraftig över motorväg eller vattendrag. Vid motorväg är spännvidden för kort och över vattendrag har man sällan tidspress.

Jag ser egentligen inga svagheter. Det är en känd metod.

Nej, så länge den klarar kraven i TK bro.

Vad ska utvecklas för att få genomslag med NCC Montagebro?

Allmän uppfattning

Spännarmering i balkarna borde vara standard för att öka användningsområden och slankhet. Då ökar möjligheterna för bron att bli konkurrenskraftig. En utveckling av estetiken skulle göra den attraktivare på flera platser. Tillgodoräknas inte de samhällsekonomiska vinsterna är så måste kostnaden för bron sänkas.

De intervjuades kommentarer

Öka flexibiliteten och spännvidderna med spännarmerade balkar.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Kantbalkens utformning kan ändras för att skapa skuggbildning som ger ett slankare intryck. Hitta en nisch för bron och sälj inte in den överallt. Satsa inte på svängda broar i dagsläget.

Börja smått och visa att det är ett bra koncept, både kvalitetsmässigt och ekonomiskt. Säkerställ kvalitativ produktion genom samarbete med prefabtillverkare. Använd ett genomarbetat förslag vid eget förslag för att göra beställaren trygg speciellt med avseende på detaljlösningar.

Det viktigaste är att priset blir lägre om man väljer en prefabbro, men kortare trafikstopp kan också vara viktigt.

Öka spännvidden med spännarmering, borde kunna förändra utseendet för kantbalken och stöden, ger bron en annan gestaltning.

Den har sina möjligheter, första instansen är att lobba hos beställaren.

Hur ser du på framtidsutsikterna för prefabbroar och NCC Montagebro?

Allmän uppfattning

Det krävs att entreprenaderna blir större så samma system tillämpas på flera broar i rad. Banverket och Vägverket säger att de strävar efter ett mer industriellt byggande och att entreprenaderna kommer bli större samt att fler kommer vara totalentreprenader. Om höghastighetsbanorna Götalandbanan och Europabanan byggs så kommer det bli aktuellt med prefabbroar då väldigt många planskilda korsningar kommer att behöva byggas. Med tiden kommer inte branschen kunna blunda för fördelarna med prefab.

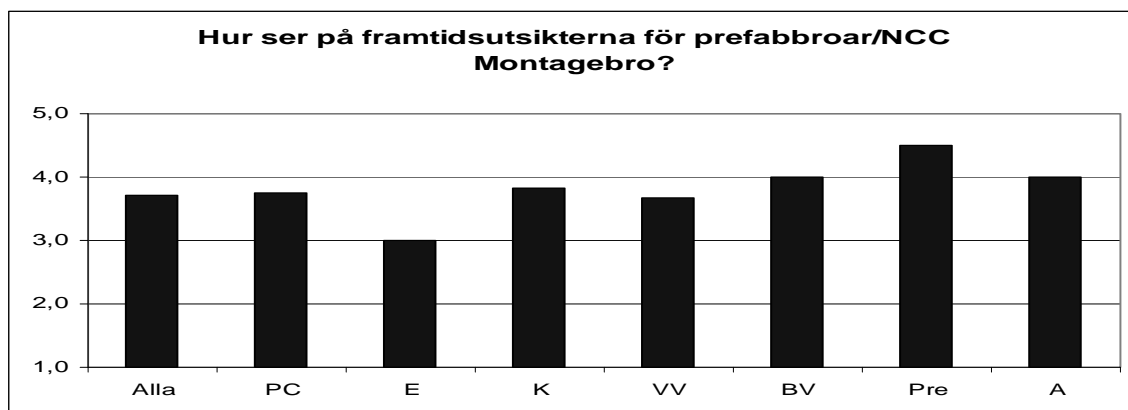


Diagram 9 Hur ser du på framtidsutsikterna för prefabbroar/NCC Montagebro? 5=Positiv, 3=Neutral, 1=Negativ

De intervjuades positiva kommentarer

Framtiden borde vara ljus, med den tidspress man har i branschen är det tilltalande med prefabbroar.

Det finns goda förutsättningar om Banverket och Vägverket ändrar sitt sätt att driva projekt, från utförandeentreprenad till totalentreprenad. Kan man få igenom tankesättet med samhällsekonomiska vinster vid korta trafikstörningar så finns det en chans.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

I framtiden kommer entreprenaderna blir större och det kommer att finnas fler totalentreprenader vilket kommer att gynna prefabbrobyggandet.

Europas normerna öppnar upp för utländska entreprenörer vilket kommer leda till en ökning då de bygger mycket i prefab.

Det blir svårare och svårare att få tag på folk som är duktiga och vill jobba ute i dessa förhållanden. Vi är intresserade av att bygga broar på effektivast möjliga sätt.

Det borde finnas bra framtidsutsikter om det satsas på att leverera prefabprodukter. Vägverket ser positivt på att leverantörer visar alternativa förslag. Det viktigaste är priset blir lägre om man väljer en prefabbro, men kortare trafikstopp kan också vara viktigt.

De intervjuades negativa kommentarer

Jag tror marknaden är för liten, men det ska självklart finnas alternativ till platsgjutet och jag tycker det är intressant att det pratas lite.

Banverket och Vägverket säger att det ska byggas mer bro för pengarna och det ena med det andra men de talar lite med kluven tunga.

Det finns personer i olika projekt inom Vägverket som är mindre positiva till prefab.

Hur påverkar konjunkturen brobyggandet?

Allmän uppfattning

Staten skjuter till mer pengar till infrastrukturen för att bland annat öka sysselsättningen vid lågkonjunktur. Fler broar byggs och konkurrensen bland entreprenörerna är hård och priserna pressas. Majoriteten tror att chansen är större att få genomslag med en prefabbro sker i en högkonjunktur.

De intervjuades kommentarer

Vid lågkonjunktur tar man större risker och satsar hårdare för att få projekt och då är man mindre benägen att prova något nytt. På så vis är det utvecklingshämmande med sämre samhällsekonomi och lågkonjunktur.

Ju sämre konjunktur desto fler broar. Jag tror att det finns större möjligheter att använda prefab i en högkonjunktur.

I lågkonjunktur satsar regeringen pengar på infrastrukturen och då hänger brobyggandet med. Det ger egentligen inte den effekt som man har tänkt då man nästan enbart satsar på storstadsområdena Stockholm och Göteborg.

Staten satsar ännu mer pengar på infrastruktur när det är lågkonjunktur. När det är högkonjunktur har vi våra ordinarie anslag. Jag har aldrig känt av en lågkonjunktur så länge jag har arbetat på Vägverket.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Tror det kan ske en ökning nu beroende på att de snart är klara med de stora projekten och att regeringen kanske satsar lite extra på infrastruktur just nu.

Anläggningsbranschen påverkas inte av konjunkturen alls i samma utsträckning som övriga branscher.

Leveranstiderna på prefab är längre i en högkonjunktur.

Vad behövs för att öka användandet av prefabbroar?

Allmän uppfattning

Många menar att de samhällsekonomiska vinsterna i form av bland annat kortare trafikstörningar måste värdesättas för att prefabbroar ska bli ekonomiskt försvarbara. De som har kännedom om FIA pratar om att de strävar efter en större industrialisering vilket innebär mer prefab. Några menar också att kraven som finns i dagsläget omöjliggör användandet av prefabbroar. Svaren är spridda och ingen av de intervjuade grupperna ger entydiga svar.

De intervjuades kommentarer

FIA är ett bra forum, samarbetet mellan beställare och entreprenörer är utvecklande. Ge ekonomiska incitament vid korta störningar.

En arkitekt ska vara med i framtagandet och erbjuda valmöjligheter till beställaren. Prefab ska inte vara förknippad med ful bro som det är idag utan ska man lyckas med prefab ska det vara billigt, snyggt och ha fler användningsområden.

Idag bygger man hela bron i trä först och sedan gjuter man och sen ska allt bort igen. Kan tyckas lite traditionellt och inte särskilt utvecklande för brobyggandet att göra detta om och om igen.

Till en början måste man sälja in bron i eget förslag då måste kunskapen i den egna organisationen öka så att alla vet när en prefabbro kan användas. Tryck på fördelarna vid upphandling, berätta till exempel för Banverket att de bara behöver stänga av spåret en viss tid.

Bronormen är för hård och broarna är låsta till förslagsritning vilket gör att det blir dyrt. Det måste komma initiativ från beställaren, de måste se samhällsnyttan med tidsvinster och värdera små störningar och inte bestämma vilka metoder man ska använda.

Vet man om att det finns en marknad så kanske man ska satsa annars vet jag inte om man ska göra det över huvudtaget.

Lägger man mer samhällsperspektiv till infrastrukturbyggandet så borde möjligheterna för broar som byggs snabbt ha större chans. Det finns bara ett incitament idag och det är pengar. Riskerna att bygga i prefab borde vara mindre, då kan ett mindre riskpåslag göras.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Det kan vara en del av totala anbuds-kostnaden att man kan bygga en månad snabbare så borde ges det bonus då man slipper störningar: Trafikstörningar drabbar tyvärr oftast tredje man och inte beställaren direkt som skulle ha behövts.

Beställarens inställning behöver ändras. Varför ska entreprenören anlita en fabrik när de kan sysselsätta sin personal med att platsgjuta broar? Det kan vara svårt att lägga utvecklingsansvaret på entreprenören, det ska ligga på beställaren.

Viktigt att vi får möjlighet att komma in tidigare i processen, som det är idag är det redan projekterat för platsgjutet. Skulle det tänkts prefab i projekteringen ökar det möjligheten att få genomslag för prefabprodukter.

Man ska värdesätta fördelarna med prefab och kostnadssätta samhällsekonomiska vinster. Det är ingen som bygger i prefab för att det är roligt.

Vad talar emot/hämmar användandet av prefabbroar?

Allmän uppfattning

Ungefär hälften av de intervjuade har varit delaktiga i prefabbroprojekt på olika sätt och därmed blivit medvetna om branschens skepsis mot prefabbroar vilket resulterar i svar om att inställningen måste förändras i branschen för att prefabbroar ska slå igenom. Skepsisen finns hos både beställare och entreprenörer. Förslagsritningen i upphandlingen gör att bron blir låst till att platsgutas vilket inte öppnar upp för egna förslag.

De intervjuades kommentarer

Problemet är normen som läser projektören som blir väldigt bunden att göra på ett visst sätt. Man borde förändra normen så det är som i andra länder där det funkar då borde det även fungera här i Sverige.

Det är viktigt att systemet är billigare än platsgjutet eftersom det ändå i slutändan är ekonomi och pengar som räknas.

Inställningen hos folk i allmänhet, beställare och entreprenörer. Man måste få igång ett projekt som fungerar ekonomiskt och kvalitetsmässigt. Det "första" projektet får inte floppa.

Vägverkets negativa inställning till prefab.

Den viktigaste är att inställningen till prefab i branschen är dålig, myten att Vägverket har något emot, eller regler emot prefab är på vissa håll väldigt stor.

Det kanske finns personer inom den egna organisationen som vill av tradition bygga på sitt eget sätt och forma produkten, det finns ett inbyggt motstånd i alla stora entreprenadföretag.

Det har i vissa fall varit svårt att få ekonomi i prefabbroar. Har du en lika stor kostnad för de olika varianterna gör att man väljer platsgjutet då det finns en större frihet.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Det finns inget incitament hos mig att driva mot en prefabbro om det inte är billigare. Är vi för dyra får vi inte jobbet.

Byggtreprenörerna har ofta egna grupper av brobyggare, såsom snickare, armerare och betongarbetare. Vid större entreprenader sysselsätter man hellre eget folk än köper en färdig produkt som man sedan inte själv har helt kontroll över.

Måste visa upp prefab som ser tilltalande ut, det stora problemet är estetiken.

Detaljstyrda handlingar hämmar utvecklingen. Regelverket har varit anpassat till traditionellt brobyggande vilket har hämmat utvecklingen av prefabbroar och prefab har fått ett oförtjänt rykte som grundar sig i miljonprogrammet.

Hur skulle en förändring av entreprenadformer gynna prefabbroar?

Allmän uppfattning

Samtliga grupper drar åt det positiva hållet med förändring mot fler rena totalentreprenader. De flesta tycker totalentreprenader kan vara utvecklande för brobyggandet men att generalentreprenader kan ha sin rätt i vissa projekt. Krävs det att entreprenören själv tar fram ett förslag för hur bron ska se ut, vilken byggmetod och vilket material som ska användas så kommer en större utveckling ske. De som har medverkat i partneringsprojekt är väldigt positiva till den typen av entreprenad. De skeptiska tror estetik och kvalitet kan bli lidande då entreprenören ska gestalta bron.

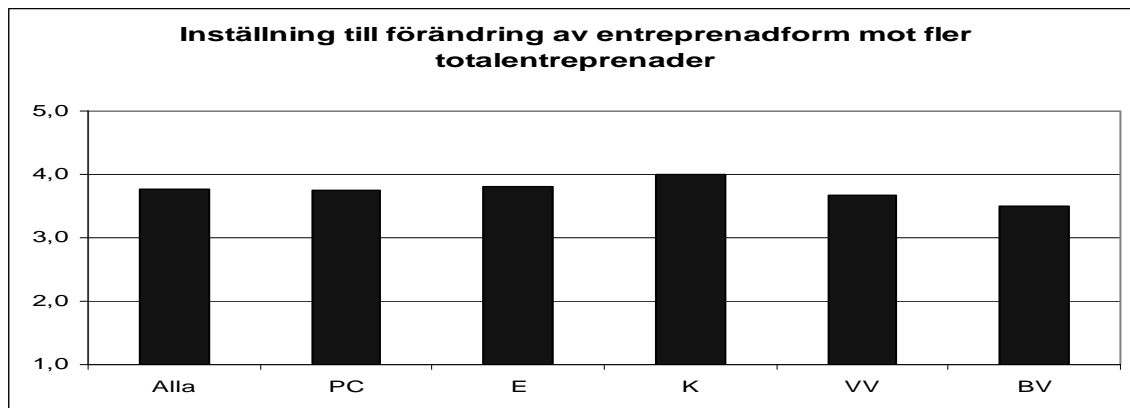


Diagram 10 Inställning till förändring av entreprenadformer mot fler totalentreprenader. 5=Positiv, 3=Neutral, 1=Negativ

De intervjuades positiva kommentarer

Entreprenörer får större frihetsgrader vid totalentreprenad, det gynnar helt klart prefab och det gynnar utvecklingen av brobyggandet. Tror att funktionsentreprenader med förlängt ansvar gynnar utvecklingen av infrastrukturen.

Det skulle leda till en utveckling av brobyggandet, totalentreprenader ger en större handlingsfrihet. Det är positivt med stor frihet och möjlighet att komma med egna lösningar.

Det är klart att partneringsupplägg och vara tidigt ute på marknaden kan vara en fördel.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Ur företagssynpunkt är det större chans att tjäna pengar på funktionsentreprenad då man kan påverka själv och jobba med egna lösningar. Jag tror att det kommer mer funktionsentreprenader även från Banverket och Vägverket.

Alla vill väl ha lite frihet men ibland kan det vara bra att det styrs hårt också. Jag tycker om entreprenadformen partnering när man tar gemensamma beslut.

De totalentreprenader beställaren har är styrda med förslagsritningen, så länge det är styrda entreprenader är det ingen som lägger ned tid på egna idéer för att det kostar för mycket.

Totalentreprenader eller en typ av funktionsentreprenader skulle kunna gynna utvecklingen. Om vi hittar en bro som vi vill använda, en bro som är billigare och lättare att producera. Underhållskostnaderna får inte var större. Totalentreprenaderna idag är fullständigt styrda, vi får inte flytta en skruv i bron.

Det hämmar kreativiteten som det är idag. Entreprenören får större frihet att använda de metoder de är bäst på vid totalentreprenad vilket är bra. Beställaren tror att det blir kostnadseffektivt och högre kvalitet med styrda totalentreprenader för broarna.

Det borde vara fler stora entreprenader, då kan man använda samma former, samma idéer, kanske t.o.m. samma ritningar. Då blir det just incitamentet med pengar. Broarna är ändå aldrig lika, de ser likadana ut men alla är olika.

De vi använder idag är mestadels "utförandeentreprenad med av entreprenören framtagna konstruktionshandlingar" men den är ofta för styrd och ingen riktig totalentreprenad. Problemet blir att så fort upphandlingen är klar kräver beställaren byggstart och då tas handlingar fram under tidspress vilket har dåliga konsekvenser.

Mycket lämnas fritt med totalentreprenad vilket kan ge en intressant utveckling. Jag är positiv till utvecklingen.

Bra för branschen att gå mot ett rörligt arvode, många beställare tror dock att de blir skinnade men tvärtom det blir ett öppet förtroende mellan beställare och leverantör att man hjälper varandra och gör det så billigt och bra som möjligt.

De intervjuades negativa kommentarer

Riskerna om man ändrar entreprenadformen kan det estetiska bli lidande, och alla broar överallt ser likadana ut. Värdera detta när bron ska stå i 120 år.

Vet inte om kvaliteten hade blivit bättre om det bara funnits totalentreprenader.

Banverket har förvaltarerfarenhet för vilka detaljer som fungerar långsiktigt vilket man kan förlora vid totalentreprenader och därmed generera i ett större underhåll.

Det är lagom uppdelat mellan entreprenadformerna som det är idag. Vid tidsbrist eller speciella fall använder vi ren utförandeentreprenad där vi själva upprättar konstruktionshandlingar.

Hur ser brobyggandet ut i Europa och övriga världen?

Allmän uppfattning

Anledningen till att det byggs mer prefab utanför Sverige beror enligt de flesta på att de inte har samma hårda krav som i Sverige. Kravet om kontinuerlig överbyggnad nämns ofta i sammanhanget vilket gör att det är svårt att bygga prefab i Sverige, många anser att det ska vara hårdare krav. Klimatet är mildare söderut vilket gör att broarna inte blir utsatta för tösalter vilket gör att de klarar sig bättre. De som känner till hur brobyggandet ser ut har oftast koll på någon del av världen och där några nämner att vissa stater i USA använder sig av mycket prefab.

De intervjuades kommentarer

Det byggs mycket i prefab i Europa bland annat Spanien och Tyskland. De har inte lika hårda krav, våra broar ska hålla längre och klara frysningscykler.

Det är för att det är privatfinansierat i andra länder som prefabbyggandet är mer utbrett där. Pengar ska in i form av vägtullar och då vill man fort få upp vägen. Jag tror också många länder har en annan syn på det estetiska.

I USA byggs det mycket prefab, borde gå att göra i Sverige också.

Det fanns nog ett motstånd mot prefab på 70 och tidigt 80-tal i Vägverkets broledning. I Tyskland finns också ett visst motstånd från vilka vi har traditioner. Vi kan härleda företeelserna inom brobyggnad till ett par personer för ganska länge sen.

Det handlar om tradition och gamla inrutade mönster. Då Sverige satsade på prefab och det blev mycket fel så avtog efterfrågan.

Brobyggandet är traditionsbundet, i USA ser man skillnad på staterna, men generellt är det väldigt mycket prefabricerat. I de nordiska länderna byggs det mest platsgjutet i världen.

Hur kan projekteringsarbetet förändras med prefabbroar?

Allmän uppfattning

Projekteringsarbetet kan förändras så att en konstruktör räknar några broar med olika förutsättningar vilka tillsammans skapar en bro. Bron kommer att vara överdimensionerad men kommer att kunna användas på flera platser utan att behöva räknas om. Det finns ingen allmän uppfattning i frågan men några diskuterar typgodkännande från Vägverket som fanns förr i tiden. Många tror att det går att förkorta projekteringen men kan inte tydliggöra hur.

De intervjuades kommentarer

Då behöver man i princip bara rita överbyggnaden en gång. Där kan man tjäna mycket pengar. Har Vägverket eller Banverket granskat bron ett par gånger så tar inte det lång tid heller.

Standardisering och tekniska plattformar ger bättre förutsättningar, 3D projektering är ett bra sätt att tydliggöra brobyggandet.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Projekteringen borde gå att korta med prefab.

Vinsterna kan ligga i en industrialiserad beräkningsprocess. Det går att göra väldigt mycket med dagens beräkningsverktyg och lite smarta tillämpningar. Vi ingenjörer tycker om att uppfinna hjulet, visa vår kunnighet i dimensionering. Märkligt att det på 2000-talet kommer in så mycket handberäkningar som det gör.

Projekteringsarbetet borde kunna systematiseras och förenklas för att på ett smidigt sätt ingå i den totala processen.

Man behöver inte ta fram konstruktionshandlingar då det redan finns, tar fram sammanställningsritning och komplettera med enstaka ritningar, blir billigare projekteringsmässigt. Detta finns exempelvis redan för GC-portar. Men kräver beställaren enskilda handlingar varje gång kan det vara problem.

Banverket och Vägverket kan vara positiva men inte kommunerna, de vill ha något unikt och speciellt. Tror inte att Banverket och Vägverket kan ge typgodkännande nu med införandet av Eurocode, måste få en CE-märkning.

Det kan definitivt förändras. Där ser man ytterligare en fördel med prefabricering. Både korta ner tiden och förenkla den. Gör man några olika standardbroar med olika förutsättningar så kan man få standardiserade broar som det i princip bara krävs en objektspecifik sammanställningsritning till. Då lägger man en stor del av kostnaden i början sen blir projekteringen billigare och billigare ju fler broar som byggs. Problemet ligger i att de handlingar som skickas in till Vägverket eller Banverket blir offentlig handling som vem som helst kan ta del av.

Vem ska driva utvecklingen av prefabbroar?

Allmän uppfattning

De allra flesta anser att den som vill sälja bron ska utveckla den. Dock anser många att om alla strävar mot samma mål tillsammans så kan flera parter tjäna på att utveckla. Problemet ligger i att samarbete är känsligt mellan beställare och leverantör enligt lagen om offentlig upphandling.

De intervjuades kommentarer

Vägverket borde ta större initiativ, de borde se fördelen med att tjäna tid och i förlängningen pengar, kan vara svårt med optimala lösningar initialt, ta lärdom av Europa.

Det ska göras i ett samarbete, förvaltaren ska definitivt vara delaktig.

Prefabtillverkarna eller dessa i samarbete med entreprenörer.

De som ska driva utvecklingen är leverantörerna, prefableverantörer, entreprenörer eller konsulter eller i konsortium.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Det borde vara ett samarbete i branschen mellan entreprenörer, beställare och konsulter. Det finns intresse, även betongelementtillverkare bör vara delaktiga vid användningen av prefabbroar.

Entreprenören. Men kanske i samarbete, dock är det känsligt att samarbeta med beställaren.

Det ska självklart industrin göra.

Entreprenörerna har en stor del då de har ett stort kunnande. De vet vilka broar det går att bygga i prefab. Jag tror inte beställarna ska göra det. De kan driva den om de ska bygga många broar under kort tid.

En av prefabtillverkarna är beredd att gemensamt med en entreprenör ta fram en effektiv lösning.

Hur värdesätter Banverket och Vägverket korta trafikstopp?

Allmän uppfattning

Banverket är mycket beroende av att trafikstoppen inte blir längre än planerade, dock så spelar det inte så stor roll om en entreprenör kan erbjuda en bro som går väldigt snabbt att bygga då trafikstoppet sedan länge är planerat. Stoppet blir inte kortare bara för att bron byggs snabbare. Vägverket påverkas inte direkt av trafikstörning utan en tredje part drabbas, trafikanterna, vilket har lett till att det ofta är mycket längre trafikbegränsningar vid Vägverkets projekt än vid Banverkets.

De intervjuades kommentarer

Tiden vi måste ha spår stängda är viktigt.

För Banverket är tidsvinsten särskilt viktig som man får med prefab, störa så kort tid som möjligt. Det är väldigt viktigt.

Det är högsta prioritet på allt vi bygger, minsta lilla försening får enorma effekter för trafiken. Trafikstopp bokas upp väldigt tidigt för att planera brobyggandet, det sker med en strid mot trafikplanerarna för att få så lång tid som möjligt. Det uppskattas hur lång tid brobygget tar och det ger utrymme för platsgjuten bro i planeringen.

Traditionellt har man inte tagit hänsyn till vägtrafikanter dröjsmål, idag behöver vi jobba som på järnvägssidan och tänka mer samhällsekonomiskt.

Mycket högt, framförallt på högtrafikerade vägar. Kan man inte stänga av en väg måste man göra korta stopp eller förbifarter och i vissa fall är det omöjligt med förbifarter.

Det värdesätter vi väldigt högt, det har blivit mer och mer fokus på senare år. Det finns inga generella incitament för att göra liten trafikpåverkan men i vissa projekt har man det.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Banverket värdesätter det högt, Vägverket har större frihetsgrader och kan leda om trafiken vid brobygge. Vid befintliga spår finns inte någon annan möjlighet utan måste vara någon typ av prefab.

Vägverket värdesätter den ytterst lite. På Essingeleden användes incitament för att korta tiden men den är väldigt trafikerad, ett extremfall.

De ska ta hänsyn till det, men de får inte högre anslag för att de gör det.

Vad gör ni för att utveckla brobyggandet?

Allmän uppfattning

Införandet av TK Bro är positivt och utvecklande för brobyggandet menar samtliga. Med TK Bro blir det lättare för utländska företag att komma in på den svenska arbetsmarknaden vilket bidrar både till lägre priser och till utvecklingen. Beställarna finansierar och medverkar i FoU-projekt med bland annat lärosäten.

De intervjuades kommentarer

Satsar på forskning och utveckling inom brobyggande. I TK Bro har vi öppnat upp för nytänkande. TK Bro stänger inte dörrar.

Ger ut TK bro med förhoppning att underlätta brobyggandet, renodlar krav och råd men driver tyvärr ingen forskning. Banverket är tvungna att vara restriktiva i nytänkandet vid broar eftersom det får så stora konsekvenser vid fel vilket gör att Banverket uppfattas som konservativa. Det är för dyrt att chansa, kraven baseras på erfarenhet som Banverket vet verkligen fungerar.

Vi inför Europeanormer. Det är egentligen inte vårt val men vi tycker det är bra. Vi har jobbat hårt för att få in utländsk arbetskraft på den svenska marknaden. Det har pressat priserna samt att nya lösningar har använts. Erfarenheten från utländska aktörer är blandad men överlag positiv.

Vägverket öppnar upp med fler totalentreprenader. Även TK Bro bidrar till utvecklingen men det krävs också att marknaden intresserar sig för denna typ av brobygge.

Vägverket satsar stora pengar på forskning och utveckling bland annat på broar.

Vi utnyttjar erfarenheten från tidigare projekt, bl.a. för att inte göra om samma misstag. Det vore intressant att vara med vid utvecklingen av en prefabprodukt tillsammans med en leverantör.

Ingenting. Skälet är att vi måste utveckla ett system själv, men det finns för liten marknad för prefabbroar idag för att vi själva ska driva en utveckling.

Införa kunnandet och koncept från våra systerföretag samt att samarbeta med en entreprenör för att visa för beställaren fördelarna med prefabbroar.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Det blir enklare att föra in koncept från andra länder nu när vi har samma normer, hela branschen bör gemensamt driva utvecklingen och visa för beställaren att det finns färdiga och fungerande koncept.

Vad gör Banverket och Vägverket för att utveckla brobyggandet?

Allmän uppfattning

De som har koll på TK Bro nämner den men att det inte är Banverket och Vägverket som själva har kommit med utvecklingen utan att de blivit tvingade att införa Europanormer. Konstruktörerna tycker enhälligt att Banverket och Vägverket är väldigt konservativa och inte bidrar särskilt till utvecklingen men de flesta har förståelse varför Banverket och Vägverket är konservativa.

De intervjuades kommentarer

De är inte på tårna vid utvecklingen av broar, försöker lite med TK Bro. Viktigt när de ska ha en produkt som ska hålla i över hundra år.

Banverket och Vägverket är ganska konservativa när det kommer till brobyggande. De använder sig av kända metoder.

Ingenting kan jag påstå. De förlitar sig till att marknaden själva ska driva utvecklingen.

Med Europanormerna ska man i princip kunna handla med olika produkter över landsgränserna.

Vad kan du göra för att öka användandet av prefabbroar?

Allmän uppfattning

De som är med i anbudsskedet förklarar att de kan föreslå NCC Montagebro som eget förslag, men det krävs att den är billigare så det ger möjlighet att vinna anbudet. Beställarna pratar om att inte lägga in hinder i kraven och att berätta för kollegor och leverantörer att de inte har något emot prefab.

De intervjuades kommentarer

Vi kan lägga sidobud och föreslå NCC Montagebron där den är lämplig men vi måste få det lägsta anbudet för att få det och det är viktigast för mig.

Visa att vi ligger i framkant med denna lösning och öppna diskussionen för den typen av broar. Det kan leda till en utveckling och ännu bättre lösningar i framtiden. Ett påtryckningssätt gentemot beställaren att prefabbroar finns.

Har använt NCC Montagebro vid vissa anbud men inte fått det.

Gå i pension! Någon måste övertala mig att man kan tjäna pengar på NCC Montagebro. Idag är de för dyra.

Jag kan jobba mot att inte lägga in dolda regler som förhindrar att använda prefab i våra tekniska krav.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Är positiv till prefab och förmedla det till investeringsenheten hos Banverket, regelverket hindrar inte prefab, påtala för dem som inte tror det.

Behöver inte omöjliggöra för prefab samt bli medveten om att det finns entreprenörer som kan leverera prefab.

Jag kan ut och prata om att vi inte har något emot prefab om våra krav uppfylls.

Det jag kan göra försöker jag göra ständigt, att inte försvåra och bygga in hinder i de projekt jag är med i.

I min position som brokonstruktör kan jag föreslå som en alternativ lösning. Men som upphandlingarna sker i dagsläget är det väldigt svårt att komma med ett eget förslag. Den möjligheten är nästan stängd i dagsläget.

Visa vad vi kan göra med prefab för beställaren, samarbeta med entreprenörer för ett helhetstagande. Vi har alltid haft en vilja som prefableverantör att bygga broar i prefab men intresset har varit svalt.

Vad är viktigast vid brobyggnad?

Allmän uppfattning

Samtliga diskuterar att kostnaden och tiden hör ihop och att en mer estetiskt tilltalande bro alltid medför en större kostnad.

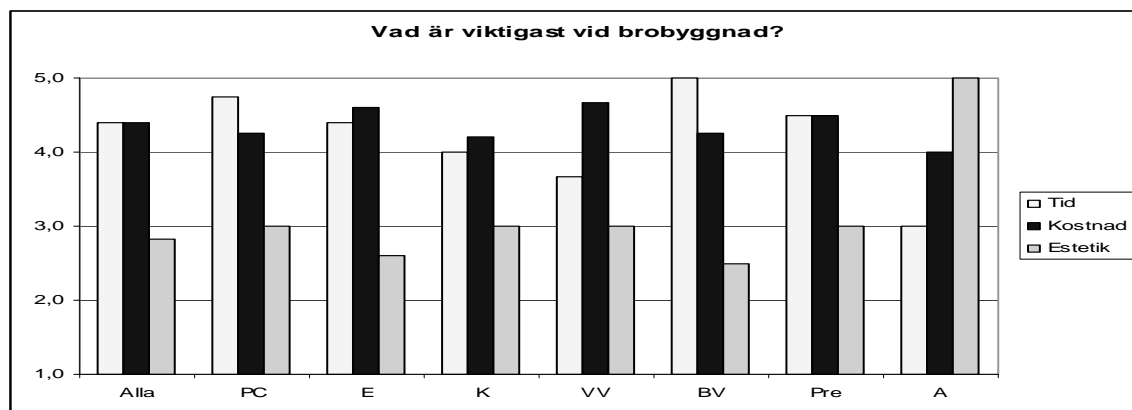


Diagram 11 Värdesätt tid, kostnad och estetik 1-5 där 5 är viktigast

3.3 Felkällor och kommentarer om intervjufrågor

Vad anser du om prefab i allmänhet?

Tanken var att den intervjuade skulle tänka på prefab i husbyggnad, olika prefabricerade element och mer prefab som koncept än just någon specifik byggnadsdel och framförallt inte prefabbroar som frågas specifikt. De som förberett sig inför intervjun gav oftast bättre och mer genomtänkta kommentarer om prefabybyggande än de som inte förberett sig. Oftast kom samtalet in på fördelar och nackdelar med prefab än vad den intervjuades egentliga uppfattning var. Diagrammet har gjort med vår subjektiva bedömning om den intervjuades uppfattning kring frågan och det är inte statistiskt säkerställt.

Vad anser du om prefabbroar?

Frågan handlar om vad intervjupersonen anser om prefabbroar i allmänhet, då det i ett senare skede specifikt frågas om NCC Montagebro. Några sökte sig dock in på NCC Montagebro direkt och då ombads dem att diskutera prefabbroar i allmänhet. Många av de tillfrågade kunde referera till projekt som de varit delaktiga i och i vissa fall refererade personen till informationsmaterialet som skickats ut. I vissa fall diskuterades olika varianter samt för och nackdelar med prefabbroar och sällan personens verkliga uppfattning. Diagrammet har gjort med vår subjektiva bedömning om den intervjuades uppfattning kring frågan och det är inte statistiskt säkerställt.

Vad anser Banverket & Vägverket om prefabbroar?

Avsikten med frågan är att ta reda på om det finns förutfattade meningar samt internt motstånd hos beställarna, vilket svaren på frågan antyder. Personerna har fått möjlighet att förklara närmare deras ståndpunkt. Diagrammet har gjort med vår subjektiva bedömning om den intervjuades uppfattning kring frågan och det är inte statistiskt säkerställt.

Vilka är fördelarna med att bygga broar i prefab?

I efterhand upptäcktes att frågan formulerats på olika sätt för olika personer vilket kan ha lett till att vissa intervjuade har först svarat på frågan om fördelarna med prefab istället för fördelarna med prefabbroar. Frågan har då formulerats om så att den intervjuade fått chans att svara igen. De flesta tänkte på prefabbroar trots felformuleringen.

Vilka är nackdelarna med att bygga broar i prefab?

Vid vissa tillfällen har frågan oavsiktligt ställts som vad nackdelarna är med prefab, men samtalen har oavkortat handlat om prefabricerade broar och vilka nackdelar som finns med dem.

Vilka delar skulle du helst se var prefabricerade i en bro?

De som tillfrågats är platschefer, entreprenörer, konstruktörer och i enstaka fall beställarerepresentanter samt prefabtillverkare som ansågs ha tillräcklig kunskap på området. De flesta har sett till NCC Montagebro när de funderat kring detta. De har även ombetts att spekulera fritt och beskriva vilken typ av bro de önskar utan att ta hänsyn till vad som verkligen är rimligt.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Bör prefabelementen tillverkas på plats eller via inköp från fabrik?

Frågan ställdes till personer som har erfarenhet vid produktion av prefabricerade broar, det vill säga entreprenörer och platschefer. Inriktningen har varit att reda ut vad de föredrar vid tillverkningen av element, på plats eller via inköp från prefabtillverkare. Alla har sett till sina egna erfarenheter och reflekterat utifrån dem. Vissa har kunnat se att en förändring har skett medan andra bibehåller sin tidigare uppfattning. Möjligheten att NCC ska starta tillverkning av prefabricerade element i egen regi har ställts som följdfråga.

Beskriv skillnaden mellan platsgjuten och prefabricerad broproduktion med avseende på:

Arbetsmiljö?

Frågan är ställd för att klargöra skillnader i arbetsmiljö mellan platsgjuten och prefabricerad produktion. De intervjuade har fått svara fritt efter egen förmåga och sedan har följdfrågor ställts om tunga lyft, arbetsställningar och passerande fordonstrafik.

Kvalitet?

En vanligt förekommande åsikt är att det är skillnad i kvalitet mellan prefabricerad och platsgjuten produktion. Därför har frågan ställts för att klargöra dessa.

Miljö?

Många har haft svårt att direkt svara på frågan och då har det introducerats möjliga effekter som den intervjuade har fått spekulera fritt utifrån dem. De effekter som introducerats är kopplade till transporter till och från arbetsplatsen samt påverkan från passerande trafik. I regel har tankar och ord introducerats i för hög grad vid denna fråga då många hade svårt att komma på skillnader.

Tid?

Frågan ställd med tanke på produktionstid och projekteringstid och i vissa fall har även leveranstid diskuteras. Då frågan utelämnats i vissa fall har samtliga inte svarat på denna fråga. De gånger den utelämnats beror det på att tidsaspekten diskuterats flitigt i tidigare frågor.

Kostnader?

Frågan ställs främst om skillnader i produktionskostnad men även skillnader i projekteringskostnad har diskuteras.

Vad anser du om NCC Montagebro?

Frågan är riktad för att höra den intervjuades åsikt om NCC Montagebro med avseende på brotyp, byggmetod och estetik. Ofta kom diskussionen in på fördelar och nackdelar istället för om de tycker om den eller inte. Diagrammet har gjort med vår subjektiva bedömning om den intervjuades uppfattning kring frågan och det är inte statistiskt säkerställt.

Anser du att NCC Montagebro har några svagheter?

Frågan utslöts ibland då frågan diskuterats i föregående fråga.

Vad ska utvecklas med NCC Montagebro för att få genomslag?

Frågan ställdes bara till platschefer och entreprenörer dock diskuterades frågan ofta med de övriga intervjuade i samband med svagheter. Anledningen var att författarna trodde de intervjuade inte skulle vilja svara på frågan. Frågan borde ha ställts till samtliga.

Hur ser du på framtidsutsikterna med prefabbroar/NCC Montagebro?

Frågan är ställd för att både prefabbroar i allmänhet och NCC Montagebro ska diskuteras, men oftast väljer den intervjuade att diskutera det ena eller det andra eller ett mellanting. Diagrammet har gjorts med vår subjektiva bedömning om den intervjuades uppfattning kring frågan och det är inte statistiskt säkerställt.

Hur påverkar konjunkturläget brobyggandet?

Vissa tolkar frågan som "hur påverkar konjunkturen prefabbrobyggandet?" Sällan fördes djupa diskussioner i ämnet.

Vad behövs för att öka användningen av prefabbroar?

Frågan ställdes inte till arkitekt på grund av tidsbrist. Beroende på vilket samtalsämne som diskuterats mycket tidigare under intervjun varierar svaren.

Vad talar emot/hämmar användandet av prefabbroar?

Frågan vänds ofta och istället för att svara på vad som hämmar eller talar emot så svarar den intervjuade på vad som ska göras för att få genomslag.

Hur skulle en förändring av entreprenadformer kunna gynna användandet av prefabbroar?

Till Vägverket ställdes frågan, "Vad anser ni om de entreprenadformer ni använder?". Frågan ställdes inte till arkitekt eller prefabtillverkare. Diagrammet har gjorts med vår subjektiva bedömning om den intervjuades uppfattning kring frågan och det är inte statistiskt säkerställt.

Hur ser brobyggandet ut i Europa och övriga världen?

Frågan går ofta in på varför det byggs lite i Sverige. Överlag har de intervjuade väldigt dålig koll på hur brobyggandet ser ut internationellt.

Hur kan projekteringsarbetet förändras med prefabbroar?

Frågan ställdes till entreprenörer, Vägverket, Banverket, och konstruktörer. Frågan borde ha ställts till platschefer och prefabtillverkare då de intervjuade i båda grupperna har kunskap i ämnet.

Vem ska driva utvecklingen av prefabbroar?

Frågan ställdes till samtliga intervjuade i grupperna Vägverket, konstruktörer och prefabtillverkarna. I de andra grupperna kom frågan sporadiskt. Frågan borde ställts till samtliga.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Hur värdesätter Banverket och Vägverket korta trafikstopp?

Frågan ställdes till Banverket, Vägverket och konstruktörer. Vikten av frågan uppdagades efter hand intervjuerna fortskred. Frågan borde ha ställts till samtliga då den är väldigt intressant!

Vad gör ni för att utveckla brobyggandet?

Frågan ställdes till Banverket, Vägverket, Arkitekt och prefabtillverkarna. Vikten av frågan uppdagades efter hand intervjuerna fortskred. Den borde ha ställts till samtliga.

Vad gör Banverket och Vägverket för att utveckla brobyggandet?

Frågan ställdes till konstruktörer. Vikten av frågan uppdagades efter hand intervjuerna fortskred. Frågan borde ha ställts till samtliga.

****Vad kan du göra för att öka användningen av prefabbroar?***

I många fall ansåg sig den intervjuade sitta i en sån sits att den inte kunde påverka någonting i dagsläget. Frågan skickades inte med i utskicket innan intervju.

****Vad är viktigast vid brobyggnad? Tid, kostnad eller estetik.***

De intervjuade fick enbart välja mellan de tre alternativen. Skalan var 1-5 där 5 var viktigast. De som bad om de fick sätta samma betyg på flera. Frågan skickades inte med i utskicket innan intervju.

4 Analys

4.1 Är prefabricerade betongbroar ett lönsamt koncept?

Arbetsmiljö

Arbetsmiljön på tillfälliga arbetsplatser där hög tidspress råder är ofta bristfällig. Inom byggbranschen har det under de senaste åren varit dubbelt så många olyckor och arbetsrelaterade sjukdomar jämfört med de övriga branschernas genomsnittliga arbetstagare. De vanligaste skadorna kan relateras till fallolyckor, tunga lyft eller olämpliga arbetsställningar. Arbetsmiljöverkets mål är att "minska riskerna för ohälsa och olycksfall i arbetslivet och att förbättra arbetsmiljön ur ett helhetsperspektiv, det vill säga både när det gäller fysisk, psykisk som social och arbetsorganisatorisk synpunkt". Arbetsplatserna där brobyggen sker ligger ofta långt ifrån byggarbetarnas hem och med dagens ändrade levnadsmönster är en prefabbro att föredra då frånvaron från hemmet minskas. Där broar byggs över befintliga vägar och järnvägar kan arbetstiden kortas med prefab och då minskar också riskerna att bli skadad av befintlig trafik. Prefabricerade broar och industriellt byggande förbättrar arbetsmiljön vilket leder till att fler byggarbetare kan arbeta tills de själva väljer att gå i pension och inte på grund av arbetsskador.

Med prefabricering flyttas en del av produktionen från en provisorisk etablerad arbetsplats till fast industri. Arbetet sker i en väderskyddad miljö och med standardiserade byggmetoder vilket minskar risken för arbetsplatsolyckor. Samtliga intervjuade är enhälligt överrens om att arbetsmiljön är bättre med prefabricerad produktion med avseende på arbetsställningar, lyft och risk för fall. I en fabrikslokal kan bättre anpassade tillverkningshjälpmedel användas. Självkompakterande betong underlättar arbetet och arbetsplatsen i fabriken optimeras ur ergonomisk och produktionsmässig synvinkel. På detta sätt försvinner många av de fysiskt krävande momenten ute på en arbetsplats. När arbetsmiljön är god blir det mindre skador och sjukskrivningar, effektivare produktion och lönsammare projekt.

Kvalitet

Några hos beställarna har dåliga erfarenheter från prefabtillverkning och känner sig inte trygga med den typen av broar. Rädsla har funnits för prefabbrosystem och att skarvar mellan betongelement kan orsaka ökat underhåll och kortare livslängd. De skador som uppstod då var bland annat undermåligt täckskikt, dålig finish och skeva balkar. Skadorna var inte prefabrelaterade utan kunde härledas till brister i utförandet och kunnande hos tillverkarna. Produkter till anläggning kräver större noggrannhet vid produktionen då elementen på sin slutgiltiga plats befinner sig i en aggressivare miljö. Prefableverantörerna påpekar att de idag är noggrannare och kan uppfylla kraven som ställs på anläggningsprodukter. Detta stärks även med att övriga intervjuade anser att det inte råder några tvivel om att beständighetskraven kan uppfyllas med prefab. De NCC Broar som byggts har haft skador som kan härledas till brister i utförande och materialval men inte till konstruktionssystemet.

Kvaliteten på det enskilda betongelementet är lättare att säkerställa inomhus under kontrollerade former. Täckskikt och finish är lättare att garantera i en fabrik då variationer i temperatur, nederbörd och vind undviks och arbetet kan effektiviseras. Det är av stor vikt att påvisa för beställaren vilken färdig produkt som kan levereras samt vilken kvalitet den håller.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept? -En fallstudie av NCC Montagebro

Därför är det även viktigt att arbetet vid montaget och pågjutningen uppfyller de krav som beställaren ställer. Vid hantering av tunga element och transport samt montering krävs det att utbildad personal ansvarar för dessa moment. Både för att förhindra skador på elementen samt för att hålla hög säkerhet på arbetsplatsen. Element som skadas i hanteringen kan leda till brister i kvalitet eller förseningar. Detta är något som framkommit både vid studiebesöken och vid intervjuerna. För att uppnå bra resultat är det viktigt att detaljerade arbetsbeskrivningar uppförs och att alla vet vad som ska göras vid montaget. För att effektivisera arbetet på plats och säkerställa kvaliteten på gjutningen rekommenderas att standardform för formning runt långsgående balkar används samt systemform för stöd. Det är viktigt att noggrannhet beaktas vid tätning mellan element så att läckage inte uppstår på underliggande väg eller spår. Erfarenheter från denna produktionsmetod visar det sig vara bäst att använda s.k. sänk-kilar som tillfälliga upplag. De fungerar som en domkraft och är lätta att justera i höjdlid samt lätta att montera bort efter gjutning. Noggrannhet vid dessa moment samt att systemet gjuts ihop uppskattas av beställarna. Samtliga intervjuade är enhälligt överrens om att en pågjutning ger en säker konstruktion. En gemensam kraftansträngning av byggbranschen i ett samarbete skulle tydligt visa för beställaren att man tror på sin produkt och att det därmed är något att satsa på.

Miljö

Den samhällsekonomiska miljöaspekten bör lyftas fram tydligare anser några av de intervjuade. Köande bilar eller omladd trafik genererar avgaser vilket påverkar klimatet. Ju längre tid detta sker desto mer avgaser genereras och desto större klimatpåverkan. Med prefab kortas produktionstiden vilket leder till mindre koldioxidutsläpp från passerande trafik. Vid vissa tillfällen har de tillfrågade svårt att redogöra för skillnader i miljöpåverkan. De transporter som sker till och från arbetsplatsen ses inte som en avgörande faktor. För att kunna ge en rättvis bild av miljöpåverkan bör livscykelanalyser göras av både prefabproduktion och traditionellt platsgjuten produktion.

Tid

Produktionstidsvinsterna ökar med prefabriceringsgraden, ju högre prefabriceringsgrad desto kortare byggtid. Det är något som är allmänt känt vid husproduktion men de som har erfarenhet av att prefabbroar kan intyga att så även är fallet vid broproduktion. Vid traditionellt byggande över järnväg blir det störningstider både vid formning och vid rivning runt en vecka vid varje tillfälle. Med prefab sker montaget på mindre än ett dygn och därmed kan tågstoppen bli färre och kortare.

I och med att betongelementen tillverkas i fabrik minskas inte den totala produktionstiden lika mycket som produktionstiden på arbetsplatsen. Används prefabricerade produkter ökar produktiviteten på arbetsplatsen och produktionstiden kortas. Även i projekteringsskedet kan processen kortas men det kan ta tid att utveckla standardlösningar och vinsterna ligger i att de används regelbundet.

Vid studiebesöket uppmärksammades osäkerheten till att förlita sig på just-in-time leveranser vid denna typ av produktion. Det är inte att rekommendera eftersom ingenting får gå fel vid montaget och samtliga element måste finnas på plats när det sker. Räckben och skyddstak monteras i förväg på kantbalken innan den lyfts på plats för att undvika besvärliga och riskabla arbetsställningar samt för att effektivisera produktionen.

Kostnad

Potentialen att bygga mer resurssnålt är stor, studier visar på att ca en tredjedel av projektens produktionskostnad är slöseri. För att minska slöserierna i branschen ska ett industrialiserat byggande eftersträvas med standardiserade byggmetoder och tekniskt plattformstänkande. Arbetet på plats bör fokuseras till att montera förädlade komponenter med hög kvalitet.

Vid kostnadsjämförelser mellan NCC Montagebro och en motsvarande platsgjuten bro blir kostnaderna ungefär lika stora. Som de flesta intervjuade påstår uppstår ökad lönsamhet vid ökad volym av element och det är då prefab är som starkast. Prefabtillverkarna menar att de är billigare redan vid den första bron medan övriga upplever att det är dyrare. Vid prefab är de stora kostnaderna balkelement, transporter och lyftanordningar och vid traditionellt byggande är de stora kostnaderna form, ställning och arbetstimmar. Det som generellt försummas är att se till de samhällsekonomiska vinster som uppstår med att en bro produceras snabbt. Det är tydligt vid järnvägsbyggnad då det inte går att leda om trafik på samma sätt som vid vägbyggen. Det saknas idag ett tydligt incitament där kort produktionstid och liten påverkan på samhället belönas.

Med den NCC Montagebro som finns idag så blir produktionskostnaden ungefär lika stor som för en motsvarande platsgjuten. Däremot kan projektens kostnader minska då besiktning kan ske tidigare vilket ger ökade ränteintäkter. Den nybyggda bron kan vid större entreprenader i ett tidigare skede tjänstgöra som transportväg vilket kan sänka kostnaderna för projektet eller ökad vinst för företaget.

4.2 Vilken produktionsmetod ska man använda sig av?

De intervjuade anser att överbyggnaden ska vara prefabricerad för att tillgodose fördelarna med snabb produktion och för att slippa formställning. Rivningen av form och formställning är ett av produktionsskedets mest riskfyllda moment. Vid traditionellt brobyggande över järnväg blir störning på trafiken upp mot en vecka både vid formning och vid rivning. Med prefab kortas störningen till mindre än ett dygn och bara vid ett tillfälle. Problemet med prefabricerad underbyggnad är att svårigheter kan uppstå i sammanfogning med grundläggningen.

Vid studiebesöket framkom åsikter om att tillverkning på plats var den bästa metoden för att säkerställa kvaliteten på elementen och för att hålla en jämnare sysselsättning på egen personal. Det är en åsikt som respekteras men litteraturstudien och intervjuerna pekar på att tillverkning på plats bör endast användas där transporterna blir för stor kostnad för projektet. För att uppnå vinster med industrialiserat byggande och prefabbroar bör tillverkningen ske i stora serier, därför ska dessa element tillverkas i så stor utsträckning som möjligt på fabrik. Arbetet sker i en väderoberoende miljö och med gynnsamma produktionsmetoder som säkerställer kvalitetskraven. Under vissa omständigheter kan det vara en fördel att upprätta en fältfabrik. Dessa omständigheter kan vara om arbetsplatsen ligger väldigt långt ifrån en fabrik eller att transportvägarna är begränsande. Andra fördelar med en fältfabrik är att sysselsättningen för byggnadsarbetarna blir jämnare. En strategisk samverkan mellan entreprenör och leverantör uppfattas som ett koncept som gynnar produktionen och den slutgiltiga produkten. Samtliga tillfrågade är överrens om att entreprenadföretag bör avvakta med tillverkning av prefabelement i egen regi då marknaden är liten och kunnandet hos prefabtillverkarna idag är så stort att det är bättre att utnyttja deras resurser.

Produktionsprocessen bör vara anpassad så att vilket arbetslag som helst kan bygga bron. Det är inte att rekommendera att använda en centralt placerad arbetsgrupp med platschef och montageledare då ett lyckat projekt inte skall stå och falla med enskilda personer.

4.3 Är prefabbroar attraktiva för beställare?

Den prefabricerade slakarmerade betongbalkbro som används som fallstudie har en maximal spännvidd på 20 meter. Den är väldigt enkel i sitt utförande och under intervjuerna framkom det att den är estetiskt stel, tråkig och ful. Redan i projekteringen motarbetas prefabbroar med gestaltning och arkitektoniska krav som är svåra att uppnå med prefab. Eftersom de prefabricerade broarna i Sverige är begränsade både i utseende och i spännvidd utgör det ett hinder för användningen av denna typ av bro. Det gör att de i dagsläget har relativt begränsade användningsområden för beställarna. I stadsmiljö anses de prefabricerade broarna inte vara tillräckligt attraktiva och vid bro över väg utgör flexibiliteten begränsning. De är något attraktivare för bro över järnväg och särskilt när vinkelräta korsningar skall planskiljas. Även över vattendrag då spannet är maximalt 20 meter har de goda möjligheter att användas. Där används idag ofta samverkansbroar vilka är väldigt populära hos beställarna. Både hos entreprenörer och hos beställare finns en skepsis mot prefabbroar. De intervjuade menar att det bland annat är den negativa inställningen som måste förändras för att få genomslag med prefabbroar. Inställningen grundar sig i att några projekt med prefabbroar misslyckades kvalitetsmässigt under 90-talet. Några projektledare hos beställarna blev negativa till prefabbroar och även om det inte stämmer idag så tror många det. De av beställarna som är positiva till prefabbroar förklarar att det är svårt att få in en prefabbro i förslagsritningen men om de kan få ut budskapet att de inte är negativa till prefabbroar kanske möjligheterna att få in en prefabbro som eget förslag ökar.

Genom att prefabricera vissa broelement av betong i fabrik förkortas produktionstiden på arbetsplatsen. Prefabproduktion medför att den tid som en väg behöver vara helt eller delvis avstängd minskar samt att brukarna slipper omvägar eller förseningar. Med prefabricerade broar begränsas alltså trafikstörningarna. Det läggs idag ingen värdering vid snabb broproduktion annat än i enstaka projekt från beställaren. Vägverket behöver inte anpassa produktionen efter den befintliga trafiken och inte heller Banverket har tydliga incitament för detta. Banverket planerar många år i förväg hur lång tid produktionen tar i anspråk. För produktion vid järnväg spelar det ingen roll att man är klar tidigare än beräknat då tågtrafiken redan är omdirigerad. Endast vid förseningar har det betydelse då vite föreligger. Vid väg- och broprojektering tas det inte hänsyn till prefabbroar utan broarna måste anpassas till väglinjen och förslagsritningen. Det är idag ytterst få broprojekt som är rena totalentreprenader utan förslagsritning och i många anbudsfrågningar är möjligheten att komma med eget förslag borttagen. Trots att många broar ser likadana ut är de sällan helt lika. Det medför att entreprenören inte kan använda samma system och kostnaderna ökar. Detta innebär att utvecklingen inom brobyggnad i princip står helt still och entreprenörerna upplever att det är omöjligt att använda andra system än det av beställarna föreslagna.

Samtidigt antyder svaren från intervjuerna att inställningen hos beställaren för prefabbroar är ljusare idag än på många år. Detta beror av många anledningar där generationsskiftet anses vara en bidragande orsak. Det visar sig även att beställarna idag har fått upp ögonen för vinsterna med industriellt byggande och korta trafikstörningar. En tendens att Vägverket börjar värdesätta kortare trafikstörningar finns då de använt bonus till ett projekt i

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Västsvrige om det färdigställdes tidigare än beräknat. Banverket bygger om 50 stycken tågstationer i Skåne med plattformar som är prefabricerade. Det konceptet gör att byggprocessen blir mer industrialiserad och skapar förutsättningar för uppköp av plattformselement i större serier. Enligt Banverkets egna kalkyler minskar byggkostnaderna för detta projekt med ca 20 %. Tidsvinsterna är mycket stora och även vinster för resenärerna har uppmärksammats. Förhoppningarna är att trafikstörningarna helt ska utebli.

4.4 Bör entreprenadföretag satsa på prefabbroar?

De stora bristerna med ett prefabricerat slakarmerat balkbrossystem är enligt de intervjuade det estetiska och de begränsade användningsområdena. I Holland har den estetiska utvecklingen av prefabbroar kommit långt och de broarna anses vara mycket tilltalande. En bro anses vara vacker ju slankare den är. Genom att förspänna betongbalkarna uppnås en ökad spännvidd och en lägre konstruktionshöjd. Estetiskt kan prefabbroar i Sverige utvecklas avsevärt och efter samtal med arkitekt så kan en mer tilltalande bro uppnås med små medel. I dagsläget är estetiken sådan för de svenska prefabbroarna att de passar bäst ute på landsbygden men med små ändringar skulle de bli attraktiva även i stadsmiljö. Med spännarmerade balkar ökar användningsområdena då större spann kan övervinnas. De skeptiska menar att prefabbroar framförallt behöver bli billigare för att vara konkurrenskraftiga.

Framtidsutsikter

I Europa är det ofta prefabtillverkarna som har drivit utvecklingen och visat för beställarna vad de kan producera. Det är också vanligt förekommande med samarbeten mellan beställare, prefabtillverkare och entreprenörer. Åsikten om vem som ska driva utvecklingen av prefabbroar är splittrad bland de tillfrågade. Om beställaren vill öka användandet av prefabbroar kan det bli problematiskt att tillsammans med en entreprenör utveckla en produkt då lagen om offentlig upphandling hindrar denna typ av samarbete. Många av de intervjuade hade gärna drivit en utveckling, men få ser möjlighet att tjäna pengar eller ens ha en chans att få använda en eventuellt utvecklat brokoncept. Beställarnas möjlighet att utveckla brobyggandet ligger i en förändring av entreprenadformer eller med incitament. Exempel på incitament kan vara kort produktions tid, minskad störning av trafik, påvisad bättre arbetsmiljö eller minskad miljöpåverkan.

De som ser ljus på framtidsutsikterna menar att FIA:s och beställarnas ambition att öka det industriella byggandet är ett sundhetstecken. För att användandet av prefabbroar ska öka måste det finnas chans att göra ekonomiska vinster. Vinsterna kan göras om samhällsekonomiska aspekter beaktas eller om entreprenaderna blir större och friare. Stora entreprenader med många broar kan ge upprepning av byggmetod vilket gynnar ett prefabsystem. Vissa av de intervjuade menar att de själva inte kan göra något för att öka användningen och att ansvaret ligger på en annan grupp.

De vanligaste entreprenadformerna idag i anläggningsbranschen är utförandeentreprenad där entreprenören bygger efter färdiga handlingar eller styrd totalentreprenad där entreprenören upprättar handlingar efter förslagsritningar. Behöver inte entreprenören komma med egna idéer kommer han inte heller se sig om efter andras lösningar. I ett steg att kostnadseffektivisera och utveckla leverantörsmarknaden har Banverket och Vägverket som mål att fler totalentreprenader ska användas samt att storleken på dessa ska öka successivt. De

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

intervjuade upplever det som positivt och att det leder till att entreprenörerna får större frihet. Med större frihet ser entreprenörerna en möjlighet att använda de system de trivs bäst med och därmed öka sin kostnadseffektivitet. Krävs det att entreprenören själv tar fram ett förslag för hur bron ska se ut, vilken byggmetod och vilket material som ska användas så kommer en större utveckling ske. Entreprenören måste optimera ekonomi och samtidigt följa regelverk och estetiska krav för att bron ska bli accepterad av beställaren. Dock antyds en viss skepsis mot att beställarna verkligen genomför utvecklingen mot de uttalade målen. Många anser att regelverket (Bro 2004) och entreprenadformerna som används är faktorer som begränsar användningen av prefabbroar. Både Banverket och Vägverket menar att de öppnar upp reglerna med införandet av Europeanormerna i TK Bro samt att de lägger mycket pengar på forskning och utveckling. TK Bro beskriver de tekniska krav som ska uppfyllas men till skillnad från Bro 2004 bestämmer den inte hur de ska uppfyllas. Tekniska råd för att uppfylla kraven finns i TR Bro. Många av de intervjuade menar att Banverket och Vägverket är väldigt konservativa och bidrar väldigt lite till utvecklandet av brobyggandet i Sverige. Införandet av Europeanormerna var heller inte deras val. Som ett steg i att sänka produktionskostnaderna i anläggningsbranschen har Vägverket "jobbat hårt" för att få in utländsk arbetskraft. Detta utvecklar infrastrukturbyggandet även om det inte var Vägverkets tanke från början. Vid ett projekt i Stockholmsområdet använde sig en utländsk entreprenör av en för Sverige ny och bättre produktionsmetod som sänkte kostnaderna för projektet. Produktionsmetoden blev senare vedertagen av Vägverket. Rena totalentreprenader och Europeanormen gör att utländska aktörer ser en möjlighet komma in och använda sina system på den svenska marknaden. En av prefabtillverkarna undersöker olika prefabsystem som deras systerföretag i Europa använder sig av och påpekar att det kommer bli lättare att använda sig av dem med införandet av TK Bro.

För att öka sysselsättningen satsar regeringen stora summor på infrastruktur i lågkonjunkturer. Enligt budgetpropositionen för 2010 satsas 10 mdkr på närtidssatsningar och 1 mdkr extra på underhåll som en direkt åtgärd för infrastruktur och sysselsättning. Även EU satsar på infrastruktur, av 500 miljoner euro får Sverige ta del av 22,2 miljoner euro som fördelas med 16,3 på partihallsförbindelsen i Göteborg och 5,9 på Malmö Hamn. Brobyggandet ökade lavinartat under lågkonjunkturen på 90-talet och mycket talar för att en ökning även sker nu, se diagram 3 och 4. Konjunkturläget har olika påverkan på de olika grupperna i branschen. Beställarna är nöjda då de får höjda anslag och konkurrensen ökar vilket leder till lägre anbud. Fler broar byggs men chansen att använda prefab minskar då entreprenörerna vill ha hög sysselsättning och inte är benägna att satsa på något "okänt" då det är viktigt att gå med vinst. I ett eventuellt byggande av höghastighetsbanorna tror de flesta att det kommer tas fram flera varianter av prefabbroar för att korta byggtiden.

5 *Slutsats*

Utvecklingen av prefabbrobyggandet i Europa har gått från enkla balkbroar till segmentbroar och svängda lädbalkbroar. En prefabricerad slakarmerad balkbro motsvarar de första brotyperna i prefabutvecklingen i Europa. I Holland anpassas bron efter vägen med svängda balkar ner till 120 meters radie och kantbalkar utformas för att vara estetiskt tilltalande. De prefabbroar som använts i Sverige har få användningsområden då den kräver nästan räta korsningsvinklar och det estetiska har fått stå tillbaka. En standardiserad prefabbro är absolut en bra idé men den måste vara användbar och anpassningsbar för att bli populär hos de svenska beställarna.

Prefabricerade betongbroar är ett lönsamt koncept! Arbetsmiljön blir bättre, produktionstiden kortare och kvaliteten säkerställs. I den kostnadsjämförelsen som studerats är en prefabbro inte billigare än motsvarande platsgjuten bro men den är heller inte dyrare. Den enda kostnadskalkylen som betraktats är från NCC Montagebro så den går inte att generalisera. Kalkyljämförelser måste göras för varje individuell prefabbro. För att klargöra skillnader i den totala miljöpåverkan bör livscykelanalyser göras på både prefabsystem och platsgjutna broar.

Prefabriceringsgraden bör begränsas till överbyggnaden om inte väldigt gynnsamma grundförhållanden råder. För att utnyttja fördelarna gällande arbetsmiljö och kvalitet bör tillverkning av betongelementen ske i fabrik. En entreprenör bör inte upprätta tillverkning i egen regi då initialkostnaderna är stora och produktionsmängden är osäker. De bör istället utnyttja de existerande betongelementtillverkarnas kompetens och resurser. Ett nära samarbete kan leda till gynnsam ekonomi för båda parter.

I dagsläget är estetiken sådan att de svenska prefabbroarna passar bäst ute på landsbygden men med små medel skulle den bli attraktiv även i stadsmiljö. Det läggs idag ingen värdering vid snabb produktion annat än i enstaka projekt. Vägverket behöver inte anpassa produktionen efter den befintliga trafiken och inte heller Banverket har tydliga incitament för detta. Kortare produktionstider leder till mindre trafikstörningar och bättre arbetsmiljö då exponeringstiden mot befintlig trafik kortas.

Då lagen om offentlig upphandling hindrar utvecklingssamarbeten mellan beställare och entreprenörer måste beställaren använda sig av andra metoder för att utveckla brobyggandet i Sverige. En metod är att vid upphandling utnyttja möjligheten att använda incitament för till exempel kort produktionstid, påvisad bättre arbetsmiljö eller minskad miljöpåverkan. Beställarna kan även öka möjligheterna för entreprenören att använda industriella byggmetoder genom att handla upp broar i större entreprenader och utan förslagsritning. Då kommer entreprenörerna se en möjlighet att använda de system de trivs bäst med och kostnadseffektiviteten ökar och leder till sänkta anbud. Öppna entreprenader gör att utländska aktörer ser en möjlighet komma in och använda deras system på den svenska marknaden vilket är möjligt nu när Europeanormerna har införts. Om entreprenaderna blir större och friare kommer utvecklingen inom brobyggnad att ta fart och i slutändan sänks kostnaden per bro.

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Inställningen till prefabbroar hos beställarna är idag ljusare än på många år. Detta beror av många anledningar där generationsskiftet är en bidragande orsak. Det visar sig även att beställarna bland annat genom FIA har fått upp ögonen för vinsterna med industriellt byggande och korta trafikstörningar.

Entreprenadföretagen bör satsa på prefabbroar, men innan de satsar på att sälja in en prefabbro hos beställarna bör de svenska systemen utvecklas både estetiskt och konstruktionsmässigt. Spännarmerade balkar är ett måste för att dels få ned konstruktionshöjden men framförallt för att kunna öka spannet mellan upplagen och därmed användningsområdena för bron. En av idéerna med prefabbroar är att ha en hög standardiseringsgrad och det är inget som behöver uteslutas även om en mer estetiskt tilltalande kantbalk eller andra konstruktionslösningar utvecklas. Utvecklingen av prefabbroar ska göras av en entreprenör med hjälp av konstruktör, prefabtillverkare och arkitekt för att tillgodose beställarens krav.

6 *Diskussion*

Det finns en stor skepsis mot prefabbroar bland beställare i Sverige. Det finner vi lite märkligt då trots att vi pratat med både kvalitetsansvariga på Vägverket och de som sköter underhållet hos Banverket har ingen visat oss skador på prefabbroar som är direkt relaterade till att det är ett prefabbrosystem. Bristerna som har funnits med prefabbroar är broräcken som rostade och att kvaliteten på balkelementen från prefabtillverkare har varit bristfällig. I dagsläget råder inga som helst tvivel om att prefabtillverkarna kan producera element som klarar kraven i TK Bro.

Det som beställarna finner attraktivt hos NCC Montagebro är pågjutningen då den ger robusthet och en skarvfri brobana. Båda beställarna talar också om FIA, förnyelse i anläggningsbranschen och ett ökande av industriellt byggande. Här ser vi möjligheten att om en entreprenör kommer med ett attraktivt prefabbrokoncept så är möjligheterna att få använda det stora.

NCC har i erfarenhetsdokument redogjort att estetik och spännarmerade balkar bör ses över men hittills har inget sådant beaktas. Det är märkligt då det är två av de frekvent återkommande svagheterna med NCC Montagebro. Prefabricerad spännarmerad betong har kommit mycket långt i utvecklingen och är fullt möjligt att använda i broar.

6.1 *Saker som skulle göra prefabbroar mer attraktiva*

- Använd ett spännarmerat balksystem.

Både entreprenörer och prefabtillverkare har erfarenheter av spännarmerad betong. Fördelarna är uppenbara då balkhöjder minskar vilket gör bron slankare och attraktivare samt att stora spann kan övervinnas. Det är framförallt viktigt då korsningsvinkeln inte är rät eller då beställarna inte vill ha mittstöd mellan motorvägskörväg.

- Upprätta ett nära samarbete med prefabtillverkare.

Ett samarbete med en kunnig och erfaren prefabtillverkare skulle ge förtroende hos beställare, dels för att systemet är framtaget tillsammans och dels för att de då känner trygghet i att betongelementens kvalitet säkerställs. Förtroendet ges av att prefabtillverkaren säkerställer produktionen av elementen och entreprenören produktionen på arbetsplatsen.

- Upprätta ett samarbete med arkitekt.

Att låta en arkitekt stå bakom utformningen av bron skulle få beställarna mer positiva till prefab. Ofta tänker personer i allmänhet att prefabbroar är fula och tråkiga, men som andra länder tydliggjort behöver detta ej vara fallet. Den arkitekt vi talade med menade att det inte skulle krävas mycket för att göra bron estetiskt tilltalande och det behöver inte innebära en större kostnad.

- Behåll systemet med en pågjutning.

Använd pågjutningsystem för att göra bron sammanhängande, robust och skarvfri. Samtliga vi pratade med ansåg att det var en stor fördel att överbyggnaden göts ihop. Då undviks risken att vatten tränger in i konstruktionen uppifrån och vid framtida reparationer av tätskikt finns ingen risk att konstruktionen skadas.

- Gör en livscykelanalys.

Visa i en livscykelanalys vilka fördelar det ger med en prefabbro vid olika projekt. Kan en entreprenör visa att deras bro är miljövänlig skulle det ha stor genomslagskraft i dessa tider.

6.2 Förslag till fortsatta studier

I framtagandet av detta arbete har intervjuer gjorts med personer som har mycket god kännedom om broar och dess utformning. Många intressanta åsikter har ventilerats om prefabricerade broars vara eller icke vara. I mångt och mycket är de flesta intervjuade överrens, så även författarna, om att det är ett system som har stor utvecklingspotential och goda framtidsutsikter men att några ytterligare faktorer behöver utredas. De argument som används främst mot prefabbroar är att de är för dyra att producera och att de har för få användningsområdet. Därför är våra förslag till fortsatta studier kopplade till dessa för att undanröja de hinder som kvarstår för en lyckad satsning på prefabbroar.

- Livscykelanalyser (LCA) av broar, både prefabricerade och platsgjutna. Detta för att tydligt visa skillnader i miljöpåverkan mellan en platsgjuten och en prefabricerad bro.
- Livscykelkostnadsanalys (LCC) av broar, både prefabricerade och platsgjutna. Detta för att tydligt visa skillnader i kostnader mellan dessa system.
- Visa på samhällsekonomiska effekter vid val av produktionsmetod. Faktorer som bör beaktas är trafikstörningar, miljöpåverkan och ekonomiska aspekter.
- Kalkyljämförelser mellan prefab och platsgjutet där hela processen beaktas för att visa vilket system som är gynnsammast. Det är då viktigt att jämförelsen görs med en verklig entreprenad.
- Olika konstruktionslösningar för prefabsystem i betong bör i forskningssyfte undersökas av Högskola. Bedrivs forskning på Högskola kan detta göras i samarbete med Banverket eller Vägverket.

7 Referenser

7.1 Böcker

Arbetsmiljöverket (a) **Byggnads- och anläggningsarbete: Arbetsmiljöverkets föreskrifter om ändring i Arbetarskyddstyrelsens föreskrifter (AFS 1999:3) om byggnads- och anläggningsarbete** (2008). Solna: Arbetsmiljöverket

Banverket (a) **Broprojektering** (1996). Borlänge: Banverket

Banverket (b) TK Bro.(2009). **Teknisk beskrivning för Vägverkets och Banverkets krav vid nybyggande och förbättring av broar och i vissa andra i TK Bro specificerade byggnadsverk** Borlänge: Vägverket, Banverket

Boverket (a) Boverkets handbok om betongkonstruktioner: BBK 04. 3. uppl. (2004). Karlskrona: Boverket

Hellberg, Annika (red.) (2009). **Arbetsmiljölagen: och dess förordning med kommentarer i lydelse den 1 januari 2009**. Stockholm: Arbetsmiljöverket

Häger, Björn (2001). **Intervjuteknik** 1. uppl. Stockholm: Liber

Nordstrand, Uno (2003). **Byggprocessen**. 3. uppl. Stockholm: Liber

Sundquist, Håkan (2005). **Infrastrukturkonstruktioner**: 7. utg. Stockholm: Byggkonstruktion, Kungliga Tekniska högskolan

Vägverket (a) **Broprojektering en handbok** [Rev. uppl.] (1996). Borlänge: Vägverket

Vägverket (b) Bro 2004. D. 1-5 : **Vägverkets allmänna tekniska beskrivning för nybyggande och förbättring av broar**: (2004). Borlänge: Vägverket

7.2 Artiklar, dokument och rapporter

Banverket (c) Höghastighetsbanor (2009). **ett samhällsbygge för stärkt utveckling och konkurrenskraft**. Banverket

Banverket (d) Sverige. Utredningen om marknaden för drift, underhåll och investeringar på järnväg (2009). **Mer järnväg för pengarna: betänkande** Stockholm: Fritze

FIB: Precast concrete bridges: state-of-art report. (2004). Lausanne: FIB

Josephson, Per-Erik & Saukkoriipi, Lasse (2005). **Släsi i byggprojekt: behov av förändrat synsätt**. Göteborg: FoU-Väst

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Naturvårdsverket (a) **Sweden's National Inventory Report 2009, submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change** (2009). Naturvårdsverket

NCC (a) **Erfarenheter från genomförda broprojekt med NCC Bron**, Interndokument (2009). NCC

NCC (b) **NCC - Bron, betongelementbron**, Reklambroschyr (1993). NCC

NCC (c) **NCC Montagebro, En prefabricerad/standardiserad bro för en smidigare byggprocess**, Interndokument (2009). NCC

NCC (d) **Medspelaren - En handbok i partnering**, Interndokument (2007). NCC

NCC (e) **Styrande krav för projektering och utförande, bro**, Interndokument (2009). NCC

NCC (f) **Stödfunktioner för byggverksamheten, produktionskostnader**, Interndokument (2009). NCC

NCC (g) **Teknik och produktionsfrågor**, Interndokument (2009). NCC

Näringsdepartementet (a) **Lista över infrastruktursatsningar i budgetpropositionen för 2010**, (2009-09-15). Näringsdepartementet

Näringsdepartementet (b) **Mål för framtidens resor och transporter**, Proposition. 2008/09:93. (2009-03-12). Näringsdepartementet

Strängbetong: **Prefabricerade broar och kulvertar**. Presentationsmaterial (2009). Strängbetong

Sveman, Eva (2009). **Lagen om offentlig upphandling inom den klassiska sektorn**. [LOU]. Stockholm: Kommentus

VTI, Rapport 588 (2007). **En svensk modell för offentlig-privat samverkan vid infrastrukturinvesteringar**. Statens väg- och transportforskningsinstitut : VTI

7.3 Elektroniska källor

AB Svensk Byggtjänst, **Totalentreprenader och rambeskrivningar** (2009-12-15). AB Svensk Byggtjänst

- <http://ama.byggtjanst.se/Default.aspx?articleId=97&Typ=AmaNytt>

Arbetsmiljöverket (b) **Bygg och anläggning** (2009-09-15). Arbetsmiljöverket

- <http://www.av.se/teman/bygg/>

Betongvaruindustrin (a) **Banverket bygger plattformar i prefab och spar både tid och pengar**, (2009-02-26). Betongvaruindustrin

- <http://www.betongvaruindustrin.se/sv/System/Artiklar-Startsida/Banverket-bygger-plattformar>

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Betongvaruindustrin (b), **Bygga med prefab**, (2009-09-15). Betongvaruindustrin

- <http://www.betongvaruindustrin.se/BookPDFs/BookChapter0.pdf>

Boverket (b) **Bärförmåga, stadga och beständighet**, (2009-02-07). Boverket

- <http://www.boverket.se/Bygga--forvalta/Bygga-nytt/Barformaga-stadga-och-bestandighet>

Bygglidarna, **Entreprenadformer**, (2009-11-17). Bygglidarna

- <http://www.bygglidarna.se/entreprenadform.htm>

Highway department, Hong Kong, **Stonecutters Bridge** (2009-11-04). Highway department, Government of Hong Kong

- <http://www.stonecuttersbridge.net/en/main.htm>

Härnösands kommun, **Höga kusten bron**, (2009-11-24). Härnösands kommun

- <http://www.harnosand.se/images/18.2bbdff9a1148d34994d800014207/H%C3%B6gakustenbron02.jpg>

Miljöportalen, **Växthuseffekt och växthusgaser- vad är det egentligen**, (2007-07-07). Miljöportalen

- <http://www.miljoportalen.se/luft/vaexthusgaser/vaexthuseffekt-och-vaexthusgaser-vad-aer-det-egentligen>

Naturvårdsverket (b) **Begränsad klimatpåverkan – delmål**, (2009-10-13). Naturvårdsverket

- <http://www.naturvardsverket.se/sv/Sveriges-miljomal--for-ett-hallbart-samhalle/Sveriges-miljomal/Miljomalssystemet/De-nationella-miljokvalitetsmalen/Begransad-klimatpaverkan/Begransad-klimatpaverkan--delmal/>

Naturvårdsverket (c) **De nationella miljökvalitetsmålen**, (2009-07-13). Naturvårdsverket

- <http://www.naturvardsverket.se/sv/Sveriges-miljomal--for-ett-hallbart-samhalle/Sveriges-miljomal/Miljomalssystemet/De-nationella-miljokvalitetsmalen/>

Naturvårdsverket (d) **Flygtrafikens miljöpåverkan**, (2008-10-31). Naturvårdsverket

- <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Transporter-och-trafikinfrastuktur/Flygtrafik/Flygtrafikens-miljopaverkan/>

Naturvårdsverket (e) **Klimat för resandet**, (2009-03-25). Naturvårdsverket

- <http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Konsumtion-och-klimat/Klimat-effektiva-resor/Klimatval-for-resandet/>

Naturvårdsverket (f) **Utsläpp av växthusgaser**, (2008-12-10). Naturvårdsverket

- <http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Utslappsstatistik-och-klimatdata/Utslapp-av-vaxthusgaser/>

Prefabricerade betongbroar, ett lönsamt koncept?
-En fallstudie av NCC Montagebro

Näringsdepartementet (c) **22,2 miljoner euro till svensk infrastruktur**; Pressmeddelande, (2009-10-22). Näringsdepartementet

- <http://www.regeringen.se/sb/d/12267/a/134106>

Näringsdepartementet (d) **Nya transportpolitiska mål**, Pressmeddelande (2009-03-17). Näringsdepartementet

- <http://regeringen.se/sb/d/11720/a/122701>

Peab, **Peabs kundsamverkan**, (2009-11-17). Peab

- http://www.peab.se/Om_Peab/Verksamhetsbeskrivning/Kundsamverkan

Stockholms handelskammare, **Upphandlingsprocess** (2009-09-20). Stockholms handelskammare

- <http://www.offentligupphandling.se/shell/4-1.shtml>

Vägverket (c) BaTMan, Bridges and Tunnel Management, version 3.2 (2009-03-05). Vägverket

- <http://batman.vv.se>

Vägverket (d) **Entreprenadformer**, (2009-11-25). Vägverket

- <http://www.vv.se/Startsida-foretag/Upphandling/Marknad/Entreprenadform/>

Vägverket (e) **Formell vägplanering** (2009-03-22). Vägverket

- <http://www.vv.se/Startsida-foretag/vagar/Planering/Vagplanering-och-projektering/Formell-vagplanering/>

8 Bilagor

8.1 Bilaga 1, Intervjufrågor

1. Vad anser du om prefab i allmänhet?
2. Vad anser du om prefabbroar?
3. Vad anser Banverket & Vägverket om prefabbroar?
4. Vilka är fördelarna med att bygga broar i prefab?
5. Vilka är nackdelarna med att bygga broar i prefab?
6. Vilka delar skulle du helst se var prefabricerade i en bro?
7. Bör prefabelementen tillverkas på plats eller via inköp från fabrik?
8. Vad är skillnaden mellan platsgjuten och prefabricerad broproduktion med avseende på:
 - a. Arbetsmiljö?
 - b. Kvalitet?
 - c. Miljö?
 - d. Tid?
 - e. Kostnader?
9. Vad anser du om NCC Montagebro?
10. Anser du att NCC Montagebro har några svagheter?
11. Vad ska utvecklas med NCC Montagebro för att få genomslag?
12. Hur ser du på framtidsutsikterna med prefabbroar/NCC Montagebro?
13. Hur påverkar konjunkturläget brobyggandet?
14. Vad behövs för att öka användningen av prefabbroar?
15. Vad talar emot/hämmar användandet av prefabbroar?
16. Hur skulle en förändring av entreprenadformer kunna gynna användandet av prefabbroar?
17. Hur ser brobyggandet ut i Europa och övriga världen?
18. Hur kan projekteringsarbetet förändras med prefabbroar?
19. Vem ska driva utvecklingen av prefabbroar?
20. Hur värdesätter Banverket och Vägverket korta trafikstopp?
21. Vad gör ni för att utveckla brobyggandet?
22. Vad gör Banverket och Vägverket för att utveckla brobyggandet?
23. *Vad kan du göra för att öka användningen av prefabbroar?
24. *Vad är viktigast vid brobyggnad? Tid, kostnad eller estetik, värdesätt 1-5 där 5 är viktigast.

* Frågorna skickades inte med i utskicket innan intervju.

8.2 Bilaga 2, Inför intervju

Hej. För att du skall kunna förbereda dig inför intervjun får du nu ta del av frågorna vi kommer att ställa. Har du funderingar kan du bara kontakta oss. Vi kommer att spela in intervjun för att undvika missförstånd och feltolkningar. Banden stannar hos oss och kommer inte att delges någon annan. Då vi sammanfattat dina svar kommer du att få ta del av våra tolkningar innan publikation för att du ska ha möjlighet att rätta eventuella felaktigheter. Tid för intervju uppskattas till ca 60 min.

Beskrivning av examensarbetet

NCC-Bron utvecklades som "En prefabricerad/standardiserad bro för en smidigare byggprocess" i slutet av 1980-talet. System fick inte det genomslag NCC hoppades på och en ny utveckling tog fart mot dagens NCC Montagebro. Examensarbetets syfte är att visa skillnader mellan det traditionella platsgjutna byggandet av broar gentemot NCC Montagebro. Fokus ligger på produktionskostnad, produktionstid, arbetsmiljö, miljö och produktkvalitet. Arbetet behandlar även framtidsutsikterna för NCC Montagebro samt beställares inställning mot prefabbroar. Målet är att visa för byggbranschen att prefabbroar är ett alternativ för framtiden inom brobyggnad.

8.3 Bilaga 3, Intervjupersoner

NCC AB

Bengt-Åke Karlsson
Emil Härstedt
George Afram
Göran Iggmark
Håkan Björk
Johan Cehlin
Stellan Ekberg
Sture Enqvist
Thomas Dahlgren

Konstruktörer, konsulter

Christer Norén, Cenorkonsult
Håkan Sundquist, KTH
Lars Bäck, ELU Konsult AB
Lars Lindeberg, Reinertsen AB
Roland Olsson, Vectura Consulting AB
Sven-Erik Svensson, FB Engineering AB
Sven-Otto Jönsson, Skanska - Vinci HB

Banverket

Elisabeth Helsing
Lars Gustavsson
Kurt Palmqvist
Valle Janssen

Vägverket

Ebbe Rosell
Jan Sandberg
Peter Harryson

Prefabtilverkare

Joakim Widman, Strängbetong
Gösta Lindström, Strängbetong
Per-Göran Peterson, Starka betongelement

Arkitekt

Per Axenborg, White

8.4 Bilaga 4, Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter

Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter 1990-2007, totalt och per växthusgas

Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter

1000 ton koldioxidkvivalenter		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Inrikes transporter totalt		18 692	18 114	19 249	18 383	18 998	18 910	18 653	18 920	19 225	19 522	19 278	19 474	20 040	20 346	20 692	20 946	20 752	20 836
Vägratrik		17 070	16 812	17 944	17 227	17 831	17 881	17 462	17 605	17 797	17 983	17 775	18 001	18 808	18 940	19 184	19 478	19 378	19 524
Inrikes flyg		668	627	649	594	626	634	616	667	680	712	656	637	612	593	619	674	633	615
Inrikes sjöfart		551	414	399	308	293	348	337	412	506	579	596	588	575	667	585	552	498	454
Järnväg		116	102	98	94	89	87	87	76	74	78	84	85	81	78	74	73	73	76
Övrigt (övriga arbetsmaskiner (1))		158	159	159	159	160	160	161	162	164	165	166	167	168	169	170	169	169	167

Utsläpp av koldioxid (CO2) från inrikes transporter

1000 ton koldioxid		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Inrikes transporter totalt CO2		18 383	17 874	18 992	18 114	18 739	18 636	18 386	18 648	18 986	19 266	19 012	19 227	19 802	20 116	20 471	20 730	20 550	20 642
Vägratrik		16 869	16 615	17 729	16 998	17 611	17 447	17 234	17 374	17 581	17 762	17 554	17 799	18 413	18 554	19 006	19 305	19 214	19 369
Inrikes flyg		673	614	636	582	614	623	604	654	667	695	644	625	601	582	607	663	623	605
Inrikes sjöfart		540	408	391	302	286	340	330	403	496	567	584	576	563	654	574	541	488	445
Järnväg		103	91	87	84	79	77	68	65	63	74	75	71	69	68	66	64	64	68
Övrigt (övriga arbetsmaskiner (1))		147	148	148	148	149	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	157	157	155

Utsläpp av metan (CH4) från inrikes transporter

1000 ton koldioxidkvivalenter		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Inrikes transporter totalt CH4		105	108	101	90	92	85	82	74	68	62	56	50	47	43	39	37	34	31
Vägratrik		102	105	98	87	90	82	79	71	65	59	53	47	44	40	36	35	31	28
Inrikes flyg		0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Inrikes sjöfart		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Järnväg		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Övrigt (övriga arbetsmaskiner (1))		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Utsläpp av dikväveoxid (N2O) från inrikes transporter

1000 ton koldioxidkvivalenter		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Inrikes transporter totalt N2O		145	132	156	179	167	189	185	198	192	204	211	197	191	187	182	179	169	163
Vägratrik		99	92	117	142	131	152	149	161	152	162	168	155	150	146	141	139	131	127
Inrikes flyg		14	13	13	12	12	11	12	12	12	13	12	11	11	10	11	11	10	9
Inrikes sjöfart		9	6	6	4	4	5	5	6	8	10	10	10	9	11	9	9	8	7
Järnväg		12	11	11	10	10	9	9	8	9	9	10	9	9	9	8	8	8	8
Övrigt (övriga arbetsmaskiner (1))		10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12

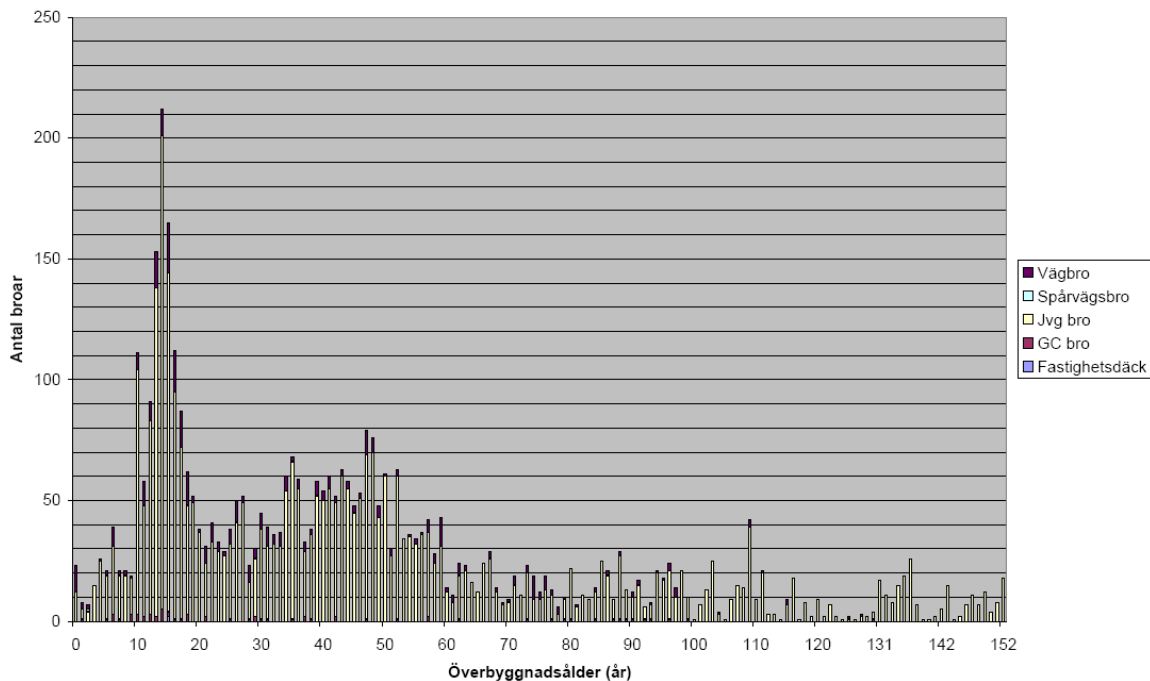
(1) Arbetsmaskiner redovisas även i sektorerna Industrins förbränning, hushåll och förbränning inom jordbruk, skogsbruk och fiske. Se även separat diagram och excel-fil för arbetsmaskiner

Källa: Sveriges National Inventory Report 2009, submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change

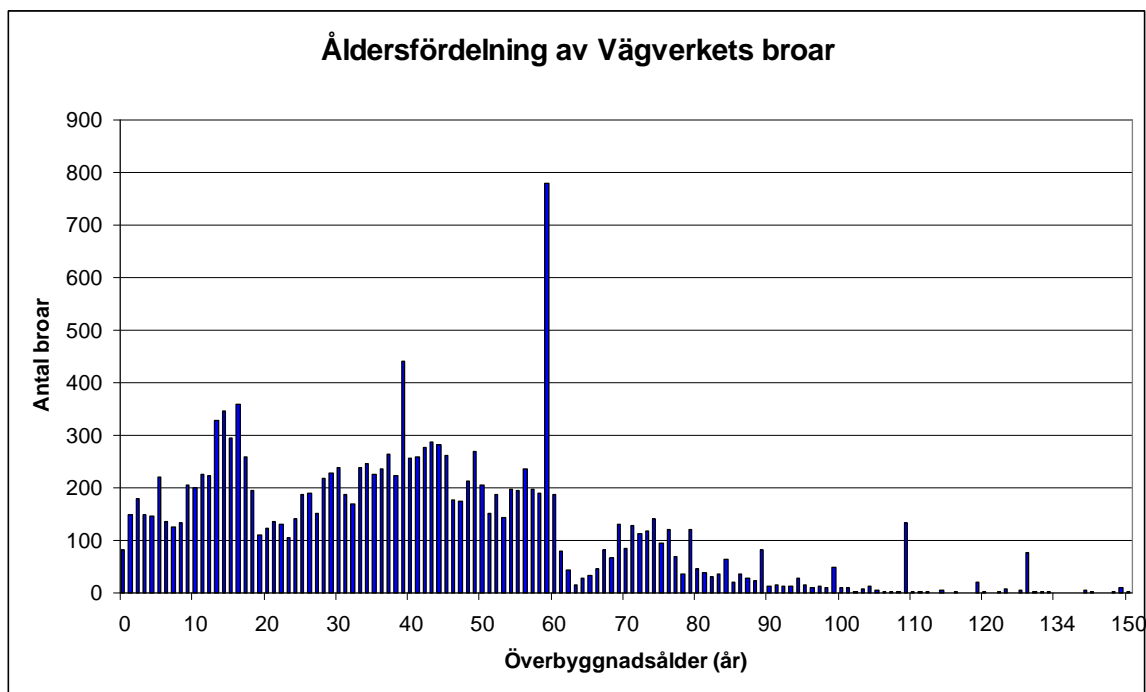
Avrundningsfel kan förekomma

8.5 Bilaga 5, Åldersfördelning Banverkets och Vägverkets broar

Åldersfördelning av Banverkets broar



Åldersfördelning av Vägverkets broar



Källa: Vägverket (c), 2009