

Avdelningen för Konstruktionsteknik

Lunds Tekniska Högskola

Box 118

221 00 LUND

Division of Structural Engineering

Faculty of Engineering, LTH

P.O. Box 118

S-221 00 LUND

Sweden

Effektiv projektering av broar

Efficient design of bridges

Jimmy Bengtsson

2017

Rapport TVBK-5260
ISSN 0349-4969
ISRN: LUTVDG/TVBK-17/5260 (97)

Examensarbete
Handledare: Ivar Björnsson
Juni 2017

Abstract

The bridge construction industry in Sweden is prospering. The situation is such that companies are forced to decline work due to lack of time. In addition, the recruitment of new consultants has been difficult owing to a shortage of labour with the right competency. To avoid the situation where companies are forced to decline new projects due to lack of resources, focus should be on improving the efficiency of current practices. This master thesis investigates potential solutions to improve the efficiency of current bridge design practices. The work was conducted together with the bridge design group at Skanska Teknik in Malmö, Sweden. The primary objective with the master thesis is to determine and approach with the potential for shortening the time spent in the design of bridge structures without compromising with the quality.

The first part of this thesis involves an investigation of the various stages involved during a bridge design. Interviews were conducted with active bridge design engineers in an effort to identify potential aspects of the design process which could be improved. A variety of interesting aspects were identified from the interviews. Based on these findings, it was decided the further work should focus on activities conducted after structural analyses using finite element (FE) software. These calculations form the basis for subsequent design and verification procedures of the bridge structure; e.g. the design of tensile reinforcement in the bridge deck.

Together with the active engineers a number of potential improvements to this process were investigated. Many of the suggested approaches concerned how to more efficiently transfer the FE-results into the reinforcement calculations. Another solution which was considered concerned how to standardize certain work activities as a means for improving efficiency. Ultimately, the suggested solutions were verified and compared using a design of an existing bridge.

The most important conclusions for this report are:

- Bridge design engineers believe that there are a number of possible approaches which could be implemented to make the design of a bridge more efficient.
- The engineers who were interviewed had varying opinions regarding which approach would be most appropriate, therefore it would be advantageous to all of them to have the possibility of choosing among a variety of different approaches.
- The approach suggested in this thesis can potentially save time, simplify the work and ultimately help improve efficiency.
- When calculations become more automated it is still important for the engineer to be observant and critically inspect the results to avoid errors.

Sammanfattning

Marknaden för brobyggnad i Sverige är idag så god att företagen tvingas tacka nej till förfrågningar på grund av tidsbrist. Det är svårt att rekrytera nya konsulter eftersom det råder brist på arbetskraft med rätt kompetens, för att undvika att tacka nej till arbete är en potentiell lösning på tidsbristen att effektivisera arbetet. I samarbete med Skanska Tekniks brogrupp i Malmö utreder därför detta examensarbete potentiella effektiviseringsåtgärder med målet att korta ner den totala projekteringstiden utan att kompromissa med kvalitén på slutprodukten.

Arbetet inledes med en fördjupning i broprojekteringens olika skeden. Med hjälp av intervjuer av verksamma konstruktörer och projektörer undersöktes det vilka potentiella effektiviseringsmöjligheter de såg i sitt arbete. En rad intressanta förslag på åtgärder för att effektivisera arbetet framkom av intervjuerna. Av dessa förslag valdes arbetet efter systemberäkningen som fokusområde för effektiviseringsåtgärder.

Tillsammans med verksamma konstruktörer utredes en rad förslag på effektiviseringsåtgärder. En stor del av effektiviseringsförslagen behandlar hur man förflyttar data, men även förslag som rör standardisering av arbetsmoment och andra mindre förändringar finns med som förslag. Förslagen verifierades till sist genom att resultaten jämfördes med en befintlig bro.

De viktigaste slutsatserna för denna rapport är:

- Både konstruktörerna och projektörerna anser att det finns flera potentiella effektiviseringsåtgärder i projekteringsprocessen.
- Önskade effektiviseringsåtgärder varierar från person till person, det krävs därför valmöjlighet att kunna anpassa arbetsmetoderna efter personliga önskemål.
- Föreslagna effektiviseringsåtgärder kan potentiellt spara tid och förenkla arbetet för konstruktören.
- När beräkningar automatiseras krävs fortfarande att konstruktören är uppmärksam och kritiskt granskar resultatet.

Nyckelord: Broprojektering, Effektivisering, Slakarmerad plattbro

Förord

Examensarbetet är min avslutning på studierna inom Civilingenjörsutbildningen Väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska högskola. Examensarbetet är skrivet på avdelningen för Konstruktionsteknik och omfattar 30 högskolepoäng. Examensarbetet har genomförts under våren 2017.

Jag vill ge ett stort tack till min handledare på LTH Ivar Björnsson och min handledare på Skanska Karl Lundstedt.

Jag vill även tacka alla respondenterna som deltagit i intervjuerna.

Lund 2017

Jimmy Bengtsson

Innehåll

Abstract	III
Sammanfattning	V
Förord	VII
1 Introduktion	1
1.1 Inledning.....	1
1.2 Syfte och mål.....	1
1.3 Metod	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Disposition	2
2 Projekteringsprocessen	3
2.1 Anbud	3
2.2 Teknisk lösning och dimensioneringsförutsättningar	4
2.2.1 Redovisning av Principiell Utformning och Utförande (RPUU).....	4
2.2.2 Redogörelse för Konstruktionsarbetets Förutsättningar och Metoder (RKFM)	5
2.3 Bygghandling	6
2.3.1 Konstruktionsberäkningar.....	6
2.4 Relationshandling.....	7
3 Referensprojekt	9
3.1 Beskrivning av referensprojekten.....	9
3.2 Tidsåtgång för broprojektering.....	12
3.3 Kostnad för broprojektering.....	13
4 Förstudie	15
4.1 Intervjuer	15
4.1.1 Upplägg intervjuer	15
4.1.2 Intervju av konstruktörer.....	15
4.1.3 Intervju av projektörer	16
4.2 Resultat förstudie.....	16
4.2.1 Sammanställning av intervjusvar	16
4.2.2 Val av fortsatta studier	19
5 Arbetet efter systemberäkning	21
5.1 Brigade	21
5.2 Utdata	22

5.3	Utvärdering av snittkrafter	22
5.4	Dimensioneringsarbetet.....	29
5.4.1	Böjarmering	29
5.4.2	Tvärkraftsarmering.....	30
5.5	Avkortning av böjarmering	32
5.6	Avkortning av tvärkraftsarmering.....	32
6	Förslag på effektiviseringsåtgärder	33
6.1	Utvärdering av snittkrafter	33
6.2	Dimensioneringsarbetet.....	34
6.3	Avkortning av böjarmering	34
6.4	Avkortning av tvärkraftsarmering.....	35
6.5	Verifiering	37
6.5.1	Tillvägagångssätt	37
6.5.2	Resultat	37
6.5.3	Kommentarer resultatet.....	39
6.5.4	Tidsbesparing.....	39
7	Slutsatser och diskussion	41
7.1	Slutsatser	41
7.2	Diskussion	41
7.3	Framtida studier.....	42
	Referenser	43

Bilaga 1 – Frågor intervjuer

Bilaga 2 – Sammanställning av svar från intervjuer

Bilaga 3 – Intervjuer

1 Introduktion

1.1 Inledning

Marknaden för brobyggande i Sverige är idag väldigt god. Konsulterna har mycket att göra och arbetet är stressande. Efterfrågan är så stor att man idag tvingas tacka nej till förfrågningar på grund av tidsbrist.

En lösning för att undvika en situation där man tvingas tacka nej till förfrågningar är att anställa mer arbetskraft. Nackdelen med denna lösning är att det finns ett begränsat antal konsulter med rätt kompetens och konkurrensen om dessa är stor mellan konsultfirmorna.

Ett annat sätt att angripa problemet är att försöka effektivisera arbetet. Med effektivare arbetsmetoder kan tidsåtgången på varje projekt minskas. Detta medför att man hinner med fler projekt.

1.2 Syfte och mål

Det huvudsakliga syftet med arbetet är att undersöka nya arbetsmetoder som kan effektivisera projekteringen av broar. Detta ska genomföras genom att först studera och utvärdera nuvarande arbetsmetoder. Arbetet ska ske i samråd med verksamma konstruktörer och projektörer.

Effektiviseringen ska sträva efter att korta ner den totala tiden för broprojekteringen utan att kompromissa med kvalitén på slutprodukten. Utöver att korta ner tiden läggs även vikt på att arbetsmetoderna ska upplevas som lätta att använda och enkla att förstå för samtliga inblandade.

Målet med effektiviseringsarbetet är att leverera konkreta förslag på arbetsmetoder som efter slutfört arbete kan testas och utvärderas på ett lämpligt pilotprojekt.

1.3 Metod

Arbetet börjar med att studera de olika delarna i broprojekteringsarbetet. Vidare utvärderas och jämförs nuvarande arbetssätt genom en fördjupning i ämnet. Med hjälp av intervjuer av verksamma konstruktörer och projektörer ska viktiga skeden ur ett effektiviseringsperspektiv i projekteringsfasen identifieras. Med djupare studier och intervjuer ska slutligen ett fåtal skeden väljas ut för vidare arbete. Förslag på förändrade arbetsmetoder för de utvalda delarna ska sedan utredas i samförstånd med berörda parter.

Under arbetets gång kommer ett referensprojekt att användas. Referensprojektet är en slakarmerad betongbro i tre fack. Bron är belägen i Rönnehytta i Askersunds kommun och är en av sex broar i ett större järnvägsprojekt i Stenkumla. I detta järnvägsprojekt finns två liknande broar som var till grund för projekteringen av denna bro.

När förslag på effektiviseringsåtgärder är framtagna ska förslagen verifieras och testas så att de kan utvärderas med hänsyn till målen. Utvärderingen ska belysa om kvalitén på broprojekteringen är förändrad och vilka konsekvenser förändringen kan medföra. Tidsåtgången ska också utredas för att se om det finns några potentiella tidsvinster med effektiviseringen.

1.4 Avgränsningar

Denna studie kommer att vara inriktad på broar liknande referensprojektet i Rönnehytta. Inriktningen kommer att vara på plattbroar i betong bestående av tre fack. Denna typ av bro är en vanligt förekommande lösning för broar över väg och järnväg.

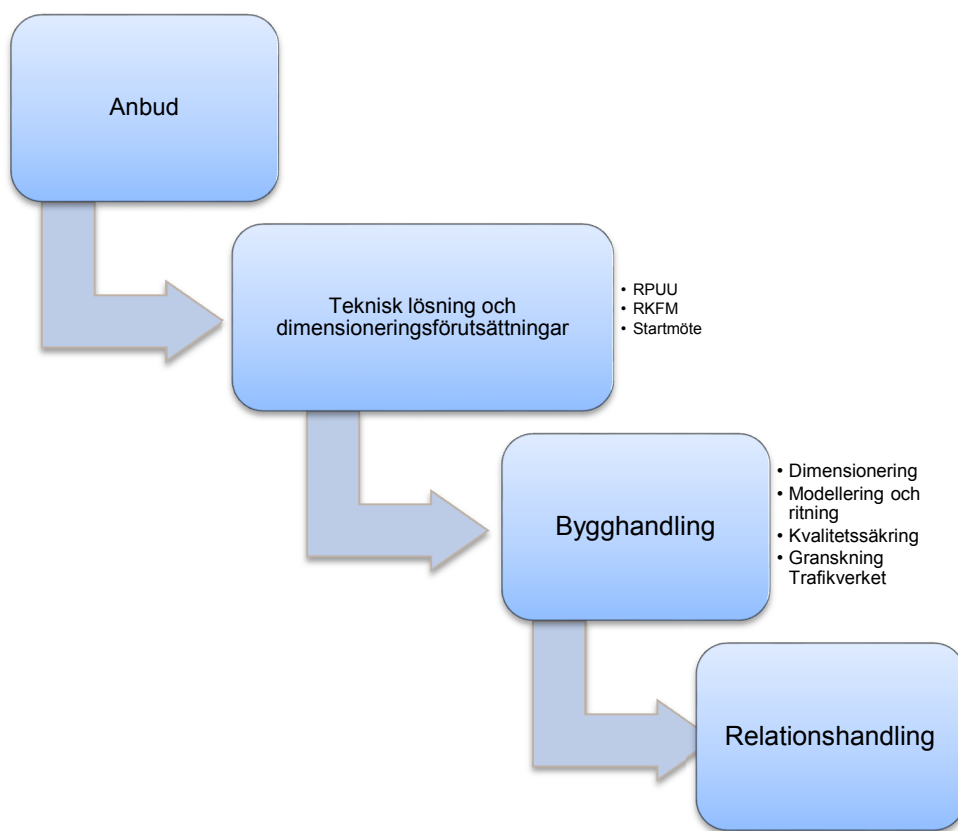
Examensarbetet utförs i samarbete med Skanska Teknicks brogrupp i Malmö. Effektiviseringsarbetet kommer därför att undersökas med hänsyn till deras projekteringsprocess och intervjuerna utförs med deras konstruktörer och projektörer.

1.5 Disposition

- Kapitel 2 beskriver kort projekteringsprocessen för en bro.
- Kapitel 3 redovisar tidsåtgång och kostnad för referensprojektet och två liknande broar.
- Kapitel 4 beskriver förstudien och resultatet från förstudien.
- Kapitel 5 beskriver arbetsmomenten och förutsättningarna som studien grundas på.
- Kapitel 6 redovisar resultatet av studien.
- Kapitel 7 diskuterar resultatet och slutsatsen av studien.

2 Projekteringsprocessen

Projekteringsprocessen består av de fyra delmomenten anbud, teknisk lösning och dimensioneringsförutsättningar, bygghandlingsskedet och relationshandlingskedet. Dessa arbetsmoment består i sin tur av flera mindre arbetsmoment. Detta beskrivs översiktligt i Figur 2.1. I kapitel 2.1–2.4 beskrivs delmomenten i projekteringsprocessen mer detaljerat. Projekteringsprocessen beskrivs utefter hur den ser ut på Skanska Teknics brogrupp i Malmö. Beskrivningen utgår från konstruktörens och projektörens arbete. Eftersom stora delar av projekteringen är styrd av Trafikverkets bestämmelser antas den beskrivna processen likna projekteringen på andra företag i branschen.



Figur 2.1 Översiktlig beskrivning av projekteringsprocessen

2.1 Anbud

Trafikverket är den största beställaren av broar. Innan anbudsskedet utför Trafikverket arbete med planerande och framtagning av projekteringsunderlag. Projekteringsprocessen på företagen börjar med anbudsskedet. Trafikverket skickar i detta skede ut ett förfrågningsunderlag för att få in offerter på projektet. Den vanligaste upphandlingsformen för broprojekt är totalentreprenad, där konkurrerar de olika företagen med lösningar för att

vinna anbudstävlingen. Brokonstruktören upprättat i detta skede ett förslag på utformning med tillhörande mängdspecifikation. Även en offert för kostnaden för projekteringsarbetet lämnas i detta skede.

2.2 Teknisk lösning och dimensioneringsförutsättningar

Det första arbetet som utförs i detta skede är arbetet med Redovisning av Principiell Utformning och Utförande, RPUU, samt en skiss på teknisk lösning. En beskrivning av Trafikverkets krav på en RPUU finns i kapitel 2.2.1. Dessa handlingar skickas till Trafikverket varpå de granskas. Vid eventuella synpunkter från trafikverket revideras handlingarna och granskas på nytt till dess att Trafikverket är nöjda och handlingarna är godkända.

Nästa del i projekteringen är arbetet med en Redogörelse för Konstruktionsarbetets Förutsättningar och Metoder, RKFM, samt en förslagsritning. En beskrivning av Trafikverkets krav på en RKFM finns i kapitel 2.2.2. I denna del av projekteringen utförs mycket samordning med geotekniker, vägprojektörer och inköpare för att utreda förutsättningarna. Det finns möjlighet att belysa alla tänkbara oklarheter som berör broprojekteringen, på så sätt är dessa oklarheter redan granskade och godkända tills dess att de ska behandlas under bygghandlingsskedet. Innan projekteringen kan fortsätta och en RKFM och förslagsritning kan skickas till Trafikverket måste ett konstruktionsstartmöte med samtliga inblandade äga rum. Efter startmötet finns det möjlighet att justera RKFM och förslagsritningen innan de skickas till Trafikverket för en första granskning. Precis som vid arbetet med RPUU revideras eventuella synpunkter från Trafikverket varpå handlingarna granskas på nytt fram till dess att handlingarna är godkända.

Syftet med denna del av broprojekteringen är att utreda och bestämma förutsättningarna. Det som bestäms i detta skede ligger sen till grund för fortsatt dimensioneringsarbete som utförs i bygghandlingsskedet. Om detta skede är väl genomarbetat och genomtänkt kan det potentiellt besparar tid och undvika framtida meningsskiljaktigheter.

2.2.1 Redovisning av Principiell Utformning och Utförande (RPUU)

Det är ett krav från Trafikverket att en redovisning av principiell utformning och utförande, RPUU, utförs i början av broprojekteringen.

Handlingen ska redovisa bronns principiella utformningen och utförande på ett tydligt sätt. Den ska även redovisa Trafikverkets egna namn och nummer på konstruktionen. Det ska även framgå om det är nybyggnation eller befintlig konstruktion, vilken typ av trafik den är avsedd för samt en tidsplan för projekteringen ska vara inkluderad.

Det ska även finnas kravspecifikationer för utformningar, dimensioneringsmetoder och utförandemetoder som inte behandlas i Trafikverkets handlingar eller i Allmän Material- och Arbetsbeskrivning, AMA. (Trafikverket 2016)

2.2.2 Redogörelse för Konstruktionsarbetets Förutsättningar och Metoder (RKFM)

En redogörelse för konstruktionsarbetets förutsättningar och metoder, RKFM, utförs alltid i början av en broprojektering. Det är ett krav från trafikverket att en RKFM ska skickas in och godkännas. I en RKFM redovisas hur olika uppgifter kommer att tolkas och tillämpas under konstruktionsarbetet.

Utöver uppgifter som rör konstruktionsarbetet ska även en del annan information med i en RKFM. Administrativa uppgifter som rör bland annat kontaktuppgifter till inblandade i projektet, samt information om företaget. Det ska även presenteras hur man ska ta hänsyn till trafiken under byggtiden.

En redovisning över bronns utbyggnadssätt beskrivs här samt om utbyggnadssättet har en inverkan på laster och bärförmåga. Om det framtida underhållsarbetet avviker från trafikverkets föreskrifter om brounderhåll redovisas även det i RKFM. Samtliga val av brokompletteringar och dess utformning redovisas.

En redogörelse över förslagets principiella utformning och utförande med hjälp av skisser ska finnas med. Hur konstruktören tolkar de geotekniska förhållandena som är relevanta för broprojekteringen. Vilka material som används och hållfasthetsparametrarna som hör ihop med dem. I vilken säkerhetsklass bron kommer dimensioneras och vilka laster och lastkombinationer som är aktuella för bron. Hur hänsyn tas till dynamiska effekter på bron beskrivs även i RKFM. Samt hur beständigheten tas hänsyn till vid utformningen och dimensioneringen.

Slutligen ska även dimensioneringen beskrivas och alla antaganden dimensioneringen baseras på. De dataprogram som ska användas för systemanalyser och större beräkningar ska redovisas. Systemskisser för primära och sekundära statiska system ska finnas med och ytterligare uppgifter av så detaljerad grad att en annan part kan utföra ytterligare analyser på bärverket. (Trafikverket 2016)

2.3 Bygghandling

Under bygghandlingskedet utförs dimensionering, modellering och ritning, kvalitetssäkring och granskning av Trafikverket. Dimensioneringsarbetet utförs av konstruktören. Generellt sätt utförs först en strukturanalys följt av en dimensionering av underbyggnad och överbyggnad. Det är även konstruktörens arbete att upprätta en Beskrivning av Material, Utförande och Kontroll, BMUK. Trafikverkets krav på konstruktionsberäkningar finns beskrivet i kapitel 2.3.1.

Parallellt med och efter konstruktörens arbete upprättas en BIM-modell och ritningar av en projektör. Kontroll av modellen och ritningarna utförs kontinuerligt av konstruktören. Krav på innehåll i modell och ritningar finns beskrivet av Trafikverk i dokumentet TDOK 2016:0204.

Innan konstruktörens och projektörens arbete granskas av Trafikverket utförs en kvalitetssäkring. Kvalitetssäkringen utförs genom en interngranskning innan handlingarna skickas till trafikverket. Den interna granskningen utförs av en oberoende konstruktör på avdelningen. Handlingarna skickas sen till Trafikverket för granskning. När granskningen är klar revideras eventuella synpunkter varpå en ny granskning utförs av Trafikverket fram tills att de är nöjda och bygghandlingarna blir godkända.

2.3.1 Konstruktionsberäkningar

För samtliga bärverk i konstruktionen ska beräkningar med hänsyn till bärförmåga, stadga och beständighet utföras. Beräkningsmodellerna ska tydligt beskrivas med figurer, förklarande text, hänvisningar och antaganden så att det finns möjlighet att kontrolleras. Samtliga beräkningssätt, formler, antaganden och värden ska härledas eller hänvisas till litteratur. Samtliga situationer i Eurocode SS-EN 1990:2002 kap. 3.2 som är väsentliga för dimensioneringen ska undersökas.

När datorprogram används i samband med konstruktionsberäkningar tillkommer krav på att bifoga en programbeskrivning och resultatutskrift samt specifikt vad dessa ska innehålla. För att använda datorberäkningar ska programmen vara testade på liknande strukturer. Utöver testerna ska även stickprov på resultaten utföras i form av beräkningar med ett annat tillvägagångssätt. Om det finns skillnader mellan resultaten ska det redovisas och kommenteras. (Trafikverket 2016)

2.4 Relationshandling

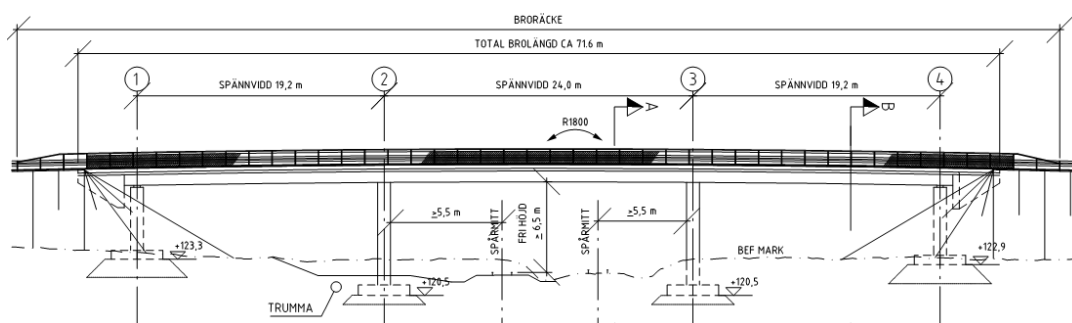
Relationshandlingarna upprättas efter att bron är färdig. I relationshandlingarna uppdateras bygghandlingarna efter hur den verkliga konstruktionen blev. Uppgifter som uppdateras här är bland annat inmätta höjder och material. Handlingarna laddas sen upp i trafikverkets register BaTMan där alla Trafikverkets projekt måste registreras. Relationshandlingarna används sen bland annat för att kunna utföra underhåll på konstruktionen.

3 Referensprojekt

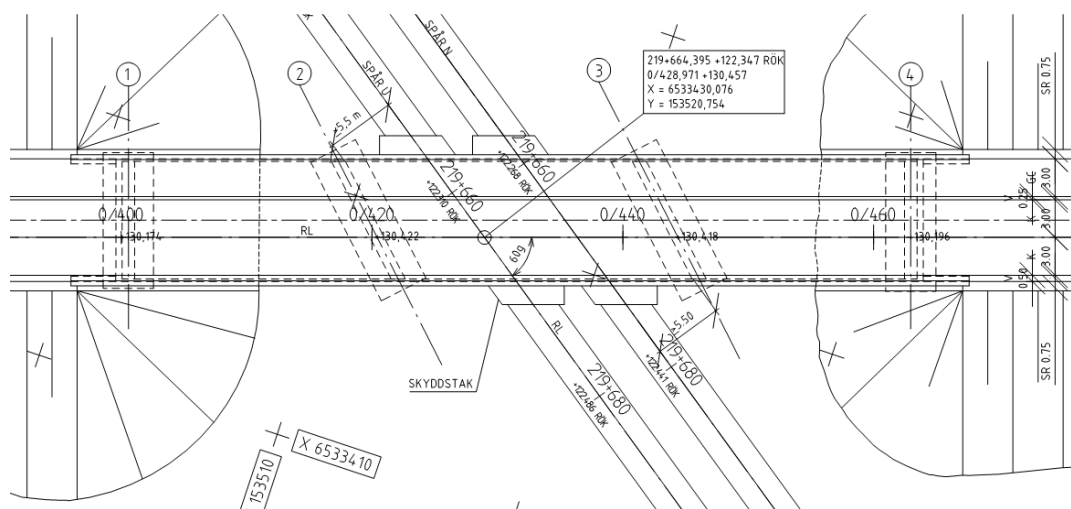
3.1 Beskrivning av referensprojektet

Tids- och kostnadsrapporter från projekteringen av tre broar har granskats för att få en överblick av tidsåtgången vid broprojektering. Samtliga broar är från järnvägsprojektet i Stenkumla och har liknande design. Broarna är utformade som slakarmerade plattbroar i betong. Samtliga broar har tre fack och fyra stöd som grundläggs med platta på mark. De tre broarna kommer refereras till som bro A, B och C, där bro C är referensprojektet.

Bro A var den första bron att projekteras. Den är den längsta och bredaste bron av de tre broarna. Mittspannet är 24,0m och sidospannen är 19,2m, bronns bredd är 9,75m. Denna bro är även lite mer komplex eftersom mittstöden inte är parallella med brobanans tvärsnitt. Konstruktören som arbetade med denna bro var mer erfaren än konstruktören som arbetade med de andra två broarna. Det var inte samma projektör på denna bro som de andra två broarna, men de har jämlik erfarenhet av BIM-arbete. Förtydligande av bronns utformning syns i Figur 3.1 och Figur 3.2.

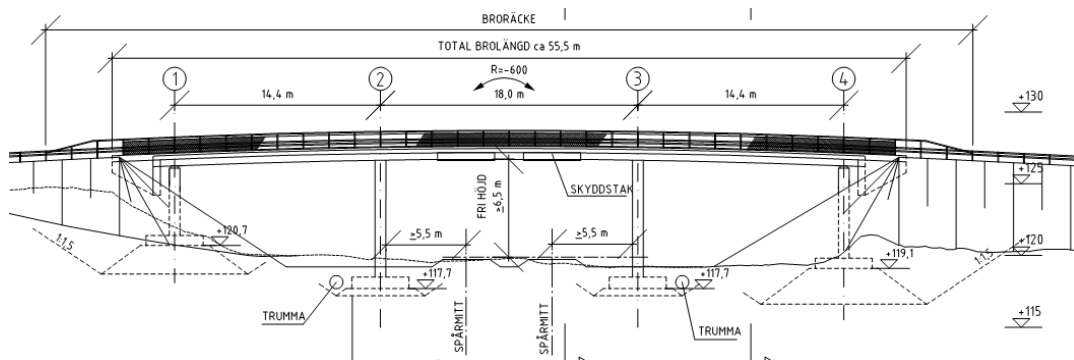


Figur 3.1 Elevationsritning av bro A.

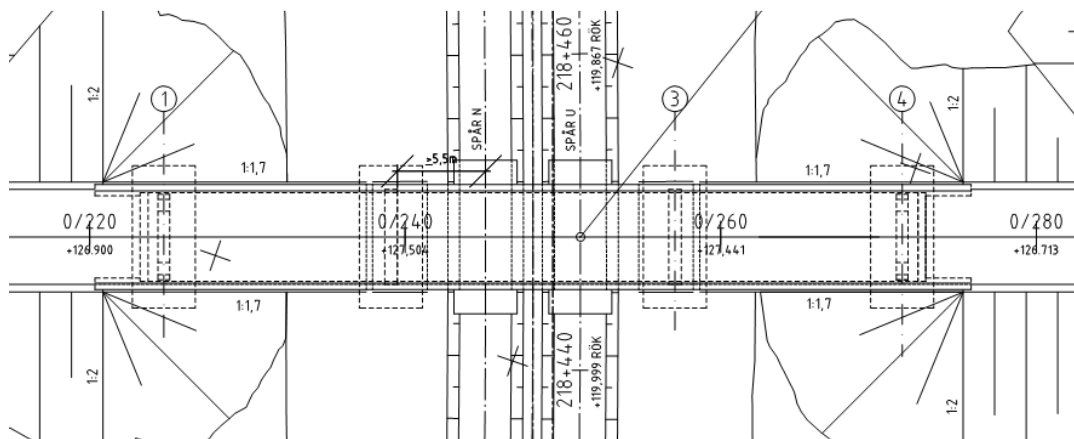


Figur 3.2 Planritning av bro A.

Bro B projekterades efter bro A. Bro A kunde därför i viss mån användas som förelägg under projekteringen. Denna bro är något mindre än bro A med ett mittspann på 18,0m, sidospänn på 14,4m och en brobredd på 6,0m. Bro B har mittstöd som är parallella med brobanans tvärled och anses därför vara mindre komplex. Det var inte samma konstruktör och projektör som arbetade med denna bro som arbetade med bro A som redan nämnts. Förtydligande av bronns utformning syns i Figur 3.3 och Figur 3.4.

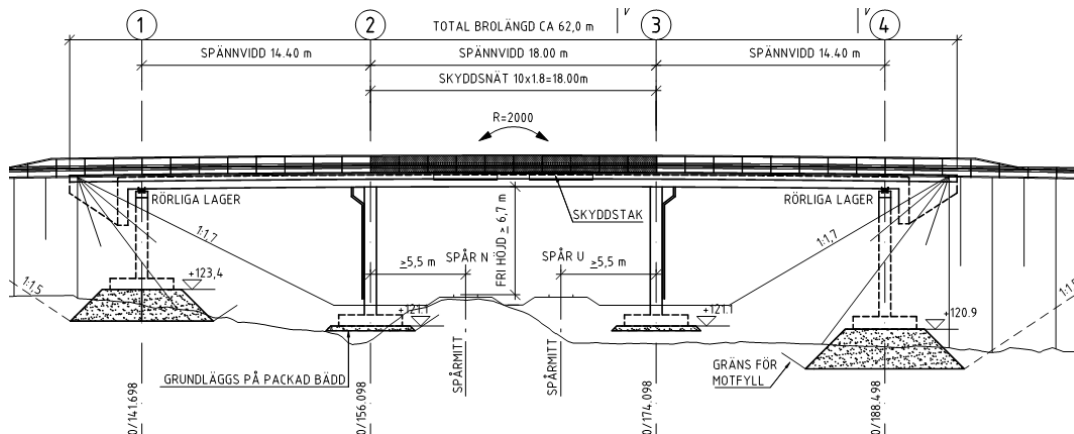


Figur 3.3 Elevationsritning av bro B.

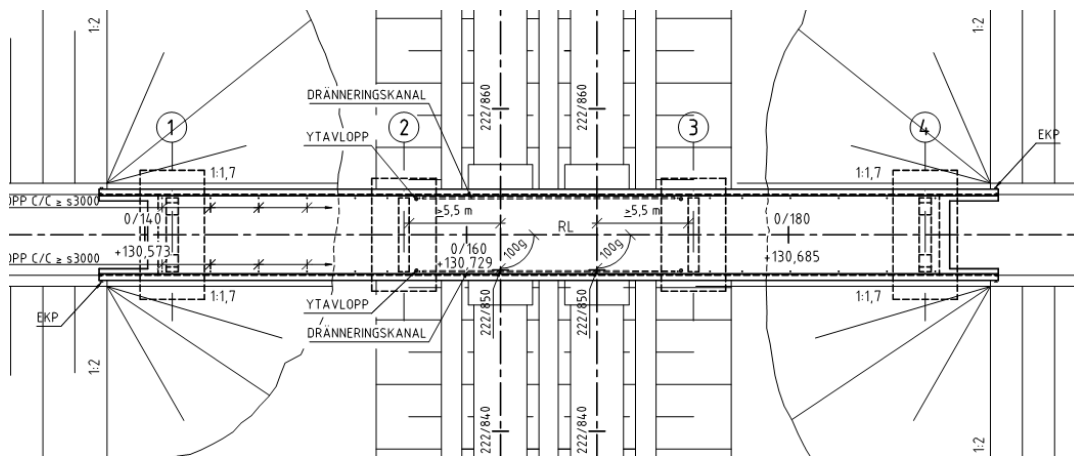


Figur 3.4 Planritning av bro B.

Bro C projekterades sist av de tre broarna. Bro B kunde i detta fall användas som förelägg under projekteringen. Bro C har samma längd på spännerna som bro B, men något smalare brobredd på 5,0m. Mittstöden är även här parallella med brobanans tvärled. Samma konstruktör och projektör som arbetade med bro B arbetar även med bro C. Förtydligande av bronns utformning syns i Figur 3.5 och Figur 3.6.



Figur 3.5 Elevationsritning av bro C.



Figur 3.6 Planritning av bro C.

I Tabell 3.1 sammanfattas de tre broarnas totala brolängd, total brobredd, spännvidd mittspänn, spännvidd sidospänn, area och vinkel på mittstöd.

Tabell 3.1 Sammanställning av referensbroarna.

Bro	A	B	C
Total brolängd (m)	71,6	55,5	62,0
Total brobredd (m)	9,75	6,0	5,0
Spännvidd mittspänn (m)	24,0	18,0	18,0
Spännvidd sidospänn (m)	19,2	14,4	14,4
Total broarea (m ²)	698,1	333	310
Vinkel mittstöd	Sned	Rak	Rak

3.2 Tidsåtgång för broprojektering

Tre tidsposter är extra intressanta för denna rapport och utöver dessa kommer även den totala projekteringstiden redovisas. Den första tidsposten är Basis of Design som är arbetet som beskrivs i kapitel 2.2 teknisk lösning och dimensioneringsförutsättningar. I denna tidspost ingår arbete med RPUU, RKFM, förslagsritning och skisser. Den andra intressanta tidsposten är konstruktionsarbete som är arbetet konstruktören utför i bygghandlingsskedet som är beskrivet i kapitel 2.3. I denna tidspost ingår systemberäkningar och dimensioneringsarbete. Den sista posten som är intressant är BIM-arbete som är projektörens arbete i bygghandlingsskedet som är beskrivet i kapitel 2.3. I BIM-arbetet ingår främst 3D-modellering men även 2D-modellering. BIM-arbete är fortfarande nytt i anläggningsbranschen och vid arbetet med dessa broar hade projektörerna inte så mycket erfarenhet av detta arbete, därför finns det en risk att denna tidspost är lite missvisande mot hur det kan se ut i dagsläget. Den totala projekteringstiden inkluderar förutom ovanstående poster även administration, möte, utskick, arbete på bygget, resor, BMUK, temperatursprickor¹ och ÄTA-tillägg. Tidsåtgången presenteras i Tabell 3.2.

Tabell 3.2 Tidsåtgång för basis of design, konstruktionsarbete, BIM-arbete och total projekteringstid.

Bro	A	B	C
Basis of design(h)	9,5	38,5	16
Konstruktionsarbete(h)	224	232,5	207,5
BIM-arbete(h)	604	598,5	292
Total projekteringstid(h)	1033	1088	711

¹ Temperatursprickor står som en egen tidspost eftersom det ofta utförs av en extern konsult då konstruktören ofta inte har tillräcklig kompetens inom detta område

3.3 Kostnad för broprojektering

Kostnaden för samma poster som redovisades i kapitlet om tidsåtgång kommer även redovisas i detta kapitel. Utöver posterna som redovisades i föregående kapitel kommer även ett kvadratmeterpris för brobanearean på broarna att redovisas. Timkostnaden varierar från konstruktör till konstruktör och projektör till projektör beroende av erfarenhet. Projektet har budgeterat för ett timpris på 900kr/h för konstruktörer och 800kr/h för projektörer, detta ger en bra ungefärlig uppfattning om vilka priser det rör sig om. Då det ibland kan vara mer än en konstruktör eller projektör som har arbetat med en bro och eftersom projektet löper över så pass lång tid att timpriserna förändras går det inte att redovisa exakta siffror på timkostnader för de enskilda projekten. Kostnaderna för de olika posterna redovisas i Tabell 3.3 och Tabell 3.4.

Tabell 3.3 Kostnad för basis of design, konstruktionsarbete, BIM-arbete och total projekteringskostnad i Tusen Kroner.

Bro	A	B	C
Basis of design(tkr)	8	31	13
Konstruktionsarbete(tkr)	204	180	162
BIM-arbete(tkr)	524	487	239
Total projekteringskostnad(tkr)	961	841	574

Tabell 3.4 Kostnad per kvadratmeter broarea.

Bro	A	B	C
Kostnad per kvadratmeter (tkr/m ²)	1,38	2,53	1,85

4 Förstudie

4.1 Intervjuer

Intervjuer utfördes under förstudien där syftet med intervjuerna var att utreda i vilka delar av projekteringen som det potentiellt fanns effektiviseringsmöjligheter. När kartläggningen av effektiviseringsmöjligheterna var utförd användes den som en grund för att motivera fortsatta fördjupade studier. Frågorna i sin helhet finns att läsa i Bilaga 1.

4.1.1 Upplägg intervjuer

Förstudien utfördes i form av intervjuer med verksamma konstruktörer och projektörer. Innan intervjuerna hölls presenterades syftet och avgränsningen för undersökningen för respondenterna. Frågorna var anpassade för de olika arbetena som konstruktörer respektive projektörer utför.

Under samtliga intervjuer ställdes samma grundfrågor till vardera grupper. Samtliga intervjuerna följde samma struktur och frågeföljd. Följdfrågor var förberedda i samband med lämpliga frågor och utrymme för att utveckla intressanta svar som berörde ämnet gavs.

4.1.2 Intervju av konstruktörer

Konstruktörer med allt från enstaka års erfarenhet upp till över trettio års erfarenhet intervjuades. Sammanlagt intervjuades sju konstruktörer. Frågorna under intervjuerna av konstruktörerna var uppdelade i tre delar; före, under och efter konstruktionsarbetet.

Frågorna som berörde arbetet före konstruktionsarbetet var utformade för att dels undersöka vilken kvalitet förfrågningsunderlaget generellt sett brukar vara av. Om kvalitén inte ansågs vara tillfredställande fanns det följdfråga för att undersöka vad som kan bli bättre och vad förbättringen skulle kunna leda till. I denna del av intervjun undersöktes även om det finns några förändringar i arbetet med Basis of Design som respondenten tror skulle kunna göra arbetet enklare eller av högre kvalitet.

Arbetet under konstruktionsarbetet hade flest frågor i intervjun. Det utreds här om respondenten ansåg att uppdragsledningen borde lägga ner mer tid på projekten. Vilka tidsbovar de ansåg finnas i projekteringen och vilka de mest tidskrävande arbetsmomenten är undersöktes också här. Respondenten fick även uppskatta en tidsåtgång i procent för de mest tidskrävande arbetsmomenten. Här diskuterades även hur information från underleverantörer och samarbetet med andra konsulter fungerar. Till sist undersöktes det om det finns några

förändringar i arbetet med systemberäkningar, dimensionering eller beräkningsrapporten som skulle kunna förenkla eller förbättra arbetet.

Frågorna som berör arbetet efter konstruktionsarbetet undersöktes här, det granskades bland annat om det finns några förändringar i arbetet med materialet som lämnas till projektören som skulle kunna förenkla eller förbättra konstruktörens eller projektörens arbete. I denna del av intervjun fick även respondenten möjlighet att ge övriga synpunkter om det skulle finnas något som inte tagits upp under intervjun.

4.1.3 Intervju av projektörer

Tre projektörer intervjuades, även projektörerna hade varierande erfarenhet, med allt från enstaka år upp till ungefär femton års erfarenhet. Intervjuerna med projektörerna var inte uppdelade i olika delar utan fokuserade främst på arbetet som utförs under BIM-arbetet.

Frågorna undersökte om projektören ansåg att den involverades i rätt tidpunkt av projekteringen och om uppdragsledningen borde spendera mer tid med projekten. Vidare undersöktes vilka de stora tidsbovarna under projekteringen var och vad man kan göra för att förbättra situationen. Om det fanns någon förändring i materialet som konstruktören lämnar eller arbetet i stort som kan leda till att arbetet blir enklare eller förbättras. Respondenten fick till sist möjlighet att ge övriga synpunkter om det skulle finnas något som inte redan tagits upp i intervjun.

4.2 Resultat förstudie

Intervjuerna analyserades med hjälp av att organisera svaren efter gemensamma åsikter i de olika frågorna i en svarsmatris. Svarsmatriserna i sin helhet finns i Bilaga 2 och intervjuerna i sin helhet finns i Bilaga 3, i detta kapitel presenteras en sammanfattning av svaren från intervjuerna. Eftersom frågorna ställdes öppna och att respondenterna fick möjlighet att prata fritt var det ibland svar som endast berörde ämnet på frågan utan att ge något konkret svar. I de fall där det var svårt att förstå respondentens åsikt med säkerhet kontaktades respondenten i efterhand och ombads tydliggöra dess åsikt. Detta gjordes för att undvika att resultatet inte skulle spegla en sanningsenlig bild på grund av feltolkningar av svar.

4.2.1 Sammanställning av intervjusvar

Det är svårt att dra några generella slutsatser till åsikterna kring kvalitén på förfrågningsunderlaget. De flesta respondenterna tycker att kvalitén är varierande, där en del tycker att stora delar kan vara av bristande kvalitét medan vissa tycker att det främst är materialet som berör väglinjer och vägprofiler som kan vara mindre bra.

Arbetet med Basis of Design ansåg de flesta fungera bra och att det finns bra mallar och listor att följa. Många poängterade vikten av att denna del utförs noggrant, men tyckte samtidigt att arbetssättet för detta moment fungera bra, det var snarare en fråga om att se till att lägga tillräckligt med tid.

Både projektörerna och konstruktörerna var överlag nöjda med mängden tid den uppdragsansvarige spenderar på projekten. En del tyckte att det någon gång har hänt att uppdragsansvarige har spenderat för lite tid på projekten och att de vid de tillfällena upplevts som att den ansvarige inte haft tillräckligt med tid för projektet. Det var vanligt förekommande att respondenterna belyste vikten av att den ansvariga var engagerad och involverad i projekten. En del nämnde även nyligen utförda projekt som exempel på när det fungerat bra och framhäver bland annat kontinuerliga veckomöten som ett bra arbetssätt.

Det fanns många åsikter om vilka de stora tidsbovarna i projekten är, de mest frekventa svaren var följande ämnen:

- Samordning med konsulter/kund
- Sena ändringar
- Sena uppgifter om räcke/lager
- Hantering av utdata från FEM-program

I arbetet med underleverantörer av räcke och lager tyckte nästan alla att arbetet ibland fungerat problematiskt. De flesta respondenterna ansåg att med en tydlig dialog med inköpare och en tydlighet med när man behövde olika uppgifter kunde en förbättring med detta arbete ske. Nästan alla respondenterna uppgav att det var ett av de större problemen under projekteringen, men samtidigt hade de själva svaret på hur det kunde undvikas. Det framkom även att ett nytt arbetssätt nyligen implementerats och att flera av respondenterna hade förhoppningar på att det skulle ha positiv inverkan på arbetsmomentet.

De flesta ansåg samma arbetsmoment var mest tidskrävande av det interna arbetet för konstruktörer, följande moment svarades mest frekvent där siffran i parantes är antalet svar. Samtliga personer ombads ange 3 alternativ, men det inträffa att respondenten endast tyckte att de kunde ange 2 eller 4 moment, i de fallen godkändes det som svar. Fördelningen ser ut som följer:

- Dimensionering (6/7)
- Utvärdering och hämta resultat (5/7)
- Systemberäkning (4/7)
- Beräkningsrapport (4/7)

De flesta var även överens om att det var dessa arbetsmoment som tog 60-80% av den totala tiden en konstruktör lägger på projekteringen och att det var här den största effektiviseringspotentialen fanns.

Åsikterna om hur samarbetet med andra konsulter inom väg och geo fungerar varierar. En vanligt förekommande kommentar är problemet med att vägprojektörens arbete ofta är klart när broprojekteringen börjar, vilket därför ofta innebär att den är svår att ändra på. Precis som med arbetet med underleverantörer så trycker många på vikten av en tydlig dialog med alla inblandade. Ett vanligt förekommande svar var även att det finns en skillnad i hur samarbetet med interna och externa konsulter fungerar, där kommunikationen med interna konsulter upplevs fungera bättre.

Arbetet med systemberäkningarna anser de flesta fungerar bra för traditionella broar. Enstaka förslag på interna manualer, enklare sätt att hantera in- och utdata har även nämnts, men generellt sätt är respondenterna nöjda med hur arbetet med systemberäkningarna fungerar.

Mellan systemberäkningen och dimensioneringshjälpmedlet anser de flesta att arbetet skulle kunna förbättras. Många av respondenterna tycker att det tar för lång tid att flytta snittkrafterna och resultatet från systemberäkningen till de olika beräkningshjälpmedelena som används. Formuleringen av det problematiska med detta arbete benämns lite olika, allt från att det är tidskrävande att flytta data till att det krävs för mycket manuellt arbete med att mata in data i beräkningarna. Oavsett formulering är respondenterna överens om att arbetsmomentet kan förbättras. De flesta är även överens om att det går att förbättra hela denna kedja, från resultat från systemberäkning till dimensionering till beräkningsrapport till material för projektören. Det anses även vara tidskrävande att man ofta får arbeta fram nya Excelblad när det förmodligen finns liknande blad som någon annan arbetat fram tidigare.

I arbetet med materialet som lämnas från konstruktören till projektören så uppkom det att det finns stora variationer hur konstruktörerna dels arbetar med det men även hur de tycker att arbetet ska förändras. En del tycker att desto mindre och enklare material som lämnas, desto bättre. Medan några tycker att man borde lämna ännu mer och utförligare material. Det framkom samtidigt att projektörerna tyckte att man borde standardisera vissa delar av materialet eller eventuellt tyckte en att alternativet var att lära projektörerna tolka konstruktörens resultat bättre. Resultatet från intervjun med projektörerna var samtidigt lite tvetydligt eftersom de flesta tyckte att materialet behövde bli tydligare och innehålla fler saker, men samtidigt inte bli för omfattande så att deras arbete bara blev ett kopieringsarbete.

Utöver ämnena som frågorna innefattade fanns det även förslag på flera andra förbättringsmöjligheter. Det vanligast återkommande förslaget var att en förbättring behövde ske i hur man hanterade referensprojekt och dela med sig av nyttiga erfarenheter. Andra förslag som nämndes var:

- Bättre produktionsanpassning
- Tänka på att allt inte kan standardiseras
- Samarbete mellan BIM- och FEM-program
- Bättre kvalitetssäkring

4.2.2 Val av fortsatta studier

Med hänsyn till resultatet i förstudien bestämdes det i samråd med handledarna att fokuset för de fortsatta studierna skulle vara på arbetet efter systemberäkningen. Studien ska undersöka hela kedjan av arbete som börjar efter att utdata från systemberäkning tagits fram. Det finns flera anledningar till detta val av fortsatt studie. Det finns en uppfattning bland respondenterna att det arbete både kan göras effektivare och är det arbetsmoment där det finns mest potential till effektivisering. Detta arbete bedöms också vara av lämplig storlek för ramarna av ett examensarbete och anses lämpligt för vad som är genomförbart rent kunskapsmässigt.

Av intervjuerna kom det även fram att det eventuellt fanns fler effektiviseringsmöjligheter i broprojekteringsarbetet. Varav vissa av områdena har det redan påbörjats effektiviseringsarbeten inom. Denna utredning av förbättringsmöjligheter kan därför vara till nytta som underlag för framtida studier.

5 Arbetet efter systemberäkning

En fördjupad studie utfördes av arbetet efter systemberäkningen. I detta kapitel beskrivs relevanta delar som berör arbetet efter systemberäkningen. Beskrivningen grundar sig precis som tidigare på arbetssättet på Skanska Teknics brogrupp i Malmö och med fokus på slakarmerade plattbroar i betong, likt referensprojektet. I första delkapitlet, kapitel 5.1, beskrivs finita element metod-programmet Brigade som används för projekteringen för liknande broar. I efterföljande kapitel beskrivs utdata, utvärdering av snittkrafter, dimensioneringsarbetet och avkortning av böj- och tvärkraftsarmering. Samtliga delar beskrivs med hänsyn till att arbetet utförs i ett projekt där Brigade har varit det huvudsakliga programmet för systemberäkningarna. I kapitlet kommer exempel från Brigade att visas från en modell av en 50 meter lång bro i tre fack. Bron i exemplen är lik bro C från kapitel 3, skillnaden är att samtliga grundläggningsförhållanden är samma, längder har blivit avrundade till hela meter och att bron är helt symmetrisk. Exemplen är bara till för att åskådliggöra hur det ser ut när man arbetar i programmet, eventuella oklarheter i resultaten kommer inte att granskas.

5.1 Brigade

Brigade är ett finita element metod, FEM, program som bygger på Abaqus, ett annat FEM-program. Det finns två olika versioner av programmet, Brigade standard som är den enklare versionen som är tillverkad för att på ett så effektivt sätt som möjligt kunna modellera upp traditionella broar. Brigade plus är en mer avancerade version av programmet som är tillverkad för att kunna göra mer avancerade analyser på alla typer av broar och anläggningar.

I Brigade Standard går det att modellera med hjälp av typiska brokomponenterna som utstakningslinje, stömlinjer, brobanor, längsgående- och tvärgående balkar, förspända kablar, lager, fundament m.m. Flera typer av laster finns fördefinierade i programmet, även olika typer av fordonslaster finns inkluderade och lastkombinationerna för de svenska standarderna finns fördefinierade i programmet. Resultatet från programmet kan presenteras både som 3D-plottar och 2D-grafer.

I Brigade Plus finns utöver de funktioner som finns i Standard en utökad mängd av komponenter för modellering av avancerade brotyper och andra anläggningsstrukturer. Med Brigade Plus kan djupare analyser utföras av bland annat olinjära material och dynamiska analyser (Scanscot 2017).

5.2 Utdata

Från en modell i Brigade blir det stora mängder utdata. Vilken utdata som är av intresse för konstruktören kan variera från fall till fall, men generellt sätt finns det viss utdata som används vid en beräkning av en traditionell bro.

Momentet i överbyggnaden i både längs- och tvärled i under- och ovankant med tillhörande normalkraft är av intresse. Detta kontrolleras i brotsgränstillståndet, bruksgränstillståndet, utmattning och med olyckslast för de broar som måste kontrolleras för olyckslastfall. Dessa moment och normalkrafter kan även vara intressanta för delar av underbyggnaden beroende på hur infästningen med överbyggnaden ser ut, men då är det inte i under- och ovankant utan i sidorna som utdata hämtas.

Även tvärkrafters största och minsta värde i överbyggnaden i både längs- och tvärled med tillhörande normalkraft är av intresse. Detta kontrolleras i brotsgränstillståndet och utmattning. Precis som för momentet så kan även detta vara intressant för underbyggnaden beroende på hur infästningen med överbyggnaden ser ut.

Lagerreaktioner och stödreaktioner är också av intresse för konstruktören. Det är reaktionskrafter och reaktionsmoment i samtliga riktningar som är intressanta.

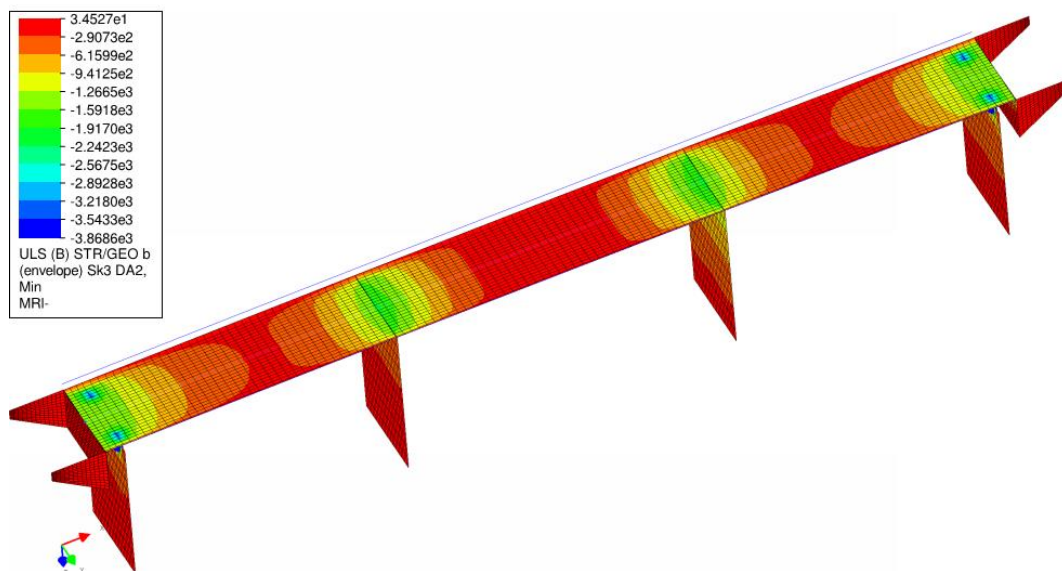
Med hjälp av momenten och tillhörande normalkrafter från Brigademodellen kan en beräkning av mängden böjarmering i berörd konstruktionsdel utföras. Med tvärkraften och tillhörande normalkraft i brotsgränsstadiet kan en kontroll av behovet av tvärkraftsarmering utföras. Tvärkraften och tillhörande normalkraft kontrolleras även i utmattningslastfallet oavsett om tvärsnittet är tvärkraftsarmerat eller inte tvärkraftsarmerat.

Lagerreaktioner och stödreaktioner används för att utföra beräkningar på grundläggningen. Det används även för att beräkna armeringen till bottenplattan och beroende på hur infästningen ser ut även andra delar av underbyggnaden.

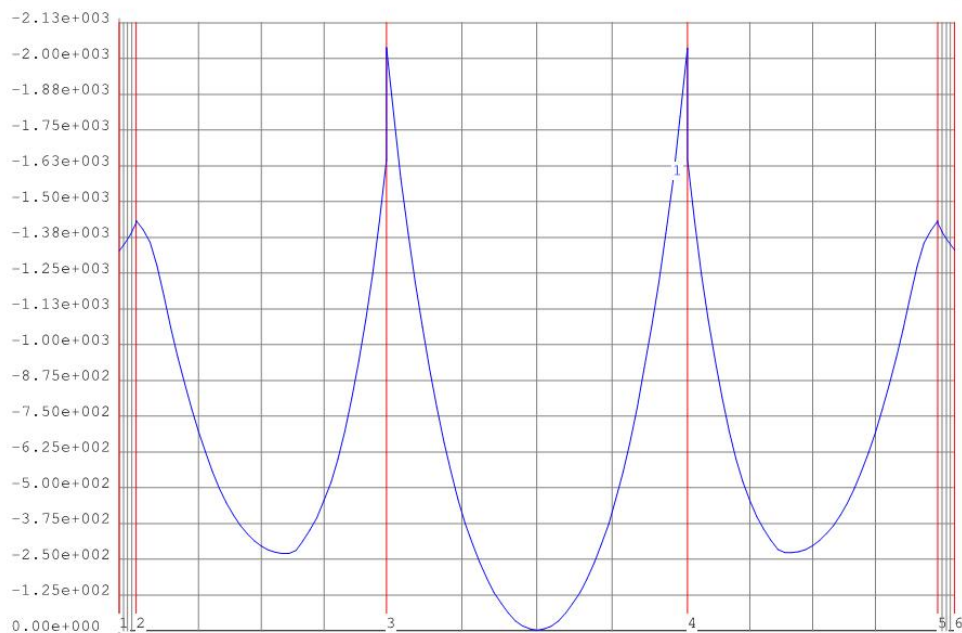
5.3 Utvärdering av snittkrafter

Utvärderingen av snittkrafter från Brigade utförs olika beroende på vilken konstruktör och vilken situation det är. Resultatet i programmet presenteras i sin helhet som en 3D-plott över hela strukturen. Ur 3D-plotten kan en linje väljas längst de olika elementen i modellen för att generera ett 2D-diagram. Linjer både i längs- och tvärled kan väljas. Siffervärden från 2D-diagramet kan sedan exporteras till text- eller Excelformat.

I Figur 5.1, Figur 5.2 och Figur 5.3 visas ett exempel på en 3D-plot med tillhörande 2D-diagram samt ett utdrag ur tillhörande textfil. Figurerna visar det maximala negativa momentet för alla lastkombinationer som ger drag i överkanten på brobanan. 2D-diagrammet och textfilen visar resultatet längst mitten av brobanan på 3D-plotten.



Figur 5.1 Exempel på 3D-plot i Brigade för maximala negativa momentet som ger drag i överkant i längdled. Krafterna är i kNm.

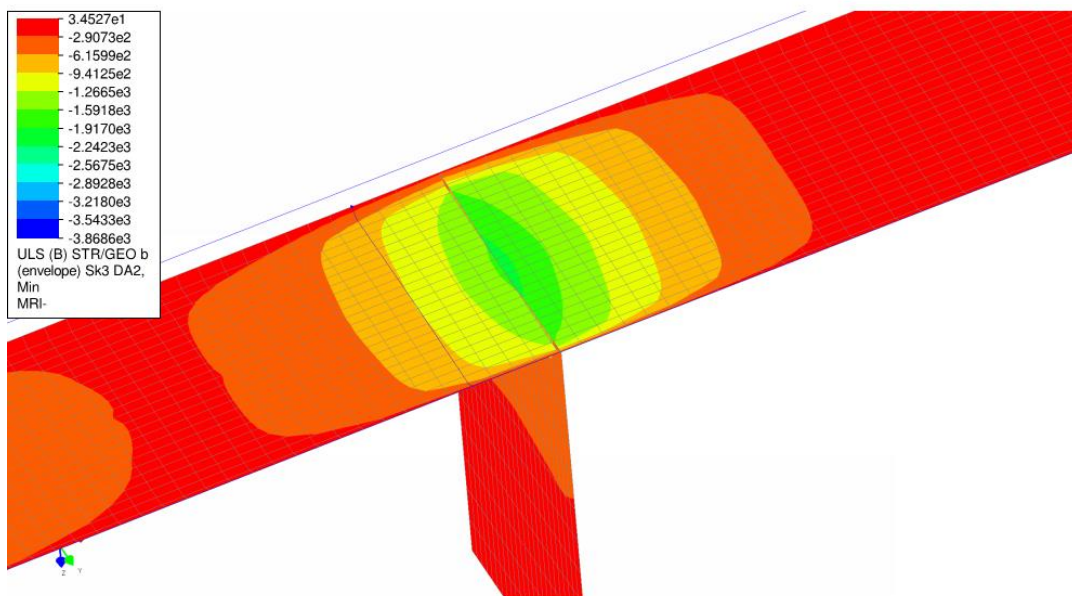


Figur 5.2 Exempel på 2D-plot i Brigade för maximala negativa momentet som ger drag i överkant i längdled. Diagrammet visar ett snitt i längdled i mitten på brobanan. Y-axeln är i kNm och x-axeln är placeringen i bronns längdled.

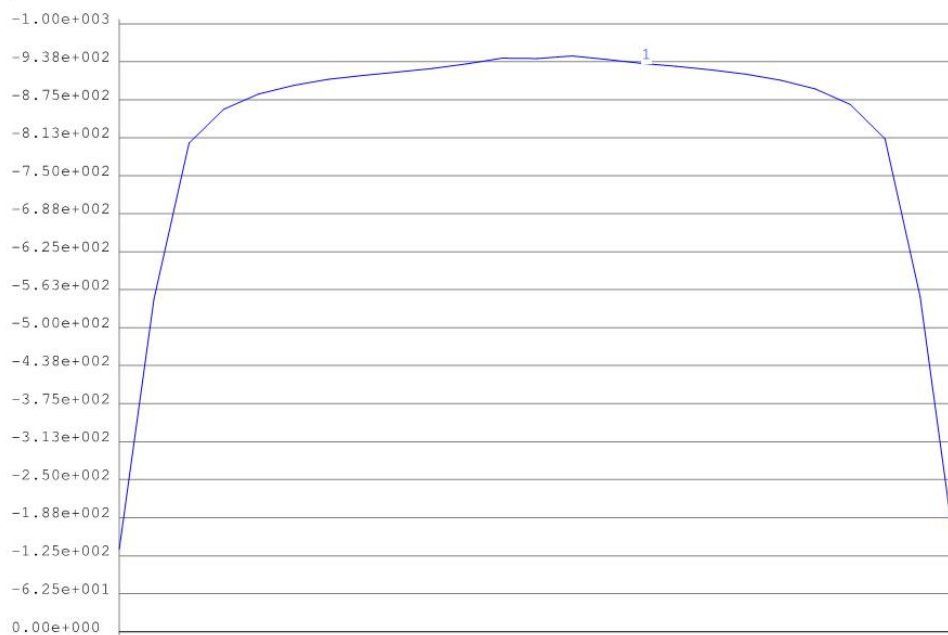
Node	Pos-ln	Pos-tn	Thickn	Case 1
13	0.00	2.42	0.75	-1327
38	0.33	2.42	0.75	-1354
63	0.67	2.42	0.75	-1384
88	1.00	2.42	0.75	-1426
113	1.00	2.42	0.75	-1434
138	1.42	2.42	0.75	-1401
163	1.83	2.42	0.75	-1358
188	2.25	2.42	0.75	-1276
213	2.67	2.42	0.75	-1170
238	3.08	2.42	0.75	-1057
263	3.50	2.42	0.75	-955.8
288	3.92	2.42	0.75	-863.7
313	4.33	2.42	0.75	-776.5
338	4.75	2.42	0.75	-695.5

Figur 5.3 Exempel på textfil från Brigade som visar det maximala negativa momentet från Figur 5.1 och Figur 5.2. Första kolumnen visar nodnummer, andra kolumnen visar position i längdled, tredje kolumnen visar position i tvärled, fjärde kolumnen visar tjockleken i meter och femte kolumnen visar momentet i kNm.

I Figur 5.4, Figur 5.5 och Figur 5.6 visas ett liknande exempel som exemplet ovan med en 3D-plot, 2D-diagram och utdrag ur tillhörande textfil. Figurerna visar samma resultat, det maximala negativa momentet i längdled som ger drag i överkanten på brobanan. Skillnaden från exemplet ovan är att 2D-diagrammet och utdraget ur textfilen visar resultatet längst brobanans tvärled nära ett av bronns mittenstöd.



Figur 5.4 Exempel på 3D-plot i Brigade för maximala negativa momentet som ger drag i överkant i längdled. Krafterna är i kNm.



Figur 5.5 Exempel på 2D-plot i Brigade för maximala negativa momentet som ger drag i överkant i längdled. Diagrammet visar ett snitt i tvärled nära ett stöd. Y-axeln är i kNm och x-axeln är placeringen i brons tvärled.

Node	Pos-ln	Pos-tn	Thickn	Case 1
901	14.33	0.00	0.40	-136
902	14.33	0.20	0.68	-547.2
903	14.33	0.40	0.69	-803.9
904	14.33	0.61	0.69	-859.3
905	14.33	0.81	0.70	-884
906	14.33	1.01	0.71	-898.4
907	14.33	1.21	0.71	-908.2
908	14.33	1.41	0.72	-914.8
909	14.33	1.62	0.73	-920.6
910	14.33	1.82	0.73	-926
911	14.33	2.02	0.74	-934.3
912	14.33	2.22	0.74	-943.4
913	14.33	2.42	0.75	-942.8
914	14.33	2.63	0.74	-946.9
915	14.33	2.83	0.74	-941.1

Figur 5.6 Exempel på textfil från Brigade som visar det maximala negativa momentet från Figur 5.4 och Figur 5.5. Första kolumnen visar nodnummer, andra kolumnen visar position i längdled, tredje kolumnen visar position i tvärled, fjärde kolumnen visar tjockleken i meter och femte kolumnen visar momentet i kNm.

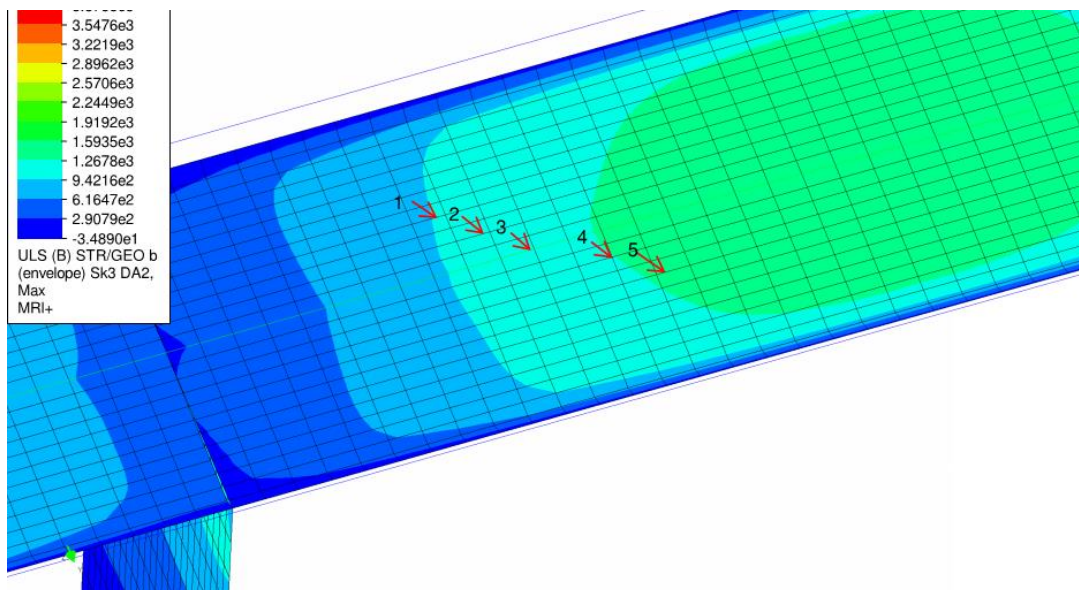
Vid utvärderingen av snittkrafter från Brigade-modeller likt exemplen i Figur 5.1-5.6 ovan används inte alltid maxresultat från modellen rakt av. Resultaten från finita element-program kräver ofta utjämning av krafterna som inte programmet själv klarar av att utföra. Krafterna kan exempelvis få maxpikar som inte nödvändigtvis behövs dimensioneras efter, Figur 5.5 visar ett exempel där det kan vara nödvändigt att utreda huruvida maxresultaten verkligen är representativa.

För att stödja valda metoder att utvärdera resultatet från Brigade används ofta litteraturer i olika former av föreskrifter och rapporter. I Trafikverkets publikation Trafikverkets tekniska råd Bro, TRVR Bro 11, finns bland annat rekommendationer som berör fördelningen av snittkrafter i plattor (Trafikverket 2011). Utöver trafikverkets egna publikationer används också ofta en rapport från KTH med stöd från Trafikverket, Recommendations for finite element analysis for the design of concrete slabs. Rapporten innehåller bland annat rekommendationer och riktlinjer som berör spänningskoncentrationer, val av kritiska sektioner och distributions bredder (Pacoste 2012).

Vid val av representativa snittkrafter går det inte alltid att välja ett snitt, en linje eller en nod att utföra sin dimensionering med hjälp av. Ofta utförs det en utjämning av snittkrafterna innan de flyttas vidare till dimensioneringssteget. För att utföra detta arbete i Brigade måste man välja ut vilka linjer och vilken snittkraft som är av intresse. När detta val är gjort genereras en 3D-plot, 2D-diagram och textfil. Denna procedur måste sen upprepas för varje linje, snittkraft och lastkombination. När alla representativa snitt är framtagna måste sen ett visst manuellt arbete utföras innan de dimensionerande snittkrafterna är framtagna och redo att användas.

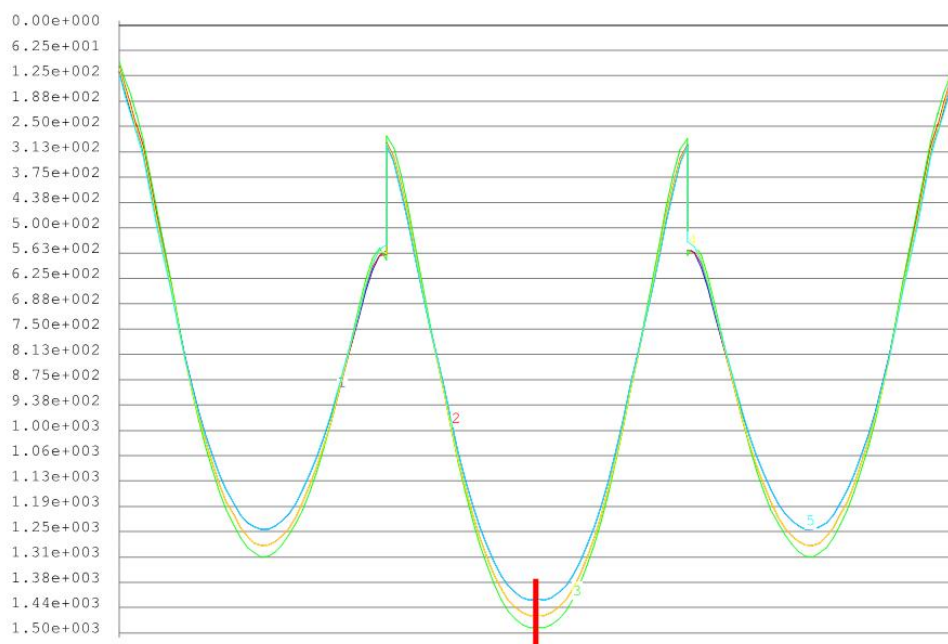
Vid bestämning av mängd böjarmring i längsled i en brobana är det momentet och tillhörande normalkraft som är intressant. Om fem linjer från Brigade används för utvärdering skulle detta innebära att man för fem olika linjer måste välja fram moment och tillhörande normalkraft i brotsgränstillståndet, bruksgränstillståndet karakteristisk lastkombination, bruksgränstillståndet kvasipermanent lastkombination och utmattningslast. Detta innebär fem linjer för två snittkrafter i fyra olika lastkombinationer, det vill säga 40 olika resultat som ska genereras och sen bearbetas. Denna process måste sen upprepas för alla snittkrafter som är av intresse för dimensioneringen av bron.

För att visa detta scenario redovisas här ett exempel på hur det kan se ut. Exemplet är samma bro som tidigare i kapitlet, en 50 meter lång och 5 meter bred bro i tre fack som är utformad symmetrisk kring längd- och tvärled. Bron liknar bro C i referensprojektet från Stenkumla som beskrivs i kapitel 3. Skillnaden från bro C är att geometrin har blivit avrundad och grundläggningen är den samma på samtliga stöd. Exemplet visar det maximala positiva momentet för alla lastkombinationer med tillhörande normalkrafter i brotsgränstillståndet som ger drag i underkanten av överbyggnaden. Fem längsgående linjer redovisas, linje tre är i centrum av bron och innehåller även det största momentet för det undersökta fallet. Resterande fyra linjer är placerade 0,4m respektive 0,8m från mittenlinjen åt båda hållen. Detta förtydligas i Figur 5.7.

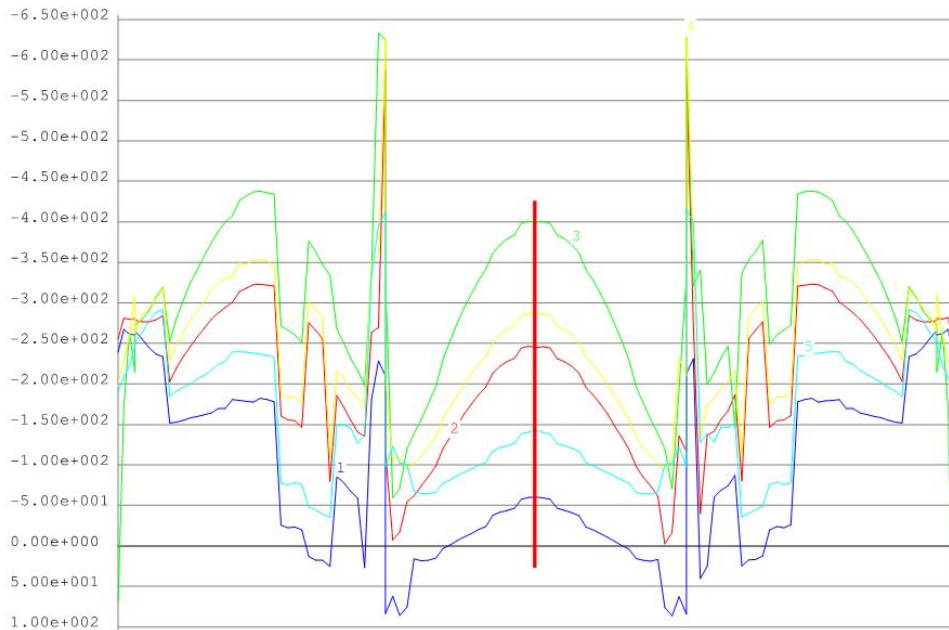


Figur 5.7 Förtydligande av valda linjer från Brigade.

För samtliga fem linjer redovisas de maximala momentet och tillhörande normalkraft i alla noder. Elementen är i det här fallet ca $0,33 \times 0,2\text{m}$ vilket medför att varje linje har ca 150 snittkrafter. Det maximala momentet och tillhörande normalkraft redovisas i Figur 5.8 och Figur 5.9 hämtade från Brigade. Linjerna redovisas i olika färger där linje ett motsvarar mörkblå, linje två röd, linje tre grön, linje fyra gul och linje fem ljusblå. För att förtydliga vad figurerna visar redovisas även snittkrafterna från mitten av bron i Tabell 5.1. Snittet tabellen visar markeras med en röd vertikal linje i figurerna.



Figur 5.8 Maximala positiva momentet som ger drag i underkanten för linje 1-5, markerat snitt redovisas i Tabell 5.1. Y-axeln är i kNm och x-axeln är placeringen i längdled.



Figur 5.9 Tillhörande normalkraft till maximala positiva moment som ger drag i underkant för linje 1-5, markerat snitt redovisas i Tabell 5.1. Y-axeln är i kN och x-axeln är placeringen i längdled.

Tabell 5.1 Sammanställning av snittkrafter för linje 1-5 i snitt visat i Figur 5.8 och Figur 5.9.

Linje	Moment[kNm]	Normalkraft[kN]
1	1415	-61
2	1456	-245
3	1486	-400
4	1456	-287
5	1416	-143

I detta fall och snitt är skillnaden mellan momenten i de olika linjerna i överbyggnaden inte så stora, men skillnaderna för normalkraften är större. Skillnaden för normalkraften beror på att temperaturlasterna och bromslasterna varierar i tvärlängd vid kontroll av tillhörande normalkrafter. I Tabell 5.2 redovisas storleken på ett medelvärde av linje 2-4 och linje 1-5 samt den procentuella skillnaden mot maxvärdet.

Tabell 5.2 Medelvärde och procentuellavvikelse för moment och tillhörande normalkraft.

Linje	Medelvärde moment[kNm]	Medelvärde Normalkraft[kN]	Procent av maxmoment[%]	Procent av normalkraft[%]
3(max)	1486	-400	100	100
2-4	1471	-333	99	83
1-5	1453	-256	98	64

Exemplet ovan är bara för ett snitt, för en typ av armering i en av riktningarna och endast en av lastkombinationerna. För att dimensionera en hel bro måste väldigt många fler

representativa tvärsnittskrafter bestämmas. Vid varje snittkraft som ska bestämmas måste ett beslut tas huruvida linjen som innehåller maxkraften, någon annan linje eller ett medelvärde av flera linjer ska anses vara representativt. När snittkrafterna är bestämda ska de sen flyttas vidare till ett flertal olika dimensioneringshjälpmedel.

5.4 Dimensioneringsarbetet

När snittkrafterna från Brigade är bestämda återstår arbetet att dimensionera de olika delarna av bron. Den stora delen i dimensioneringsfasen är att bestämma mängden armering. För att kunna utföra detta arbete måste en mängd beslut om armeringen och tvärsnittet först bestämmas.

Dimensioneringen av grundläggningen utgår inte från snittkrafter utan från stödreaktioner från Brigade och kan se annorlunda ut beroende på grundläggningssituation. Lagerplintar utgår från lagerreaktioner och kan också se olika ut beroende på detaljerna. Det finns fler detaljer som dimensioneras i detta skede som inte i lika stor grad eller alls bygger på snittkrafter från Brigade.

Det finns hjälpmedel inom Skanska i Excel för beräkning av böjarmering i brottgränstillståndet, bruksgränstillståndet karakteristiskt och kvasipermanent och med avseende på böjmomentutmattning. Hjälpmedel för beräkning av tvärkraftsarmeringsbehovet och tvärkraftsutmattning finns också. För att använda dessa hjälpmedel krävs det manuellt arbete för att överföra snittkrafter, tvärsnittsdata och armeringsdata. Även för beräkningarna i dessa hjälpmedel krävs det manuellt arbete. Under dimensioneringsarbetet optimeras ofta lösningarna genom förändringar av bland annat tvärsnitt och armering. Förändringarna medför ofta att stora delar eller till och med allt arbete i hjälpmedelena måste göras om, vilket i sin tur medför stora mängder manuellt arbete.

5.4.1 Böjarmering

För att bestämma mängden böjarmering i en konstruktionsdel används i huvudsak två beräkningshjälpmedel, ett för brott- och bruksgränstillståndet och ett för utmattning. När böjarmeringen med hänsyn till brott- och bruksgränstillståndet bestäms väljs först betong- och stålqualität för att hämta fördefinierade materialegenskaper av intresse för armeringsberäkningen. Följande tvärsnittsdata ska också definieras:

- Bredd
- Höjd
- Effektiv höjd
- Armerings diameter
- Maximalt godkända sprickvidd

- Kryptal

Innan mängden armering kan beräknas ska även snittkrafterna för tvärsnittet definieras, följande snittkrafter är av intresse:

- Brottgränstillståndet- Moment med tillhörande normalkraft
- Bruksgränstillståndet karakteristisk lastkombination- Moment med tillhörande normalkraft
- Bruksgränstillståndet kvasipermanent lastkombination- Moment med tillhörande normalkraft

När ovanstående data är bestämd kan beräkningshjälpmedlet bestämma mängden böjarmering tvärsnittet behöver enligt Eurocode SS-EN 1992-1-1:2005.

När mängden böjarmering med hänsyn till utmattning kontrolleras väljs också en betong- och stålqualität för att hämta fördefinierade materialegenskaper. Följande tvärsnittsdata och trafikdata ska också definieras:

- Bredd
- Höjd
- Effektiv höjd
- Avstånd från yttersta armeringslager till kant
- Armeringsmängd
- Konstruktionsdel
- Dagar till pålastning
- Kryptal
- Trafiktyp
- Trafikkategori
- Teknisk livslängd
- Beläggingskvalité
- Bockningsradie
- Armerings diameter

Innan kontroll av utmattning för valda armeringsmängd kan utföras ska även snittkrafterna definieras, följande är av intresse:

- Utmattningslast- Maxmoment med tillhörande normalkraft
- Utmattningslast- Minmoment med tillhörande normalkraft

När ovanstående data är bestämd kan beräkningshjälpmedlet kontrollera om vald mängd armering klarar kraven för utmattning enligt Eurocode SS-EN 1992-1-1:2005 och Eurocode SS-EN 1992-2:2005.

5.4.2 Tvärkraftsarmering

För att utreda behovet av tvärkraftsarmering används i huvudsak två beräkningshjälpmedel, ett i brottgränstillståndet och ett för utmattning.

När tvärkraftsbelastningen i konstruktionsdelen undersöks för att utreda behovet av tvärkraftsarmering i brottsgränstillståndet väljs först betong- och stålqualität. Följande tvärsnittsdata ska också definieras:

- Höjd
- Bredd
- Effektiv höjd
- Mängd böjarmering i dragen sida
- Lutning på spricka i betongen
- Lutning på tvärkraftsarmering

Innan behovet av tvärkraftsarmering kan utredas måste snittkrafterna definieras. Utöver de snittkrafter som behövs för själva kontrollen kan även momentet vara av intresse för att kontrollera vilken sida av konstruktionen som är dragen. Följande snittkrafter är av intresse:

- Brottsgränstillståndet- Tvärkraft med tillhörande normalkraft

När ovanstående data är bestämd kan beräkningshjälpmedlet kontrollera behovet av tvärkraftsarmering enligt Eurocode SS-EN 1992-1-1:2005 och Eurocode SS-EN 1992-2:2005.

Kontrollen med hänsyn till utmattning utförs efter behovet av tvärkraftsarmering i brottsgränstillståndet är utrett. Kontrollen i utmattning utförs på tvärsnittet oavsett om det är tvärkraftsarmerat. Även under denna kontroll väljs en betong- och stålqualität för att hämta fördefinierade materialegenskaper. Följande tvärsnittsdata och trafikdata ska också definieras:

- Bredd
- Höjd
- Effektivhöjd
- Mängd böjarmering i dragen sida
- Mängd tvärkraftsarmering
- Avstånd mellan tvärkraftsarmering
- Konstruktionsdel
- Dagar till pålastning
- Trafiktyp
- Trafikkategori
- Teknisk livslängd
- Beläggningsqualität
- Böckningsradie
- Armeringens diameter
- Lutning på spricka i betongen
- Lutning på tvärkraftsarmering

Snittkrafterna måste också definieras innan kontrollen av utmattningen kan utföras. Även i detta fall är det tillhörande momentet av intresse för att kunna bestämma vilken sida som är dragen. Följande snittkrafter är av intresse:

- Utmattningslast- Max- och mintvärkraft med tillhörande normalkraft

När ovanstående data är bestämd kan en kontroll av tvärsnittet med hänsyn till tvärkraftsutmattning utföras med beräkningshjälpmedlet enligt Eurocode SS-EN 1992-1-1:2005 och Eurocode SS-EN 1992-2:2005.

5.5 Avkortning av böjarmering

Vid dimensionering av större konstruktionsdelar i broar används ofta inte enbart den värsta snittkraften för att bestämma mängden armering. Momentet i flera tvärsnitt beräknas för att kunna optimera mängden inlagd armering. Avkortningen av armeringen utförs genom att sammanställa resultatet från samtliga beräkningshjälpmedlen och anpassa mängden armering utefter tvärsnittsbehovet längst bron.

När mängden armering väljs ska utöver resultatet från samtliga tvärsnitt även hänsyn till lutande sprickor tas. Lutande sprickor tas hänsyn till genom att förskjuta momentkurvan i längsgående riktning enligt Eurocode SS-EN 1992-1-1:2005.

Hjälpmedel till avkortning existerar men kräver modifiering innan användning i många fall.

5.6 Avkortning av tvärkraftsarmering

Likt dimensioneringen av böjarmering används inte alltid enbart den värsta snittkraften för att bestämma mängden tvärkraftsarmering. Tvärkraften och den oarmerade betongens tvärkraftskapacitet kontrolleras ofta i flera snitt för att optimera mängden inlagd armering. Resultaten från samtliga beräkningshjälpmedel sammanställs för att fastställa om det finns behov för tvärkraftsarmering och i så fall mängden som behövs i de olika tvärsnitten. Vid dimensioneringen används inte tvärkraften rakt ovanför stödet, utan dimensioneringen över stöd utförs med ett dimensionerande snitt som bestäms enligt TRVR bro 11.

Hjälpmedel för att illustrera både avkortning av tvärkraftsarmering och relationen mellan tvärkraften och tvärkraftskapaciteten existerar. Men dessa hjälpmedel kräver ofta modifiering innan användning och det finns inget standardiserat utseende.

6 Förslag på effektiviseringsåtgärder

I kapitel 6.1–6.4 presenteras förslag på effektiviseringsåtgärder för arbetssätten för de relevanta arbetsmomenten som studerats. Effektiviseringsåtgärder är framtagna i samråd med verksamma konstruktörer. I kapitel 6.5 testas sen föreslagen i en verifiering för att undersöka tidsåtgången och kvalitén på resultaten.

6.1 Utvärdering av snittkrafter

Ett effektivare sätt att behandla utdata ur Brigade kan vara om arbetsmomentet där varje enskilda fall ska väljas ut gjordes enklare. Att få möjlighet att endast behöva välja intressanta linjer utan att manuellt behöva specificera vilka snittkrafter som eftersöks. När valet av linjer från Brigade är gjort ska det sen finnas möjlighet att med så lite arbete som möjligt analysera olika kombinationer av linjer.

Brigade har en resultatfunktion som heter reinforcement design där endast val av linjer behövs utföras en gång. Programfunktionen har sen fördefinierat vilka snittkrafter och vilka lastkombinationer som är aktuella för att i slutändan kunna beräkna armeringsmängd. Snittkrafterna i samtliga noder på vald linje skrivs ut tillsammans med position och tvärsnittsdata. Utskriften från reinforcement design sparas i XML-format och innan de kan behandlas i ett Excelhjälpmedel måste de organiseras med hjälp av ett script.

När snittkrafterna är organiserade finns det möjlighet att i Excel välja vilka linjer och vilka snittkrafter som är av intresse för att sedan beräkna ett medelvärde av snittkraften över valda linjer. Eftersom reinforcement design inte bara skriver ut snittkrafter utan även snittkrafternas position i längs- och tvärled går det att på ett smidigt sätt bestämma vilken fördelningsbredd som ska undersökas. Vilket snitt som medelvärdets beräknats på redovisas också tydligt med hjälp av nodens position längs vald linje.

Med detta förslag på effektiviseringsåtgärd ska samma resultat som tidigare för val av snittkrafter erhållas. Skillnaden är att det krävs mindre manuellt arbete dels vid uthämtningen av data från Brigade. Det krävs även mindre arbete för att beräkna medelvärdet från olika kombinationer av linjer och fördelningsbredder.

6.2 Dimensioneringsarbetet

De nuvarande hjälpmedlen som används vid dimensioneringsarbetet är kvalitetssäkrade och väl inarbetade. Av denna anledning finns det inga förslag på större förändringar i själva grunden av hjälpmedlen. Förslag som berör dimensioneringsarbetet är hur indata och utdata behandlas.

Stora delar av indata som berör tvärsnittet som beskrivs i kapitel 5.4 återkommer vid flertalet av dimensioneringsarbetena. Den data som måste definieras vid samtliga beräknade tvärsnitt har därför kopplats samman mellan hjälpmedlen för att spara tid och minimera risken för mänskliga fel.

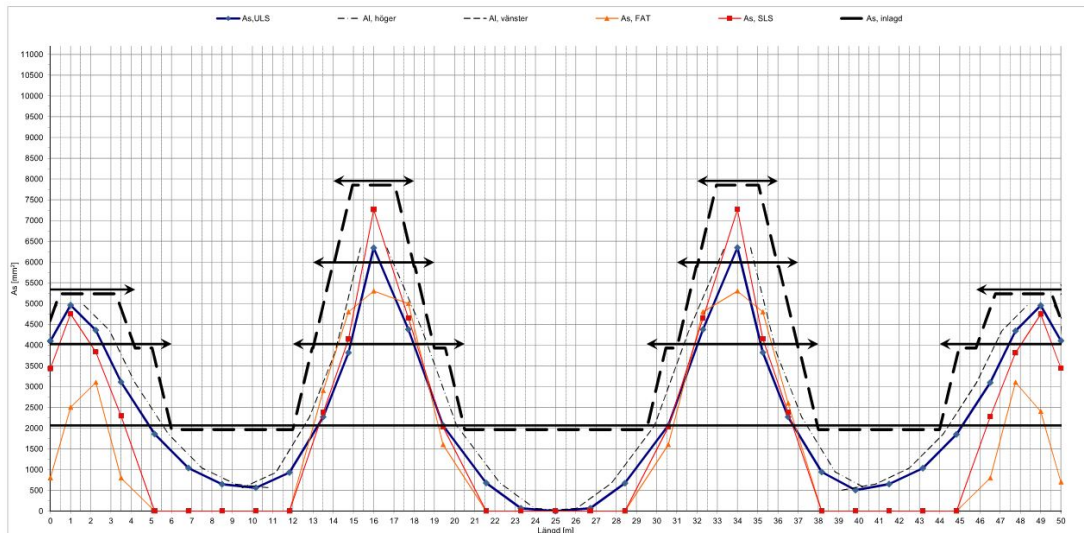
Mängden böjarmering väljs första gången efter behovet i brotts- och bruksgränstillståndet undersöks, vilket medför att även den effektiva höjden bestäms här. Tidigare har dessa resultat, som i många fall varierar längs en konstruktionsdel, manuellt förflyttats in i nästa beräkningshjälpmedel. Med detta förslag ska denna process automatiseras och vid förändringar uppdateras automatiskt. Utöver förhoppningen om att spara tid under dimensioneringsarbetet finns det även potential att minimera misstagen eftersom ett misstag syns i samtliga hjälpmedel. Till skillnad från nuvarande system där ett misstag kan ske i ett av hjälpmedlen och samtidigt vara korrekt i resterande hjälpmedlen. Om ett snitt ska kontrolleras i övergången mellan två armeringsmängder väljs det minst fördelaktiga alternativet av indata.

För att effektivisera hanteringen av indata från de valda snittkrafterna förslås även här en automatiserad koppling från hjälpmedlet som behandlar utvärdering av snittkrafter beskrivet i kapitel 6.1. Tidigare har den indata förflyttats manuellt in i beräkningshjälpmedlen. Förhoppningen är att detta förslag ska minska tidsåtgången samt minimera risken för att misstag sker.

6.3 Avkortning av böjarmering

Förslaget för att effektivisera detta arbetsmoment är att automatisera förflyttningen av data mellan beräkningshjälpmedlen och avkortningshjälpmedlet. För att detta ska vara möjligt krävs det att avkortningshjälpmedlet är standardiserat.

För att på ett så effektivt sätt få möjlighet att optimera armeringslösningen finns det möjlighet att välja mängd armering i olika tvärsnitt och jämföra med armeringsbehovet. Armeringen väljs på ett standardiserat sätt som ska passa samtliga typer av konstruktionsdelar. För att på ett enkelt sätt kunna jämföra vald armering med armeringsbehov illustreras detta i ett diagram. Figur 6.1 är ett exempel på hur ett avkortningsdiagram kan se ut.



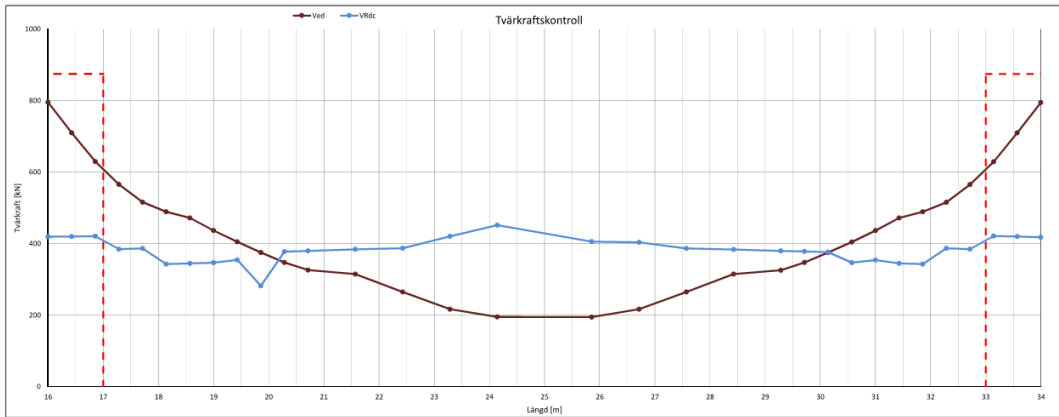
Figur 6.1 Exempel på avkortningsdiagram för böjarmering. Y-axeln visar mängd armering med enheten mm^2 och x-axeln är placeringen i längdled. Den blå linjen visar armeringsbehovet i brottsgränstillståndet, den orangea linjen visar armeringsbehovet i utmattningsfallet, den röda linjen visar armeringsbehovet i bruksgränstillståndet, den smala streckade linjen visar armeringsbehovet med hänsyn till lutande sprickor, den streckade svarta breddare linjen visar den inlagda armeringen och den heldragna svarta linjen visar inlagda armeringsjärn.

6.4 Avkortning av tvärkraftsarmering

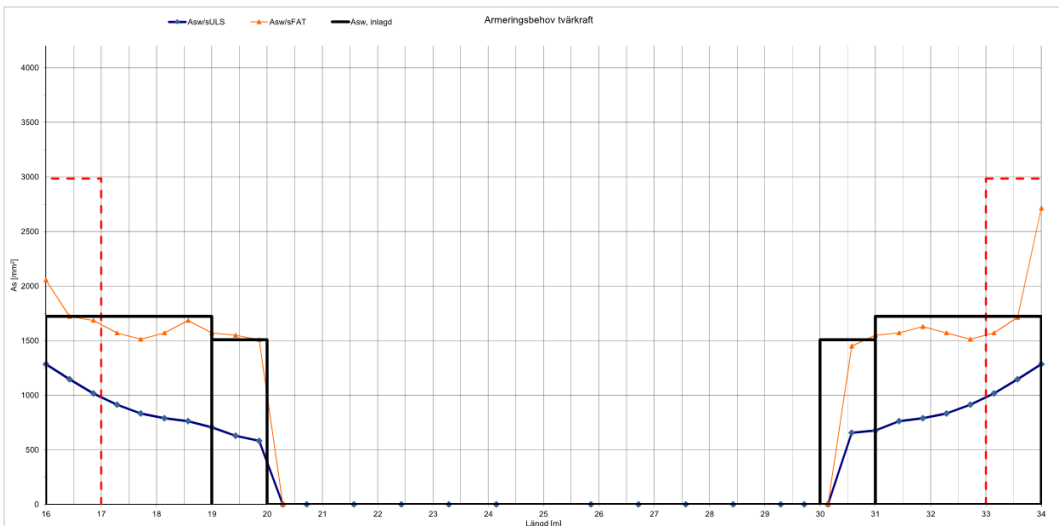
Förslaget för att effektivisera detta arbetsmoment är att förflyttningen av resultat mellan beräkningshjälpmedelena och avkortningshjälpmedlet automatiseras. För att det ska vara möjligt att automatisera förflyttningen av data måste sättet armeringsavkortningen redovisas på vara standardiserat.

För att effektivt kunna bestämmas hur konstruktionen ska armeras ska det finnas möjlighet att välja storlek på armeringsjärn och avstånd mellan armeringsjärnen i tvär- och längdled. När detta väljs beräknas både mängden tvärkraftsarmering per meter och mängden tvärkraftsarmering för tvärsnittet så att det enkelt ska gå att kontrollera att rätt mängd armering är vald för konstruktionen. Genom att tydligt ange avstånden i båda led kan även kontroll av godkända max avstånd kontrolleras enkelt.

Resultaten från beräkningshjälpmedlen och den valda armeringen illustreras sen i en tydlig figur. Även skillnaden mellan tvärkraften och tvärkraftskapaciteten illustreras i en annan figur. Det finns även möjlighet att illustrera det dimensionerande snittet i båda figurerna. I Figur 6.2 visas ett exempel på hur ett diagram över relationen mellan tvärkraften och tvärkraftskapaciteten kan se ut och i Figur 6.3 visas ett diagram på hur armeringsbehovet kan se ut. Exemplet är från samma bro som i kapitel 5.3, som är en bro som liknar referensprojektet i Stenkumla. Figurerna visar relationen mellan tvärkraften och tvärkraftskapaciteten samt tvärkraftsarmeringsbehovet i mittenspannet på bron.



Figur 6.2 Exempel på diagram som visar relationen mellan tvärkraften och tvärkraftskapaciteten. Y-axeln visar tvärkraften och tvärkraftskapaciteten med enheten kN och x-axeln är placeringen i längdled. Den blåa linjen visar tvärkraftskapaciteten, den bruna linjen visar tvärkraften och den streckade röda linjen visar dimensionerande snitt.



Figur 6.3 Exempel på diagram som visar tvärkraftsarmeringsbehovet. Y-axeln visar mängd armering med enheten mm^2 och x-axeln är placeringen i längdled. Den blåa linjen visar armeringsbehovet i brottsgränstillståndet, den orange linjen visar armeringsbehovet i utmattningsfallet, den streckade röda linjen visar dimensionerande snitt och den svarta linjen visar den inlagda armeringen.

6.5 Verifiering

En verifiering utfördes för att kontrollera huruvida förslagen på effektiviseringsåtgärder potentiellt kunde bespara tid och samtidigt inte kompromissa med kvalitén. Verifieringen gjordes genom att dimensionera brobanan på referensprojektet, bro C i Stenkumla. Relevanta resultat från dimensioneringen jämfördes sen med samma resultat från dimensioneringen av den verkliga bron. Även tidsåtgången jämfördes med en uppskattad tidsåtgång för samma arbete med nuvarande arbetssätt. Jämförelsen för tidsåtgången utfördes med en uppskattad tidsåtgång eftersom det inte rapporteras så detaljerad tidsrapportering i projekten. Konstruktören som arbetat med bron samt en till konstruktör gjorde en uppskattad tidsåtgång för arbetet samt fick möjlighet att kommentera resultatet av verifieringen.

Verifieringen utfördes på en brobana, men förslagna åtgärder kan även appliceras på andra konstruktionsdelar som t.ex. stödsyvian på plattbroar eller ramben på rambroar.

6.5.1 Tillvägagångssätt

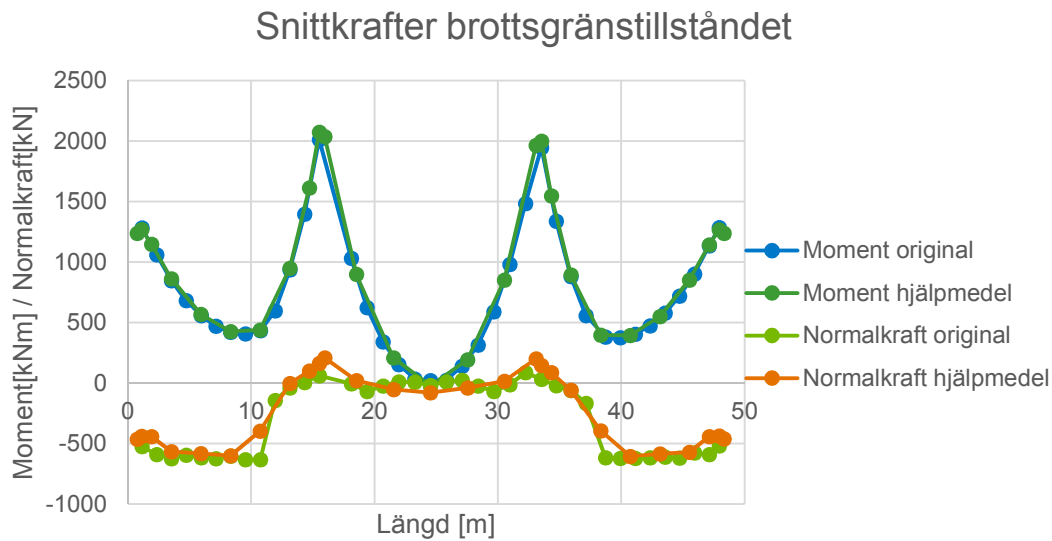
Verifieringen utgick från samma färdiga Brigademodell som dimensioneringen av den verkliga bron utgick från. Från Brigademodellen utvärderades snittkrafter för samtliga dimensioneringar i samtliga lastkombinationer. Dimensioneringen i verifieringen innehöll böjarmering och tvärkraftsarmering i både längd- och tvärled. Kontroller utfördes i brottsgränstillståndet, bruksgränstillståndet, utmattningslast och olyckslast. Samtliga dimensioneringsfall redovisades i avkortningsdiagram med vald armering och armeringsbehov. Det som återstår av konstruktörens arbete innan det lämnas vidare till en projektör är i detta fall att skissa upp resultatet av dimensioneringen, upprätta en beräkningsrapport samt en egen kontrollberäkning eller rimlighetsbedömning.

6.5.2 Resultat

För att kontrollera om resultatet från det föreslagna effektiviseringshjälpmedlet stämmer bra överens med den verkliga dimensioneringen jämfördes snittkrafterna och armeringsbehovet. Armeringsbehovet visar bättre om resultatet stämmer bra överens än att jämföra den valda armeringen eftersom den är produktionsanpassad i den riktiga bron.

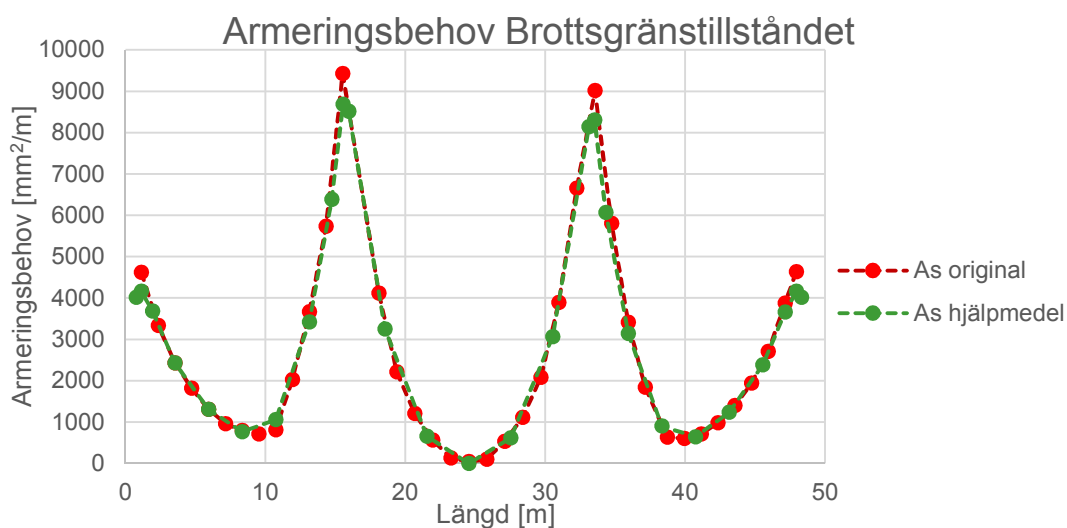
Snittkrafterna visade samma tendenser i samtliga längdriktningar och lastkombinationer. Momentet ser nästan exakt likadant ut i samtliga fall, som mest avviker det med 2-3%. Avvikelsen för den tillhörande normalkraften är lite större än för momentet. Men det är främst vid väldigt små krafter som avvikelsen är stor, vid maxvärden är avvikelsen mindre. Avvikelsen beror främst på att normalkraften varierar mer i tvärled längs en brobana än momentet, vilket gör att skillnaden kan bli större mellan medelvärde och enstaka värden. Denna variation beror främst på temperaturlasterna och bromslasterna som varierar mycket i

tvärled när tillhörande normalkraft kontrolleras. I Figur 6.4 visas ett exempel på hur snittkrafterna varierade längst brobanan.



Figur 6.4 Jämförelse av snittkrafterna längst brobanan mellan det förslagna effektiviseringshjälpmedlet och originalbron. Y-axeln visar momentet och normalkraften med enheterna kNm och kN, x-axeln är placeringen i längdled.

Armeringsbehovet längst brobanan visade också liknande tendenser i samtliga längdriktningar och lastkombinationer. Vid maxvärdena är avvikelserna ibland uppemot 10 %, men i övriga delar av bron är det små avvikelser. Avvikelseberor främst på variationer av den effektiva höjden när armeringsbehovet beräknas. Hjälpmålet beräknar den effektiva höjden med avseende på tvärsnittets medelhöjd från valda linjer i Brigademodellen. Konstruktören på originalbron beräknar den effektiva höjden med avseende på medelhöjden på hela brobanan. Eftersom brobanan är utformad med bomberad profil blir det en viss skillnad mellan de båda höjderna. I Figur 6.5 visas ett exempel på hur armeringsbehovet varierade längst brobanan.



Figur 6.5 Jämförelse av armeringsbehovet längst brobanan mellan det förslagna effektiviseringshjälpmedlet och originalbron. Y-axeln visar mängd armering med enheten mm^2/m och x-axeln är placeringen i längdled.

Verifieringen av hjälpmedlet med alla kontroller nämnda i kapitel 6.5.1 tog under fyra timmar att genomföra.

6.5.3 Kommentarer resultatet

Två konstruktörer fick kort kommentera resultatet av dels avvikelserna i resultatet och även tidsåtgången. Detta gjordes för att kunna bedöma om effektiviseringsåtgärderna potentiellt kunde uppnå målen med effektiviseringen. Båda konstruktörerna var överens om att avvikelserna för snittkrafterna var på godtagbara nivåer. Utvärderingen av snittkrafterna ska inte i detta fall stämma överens eftersom det är två olika sätt att fastställa snittkrafterna. De ansåg att skillnaderna är så små att de är försumbara.

Att skillnaden i armeringsbehovet var lite större ansågs vara lite uppseendeväckande. En av konstruktörerna tyckte att ingen av tillvägagångssätten nödvändigtvis var felaktiga, men att det kanske behövde ses över hur den effektiva höjden skulle tolkas. Den andra konstruktören tyckte att detta sätt kunde vara fördelaktigt vid beräkning av bredda broar, där flera längsgående snitt beräknas och höjden är olika i dessa.

Tidsuppskattningen mellan de två konstruktörerna skiljer sig lite, båda påpekar att det är väldigt svårt att uppskatta tiden precist eftersom tidsåtgången kan bero på många olika situationer. Konstruktören som arbetat med bron uppskattade att det arbetet som var gjort skulle med nuvarande arbetssätt utföras på ungefär tre dagar. Den andra konstruktören trodde att arbetet skulle utföras på ungefär en och en halv dag. Båda är överens om att det inte är möjligt med nuvarande arbetssätt att utföra det på fyra timmar. Det poängteras även att detta arbetsmoment ofta får utföras 2-5 gånger på grund av bland annat sena ändringar, produktionsönskemål och optimeringar. Detta betyder att eventuella tidsbesparingar ofta kan tillgodoräknas flera gånger under en projektering.

6.5.4 Tidsbesparing

I kapitel 3.2 redovisades tidsåtgång för projekteringen av bron, bro C, som verifieringen är baserad på. Konstruktionsarbetet för bron tog 207,5 timmar enligt tidigare nämnt kapitel. Enligt tillfrågade konstruktörer uppskattades tidsåtgången för det utförda arbetet som verifiering innehöll till ungefär 1,5-3 dagar, vilket motsvarar 12-24 timmar. Arbetet tog endast 4 timmar, vilket innebär att den potentiellt besparade tiden är mellan 8-20 timmar. Tidsbesparingen skulle i så fall vara mellan 4-10% på den totala tiden för konstruktionsarbetet. Denna potentiella tidsbesparing gäller endast situationen när arbetsmomentet inte behöver utföras mer än en gång. Vid ett scenario där arbetsmomentet behöver utföras fler gånger kan tidsbesparingen bli större.

7 Slutsatser och diskussion

7.1 Slutsatser

Intervjuer genomfördes för att identifiera potentiella effektiviseringsåtgärder. Efterföljande arbete fokuserade på arbetet som sker efter systemberäkningen. En rad förslag på effektiviseringsåtgärder arbetades fram och verifierades slutligen. De viktigaste slutsatserna för denna rapport beskrivs punktvis nedan.

- Både konstruktörerna och projektörerna anser att det finns flera potentiella effektiviseringsåtgärder i projekteringsprocessen.
- Önskade effektiviseringsåtgärder varierar från person till person, det krävs därför valmöjlighet att kunna anpassa arbetsmetoderna efter personliga önskemål.
- Föreslagna effektiviseringsåtgärder kan potentiellt spara tid och förenkla arbetet för konstruktören.
- När beräkningar automatiseras krävs fortfarande att konstruktören är uppmärksam och kritiskt granskar resultateten.

7.2 Diskussion

Att arbetet efter systemberäkningen kan göras effektivare var alla respondenter bland konstruktörerna i intervjuerna överens om. Att effektiviseringen skulle innehålla automatiseringar av vissa arbetsmoment var också samtliga respondenter överens om. Men exakt vilka arbetsmoment som skulle automatiseras fanns det olika åsikter om. Under studien av arbetet efter systemberäkningen har stora delar av tiden ägnats till att försöka identifiera vad som kan automatiseras, hur det kan automatiseras och hur det ska kunna vara valbart att utnyttja automatiseringen. De föreslagna åtgärder har diskuterats fram med de aktiva konstruktörerna med målet att förenkla deras arbete, vilket i slutändan förhoppningsvis ska leda till att korta ner tiden för projekteringen utan att kompromissa med kvalitén. Samtliga förslag är antagligen inte i dagsläget optimala lösningar, men med dessa förslag finns det en grund att utgå ifrån.

Att förslagen potentiellt kan bespara tid tyder verifieringen på. Precis som nämns i rapporten finns det många osäkerheter i exakt hur mycket tid som kan besparas. Verifieringen innefattar dessutom bara en del av arbetet, vilket är den första dimensioneringen av brobanan. Förslagen kan för broar likt referensprojektet appliceras på stödsnivåerna vilket potentiellt kan bespara ännu mer tid. Om de nya arbetsmetoderna upplevs enklare och kan utföras snabbare än nuvarande arbetsmetoder finns det också potential att optimera konstruktionerna bättre, vilket

inte nödvändigtvis leder till en vinst i kortare tidsåtgång för projekteringen. En bättre optimerad konstruktion skulle istället kunna leda till mindre materialåtgång, vilket kan leda till mindre materialkostnader och mindre miljöpåverkan. Om detta scenario skulle bli resultatet av studien skulle inte ett av huvudmålen som var en kortare projekteringstid uppnås. Men målet att inte kompromissa med kvalitén på slutprodukten skulle istället nå ett bättre resultat än det uttalade målet med studien.

Under intervjuerna i förstudien nämns ofta sena ändringar som en av de stora tidsbovarna i projekteringen. Förslagen från studien skulle inte minska antalet sena ändringar, men om förslagen fungerar väl kan de potentiellt minska tidsförlusten av sena ändringar. En minskad tidsförlust är också aktuell för alla situationer där dimensioneringen måste utföras mer än en gång.

Under verifieringen uppkom det mindre variationer i resultatet när resultat från de förslagna åtgärderna och originalberäkningen jämfördes. Oavsett huruvida dessa avvikelser är godtagbara, mer korrekta eller mindre korrekta så tyder det på att det inte spelar någon roll hur smarta beräkningshjälpmedelena är så behövs fortfarande ett kritiskt granskande av resultateten. Detta faktum påtalades också i förstudien under vissa av intervjuerna.

7.3 Framtida studier

I förstudien nämns flera intressanta ämnen för framtida studier. Där denna studie slutar kommer nästa intressanta effektiviseringsmoment i projekteringen, materialet som lämnas från konstruktören till projektören. Intervjuerna tyder på att det finns stor variation i kvalitet och innehåll på detta material. Det hade varit intressant att utreda om det går att effektivisera detta arbetsmoment.

Ytterligare förslag till framtida studier är att undersöka samarbetet mellan BIM- och FEM-program. BIM-arbetet i anläggningsbranschen är fortfarande relativt nytt och desto vanligare och mer inarbetat detta arbete blir skulle det vara intressant att undersöka möjligheten till smarta lösningar mellan BIM- och FEM-program. Dessa undersökningar skulle kunna undersöka både potentiella tidsvinster men även förbättringar i kvalitén på slutprodukten.

Som redan nämnts i diskussionen så finns det säkerligen mer effektiviseringar att göra inom studiens ämne. Förbättringar på redan undersökta förslag efter att de implementerats på riktigt projekt och utvärderats. Utöver det finns säkerligen fler åtgärder som ej är påtänkta som kan resultera i kortare tidsåtgång och bättre kvalitet.

Referenser

Eurocode SS-EN 1990:2002, 2002. Eurokod – Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk. Stockholm: SIS Förlag AB.

Eurocode SS-EN 1992-1-1:2005, 2005. Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader. Stockholm: SIS Förlag AB.

Eurocode SS-EN 1992-2:2005, 2005. Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner – Del 2: Broar. Stockholm: SIS Förlag AB.

Trafikverket 2011. TRVR Bro 11 Trafikverkets tekniska råd Bro. TRV publ nr 2011:086. Trafikverket.

Trafikverket 2016. Krav Brobyggande. TDOK 2016:0204. Trafikverket.

Pacoste, Costin. 2012. Recommendations for finite element analysis for the design of reinforced concrete slabs. Stockholm: KTH.

Scanscot 2017. http://download.scanscot.com/BRIGADE/BRIGADE_www_Eng.pdf. Scanscot Technology.

Bilagor

- Bilaga 1 – Frågor intervjuer
- Bilaga 2 – Sammanställning av svar från intervjuer
- Bilaga 3 – Intervjuer

Bilaga 1

Frågor till konstruktörer

Förutsättningar:

Intervjuerna utförs i syfte att försöka effektivisera broprojekteringsarbetet. Arbetet fokuserar främst på traditionella broar som ofta projekteras på kontoret.

Före konstruktionsarbetet

1. Tycker du att förfrågningsunderlaget brukar vara av tillräckligt god kvalitet?

Följdfråga: Vad skulle kunna bli bättre? Vad tror du förbättringen skulle kunna leda till?

2. Finns det någon förändring i arbetet med Basis of Design som skulle kunna göra arbetet enklare eller öka kvalitén?

Under konstruktionsarbetet

3. Tycker du att uppdragsledningen borde spendera mer tid med projekten?

Följdfråga: Vad tror du hade kunnat bli bättre om uppdragsledningen spendera mer tid?

4. Vilka är dom stora tidsbovarna under projekteringen?

Följdfråga: Kan man göra något för att göra de mindre tidskrävande?

5. Hur upplever du att information från underleverantörer (räcke, lager m.m.) behandlas? Kan detta göras effektivare?

6. Vad upplever du mest tidkrävande av det interna arbetet? Ange de 3 mest tidskrävande arbetsmomenten och en uppskattad procent i tidsåtgång.

- Basis of Design
- Systemberäkning
- Utvärdering och hämta resultat
- Dimensioneringen
- Beräkningsrapport
- Samordning med projektör
- Kvalitetssäkring
- Administration

Följdfråga: Inom vilka av dessa område tror du det finns en stor effektiviserings potential?

7. Tycker du att samarbetet med andra konstruktörer/konsulter t.ex. inom väg eller geo fungerar bra?

Följdfråga: Vad skulle kunna bli bättre?

8. Finns det någon förändring i arbetet med systemberäkningarna som skulle kunna göra arbetet enklare eller öka kvalitén?
9. Finns det någon förändring i arbetet med dimensionering och beräkningsrapporten som skulle kunna göra arbetet enklare eller öka kvalitén?

Efter konstruktionsarbetet

10. Finns det någon förändring i arbetet med materialet som lämnas till projektören som skulle kunna göra ditt eller projektörens arbete enklare eller öka kvalitén?
11. Har du några övriga synpunkter om hur projekteringsprocessen skulle kunna bli effektivare?

Frågor till projektörer

Förutsättningar:

Intervjuerna utförs i syfte att försöka effektivisera broprojekteringsarbetet. Arbetet fokuserar främst på traditionella broar som ofta projekteras på kontoret.

1. Anser du att projektören involveras i rätt skede/tidpunkt av projekteringen?

Följdfråga: Tidigare eller senare? Vad tror du det skulle kunna förbättra?

2. Tycker du att uppdragsledningen borde spendera mer tid med projekten?

Följdfråga: Vad tror du hade kunnat bli bättre om uppdragsledningen spendera mer tid?

3. Vilka är dom stora tidsbovarna under projekteringen?

Följdfråga: Kan man göra något för att göra de mindre tidskrävande?

4. Finns det någon förändring i arbetet med materialet som konstruktören lämnar till projektören som skulle kunna göra arbete enklare eller öka kvalitén?

5. Finns det någon förändring i arbetet som skulle kunna göra arbetet enklare eller öka kvalitén på det?

6. Har du några övriga synpunkter om hur projekteringsprocessen skulle kunna bli effektivare?

Bilaga 2

Sammanställning av svar från konstruktörer

Före konstruktionsarbetet

1. Tycker du att förfrågningsunderlaget brukar vara av tillräckligt god kvalitet?

Följdfråga: Vad skulle kunna bli bättre? Vad tror du förbättringen skulle kunna leda till?

Det kan variera	X		X	X	X		
Större variation senaste åren	X		X				
Nej, anser att det finns brist på kompetens bland beställare och konsulter		X					
Trafikverket har högre standard än vissa mindre beställare				X			
Man behöver ofta ställa kompletterande frågor/dubbel kolla					X		
Ofta problem med väglinjerna						X	
Generellt bra							X

Tydligare vilken produkt de vill ha	X						
Rätt ingångsparametrar	X						
Kontroll om det är byggbart och sättet man bygger det på					X		
Produktionsvänligare tänk					X		

2. Finns det någon förändring i arbetet med Basis of Design som skulle kunna göra arbetet enklare eller öka kvalitén?

Ja, bli bättre på att söka information vi saknar	X						
Ja, en checklista	X						
Nej, viktigt att man lägger mycket tid här. Desto mer tid man lägger här desto bättre bli slutprodukten.		X					
Nej, vi har en bra lista/mall			X		X	X	
För lite erfarenhet för att kunna ge ett bra svar				X			
Mer dialog med beställare							X

4. Vilka är dom stora tidsbovarna under projekteringen?

Följdfråga: Kan man göra något för att göra de mindre tidskrävande?

Basis of Design	X						
Samordning med andra konsulter/Skanska/kund	X	X	X	X			
Sena ändringar/revideringar	X		X			X	X
Uppgifter om räcke/lager kommer för sent	X		X		X		
Beräkningen av broarna	X		X				
BIM/3D projektering	X						
Att börja arbeta innan man har alla förutsättningar klara		X					
Byråkratin				X			
Fastna på små detaljer				X			
Hantering av utdata från FEM program				X	X	X	
Tidsplaner som inte stämmer					X		
Fel i förfrågningsunderlag						X	
När man måste göra om något							X

5. Hur upplever du att information från underleverantörer (räcke, lager m.m.) behandlas?
Kan detta göras effektivare?

Tydlig dialog med inköpare, arbeta med t.ex. beskedsmatris	X	X	X		X		X
Ställa rätt frågor och jaga svar	X						
Fungerar bra				X			
Viktigare med tidig information vad gäller lager					X		
Problem att leverantörer är sent ute och inte hinner med						X	

6. Vad upplever du mest tidkrävande av det interna arbetet? Ange de 3 mest tidskrävande arbetsmomenten och en uppskattad procent i tidsåtgång.

- Basis of Design
- Systemberäkning
- Utvärdering och hämta resultat
- Dimensioneringen
- Beräkningsrapport
- Samordning med projektör
- Kvalitetssäkring
- Administration

Följdfråga: Inom vilka av dessa område tror du det finns en stor effektiviserings potential?

Systemberäkningar	X	X	X			X	
Utvärdering och hämta resultat	X			X	X	X	X
Dimensioneringen	X	X	X	X	X	X	
Administration				X			
Beräkningsrapport				X	X	X	X
Samordning med projektör							X

-Systemberäkning, utvärdering av resultat, dimensionering 70-75%. Tror även att man kan hitta effektiviseringen i denna kedjan.

-Ingen procentsats. Hänvisar till projektbudget.

-Dimensionering, systemberäkningen. 75%. Finns störst potential här.

-Utvärdering av resultat, administration, dimensionering och beräkningsrapporter 65%. Finns störst potential i gränssnittet mellan externa program och våra hjälpmedel.

-Utvärdering och hämta resultat, dimensionering och beräkningsrapport. 60%.

Går att göra en stor effektivisering i kedjan mellan utvärdering till dimensionering till beräkningsrapport.

-Systemberäkning, dimensionering, utvärdering och hämta resultat, beräkningsrapport 80%. Utvärdering och hämta resultat där finns det stor vinst att göra. Systemberäkning och dimensionering fungerar bra, det är mellanskedet som kan effektiviseras.

-Utvärdering och hämta resultat, beräkningsrapport, samordning med projektör 50%
Beräkningsrapporten skulle man kunna hitta smidigare verktyg

7. Tycker du att samarbetet med andra konstruktörer/konsulter t.ex. inom väg eller geo fungerar bra?

Följdfråga: Vad skulle kunna bli bättre?

Större variation bland externa	X			X			
Oftast bra	X				X		
Viktigt med tydlighet	X	X	X	X			
Geoteknik ofta bra				X			
Viktigt att det kommer in i tidigt skede					X		
Ingen åsikt						X	
Svårare att samordna med externa							X
Bra med möten där alla deltar							X

8. Finns det någon förändring i arbetet med systemberäkningarna som skulle kunna göra arbetet enklare eller öka kvalitén?

Intern manual	X						
Finns andra program, men tveksam till om det är effektivt att byta pga. tröskel att börja använda.	X						
I framtiden koppla geometrisk modell mellan Brigade och Tekla	X			X*			
Jobbar inte så mycket med det		X					
Bättre datorer, som klarar större beräkningar			X				
Ibland jobbigt med att få ut utdata				X			
Fungerar bra för klassiska broar					X		
Fungerar bra						X	X
Hanteringen av indata skulle kunna förbättras							X

*=svar från fråga 11

9. Finns det någon förändring i arbetet med dimensionering och beräkningsrapporten som skulle kunna göra arbetet enklare eller öka kvalitén?

Arbetet mellan systemberäkning och dimensionering/beräkningsprogram	X		X	X	X	X	X
Inga synpunkter		X					
Bättre beräkningshjälpmedel/Excelblad	X		X	X	X	X**	X
Lättare att flytta data					X	X*	X

*=Svar från fråga 4

**=Svar från fråga 11

Efter konstruktionsarbetet

10. Finns det någon förändring i arbetet med materialet som lämnas till projektören som skulle kunna göra ditt eller projektörens arbete enklare eller öka kvalitén?

Viktigt att det blir tydligare	X	X					X
Viktigt att se till att alla uppgifter är med	X						
Viktigt att anpassa det beroende på vilka som är inblandade		X	X	X	X		X
Enklast att lämna så lite som möjligt, undvika dubbelarbete			X				
Enklast att använda datahjälpmedel, lättare att ändra				X			
Svårt att göra mallar, för varje bro är unik				X			
Enhetligt utseende för vissa skisser					X		
Koppla beräkningsprogram med material som lämnas till projektör					X		
Kan inte svara på, varit här för kort tid						X	
Viktigt med dialog med projektör							X

11. Har du några övriga synpunkter om hur projekteringsprocessen skulle kunna bli effektivare?

God planering och lagom belastning	X						
Produktionsanpassning/kundanpassning		X					
Viktigt att jobba med gamla erfarenheter, bra som dåliga		X					
Viktigt att tänka på att det inte går att standardisera allt			X				
BIM och FEM-program samarbetar				X			
Låsa så mycket som möjligt innan man börjar arbeta					X		
Beräkningsbladen skulle kunna förbättras						X	X
Uppdatering av uppdragsregister							X
Dela med sig av erfarenheter							X

Sammanställning av svar från projektörer

1. Anser du att projektören involveras i rätt skede/tidpunkt av projekteringen?

Följdfråga: Tidigare eller senare? Vad tror du det skulle kunna förbättra?

Olika från projekt till projekt		X	
Ja, vi har blivit bra på det			X
Bra att vi är med på startmöten			X

2. Tycker du att uppdragsledningen borde spendera mer tid med projekten?

Följdfråga: Vad tror du hade kunnat bli bättre om uppdragsledningen spendera mer tid?

Ja, ibland har de för mycket att göra	X		
Det fungerar bra		X	X
Bra med kontinuerliga möten med uppföljning/avstämning		X	
Fungerar bra i stora projekt			X

Mindre grejer faller mellan stolarna	X		

3. Vilka är dom stora tidsbovarna under projekteringen?

Följdfråga: Kan man göra något för att göra de mindre tidskrävande?

Sena beslut om t.ex. räckte	X		X
Ändringar i sent skede	X	X	

Viktigt med balans när det är läge att starta i projekten	X	X	
Låsa så mycket som möjligt innan man börjar modellera		X	X
Kvalitetssäkra konstruktörens arbete innan projektören börjar		X	

4. Finns det någon förändring i arbetet med materialet som konstruktören lämnar till projektören som skulle kunna göra arbete enklare eller öka kvalitén?

Tycker inte konstruktören ska rita upp allting	X		
Viktigt att konstruktören inte göra för komplicerad armering för att spara mängder	X		
Standardiserade dokument/mall		X	X
Viktigt att konstruktören lämnar allt och inte slarvar med att lämna t.ex. bockningsradier och skarvlängder		X	
Undersöka vad som är lättast av att standardisera eller lära sig tolka konstruktörens resultat	X		

5. Finns det någon förändring i arbetet som skulle kunna göra arbetet enklare eller öka kvalitén på det?

Bättre på att kvalitetssäkra	X		
Standardisera materialet så man inte ger utrymme för tolkning		X	
Uppdaterat bladet med referensbroar			X

6. Har du några övriga synpunkter om hur projekteringsprocessen skulle kunna bli effektivare?

Arbeta mer med bibliotek	X		
Tänka på att inte låta två oerfarna arbeta tillsammans	X		
Ge någon ansvar att uppdatera CAD-manualer			X
Bli bättre på att dela med oss av lärdomar			X

Bilaga 3

Intervju – Konstruktör 1

Datum och tid: 06/feb 14:00

Svar

- 1- Det kan variera, många projekt är bra, sen finns det många där det är uselt. Det har blivit större variation sista åren.
*Vad skulle kunna bli bättre? -Tydligt definiera vad det är för typ av produkt och bro dom vill ha? Så att vi räknar på rätt sak i anbudet.
-Sen att ingångs parametrarna är där som behövs för att starta projekteringen.
- 2- Ja, det finns det definitivt. Allt som saknas eller inte är uppstyrt är vår skyldighet att göra under BoD. Ta reda på saker vi inte veta eller ta reda på information från andra konsulter.
Förändringar? Beror från projekt till projekt. Möjligt att vi behöver en checklista som inte fuskas igenom, fuskar vi igenom och vinner tid kan vi förlora den senare.
- 3- Generellt tror jag att vi ska öka den för att planera vårt arbete på bättre sätt.
*Vad kan bli bättre om man ökar tiden? Att man styr upp förutsättningar så de är rätt när man börjar. De som jobbar i projektet får klara ramar att jobba med.
- 4- Det finns väldigt många.
-Basis of design är tidskrävande? Måste ta sig tid under skedet för att göra den bra. Vill inte säga att det är en tidsbov, men den tar tid.
-Samordna med andra konsulter och Skanska. Men det är också tvunget att göra för att det ska bli bra och få en helhet.
-Det som kan vara tidsbov ibland är om man kommit igång med projektet och nästan räknat färdigt sen vill man ändra hur bron ser ut, bygga på annat sätt eller något sånt. ”Produktionsönskemål i sent skede”.
-En annan tidsbov kan vara om vi inte får underlag som räcke lager, om man antar något som får ändras senare kan vara tidskrävande.
-Sen är et klart att det interna arbetet med att räkna broarna är tidskrävande, jag tror vi skulle kunna bli effektivare där.
- Likadant med projektering i BIM/3d, nu är vi inne i en läroperiod men vi skulle kunna bli effektivare.
- 5- Det är mycket upp till oss själva att ställa rätt frågor och jaga svar på dom.
-Vi har i några projekt nu jobbat med en beskedsmastris, där vi säger till att vi behöver besked vid olika tidpunkter och jag tror det är viktigt att vi visar för Skanska och deras

inköpare att vi behöver dessa uppgifterna då och då. Så att dom vet att pucken ligger hos dom och att de ska återkomma till oss vid ett visst datum med besked. Viktigt att jobba vidare med det så att det är tydligt när vi förväntar oss besked.

- 6- Det ligger mycket tid för konstruktören i systemberäkning, utvärdering av resultatet och sen även dimensioneringen. Jag tror det är där kanske man kan hitta effektivisering. Jag tror det är den kedjan som lite hänger ihop där man kan hitta effektivisering. Det är nog 70-75% av tiden som ligger i dom punkterna.
- 7- Det varierar mycket från projekt till projekt, oftast är det externa konsulter och det kan vara stor skillnad om det är någon man jobbat med innan, som tex. *** i Örebro som vi jobbat med tidigare. Eller om det är någon helt ny aktör. Eller beroende på hur duktiga de är. Oftast fungerar samarbetet bra. Men det är viktigt att vara tydlig mot varandra vad man förväntar sig och vad man behöver för besked.
- 8- Här i Malmö använder vi relativt mycket Brigade plus/standard, standard används mest. Själva inmatningen är relativt enkel oftast. Sen är där kanske några fallgropar och det är möjligt att vi skulle vara duktigare på att kanske ha någon manual på fallgroparna. Vi skulle kunna skriva ihop en intern "Kom-i-håg lista" och tänka på olika grejer och hur man ska använda programmet. Man tycker det ser tydligt ut, men det är inte alltid så enkelt att mata in.
 - Det finns såklart alltid andra program man kan använda, men jag ser inte någon effektivitetsvinst direkt där. Jag vet att dom använder något egenutvecklat program i Göteborg (Skanska teknik i Gbg) där dimensioneringsmodulen är med i programmet, vilket såklart är effektivt. Det är en väldigt stor tröskel att gå in i det programmet och vi har inte riktigt koll på det heller så det känns lite osäkert.
 - Kanske skulle det kunna komma i framtiden att vi en geometrisk modell som vi använder både i projektering och beräkningen. Nu gör vi oftast en modell i Brigade och en i Tekla. Det har vi inte undersökt om det går att koppla. För komplicerad geometri borde det vara intressant.
- 9- Det tar alltid lång tid att få ut snittkrafter och resultat från systemberäkningar och sen behandla dem i dimensioneringen. Så det skulle nog kunna effektiviseras den kedjan. Och det är möjligt att vi skulle kunna ha något bättre hjälpmedel hur vi läser in snittkrafter och behandlar dem.
 - Själva beräkningsrapporten sammanställer vi ofta i bluebeam och jag tror det fungerar rätt så effektivt. Där har jag ingen idé om hur vi skulle kunna förbättra det.
- 10- Ja det är min uppfattning, det tror jag det finns. De skulle kunna få ett resultat som är lite tydligare. Som gör att det är mindre missförstånd, deras arbete blir effektivare. Men jag tror kanske att det är viktigt att höra med projektörerna vad de tycker. Konstruktören tror nog alltid att han lämnar ifrån sig bra grejer, men det är projektören

som har svårast att tolka och använda dom. Det handlar även ibland om att projektören saknar uppgifter och måste jaga det.

- 11- Det vill till att man har en god planering i gruppen och lagom belastning på de anställda. Så det inte blir för stressigt för dom, har vi för hårt tryck kan leda till att det blir ineffektivt i dom projekten vi jobbar i.

Intervju – Konstruktör 2

Datum och tid: 07/02 10:15

Svar

- 1- Nej.
 - *Finns det något som skulle kunna bli bättre?- Det bror på felen
 - *Finns det något generellt? – Det finns brist på kompetent folk helt enkelt. Det är många konsulter som är dåliga. Både beställare och konsulter är dåliga och då blir det ingen bra slutprodukt tyvärr.
- 2- Nej, jag tycker desto mer arbete man lägger i BoD, desto bättre blir det. Det är som vanligt, ju tidigare man gör saker, ju bättre blir slutresultatet. Man kan inte påverka om man kommit för långt, ju tidigare desto bättre.
 - Det är ofta dilemmat att man måste jobba in saker så tidigt som möjligt, det kan aldrig bli för tidigt, utan det blir nästan alltid onödigt sent.
- 3- Den uppdragsansvarige ska jobba i projektet, annars ska han inte vara det. En uppdragsledare som inte är engagerad blir inte bra.
 - Om uppdragsledningen ska gå in och styra mer är från fall till fall. En uppdragsledare måste liksom alla andra vara engagerade. Även om man inte jobbar med det på heltid, t.ex. när någon mer erfaren är uppdragsledare för några mindre erfarna måste han ha tid att engagera sig, annars funkar det inte.
 - Ibland blir det bra och ibland inte, det är svårt att svara generellt på det. Det är viktigt att det fungerar, det är många nya på avdelningen nu så det är viktigt att det fungerar så man inte lämnar de nya ”i sticket”. Viktigt att ha rutinerade konstruktörer tillgängliga.
- 4- -Om man inte gör saker o ting rätt från början. Och börjar jobba innan man har alla förutsättningar klarar finns det risk att man får börja om från början.
 - Man kan säga som så; varför gör vi en brokonstruktion? Det finns en kund som har ett behov, om vi inte gör det kunden behöver, så behöver vi inte heller göra det. Om vi inte gör rätt produkt är vi inte intressanta. Det är meningslöst att vi gör något som uppfyller alla normer och sen när vi är färdiga så är det ingen som vill ha det. Samordning med produktion ska ske så tidigt som möjligt, t.ex. byggmetoder, hur man ska göra osv. Det är bra som en del på kontoret gör nu med stående projekteringsmöte efter hand, så man inte gör allt färdigt och sen får göra om. Kunden måste in i processen så mycket som möjligt.
- 5- Jag har inte jobbat så mycket med projekt, sen de behövde vara inblandade så mycket som det är nu. Jag har inte så mycket att säga. Men det är säkert samma sak igen, så tidigt som möjligt ta del av deras synpunkter. Alltid när det är flera inblandade eller

när det är någon form av samordning, då är det gjort för att göra fel. Det kan vara t.ex. kantbalkar som inte räckesinfästningen får plats och lagerplintar som inte lagerna får plats på. Återigen så tidigt som möjligt med alla information.

- 6- Jag tycker inte frågan är rätt ställd. Att dimensionera bron är ju ett stort arbete. Dimensioneringen måste ju vara det som tar mest tid system, det är bara titta i resursplanen. Sen kan man ju titta på vad det är som riskerar att dra iväg i tid, vad som riskerar att ta orimligt mycket tid, men är det bara posterna som du är ute efter så kan man titta i projektbudgeten.
-Dimensioneringen och systemberäkningen är den stora grejen, men åter igen man ska se till att lägga mycket tid i början. Desto mer man gör i basis of design desto mindre behöver man göra i dimensioneringen. Alla förutsättningar, även när det gäller beräkningar, ju mer arbete man gör i början, desto fortare går det i slutet. -Ibland gör en del felet vid kvalitetssäkring, så gäller det att man är överens. Om man gör allt färdigt och så kommer den som ska kvalitetssäkra och ger tummen ner så får man böra om från början. Alla måste vara med på spåret från början.
- 7- Beror på personer, desto fler aktörer, desto fler gränssnitt ju större risk för strul. Så det gäller att sätta tydliga gränser. Om man delar upp något är det viktigt att man klargör vem som ska göra vad.
- 8- Nej, det gäller att ha rätt program. Det gäller ha så bra program som möjligt. Jag jobbar inte så mycket med det just nu.
- 9- Inga synpunkter på.
- 10- Det måste vara tydligt underlag. Jag tror att om konstruktören lägger ner mer tid så förstår han det själv, för det är inte alltid säkert att man förstår det själv. Förr hade vi mer erfarna projektörer så kunde man lämna över nästan vad som helst och så blev det bra. Det har också betydelse vem man lämnar det till, jag lämna också väldigt slarviga underlag till vissa, för det behövdes inte mer. Men nu kan det vara så att det är både en orutinerad konstruktör och orutinerad projektör och då är det risk att det blir någonting som inte går att bygga. Det är viktigt att ta hjälp av rutinerade. Det brukar vara så att kan man inte själv redovisa det man har tänkt för någon annan så är det kanske inte genomtänkt.
- 11- Samma sak som jag har varit inne på, t.ex. i fråga nr 6 ska där in något med produktionsanpassning/kundanpassning. Sen det andra är att man innan man börjar har någon typ av brainstorming, man frågar och tar tag i gamla erfarenheter. Man behöver inte följa dom men man kan få reda på både bra och dåliga, det finns exempel på vad man inte ska göra, vilket kan vara nog så intressant.
-T.ex. Ett tag fick man ofta blåspillning på beläggningar och då fortsatte man att hålla

på med samma metod. Det finns andra exempel på vattentäta konstruktioner vilken typ av fogband som fungerat på andra projekt. Samtidigt kanske inte produktionen vill göra på de sätten. Så man samtidigt som man samlar bra och dåliga erfarenheter och har med sig kunden.

-Alltid när det är någon form av samordning, så tidigt som möjligt. Sen gäller det att följa upp, man inte lita på att alla tänker på samma sätt, så det gäller att stämma av efterhand.

Intervju – Konstruktör 3

Datum och tid: 07/02 13:30

Svar

- 1- Det blir sämre och sämre för varje år, det innehåller mindre och mindre. Det är egentligen både på gott och ont. Tidigare fick man nästan en färdig ritning, alla geotekniska parametrar, allt var låst. Nu får man lösa förutsättningar, det gör samtidigt att det blir ett jobb att låsa förutsättningarna, men samtidigt friheter som att man ibland kan ändra brotyp, projektera om vägar, du kan ”spela lite grann”. Men det gör att det tar mer tid numera än tidigare.
-Men det varierar från projekt till projekt.
- 2- Vi har egentligen en lista med frågor som vi ska svara på enligt bronormen, det står klart och tydligt vad vi ska svara på. Det finns inte mycket att ändra på. Vi har mallar, man tar gamla projekt och justerar lite grann. Så det finns inte jättemycket att förändra där vad jag kan se.
- 3- Inte nödvändigtvis, det viktiga är att det finns någon om det dyker upp frågeställningar. Om det är ett enkelt projekt och det flyter på finns det inget självändamål och dom ska in och peta i vad jag gör. Men ofta dyker det upp bekymmer, man måste jaga rätt på uppgifter osv då är det viktigt att det finns en uppdragsledare som kan svara på och ta tag i frågorna. Ibland kan det bli bekymmer om det är många som har frågor och funderingar, då är det bra att ha en person som allt ska gå igenom som också har tid med det.
- 4- I många projekt där det har slutat med att man tycker det tar för lång tid är det revideringar. Projektet vill ändra på saker och ting. t.ex. ett projekt jag jobbar i nu där man ville ändra tvärsnittet sent in i projekteringen och de medförde att flera månaders arbete som bara försvinner.
-Ibland när man inte har arbetssätt eller beräkningsprogram och man själv måste sätta upp Excelblad för vissa beräkningar, det kan ta lite tid.
-Det stora är när man inte får uppgifter i tid och när det kommer ändringar. När folk vill ändra på väglinjer osv. Det är snarare en regel än undantag att ändringar kommer. Ofta pågår det vägprojektering samtidigt och vi behöver väglinje för att kunna rita upp bron, då måste vi sitta och vänta eller jaga uppgifter för att kunna fortsätta projekteringen.
*Finns det något man kan göra för att saker ska bli mindre tidskrävande? -Många gånger handlar det om att de som jobbar med vägprojektering måste ha förståelse för vårt arbete och förståelse för att de inte kan ändra saker utan att kolla med oss. Mycket vad gäller lager och räcke där är det ofta upp till projektet, det är ju inte vi som beställer lagern. Det handlas ju upp av projekten. Det behövs bättre samarbete med

projektet så de bestämmer vilken leverantör de ska ha så vi kan bestämma det i ett tidigt skede. Ibland kan det hända att vi utgår från en viss typ av lager och att de ändra lagerleverantör och då ändras kanske höjden ett par cm.

- 5- Se slutet på svaret i fråga 4. Det är viktigt att man har en tidig dialog och att projektet vet vad de vill ha för något. Att de förstår vad det innebär för oss och förstår att vi behöver uppgifterna i ett tidigt skede, så de inte kommer med det i slutet av projekteringen.
- 6- Dimensioneringen, systemberäkning. 75%.
 - Det finns potential på både dimensioneringssidan och administrationssidan. Den största potentialen har du där du lägger mest tid. Beräkningsarbetet som är störst kan du vinna mest tid på om du kan minska med 10% där ger det ju mer totaleffekt.
 - Administrationssidan har man ju trafikverket som kräver vissa saker och det är ju svårt för oss att effektivisera. Dom har ju sina system och hur dom vill att saker och ting ska fungera.
- 7- Det viktiga är att man har förståelse för vad det innebär att de ändra uppgifter. Man sitter på varsin hörna ibland och gör sina egna grejer och då kan det bli lite bekymmer ibland. Det är samma sak med geo, tidigare hade vi geo i huset det har vi inte längre. Där är man också beroende av att ha en dialog och det hade varit lite effektivare med en geo-avdelning här som man kunde diskutera med.
- 8- Vi skulle kunna ha bättre datorer. Så man kan köra lite större beräkningar. Som det är nu fyller man upp en disk snabbt. Har man två-tre systemberäkningsprojekt så blir disken fullt oftast och man måste dela upp systemberäkningarna. Det är ett ineffektivt sätt att jobba på.
- 9- Bra beräkningshjälpmedel, Excelblad eller program. Alla sitter med sina egna Excelblad. Man bygger ofta upp nya Excelblad som förmodligen någon annan redan har gjort.
 - Jag har svårt att tro att alla ska göra exakt samma och tro att det är den rätta vägen. Man använder olika metoder med Word, Excel, handberäkningar m.m.
- 10- Det är en avvägning vad det är för skisser man lämnar. För mig är det enklast lämna så lite som möjlig. Den som ritar tycker säkert det är bäst att få en CAD-ritad figur, men det blir liksom ett dubbelarbete då. Det är ett samarbete mellan konstruktör och projektör så man är överens om vad man ska leverera. Ibland blir det dubbelarbete att göra massa snygga CAD-skisser som sen någon sitter och ritar av, många gånger räcker det med en enkel handritning, många gånger behövs det inga CAD-ritningar i en beräkningsrapport

11- Det finns alltid smågrejer, men inget större som jag har direkt. Att man har bra verktyg att jobba med, beräkningshjälpmedel i Excel etc. är det huvudsakliga. Det kommer alltid finnas att man gör på lite olika sätt. Jag vet att det finns vissa som vill att man gör på standardiserade sätt att alla beräkningsrapporter ska se likadana ut men jag ser inte riktigt vinsten med att alla ska göra på ett standardiserat sätt.

Intervju – Konstruktör 4

Datum och tid: 07/02 09:30

Svar

- 1- Det beror lite på vem man projekterar åt, trafikverket eller åt en kommun. Det brukar skilja rätt så mycket från olika beställare. Trafikverket är proffsiga och vet vad dom vill ha och även kräsna med vad de får. Det är lite sämre när det kommer till kommuner som inte är så kunniga beställare. Så hyr dom in en konsult som gör förfrågningsunderlaget åt dom.
T.ex. *** var inte så bra.
-Trafikverket gör också fel men är duktiga på att rätta till. Tex. ***. I tex. *** hade behövt lite mer kompetens i förfrågningsunderlaget.
Bättre underlaget skulle såklart leda till minskade projekteringstider.
- 2- BoD. Man blir ofta lite lat och tar med sig mängder etc. från anbudet, sen kanske går in och finlira med tjocklekar och materialval. De bror jag har gjort är man nöjd med det man redan har, ofta gjort av erfaren konstruktör och då vet man att det borde funka.
*Är det bra som det är nu eller finns det någon förändring?-Jag har nog jobbat i lite för få projekt för att svara på den frågan.
- 3- Jag brukar vara nöjd med att samtala med projekteringsledaren. T.ex. *** så går allt som vi undrar över till honom. Jag tycker att det funkar bäst att ta dialogen enkel med projektledaren istället för att ta det längre.
- 4- ”Byråkratin”, trafikverket är väldigt duktiga på det. Samtidigt så blir det bra kvalitét på det, men det är väldigt mycket samordning och många dokument/mail som ska skickas fram och tillbaka.
-Jag tror att den nya normen kommer göra det enklare och smidigare. Så man inte ska fastna för mycket på smådetaljer.
-Jag tycker att hantering av utdata och liknande från FEM program, finns inte alltid bra lösning. Ibland får man uppfinna hjulet på nytt. Brigade funkar bra, men tex. Fem design är ett uselt program med en dålig utdata funktion. Det är väldigt mycket manuell indata med där tex.
- 5- -Lager har jag inte kommit i kontakt med än så länge.
-Räcke brukar inte vi sköta alltid, utan det är ofta projektet som sköter det. Så länge vi uppfyller säkerhetskrav, används det som blir billigast för projektet. Det jag har gjort än så länge i mitt arbetsliv har fungerat bra.

- 6- Utvärdering av resultat 20%, administration 20%, dimensionering & beräkningsrapport 25%.
- Utvärdering av resultat och att få in i dimensionering finns stor potential. Där det är ett gränssnitt mellan våra hjälpmedel och externa program. Alla konstruktörer har sitt eget sätt att hantera det, så det hade kunnat vara en vettig sak att ta fram något, en bra mall eller något liknande.
- 7- -Intern ja, externa blir det alltid en längre väg.
- Geo har vi oftast fått ett underlag i förfrågningsunderlaget. Där har jag inte behövt efterfråga kompletterande uppgifter.
 - Däremot så med vägprojektörer kan vara lite svårt, t.ex. med vägprofiler, tar lång tid att få fram nya data. Så internt bra, externt studenttals problematiskt.
 - Handlar bara om kommunikation och vill man få svar på något får man vara ute i tid. Det är bådas ansvar, jag måste säga till i tid och de måste leverera så bra dom kan.
- 8- -Nej, tex. I Brigade har jag svårt att se att själva systemberäkningen skulle kunna göras enklare eller bättre kvalitet. Det är återigen det med att tolka resultatet. Men det är att få ut data på siffror och värden i ett Excelblad som kan vara jobbigt.
- 9- Jag tycker vi har bra mallar för det, t.ex. för böjarmering, skjuvning, genomstansning osv. Det är väldigt genomarbetat och hur funnit i massa år så kvalitén blir bra.
- Beräkningsrapporten är det mycket klippa in. Det blir tydligt, den visar allting, den visar spänningar, sprickvidder osv.
 - Den förändring som behövs är steget mellan systemberäkningar och beräkningsprogram.
- 10- -Det är väldigt individuellt tror jag. Jag gillar att göra det mesta i datorn typ använda CAD för skisser, det är snabbt att ändra och lätt att klippa in.
- Andra konstruktörer kanske gör allt för hand. Det har kanske lite med tidsbrist att göra, hur fan skissen blir.
 - Sen kan man ju inte göra deras arbete, man kan ju inte skissa upp en hel. Beror helt enkelt på bådas erfarenhet. Med mindre erfarna projektörer är det viktigt att göra en bra skiss, men med mer erfarna kanske det räcker med att ge det muntligt.
 - Jag tror det är svårt att göra armeringsmall eftersom det är så olika typer av broar. Det är ju skisser för separata projektet. Som t.ex. för tråg finns det ingen färdig mall utan man får förklara detalj för detalj hur allt ska se ut. Det får helt enkelt göras utefter bådas förmåga.
- 11- Jag tror att förr eller senare kommer vi se mer att BIM-programmen och dimensionerings programmen flyter ihop. Att modeller från systemberäkningar levererar armerings automatiskt som sen kan föras in i ritningsprogram. Om vi modellerar i 3D och ritat i 3D borde man kunna få ihop det på något vis.

Intervju – Konstruktör 5

Datum och tid: 09/02 10:00

Svar

- 1- Det är lite blandat, men generellt sätt kan det alltid bli bättre. Det är sällan man har haft ett projekt där man inte behövt ställa kompletterande frågor. Man känner alltid att man måste dubbelkolla allt, t.ex. när man får en vägprofil av en vägprojektör så får man alltid se så de tänkt på fri höjd så att det stämmer, så att slänterna fungerar. Det är okej, men det är väldigt ofta man får ta reda på kompletterande uppgifter och svar på saker som inte är genomtänkta.
 - Man borde ha en projekteringsledare för bara själva förfrågningsunderlaget. T.ex. i *** har inte de olika från mark, VA, el, väg har de inte samkört sina handlingar. Så det fungerar inte att bygga. När man vinner jobbet så ska man ofta sätta igång direkt och tvingas då ta några steg tillbaka direkt.
 - Någon kontrollerar att det man ska bygga och sättet man ska bygga på är rimligt. Det saknas även produktionsvänligare tänk ibland.

- 2- Det tycker basis of design arbetet funkar ju så att man tar sin RKFM och pratar med projektet för att få in de förutsättningar man vill bygga efter i sin RKFM, så man är överens med beställaren. Denna process är ganska smidigt med de flesta kunder. Där finns det ingen större förändring, vi har bra mallar och förelägg. Så det går fort att göra en sådan.
 - Viktigt att få en snabb kontakt med dom man ska göra den med, och kanske att dom har tänkt igenom vissa inköp som de brukar göra sent, så dom gör det fort.

- 3- Oftast så är det så att när man är uppdragsansvarig så har man ju också en viss bit man dimensionerar. Sen när man har gjort den biten så kanske man bara sköter den administrativa delen. Jag tycker att de ska spendera mycket tid, men jag vet inte om mer tid.
 - Från projekt till projekt beror det på vem som ska göra vad, jobbar man med erfarna kanske man inte behöver jobba så mycket med samordning utan de vet vad, hur, när det ska göras. Men när man jobbar med nyare mer oerfarna så behöver de ha väldigt mycket mer stöttning såklart. Det är en avvägning. Ibland kan det bli lite lidande.

- 4- Besked som man inte vet som påverkar utformningen. Jag tänker på t.ex. leverantör av lager. Det kan påverka höjder på stöd, hur man räknar lagerfriktioner och i sin tur kanske påverka krafterna i pälarna. Det kan vara en tidsbov på ett sätt. Det kan både ta tid eller göra så att projektet står still.
 - Det som tar mycket tid, det är att hämta resultat och utvärdera. Det tar väldigt mycket

tid.

-Ibland är det en tidsbov att man har projektet som ligger bakom en som kommer ikapp en så man måste göra någonting i dom. Man vill kunna fokusera på det man ska göra. Jag hade egentligen velat att varje projekt man gick in i, tidsplanen för det projektet stämde till 100% så man verkligen kunde planera sitt arbete.

- 5- I varje projekt är det ett bekymmer, vanligtvis har vi sagt att det ska skickas samtidigt som man skickar in resten av bron på granskning. Men det är inte ofta man har handlat upp räckena, för det är det sista på bron man sätter. Har man då inte handlat upp räknet så finns det inte några ritningar att skicka. Så släpar det sen.

-Informationen när det gäller räckena känner man ju till hur den ska se ut, så den kanske man ändå kan få med sig. Men lager är kanske lite mer, det finns en del olika leverantörer som har en del olika utseende på dom. Det gör inte så mycket för mig om räckena kommer senare, det som det förstör är själva leveransen. Det tar kanske mycket tid i slutet att behöva samordna.

-Man kanske ska ha ett mål att projektet har ett ekonomiskt incitament, så att räckesleverantörerna verkligen skickar in ritningarna i tid. Egentligen borde de starta samtidigt som vi och vara med på "resan" och skicka objekt specifika ritningar och kanske beräkningar, de ska skickas samtidigt. Så det inköpet ska göras ganska tidigt. Att man tänker på det direkt, det kan göras effektivare genom att lägga till i våra tidplaner eller i beskedslista.

- 6- Utvärdering och hämta resultat, dimensionering, beräkningsrapport. 60%.

-Utvärdering och hämta resultat koppla till dimensioneringen. Och i sin tur koppla till en beräkningsrapport. Där finns det som jag ser det..när du får ett förfrågningsunderlag med en bro så får du information om stakade linjer, plus höjder på bottenplattor osv. så matas dessa uppgifter in i brigade och efter det steget så är egentligen bron "färdig" det är bara det att du flyttar information. Du väljer snitt, får resultat, för in det i blad, från det bladet till en avkortningskurva gör det på en skiss, ritat det och för in det i en rapport. Det är bara att flyttar hela tiden. Det är inte ett jättekrävande arbete, det krävande är om du får t.ex. en momentkurva och förändra något så det passar bättre, att förändra dessa grejer är väldigt manuellt och tar jättemycket tid. Där kan man supereffektivisera tror jag.
från systemberäkning till dimensionering.

- 7- Ja det fungerar bra. I alla fall de jag haft att göra med. Det viktiga är att de kommer in i samma skede, det funkar inte att vi gör något och så är det något som är fel och så kontaktas dom sen. Det farliga är i t.ex. utförandeentreprenader av vägen, så är handlingarna redan gjorda och ska bara utföras. Om det inte funkar med resten så finns det ingen som vill ta tag och göra om det om något blivit fel. Men i en totalentreprenad så är alla projektörer med från början då kan man lösa problemen

gemensamt. Då funkar det bra om man har bra mötesrutiner och alla är med och engagerade.

- 8- Jag ser ingen förändring på rak arm. Den biten är rätt så lätt. En klassisk bro som det här fokuserar på och gör den i brigade standard så är det rätt så lätt.
- 9- Man skulle haft att det var mer smart kopplat mellan beräkningshjälpmedelena. För man lägger stor del på utvärdering av resultat och rapporten. Man skulle gärna lägga mer tid på kvalitetsäkring eller förbättringar. Om du kör dimensionering ett varv och så ser du förbättrings potential t.ex. att man kan förminska något tvärsnitt. Så måste du köra igenom hela varvet igen och knappa in alla värden igen, hade man då haft att man bara knappar in resultaten lätt och så trillar allt ut i slutet, så är det mycket lättare att göra en förbättring. Ibland känner man att en lösning för duga för det kostar för mycket pengar att göra om. Hade man haft något smart kopplat hade snabbt kunnat se.
- 10- Det hade varit bra om konstruktörerna lämnar över samma sak. Att det fanns något enhetligt utseende. Annars funkar det rätt så bra, vi har rätt så mycket diskussioner. Skillnad beroende på hur noggrant material man måste skicka beroende på erfarenhet hos projektör.
-Det hade varit intressant om man kan lämna skiss för t.ex. avkortning. Vissa ritar den för hand, vissa skriver och vissa gör i CAD, man skulle haft något som såg likadant ut. Kanske kopplat till beräkningshjälpmedel. Egentligen kanske det är en fråga för dom vad de tycker. Jag förstår ju vad jag gör, det är mer att dom måste också förstå.
- 11- Ibland ska man kanske köra lite med påverkan och kostnads kurva. I början kan väldigt mycket och de kostar lite, i slutet kan man påverka väldigt lite och det kostar väldigt mycket. Ta det lugnare i början och planera sitt arbete och se till att man har allt man behöver, är insatt i möjligheter och risker som finns. Innan man kastar sig in i något ser till att man har all information och låst alla förutsättningar. Ibland är det såklart svårt, men det är ju något som också varit väldigt bra. Som t.ex. förfrågningsunderlaget och det här med leverantörer. För det är här är ju sånt som kan slita på en och kvalitén kan gå ner om man måste göra om flera gånger. Tillslut vet du knappt vad du gjort. I projekteringsprocessen hade det blivit bättre om man hinner låsa allt innan man fortsätter, så man bara gör alla moment en gång. Det vore både tidsmässigt och kostnadsmässigt effektivt.
-Sen tror jag verkligen på det här med att flytta data kan man spara mycket tid på.

Intervju – Konstruktör 6

Datum och tid: 10/02 15:30

Svar

- 1- Generellt sätt är förfrågningsunderlaget av bra kvalitet i de projekt jag har varit med på. Det finns alltid brister, det är inget som är komplett. Men många är av relativt god kvalitet så man kan bilda sig en uppfattning av vad dom vill ha. Totalentreprenader blir det följdfrågor, ibland skulle man kunna önska svar snabbare från trafikverket.
- 2- Ett stort problem är att det tar så lång tid, det är bra att man får arbeta igenom förslagen innan man börjar. Men den administrativa delen med trafikverket kan vara lite frustrerande. Jag hade önskat mer dialog med beställaren i ett sånt skede. På ett sätt förstår jag dom att de vill ha en formell process, men det blir väldigt fyrkantigt när man ska skicka in något och de har 20 dagar på sig att svara, man drar sig nästan för att förändra saker och ställa frågor.
 - Jag tycker inte vi lägger mer tid än vad man behöver på det. Förslagsskissen tar såklart lång tid att ta fram. Men när vi har hittat lösningen så fungerar det bra.
 - Mer och mer komplexa RMFM, det tycker jag är bra. Då ställer man förutsättningarna innan man gör beräkningen.
- 3- Jag tycker det är väldigt olika beroende på vem som är uppdragsledare. Jag har inte jobbat med så många olika, det underlättar när uppdragsansvarige är engagerad. Det viktigaste att ansvarsfördelningen är tydlig, vem som har ansvar för de olika delarna. Ofta har de en större helhetsbild.
 - Det är bättre att en person står och ”härvar” än att alla i projektet gör det.
 - Tillräckligt mycket tid för att alla på projektet ska få bra förutsättningar.
- 4- Om man behöver göra om någonting. Tar mycket energi och är inte roligt heller.
 - Det kan bero på att någon förutsättning förändras eller att man själv har gjort fel. Men har ju alltid i början av projekten en klar bild av vad som ska göras, men sen kommer det alltid massa saker i vägen. Det är ju en tidsbov om man måste ändra något, tex. en vingmur.
 - Man kan inte detaljprojektera i bod, men förutsättningarna ska vara låsta.
- 5- Det kan absolut göras effektivare, det känns som att många är ointresserade av att leverera handlingar till oss. Projekten vill ju handla upp produkten ganska sent, de vill ha mycket tid på sig för att få bästa pris. Man kan ju inte fråga efter handlingar innan dom har handlat upp dom. Det blir ett dilemma när underleverantörer handlas upp sent. Det gör att vi sitter och väntar på deras handlingar. Det är viktigt att vi är tydliga med att när vi behöver det och vad vi behöver. Det är blandad kvalitet, vissa underleverantörer har bra handlingar, vissa inte.

- 6- Beräkningsrapporten 15%, samordning med projektör 15%, utvärdera och hämta resultat 10%.
 - Beräkningsrapporten skulle man kunna hitta smidigare verktyg.
 - Jag gör mycket handpålägg när jag utvärdera för att få förståelse.

- 7- Det är väldigt olika, men precis som oss. Så väg ligger mycket före oss, de är ofta klara innan vi börjar, då är dom ointresserade att ändra när vi kommer igång. På samma sätt är vi rätt så ointresserade av deras arbete innan vi har börjat. Där finns det ett problem. Geo väldigt olika beroende på vem det är, dom är också lite mer i samma fas av projektet som oss. Det är alltid svårare att samordna med extern konsult. Kommunikation är alltid svårt. Vi har i några projekt tagit med alla konstruktörer på våra möten varje vecka, då får man lite mer förståelse för varandras arbete.

- 8- Om man tänker en bro i brigade standard, är det ju rätt formulärbaserat, vilket fungerar ganska bra. Det är mycket excelblad osv. den indatan skulle man helt klart kunna effektivisera.
 - Plus finns det väldigt mkt för att öka kvalitén, då kanske man skulle ha indatan i ett excelark innan man importerar in. Det är alltid positivt att ha indatan mer översiktligt istället för att mata in lite här och där, då är det lättare att upptäcka fel.

- 9- Brigade standard skulle man kunna göra mycket smartare när man exporterar resultat. Man lägger in allting manuellt och måste koppla det själv till dimensioneringshjälpmedel. Jag har tänkt att jag skulle göra det själv, men det har aldrig blivit av.
 - Välja resultat hjälper brigade till med.
 - Rapporten gör ju alla olika, allt från word till bluebeam på slutet. Och allt där i mellan. Det tyder väll lite på att ingen hittat ett riktigt bra sätt. Problemet är att visa beräkningar görs i olika hjälpmedel och måste ihop. Där finns säkert något att göra.

- 10- Det känns som att det beror på vilken projektör man lämnar till. Ibland dwg, ibland handskiss, ibland bluebeamskisser. Bra att ha dialog med projektören. Något jag slarvar med är att göra fler skisser än vad man gör. Alltid bra med tydligare skisser.
 - Det handlar sen om att gå igenom det ordentligt tillsammans.

- 11- Det tar alltid väldigt lång tid att hitta på ”nya saker”. Så jag hade önskat att vi var duktigare på att uppdatera uppdragsregister, Lättare att hitta tidigare projekt hade varit bra, man hittar ofta det till slut men det hade man kunnat göra enklare. Det blir mycket effektivare om man har något att följa. Lättare att hitta gamla projekt.
 - Sen handlar det också om att dela med sig av sina erfarenheter om t.ex. man kommer på något nytt.

-Många saker som görs förhand i Excelark som man borde kunna programmera, detta skulle kunna effektiviseras.

Intervju – Konstruktör 7

Datum och tid: 10/02 10:00

Svar

- 1- Ofta är det problem med väglinjer och förfrågningsunderlaget. Det brukar vara ett bekymmer att definiera väglinjerna korrekt. Det ställer ofta till problem och det brukar bli mycket ändringar genom projektets gång. Det är en erfarenhet från tidigare arbetsplats.
- 2- Den är väldigt utförlig och heltäckande som Skanska skriver, så jag tycker inte man behöver skriva mer egentligen.
- 3- Ingen åsikt.
- 4- Det är framförallt ändringar där man måste göra om beräkningen. Fel i förfrågningsunderlag, ändra grundläggningsnivå eller liknande. Något som borde tänkts på tidigare som man kommer på senare.
-FEM modeller i 3D, det tar ju lång tid att skyffla data och få fram armering från det. Lättare med förr med 2D modeller.
- 5- Brukar vara problem med räckeleverantörer, att dom är sent ute, det är min erfarenhet i alla fall. Det gäller även lager, ofta har de för mycket att göra och hinner inte med.
- 6- Systemberäkningen 25%, dimensionering 35%, utvärdering och hämta resultat 10%, beräkningsrapport 10%.
-Det tycker jag i utvärdering och hämta resultat där finns det stor vinst att göra. Systemberäkningen är ganska snabbt om man använder brigade standard. Dimensioneringen då har man redan sorterat ut sina resultat, då vet man ungefär vilka siffror man ska använda. Så det är mellanskedet där.
- 7- Inte varit här tillräckligt länge för att svara på.
- 8- Inte vad jag kan se.
- 9- Utvärdering och hämta resultat, där behöver man lägga lite tid. Effektivisera det hade underlättat.
- 10- Kan inte svara på.
- 11- Beräkningsbladen skulle kunna förbättras lite. Excelbladen skulle kunna vara effektivare.

Intervju – Projektör 1

Datum och tid: 09/02 13:00

Svar

- 1- Många gånger känns det som att vi sitter kvar lite längre i projekten än vad konstruktören gör, ofta börjar de innan vi är med. Ibland känns det som att man missat vissa delar. Men jag ser inte riktigt hur det kan ändras. Sen vet jag inte om det är så effektivt att alla går på alla möten och det är svårt att veta om det är något som är viktigt för mig som tas upp på mötet innan.
- 2- Jag hade inte tyckt det var fel, ibland har de för mycket att göra. De producerar ju själva och då kan det bli lite oorganiserat. Ibland faller vissa grejer lite mellan stolarna. Det måste vara en konsekvens av att tiden inte finns till. Jag tror det är lite tidsbrist.
- 3- Beslut som t.ex. vilket räcke dom ska ha. Inköpen är vi mycket beroende av och det ändras fram o tillbaka. Ofta ändringar i sent skede som tar mycket tid.
-Ibland kommer vi för sent in, men samtidigt är inte allt låst är det inte lönt att vi kommer in. Samtidigt så ibland börjar man för tidigt och då får man sitta och ändra det sen, så det är en balans som beror på hur många grejer som verkligen är låsta. Om de fortfarande håller på att ändra sig då är det ingen mening med det för då ska allt justeras, samtidigt har vi en tidsgräns där vi måste leverera någonting.
- 4- Det här tycker jag är den viktigaste frågan. Jag är inte mycket för att konstruktören ritar upp exakt allting innan vi modellerar, för då behöver man ju inte ha någon utbildning för att vara projektör. Men jag tänker att när konstruktören räknar fram armering, då borde det finnas en balansgång mellan om det ska vara en exakt den armeringen dom får fram eller om man kanske kan förenkla, man kanske har en lite större dimension så det blir lika armering på fler ställen. Då tänker jag att det måste underlätta både för projektören och för de på arbetet. Man behöver kanske inte göra så himla komplicerad armering för att man ska spara mängder. Där tänker jag att man hade kunnat bli effektivare. Det handlar också om erfarenhet från konstruktören. Det varierar mycket beroende på vilken konstruktör det är om det är smidig armering eller komplicerat.
*Ska man standardisera materialet som lämnas till projektören? – Jag tänker att visst, det hade säkert bli effektivt om materialet man får alltid såg lika ut. Men eftersom alla projekt varierar så kan jag tänka mig att konstruktörens resultat eller utdata inte alltid är lika. Hur mycket mer jobb är det att göra om det till standardiserat? Eller så kanske vi borde lära oss läsa konstruktörens resultat så slipper vi handpåläggning

- 5- Jag tycker fortfarande att vi är sådär på att kvalitetssäkra leveranser. Kanske är det för att det är ett nytt arbetssätt och då är det lite svårt hur man ska göra. Jag är van vid att en annan projektör kollar mitt jobb. När det var gjort var vi överens och då kände man sig trygg med det. Idag känner jag mig inte alltid trygg med det är bra kontrollerat. Man gör ju alltid så bra man kan, men ibland gör man ju fel. Jag tror inte dom felen hade hittats, för så noga är vi inte.
- 6- Hade vi haft tiden hade vi kunnat göra upp biblioteken bättre. Vi behöver inte rita alla detaljer flera gånger, vi hade kunnat ha ett bibliotek och klippa in dom. Likadant vi behöver inte rita alla detaljer flera gånger, om vi ska ha en järnvägsräls så borde vi ha den i ett bibliotek så vi bara tar in den. Ett bibliotek hade gjort att alla blivit så mycket mer effektivt.
- Så kan jag kanske tänka mig att det är för konstruktörerna också.
 - Det är dumt att sätta två oerfarna på samma projekt och samtidigt sätta två erfarna på samma projekt.

Intervju – Projektör 2

Datum och tid: 10/02 10:00

Svar

- 1- Ja tycker vi har ganska blivit bra på det nu. Vi är alltid med på startmötena och då får man en bra överblick av vad som ska utföras.
- 2- Jag tycker det har funkat bra på t.ex. *** då styrdes allt upp bra. Allt från beräkningar och hur vi skulle rita var väldigt bra uppstyrt. Vi har även börjat bra på det nya projektet i *** som är bra specificerat. Det funkar bra i stora projekt, men det blir kanske inte så på mindre broar. Då blir det inte lika uppstyrt, men det finns det oftast inget behov av.
- 3- Att vi inte får alla uppgifter, som t.ex. räcke och profiler, då tar det lite tid och man står där och stampar. Samtidigt har man press att jobba vidare, vilket medför att det blir revideringar sen. Det stora problemet är att vi inte får alla uppgifter.
- 4- Just nu är det väldigt individuellt, det finns ingenting standard man alltid får. Man får inte samma kvalitet utan det blir rätt så blandat. Det hade varit bra om man haft i någon form av mall som man försöker anpassa sig till. Det hade varit rätt så bra att ha.
- 5- Det hade varit bra om man hade ett Excelblad med olika referensbroar. Så man kan leta upp olika referensbroar. Så kan man använda dom som referenser så man försöker styra det så att det blir ungefär samma. Så man har en rutin på det hela tiden.
- 6- Våra CAD-manualer är bra att ha, sen är de inte alltid så aktuella. Dom är inte så bra uppdaterade. Efter ett tag är de inte så aktuella, så någon borde ha större ansvar för det.
-Sen är vi inte så bra på att dela med oss av vad vi lärt oss. Som t.ex. bra kommandon, applikationer som man kan använda sig av, som hade kunnat effektivisera vår grupp.

Intervju – Projektör 3

Datum och tid: 10/02 09:30

Svar

- 1- Det är olika från projekt till projekt. I vissa projekt kommer man ju in så man är med redan från förslagsskiss ibland sen fortsätter man att projektera, det är det man föredrar. Tex. *** gjorde jag förslagsskissen, sen projekterar en annan bron, då blir det en period där man behöver sätta sig in i det. Så det är att föredra att vara med från början, men sen ska det ju givetvis funka med planeringen också.
- 2- Det fungerar bra som det är. Sen har det varit lite svårt med problemet med systemet att få iväg fakturor. Då har det varit svårt med uppföljningar, det är bra om man gör kontinuerligt. Det är bra om man har typ avstämningar en gång i veckan med alla som är med i projektet. Vi hade det en period i projektet i *** när alla inblandade var med, en kvart i veckan bara stämde av. Att man får lite inblick när det är många inblandade i ett projekt så man får en överblick på ekonomi och tidplan.
- 3- Det är ändringar. Ibland förstår inte riktigt konstruktörerna hur omfattande en ändring i modellen är. Det kan låta som en enkel grej, men ofta kan det påverka många grejer i modellen. Det blir ofta följdfejl genom hela konstruktionen på grund av små ändringar. Jag tycker det är en sak vi måste förebygga och jobba på inom gruppen, så att vi slipper göra dubbelarbetet. Sen är det en sak om projektet i sig kommer med ändringar, då är det dom som får ta den smällen. Men det är viktigt att vi försöker förebygga det inom gruppen så man slipper dubbelarbete, för det blir ju dubbel tid och dubbel kostnad.
-Konstruktören börjar räkna tidigare. Projektören tycker jag ska vara med hela tiden men just ritarbetet och modellering kan börja lite senare. I början kanske projektören är med på förslagsskisser och lättare CAD stöd. Sen när konstruktören är färdig med sina beräkningar och dom är låsta och kvalitetssäkrade då ska projektören börja modellera. Då minskar man risken för onödiga ändringar. Jag tror det kan bli ett ännu större problem i framtiden om modellerna fortsätter bli mer komplicerade och omfattande. När konstruktören släpper ifrån sig ska det redan vara kvalitetssäkrat, så slipper man många problem som man sen upptäcker i modellen.
- 4- Ja, om det hade det varit ett mer standardiserat dokument man fick. Beroende på vem man jobbar med får man olika. Alla föredrar ju olika saker så därför ser ju skisser osv ser olika ut beroende på vem man får det av. Man får lära sig arbeta med den personen, när man gjort det funkar det ju bra. Men sen arbetar man med nästa som har sitt sätt att lämna sin information på, och man får en ny inlärningsperiod. Det hade varit bra om man hade en sida, kanske ett Exceldokument där det stod armering, zoner, bockningsradier osv. ett standardiserat dokument som alla använde. Det tror jag hade varit fördelaktigt.

-Beroende på projekt kanske de behövs kompletterande uppgifter, som är unika. Blir det standardiserat så man vet direkt vad han menar och vad allt betyder.

-Sen upplever ganska ofta att man får fråga efter bockningsradier, skarvlängder osv. Alla har ju mycket att göra så då kanske de inte kan räkna fram dom direkt, men om jag ska rita armering eller någonting där jag skarvar järnen måste jag ju veta den för att kunna bedöma längden på dom. Får jag inte det så står ju mitt arbete stilla. Det kan ju vara en bra sak att inkludera en tabell för bockningsradier osv. redan i början så man får det direkt. Då slipper man gå och fråga om det i efterhand och man slipper stå och vänta med sitt projekt.

5- Att man får ett standardiserat dokument som inte ger utrymme för tolkning. Måste man tolka någonting så finns alltid risken att man gör fel och det finns en risk att produkten i sig blir sämre.

-Varje gång man ändrar någonting så finns risken att något blir fel. Varje ändring medför en risk att man missar ändra på någonting. Öka kvalité ligger ju i att man ska tolka mindre och ha mer standardiserat dokument som man får som underlag och att produkten ska vara så färdig som möjligt när man får den. Varje ändring bidrar till en risk att kvalitén blir sämre.

6- Nej, inte direkt jag tror jag har fått in det mesta på andra frågorna.