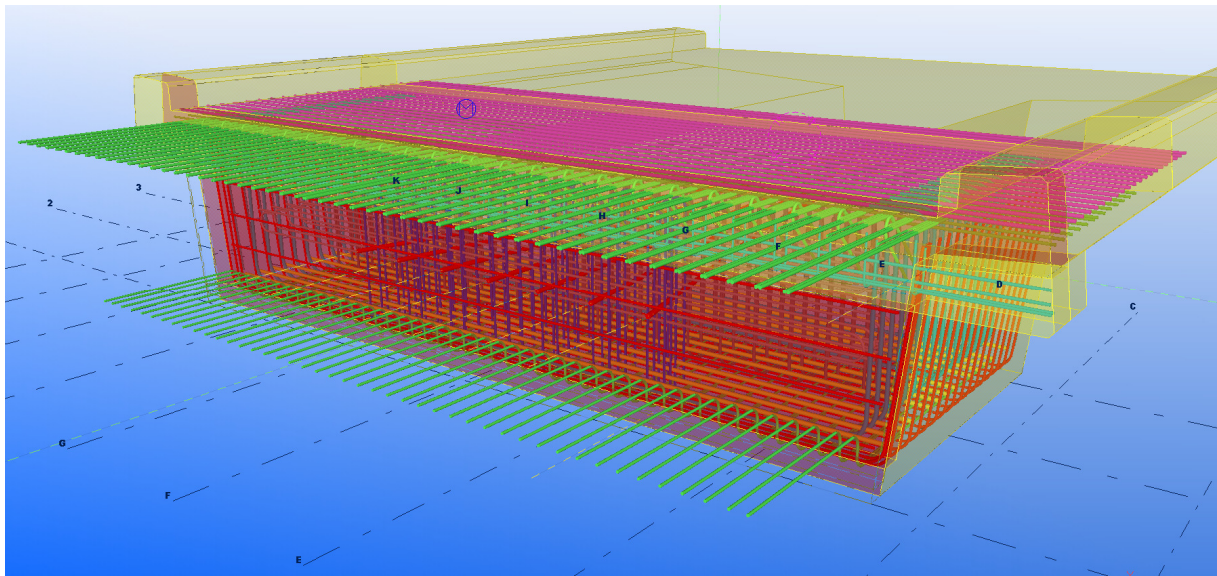




BIM för broprojektörer

En fallstudie

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

PATRIC JOHANSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2010
Examensarbete 2010:73

EXAMENSARBETE 2010

BIM för broprojektörer

En fallstudie

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

PATRIC JOHANSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2010

BIM för broprojektörer
En fallstudie
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

PATRIC JOHANSSON

© PATRIC JOHANSSON, 2010

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2010

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Skärmdump av en modellerad brodel i Tekla Structures.

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2010

BIM för broprojektörer
En fallstudie

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

PATRIC JOHANSSON
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Syftet med arbetet var att påvisa vilka för- och nackdelar det finns för broprojektörer att använda sig av BIM, Building Information Model, för att projektera broar. Projektet har bedrivits som en fallstudie där en del av en bro har modellerats i BIM-programmet Tekla Structures. Fokus har varit i ett snitt nära landfästet, där mängden armering är stor samt att armeringsläggningsen är komplicerad.

Efter modelleringen av brodelen har olika verktyg i Tekla använts för att finna möjliga användningsområden för broprojektörer. Krocktester har använts för att kontrollera att inga armeringsjärn i bron krockar med varandra. Ur modellen har ritningar, armeringsförteckning samt armeringsgraf skapats. Ritningar skapas enkelt i Tekla men ett problem med dem är att de inte ser likadana ut som de som skapas i AutoCAD. Armeringsförteckning och armeringsgraf skapar Tekla automatiskt och de bidrar till att arbetet på byggarbetsplatsen förenklas.

Till sist har möjligheten att använda programmet för att kunna visualisera hur och i vilken ordning armeringsjärnen ska placeras i formen utvärderats. Armeringsgrupperna har alla knutits till en aktivitet vilka i sin tur har kopplats ihop i ett logiskt schema, kallat Gantt-schema. I Tekla finns sedan funktioner för att kunna visualisera hur armeringen ska placeras i broformen i form av bilder.

Slutsatsen är att BIM är ett mycket användbart verktyg för broprojektörer även om det krävs mycket tid för att lära sig programmen. För att få ut maximal effekt ur tekniken krävs det att alla inblandade i ett projekt, arkitekter, projektörer och entreprenörer arbetar med BIM. Fungerar informationsöverlämningen bra mellan de olika aktörerna så kan både tid och pengar sparas.

Nyckelord: BIM, Building Information Model, Tekla Structures, Bro, Broprojektering, Armerad betong, 3D-modellering, Gantt-schema, Armering, Armeringsförteckning, Armeringsgraf

BIM for bridge designers

A case study

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

PATRIC JOHANSSON

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Structural Engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The purpose of the project was to demonstrate the benefits and disadvantages for bridge designers to use BIM, Building Information Model, programs. The project was made as a case study where a part of a bridge was modeled in the BIM-program Tekla Structures. Focus has been on a section near the abutment where many reinforcement bars are supposed to be placed.

After modeling the bridge section various tools in Tekla were used to analyze the possibilities of the tool. The clash check tool was used to verify that no rebar in the bridge were colliding. Drawings and reinforcement schedules were created from the model. A problem with the drawings was that they did not look like ordinary drawings.

Finally, the possibility of using the model to demonstrate in which order the reinforcement bars are supposed to be placed in the bridge was analyzed. Every reinforcement bar group was connected to an activity. The activities were connected to each other by a Gantt-chart to illustrate the order in which the bars must be placed. In the model, Tekla can visualize by colored images how the bars should be placed.

The conclusion of the project is that BIM is a very powerful tool for bridge designing. The down side is that the programs takes fairly long time to learn. In order to maximize the benefits from working with BIM all the participants in a bridge project must work in a BIM-model. Architects, Engineers and Contractors can all use BIM to make their work more effective.

Key words: BIM, Building Information Model, Tekla Structures, Bridge, Bridge design, Reinforced Concrete, 3D-modeling, Gantt-chart, Reinforcement, Reinforcement schedule, Reinforcement Graph

Innehåll

SAMMANFATTNING	III
ABSTRACT	IV
INNEHÅLL	V
FÖRORD	VII
1 INTRODUCTION	1
1.1 Syfte	1
1.2 Metod	1
1.3 Avgränsning	1
2 BROPROJEKTERING	2
2.1 Betongbalkbroar	2
3 BUILDING INFORMATION MODEL – BIM	4
3.1 3D-modellering	4
3.2 Ytterligare dimensioner	5
3.3 Svagheter med BIM	5
4 PLANERING AV PROJEKT	7
4.1 Uppdelning av projekt	7
4.2 Kopplingar mellan aktiviteter	7
5 FALLSTUDIE	9
5.1 BanaVäg i Väst	9
5.2 Bro norr om Surte	10
5.3 Modell i Tekla	13
6 DISKUSSION	20
6.1 Svagheter med BIM	20
6.2 Armerings- och materiallistor	20
6.3 Krocktest	20
6.4 Planering	21
7 SLUTSATS	22
8 REFERENSER	23

Bilagor

- A1 Förslagsritning 443K2001 över trafikplats norr om Surte, plan-, elevation och orienteringsfigurer.
- A2 Förslagsritning 443K2009 över trafikplats norr om Surte, sektions-, elevation, och planfigurer.
- B1 Ritning av modellen i sektion.
- B2 Ritning av modellen ovanifrån.
- B3 Ritning av modellen i elevation.
- B4 Ritning av modellen i 3D-vy.
- C1 Armeringsförteckning.
- C2 Armeringsgraf.
- D1 Skärmdump av utskriften från funktionen Clash Check i Tekla Structures.

Förord

Projektet har uppkommit som ett delprojekt till ett större projekt riktat mot industrialiserat brobyggande inom institutionen för konstruktionsteknik på Chalmers Tekniska Högskola. Totalt har tre examensarbeten skrivits där det här arbetet har riktats mot praktiskt användning av BIM-program för brokonstruktörer.

Mitt examensarbete har varit förlagt på konsultföretaget COWI i Göteborg. Jag vill därför ta tillfället i akt att tacka de som har hjälpt mig på COWI och då framförallt Mohammed Alghifary, kunnig om BIM-programmet Tekla Structures, som har ställt upp som min handledare samt Joosef Leppänen som har bidragit med teknisk kunskap om brokonstruktioner. Vidare vill jag även tacka Rasmus Rempling och Steve Svensson som har varit mina examinatorer samt min underbara flickvän Jenny.



Patric Johansson
Göteborg
3 juni 2010

1 Introduktion

Idag projekteras praktiskt taget alla broar som byggs i Sverige med enkla tvådimensionella datorverktyg, till exempel AutoCAD. BIM är ett koncept som innebär att byggnader, vägar eller broar modelleras i tre dimensioner istället för två. Det finns även möjligheter i BIM att hantera ytterligare information, till exempel tid och pengar. BIM har börjat ta stora marknadsandelar inom husbyggnadsbranschen men inom brobyggnad står utvecklingen fortfarande stilla.

Vid stora och komplexa brokonstruktioner har det visat sig att manskapet på arbetsplatsen har haft problem med att få plats med all armering i brobanan. Många armeringsjärn ska in och risken för krockar är stor. Dessutom finns önskemål om att på ett tydligt sätt kunna kommunicera hur armeringen ska placeras i formen och i vilken ordning. Projektet har gjorts med målsättning att påvisa vilka styrkor och svagheter det finns för brobyggarbranchen att gå över från traditionell tvådimensionell modellering till BIM.

1.1 Syfte

Målet med examensarbetet är att redovisa hur moderna datorprogram, så kallade BIM-program, kan användas för att förenkla och effektivisera projekteringsprocessen vid byggandet av platsgjutna broar. Arbetet kommer att redogöra för hur BIM-programmet Tekla Structures kan användas för att modellera en del av en bro utav armerad betong. Det kommer även undersökas vilka möjligheter som finns i programmet för att redogöra hur armeringen ska placeras i broformen samt i vilken ordning de ska placeras ut. Dessutom kommer övriga fördelar med BIM-projektering som upptäckts under arbetets gång redovisas.

1.2 Metod

Arbetet har genomförts som en fallstudie där en bro norr om Göteborg har modellerats. Efter genomförd grundkurs i Tekla Structures har brodelen modellerats i samma program varpå diverse verktyg i programmet har testats och utvärderats. Endast betong och armeringsjärn har modellerats.

1.3 Avgränsning

Arbetet omfattar platsgjutna betongbalkbroar. Tekla Structures är det BIM-program som kommer att användas. Tekla har valts då det fanns en möjlighet att kunna använda en licens till programmet hos konsultföretaget COWI i Göteborg.

Bron som är en del i det större projektet BanaVäg i Väst är för stor för att modellera under ett examensarbete. Därför har arbetet fokuserat på en del av bron där mycket armering behövs och iläggningen lätt kan bli komplex.

2 Broprojektering

Innan en bro kan börja byggas är det mycket arbete som behöver genomföras. Det första som sker är att Trafikverket tillsätter en förstudie där problemen med nuvarande förbindelsen framställs samtidigt som geotekniska förutsättningar och berörda parter åsikter beaktas. Förstudien fungerar som ett underlag för att kunna fatta beslut om bron behövs eller inte.

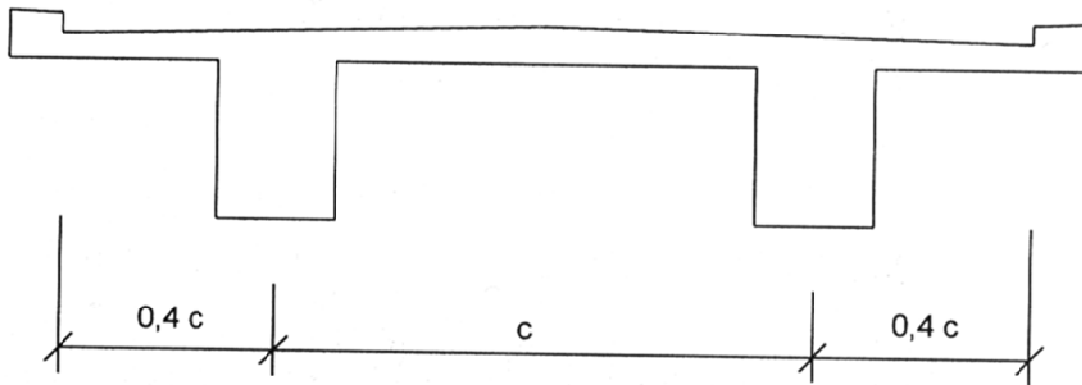
I de fall som bron bedöms nödvändig så fortsätter arbetet med en vägutredning. I utredningsskedet planeras flera möjliga lägen och placeringar av bron för att kunna fatta beslut om vilket förslag som tillgodoser alla parter behov på bästa sätt. Många aspekter behöver beaktas i utredningen, till exempel geotekniska förhållanden, ekonomiska förutsättningar, åsikter från boende i området samt tekniska förutsättningar. Efter vägutredningen kan grova brosektioner och planer samt lämpliga placeringar för landfästen presenteras. Vanligtvis så väljs det mest intressanta förslaget ut och presenteras med en ekonomisk beräkning.

Då beslut har fattats om vilket förslag Trafikverket väljer att gå vidare med, börjar den reella projekteringen. Utifrån utredningsmaterialet skapas nya mer exakta ritningar och beräkningar. Plankartor över området med lägen för landfästen, brobana, elledningar, vatten- och avloppsledningar, byggnader, vägar, strandlinjer etcetera presenteras i hög detalj. En noggrann utredning av de geotekniska förutsättningarna genomförs för att kunna avgöra vilken grundläggning som landfästena och pelarna kräver. Nivåfixpunkter placeras i närheten av bron för att under byggets gång kunna kontrollera att brons placering är exakt.

Broprojektören utgår från underlagsarbetet och tar fram ritningar över vilken armering och betongkvalité som krävs. Ritningarna är väldigt exakta och innefattar alla armeringsjärn som ska finnas i bron. Projektören har vissa geometriska förhållanden att rätta sig efter. Brons utformning och estetiska framtoning bestäms redan under utredningen och bör inte ändras senare i projektet. (Vägverket - avdelningen för bro och tunnel, 1996)

2.1 Betongbalkbroar

Balkbroar är vanligt förekommande som brokonstruktioner. En tvärsektion av en balkbro visas i Figur 2.1. Balkarna som är bärande i konstruktion kan konstrueras med både betong och stål. Höga balkhöjder är ekonomiskt fördelaktigt men ger ofta bron ett klumpigare uttryck. Normalt klarar broar av den här typen spännvidder upp till 20 meter men vid längre spännvidder kan spännarmering användas.

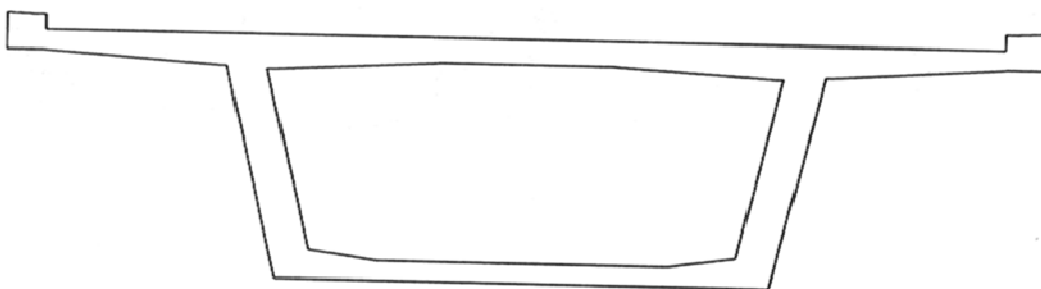


Figur 2.1 Enkel sektion av betongbalkbro. De två tjocka delarna är betongbalkarna. Måttställningen visar rekommenderat förhållande mellan brons delar.

Spännarmering är ihåliga foderrör fyllda med armeringskablar som placeras parabelformat mellan brons upplagspunkter. Efter att bron har gjutits ihop spänns kablarna i foderrören upp. Foderrören fylls med betong för att fästa kablarna till brokonstruktionen. Efter att betongen har härdats kan uppspänningen släppas vilket gör att spännarmeringen vill trycka ihop brons dragna kant.

Förutom spännarmering placeras även slakarmering i brobanan för att ta upp tvärkrafter, skjuvkrafter och moment. Bron har stor egenvikt och stor last från den överliggande trafiken. Därför blir armeringsmängden hög och balkens tvärsnitt stort.

Som komplement till balkbroar finns lådbroar. En lådbro är en balkbro med en balk av ihåligt tvärsnitt. Lådbroar utförs även i stål eller som ståltråg med betongfarbana. Det ihåliga tvärsnittet gör att brons vikt minskar i förhållande till dess bärighet. En lådbalkbro visas i Figur 2.2. (Vägverket - avdelningen för bro och tunnel, 1996)



Figur 2.2 Enkel sektion av en lådbalkbro.

3 Building Information Model – BIM

Building Information Model (BIM) har det pratats om ett tag inom byggindustrin. En BIM är en datormodell över ett hus, bro eller annan konstruktion som innehåller information om en konstruktionen och dess delar. BIM ska bidra till en effektivare projektering och en bättre överlämning av information från projekteringsskedet till produktionen och till sist förvaltning. I många fall så förknippas BIM med 3D-modellering men BIM är mycket mer. 5D är ett begrepp som ofta nämns där tid och pengar utgör de två extra dimensionerna.

Idag finns det ingen standardiserad definition på BIM men i boken BIM handbook: a guide to building modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors så definierar författarna BIM enligt fyra punkter. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008)

- **Byggnadsdelar** som är representerade av objekt innehållande information om objektets materialegenskaper samt dess funktion.
- **Komponenter med data om hur de beter sig**, så att de kan användas för analyser av exempelvis laster.
- **Konsekvent och icke överflödigt data**, så att en ändring av byggnadsdelens information gör att informationen ändras i alla vyer och aspekter där byggnadsdelen är representerad.
- **Koordinatsystem** så att alla byggnadsdelar har en position i modellen.

3.1 3D-modellering

Vid modellering av hus, vägar eller broar i tre dimensioner används objektmodellering. Ett objekt kan vara en vägg, ett fönster eller en pelare. I tvådimensionella ritningar så används linjer istället för objekt. Exempelvis låter man fyra linjer, dragna som en rektangel representera en vägg. Olika linjer kan läggas i olika lager och på så sätt kan väggar, fönster, dörrar etcetera skiljas åt. Vid tredimensionell modellering används objekt. När en vägg ska representeras så väljs objektet vägg i en lista och placeras sedan ut i modellen. Väggen kan sedan tilldelas information om tjocklek, höjd, bredd, material, anslutningar till andra väggar, fönster, dörrar etcetera.

Objektmodellering gör det bland annat väldigt enkelt att bestämma hur mycket material som kommer att behövas i byggskedet. Ur en BIM-modell av ett hus kan entreprenören med några enkla knapptryckningar få ut mängden betong, regler, isolering etcetera som kommer att behövas för att bygga huset. För en bro innebär det att man enkelt kan avgöra hur mycket betong och armering konstruktionen kräver. Det innebär bland annat att kostnaderna för byggandet minskas. Mindre säkerheter vid beställning av material behövs vilket leder till minskade kostnader för byggföretaget.

Under ett byggprojekt stöter projektgruppen på nya problem hela tiden. Problem med konstruktionen som inte var identifierade från början kan upptäckas och behöva utvecklas. Vid modellering i tre dimensioner blir det väldigt enkelt att ändra i efterhand. Flyttas en vägg i en 3D-modell kommer även fönster, dörrar och anslutande väggar att flyttas samtidigt. Vidare kommer ändringar som görs i modellen att ändra planritningar, sektionsritning, materialspecifikationer och övriga dokument som programmet skapar. Följden blir att mycket tid sparas genom att modellera i tre dimensioner.

I ett husbyggnadsprojekt finns många aktörer. Arkitekter, konstruktörer och installationssamordnare ska alla bidra med sina kunskaper och sina specifika ritningar till byggnaden. Risken för krockar mellan balkar, ventilationstrummor, elstegar och dylikt vid byggandet är överhängande. Ofta måste krockarna lösas på byggarbetsplatsen genom halvdana kompromisser men genom att projektera byggnaden med hjälp av BIM kan dessa krockar upptäckas i ett mycket tidigare skede vilket ger en ekonomisk vinst samt mer genomtänkta lösningar. Alla parter ritningar kan importeras till samma modell och med bara några enkla knapptryckningar beräknar BIM-programmet var krockar finns i modellen. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008)

3.2 Ytterligare dimensioner

Förutom de tre dimensionerna vi kan se med våra ögon finns det möjlighet att i en BIM-modell implementera ännu fler nivåer med information.

Alla objekt i modellen kan som tidigare nämnts tilldelas information om materialinnehåll. Modellen kan därefter knytas samman med en leverantörsdatabas där materialpriser finns och på så sätt kan hela byggnadens materialkostnad beräknas effektivt. Förändringar av materialpriser uppdateras automatiskt av programmet.

Vidare finns det även möjlighet att knyta de olika objekten i modellen till ett Gantt-diagram och på det sättet beräkna hur lång tid hela projektet kräver för att genomföras. Även separata planeringsprogram, till exempel Primavera, kan dessa knytas samman med BIM-modellen. Genom att knyta samman programmen så får planeringsprogrammet rätt materialmängder när modellen ändras.

I en BIM-modell finns det även möjlighet att analysera konstruktionens bärlighet. Punktlaster och utbredda laster kan placeras samtidigt som balkar, pelare och så vidare tilldelas hållfasthetsvärden. Områden med väldigt hög påfrestning kan visualiseras i 3D-modellen med olika färger beroende på områdets påfrestning. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008)

3.3 Svagheter med BIM

Som hos all ny teknik finns det barnsjukdomar även hos BIM. Det största problemet idag är att det finns många programvaror med olika specialinriktningar och tillämpningsområden. Varje program använder sig av sitt egna filformat för att spara data och många program saknar kompatibilitet för att kunna läsa andra programs filformat. IFC står för Industry Foundation Classes och är ett öppet filformat som i framtiden ska fungera som ett universellt filformat som alla BIM-program ska klara av att arbeta mot. Utvecklingen har inte kommit särskilt långt än. Även om många program kan importera och exportera till IFC så görs det ofta med ointelligenta metoder. Med andra ord så tappar programmet information när IFC används istället för det egna filformatet. Filer i IFC tenderar att bli väldigt stora då de inte komprimeras utan fungerar mer som en databas där information hämtas och lagras.

Många BIM-program är stora och komplexa. Det gör att programvarorna tar lång tid att lära sig, vilket kan leda till att äldre datorverktyg används istället för att BIM implementeras.

I dagens byggbransch drivs byggprojekt framåt i etapper. Arkitekten ritar, konstruktören räknar och gör ritningar och till sist bygger entreprenören. Detta förhållande kallas för AEC efter engelskans Architect, Engineer and Contractor. BIM har stora fördelar om man arbetar med tekniken genom hela projekt, alltså hos arkitekten, konstruktören och entreprenören. Därför krävs det att alla parter använder samma mjukvara eller åtminstone kompatibel mjukvara samt att arbetet börjar redan hos arkitekten. Kan inte konstruktören använda sig av arkitektens BIM-modell för att göra sina ritningar så blir hans arbete mer omfattande. Förslag finns på att byggherren bör upphandla alla tre tjänsterna inklusive drift och ge jobbet till ett företag. På så sätt skulle företaget som vinner upphandlingen själva tjäna på att arbeta med BIM då de kan återanvända modellen i varje byggskede. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008)

4 Planering av projekt

Ordet projekt har samma ursprung som orden projektil och projicera. Det kan liknas vid att det finns en punkt där vi står och ett mål dit vi ska ta oss på samma sätt som en projektil avfyras från en kanon för att träffa en måltavla. För att träffa rätt och leda projektet rätt är det viktigt att vi vet vart projektet ska sluta, vilka resurser som finns samt att projektet följs upp kontinuerligt under hela projekttiden. Den sista punkten är viktig. För att kunna följa ett projekt och se vilken väg det tar mot målet måste vi veta vilken väg den borde ta. På något sätt måste det finnas möjlighet att jämföra den verkliga banan med den planerade. Därför behövs en tidsplan för projektet. (Bergh & Persson, 2003)

4.1 Uppdelning av projekt

För att kunna skapa en struktur över hur ett projekt fortskrider så behöver det delas upp i mindre bitar. Varje del i ett projekt benämns som en aktivitet eller händelse. En aktivitet är något som sker i ett projekt och tar tid medans en händelse saknar tid. Ett exempel på en aktivitet kan vara armeringsiläggning och ett exempel på en händelse kan vara projektstarten. Delarna kan illustreras grafiskt enligt Figur 4.1, där aktivitetens bredd illustrerar hur lång tid en aktivitet tar. (Bergh & Persson, 2003)

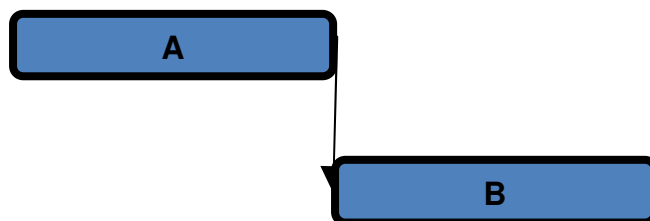


Figur 4.1 En aktivitet, till vänster, och en händelse, till höger, illustrerade grafiskt.

4.2 Kopplingar mellan aktiviteter

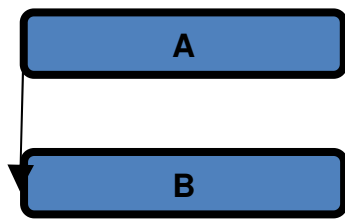
När hela projektet har delats upp i olika aktiviteter av olika stor omfattning så behöver de olika aktiviteterna knytas samman med varandra. I vilken ordning behöver aktiviteterna göras och hur kan de förhålla sig till varandra? För att kunna skapa strukturer mellan aktiviteterna så används tre olika logiska kopplingar, även kallade beroenden. Kopplingarna har olika funktion men alla berättar när en viss aktivitet kan starta eller sluta i förhållande till en annan aktivitet.

Slut till start beroendet som illustreras i Figur 4.2, berättar att aktivitet B kan starta när föregående aktivitet, aktivitet A, har slutat. Ett exempel på ett slut till start beroende är att takstolar inte kan monteras innan väggar är på plats.



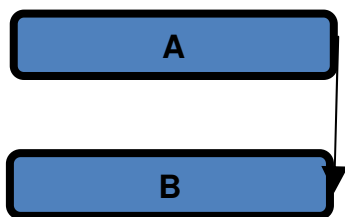
Figur 4.2 Ett slut till start beroende mellan två aktiviteter.

Start till start är ett annat beroende. Det illustreras i Figur 4.3. Start till start illustrerar två aktiviteter som måste börja samtidigt. Ett exempel på en start till start koppling är att en plastmatta måste läggas samtidigt som mattan limmas annars torkar limmet.



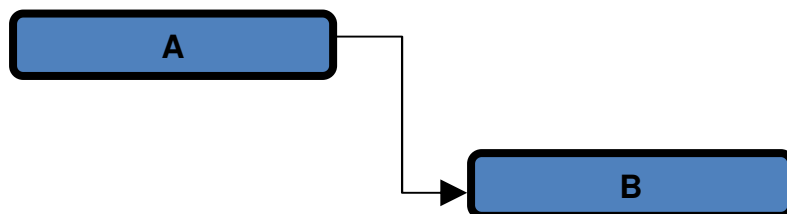
Figur 4.3 En start till start koppling mellan två aktiviteter.

Den sista kopplingen som används är slut till slutkopplingen. Den berättar om två aktiviteter som måste sluta samtidigt. En slut till slut koppling visas i Figur 4.4.



Figur 4.4 En slut till slut koppling mellan två aktiviteter.

Aktiviteter med en gemensam koppling kan även förskjutas gentemot varandra. Om projektplaneraren vill att aktivitet B ska starta 4 dagar senare än aktivitet A så kan beroendet ges en förskjutning på fyra dagar, även kallat lagg. Se Figur 4.5.



Figur 4.5 Två aktiviteter med ett slut till start beroende och med fyra dagars förskjutning.

För ett helt projekt kan det bli många aktiviteter, händelser och beroenden. Därför används ofta datorverktyg för att enkelt kunna hantera och överskåda projektet. Ett diagram med alla aktiviteter och kopplingar kallas för ett Gantt-schema. (Bergh & Persson, 2003)

5 Fallstudie

Den brodel som i form av en fallstudie har modellerats i Tekla Structures är en ramp till en bro över väg E45 i höjd med Surte strax norr om Göteborg, se Figur 5.1. Projektet är ett delprojekt i det större projektet BanaVäg i Väst som går ut på att rusta upp väg- och tågförbindelserna mellan Göteborg och Trollhättan.

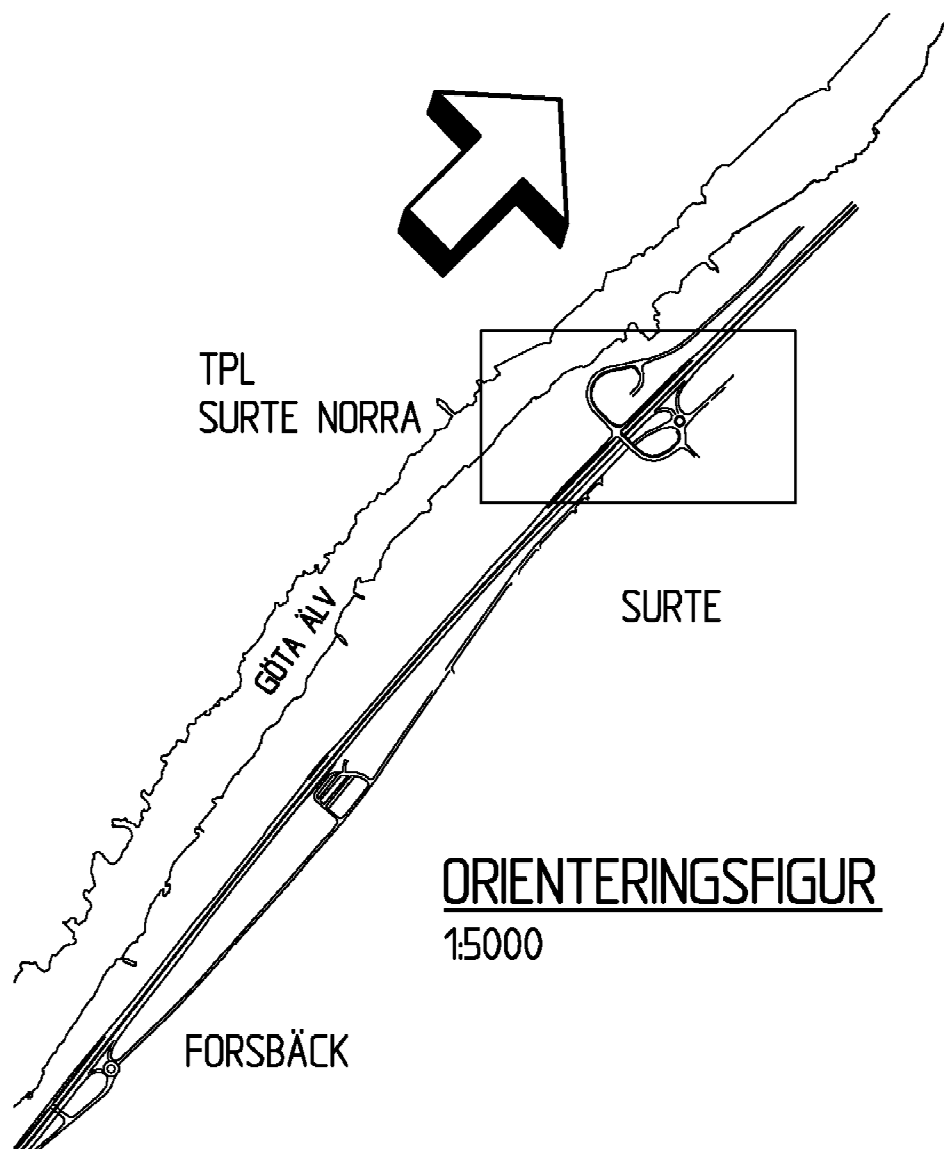
5.1 BanaVäg i Väst

BanaVäg i Väst är ett stort projekt i Västsverige som syftar till att bygga ut förbindelserna mellan Göteborg och Trollhättan. Projektet BanaVäg i Väst startade som ett samarbete mellan Banverket och Vägverket men efter sammanslagningen av de båda myndigheterna drivs sedan första april 2010 projektet av den sammanslagna myndigheten Trafikverket. Motorvägen mellan Göteborg och Trollhättan, E45, kommer att breddas till fyra filer och alla trafikplatser utmed sträckan kommer byggas om till planskilda korsningar. Tågförbindelsen kommer byggas ut till ett dubbelspår hela vägen samt att sju nya pendeltågsstationer (Gamlestaden, Surte, Bohus, Nödinge, Nol, Älvängen och Lödöse södra) kommer att anläggas.

När BanaVäg i Väst är färdigställt år 2012 så kommer 7,5 mil fyrfältsväg samt 7,5 mil dubbelspår att ha anlagts. Den budgeterade kostnaden för hela projektet är 12 miljarder kronor, jämför med Västlänken som är budgeterad till 20 miljarder kronor per 2009-12-15. (Trafikverket, 2010)

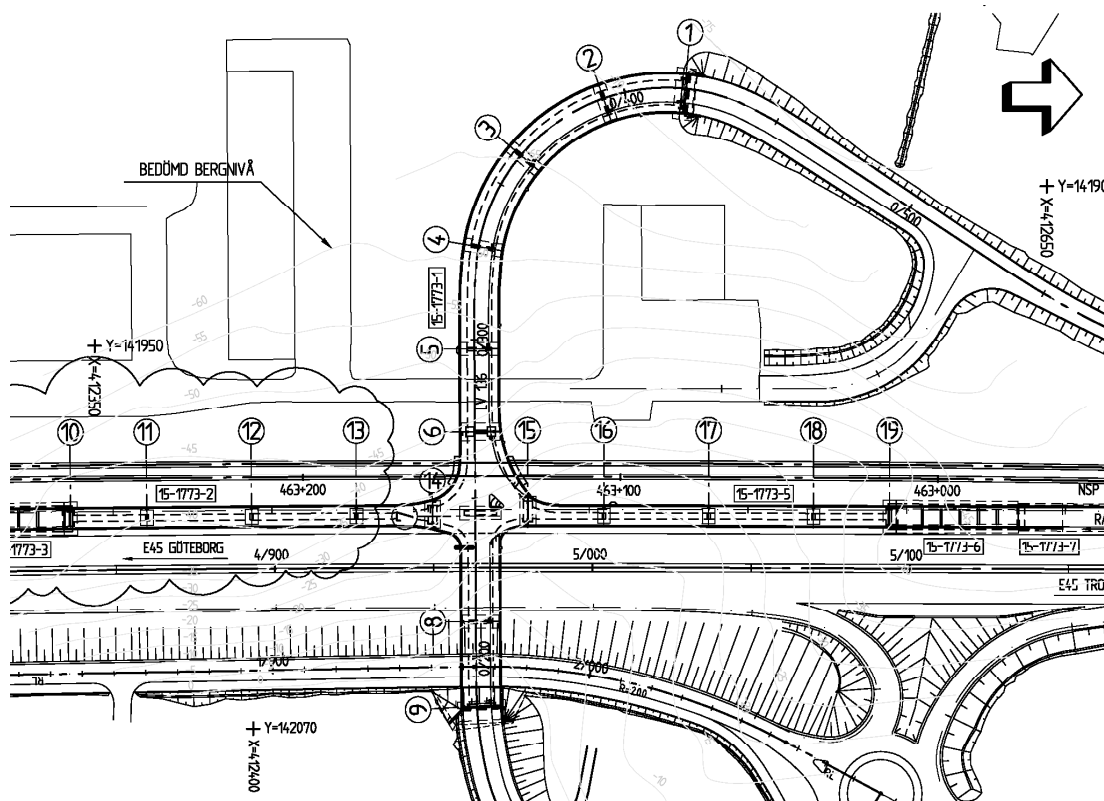
5.2 Bro norr om Surte

I deletappen Agnesberg-Bohus ligger samhället Surte med sina 5740 invånare (Nationalencyclopedin, 2010). Här planeras två nya planskiljda korsningar som en del i BanaVäg i Väst projektet. En del av den nordligaste av dessa korsningar har under examensarbetet modellerats i BIM-programmet Tekla Structures. Resterande delar av bron har ritats i verktyget AutoCAD. I Figur 5.1 illustreras trafikplatsens läge i förhållande till Surte. Förslagsritningar för trafikplatsen finns bifogade i Bilaga A1 och Bilaga A2.

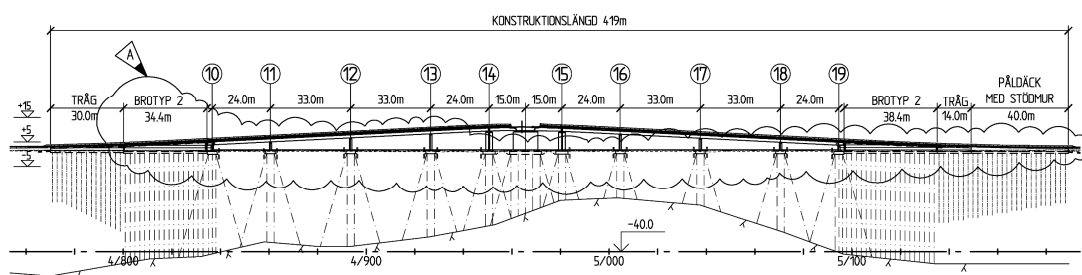


Figur 5.1 Orienteringsfigur över brons placering. Samhällena Surte och Forsbäck är markerade i figuren. Trafikplatsen är markerad med en rektangel. Pilen visar norriktningen.

Brodelen som har modellerats i Tekla Structures är änden på norra rampen vid snitt 19, se Figur 5.2 och Figur 5.3. Den delen är relativt arbetsam att modellera då det finns väldigt många armeringsjärn i änden av bron. Mellan rampstöden är armeringsplaceringen relativt upprepande. Därför har endast två meter av bron där den landar på stödet modellerats.

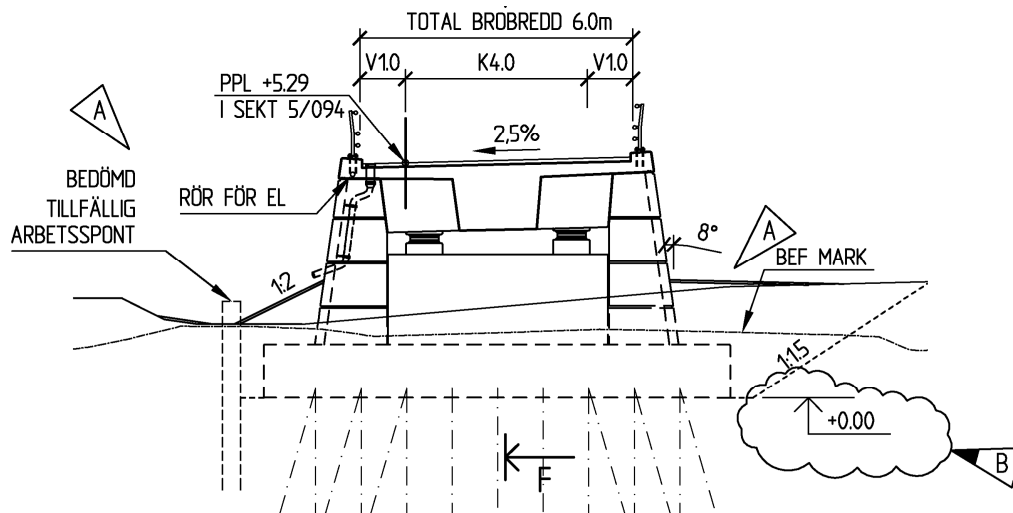


Figur 5.2 Trafikplatsen i plan. Brodelen som har modellerats i Tekla Structures är belägen vid snitt 19. Pilen visar norriktningen.

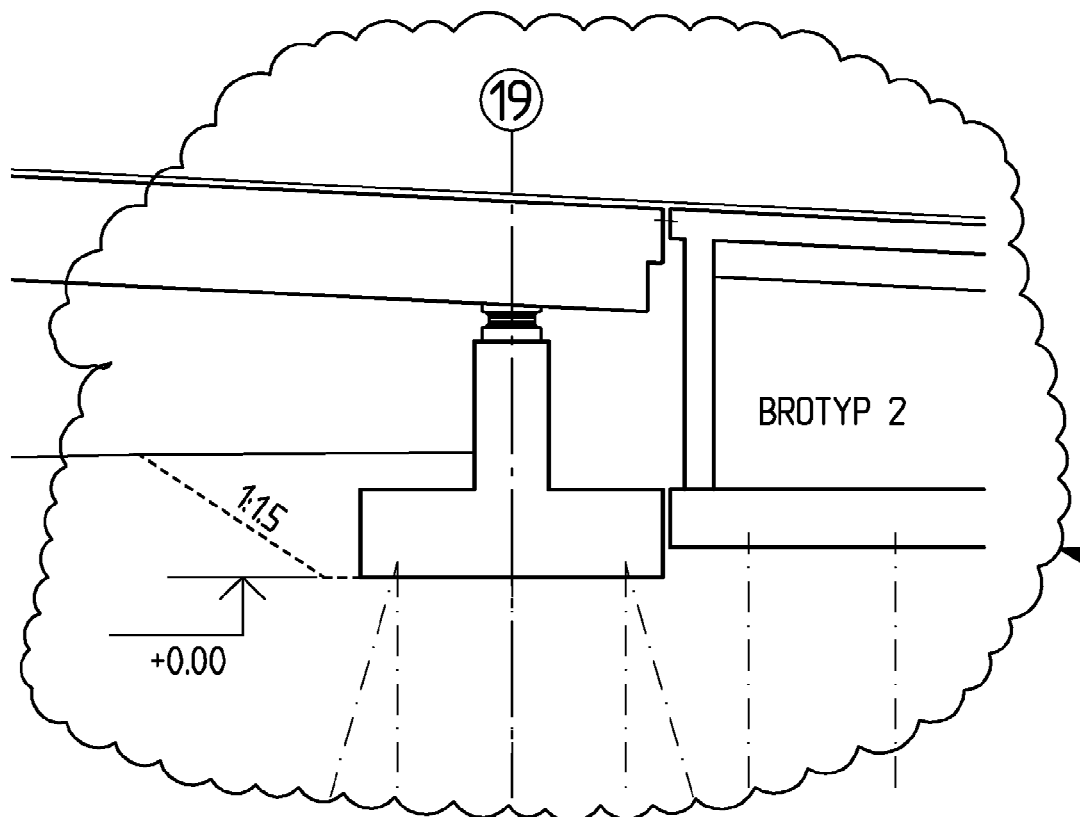


Figur 5.3 Två av ramperna som går till bron i elevation. Brodelen som modellerats är vid snitt 19.

Många typer av krafter ska tas upp i bron på samma ställe. Därför har spjälkarmering, spännarmering samt slakarmering i över och underkant ritats i modellen. Armeringen har placerats i modellen med s-måttet 120 millimeter. Värdet har erhållits av Joosef Leppänen hos COWI. Joosef har projekterat resterande delar av trafikplatsen. Rampen är enfilig, har bredden sex meter och höjden 1,45 meter. Förstyvningen i betongen vid stödet har tjockleken 2,1 meter. Brodelen och rampens geometri visas i Figur 5.4 och Figur 5.5.



Figur 5.4 Rampen och pelaren nära snitt 19 i sektion.

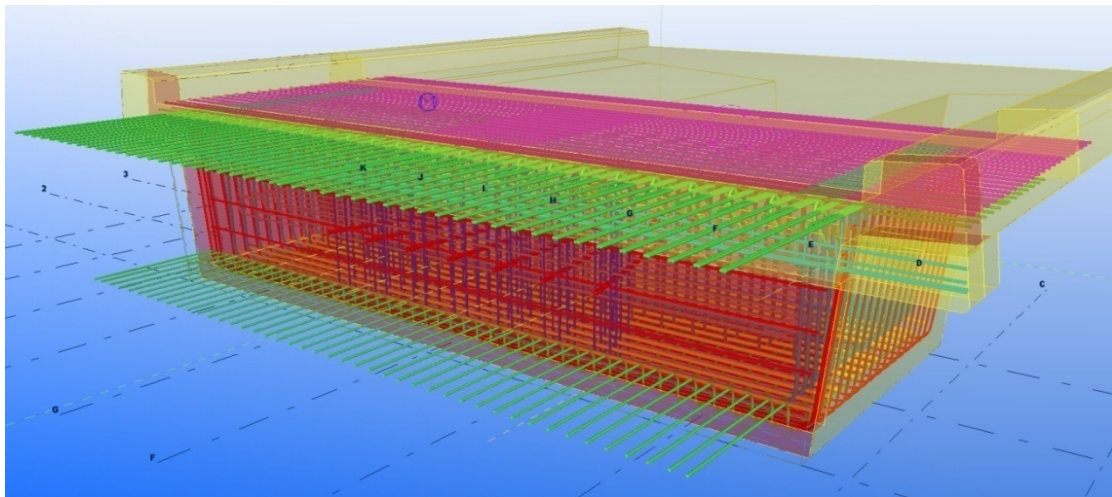


Figur 5.5 Rampen vid snitt 19 i elevation. Landfäste och pelare är också beskrivna.

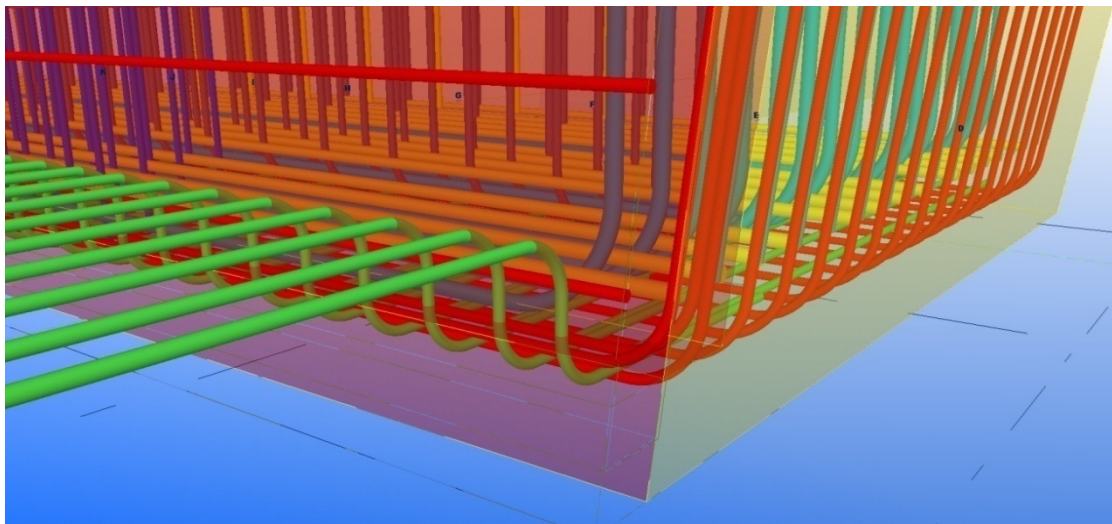
5.3 Modell i Tekla

Efter genomförd grundutbildning och introduktion i Tekla Structures modellerades som planerat fallstudien i programmet. I det här kapitlet redovisas vilka data och funktioner som Tekla kan bidra med.

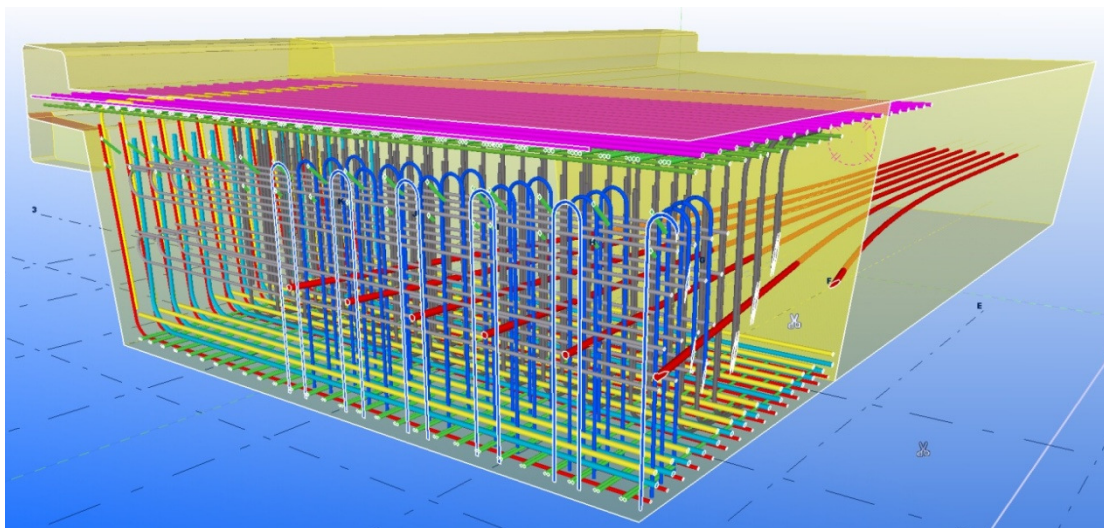
I modellen har betong och armeringsjärn modellerats. Modellen visas översiktligt i Figur 5.6 och mer detaljerat i Figur 5.7. I modellen finns verktyg för att zooma och rotera. Det finns även funktioner för att dölja föremål tillfälligt, visualisera olika delar i olika färger samt att göra objekt transparenta respektive solida. Tekla har även ett praktiskt klippverktyg som gör det enkelt att se vad som händer inne i brodelen. Klippverktygets funktion illustreras i Figur 5.8 och Figur 5.9.



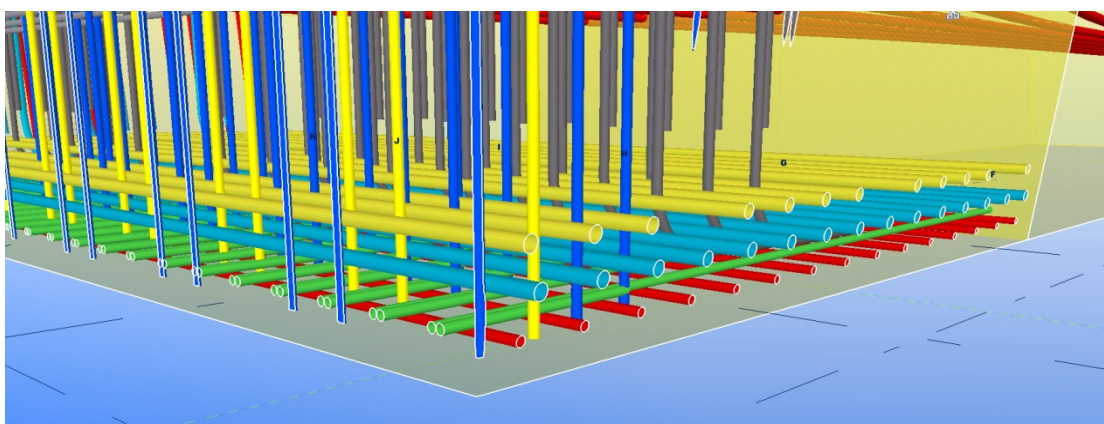
Figur 5.6 Översiktligt 3D-modell av brostrukturen.



Figur 5.7 Mer detaljerad bild av 3D-modellen.



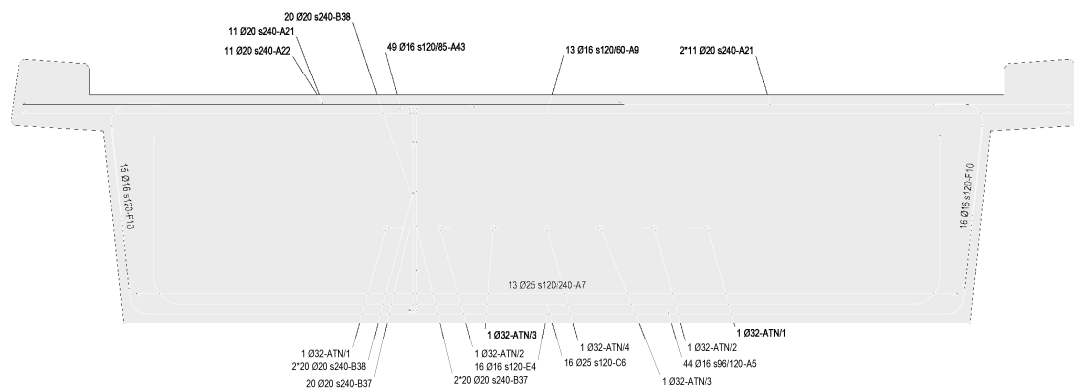
Figur 5.8 Modellen i Tekla Structures när klippverktyget används både i djupet och i sidled. Här syns armeringsjärnens förhållanden mellan varandra tydligare än i Figur 5.6 och Figur 5.7.



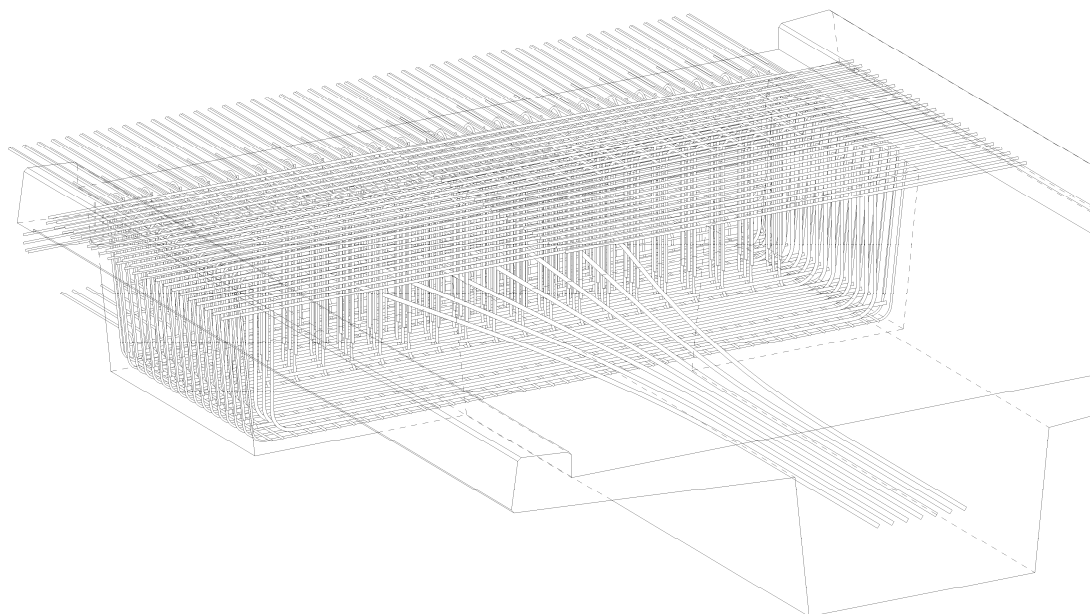
Figur 5.9 Som Figur 5.8 men inzoomat på en mindre del. Här syns det att armeringen ligger tätt i botten av brobanan.

Varje armeringsjärn som har modellerats i Tekla har specificerats med dess diameter. Tekla plockar fram vilken bockningsradie som gäller för den specifika dimensionen enligt Eurocode. Med bockningsradierna och järnens geometri så beräknar programmet fram en armeringsförteckning. Förteckningen innehåller information om bockningsvinklar, radier, klipplängder, vikter, antal och så vidare. Det finns även funktion där en armeringsgraf kan skapas. En armeringsgraf är ett dokument med samma information som i en armeringsförteckning men grafen innehåller även en bild över det aktuella armeringsjärnet. Armeringsförteckningen för den aktuella modellen visas i Bilaga C1. En armeringsgraf visas i Bilaga C2.

Ur modellen har programmet även skapat tvådimensionella ritningar. En av dessa syns i Figur 5.10. En väldigt användbar funktion är möjligheten att skapa ritningar i tre dimensioner. En tredimensionell ritning av den aktuella modellen illustreras i Figur 5.11. I ritningsverktyget finns det stora möjligheter att välja vilken typ av textstorlek, font och vilka övriga markeringar som ska finnas på ritningen. Ritningarna finns även i Bilaga B1, Bilaga B2, Bilaga B3 och Bilaga B4.

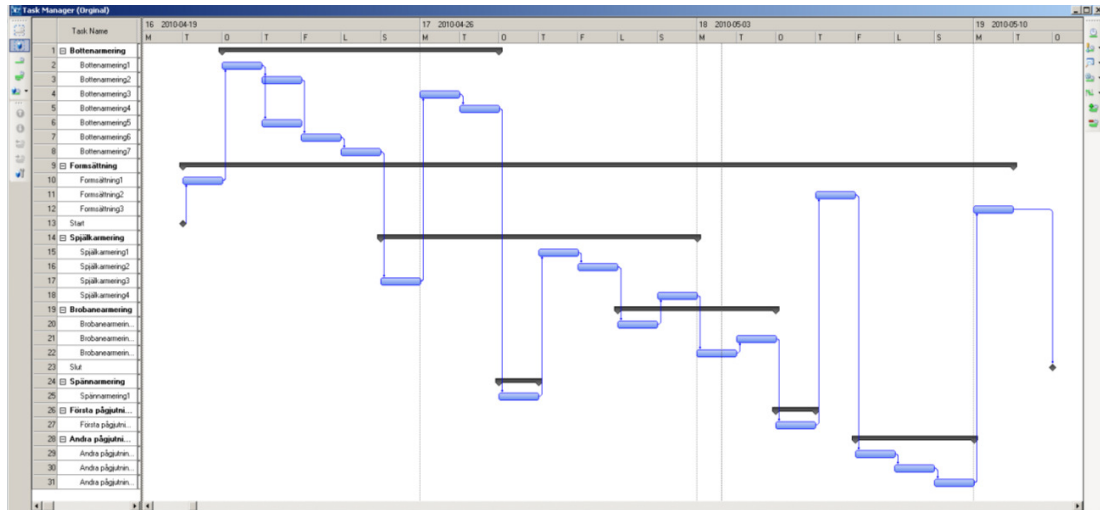


Figur 5.10 Armeringsritning över brodelen i sektion.



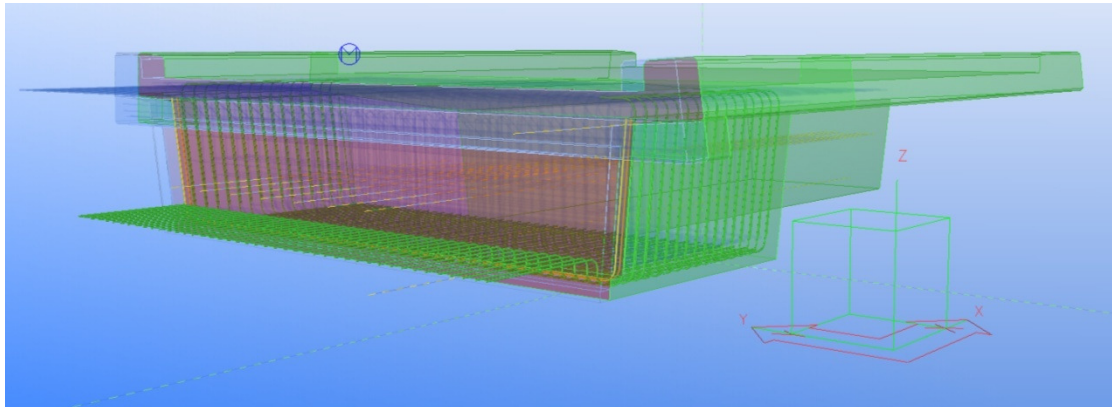
Figur 5.11 Armeringsritning över brodelen sedd i 3D-vy.

Projektplaneringsverktyget Task Manager som finns inbyggt i Tekla Structures har använts för att skapa ett logiskt nätverk med information om armeringsjärns iläggningsordning. Varje armeringsjärnsgrupp har tilldelats en egen aktivitet. Aktiviteterna har sedan knutits samman med kopplingar. Gantt-schemat som styr armeringsiläggningsen visas i Figur 5.12.

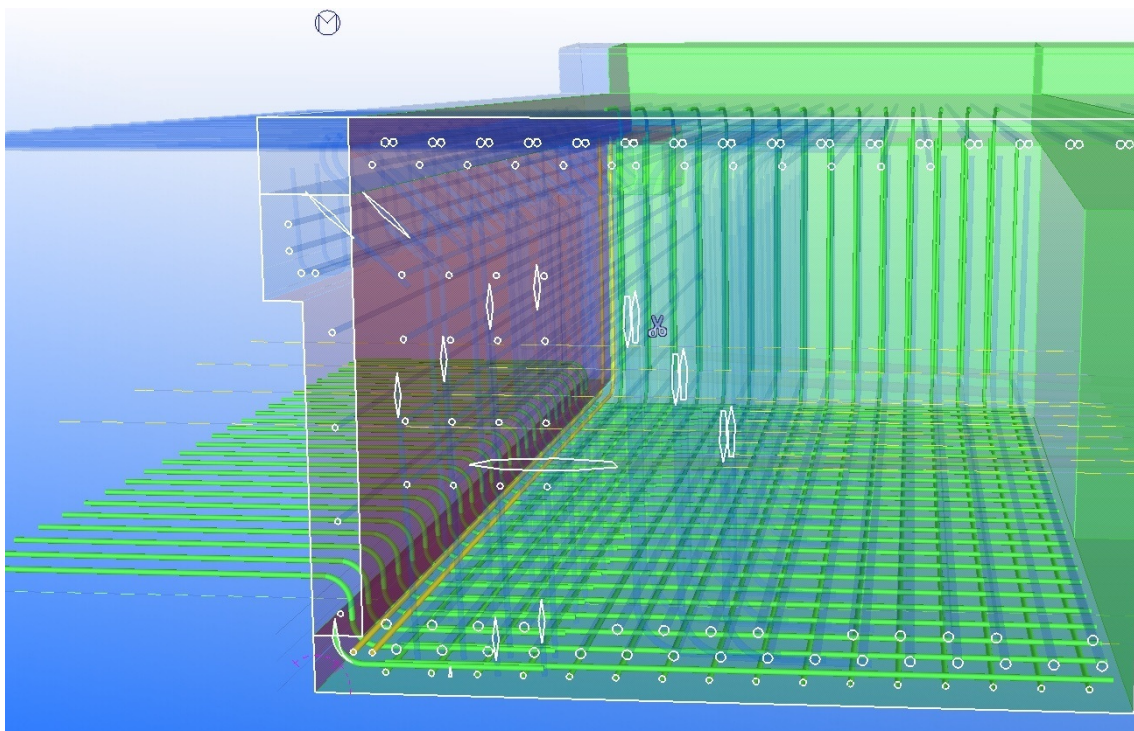


Figur 5.12 Skärmdump av Gantt-diagrammet som styr i vilken ordning armeringsjärnen ska placeras ut.

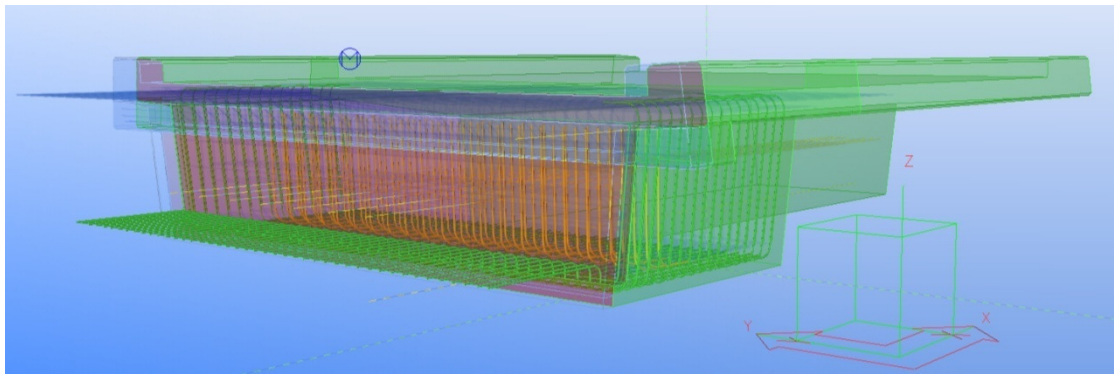
Tekla Structures inbyggda funktion Project Status Visualization användes sedan för att med Gantt-schemats hjälp visualisera i vilken ordning armeringsjärnen ska placeras i formen. I funktion går det att ställa in hur projektstatusen ska visualiseras. I exemplen i Figur 5.13, Figur 5.14, Figur 5.15, Figur 5.16, Figur 5.17 samt Figur 5.18 så illustreras avslutade aktiviteter med grön färg, aktiviteter som pågår med gul färg samt aktiviteter som inte ännu har påbörjats med grå transparent färg. De tre aktiviteterna som visas i figurerna innehåller armeringsjärn som placeras med 90 grader vinkel mot varandra. Om de inte placeras i rätt ordning så kan problem uppstå.



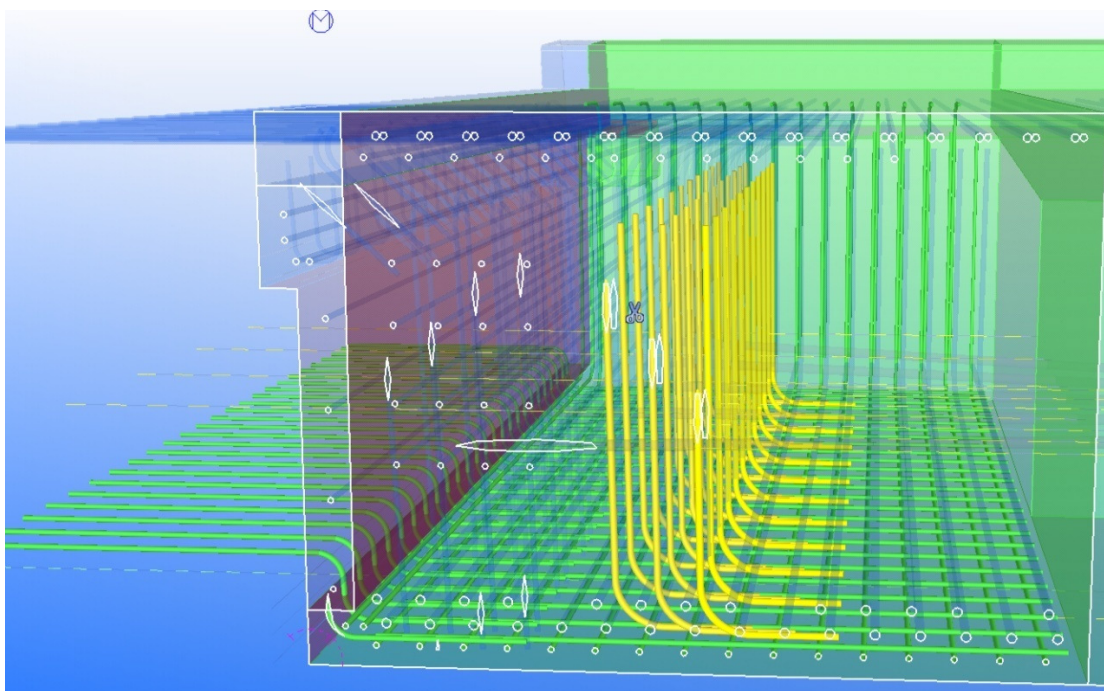
Figur 5.13 Skärmdump av funktionen "Project Status Visualization". De gula järnen representerar den armeringsgrupp som håller på att placeras i formen. De gröna järnen är redan placerade och de transparenta järnen har ännu inte placerats.



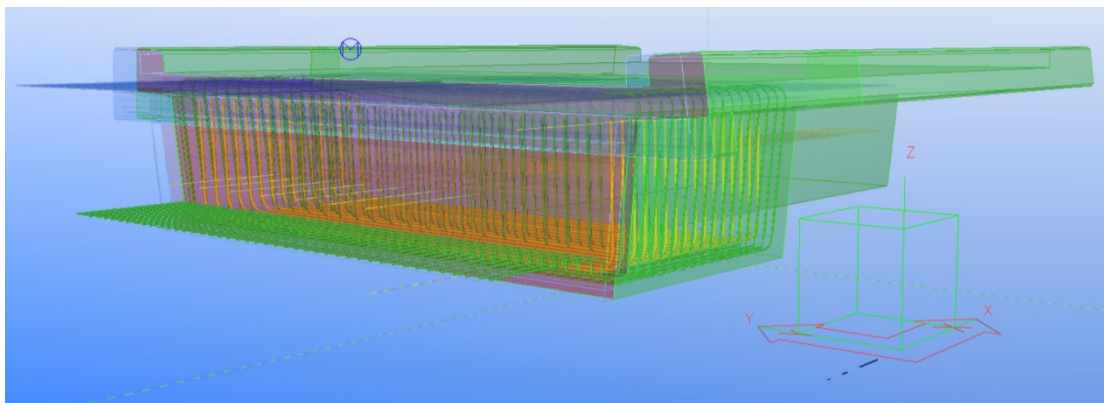
Figur 5.14 Samma järn som i Figur 5.13 men i en annan vy och i genomskärning av bron



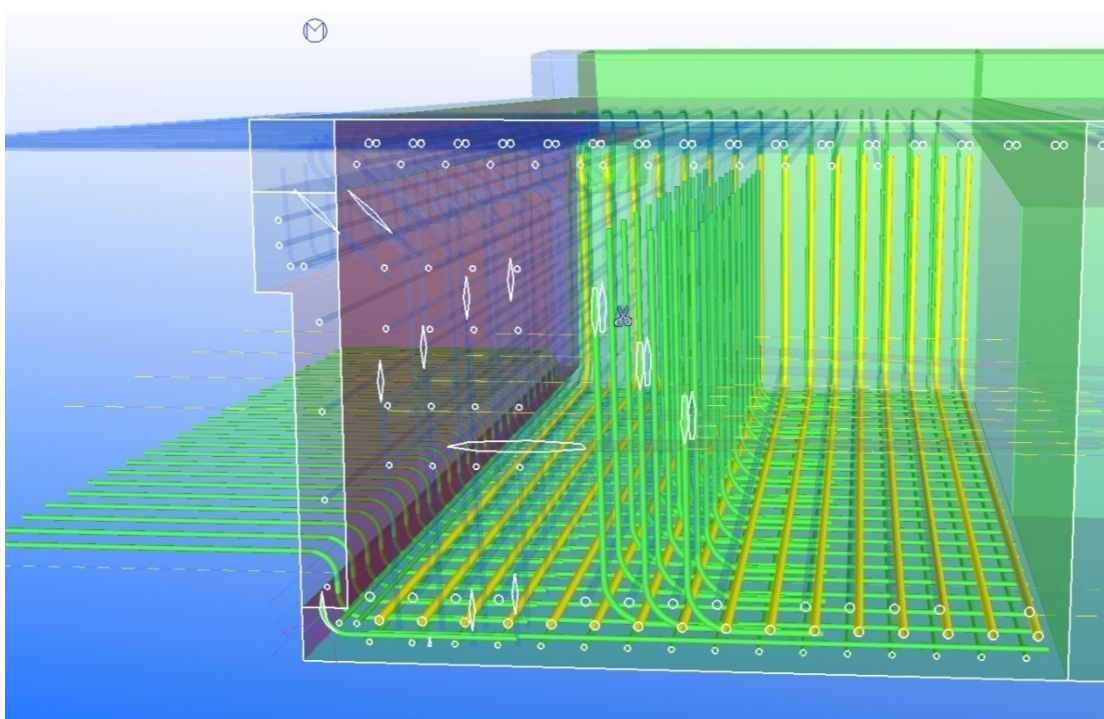
Figur 5.15 Skärmdump av funktionen "Project Status Visualization". De stående gula järnen representerar nästa aktivitet i projektet som ska genomföras.



Figur 5.16 Samma järn som i Figur 5.15 men i genomskrining av bron.



Figur 5.17 Skärmdump av funktionen "Project Status Visualization". De gult markerade armeringsjärnen är den tredje aktiviteten som ska genomföras.



Figur 5.18 Samma armeringsjärn som i Figur 5.17 men i genomskärning av bron i en annan vy. Notera nu att de tre armeringslagren har placerats i 90 graders vinkel till varandra.

Vidare har modellen av brodelen körts genom funktionen Clash Check. Clash Check går igenom hela modellen och plottar sedan i en tabell alla krockar som finns. Ett exempel av en genomförd Clash Check finns i Bilaga D1.

6 Diskussion

Under den tid jag arbetat med att modellera brodelen så har jag funnit ett antal olika fördelar med att arbeta med BIM. Konstruktionsproblem som upptäcks sent i ett projekt kan enkelt ändras i ett BIM-program. Fördelen är att alla ritningar tas ur modellen och därmed så räcker det med att ändra en gång för att ändra ett fel i alla ritningar. I 2D-ritningar så finns ett armeringsjärn med på många olika ritningar. Det gör att om järnet behöver flyttas så kommer ett antal olika ritningar att behöva ändras.

6.1 Svagheter med BIM

Under mina veckor på COWI har jag inte bara funnit positiva sidor med BIM. Tekniken är relativt ny och det finns fortfarande områden som behöver förbättras.

Vägverket och Banverket ställer idag höga krav på ritningarnas utseende. Kraven riktar sig mot utförande på ritningsram, ritningsmarkering, textstorlek och font. De ritningar som Tekla Structures skapar ser inte likadana ut som de ur AutoCAD vilket kan skapa problem. Det finns möjligheter att ändra hur ritningarna ska se ut men det kräver relativt mycket arbete. I Tekla finns det funktioner för att exportera ritningar till AutoCAD. Efter exporten kan ritningen ändras till önskat utseende. Min uppfattning är att det är en svaghet i Tekla att det inte går att erhålla rätt uttryck i deras ritningar. Förhoppningsvis kommer framtida uppdateringar av programvaran att lösa problemet.

6.2 Armerings- och materiallistor

I BIM-program finns möjligheten att skapa materiallistor. Med hjälp av dessa kan mängden betong som behövs beräknas mer exakt än tidigare.

Den största fördelen som jag kan se för brokonstruktörer att använda sig av BIM är möjligheten att skapa armeringsförteckningar. Då alla armeringsjärn i bron har modellerats så kan konstruktören med en enkel knapptryckning få ut listor över vilka armeringsjärn som kommer att behövas specificerade med klipplängder, bockningsradier och övrig användbar information. Det finns även möjlighet att låta programmet kontrollera att inga nationella föreskrifter vad gäller bockningsradier och förankringslängder överskrids.

Ritningar som illustrerar armeringsjärnens position i tre dimensioner borde vara användbara på byggarbetsplatsen. Det skulle kunna användas som ett komplement till vanliga ritningar.

6.3 Krocktest

Möjligheten att göra så kallade krocktester, analyser av hur armeringsjärn och olika delar förhåller sig till varandra, är ett användbart verktyg. Genom att göra en krocktest berättar BIM-modellen för konstruktören vilka armeringsjärn som krockar med varandra. Konstruktören kan då göra ändringar i sin modell för att förhindra krocken. Det underlättar arbetet på arbetsplatsen väldigt mycket. Konstruktören borde kunna marknadsföra detta och sälja tjänsten till entreprenören.

6.4 Planering

Möjligheten att knyta varje objekt i 3D-modellen mot en tidsplan gör att projektet kan planeras mer noggrant. Det finns möjlighet att tidsbestämma när varje armeringsjärn ska läggas i. Det finns även möjlighet att skapa bilder som illustrerar hur armeringen ska placeras i formen. Det borde underlätta arbetet för byggarbetarna på plats.

Hade möjligheten funnits att skapa filmer istället för bilder tror jag att tydligheten skulle öka. En video där all armering placeras i formen för att sedan gjutas igen skulle enligt min uppfattning vara ett bra verktyg för att på arbetsplatsen tydliggöra hur armeringen ska placeras ut. Eventuellt skulle modellen ur Tekla kunna exporteras till något annat program för att kunna skapa en sådan film. Det här projektet har dessvärre inte haft den tid som krävts för att genomföra det men det skulle kunna vara ett bra förslag till ett framtida examensarbete.

Det hade varit bra om det fanns funktioner i Tekla Structures för att låta programmet automatiskt beräkna i vilken ordning armeringen ska placeras. Programmet hade då skapat ett eget Gantt-schema som skulle kunna användas för planering och visualisering av armeringsläggningen. En sådan funktion borde inte vara allt för svår att skapa då principen för armeringsläggning är relativt enkel, nerifrån och upp, samt att armeringsjärns koordinater redan finns i modellen. Att skapa en sådan funktion i Tekla skulle kunna vara ett bra framtida examensarbete.

Ytterligare ett förslag på ett framtida examensarbete är att utvärdera om det verkligen finns en efterfrågan efter de fördelar som har upptäckts under det här projektet. Är entreprenören intresserad av visualiseringsverktygen och 3D-ritningar och är de intresserade av att betala extra för dem?

7 Slutsats

Framtiden för BIM inom brokonstruktion är fortfarande oklar. Många styrkor finns med konceptet men det finns dessvärre även svagheter. Konsulter som väljer att överge klassiska ritprogram så som AutoCAD kommer behöva en längre periods upplärning innan de bemästrar programmet i rätt omfattning.

Styrkorna med att arbeta med BIM är framförallt möjligheten att kunna se i tre dimensioner hur armeringsjärnen är placerade i formen. Visualiseringen kommer att vara bra för projektören men även för byggherren som lätt kan se hur delarna i bron hänger samman. Även entreprenören kommer att kunna utnyttja möjligheten att visualisera bron och dess delar.

Möjligheten att kunna modellera armeringsjärn och sedan kontrollera att de verkligen inte krockar med varandra kommer att ge ritningar och armeringsförteckningar av högre kvalitet än tidigare. Entreprenören kommer förhoppningsvis uppleva att de förbockade armeringsjärnen passar mycket bättre än innan och spara tid. Konstruktören bör kunna ta ut en avgift för den tjänsten. Filmer och bilder över i vilken ordning armeringen ska placeras i bron bör vara av intresse för entreprenören och byggarbetarna. De skulle kunna vara ett bra komplement till traditionella tvådimensionella ritningar.

Vidare bör hela branschen gå över till BIM innan det kan bli lönsamt för projektörerna att arbeta med BIM. Arkitekter, Konstruktörer och Entreprenörer måste alla använda verktyget. Om alla arbetade med BIM och överlämningen av modellen mellan de olika delarna fungerar bra så kommer mycket tid och pengar att sparas.

8 Referenser

Bergh, Å., & Persson, M. (den 18 Mars 2003). *Planering av bygg- och anläggningsprojekt*. Hämtat från Lunds Tekniska Högskola: <http://www.bekon.lth.se/fileadmin/byggnadsekonomi/Planering/Kursmaterial/Planering-Flik01.pdf> den 29 April 2010

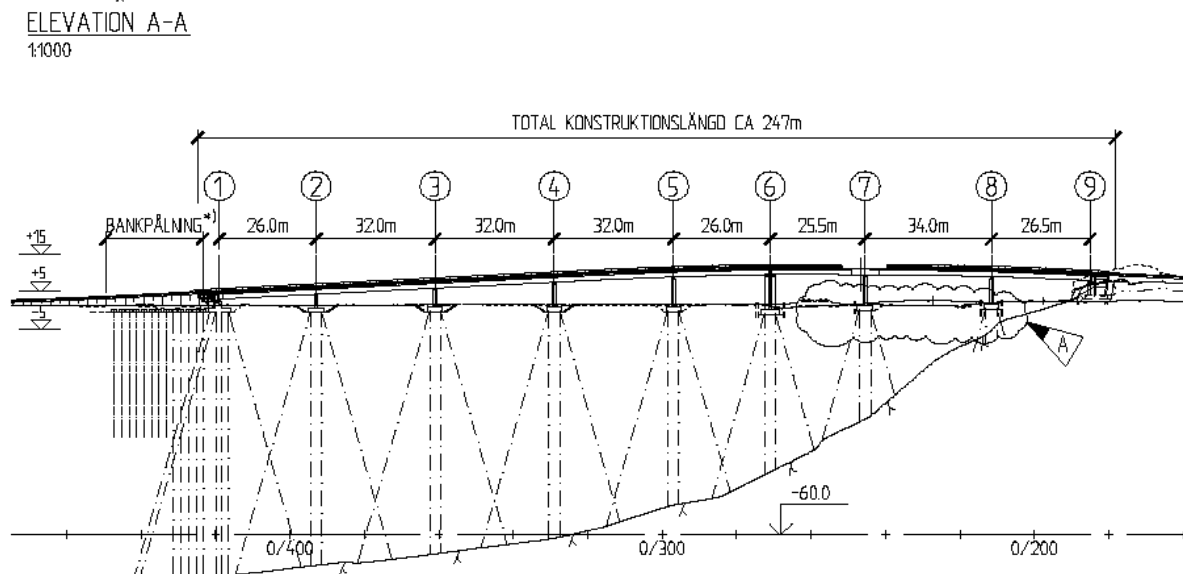
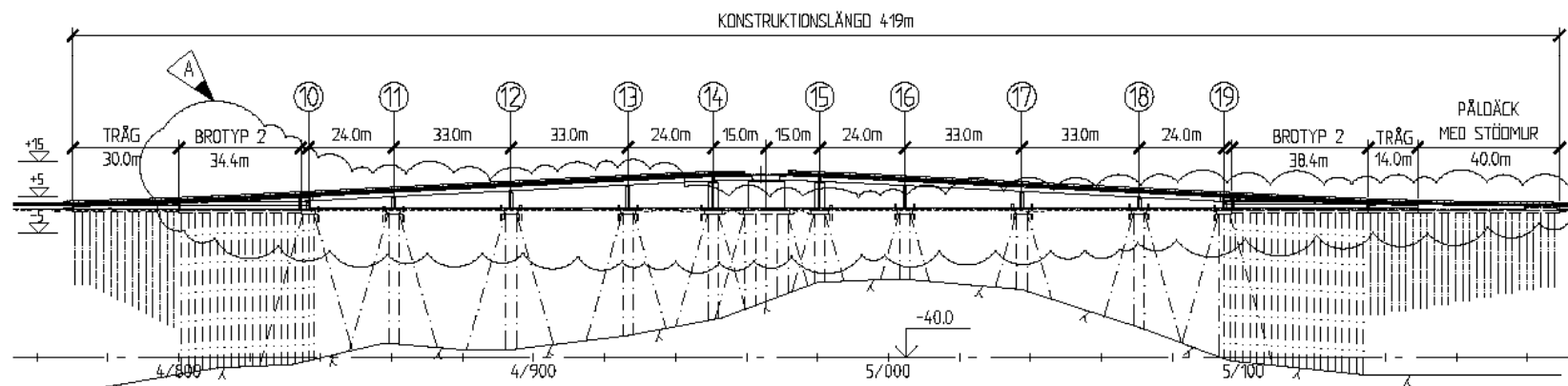
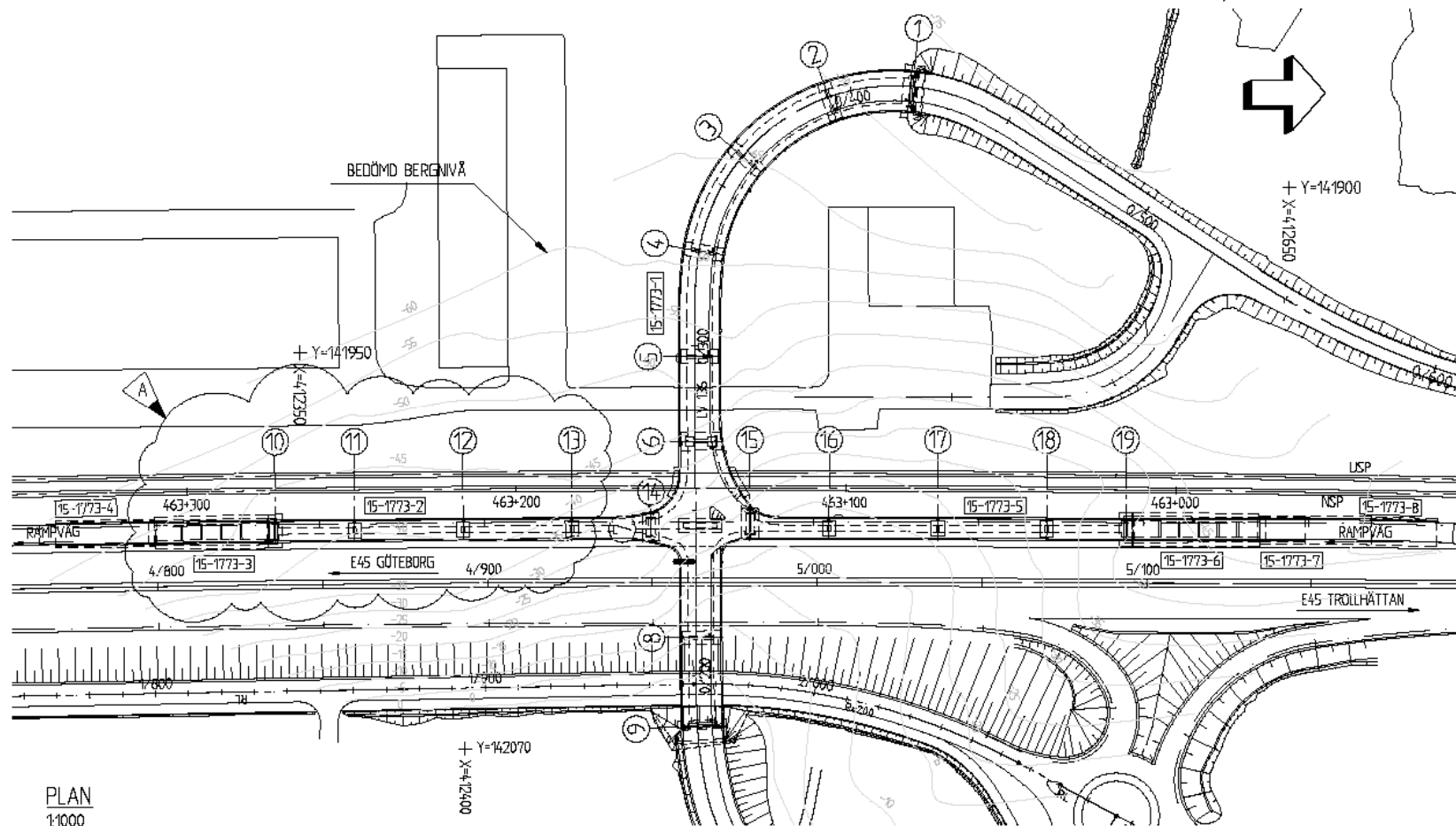
Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Nationalencyclopedin. (den 28 April 2010). *Surte*. Hämtat från Nationalencyclopedin: <http://www.ne.se/surte> den 28 April 2010

Trafikverket. (den 2 Mars 2010). *BanaVäg i Väst*. Hämtat från Trafikverket: http://www22.vv.se/bv_templates/default____22042.aspx den 22 April 2010

Trafikverket. (den 11 Mars 2010). *Västlänken*. Hämtat från Trafikverket: <http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Vastra-Gotaland/Vastlanken---smidigare-pendling-och-effektivare-trafik/> den 27 April 2010

Vägverket - avdelningen för bro och tunnel. (1996). *Broprojektering - en handbok*. Borlänge: Vägverket - avdelningen för intern service.



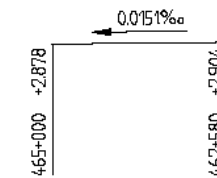
RITNINGSFÖRTECKNING

443K2001	ÖVERSIKT, 15-1773-1 TILL 15-1773-8
443K2002	15-1773-1, HUVUDBRO
443K2003	15-1773-1, HUVUDBRO
443K2004	15-1773-1, HUVUDBRO
443K2005	15-1773-1, HUVUDBRO
443K2006	15-1773-2, 3, 4, SÖDRA RAMPEN
443K2007	15-1773-2, SÖDRA RAMPEN
443K2008	15-1773-5, NORRA RAMPEN
443K2009	15-1773-6, 7, 8, NORRA RAMPEN
443K2010	UTSÄTTNINGSDATA

PLANDATA NEDSPÅR

PUNKT	SEKT	X	Y	ANM.
1	462+873.179	412742.463	141993.710	Lr145 R=12000
2	463+018.205	412597.431	141991.721	
3	464+614.077	411149.341	142065.318	

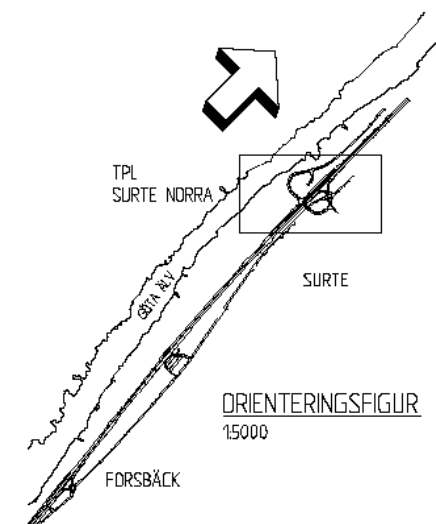
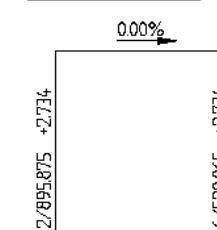
PROFILDATA NEDSPÅR



PLANDATA E45

PUNKT	SEKT	X	Y	ANM.
15	3/763.300	411272.255	142081.369	R=12000 RL
16	5/018.687	412525.551	142019.653	
17	5/523.402	413030.263	142021.220	

PROFILDATA E45



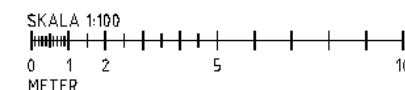
ALLMÄNNA ANVISNINGAR

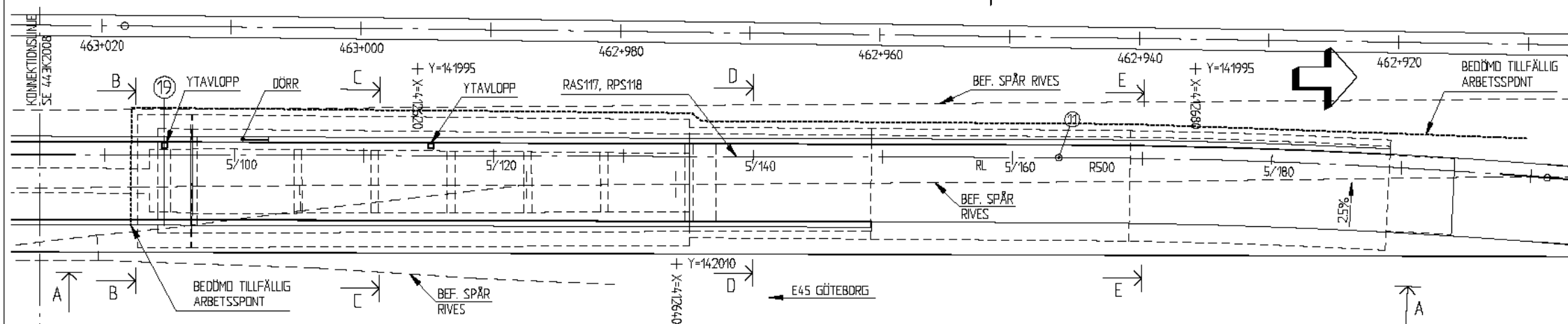
HÖDSYSTEM:	RHB 70
KONSTRUKTIONSLÄNGDER AVSER STAKAD LINJE.	
KOORDINATSYSTEM:	RT 90 7.5 gon V 60: -1
FIX:	FIX 086001 X=412364.5 Y=142079.2 Z=+5.157
BYGGNADSTEKNISK BESKRIVNING:	SE AV FB ENGINEERING AB UPPRÄTTAD TEKNISK BESKRIVNING, BRD OCH GEOTEKNIK, HANDLING 112, DATERAD 2009-10-30.
KONSTRUKTIONSTYP:	KONSTRUKTION 15-1773-1, 2, 5 FÖRUTSÄTT SPÄNNARMERAD.
GRUNDFÖRHÅLLANDE:	SE AV FB ENGINEERING AB UPPRÄTTAD TEKNISK BESKRIVNING, BRD OCH GEOTEKNIK, HANDLING 112, DATERAD 2009-10-30.
REGLER:	ARBETET UTFÖRS ENL. BRD 2004 (PUBL 2004:56) MED SUPPL. 2 (PUBL 2007:106) OCH JÄMTE DÄR ÅBEROPADE REGLER, FÖRESKRIFTER OCH ANVISNINGAR.
FORMSÄTTNING:	FORMSÄTTNING UTFÖRS ENLGT BRD 2004, KAP. 44.2. SYNLIGA YTOR FORMSÄTTS MED SLÅT SKIVFORM MED DETALJER ENLGT RITNING 443K2002. EJ SYNLIGA YTOR FORMSÄTTS MED VALFR FORM.
FYLNING:	FYLNING MOT BRD SKALL SKE MED MATERIAL MED EGENSKAPER ENL. TB bron/geo (HANDLING 112) OCH PÅ SÄDANT SÄTT ATT BETONGYTORN INTE SKADAS. FYLNING OCH PACKNING ENLGT ATB VÄG 2005 KAP. E7, E3 OCH E2.
RÄCKE:	YTERRÄCKE UTFÖRS SOM RÖRPROFILRÄCKE MED FOTPLÅT ENLGT BRD 2004 KAP. 74 AV FÄBRIKAT VÄRMFÖRZKNING MODELL B4 ELLER LIKVÄRDT. I KÖRSNING MELLAN HUVUDBRO OCH RAMPVÄG UTFÖRS STÅNSKYDD ENL. VV-RITN 58325-cy MED HÄRDAT, LAMINERAT KLART GLAS MED UTREDNING ENLGT RITNING 443K2004-443K2005.
BELÄGGNING:	BELÄGGNING OCH ISOLERING PÅ BRD UTFÖRS ENLGT BRD 2004, 62.16. ABS16 70 / 100 40mm PGJA 50mm ISOLERINGSMATTA 5mm BELÄGGNING FÖRHÖJD GC-BANA UTFÖRS ENLGT BRD 2004, 62.116. ABT11 160/220 95mm ABb11 160/220 65mm PGJA 50mm ISOLERINGSMATTA 5mm

REFUGER OCH ÖVRIGA YTSKIKT ENLGT RITNING 400L1911 OCH -20 SAMT 400T1911 OCH -20. KANTSTEN D160 SÄTTS PÅ PGJA.	
UPPBYGGNAD REFUGER:	
SMÄGATSTEN	100mm
JÖRDFUKTIG BETONG	60mm
PGJA	50mm
ISOLERINGSMATTA	5mm
BRORITNINGAR SE 443K2001-443K2010.	
BELYSNING SE RITNINGAR 400E4110 -11 OCH 400E4120 -21 BEF. OCH NYA LEDNINGAR SE RITNING 400W0510, 400W0511, 400W0520.	
KC-PELARE SE 401G1511.	
SKYLAR OCH VÄGMÄRKEN, SE VÄGMÄRKESFÖRTECKNING HANDLING 1111 OCH RITNINGAR 401T4104, TQM, 401T4121. YTSKIKT I ANSLUTNING TILL BRD, SE HANDLING 1111 PUNKT DCK.191 OCH RITNING 400L1911.	

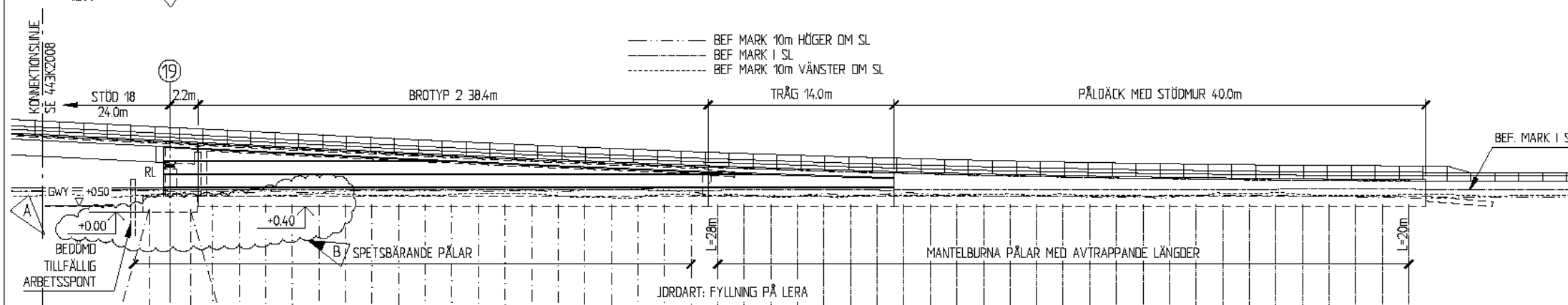
HÄNVISNINGAR

A	3	ENL. ÄPM2	MBM	2010-01-21		
REV	ÄMT	ÄNDEREN AVSEK	ODD	DATUM	VV DATUM	VV DATERINGAR
BYGGHANDLING			Bakgrund information			
			E 45 NORGE/VÄNERBANAN DELEN AGNESBERG-BOHUS			
			ENTREPRENAD E44			
FB Engineering AB Box 10078, 402 41 GÖTEBORG CG PETTERSON MAGU GÖTEBORG			Tf: 031-885 10 00 Fax: 031-885 10 10 161525 MTH 2009-10-30			
			BRD ÖVER E45 OCH JÄRNVÄG TPL SURTE NORRA 15-1773, HUVUDBRO FÖRSLAGSRITNING KONSTRUKTIONSR 15-1773 FÖRSLAGSRITNING OBJEKT NR 542762 RITNINGAR 443K2001			
			FÖRSLAGSRITNING OBJEKT NR 542762 RITNINGAR 443K2001			
			REV A			

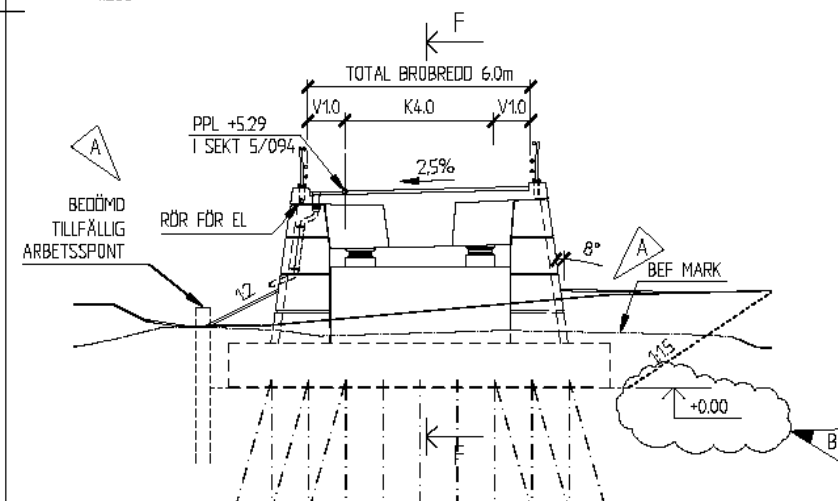




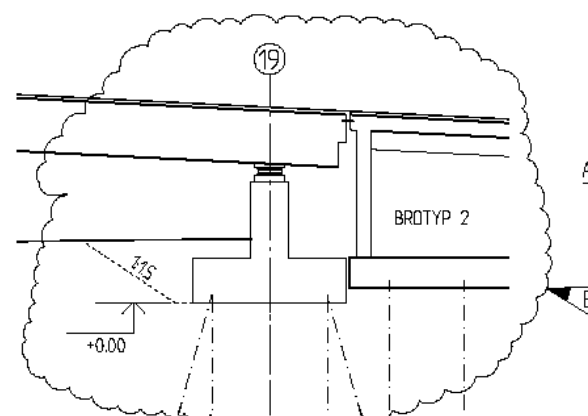
PLAN
1:200



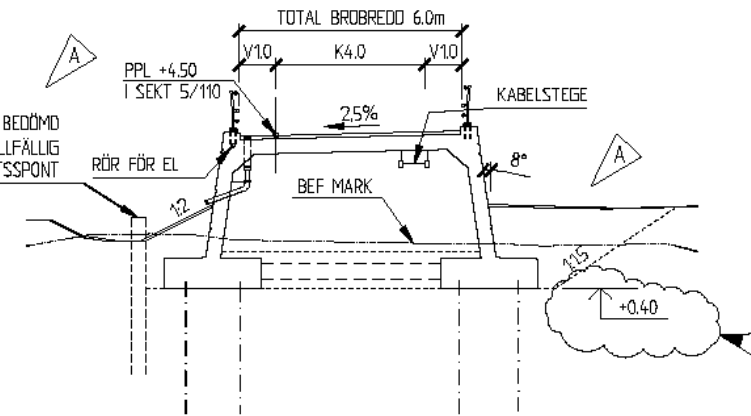
ELEVATION A-A
1:200



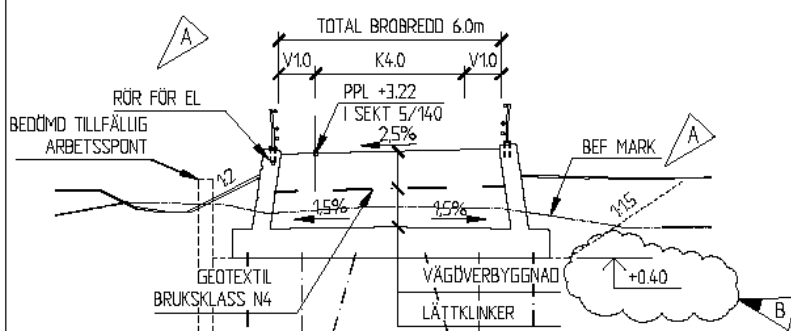
SEKTION B-B
1:100



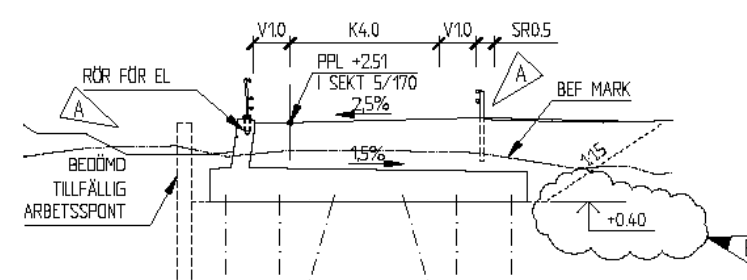
SEKTION F-F
1:100



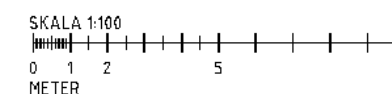
SEKTION C-C
1:100



SEKTION D-D
1:100



SEKTION E-E
1:100



ALLMÄNNA ANVISNINGAR
OCH FÖRESKRIFTER SE RITNING 443K2001

FÖRSLAGET FÖRUTSÄTTER SPÄNNARMERAD BETONG

FÖRKLARINGAR

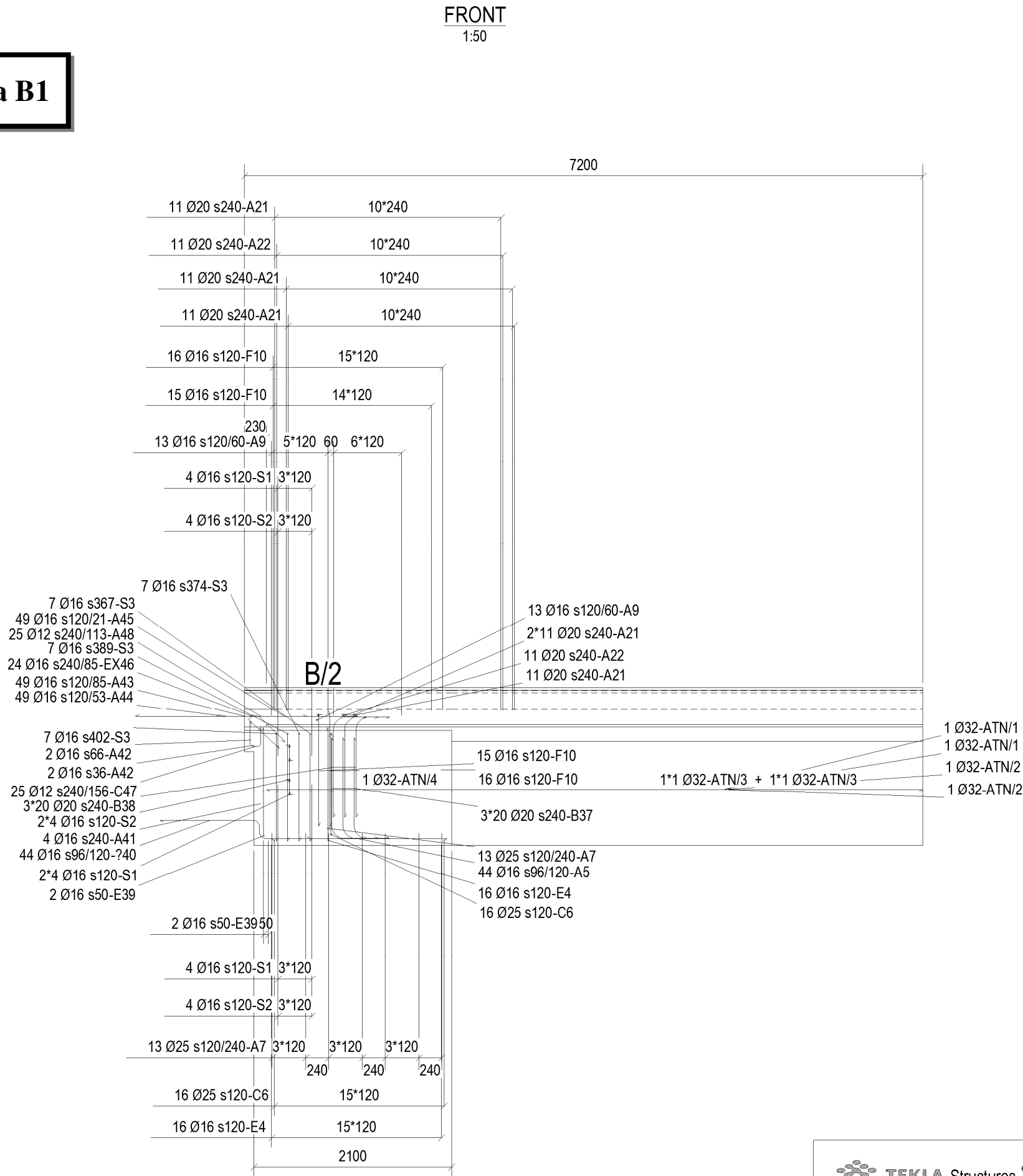
FL, RL AVSER FAST RESPEKTIVE RÖRLIGT LAGER

ANTAGEN PÅLSTOPPSNIVÅ

STÖD	NIVÅ	ANM.
19	-39	
BROTYP 2	-44	

B	6	ENL. ÄPM2	MBM	2010-01-21		
A	11	ENL. ÄPM-01	MBM	2009-12-09		
REV	ART	ANDREAS JÄVER	ODL	DATUM	VY DATUM	VY BESKRIVNING
BYGGHANDLING						
Vägverket BANVERKET						
FB FLYGFÄLTSSBYRÅN						
FB Engineering AB Box 1007, 402 41 GÖTEBORG Tel: 031-888 10 00 Fax: 031-888 10 10						
UPPGÄVANS ANSÖKAN CG PETTERSON			UPPGÄVENS ANSÖKAN 161525			
KONSTRUKTÖR MAGU			KONSTRUKTÖR MTH			
GÖTEBORG			2009-10-30			
OBJEKT NR 542762			RITNING NR 443K2009			
			REV B			

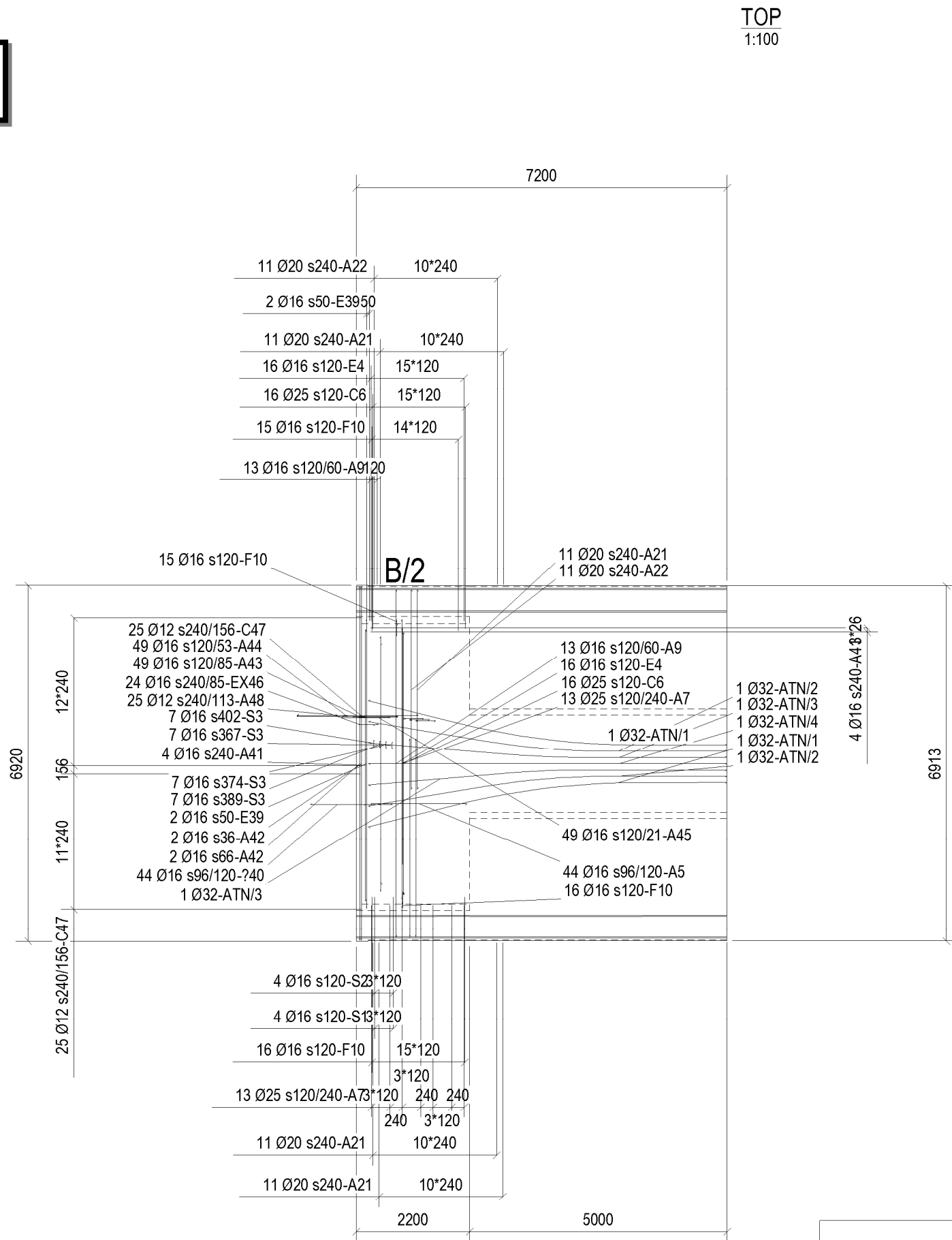
Bilaga B1



INGJUTNINGSFÖRTECKNING			PROJEKT NUMMR: 1										DATUM: 07.05.2010										
			PROJEKT NAMN: Tekla Corporation																				
ELEMENT		ANTAL	KVALITET	VIKT (kg)	VOLYM (m³)																		
B/2		1	Concrete_U	97082	40.45																		
ARMERING																							
TYP	Pos	ANTAL	KVALITET	DIAM.	LÄNGD	a	b	c	d	e	u	v	D	kg/st	kg/tot.								
?	40	44	B500BT	16	1734											2.74	120.56						
A	5	44	B500BT	16	1870	1869										2.95	130.00						
A	7	13	B500BT	25	5300	5300										20.4	265.27						
A	9	13	B500B	16	6767	6766										10.6	138.99						
A	21	22	B500BT	20	3882	3882										9.59	210.96						
A	21	11	B500BT	20	3883	3883										9.59	105.51						
A	22	11	B500BT	20	3885	3885										9.60	105.56						
A	41	4	B500BT	16	5292	5292										8.36	33.45						
A	42	4	B500BT	16	6896	6896										10.9	43.58						
A	43	49	B500BT	16	2360	2359										3.73	182.71						
A	44	49	B500BT	16	1960	1959										3.10	151.74						
A	45	49	B500BT	16	750	749										1.18	58.06						
A	48	25	B500BT	12	960	959										0.85	21.31						
B	37	60	B500B	20	1392	1084	385											125	3.44	206.30			
B	38	60	B500B	20	1368	1080	365											125	3.38	202.75			
C	6	16	B500BT	25	7090	1094	5099	1094											160	27.3	436.74		
C	47	26	B600BT	12	568	272	130	212											32	0.60	12.40		
E	4	16	B500BT	16	7706	1217	5370	1217											100	12.1	194.82		
E	39	2	B500BT	16	7617	1167	5382	1167											84	84	100	12.0	24.07
EX	46	24	B500BT	16	925	451	113	449											88	92	64	1.46	35.07
F	10	31	B500BT	16	1467	1189	328											96	100	2.32	71.87		
S	1	8	B500BT	16	5226	180	4980											8.26	66.06				
S	2	8	B500BT	16	5226	180	4980											8.26	66.06				
S	3	28	B500BT	16	2346	1150	135	1150											60	3.71	103.77		
															Totalt Armering: (kg)		2987.6						
SPÄNNARMERING		ANTAL	KVALITET	DIAM.	UPPSPÄNNING										Total: (kg)								
		7	B500BT	32	0										308.91								
															Totalt Spännarmering: (kg)		308.9						
															Totalvikt: (kg)		100379						

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
			DATUM	
			2010-05-07	
			ANSVARIG	
			SKALA	1:50
			NUMMER	B/2

Bilaga B2



TOP
1:100

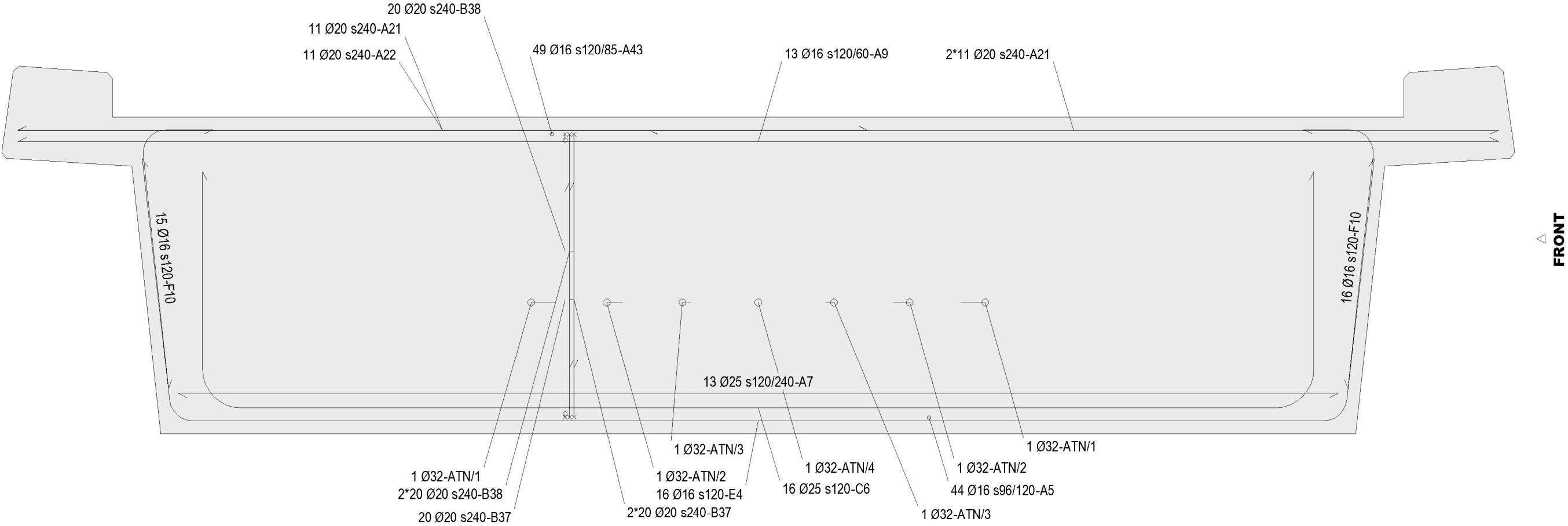
INGJUTNINGSFÖRTECKNING			PROJEKT NUMMER: 1										DATUM: 07.05.2010			
			PROJEKT NAMN: Tekla Corporation													
ELEMENT		ANTAL	KVALITET	VIKT (kg)				VOLYM (m³)								
B/2		1	Concrete_U	97082				40.45								
ARMERING																
TYP	Pos	ANTAL	KVALITET	DIAM.	LÄNGD	a	b	c	d	e	u	v	D	kg/st	kg/tot	
?	40	44	B500BT	16	1734									2.74	120.56	
A	5	44	B500BT	16	1870	1869								2.95	130.00	
A	7	13	B500BT	25	5300	5300								20.4	265.27	
A	9	13	B500B	16	6767	6766								10.6	138.99	
A	21	22	B500BT	20	3882	3882								9.59	210.96	
A	21	11	B500BT	20	3883	3883								9.59	105.51	
A	22	11	B500BT	20	3885	3885								9.60	105.56	
A	41	4	B500BT	16	5292	5292								8.36	33.45	
A	42	4	B500BT	16	6896	6895								10.9	43.58	
A	43	49	B500BT	16	2360	2359								3.73	182.71	
A	44	49	B500BT	16	1960	1959								3.10	151.74	
A	45	49	B500BT	16	750	749								1.18	58.06	
A	48	25	B500BT	12	960	959								0.85	21.31	
B	37	60	B500B	20	1392	1084	385						125	3.44	206.30	
B	38	60	B500B	20	1368	1080	365						125	3.38	202.75	
C	6	16	B500BT	25	7090	1094	5099	1094					160	27.3	436.74	
C	47	26	B500BT	12	568	272	130	212					32	0.60	12.40	
E	4	16	B500BT	16	7706	1217	5370	1217			84	84	100	12.1	194.82	
E	39	2	B500BT	16	7617	1167	5382	1167			84	84	100	12.0	24.07	
EX	46	24	B500BT	16	925	451	113	449			88	92	64	1.46	35.07	
F	10	31	B500BT	16	1467	1189	328					96	100	2.32	71.87	
S	1	8	B500BT	16	5226	180	4980							8.26	66.06	
S	2	8	B500BT	16	5226	180	4980							8.26	66.06	
S	3	28	B500BT	16	2346	1150	135	1150					60	3.71	103.77	
													Totalt Armering: (kg)		2987.6	
SPÄNNARMERING		ANTAL	KVALITET	DIAM.	UPPSPÄNNING										Total: (kg)	
		7	B500BT	32	0										308.91	
													Totalt Spännarmering: (kg)		308.9	
													Totalvikt: (kg)		100379	

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
			DATUM	
			2010-05-07	
			ANSVARIG	
			SKALA	
			1:100	
			NUMMER	
			B/2	

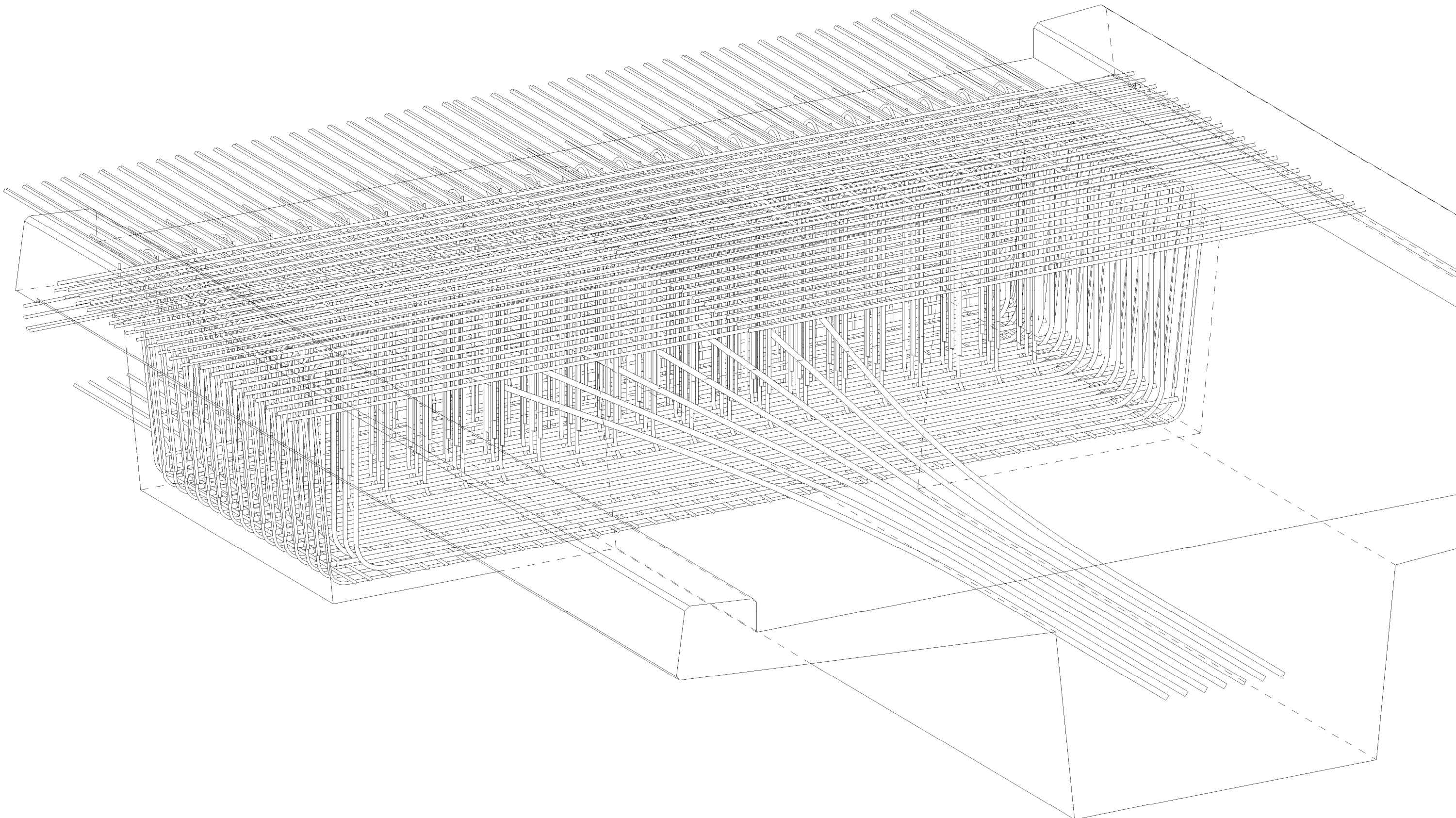
Bilaga B3

INGJUTNINGSFÖRTECKNING				PROJEKT NUMMER: 1				DATUM: 07.05.2010								
TEKLA Structures				PROJEKT NAMN: Tekla Corporation												
ELEMENT		ANTAL		KVALITET		VIKT (kg)		VOLYM (m³)								
B/2		1		Concrete_U		97082		40.45								
ARMERING																
TYP	Pos	ANTAL	KVALITET	DIAM.	LÄNGD	a	b	c	d	e	u	v	D	kg/st	kg/tot.	
?	40	44	B500BT	16	1734									2.74	120.56	
A	5	44	B500BT	16	1870	1869								2.95	130.00	
A	7	13	B500BT	25	5300	5300								20.4	265.27	
A	9	13	B500B	16	6767	6766								10.6	138.99	
A	21	22	B500BT	20	3882	3882								9.59	210.96	
A	21	11	B500BT	20	3883	3883								9.59	105.51	
A	22	11	B500BT	20	3885	3885								9.60	105.56	
A	41	4	B500BT	16	5292	5292								8.36	33.45	
A	42	4	B500BT	16	6896	6896								10.9	43.58	
A	43	49	B500BT	16	2360	2359								3.73	182.71	
A	44	49	B500BT	16	1960	1959								3.10	151.74	
A	45	49	B500BT	16	750	749								1.18	58.06	
A	48	25	B500BT	12	960	959								0.85	21.31	
B	37	60	B500B	20	1392	1084	385							125	3.44	206.30
B	38	60	B500B	20	1368	1080	365							125	3.38	202.75
C	6	16	B500BT	25	7090	1094	5099	1094						160	27.3	436.74
C	47	26	B500BT	12	568	272	130	212						32	0.50	12.40
E	4	16	B500BT	16	7706	1217	5370	1217						100	12.1	194.82
E	39	2	B500BT	16	7617	1167	5382	1167			84	84	100	12.0	24.07	
EX	46	24	B500BT	16	925	451	113	449			88	92	64	1.46	35.07	
F	10	31	B500BT	16	1467	1189	328					96	100	2.32	71.87	
S	1	8	B500BT	16	5226	180	4980							8.26	66.06	
S	2	8	B500BT	16	5226	180	4980							8.26	66.06	
S	3	28	B500BT	16	2346	1150	135	1150					60	3.71	103.77	
Totalt Armering: (kg)														2987.6		
SPÄNNARMERING		ANTAL	KVALITET	DIAM.	UPPSPÄNNING										Total: (kg)	
		7	B500BT	32	0										308.91	
Totalt Spännarmering: (kg)														308.9		
Totalvikt: (kg)														100379		

A - A
1:20



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
			DATUM	2010-05-07
			ANSVARIG	
			SKALA	1:20
			NUMMER	B/2



ARMERINGSFÖRTECKNING

PROJEKTNUMMER: 1

Sida: 1

PROJEKTNAMN: Tekla Corporation

Datum: 22.04.2010

Typ	Num.	Ant.	Sort	Dia.	Len.	a	b	c	d	e	f	g	x	y	v	s	t	u	R	kg/st	kg/all
?	11	16	B500BT	16	1030															1.6	26.2
?	31	9	B500BT	12	1320															1.2	10.6
A	7	11	B500BT	25	1740	1740														6.7	73.7
A	14	4	B500BT	16	1800	1800														2.8	11.4
A	20	59	B500BT	16	1900	1900														3.0	177.1
A	27	19	B500BT	12	1950	1950														1.7	32.9
A	9	14	B500B	16	2140	2140														3.4	47.3
A	5	16	B500BT	16	2180	2180														3.4	55.1
A	19	20	B500BT	16	2280	2280														3.6	72.0
A	17	8	B500BT	16	2350	2350														3.7	29.7
A	36	2	B500BT	16	2370	2374														3.7	7.5
A	23	10	B500BT	20	2620	2623														6.5	64.8
A	18	21	B500BT	16	2720	2720														4.3	90.2
A	24	10	B500BT	20	3110	3114														7.7	76.9
A	21	10	B500BT	20	3120	3123														7.7	77.2
A	35	9	B500BT	16	3370	3374														5.3	48.0
A	22	10	B500BT	20	3620	3624														8.9	89.5
S	1	8	B500BT	16	1860	180	1620								160					2.9	23.6
S	2	8	B500BT	16	1860	180	1620								160					2.9	23.6
EX	32	12	B500BT	12	520	248	138	190								91		89	32	0.5	5.6
EX	33	15	B500BT	16	830	411	77	406							87		93	32	1.3	19.7	

ARMERINGSFÖRTECKNING

PROJEKTNUMMER: 1

Sida: 1

PROJEKTNAMN: Tekla Corporation

Datum: 22.04.2010

B	28	8	B500BT	12	650	368	330													64	0.6	4.7
B	30	8	B500BT	12	780	466	360													64	0.7	5.6
B	29	8	B500BT	12	960	634	372													64	0.9	6.8

C	34	2	B500BT	16	1120	422	376	422					64	1.8	3.6
C	6	15	B500BT	25	3490	958	1696	958					64	13.4	201.9
S	3	8	B500BT	16	2380	1170	143	1169					64	3.8	30.2
S	8	24	B500BT	16	2380	1170	136	1170					64	3.8	90.3
EX	13	4	B500BT	16	1030	376	379	349		82		98	64	1.6	6.5
F	10	34	B500BT	16	1350	1073	331			96		100	2.1	72.7	
E	12	2	B500BT	16	3670	1026	1720	1026		84		84	100	5.8	11.6
E	4	17	B500BT	16	3850	1071	1810	1071		84		84	100	6.1	103.5
B	26	24	B500B	20	1540	1146	476						125	3.8	91.5
B	25	24	B500B	20	1630	1238	478						125	4.0	97.1

Steg: 1 , Phase 1

Total: 1788.7 kg

Total: 1788.7 kg

Bilaga C2

Tekla Structures Project number: 1
 Rebar list Project name: Tekla Corporation

Date: 30.04.2010

Position	Shape	Size	Quantity	Grade	Length (mm)	Weight (kg)	Weight/Tot	Pull-out picture
----------	-------	------	----------	-------	-------------	-------------	------------	------------------

1	S	16	8	B500BT	5220.0	8.2	66.0	
---	---	----	---	--------	--------	-----	------	--



2	S	16	8	B500BT	5220.0	8.2	66.0	
---	---	----	---	--------	--------	-----	------	--



3	S	16	28	B500BT	2340.0	3.7	103.5	
---	---	----	----	--------	--------	-----	-------	--



4	E	16	16	B500BT	7700.0	12.2	194.7	
---	---	----	----	--------	--------	------	-------	--



5	A	16	44	B500BT	1860.0	2.9	129.3	
---	---	----	----	--------	--------	-----	-------	--



6	C	25	16	B500BT	7080.0	27.3	436.1	
---	---	----	----	--------	--------	------	-------	--



7	A	25	13	B500BT	5300.0	20.4	265.3	
---	---	----	----	--------	--------	------	-------	--



9	A	16	13	B500B	6760.0	10.7	138.9	
---	---	----	----	-------	--------	------	-------	--



10 F 16 31 B500BT 1460.0 2.3 71.5



21 A 20 33 B500BT 3880.0 9.6 316.3

3883

22 A 20 11 B500BT 3880.0 9.6 105.4

3885

37 B 20 60 B500B 1390.0 3.4 206.0



38 B 20 60 B500B 1360.0 3.4 201.6



39 E 16 2 B500BT 7610.0 12.0 24.0



40 ? 16 44 B500BT 1730.0 2.7 120.3



41 A 16 4 B500BT 5290.0 8.4 33.4

5292

42 A 16 4 B500BT 6890.0 10.9 43.5

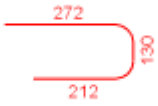
6895

43 A 16 49 B500BT 2350.0 3.7 181.9

2359

44 A 16 49 B500BT 1950.0 3.1 151.0

1959

45	A	16	49	B500BT	740.0	1.2	57.3	
46	EX	16	24	B500BT	920.0	1.5	34.9	
47	C	12	25	B500BT	550.0	0.5	12.2	
48	A	12	25	B500BT	950.0	0.8	21.1	

Bilaga D1

Clash Check Manager - till rapp.xml

Flag	Number	Type	Status	Priority	Date Modified	Object ID	Assembly ID	Object Name	Comment
	1	Clash			2010-05-03 14:08	91837; 201043		REBAR(2)	
	2	Clash			2010-05-03 14:08	195375; 201043		REBAR(2)	
	3	Clash			2010-05-03 14:08	91837; 201037		REBAR(2)	
	4	Clash			2010-05-03 14:08	195375; 201037		REBAR(2)	
	5	Clash			2010-05-03 14:08	91837; 201031		REBAR(2)	
	6	Clash			2010-05-03 14:08	195375; 201031		REBAR(2)	
	7	Clash			2010-05-03 14:08	91104; 199893		REBAR(2)	
	8	Clash			2010-05-03 14:08	195890; 199893		REBAR(2)	
	9	Clash			2010-05-03 14:08	199791; 199893		REBAR(2)	
	10	Clash			2010-05-03 14:08	195939; 199791		REBAR(2)	
	11	Clash			2010-05-03 14:08	95337; 195755		REBAR(2)	
	12	Clash			2010-05-03 14:08	190465; 195755		REBAR(2)	
	13	Clash			2010-05-03 14:08	191822; 195755		REBAR(2)	
	14	Clash			2010-05-03 14:08	91104; 195375		REBAR(2)	
	15	Clash			2010-05-03 14:08	91104; 91837		REBAR(2)	

Ready

15 clashes