

Sammanställande av bibliotek för standardlösning i Tekla/Trimble Connect

Jonathan Nygård

Examensarbete för (YH) ingenjörsexamen

Utbildningsprogrammet för byggnads- och samhällsteknik

Vasa 2023

EXAMENSARBETE

Författare: Jonathan Nygård
Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, Vasa
Inriktning: Byggnadskonstruktion
Handledare: Aleksi Slotte (Nordec) Anders Borg (Novia)

Titel: Sammanställande av bibliotek för standardlösning i Tekla/Trimble Connect

Datum: 05.06.2023

Sidantal: 37

Bilagor: 1

Abstrakt

Detta examensarbete har blivit beställt av Nordec OY. Arbetet består av att skapa en 3D-modell med anslutningar samt detaljritningar på dessa anslutningar som ofta är återkommande från projekt till projekt för att försöka skapa en typ av standardisering inom företaget. Informationen på detaljritningarna är minimal eftersom tjocklekar på plåtar samt skruvstorlekar varierar från projekt till projekt.

Modellen kommer göras till en IFC-modell vilket möjliggör lättare åtkomst till modellen för alla på företaget. Arbetet är utfört med hjälp av programvaran Tekla Structures för att både skapa 3D modellen med anslutningarna samt för detaljritningsfabrikationen. Arbetet tar också upp grundläggande teori vid dimensionering av förband och framför allt skruvförband samt en del anslutningar och förband som inte blivit modellerade i 3D-modellen.

Resultatet av detta examensarbete är en IFC-modell med modellerade anslutningar samt detaljritningar på dessa anslutningar som företagets anställda kan ta del av.

Språk: svenska

Nyckelord: Anslutning, Infästning, Modellering, Standardlösning

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Jonathan Nygård
Koulutus ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu
Ohjaaja(t): Aleksi Slotte (Nordec) Anders Borg (Novia)

Nimike: Standardiratkaisujen kirjaston kokoaminen Tekla/Trimble Connectiin.

Päivämäärä: 05.06.2023

Sivumäärä: 37

Liitteet: 1

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tilattu Nordec OY:ltä. Työn tarkoituksena on luoda 3D-malli liitoksineen sekä näiden liitosten yksityiskohtaiset piirustukset, jotka ovat usein toistuvia projekteissa standardoinnin edistämiseksi yrityksessä. Tiedot yksityiskohtaisissa piirustuksissa ovat vähäisiä, koska levyjen paksuudet ja ruuvien koot vaihtelevat projektista toiseen.

Malli tehdään IFC-malliksi, mikä helpottaa mallin saatavuutta kaikille yrityksen työntekijöille. Työ tehdään Tekla Structures-ohjelmistolla sekä 3D-mallin luomiseksi että yksityiskohtaisen piirustuksen valmistamiseksi. Työ käsittelee myös perusteoriaa liitosten mitoittamisesta, erityisesti ruuviliitoksista, sekä joitain liitoksia ja yhdistelmiä, joita ei ole mallinnettu 3D-malliin.

Tämän opinnäytetyön tulos on IFC-malli, jossa on mallinnetut liitokset sekä näiden liitosten yksityiskohtaiset piirustukset, joihin yrityksen työntekijät voivat tutustua.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: Liitos, Kiinnitys, Mallinnus, Vakioratkaisu

Author: Jonathan Nygård
Degree Programme: Construction Engineering, Vaasa
Specialization: Structural Engineering
Supervisor(s): Aleksi Slotte (Nordec), Anders Borg (Novia)

Title: Compiling a Library for Standard Solutions in Tekla/Trimble Connect.

Date: 05.06.2023

Number of pages: 37

Appendices: 1

Abstract

This thesis has been commissioned by Nordec OY. The work involves creating a 3D model with connections and detailed drawings of these connections, which often recur from project to project in an attempt to establish a form of standardization within the company. The information on the detailed drawings is minimal because plate thicknesses and screw sizes vary from project to project.

The model will be created as an IFC model, allowing easier access to the model for everyone in the company. The work is carried out using the Tekla Structures software, both for creating the 3D model with the connections and for the fabrication of detailed drawings. The work also covers basic theory on the dimensioning of joints, especially screw connections, as well as some connections and joints that have not been modeled in the 3D model.

The result of this thesis is an IFC- model with modeled connections and detailed drawings of these connections that can be accessed by the company's employees.

Language: Swedish

Keywords: Connection, Fastening, Modeling, Standard Solution

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	1
1.1	Beställare	1
1.2	Bakgrund.....	1
1.3	Mål och syfte.....	1
1.4	Metodval och avgränsningar	2
1.5	Utförande	2
2	ALLMÄNT OM ANVÄND PROGRAMVARA	3
3	ANVÄNDNINGEN AV STANDARDLÖSNINGAR GENOM BYGGNADSPROCESSEN ...	4
3.1	Försäljning.....	4
3.2	Planering	4
3.3	Tillverkning.....	4
3.4	Montage	5
4	ALLMÄN TEORI OM FÖRBAND.....	5
4.1	Grundläggande dimensioneringsregler för förband	5
4.1.1	Förutsättningar.....	7
4.1.2	Knutpunkters bärförmåga.....	7
4.1.3	Dimensioneringsantaganden	7
4.2	Skruvförband	8
4.2.1	Klass A: Hålkantförband	9
4.2.2	Klass B: Friktionsförband i bruksgränstillstånd.....	9
4.2.3	Klass C: Friktionsförband i brottgränstillstånd.....	9
4.2.4	Klass D: Icke-förspända	10
4.2.5	Klass E: Förspända	10
4.2.6	Kant- och centrumavstånd	11
4.2.7	Dimensionerande bärförmåga för skruvar	11
4.3	T-styckefläns	14
4.3.1	Beräkningsmodell för T-styckefläns.....	14
4.3.2	Ekvivalent T-styckefläns	19
4.3.3	Tryckbelastat ekvivalent T-stycke.....	21
4.4	Dimensionering av svetsar	23
4.4.1	Dimensionering av kälsvets med hjälp av den förenklade metoden	23
4.4.2	Dimensionering av kälsvets med hjälp av komposantmetoden.....	24
5	ANSLUTNINGAR OCH INFÄSTNINGAR.....	25
5.1	Balk-pelarinfästning	26
5.2	Pelartopp.....	28
5.3	Balkskarv.....	30

5.4	Balk-Balkinfästning.....	32
6	RESULTAT.....	34
6.1	Företagets bilaga.....	34
7	DISKUSSION.....	35
8	Källförteckning.....	37

1 INLEDNING

Detta är ett examensarbete för byggnadsingenjörsexamen på yrkeshögskolenivå med inriktningen byggnadskonstruktion. I samband med inledning kommer följande att tas upp, beställare av arbetet, arbetets syfte, vilka metoder som använts samt olika avgränsningar som gjorts. Programmen som används kommer också att presenteras kort.

1.1 Beställare

Beställaren av arbetet är Nordec OY som grundades år 2020 när Normek OY och Ruukki Building Systems OY slogs ihop i maj samma år och var då en del av Europas Största leverantör av stålbroar och stålkonstruktioner, Donges Group. Sedan 2022 ägs Nordec av ett nytt konsortium företag där de största aktieägarna är Harjavalta OY och Tirinom OY.

Nordec är för tillfället en av de ledande leverantörerna av stålstommar för byggnader, fasader och broar i Norden. Nordecs verksamhetsområden hittas främst i Norden men produktion och verksamhet finns också i länderna Litauen, Tjeckien och Polen. Nordec har idag cirka 600 anställda i sex länder. (Nordec, 2023).

1.2 Bakgrund

Nordecs huvudsakliga modelleringsprogramvara är för tillfället Tekla Structures. Tekla används som hjälpmedel i planeringsprocessen och i programmet modelleras alla enskilda färdigt dimensionerade delar i 3D. Modellerna används främst för att kunna åskådliggöra projektets olika faser och för att ta fram olika typer av ritningar. För tillfället har Nordec begränsad standardisering av olika anslutningslösningar vilket orsakar onödigt arbete i början av planeringsprocessen. Det förekommer upprepning av anslutningstyper från ett projekt till ett annat, men dessa finns inte presenterade som standardlösningar.

1.3 Mål och syfte

Syftet med detta examensarbete var att försöka förenkla och effektivisera försäljningen av stålkonstruktioner, modelleringen av anslutningar, tillverkningen av delar samt monteringen av konstruktionen. Målsättningen var att försöka minska på variationen av anslutningar och lösningar och detta styr i sin tur också vilka typer av stomlösningar som används. Målet var att skapa en 3D modell i Tekla Structures med de vanligaste och mest återkommande anslutningarna/lösningarna. De skall vara tillgängliga i alla de olika delarna av projektet.

Ansvarspersoner skall då ha tillgång till denna modell och kunna ta del av den för att få en översikt över vilka typer av anslutningar som används och för att lätt kunna hitta möjliga lösningar till olika situationer. Genom att ha dessa lösningar klara och specificerade så byggs också en tillit hos nya kunder. Detta tillämpas på singlestorey projekt som i huvudsak är hallbyggnader i ett till två plan.

1.4 Metodval och avgränsningar

Arbetet och framför allt modelleringen av dessa anslutningar har gjorts med hjälp av fördjupning av Tekla Structures funktioner samt fördjupning av handboken Hitsatut Profilit och Stålbyggnadsinstitutets handbok om anslutningar. All modellering och ritningstillverkning utfördes också med hjälp av Tekla Structures.

Arbetet består enbart av modellering och ritningstillverkning. Under startmötet diskuterades möjligheten att skapa en handbok för dessa anslutningar men detta skrotades för att inte göra examensarbetet för omfattande. Det diskuterades också om anslutningarna i detta arbete skulle göras till smarta komponenter det vill säga att komponenterna justeras automatiskt beroende av storleken på profilerna som är sammankopplade och beroende av hur stora spänningar som uppstår men detta skrotades också. Dimensioneringen av anslutningarna måste göras projektspecifikt eftersom stora spänningsskillnader kan förekomma i olika projekt. Risken för att komponenterna i anslutningarna är för svaga finns också likaså överdimensionering. Nordec har flera olika avdelningar som fokuserar på olika typer av konstruktioner bland annat Multistorey, Singlestorey och Bridgestructures men detta arbete kommer endast tillämpas på Singlestorey hallar.

1.5 Utförande

Arbetet påbörjades med modelleringen av en stålstomme utan detaljer i Tekla Structures och sedan insamling av preliminär data från handledaren på Nordec i form av anslutningar. Dessa anslutningar modellerades därefter in i 3D modellen med korrekta bultavstånd samt plåttjocklekar. Modellen gjordes sedan till en IFC-fil och skickades ut till anställda på företaget för en kommentarsrunda där de då kunde komma med förbättringsförslag och andra tillägg. Förbättringsförslagen från rundan inarbetades sedan i en slutlig modell. Slutligen skall IFC modellen skapas och detaljritningar på alla enskilda anslutningar tillverkas.

2 ALLMÄNT OM ANVÄND PROGRAMVARA

Tekla Structures är en typ av BIM-programvara. Tekla blev en del av Trimble år 2011 och är först och främst ett 3D-modelleringsverktyg för detaljering av trä, stål och betong samt ett ritningsframställningsverktyg. Tekla fungerar också tillsammans med andra program eftersom det är uppbyggt med hjälp av Microsofts .NET system (nti, 2023) som fungerar som en standard när det kommer till sammanslagningen av två dataapplikationer. Dataöverföringar mellan andra program och Tekla görs vanligtvis genom att spara datan som en IFC fil. En IFC är ett standardformat som används för BIM-data som innehåller all nödvändig data som krävs för det specifika projektet. Filen kan innehålla all information som finns i källfilen eller endast delar av den och är oftast en blandning av både geometrisk och icke-geometriska data. (nti, 2023).

BIM som står för Building Information Modelling och förändrar i grunden de metoder som använts tidigare för design och standarder för byggnadsdesign, leverans och drift. BIM idag har mognat från att vara objektbaserad parametrisk modellering till sviter av program som till stor del används inom ingenjörers och byggbranschen. BIM ger en översikt över skapandet och hanteringen av information om en byggnad i olika projekt. BIM är baserad på en intelligent modell och kan bli verklighet genom en typ av molnplattform som integrerar mängder av data från en rad olika branscher för att på så sätt skapa en digital representation över en byggnads livscykel ända från design skedet till att byggnaden är i full drift. (Kensek & Noble, 2014)

Det finns otaliga fördelar med BIM men några av de främsta är möjligheten att kunna utföra kostnadsberäkningar, riskanalyser och schemaläggning. Genom att använda BIM blir byggnadsprocessen också mer interaktiv och visuell vilket hjälper projektledare att enklare kunna förstå och granska en design av en byggnad. Att testa olika typer av lösningar innan byggskedet påbörjas är också möjligt med hjälp av BIM. (Trimble, 2023)

3 ANVÄNDNINGEN AV STANDARDLÖSNINGAR GENOM BYGGNADSPROCESSEN

I detta kapitel presenteras tillämpningarna av standardlösningarna genom byggnads- och planeringsprocessen och hur olika personer på företaget kan ha nytta av dessa lösningar. Standardisering kan hjälpa företaget att få en gemensam grund och förenkla kommunikationen mellan anställda och kunder för att skapa en så effektiv arbetsmiljö som möjligt.

3.1 Försäljning

Vid försäljningen av projekt behöver försäljarna ha en förståelse över vad företaget har att erbjuda för att kunna förhandla om projekt. Standardlösningarna ger försäljarna en djupare insikt i vad företaget erbjuder och kan därmed också presentera konkreta lösningar åt eventuella kunder. Detta bygger en tillit hos kunderna eftersom de då kan se att företaget har kunskap och varit involverade i liknande projekt tidigare. Standardlösningarna gör också att företaget kan vara mer konkurrenskraftigt när det kommer till förhandlingarna av projekt. Planeringstiden, tillverkningen och montering kan då optimeras vilket i sin tur leder till att man kan erbjuda ett bättre pris.

3.2 Planering

I planeringsskedet blir det enklare att få fram vilken typ av lösningen som skall användas i olika situationer eftersom de då redan är dokumenterade i form av en 3D modell och detaljritningar. Detta optimerar arbetsprocessen eftersom mindre tid går åt att fundera tillsammans med kollegor över vilken lösning som vore bäst, istället kan modelleringen påbörjas direkt. Speciellt nyttigt är det för nya anställda på företaget som får en konkret översikt över vilka typer av anslutningar som främst används och kan på så sätt bekanta sig själva med detta. Dimensioneringen av anslutningarna förenklas också något eftersom anslutningarna och stomkonstruktionerna nu ser relativt lika ut från projekt till projekt vilket betyder att de som dimensionerar nu i stora drag vet vilken plåttjocklek och svetsstorlek som krävs vid olika laster.

3.3 Tillverkning

Standardisering vid tillverkning av komponenter och delar kan ha en stor inverkan på effektiviteten av produktionen. Ifall varje komponent som planeras har olika utseende och

egenskaper försvårar det arbetet på fabriken avsevärt. Olika typer av utrustning krävs för olika typer av konstruktionstillverkning och ifall en stor del av de detaljer som designas och tillverkas har en liknande design kommer utrustningen som används till tillverkningen vara den samma. Standardiseringen underlättar också för fabriksarbetarna eftersom de inte behöver klura ut hur en komponent eller del skall tillverkas till varje nytt projekt utan de hålls på en relativt lika nivå från projekt till projekt. Allt detta kommer i sin tur att öka effektiviteten av detaljtillverkningen och spara pengar för företaget. Arbetsledarna på fabriken kan också få tillgång till den slutliga 3D-modellen där de kan gå in och undersöka hur de olika detaljerna är uppbyggda.

3.4 Montage

Monteringskedet i ett projekt är ett av de mest kritiska på grund av oförutsägbara händelser så som väder och vind som kan orsaka stopp på konstruktionsplatsen vilket i sin tur skapar förseningar. Standardlösningar är därför viktiga också när det kommer till monteringen för att således underlätta för montörerna i form av att inte behöva fundera över hur alla enskilda anslutningar skall monteras till varje projekt. Standardlösningarna har då till stor del liknande design drag från projekt till projekt och på sätt optimeras även monteringskedet.

4 ALLMÄN TEORI OM FÖRBAND

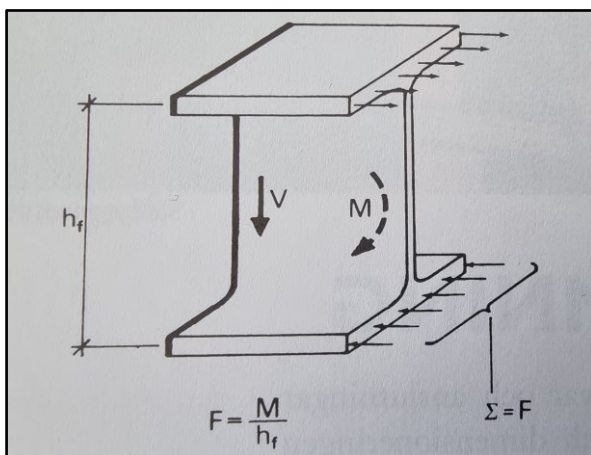
Eftersom arbetet till stor del varit praktiskt och inte teoretiskt kommer det nu tas upp en del grundläggande teori om dimensioneringen av förband. Den största betoningen kommer sättas på skruvförband.

4.1 Grundläggande dimensioneringsregler för förband

När det gäller dimensionering av detaljer skiljer det sig från dimensionering av balkar och pelare. Elementär balkteori, som antar en plandeformation över tvärsnittet, är inte direkt tillämpligt på ett lokalt område där lasterna förs in i detaljen. Det relevanta området har en utsträckning av samma storleksordning som tvärsnittsmåtten. I stället använder man förenklade beräkningsmodeller som beskriver hur krafterna verkar i anslutningen på ett rimligt sätt, med beaktande av jämviktsvillkoren. Det förutsätts att det sker en viss omfördelning av krafter och moment i anslutningen och anslutande delar. Detta är möjligt

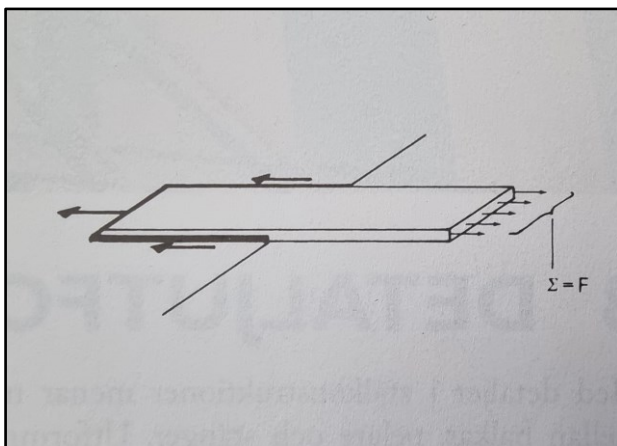
tack vare stålets förmåga att plasticera och dess goda deformationsförmåga. (Lundin K, 2008, s. 120)

Nedanstående figur visar ett exempel på hur beräkningsmodellen för en vanlig infästning kan se ut. För balkar med I-tvärsnitt så som i figuren nedan brukar momentet vanligtvis ersättas med kraftpar i flänsarna, det vill säga kraften gånger hävarmen är lika med momentet. I sin tur antas dock tvärkraften endast påverka livet och ge jämnt fördelade spänningar över livhöjden.



Figur 1. Beräkningsmodell för svetsad infästning av I-balk (Lundin K, 2008).

En annan typ av beräkningsmodell för hur kraftomlagringar utnyttjas visas i figur 2 med hjälp av en plattstång. I den infästa stängen uppstår töjningar vilket i sin tur leder till att spänningarna blir större i de delar av svetsen som är närmast den yttre kraften. I brottsgränstillstånd uppkommer små plastiska töjningar i svetsarna vilket leder till att spänningarna omfördelas. Svetsgruppens bärförmåga kan antas vara lika med summan av bärförmågan för varje enskild delsvets ifall svetsarna inte är för långa. (Lundin K, 2008, s. 120)



Figur 2. Beräkningsmodell för svetsad infästning av dragen plattstång (Lundin K, 2008).

En detaljs sammanfogning kan antingen ske med ett svets- eller skruvförband. Det finns otaliga faktorer som påverkar vilken typ av sammanfogningsmetod som används men i verkstad används uteslutande svetsförband och på byggarbetsplatsen använder man sig oftast av skruvförband. (Lundin K, 2008, s. 120).

4.1.1 Förutsättningar

Vid dimensionering av anslutningar med hjälp av eurokoder krävs det att kvaliteten på byggandet följer de krav som ställs i utförandestandarderna i 1.2 samt att de byggmaterial som används följer EN 1993. (EN 1993-1-8, 2005, s. 17).

4.1.2 Knutpunkters bärförmåga

Knutpunkterna bör dimensioneras enligt grundkomponentens bärförmåga och antingen elasticitetsteori eller elasto-plastisk teori är möjligt att använda vid beräkning av knutpunkter. I vissa fall kan fästelement med olika styvheter användas för att ta upp skjuvkraft och vid sådana fall krävs det att fästelementet med den högsta styvheten blir dimensionerad för hela lasten. I punkt 3.9.3 finns dock ett undantag från denna dimensioneringsmetod. (EN 1993-1-8, 2005, s. 17).

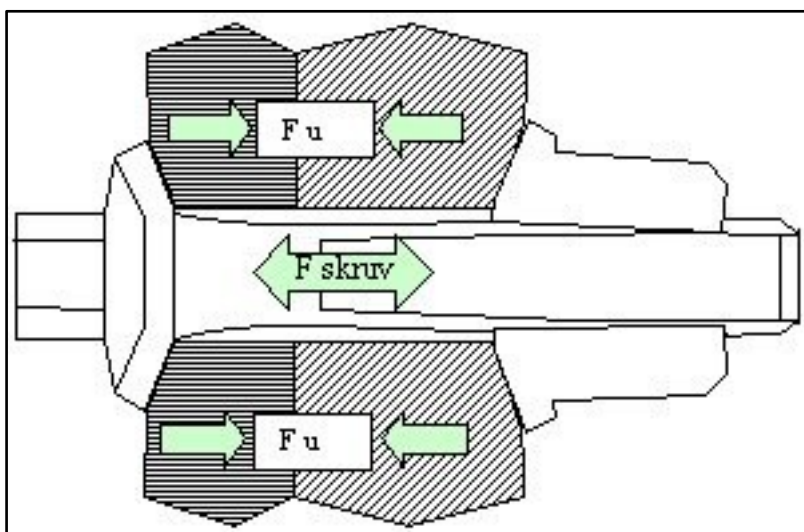
4.1.3 Dimensioneringsantaganden

Vid dimensionering av knutpunkter bör krafternas och momentens fördelning vara realistiskt antagna. Följande antaganden bör användas vid bestämning av kraftfördelningen. De krafter och moment som blivit antagna i analysen bör vara i jämvikt med de krafter och moment

som opererar på knutpunkterna och alla delar av knutpunkten behöver också klara av att bära krafterna och momenten. De deformationer som uppstår enligt denna fördelning bör inte överskrida deformationskapaciteten för anslutande delar, svetsar och fästelement. De inbördes styvheterna inom knutpunkten skall ha realistiskt antagna krafter och de antagna deformationerna ifall en elasto-plastisk beräkningsmodell används ska den baseras på stelkroppsrotationer samt fysiskt möjliga plana deformationer. (EN 1993-1-8, 2005, s. 19).

4.2 Skruvförband

Alla förband som modellerats i detta examensarbete innehåller någon form av skruv och därför kommer extra vikt att sättas på detta avsnitt. Skruvförband består först och främst av en skruv och mutter men ofta används också brickor för att antingen se till att ytan på det material som hålls fast med skruven och muttern inte tar skada eller för att sprida ut den klämkraft som uppstår i förbandet. Klämkraft kan definieras som en axiell kraft som håller ihop två eller flera komponenter. Klämkraften är den samma som den dragkraft som skruvens stam utsätts för. För bättre förståelse se figur 3 nedan. (Svenska Nätverket för Skruvförband, u.d.)



Figur 3. Schematisk illustration av ett skruvförbands klämkraft (Svenska Nätverket för Skruvförband, u.d.).

Klämkraften i ett skruvförband krävs för att ge förbandet dynamisk hållfasthet. Med dynamisk hållfasthet menas dess förmåga att motstå pulserande laster. Klämkraften är inte lika viktig i alla typer av skruvförband till exempel för statiskt höghållfasta förband räcker

det med att ha en kraft som tar bort luftspalter vid monteringskedet samt som förhindrar gnissel då konstruktionen är i bruk. (Svenska Nätverket för Skruvförband, u.d.)

Skruvförband kan delas upp i två olika typer, skjuvkraftsbelastade förband samt dragkraftsbelastade förband. De båda typerna delas sedan in i klasser där klasserna för skjuvkraftsbelastade förband är hålkantförband, friktionsförband i bruksgränstillstånd och friktionsförband i brottgränstillstånd. klasserna för dragkraftsbelastade förband är icke förspända och förspända förband. (EN 1993-1-8, 2005, s. 20).

4.2.1 Klass A: Hålkantförband

För förband i denna klass är skruvarna normalt åtdragna och de överför tvärkraften genom anliggning (Lundin K, 2008). Skruvarna bör tillhöra klass 4.6 fram till 10.9 dock behövs ingen förspänning för kontaktytorna. Den dimensionerande skjuvkraften ska inte överstiga skjuvkraftskapaciteten enligt 3.9 eller bärförmågan när det kommer till hålkantryck. (EN 1993-1-8, 2005, s. 21).

4.2.2 Klass B: Friktionsförband i bruksgränstillstånd

För förband i denna klass gäller det att skruvarna är högt förspända och att de överför tvärkraften genom friktion i bruksgränstillstånd (Lundin K, 2008). I denna klass krävs det att skruvarna är förspända enligt 3.1.2(1). I bruksgränstillstånd bör glidning heller inte förekomma och den dimensionerande skjuvkraften i bruksgränstillståndet ska heller inte överträda det dimensionerande glidmotståndet enligt 3.9. För den dimensionerande skjuvkraften gäller det samma som för klass A. (EN 1993-1-8, 2005, s. 21).

4.2.3 Klass C: Friktionsförband i brottgränstillstånd

För förband i denna klass gäller det samma att skruvarna ska vara högt förspända och att de överför tvärkraften genom friktion i brottgränstillstånd (Lundin K, 2008). För denna klass av förband bör samma förspända skruvar som för klass B användas enligt 3.1.2(1) men i detta fall bör glidning inte inträffa i brottgränstillstånd likaså ska den dimensionerande skjuvkraften i brottgränstillstånd heller inte överträda dimensionerande glidmotsånd enligt 3.9 och hålkantrycksbärförmågan enligt 3.6 och 3.7. (EN 1993-1-8, 2005, s. 21).

4.2.4 Klass D: Icke-förspända

Normalt åtdragna skruvar som överför dragkraften skall användas i denna typ av förband (Lundin K, 2008). Skruvarna bör väljas i klasserna 4.6 fram till 10.9. dessa förband kräver ingen förspänning av skruvarna. För förband med ständigt varierande draglast bör inte dessa typer användas. De kan dock användas i förband designade för att tåla normala vindbelastningar. (EN 1993-1-8, 2005, s. 21).

4.2.5 Klass E: Förspända

Förspända skruvar som överför dragkraft skall användas i dessa typer av förband (Lundin K, 2008) och skruvarna bör tillhöra klass 8.8- eller 10.9-skrudar som har kontrollerad åtdragning i överensstämmelse med 1.2.7 återopade standarder: Grupp 7. (EN 1993-1-8, 2005, s. 21).

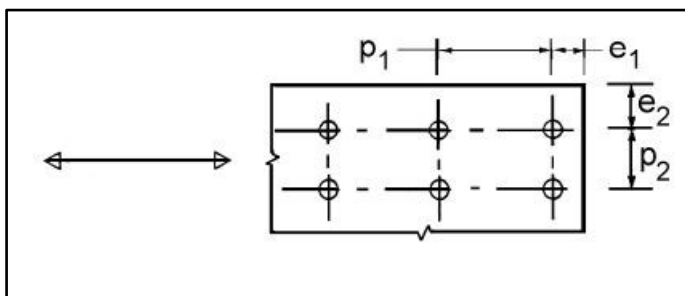
Tabell 1. Dimensioneringsvillkor för skruvförband.

Typ	Villkor	Kommentarer
Skjuvkraftsbelastade förband		
A hålkantförband	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Ingen förspänning krävs. Hållfasthetsklasser från 4.6 till 10.9 får användas.
B utan glidning vid brukslast	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Förspända 8.8- eller 10.9-skrudar bör användas. Beträffande glidsäkerhet vid brukslast se 3.9.
C utan glidning vid brottlast	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Förspända 8.8- eller 10.9-skrudar bör användas. Beträffande glidsäkerhet vid brottlast se 3.9. $N_{net,Rd}$ se 3.4.1(1) c).
Dragkraftsbelastade förband		
D icke förspänt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Ingen förspänning krävs. Hållfasthetsklasser från 4.6 till 10.9 får användas. $B_{p,Rd}$ se tabell 3.4.
E förspänt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Förspända 8.8- eller 10.9-skrudar bör användas. $B_{p,Rd}$ se tabell 3.4.
Dimensionerande dragkraft $F_{t,Ed}$ bör inkludera eventuell kraft av bändning, se 3.11. Skruvar utsatta för såväl skjuvkraft som dragkraft bör också uppfylla villkoren i tabell 3.4.		
ANM. Om förspänning inte används direkt i konstruktionsberäkningar av glidsäkerhet men fordras av utförandeskäl eller som en kvalitetsåtgärd (t ex för beständighet) så kan graden av förspänning föreskrivas i den nationella bilagan.		

(EN 1993-1-8, 2005).

4.2.6 Kant- och centrumavstånd

Vid dimensionering av skruvförband är det viktigt att man följer de angivna maximi och minimi kant- och centrumavstånden för skruvarna. Minimivärdena som ges beaktar montering och bärförmåga medan Maximi avståndet beaktar risken för korrosion. Maximiavståndet behöver dock endast beaktas ifall förbandet befinner sig i en korrosiv miljö. Maximalt hållkantryck kan heller inte utnyttjas om centrum- eller kant avståndet är mindre än tre gånger skruvens diameter. (Lundin K, 2008, s. 66)



Figur 4. Beteckningar för fästelementavstånd (EN 1993-1-8, 2005).

4.2.7 Dimensionerande bärförmåga för skruvar

För ett enskilt skjuv- och/eller dragbelastat fästelement fås den dimensionerande bärförmågan ur tabell 3.4 i (EN 1993-1-8, 2005). Den dimensionerande förspänningen $F_{p,Cd}$ för förspända skruvar bör i konstruktionsberäkningar sättas till:

$$F_{p,Cd} = 0,7 \times f_{ub} \times A_s / \gamma_{M7} \quad (1)$$

Där f_{ub} är brottgränsen, γ_{M7} är förspänningskraft i höghållfast skruv och A_s är spänningsarean för skruven (EN 1993-1-8, 2005, s. 24).

Den dimensionerande bärförmågan som hittas i tabell 1 för dragning och skjuvning genom skruvens gängade del ska uteslutande användas för skruvar tillverkade enligt 1.2.4 Åberopade standarder: Grupp 4. För grundskruvar eller stag tillverkat av rundstål med skuren gänga i enlighet med EN 1090 ska värden i tabell 1 användas. Ifall skruven har skuren gänga men inte är i enlighet med EN 1090 ska de värden som hittas i tabell 1 multipliceras med faktorn 0,85. (EN 1993-1-8, 2005, s. 25).

Dimensionerande bärförmåga med beaktande av skjuvning $F_{v,Rd}$ i enlighet med tabell 1 ska endast användas då skruvarna som används befinner sig i hål med nominella hålspele vilka

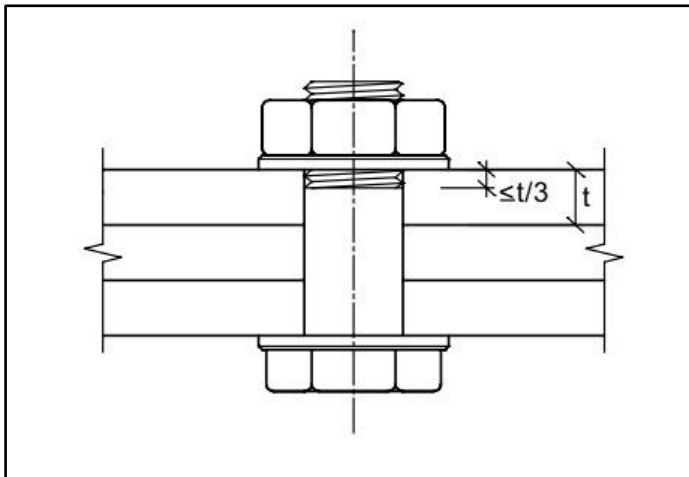
inte de för normala håll ställda krav i 1.2.7 Åberopade standarder: Grupp 7 överstiger (EN 1993-1-8, 2005). Det är möjligt att använda M12- och M14-skruvar i håll med en tolerans på 2 mm, under förutsättning att den dimensionerade bärförmågan för skruvgruppen med hänsyn till hållkantryck är minst lika stor som bärförmågan med hänsyn till skruvens skjuvning. För skruvar i klass 4.8, 5.8, 6.8, 8.8 och 10.9 men då behöver bärförmågan med konsideration till skjuvning kalkyleras som 0.85 gånger det värde som fås i tabell 1. (EN 1993-1-8, 2005, s. 25).

Tabell 2 Dimensionerande bärförmåga för enskilt fästelement belastat med skjuv- och/eller dragkraft.

Brottyp	Skruvar	Nitar
Bärförmåga för skjuvning per skjuvplan	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <p>– där skjuvplanet går genom den gängade delen av skruven (A är spänningsarean för skruven, A_s): – för klass 4.6, 5.6 och 8.8: $\alpha_v = 0,6$ – för klass 4.8, 5.8, 6.8 och 10.9: $\alpha_v = 0,5$ – där skjuvplanet går genom den ogängade delen av skruven (A är skruvens bruttoarea): $\alpha_v = 0,6$</p>	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Bärförmåga för hållkantryck ^{1), 2), 3)}	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 a_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$ <p>där a_b är det minsta av $\alpha_d \frac{f_{ub}}{f_u}$ och 1,0;</p> <p>i kraftriktningen:</p> <p>– för skruvar vid ände: $\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}$; för inre skruvar: $\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$</p> <p>vinkelrätt kraftriktningen:</p> <p>– för skruvar vid kant: k_1 är det minsta av $2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7$ och 2,5</p> <p>– för inre skruvar: k_1 är det minsta av $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$ och 2,5</p>	
Bärförmåga för dragkraft ²⁾	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>där $k_2 = 0,63$ för försänkt skruv, annars $k_2 = 0,9$.</p>	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Bärförmåga för genom stansning	$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$	Ingen kontroll nödvändig
Kombinerad skjuvning och dragning	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$	

(EN 1993-1-8, 2005)

För passkruvar gäller det att de dimensioneras i normala hål som skruvar och att passkruvens gänga slutar utanför skjuvplanet. Ifall gängan för en passkruv befinner sig i godset bör gängan inte gå längre in i det bärande godset än $1/3$ av plåt tjockleken. Håltoleransen för en passkruv ska följa 1.2.7 Åberopade standarder: Grupp7 (EN 1993-1-8, 2005, s. 25).



Figur 5. Gängad del av skruvstammen inom den bärande godstjockleken i passförband (EN 1993-1-8, 2005).

I enkla skjuvförband med bara en rad av skruvar är det lämpligt att använda brickor under både skruvhuvudet och muttern. Bärförmågan för varje skruv bör begränsas till $F_{b,Rd}$ med hänsyn till hålkanttrycket.

$$F_{b,Rd} \leq 1,5 \times f_u \times d \times t / \gamma_{M2} \quad (2)$$

Där γ_{M2} är bärförmåga för sprintar, d är nominell skruvdiameter, f_u är det karakteristiska värdet för brottgränsen och t är plåttjockleken. Härdade brickor bör användas i enskäriga skruvförband med endast en skruv eller skruvrad för klass 8.8 eller 10.9 (EN 1993-1-8, 2005, s. 25).

När skruvar eller nitar används för att överföra last med skjuvning och hålkanttryck genom mellanlägg med en total tjocklek t_p vilket i sin tur är större än $1/3$ av den nominella diametern d bör den dimensionerande skjuvkapaciteten som bestäms enligt tabell 3.4 multipliceras med en reduktionsfaktor β_p enligt följande:

$$\beta_p = \frac{9 \times d}{8 \times d + 3 \times t_p} \quad \text{dock } \beta_p \leq 1 \quad (3)$$

Där d är nominell skruvdiameter och t_p är tjockleken för plåt under skruv eller mutter. Ifall förbandet är tvåskärigt och har mellanlägg på båda sidor om skarven ska t_p sättas till det grövre mellanläggets tjocklek. (EN 1993-1-8, 2005, s. 25).

4.3 T-styckeflänns

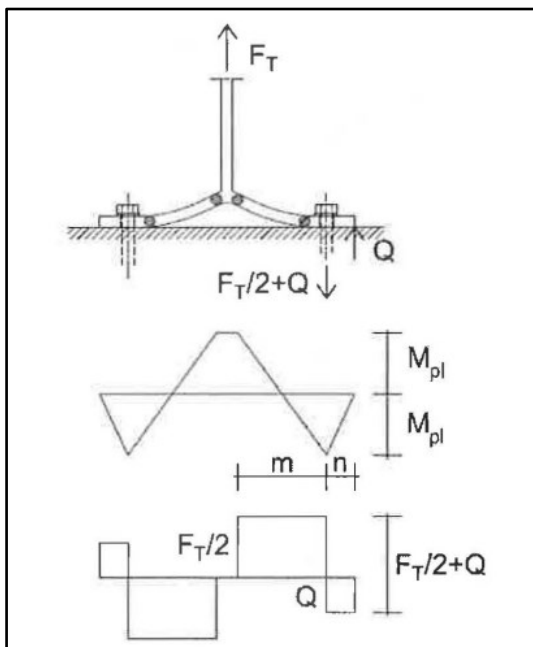
Hos förband där skruvar överför krafter genom dragbelastning uppstår nästan alltid så kallade bändkrafter i skruvarna på grund av lastexcentricitet och deformationer i plåtelementen som ingår i förbandet. När det kommer till dimensionering av sådana typer av förband bör dessa bändkrafter beaktas på ett eller annat sätt. Exempel på sådana förband inkluderar hängare där änden är fastsatt mot en plan yta med hjälp av en T-profil och olika typer av ändplåtsförband där skruvarna utsätts för dragbelastning. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 22)

Vid undersökning av hur en enkel T-styckeflänns fäst med fyra stycken skruvar fungerar fås en större förståelse för hur dessa typer av förband fungerar. Back och Zoetemeijer har utfört tester som visar att summan av de enskilda krafter som överförs av skruvarna är större än den yttre lasten. Detta fenomen kan förklaras av förekomsten av bändkrafter som genereras på grund av avvikelsen mellan lastens angreppspunkt och skruvarnas placering. Detta fenomen beror på krafter som uppstår när plåtarna böjs och deras ytterkanter pressas mot varandra. När belastningen ökar, ökar även kontaktrycket mellan plåtarna. Som ett resultat ökar dragkrafterna i skruvarna i samma utsträckning, eftersom kraftjämvikten mellan de båda förbandshalvorna måste upprätthållas. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 22).

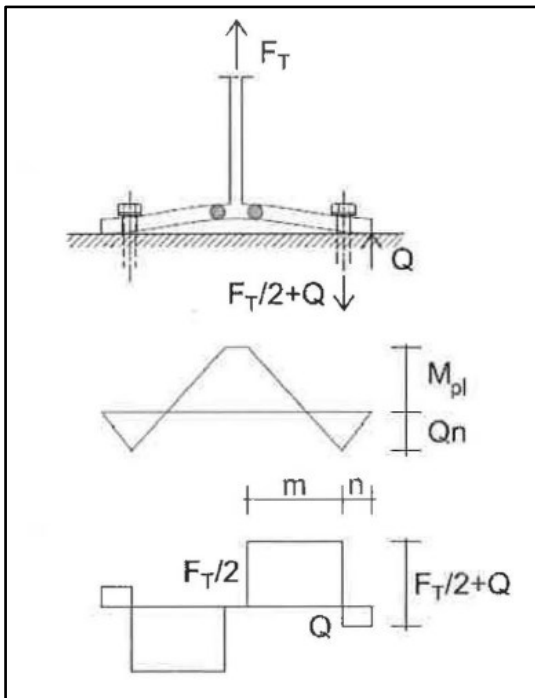
4.3.1 Beräkningsmodell för T-styckeflänns

Genom att tester har utförts på T-styckeflännsar har man kunnat identifiera tre olika brottmoder. Dessa åskådliggörs i figur 6 till figur 8. Ifall den inre delen på flänsen är böjningsstyv kommer deformationen som uppstår vara mycket liten i förhållande till skruvens förlängning. Detta åskådliggörs i figur 8 eftersom inga kontaktkrafter mellan plåtarna uppstår utan summan skruvkraften är den samma som yttrelasten. Vid minskning av profilens flänstjocklek ökar böjdeformationen då flänsarnas yttre kanter pressas mot varandra. Resultanten av kontaktrycket genererar en bändkraft, betecknad som Q , som verkar längs med flänskanterna i förbandet. Dessa bändkrafter ökar i storlek i takt med att

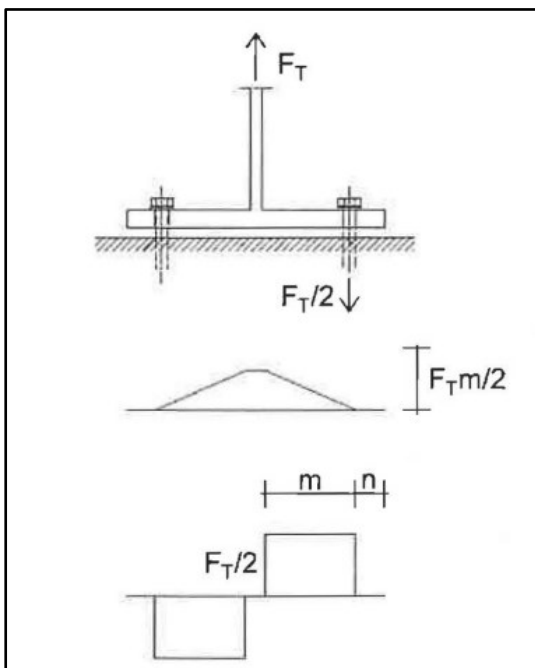
den externa belastningen ökar. Bändkrafterna fortsätter att växa ända tills brott uppstår enligt antingen brottmod 1 eller brottmod 2. Bändkrafterna minskar skruvarnas förmåga att bära den yttre lasten och i extrema fall kan detta vara upp till 40%. Hur mycket bändkrafterna inverkar beror på hur förbandet är utformat. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 23).



Figur 6. T-stycke-fläns i brottmod 1. Tunna plåtar och överstarka skruvar, fullständigt böjbrott i flänsplåtarna. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015).



Figur 7. T-stycke fläns i brottmod 2. Dragbrott i skruvarna i kombination med böjbrott i flänsplåtarna. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015).



Figur 8. T-styckefläns i brottmod 3. Tjocka plåtar och klena skruvar, rent dragbrott i skruvarna. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015).

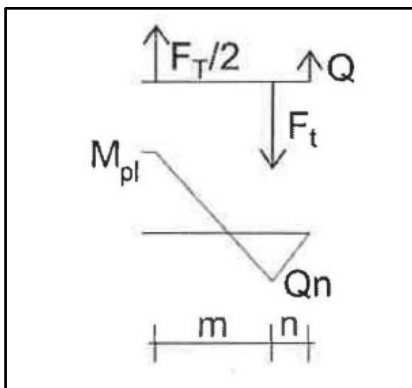
Plasticering av flänsen uppstår i brottmod 1, dels genom övergången till livplåten, dels genom en linje i varje skruvråd. Fyra stycken brottlinjer uppstår totalt och de har samma

längd som plåten (l_{eff}). Brottlasten kan betecknas som följande utgående ifrån momentjämvikten för en bit fläns utskuren mellan två brottlinjer:

$$F_{T,l,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} \quad \text{med} \quad M_{pl,1,Rd} = \frac{\sum l_{eff,1} \times t_f^2}{4} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (4)$$

$M_{pl,1,Rd}$ är den plastiska momentbärförmågan för det rektangulära tvärsnittet utskuret av flänsen med bredden $\sum l_{eff,1}$ längs med en brottlinje och tjockleken t_f . Hävarmen m är avståndet mätt vinkelrätt mellan en skruvrads centrumlinje och foten på närmaste hålkälsradie eller kälsvets. Senare i avsnittet Ekvivalent T-stycke-fläns förklaras det hur olika delar av verkliga anslutningar kan översättas till en ekvivalent T-stycke-fläns. Längden blir då en fiktiv eller effektiv storhet som stämmer överens med brottmod 1. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 24)

Om skruvarna i förbandet inte är tillräckligt starka kan brottmod 2 inträffa. I två brottlinjer längs med övergången från fläns till liv uppnås flytmomentet först. Stora bändkrafter verkar också samtidigt där flänsarnas ytterkanter pressas mot varandra. Brottet sker då bändkrafterna i samarbete med den yttre lasten överskrider draghållfastheten för skruvarna. Ifall momentjämvikten uppfylls kan man enkelt härleda bärförmågan för denna brottmod enligt den utskurna flänsbiten i figur 10. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 24).



Figur 9. Momentjämvikt för utskuren flänsbit i brottmod 2. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015).

Då momentjämvikten task ring flänskanter försvinner den obekanta storheten Q ur kalkylen. Momentjämvikten fås då enligt följande:

$$\frac{F_{T,2,Rd}}{2} \times (m + n) - \frac{\sum F_{t,Rd}}{2} \times n - M_{pl,2,Rd} = 0 \quad (5)$$

Och den totala bärförmågan fås som

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \times M_{pl,2,Rd} + n \times \sum F_{t,Rd}}{m+n} \quad (6)$$

där

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{\sum l_{eff,2} \times t_f^2}{4} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (7)$$

$M_{pl,2,Rd}$ är också i detta fall den plastiska momentbärförmågan för det rektangulära tvärsnittet utskuret av flänsen med bredden $\sum l_{eff,1}$. $\sum F_{t,Rd}$ är här den sammanlagda dragkraftsbärförmågan för T-stycke-flänsens alla skruvar. Senare i avsnittet Ekvivalent T-stycke-fläns förklaras det hur olika delar av verkliga anslutningar kan översättas till en ekvivalent T-stycke-fläns. Längden blir då en fiktiv eller effektiv storhet som stämmer överens med brottmod 2. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 25).

Då formlerna ovan används behöver aldrig bändkraften Q beräknas. I förband där skruvamas klämlängd är lång och/eller kantavståndet n är relativt litet, eller i flänsförband där flänskanterna inte har möjlighet att komma i direkt kontakt med varandra, är bändkrafterna försumbart små. Detta innebär att de krafter som genereras på grund av böjning och press mellan plåtarna är relativt små i jämförelse med de externa belastningarna. I sådana fall kan man anta att bändkrafterna är försumbara och inte behöver beaktas vid dimensioneringen av förbandet. Denna typ av brottmod kallas i EN1993-1-8 för brottmod 1-2 och är en form av sammansmältning mellan de två brottmoderna. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 25).

Slutligen för brottmod 3 så är flänsplåtarna styva och tjocka i relation till klens skruvar. Plåtarna böjs då endast en aning och kontaktytan hamnar inte utanför skruvarna. Enligt figur 8 så dras skruvarna rakt av och bärförmågan i detta fall blir följande:

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} \quad (8)$$

$F_{t,Rd}$ är då en skruvs enskilda dragkraftsbärförmåga. Då två plåtar med olika kantavstånd möts bör kantavståndet n sättas till det mindre kantavståndet och begränsas vidare till:

$$n \leq 1,25 m. \quad (9)$$

T-stycke-flänsens bärförmåga bestäms därefter enligt den brottmod som ger den minsta bärförmågan.

$$F_{T,Rd} = \min \begin{cases} F_{t,1,Rd} \\ F_{t,2,Rd} \\ F_{t,3,Rd} \end{cases} \quad (10)$$

Enligt EN1993-1-8 bändningens inverkan försummas ifall L_b är större än följande gränsvärde:

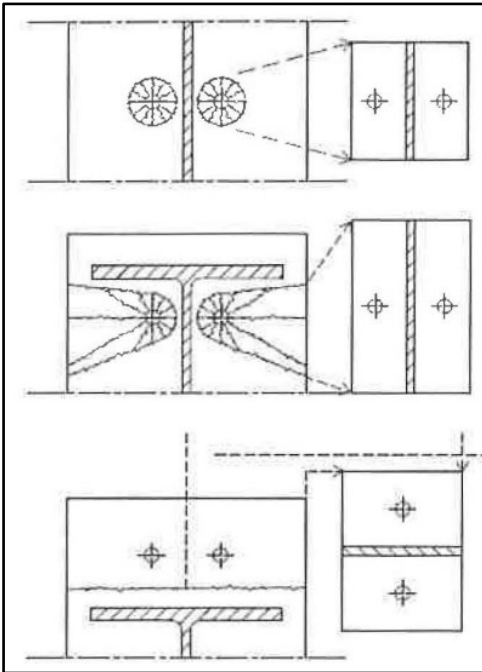
$$L_b = \frac{8,8 \times m^3 \times A_s}{\Sigma l_{eff,1} \times t_f^3} \quad (11)$$

EN1993-1-8 ger också möjlighet att byta ut formeln för flytbrott vilket i sin tur på två sätt ger en högre bärförmåga. De positiva effekterna av skruvhuvudets, brickors samt mutterns utbredning beaktas då men också den ofta ganska stora effekt som kan uppnås med hjälp av lösa förstärkningsplåtar. Plåtarna fungerar då som stora brickor som täcker flera av hålen och har stor utbredning och tjocklek. Brottlinjer måste på så sätt också bildas i dessa plåtar och kan då avsevärt höja bärförmågan. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 25).

4.3.2 Ekvivalent T-styckefläns

Verknings sättet som beskrivs för T-styckeflänsen är liknande i många knutpunkter. Dessa förband så gott som alla typer av ändplåtsförband. Det kan röra sig om balkskarvar, balkpelarinfästningar, ramhörn, etc. Samma sak gäller också för förband med vinkelstänger. Det är möjligt att ersätta det verkliga förbandet med en ekvivalent T-styckefläns och på så sätt kan komplexa förband dimensioneras med en relativt lätt modell. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 26)

I EN1993-1-8 hittas många olika typer av verkliga förbandskomponenter som har översatts till ekvivalenta T-styckeflänsar. Detta går till genom att en effektiv längd ges till T-styckeflänsen. Den effektiva längden återspeglar i någon mening brottlinjernas verkliga längder. Dessa brottlinjer kan bildas i den verkliga baskomponenten. Fiktiva värden kan också ges till måtten m och n men de värdena behöver ha en rimlig fysisk motsvarighet i den verkliga baskomponenten. Efter att översättningen är utförd kommer den ekvivalenta T-styckeflänsens bärförmåga vara den samma som för den fysiska baskomponenten. Figur 11 nedan visar hur komplicerade brottlinjemönster som kan förekomma kring en skruvrad översatts till effektiva längder för ekvivalenta T-styckeflänsar. (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015, s. 26).

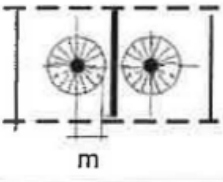
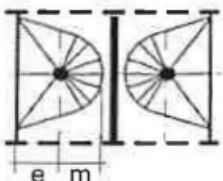
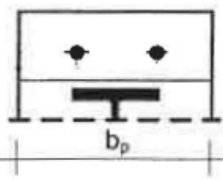
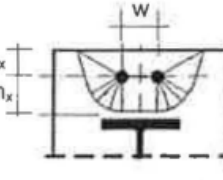


Figur 10. konceptet med effektiv längd för en ekvivalent T-stycke-fläns (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015).

Det finns också en del olika formler som kan användas vid beräkningen av den effektiva längden. I tabell 2 kan några av dessa formler hittas. Formler för följande baskomponenter kan hittas i EN1993-1-8:

- böjd pelarfläns
- böjdfotplåt
- böjd knap och
- böjd ändplåt

Tabell 3 Brottmod 1-2 för T-styckefläns då bändkrafterna är försumbara

Ett par skruvar separerade av en livplåt i en pelare eller ändplåt	
	Cirkulär brottlinje $l_{eff,cp} = 2 \pi m$
	Brottlinje ut mot fri kant $l_{eff,nc} = 4 m + 1,25 e$
Ett par skruvar i en utstickande ändplåt	
	En rak brottlinje tvärs över livplåten $l_{eff,nc} = 0,5 b_p$
	Brottlinje kring hela gruppen ut mot fria kanten $l_{eff,nc} = 0,5 w + 2 m_x + 0,625 e_x$

(Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015).

Metoden som beskrivs innebär att man översätter delar av ett helt förband till en eller flera ekvivalenta T-styckeförbindelser. Varje T-stycke kan ha flera möjliga brottlinjefigurer, vanligtvis från en till fem stycken enligt principen i tabell 2. Det är vanligt att man väljer den figur som ger den kortaste brottlinjelängden, men det är viktigt att notera att det kan finnas två olika brottlinjemönster (längder) för brottmodell 1 och 2, $\sum l_{eff,1}$ och $\sum l_{eff,2}$.

4.3.3 Tryckbelastat ekvivalent T-stycke

Fotplåten kan användas i ett tryckbelastat ekvivalent T-stycke i en knutpunkt mellan stål och betong för att modellera dimensionerande bärförmåga. Detta fungerar för en kombination av följande grundkomponenter:

- Fotplåt, böjd av kontaktrycket mot underlaget.
- Betong eller undergjutning i kontaktryck.

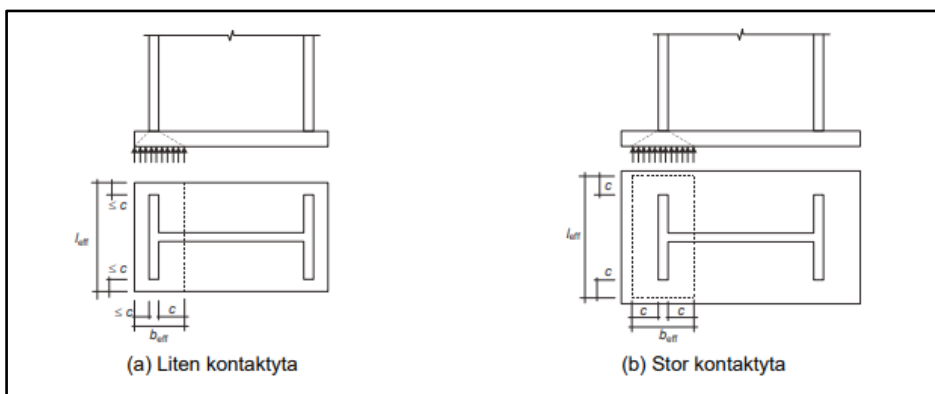
Den totala medverkande längden l_{eff} och den totala medverkande bredden b_{eff} bestäms utifrån att den dimensionerande tryckkraftskapaciteten för T-stycket stämmer överens med grundkomponentens i den knutpunkt som den skall efterlikna. T-stycke-flänsens dimensionerande tryckbärförmåga bestäms då enligt:

$$F_{C,Rd} = f_{jd} \times b_{eff} \times l_{eff} \quad (12)$$

f_{jd} är då knutpunktens dimensionerande hållfasthet för kontaktryck. Överförande krafter som går genom ett T-stycke skall antas vara jämnt fördelade. Resultierande anliggningsareans tryck bör också begränsas till f_{jd} det vill säga den dimensionerande hållfastheten för kontaktryck och tilläggsområdet c bör begränsas enligt följande:

$$c = t \times [f_y / (3 \times f_{jd} \times \gamma_{M0})]^{0.5} \quad (13)$$

t är då T-stycke-flänsens tjocklek och f_y är sträckgränsen för T-stycke-flänsen. Ifall utsticket som fås är mindre än c bör den effektiva arean bestämmas enligt figur 11(a) och ifall det verkliga utsticket är större än c på någondera sida skall delen som sticker utanför måttet c försummas, se figur 11(b). (EN 1993-1-8, 2005, s. 70).



Figur 11. Area för tryckbelastat ekvivalent T-stycke (Husson W; Norlin B; Veljkovic M, 2015).

Kontaktryckets dimensionerande hållfasthet bestäms sedan enligt följande:

$$f_{jd} = \beta_j \times \frac{F_{Rdu}}{(b_{eff} \times l_{eff})} \quad (14)$$

β_j är en materialkoefficient som förutsatt att den karakteristiska hållfastheten för undergjutningen är minst 0,2 gånger så stor betonggrundläggningens. Undergjutningens tjocklek bör också vara högst 0,2 gånger den minsta bredden på fotplåten. Ifall undergjutningens tjocklek överskrider 50 mm ska bruket som används till undergjutningen minst vara av samma karakteristiska hållfasthetsklass som betonggrundläggningen. Enligt EN1992 är F_{Rdu} dimensionerande bärförmåga för koncentrerad kraft och A_{c0} sätts till $(b_{eff} \times l_{eff})$. (EN 1993-1-8, 2005, s. 71).

4.4 Dimensionering av svetsar

Dimensioneringen av svetsar kan utföras med hjälp av olika metoder. I SFS EN1993-1-8 presenteras två alternativa metoder för att beräkna hållfastheten hos kälsvetsar: den förenklade metoden och komposantmetoden. Den förenklade metoden bygger på antagandet att hållfastheten hos kälsvetsen bestäms av dess skjuvhållfasthet. Med andra ord betraktas endast skjuvspänningen längs med snittet genom kälsvetsen. Genom att fokusera på skjuvhållfastheten kan man göra en grov bedömning av kälsvetsens hållfasthet. (EN 1993-1-8, 2005, ss. 41-44).

Komposantmetoden å andra sidan är en mer detaljerad och exakt metod. Den involverar att man delar upp effekterna i tre spänningskomponenter längs med snittet genom kälsvetsen. Dessa tre komponenter är: spänningskomponenten i längdriktningen av kälsvetsen (axial spänningskomponent), spänningskomponenten i tvärriktningen av kälsvetsen (tvär spänningskomponent) och skjuvspänningskomponenten längs med snittet genom kälsvetsen. Genom att analysera och ta hänsyn till dessa tre komponenter kan man uppnå en mer noggrann bedömning av hållfastheten hos kälsvetsen. Komposantmetoden används vanligtvis när det finns högre krav på precision och noggrannhet i dimensioneringen av kälsvetsar. Valet av metod beror på specifika krav och förutsättningar för konstruktionen. För enklare konstruktioner där det inte finns några särskilda krav på precision kan den förenklade metoden vara tillräcklig. (EN 1993-1-8, 2005, ss. 41-43).

4.4.1 Dimensionering av kälsvets med hjälp av den förenklade metoden

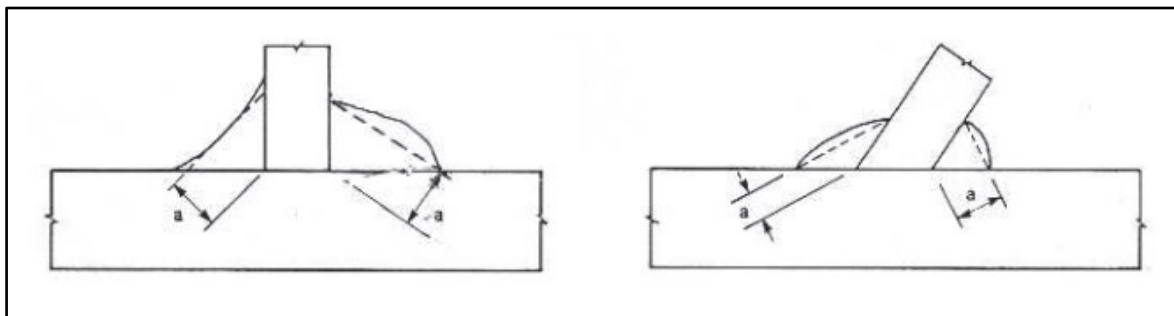
Enligt denna metod kan man anta att hållfastheten är tillräcklig om kraftresultanten för hela svetslängden uppfyller följande krav:

$$F_{W,Ed} \leq F_{W,Rd} \quad (15)$$

Där $F_{W,Ed}$ är dimensioneringsvärdet av kraften på svetsen per längdenhet och $F_{W,Rd}$ är svetsens dimensionerande bärförmåga per längdenhet. För att beräkna $F_{W,Rd}$ används följande formel:

$$F_{W,Rd} = f_{vw.d} \times a \quad (16)$$

Där a är kälsvetsens effektiva a-mått (i millimeter), vilket bör vara större än eller lika med 3 mm (se Figur 12). (EN 1993-1-8, 2005, s. 43).



Figur 12. a-mått för kälsvets. (EN 1993-1-8, 2005).

För att bestämma $f_{vw.d}$ den dimensionerande skjuvhållfastheten för svetsen, används följande formel:

$$f_{vw.d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \times \gamma_{M2}} \quad (17)$$

Där f_u är den nominella brottgränsen för den svagare av de förbundna konstruktionsdelarna, β_w är en koefficient hämtad från tabell och är en γ_{M2} säkerhetskoefficient. Genom att använda dessa formler kan man bedöma hållfastheten hos en kälsvets och kontrollera om den uppfyller de angivna kraven i standarden. (EN 1993-1-8, 2005, s. 44).

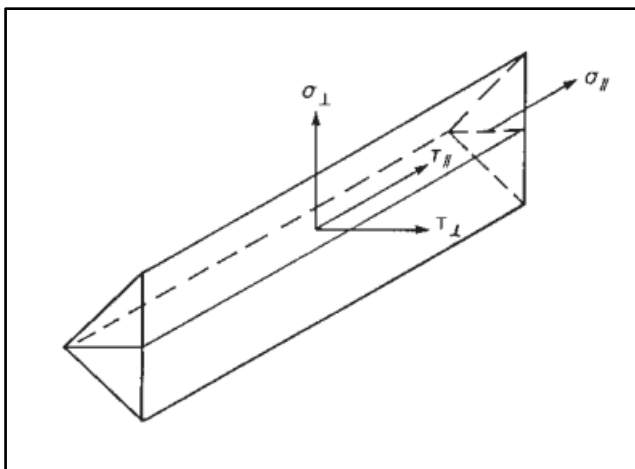
4.4.2 Dimensionering av kälsvets med hjälp av komposantmetoden

Dimensionering med komposantmetoden görs med hjälp av att man delar upp krafterna som svetsen utsätts för per längdenhet i olika komponenter (parallella och vinkelräta). Dessa komponenter delas i sin tur upp i skjuvspänningar och normalspänningar mot ett längsgående plan genom a-måttet. (EN 1993-1-8, 2005, s. 42).

Vid beräkningen av den beräkningsmässiga svetsarean A_w används följande formel:

$$A_w = \sum a \times l_{eff} \quad (18)$$

A_w bör förutsättas vara koncentrerad till roten av kälsvetsen. Spänningarna som uppstår i kälsvetsen antas vara jämnt fördelade över svetsarean till de normal- och skjuvspänningar som presenteras i figur 14. (EN 1993-1-8, 2005, s. 42).



Figur 13. spänningar över svetsarean i kälsvets (EN 1993-1-8, 2005).

σ_{\perp} är normalspänningen vinkelrätt mot a-måttet, σ_{\parallel} är normalspänningen parallell med svetsens längdaxel, τ_{\perp} är skjuvspänningen vinkelrätt mot svetsens längdaxel och τ_{\parallel} är skjuvspänningen parallellt med svetsens längdaxel. (EN 1993-1-8, 2005, s. 43).

Följande villkor skall uppfyllas för att kälsvetsens dimensionerande bärförmåga skall anses vara tillräcklig:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^2 \leq f_u / (\beta_w \times \gamma_{M2}) \quad \text{och} \quad \sigma_{\perp} \leq 0.9 \times f_u / \gamma_{M2} \quad (19)$$

f_u är den nominella brottsgränsen för den svagare av de förbundna konstruktionsdelarna och β_w är en koefficient som fås ur tabell 4.1 i EN1993-1-8. Det är viktigt att svetsarna dimensioneras enligt det material med den lägre hållfasthetsklassen ifall olika klasser används. (EN 1993-1-8, 2005, s. 43).

5 ANSLUTNINGAR OCH INFÄSTNINGAR

I detta kapitel kommer en del av de modellerade anslutningarna presenteras och modelleringen samt uppbyggnaden förklaras. Exempel på några anslutningar som inte

omfattades av den praktiska delen kommer också att presenteras här för att ge en djupare förståelse kring olika typer av lösningar.

5.1 Balk-pelarfästning

Balk/pelarfästning är en typ av infästning där pelaren fortsätter ovanför balken och dessa typer av infästningar kan delas upp i tre olika grupper, fritt upplagda infästningar, kontinuerliga infästningar samt inspända infästningar. Fritt upplagda infästningar är ofta billiga och enkla att konstruera och ger vanligtvis kläna pelare. Vid en inspänd eller kontinuerlig infästning får man en mindre balk men eftersom kostnaden för en inspänning oftast är större än materialkostnaderna för balken så väljer man i flesta fall en större balk. Möjligheten att skapa en så kallad halvstyv infästning finns också och med sådana menas infästningar som kan ta upp ett moment som är mindre än balkens momentkapacitet. Vid utnyttjande av halvstyva infästningar krävs dock kännedom om moment-rotationssambandet hos infästningen. (Lundin K, 2008, s. 123).

En vanlig momentfri anslutning för hattprofiler är den som hittas i företagets bilaga DET1 där en ändplåt som sträcker sig över hela balkens tvärsnitt svetsats fast. Ändplåten har kapats så att det går att placera balken på klacken som i detta fall utgörs av en kort CFRHS profil som svetsats fast på pelaren. Det finns möjlighet att utforma anslutningen på ett sådant sätt att klacken göms helt eller delvist inom bjälklaget. Det krävs dock att ändplåten är tillräckligt hög för att klara av de tvärkrafter som uppkommer. (Lundin K, 2008, s. 124)

För modelleringen av en sådan typ av anslutning som hittas i DET1 kan man antingen skapa alla delar för sig helt manuellt eller använda sig av en färdigt skapad komponent i Tekla. Skapar man alla delar av anslutningen manuellt fås en större modifierings möjlighet men det är mera tidskrävande. Eftersom anslutningarna i detta arbete inte kräver en stor detaljnoggrannhet användes den färdigt gjorda komponenten för att skapa denna anslutning. Komponenten som användes är en av Nordecs egna utformade komponenter.

En annan vanlig ledad infästning hittas i DET2 där två IPE550 balkar har anslutits till en CFRHS250x250 pelare med hjälp av en plåt som svetsats fast och går igenom pelaren. Balkarna låses på plats med hjälp av 4 stycken M30 skruvar vardera som i sin tur bär hela upplagsreaktionen.

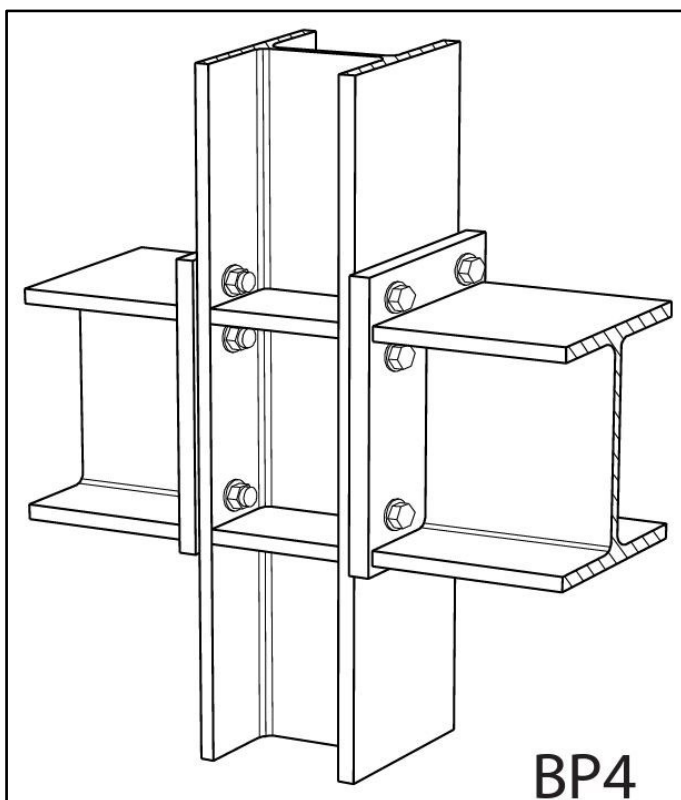
Anslutningen kan enkelt modelleras genom att skapa en plåt med önskad mått beroende på profiler och laster och sedan använda sig av ett verktyg som heter ”polygon cut”. Polygon

cut används för att skära ett hål i pelaren så att plåten då kan träs igenom. För modelleringen av skruvarna används Teklas eget ”bolt” verktyg.

Vid anslutning av HEA-balkar till HEA-pelare är följande anslutning i DET3 ett vanligt exempel på hur det kan se ut. Balkarna har anslutits till pelaren med hjälp av ändplåtar som går längs balkarnas tvärsnitt och svetsats fast. Votter hittas också i denna anslutning och består i detta fall av två stycken 15 mm tjocka plåtar där den ena är lodrät och den andra vågrät. Plåtarna svetsas i sin tur fast i pelaren. Voterna finns på plats för att minska belastningen på skruvarna som används och för att fungera som en förstärkning av balken där belastningen är som störst.

Modelleringen av denna anslutning görs enklast genom att skapa alla enskilda plåtar manuellt och sedan modellera in skruvarna i anslutningen. Plåtarna för voterna kan lättast skapas genom att sätta ut punkter genom vilka man sedan kan dra plåten för att få de exakta måtten man vill ha då plåten inte är rektangulär.

I figur 14 ses ett exempel på en momentstyv infästning mellan pelare och balk. Det är möjligt att använda denna typ av lösning både vid enkel och dubbelsidig balkanslutning. Pelaren avstyvas också med plåtar mellan flänsarna. Balkens inspänning sker mellan ändplåten på balken och pelarens fläns. De krafter som uppkommer vid full inspänning klarar de flesta valsade profiler inte av på grund av att livet är för klen. Ifall balken har fler än två stycken skruvar i bredd vid dragsidan krävs det flänsen på pelaren avstyvas i förlängningen av de dragna balkflänsarna. (Husson W; Fahleson C, 2013, s. BP29).



Figur 14. Momentstyv infästning av I-balk till invändigt avstyvad pelare (Husson W; Fahleson C, 2013).

5.2 Pelartopp

En anslutning på en pelartopp är en anslutning mellan pelarens ände och en balk. Som tidigare kan anslutningen antingen vara ledad eller momentstyv och pelartoppen kan bilda ett ramhörn. Ifall byggnaden är stabiliserad med hjälp av inspända pelare, eller med väggfackverk och en styv takskiva kan infästningen vara ledad. I andra fall där byggnaden dimensioneras med hjälp av nolleds- eller tvåledsramar bör anslutningen utformas som momentstyv. (Lundin K, 2008, s. 125)

Elasticitets- eller flytledststeori kan användas vid dimensionering av ramkonstruktioner. Skall flytledsteorin få användas krävs det att flytområdena har en tillräcklig deformationsbärförmåga så att flytleder kan uppstå d.v.s. detaljerna i förbandet görs överstarka så att de flytleder som bildas uppstår utanför själva anslutningen. (Lundin K, 2008, s. 125)

Vid huvudlastfallet är det i regel ett momentstyvt ramhörn som utsätts för ett negativt moment. Med negativt moment menas att det uppstår dragning i det yttre hörnet och tryck i det inre hörnet. Dessa tryckspänningar kan i sin tur orsaka vippning av ramhörnet och därför

kan det finnas skäl att staga pelartoppen. Ifall elasticitetsteorin har använts räcker det ofta med en vanlig diagonalavstyvning. (Lundin K, 2008).

I DET4 hittas en vanlig ledad infästning mellan pelartopp, två stycken HEA220 balkar och en HEA400 balk som består av en plåt som går igenom pelaren för fästning av de två HEA220 balkarna samt en plåt som svetsas fast i pelaren för HEA400 balken. Alla balkar i denna anslutning har kapats för att göra rum för en större plåt så att de skruvar som används får ett tillräckligt kantavstånd.

Modelleringen av en sådan typ av anslutning som hittas i DET4 görs enklast genom att skilt modellera alla delar av anslutningen. Den översta plåten som förbinder de två HEA220 balkarna görs enklast genom att skapa punkter som plåten sedan dras ut genom eftersom den i detta fall inte är helt rektangulär utan har ett par vinklar som inte är 90 grader. Vid kapningen av de två HEA220 balkarna bör man ställa arbetsplanet enligt balkarna för att se till att vinkeln på ändan av balken fortfarande blir 90 grader. Kapningen i denna modellering görs också enklast med hjälp av polygon cut.

DET5 är en anslutning där balken går kontinuerligt över pelaren. I detta fall är pelaren en CFRHS-profil men ifall pelaren skulle vara en I-profil är oftast livet på pelaren och balken parallella. I denna anslutning är livet på balken försett med avstyvningar så att livet på balken skall klara av upplagskraften. Två stycken M24 skruvar på vardera sidan ansluter balken till pelaren med hjälp av en fastsvetsad topplåt på pelaren.

Vid modelleringen av anslutningen i DET5 är det åter igen enklast att modellera alla enskilda plåtar var för sig i stället för att använda någon färdig gjord komponent förutom för topplåten på pelaren. För topplåten kan man använda sig av en komponent som kallas "cap plate" och det är en av tekas egna komponenter. I detta fall har balken en lutning och därför är det viktigt att ställa in arbetsplanet enligt balkens lutning så att de olika delarna får korrekt vinkel i förhållande till balken. För att sedan få korrekt vinkel på pelartoppen är det enklast att använda sig av ett verktyg som kallas fit part end vilket i detta fall kapar av pelaren längs topplåten som har samma lutning som balken.

I följande anslutning som är DET6 hittas en ledad anslutning mellan ett primärfackverk och pelare. Fackverket ansluter endast till pelaren via övrebommen som är fastskruvad med två stycken M30-skruvar på vardera sidan om övrebommen. I detta fall sträcker sig anslutningsplåten på fackverket förbi den första livstången på primärfackverket för att förhindra genomstansning. Två stycken HEA220-profiler ansluter också till pelaren från

varsin sida med hjälp av en anslutningsplåt som går tvärs över pelartoppen. Båda balkarna fästs med fyra stycken skruvar.

Modelleringen för anslutningen DET6 görs också enklast genom att modellera alla delar enskilt. I detta fall är fackverket plant d.v.s. övrebommen har ingen lutning vilket också förenklar modelleringsprocessen. Hörnen på anslutningsplåten har också blivit rundade för att stämma överens med de krav som ställs i eurokod 3 (EN 1993-1-8, 2005). Kapningen av de anslutande balkarna görs enklast med hjälp av ”polygon cut” men man bör se till att arbetsplanet ställs in i enlighet med balkarnas lutning.

En liknande anslutning som DET6 är DET7 men denna gång är det ett sekundärfackverk samt två stycken stag som ansluter till pelaren. Pelaren i detta fall är en HEA-profil till skillnad från föregående anslutning som var en CFRHS-profil. Sekundärfackverket ansluter till pelaren med en vinkel och stagen är också roterade på ett sådant sätt att de stämmer överens med fackverkets lutning. Fackverket ansluter till pelaren på ett relativt likadant sätt som i föregående anslutning men i detta fall används endast två stycken skruvar istället för fyra. Stagen ansluter genom att anslutningsplåtar blir fast svetsade inuti rörprofilerna och sedan fast skruvade med fyra stycken skruvar per stag till en anslutningsplåt som blivit fast svetsad till pelarens topplåt.

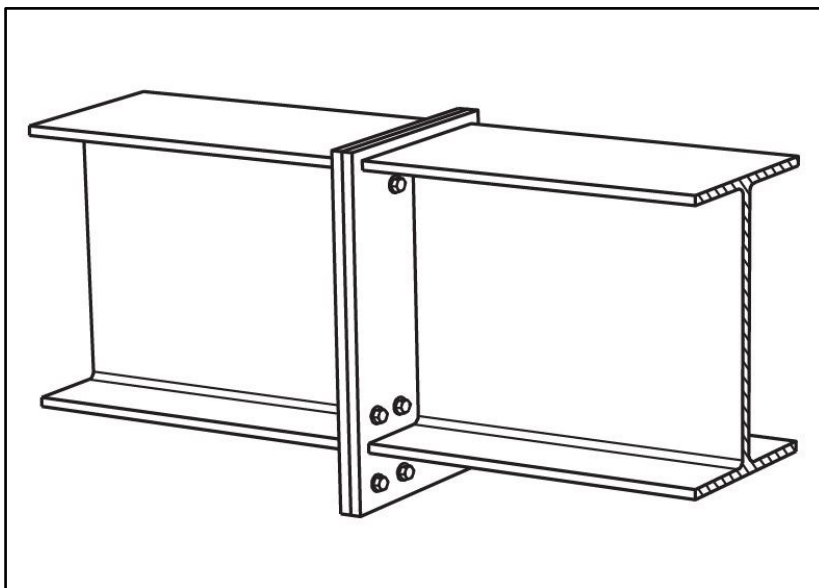
Modelleringen av denna anslutning görs lättast genom att skapa topplåten för pelaren, anslutningsplåten för fackverket samt anslutningsplåten för stagen utan användning av någon färdiggjord komponent. Det är dock viktigt att komma ihåg att ställa in arbetsplanet enligt fackverkets lutning. De anslutningsplåtar som blir fastsvetsade inuti stagen görs enklast med en komponent som heter ”tube crossing” vilken också skapar ändplåtar för stagen samt skruvar fast stagen i ändplåten.

5.3 Balkskarv

De vanligaste platserna där balkskarvar förekommer är för det mesta i kontinuerliga balkar som till exempel tak-, kranbane-, bro- och fasadbalkar. Om möjligt är det bäst att placera balkskarvarna på ett avstånd från upplaget av cirka en femtedel av spännvidden eftersom böjspänningarna där är relativt små. Ifall skarven skulle placeras nära ett upplag blir dock böjpåskänningen större men monteringen blir enklare. (Lundin K, 2008, s. 127).

Balken kan antingen skarvas på byggplatsen eller förses med ändplåtar i verkstaden. De skruvar som placeras intill den dragna kanten på balken antas oftast bära hela dragkraften

som uppstår av momentet och de skruvar som placeras intill den tryckta kanten antas ta hand om tvärkraften. (Lundin K, 2008, s. 127).



Figur 15. Balkskarv mellan två I-profiler (Husson W; Fahleson C, 2013).

Balkskarven som kan ses i figur 15 är en momentstyv skarv med skruvar och ändplåtar. Monteringen av en sådan anslutning är relativt enkel och snabb dock är en nackdel att plåtarna sticker ner under flänsen. Denna typ av anslutning går att dimensionera på ett sådant sätt att den blir lika stark som balken och används därför ofta om balken behöver skarvas i ett hårt utnyttjat snitt. Ändplåtarna i denna anslutning överför dragkrafter i tjockleksriktningen och därför är det viktigt att man beaktar risken för skiktbristning. (Husson W; Fahleson C, 2013, s. BS43).

I DET8 hittas ett exempel på en icke momentstyv balkskarv mellan två stycken I-profiler. Balkändorna är i detta fall precis som i figur 15 utrustade med ändplåtar men till skillnad från figur 15 har två stycken klackar svetsats fast, en på vardera ändplåt. Klackarna finns på plats för att minska belastningen på skruvarna som nu inte behöver ta hand om tvärkraften. Detta möjliggör att mindre dimension på skruvarna kan användas. En extra plåt kan också sättas in mellan ändplåten och klacken ifall det ryms. Mellanrummet finns där som en tolerans som förenklar monteringen. Denna typ av balkskarv fungerar bäst på positioner där momentet inte är speciellt stort.

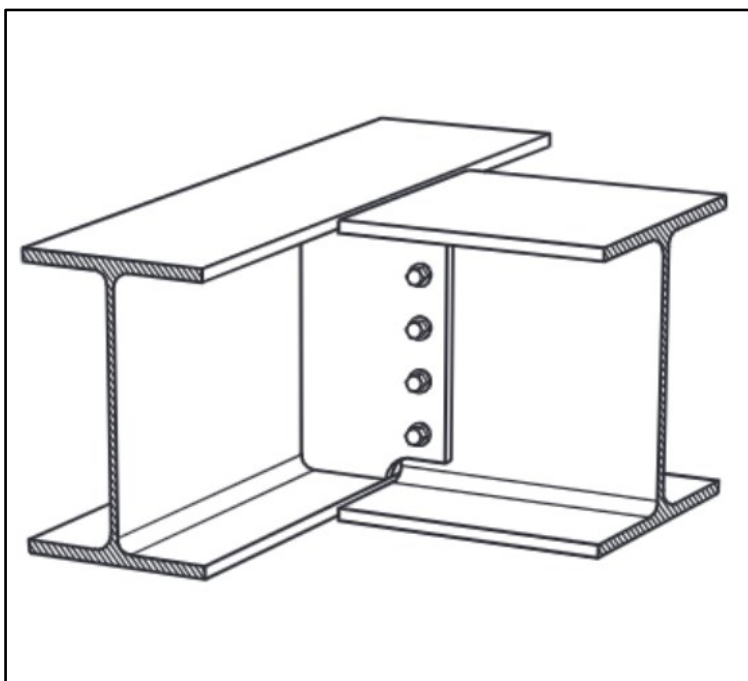
Modelleringen av anslutningen i DET8 är relativt enkel och som tidigare fungerar det bäst att modellera alla plåtar var för sig istället för att börja från en färdig gjord komponent.

Ändplåtarna modelleras in att gå från fläns till fläns med rum för svetsar på båda kanterna. Klackarna modelleras också in på ett sådant sätt att det finns utrymme för svetsar.

5.4 Balk-Balkinfästning

Nytan med balk-balkinfästningar hittas främst i system av korsande balkar i bjälklag och i tak. När sådana system används kan avstånden mellan primärbalklarna vara större vilket också ledet till att pelaravstånden kan vara större. Detta möjliggörs eftersom bjälklagets maximala spännvidd utnyttjas mellan sekundärerna i stället för mellan primärerna. Balk-balkinfästningar är också relativt vanliga när det kommer till brokonstruktioner. Ifall det finns gott om utrymme är det absolut enklast och billigast att placera sekundärbalkarna ovanpå primärbalkarna, dock är det ofta brist på utrymme och då krävs det att sekundärerna placeras inom primärens höjd. (Lundin K, 2008, s. 128 129).

Anslutningen som presenteras i figur 16 är en ledad balk-balkinfästning. Skruvar placeras mellan sekundärbalkens liv och en avstyvningsplåt som sträcker sig förbi flänskanten på primärbalken. Denna typ av anslutning är relativt enkel och billig eftersom endast en plåt behöver svetsas fast, dock är skruvarnas placering ganska långt från primärbalken vilket gör att momentet i skruvförbandet ökar. Ifall det är fråga om höga balkar så har man oftast större avstånd mellan skruvarna vilket i sin tur motverkar effekten av en större excentricitet. (Husson W; Fahleson C, 2013, s. BB33).



Figur 16 Infästning med skruvar till balklivet (Husson W; Fahleson C, 2013).

DET9 är en annan typ av balk-balkanslutning i form av rörprofiler. Anslutningen består av ett primärfackverk och två stycken sekundärfackverk som ansluter från båda sidor. Sekundärfackverkens övrebommar är utrustade med ändplåtar för att möjliggöra en infästning till primärfackverkets övre bom. Ändplåtarna är också utrustade med två stycken utåtstickande plåtar med bulthål för att enkelt preliminärt kunna fästa sekundären till primären under monteringskedet. Under primärens övrebom hittas också en plåt som hjälper till att ta hand om tvärkraften samt att förenkla monteringen. Sekundärerna fästs till primären med hjälp av gängade stänger som går hela vägen genom primärens övrebom. Insidan av primären är utrustad med två stycken rör för att göra det smidigt och enkelt att trä igenom de gängade stängerna vid montering.

Modelleringen av denna anlutning är något svårare än de tidigare eftersom det här är flera delar som skall passa ihop samt flera skeden att utföra. Här är det också lättast att modellera alla delar skilt för sig, dock behöver man endast skapa infästningen för den ena sekundären eftersom det är möjligt att använda sig av ett verktyg som heter copy mirror som gör det möjligt att spegla något man tidigare skapat. Gängstängerna skapas med hjälp av en färdiggjord komponent där det finns möjlighet att välja storlek samt typ. Hålen för gängstängerna behöver modelleras skilt eftersom komponenten endast skapar stängerna till skillnad från verktyget "Bolt" som skapar både skruvar och hål. Hålen modelleras genom att man använder sig av verktyget "Bolt" och ställer in storlek inklusive tolerans samt sätter typen av skruv till undefined.

DET10 är den andra typen av balk-balkinfästningar där det finns tillräckligt med utrymme för att låta sekundärbalkarna, i detta fall sekundärfackverk placeras ovanpå primärbalken. Denna anslutning är enkel att montera och relativt billig att tillverka. Anslutningen består av fyra stycken L stål som svetsats till sekundärerna. Balklivet på primärbalken är avstyvat med fyra stycken avstyvningsplåtar för att klara av upplagskraften. L stålen skruvas sedan fast i primärbalkens övre fläns.

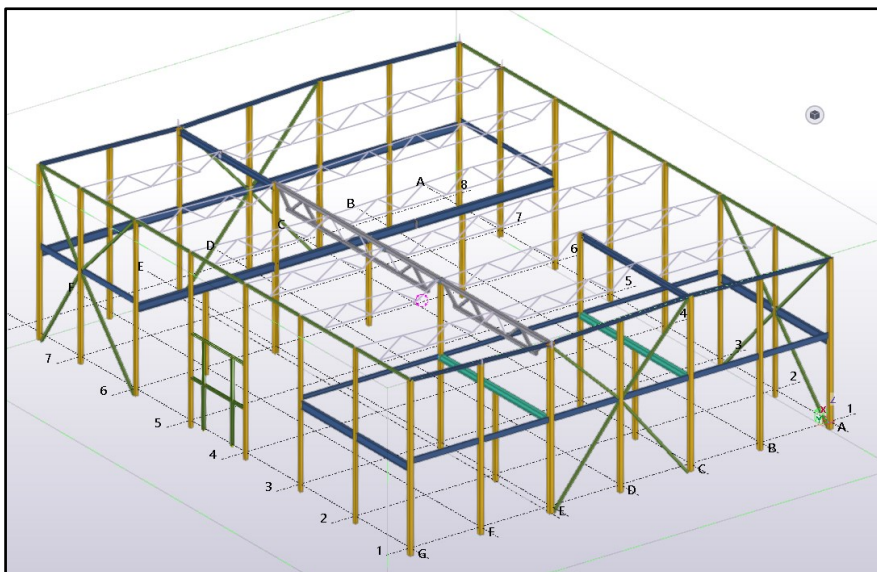
Modelleringen av anslutningen i DET10 är väldigt enkel och gör enklast genom att skapa en L profil med önskade mått och önskad skruvstorlek och sedan kopiera ut den till de resterande positionerna. Samma sak går också att göra med avstyvningsplåtarna, d.v.s. modellera in en avstyvningsplåt på korrekt plats och sedan kopiera den vidare till alla önskade positioner.

6 RESULTAT

I detta kapitel kommer presenteras det slutliga resultatet av den praktiska delen av examensarbetet i mer detalj. Den praktiska delen består av en IFC-modell som har skapats med hjälp av programvaran Tekla Structures. Modellen innehåller noggrant modellerade anslutningsdetaljer.

IFC-modellen är avsedd att vara tillgänglig för alla på företaget, vilket innebär att vem som helst kan ta del av den och bekanta sig med de modellerade anslutningarna. Detta möjliggör en ökad förståelse och insikt i det arbete som har utförts inom ramen för examensarbetet.

Utöver IFC-modellen innehåller resultatet även detaljritningar för varje enskild anslutningsdetalj. Dessa detaljritningar är avsedda att ge en mer detaljerad och specifik vy över varje detalj. Det är viktigt att notera att detaljritningarna endast inkluderar minimal information, eftersom dimensioneringen av anslutningarna beror på de specifika lasterna som de kommer att utsättas för. Detaljritningarna kan fungera som en grund för att utföra den nödvändiga dimensioneringen av anslutningarna. I figuren nedan kan den slutliga 3D-modellen åskådas.



Figur 19. Slutlig 3D-modell.

6.1 Företagets bilaga

Företagetsbilaga innehåller detaljritningar på de flesta anslutningar som blivit modellerade i arbetet. Anslutningarna som finns i bilagan är anslutningar som ofta är återkommande från

projekt till projekt. Detaljerna har främst utformats av handledare Aleksi Slotte men har också skickats runt på företaget för kommentarsrundor för att försöka få en så bra anslutning som möjligt.

Tabell 4. Detaljer.

Detaljer	Namn
DET1	Ledad balk-pelarfästning för hattprofil
DET2	Infästning mellan CFRHS-pelare och IPE-Balk
DET3	Infästning mellan HEA550-balkar och HEA280-pelare
DET4	Anslutningen mellan pelartopp, två stycken HEA220 och HEA400
DET5	CFRHS-pelare med HEA220 ovanpå
DET6	Pelartoppsanslutning till fackverk
DET7	Pelartopp-anslutning mellan 2 Stag och sekundärfackverk
DET8	Balkskarv av I-profil med klack
DET9	Anslutning mellan sekundärfackverk och primärfackverk
DET10	Balk-balkinfästning mellan sekundärfackverk och HEA400-balk

7 DISKUSSION

Detta examensarbete har gett mig en större inblick i hur anslutningsdetaljer används samt i vilka olika delar av ett projekt de kan vara till nytta. Detaljerna används inte endast i planeringsprocessen och tillverkningen utan också vid försäljningen och monteringen av konstruktionen. Mina modelleringskunskaper har förbättrats och jag har blivit bättre på att snabbt komma fram till hur en anslutning lättast modelleras. Ritningstillverkningskunskaperna har inte förbättrats avsevärt eftersom ritningsfabrikationen varit en sådan liten del av arbetet. Allt eftersom företaget utvecklas och nya typer av anslutningar med bättre kostnadseffektivitet och hållfasthet föds kan man enkelt placera in dem i modellen.

Målet med detta examensarbete har uppnåtts i form av en IFC-fil med alla detaljer samt detaljritningar på de olika anslutningarna. Ifall syftet med examensarbetet uppnåtts återstår att se när den klara produkten kommer i användning. Det svåraste med detta examensarbete har i min mening varit att få fram väsentlig information om de anslutningar som modellerats samt att modellera vissa anslutningar med många olika geometriska former samt delar.

I framtiden kunde arbetet kompletteras med någon typ av handbok för hur dessa anslutningar används och där alla detaljers egenskaper samt användningstillfällen beskrivs kunna skapas. Handboken kunde också innehålla information om hur modelleringen går till, steg för steg. IFC-modellen kunde också kompletteras med flera anslutningar. Andra

kompletteringsförslagförslag är att varje enskild anslutning kunde göras till en custom komponent vilket möjliggör att man enkelt kan placera ut en anslutning i modellen och lätt ändra mått på plåtar och etc. Detta är dock ett väldigt arbetsdrygt arbete och kräver precision för att få allt korrekt.

8 Källförteckning

EN 1993-1-8. (2005). *Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 1-8 Dimensionering av knutpunkter och förband.*

Husson W; Fahleson C. (2013). *Stålbyggnadsinstitutet*. Stockholm: E-Print AB.

Husson W; Norlin B; Veljkovic M. (2015). *Att konstruera med stål-Modul 10*. Stockholm: E-print AB.

Kensek, K., & Noble, D. (2014). *Building Information Modelling*. New York City: John Wiley & Sons, Incorporated.

Lundin K. (2008). *Stålbyggnad*. Stockholm: Editra Västra Aros AB.

Nordec. (2023). Hämtat från nordec.com: <https://nordec.com/>

nti. (den 20 03 2023). Hämtat från <https://www.nti.biz/se/blogg/se/2022/allt-du-behover-veta-om-ifc/>

Svenska Nätverket för Skruvförband. (u.d.). Hämtat från Handbok för skruvförband: <https://handbok.sfnskruv.se/template.asp?lank=238> den 18 04 2023

Trimble. (2023). Hämtat från Tekla: <https://www.tekla.com/se/resurser/artiklar/vad-ar-bim>