

Konstruktion samt CE-märkning av lyftok för traversanvändning

Axel Åminne

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2025

EXAMENSARBETE

Författare: Axel Åminne
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik
Inriktning: Maskinkonstruktör
Handledare: Kaj Rintanen (Novia), Anders Heikius (Solving)

Titel: Konstruktion samt CE-märkning av lyftok för traversanvändning

Datum: 14.5.2025 Sidantal: 27 Bilagor: 1

Abstrakt

Examensarbetet behandlade konstruktionen och CE-märkningen av ett nytt lyftok för traversanvändning vid Ab Solving Oy. Lyftoket möjliggör säker hantering av tunga laster som överstiger kapaciteten hos en enskild travers genom att sammankoppla två traverser till en gemensam lyftpunkt. Detta bidrar till en säkrare arbetsmiljö och effektivare produktionsprocesser.

Syftet med arbetet var att planera och konstruera ett pålitligt och arbetsvänligt lyftok som uppfyller både företagets behov och gällande säkerhetskrav. Arbetet omfattar planering, konstruktion, CE-märkning, modellering, framtagning av tillverkningsritningar, hållfasthetsberäkningar med Finita elementmetoden samt framtagande av instruktionsmanual och data för typskylt.

Genomförandet inleddes med en behovsanalys och inskolning hos företaget, följt av planering och utformning av lyftoket i CAD-programmet SolidWorks. Därefter utfördes FEM-analyser för att säkerställa konstruktionens hållfasthet under olika belastningsfall. Arbetet inkluderar även granskning av relevanta standarder, såsom SFS-EN 13155:2020 och SFS-EN 12100:2010, samt genomgång av CE-märkningsprocessen enligt EU-direktiv. Slutligen dokumenterades hela processen och tillverkningsritningar togs fram.

Resultatet visar att lyftoket uppfyller både företagets önskemål och de krav som ställs enligt gällande standarder och CE-märkningsdirektiv.

Språk: svenska

Nyckelord: lyftok, CE-märkning, FEM-analys, Solving

BACHELOR'S THESIS

Author: Axel Åminne
Degree Programme: Mechanical and Production Engineering
Specialisation: Mechanical Engineering
Supervisor(s): Kaj Rintanen (Novia), Anders Heikius (Solving)

Title: Design and CE Marking of Lifting Beam for Overhead Crane Use

Date: 14.5.2025 Number of pages: 27 Appendices: 1

Abstract

The thesis addressed the design and CE marking of a new lifting beam for overhead crane use at Ab Solving Oy. The lifting beam enables the safe handling of heavy loads that exceed the capacity of a single crane by connecting two cranes to a common lifting point. This contributes to a safer working environment and more efficient production processes.

The purpose of the work was to plan and design a reliable and user-friendly lifting beam that meets both the company's needs and current safety requirements. The work included planning, design, CE marking, modeling, preparation of manufacturing drawings, strength calculations using the Finite Element Method, as well as the development of an instruction manual and data for the identification plate.

The implementation began with a needs analysis and orientation at the company, followed by the design and modeling of the lifting beam using the CAD software SolidWorks. FEM analyses are then conducted to ensure the structural integrity of the beam under various load cases. The work also includes a review of relevant standards, such as SFS-EN 13155:2020 and SFS-EN 12100:2010, as well as the CE marking process according to EU directives. Finally, the entire process is documented, and the necessary production drawings are created.

The results show that the lifting beam meets both the company's expectations and the requirements set by applicable standards and CE marking directives.

Language: swedish

Key words: lifting beam, CE conformity marking, FEM analysis, Solving

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Mål.....	2
1.4	Avgränsningar.....	2
1.5	Företagsbeskrivning.....	2
1.6	Disposition.....	4
2	Teori.....	5
2.1	CE-märkning.....	5
2.1.1	Produktspecifika krav.....	6
2.1.2	Kontroll och testning av produkten.....	6
2.1.3	Teknisk dokumentation.....	6
2.1.4	Bruksanvisning.....	7
2.1.5	EU-försäkran om överensstämmelse och CE-märkning.....	7
2.2	Standarder.....	8
2.2.1	Vad är en standard.....	8
2.2.2	SFS-EN-13155:2020.....	8
2.2.3	SFS-EN 12100:2010.....	9
2.3	Hållfasthetslära.....	10
2.3.1	Normalspänning.....	10
2.3.2	Skjuvning.....	10
2.3.3	Böjning.....	11
2.3.4	Sträckgräns.....	11
2.3.5	Brottgräns.....	11
2.4	Solidworks.....	12
2.5	Finite elementmetoden – FEM.....	12
3	Metod.....	14
3.1	Uppgiftsspecifiering.....	14
3.2	Inskolning.....	14
3.3	Planering.....	15
3.4	Modellering.....	15
3.5	Simulering.....	18
3.6	Dokumentation.....	20
4	Resultat.....	21

4.1	Lyftoket.....	21
4.2	FEM – analys.....	21
4.2.1	Belastningsfall 1: WLL, 0°.....	23
4.2.2	Belastningsfall 2: 2WLL, 0°.....	24
4.2.3	Belastningsfall 3: 3WLL, 0°.....	25
5	Diskussion.....	26
5.1	Resultatet.....	26
5.2	Förbättringsförslag.....	26
5.3	Slutord.....	26
6	Källförteckning.....	27

Figurförteckning

Figur 1. Ab Solving Oy:s huvudkontor i Jakobstad. (Solving, 2024).	3
Figur 2. CE-märkningsprocessens fem steg. (Tukes, 2025).	5
Figur 3 CE-märkningssymbol. (Tukes, 2025).	8
Figur 4. 3D-modell utan och med mesh-struktur.	13
Figur 5. 3D-modell av lyftoket.	16
Figur 6. Bild på lyftoket uppifrån.	16
Figur 7. Upplägget i Solidworks.	17
Figur 8. Lyftkroken och dess dimensioner. (Gunnebo Industries, 2025).	18
Figur 9. Snittvy av lyftoket.	18
Figur 10. Låsningar och krafter i Ansys.	19
Figur 11. Trädstruktur från simuleringsprogrammet Ansys.	20
Figur 12. Lyftokets delar.	21
Figur 13. Belastningsfall 1: WLL, 0°	23
Figur 14. Deformation WLL, 0°	23
Figur 15. Belastningsfall 2: 2WLL, 0°	24
Figur 16. Deformation 2WLL, 0°	24
Figur 17. Belastningsfall 3: 3WLL, 0°	25
Figur 18. Deformation 3WLL, 0°	25

1 Inledning

Detta examensarbete har gjorts på uppdrag av Ab Solving Oy som är baserat i Jakobstadsregionen. Solving är en världsledare inom automatisk hantering av tunga laster. Har själv sommarjobbat hos företaget två somrar, första sommaren som lagerarbetare och den andra som mekanikplanerare. I slutet av sommaren 2024 diskuterades olika projekt som kunde fungera som examensarbete åt mig. Senare samma månad tog jag och min förman beslutet att jag skulle konstruera ett lyftok till en av deras traverser.

1.1 Bakgrund

Ab Solving Oy är ett företag som tillverkar skräddarsydda lösningar för materialhantering där tunga lyft kan förekomma. I vissa fall krävs det att två traverser sammankopplas för att kunna lyfta de tunga produkter och komponenter som tillverkas där. För att möjliggöra detta behövs ett lyftok som kan sammankoppla traverserna till en gemensam lyftpunkt. På så sätt kan man maximera kapaciteten hos traverserna och lyfta upp till 13 ton.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att planera och konstruera ett pålitligt samt arbetsvänligt lyftok som skulle bidra med en säkrare arbetsmiljö i produktionen. Tidigare har arbetarna i produktionen behövt komma på egna lösningar för att förflytta tunga truckramar med travers. Orsaken till att detta lyftok behövs är för att de traverser som finns i produktionen enbart klarar av 6,5 ton. Vissa truckramar kan väga runt 13 ton och har bara en lyftpunkt. I sådana fall behöver man sammankoppla två traverser för att säkerställa en säker hantering av den tunga lasten.

I samband med konstruktionen av lyftoket var det även ett krav att produkten skulle uppfylla gällande säkerhetskrav enligt relevanta standarder. En del av syftet med arbetet var därför att ta fram ett lyftok som uppfyller företagets behov samt kraven för CE-märkning. CE-märkningsprocessen utgör en viktig del av arbetet då den säkerställer att lyftoket får användas inom industrin och överensstämmer med EU-direktiven.

1.3 Mål

Huvudmålet med lyftoket var att säkert kunna förflytta tunga laster genom att sammanlänka de två traverserna med hjälp av lyftoket. På så sätt får man en gemensam lyftpunkt vilket möjliggör tyngre lyft. Lyftoket kommer på samma gång fördela vikten jämt på lyftvajrarna så att inte de utsätts för stora stressbelastningar.

1.4 Avgränsningar

Detta examensarbete kommer avgränsas till planering, konstruktion samt CE-märkning av ett nytt lyftok vid Solving. Lyftoket kommer sammanföra två traverskrokar till en gemensam lyftpunkt. Designen på lyftoket skall uppfylla Solving:s krav och önskemål. Oket skall även vara så lågt som möjligt för att kunna utnyttja maximal lyfthöjd för traverserna. Till arbetet hör modellering, färdigställning av tillverkningsritningar, FEM-beräkningar, instruktionsmanual samt data för typskylt till lyftoket. Till examensarbetet hör inte beställning av de olika delarna, exempelvis vem som skall skära ut delarna eller svetsa ihop konstruktionen. Inte heller inköp av lyftkrok ingår. Dessa steg hanteras av företaget.

1.5 Företagsbeskrivning

Företaget Ab Solving Oy grundades år 1977. Idén med företaget var att skapa flyttsystem som använde sig av luftkuddeteknik för att flytta tunga laster. Luftkuddetekniken går ut på att lasten placeras på fyra till sex moduler monterade på luftkuddar. Luftkuddarna fylls med luft från en kompressor vilket i sin tur skapar ett tunt lager av luft mellan kuddarna och golvet. Lasten som då vilar på luftkuddarna kan enkelt flyttas till sin plats med minimal ansträngning. En avgörande aspekt för att detta skall gå är dock att golvet är platt och jämnt. Flyttsystemet fungerar ej på ojämnt underlag eftersom luften lätt rymmer i väg i springor eller deformationer i golvet.

Under 80-talet började företaget leverera till fler branscher och expandera sin kundkrets till flera europeiska länder. Företaget utvecklade även sin första självkörande truck (AGV) baserad på luftkuddeteknik. Till skillnad från vanliga luftkuddesystem byggdes trucken med en ram runt modulerna, utrustades med en styrdator och en drivmodul, vilket gjorde att den själv kunde transportera tunga laster längs en förutbestämd rutt.

Under 90-talet växte deras export utanför Europa och fem dotterbolag grundades i Sverige, Danmark, Italien, Tyskland och Storbritannien. Företaget utökade även sitt försäljningsnätverk till Nordamerika och Asien.

Luftkuddetekniken och dess efterfrågan finns fortfarande kvar men företaget har under senare år övergått mer till hjulbaserade truckar. I dagens läge består deras produktsortiment av fjärrstyrda samt helt automatiserade truckar på både hjul och luftkuddar.

Företaget är specialiserat på att utveckla och tillverka avancerade materialhanteringssystem enligt kundens behov och krav. Det handlar främst om luftkuddesystem och automatiserade lösningar för att hantera tunga laster i industrimiljöer. Deras teknologi används för att underlätta en säker och effektiv hantering av allt från maskindelar till hela produktionslinjer.

Solving är idag en världsledare inom automatisk hantering av tunga laster och arbetar globalt med att leverera skräddarsydda lösningar till en rad olika branscher. Deras produkter hittas idag i över 20 olika slags industrier i över 60 länder. (Solving, 2024).



Figur 1. Ab Solving Oy:s huvudkontor i Jakobstad. (Solving, 2024).

1.6 Disposition

Nedan ges en kort sammanfattning av varje kapitel för att ge en översikt över innehållet och vad som kommer att behandlas i detta arbete.

I kapitlet *Inledning* presenteras arbetets bakgrund, syfte, mål, avgränsningar samt en kort företagsbeskrivning.

I kapitlet *Teori* går CE-märkningsprocessen, standarder, Finita elementmetoden samt grundläggande hållfasthetslära igenom.

I kapitlet *Metod* redogörs för det tillvägagångssätt som använts under arbetets genomförande.

I kapitlet *Resultat* presenteras resultatet som tagits fram i examensarbetet.

I kapitlet *Diskussion* analyseras arbetsgången samt arbetets omfattning och utmaningar.

I kapitlet *Källförteckning* anges de källor och böcker som använts som i arbetet.

2 Teori

Detta kapitel kommer beröra teorin, CE-märkningsprocessen, relevanta EU-direktiv och standarder, hållfasthetslära, CAD-programmet Solidworks samt Finita elementmetoden.

2.1 CE-märkning

CE-märkning är en symbol som visar att en produkt uppfyller EU:s krav på säkerhet, hälsa och miljö. För att märkningen skall godkännas bör produkten uppfylla relevanta EU direktiv och standarder. Symbolen försäkrar också användaren att tillverkaren ansvarar för att produkten är säker att använda.

CE-märkningsprocessen omfattar flera steg som kan delas in i fem huvudsakliga delar enligt figuren nedan. I det här avsnittet ges en kortfattad genomgång av dessa delar.

CE-märkning i fem steg



Figur 2. CE-märkningsprocessens fem steg. (Tukes, 2025).

2.1.1 Produktspecifika krav

Det första steget i CE-märkningsprocessen är att fastställa vilka specifika krav och regler som berör produkten. Syftet är att säkerställa produktens pålitlighet och säkerhet samt att den uppfyller de nödvändiga minimikraven. Dessa krav hittas i EU:s direktiv, förordningar, standarder och beslut, samt i den nationella lagstiftningen.

EU har harmoniserat kraven för produkter för att underlätta fri rörlighet inom det ekonomiska samarbetsområdet. Detta är en av anledningarna till att det finns produktspecifika krav och bestämmelser. Genom EU-direktiv, som varje medlemsland är skyldig att integrera i sin nationella lagstiftning, säkerställs att samma regler tillämpas i hela unionen. (Tukes, 2025).

2.1.2 Kontroll och testning av produkten

När de produktspecifika kraven är fastställda måste produkten granskas för att säkerställa att den uppfyller kraven. Beroende på produktens typ och användningsområde kan detta göras på olika sätt. Exempelvis kan hållfasthetskrav kontrolleras genom FEM-analyser, vilket står för Finita elementmetoden, i form av datorprogram eller genom tillverkning av prototyper för fysiska tester. Finita elementmetoden förklaras mer ingående i kapitel 2.5. För de flesta konsumentprodukter görs en intern kontroll, vilket innebär att tillverkaren själv ansvarar för att produkten följer de gällande kraven. I vissa fall krävs dock en bedömning av ett anmält organ, särskilt när det gäller mer komplexa eller riskfyllda produkter. (Tukes, 2025).

2.1.3 Teknisk dokumentation

Tillverkaren ansvarar för teknisk dokumentation som uppvisar att krav och standarder uppfylls för produkten i fråga. Dokumentationen fungerar som ett bevis på att produkten är säker och laglig att använda. Den ska innehålla detaljerad information om produktens design, tillverkningsprocess och testresultat. Dokumentationen kan vara både elektronisk och i pappersform och skall finnas tillgänglig för myndigheterna som övervakar marknaden i minst tio år efter att den sista produkten i serien har tillverkats. Om dokumentationen är felaktig eller saknas kan det misstänkas att produkten inte lever upp till lagkraven. (Tukes, 2025).

2.1.4 Bruksanvisning

Varje produkt som lanseras på marknaden måste förses med tydliga och lättförståeliga bruksanvisningar. Dessa anvisningar ska ge användaren information om hur produkten används på ett säkert och effektivt sätt. Bruksanvisningens innehåll regleras av relevanta standarder och ska anpassas till den marknad där produkten säljs. I Finland krävs att bruksanvisningar finns på både finska och svenska för att säkerställa att användarna förstår instruktionerna. (Tukes, 2025).

2.1.5 EU-försäkran om överensstämmelse och CE-märkning

När alla krav är uppfyllda ska tillverkaren upprätta en EU-försäkran om överensstämmelse. Genom detta dokument försäkrar tillverkaren att produkten uppfyller alla grundläggande säkerhets- och hälsokrav enligt gällande direktiv och standarder. CE-märkningen som fästs på produkten bör vara permanent, synlig samt lättförståelig och innefatta följande information:

- Tillverkarens företagsnamn och fullständig adress
- CE-märkning
- Maskinbeteckning
- Serienummer
- Tillverkningsår
- Vikt på produkten

Efter att dokumentet har undertecknats kan CE-märkningen sättas på produkten. CE-märkningen visar att produkten är godkänd för fri rörlighet inom EU och att den uppfyller alla nödvändiga lagkrav. För vissa produktkategorier krävs även bedömning av ett anmält organ innan CE-märkningen får användas, men detta är oftast inte nödvändigt för lyftok. (Tukes, 2025).



Figur 3 CE-märkningssymbol. (Tukes, 2025).

2.2 Standarder

Detta kapitel beskriver de standarder som används i samband med planeringen samt konstruktionen av lyftoket.

2.2.1 Vad är en standard

En standard är en enhetlig lösning som används för att effektivt hantera ett återkommande problem. Standarder fastställer allmänna krav, riktlinjer samt specifikationer för tjänster, processer eller produkter. I detta fall berör standarden en produkt. Syftet med standarder är att säkerställa en viss kvalitet, säkerhet samt utbytbart hos en produkt. Standarder framställs genom samarbete mellan företag, organisationer samt experter och används ständigt som riktlinjer inom olika verksamhetsområden för att underlätta samarbete och handel. (Svenska Institutet för Standarder, 1922).

2.2.2 SFS-EN-13155:2020

Denna europeiska, harmoniserade standard fastställer säkerhetskrav samt riktlinjer när det kommer till konstruktioner av lyftredskap, i synnerhet sådana som används tillsammans med kranar och traverser. Denna standard är skapad för att säkerställa att lyftanordningar följer de grundläggande hälso- och säkerhetskraven som anges i Maskindirektivet 2006/42/EG. Standarden specificerar de tekniska kraven som är nödvändiga för att garantera en säker och stadig drift. Den är även en viktig referens när tillverkare vill CE-märka sina produkter.

För att uppfylla kraven i standarden måste en lyftanordning klara av att lyfta två gånger den maximalt tillåtna lasten (2WLL) utan att utsättas för bestående deformation eller skador. Spänningarna under ett sådant lyft får därmed inte överskrida sträckgränsen inklusive brottgränsen.

Det krävs även att konstruktionen tål tre gånger den tillåtna lasten utan att brista, spänningarna som uppstår får inte överskrida materialets brottgräns. (Suomen Standardisoimisliitto SFS. EN 13155, 2020).

2.2.3 SFS-EN 12100:2010

ISO 12100 fastställer grundläggande terminologi, principer och metodik för att uppnå säkerhet vid design av konstruktioner. Den anger principer för riskbedömning samt riskreducering för att hjälpa konstruktörer uppnå säkerhet vid planering och design. Dessa riktlinjer grundar sig på kunskap och erfarenhet inom designarbete, praktisk användning, olyckshändelser och risker kopplade till konstruktioner. Riktlinjerna bygger sig på långvarig expertis samt observationer av hur konstruktioner beter sig i verkliga arbetsmiljöer samt hur fel och incidenter kan uppstå.

Kunskapen är avgörande för att kunna identifiera potentiella faror och uppskatta risker under väsentliga delar av konstruktionens livscykel. Dessa kan sedan förebyggas genom att utveckla säkra lösningar som uppfyller standardens krav. Vägledning ges om dokumentation och kontroll av riskbedömningen och riskminskningsprocessen.

Genom att använda denna erfarenhet och kunskap kan man skapa robusta och pålitliga konstruktioner som minimerar risker och bidrar till en trygg arbetsmiljö. (Suomen Standardisoimisliitto SFS. EN 12100, 2010).

2.3 Hållfasthetslära

Hållfasthetslära är en gren inom mekanik som studerar hur material och konstruktioner beter sig under belastning. Det innebär att analysera deformationer, spänningar och brottgränser för att säkerställa att konstruktioner är tillräckligt starka och stabila för att klara av yttre påfrestningar och krafter utan att gå sönder eller permanent deformeras. Hållfasthetsläran delas i olika kategorier enligt belastningstyp för att enklare kunna beräknas. (Lönnelid & Norberg, 2009).

2.3.1 Normalspänning

Normalspänning, även kallad dragspänning, uppstår när en kraft F verkar vinkelrätt mot en tvärsnittsarea A . Detta skapar inre spänningar som fördelas jämnt över arean. Normalspänning betecknas med σ (sigma) och beräknas med formeln:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

där F är kraften i N (Newton) och A är arean i mm^2 . Resultatet uttrycks i N/mm^2 (Newton/kvadratmillimeter) eller MPa (Megapascal). (Lönnelid & Norberg, 2009).

2.3.2 Skjuvning

Skjuvning är en typ av belastning där kraften F verkar längs med planet för en tvärsnittsarea A . Denna kraft orsakar skjuvspänningar i tvärsnittet. Skjuvning innebär en deformation utan att materialets volym förändras. Skjuvspänningen, τ , kan beräknas med formeln:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2)$$

där τ (Tau) är skjuvspänningen i MPa eller N/mm^2 , F är kraften i newton och A är tvärsnittsarean i mm^2 . (Lönnelid & Norberg, 2009).

2.3.3 Böjning

När en kraft verkar längst ut på en inspänd balk uppstår ett böjmoment, vilket i sin tur skapar normalspänningar i balken. På balkens översida bildas dragspänningar på samma gång som det uppstår tryckspänningar på undersidan. Den största spänningen i balken kallas för böjspänning. Böjspänningen påverkas av böjmomentet, de yttre krafterna och balkens typ samt dess böjmotstånd. Böjspänningen, σ_b , kan beräknas enligt:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad (3)$$

där σ_b är böjspänningen i N/mm², M_b är böjmomentet i N·mm, och W_b är böjmotståndet i mm³. (Lönnelid & Norberg, 2009).

2.3.4 Sträckgräns

Sträckgränsen är den högsta spänning som ett material kan hantera utan att deformeras permanent. Om spänningen hålls under sträckgränsen följer materialet Hookes lag och återgår till sin ursprungliga form när belastningen tas bort. Överskrider sträckgränsen uppstår plastisk deformation, vilket innebär att materialet inte kan återgå till sin ursprungliga form.

Vid dimensionering av konstruktioner försöker man undvika att nå sträckgränsen. Sträckgränsen är en av de viktigaste egenskaperna när det gäller att bedöma materialets hållfasthet. (Lönnelid & Norberg, 2009).

2.3.5 Brottgräns

Brottgränsen är den högsta spänning som ett material klarar av innan det spricker eller går sönder. Om spänningarna överskrider sträckgränsen finns en risk att konstruktionen, eller delarna i konstruktionen bryts sönder. För att undvika detta planeras och dimensioneras komponenter och konstruktioner så att brottgränsen inte nås vid normala belastningsförhållanden. (Lönnelid & Norberg, 2009).

2.4 Solidworks

Solidworks är ett CAD-program som används för att skapa två- och tredimensionella modeller samt detaljerade ritningar. Programmet grundades 1993 och har sitt huvudkontor i Massachusetts, USA. Idag ägs Solidworks av det franska företaget Dassault Systèmes och används av över två miljoner människor på cirka 165 000 företag runt om i världen. (The History of SOLIDWORKS, 2024).

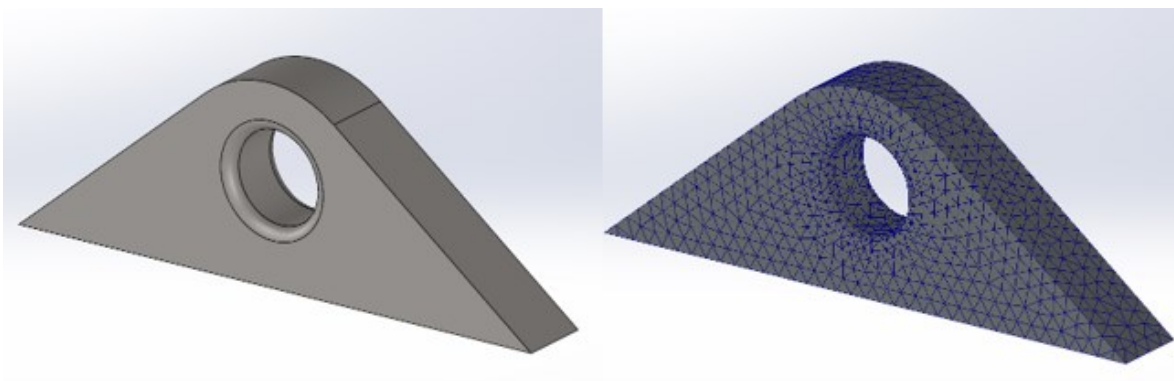
Programmet består av flera olika delar, som kallas moduler, och används för olika typer av modelleringsarbete. Exempel på dessa moduler är part, assembly och simulation. I detta arbete användes främst part och assembly.

I part-modulen börjar man med att skapa delar genom att rita i två dimensioner, som sedan kan göras till tredimensionella objekt genom att extrudera. När delarna är klara går man över till assembly-modulen där delarna sätts ihop. Delarna kopplas sedan ihop med ett kommando som heter mates, man kan också ställa in olika villkor för hur delarna ska sitta fast.

2.5 Finita elementmetoden – FEM

Finita elementmetoden, även kallad FEM är känd och välbehövd numerisk beräkningsmetod när det kommer till hållfasthetsberäkningar inom mekanikkonstruktioner. Metoden används för att dela upp konstruktioner och modeller i mindre delar som kallas element. Elementen bildar sedan en struktur som kallas Mesh. På så sätt får man en uppskattad lösning på ett problem genom att lösa ekvationer för varje enskilt element och sammanställa resultaten.

FEM används ofta inom ingenjörsvärlden för att simulera hur olika material beter sig under fysiska belastningar, temperaturförändringar samt andra påfrestningar. Metoden används mycket inom bil-, flyg-, bygg-, samt elektronikindustrin. (Finita elementmetoden, 2024).



Figur 4. 3D-modell utan och med mesh-struktur.

3 Metod

I det här kapitlet redogör vilka metoder och arbetssätt som använts under genomförandet av examensarbetet.

3.1 Uppgiftsspecifiering

Examensarbetet inleddes på senhösten 2024. Ett kick-off möte ordnades tillsammans med min handledare från Novia, Kaj Rintanen, och min handledare från Solving, Anders Heikius, där vi gick igenom uppgiftsbeskrivningen och hur arbetet skulle framskrida. Mötet var mycket givande och fick en klar uppfattning om hur det hela skulle gå till. Efter genomgången blev det en kort vistelse i produktionen där Teamledaren gav några förslag på hur lyftoket kunde se ut samt vilka dimensioner det rörde sig om.

3.2 Inskolning

Solving planerar och modellerar alla sina projekt i programmet Solidworks. Fick inskolning i programmet sommaren 2024 då jag sommarjobbade där som mekanikdesigner. Eftersom programmet inte var helt nytt för mig kunde designarbetet påbörjas utan desto mer inskolning. Vissa funktioner och genvägar hade man glömt bort men de kom snabbt tillbaka med lite vägledning från Solving:s sida. Filhanteringssystemet som används av företaget var också bekant sedan tidigare men en inskolning gavs ändå för att förfriska minnet. Solving använder sig även av ett annat simuleringsverktyg som heter Ansys. Med detta simuleringsprogram fås en noggrannare analys och tydligare simulering på deras konstruktioner. Fick även inskolning i simuleringsprogrammet när modellen var färdig och redo för testning.

3.3 Planering

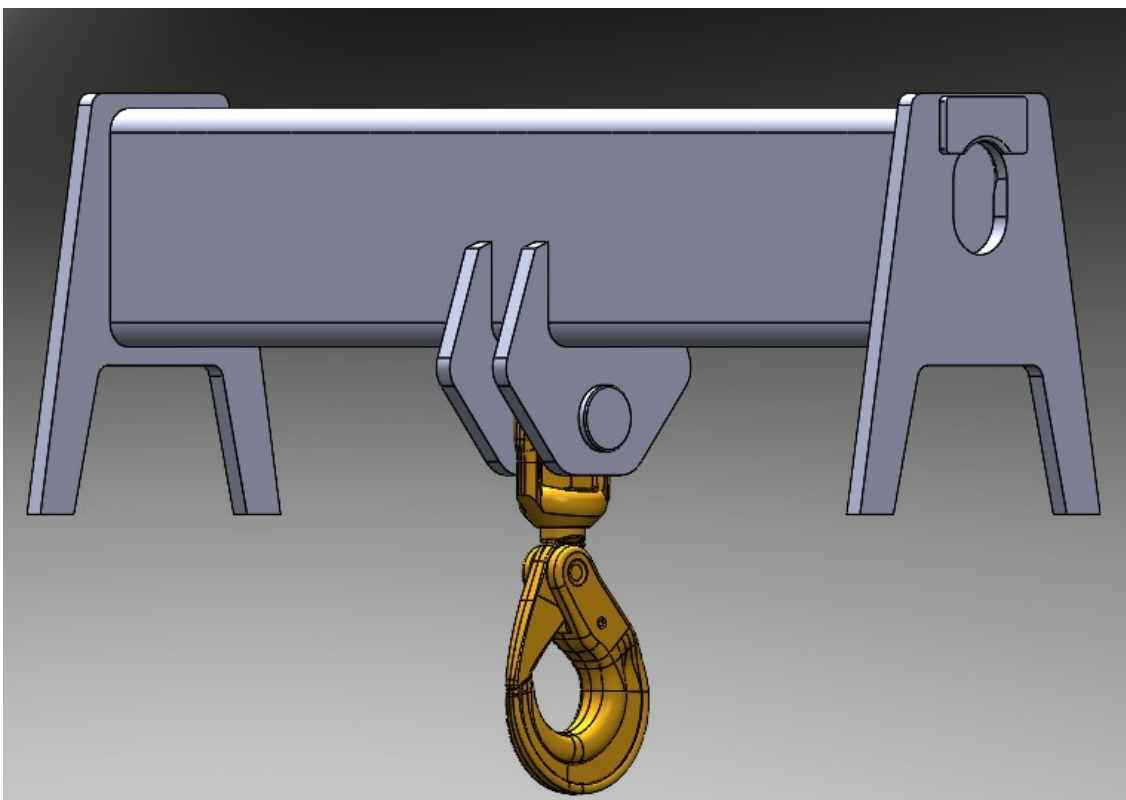
Efter inskolningen och uppfriskandet av minnet var det dags att dra i gång med planeringen. Det första steget var att diskutera och förtydliga mått och dimensioner för lyftverket, vilken höjd och bredd som var optimal och hur långt det behövde vara. Bortsett från måtten gavs relativt fria händer gällande lyftokets design och utseende. Efter det var det dags att fördjupa sig i de harmoniserade standarderna och maskindirektivet för att kunna ta dem i beaktande redan i ett tidigt skede av planeringen.

Det underlättade även att gå in och granska tidigare examensarbeten om CE-märkning och dess upplägget, på så sätt fick man en bättre uppfattning om hur man skulle gå till väga. Detta underlättade också orienteringen kring standarderna och maskindirektivet.

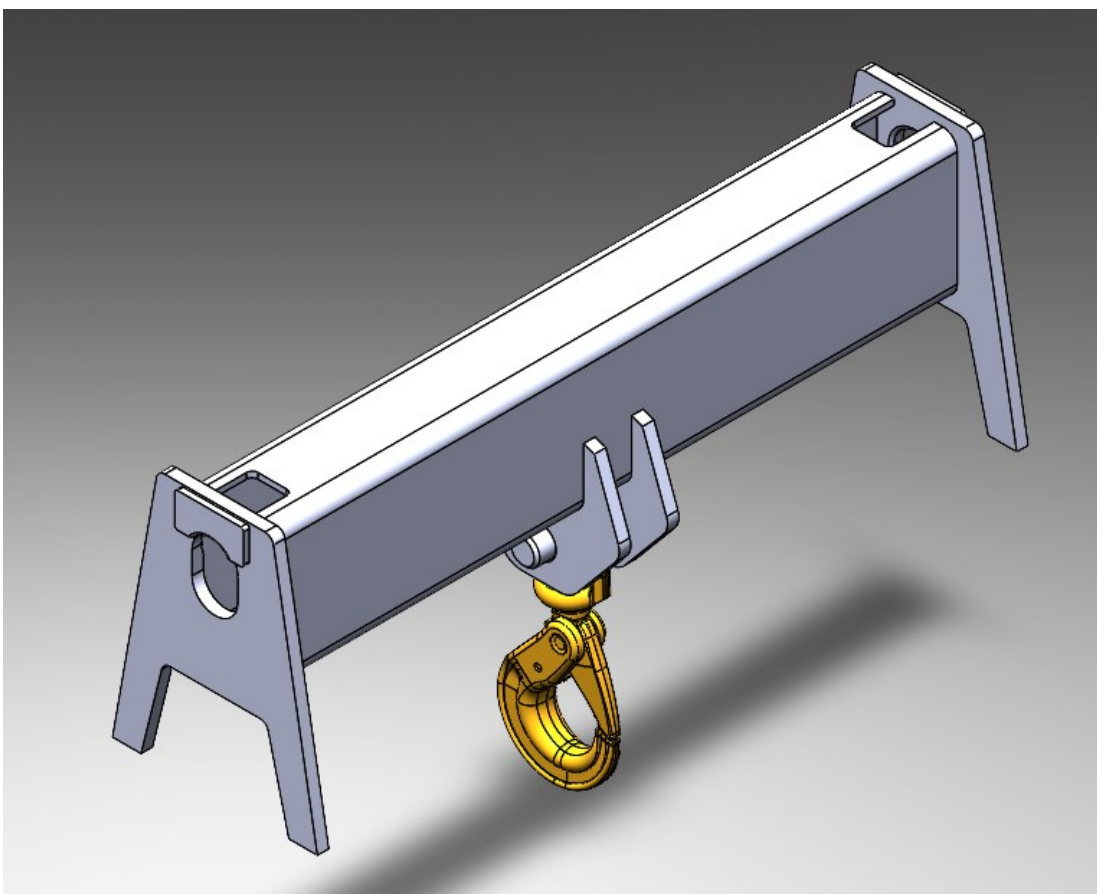
3.4 Modellering

Modelleringskedet framskred som planerat utan desto större motgångar. Gjorde fem varianter för hur lyftoket kunde se ut. En I-balk testades som grund för lyftoket men den klarade inte av stressen och belastningen. Valde i stället att använda en RHS-balk med måtten 250x150x10 mm och en längd på 1100mm.

Tanken är att krokarna från traversen skall fästas i öglorna som visas på bilden. Öglorna är utformade så att det finns spelrum runt krokarna vilket möjliggör enklare fastsättning. Benen kan användas vid behov om man tar bort lyftkroken eller viker den åt sidan men tanken är att lyftoket skall sättas på en flyttbar vagn när den inte är i bruk. Plåtarna som sitter under balken har en löstagbar genomgångstapp på 50mm. Alla delar och ritningar är gjorda i Solidworks.

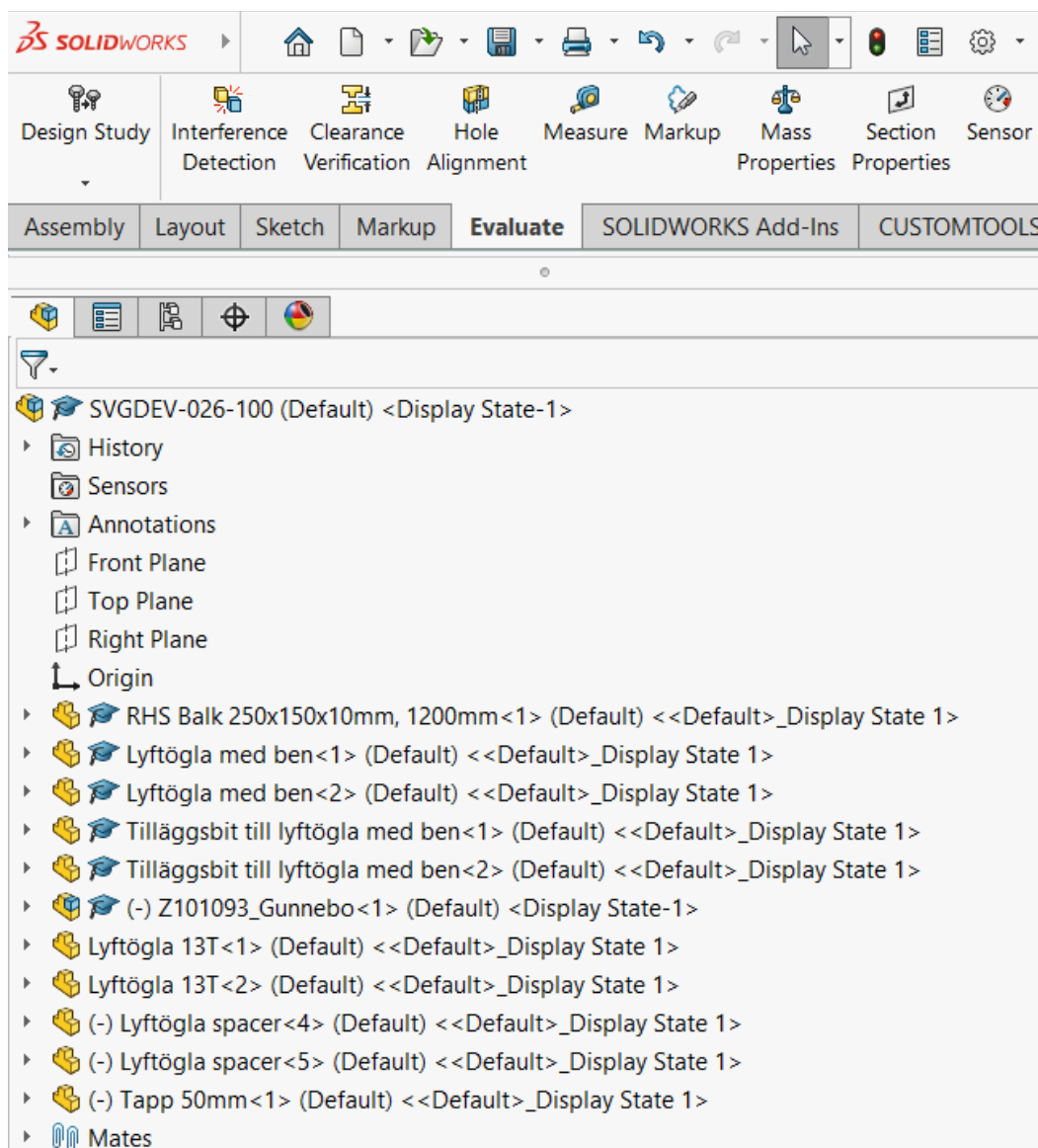


Figur 5. 3D-modell av lyftoket.



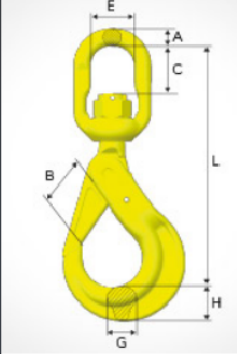
Figur 6. Bild på lyftoket uppifrån.







Här nedan i figur 7 syns upplägget av modellen. Listan föreställer sammanställningsmodellens delar och komponenter. Högst upp i listan är projektnamnet för modellen. De underliggande rubrikerna innefattar historiken för modelleringsprocessen, modelleringsplanen, komponenter samt sammanfogningarna mellan dem.



Figur 7. Upplägget i Solidworks.

Lyftkroken är tagen från Gunnebo Industries och syns i figur 8. Kroken som används har en max last på 16 ton.



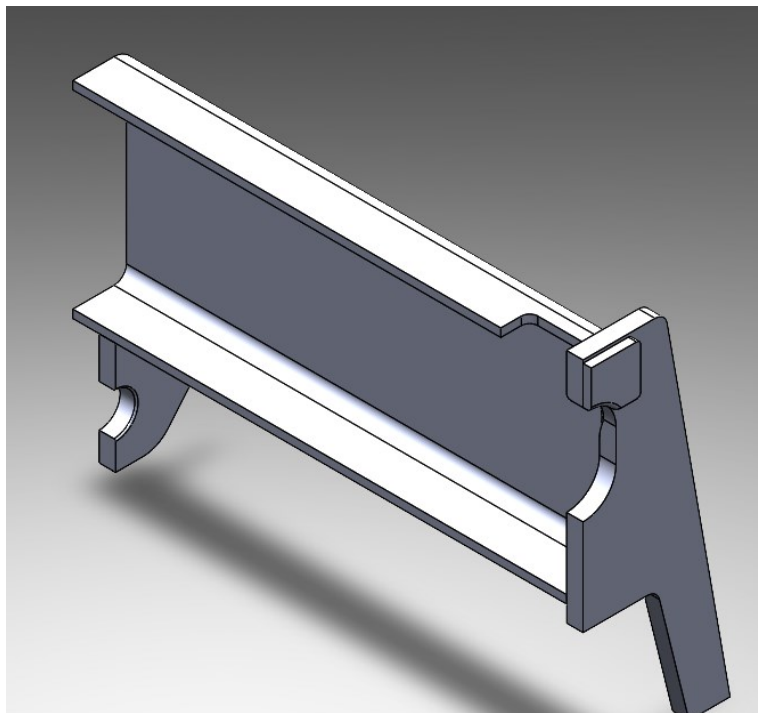
CAD	Artikelnr	Beteckn.	Max last t	L	B	C	E	A	G	H	Vikt kg
	Z1011140	BKL-6-10	1.5	149	29	23	33	11	15	21	0.704
	Z1011040	BKL-7/8-10	2.6	183	37	27	38	12	17	26	1.2
	Z1010280	BKL-10-10	4.0	218	45	37	44	15	21	31	1.96
	Z1010360	BKL-13-10	6.8	282	55	49	48	19	30	40	4.04
	Z101044	BKL-16-10	10.3	341	62	65	61	25	37	50	7.368
	Z101093	BKL-18/20-10	16.0	368	68	70	72	31	44	62	11.89

Figur 8. Lyftkroken och dess dimensioner. (Gunnebo Industries, 2025).

Designdelen utfördes mestadels på distans men åkte till Solving då det uppstod frågor och funderingar kring arbetet.

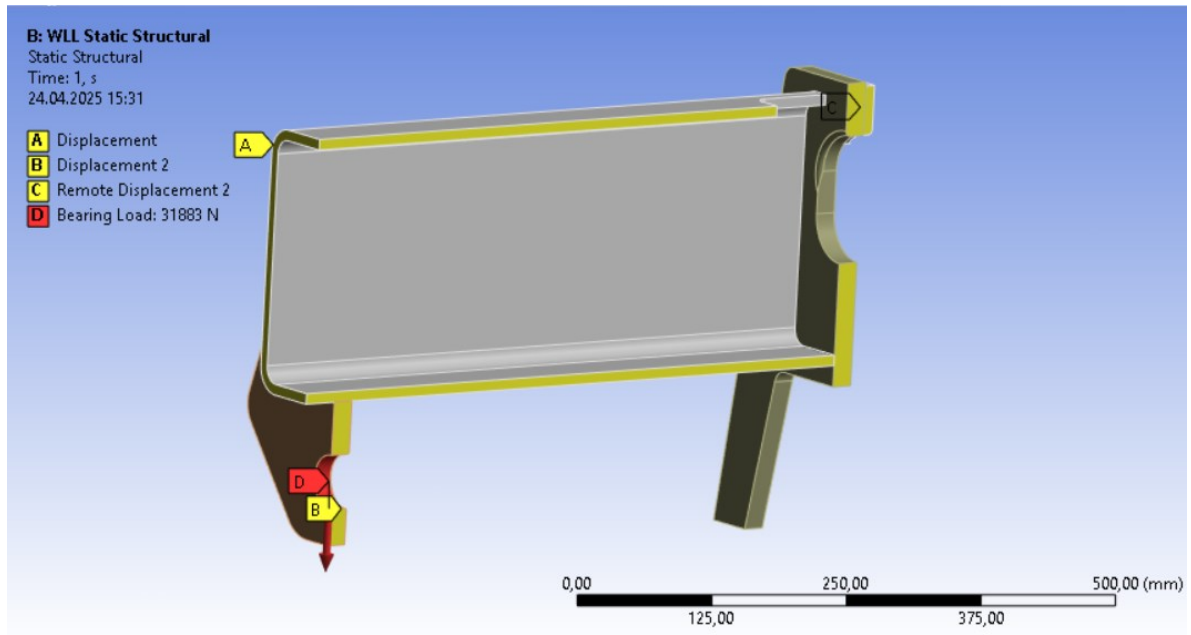
3.5 Simulering

Beräkningarna för lyftoket utfördes i simuleringssprogrammet Ansys. Eftersom modellen är symmetrisk delades den upp i fyra delar för enklare beräkningar. Modellen flyttades sedan enkelt över från Solidworks till Ansys med hjälp av några knapptryck.



Figur 9. Snittvy av lyftoket.

Efter att modellen överförts till Ansys sattes låsningar och krafter in. Nedan syns en bild som föreställer de låsningar och krafter som användes i den första simuleringen. Ytorna B & C låstes fast medan det applicerades en kraft nedåt på yta D. Kraften 31883 Newton står för en fjärdedel av den tillåtna lasten eftersom modellen är uppdelad i fyra delar. Kraften i Newton motsvarar 3.25 ton. WLL (Working load limit) för oket är 13 ton.

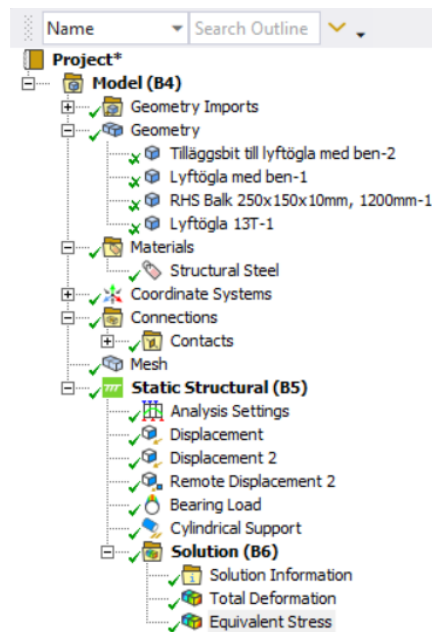


Figur 10. Låsningar och krafter i Ansys.

Simuleringsprogrammet fungerade bra och var uppbyggt på ett logiskt sätt. Ändringar i modellens geometri gjordes i Solidworks, och importerades sedan direkt till Ansys.

Som material valdes konstruktionsstål, S355 för alla delar. Som mesh testades först 8mm men ändrades sedan om till 4mm för noggrannare analys.

Nedan i figur 11 visas en bild på hur trädstrukturen ser ut i programmet.



Figur 11. Trädstruktur från simuleringsprogrammet Ansys.

När allt var i sin ordning kunde programmet räkna ut resultaten. Resultaten presenteras i kapitel 4.

3.6 Dokumentation

Som en del av dokumentationen för detta examensarbete gjordes tillverkningsritningar för lyftoket, en muntlig riskbedömning samt en bruksanvisning för lyftoket. Ritningarna har sparats i Solvings filhanteringssystem.

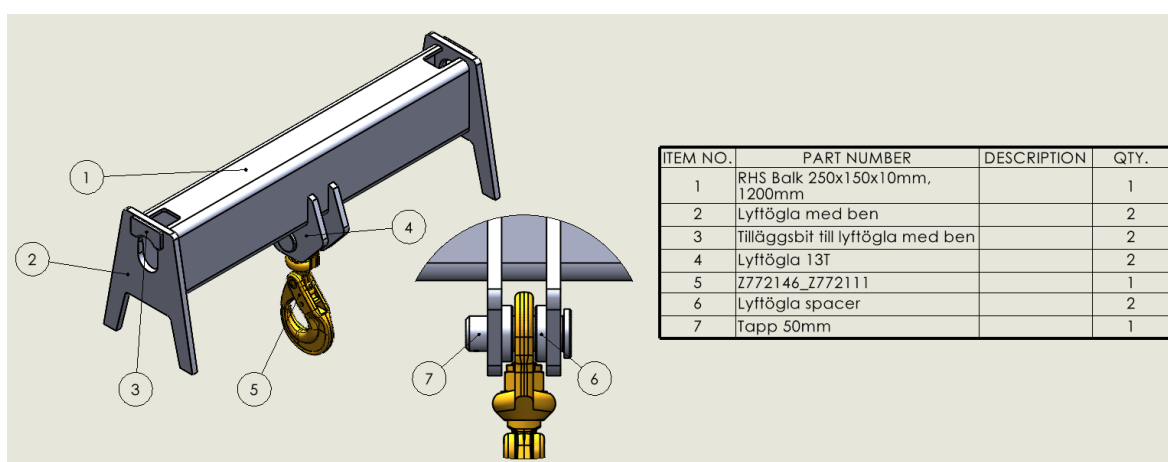
Bruksanvisningen innehåller viktig information om hur lyftoket används på ett korrekt och säkert sätt. Den omfattar tekniska specifikationer, krav samt en översikt över säkerhetsrisker vid användning. Användnings- och underhållsanvisningar finns också beskrivna för att underlätta korrekt hantering och förlänga utrustningens livslängd. Även om lyftoket kräver minimalt underhåll finns det vissa aspekter som bör beaktas för att säkerställa driftsäkerheten. I slutet av manualen hittas kontaktuppgifter och information om företaget.

4 Resultat

I detta kapitel presenteras lyftokets konstruktion, funktionsprincip samt resultaten från simuleringarna.

4.1 Lyftoket

Lyftoket består av några olika delar. Har konstruerat alla delar själv, förutom den gula lyftkroken som blir beställt skilt till projektet. De olika delarnas namn och position hittas i figur 12.



Figur 12. Lyftokets delar.

Vid lyft fästs traverskrokarna i lyftöglorna, en per sida. Lasten kopplas fast i kroken. Man kan välja om man vill använda kroken, om inte så kopplas den lätt bort och kan ersättas med lyftremmar.

4.2 FEM – analys

I detta avsnitt presenteras och analyseras de resultat som genererats i Ansys-simuleringarna. Skalan ställdes om i simuleringarna för att lättare kunna se var stressen befann sig. Belastningsfallen testas i noll graders vinkel eftersom lyftoket endast kommer användas med travers. Traverskrokarna kommer vara inställda på samma nivå och köras samtidigt. Efter diskussion med handledaren från Solving kom vi fram till att lyftoket inte

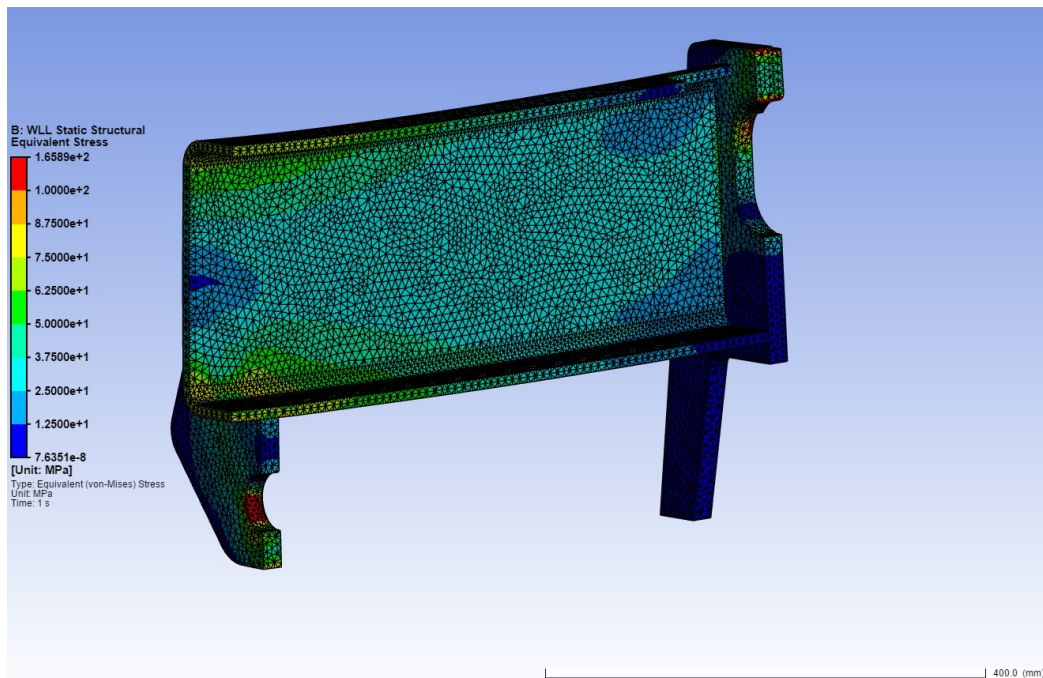
behöver testas i lutande vinkel. WLL, Working Load Limit, motsvarar en last på 13 ton. Vid 2WLL belastas konstruktionen med 26 ton, och vid 3WLL med 39 ton.

Tabell 1. Belastningsfall och kriterier

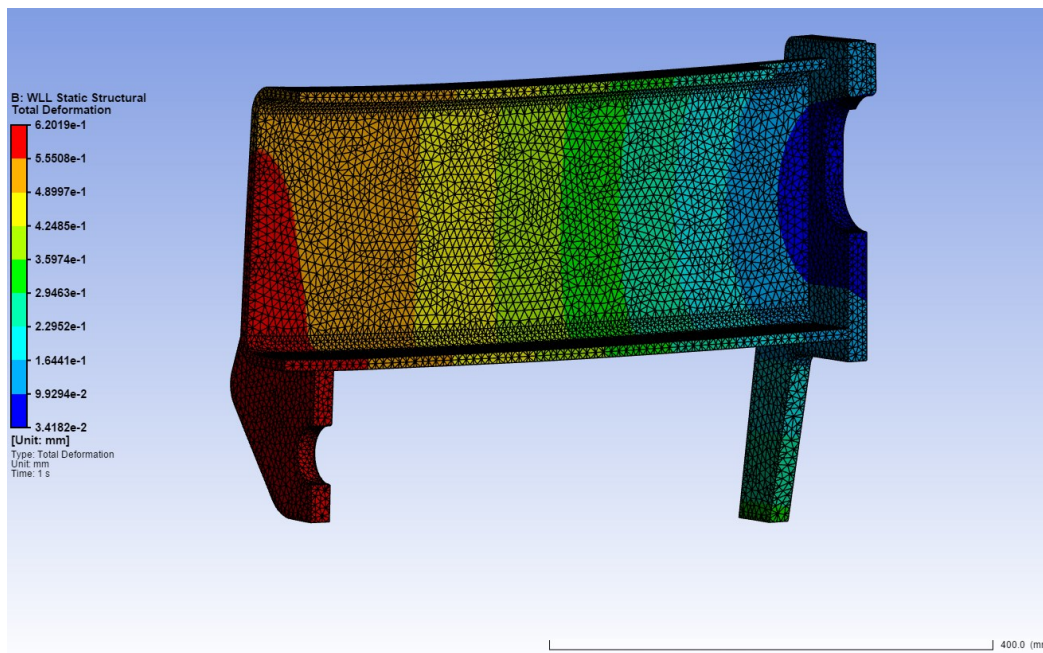
Belastningsfall	Max spänning	Sträckgräns	Brottgräns
WLL	166 MPa	355 MPa	-
2WLL	332 MPa	355 MPa	-
3WLL	498 MPa	-	470–630 MPa

4.2.1 Belastningsfall 1: WLL, 0°

I figur 13 visas belastningsfall 1, maxspänningen ligger på 166 MPa, vilket är under sträckgränsen för materialet S355. Lasten som applicerades i denna simulation beräknades på följande sätt: $13000\text{kg} \div 4 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 31882,5 \text{ N}$. I figur 14 visas deformationen för samma belastningsfall. Deformationen låg på 0,6 millimeter.



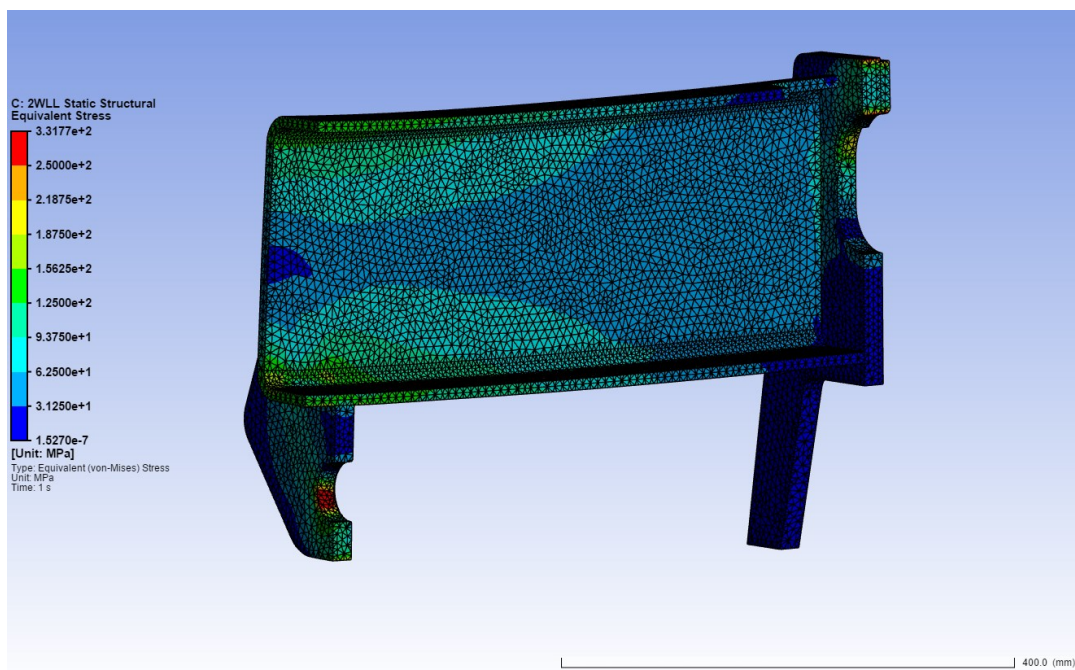
Figur 13. Belastningsfall 1: WLL, 0°.



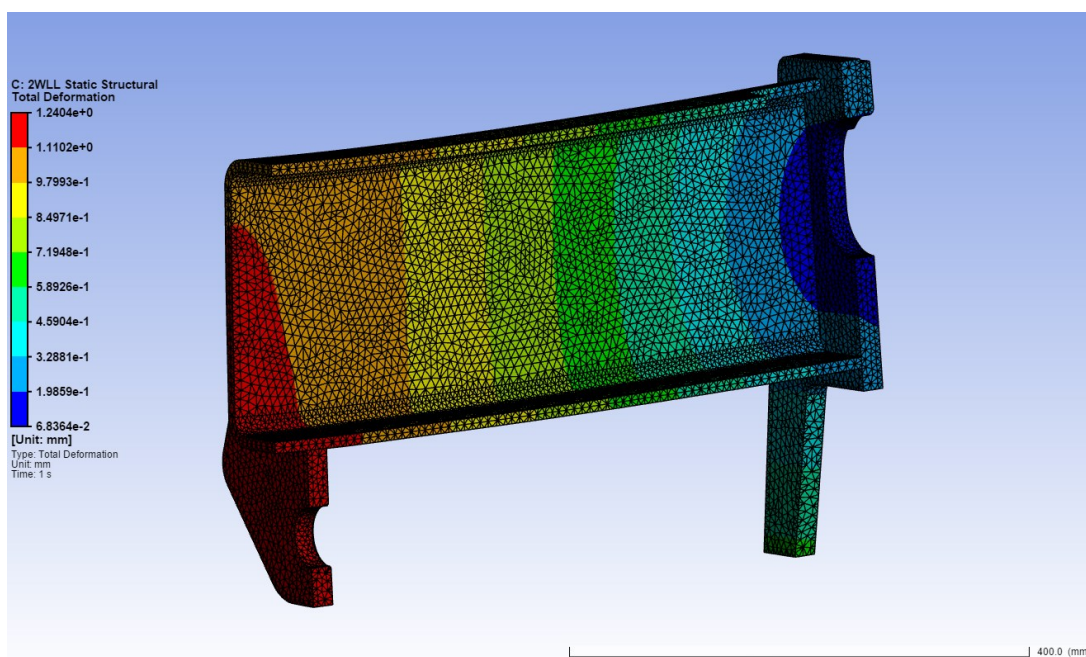
Figur 14. Deformation WLL, 0°.

4.2.2 Belastningsfall 2: 2WLL, 0°

I figur 15 visas en stressanalys för belastningsfall 2, max spänningen steg till 332 MPa. Spänningen ligger under sträckgränsen så fallet godkänns. Hade den överskridit sträckgränsen för materialet skulle den inte klarat kriterierna för CE-märkningen. Deformationen för belastningsfallet blev 1,24 millimeter och kan ses i figur 16.



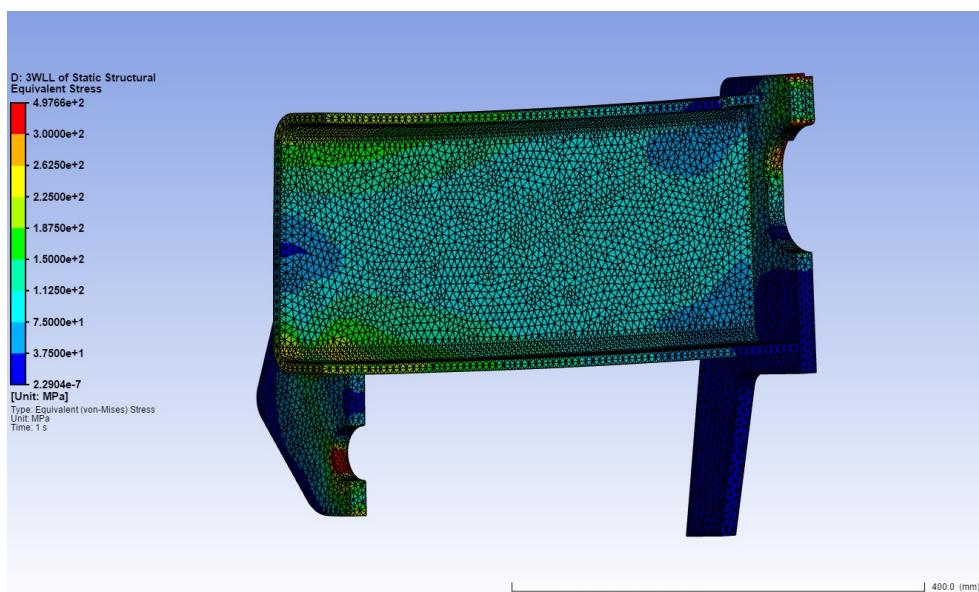
Figur 15. Belastningsfall 2: 2WLL, 0°.



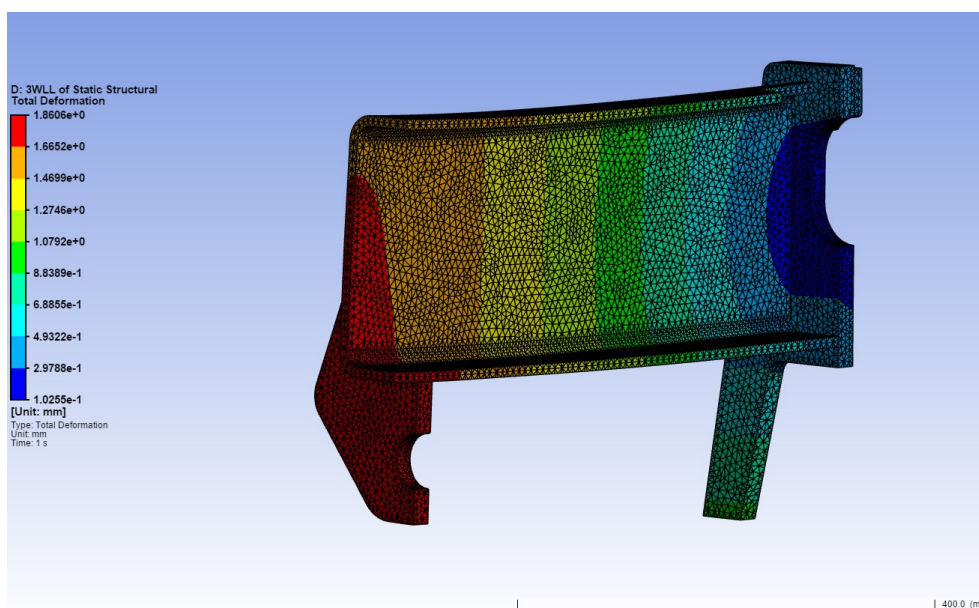
Figur 16. Deformation 2WLL, 0°.

4.2.3 Belastningsfall 3: 3WLL, 0°

I det sista belastningsfallet uppstår en spänning på 498 MPa som överskrider sträckgränsen. I detta belastningsfall är det acceptabelt att överskrida sträckgränsen, men däremot inte brottgränsen. För vanligt konstruktionsstål ligger brottgränsen mellan 470 – 630 MPa. Efter analys har jag konstaterat att de höga spänningarna inte kommer att överskrida brottgränsen eller orsaka att lyftoket går sönder. Spänningsanalysen visas i figur 17 och deformationen för samma belastningsfall hittas i figur 18. Den maximala deformationen uppgår till 1,86 millimeter.



Figur 17. Belastningsfall 3: 3WLL, 0°.



Figur 18. Deformation 3WLL, 0°.

5 Diskussion

Det här examensarbetet har varit både utmanande och väldigt lärorikt. Jag har fått en tydligare bild av hur produktutveckling fungerar i praktiken, särskilt när det kommer till lyftanordningar. Att sätta sig in i CE-märkningsprocessen och de standarder som gäller var till en början ganska krångligt, men gav en bra inblick i hur viktig säkerheten är vid planering av konstruktioner. Den mest intressanta delen var simuleringarna och FEM -beräkningarna. Det var roligt att se hur konstruktionen betedde sig under belastning och var man behövde göra förstärkningar. Det gav en bra insikt i hur teori och verklighet hänger ihop.

Projektet tog en hel del tid men jag är nöjd med resultatet. Lyftoket uppfyller både företagets krav och säkerhetsstandarderna och skall börja tillverkas inom en snar framtid.

5.1 Resultatet

Resultaten för lyftoket presenterades i form av konturdiagram som visar spänningsfördelningen. Resultaten visar att lyftoket klarar de belastningsfall som krävs enligt gällande standarder och säkerhetskrav. Konstruktionen uppnår godkända säkerhetsmarginaler vid 1x, 2x och 3x WLL utan att gränserna för materialet överskrids.

5.2 Förbättringsförslag

Lyftoket kunde ha modellerats på många olika sätt men valde just denna design. I simuleringarna beräknades hela konstruktionen som en enda sammanhängande kropp. Ett alternativt designalternativ hade varit att sätta ett litet mellanrum mellan delarna och sedan rita in svetsfogar. Detta hade kunnat ge en bättre uppfattning om hur spänningsfördelningen i konstruktionen ser ut. Resultatet hade sannolikt inte avvikit något markant men det hade varit intressant att se skillnaden i spänningarna.

5.3 Slutord

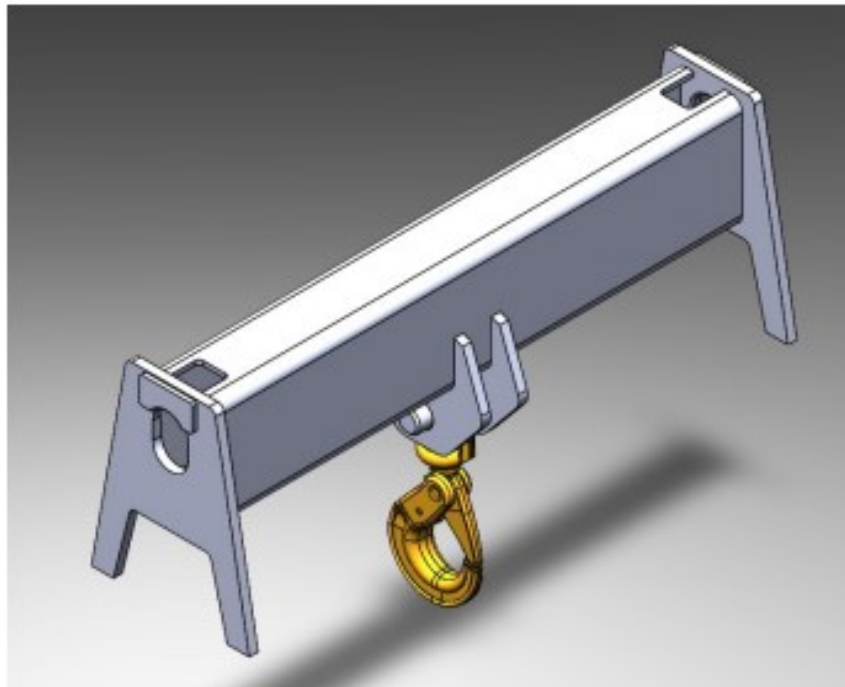
Jag vill slutligen tacka Ab Solving Oy för möjligheten att utföra mitt examensarbete hos deras företag. Jag vill även tacka min handledare från Solvings sida, Anders Heikius, och Kaj Rintanen från skolans sida för allt stöd och vägledning under arbetets gång.

6 Källförteckning

- Finita elementmetoden*. (2024). Hämtat från Wikipedia:
https://sv.wikipedia.org/wiki/Finita_elementmetoden
- Gunnebo Industries*. (2025). Hämtat från <https://www.gunneboindustries.com/sv-SE/Lifting/Produkter/Lyftkomponenter---GrabiQ/Krokar/Sakerhetskrok-BKL-GrabiQ/>
- Lönnelid, S., & Norberg, R. (2009). *Grundläggande Hållfasthetslära*. Hämtat från Docplayer: <https://docplayer.se/6507298-Grundlaggande-hallfasthetslara.html>
- Solving*. (2024). Hämtat från Solving: <https://solving.com/sv/om-solving/>
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. EN 12100*. (2010). Hämtat från Standardisoimisliitto SFS.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. EN 13155*. (2020). Hämtat från Standardisoimisliitto SFS.
- Svenska Institutet för Standarder*. (1922). Hämtat från SIS:
<https://www.sis.se/standarder/vad-ar-en-standard/>
- The History of SOLIDWORKS*. (den 12 2 2024). Hämtat från goengineer:
<https://www.goengineer.com/blog/history-of-solidworks>
- Tukes*. (2025). Hämtat från CE-märkning: <https://tukes.fi/sv/produkter-och-tjanster/ce-markning>

Lyftok för traversanvändning

Bruksanvisning



Bruksanvisning – Lyftok för traversanvändning

Produktnamn: Lyftok

Tillverkare: Ab Solving Oy

Max lastkapacitet: 13 Ton

Artikelnummer: SVGDEV - 026

Tillverkningsår: 2025

Säkerhetsinformation

- Allmän varning
 - Risk för klämskador
 - Risk för fallande last
 - Endast utbildad personal
 - Förbjudet att vistas under last
-

1. Användningsområde

Lyftoket är avsett för att användning endast av travers i samband med lyft av tunga laster som överstiger kapaciteten hos en enskild travers. Användare bör vara medvetna om lyftokets funktion samt användningsområde innan användning.

2. Tekniska data

Parameter	Specifikation
-----------	---------------

Max last:	13 Ton
-----------	--------

Egenvikt:	109 kg
-----------	--------

Lyftpunkter:	3 (2 för travers, 1 för last)
--------------	-------------------------------

Material:	S355 konstruktionsstål
-----------	------------------------

Lyftcykler	Under 16 000 stycken
------------	----------------------

3. Installation

- Lyftoket ska inspekteras visuellt innan första användning.
 - Lyftöglor ska vara fria från skador, deformation eller sprickor.
 - Fäst lyftoket i traverskrokarna via de två övre lyftpunkterna.
 - Se till att båda traverserna är synkroniserade och att de lyfter jämnt.
 - Notera även att lyftvajerarna lyfter rakt uppåt
-

4. Användning

✓ Gör så här:

1. Säkerställ att lyftkapaciteten inte överskrider maxlasten.
2. Kontrollera att lastens tyngdpunkt är centrerad under lyftoket.
3. Använd godkända lyftvajar eller kätting mellan lyftok och last.
4. Lyft långsamt och se till att lasten är stabil.
5. Undvik ryckiga rörelser.

✗ Gör inte:

- Använd inte med endast en travers.
 - Lyft inte personer.
 - Utför aldrig modifieringar utan tillverkarens godkännande.
 - Låt aldrig någon vistas under hängande last.
-

5. Underhåll

- Utför visuell kontroll före varje användning.
 - Kontrollera svetsfogar, lyftpunkter och deformationer
-

6. Risker

Risktyp	Förebyggande åtgärd
Fallande last	Använd korrekt utrustning, överskrid ej maxlast
Klämskador	Håll avstånd under lyft och sänkning av last
Felkoppling	Kontrollera lyftpunkter innan lyft

7. Tillverkarens kontaktuppgifter

Ab Solving Oy

Bennäsvägen 181 68600 Jakobstad, FINLAND

+358 6 781 7500

sales@solving.com

<https://www.solving.com/sv/>

