

Konstruktion av tiltfunktion för lyftbord till delmonteringsstation

Joel Snellman

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2024

EXAMENSARBETE

Författare: Joel Snellman
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktning: Maskinkonstruktion
Handledare: Sören Snellman – AMADA Automation Europe
Kenneth Ehrström – Yrkeshögskolan Novia

Titel: Konstruktion av tiltfunktion för lyftbord till delmonteringsstation

Datum: 30.3.2024

Sidantal: 40

Bilagor: 5

Abstrakt

Examensarbetet har utförts på uppdrag av AMADA Automation Europe, AAE, som tillverkar automationslösningar till plåtbearbetningsmaskiner, såsom stans- och laserskärmaskiner. Automationslösningarna används ihop med maskiner som tillverkas av andra företag inom AMADA koncernen. Automationsystemen styrs via en elcentral som består av olika komponenter. Elcentralerna utgör en viktig uppgift i ett fungerande automationssystem.

Syftet med arbetet var att planera en tiltfunktion till befintliga lyftbord som används vid elcentralers delmonteringsstation. Tiltfunktionen skulle göra monteringen av elcentralerna mera ergonomiskt och effektivare. Målet med arbetet var att reda ut hur tiltfunktionen skulle se ut samt vilket typ av ställdon som skulle användas för styrning av tilten. I målet ingick även framställning av tillverkningsritningar samt behövlig dokumentation för tillverkningen och införing av dessa i företagets PDM- samt ERP-system. Arbetet innefattar inte framställning av kretsschemat för styrningen av ställdonet.

Teoridelen består av jämförelser mellan tre olika ställdon samt säkerhets och ergonomiska synpunkter vid tillverkning av en maskin. Även konstruktionsberäkningar som används presenteras. Utifrån jämförelser av de tre olika ställdonen samt önskemål från uppdragsgivaren valdes ställdon till konstruktionen. Baserat på teorin och önskemål på funktionen gjordes en kravlista och utifrån den genererades fyra olika koncept. Koncepten utvärderades och ett valdes som slutkonstruktion.

I resultatdelen presenteras konceptvalet och slutkonstruktionens funktion kommenteras. En FMEA riskanalys gjordes och den samt konstruktionsberäkningar presenteras. Tillverkningsritningar på slutkonstruktionen framställdes och målet av arbetet uppnåddes. Sammanlagt infördes 39 artiklar i företagets PDM- samt ERP-system.

Språk: svenska

Nyckelord: hydraulik, pneumatik, elektriskt ställdon, FMEA

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Joel Snellman
Koulutus ja paikkakunta:	Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Konesuunnittelu
Ohjaaja(t):	Sören Snellman – AMADA Automation Europe Kenneth Ehrström – Yrkeshögskolan Novia

Nimike: Osakokoonpanoaseman nostopöydän kallistustoiminnon suunnittelu

Päivämäärä: 30.3.2024

Sivumäärä: 40

Liitteet: 5

Tiivistelmä

Opinnäytetyö on tehty AMADA Automation Europe, AAE:n toimeksiannosta. AAE valmistaa automaattioratkaisuja ohutlevyn työstökoneisiin, kuten lävistys- ja laserleikkauskoneita. Automaattioratkaisuja käytetään yhdessä muiden AMADA-konserniin kuuluvien yritysten valmistamien koneiden kanssa. Automaatiojärjestelmiä ohjataan eri komponenteista koostuvan sähkökeskuksen kautta. Sähkökeskukset ovat tärkeä tehtävä toimivassa automaatiojärjestelmässä.

Työn tarkoituksena oli suunnitella kallistustoiminto olemassa oleviin nostopöytiin, joita käytetään sähkökeskusten osakokoonpanoasemassa. Kallistustoiminto tekisi sähkökeskusten kokoonpanosta ergonomisempaa ja tehokkaampaa. Työn tavoitteena oli selvittää, millainen kallistustoiminnon tulisi olla ja millaista toimilaitetta kallistuksen ohjaamiseen tulisi käyttää. Tavoitteeseen kuului myös valmistuspiirustusten ja valmistukseen tarvittavan dokumentaation tuottaminen ja niiden käyttöönotto yrityksen PDM- ja ERP-järjestelmissä. Työ ei sisällä toimilaitteen ohjauksen piirikaavion tuottamista.

Teoriaosuus koostuu kolmen eri toimilaitteen vertailusta sekä koneen valmistuksen turvallisuudesta ja ergonomisista näkökohdista. Lisäksi esitellään käytettyjä suunnittelulaskelmia. Kolmen eri toimilaitteen vertailun ja yrityksen toiveiden perusteella valittiin toimilaitteet suunnitteluun. Teorian ja toiminnolle esitettyjen toiveiden perusteella tehtiin vaatimusluettelo, jonka perusteella luotiin neljä erilaista konseptia. Konsepteja arvioitiin ja yksi valittiin lopulliseksi suunnitteluksi.

Tulososiossa esitellään konseptivalintaa ja kommentoidaan lopullisen suunnittelun toimintaa. Esitellään tehtyä FMEA-riskianalyysia sekä suunnittelulaskelmia. Lopullisesta suunnitelmasta laadittiin valmistuspiirustukset, ja työn tavoite saavutettiin. Yrityksen PDM- ja ERP-järjestelmiin syötettiin yhteensä 39 kappaletta.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: hydrauliiikka, pneumatiikka, sähköinen toimilaite, FMEA

BACHELOR'S THESIS

Author: Joel Snellman
Degree Programme: Mechanical and Production Engineering, Vaasa
Specialisation: Mechanical Construction Engineering
Supervisor(s): Sören Snellman – AMADA Automation Europe
Kenneth Ehrström – Novia UAS

Title: Design of Tilt Function for Lifting Table to Sub-assembly Station

Date: 30.3.2024

Number of pages: 40

Appendices: 5

Abstract

The thesis work was commissioned by AMADA Automation Europe, AAE, which manufactures automation solutions for sheet metal processing machines, such as punching and laser cutting machines. The automation solutions are used together with machines manufactured by other companies within the AMADA group. Automation systems are controlled via a distribution board that consists of various components. The electrical centrals are an important feature in a functioning automation system.

The purpose of the work was to plan a tilt function for existing lifting tables that are used at the sub-assembly station of the distribution boards. The tilt function would make the installation of the distribution boards more ergonomic and efficient. The goal of the work was to find out what the tilt function would look like and what type of actuator would be used to control the tilt. The goal also included the production of manufacturing drawings and the necessary documentation for the manufacturing and their introduction into the company's PDM and ERP systems. The work does not include the production of the circuit diagram for the control of the actuator.

The theory part consists of comparisons between three different actuators as well as safety and ergonomic points of view when manufacturing a machine. Design calculations that have been used are also presented. Based on comparisons of the three different actuators and requests from the company, actuators were chosen for the construction. Based on the theory and requests for the function of the design, a requirements list was made and based on it, four different concepts were generated. The concepts were evaluated, and one was chosen as the final design.

The results section presents the chosen concept and comments on the operation of the final design. An FMEA risk analysis was performed, and it and the design calculations are presented. Manufacturing drawings were prepared from the final design, and the goal of the work was achieved. A total of 39 items were entered into the company's PDM and ERP systems.

Language: swedish

Key words: hydraulics, pneumatics, electric actuator, FMEA

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Företagsbeskrivning.....	1
1.2	Problemformulering.....	2
1.3	Syfte och målsättning.....	3
1.4	Avgränsningar.....	3
2	Teori.....	4
2.1	Hydraulik.....	4
2.1.1	Hydrostatiska system.....	5
2.1.2	Underhåll.....	6
2.1.3	Fördelar och nackdelar.....	7
2.2	Pneumatik.....	8
2.2.1	Uppbyggnad.....	8
2.2.2	Underhåll.....	9
2.2.3	Fördelar och nackdelar.....	10
2.3	Elektricitet.....	11
2.3.1	Uppbyggnad.....	11
2.3.2	Fördelar och nackdelar.....	12
2.3.3	Jämförelse.....	13
2.4	Ergonomi.....	15
2.4.1	Belastningsergonomi.....	15
2.4.2	Luft-, ljud- och ljudergonomi.....	15
2.4.3	Arbets höjd och arbetsområde.....	16
2.5	Maskinsäkerhet.....	17
2.5.1	Felmod- och effektanalys.....	18
2.6	Konstruktionsberäkningar.....	19
2.6.1	Böjning.....	19
2.6.2	Skruvförband.....	19
2.6.3	Svetsförband.....	21
3	Tillvägagångssätt.....	22
3.1	Arbetets inledande.....	22
3.2	Kravspecificering.....	22
3.3	Val av ställdon.....	25
3.4	3D-modellering.....	26
3.5	Konceptgenerering.....	26
3.5.1	Koncept 1.....	26
3.5.2	Koncept 2.....	27

3.5.3	Koncept 3.....	29
3.5.4	Koncept 4.....	30
4	Resultat	31
4.1	Konceptval.....	31
4.2	Slutkonstruktion	33
4.2.1	FMEA.....	35
4.2.2	Konstruktionsberäkningar	36
4.3	Implementering.....	37
5	Diskussion.....	37
5.1	Slutord.....	38
6	Källförteckning.....	39

1 Inledning

Elcentraler består av många viktiga komponenter och kan vara väldigt komplicerade beroende på användningsområde. I ett automationssystem är elcentralerna en viktig del, utifrån dem styr man systemet och alla el komponenter är samlade på samma ställe. Beroende på storleken på elcentralerna varierar monteringstiden, som kan vara ganska länge för vissa modeller. Detta arbete skall göra monteringen av elcentralerna mera ergonomiskt och effektivare.

Arbetet är utfört på uppdrag av AMADA Automation Europe och består av att planera en tiltfunktion till befintliga lyftbord som används vid delmontering av elcentraler. Hela planeringsprocessen skall utföras och ritningarna skall implementeras i företagets PDM- och ERP-system så att konstruktionen kan beställas.

1.1 Företagsbeskrivning

År 1979 grundade Leif Källdman företaget LKI Källdman i Lövä, Pedersöre. Till en början utförde företaget underleverantörsarbeten inom metallbranschen åt olika företag. Under 90-talet började företaget producera automationslösningar till plåtbearbetningsmaskiner och år 1995 började samarbetet med AMADA. Samarbetet fortsatte och år 2009 blev AMADA delägare i företaget och år 2020 köpte de hela verksamheten. I och med ägarbytet år 2020 bytte företaget namn till AMADA Automation Europe, förkortat AAE.

Företaget växte ur sina utrymmen och år 2001 byggdes nya produktionsutrymmen i Bennäs, Pedersöre. I dagsläget sker majoriteten av produktionen i Bennäs men utrymmen i Lövä används ännu till viss mån. AAE har runt 200 anställda och huvudkontoret finns i Bennäs. I figur 1 visas AAE:s verksamhetsområde.



Figur 1. AAE:s verksamhetsområde i Bennäs. (Amada Automation Europe, 2021).

AAE ingår i AMADA koncernen som är en världsledande tillverkare av plåtbearbetningsmaskiner. AAE tillverkar automationslösningar som används tillsammans med bearbetningsmaskiner, såsom stans- och laserskärmaskiner, som andra företag inom koncernen tillverkar. Produkterna som tillverkas i Bennäs exporteras i huvudsak till Europa och en liten del till Nordamerika. Koncernen grundades år 1946 av Isamu Amada i Japan och har huvudkontoret i Isehara, Kanagawa Prefektur.

1.2 Problemformulering

Automationslösningarna som AAE tillverkar består av en eller flera elcentraler. Elcentralerna består av ett skåp som innehåller typiska komponenter för en elcentral, såsom PLC-moduler, invertrar, kontaktorer och alla kopplingar mellan dem. Elcentralerna monteras ihop genom att komponenterna fästs på en monteringsplåt och kopplas ihop med kopplingstrådar. Då monteringsplåten är klar placeras elcentralen horisontellt på ett lyftbord och monteringsplåten lyfts ner genom dörröppningen med hjälp av en travers. Plåten fästs i elcentralens baksida och de sista kopplingarna görs, till exempel nödstopp eller liknande som skall vara på utsidan av elcentralen. Då alla kopplingar är klara så lyfts skåpet upp till vertikalt läge och flyttas till tillhörande maskin eller förvaring.

Lyftborden som elcentralen ligger på är hydrauliskt höj- och sänkbara men det går inte att tilta bordet. En ställning sätts på lyftborden och dessa används som förvaringspall åt vissa elcentraler. Genom att ha möjlighet att tilta bordet skulle det underlätta vid montering av de sista kopplingarna då monteringsplåten är fäst i elcentralen. Det blir mera ergonomiskt för montören att tilta upp el centralen i stället för att stå böjd över kanten och montera inne i elcentralen. Även sista steget då elcentralen lyfts på stående skulle bli enklare ifall man kunde tilta bordet 90 grader så behöver man inte använda sig av traversen.

1.3 Syfte och målsättning

Syftet med arbetet var att planera en tiltfunktion som en påbyggnad till lyftborden så att man kan tilta borden och svänga elcentralen på stående då den ligger på borden. Tiltfunktionen skulle göras delmonteringen av elcentralerna mera ergonomiskt och effektivare. Målet med uppgiften var att hitta en bra lösning för tiltfunktionen, rita upp förslag på konstruktionen och göra fullständiga tillverkningsritningar samt behövlig dokumentation som behövs vid tillverkning. Slutligen skall ritningarna föras in i AAE:s PDM- samt ERP-system så att en beställning på konstruktionen kan göras.

1.4 Avgränsningar

Examensarbetet omfattar val av ställdon samt planeringen av konstruktionen och tillverkning av ritningar. Krettschema för styrning av ställdonet tas inte med i arbetet utan det överlämnas till elplaneringsavdelningen vid AAE. Dörrarna på elcentralerna lutar på en stång och i nuläget finns det stänger i olika längder som används med nuvarande ställning. Dessa stänger går att återanvändas med denna konstruktion så därför kommer inga nya stänger att tillverkas.

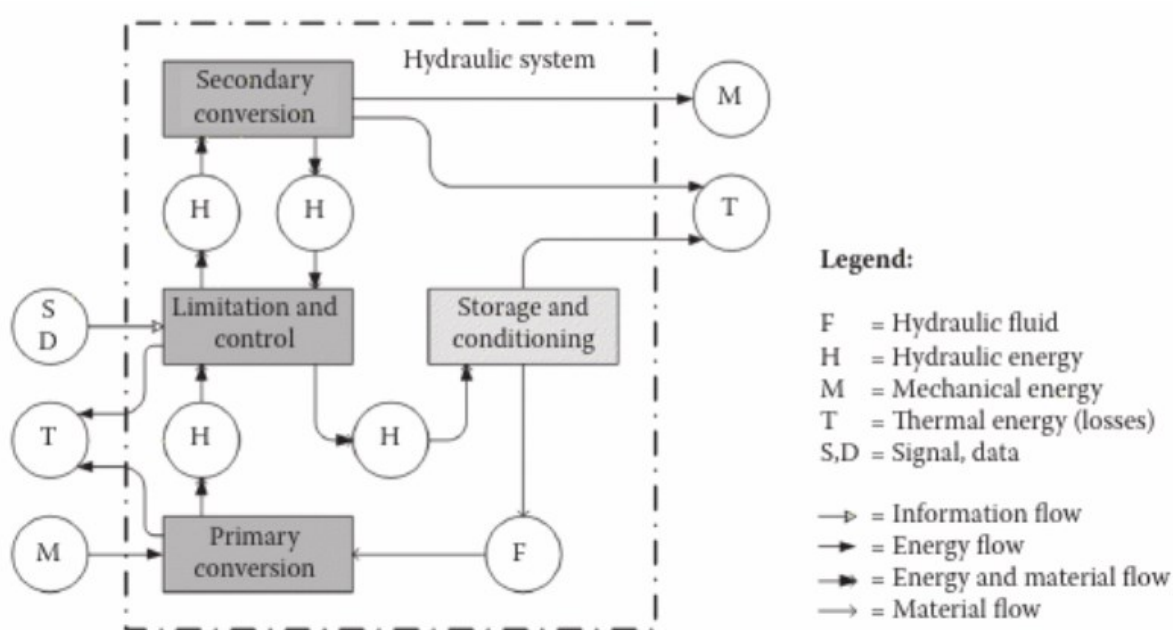
2 Teori

I detta kapitel kommer tre olika typer av ställdon presenteras: hydrauliska, pneumatiska och elektriska. Grundprinciperna för hur systemen fungerar och dess komponenter tas upp samt för- och nackdelar. Även ergonomi kommer att presenteras samt vad man skall tänka på angående maskinsäkerhet vid planering av en konstruktion. Slutligen presenteras konstruktionsberäkningar som används i planeringen.

2.1 Hydraulik

Ett hydraulsystem är uppbyggt av olika komponenter och kan se ut på många olika sätt men i grunden fungerar de ungefär på samma sätt. Typiska komponenter är en motor, pump, hydraulcylinder och ventiler. I systemet finns en vätska, vanligtvis hydraulolja, och med hjälp av motorn och pumpen så trycksätts vätskan och man kan således överföra och styra energin i systemet. Hydraulsystem används i en bred utsträckning inom industrin och beroende på vilka krav man har på funktionen av systemet så finns det olika ventiler och regulatorer så att man kan uppnå önskad funktion. Ordet hydraulik är en sammanslagning av de grekiska orden hydra och aulos som betyder vatten och rör (Doddannavar & Barnard, 2005, s. 1).

Huvudfunktionerna för ett hydraulsystem kan delas in i fyra kategorier: primär och sekundär omvandling, begränsning och styrning samt lagring och konditionering. Huvudfunktionerna och hur energin flödar presenteras i figur 2. Utifrån figuren ser man att mekanisk energi, M , omvandlas till hydraulisk energi, H , vid primära omvandlingen. Vid kategorin begränsning och styrning får systemet in signal utifrån och i detta steg kan man styra energin så att de är lämplig för det specifika ändamålet och då omvandlas energin tillbaka till mekanisk energi. Mekaniska energin i slutet av systemet används för att till exempel trycka ut en hydraulcylinder. Lagring och konditionering av vätskan är en viktig del av ett hydraulsystem så att inga föroreningar kommer in i systemet och så att vätskan håller rätt temperatur. (Totten & Negri, 2011, s. 2).



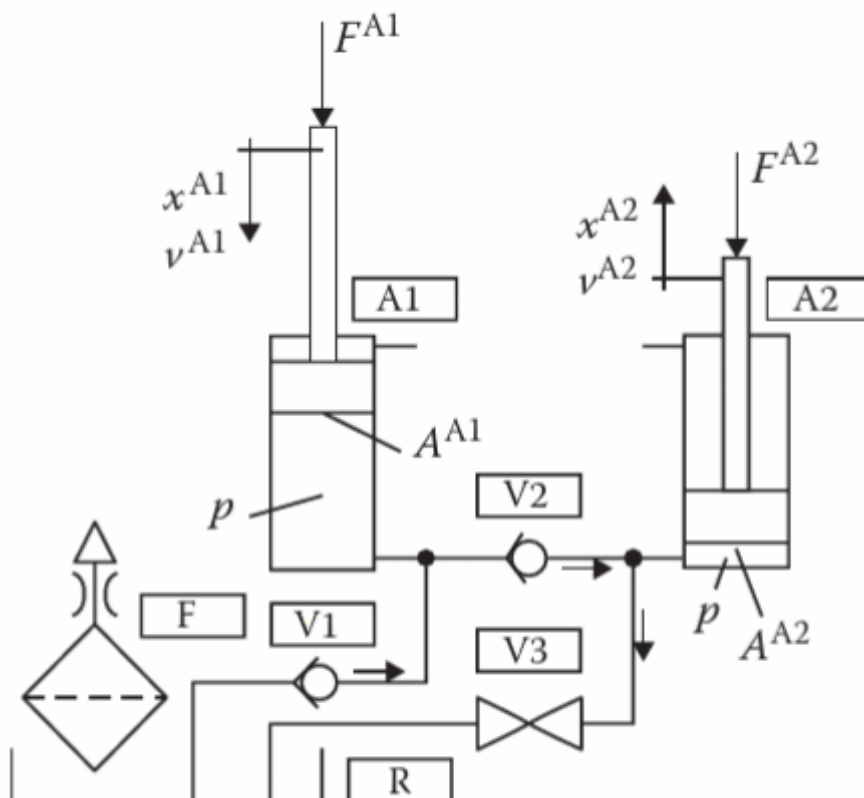
Figur 2. Huvudfunktionerna samt energins flöde i ett hydraulsystem. (Totten & Negri, 2011, s. 2).

På grund av att ett hydraulsystem består av både mekaniska delar och en vätska så fungerar systemet enligt fluidmekanikens och mekanikens lagar. (Totten & Negri, 2011, s. 3).

2.1.1 Hydrostatiska system

Vätskor är komprimerbara vilket betyder att om systemet är slutet och volymen minskar så ökar trycket i vätskan och kan variera beroende på var i systemet man mäter trycket. Vid tryckförändring kommer trycket i vätskan att röra sig tills systemet har uppnått jämvikt och då är trycket samma i hela systemet. I hydrostatiska system beaktas vätskan som okomprimerbar och fungerar därför enligt Pascals lag som lyder "tryck som appliceras var som helst i en instängd okomprimerbar vätska överförs lika mycket i alla riktningar genom hela vätskan" (Clippard Technical Support Team, 2018).

En hydrostatisk press utför en linjär rörelse och till exempel hydrauliska domkrafter fungerar enligt denna princip. Hydraulsystemet på dessa är uppbyggda enligt figur 3 och består av två cylindrar (A1 och A2), en vätsketank (R), två backventiler (V1 och V2) och en manuellstyrd ventil (V3). Luftning av tanken görs genom ett luftfilter (F) och dess uppgift är att hålla smuts bort från tanken samt upprätthålla atmosfäriskt tryck. (Totten & Negri, 2011, ss. 5-6).



Figur 3. Hydrauliskt krettschema för en hydrostatisk press. (Totten & Negri, 2011, s. 6).

Då cylinder A1 åker nedåt med hjälp av kraften F^{A1} öppnas ventil V2 och vätskan pressar cylinder A2 uppåt. Då cylinder A2 åker nedåt med hjälp av kraften F^{A2} måste ventil V3 öppnas manuellt och det tillåter att vätskan flödar tillbaka till tanken. Då cylinder A1 rör sig uppåt öppnas ventil V1 och tillåter att vätskan sugas upp ur tanken. (Totten & Negri, 2011, ss. 5-6).

2.1.2 Underhåll

Underhåll är en viktig del av ett hydraulsystem och bör ske enligt en underhållsplan med bestämda intervaller eller enligt driftstimmarna på systemet. I en typisk underhållsplan kan följande saker ingå: oljefilter skall bytas med intervaller som bestäms enligt driftsförhållanden och i samband med oljebyte. Utöver byte av olja skall oljenivån kontrolleras regelbundet och vid behov undersöka läckage om oljenivån minskat. Kontroll av pumparna görs med temperaturmätare och vid avvikande temperaturer måste pumpen kontrolleras noggrannare samt visuell övervakning, till exempel oljeläckage. (Haugnes, 1995, ss. 129-134).

Ventiler bör kontrolleras på olika sätt beroende på dess funktion, till exempel på en tryckventil bör det inställda trycket kontrolleras samt att låsningen på tryckinställningen är korrekt utförd. Flödesventiler och riktningventiler bör kontrolleras så att de är rätt inställda och inte täppta för att uppnå önskade flödeshastigheter och flödesriktningar. Spärrventiler har som uppgift att stoppa systemet och hålla lasten i samma position därför bör spärrventiler kontrolleras för läckage så att trycket hålls i systemet. Kylningen kontrolleras genom att granska att kylarens fläkt fungerar som den ska och inga läckage vid anslutningarna kan upptäckas. Alla slangar och anslutningar i systemet bör kontrolleras regelbundet för att upptäcka läckage eller sprickor i slangarna, detta kan utföras av maskinoperatören. Vid kontroll och underhåll av hydraulsystem är renligheten väldigt viktig för att inte få in smuts i oljan, om smuts slipper in i systemet kan det skada komponenter vilket kan leda till ett större haveri. (Haugnes, 1995, ss. 129-134).

2.1.3 Fördelar och nackdelar

En av de mest centrala fördelarna med hydraulsystem är kraften som de kan verka med och där spelar arbetstrycket stor roll. Genom att öka trycket i systemet kan man snabbt och enkelt öka kraften avsevärt, därför används hydraulsystem vid tuffa förhållanden och där mycket kraft behövs till exempel grävmaskiner. Ett hydraulsystem kan arbeta med konstant kraft vilket ger en enkel och noggrann styrningen av systemet. Tack vare den enkla styrningen kan man justera hastigheten och få en jämn rörelse. Slutligen består hydraulsystemet av få rörliga delar vilket ger ett säkert system med tanke på risken för klämning. (Doddannavar & Barnard, 2005, s. 176).

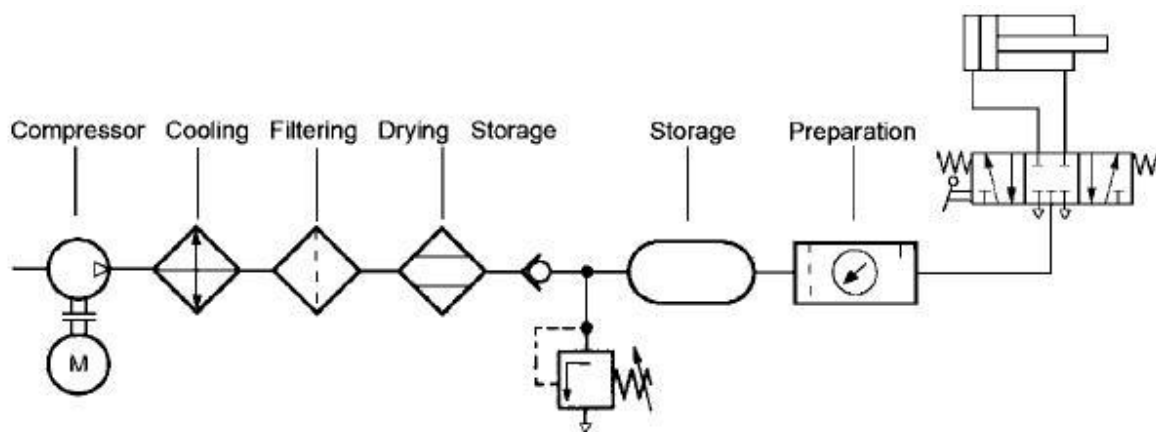
Nackdelarna med hydraulsystem kretsar mycket kring person- och miljösäkerhet samt renlighet. Väldigt ofta uppstår det läckage i hydraulsystem vilket leder till att hydraulolja läcker ut. Beroende på användningsmiljön ger detta upphov till miljöskador eller personsador. Vid läckage på en grävmaskin kan marken utsättas för oljekontaminering och vid läckage inomhus kan hydrauloljan fatta eld och orsaka personsador. Läcket gör också att det blir väldigt smutsigt runt systemet vilket innebär att underhåll av systemet försvåras och tar mera tid då det måste städas. (Doddannavar & Barnard, 2005, s. 176). På grund av att systemen kräver många komponenter blir underhållet mera krävande samt dyrare och det behövs mycket utrymme för att alla komponenterna skall rymmas (Luciano, 2021).

2.2 Pneumatik

Pneumatiksystem ingår i gruppen fluidsyste​m och fungerar enligt samma principer som ett hydraulsystem men i stället f​r v​tska anv​nds luft. Namnet kommer fr​an det grekiska ordet pneuma som betyder vind (Rowse, 2020). Tryckluft​r ett annat namn f​r pneumatik och det kommer fr​an att luften komprimeras vilket leder till att trycket ​kar.

2.2.1 Uppbyggnad

Ett pneumatiksystem​r uppbyggt av olika komponenter s​asom luftfilter, kompressor, kylare, separator, h​gtryckstank, styrcentral, tryckregulator, styrventil och cylinder. Figur 4 visar ett exempel p​ uppbyggnaden av ett pneumatiksystem. (Elprocus, u.å).



Figur 4. Pneumatiksystemets komponenter samt uppbyggnad. (Paul, u.å).

Systemet fungerar genom att kompressorn tar luft ur atmosf​ren och suger in den genom luftfiltret. Kompressorn drivs av en elmotor som komprimerar luften och trycket ​kar. Vid komprimeringen av luften ​kar temperaturen och d​ stys luften till en kylare som s​nker temperaturen. D​ luften har kylts ned till ​nskad temperatur stys den vidare till en separator som i sin tur filtrerar vatten​ngor fr​an luften samt torkar den. Komponenterna i ett pneumatiksystem​r ​mt​liga s​ d​rf​or​r​r kylning och separering av vatten​ngor viktiga steg inom pneumatiken. Om dessa steg fungerar bra f​ar man bra effektivitet ur systemet och komponenterna f​ar en l​ngre livsl​ngd. D​ luften ​r kall och utan vatten f​orvaras den i h​gtryckstanken tills systemet aktiveras. Efter tanken stys luften till en styrventil som reglerar riktningen p​ tryckluften. Beroende p​ kraven p​ funktionen av systemet kan man

använda sig av olika styrventiler. Styrventilen släpper genom tryckluften till cylindern och energin från luften trycker ut cylindern så att den genererar mekanisk energi. (Elprocus, u.å).

2.2.2 Underhåll

För att undvika onödiga och plötsliga driftstopp inom industrin så strävar man till att utföra förebyggande underhåll på systemen. Med hjälp av förebyggande underhåll kan man upptäcka skador i tid och reparera den före någon skada har skett. Vid kontroller använder man sig ofta av en checklista, till exempel enligt tabell 1. Checklistan beskriver vad som ska kontrolleras och med vilket intervall, intervallet kan variera beroende på vilka förhållanden anläggningen verkar i. (Evensen & Ruud, 1990, ss. 176-178).

Tabell 1. Checklista för förebyggande underhåll på pneumatiksystem.

Kontrolloperation	Frekvens				
	Varje dag	Varje Vecka	Varje månad	Varje år	Vartannat år
1. Kontrollera tryck	X				
2. Kontrollera läckage	X				
3. Tömna filter	X				
4. Kontrollera smörjapparat	X				
5. Kontrollera ledningar		X			
6. Kontrollera cylindrar		X	X		
7. Kontrollera signalgivare		X	X		
8. Revision cylindrar				X	X
9. Revision ventiler				X	X

(Evensen & Ruud, 1990, s. 176).

Saker som skall kontrolleras varje dag bör utföras av maskinoperatören någon gång under dagen, i början av arbetsdagen är en bra princip. Arbetstrycket i systemet bör kontrolleras kontinuerligt under dagens gång, inte enbart vid start. Ett tecken på dåligt luftfilter är att arbetstrycket sjunker och då bör det bytas. För att förhindra detta skall filtret tömmas på vatten varje dag. Läckage i pneumatiksystem hörs ofta som pysande ljud och detta kontrolleras under dagens gång i samband med att operatören kör maskinen. Smörjsystemet bör kontrolleras varje dag så att inte komponenterna i systemet tar skada på grund av bristfällig smörjning, oljenivån skall kontrolleras samt även dosering av smörjmedlet. (Evensen & Ruud, 1990, ss. 176-178).

Ledningar, cylindrar och givare är komponenter som skall kontrolleras varje vecka. Kontroll av ledningarna skall utföras så att inga läckage eller strypningar i systemet uppstår. Ledningarna skall vara rätt monterade och sitta fast samt klämning eller böjning av ledningarna bör kontrolleras. Kontroll av cylindrarna består av två saker, att de är rätt fastsatta och alla skruvar är åtdragna samt att kolvstången inte har synliga repor. Givarna kan vara av olika typer beroende på systemets funktion men kontrollen av dem innefattar samma sak för alla: att de är rätt placerade och sitter fast samt att inga yttre krafter kan slå i dem. (Evensen & Ruud, 1990, ss. 176-178).

Varje år bör cylindrar och ventiler kontrolleras och bytas ut ifall arbetscyklerna har överstigit tillverkarens rekommendation eller om något fel har uppstått. Det finns två typer av ventiler: fjärrstyrda effektventiler eller signalgivare. Vanligtvis byts signalgivare med samma intervall som cylindrar medan fjärrstyrda effektventiler oftast byts med längre intervall. (Evensen & Ruud, 1990, ss. 176-178).

2.2.3 Fördelar och nackdelar

Bland fördelarna med pneumatiksystem nämns kostnaden, säkerheten och effektiviteten. Billiga komponenter och enkel montering samt luft som energikälla gör att kostnaden för ett pneumatiksystem hålls låg. Komponenterna har lång livslängd vilket leder till att drifts- och underhållskostnaderna hålls nere. (Industrial Quick Search, u.å.a). Tryckluften rör sig snabbt i ledningarna vilket ger en snabb responstid och hög effektivitet. Pneumatiksystem lämpar sig för tuffa miljöer tack vare att luften är brand- och explosions säker. (Evensen & Ruud, 1990, s. 12).

Ur ett miljöperspektiv är pneumatiksystem ett bra val. Luften finns runt omkring oss och i praktiken finns det oändligt med luft. Vid läckage på ledningarna läcker luften ut men det utgör ingen fara för personer eller miljön. (Elprocus, u.å).

Nackdelar med pneumatiksystem är belastningen som de klarar av. Arbetstrycket är relativt lågt vilket gör att systemen inte klarar av lika mycket kraft som till exempel hydraulik. För att bygga upp trycket i systemen måste man ha en kompressor, det vanligaste är att man har en stor kompressor som försör flera system med tryckluft men om det inte finns ökar kostnaderna lite. Det uppstår ofta läckage vid kopplingar och ventiler vilket leder till att trycket sjunker och kompressorn måste arbeta mera. (Elprocus, u.å).

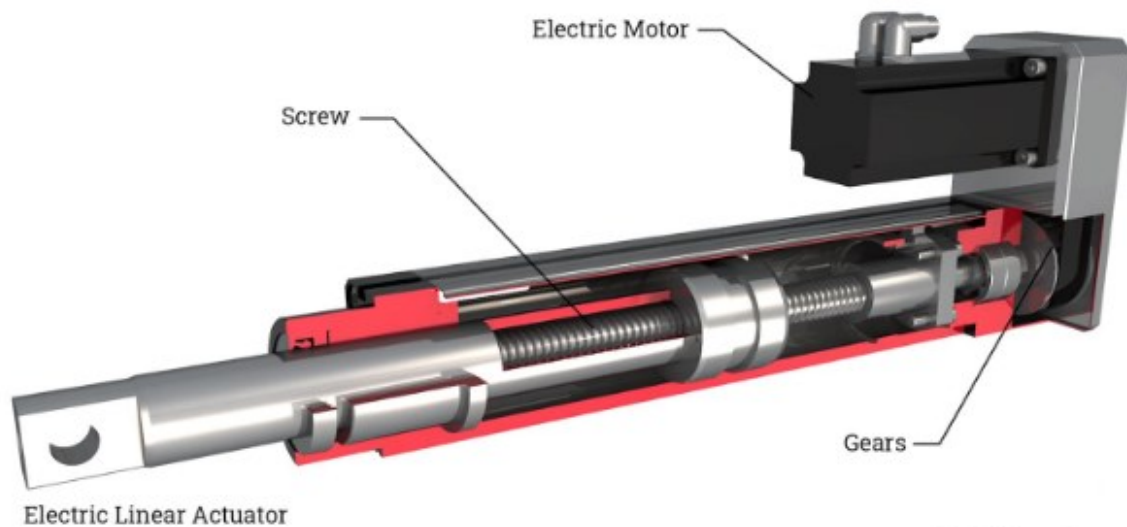
2.3 Elektricitet

Ett tredje alternativ på ställdon är att använda sig av elektriska ställdon. En elmotor roterar och inne i cylindern finns en skruv som roterar med energin från elmotorn och skruven trycker ut röret inne i cylindern. Till skillnad från hydraulik och pneumatik så används ingen vätska eller luft i dessa system.

2.3.1 Uppbyggnad

Ett elektriskt ställdon består i huvudsak av två komponenter: en elektrisk cylinder och en elmotor. Cylindern är uppbyggd av ett rör, en skruv, en drivmutter, yttre skal och öglor i ändorna för festsättning. Drivmuttern är fäst i röret och skruven är gängad in i muttern. Det är röret som skjuts ut då cylindern aktiveras och då cylindern är indragen går skruven in i röret. Utformningen av gängorna på skruven påverkar hastigheten och hur mycket vikt cylindern klarar av att lyfta. För att förhindra att röret skjuts ut för mycket finns stoppmarkeringar gjort på skruven så att detta inte sker. För att skydda de inre komponenterna av cylindern finns ett yttre skal som förhindrar att smuts och vätskor kommer in till skruven. Uppbyggnaden av ett elektriskt ställdon ses i figur 5. (Industrial Quick Search, u.å.b).

Electric Actuator Components



Figur 5. Uppbyggnad av elektriskt ställdon. (Industrial Quick Search, u.å.b).

Utöver cylindern så behövs även en elmotor och något så man får sammankopplat motorn med cylindern. Vanligtvis används kugghjul eller rem för att överföra energin från elmotorn till cylinderns skruv. Det finns elektriska cylindrar utan integrerad elmotor men ofta är elmotorn integrerad i yttre skalet på cylindern, fördelen med detta är att man inte behöver fundera på hur man skall överföra energin från motorn till cylindern. (Industrial Quick Search, u.å.b).

2.3.2 Fördelar och nackdelar

Fördelar med elektriska ställdon är att de är enkla att installera och behöver inte någon extern substans såsom olja eller luft. Tack vare att ingen olja eller luft används är detta ett rent alternativ och de är inte så känsliga för föroreningar. Inga läckage kan uppstå så det finns ingen miljörisk. Underhållskostnaderna för elektriska ställdon är väldigt låga så på lång sikt är detta ett ekonomiskt alternativ. Det är även väldigt enkelt att justera hastigheten vilket ger en hög precision och noggrannhet vid styrning av cylinderns rörelser. (Industrial Quick Search, u.å.b).

Nackdelar med elektriska ställdon är att komponenterna är dyra vilket ger en hög inköpskostnad och vid stort kraftbehov kan motorerna bli väldigt stora för att tillföra tillräckligt med vridmoment (Luciano, 2021). Elektriska ställdon har ett visst krav på miljön på grund av att de inte är explosionssäkra och klarar inte av stora vibrationer (Industrial Quick Search, u.å.b).

2.3.3 Jämförelse

Jämfört med pneumatiska ställdon så varierar storleken på cylindern mycket, elektriska cylindrar kan vara upp till 70% större än pneumatiska cylindrar. I fördelarna presenterades att hastigheten är lättreglerad men snabbheten på cylinderrörelsen är väldigt mycket långsammare för elektriska cylindrar, kan ta upp till sex sekunder jämfört med en pneumatisk cylinder som verkar på en sekund. (Industrial Quick Search, u.å.b).

Med tanke på omgivningstemperaturen klarar sig pneumatiska ställdon inom ett större område än elektriska ställdon. Lämpliga omgivningstemperaturer för elektriska ställdon är 5 °C till 65 °C jämfört med temperaturen för pneumatiska ställdon -29 °C till 177 °C. Generellt har pneumatiska ställdon en mycket längre livslängd som kan vara upp till fyra gånger längre än för elektriska ställdon. Installationskostnaden är högre för elektriska ställdon men underhållskostnaderna är mycket lägre så i längden kan elektriska ställdon vara billigare än pneumatiska. (Industrial Quick Search, u.å.b).

Jämfört med hydrauliska ställdon är elektriska ställdon mycket enklare att reglera. Noggrannheten och kontrollen av rörelsen är mycket bättre med elektriska ställdon. I ett hydraulsystem måste trycket byggas upp före ställdonet kan utföra en rörelse medan i ett elektriskt system så börjar rörelsen omedelbart. Dessvärre är kraften som ställdonen klarar av mycket mindre för elektriska ställdon. (Industrial Quick Search, u.å.b). En sammanfattning av skillnaderna mellan systemen presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Jämförelsetabell mellan pneumatik, hydraulik och elektricitet.

Jämförelsetabell	Pneumatik	Elektricitet	Hydraulik
Substans	Luft	-	Olja
Kraft	Låg	Medel	Hög
Utrymmesbehov	Lite	Mycket	Mycket
Hastighet	Väldigt snabb	Långsam	Långsam
Omgivningstemperatur	-29°C – 177°C	5°C – 65°C	-40°C – 110°C
Livslängd	Mycket lång	Lång	Lång
Reglerbarhet	Medel	Lätt	Medel
Installationskostnad	Låg	Hög	Medel
Underhåll	Medel	Lågt	Högt
Miljövänlighet	Inget som kan skada miljön	Inget som kan skada miljön	Risk för oljeläckage

Hydrauliksystem klarar sig i olika temperaturer men vid kalla temperaturen blir olja trögflytande och då kan man ha en tilläggsvärmare för att mjuka upp oljan. Vid höga temperaturer finns det risk för att packningar går sönder och oljeläckage uppstår, detta kan åtgärdas med en värmeväxlare. Ur ett miljövänligt perspektiv är elektriska system bättre än hydrauliska tack vare att det inte finns risk för oljekontaminering. Hydrauliksystem kräver mycket underhåll jämfört med elektriska ställdon så kostnaderna i längden är högre för ett hydrauliskt ställdon. (Industrial Quick Search, u.å.b).

2.4 Ergonomi

Ergonomi är en term som undersöker hur människan samspelar med olika föremål samt hur saker skall planeras för att passa ihop så bra som möjligt med människan. Termen kommer från de grekiska orden, ergo och nomo, som betyder arbete och lag (Healthylane, u.å). Med hjälp av ergonomi kan man skapa en säker och hälsosam arbetsplats genom att utforma produkter, system och miljöer så att de passar människor både fysiskt och psykiskt. (Liem, 2017, s. 2).

En arbetsplats skall vara utformad utifrån arbetstagarna som jobbar där för att ge dem goda arbetsförhållanden. Inom ergonomin ligger fokus ofta på hur kroppen används till exempel vid lyft men även yttre faktorer såsom luft, ljud och ljus bidrar till bra ergonomi och en god arbetsmiljö. Ergonomi kan därmed delas upp i följande typer: belastningsergonomi, luftergonomi, ljudergonomi och ljusergonomi. (Healthylane, u.å).

2.4.1 Belastningsergonomi

Belastningsergonomi omfattar arbetsmoment som belastar kroppen på fel sätt, till exempel dåliga arbetsställningar och tunga lyft. Korrekta arbetsställningar är viktigt både inom monteringsarbeten och kontorsarbete. Vanliga problem vid monteringsarbeten är tunga och felaktiga lyft vilket kan leda till problem i ryggen. För att motverka dessa problem bör arbetet vara användarvänligt så att man kan arbeta i bra ställningar samt hjälpmedel och verktyg bör finnas tillgängliga vid behov. Arbete får heller inte bli för enformigt för då belastas kroppen på samma ställe hela tiden. Vid kontorsarbete är statiska arbetsställningar ett problem och kan leda till problem i ryggen och axlarna. För att förhindra detta är justerbara arbetsbord väldigt vanliga så att man kan variera mellan att sitta och stå vid arbetsbordet. (Healthylane, u.å).

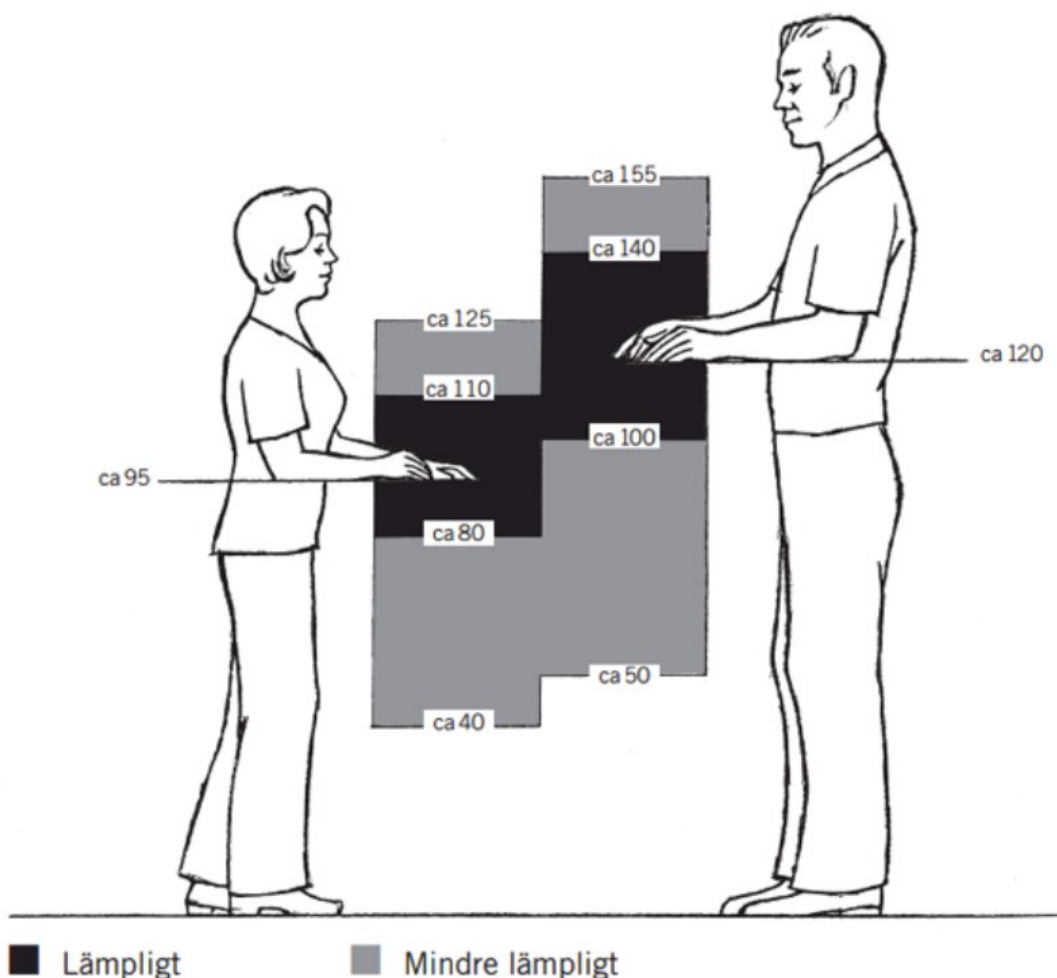
2.4.2 Luft-, ljud- och ljusergonomi

Luft-, ljud- och ljusergonomi omfattar yttre faktorer som man kanske inte tänker på. Ventilationen behöver vara tillräcklig så att luften är ren och temperaturen hålls på en behaglig nivå. För att kunna koncentrera sig bra måste ljudnivån hållas tillräckligt låg och kan kontrolleras med gränsvärden. Ljudergonomi kan förbättras genom att planera arbetsmiljön så att till exempel konferensrum placeras avskilt från kontorsutrymme. Ljuset

är också en viktig del av ergonomi och det behöver vara rätt styrka och riktning. Till exempel i kontorsutrymmen får inte ljuset vara för svagt då belastas ögonen mera. I trånga utrymmen kan riktningen på ljuset ha en stor betydelse så att inte dåliga arbetsställningar börjar användas för att kunna se. I mörker eller i bländande ljus är det större sannolikhet att olyckor sker. (Healthylane, u.å).

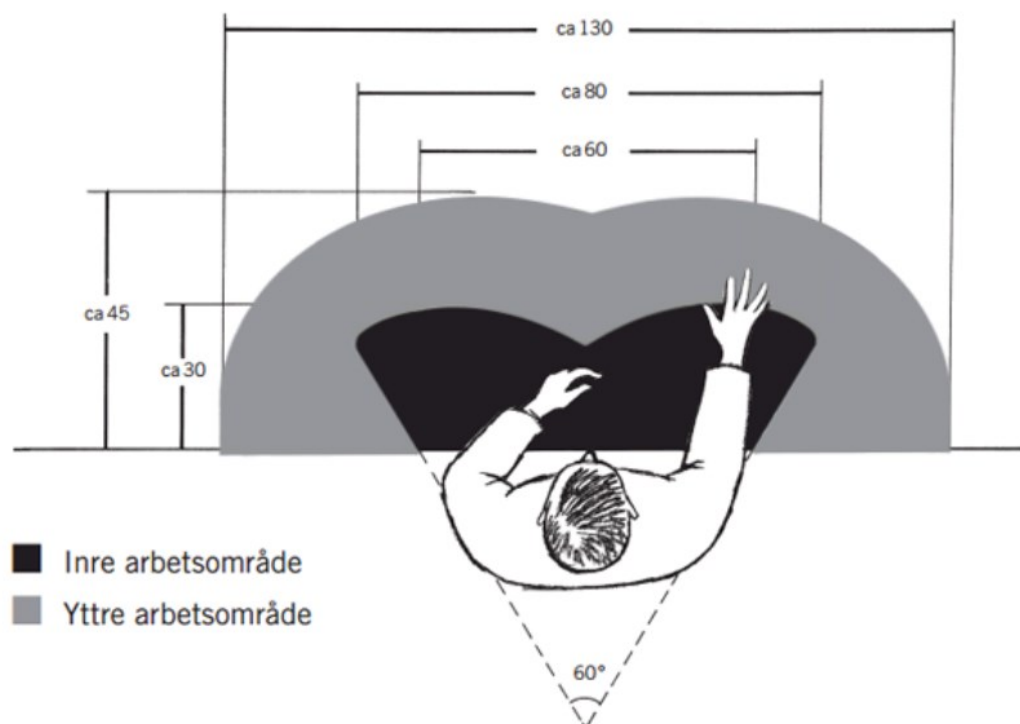
2.4.3 Arbetshöjd och arbetsområde

För att upprätthålla en ergonomisk arbetsställning skall arbete utföras med armarna nära kroppen och sänkta axlar. Enligt standardmått på människans kroppsmått ligger lämplig arbetshöjd vid stående arbete mellan 80 och 140 cm, beroende på längd och arbetsuppgift. Dessa värden är i armbågshöjd och med hjälp av höj- och sänkbara arbetsstolar och arbetsbord kan varje enskild människan arbeta på lämplig höjd. Figur 6 visar lämplig och olämplig arbetshöjd baserat på medellängden för män och kvinnor. (Arbetsmiljöverket, 2018).



Figur 6. Lämplig arbetshöjd. (Arbetsmiljöverket, 2018).

Med tanke på arbetsområde kan områden delas in i inre och yttre arbetsområde. Inre arbetsområde skall användas för uppgifter som utförs ofta eller under en lång tid medan yttre arbetsområde kan användas vid enstaka uppgifter. Regelbundna arbetsuppgifter skall inte utföras under knähöjd eller över axelhöjd. Figur 7 visar mått och indelning av arbetsområden och enligt det sträcker sig inre arbetsområdet 30 cm från bordskanten i en 60° vinkel. (Arbetsmiljöverket, 2018).



Figur 7. Inre och yttre arbetsområde. (Arbetsmiljöverket, 2018).

Genom att sträva till god ergonomi på en arbetsplats skapas en bra arbetsmiljö vilket leder till att arbetstagarna trivs bättre och långtidssjukskrivningar kan förebyggas.

2.5 Maskinsäkerhet

Inom EU har man gemensamma tekniska krav och bestämmelser som en maskin måste uppfylla för att anses vara säker och kan därmed släppas ut på marknaden. År 1994 började man använda sig av direktiven och från början av år 1995 måste alla maskiner uppfylla kraven i maskindirektivet. Maskindirektivet har förnyats och det direktiv som är i kraft idag kom år 2006 och kallas för maskindirektivet (2006/42/EG). Direktiven måste uppfyllas av den som tänker lansera maskinen på marknaden vilket oftast är tillverkaren eller vid import kan det vara en återförsäljare. (Arbetskyddsförvaltningen, 2007).

En maskin kan definieras på olika sätt och vissa produkter kanske inte omfattas av maskindirektiven och då kan det finnas skilda bestämmelser på dessa produkter. Utöver maskindirektivet kan även krav på andra bestämmelser gälla beroende på hurudan maskin det är fråga om. Kraven som maskindirektivet sätter på tillverkaren är följande:

- Bedöma riskerna med maskinen.
- Klarlägga säkerhetskraven för maskinen.
- Planera och tillverka maskinen enligt säkerhetskraven.
- Göra bruksanvisningar samt teknisk dokumentation och förse maskinen med behövliga märkningar.
- Utföra försäkran om överensstämmelse.
- CE-märkning av maskinen.

(Arbetskyddsförvaltningen, 2007).

2.5.1 Felmods- och effektanalys

Felmods- och effektanalys har sitt ursprung i USA på 1940-talet och namnet kommer från engelskans Failure mode and effects analysis och förkortas till FMEA. FMEA är en riskanalysmetod och används för att identifiera fel och risker samt möjliga åtgärder för en produkt enligt följande:

- Förutse möjliga problem med produkten samt hur det kan påverka produkten eller användaren.
- Identifiera orsakerna till problemen samt rangordna dem enligt sannolikhet att det uppstår.
- Hitta förebyggande åtgärder till problemen och implementera åtgärderna för att undvika att problemen uppstår hos slutkunden.

FMEA kan användas i de flesta situationer och är inte begränsad till att undersöka en produkt utan det går även att tillämpa på processer och tjänster. Analysen kan göras i alla skeden av en produkts livslängd. I planeringsskedet kan man med hjälp av en FMEA-analys hitta och hindra felen före tillverkning och det leder i sin tur till färre problem sen. Då produkten är i användning kan analysen användas för att kontrollera att inga nya problem har uppkommit. Bäst resultat får man genom att göra en grundlig och noggrann analys samt genom att utföra den redan under planeringsskedet och fortsätter använda den kontinuerligt under produktens livslängd. (Kristen, 2021).

2.6 Konstruktionsberäkningar

I detta kapitel presenteras formler som har använts för att kontrollera kritiska punkter i konstruktionen samt säkerställa dess hållfasthet. Formler för böjspänning på balkarna presenteras samt formler för dimensionering av skruvförband och svetsförband.

2.6.1 Böjning

Vid belastning av en balk, som sitter fast i någondera eller båda ändorna, utsätts den för ett böjmoment som i sin tur betyder att böjspänning uppstår. Enligt Ottosen och Ristinmaa (2023, ss.66–67) kan böjspänning beräknas med följande formel:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad (1)$$

Där M_b är böjmomentet och W_b är böjmotståndet. Böjmomentet fastställs utifrån olika formler beroende på hur balken är uppställt och böjmotståndet för de flesta tvärsnitt finns i allmänna tabellsamlingar men går även att beräknas.

2.6.2 Skruvförband

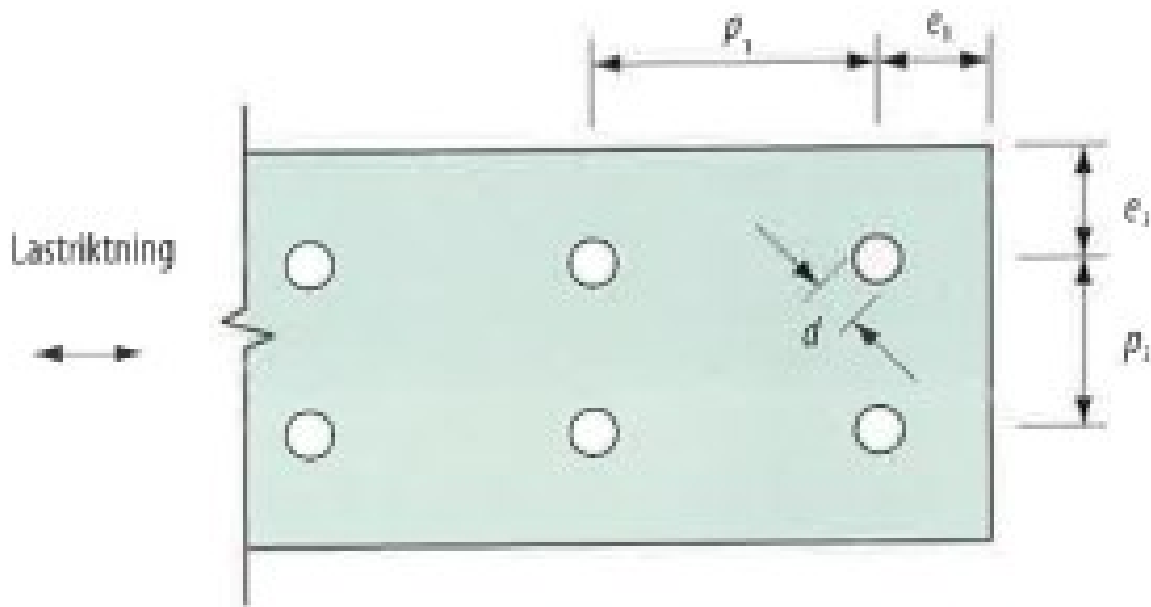
Skruvförband kan delas in i olika klasser men i denna konstruktion kommer skruvarna att belastas av en tvärkraft och då finns det fyra olika brott som behöver kontrolleras. Skjuvbrott i skruven är det första och det innebär att skruven går av och materialet runt omkring håller. Enligt SSAB (2009, ss. 4:54–4:55) kan den kritiska kraften för skjuvbrott beräknas med följande formel:

$$F = \frac{0.5 \cdot f_{buk} \cdot A_s}{\gamma_M \cdot \gamma_n} \quad (2)$$

Där f_{buk} är skruvens brottgräns, A_s är skruvens spänningsupptagande area och γ_M och γ_n är partialkoefficienter. Kantbrott är ett annat brott som innebär att avståndet till kanten är för liten och materialet spricker mellan hålet och kanten. Enligt SSAB (2009, ss. 4:54–4:55) kan kantbrott beräknas med följande formel:

$$F = \frac{e_1 \cdot t \cdot f_{uk}}{1.2 \cdot \gamma_M \cdot \gamma_n} \quad (3)$$

Där e_1 är avståndet till kanten enligt figur 8. Tjockleken på plåten betecknas med t och f_{uk} är materialets brottgräns. Partialkoefficienterna γ_M och γ_n ingår även i denna formel.



Figur 8. Rekommendation för placering av skruvar i skruvförband. (SSAB, 2009, s. 4:55).

Ifall avståndet till kanten är tillräckligt stort så att inte kantbrott uppstår kan hålkantflytning förekomma vilket innebär att materialet på trycksidan utsätts för plastisk deformation. Enligt SSAB (2009, ss. 4:54–4:55) kan hålkantflytning beräknas med följande formel:

$$F = \frac{2.5 \cdot f_{uk} \cdot d \cdot t}{\gamma_M \cdot \gamma_n} \quad (4)$$

Där f_{uk} är materialets brottgräns, d är skruvens diameter, t är plåttjocklek samt γ_M och γ_n är partialkoefficienter.

Sista typen av brott som kan uppstå är godsbrott vilket innebär att materialet spricker i snittet med skruvhålet på grund av att nettoarean är mindre. Enligt SSAB (2009, ss. 4:54–4:55) kan godsbrott beräknas med följande formel:

$$F = \frac{A_{net} f_{uk}}{\gamma_M \gamma_n} \quad (5)$$

Där A_{net} är snittets nettoarea, f_{uk} är materialets brottgräns samt γ_M och γ_n är partialkoefficienter.

2.6.3 Svetsförband

Dimensionering av svetsförbanden följer standarden SFS-EN 1993-1-8:2005 som ingår i Eurocode 3: Design of steel structures. Enligt standarden SFS-EN 1993-1-8 (2005, s. 44) beräknas den dimensionerande skjuvhållfasthet för svetsen med följande formel:

$$f_{vw.d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad (6)$$

Där f_u är nominell brottgräns för det svagare materialet, β_w är korrelationsfaktor och γ_{M2} är delsäkerhetsfaktor. Faktorerna fås ur tabellsamlingar. Med skjuvhållfastheten för svetsen och dess a-mått beräknas svetsens bärförmåga per längdenhet enligt SFS-EN 1993-1-8 (2005, s. 44) med följande formel:

$$F_{W.Rd} = f_{vw.d} \cdot a \quad (7)$$

Där $f_{vw.d}$ är skjuvhållfastheten och a är svetsens a-mått. Enligt SFS-EN 1993-1-8 (2005, s. 42) skall en lastbärande svets inte ha en effektiv längd på mindre än 30 mm eller mindre än 6 gånger a-måttet och a-måttet skall inte vara mindre än 3 mm.

3 Tillvägagångssätt

I detta kapitel presenteras tillvägagångssätten och olika steg som arbetet har bestått av. Till en början tas arbetets inledande upp samt kravspecificering för konstruktionen. Arbetet innefattar valet av ställdon baserat på för- och nackdelar för de olika systemen samt önskemål från uppdragsgivaren. Slutligen presenteras 3D-modellering samt fyra olika koncept på konstruktionen.

3.1 Arbetets inledande

Under hösten 2023 tog jag kontakt med Sören Snellman angående möjligheten att utföra ett examensarbete åt dem och ett förslag togs fram inom AAE. Förslaget skickades till mig och vi bokade in ett kick-off möte tillsammans med handledare från uppdragsgivaren och skolan. Under kick-off presenterades arbetet grundligare och ett uppdragsavtal undertecknades. I samband med mötet fick vi en rundtur i produktionen. Veckan efter kick-off mötet fick jag följa med montörerna när de monterade ihop en elcentral för att få en bättre bild av hur lyftborden används och hur slutkonstruktionen av examensarbetet skall användas.

3.2 Kravspecificering

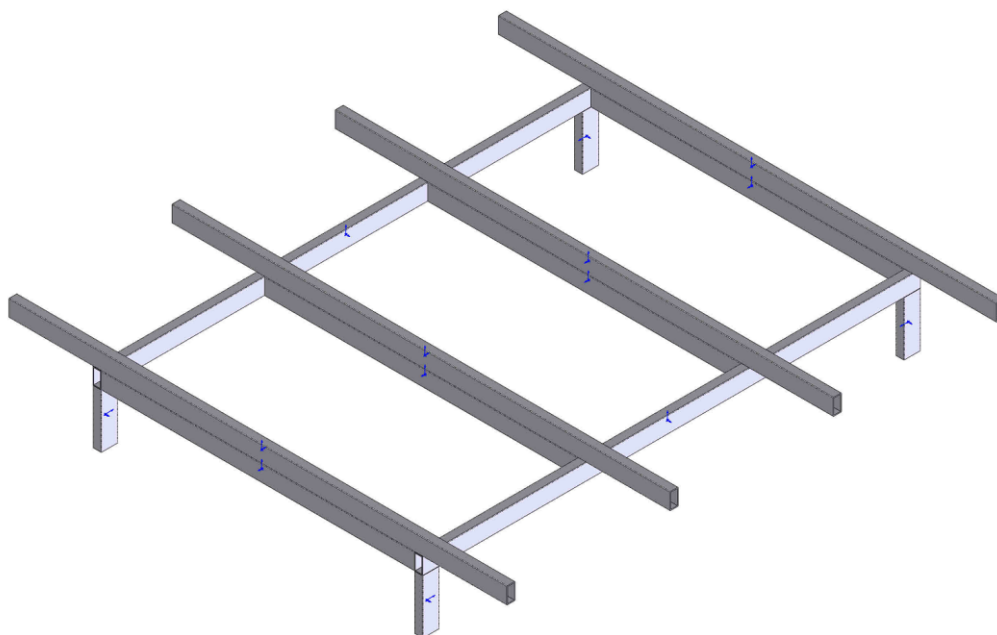
Kravspecificering kan delas upp i två delar: krav och önskemål. Krav är kriterier som måste uppfyllas fullständigt, det kan till exempel innefatta saker som handlar om säkerheten och funktion. Önskemål är kriterier som inte nödvändigtvis måste uppfyllas fullständigt utan kan innefatta saker som gör konstruktionen smidigare eller billigare tillverkning. Om kraven uppfylls lika vid konceptval så kan önskemålen spela en betydande roll vid valet av bästa koncept.

Kravlistan, som visas i tabell 3, har varit ett levande dokument och kriterier har fyllts på under arbetets gång för att uppnå en så bra och säker konstruktion som möjligt. Kriterierna har uppkommit utifrån egna observationer samt diskussioner med arbetsledaren för produktrealisering samt arbetsledaren för eldelmontering och montörer på avdelningen. Kravlistan är ett bra redskap vid konceptgenerering för att utvärdera vilket koncept som är lämpligast.

Tabell 3. Kravlista

Krav	Önskemål
Max höjd 350 mm i nedfällt läge	Användning av standardkomponenter
Säker användning	Planera enligt dimensioner som finns i lager
Fungera åt alla el centraler	Övre fäste till AS2 elcentral
Möjlighet att tilta 90 grader	Att en europapall (800 mm x 1200 mm) ryms mellan nedre stöden
Möjlighet att sänka ner centralerna på en förvaringspall	Hullingar på halvfabrikat
Nedre stöden ställbara i sidled och djupled	
Övre stöd ställbart i höjled och djupled	
Dörrstöden ställbara åt båda sidorna	
Stoppare till tildelen	

Ställningarna som används på lyftborden i dagsläget, visas i figur 9, fungerar som en upphöjning och förvaringspall. Nu kan man spänna fast elcentralerna i ställningen och lyfta ställningen rakt från bordet med truck och detta kommer inte vara möjligt med en tiltfunktion. För att få elcentralerna på en förvaringspall smidigt behöver man kunna tilta bordet 90 grader samt sänka ner det så att elcentralerna lossnar från ställningen och hålls på en förvaringspall. Totala höjden på nuvarande ställningar och lyftborden har tagits i beaktan och via diskussioner med arbetsledare och montörer samt ergonomiska riktlinjer har ett krav på max höjd 35 cm i nedfällt läge uppkommit.



Figur 9. Nuvarande ställning. (Internt dokument).

Det tillverkas många olika modeller av elcentraler och alla monteras på dessa lyftbord därför måste konstruktionen passa åt alla modeller. För att uppfylla detta finns krav såsom att nedre stöden skall vara ställbara i sidled och djupled samt övre stödet skall vara ställbara i höjdlid och djupled. De högsta elcentralerna är 2 m höga och vi konstaterade att det blir för högt att montera dem på stående så då bestämdes det att de kommer att monteras med långsidan mot nedre stöd och därmed måste dörrstöden vara ställbara åt båda sidorna.

Elcentralerna spänns fast med övre och nedre stöd men för mera säkerhet mot att de välter framåt kom kravet att en stoppare till tildelen skall finnas med. Stoppare hjälper också att veta när skåpen är tiltade 90 grader och underlättar då man skall sänka ner elcentralerna på förvaringspallar.

Konstruktionen kommer att tillverkas i egen produktion så för att få ner material- och tillverkningskostnader är önskemål att standardkomponenter och dimensioner som redan finns i lager används. För att underlätta vid svetsningen önskas hullingar på halvfabrikaten så att svetsarna lättare vet hur delarna skall sitta ihop. AS2 elcentralerna består av en fot under hela elcentralen så för att kunna montera foten på elcentralen smidigt önskas ett övre stöd specifikt för denna modell. För att undvika att behöva tillverka många speciella förvaringspallar är önskemålet att en europapall skall rymmas mellan nedre stöden.

3.3 Val av ställdon

I kapitel 2 presenteras teorin bakom tre olika ställdon som skulle gå att använda i denna konstruktion. För att välja det lämpligaste ställdonet lyfts för- och nackdelarna fram samt jämförelser. Tabell 2 visar en jämförelsetabell mellan de tre olika ställdonen så denna tabell har använts vid valet. Det är en ren arbetsmiljö och inga extrema temperaturer så valet av cylinder kommer inte att påverkas av för- och nackdelar relaterade till tuff arbetsmiljö.

Hydrauliska ställdon består av många komponenter och kräver mycket utrymme samt underhåll. Fördelen är att de verkar med en hög kraft tack vare det höga trycket i systemet. De tyngsta elcentralerna väger 300 kg så kraften som ställdonet behöver begränsar inte valet och konstruktionen får inte vara högre än 35 cm i nedfällt läge så utrymmet är begränsat. Med dessa faktor bestämdes det att ett hydrauliskt ställdon inte kommer att användas.

Produktionsutrymmen har en centralkompressor som bygger upp trycket till olika stationer där lufttryck används och det är redan förberett för luftslangar till lyftborden. Tack vare att det är förberett för luftslangar till lyftborden innebär användning av ett pneumatiskt ställdon en väldigt låg installationskostnad och generellt så är pneumatiska komponenter relativt billiga. Nackdelen med pneumatik är att arbetstrycket är lågt och det leder till att cylindrarna inte klarar av så mycket kraft men detta skall inte vara ett problem med denna konstruktion.

Elektriska ställdon har ett dyrt inköpspris och kräver mera utrymme än pneumatiska ställdon. Ställbarheten och noggrannheten med elektriska ställdon är en fördel som skulle vara bra i denna konstruktion.

Diskussionerna med arbetsledaren för produktrealisering lutade mot att använda en pneumatisk cylinder men även möjligheten att använda elektriska ställdon togs upp. Förberedelsen för luftslangar till lyftborden samt att pneumatikcylindrar används i AAE:s egna produkter och finns tillgängligt i AAE:s lager gjorde att valet föll på att använda ett pneumatiskt ställdon.

3.4 3D-modellering

Till en början skissades några koncept upp på papper för att få en bild på hur konstruktionen kunde se ut. 3D-modelleringen utfördes i CAD programmet Solidworks. Skisserna och kravlistan användes som hjälpmedel vid 3D-modelleringen av konstruktionen. Profiler och dimensioner som används ofta inom AAE fanns listade i Solidworks så för att underlätta modelleringen samt tillverkningen användes dessa som grund för konstruktionen. För att underlätta vid svetsning av konstruktionen ritades hullingar på rörbalkarna samt på vissa plåtdelar.

3.5 Konceptgenerering

Koncepten utformades utifrån kraven och önskemålen som ingick i kravlistan samt inspiration av ställningarna som används i nuläget. Kravlistan fylldes på under arbetets gång så koncepten genererades genom att nya krav och önskemål tillkom samt genom diskussioner med arbetsledaren för produktrealisering och arbetsledaren för eldelmontering samt förbättringsförslag.

3.5.1 Koncept 1

Första konceptet som visas i figur 10 har en hög höjd på bottendelen vilket ger en bra vinkel på cylindern. Tilt delen är lång och rymmer alla elcentraler på höjden samt består av två nedre stöd och två övre stöd. Svetsbara gångjärn har använts i ledpunkterna. Cylindern har en kolvdiameter på 63 mm och slaglängd på 500 mm.



Figur 10. Koncept 1.

Det negativa med det första konceptet är att höjden är för hög så det blir inte ergonomiskt för alla montörer. Dörrstöden är bara ställbara på den långa sidan vilket blir ett problem med vissa elcentraler. Även nedre stödets fäste står upp en bit och kan börja ta i baksidan på elcentralerna.

3.5.2 Koncept 2

Andra konceptet som visas i figur 11 bygger på det första konceptet men skillnaderna är att ett av de övre stöden har tagits bort, höjden på bottendelen har minskats, nedre stödets fäste har ändrats och cylindern har bytts ut samt fästet till cylindern har sänkts ner i balken. Elcentralen vilar på de nedre stöden och övre stödet är där för att förhindra att elcentralen välter framåt därmed belastas inte det övre stödet så mycket så ett stöd ansågs

vara tillräckligt. Nedre stödets fäste har ändrats för att få bort kanten som stod upp och med denna modell fås mer svetsyta vilket ger bättre hållfasthet. Fästen som skall hålla fast ställningen i lyftborden har flyttats från hörnen till långsidan. Cylindern har en kolvdiameter på 80 mm och slaglängd på 400 mm. Svetsbara gångjärn har använts i ledpunkterna.



Figur 11. Koncept 2.

Det negativa med det andra konceptet är dörrstöden som inte går att ställa åt båda sidorna och för att få plats med cylindern sänktes bakfästet ned i rörbalken vilket ger upphov till sämre hållfasthet då balken måste kapas itu.

3.5.3 Koncept 3

Tredje konceptet som visas i figur 12 har en kortare tilt-del och detta innebär att de högsta elcentralerna, som är 2 m, måste monteras så att sidan på centralen ligger mot nedre stöden. Därmed har fästena för dörrstöden modifierats så att man kan svänga stöden åt båda sidorna. För att cylindern skulle rymmas i den låga bottendelen svängdes dess bakfäste 90 grader och därmed måste man inte kapa itu balken och får en bättre hållfasthet. På nedre balken finns en ställbar stoppare till tilt-delen som består av en vibrationsdämpare för att få ett mjukt stopp. Stopparen ställs in på 90 grader och förhindrar att elcentralen välter framåt. Cylindern har en kolvdiameter på 80 mm och slaglängd på 400 mm. Monteringsklara gångjärn har använts i ledpunkterna.

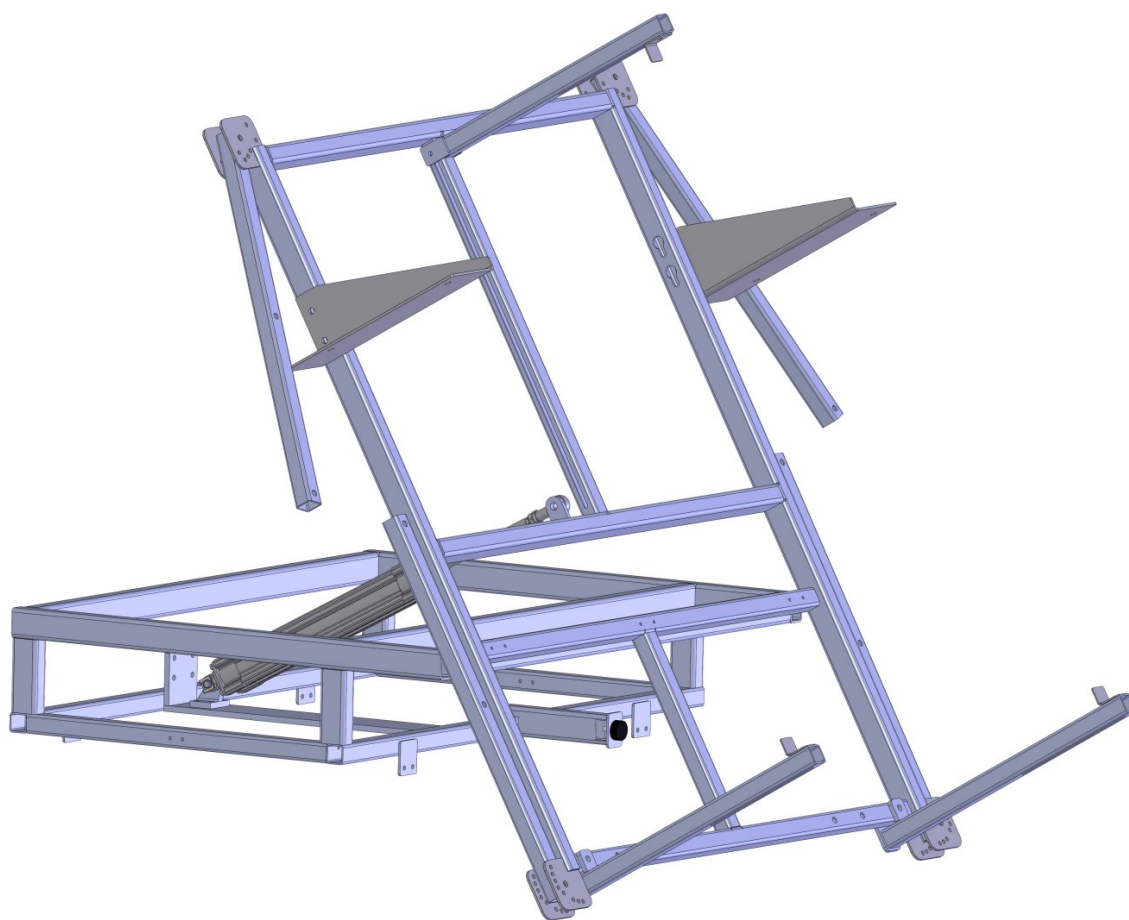


Figur 12. Koncept 3.

Som tillägg finns övre fäste till elcentralen av modell AS2. Uppe på AS2 elcentralerna finns hål för lyftöglor och dessa hål kommer att utnyttjas så att man skruvar fast fästen i dem. Vid tillverkning av AS2 elcentraler måste nedre stöden tas bort och övre fästen sättas dit.

3.5.4 Koncept 4

Fjärde konceptet som visas i figur 13 bygger på tredje konceptet. Skillnaden är att en platta sattes till i bottendelen och där planerades ett fäste för en annan cylinder, med en kolvdiameter på 63 mm och slaglängd på 400 mm. Cylinderfästet från tredje konceptet finns kvar och detta möjliggör användning av två olika cylindrar. Vid fästhålerna till AS2 övre fäste tillverkas slitsar så att skruven inte behöver lossas helt då fästen tas bort. Monteringsklara gångjärn har använts i ledpunkterna.



Figur 13. Koncept 4.

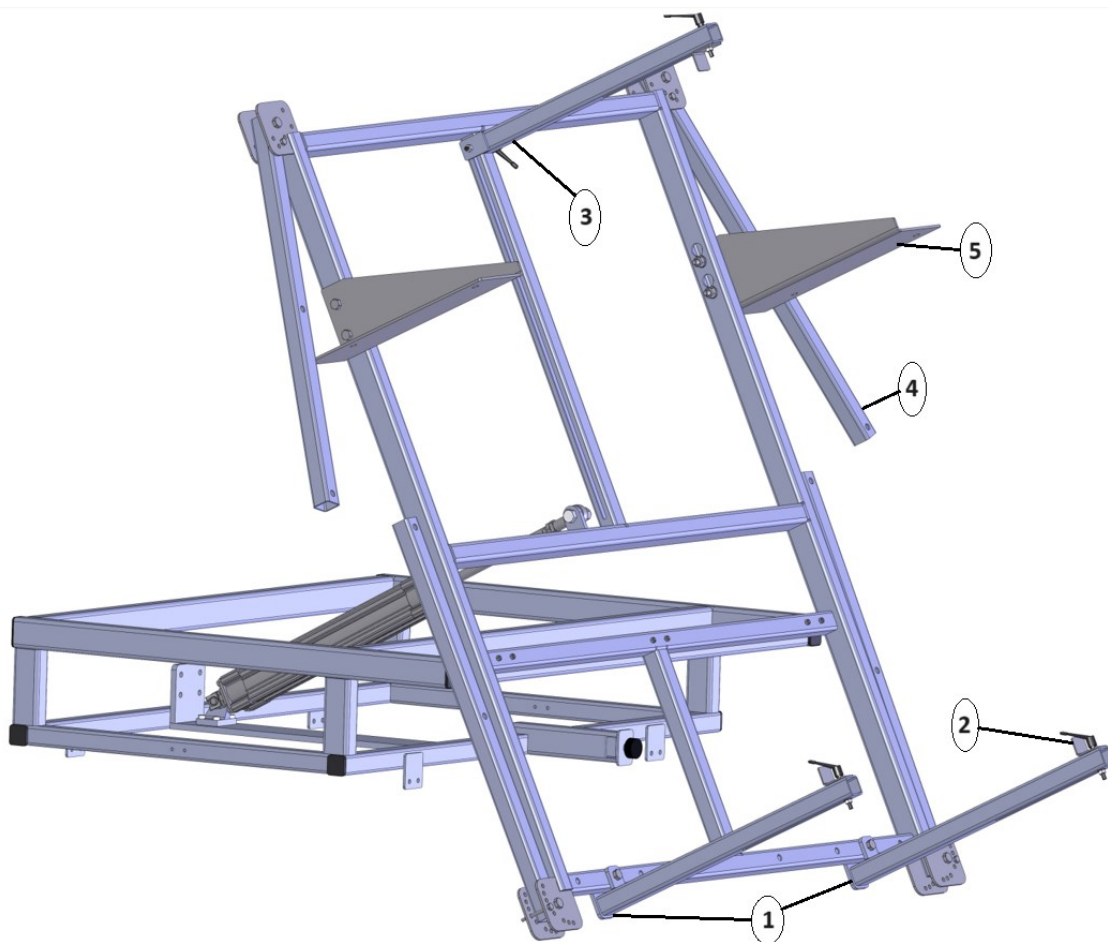
Även ett skilt övre fäste för AS2 elcentralerna finns i detta koncept. Cylindern i detta koncept har mindre kolvdiameter än koncept 2 och 3 vilket ger en mindre tryckkraft men det är tillräckligt för vikten på elcentralerna som tillverkas i nuläget. Fästet för den större cylindern finns kvar så ifall tyngre elcentraler kommer in i sortimentet om några år går det att byta ut cylindern.

4 Resultat

I detta kapitel presenteras konceptval, slutkonstruktion och implementering. I kapitel 3.5 beskrivs fyra olika koncept av konstruktionen och av dessa väljs det mest lämpliga konceptet. Slutkonstruktionen motiveras genom konstruktionsberäkningar och en riskanalys. Slutligen presenteras implementeringen av konstruktionen.

4.1 Konceptval

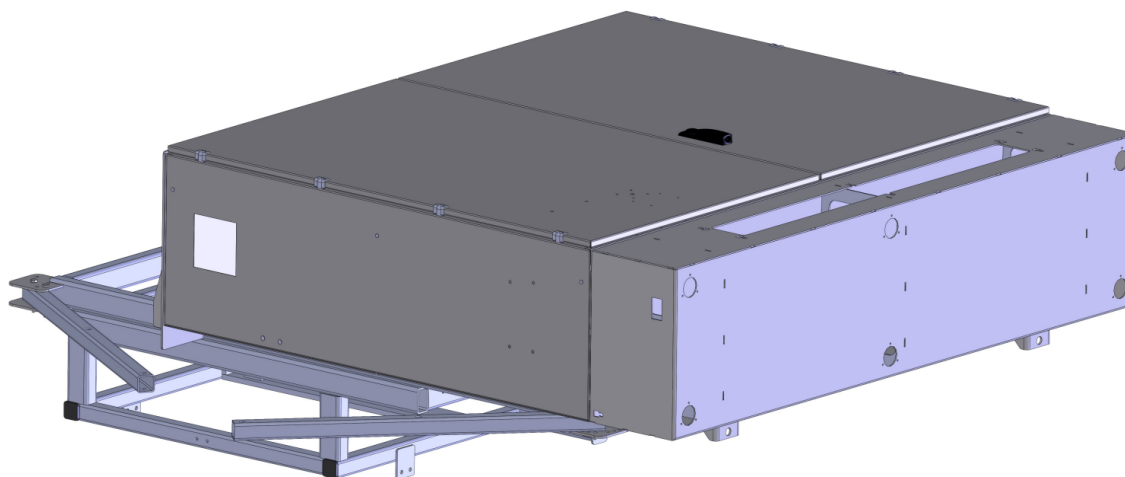
Vid utvärdering av koncepten ansågs det fjärde konceptet vara det bästa konceptet. Detta koncept uppfyller alla krav och de flesta önskemålen. Önskemålet att en europapall ryms mellan nedre stöden uppfylls då nedre stöden är i yttersta läget men i de andra lägen kommer den vara nödvändigt med en speciell förvaringspall. En CAD-modell av slutkonstruktionen visas i figur 14.



Figur 14. Slutgiltig CAD modell av konstruktionen.

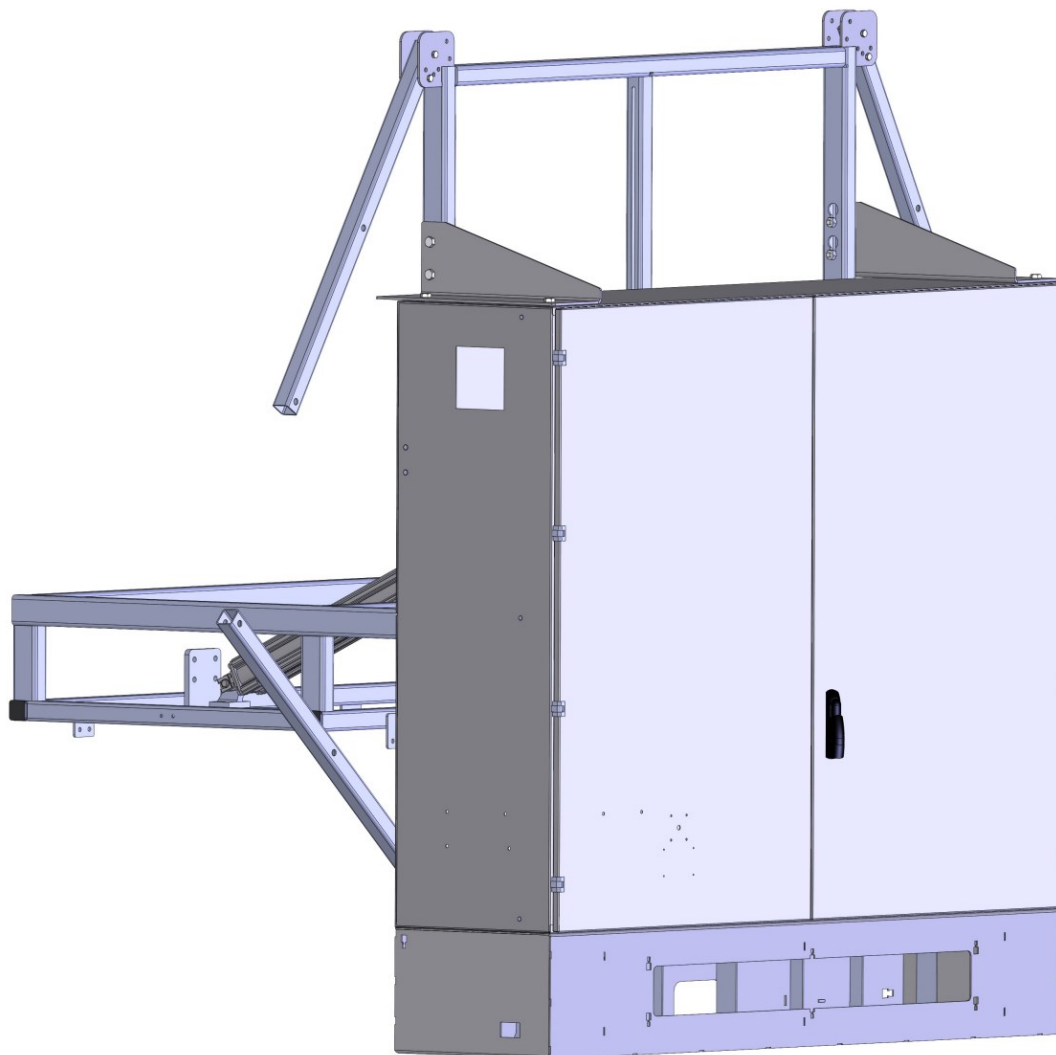
Delarna som tas upp funktionsbeskrivningen finns numrerade i figur 14. Vid användning av konstruktionen ställs nedre stöden, nummer 1, in på lämpligt läge beroende på elcentralens mått och stoppbrickan, nummer 2, läggs mot elcentralens kant samt spänns fast. Övre stödet, nummer 3, justeras i höjdled samt djupled och spänns fast. Dörrstöden, nummer 4, är stegvist ställbara och bör ställas in i lämpligt läge som passar den aktuella elcentralen.

Användning av tiltfunktionen vid montering av AS2 elcentraler visas i figurerna 15 och 16. Vid delmontering av AS2 elcentraler bör nedre och övre stöden, nummer 1 och 3, tas bort och övre fästen på sidorna av tiltdelen, nummer 5, bör sättas dit och omsvängt med de övriga elcentralerna. Elcentralen i horisontellt läge visas i figur 15.



Figur 15. AS2 elcentral i horisontellt läge på tiltfunktionen.

Vid montering av AS2 elcentraler skruvas elcentralen fast i fästena, nummer 5, med fyra M12 skruvar i hålen för lyftöglor uppe på skåpet. Vid nedsänkning av monteringsplåten i skåpen öppnas dörrarna och lutas mot stänger som står upp från dörrstöden, nummer 4. Stänger som används i dagsläget kommer att återanvändas och därför finns inga stänger med i figurerna 15 och 16. Elcentralen i vertikalt läge visas i figur 16.



Figur 16. AS2 elcentral i vertikalt läge på tiltfunktionen.

Konceptet innehåller en dubbelverkande pneumatisk cylinder med en kolvdiameter på 63 mm och slaglängd på 400 mm vilket möjliggör en tiltvinkel på 95 grader.

4.2 Slutkonstruktion

Slutkonstruktionen tillverkas enligt generella standarder som ingår i AAE:s mekanikplaneringsstandard. Spånskärande bearbetning eller formade plåtar enligt toleransklasserna m och K i standarden SS-ISO 2768. Svetsade konstruktioner enligt noggrannhetsklass B och toleransklass F i standarden EN-ISO 13920. Rostningsgraden enligt klass A i standarden ISO 8501-1. För termiskt skurna ytor gäller standarden ISO 9013-211.

Rörbalkar är av materialet S355J2H med dimensionerna 60x40x4 och 40x40x3 och plåtdelarna är av materialet S355MC i varierande tjocklek. Rörbalkarna skärs med laserskärare i AAE:s produktion men plåtdelarna köps in av olika underleverantörer och slutligen svetsas och monteras konstruktionen vid AAE. Övriga komponenter vid montering såsom, skruvar, muttrar och plastproppar är standardkomponenter som finns i AAE:s lager. Stängerna som används med nuvarande ställning för att hålla i dörrarna kommer att återanvändas med denna konstruktion därmed tillverkas inga nya stänger.

Med tanke på ergonomi har konstruktionen planerats enligt riktlinjerna för lämplig arbetshöjd samt arbetsområde. Enligt kapitel 2.4.3 bör arbetshöjden vara mellan 80 – 140 cm. Max höjden på konstruktionen i nedfällt läge är 31 cm och minimihöjd för lyftbordet är 35 cm vilket ger en total höjd på 66 cm. Elcentralerna ligger på ställningen och de är olika djupa beroende på modeller så för att komma ner till 80 cm för alla modeller är konstruktionen lite lägre. Vid tiltning av elcentralerna kommer man att kunna arbeta inom det inre arbetsområdet i en större utsträckning än tidigare. På grund av att dörrarna är monterade på elcentralen och enbart öppnas är det inte möjligt att utföra alla monteringar inom det inre arbetsområdet. Demontering av dörrarna skulle medföra ett extra arbetsmoment så detta vill vi undvika.

Riskerna med konstruktionen har bedömts och en FMEA riskanalys har utförts, analysen finns i bilaga 1. Konstruktionen uppfyller kraven i maskindirektivet (2006/42/EG), kapitel 2.5. Beräkningar på kritiska ställen har gjorts och en ställbar stoppare till tilt delen finns. Kretsschemat för styrning av pneumatikcylindern tas inte med i detta arbete och vid planering av det bör säkerheten relaterat till det tas i beaktan. Lyftborden måste skruvas fast i golvet då konstruktionen monteras på dem.

Med arbetstryck 6 bar har en pneumatikcylinder med kolvdiameter 80 mm en tryckkraft på 3000 N och en cylinder med kolvdiameter 63 mm en tryckkraft på 1872 N (Valtanen, 2022, s. 1034). Vikten på den tyngsta elcentralen, 300 kg, ligger jämnt fördelat på båda sidorna av ledpunkterna på tiltfunktionen. Detta betyder att cylindern skall i startläget lyfta en vikt på 150 kg och till det behövs en tryckkraft på 1471 kN, enligt bilaga 2. En cylinder med kolvdiameter 63 mm klarar därmed av att lyfta vikten. Om tyngre elcentraler kommer in i AAE:s sortiment senare finns det möjlighet att byta till en större cylinder utan att göra ändringar i konstruktionen.

4.2.1 FMEA

För att bedöma riskerna med konstruktionen utfördes en FMEA riskanalys på den. Som kapitel 2.5.1 beskriver så är det en effektiv metod för att både hitta samt åtgärda problem. Hela riskanalysen finns i bilaga 1. Det finns ingen tiltfunktion för tillfället så förebyggande åtgärder som utförs idag har lämnats bort i riskanalysen. I riskanalysen kontrollerades de fem mest utsatta komponenterna.

Gångjärnen är väldigt utsatta med tanke på att hela tiltdelens och elcentralens vikt belastar dem. Det finns tre olika problem med gångjärnen, de kan brista och skruvarna kan gå av eller lossna. För att undvika dessa problem har hållfastheten kontrollerats på gångjärnen och skruvarna samt användning av låsmuttrar. Problemen presenteras som nummer 1, 2 och 3 i bilaga 1.

Nedre stöden är en annan del som är ganska utsatta och skall hålla elcentralernas vikt. Stöden består av två plattor och en rörbalk och dessa kommer att svetsas ihop. Det kan uppstå tre olika problem med stöden, svetsarna kan brista, stöden böjs eller skruven går av. Problemen presenteras som nummer 4, 5 och 6 i bilaga 1. För att undvika dessa problem kontrolleras svetsarnas bärförmåga, böjspänning på stöden och skruvarnas hållfasthet.

Övre stödet belastas inte på samma sätt som nedre stöden utan dess funktion är att hindra elcentralen från att välta framåt. En ställbar stopplatta är fast i stöden och denna sätts mot elcentralen och spänns fast med en låsspak. För att undvika att elcentralen välter skall låsmutter användas och tillräcklig spännkraft. Problemet presenteras som nummer 7 i bilaga 1.

Hela konstruktionen skruvas fast i det befintliga lyftbordet med fyra fästen. Vid tiltning till 90 grader med en färdig elcentral på belastas dessa fästen mycket. Två problem kan uppstå med fästen, skruvarna går av eller lossnar. För att undvika detta kontrolleras skruvarnas hållfasthet och låsmutter skall användas. Problemen presenteras som nummer 8 och 9 i bilaga 1.

Som tillägg kommer ett övre fäste till AS2 elcentral att tillverkas och vid användning av detta måste nedre stöden tas bort vilket innebär att all vikt kommer att koncentreras till övre fästen. Problemet som kan uppstå med fästen är att de böjs, därmed kontrolleras hur stor böjspänning som uppstår i dem. Problemet presenteras som nummer 10 i bilaga 1.

4.2.2 Konstruktionsberäkningar

Konstruktionsberäkningarna gjordes utifrån rekommenderade åtgärder i riskanalysen. Från riskanalysen fås de mest utsatta komponenterna och dessa kontrollerades. De tyngsta elcentralerna väger 300 kg och tilt delen väger 50 kg vilket leder till en dimensioneringslast på cirka 3000 N och 3500 N.

Gångjärnen som används är monteringsklara komponenter, enligt tillverkaren klarar gångjärnen av krafter upp till 5000 N och genom att använda tre gångjärn så uppnås en bra säkerhet mot brott. Gångjärnen skruvas fast med två M6 skruvar per sida och vid kontroll av brottmetoder är det skjuvbrott som blir den dimensionerande faktorn. Enligt formel (2) sker skjuvbrott av en M6 skruv vid 7000 N. Tre gångjärn används vilket ger belastning på sex skruvar och ger en bra säkerhet mot brott. Beräkningarna finns i bilaga 3.

Nedre stöden är de mest utsatta delarna som innehåller svetsning därför dimensioneras svetsförbanden enligt dem. Enligt formel (6 och 7) är svetsarnas bärförmåga 24 kN vilket är mycket över behovet och ger en bra säkerhet. Även rekommendationerna, som presenteras i kapitel 2.6.3, har uppfyllts. Dimensionering av svetsförbanden finns i bilaga 4. Enligt formel (1) är böjspänningen som uppstår i nedre stöden 79 MPa vilket ger en säkerhetsfaktor mot böjning på 4,5. Beräkningarna för böjspänningen finns i bilaga 5. Stöden spänns fast med varsin M12 skruv och vid kontroll av brottmetoder är det skjuvbrott som blir den dimensionerande faktorn. Enligt formel (2) sker skjuvbrott på en M12 skruv vid 28 kN vilket ger en bra säkerhet mot brott. Dimensionering av skruvförband finns i bilaga 3.

Konstruktionen skruvas fast i det befintliga lyftbordet med sammanlagt åtta M8 skruvar och vid kontroll av brottmetoder är det skjuvbrott som blir den dimensionerade faktorn. Enligt formel (2) sker skjuvbrott på en M8 skruv vid 12 kN och ger en bra säkerhet mot brott. Beräkningarna finns i bilaga 3.

Vid delmontering av AS2 elcentraler tas nedre stöden bort och ett övre fäste specifikt till dessa elcentraler används. Böjspänningen i dessa fästen kontrolleras med formel (1) och ger upphov till en böjspänning på 89 MPa vilket ger en säkerhetsfaktor mot böjning på 4. Beräkningarna finns i bilaga 5.

4.3 Implementering

Efter konceptvalet påbörjades arbetet med tillverkningsritningarna. Då ritningarna var färdiga fördes de in i AAE:s PDM- och ERP-system, totalt skapades 39 nya artiklar. Då alla ritningar var godkända gjordes en beställning på konstruktionen och delarna börjades planeras in i produktionen. Beroende på övrig produktion kommer tillverkningstiden att variera men då konstruktionen är klar kommer den att monteras och testas.

5 Diskussion

Examensarbetet utfördes på uppdrag av AMADA Automation Europe och bestod av att planera en tiltfunktion till befintliga lyftbord som används vid delmontering av elcentraler. I nuläget finns ingen tiltfunktion på lyftborden, konstruktionen skall underlätta montörernas arbetsdag genom att arbetsplatsen blir mer ergonomisk och effektivare. Stegen i arbetet var att reda ut hur konstruktionen skall se ut och fungera samt vilken typ av ställdon som skall användas. Rita upp förslag på konstruktionen samt göra fullständiga tillverkningsritningar hörde också till arbetets mål.

Examensarbetet har varit en intressant och lärorik uppgift. I och med att det inte fanns någon tiltfunktion på lyftborden tidigare har planeringen av denna konstruktion börjat från noll. Enligt mig var detta en bra sak för då fick jag en bra inblick i hur hela planeringsprocessen kan se ut. Jag fick en ganska stor frihet med att ge förslag på hur konstruktionen skall se ut och fungera, det gjorde arbetet lite mera utmanande men det gjorde också att jag utvecklades mera som konstruktör.

Svårigheter med arbetet var att hitta bra teoretiska grunder att basera arbetet på då många aspekter måste tas i beaktan. Jag fick en relativt bra inblick i teorin före själva planeringen av konstruktionen började vilket underlättade till viss del. Konceptgenereringen började bra men då flera koncept började uppstå insåg jag hur många saker som måste beaktas samt på hur många sätt man kan planera konstruktionen. En annan svårighet var att tiltfunktionen skall gå att använda på alla modeller av elcentraler och måtten på dessa varierar mycket vilket ledde till att stöden måste vara ställbara i alla led. För att underlätta förflyttningen av elcentralerna till förvaringspall skulle det vara önskvärt att få bort nedre stöden helt men det skulle kräva flera olika modeller av övre fästen vilket i sin tur skulle leda till extra arbete vid byten av fästen.

3D-modellerna och ritningarna tillverkades i Solidworks vilket var ett nytt program för mig. Jag fick skolning i CAD-programmet samt PDM- och ERP-systemet som används vid AAE. Solidworks påminner till viss del av CAD-programmet som jag har använt tidigare vilket gjorde att jag lärde mig att använda Solidworks ganska snabbt. I skolan har olika CAD-program och ERP-system tagits upp så det var lärorikt att få se hur de används i praktiken ute på arbetsmarknaden.

I och med att en lösning på konstruktionen hittades och tillverkningsritningar gjordes uppfylldes arbetets mål. Ritningarna fördes in i PDM- och ERP-systemet och en beställning på konstruktionen gjordes men på grund av att det tar en stund att tillverka produkten så implementeras den senare i produktionen. Jag är nöjd med resultatet och arbetet gav en bra inblick i hur det kan vara att jobba som konstruktör.

Då konstruktionen inte har tillverkats ännu vet man inte med säkerhet hur bra den fungerar så detta ser man först då den testas i produktionen. Om det förekommer problem eller förbättringsförslag vid testningen finns det möjlighet att göra ändringar före man tillverkar konstruktionen till de två övriga lyftborden. Lyftborden styrs från en elektrisk kontrollpanel så för att få samlat styrningen av bordet och tilten till samma ställe borde man planera kontrollpanelen till tilten så att man kan montera ihop den med bordets kontrollpanel.

5.1 Slutord

Jag vill jag tacka AAE som gett mig möjligheten att utföra detta examensarbete åt dem. Från företagets sida vill jag tacka min handledare Sören Snellman samt Zacharias Björkskog och övrig personal som varit inblandade för handledning och tips under arbetets gång. Slutligen vill jag tacka min handledare från Novia, Kenneth Ehrström för handledning och stöd som jag fått under arbetets gång.

6 Källförteckning

- Amada Automation Europe. (2021). *Om oss*. Hämtat 13.3.2024 från <https://amada-automation.eu/#om-oss>
- Arbetsmiljöverket. (2018). *Arbetshöjd och arbetsyta*. Hämtat 17.2.2024 från <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/belastningsergonomi/arbetshojd-och-arbetsyta/>
- Arbetskyddsförvaltningen. (2007). *Maskinsäkerhet*. Hämtat 20.2.2024 från https://tyosuojelu.fi/documents/154017715/168052814/Maskins%C3%A4kerhet_AAG_16.pdf/c73d7fe7-bb68-4e95-8aca-149a7e49a845/Maskins%C3%A4kerhet_AAG_16.pdf?t=1484312155991
- Clippard Technical Support Team. (2018). What's the Difference Between Pascal's, Boyle's, and Charles' Laws? *Machine design*. Hämtat 13.1.2024 från <https://www.proquest.com/abiglobal/docview/2038602440/6B7FA0A46C9545B9PQ/1?accountid=28773&sourcetype=Trade%20Journals>
- Doddannavar, R., & Barnard, A. (2005). *Practical Hydraulic Systems: Operation and Troubleshooting for Engineers and Technicians*. Hämtat 28.12.2023 från <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.novia.fi/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=234940&query=hydraulic+systems>
- Elprocus. (u.å). *Pneumatic System: Working & Its Applications*. Hämtat 7.1.2024 från <https://www.elprocus.com/pneumatic-system/>
- Evensen, K., & Ruud, J. (1990). *Grundläggande pneumatik*. Stockholm: AB Rexroth Mecman.
- Haugnes, S. (1995). Service och underhåll av hydraulikutrustning. i S. Haugnes, *Hydraulik 1* (ss. 129-134). Stockholm: Liber Utbildning AB.
- Healthylane. (u.å). *Vi reder ut begreppet ergonomi*. Hämtat 17.2.2024 från <https://www.healthylane.se/17/75/vi-reder-ut-begreppet-ergonomi/>
- Industrial Quick Search. (u.å.a). *Difference between hydraulics and pneumatics*. Hämtat 5.1.2024 från <https://www.iqsdirectory.com/articles/hydraulics/difference-between-hydraulics-and-pneumatics.html>
- Industrial Quick Search. (u.å.b). *Electric Actuators*. Hämtat 5.1.2024 från <https://www.iqsdirectory.com/articles/linear-actuator/electric-actuators.html>
- Kristen, V. (2021). *FMEA. I: Projektledning.se*. Hämtat 19.2.2024 från <https://projektledning.se/fmea-failure-modes-and-effects-analysis/>
- Liem, A. (2017). *Prospective Ergonomics*. Hämtat 18.2.2024 från <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.novia.fi/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=5122092&query=ergonomics>
- Luciano, M. (2021). *Pros & Cons of Hydraulic, Pneumatic, and Electric Linear Actuators*. Hämtat 14.1.2024 från Progressive Automations: <https://www.progressiveautomations.com/blogs/products/pros-cons-of-hydraulic-pneumatic-and-electric-linear-actuators>

- Ottosen, N. S., & Ristinmaa, M. (2023). Normalspänningar vid plan böjning. i N. S. Ottosen, & M. Ristinmaa, *Grundkurs i hållfasthetslära* (ss. 66-67). Lund: Studentlitteratur AB.
- Paul, E. S. (u.å). *Structure of pneumatic system*. Hämtat 12.3.2024 från https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-Pneumatic-system_fig1_287197049
- Rowse, T. (2020). *What is Pneumatics?* Hämtat 10.1.2024 från <https://www.rowse.co.uk/blog/post/what-is-pneumatics>
- SFS-EN 1993-1-8. (2005). *Eurocode 3: Design of steel structures*.
- SSAB. (2009). Bolted connections. i SSAB, *Design Handbook* (ss. 4:54-4:55). SSAB EMEA.
- Totten, G. E., & Negri, V. J. (2011). *Handbook of Hydraulic Fluid Technology*. Hämtat 28.12.2023 från <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.novia.fi/lib/novia-ebooks/reader.action?docID=919005&query=hydraulic+system>
- Valtanen, E. (2022). *Tekniikan taulukkokirja*. Mikkeli: Genesis-Kirjat Oy.

FMEA Felmod- och effektanalys

Detaljnamn
Tilffunktion

Deltagare
Joel Snellman

Projektledare

Datum
2024-03-01

Uppföljningsdatum

Nummer	Komponent/ operation/ huvudfunktion	Funktion	Felkarakteristik			Kontroll	Nuvarande tillstånd				Rekommenderade åtgärder
			Felmöjlighet	Feleffekt	Felorsak		Fel-sannolikhet	Allvarlighet	Uppträks-sannolikhet	Risktal	
1	Gångjärn	Ledpunkt vid tältning	Vad kunde hända om det inträffar	Vad kan orsaken vara	Vad är sannolik-heten att det inträffar och har denna orsak (1-10)	Vilka förbyggande kontrollåtgärder utförs idag?	Vad är sannolik-heten att inte upptäcka felet innan det inträffar (1-10)	9	7	252	Kontrollera hållfastheten på gångjärnen
2			Tilt delen faller ner	För svaga gångjärn	4	-	9	8	216	Kontrollera hållfastheten på bultarna	
3			Tilt delen faller ner	För svaga bultar	3	-	9	5	180	Använd låsmutter	
4	Nedre stöd	Hålla el centralens vikt	Tilt delen faller ner	Bult skruvar upp sig	4	-	8	5	120	Tillräcklig svetsyta och genomgående svetsar	
5			El centralen faller ner	Dåliga svetsförband	3	-	7	4	112	Kontrollera böjspänningen	
6			El centralen välter framåt	Fel dimension på rörbalken	4	-	8	8	192	Kontrollera hållfastheten på bultarna	
7	Övre stöd	Hindra el centralen från att välta	El centralen faller ner	För svaga bultar	3	-	8	4	160	Stoppare vid 90 grader	
8	Fäste i lyftbordet	Hålla fast ställningen i lyftbordet	Ställningen välter	Dåligt spänd stoppare	5	-	9	4	144	Använd låsmutter	
9			Ställningen välter	Bult skruvar upp sig	4	-	9	7	63	Kontrollera hållfastheten på bultarna	
10	Övre fäste till AS2	Fästa AS2 skåp till ställningen	El centralen faller ner	För svaga bultar	1	-	7	4	84	Tillräcklig tjocklek på fästen	

Tryckkraft

$$m := 150 \text{ kg}$$

Massan som skall lyftas i startläget

$$F := m \cdot g = 1.471 \text{ kN}$$

Tryckkraft som behövs

Skruvförband

$f_{uk} := 500 \text{ MPa}$	materialets brottgräns (S355) enligt TTK s.1220
$f_{buk} := 1000 \text{ MPa}$	skruvens brottgräns (hållfasthetsklass 10.9)
$\gamma_M := 1.25$	enligt SSAB s.4:6
$\gamma_n := 1.2$	enligt SSAB tabell 4.1 s.4:6

M12 hållfasthetsklass 10.9**Skjuvbrott**

$A_s := 84.3 \text{ mm}^2$ skruvens spänningsupptagande area enligt TTK s.844

$$F_{skjuvbrott} := \frac{0.5 \cdot f_{buk} \cdot A_s}{\gamma_M \cdot \gamma_n} = 28 \text{ kN}$$

Hålkantflytning

$d := 13.5 \text{ mm}$ hålets diameter

$t := 8 \text{ mm}$ plåttjocklek

$$F_{hålkant} := \frac{2.5 \cdot f_{uk} \cdot d \cdot t}{\gamma_M \cdot \gamma_n} = 90 \text{ kN}$$

Godsbrott

$b := 40 \text{ mm}$ rörbalkens bredd

$$A_{net} := t \cdot (b - d) = 212 \text{ mm}^2$$

$$F_{godsbrött} := \frac{A_{net} \cdot f_{uk}}{\gamma_M \cdot \gamma_n} = 70.667 \text{ kN}$$

Kantbrott

$e_1 := 20 \text{ mm}$

$$F_{kantbrott} := \frac{e_1 \cdot t \cdot f_{uk}}{1.2 \cdot \gamma_M \cdot \gamma_n} = 44.444 \text{ kN}$$

M8 hållfasthetsklass 10.9**Skjuvbrott**

$A_s := 36.6 \text{ mm}^2$ skruvens spänningsupptagande area enligt TTK s.844

$$F_{skjuvbrott} := \frac{0.5 \cdot f_{buk} \cdot A_s}{\gamma_M \cdot \gamma_n} = 12 \text{ kN}$$

Hålkantflytning

$d := 9 \text{ mm}$ hålets diameter

$t := 5 \text{ mm}$ plåttjocklek

$$F_{hålkant} := \frac{2.5 \cdot f_{uk} \cdot d \cdot t}{\gamma_M \cdot \gamma_n} = 37.5 \text{ kN}$$

Godsbrott

$b := 60 \text{ mm}$ fästets bredd

$$A_{net} := t \cdot (b - d) = 255 \text{ mm}^2$$

$$F_{godsrott} := \frac{A_{net} \cdot f_{uk}}{\gamma_M \cdot \gamma_n} = 85 \text{ kN}$$

Kantbrott

$e_1 := 20 \text{ mm}$

$$F_{kantbrott} := \frac{e_1 \cdot t \cdot f_{uk}}{1.2 \cdot \gamma_M \cdot \gamma_n} = 27.778 \text{ kN}$$

M6 hållfasthetsklass 10.9**Skjuvbrott**

$A_s := 20.1 \text{ mm}^2$ skruvens spänningsupptagande area enligt TTK s.844

$$F_{skjuvbrott} := \frac{0.5 \cdot f_{buk} \cdot A_s}{\gamma_M \cdot \gamma_n} = 7 \text{ kN}$$

Hålkantflytning

$d := 6.5 \text{ mm}$ hålets diameter

$t := 4 \text{ mm}$ plåttjocklek

$$F_{hålkant} := \frac{2.5 \cdot f_{uk} \cdot d \cdot t}{\gamma_M \cdot \gamma_n} = 21.667 \text{ kN}$$

Godsbrott

$b := 60 \text{ mm}$ rörbalkens bredd

$$A_{net} := t \cdot (b - d) = 214 \text{ mm}^2$$

$$F_{godsbrött} := \frac{A_{net} \cdot f_{uk}}{\gamma_M \cdot \gamma_n} = 71.333 \text{ kN}$$

Kantbrott

$e_1 := 30 \text{ mm}$

$$F_{kantbrott} := \frac{e_1 \cdot t \cdot f_{uk}}{1.2 \cdot \gamma_M \cdot \gamma_n} = 33.333 \text{ kN}$$

Svetsförband

Dimensioneringen av svetsförband enligt ISO 1993-1-8:2005 (E)

$f_u := 500 \text{ MPa}$ materialets brottgräns (s355) enligt TTK s.1220

$\beta_W := 0.9$ korrelationsfaktor enligt tabell 4.1

$\gamma_{M2} := 1.25$ delsäkerhetsfaktor enligt tabell 2.1

Dimensionerande skjuvhållfasthet för svetsen

$$f_{vw.d} := \frac{f_u}{\sqrt{3 \cdot \beta_W \cdot \gamma_{M2}}} = 272 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Svetsens bärförmåga per längdenhet

$a := 3 \text{ mm}$ svetsens a-mått

$$F_{W.Rd} := f_{vw.d} \cdot a = 816 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Med längden på svetsen kan bärförmågan beräknas

$l := 30 \text{ mm}$ svetsens längd

$A_W := a \cdot l = 90 \text{ mm}^2$ svetsarea

$$F_{W.Rd} := f_{vw.d} \cdot A_W = 24 \text{ kN}$$

Konstruktionsberäkningar

Teknikens taulukkokirja förkortas till TTK

Beräkningarna görs utifrån den tyngsta modellen av elcentralerna

$$m_{elcentral} := 300 \text{ kg} \quad \text{elcentralens vikt}$$

$$F_{elcentral} := m_{elcentral} \cdot g = 2.942 \text{ kN} \quad \text{kraften av elcentralen}$$

$$\sigma_s := 355 \text{ MPa} \quad \text{materialet sträckgräns (S355) enligt TTK s.1220}$$

Nedre stöd

$$L := 500 \text{ mm} \quad \text{elcentralens djup}$$

$$n := 2 \quad \text{antal stöd}$$

Böjmoment enligt TTK s.320

$$M_b := \frac{F_{elcentral} \cdot L}{2} = 735 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Böjmotstånd (40x40x3), tabellvärde enligt TTK s.895

$$W_b := 4660 \text{ mm}^3$$

Böjspänning

$$\sigma_{stöd} := \frac{M_b}{n \cdot W_b} = 79 \text{ MPa}$$

Kontroll av säkerhetsfaktor

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_{stöd}} = 4.5$$

Övre fäste till AS2

$L := 115.5 \text{ mm}$ avstånd mellan fästpunkt och där kraften appliceras

$b := 460 \text{ mm}$ fästets bredd

$t := 5 \text{ mm}$ fästets tjocklek

$n := 2$ antal fästen

Böjmoment enligt TTK s.319

$$M_b := F_{elcentral} \cdot L = 340 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Böjmotstånd enligt TTK s.305

$$W_b := \frac{b \cdot t^2}{6} = 1917 \text{ mm}^3$$

Böjspänning

$$\sigma_{fäste} := \frac{M_b}{n \cdot W_b} = 89 \text{ MPa}$$

Kontroll av säkerhetsfaktor

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_{fäste}} = 4$$