

2021 • 2022

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterthesis

Ontwerp van bijkomend werkstation in robotcel om aluminium profielen te plooien en te bewerken

PROMOTOR :

Prof. dr. ir. Eric DEMEESTER

PROMOTOR :

Dhr. Wouter MARTENS

Bart Janssen, Jarne Molenaers

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



2021 • 2022

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterthesis

Ontwerp van bijkomend werkstation in robotcel om aluminium profielen te plooien en te bewerken

PROMOTOR :

Prof. dr. ir. Eric DEMEESTER

PROMOTOR :

Dhr. Wouter MARTENS

Bart Janssen, Jarne Molenaers

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektromechanica



KU LEUVEN

Woord vooraf

Deze masterproef is geschreven als afsluiting van onze opleiding Industriële Ingenieurswetenschappen met afstudeerrichting ontwerp en productie aan de UHasselt in samenwerking met de KU Leuven.

Onze interesses liggen vooral bij ontwerpen van machines, maar we wilde ook graag iets bijleren over automatisatie. Omdat deze masterproef deze twee zaken aanbood, werd er hiervoor gekozen. Dankzij deze masterproef hebben we onze kennis over ontwerpen, automatisatie en fabricage sterk kunnen uitbreiden.

Ten eerste willen we graag onze interne promotor: Prof. Dr. Ir. Eric Demeester en onze externe promotoren: mr. Wouter Martens en mr. Pieter Martens bedanken voor hun expertise en begeleiding doorheen het verloop van deze masterproef. Ook willen we ing. Geert Leen bedanken voor zijn hulp en om ons toegang te geven tot een labo op school zodat zij onze testen konden uitvoeren.

Tot slot willen we graag onze familie en vrienden bedanken om een luisterend oor te zijn en om ons altijd te blijven steunen.

Bart Janssen en Jarne Molenaers

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| Woord vooraf | 1 |
| Lijst van tabellen..... | 7 |
| Lijst van figuren | 9 |
| Verklarende woordenlijst..... | 11 |
| Abstract | 13 |
| Abstract in English | 15 |
| 1. Inleiding | 17 |
| 1.1. Probleemstelling en onderzoeksvraag | 18 |
| 1.2. Doelstelling..... | 19 |
| 1.3. Methode..... | 19 |
| 1.4. Opbouw van de scriptie..... | 20 |
| 2. Literatuurstudie over plooiën..... | 21 |
| 2.1. Inleiding | 21 |
| 2.2. Rotary draw bending | 21 |
| 2.3. Ram bending..... | 22 |
| 2.4. Three roll bending | 23 |
| 2.5. Compression bending..... | 23 |
| 2.6. Huidig plooiproces om hoepels te plooiën bij Alutra | 24 |
| 2.7. Bestaande plooiemachines om buizen of kokers te plooiën | 26 |
| 2.8. Besluit..... | 26 |
| 3. Conceptuele studie met de methode van den Kroonenberg..... | 27 |
| 3.1. Inleiding | 27 |
| 3.2. Eisenpakket | 27 |
| 3.3. Functieblokschema..... | 28 |
| 3.4. Morfologisch overzicht..... | 28 |
| 3.5. Plooi volgorde van hoepel..... | 30 |
| 3.6. Besluit..... | 31 |
| 4. Ontwerp van de automatische plooiemachine en aanvoer | 33 |
| 4.1. Inleiding | 33 |
| 4.2. Concept van plooiemachine | 33 |
| 4.3. Materiaalkeuze van onderdelen | 35 |
| 4.4. Ontwerp van de plooiemachine | 35 |
| 4.4.1. Werking kleine plooiing..... | 38 |
| 4.4.2. Rotatie-armen | 39 |
| 4.4.3. Scharnierende inklemming grote mal | 42 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.4.4. | Evolutie inklemming grote mal..... | 43 |
| 4.4.5. | Stopper als eindmaat..... | 44 |
| 4.5. | Aanvoer en magazijn van rechte kokers | 45 |
| 4.6. | Werking aanvoer van rechte kokers..... | 47 |
| 4.7. | 2D tekeningen van werkstation en stuklijst | 49 |
| 4.8. | Besluit..... | 49 |
| 5. | Aandrijving..... | 51 |
| 5.1. | Inleiding..... | 51 |
| 5.2. | Bepalen van het motortype..... | 51 |
| 5.3. | De reductiekast | 52 |
| 5.4. | Roller motor in aanvoer | 52 |
| 5.5. | Besluit..... | 54 |
| 6. | Automatisatie van het werkstation..... | 55 |
| 6.1. | Inleiding..... | 55 |
| 6.2. | Aansturing stappenmotor met een motordrive..... | 55 |
| 6.3. | Motor en drive testen | 57 |
| 6.4. | Keuze van PLC..... | 60 |
| 6.4.1. | LOGO! PLC | 60 |
| 6.4.2. | Siemens S7 PLC..... | 60 |
| 6.5. | Pneumatische onderdelen | 60 |
| 6.5.1. | Cilinders..... | 60 |
| 6.5.2. | Ventielen | 61 |
| 6.6. | KUKA-robot..... | 62 |
| 6.7. | PLC programma voor de robotcel | 63 |
| 6.8. | KUKA robot programmatie..... | 69 |
| 6.9. | Vermogen voedingen voor onderdelen | 71 |
| 6.10. | Besluit..... | 72 |
| 7. | Construeren en testen van werkstation..... | 75 |
| 7.1. | Inleiding..... | 75 |
| 7.2. | Constructie van plooiemachine..... | 75 |
| 7.3. | Testen van grote plooibeweging | 77 |
| 7.4. | Verbeteringen aan het werkstation | 81 |
| 7.5. | Verbeteringen aan het PLC programma..... | 82 |
| 7.5. | Besluit..... | 83 |
| 8. | Kostenanalyse..... | 85 |
| 8.1. | Inleiding..... | 85 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 8.2. Uitvoering kostenanalyse | 85 |
| 8.3. Besluit | 87 |
| 9. Besluit en toekomstig werk..... | 89 |
| Referentielijst | 91 |
| Bijlagen | 95 |

Lijst van tabellen

| | |
|--|----|
| Tabel 1: Opgesteld eisenpakket met vaste eisen, variabelen eisen en wensen | 27 |
| Tabel 2: Morfologisch overzicht voor functie “aanvoer”, met gekozen oplossing in het groen aangeduid | 28 |
| Tabel 3: Morfologisch overzicht voor functies “verwerking”, met gekozen oplossingen in het groen aangeduid | 29 |
| Tabel 4: Morfologisch overzicht voor functie “afvoer”, met gekozen oplossing in het groen aangeduid | 29 |
| Tabel 5: Volgorde van plooien met gekozen oplossing in het groen aangeduid | 31 |
| Tabel 6: overzicht van alle in- en uitgangen voor de PLC..... | 68 |

Lijst van figuren

| | |
|--|----|
| Figuur 1: Brandladder met veiligheidskooi [2] | 17 |
| Figuur 2: Drie soorten hoepels die gebruikt worden voor het maken van veiligheidskooien. | 17 |
| Figuur 3: De huidige plooiemachine die gebruikt wordt om de hoepels te plooiën | 18 |
| Figuur 4: Bestaande robotcel waarin werkstation wordt geplaatst..... | 18 |
| Figuur 5: Vier soorten plooiprocessen om kokers/buizen te plooiën [4]..... | 21 |
| Figuur 6: Werking van rotary draw bending [5] | 22 |
| Figuur 7: Werking van rotary draw bending met mandrel (5) [6]..... | 22 |
| Figuur 8: Werking van ram bending [5]..... | 22 |
| Figuur 9: Werking van ram bending 2 [7]..... | 22 |
| Figuur 10: voorstelling van 3 roll bending [5]..... | 23 |
| Figuur 11: 3 Roll bending machine [8]..... | 23 |
| Figuur 12: Voorstelling van compression bending [4]..... | 23 |
| Figuur 13: Rechte koker inklemmen in huidige plooiopstelling..... | 24 |
| Figuur 14: Grote bocht plooiën in huidige plooiopstelling..... | 24 |
| Figuur 15: Opnieuw inklemmen van koker in huidige plooiopstelling..... | 24 |
| Figuur 16: Kleine bocht plooiën in huidige plooiopstelling..... | 24 |
| Figuur 17: Huidige plooiopstelling met ronding op plooivlak | 25 |
| Figuur 18: Vervorming van koker door plooiën rond mal..... | 25 |
| Figuur 19: Compression bending machine van Provar [9] | 26 |
| Figuur 20: Algemeen functieblokschema met aanvoer, verwerking en afvoer | 28 |
| Figuur 21: Uitgebreid functieblokschema van de verwerking | 28 |
| Figuur 22: Uitgebreid functieblokschema van de verwerking 2 | 28 |
| Figuur 23: Conceptuele voorstelling van plooiemachine: fase 1 | 33 |
| Figuur 24: Conceptuele voorstelling van plooiemachine: fase 2 | 34 |
| Figuur 25: Conceptuele voorstelling van plooiemachine: fase 3 | 34 |
| Figuur 26: Eerste 3D ontwerp van horizontale plooiemachine..... | 35 |
| Figuur 27: Uitschuifbare arm kleine mal: eerste ontwerp | 36 |
| Figuur 28: Finaal 3D ontwerp van de plooiemachine..... | 37 |
| Figuur 29: Geplooiide koker rond grote mal | 38 |
| Figuur 30: Finale ontwerp van de uitschuifbare rotatie-arm..... | 39 |
| Figuur 31: Inwerkende krachten op huidige rotatie-arm..... | 40 |
| Figuur 32: ontbinding van krachten op roller..... | 41 |
| Figuur 33: Zij aanzicht van rotatie-arm met kracht die leidt tot buigmoment | 41 |
| Figuur 34: Vooraanzicht van rotatie-arm met kracht die leidt tot wringmoment | 42 |
| Figuur 35: Scharnierende klemming aan grote mal in gesloten toestand | 43 |
| Figuur 36: Scharnierende klemming aan grote mal in open toestand..... | 43 |
| Figuur 37: Cilinder als inklemming om hoepel rond grote mal te klemmen..... | 43 |
| Figuur 38: Stopper als inklemming om hoepel rond grote mal te klemmen | 44 |
| Figuur 39: Uitschuifbare stopper die gebruikt wordt als referentiepunt..... | 44 |
| Figuur 40: Eerste ontwerp aanvoer met twee rechte steunvlakken..... | 45 |
| Figuur 41: Finaal ontwerp 3D aanvoer met open steunvlak om gemakkelijker kokers te laden in het magazijn | 46 |
| Figuur 42: Achteraanzicht aanvoer | 47 |
| Figuur 43: twee paren cilinders uitgeschoven in aanvoer (weergave van maar één paar) | 47 |
| Figuur 44: Horizontale cilinders ingeschoven/ rechtse cilinder gezakt (weergave van maar één paar) | 48 |

| | |
|--|----|
| Figuur 45: Rechte koker rust op drie rollers (maar één roller weergegeven op figuur) | 48 |
| Figuur 46: 2D tekening van de linkse plooiwal waarrond een kleine bocht geplooid wordt | 49 |
| Figuur 47: Stappenmotor die gebruikt wordt voor het aandrijven van de rotatie-armen [12] | 51 |
| Figuur 48: Reductiekast AD140-050-P2 die geplaatst wordt op de stappenmotor [14] | 52 |
| Figuur 49: Motor roller type 840-50 voor het aanvoeren van de kokers naar de plooi machine [15] .. | 53 |
| Figuur 50: Technical data motor plug van roller motor [15] | 53 |
| Figuur 51: Gedreven roller type 423 voor het aanvoeren van de kokers naar de plooi machine [15] .. | 53 |
| Figuur 52: IGUS motor drive die gebruikt werd op een opstelling op Campus Diepenbeek [16] | 55 |
| Figuur 53: Stappenmotor drive die gebruikt wordt in werkstation (ES-DH2306) [17] | 56 |
| Figuur 54: Aansluitdiagram van drive [18] | 56 |
| Figuur 55: Eerste test om motor m.b.v. drive te laten draaien | 57 |
| Figuur 56: Testopstelling om werking motion controller met drive en motor te testen | 58 |
| Figuur 57: Motion controller connecteren van drive [18] | 58 |
| Figuur 58: 44 pin connector met plaats waar signaal kabels moeten komen [13] | 59 |
| Figuur 59: Speciale functie om stappenmotoren met drive aan te sturen (MoveRelative) | 59 |
| Figuur 60: Normcilinder DNC-32-30-PPV-A die gebruikt wordt in het werkstation [23] | 61 |
| Figuur 61: Stopper DFSP-40-30-DS-PA die gebruikt wordt in het werkstation [24] | 61 |
| Figuur 62: Ventieleiland: VTUG-14-MSDR-S1T-25V20-Q10-U-Q6S-8J [25] | 62 |
| Figuur 63: Werking van een bistabiel ventiel [26] | 62 |
| Figuur 64: Kuka-robot in robotcel | 63 |
| Figuur 65: Sequentiële programmatie | 63 |
| Figuur 66: Ladder programmatie | 63 |
| Figuur 67: Sequentieel programma gemaakt in Excel | 64 |
| Figuur 68: Sequentieel programma deel 1 | 65 |
| Figuur 69: Sequentieel programma deel 2 | 65 |
| Figuur 70: Sequentieel programma deel 3 | 65 |
| Figuur 71: Voorwaarden om van één stap naar een volgende te gaan (Step definition) | 66 |
| Figuur 72: Timer en merker activeren voor een bepaalde stap (Step execution) | 66 |
| Figuur 73: Outputs setten of resetten voor een bepaalde stap | 67 |
| Figuur 74: MoveRelative functie om stappenmotor aan te sturen | 67 |
| Figuur 75: Kuka robot in- en outputs start programma | 69 |
| Figuur 76: Kuka robot in- en outputs frezen van gaten | 70 |
| Figuur 77: Kuka robot in- en outputs afvoer | 70 |
| Figuur 78: Voeding voor drives en roller motor met zekering en schakelaar | 71 |
| Figuur 79: Voeding voor PLC en ventieleiland met zekering en schakelaar | 72 |
| Figuur 80: Opbouw van frame voor plooi machine | 75 |
| Figuur 81: Opbouw van frame voor plooi machine, aanzicht 2 | 75 |
| Figuur 82: Rotatie-arm voor grote plooi beweging | 75 |
| Figuur 83: Grote mal tijdens constructie | 76 |
| Figuur 84: Grote mal met rotatie-arm, motor en reductiekast bevestigd aan frame | 76 |
| Figuur 85: Stroomkast met PLC en drive voor het testen van plooi beweging | 77 |
| Figuur 86: Knoppen gebruikt om de plooiing te testen | 77 |
| Figuur 87: Test 1 om koker te plooi rond mal | 78 |
| Figuur 88: Koppel in functie van het toerental voor de stappenmotor [12] | 79 |
| Figuur 89: Plooiing van koker in plooi machine | 80 |
| Figuur 90: Geplooi de hoepel als resultaat van test | 80 |
| Figuur 91: Zijaanzicht van gemaakte plooi machine met spacer tussen mal en frame | 81 |
| Figuur 92: Zijaanzicht scharnierende inklemming | 82 |

Verklarende woordenlijst

| | |
|--------|---|
| PLC | Programmable logic controller |
| EEPROM | Electric erasable programmable read-only memory |
| CPU | Central processing unit |

Abstract

Alutra in Beringen is een bedrijf dat aluminium brandladders maakt. Een onderdeel van deze brandladder is een open aluminium hoepel. Deze hoepel is een geplooid koker voorzien van gaten. Het doel van deze masterthesis is om een werkstation te ontwerpen en te implementeren dat hoepels kan plooiën en bewerken.

Het plooiën en bewerken van de hoepel gebeurt momenteel manueel. Hierdoor is de afwerking van de hoepel minder nauwkeurig en is het een tijdrovend proces. Deze thesis moet een oplossing bieden voor beide problemen. Bovendien zal het te ontwerpen werkstation ook de mogelijkheid moeten hebben om drie verschillende soorten hoepels te plooiën.

Om het ontwerp te maken werd eerst een literatuurstudie uitgevoerd over plooibewerkingen. Het meest optimale plooiproces voor de hoepels werd geselecteerd, waarna werd onderzocht of er reeds machines bestaan die een hoepel konden plooiën, maar dit blijkt niet het geval. Om zelf een plooiemachine te ontwerpen werd de methode van den Kroonenberg gebruikt, die leidde tot een 3D-ontwerp van een plooiemachine en aanvoer. Hiervan werden ook 2D-tekeningen gemaakt, zodat het bedrijf het werkstation kon realiseren. Ook werden de nodige onderdelen van de aandrijvingen en automatisering bepaald en getest om hun werking te begrijpen. Op basis van een stappenplan dat het werkstation moet uitvoeren, werd een PLC programma geschreven en gesimuleerd. Tot slot werd de hoofd plooibeweging getest. De procestijd werd verlaagd van 14 naar 5 minuten en de nauwkeurigheid verhoogd van 1.5° naar 0.12° .

Abstract in English

Alutra in Beringen is a company that is specialised in making fire escape ladders. A part of this ladder is an aluminium hoop, which is produced by bending a square tube and making holes in it. The goal of this master thesis is to design and implement a workstation that can bend and drill the hoops automatically.

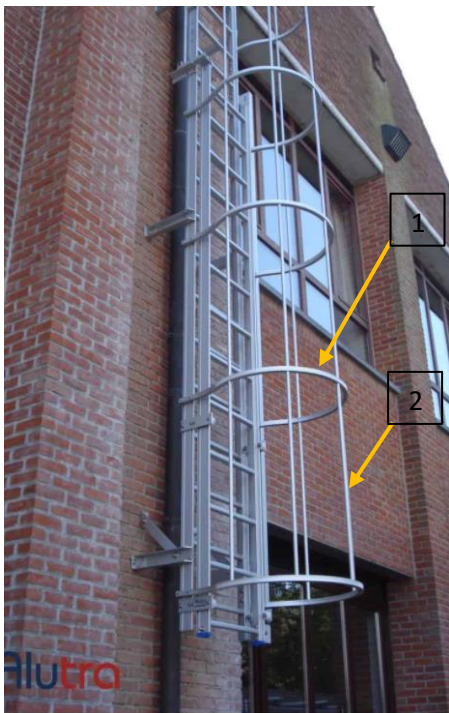
Currently, the hoops are produced manually. This is a time-consuming and inaccurate process. This thesis searches for a solution that addresses both problems. In addition, the workstation will have the option to fabricate three different kinds of hoops.

In order to make the necessary design, a literature study was first carried out on bending. Based on the chosen bending process, it was verified whether existing machines are available that can bend a hoop, but this is not the case. To design a bending machine ourselves, the method of den Kroonenberg was used, this led to a 3D design of a bending machine and its supply. 2D drawings were also made so that the company could start making the workstation. Moreover, the required drive and automation parts were determined and thoroughly tested to understand their operation. Based on the sequence of tasks that the workstation needs to execute, a PLC program was written and simulated. Finally, the main bending motion was tested experimentally. The process time was lowered from 14 minutes to 5 minutes and the accuracy was increased from 1.5° to 0.12° .

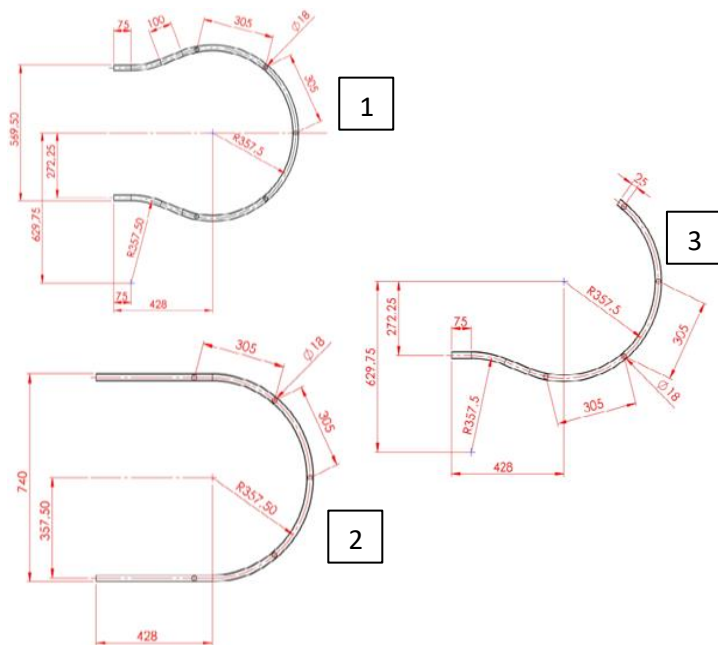
1. Inleiding

Deze masterproef verloopt in opdracht van en in samenwerking met Alutra. Dit familiebedrijf is gespecialiseerd in het fabriceren van brandladders, uitklapbare ladders en trappen uit geanodiseerd aluminium. Deze ladders worden geplaatst aan studentenkamers, hotels en industriegebouwen om toegang te krijgen tot het dak. Om de veiligheid te garanderen voldoen deze producten aan de Europese norm EN 14122 [1].

Vanaf een hoogte van 3 m moet een brandladder over een veiligheidskooi beschikken. Figuur 1 toont een brandladder die voorzien is van een veiligheidskooi. De kooi bestaat uit een aantal open hoepels (1) die met elkaar verbonden worden door aluminium staven. Afhankelijk van wat soort kooi nodig is voor een toepassing worden er drie verschillende soorten hoepels gemaakt. Figuur 2 toont de drie verschillende hoepels die het werkstation moet kunnen plooiën. De eerste hoepel wordt gemaakt door een rechte koker met vierkante doorsnede op drie plaatsen te plooiën. De tweede koker heeft enkel één bocht van 180 graden. En tot slot wordt de derde koker op dezelfde manier gemaakt als de eerste, waarna deze op een bepaalde lengte wordt afgezaagd. In bijlage 1 staan de volledige 2D tekeningen van de drie verschillende hoepels. Nadat de hoepels geplooid zijn worden hier nog gaten in gefreesd. Deze masterproef focust op de productie van de drie verschillende hoepels.



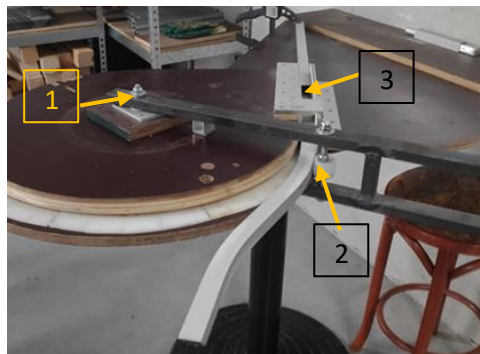
Figuur 1: Brandladder met veiligheidskooi [2]



Figuur 2: Drie soorten hoepels die gebruikt worden voor het maken van veiligheidskooien.

Het huidige proces voor het plooiën van de hoepels gebeurt op een zelfgemaakte machine die met de hand aangedreven wordt (Figuur 3). Deze opstelling bestaat uit een houten mal met in het midden een rotatiepunt waaraan een metalen arm bevestigd is (1). Aan deze arm zit een kunststof roller (2) bevestigd die tijdens het plooiën de koker tegen de mal duwt. De oppervlakken van de houten mal zijn ook voorzien van een kunststof laag om krassen op de kokers te voorkomen en wrijving te verminderen. Voor het inklemmen van de kokers zijn er

twee verticale plaatjes voorzien om de kokers tussen te steken (3). Per jaar worden er tussen de 500 en de 600 hoepels gemaakt.



Figuur 3: De huidige plooiemachine die gebruikt wordt om de hoepels te plooiën

Het nieuwe te ontwerpen werkstation wordt geplaatst in een bestaande, afgeschermd robotcel (Figuur 4). Deze robotcel beschikt over een Kuka KR120 robot met een freeskop. De robot staat op een 4 m lange horizontale geleiding en heeft daardoor een reikwijdte van 7 m. In de robotcel staat al een werkstation dat gebruikt wordt voor het maken van andere onderdelen. Er is een ruimte rechts van de robot ter beschikking gesteld waar het nieuwe te ontwerpen werkstation geplaatst moet worden.



Figuur 4: Bestaande robotcel waarin werkstation wordt geplaatst

1.1. Probleemstelling en onderzoeksvraag

De twee grootste problemen met de huidige machine zijn het feit dat het plooiproces onnauwkeurig is en dat de procestijd lang is. De oorzaak van de onnauwkeurigheid is te wijten aan het feit dat de bouw van deze opstelling niet nauwkeurig is gebeurd. Er zit veel speling op de bevestigingen van de rotatie-arm aan de mal en van de kunststof roller aan de rotatie-arm. De twee verticale plaatjes die voor de inklemming dienen zijn met voldoende marge uit elkaar gezet. Hierdoor kunnen de te plooiën kokers gemakkelijk in en uit de klemming gehaald worden, maar dit heeft wel een negatief effect op de nauwkeurigheid.

De lange procestijd ontstaat doordat de hoepel enkele keren in en uit de mal gehaald moet worden om verschillende bochten te maken. Vervolgens wordt de geplooidde hoepel naar een ander plek gebracht waar handmatig gaten in de hoepel geboord worden. Het duurt 14 minuten om één volledige hoepel te plooiën en om de nodige gaten te maken via het huidige proces.

1.2. Doelstelling

De hoofddoelstelling van deze masterproef is het ontwerpen en implementeren van een nieuw werkstation om de functionaliteiten van een bestaande robotcel uit te breiden. Het te ontwerpen werkstation moet vier functies vervullen. De twee primaire functies zijn het plooiën van een rechte koker op de nodige plaatsen om zo een hoepel te vormen en het frezen van gaten in deze geplooidde hoepel. De twee andere functies zijn het aan- en afvoeren van respectievelijk de rechte kokers en de geplooidde hoepels. Het werkstation moet in staat zijn om drie verschillende soorten hoepels te plooiën met een hogere nauwkeurigheid en met een kortere procestijd. De nauwkeurigheid van de hoepel bedraagt op het moment $\pm 1.5^\circ$ op de hoek van de bochten en ± 0.5 mm op de positie van de gaten. Het nieuwe werkstation moet een nauwkeurigheid halen van $\pm 0.5^\circ$ op de hoeken en ± 0.1 mm op de positie van de gaten.

1.3. Methode

Om tot een ontwerp en implementatie te komen van het werkstation, werd er eerst een literatuurstudie over plooiën uitgevoerd. Vervolgens werd het huidige, manuele plooiproces bestudeerd. Er werd een keuze gemaakt van het plooiproces dat voor het werkstation gebruikt gaat worden. Op basis hiervan werden bestaande plooi machines geanalyseerd die eventueel voor deze toepassing gebruikt zou kunnen worden.

Vermits geen geschikte, commercieel beschikbare plooi machine gevonden werd, moest in deze masterproef een nieuwe, geautomatiseerde plooi machine worden ontworpen. Dit gebeurde volgens de methode van de Kroonenberg [3]: er werd een eisenpakket, functieblokschema en een morfologisch overzicht opgesteld. Ook werd een optimale plooi volgorde bepaald.

Het bepalen van de verschillende functies vormde de start voor het ontwerpen van het werkstation. Er werd eerst een concept bedacht om vervolgens een 3D ontwerp te maken. Hieruit volgden 2D tekeningen van alle onderdelen die gemaakt diende te worden.

Hierna werden alle componenten gezocht die nodig zijn voor de aandrijving en de automatisering van het werkstation. Om de werking van de onderdelen te begrijpen werden deze onderzocht en grondig getest. Hierna werden alle onderdelen van de aansturing samengebracht om één volledige sturing te maken die kan gebruikt worden om het werkstation autonoom te laten werken.

Tot slot werd een deel van de plooi machine gemaakt zodat de belangrijkste functie, het plooiën van de grote bocht, getest kon worden. Hieruit werd bepaald welke verbeteringen er mogelijk waren aan het werkstation.

Om ervoor te zorgen dat alle bevindingen, berekeningen en resultaten doorheen het jaar toegankelijk waren, werd er een document gemaakt waarin alle gegevens van een bepaalde

dag verzameld werden. Deze gegevens werden gedateerd zodat deze later gemakkelijk terug konden gevonden worden. Ook werd er elke week een verslag gemaakt met wat er die week gebeurd was en wat er volgende week ging gebeuren.

1.4. Opbouw van de scriptie

De scriptie is verder als volgt georganiseerd. Hoofdstuk twee behandelt de literatuurstudie over plooiën. Hierin worden verschillende plooiprocessen besproken om kokers te plooiën. Vervolgens wordt het huidige plooiproces besproken en tot slot worden bestaande plooiemachines besproken die eventueel gebruikt zouden kunnen worden in het ontwerp van het werkstation.

Hoofdstuk drie licht de methode van den Kroonenberg toe. Hiermee werd er een eisenpakket, een functieblokschema en een morfologisch overzicht uitgewerkt. Vervolgens bespreekt hoofdstuk drie verschillende plooi volgorden die bestudeerd werden om een hoepel te plooiën.

Hoofdstuk vier behandelt het ontwerp van de plooi machine. Als eerste wordt het concept toegelicht dat gemaakt werd om een beeld te krijgen van wat er ontworpen moest worden. Vervolgens wordt er uitleg gegeven over de keuze van materialen. Hierna wordt het 3D ontwerp van de plooi machine toegelicht, in dit deel wordt de werking van de belangrijke functies besproken. Vervolgens wordt het 3D ontwerp van de aanvoer besproken. Tot slot worden in hoofdstuk vier de 2D tekeningen toegelicht.

Hoofdstuk vijf bespreekt de aandrijving van de plooi processen. Als eerste wordt de motorkeuze toegelicht en vervolgens de keuze van een reductiekast.

Hoofdstuk zes bespreekt de automatisatie die nodig is om alle onderdelen als één geheel te laten werken. Het eerste deel van de automatisatie dat besproken wordt is de drive die nodig is om de stappenmotor aan te sturen. Hierna worden de testen toegelicht die uitgevoerd zijn op de drive en de motor. Hierna wordt in hoofdstuk zes de keuze van de te gebruiken PLC besproken. Vervolgens wordt nog de pneumatische onderdelen, de roller motor en de KUKA robot toegelicht. Tot slot bespreekt hoofdstuk zes het overzicht van de gehele automatisering

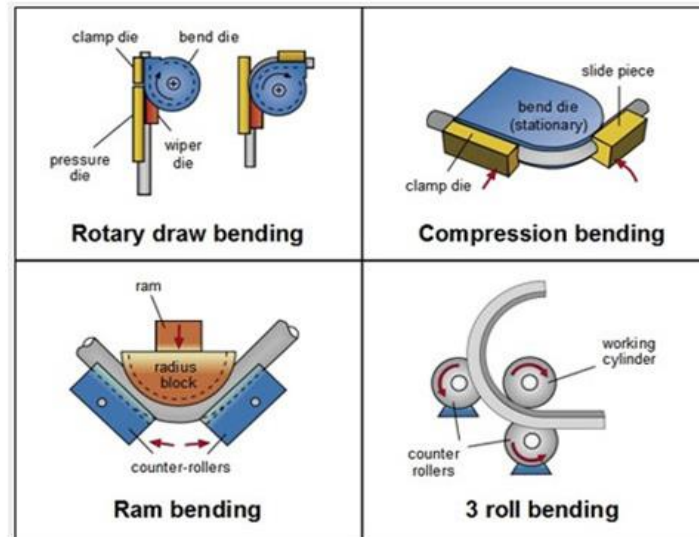
Hoofdstuk zeven handelt het verloop van de constructie van het werkstation. Vervolgens bespreekt dit hoofdstuk de testen die zijn uitgevoerd om de werking van het werkstation te valideren. Tot slot wordt in dit hoofdstuk de verbeteringen besproken die uitgevoerd kunnen worden om de werking van het werkstation te verbeteren.

Hoofdstuk acht behandelt de kostenanalyse. En tot slot wordt in hoofdstuk negen de besluiten besproken en het toekomstig werk.

2. Literatuurstudie over plooiën

2.1. Inleiding

Het plooiën van metalen buizen, kokers of profielen kan gebeuren op vier verschillende manieren [4]. Figuur 5 toont deze vier verschillende plooiethodes. Dit hoofdstuk gaat na welke methode van plooiën het best is om de aluminium kokers te plooiën tot open hoepels (zie Sectie 2.2 tot Sectie 2.5).

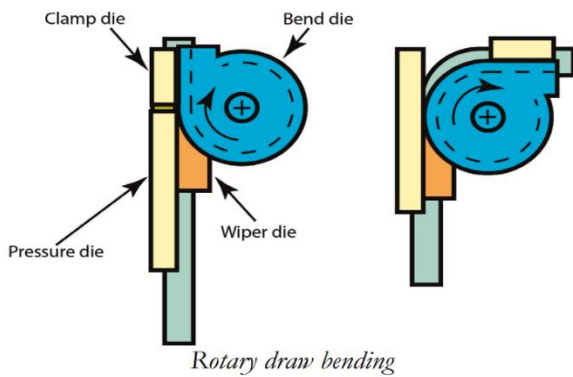


Figuur 5: Vier soorten plooiprocessen om kokers/buizen te plooiën [4]

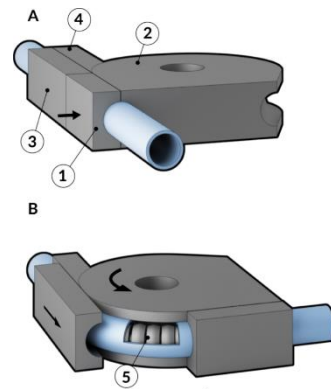
Vervolgens werd het huidige plooiproces bestudeerd dat Alutra toepast om de hoepels te plooiën (zie Sectie 2.6). Met de info die eerder werd opgedaan over de vier verschillende plooiethodes werd er gekeken of de huidige methode effectief de best mogelijke methode is om hoepels te plooiën. Tot slot bespreekt dit hoofdstuk enkele bestaande plooiemachines die eventueel gebruikt hadden kunnen worden in het ontwerp van het werkstation (zie Sectie 2.7).

2.2. Rotary draw bending

Een eerste manier om buizen te plooiën is door gebruik te maken van rotary draw bending [5], Figuren 6 en 7 geven dit schematisch weer. Bij deze methode van plooiën wordt de te plooiën buis aan een roterende mal vastgemaakt met behulp van een klem (Clamp die). Vervolgens roteert de mal rond waardoor de buis tegen een tegendruk mal (pressure die) gedrukt wordt. Om ervoor te zorgen dat de buis niet vervormt tijdens het plooiën wordt er een mandrel (5 op Figuur 7) in de buis gebracht.



Figuur 6: Werking van rotary draw bending [5]

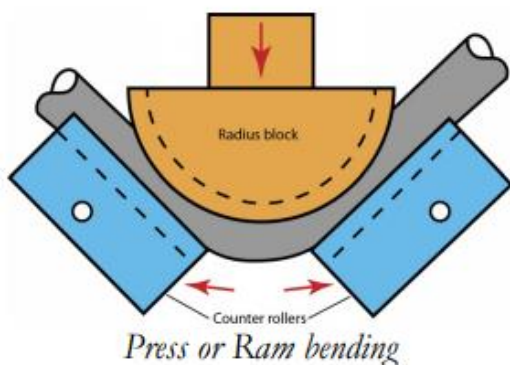


Figuur 7: Werking van rotary draw bending met mandrel (5) [6]

Deze methode van plooiën is niet geschikt voor het plooiën van de hoepels omdat de bocht van de hoepels een grote straal heeft. Rotary draw bending is alleen geschikt voor kleine stralen omdat er geen grote mallen gebruikt kunnen worden. De hoepels zijn gemaakt uit vierkante holle kokers, dit soort kokers kunnen niet geplooid worden met deze methode omdat er gebruikt wordt gemaakt van een mandrel.

2.3. Ram bending

Figuur 8 en 9 geven het principe weer van ram bending [5]. Bij deze methode wordt een buis tegen twee roterende mallen gelegd (blauwe mallen op Figuur 8). Vervolgens duwt een mal met de benodigde straal (Radius block op Figuur 8) tegen het te plooiën stuk om een bocht te maken. Deze methode is de goedkoopst en meest eenvoudige methode om een buis te plooiën.



Figuur 8: Werking van ram bending [5]

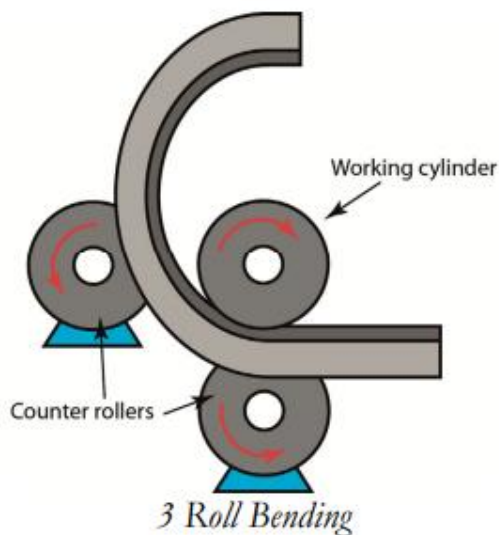


Figuur 9: Werking van ram bending 2 [7]

De methode is geschikt voor grote stralen maar is niet nauwkeurig. Er treden vaak deformaties op omdat het stuk niet vastgeklemd is. Omdat de hoepels een bocht hebben die grote is dan 180 graden kan deze methode niet toegepast worden om de hoepels te plooiën.

2.4. Three roll bending

Een derde methode om te plooiën is 3 roll bending [5]. Figuren 10 en 11 geven deze methode weer. Bij deze methode wordt een buis of koker tussen drie rollers geplaatst. De middelste roller duwt tegen het te plooiën stuk, de twee andere rollers kunnen niet bewegen. Met deze methode kunnen zeer grote stralen gerealiseerd worden maar de nauwkeurigheid is laag. Er is ook geen controle over de lengte die geplooid wordt. Hierdoor is er niet gekozen voor deze methode om de hoepels te plooiën.



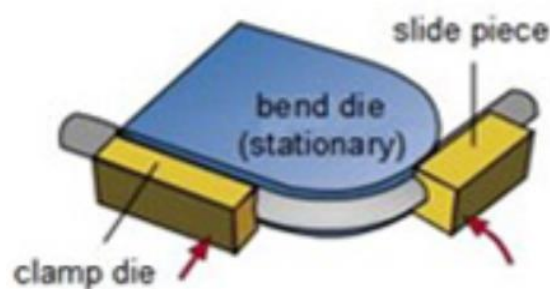
Figuur 10: voorstelling van 3 roll bending [5]



Figuur 11: 3 Roll bending machine [8]

2.5. Compression bending

Tot slot is er nog compression bending [5]. Figuur 12 geeft een weergave van dit proces. Bij deze methode wordt een buis of kokers vastgeklemd aan een niet bewegende mal. Vervolgens gaat een slide de koker langs de mal bewegen om de koker te plooiën rond de mal.



Compression bending

Figuur 12: Voorstelling van compression bending [4]

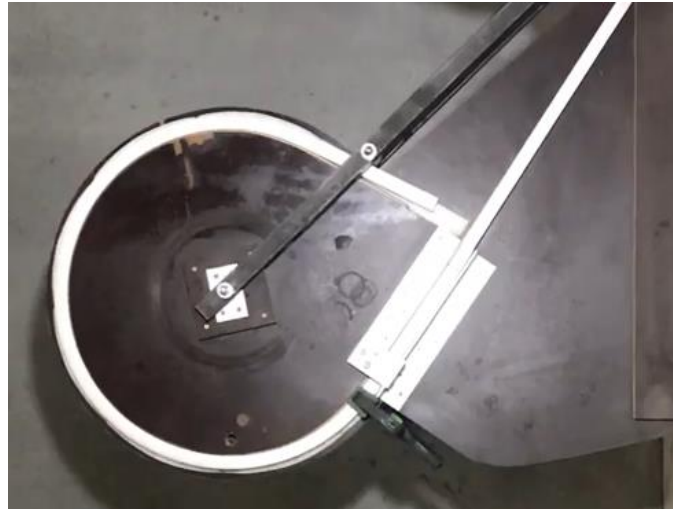
Voor deze methode is er geen mandrel nodig om de kokers langs binnen te ondersteunen. Ook is er betere controle over de lengte die geplooid wordt en de nauwkeurigheid is groter. Tot slot is deze methode ook geschikt om grote stralen te plooiën. Op basis hiervan is er beslist om compression bending te gaan gebruiken voor het plooiën van de hoepels.

2.6. Huidig plooiproces om hoepels te plooiën bij Alutra

Het huidige plooiproces dat Alutra toepast om kokers te plooiën tot hoepels maakt gebruik van compression bending. Figuur 13 toont het moment dat een rechte koker geklemd wordt in de huidige plooiemachine. Vervolgens toont Figuur 14 hoe de eerste grote bocht geplooid wordt.



Figuur 13: Rechte koker inklemmen in huidige plooiopstelling



Figuur 14: Grote bocht plooiën in huidige plooiopstelling

Nadat de eerste grote bocht geplooid is worden twee kleinere bochten geplooid aan de uiteindes van de hoepel. Figuur 15 toont het moment dat één uiteinde ingeklemd wordt in dezelfde mal waarmee ook de grote bocht geplooid werd. Tot slot wordt de kleine bocht geplooid, dit is te zien in Figuur 16.



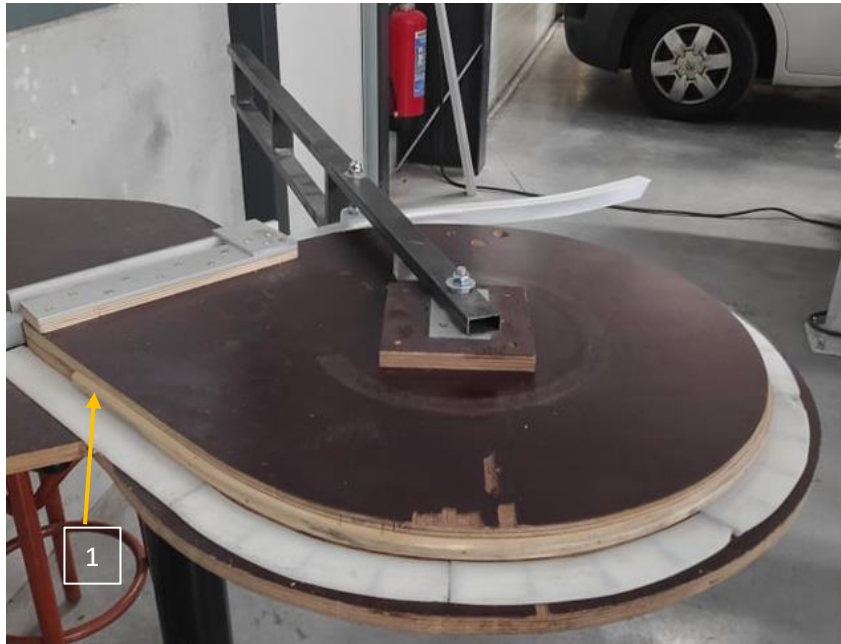
Figuur 15: Opnieuw inklemmen van koker in huidige plooiopstelling



Figuur 16: Kleine bocht plooiën in huidige plooiopstelling

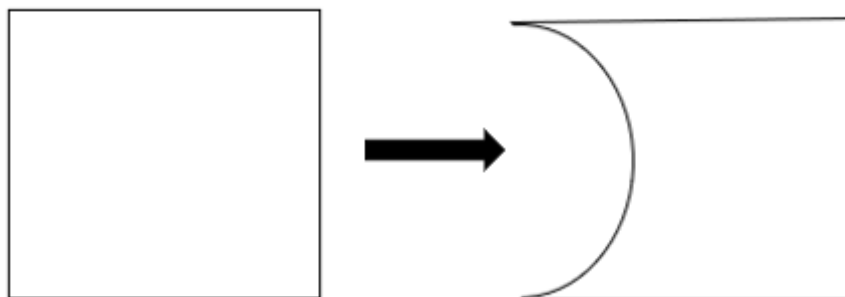
Nadat alle bochten geplooid zijn worden de gaten in de hoepel gefreesd. Als men dit vóór het plooiën zou doen, worden er zwaktes in de structuur van de koker gebracht. Hierdoor zou de koker kunnen deformeren tijdens het plooiën, of zouden scheuren kunnen ontstaan rond de gaten tijdens het plooiën.

Tijdens het plooiën moeten er twee zaken in rekening gebracht worden. Het knikken van de koker en het terugveren van de koker. Met het indrukken van de koker bedoelt men het volgende. De mal (Figuur 17) is voorzien van een boog (1) die ervoor zorgt dat het vlak van de koker dat contact maakt met de mal naar binnen wordt gedruwd tijdens het plooiën. Dit wordt gedaan omdat een profiel dat gebogen wordt altijd de neiging heeft om vanzelf naar buiten of naar binnen te gaan knikken. Voor deze toepassing is het gewenst dat de koker naar binnen knikt.



Figuur 17: Huidige plooiopstelling met ronding op plooivlak

Figuur 18 geeft een voorstelling weer van hoe het vlak dat contact maakt met de mal naar binnen wordt gedrukt.

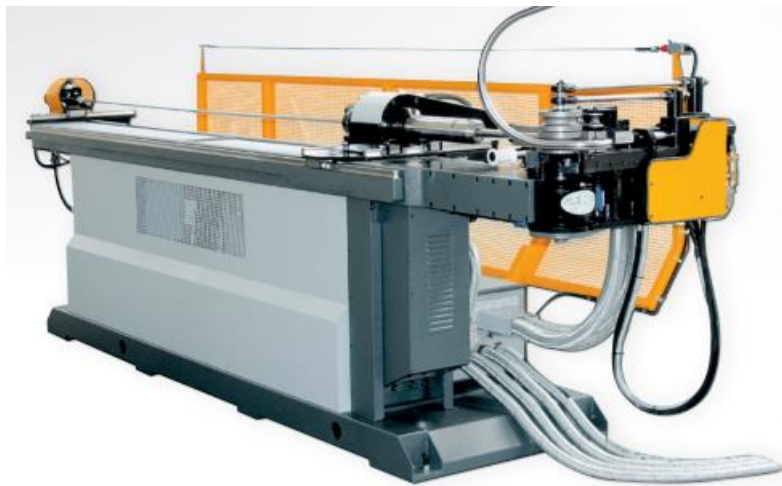


Figuur 18: Vervorming van koker door plooiën rond mal

Ook moet er rekening worden gehouden dat een aluminium koker die geplooid is een stuk gaat terugbuigen. Om ervoor te zorgen dat de hoepels de juiste bochten hebben worden deze bochten verder geplooid dan eigenlijk nodig is. Als de hoepels vervolgens terugveren is de juiste bocht bekomen die nodig is. Hoeveel de rotatie-arm moet verder draaien om de correcte bocht te plooiën hangt af van het ontwerp van de mal en de positie van de kunststof roller op de rotatie-arm. In de huidige opstelling wordt de rotatie-arm 270° verdraaid om een hoek van 220° te plooiën in de hoepel.

2.7. Bestaande plooiachines om buizen of kokers te plooiën

Op basis van de selectie van het meest geschikte plooiproces kan er gekeken worden naar bestaande machines die volgens dit principe werken. Figuur 19 toont een compression bending machine van Provar [9]. De machine werkt als volgt. De buis wordt in punt 1 vastgeklemd door de twee mallen. De slede beweegt dan naar de buis en deze gaat dan de buis vastklemmen terwijl de mallen dan loslaten. Hierbij is de buis nog alleen vast aan de slede. Door de slede te verplaatsten kan de buis op de juiste positie worden gezet om te buigen. Doordat de buis uitsteek kan de gele arm gaan draaien waardoor de buis gaat buigen. Dit is een machine die zeer nauwkeurig is en eenvoudig te besturen is, maar het grootste probleem is dat de machine geen kokers met vierkante profielen kan plooiën. Dit komt doordat de standaard mallen op de machine rond zijn. Dit probleem geldt niet alleen voor deze machines, maar dit komt voor bij alle bestaande plooiachines. Hierdoor bleef slechts één optie over en dat is zelf een werkstation voor deze toepassing te ontwerpen.



Figuur 19: Compression bending machine van Provar [9]

2.8. Besluit

Uit de literatuurstudie over plooiën volgt dat compression bending de meest geschikte methode is om de brandladderhoepels te plooiën. De opstelling die nu gebruikt wordt door Alutra om de hoepels te plooiën maakt ook gebruik van compression bending.

Er is geen bestaande machine gevonden die gebruikt kan worden om de hoepels met vierkant profiel te plooiën. Hierdoor moet er zelf een machine ontworpen worden die de hoepels kan plooiën.

3. Conceptuele studie met de methode van den Kroonenberg

3.1. Inleiding

Om te bepalen welke functies het werkstation moet vervullen werd er gebruik gemaakt van de methode van den Kroonenberg [3]. Eerst werd een eisenpakket opgesteld (zie Sectie 3.2.). Sectie 3.3. beschrijft vervolgens de functies die het werkstation moet vervullen. Hierna werden voor elke functie een aantal mogelijke oplossingen bedacht die deze functie zouden kunnen invullen (zie Sectie 3.4). Hieruit werd dan een keuze gemaakt welke oplossing het beste is voor een bepaalde functie. Tot slot beschrijft dit hoofdstuk in Sectie 3.5 de bepaling van de volgorde van plooiën voor de hoepels.

3.2. Eisenpakket

Het eisenpakket bestaat uit een aantal vaste-, variabele eisen en wensen die het werkstation moet vervullen. Tabel 1 geeft deze eisen weer, deze eisen zijn opgesteld door het bedrijf.

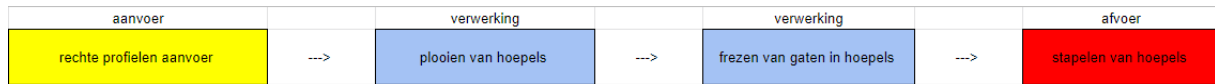
Vaste eisen zijn ontwerpcriteria waaraan het te ontwerpen werkstation moet voldoen. "Variabele eisen zijn ontwerpcriteria die een marge aangeven waaraan het te ontwerpen werkstation moet voldoen" [10]. Aan deze eisen moeten ook voldaan worden maar de effectieve uitvoering hiervan ligt niet vast. Aan de wensen moet niet voldaan worden, wensen worden als iets extra beschouwd dat eventueel toegevoegd kan worden.

Tabel 1: Opgesteld eisenpakket met vaste eisen, variabelen eisen en wensen

| Vaste eisen | Variabele eisen | Wensen | Omschrijving |
|-------------|-----------------|--------|---|
| X | | | Het werkstation moet de mogelijk hebben om de drie verschillende hoepels te plooiën |
| X | | | De robot kan gebruikt worden om het stuk te verplaatsen (bv na het frezen de hoepel in een rek leggen) |
| X | | | De binnenkant van het profiel moet naar binnen plooiën (hierbij kan er gecontroleerd geplooid worden en gaan de twee buitenkanten recht zijn) |
| X | | | Geen krassen op de kokers tijdens het plooiën |
| X | | | De diameter van de mal kleiner dan de diameter van de hoepel |
| X | | | De beschikbare ruimte is 2,4 X 6 m |
| X | | | De gaten worden gefreesd door de Kuka robot |
| X | | | In het magazijn moet er plaats zijn voor 50 kokers |
| X | | | Het werkstation maak gebruik van een PLC |
| | X | | Het plooiën en frezen gebeurt op dezelfde plek |
| | X | | Alles in één keer plooiën |

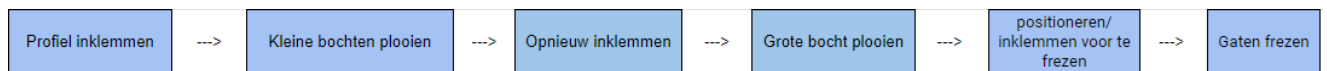
3.3. Functieblokschema

De vier functies die het werkstation moet vervullen zijn het aanvoeren van de rechte kokers, het plooiën van de hoepels, het frezen van de gaten en tot slot het afvoeren en stapelen van de hoepels (Figuur 20). Het functieblokschema dat hier besproken wordt, is gebaseerd op de fabricage van de eerste soort hoepel (Zie Sectie 1.). Het functieblokschema voor de andere twee soorten hoepels is gelijk aan het functieblokschema voor de eerste soort hoepel.



Figuur 20: Algemeen functieblokschema met aanvoer, verwerking en afvoer

Figuur 21 geeft een verdere uitwerking weer van de verwerking. Nadat de rechte koker is aangevoerd aan de plooiemachine wordt deze ingeklemd. Vervolgens plooit het werkstation eerst de twee kleine bochten om hierna de koker opnieuw in te klemmen zodat de grote bocht gelooid kan worden. Nadat de hoepel correct gepositioneerd is, wordt deze opnieuw ingeklemd zodat de nodige gaten gefreesd kunnen worden door de KUKA robot.



Figuur 21: Uitgebreid functieblokschema van de verwerking

Figuur 22 toont een andere mogelijke verdere uitwerking van de verwerking. Hierbij plooit de plooiemachine eerst de grote bocht en vervolgens pas de twee kleine bochten. Sectie 3.5. licht de gekozen volgorde van plooiën verder toe die gekozen werd om de hoepels te plooiën.



Figuur 22: Uitgebreid functieblokschema van de verwerking 2

3.4. Morfologisch overzicht

In Tabel 2 is te zien dat er voor de functie aanvoer, zeven mogelijke oplossingen zijn bedacht om deze functie in te vullen. Uiteindelijk is er gekozen voor een verticaal staand magazijn waarbij de kokers met een transportband of rollers naar de plooiemachine aangevoerd worden. Een horizontaal magazijn zou teveel plaats innemen, hierdoor is er gekozen om het magazijn verticaal te zetten. Omdat de kokers 2 m lang zijn is er gekozen voor een transportband of rollers om de kokers aan te voeren naar de plooiemachine. Bijlage 2 geeft een uitgebreider overzicht weer met schetsen van de invullingen zie zijn bepaald voor de functies.

Tabel 2: Morfologisch overzicht voor functie "aanvoer", met gekozen oplossing in het groen aangeduid

| | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---|--|---|--|--|---|
| rechte profielen aanvoeren | Robot pakt profielen uit stapel | Verticale dispenser door zwaartekracht (boven naar onder) -> loopband/rollers | Verticale dispenser door zwaartekracht (boven naar onder) -> duwer | Verticale dispenser (onder naar boven) -> duwer | Verticale dispenser (Boven naar onder) -> 2 verticale staande loopbanden | Verticale dispenser (Boven naar onder) -> horizontale lineaire geleiding | Verticale dispenser recht boven plooiëlek |
|----------------------------|---------------------------------|---|--|---|--|--|---|

Tabel 3 geeft alle mogelijke invullingen weer van de functies voor de verwerking. Tijdens het maken van dit overzicht werden er nog een extra functies toegevoegd aan het functieblokschema van de verwerking, namelijk het los maken van de rechtse roller (Zie Figuur 24).

Tabel 3: Morfologisch overzicht voor functies "verwerking", met gekozen oplossingen in het groen aangeduid

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|---|--|---|---|---|
| profiel inklemmen in het midden | pneumatisch cilinders -> langs boven/zijkant duwen op koker | pneumatisch cilinders -> 1 klemplaat verticaal verschuiven naar onder | pneumatisch cilinders -> U-klem lang onder | 1 klemplaat roteert weg in het werkvlak -> motor | 1 klemplaat roteert weg in het werkvlak -> pneumatische cilinder | pneumatisch cilinders -> klemstaven verticaal verschuiven | | |
| 2 kleine bochten plooiën | Hydraulisch cilinders -> ram bending langs buitenkant bocht | Pneumatisch cilinders -> ram bending langs buitenkant bocht | mal van grootte bocht gebruiken -> huidige methode | 2 rollers rond buitenkant -> compression | | | | |
| Rechte roller los maken | schroefspindel aan rol op rotatiearm | lineaire actuator aan rol op rotatiearm | pneumatische cilinder aan rol op rotatiearm | Rotatiearm langer maken mbv pneumatische cilinder | Rotatiearm langer maken mbv schroefspindel | Rotatiearm langer maken mbv roller screw | Rotatiearm patroon laten volgen in matrix | Pin die arm vast zet of vrij laat bewegen |
| opnieuw inklemmen aan 1 uiteinde | pneumatisch cilinders -> 1 kromme klemplaat verticaal verschuiven | pneumatisch cilinders -> klemstaven verticaal verschuiven | pneumatisch cilinders -> langs boven/zijkant duwen op koker | | | | | |
| grootte bocht plooiën | Een al bestaande plooiemachine gebruiken | compression bending -> roller rond mal | | | | | | |
| positioneren/inklemmen voor te frezen | Grootte plooiel gebruiken als freesmal -> 1e uiteinde blijft ingeklemd -> extra verticale klemming aan 2de uiteinde | Grootte plooiel gebruiken als freesmal -> 1e uiteinde blijft horizontaal ingeklemd -> 3de roller als klem gebruiken | Grootte plooiel gebruiken als freesmal -> 1e uiteinde blijft horizontaal ingeklemd -> pneumatische referentiepunten | | | | | |
| gaten frezen | Kuka | | | | | | | |

Tot slot geeft tabel 4 de mogelijke oplossingen weer voor de afvoer van de hoepels. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van de robot om de hoepels uit de plooiemachine te halen en te stapelen.

Tabel 4: Morfologisch overzicht voor functie "afvoer", met gekozen oplossing in het groen aangeduid

| | | | |
|--------------------|--|---|---|
| afvoer van hoepels | Kuka pakt verticaal uit plooiemachine -> stapellen | Stoters duwen hoepel omhoog -> Kuka pakt verticaal uit plooiemachine -> stapellen | Stoters duwen hoepel omhoog -> Kuka pakt horizontaal uit plooiemachine -> stapellen |
|--------------------|--|---|---|

3.5. Plooivolgorde van hoepel

Tabel 5 laat voordelen en nadelen zien van verschillende volgordes van plooiën. Een eerste mogelijke methode om een koker te plooiën is via de methode die het bedrijf nu al toepast. Hierbij wordt dan de roller geautomatiseerd. Na de eerste plooiing zal de robot de hoepel eruit halen en deze op de juiste manier er terug inleggen. Na het plooiën pakt de robot de hoepel uit de mal en legt deze op een plek waar er vervolgens gaten gefreesd kunnen worden in de hoepel.

Een tweede methode is een methode waarbij de koker blijft liggen. Bij deze methode wordt er gebruik gemaakt van drie rollers. Eerst wordt de koker vastgeklemd door één klem. Hierna wordt de grote bocht geplooid via een roller. Meteen na deze plooiing kunnen de twee kleine bochten geplooid worden door de andere twee rollers.

De derde methode maakt ook gebruik van drie rollers. Hierbij wordt de grote bocht eerst geplooid. De robot neemt daarna de hoepel uit de plooiemachine en legt deze dan in een andere mal. Op deze plek worden dan de twee kleine bochten geplooid. Na het plooiën kan er meteen gefreesd worden zonder de hoepel opnieuw te verplaatsen.

Bij de vierde methode gaat de koker ook blijven liggen zoals in de tweede methode. Deze maakt ook gebruik van drie rollers. Als eerste wordt deze koker op twee plaatsen vastgeklemd. Hierna worden de twee kleine bochten tegelijkertijd geplooid. Na deze plooiing zal één klem open gaan. De volgende stap is dan dat de grote bocht geplooid gaat worden. Na het plooiën wordt deze hoepel vastgehouden door verschillende klemmen. Als laatste stap gaat de robot hierin gaten frezen.

De vijfde methode is dat er vertrokken wordt vanuit een bestaande machine. Hierbij wordt de grote bocht geplooid via deze machine. Hierna worden dan de twee kleine bochten geplooid door een andere methode.

Er is gekozen voor de vierde methode. Dit komt doordat deze betere voordelen heeft en gemakkelijker te ontwerpen en implementeren was dan de andere methodes. Bij deze methode moet de robot de hoepel niet gaan verplaatsen om op een andere werkplek te plooiën/frezen. Het plooiproces zal dan ook sneller kunnen verlopen. Er werd niet alleen gekeken naar de voordelen maar ook naar de nadelen. Een paar nadelen van de vierde methode kwamen ook voor bij andere methodes bijv. de drie rollers en drie motoren die nodig zijn. Deze methode heeft ook nog complexere inklemmingen waardoor het iets moeilijker was om het te ontwerpen, maar deze heeft wel de minste nadelen.

Tabel 5: Volgorde van plooiën met gekozen oplossing in het groen aangeduid

| | Bestaande methode/ profiel draaien met Kuka | buiten + binnen mal/ op 1 plaats blijven liggen (gelijk tekening hoepel) | eerst binnen mal -> verplaatsen naar buiten mal | eerst 2 kleine bochten -> dan pas grote bocht plooiën | eerste bocht met bestaande machine -> 2 kleine met te onwerpen |
|------------------|--|--|---|--|--|
| Voordelen | is gekende manier van werken | sneller | Gelijktijd 2 uiteinden plooiën | geen interferentie van mallen en rollen | moet alleen focussen op 2 kleine bochten |
| | maar 1 roller nodig | kan in 1 keer profiel plooiën | na 2de stap direct frezen | aanvoer kan makkelijk verbonden worden met eerste plooiestap | minder onderdelen |
| | bestaande vorm van mal gebruiken | Stuk niet verplaatsen tijdens plooiproces | 2de stap kan als inklemming dienen voor frezen | stuk moet niet door kuka verplaatst worden tussen stappen | |
| | geen complexe inklemming | | Geen interferentie tussen mallen en rollers | kan gefreesd worden op zelfde positie als laatste bocht | |
| | 1 inklemming nodig | | | | |
| Nadelen | mogelijks tragen | 3 rollers nodig | Kuka nodig voor verplaatsing naar 2de mal | iets complexere inklemming | Bestaande machine vinden en laten werken voor deze toepassing |
| | het stuk moet 2 keer verplaatst worden door Kuka | 3 mallen nodig -> 1 voor grote bocht/ 2 voor kleinere | 3 rollers nodig | 3 rollers/motoren nodig | bestaande machine kan grote kost zijn |
| | Verplaatsen naar andere plek vor frezen | interferentie van rollers met mallen | 3 motoren | | |
| | | 3 motoren nodig | | | |
| | | ingewikkeldere inklemming | | | |
| | | mallen/ inklemmingen verplaatsen | | | |

3.6. Besluit

Door gebruik te maken van de methode van den Kroonenberg was het eenvoudig om de functies te bepalen. Door eerst het eisenpakket op te stellen werd het overzichtelijk aan welke eisen de machine moest voldoen. Aan de hand van deze eisen was het gemakkelijk om een functieblokschema op te stellen. Deze functies zijn het aanvoeren van de rechte kokers naar de plooiemachine, kokers inklemmen, plooiën van twee kleine bochten, rechtse roller los maken, opnieuw inklemmen, grootte bocht plooiën, positioneren/inklemmen om te frezen en tot slot het afvoeren van de hoepels. Eenmaal het functieblokschema klaar was kon er gewerkt worden aan het morfologisch overzicht. Hierin werden de uiteindelijke keuzes gemaakt om de werking van de plooiemachine te bepalen. Voor de aanvoer werd er een verticale dispenser gekozen die de kokers aanvoert met een transportband. Voor de verwerking zijn respectievelijk de volgende oplossingen gekozen. Pneumatische cilinders langs boven of zijkant om de koker in te klemmen. Twee rollers rond buitenkant (Compression bending) om de twee kleine bochten te plooiën. Om de rechtse roller uitschuifbaar te maken werd er gekozen om een pin te gebruiken die de arm vast zet of vrij laat bewegen. Pneumatische cilinders langs boven of zijkant om de koker opnieuw in te klemmen. Een roller langs de buitenkant van profiel om de grootte bocht te maken. Om de hoepel te positioneren en te vrezen werd de grote mal gebruikt en een inklemming om deze vast te zetten. Tot slot maakt de KUKA robot de nodige gaten in de hoepel.

Uit het onderzoek naar de beste volgorde van plooiën bleek het de beste beslissing om eerst de twee kleine bochten te plooiën om vervolgens de grote bocht te plooiën. Voor elke nodige bocht wordt een aparte mal gebruikt

4. Ontwerp van de automatische plooiemachine en aanvoer

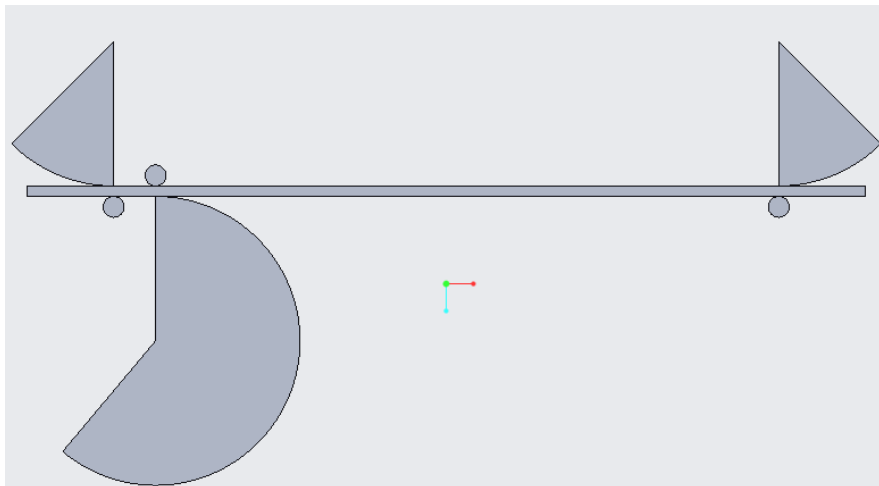
4.1. Inleiding

De focus bij het ontwerpen van het werkstation lag eerst op het maken van een 3D ontwerp van de plooiemachine. Vervolgens werd pas gewerkt aan een 3D ontwerp voor de aanvoer. Uit het ontwerp volgden 2D tekeningen van de onderdelen die gefabriceerd moesten worden. Er zijn geen samenstellingstekeningen gemaakt omdat dit te veel tijd in beslag nam en geen meerwaarde gaf. Tot slot was er beslist om geen 3D ontwerp en 2D tekeningen te maken van de afvoer. De focus lag eerst op het maken van de plooiemachine en de aanvoer.

Als eerste wordt in hoofdstuk vier het concept besproken (zie Sectie 4.2.). Vervolgens beschrijft Sectie 4.3. de keuzes van de gebruikte materialen. Sectie 4.4. bespreekt het 3D ontwerp van de plooiemachine, vervolgens bespreken Secties 4.5. en 4.6. het 3D ontwerp van de aanvoer Tot slot licht Sectie 4.7. de 2D tekeningen en stuklijst toe.

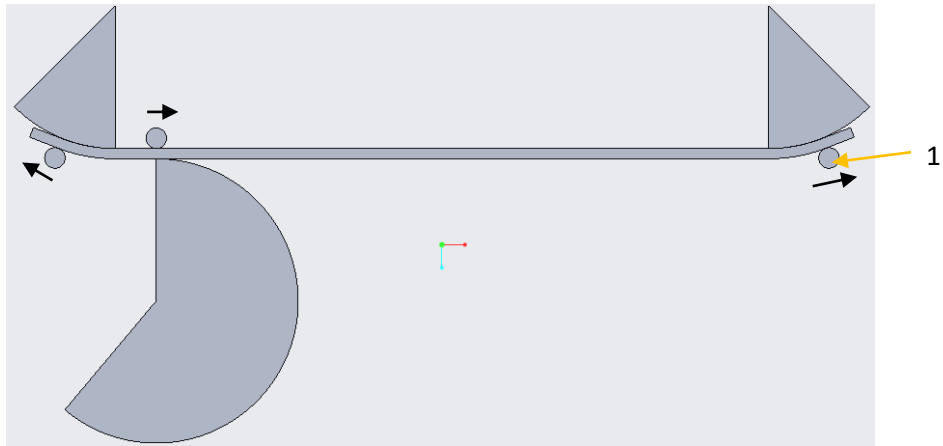
4.2. Concept van plooiemachine

Uitgaande van de eerder bepaalde volgorde van plooiën (zie Sectie 3.5) kon er een concept bedacht worden hoe de plooiemachine te werk gaat. Figuur 23 toont een recht profiel dat langs links aangevoerd is en klaar is om geplooid te worden.



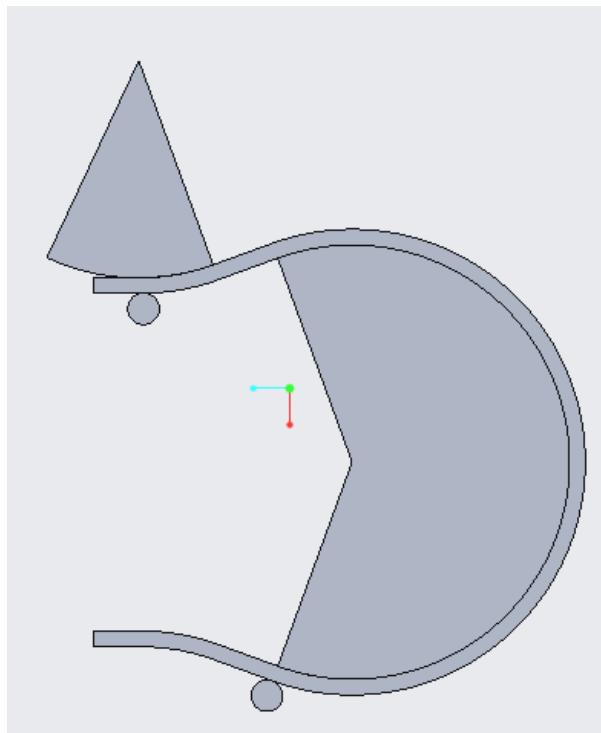
Figuur 23: Conceptuele voorstelling van plooiemachine: fase 1

Als eerste plooiëbeweging worden de twee kleine bochten geplooid rond twee kleine mallen. Dit is te zien in Figuur 24. De twee kleine bochten lopen niet volledig door tot het einde van de koker. Het uiteinde van de kokers is een recht stuk, dit moet bijgevolg niet geplooid worden. Om vervolgens de grote bocht te kunnen plooiën moet de roller van de meest rechtse plooiing (1) uit de weg gehaald worden zodat de te plooiën koker kan roteren rond de grote mal.



Figuur 24: Conceptuele voorstelling van plooiemachine: fase 2

Nadat de twee kleine bochten geplooid zijn wordt de grote bocht geplooid. Dit is te zien in Figuur 25.



Figuur 25: Conceptuele voorstelling van plooiemachine: fase 3

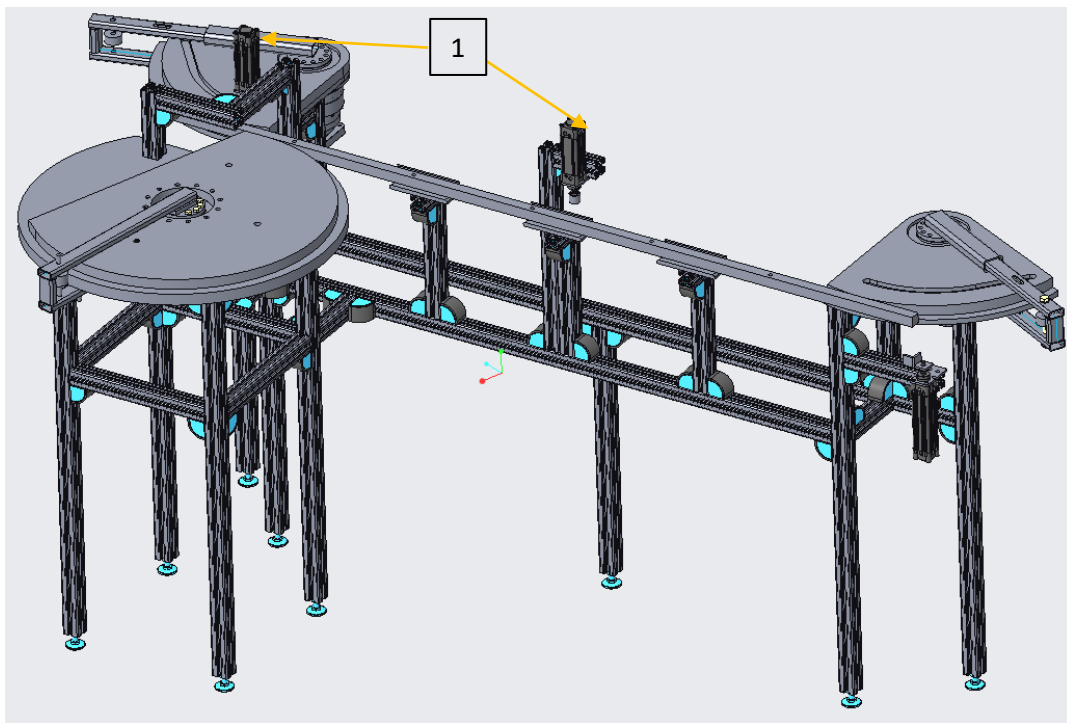
Het plooiproces dat hier besproken werd, geldt voor de eerste soort hoepel met 3 gebogen delen. Voor de twee andere soorten hoepels (Zie Sectie 1.) die de plooiemachine ook moet kunnen plooiën is de volgorde iets anders. Voor de 2^{de} soort hoepel moet er enkel één grote bocht van 180 graden geplooid worden. Hiervoor wordt enkel geplooid rond de grote mal en worden de twee kleine malen niet gebruikt. Voor de laatste soort hoepel wordt alleen de links kleine bocht geplooid (Zie Figuur 24) en vervolgens wordt de koker rond de grote bocht geplooid. Na het plooiën rond de grote mal wordt de hoepel afgezaagd op de juiste lengte. Bijlage 3 geeft enkele schetsen weer die gebruikt werden om het uiteindelijke concept te bekomen.

4.3. Materiaalkeuze van onderdelen

Het frame waarop de plooiemachine geplaatst wordt bestaat uit aluminium extrusie profielen. De mallen waarrond de hoepels geplooid worden zijn redelijk groot, daarom is er gekozen om de mallen te maken uit hout en niet uit metaal. Dit is financieel veel voordeliger en het weegt veel minder. De huidige mal is ook gemaakt uit hout. De rollers die de kokers plooiën rond de mallen worden gemaakt uit kunststof (HMPE 500). Dit materiaal heeft een lage wrijvingscoëfficiënt en goede slijtvastheid. Door dit materiaal te gebruiken wordt voorkomen dat er krassen gemaakt worden op de kokers tijdens het plooiën. Alle oppervlakken in de aanvoer worden ook bedekt met deze kunststof. De rotatie-armen worden gemaakt uit staal.

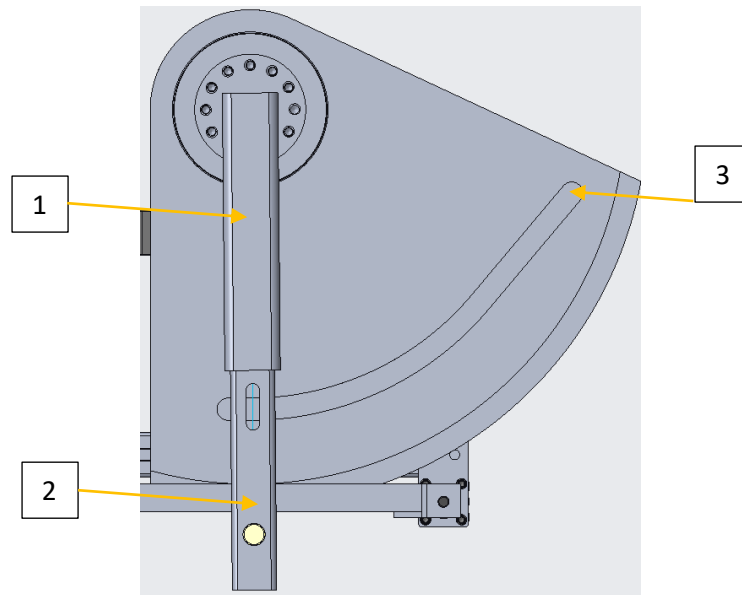
4.4. Ontwerp van de plooiemachine

Figuur 26 toont een eerste 3D ontwerp van de plooiemachine waarbij de plooiemachine horizontaal staat. Zoals eerder vermeld werd dit ontwerp veranderd naar een verticale opstelling. Als eerste werden de drie mallen ontworpen en hierrond werd een frame gemaakt om de drie mallen op de juiste plaats te zetten. De klemmingen met de pneumatische cilinders gebeurde verticaal (1). De drie rotatie-armen worden aangedreven door een stappenmotor die gekoppeld is aan een reductiekast om het koppel te verhogen.



Figuur 26: Eerste 3D ontwerp van horizontale plooiemachine

Om ervoor te zorgen dat de roller van de kleine plooiing verder kan roteren zonder de koker verder te plooiën werd er beslist om de rotatie arm uitschuifbaar te maken. Dit is te zien in Figuur 27. De arm bestaat uit één stalen koker die vast zit aan de reductiekast (1). In deze koker zit een kleinere koker die vrij kan bewegen (2). In de mal zit een groef (3) die deze kleinere koker (2) kan volgen. De groef bestaat uit een cirkelvormig gedeelte en een lineair gedeelte, en zorgt er op deze manier voor dat de kleine koker uitschuift als de kleine plooiing voltooid is.



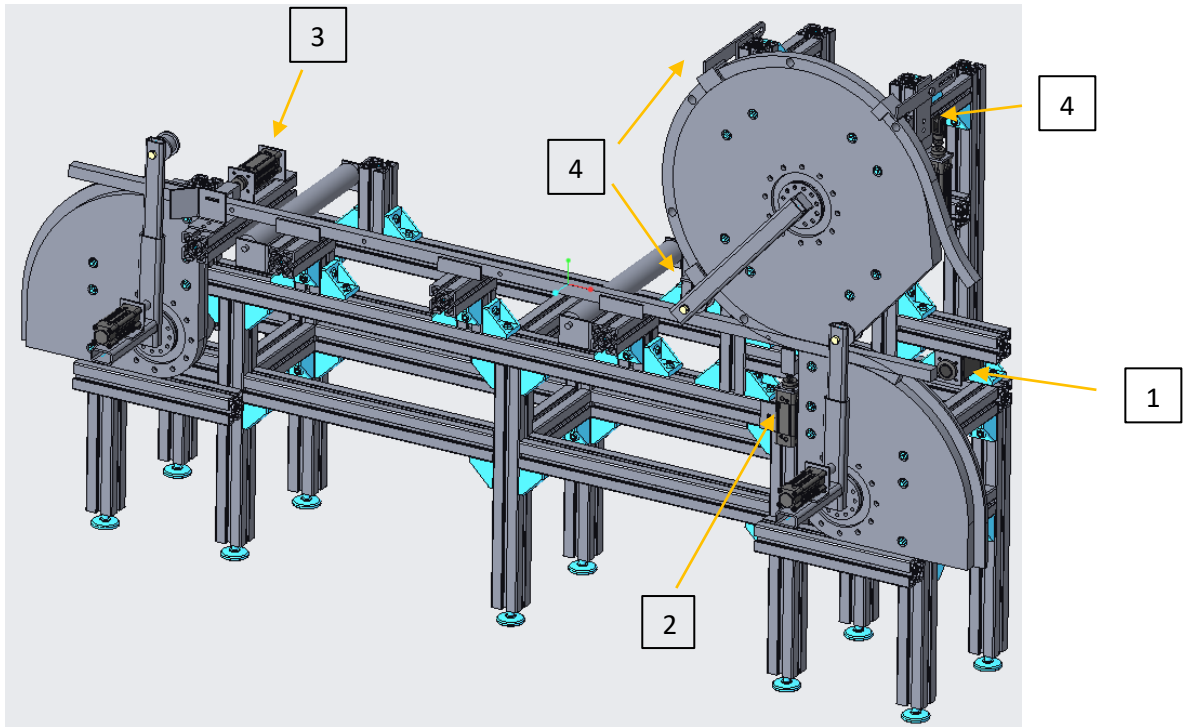
Figuur 27: Uitschuifbare arm kleine mal: eerste ontwerp

Doordat de koker tijdens het plooiën rond de grote mal ver uitwijkt zou deze de robot raken in de robotcel. Hierdoor werd beslist om de plooiemachine verticaal te zetten (Figuur 28), de methode van plooiën verandert hierbij niet maar het eerste gemaakte 3D ontwerp kon niet meer gebruikt worden. Een rechte koker wordt langs de linkerkant van de plooiemachine aangevoerd. Een stopper (1) aan de rechterkant zorgt ervoor dat de koker op de juiste plaats ligt om te plooiën. Vervolgens gaan er twee klemmen (2 en 3) dicht die de koker op zijn plaats houden. Hierna worden de twee kleine bochten simultaan geplooid. De links klem (3) laat nu los en de grote bocht wordt geplooid. Vervolgens gaan er drie scharnierende klemmen (4) toe om de hoepel op zijn plaats te houden zodat de gaten gefreesd kunnen worden.

Door de plooiemachine verticaal te zetten werd nog een probleem vermeden dat had kunnen optreden als de horizontale machine gebruikt zou worden. Dit probleem is namelijk een opstapeling van spanen door het frezen van de gaten. Als de machine horizontaal staat bestond de kans dat door het frezen de spanen blijven liggen op de oppervlak waar de hoepels op liggen. Hierdoor zou de positie van de hoepel niet altijd goed zijn. Door de machine verticaal te plaatsen wordt dit probleem vermeden doordat de spanen makkelijker weg kunnen en niet op de oppervlakken blijven liggen waarmee de hoepel contact maakt.

De plooiemachine wordt ook met enkele sensoren voorzien die gebruikt worden voor de automatisatie van het werkstation. Er wordt één sensor voorzien bij de stopper om te bepalen of er wel degelijk een koker in de plooiemachine ligt. De nul positie van de rotatie-armen is hun positie zoals ze staan in Figuur 28. Om ervoor te zorgen dat de rotatie-armen altijd op deze positie terecht komen als deze gereset moet worden door stroomuitval of een noodgeval (Zie Sectie 6.7.), worden er drie sensoren gebruikt. Deze sensoren worden iets langs de nul positie geplaatst (Zie Figuur 84). Dit wordt gedaan om de volgende reden. Als een rotatie-arm gereset wordt naar zijn nul positie wordt dit gedaan op een relatief hoge snelheid. Als de arm voorbij de sensor komt geeft deze vervolgens het signaal dat de arm moet stoppen, maar door traagheid gaat de arm altijd nog wat verder bewegen. Hierdoor bevindt de arm zich op een onbekende positie. Daarom wordt er vervolgens tegen een lage snelheid terug in de

plooirichting bewogen tot dat de sensor opnieuw uit gaat. Nu bevindt de rotatie-arm zich juist naast de sensor op zijn nul positie (Zie Sectie 7.3.). Tot slot worden er nog twee sensoren aan de plooiemachine toegevoegd die nagaan welke van de drie soorten kokers er precies in de plooiemachine ligt. Dit om een extra verificatie te hebben zodat zeker de juiste hoepel gemaakt wordt.



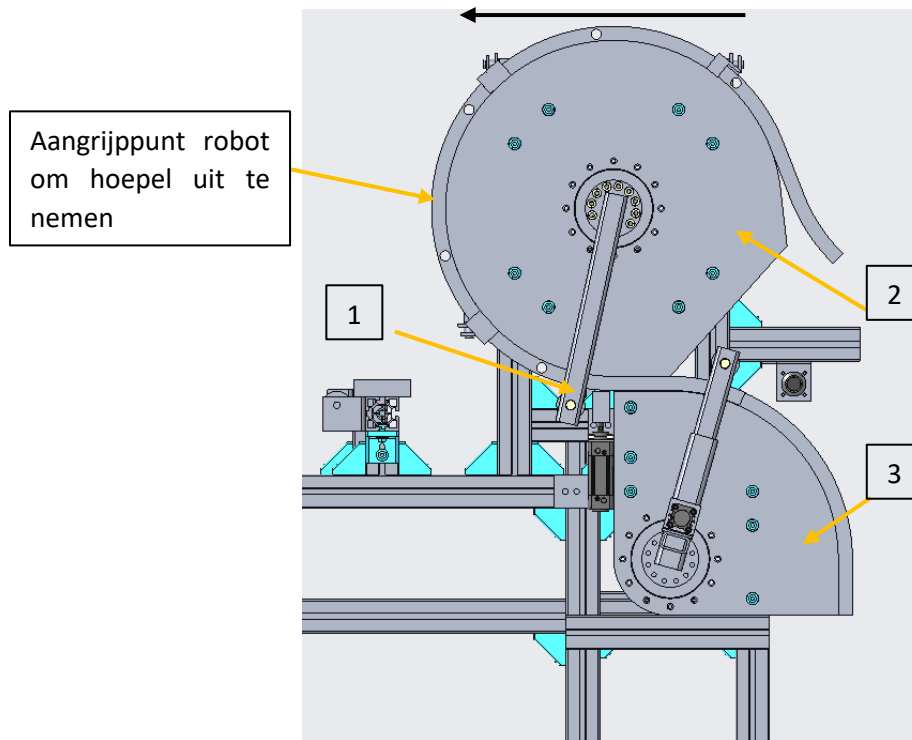
Figuur 28: Finaal 3D ontwerp van de plooiemachine

Een probleem dat tijdens het ontwerpen van de plooiemachine opdook was hoe de geplooidde 1^{ste} soort hoepel (Zie Sectie 1.) uit de plooiemachine gehaald kon worden. Figuur 29 geeft een geplooidde hoepel rond de grote mal weer. Als de grote bocht geplooid is en de gaten gefreesd zijn, beweegt de grote rotatie-arm (1) terug naar zijn beginpositie. De gemakkelijkste manier om de koker uit de plooiemachine te halen is om deze langs de voorkant van de plooiemachine horizontaal uit te nemen (loodrecht op de mal). Maar doordat er origineel maar een kleine opening tussen de rotatie-arm en de hoepel zat kon dit niet gebeuren.

Vervolgens werd gekeken of de hoepel horizontaal in de lengte van de plooiemachine uitgenomen kon worden (zwarte pijl). Dit was ook niet mogelijk omdat de grote mal (2) en de kleine mal (3) dicht tegen elkaar staan. Het gebogen uiteinde van de hoepel past niet door deze nauwe doorgang. Uiteindelijk is er beslist om een combinatie van de vorige twee methodes te gebruiken. De rotatie-arm (1) is verder van de mal gezet om zo meer plaats te creëren tussen de hoepel en de rotatie-arm (Zie Figuur 82 in Sectie 7.3.). Zo kan de kokers langs de voorkant horizontaal uitgenomen worden (loodrecht op de mal) en vervolgens naar links verplaatst worden.

Voor de 2^{de} soort hoepel, die enkel maar één bocht heeft van 180 graden was het uithalen geen probleem. Omdat deze geen gebogen uiteinde heeft kan deze wel horizontaal naar links verschoven worden tussen de twee malen door. De derde soort hoepel moet gelijk aan de

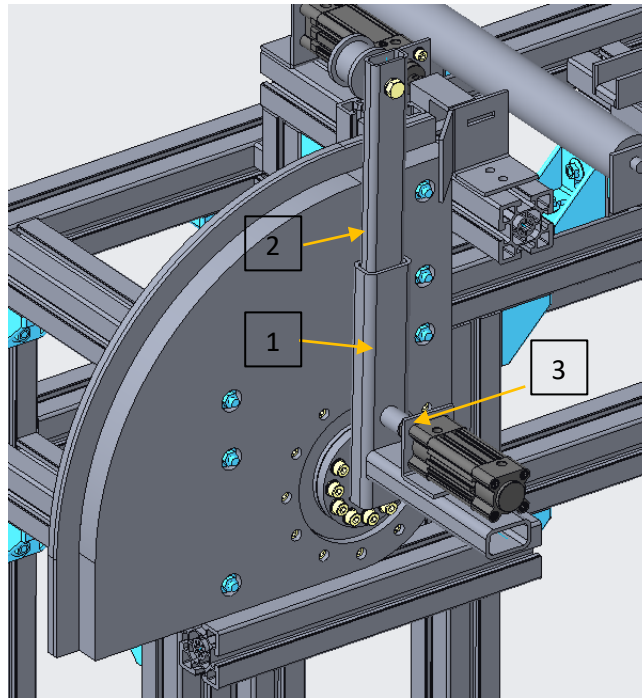
eerste soort uit de machine gehaald worden. Het afzagen van deze hoepel op de juiste lengte wordt niet gebeurd in het werkstation maar die wordt nadat de hoepel gemaakt is met de hand gedaan.



Figuur 29: Geplooid koker rond grote mal

4.4.1. Werking kleine plooiing

Figuur 30 toont een hernieuwde uitvoering van de uitschuifbare rotatie-arm. Er werd afgestapt van de koker die een groef in de mal volgde omdat de krachten die hier op werken groot zijn. Het nieuwe systeem bestaat nog steeds uit één vaste koker aan een reductiekast (1) en één kleinere koker die vrij kan bewegen in de vaste koker (2). Doormiddel van een pin die in- en uitschuift (3) kan ervoor gezorgd worden dat de kleinere koker vrij kan bewegen of niet. Als de plooiing wordt uitgevoerd is de pin uitgeschoven en kan de kleinere koker niet bewegen. Als de plooiing voltooid is schuift de pin uit zodat de kleine koker vrij kan bewegen. Vervolgens draait de rotatie-arm verder en de roller rolt nu over het niet te plooiën stuk tot dat deze vrij is van de aluminium koker.



Figuur 30: Finale ontwerp van de uitschuifbare rotatie-arm

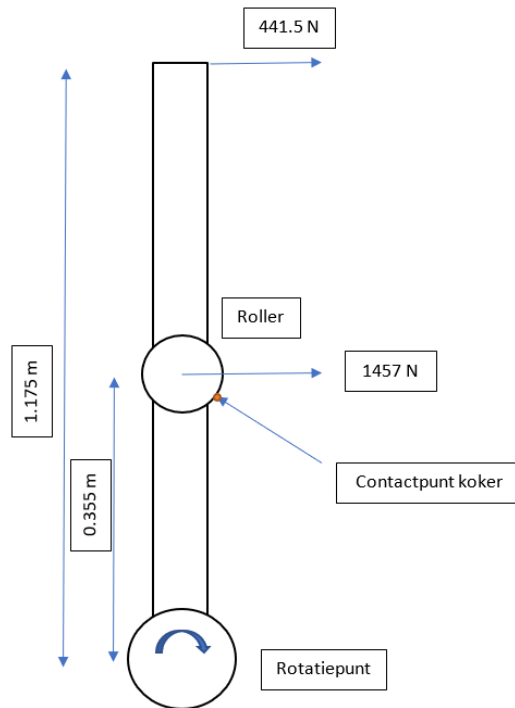
4.4.2. Rotatie-armen

Tijdens het ontwerpen van de plooiemachine werd er gekozen om stalen kokers te gebruiken van 20 mm X 40 mm, met wanddikte 2 mm voor de rotatie-armen. Om te bepalen hoe sterk deze rotatie-armen zijn werden er enkele berekeningen uitgevoerd. Zo werd eerst het koppel bepaald dat nodig is om de hoepels te plooiën. Hieruit konden vervolgens de krachten op de rollers bepaald worden en uiteindelijk de krachten op de rotatie-arm.

Het koppel wordt berekend in formule (1). Hierbij is F de benodigde kracht en L de lengte van de roller ten opzichte van het rotatiepunt. De benodigde kracht werd experimenteel bepaald. Hiervoor werd er een dynamometer gebruikt die bevestigd werd aan het uiteinde van de rotatie-arm van de bestaande opstelling (Zie Figuur 17). Door een aluminium koker te plooiën kon er gemeten worden wat de nodige kracht was om deze te plooiën. De meter gaf een maximum waarde van 35 kg weer, maar tijdens de berekeningen werd er 45 kg gebruikt. Om de nodige kracht te hebben werd het gewicht vermenigvuldigd met de zwaartekracht constant, ongevormd geeft dit een kracht van 441,5N op een afstand van 1.175 m.

$$M = F \times L = 441.5N * 1.175m = 518.8 Nm \approx 520 Nm \quad (1)$$

Omdat de kunststof roller 0.355 m van het rotatiepunt staat is de kracht op deze plaats gelijk aan 1457 N. Figuur 31 geeft een voorstelling weer van de gemeten krachten op de rotatie-arm.



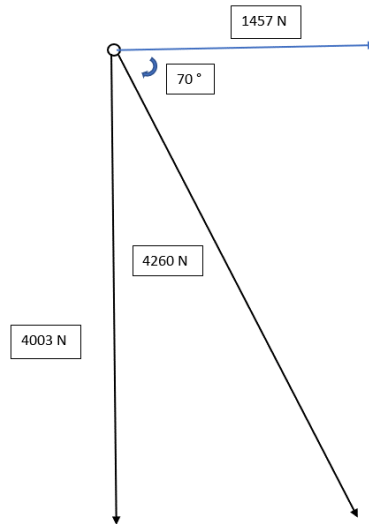
Figuur 31: Inwerkende krachten op huidige rotatie-arm

De roller maakt altijd contact met de te plooiën koker onder een hoek van 70 graden. Hierdoor is de kracht waarmee op de koker gedrukt wordt ook 70 graden t.o.v. de horizontale as verdraaid. De kracht waarmee op de koker gedrukt wordt, wordt bepaald uit de gemeten kracht van 1475 N. Deze wordt berekend volgens formule 2. De kracht die in het verlengde van de rotatie-arm ligt wordt berekend met formule 3

$$F_{koker} = \frac{1475N}{\cos(70^\circ)} = 4260 N \quad (2)$$

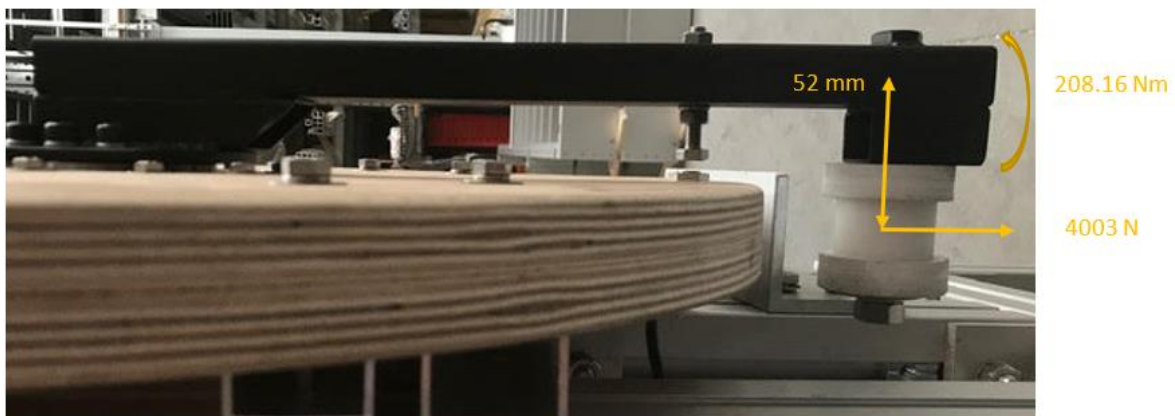
$$F_Y = 4260 * \sin(70^\circ) = 4003 N \quad (3)$$

Figuur 32 geeft een overzicht weer van deze krachten die op de roller inwerken. De kracht van 1475 N zorgt voor een wringmoment rond de rotatie-arm. De kracht van 4003N zorgt voor een buigmoment rond de rotatie-arm. Met deze twee krachten worden vervolgens sterkteberekeningen gedaan om de sterkte van de rotatie-arm te bepalen.



Figuur 32: ontbinding van krachten op roller

Aangezien de roller 52 mm onder de rotatie-arm hangt zorgt de kracht van 4003 N voor een Buigmoment van 208.16 Nm rond de rotatie-arm. Dit wordt voorgesteld in Figuur 33.

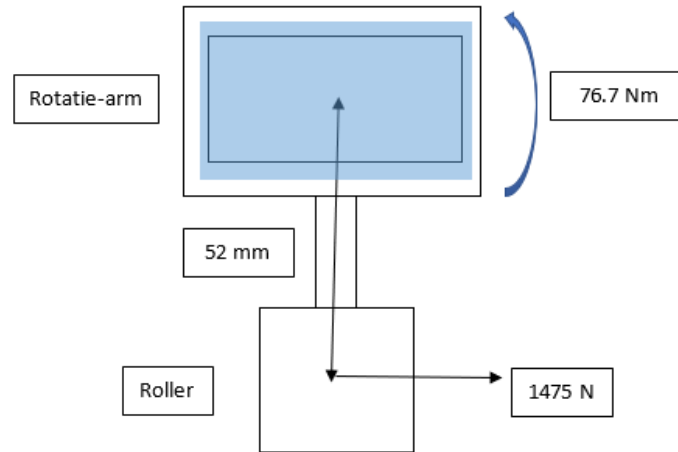


Figuur 33: Zij aanzicht van rotatie-arm met kracht die leidt tot buigmoment

De resulterende buigspanning door dit moment wordt berekend met behulp van formule 4.

$$\sigma = \frac{M \cdot z}{I} = \frac{208160 \text{ Nmm} \cdot 10 \text{ mm}}{\frac{20 \cdot 40^3}{12} - \frac{14 \cdot 34^3}{12}} = 34 \text{ N/mm}^2 \quad (4)$$

De kracht van 1475N zorgt tot slot nog voor een wringmoment rond de rotatie-arm. Ook deze kracht grijpt 52 mm onder de rotatie-arm aan (Figuur 34). Het wringmoment door deze kracht is bijgevolg 76.7 Nm. Om de wringspanning te bepalen is vervolgens nog het wringweerstandsmoment nodig.



Figuur 34: Vooraanzicht van rotatie-arm met kracht die leidt tot wringmoment

Het wringweerstandsmoment wordt berekend met de formule van Bredt (formule 5). A_m staat in deze formule voor het omsloten oppervlakte van de holle koker (Blauw oppervlakte in Figuur 34). t staat voor de wanddikte van de koker, deze is 2mm.

$$W_t = 2 * A_m * t = 2 * 18 \text{ mm} * 38 \text{ mm} * 2 \text{ mm} = 2736 \text{ mm}^3 \quad (5)$$

Vervolgens kan met formule 6 de wringspanning berekend worden

$$\tau = \frac{M}{W_t} = \frac{76.7 * 1000 \text{ Nmm}}{2736 \text{ mm}^3} = 28 \text{ N/mm}^2 \quad (6)$$

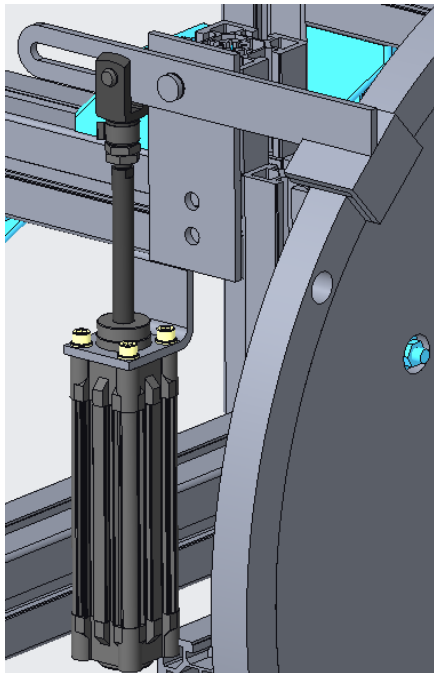
De buigspanning en wringspanning kunnen vervolgens samengevoegd worden in één spanning, namelijk de vergelijkspanning. Formule 7 geeft de berekening weer van deze spanning. α staat in deze formule voor de belastingsverhouding. Omdat de buiging en torsie dynamisch zwellend zijn is deze verhouding 1.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 * (\alpha * \tau)^2} = \sqrt{34^2 + 3 * (1 * 28)^2} = 59,223 \text{ N/mm}^2 \quad (7)$$

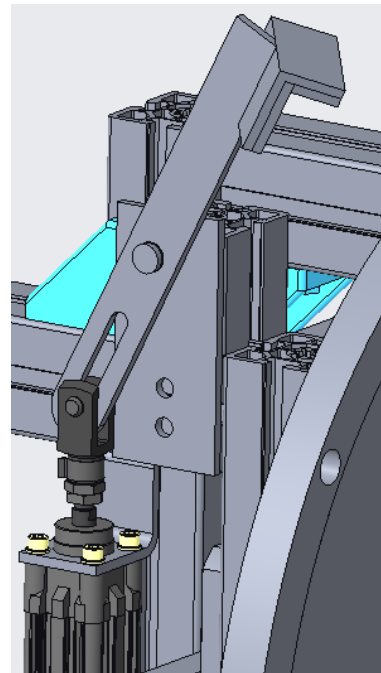
Deze vergelijkspanning zit voldoende onder de vloeigrens van S235 staal. De vloeigrens van dit staal is 235 N/mm².

4.4.3. Scharnierende inklemming grote mal

Nadat de grote plooiing is uitgevoerd moet de hoepel geklemd worden zodat de Kuka-robot de gaten kan frezen. Dit gebeurt met behulp van 3 scharnierende inklemmingen. Dit is te zien in Figuren 35 en 36. Het oppervlak dat contact maakt met de hoepel is voorzien van een laagje kunststof om krassen te voorkomen. Het garanderen dat de hoepel altijd op dezelfde plaats ligt als deze gefreesd moet worden wordt op twee manieren gedaan. Door de ronding die op het plooioppervlak van de mal zit wordt de geplooidde hoepel door de scharnierende inklemming op de mal gedrukt in deze groef. Tot slot blijft de rotatie-arm op zijn eindpositie staan als de hoepel geplooid is, doordat de kunststof roller een u-vorm heeft (Zie Figuur 33) houdt deze de hoepel vast zodat deze niet naar voor of achter kan bewegen. Moest er tijdens het testen van de plooiemachine blijken dat de hoepel niet correct op zijn plaatst blijft liggen als deze gefreesd wordt kunnen er extra plaatjes voorzien worden die voorkomen dat de hoepel naar voor of achter op de mal beweegt.



Figuur 35: Scharnierende klemming aan grote mal in gesloten toestand

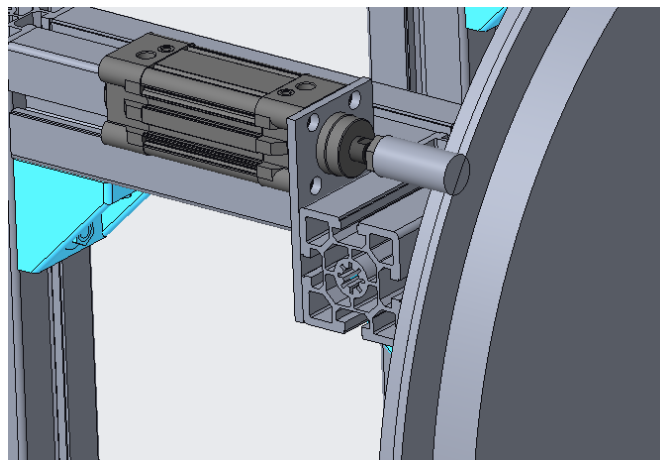


Figuur 36: Scharnierende klemming aan grote mal in open toestand

Vooraleer dit ontwerp werd bekomen werden er eerst twee andere ontwerpen bedacht. Deze worden toegelicht in Sectie 4.4.4. Vooraleer dit ontwerp werd bekomen werden er nog eerst twee andere ontwerpen beschouwd (zie Sectie 4.4.4.).

4.4.4. Evolutie inklemming grote mal

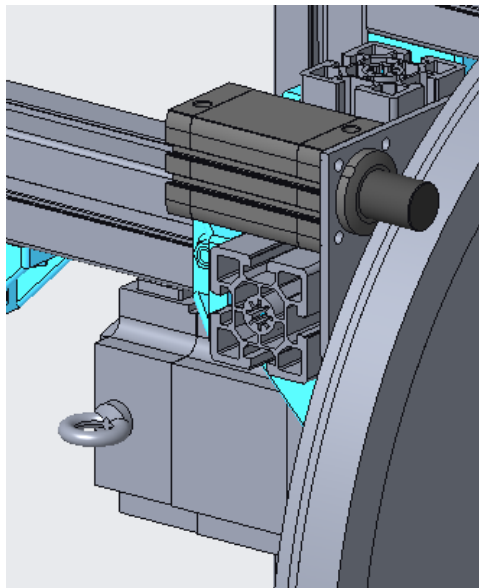
Figuur 37 toont een eerste ontwerp van inklemming voor de geplooide hoepel. Voor dit ontwerp werd een pneumatische cilinder gebruikt met een kunststof kop. Deze cilinder schuift uit als de hoepel geplooid is om een terug plooiing te voorkomen. Het probleem met dit ontwerp is dat een gewone pneumatische cilinder niet geschikt is om radiale krachten op te vangen.



Figuur 37: Cilinder als inklemming om hoepel rond grote mal te klemmen

Om het probleem van de radiale krachten op te lossen werd de gewone pneumatische cilinder vervangen door een stopper cilinder. Dit is te zien in Figuur 38. Een stopper cilinder kan veel

grotere radiale krachten opvangen dan een gewone cilinder. Er is uiteindelijk niet voor dit ontwerp gekozen omdat de stopper de hoepel niet tegen de mal kan drukken, de stopper zorgt er alleen voor dat de koker niet kan terugveren.

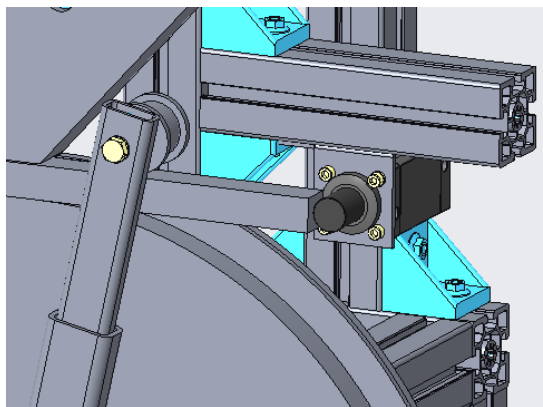


Figuur 38: Stopper als inklemming om hoepel rond grote mal te klemmen

Om de hoepel tegen de mal te kunnen drukken werd er gekozen om een scharnierende inklemming te maken. Hierbij wordt de hoepel tegen de mal gedrukt en kan de inklemming weg roteren zodat deze niet in botsing kan komen met de rotatie arm.

4.4.5. Stopper als eindmaat

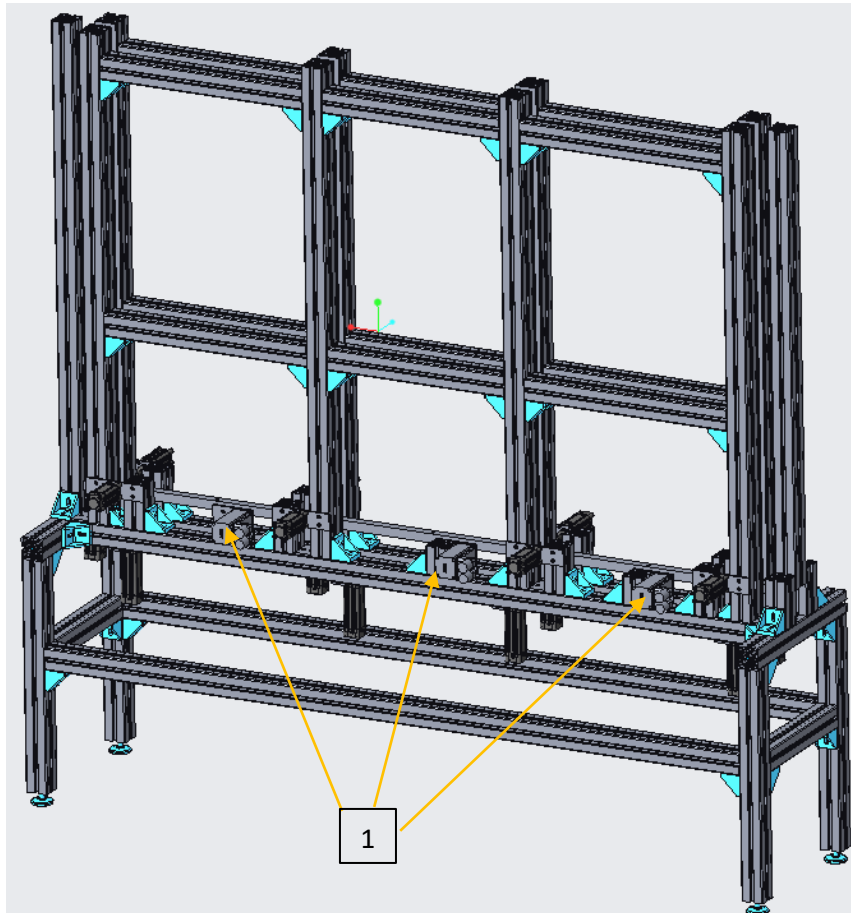
Voor de drie verschillende hoepels die geplooid moeten worden in het werkstation worden drie verschillende lengtes van rechte kokers gebruikt. Om ervoor te zorgen dat deze altijd op de juiste plek liggen wordt er gebruikt gemaakt van een referentiepunt (Figuur 39). Hiervoor wordt een uitschuifbare stopper gebruikt. Deze stopper is aan een koker verbonden zodat de stopper horizontaal verplaatst kan worden. Als er gekozen wordt om een bepaalde hoepel te plooiën wordt de stopper met de hand horizontaal verplaatst naar een positie die vooraf bepaald is voor elke soort hoepel.



Figuur 39: Uitschuifbare stopper die gebruikt wordt als referentiepunt

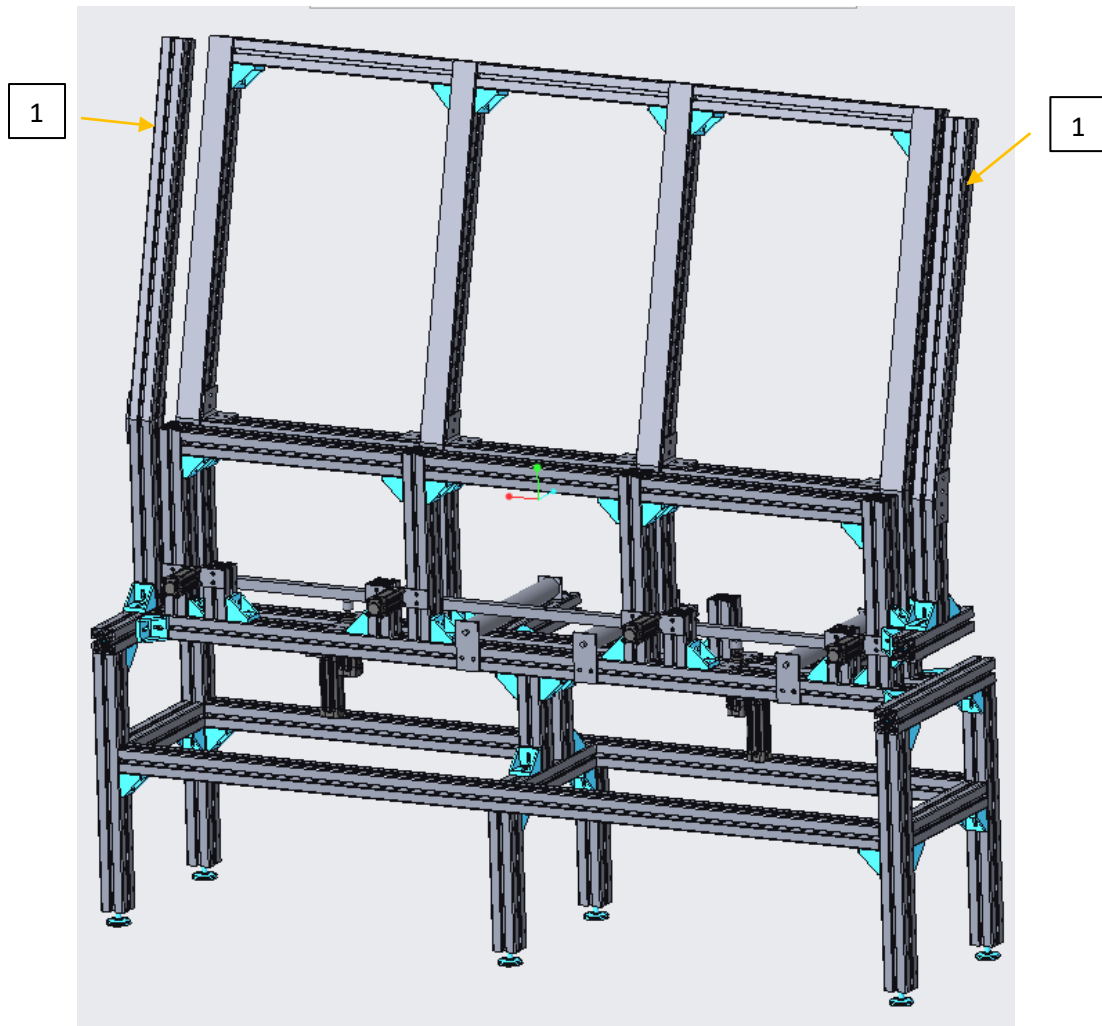
4.5. Aanvoer en magazijn van rechte kokers

Figuur 40 toont het eerste ontwerp van de aanvoer met magazijn. In het magazijn kunnen vijftig rechte kokers verticaal gestapeld worden. Met een mechanisme van cilinders en rollers worden de kokers één voor één aangevoerd naar de plooiemachine.



Figuur 40: Eerste ontwerp aanvoer met twee rechte steunvlakken

Bij het eerste ontwerp werden de rechte kokers tussen 2 verticale steunen op hun plaats gehouden. Het probleem hiermee is dat dit het vullen van het magazijn bemoeilijkt. Er is vervolgens gekozen om de voorkant van het magazijn open te maken en het achterste steunvlak onder een hoek van 15° te zetten, dit zorgt ervoor dat het magazijn gemakkelijk gevuld kan worden. Dit is te zien in Figuur 41. Om ervoor te zorgen dat de kokers in het magazijn niet links of rechts uit het magazijn kunnen bewegen werden er twee profielen voorzien die dit voorkomen (1). Alle oppervlakken waarmee de rechte koker in contact komen zijn voorzien van een kunststof laag om er voor te zorgen dat er geen krassen ontstaan op de kokers tijdens het aanvoeren van de kokers.



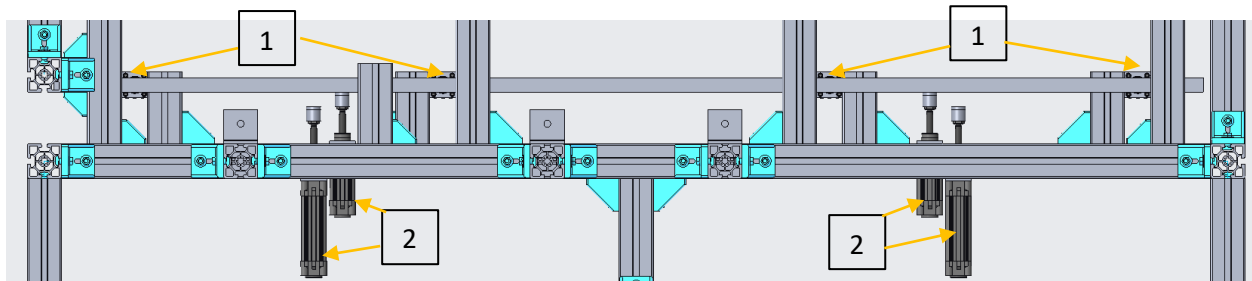
Figuur 41: Finaal ontwerp 3D aanvoer met open steunvlak om gemakkelijker kokers te laden in het magazijn

Om de kokers aan te voeren werden verschillende oplossingen bedacht. Eerst werd gebruikt gemaakt van drie kleine motoren (1 op Figuur 40) met rubberen rollers waarop de kokers rolden. Maar dit werd niet gebruikt omdat drie motoren voor veel extra complexiteit zorgden. Vervolgens werd er een aanvoer bedacht die gebruik maakte van een riem waarop de kokers lagen en zo aangevoerd werden naar de plooiemachine. Zo werd er maar één motor gebruikt waarop een tandwiel bevestigd werd. Maar hiermee moest er ook een tweede rotatiepunt voorzien worden. Hiervoor werd niet gekozen omdat de montage te complex was. Uiteindelijk is er gekozen om roller motors (Zie Sectie 5.4) te gebruiken. Dit zijn rollers met een ingebouwde motor.

In het magazijn wordt één sensor voorzien die nagaat of er nog een rechte koker klaarligt om aangevoerd te worden. Als dit niet zo is, stopt het PLC programma met het maken van de hoepels en gaat de aanvoer in een geprogrammeerde vulstand zodat het magazijn gevuld kan worden.

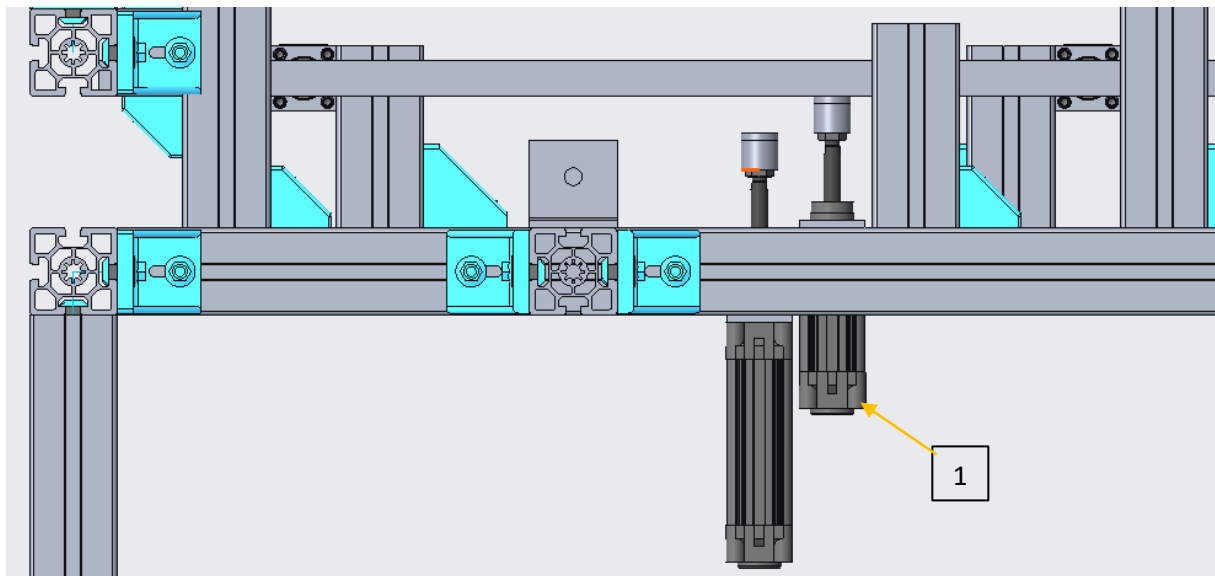
4.6. Werking aanvoer van rechte kokers

Figuur 42 toont het achteraanzicht van de aanvoer. Vier horizontaal geplaatste pneumatische cilinders (1) met een kunststof kop worden gebruikt om ervoor te zorgen dat de gehele stapel aan kokers niet verticaal kan bewegen wanneer dit niet nodig is. Er worden vervolgens twee paren van cilinders (2) gebruikt om de kokers één voor één te laten zakken op drie rollers die de kokers (Zie sectie 5.3) aanvoeren naar de plooiemachine.



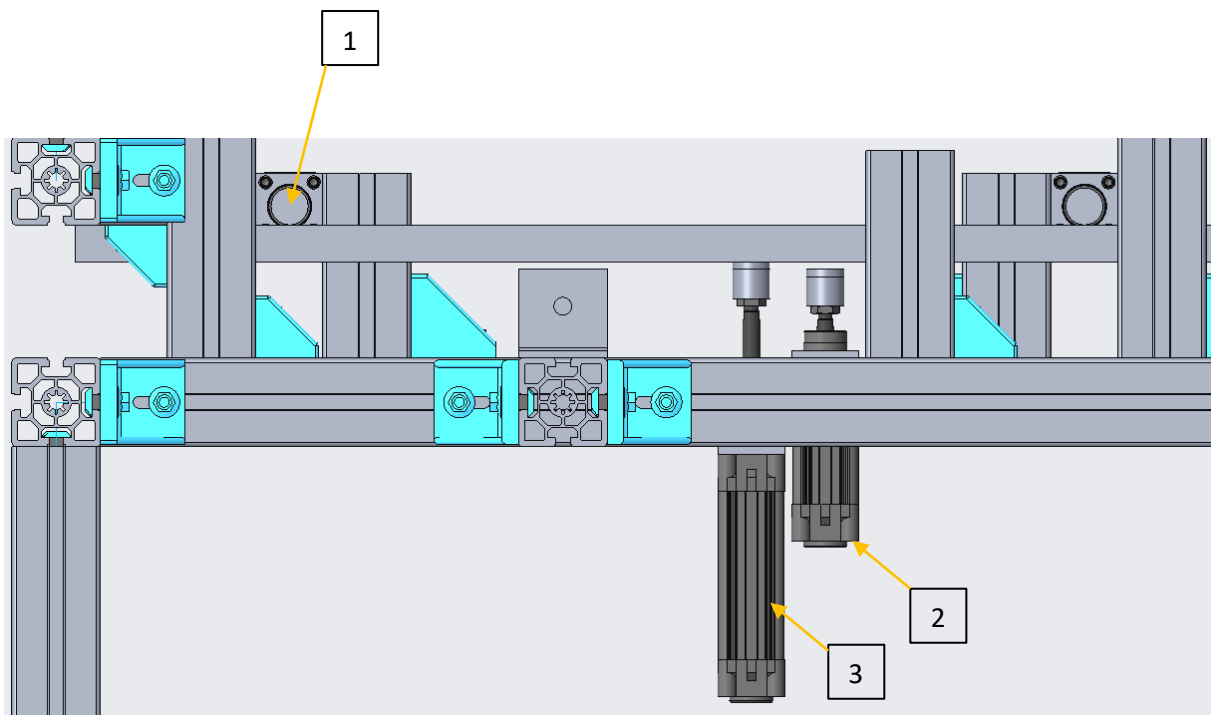
Figuur 42: Achteraanzicht aanvoer

Als er een nieuwe koker aangevoerd moet worden naar de plooiemachine worden eerst de twee paren van cilinders uitgeschoven tot de positie zoals weergegeven in Figuur 43. Deze figuur toont enkel één paar van cilinders. De stapel van kokers rust nu op de rechtse cilinder (1).



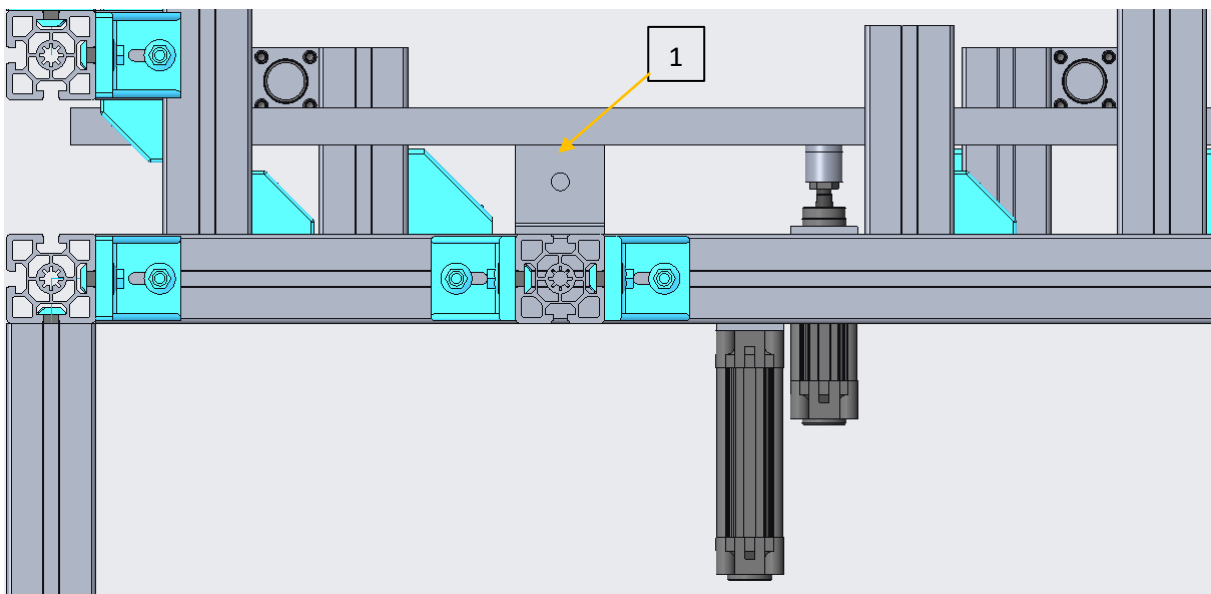
Figuur 43: twee paren cilinders uitgeschoven in aanvoer (weergave van maar één paar)

Vervolgens schuiven de vier horizontale cilinder in (1 op Figuur 44) zodat de stapel van kokers verticaal kan bewegen. De rechtse cilinder (2) zakt vervolgens zodat de stapel kokers op de linkse cilinder (3) komt te liggen. Nu kunnen de horizontale cilinders (1) weer uitschuiven om de stapel van kokers weer vast te zetten. Hierdoor is er één koker uit de stapel gehaald die aangevoerd kan worden aan de plooiemachine.



Figuur 44: Horizontale cilinders ingeschoven/ rechtse cilinder gezakt (weergave van maar één paar)

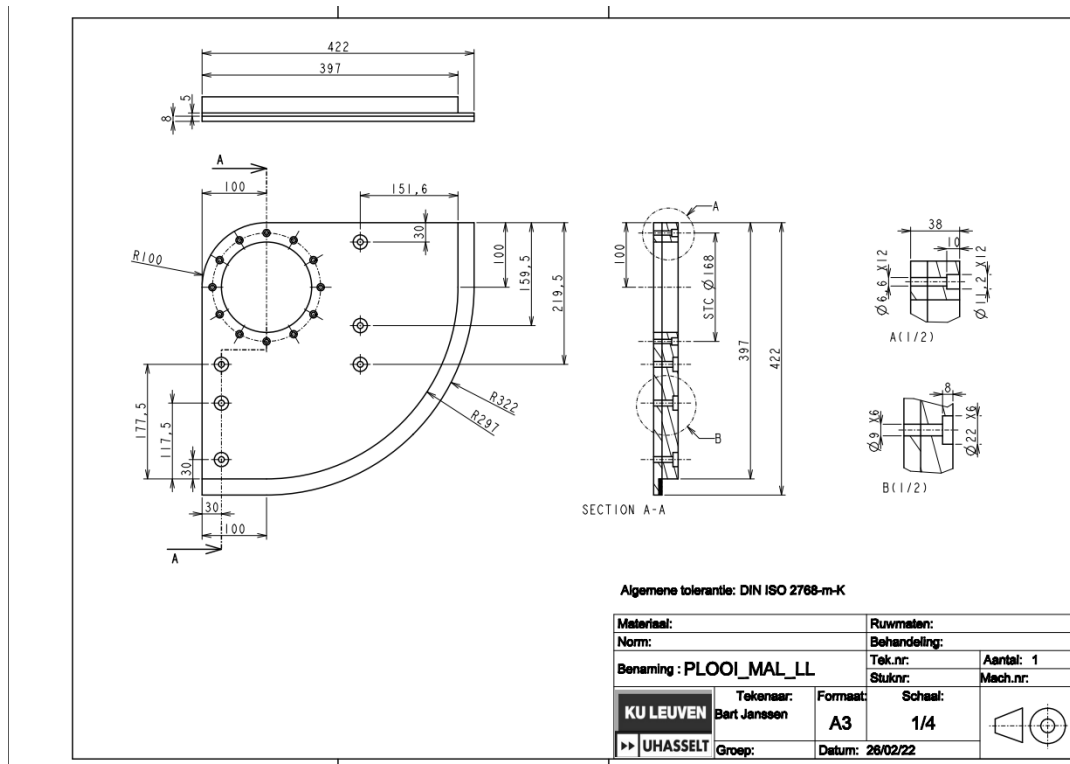
Tot slot zakt de linkse cilinder zodat de enkele koker op drie rollers (1) komt te liggen. Deze rollers voeren vervolgens de koker aan naar de plooiemachine. Dit is te zien in Figuur 45. Deze laatste zakking wordt gedaan zodat de aan te voeren koker geen contact maakt met de koker die boven zich bevindt.



Figuur 45: Rechte koker rust op drie rollers (maar één roller weergegeven op figuur)

4.7. 2D tekeningen van werkstation en stuklijst

Nadat het 3D ontwerp gemaakt was, werden de 2D tekeningen gemaakt. Van alle onderdelen die gefabriceerd moesten worden zijn er 2D tekeningen gemaakt, ook zijn er tekeningen gemaakt van het volledige frame van het werkstation. Er zijn geen samenstellingstekeningen gemaakt van het werkstation omdat dit geen extra meerwaarde leverde en omdat dit veel tijd in beslag zou nemen om te maken.



Figuur 46: 2D tekening van de linkse plooiarm waarrond een kleine bocht geplooid wordt

Van alle onderdelen die besteld moesten worden om de plooiemachine en de aanvoer te maken werd er een stuklijst gemaakt. Zie Bijlage 4 voor de gehele stuklijst.

4.8. Besluit

Door eerst een concept te maken van de plooi bewerking kon er vervolgens gemakkelijker een 3D ontwerp gemaakt worden van de plooiemachine. Er werd eerst een horizontale plooiemachine ontworpen die later aangepast werd naar een verticaal staande plooiemachine wegens plaatsgebrek. Alle uit te voeren functies door de plooiemachine werden gedetailleerd uitgewerkt en er werd een krachtenanalyse uitgevoerd op de rotatie-armen. Vervolgens werd het 3D ontwerp van de aanvoer met magazijn uitgewerkt. Om gemakkelijk toegang te krijgen tot het magazijn werd er gekozen om het magazijn schuin te zetten en een deel open te laten. Tot slot werden er 2D tekeningen gemaakt van alle belangrijke onderdelen die gefabriceerd moeten worden.

5. Aandrijving

5.1. Inleiding

In dit onderdeel worden de keuze van de motoren die in het werkstation gebruikt worden toegelicht. In het werkstation zijn er twee verschillende motoren namelijk de stappenmotor en de rollermotor. Bij de stappenmotor wordt er ook een reductiekast gekozen en bij de rollermotor nog gedreven rollers.

5.2. Bepalen van het motortype

In het werkstation worden er in totaal drie motoren gebruikt voor de aandrijving van de armen. Het type motor werd bepaald door het koppel dat nodig is om de aluminium kokers te plooiën, dit berekend moment is 520 Nm (zie Sectie 4.4.2.). Met deze waarden werd er in een catalogus van SEW gekeken, er werd voor dit merk gekozen omdat Alutra deze had aangeraden. Hieruit werd voor de PSBF622CMP71S [11] gekozen. Dit is een synchrone servomotor met een planetary gear unit (flange block shaft). De gear unit werd gekozen doordat deze hoge radiale en axiale krachten kan opvangen en een gemakkelijke installatie heeft.

Door te lange levertermijnen werd er uiteindelijk niet voor de motoren van SEW gekozen. Vervolgens werd er verder gezocht naar een geschikte motor, er werd tot slot gekozen voor een stappenmotor van leadshine. Het grote voordeel aan een stappenmotor is dat deze een nauwkeurige positionering heeft en dat deze een groot koppel kan leveren bij stilstand en bij lage toerentallen, dit zijn twee zaken die noodzakelijk zijn voor het werkstation. Figuur 47 laat de stappenmotor zien die in het werkstation gebruikt gaat worden. Dit is een LEADSHINE ES-MH342200 [12]. Deze kan een maximaal koppel van 20 Nm leveren en heeft een hoekverdraaiing van 1.2° per stap [13]. De stappenmotor maakt gebruik van een encoder om de positie van de rotor te vergelijken met de gestuurde positie.



Figuur 47: Stappenmotor die gebruikt wordt voor het aandrijven van de rotatie-armen [12]

5.3. De reductiekast

Bij deze stappenmotor is er voor de reductiekast AD140-050-P2 gekozen [14] om het geleverde koppel te verhogen. Dit is dezelfde soort reductiekast als bij SEW, maar deze reductiekast is van Apex Dynamics. De reductiekast heeft een gear ratio van 50:1, een nominaal uitgangskoppel van 650 Nm en een speling van 0.12°.

Figuur 48 geeft de reductiekast weer die in het werkstation gebruikt gaat worden. De reductiekast maakt gebruik van een flens om het koppel mee over te brengen in plaats van een as, er werd voor een flens gekozen omdat dit het monteren van een rotatie-arm gemakkelijker maakte. De flens is ook in staat om een grote radiale kracht op te vangen, dit is nodig want het plooiën genereert een buigmoment van 208 Nm (Zie Sectie 4.4.22) op de reductiekast.



Figuur 48: Reductiekast AD140-050-P2 die geplaatst wordt op de stappenmotor [14]

Bij het combineren van de motor en de reductiekast zal er moeten worden opgepast want het koppel dat de motor levert is groter dan het koppel dat de reductiekast nominaal aan kan. De reductiekast heeft een nominaal inputkoppel van 13 Nm [14]. De stappenmotor levert 20 Nm bij een stroom van 5.2 A [12]. In de drive kan een factor ingesteld worden (Zie Sectie 6.2.) die de stroom beperkt die de drive doorstuurt naar de motor, hierdoor wordt het koppel dat de motor genereert beperkt. De stappenmotor verbruikt 5.2 A om het koppel van 20Nm te bereiken. Om een koppel van 13 Nm te verkrijgen moet de motor maar 3.38 A gebruiken. Dit is dus de hoeveelheid stroom die de drive nominaal mag doorsturen naar de motor.

De factor die in de drive wordt ingesteld, wordt door de drive zelf vermenigvuldigd met de maximum stroom die de drive aan kan (6A). Om er dus voor te zorgen dat de drive maar 3.38 A doorlaat moet 6A worden vermenigvuldigd met een factor 0.563 (Formule 8).

$$Factor = \frac{3.38 A}{6A} = 0.563 = 56.3\% \quad (8)$$

5.4. Roller motor in aanvoer

Om de kokers van de aanvoer naar de plooiemachine te brengen wordt er gebruik gemaakt van een motor roller samen met gedreven rollers. Er is voor dit systeem gekozen want dit systeem kon gemakkelijk geïmplementeerd worden. In totaal wordt er één motor roller gebruikt en vier gedreven rollers. Figuur 49 geeft de motor roller weer, type 840-50. Deze motor roller kan een lading van 500N aan wat ruim voldoende is voor het werkstation. Er is gekozen voor deze motor roller omdat deze een gemakkelijke installatie heeft en goedkoper is.

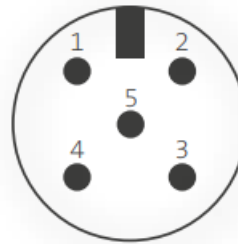


Figuur 49: Motor roller type 840-50 voor het aanvoeren van de kokers naar de plooiemachine [15]

Om de motor roller aan te drijven wordt er gebruik gemaakt van 5 pinnen. In Figuur 50 worden de pinnen weergegeven. Pin 1 wordt gebruikt voor de spanning. De motor roller maakt gebruik van 24V. Pin 2 wordt gebruikt voor de richting van de motor roller. Door hier een signaal aan te brengen kan deze motor roller naar de andere kant draaien. Pin 3 is de GND of ook wel de ground genoemd. Pin 4 is failure. Hierbij wordt een signaal verkregen wanneer er een fout is. Eén van de fout kan zijn dat de motor niet kan draaien doordat er een te zware belasting aanhangt. Pin 5 wordt gebruikt om de rotatiesnelheid van de motor roller in te stellen [15].

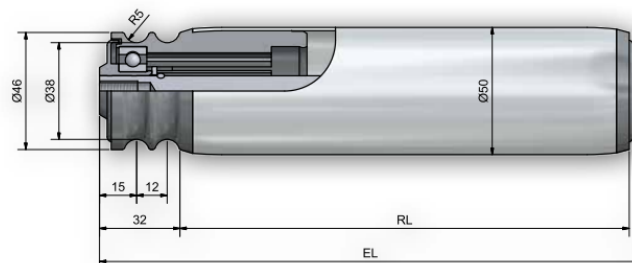
Technical Data Motor Plug

- 1 - 24 VDC
- 2 - Direction
- 3 - GND (Ground)
- 4 - Failure
- 5 - Rotation speed set value



Figuur 50: Technical data motor plug van roller motor [15]

De gedreven roller (Figuur 51) is op basis van de motor roller gekozen. Doordat de motor roller gebruik maakt van een riemoverbrenging zullen de gedreven rollers dit ook moeten hebben. De riem die gebruikt wordt is een ronde riem met een diameter van 5mm. Beide rollers zijn voorzien van twee gleuven waar de riem ingelegd kan worden. Dit wordt gedaan zodat de rollers worden aangedreven en zodat deze nog een andere rol kunnen aandrijven.



Figuur 51: Gedreven roller type 423 voor het aanvoeren van de kokers naar de plooiemachine [15]

5.5. Besluit

Aan de hand van het berekende koppel van 520 Nm werd een motor met een geschikte reductiekast bepaald. Er werd gekozen voor een stappenmotor van Leadshine omdat deze een hoog koppel hebben bij lage toerentallen en omdat deze een zeer nauwkeurige positionering hebben. Vervolgens werd er een reductiekast van Apex Dynamics gekozen met een reductieverhouding van 50:1. Door deze reductiekast wordt het uitgangskoppel van de stappenmotor (20 Nm) verhoogt tot 1000 Nm. Tot slot werden er roller motoren en gedreven rollers gekozen van Easy systems om de rechte kokers aan te voeren naar de plooiemachine.

6. Automatisatie van het werkstation

6.1. Inleiding

Om de interactie tussen mens en werkstation zo min mogelijk te houden wordt de werking van het werkstation geautomatiseerd. In dit hoofdstuk worden de volgende onderdelen besproken die nodig zijn in de automatisatie:

- Drive (Sectie 6.2.)
- PLC (Sectie 6.4.)
- Pneumatiek (Sectie 6.5.)
- Kuka robot (Sectie 6.6.)

In Sectie 6.3. worden de testen besproken die zijn uitgevoerd op de drive en de stappenmotor. Vervolgens wordt in Sectie 6.7 het PLC programma besproken en in Sectie 6.8 hoe het PLC programma moet samenwerken met een programma in de KUKA robot. Tot slot wordt in Sectie 6.9 de voeding toegelicht die nodig is voor alle onderdelen.

6.2. Aansturing stappenmotor met een motordrive

Tijdens de zoektocht naar een geschikte motor voor de plooiemachine werd er ook gezocht naar een drive die de snelheid en positie van de motor kan regelen. Er werd een afspraak met Roel Conings gemaakt om de opstelling op campus Diepenbeek te analyseren. Deze opstelling beschikte over een IGUS motor drive (Figuur 52) die een servomotor aanstuurde. Na contact opgenomen te hebben met IGUS werd de conclusie genomen dat een drive van IGUS niet geschikt was voor het werkstation, omdat deze drives alleen maar geschikt zijn voor kleine motoren met een laag vermogen.



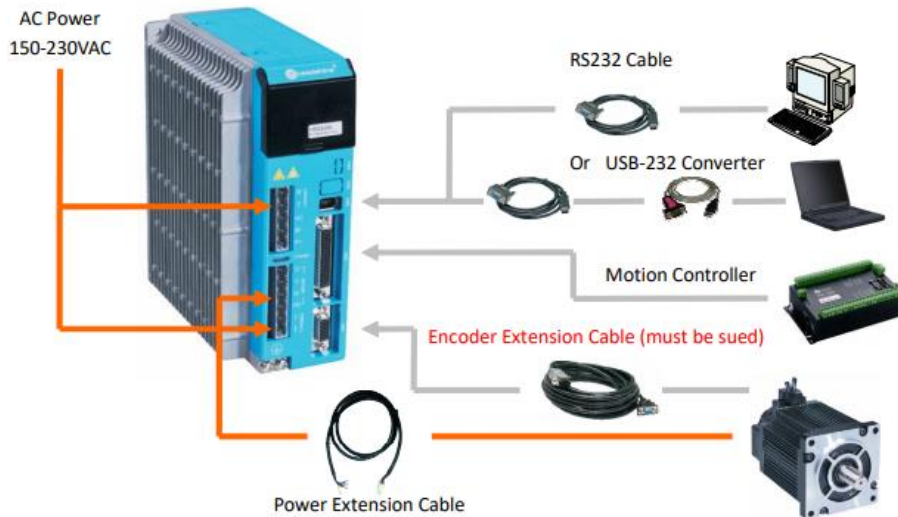
Figuur 52: IGUS motor drive die gebruikt werd op een opstelling op Campus Diepenbeek [16]

Omdat er uiteindelijk een motor van Leadshine werd gekozen, werd ook beslist om een motor drive te gebruiken van Leadshine. De drive die geschikt is om met de eerder gekozen motor te werken is de ES-DH2306 drive (Figuur 53) [17]. Deze drive beschikt over een groot aantal parameters die aangepast kunnen worden om bv. het toerental en het maximum koppel te veranderen. Deze parameters kunnen veranderd worden met de interface op de drive. Bijlage 5 geeft alle parameters van deze drive weer. Als een parameter veranderd is, kan deze opgeslagen worden in het EEPROM geheugen van de drive.



Figuur 53: Stappenmotor drive die gebruikt wordt in werkstation (ES-DH2306) [17]

Figuur 54 toont hoe de drive aangesloten moet worden. De voeding van de drive wordt in twee delen gesplitst. Eén deel van de voeding wordt gebruikt om de drive te bekrachtigen, het andere deel om de motor te bekrachtigen. Om ervoor te zorgen dat de encoder van de motor kan communiceren met de drive wordt er een encoder kabel verbonden met de drive. Vervolgens wordt er een motion controller verbonden met de drive. De motion controller zorgt ervoor dat er een puls signaal naar de drive gestuurd kan worden om de stappenmotor te laten roteren. Afhankelijk van de frequentie van het puls signaal kan het toerental van de motor geregeld worden. Tot slot kan er nog een pc via een usb kabel verbonden worden met de drive. Via deze pc kunnen dan alle parameters van de drive aangepast worden zodat men niet de interface van de drive zelf moet gebruiken.



Wiring Diagram of the ES-DH2306 and ES-MH3 series motor

Figuur 54: Aansluitdiagram van drive [18]

6.3. Motor en drive testen

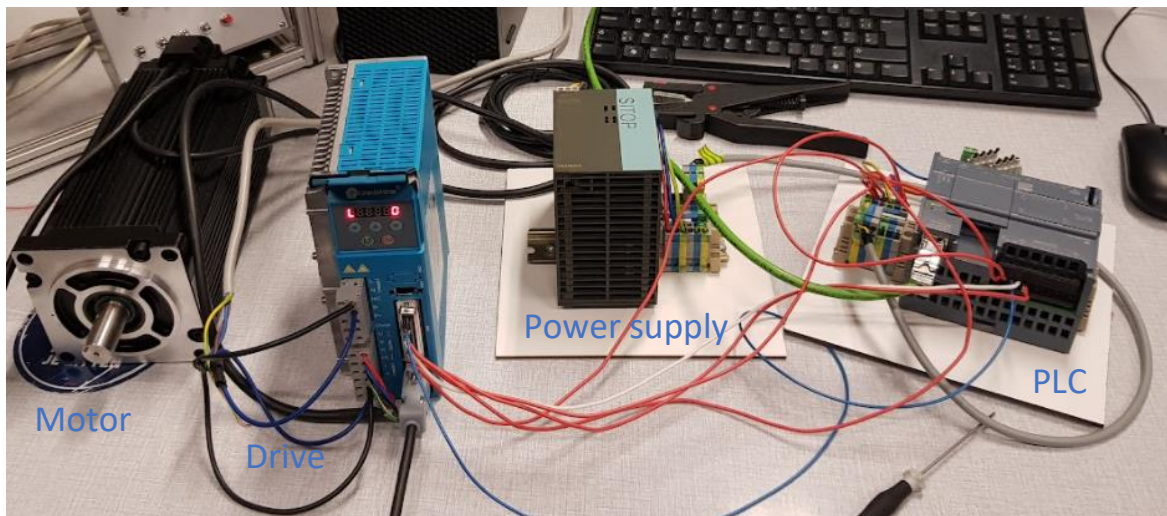
Om te bepalen hoe de drive werkt, werden er een aantal testen gedaan in een labo op school (Figuur 55). Ten eerste werden alle verbindingen gemaakt zoals aangegeven in Figuur 54. Alleen de motion controller werd in de eerste test niet verbonden. In deze eerste test werd geprobeerd de motor te laten draaien m.b.v. een ingebouwd testprogramma die in de drive zit. Dit testprogramma stuurt een puls signaal uit om de motor één toer in wijzerzin te laten draaien en vervolgens één toer in tegenwijzerzin te laten draaien. Om dit testprogramma uit te voeren werd m.b.v. de on-board display parameter 28 (motion start/stop) op 1 gezet. In eerste instantie lukte het niet om de motor te laten draaien. De motor trilde hard en maakte geluid maar de as bewoog niet. Het probleem was dat de verlengkabel van de optische incrementele encoder niet was aangesloten. Deze moet bevestigd zijn om de drive te laten werken. Nadat dit gedaan werd kon het testprogramma wel uitgevoerd worden.



Figuur 55: Eerste test om motor m.b.v. drive te laten draaien

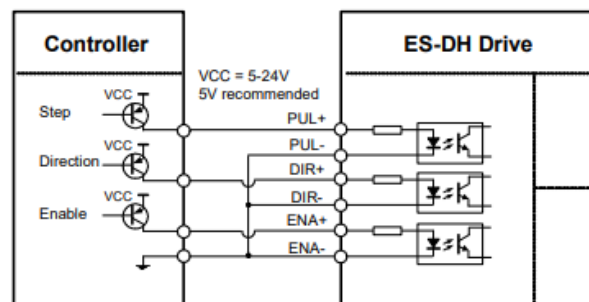
Vervolgens werd er in deze eerste test bepaald hoe het gedrag van de drive verandert als er parameters veranderd werden. Als eerste werd parameter 22 (speed) veranderd van de standaardwaarde van 60 RPM naar de snelheden die nodig zijn voor het plooiën van de hoepels. Deze verandering werkte en de werking van de motor bleef nominaal. Hierna werd parameter 23 (Move Distance) aangepast. Deze staat standaard op 100, dit geeft één rotatie weer. Als deze naar bv. 200 verandert ging de motor, als het testprogramma uitgevoerd werd twee rotaties maken i.p.v. één. Alle parameters kunnen ook m.b.v. software op PC worden aangepast. Dit werd ook geprobeerd tijdens het testen, maar dit werd al snel achterwege gelaten omdat de PC software zeer oud was en heel slecht werkte.

In een tweede test werd er een motion controller verbonden met de drive. Hiervoor werd er een Siemens S7-1200 PLC gebruikt. Figuur 56 geeft de testopstelling weer die gebruikt werd om de werking van de motion controller te testen met de drive en motor.



Figuur 56: Testopstelling om werking motion controller met drive en motor te testen

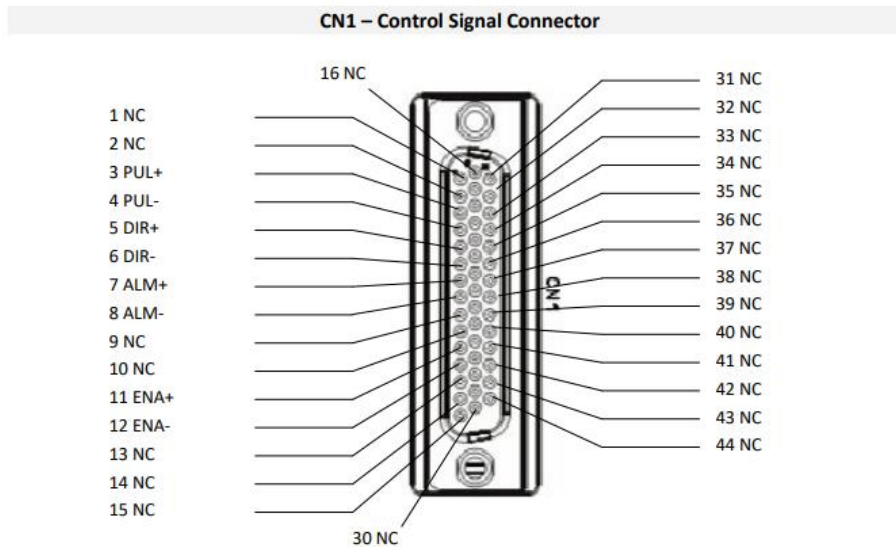
Figuur 57 toont dat er drie output signalen zijn uit de motion controller die met de drive verbonden moeten worden. Step is het puls signaal (PUL) dat nodig is om de motor te laten draaien. Met direction (DIR) kan de draairichting bepaald worden. En tot slot kan met enable (ENA) de drive aan- en uitgezet worden. Elke output van de controller heeft een + kabel die verbonden wordt met de drive maar om een gesloten circuit te hebben is er ook een – kabel. De – kabels van alle drie de outputs worden samen verbonden met de ground.



Connect ES-DH drives to the PNP (sourcing) type controllers

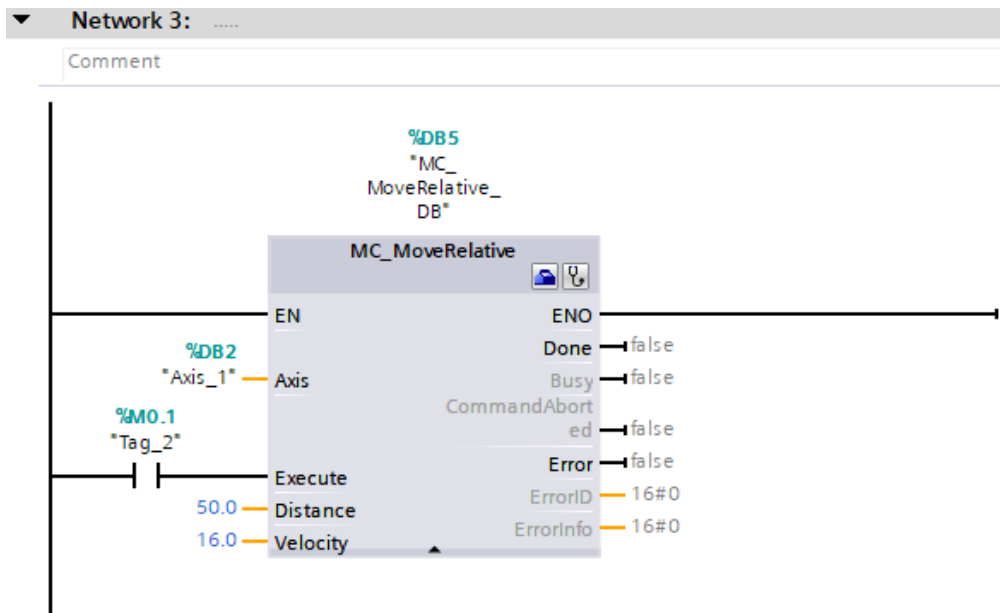
Figuur 57: Motion controller connecteren van drive [18]

De drie outputs die de PLC uitstuurt moeten verbonden worden met de drive via een 44 pin kabel. Figuur 58 geeft de pinnen weer waarop deze drie outputs verbonden worden. Bij de drive was geen kabel voorzien maar wel een 44 pin connector. De zes nodige kabels (+ en -) werden zelf gesoldeerd op deze connector. NC staat voor no connection. De drie negatieve kabels werden samengebonden en vervolgens verbonden met de negatieve kabel van de power supply.



Figuur 58: 44 pin connector met plaats waar signaal kabels moeten komen [13]

Nadat alle nodige connecties werden gemaakt tussen de drive, motor en PLC werd er getest hoe de PLC de motor kon aansturen m.b.v. de drive. Er werd een test programma geschreven in de software van de PLC (Zie Sectie 6.7) die een puls signaal uitstuurt naar de drive. Dit puls signaal werd geactiveerd door een schakelaar die op de PLC aanwezig was. Ook werd er één signaal voorzien die aangestuurd werd door een tweede schakelaar. Deze werd gebruikt om de draairichting te veranderen. Om het puls signaal te genereren werd er gebruik gemaakt van een functie die speciaal gemaakt is om stappenmotoren met een drive aan te sturen (Figuur 59). Dit programma werd getest en er werd geconcludeerd dat deze functie werkt en dat de draairichting van de motor ook veranderd kan worden met de PLC.



Figuur 59: Speciale functie om stappenmotoren met drive aan te sturen (MoveRelative)

6.4. Keuze van PLC

6.4.1. LOGO! PLC

Om de stappenmotor aan te sturen werd de keuze gemaakt om een plc te gebruiken als motion controller. Deze plc gaat verder ook gebruikt worden om pneumatische cilinders aan te sturen en om te communiceren met de Kuka-robot. Vanuit Alutra werd de vraag gesteld of een Siemens LOGO! plc gebruikt kon worden in het werkstation. Dit omdat het bedrijf al eerder gewerkt heeft met dit soort plc's. Na communicatie met de leverancier van de plc's (Siemens) en een leerkracht op school werd er vastgesteld dat de LOGO! plc niet gebruikt kan worden in het werkstation, omdat de uitgang van de LOGO! plc maar een maximum frequentie kan hebben van 10Hz [19]. De drive van de stappenmotor heeft minimum tweehonderd pulsen nodig om één rotatie te maken. Met de frequentie van 10Hz zou het 20 seconden duren om één rotatie te maken, dit duurt veel te lang voor onze toepassing.

6.4.2. Siemens S7 PLC

Uiteindelijk is de keuze gemaakt voor een Siemens S7-1200 plc [20] die ook gebruikt is geweest tijdens het testen van de motor en drive. De S7-1200 is een iets ouder model uit de line-up van Siemens maar het heeft alle functionaliteit die nodig is voor het werkstation. De nieuwste plc van Siemens is de S7-1500 [21], deze is drie keer zo duur en heeft een drie keer langere levertijd dan de S7-1200. Deze plc wordt gebruikt in zeer grote toepassingen met veel in- en uitgangen, hierdoor is er niet gekozen voor de S7-1500. Het voordeel dat de S7-1500 heeft is dat met deze plc sequentieel geprogrammeerd kan worden, met de S7-1200 kan alleen in ladder geprogrammeerd worden. Dit is een moeilijkere manier van programmeren als er met een stappenplan gewerkt wordt (Zie Sectie 6.7.). Samen met Siemens werd er vervolgens een keuze gemaakt van welke PLC en extra's er precies nodig zijn voor het werkstation. Voor de CPU kon een S7-1212c of een S7-1214C gekozen worden. De 1214 is een beetje duurder dan de 1212 maar heeft wel een lagere schakeltijd. Hierdoor werd er voor de S7-1214c CPU gekozen. Deze heeft 14 ingangen en 10 uitgangen. Om het volledige werkstation aan te sturen zijn er 14 ingangen en 23 uitgangen nodig. Hierdoor werd er gekozen om een 6ES7222 [22] uitbreidingskaart toe te voegen. Deze heeft 16 extra ingangen. In Bijlage 6 staat de orderlijst die samen met Siemens is opgesteld.

6.5. Pneumatische onderdelen

6.5.1. Cilinders

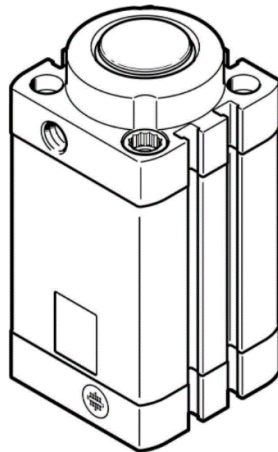
In de aanvoer worden er verschillende pneumatische cilinders gebruikt om de kokers te laten zakken en vast te klemmen. In de plooiemachine worden deze gebruikt om de kokers vast te klemmen en om de koker te doen stoppen op de juiste plaats. Het soort normcilinder dat gebruikt wordt in het werkstation is een DNC van Festo. Figuur 60 geeft een DNC-32-30-PPV-A weer. Dit is een normcilinder met een zuigerdiameter van 32 mm en een slag van 30 mm [23]. De werking van deze normcilinder is dubbelwerkend. Dit betekent dat deze normcilinder wordt aangevoerd met perslucht aan twee kanten om in/uit te gaan.

De keuze van de normcilinders is afhankelijk van de slag die nodig is. In het werkstation worden er normcilinders gebruikt die een slag hebben van 20, 25, 30, 70 en 80 mm. Deze normcilinders hebben wel dezelfde zuigerdiameter.



Figuur 60: Normcilinder DNC-32-30-PPV-A die gebruikt wordt in het werkstation [23]

Naast de normcilinder wordt er ook gebruik gemaakt van een stopper. Het soort stopper dat gebruikt wordt is een DFSP-40-30-DS-PA (Figuur 61). Dit is een stopper met een zuigerdiameter van 40 mm en een slag van 30 mm [24]. De keuze van deze slag was afhankelijk van de plooiarm. Op het moment dat de plooiarm de stopper voorbijgaat mogen deze twee onderdelen niet in contact komen. Hiervoor moest de stopper een minimale slag hebben van 30 mm zodat de stopper zo ver mogelijk naar achter gezet kon worden. De werking van deze stopper is hetzelfde als die van de normcilinder.



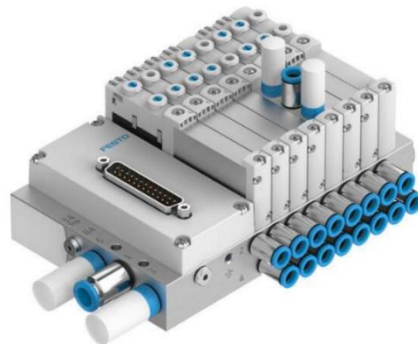
Figuur 61: Stopper DFSP-40-30-DS-PA die gebruikt wordt in het werkstation [24]

6.5.2. Ventielen

Om de cilinders aan te sturen zal er gebruik gemaakt worden van een ventiel. Er was de keuze om losse ventielen te gebruiken en deze samen te voegen of om een ventieleiland te gebruiken. De losse ventielen worden op twee basisplaten gemonteerd terwijl het ventieleiland maar één basisplaat nodig heeft. Bij de losse ventielen heeft elk ventiel een aparte verbindingkabel nodig. Het ventieleiland maakt daarentegen gebruik van een multipool om de ventielen aan te sturen. Hierbij zijn het aantal kabels beperkt. De sturing bij het ventieleiland zit geïntegreerd in het eiland.

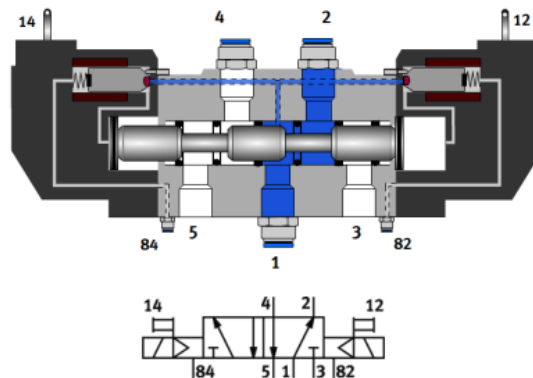
Er is gekozen om het ventieleiland te gebruiken. Dit is gemakkelijker te integreren in het werkstation. Ook is deze goedkoper want er wordt maar één onderdeel gekocht terwijl er anders 16 ventielen en de benodigde verbindingkabels gekocht moet worden. De gekozen

ventieleiland is een VTUG-14-MSDR-S1T-25V20-Q10-U-Q6S-8J (Figuur 62). Dit is een bistabiel ventiel. Hierdoor zullen er bij de multipool 24 pinnen worden gebruikt. Elk ventiel heeft twee pinnen [25].



Figuur 62: Ventieleiland: VTUG-14-MSDR-S1T-25V20-Q10-U-Q6S-8J [25]

Figuur 63 geeft een doorsnede van een bistabiel ventiel weer. De werking van een bistabiel ventiel gaat als volgt. De perslucht komt aan via ingang 1. Wanneer 14 een elektrisch signaal binnen krijgt zal deze ervoor zorgen dat de schacht naar rechts verplaatst. Hierdoor zal er perslucht stromen van 1 naar 4. De resterende lucht die nog in de cilinder zit kan dan via 2 eruit gaan naar 3. Als het signaal weg valt bij 14 zal deze schacht in dezelfde positie blijven totdat 12 een elektrisch signaal binnen krijgt. Vanaf dat moment zal de perslucht van 1 naar 2 gaan en zal de resterende lucht die nog in de cilinder zit van 4 naar 5 gaan.



Figuur 63: Werking van een bistabiel ventiel [26]

Bijlage 7 geeft een orderlijst weer die samen met Festo is opgesteld voor alle onderdelen die nodig zijn in het werkstation.

6.6. KUKA-robot

De KUKA robot (Figuur 64) die in de robotcel gebruikt wordt is een KR120 voorzien van een freeskop. Deze robot kan met behulp van software geprogrammeerd worden om bepaalde taken uit te voeren. De taken die de robot moet uitvoeren bij het ontworpen werkstation is het frezen van de gaten in de geploide hoepel en het uitnemen van de hoepels uit de plooiemachine om ze vervolgens af te voeren. De robot communiceert met de PLC via simpele in- en uitgangen. De PLC stuurt een signaal naar de robot als deze klaar is met plooiën. Met dit inkomend signaal activeert de robot vervolgens een programma om de gaten te frezen in

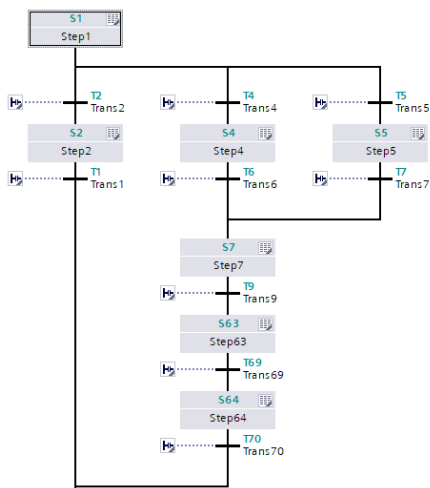
de hoepels. Als de robot hiermee klaar is stuurt deze een signaal terug naar de PLC. Dit signaal gebruikt de PLC dan om verder te gaan met zijn programma (Zie Sectie 6.7).



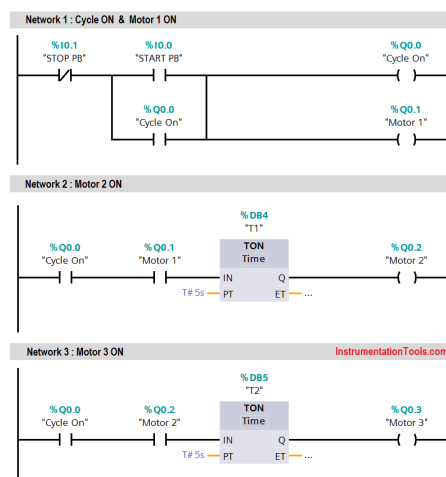
Figuur 64: Kuka-robot in robotcel

6.7. PLC programma voor de robotcel

Het PLC programma dat nodig is voor de automatisering van de plooiemachine en aanvoer wordt zoals eerder besproken geschreven via de ladder methode. Het is mogelijk om een sequentieel programma te schrijven in ladder formaat. Dit vergt echter veel meer werk en is veel moeilijker. Figuur 65 toont een voorbeeld van sequentiële programmatie en Figuur 66 van ladder programmatie. Het programma werd geschreven met behulp van de software Tia Portal V16.



Figuur 65: Sequentiële programmatie

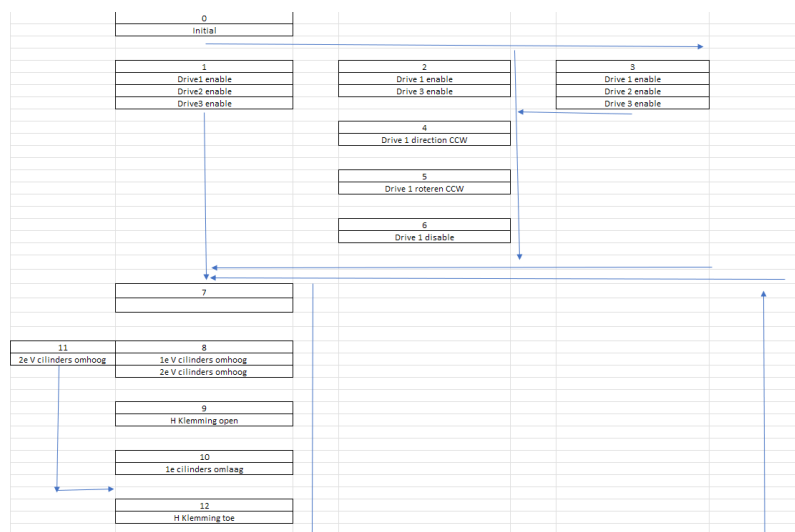


Figuur 66: Ladder programmatie

Bij sequentiële programmatie worden alle stappen die uitgevoerd moeten worden in serie of parallel gezet. Deze stappen worden vervolgens verbonden door voorwaarden. Als een stap bezig is kijkt het programma naar de voorwaarden om naar de volgende stap te gaan. Als deze voorwaarden voldaan zijn wordt de volgende stap actief en de vorige stap wordt op non-actief gezet. Bij ladder programmatie kan dit principe ook worden toegepast maar moet dit op een

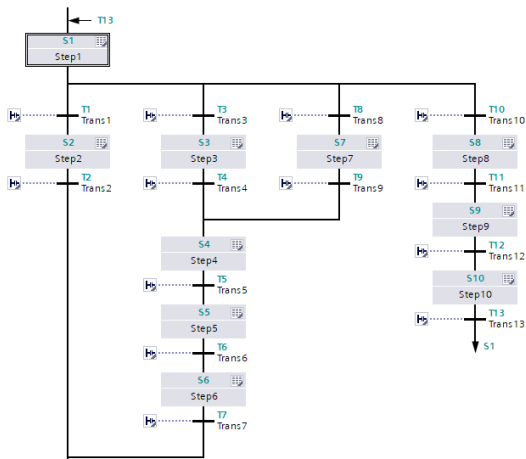
andere, minder overzichtelijke manier gemaakt worden. Ladder werkt volgens het principe van AND en OR schakelingen waarmee uitgangen aangestuurd worden.

In een eerste stap om het nodige PLC programma te schrijven werd er eerst een sequentieel programma gemaakt in Excel. Dit werd gedaan om een overzicht te krijgen van welke stappen uitgevoerd moesten worden en welke voorwaarden nodig zijn om naar de volgende stap te gaan. Figuur 67 geeft een voorbeeld weer van het stappenplan dat werd gemaakt in Excel. In totaal zijn er vijftien stappen in het programma. Vervolgens werd dit stappenplan nagemaakt Tia portal om het overzicht van de stappen te verduidelijken (zie Figuur 63), deze stappen waren hierin niet geprogrammeerd. In Bijlage 8 staat het volledige stappenplan dat in Excel werd gemaakt.

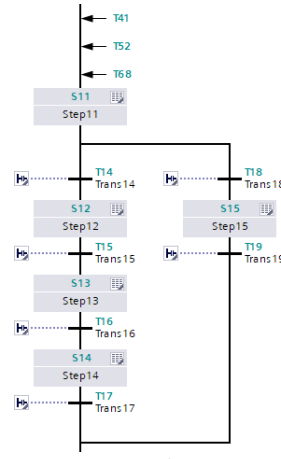


Figuur 67: Sequentieel programma gemaakt in Excel

Als het PLC-programma opgestart wordt moet er door de operator gekeken worden of alle drie de rotatie-armen in hun correcte nulpositie staan. Als dit niet zo is moet de operator op een reset knop drukken om de rotatie-armen terug naar hun nul positie te brengen (Stappen 8-10 in Figuur 68). Als de rotatie-armen in hun correcte positie staan kan er met het maken van de hoepels begonnen worden. De operator kiest via de interface van de KUKA robot welke soort hoepel geplooid moet worden en drukt vervolgens op start. Als de 1^{ste} soort hoepel (zie Sectie 1) gekozen wordt, worden alle drie de rotatie-armen gebruikt om de hoepel te maken. Hierdoor wordt in stap twee alle drie de drives geactiveerd. Voor de 2^{de} en 3^{de} soort hoepel is de linkse kleine rotatie-arm niet nodig. Hierdoor wordt deze in stappen 3 tot 7 weg gerotereerd naar een positie waar deze niet in de weg staat. Als al deze stappen doorlopen zijn kan begonnen worden aan het effectieve programma om de hoepels te maken. Stappen 11 tot 19 beschrijven de aanvoer van de hoepel naar de plooiemachine (Figuur 69). Deze stappen zijn voor alle soorten hoepels hetzelfde.

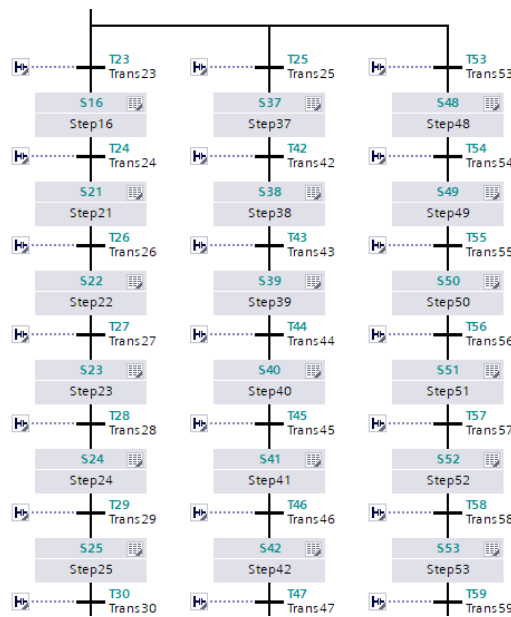


Figuur 68: Sequentieel programma deel 1



Figuur 69: Sequentieel programma deel 2

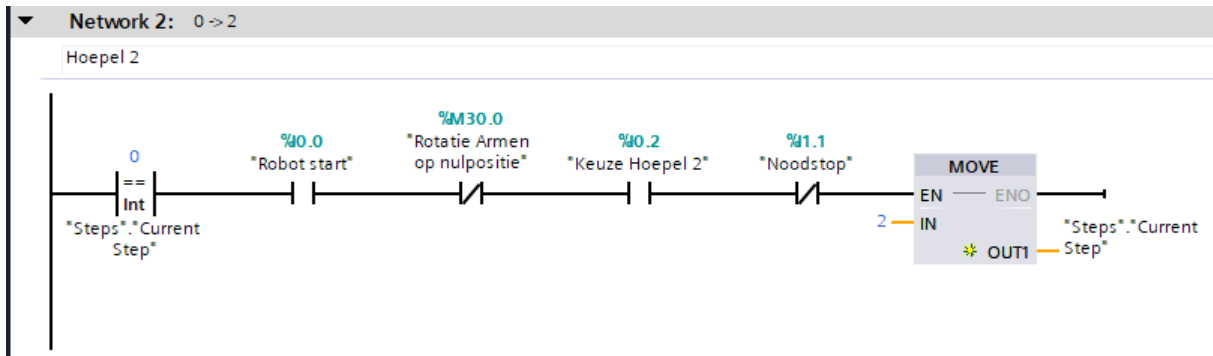
Als de kokers in de plooiemachine aankomen hebben ze elk hun eigen stappen en voorwaarden om de gekozen hoepel te plooiën. Figuur 70 geeft deze opsplitsing weer. Nadat een soort hoepel volledig gemaakt is en afgevoerd is wordt er teruggegaan naar stap 11 om opnieuw een hoepel aan te voeren.



Figuur 70: Sequentieel programma deel 3

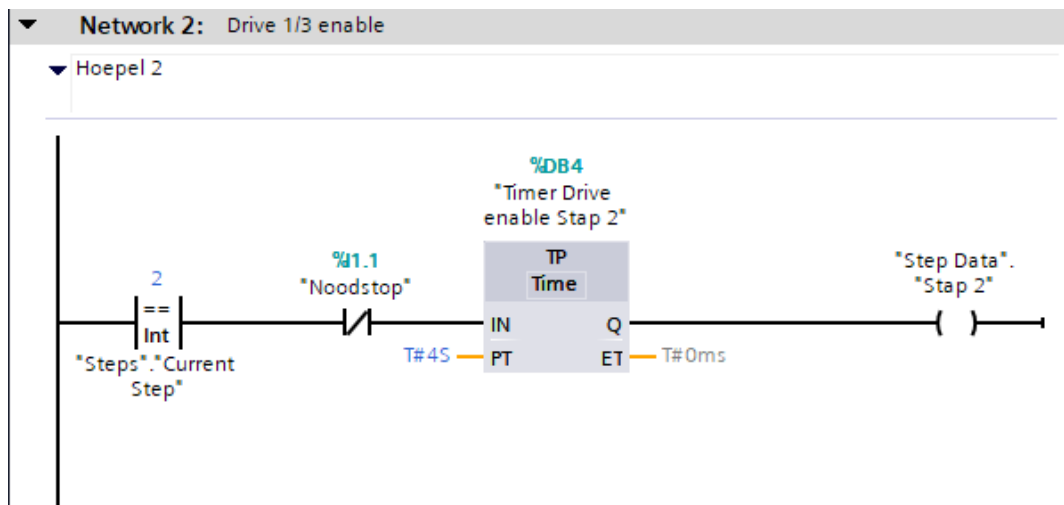
Als de noodstop wordt ingedrukt of als de stroom uitvalt tijdens de werking van het werkstation worden alle acties stilgelegd. In het programma is voorzien dat als dit gebeurt het programma terug naar stap 0 gaat. Dit omdat de rotatie-armen nu waarschijnlijk in een foute positie staan en terug goed moeten gezet worden door het reset programma.

Figuur 71 geeft een voorbeeld weer van hoe de voorwaarden om door te gaan naar een volgende stap geïmplementeerd werden via de ladder methode. Er wordt eerst gekeken of de vorige stap actief is. Als vervolgens alle voorwaarden om door te gaan naar de volgende stap bereikt zijn wordt de volgende stap als huidige stap gezet. In dit voorbeeld wordt er gekeken of stap nul actief is. Als alle voorwaarden voldaan zijn wordt er overgegaan naar stap twee.



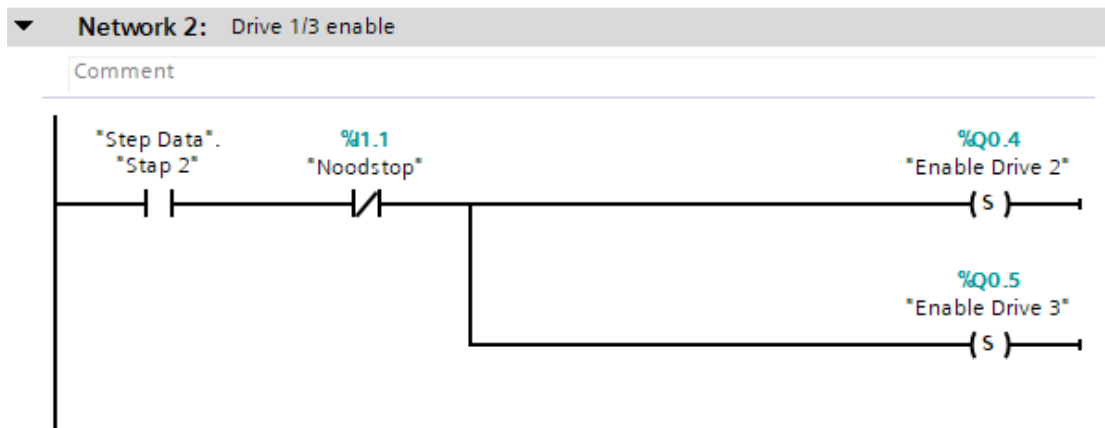
Figuur 71: Voorwaarden om van één stap naar een volgende te gaan (Step definition)

Als een bepaalde stap op actief wordt gezet gebeuren er twee dingen. Er wordt een timer geactiveerd en er wordt een merker geactiveerd. Voor bepaalde acties, zoals het uitschuiven van cilinders is er geen manier voorzien om te controleren of dit volstaan is. Daarom wordt er hiervoor een timer geactiveerd die de duur van een stap beschrijft. Als deze timer is uitgelopen mag er pas overgegaan worden naar een volgende stap. In het programma zijn voor deze stappen waar een timer staat geen exacte waarden ingevuld voor de tijd. Dit omdat de exacte tijd die een bepaalde stap nodig heeft experimenteel bepaald moet worden als de gehele machine klaar is. Daarom is er in eerste instantie een schatting van de nodige tijd voor een stap ingevuld. Figuur 72 geeft een voorbeeld weer van stap 2 die in Figuur 71 geactiveerd werd. De merker die geactiveerd wordt, wordt in een volgende stap gebruikt om de uitgangen van de PLC te regelen.



Figuur 72: Timer en merker activeren voor een bepaalde stap (Step execution)

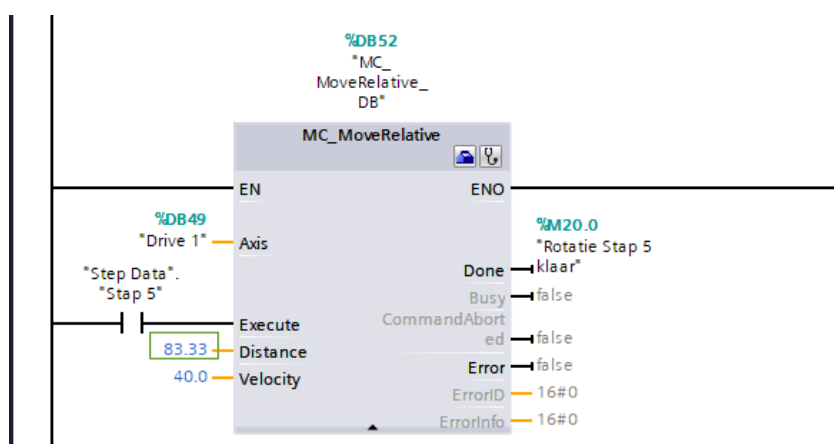
Tot slot wordt de eerder geactiveerde merker gebruikt om de nodige uitgangen die bij een bepaalde stap horen te zetten of te resetten. Als een uitgang geset wordt, wordt deze uitgang hoog (aan) gemaakt. Bij een reset wordt deze terug laag (uit) gemaakt. Figuur 73 geeft een voorbeeld weer voor stap 2.



Figuur 73: Outputs setten of resetten voor een bepaalde stap

Om de motoren correct te laten draaien werd er gebruik gemaakt van een functie die speciaal gemaakt is voor stappenmotoren die aangestuurd worden door een drive. Deze functie noemt MoveRelative. Figuur 74 geeft een voorbeeld weer van de MoveRelative functie voor stap 5. Als de stap waarin een motor moet draaien actief wordt gemaakt, wordt deze functie ook opgestart. In deze functie kan beschreven worden hoeveel toeren de motor moet draaien tegen welke snelheid. Als de functie klaar is geeft deze een signaal uit. Dit signaal kan vervolgens gebruikt worden als voorwaarde om over te gaan naar een volgende stap. In het PLC-programma werd ook gebruik gemaakt van de functie MoveVelocity. Deze is gelijkaardig aan MoveRelative, In deze functie wordt alleen het toerental opgegeven. Deze functie werd gebruikt als de rotatie-armen moesten draaien tot deze een sensor actief maakte. De waarden voor het aantal rotaties en de snelheid van verschillende stappen zijn wiskundig bepaald. Deze waarden gaan hoogstwaarschijnlijk nog aangepast moeten worden naar de werking in realiteit van het werkstation.

Het voorbeeld dat in Figuur 74 staat heeft een distance van 83.33. Voor deze stap moet een motor 60 graden draaien. Aangezien er een reductiekast wordt gebruikt met een overbrengingsverhouding van 50, moet de motor 3000 graden draaien. Omgerekend naar toeren (delen door 360 graden) is dit 8.333 toeren. Om deze waarde in te vullen in het PLC-programma moet deze waarde nog maal 10 gedaan worden.



Figuur 74: MoveRelative functie om stappenmotor aan te sturen

Met behulp van PLCSim werd het geschreven PLC-programma getest. Met PLCSim kunnen alle ingangen gestuurd worden die gebruikt worden en kunnen de uitgangen uitgelezen worden. Om de werking van het totale programma te valideren werd elke stap één voor één getest op hun werking. Ook werden de voorwaarden om naar een volgende stap te gaan grondig getest.

Tabel 6 geeft een overzicht weer van alle in- en uitgangen die gebruikt worden door de PLC.

Tabel 6: overzicht van alle in- en uitgangen voor de PLC

| In (%I) | Uit (%Q) |
|-----------------|-----------------------|
| Start | Pulse 1 |
| Keuze hoepel 1 | Pulse 2 |
| Keuze hoepel 2 | Pulse 3 |
| Keuze hoepel 3 | Enable 1 |
| Sensor magazijn | Enable 2 |
| Sensor hoepel 1 | Enable 3 |
| Sensor hoepel 2 | Direction 1 |
| Nulpuntsensor 1 | Direction 2 |
| Nulpuntsensor 2 | Direction 3 |
| Nulpuntsensor 3 | V Cilinders aanvoer 1 |
| Noodstop | V Cilinders aanvoer 2 |
| Frezen klaar | H cilinders aanvoer |
| Afvoer klaar | Roller motor |
| Reset knop | Stopper |
| | Klemming L |
| | Klemming R |
| | Pin L |
| | Pin R |
| | Scharnier klemming |
| | Frezen hoepel 1 |
| | Frezen hoepel 2 |
| | Frezen hoepel 3 |
| | Afvoer hoepel |
| Totaal: | Totaal: |
| 14 | 23 |

Omdat het PLC-programma vrij moeilijk is om te begrijpen werd er een handleiding gemaakt hoe Alutra met het programma moet werken en hoe de nodige waarden aangepast kunnen worden. Deze handleiding is toegevoegd als Bijlage 9. Ook werd er zo veel mogelijk documentatie voorzien in het PLC programma om alle stappen en functies zo goed mogelijk te verduidelijken.

6.8. KUKA robot programmatie

Zoals vermeld in Sectie 6.6 communiceren de PLC en de KUKA robot via in- en uitgangen met elkaar. Om de KUKA robot te integreren in de automatisatie van het werkstation moet deze geprogrammeerd worden. In deze masterproef is de programmatie van de KUKA robot niet gebeurd. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van welke acties de robot moet uitvoeren en met welke in- en uitgangen van de PLC de robot moet communiceren.

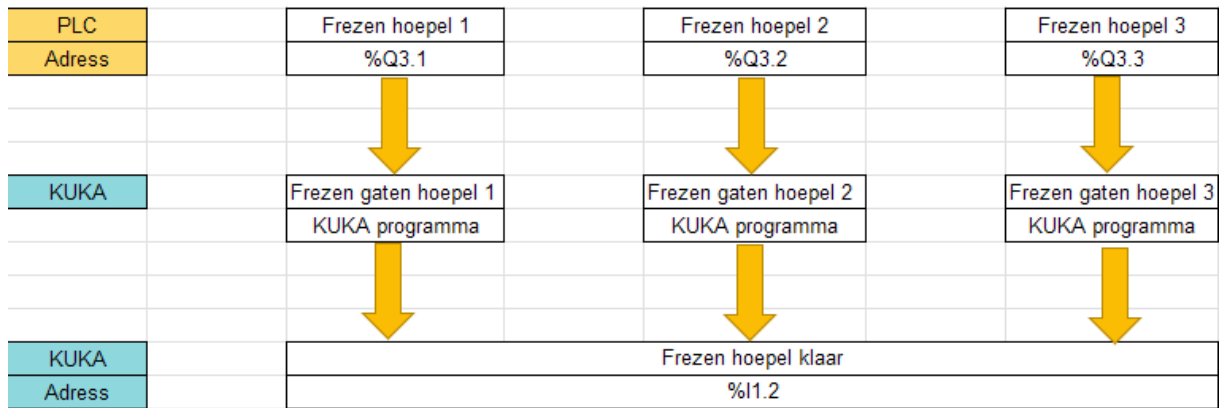
Als deze robot een bepaald signaal krijgt van de output van de PLC moet deze een bepaalde opdracht uitvoeren. Als deze opdracht vervolgens klaar is moet de robot dit laten weten via een signaal naar de input van de PLC. De KUKA robot beschikt over een interface waarmee gewerkt kan worden om het soort hoepels te kiezen dat geplooid moet worden en om het werkstation te starten of te stoppen.

Als het werkstation wordt opgestart begint het PLC-programma natuurlijk niet meteen te lopen. Er moet eerst een keuze gemaakt worden via de interface van de KUKA robot door een operator welke soort hoepel geplooid moet worden. Deze keuze wordt via een uitgang van de KUKA robot naar een ingang van de PLC gebracht (%I0.1/ %I0.2/ %I0.3). Als deze keuze gemaakt is moet de operator op een startknop drukken om het PLC programma te starten. Deze actie stuurt vervolgens een signaal naar de input %I0.0 van de PLC. Figuur 75 geeft een voorstelling weer van de verschillende inputs van de PLC die de KUKA robot moet aansturen om de automatische werking van het werkstation te starten.

| | | | | | | |
|--------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
| KUKA | | Keuze hoepel 1 | | Keuze hoepel 2 | | Keuze hoepel 3 |
| Adress | | %I0.1 | | %I0.2 | | %I0.3 |
| | | ↓ | | ↓ | | ↓ |
| KUKA | | Robot start | | | | |
| Adress | | %I0.0 | | | | |

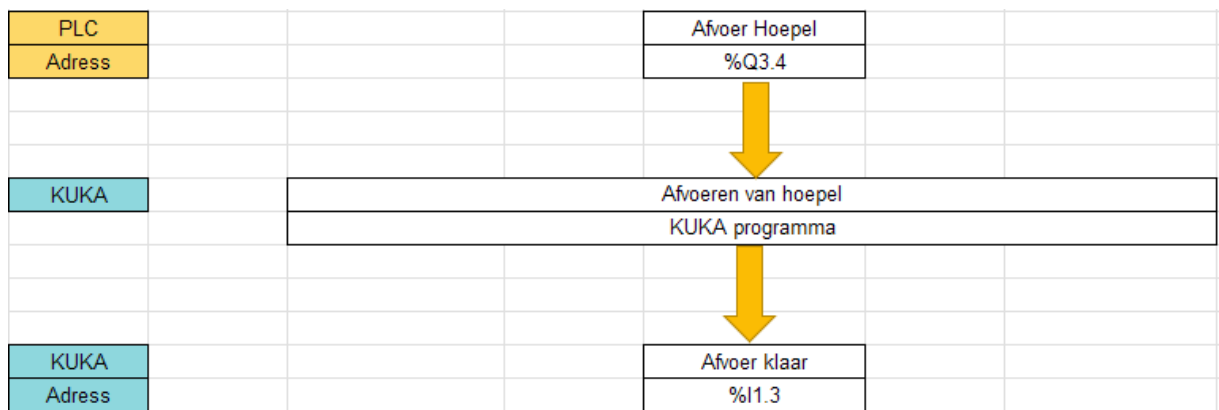
Figuur 75: Kuka robot in- en outputs start programma

Figuur 76 geeft weer wat er moet gebeuren als de hoepels gefreesd moeten worden. Als het PLC programma in een stap terecht komt waar een bepaalde hoepel gefreesd moet worden maakt deze de uitgangen %Q3.1, %Q3.2 of %Q3.3 hoog. Deze output van de PLC wordt naar de KUKA robot gestuurd. Als de robot dit signaal krijgt moet hij afhankelijk van welke hoepel geselecteerd is de nodige gaten frezen. Na het uitvoeren van de freesbewerking stuurt de robot een signaal terug naar een input van de PLC (%I1.3). Met dit signaal weet het PLC-programma dat het mag verder gaan met de volgende stappen.



Figuur 76: Kuka robot in- en outputs frezen van gaten

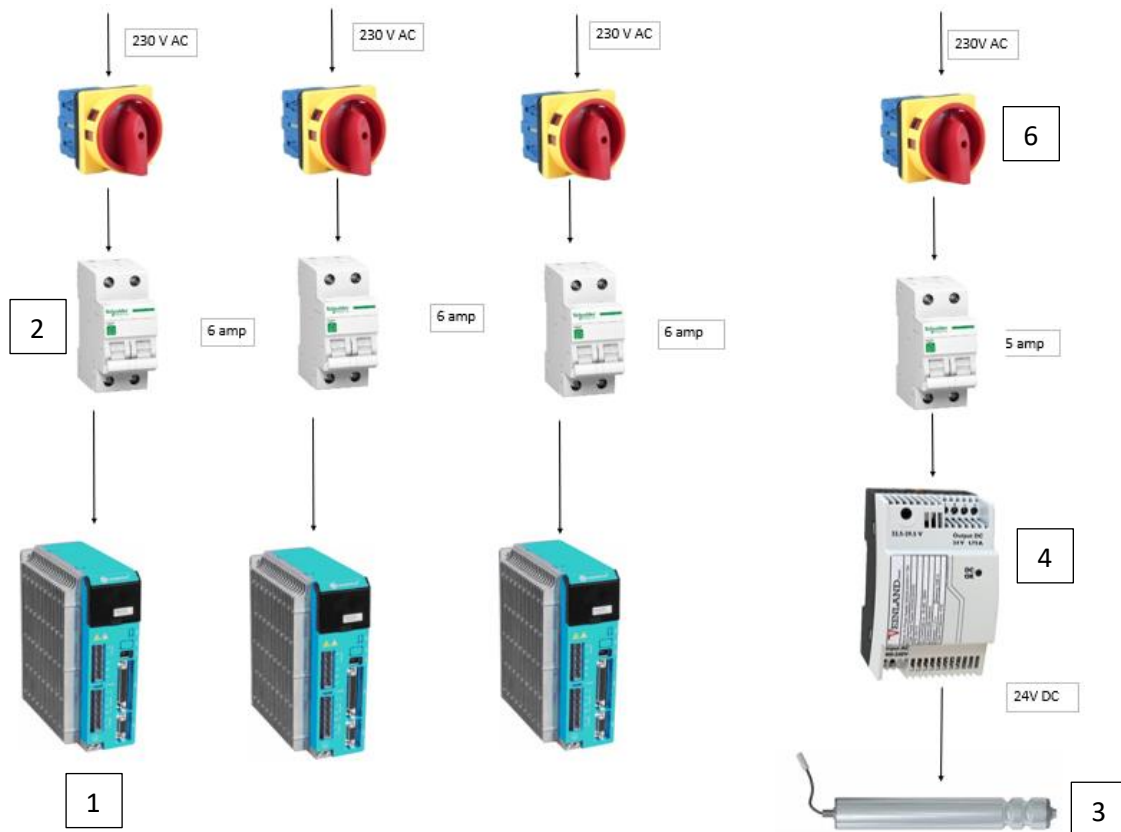
Als alle bewerkingen zijn uitgevoerd door het werkstation worden de hoepels afgevoerd door de KUKA robot. Het PLC programma stuurt een signaal via zijn output (%Q3.4) naar een ingang van de robot. Deze voert vervolgens een afvoerfunctie uit. Als deze functie is uitgevoerd stuurt de robot een signaal terug naar een ingang van de PLC (%I1.3). Met dit signaal weet het PLC programma dat de hoepel is afgevoerd en dat er een nieuwe hoepel gemaakt mag worden. Figuur 77 geeft dit schematisch weer.



Figuur 77: Kuka robot in- en outputs afvoer

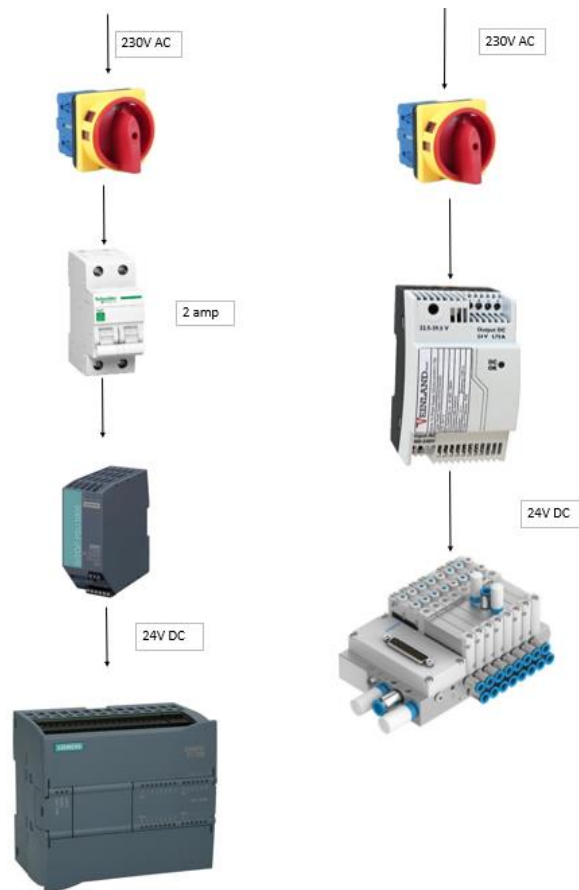
6.9 Vermogen voedingen voor onderdelen

Om de stappenmotoren aan te sturen zijn er drie drives nodig, deze hebben elk een voeding van 230 V AC nodig. De maximum stroom die naar de drives (1) mag vloeien is 6 ampère. Om ervoor te zorgen dat er nooit te veel stroom kan vloeien naar de drives wordt er een zekering (2) voor elke drive voorzien van 6 ampère. Elke drive heeft ook een ingebouwde overstroom- en overspanningsbeveiliging [18]. De roller motor (3) heeft een voeding nodig van 24 V DC. Hiervoor moet eerst een voeding van 230 V AC omgezet worden met een omvormer (4) naar de nodige 24 V DC. Deze roller motor mag een maximum stroom van 5 ampère trekken. Hiervoor wordt er een zekering voorzien van 5 ampère. Voor elke zekering wordt er ook een schakelaar (6) voorzien om alle onderdelen uit of aan te zetten. Figuur 78 geeft een overzicht weer van de nodige voedingen voor de drives en rolermotor.



Figuur 78: Voeding voor drives en roller motor met zekering en schakelaar

Figuur 79 geeft vervolgens nog de voeding weer voor de PLC en het ventieleiland. Ook de PLC heeft een voeding nodig van 24 V DC. De maximum input stroom die naar deze PLC mag gaan is 2 ampère. Tot slot heeft het ventieleiland ook een voeding nodig van 24 V DC. Voor dit ventieleiland werd er geen maximum stroom gevonden die het mag trekken.



Figuur 79: Voeding voor PLC en ventieleiland met zekering en schakelaar

6.10. Besluit

Voor de automatisering van het werkstation zijn er verschillende onderdelen nodig. Het eerste onderdeel waar een keuze voor werd gemaakt was de drive die nodig is om de stappenmotor aan te sturen. Er werd eerste gekeken of een drive van Igus kon gebruikt worden. Deze drive werd in een opstelling op school gebruikt. Maar deze drive was alleen geschikt voor kleine vermogens. Uiteindelijk is er voor een drive gekozen van Leadshine omdat de motor ook van Leadshine afkomstig is. Er werden enkele testen uitgevoerd om de werking van de drive met de stappenmotor te begrijpen.

Vervolgens werd er een PLC gekozen die als motion controller voor de drive kon dienen en als brein om alle andere onderdelen aan te sturen. Hiervoor werd een Siemens S7-1200 PLC gekozen samen met Siemens. Uit Alutra kwam ook de vraag of een LOGO! PLC gebruikt kon worden, maar deze zijn niet geschikt voor grotere automatisaties en deze zijn ook niet geschikt om stappenmotoren aan te sturen. De werking van de PLC, drive en stappenmotor werden uitbundig getest om hun werking te begrijpen. Uit deze testen werd er een functie gevonden, die ingebouwd is in de PLC, om stappenmotoren aan te sturen met een drive.

Hierna werd samen met Festo bepaald welke pneumatische onderdelen er nodig zijn in het werkstation. Na een gesprek met Festo werd er een stuklijst voorzien van alle pneumatische onderdelen die nodig zijn in het werkstation.

Als volgt werd er bepaald welke functies de KUKA robot moet uitvoeren en hoe deze moet samen werken met het PLC programma. Er werd geen programmatie uitgevoerd op de KUKA robot.

Vervolgens werd het PLC programma geschreven en gesimuleerd om de werking van het programma te controleren. Hierbij werd er gebruik gemaakt van een functie die speciaal gemaakt is om stappenmotoren aan te sturen met een drive. Op basis van het gemaakte PLC programma kon er een schatting gemaakt worden van de tijd die het werkstation nodig heeft om één hoepel te maken. Deze tijd werd geschat op drie tot vijf minuten. De exacte tijd kan alleen bekomen worden als het volledige werkstation is geïmplementeerd in de robotcel.

Tot slot werd er nog een overzicht gemaakt van welke voedingen en zekeringen er nodig zijn voor alle onderdelen in de automatisatie.

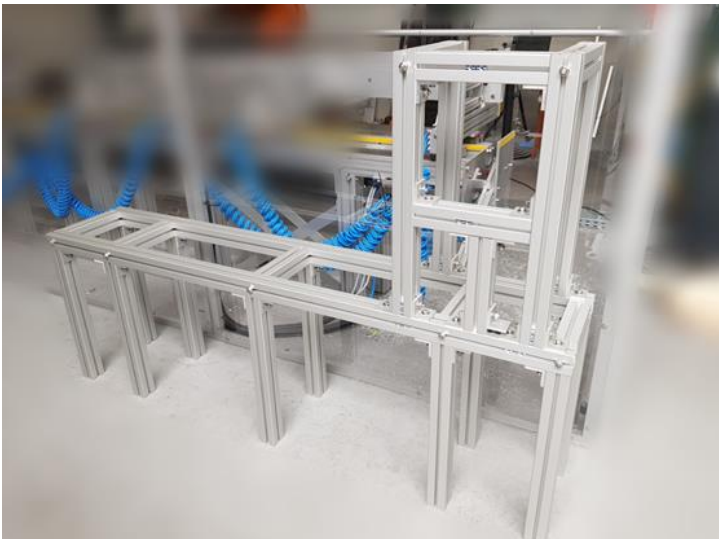
7. Construeren en testen van werkstation

7.1. Inleiding

Op basis van de geleverde 3D- en 2D tekeningen aan Alutra konden ze het ontworpen werkstation opbouwen. Sectie 7.2. beschrijft de evolutie van de opbouw van de plooiemachine. Sectie 7.3 beschrijft welke testen zijn uitgevoerd op het gemaakte werkstation en welke resultaten hier zijn uitgekomen. Tot slot beschrijft sectie 7.4 de verbeteringen die uitgevoerd kunnen worden op het ontwerp en de werking van het werkstation uitgaande van de bevindingen die gemaakt werden tijdens het bouwen en testen.

7.2. Constructie van plooiemachine

De belangrijkste functie van de plooiemachine is het plooiën van de koker rond de grote mal. Daarom werd samen met het bedrijf beslist om eerst het frame van de plooiemachine te bouwen zodat hierop de grote mal met rotatiearm en motor bevestigd kon worden. Figuren 80 en 81 tonen het begin van het frame voor de plooiemachine. Om de kokers te connecteren aan elkaar werd er gebruik gemaakt van zelfgemaakte L-profieltjes uit aluminium.



Figuur 80: Opbouw van frame voor plooiemachine



Figuur 81: Opbouw van frame voor plooiemachine, aanzicht 2

Figuur 82 toont de rotatie-arm die gebruikt wordt om de grote bocht van de hoepel te plooiën. Hierop is de kunststof roller (1) te zien die bevestigd is aan de rotatie-arm via een bout. En de extra spacers die zijn toegevoegd om de arm verder van de mal te zetten (2).



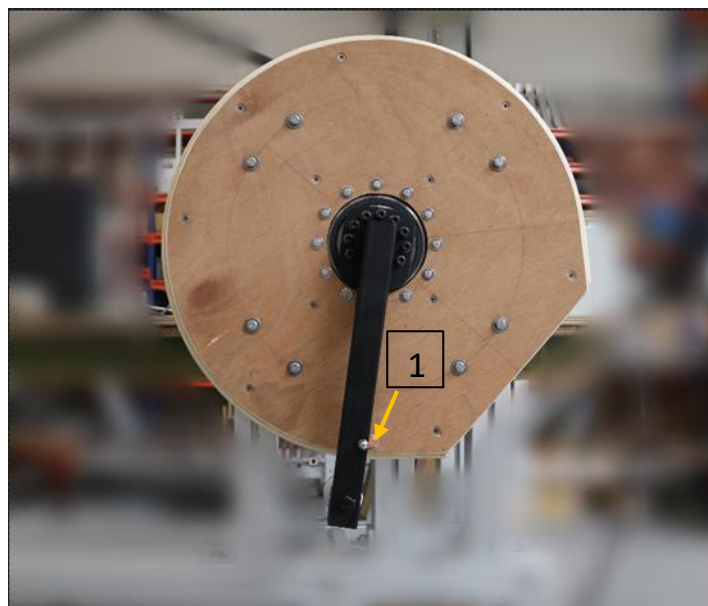
Figuur 82: Rotatie-arm voor grote plooibeweging

De houten mal waarrond de grote bocht geplooid wordt is te zien in Figuur 83.



Figuur 83: Grote mal tijdens constructie

Figuur 84 geeft de houten mal weer die gemonteerd is op het frame. Aan de achterkant van de mal is de motor met de reductiekast bevestigd. Aan de reductiekast werd vervolgens de rotatie-arm bevestigd, op de onderkant van de mal is de nulpuntsensor gemonteerd (1) die gebruikt wordt om de rotatie-armen te resetten naar hun nul positie.



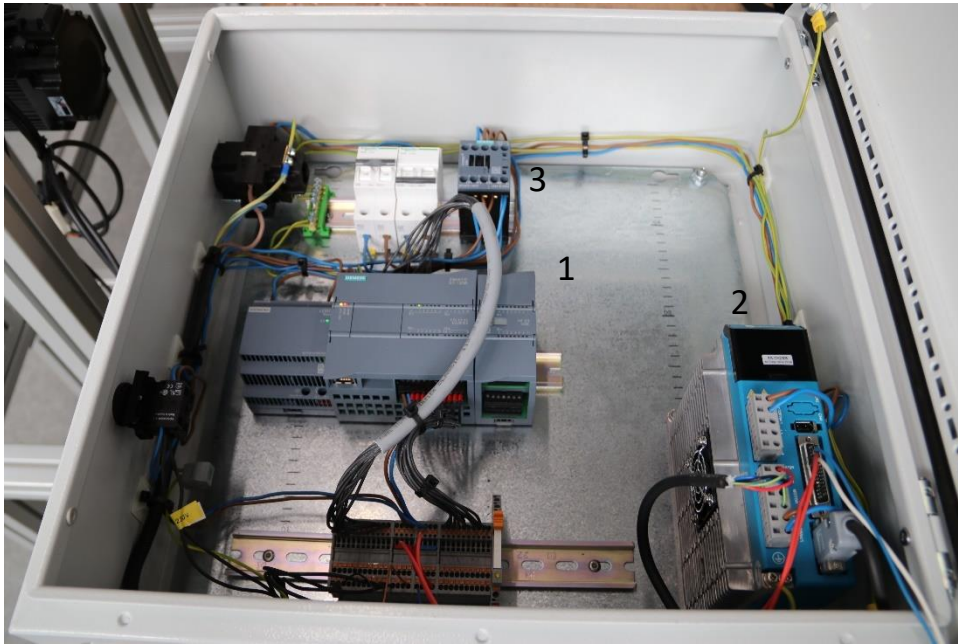
Figuur 84: Grote mal met rotatie-arm, motor en reductiekast bevestigd aan frame

Tijdens het ontwerpen van het werkstation werden er extra steunen onder de motor voorzien om het gewicht van de motor en reductiekast te dragen. Maar tijdens het bouwen van de plooiemachine bleek de houten mal sterk genoeg te zijn om dit gewicht te dragen (Figuur 90). Voor de zekerheid werd er toch een steun onder de motor gezet.

7.3. Testen van grote plooibeweging

Vooraleer de plooiing rond de grote mal getest kon worden werd er eerst nog een stroomkast gemaakt door Alutra. Deze kast, weergegeven in Figuur 85, bevat de PLC (1), de drive (2) en een voeding voor beide onderdelen. De voeding van de drive wordt gestuurd met een relais (3). Hierdoor kan de drive aan- en uitgezet worden met behulp van een knop.

Er werd eerst getest zonder een koker te plooiën. Pas als er zekerheid was dat de rotatie-arm juist reageerde op de gegeven inputs werd er geprobeerd om een hoepel te plooiën.



Figuur 85: Stroomkast met PLC en drive voor het testen van plooibeweging

Vervolgens werd er een extra PLC geschreven om de stappenmotor m.b.v. twee knoppen (Figuur 86) te laten draaien. Dit programma werd zo gemaakt dat als men op knop 1 drukt, de motor in wijzerzin draait tot de opgegeven plaats. Als men vervolgens op knop 2 drukt beweegt de rotatie-arm in tegenwijzerzin tot dat deze voorbij een nulpuntsensor komt. Vervolgens drukt men opnieuw op knop 2, nu beweegt de arm terug in wijzerzin, maar tegen een veel lagere snelheid tot dat deze terug voorbij de nulpunt sensor is. Zo kan altijd een correcte nulpositie gegarandeerd worden. Dit principe van draaien wordt ook in het volledige PLC programma toegepast. Er werd tot slot ook een noodknop voorzien. Als deze werd ingedrukt, werd de voeding naar de drive afgesloten zodat de motor stopte met draaien.



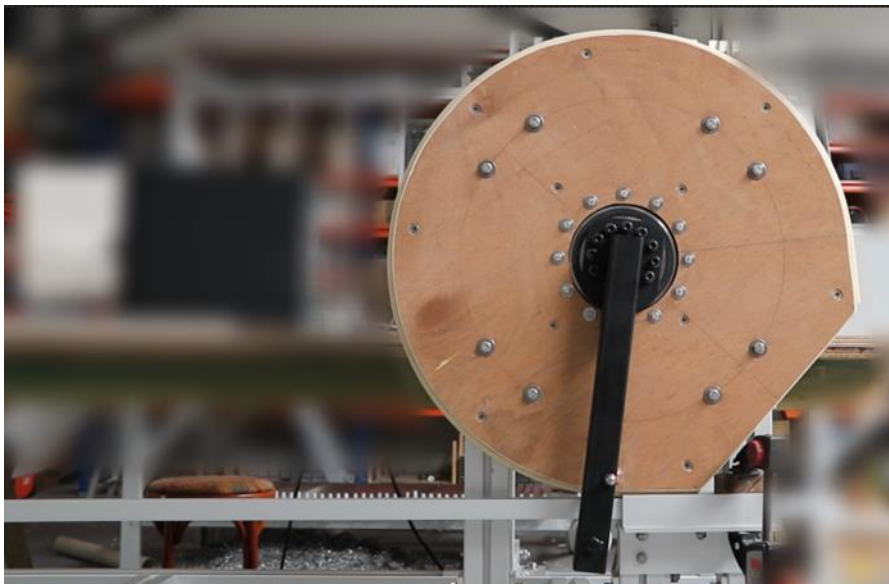
Figuur 86: Knoppen gebruikt om de plooiing te testen

Er werd hierna geprobeerd om het PLC programma m.b.v. een ethernetkabel op de PLC te zetten. Maar in eerste instantie lukte dit niet. Dit kwam uiteindelijk doordat de PLC die in het

programma werd gekozen een iets andere versie was dan degene die daadwerkelijk gebruikt werd. Nadat dit aangepast was lukt het wel om het programma op de PLC te zetten. Na nog een paar aanpassingen te doen aan het programma in verband met de draairichting lukt het om de motor te laten draaien door op de knoppen de drukken. Het draaien in wijzerzin werkte zoals verwacht. Maar bij het draaien in tegenwijzerzin begon de rotatie-arm te trillen als deze bij de sensor kwam. Dit kwam uiteindelijk door een foutje in het programma. Ook werd er ondervonden dat bij het terugdraaien op een relatief hoge snelheid de rotatie-arm nog redelijk ver door draait als deze voorbij de nulpunt sensor kom. Hierdoor komt de rotatie-arm tegen andere voorwerpen die gemonteerd worden op het frame. Hierdoor zou het terug draaien van de rotatie-arm tegen een veel lagere snelheid moeten gebeuren.

Aangezien er een stappenmotor met een nauwkeurige encoder gebruikt wordt is het mogelijk om de rotatie-arm altijd op eenzelfde positie terecht te laten komen. Zo werd er beslist om het terugdraaien niet te laten gebeuren tot dat de nulpunt sensor actief is maar om de arm evenveel rotaties te laten terugdraaien als gemaakt werden in wijzerzin. Dit werd vervolgens getest en hieruit kon bevestigd worden dat de rotatie-arm altijd terug exact op zijn beginpositie terecht komt als deze terug draait. Hierdoor is er dus geen nood meer om na iedere plooiing die de rotatie-armen uit voeren gebruik te maken van de nulpuntsensor om de armen op hun nul positie te krijgen. De nulpuntsensor wordt vervolgens alleen maar gebruikt als de noodstop is ingedrukt of als de stroom is uitgevallen. Hierbij moet de reset cyclus doorlopen worden (Zie Sectie 6.7.).

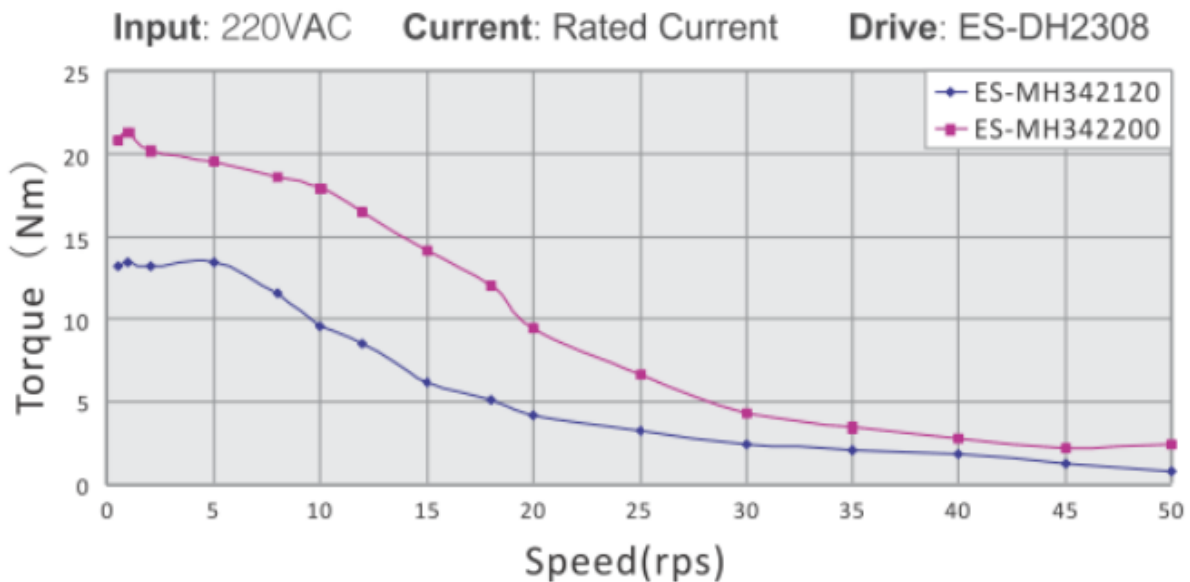
Nadat er zekerheid was dat de motor correct draaide kon er getest worden of de plooiemachine wel degelijk een koker kon plooiën. Figuur 87 geeft een koker weer die zich onderaan de plooiemachine bevindt.



Figuur 87: Test 1 om koker te plooiën rond mal

Er werd op knop 1 gedrukt om de rotatie-arm in wijzerzin te laten draaien en zo de koker te plooiën. Maar op het moment dat de arm in contact kwam met de koker stopte de motor met draaien en verscheen er een foutmelding op de drive. Het probleem was dat de factor die het koppel regelt (Zie Sectie 5.3.) nog niet correct was ingesteld. Nadat deze was ingesteld op de

juiste waarde die in Sectie 5.3. berekend werd (56.3%), werd de test nog eens uitgevoerd. Maar het lukte de rotatie-arm nog niet om de koker te plooiën. Vervolgens werd de stroom beperkende factor ingesteld op 75%, hierdoor werd de stroom die naar de motor ging 4.5A. Het koppel dat de motor hierdoor leverde was bijgevolg 17 Nm. Het uitgangskoppels van de reductiekast werd zo 850 Nm. Het nominale uitgangskoppel voor de reductiekast is 650 Nm. Ook werd de rotatiesnelheid zo laag mogelijk gezet (0.5 rps). Bij een stappenmotor is het geleverde koppel immers het hoogste bij lage toerentallen (Figuur 88).



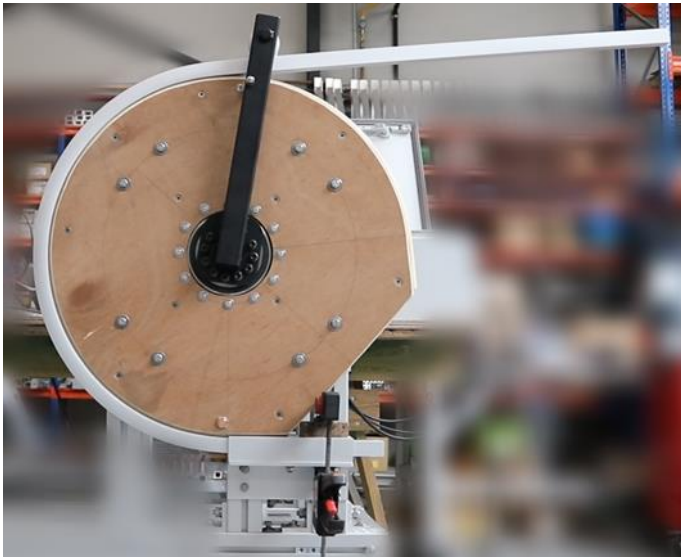
Figuur 88: Koppel in functie van het toerental voor de stappenmotor [12]

Hierdoor lukte het de rotatie-arm wel om de hoepel te plooiën maar het plooiën verliep niet soepel en de rotatie-arm bleef regelmatig stil staan.

Na verder onderzoek werd er gevonden dat het maximum koppel dat de reductiekast kan verdragen 60% van het noodstop koppel is. Dit noodstop koppel is drie keer zo groot als het nominaal koppel. Zo werd een maximum koppel van 1170 Nm bekomen. Met deze info werd er vervolgens nog een test gedaan waarin het koppel van de stappenmotor op zijn maximum werd gezet. Voor deze tweede test werd ook het test programma voor de PLC aangepast. Zo draait de arm als men op knop 1 druk een aantal opgegeven toeren in wijzerzin. Als met op knop 2 drukt, draait de arm vervolgens in tegenwijzerzin terug met gelijk aantal toeren als deze in wijzerzin deed. Om de armen te resetten moet men tot slot beide knoppen gelijke indrukken.

Voor deze tweede test om een koker te plooiën werd de snelheid nog steeds op 0.5 rps gezet en werd de factor om het koppel te beperken op 90% gezet. Hierdoor levert de motor zijn volledige koppel van 20 Nm aan de reductiekast. Met deze instellingen lukte het om een koker te plooiën rond de mal (Figuur 89). Maar tijdens het plooiën waren er redelijk wat trillingen. Daarom werd de snelheid naar 0.6 rps gezet. Op deze snelheid waren er geen trillingen. Tot slot werd de snelheid op 1 rps gezet. Ook op deze snelheid lukte het de koker te plooiën zonder trillingen. Figuur 90 geeft de hoepel weer die geplooid werd tijdens het testen van de plooiemachine. Het nodige koppel om de hoepel te plooiën ligt dus twee keer zo hoog als

berekend werd. Hierdoor zijn de krachten op de rotatie-arm ook hoger als verwacht. Maar tijdens het testen was er geen vervorming in de rotatie-arm te zien.



Figuur 89: Plooiing van koper in plooiemachine



Figuur 90: Geplooiide hoepel als resultaat van test

Om een beter beeld te krijgen van de hoeveelheid stroom (en dus ook het koppel) die er effectief naar de stappenmotor gestuurd werd tijdens het plooiën van de hoepel werd er een finale test gedaan. Op het display van de drive kan weergegeven worden wat de maximale stroom is die naar de stappenmotor gestuurd wordt. Als de stappenmotor draait zonder een hoepel te plooiën gaf de drive een stroomverbruik weer van 3.6 A. Als er een hoepel geplooid werd gaf de drive een waarde weer tussen de 4 A en 5A, als het einde van de hoepel bereikt was liep deze waarde op tot 5.6 A. Met deze waarden werd er een belangrijke vaststelling gemaakt. Als de drive 5.6A naar de motor zou sturen, en de motor kan maar maximum 5.2A verdragen zou de drive in over current protection moeten gaan, maar dit gebeurde niet. Na verder onderzoek bleek dat de stroom die de drive naar de motor stuurt lijnstroom is en dat de maximum stroom die de motor kan verdagen (5.2A) fasestroom is. Aangezien de drie windingen van de motor in driehoek staan is de maximum lijnstroom die naar de motor gestuurd mag worden gelijk aan $5.2A * \sqrt{3} = 9A$. Dit bekend dat de motor zijn maximum koppel van 20 Nm levert bij een lijnstroom van 9A en niet bij 5.2A gelijk eerder gedacht. Het koppel dat dus geleverd wordt tijdens het plooiën ligt tussen de 444N en de 555N. Met een maximum koppel van 622N als de hoepel bijna volledig geplooid is.

De bevindingen die in de eerste testen werden gemaakt waren dus vervolgens niet correct. Het koppel dat nodig was om de hoepel te plooiën was dus niet dubbel zo groot als eerder gedacht, uiteindelijk is het nodige koppel om de hoepel te plooiën gelijk aan het berekende koppel.

7.4. Verbeteringen aan het werkstation

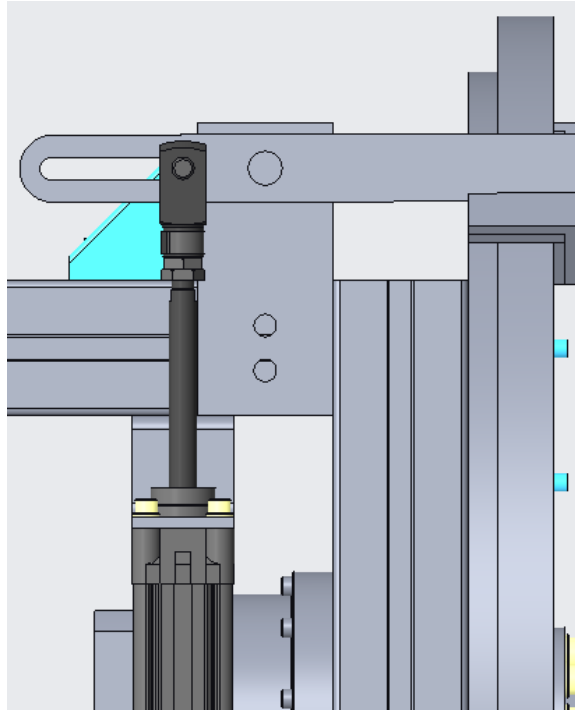
Tijdens het monteren van de houten mal en rotatiearm op het frame van de plooiemachine werd er ondervonden dat de rotatie-arm op een plek contact maakt met het frame. Hierdoor werd er beslist om de houten mal iets verder van het frame af te zetten door kleine kokers tussen de mal en het frame te plaatsen (Figuur 90).



Figuur 91: Zijaanzicht van gemaakte plooiemachine met spacer tussen mal en frame

Als de scharnierende klemming rond de groten mal gesloten is (Figuur 92) duwt de geplooid koker met een vrij grote kracht tegen de scharnierende arm. Hierdoor is er ook een grote kracht die tegen de uitgeschoven cilinder drukt. Om er voor te zorgen dat de cilinder deze kracht niet constant moet ondervinden kan er een verbetering aangebracht worden aan de scharnierende klemming. Zo kan er een mechanisme voorzien worden die de scharnierende arm vastzet met bv. een pin. Deze pin vangt vervolgens ook de kracht op waarmee de hoepel terugduwt tegen de klemming.

Een tweede verbetering die aan de scharnierende klemming kan toegepast worden is om de afstand van de cilinder tot het rotatiepunt groter te maken en de afstand van het contactpunt van de hoepel met het rotatiepunt kleiner te maken. Hier door wordt de kracht die op de cilinder komt ook kleiner.



Figuur 92: Zijaanzicht scharnierende inklemming

Tijdens het testen van de plooibeweging werd er bevonden dat de rotatie-arm alleen goed kan terugdraaien als de geplooidde hoepels tegen de mal wordt gedrukt, hierdoor wordt de terugveerkracht op de rotatie-arm beperkt. In het huidige ontwerp gaan de drie scharnierende klemmingen gelijktijdig open. Een verbetering die kan aangebracht worden is dat de scharnierende klemmingen één voor één open gaan als de rotatie-arm bijna bij een klemming is. Ook kan er eventueel een extra klemming voorzien worden die op het uiterste uiteinde, voorbij de grote rotatie-arm, de hoepel tegen de mal drukt.

7.5. Verbeteringen aan het PLC programma

Voor het maken van het PLC programma werd er gebruik gemaakt van online tutorials omdat er nog geen kennis was over het maken van het programma met de ladder methode. Na het maken van het programma via de tutorials werd de kennis hierover sterk uitgebreid. Hierdoor ontstond de mogelijkheid om de opbouw van het programma te verbeteren. In het programma worden nu de uitgangen aangestuurd in de blok output assignment. Maar dit kan ook gedaan worden in de blok step execution (Zie Sectie 6.7.). Hierdoor wordt het programma overzichtelijker en simpeler. Ook kunnen een aantal in- en uitgangen samengenomen worden. Tijdens het maken van het programma zijn er ook een aantal stappen bijgekomen in het begin van het stappenplan (Reset programma). Omdat er via de ladder methode gewerkt is, is het invoegen van een stap in het begin van het programma zeer veel werk. Daarom werden deze stappen op het einde van het programma toegevoegd. Dit heeft natuurlijk als gevolg dat het stappenplan en programma onoverzichtelijk zijn. De stappen om de rotatie-armen te resetten zijn door het testen van de plooiemachine sterk veranderd. Dit moet bij gevolg ook aangepast worden in het huidige PLC programma.

Het PLC programma werd gemaakt op basis van de 6E7214-1AG40-0XB0 PLC. Maar deze had een lange levertijd (Zie Sectie 6.4.). Alutra had daarom gekozen om de 6E7214-1AG30-0XB0

PLC te kopen, deze kon snel geleverd worden. Deze PLC is een iets oudere versie dan de eerst voorziene PLC. Hierdoor beschikt deze over oudere firmware. Het probleem is dat de 6E7214-1AG40-0XB0 PLC niet gemakkelijk in het programma kan veranderd worden naar de 6E7214-1AG30-0XB0 PLC.

Om de juiste PLC in het programma te hebben en om het programma simpeler en overzichtelijker te maken, moet het huidige PLC programma opnieuw gemaakt worden. Dit werd niet meer gedaan in deze masterproef.

7.5. Besluit

Tijdens de constructie van het werkstation werd het frame van de plooiemachine gemaakt. Op dit frame werd de houten mal bevestigd die nodig is om de grote bocht te plooiën. Aan de achterkant van deze mal werd vervolgens de motor met reductiekast bevestigd. Tot slot werd de rotatie-arm bevestigd aan de reductiekast.

Met deze gemaakte opstelling konden er enkele testen uitgevoerd worden om de werking van de plooiing te valideren. Uit deze testen kon besloten worden dat de plooiing werkt maar dat er meer koppel nodig was dan berekend werd. Om het nodige koppel te verminderen kan er een verbetering aan het werkstation doorgevoerd worden. Deze verbetering is de kunststof roller verder van het rotatie punt zetten zodat de hefboomwerking op de te plooiën koker groter wordt.

Aan het PLC programma zijn veel verbeteringen mogelijk. Zo kunnen een aantal zaken gecombineerd worden om het programma overzichtelijker en simpeler te maken. Ook staan er een aantal stappen in het einde van het PLC programma terwijl deze op het begin zouden moeten staan. Tot slot is het PLC programma gemaakt op basis van een specifieke PLC. Maar door lange levertijden is er een iets ander PLC gekocht. Het veranderen van deze PLC in het programma vraagt zeer veel werkt. Daarom is het dus nodig dat het complete PLC programma volledig opnieuw wordt geschreven op basis van de kennis die is opgedaan tijdens het maken van het eerste programma en het testen van de plooiemachine.

8. Kostenanalyse

8.1. Inleiding

Voor de machine wordt er ook een kostenanalyse gedaan. Hierbij wordt er gekeken wat de totale kost van de machine is. Aan de hand van deze waarde kan er verder gekeken worden wanneer de machine zich terugverdient. Het verloop van aanpak wordt in dit hoofdstuk weergegeven.

8.2. Uitvoering kostenanalyse

Als eerste werden de kosten van de onderdelen bepaald. Het bedrijf had al een aantal onderdelen op voorhand. Deze onderdelen zijn bouten, moeren, rondellen en een bepaald aantal lengte van aluminium profielen, de meters die nog te kort waren werden besteld. Aan de hand van de stukkenlijst heeft het bedrijf al een aantal onderdelen besteld, de offerte van deze onderdelen werden gebruikt in de kostenanalyse. De kostprijzen van de onderdelen die het bedrijf nog niet besteld had werden online opgezocht. Sommige websites gaven de kostprijs van het onderdeel, maar bij andere websites moest er een offerte worden opgesteld om de kostprijs van het onderdeel te weten. Er is één onderdeel waarvan de kostprijs niet gevonden kon worden omdat dit een gepersonaliseerd product is. Dit is een ventieleiland. Hierdoor werd de kostprijs genomen van de tegenhanger namelijk 16 magneetventielen. De kostprijzen van de onderdelen en de offertes worden weergegeven in de bijlage. De totale kostprijs van de machine is 17243,05 euro. Dit bedrag is normaal lager vanwege de kortingen die een bedrijf krijgt ten opzichte van een student. De websites die zijn gebruikt om de kostprijs van de onderdelen op te zoeken zijn: Limtrade [27], rowse pneumatics [28], houthandel online [29] en shops erik [30].

Naast de kostprijs van de machine werd er ook gekeken naar de kosten om de machine te bouwen, de kosten van één arbeider die bij de machine staat voor controle en onderhoud en het verbruik van de machine.

Om de machine te bouwen zijn er arbeiders nodig. De totale arbeiderskost per uur is 45 euro, de duur om de volledige machine te bouwen is 80 uur. Aan de hand van deze twee gegevens kan de kost bepaald worden om de machine te bouwen. Dit wordt berekend met formule 9.

$$\text{bouwkost} = 45 \text{ euro/u} \cdot 80\text{u} = 3600 \text{ euro} \quad (9)$$

De bouwkost is 3600 euro.

In de beginfase zal er altijd één arbeider nodig zijn om de machine te controleren en indien nodig om op de noodstop te drukken wanneer er een fout is tijdens het plooiproces. Deze arbeider zal ook nog eens onderhoud doen aan de machine. Hierbij is de arbeidskost 45 euro per uur. In totaal worden er 1500 stuks per jaar gemaakt. De machine kan 50 hoepels per keer maken. De duur om de reeks hoepels te maken doormiddel van de machine is niet gekend. Daarom is er een schatting van 4 uur genomen voor controle en onderhoud van de machine. Met deze waardes kan de arbeidskost per jaar berekend worden. Er wordt eerst berekend hoeveel hoepels het bedrijf per uur maakt. Dit wordt gedaan met formule 10.

$$\#stuks/u = \frac{50 \text{ stuks}}{4\text{u}} = 12,5 \text{ stuks/u} \quad (10)$$

Deze waarde wordt omlaag afgerond. Er worden dan 12 stuks/u gemaakt. Met deze waarde kan er nu berekend worden hoelang het duurt om alle hoepels te maken per jaar. Om dit te berekenen werd er gebruik gemaakt van formule 11.

$$\#u/jaar = \frac{1500 \text{ stuks/jaar}}{12 \text{ stuks/u}} = 125 \text{ u/jaar} \quad (11)$$

Doordat de duur om alle hoepels te maken berekend is kan er nu via formule 12 de arbeidskost per jaar berekend worden.

$$\#euro/jaar = 125 \text{ u/jaar} \cdot 45 \text{ euro/u} = 2812,5 \text{ euro} \quad (12)$$

De arbeidskost per jaar is 2812,5 euro.

De laatste kosten van de plooiemachine zijn de verbruikskosten. Doordat de machine gebruik maakt van drie stappenmotoren, één rollermotor, een PLC, cilinders en een robot zal de machine elektriciteit gaan verbruiken. De spanning die over de motor komt is 230 V. Doordat de waarde kon variëren tussen 4 A en 5 A is er gekozen voor 4,5 A te gebruiken voor de kostenanalyse. De rollermotor zal een vermogen hebben van 40 W. Het vermogen van de robot is 700 W [31]. Dit vermogen is gepakt van een andere robot grootte dan die wat het bedrijf heeft. Ook zal het vermogen van de robot anders zijn doordat deze niet constant actief is. Hierdoor kan deze kost gaan variëren van de oorspronkelijke kost. Bij de PLC wordt alleen het verbruik van de CPU in rekening gebracht. Deze heeft een voeding van 24V en een maximale stroom van 1,5A [32]. De totale tijdsduur om de hoepels te maken is 125 uur per jaar. De prijs van de elektriciteit is 0,2539 euro/kWh [33].

Als eerste wordt het totale vermogen van één motoren berekend. Dit wordt gedaan met formule 13.

$$P = U \cdot I \quad (13)$$

$$P = 230 \text{ V} \cdot 4,5 \text{ A} = 1035 \text{ W}$$

Eén motor heeft een vermogen van 1035 W. Dus het totale vermogen van de drie motoren is 3105 W.

Ook kan het vermogen van de PLC worden berekend.

$$P = 24 \text{ V} \cdot 1,5 \text{ A} = 36 \text{ W}$$

Het vermogen van de PLC is 36 W.

Doordat het vermogen van alle apparaten gekend is kan nu het totaal vermogen worden berekend. Hiervoor wordt formule 14 gebruikt.

$$P_{tot} = 3105 \text{ W} + 40 \text{ W} + 700 \text{ W} + 36 \text{ W} = 3881 \text{ W} \quad (14)$$

Het totaal vermogen van de machine is 3881 W ofwel 3,881 kW

Aan de hand van het totaal vermogen kan nu het totaal wattage berekend worden door formule 15.

$$W = P \cdot t \quad (15)$$

$$W = 3,881 \text{ kW} \cdot 125 \text{ u} = 458,13 \text{ kWh}$$

Het verbruik van de plooiemachine is 458,13 kWh.

Nu kan het verbruikskost worden berekend. Hiervoor wordt formule 16 gebruikt.

$$\text{verbruikskost} = 458,13 \text{ kWh} \cdot 0,2539 \text{ euro/kWh} = 123,17 \text{ euro} \quad (16)$$

De machine heeft een verbruikskost van 123,17 euro.

Naast de kosten zal het bedrijf ook gaan besparen. De kosten waarop ze besparen zijn de arbeiderskosten. Het maken van de hoepel wordt momenteel manueel gedaan. De totale arbeiderskost is dus 45 euro per uur. Net zoals bij de plooiemachine werd er elk jaar 1500 hoepels gemaakt. Deze 1500 hoepels werden in stukken gemaakt. Hierbij werden er ook 50 hoepels per keer gemaakt. Om deze 50 hoepels te maken deden ze er 12,5 uur over. Met deze waardes kan er berekend worden wat de totale besparing is per jaar. Er wordt eerst berekend hoeveel hoepels het bedrijf per uur maakt. Dit wordt gedaan met formule 10.

$$\#stuks/u = \frac{50 \text{ stuks}}{12,5 \text{ u}} = 4 \text{ stuks/u}$$

Met deze waarde kan er nu berekend worden hoelang het duurt om alle hoepels te maken per jaar. Om dit te berekend worden er gebruik gemaakt van formule 11.

$$\#u/jaar = \frac{1500 \text{ stuks/jaar}}{4 \text{ stuks/u}} = 375 \text{ u/jaar}$$

Doordat de duur om alle hoepels te maken berekend is kan er nu via formule 12 de totale arbeidskost per jaar berekend worden.

$$\#euro/jaar = 375 \text{ u/jaar} \cdot 45 \text{ euro/u} = 16875 \text{ euro}$$

Door het werkstation te maken besparen ze 6750 euro/jaar aan arbeidskosten.

Met de berekende gegevens kan er bepaald worden wanneer de machine zicht gaat terugverdienen. De berekening wordt gedaan aan de hand van formule 17.

$$\text{Terugverdiëntijd} = \frac{17243,05 \text{ euro} + 3600 \text{ euro}}{(16875 - 2812,5 - 123,17) \text{ euro/jaar}} \approx 1,5 \text{ jaar} \quad (17)$$

De machine gaat zich na 1,5 jaar terugverdienen.

8.3. Besluit

Uit de kostenanalyse kan er besloten worden dat er toch een deel kosten bij komt kijken. In deze kostenanalyse zullen er ook een aantal kosten zijn die niet mee in rekening zijn gebracht. Het totale kost van de machine is 17243,05 euro. Voor het bedrijf zal dit bedrag uiteindelijk lager zijn doordat het bedrijf meer korting zal krijgen op bepaalde onderdelen dan een particulier. De bouwkosten zullen ook nog gaan variëren want de machine is nog niet volledig gebouwd waardoor de exacte duur niet geweten is en dus geschat is. Ook zal de verbruikskosten nog gaan variëren. Door de machine te plaatsen zal het bedrijf 16875 euro gaan besparen per jaar waardoor de machine zich na 1,5 jaar al gaat terugverdienen.

9. Besluit en toekomstig werk

Het doel van deze masterproef was om een werkstation te ontwerpen die aluminium koker kan plooiën tot drie verschillende open hoepels die vervolgens bewerkt worden door een robot. Hierbij moest het werkstation ook de mogelijkheid hebben om rechte koker aan te voeren en hoepels af te voeren.

Om het ontwerp te maken van de plooiemachine en de aanvoer werd er eerst een literatuurstudie uitgevoerd over de verschillende methodes die gebruikt kunnen worden om een aluminium koker te plooiën tot een open hoepel. Hieruit bleek dat compression bending de beste methode is om koker te plooiën. Met deze informatie werd er gezocht of er plooiemachines bestonden die het plooiën van de kokers konden uitvoeren, maar zulke machines bestaan niet.

Met behulp van de methode van den Kroonenberg [3] werden een functieblokschema en morfologisch overzicht gemaakt. Hiermee werd vervolgens de beste volgorde van plooiën bepaald. Zo worden eerst de twee kleine bochten op het uiteinde van de kokers geplooid, om hierna de grote bocht te plooiën. Op de plek waar deze hoepel geplooid is wordt deze vervolgens ingeklemd zodat de nodige gaten gefreesd kunnen worden.

Op basis hiervan werd er een concept gemaakt van de plooiemachine, uit dit concept volgde een 3D ontwerp. In eerste instantie werd de plooiemachine horizontaal geplaatst, maar door plaatsgebrek werd het ontwerp veranderd naar een verticaal staande plooiemachine. Het nodige koppel om een hoepel te plooiën werd bepaald met behulp van de huidige plooiopstelling, dit koppel bedroeg 520 Nm. Vervolgens werd er een 3D ontwerp gemaakt van de aanvoer met een magazijn die vijftig kokers kan opslaan, aan de afvoer werd geen aandacht besteed in deze masterproef. Tot slot werden er 2D tekeningen gemaakt van de onderdelen die gefabriceerd moesten worden, er werden geen samenstellingstekeningen gemaakt omdat dit geen meerwaarde gaf en omdat dit veel tijd in beslag nam.

Op basis van het berekende koppel werd een motor gekozen die gebruikt kon worden om de plooiing uit te voeren. Er werd gekozen voor een stappenmotor van Leadshine omdat deze een hoog stilstand koppel heeft en omdat deze een zeer precieze positionering hebben omdat deze gebruik maakt van een optische incrementele encoder. Om het koppel te verhogen tot hetgeen dat nodig is om de hoepel te plooiën wordt er gebruik gemaakt van een reductiekast met een overbrengingsverhouding van 50:1 en een maximaal uitgangskoppel van 1170 Nm. Het aanvoeren van de kokers naar de plooiemachine wordt gedaan door één aangedreven roller motor en vier gedreven rollers.

Om de stappenmotor aan te sturen is er een drive nodig. Hiervoor werd er eerst naar een opstelling op school gekeken die gebruik maakte van een drive van Igus. Deze drive kon niet gebruikt worden in het werkstation omdat deze alleen bedoeld was voor kleine vermogens. Uiteindelijk werd er een drive gekozen van hetzelfde bedrijf waarvan de stappenmotor afkomstig is, namelijk Leadshine. De drive en motor werden vervolgens getest om hun werking te begrijpen. In de drive is een test programma voorzien om de motor één toer in wijzerzin en één toer in tegenwijzerzin te laten draaien, door parameters te veranderen in de drive kan de snelheid en versnelling verandert worden waarmee de motor draait in het test programma.

Om de volledige capaciteit van de drive te benutten moet er een motion controller mee verbonden worden, als motion controller werd er een PLC gebruikt. Er werden vervolgens testen uitgevoerd om met een PLC de drive en stappenmotor aan te sturen. Hieruit werd een speciale PLC functie gevonden die speciaal gemaakt is om stappenmotoren met een drive aan te sturen. In deze functie kan het aantal toeren en de snelheid opgegeven worden. Samen met Siemens werd er vervolgens bepaald welke PLC het beste was voor het werkstation, er is uiteindelijk gekozen voor de Siemens S7-1214c PLC omdat deze budgettair het meeste interessant was en omdat deze alle functies heeft die nodig zijn voor het werkstation. Tot slot werd samen met Festo alle pneumatische onderdelen bepaald die nodig zijn voor het werkstation.

Voor de automatisatie van het werkstation werd er een PLC programma geschreven op basis van de sequentiële methode. Maar door de gekozen PLC moest het programma via de ladder methode geschreven worden. Dit programma kon niet op het gehele werkstation getest worden omdat dit niet klaar was voor het einde van deze masterproef, maar het werd wel gesimuleerd. Het PLC programma communiceert met de kuka robot via in- en uitgangen. In deze masterproef is er geen programma geschreven voor de kuka robot.

Het plooiën van de grote bocht was de belangrijkste functie die het werkstation moest vervullen. Om dit te testen werd het frame van de plooiemachine gemaakt, alsook de houten mal en rotatie-arm. Deze onderdelen werden samengevoegd met de motor en reductiekast. Om de plooiing te testen werd er een extra test programma geschreven voor de PLC. Uit deze test werd bevonden dat er een hoepel geplooid kan worden en dat het nodige koppel hiervoor hetzelfde is als berekend werd. Tot slot kon uit deze test besloten worden dat het resetten van de rotatie-armen na elke plooiing niet nodig was. Omdat er een stappenmotor met encoder gebruikt wordt kan deze altijd terugkeren naar zijn beginpositie. De rotatie-armen worden alleen maar gereset als de stroom is uitgevallen of als de noodstop is ingedrukt.

Met de huidige opstelling duurt het 15 minuten om één hoepel te maken, met het nieuwe werkstation wordt de fabricagetijd geschat op 6 minuten. De exacte tijd die nodig is om een hoepel te maken kan pas bepaald worden als het volledige werkstation operationeel is. De nauwkeurigheid op de geplooidde hoek van de hoepel is gestegen van $\pm 1.5^\circ$ naar $\pm 0.12^\circ$. De verbetering van de nauwkeurigheid op de positie van de gaten is in deze masterproef niet bepaald kunnen worden.

Uit de kostenanalyse werd bekomen dat de totale kosten van het nieuwe werkstation op 17250 euro komen. Doordat de hoepels sneller gemaakt kunnen worden en doordat er minder arbeiders nodig zijn kan het werkstation zich al op anderhalf jaar terug verdienen.

In een verder verloop van deze masterproef kan er onderzocht worden hoe de scharnierende inklemming verbeterd kan worden om de krachten hierop te beperken. Als dit uitgevoerd is kan de gehele plooiemachine gemaakt worden en vervolgens de aanvoer. Deze kunnen samen gezet worden in de robotcel om vervolgens hun werking te valideren. Als het gehele werkstation in de robotcel staat en werkt kan de Kuka robot geprogrammeerd worden om de hoepel te bewerken en af te voeren. Tot slot kan de effectieve procestijd en verbetering in nauwkeurigheid op de gaten gemeten worden.

Referentielijst

- [1] „Alutra Industrie,” [Online]. Available: <http://www.alutra.be/industrie/>. [Geopend 30 05 2022].
- [2] „Alutra: brandevacuatie en industriële toepassingen,” [Online]. Available: <http://www.alutra.be/brandevacuatie/ladders/>. [Geopend 03 Oktober 2021].
- [3] F. Siers, *Methodisch ontwerpen Volgens H.H. van den Kroonenberg*, Groningen/Houten, The Netherlands: Noordhoff Uitgevers, 2004.
- [4] „Cansa Makina,” [Online]. Available: <https://www.en.cansamakina.com/pipe-bending-information/>. [Geopend 03 10 2021].
- [5] F. Smith, „SOLAS,” [Online]. Available: https://local.ecollege.ie/Content/APPRENTICE/liu/pipefitting/pdf/M3_U7_Pipe%20Bending.pdf. [Geopend 03 10 2021].
- [6] „ManufacturingGuide,” [Online]. Available: <https://www.manufacturingguide.com/en/draw-bending-tubes>. [Geopend 03 10 2021].
- [7] „Precitools,” [Online]. Available: <http://www.precitools-it.com/materials/tube-bending-methods.htm>. [Geopend 03 10 2021].
- [8] „Orondean,” [Online]. Available: <https://www.rondean.co.uk/product/new-baileigh-r-m10-hand-operated-section-bender-ring-roller/>. [Geopend 09 05 2022].
- [9] „Macri Italia,” [Online]. Available: <https://www.macri-italia.nl/elektrischepijpbuigmachines/serie45/pijpbuigmachines-provar6-45.html>. [Geopend 03 10 2021].
- [10] „Ensie,” [Online]. Available: <https://www.ensie.nl/ontwerpen-van-technische-innovaties/variabele-eisen#:~:text=Variabele%20eisen%20zijn%20ontwerpcriteria%20die,waaraan%20het%20ontwerp%20moet%20voldoen>. [Geopend 31 05 2022].
- [11] „SEW-Eurodrive.be,” [Online]. Available: https://www.sew-eurodrive.be/os/c/main.do?country=BE&language=en_US&addon=BASKET&viewset=BASKET&action=READ_TRANSFER_SERVICE&g=F4E9D47EDDAA1EDCB89754C77088A0E0. [Geopend 31 05 2022].
- [12] „Leadshine Easy Servo Motors,” [Online]. Available: <http://www.leadshine.com/productdetail.aspx?type=products&category=easy-servo-products&producttype=easy-servo-motors&series=ES-MH&series=ES-MH&model=ES-MH342200>. [Geopend 20 02 2022].
- [13] „Leadshine Datasheet of the high voltage easy servo drive,” [Online]. Available: http://www.leadshine.com/UploadFile/Down/ES-DH2306d_V1.2.pdf. [Geopend 04 10 2021].

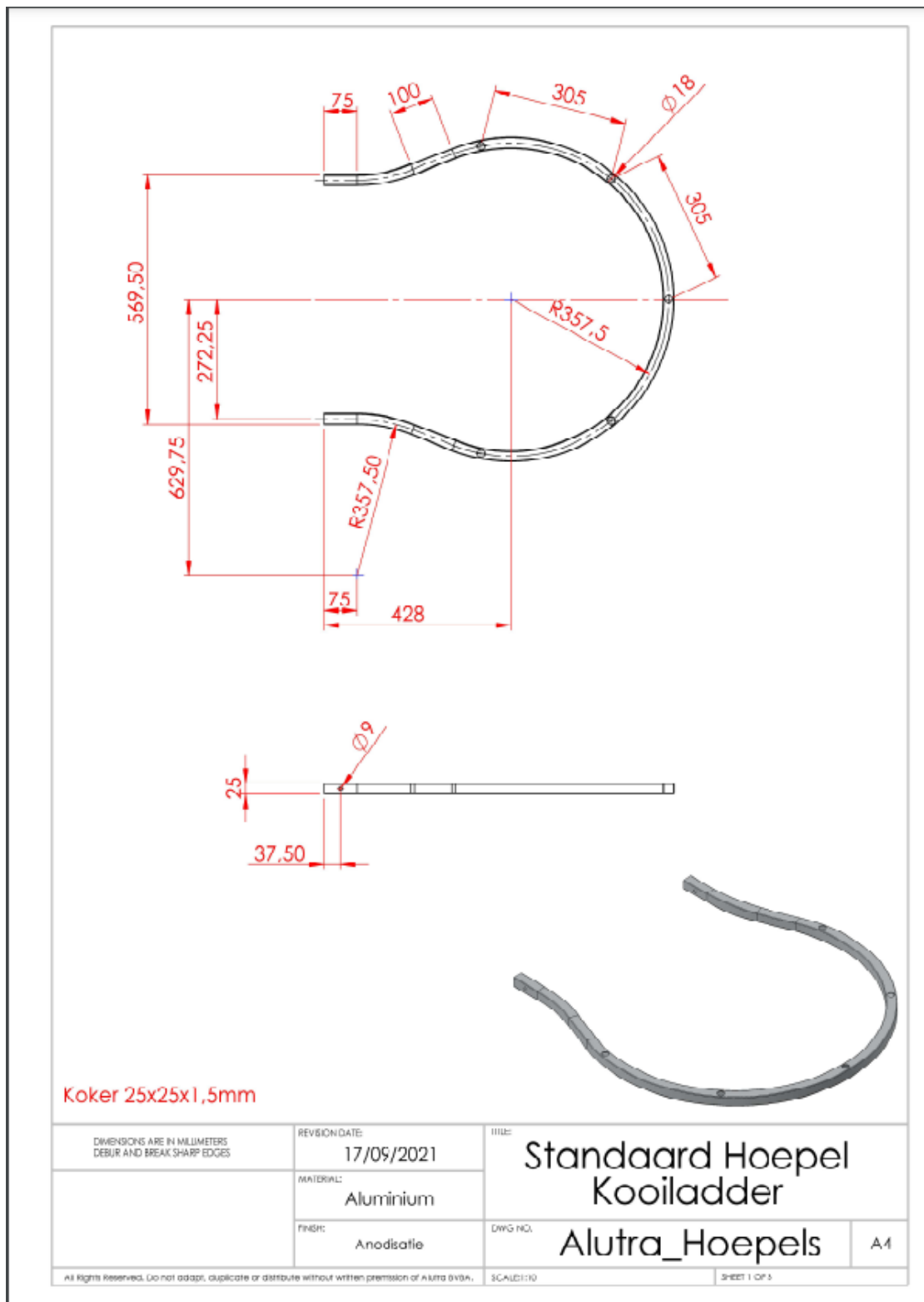
- [14] „Apex dynamics,” [Online]. Available: <https://www.apexdyna.nl/nl/producten/ad-serie-rvs-tandwielkast>. [Geopend 10 04 2021].
- [15] „Easy Systems,” [Online]. Available: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/5858/rollex_constructioncatalogue.pdf. [Geopend 05 03 2021].
- [16] „Iigus,” [Online]. Available: <https://www.igus.be/info/drive-technology-dryve-motor-control-system?c=be&l=nl>. [Geopend 09 05 2022].
- [17] „Leadshine Easy Servo Drives,” [Online]. Available: <http://www.leadshine.com/productdetail.aspx?type=products&category=easy-servo-products&producttype=easy-servo-drives&series=es-dh&model=es-dh2306>. [Geopend 20 02 2022].
- [18] „Leadshine hardware manual,” [Online]. Available: http://www.leadshine.com/UploadFile/Down/ES-DHhm_V1.3.pdf. [Geopend 20 02 2022].
- [19] Siemens, „Siemens LOGO,” [Online]. Available: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6f404a6d-6a64-4658-a171-873f838d614b/difa-b10075-01-brlogo-deengb-144.pdf?ste_sid=fd5c706f7d0399569731bc8d96725ee0. [Geopend 15 03 2022].
- [20] Siemens, „Siemens S7-1200,” [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>. [Geopend 15 03 2022].
- [21] Siemens, „Siemens S7-1500,” [Online]. Available: <https://new.siemens.com/nl/nl/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>. [Geopend 15 03 2022].
- [22] Siemens, „Siemens Industry mall,” [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/nl/nl/Catalog/Product/6ES7222-1BF32-0XB0>. [Geopend 31 05 2022].
- [23] Festo, „Festo Normcilinder DNC-32-30-PPV-A,” [Online]. Available: <https://www.festo.com/be/nl/a/download-document/datasheet/1922618>. [Geopend 19 11 2021].
- [24] Festo, „Festo Stopper cilinder,” [Online]. Available: https://www.festo.com/tw/en/a/576125/?siteUid=fox_tw&siteName=Festo+TW. [Geopend 16 11 2021].
- [25] Festo, „Festo Ventieleiland,” [Online]. Available: https://www.festo.com/nl/nl/a/573606/?q=~:festoSortOrderScored&siteUid=fox_nl&siteName=Festo+NL. [Geopend 02 12 2021].
- [26] Festo, „Festo Elektroventielen,” [Online]. Available: https://www.festo.com/net/nl-nl_nl/SupportPortal/Files/703524/Elektroventielen.pdf. [Geopend 31 05 2022].

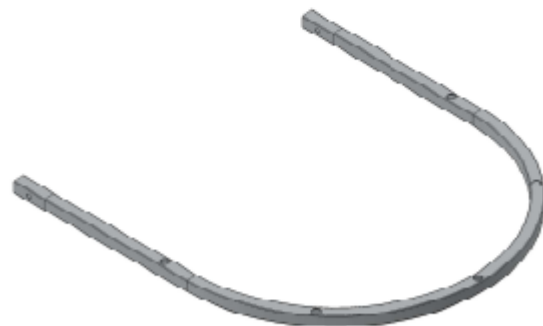
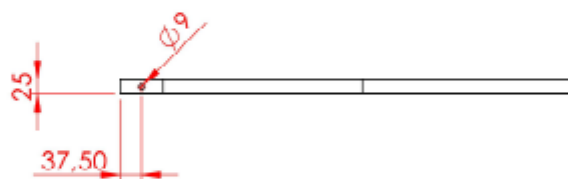
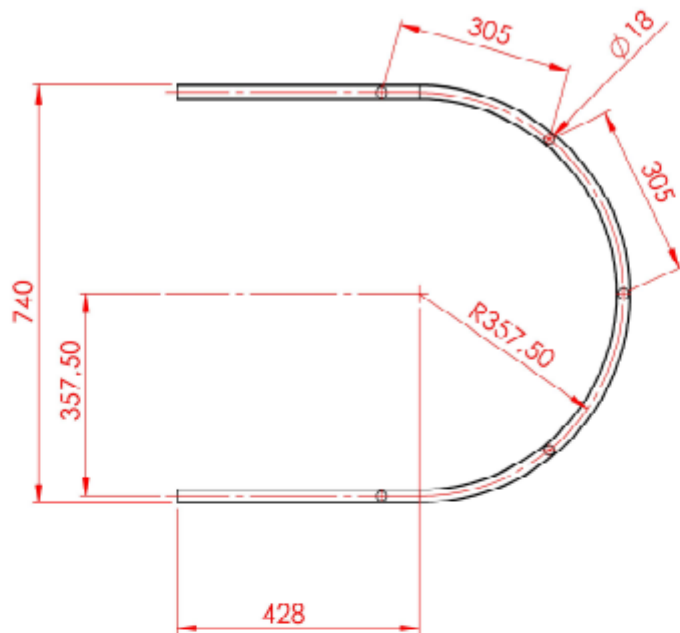
- [27] Limtrade, „Limtrade,” [Online]. Available: <https://www.limtrade.be/>. [Geopend 31 05 2022].
- [28] R. pneumatics, „ROWSE pneumatics,” [Online]. Available: <https://www.rowse-pneumatics.co.uk/>. [Geopend 31 05 2022].
- [29] HouthandelOnline, „HouthandelOnline,” [Online]. Available: <https://www.houthandelonline.nl/>. [Geopend 31 05 2022].
- [30] ERIKS, „ERIKS,” [Online]. Available: <https://shop.eriks.nl/nl/>. [Geopend 31 05 2022].
- [31] Leadshine, „Datasheet of the Easy Servo Motor,” [Online]. Available: http://www.leadshine.com/UploadFile/Down/ES-MHd_V1.41.pdf. [Geopend 04 03 2022].
- [32] „electronicspecifier,” [Online]. Available: <https://www.electronicspecifier.com/news/analysis/yokogawa-kuka-px8000-power-scope-power-scope-measures-robot-energy-consumption>. [Geopend 05 06 2022].
- [33] Siemens, „Siemens industry mall,” [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AE30-0XB0>. [Geopend 05 06 2022].
- [34] „ecopower,” [Online]. Available: <https://www.ecopower.be/nieuws/prijzen-vanaf-1-januari-2022-en-heel-wat-ander-elektriciteitsnieuws#:~:text=Die%20vergoeding%20stijgt%20op%201,naar%200%2C064%20euro%20per%20kWh.&text=%20Deze%20prijzen%20gelden%20voor%20alle,van%20de%20Ecopower%20Dklanten>). [Geopend 05 06 2022].

Bijlagen

| | |
|---|-----|
| Bijlage 1: 2D tekeningen van drie soorten hoepels..... | 97 |
| Bijlage 2: Uitgewerkt morfologisch overzicht | 100 |
| Bijlage 3: Schetsen van concept | 102 |
| Bijlage 4: Orderlijst van onderdelen voor werkstation | 104 |
| Bijlage 5: Parameters die in drive kunnen ingesteld worden..... | 110 |
| Bijlage 6: Oderlijst voor PLC en benodigdheden | 112 |
| Bijlage 7: orderlijst voor pneumatische onderdelen | 113 |
| Bijlage 8: Sequentieel stappenprogramma gemaakt in Excel | 114 |
| Bijlage 9: Handleiding gemaakt voor Alutra..... | 116 |
| Bijlage 10: kosten van de machine | 128 |
| Bijlage 11: offertes van de onderdelen | 130 |

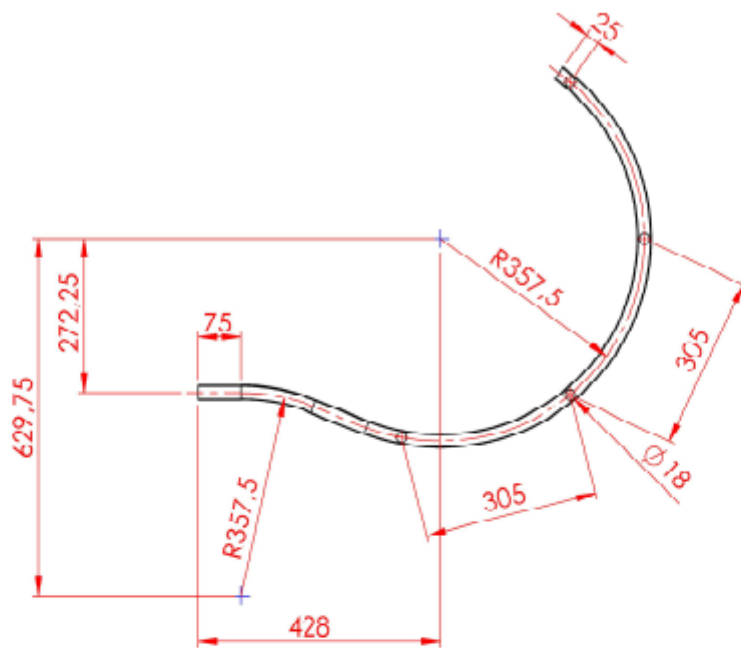
Bijlage 1: 2D tekeningen van drie soorten hoepels





Koker 25x25x1,5mm

| | | | |
|---|------------------------------|--|--------------|
| DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS DEBUR AND BREAK SHARP EDGES | REVISION DATE: 17/09/2021 | TITEL: Standaard Hoepel Kooiladder | |
| | MATERIAL: Aluminium | | |
| | FINISH: Anodisatie | Alutra_Hoepels | A4 |
| All rights Reserved. Do not adapt, duplicate or distribute without written permission of Alutra BVBA. | | SCALE:1:10 | SHEET 2 OF 3 |



Koker 25x25x1,5mm

| | | | |
|---|------------------------------|--|----------------|
| DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS DEBUR AND BREAK SHARP EDGES | REVISION DATE: 17/09/2021 | TITLE: Standaard Hoepel Kooiladder | |
| | MATERIAL: Aluminium | DWG NO.: | Alutra_Hoepels |
| | FINISH: Anodisatie | | A4 |
| All Rights Reserved. Do not adapt, duplicate or distribute without written permission of Alutra BVBA. | | SC-ALU1-10 | SHEET 3 OF 5 |

Bijlage 2: Uitgewerkt morfologisch overzicht

| | | | | | | | |
|--------------------------|--|--|--|---|--|--|---|
| keuze profiel selecteren | Robot pakt profiel uit stapel | Verticale dispenser door zuwkracht (boven naar onder) -> loopband | Verticale dispenser door zuwkracht (boven naar onder) -> duwer | Verticale dispenser (onder naar boven) -> duwer | Verticale dispenser (Boven naar onder) -> 2 verticale staande loopbanden | Verticale dispenser (Boven naar onder) -> horizontale lineaire geleiding | Verticale dispenser recht boven geleide |
| | | | | | | | |
| Opmerkingen | Extra onnodige complexiteit door loopband uitlijning | Lange cilinder nodig om tot einde te kunnen duwen/ bijvullen is mogelijk | Gemakkelijker bijvulbaar! 2 cilinders nodig | Zelfde dispenser als eerste | Zelfde dispenser als eerste | | |

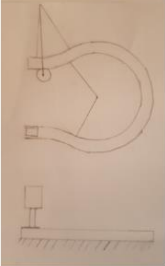

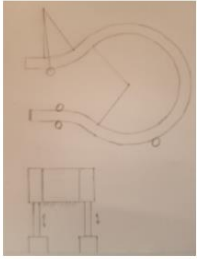
| | | | | | | |
|---------------------------------|---|--|--|---|---|---|
| profiel inklemmen in het midden | pneumatisch cilinders -> langs boven duwen op koker | pneumatisch cilinders -> 1 klemplaat verticaal verschuiven | pneumatisch cilinders -> U klem lang onder | 1 klemplaat roterend weg in het werkvlak -> motor | 1 klemplaat roterend weg in het werkvlak -> pneumatische cilinder | pneumatisch cilinders -> klemstaven verticaal verschuiven |
| | | | | | | |
| Opmerkingen | Op deze manier hebben we geen last van klemmen die in de weg zitten op het werkvlak | | | | | |

| | | | | |
|--------------------------|---|---|--|--|
| 2 kleine bochten plooiën | Hydraulisch cilinders -> ram bending langs buitenkant bocht | Pneumatisch cilinders -> ram bending langs buitenkant bocht | mal van grootte bocht gebruiken -> huidige methode | rollers rond buitenkant -> compression |
| | | | | |
| Opmerkingen | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|---|---|---|--|
| Rechte roller los maken | schroefspindel aan rol op rotatiearm | lineaire actuator aan rol op rotatiearm | pneumatische cilinder aan rol op rotatiearm | Rotatiearm langer maken miv pneumatische cilinder | Rotatiearm langer maken miv schroefspindel |
| | | | | | |
| Opmerking | | | Kan cilinder de krachten aan? | Kan cilinder de krachten aan/ kan cilinder eventueel in rotatiearm gestoken worden? | |

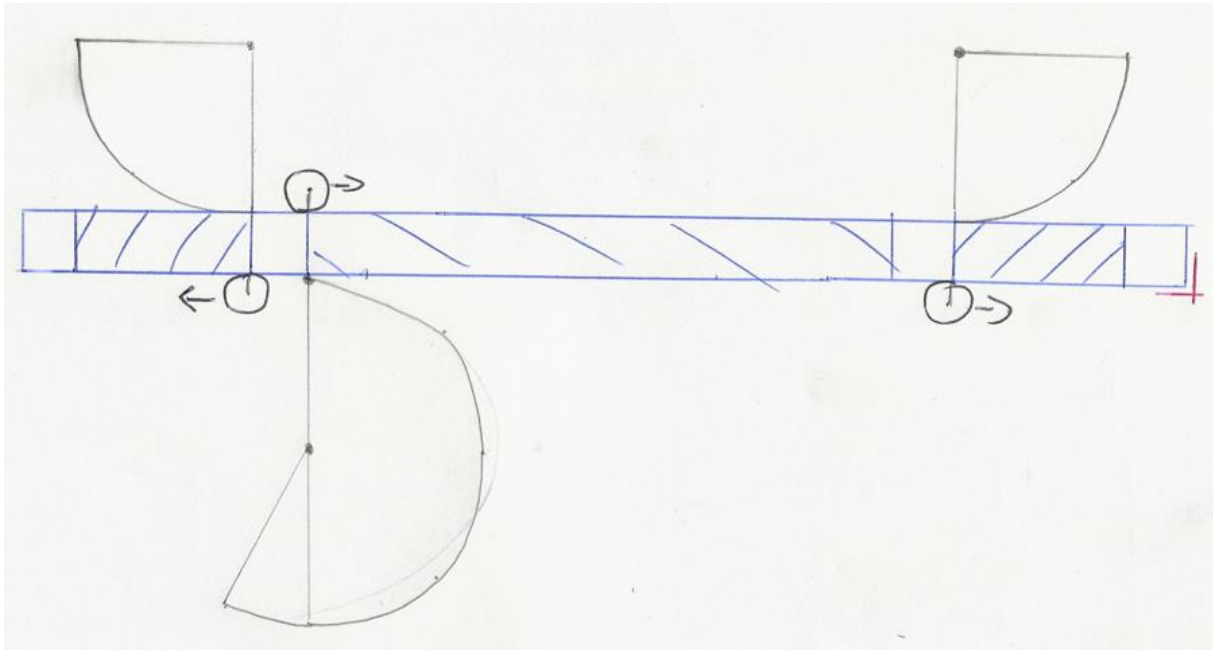
| | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|
| opnieuw inklemmen aan 1 uiteinden | pneumatisch cilinders -> 1 kromme klemplaat verticaal verschuiven | pneumatisch cilinders -> klemstaven verticaal verschuiven | pneumatisch cilinders -> langs boven duwen op koker |
| | | | |
| Opmerkingen | Mal gebruiken als 2de klemplaat | | |

| | | |
|---------------------|--|--|
| grote bocht plooiën | Een al bestaande plooiemachine gebruiken | compression bending -> roller rond mal |
| | | |
| Opmerkingen | | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| positioneren/ inklemmen voor te frezen | Groote plooiomal gebruiken als freesmal -> 1e uiteinde blijft ingeklemt -> extra verticale klemming aan 2de uiteinde | Groote plooiomal gebruiken als freesmal -> 1e uiteinde blijft horizontaal ingeklemt -> 3de roller als klem gebruiken | Groote plooiomal gebruiken als freesmal -> 1e uiteinde blijft horizontaal ingeklemt -> pneumatische verticale klemstaaf |
| |  |  |  |
| Opmerkingen | | | |

| | | | |
|-----------------------|---|---|---|
| afvoer van hoepels | Kuka pakt verticaal uit plooiemachine -> stapellen | Stoters duwen hoepel omhoog -> Kuka pakt verticaal uit plooiemachine -> stapellen | Stoters duwen hoepel omhoog -> Kuka pakt horizontaal uit plooiemachine -> stapellen |
| | | | |
| Opmerkingen | | | |

Bijlage 3: Schetsen van concept



Reken wordt niet verplaatst

Plan als en via Blompien en tijdens eerste plaatsing

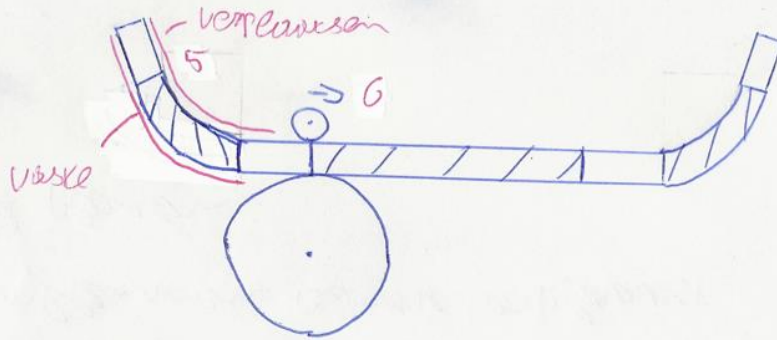
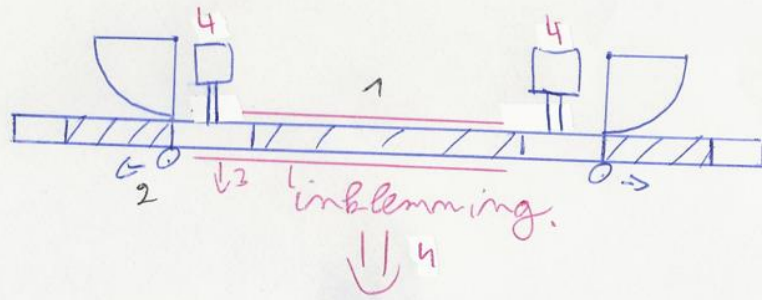
inbrenning: zoveel mogelijk maar rechts

aan voer →

- 1) inbrennen
- 2) kleine uitendelen plaatsen
- 3) Blomplaat schuiven tegen eerste uitendel
- 4) Blom Cas maken → uit de weg → rollers van uitendelen moeten ook weg zijn van stuk.
- 5) grote uitendel plaatsen
- 6) Blommen Cas → 3 stuk afwera door 4 u bu.

højer verp lansen

ambor →



Bijlage 4: Orderlijst van onderdelen voor werkstation

| Naam | Afmetingen (mm) | Aantal | Aantal*lengte |
|----------------------------|-----------------|--------|---------------|
| Aluminium extrusie (60X60) | 634,5 | 4 | 2538 |
| | 2005 | 4 | 8020 |
| | 380 | 3 | 1140 |
| | 500 | 2 | 1000 |
| | 452,5 | 9 | 4072,5 |
| | 125 | 4 | 500 |
| | 140 | 1 | 140 |
| | 300 | 1 | 300 |
| | 45 | 2 | 90 |
| | 302,5 | 1 | 302,5 |
| | 582,5 | 6 | 3495 |
| | 510 | 3 | 1530 |
| | 900 | 6 | 5400 |
| | 300 | 2 | 600 |
| | 540 | 10 | 5400 |
| | 1940 | 2 | 3880 |
| | 240 | 16 | 3840 |
| | 580 | 4 | 2320 |
| | 360 | 2 | 720 |
| | 172,5 | 1 | 172,5 |
| | 675 | 4 | 2700 |
| | 290 | 2 | 580 |
| | 410 | 2 | 820 |
| | 266 | 1 | 266 |
| | 145 | 1 | 145 |

| | | | | |
|--|--------|-----|---------|---------------------------|
| | 77,5 | 3 | 232,5 | |
| | 130 | 3 | 390 | |
| | 230 | 1 | 230 | |
| | 60 | 2 | 120 | |
| | 120 | 1 | 120 | |
| | 220 | 1 | 220 | |
| | 471 | 1 | 471 | |
| | 63,1 | 1 | 63,1 | |
| | 204 | 2 | 408 | |
| | 340 | 2 | 680 | |
| | 234,5 | 2 | 469 | |
| Totale lengte | | | 53375,1 | |
| | | | | |
| Winkelsatz | 57X57 | 175 | | |
| | 43X42 | 20 | | |
| | | | | |
| Bosh foot | 58 | 16 | | Voetjes |
| | | | | |
| DIN EN 10219 Kokers 50X30X4 | 240 | 2 | | Kokers voor rotatie-armen |
| | 185 | 2 | | |
| DIN EN 10219 Kokers 40X20X3 | 400 | 2 | | |
| | 414 | 1 | | |
| | | | | |
| staal/aluminium plaat (dikte 5 mm) | 120X76 | 2 | | |
| | 120X60 | 6 | | |
| | 120X78 | 6 | | |
| | 165X45 | 8 | | |

| | | | | |
|---|------------|---|--|--|
| | 230X140 | 1 | | |
| | 260X140 | 1 | | |
| | 45,5X177 | 1 | | |
| | 45,5X50,5 | 1 | | |
| | 55,5X65,5 | 1 | | |
| | 45,5X140,5 | 2 | | |
| | 45,5X207,5 | 1 | | |
| | 45,5X113,5 | 1 | | |
| | 60X70 | 3 | | |
| | 30X247 | 3 | | |
| | 50X74,4 | 3 | | |
| | 60X60 | 1 | | |
| staal/aluminium plaat (dikte 10 mm) | ø100 | 2 | | |
| staal/aluminium plaat (dikte 5 mm) | ø100 | 1 | | |
| staal/aluminium plaat (dikte 4mm) | 60X114 | 3 | | |
| | 60X124 | 1 | | |
| | 55X104 | 2 | | |
| | 40X40 | 1 | | |
| | | | | |
| Ronde staal/aluminium staaf (Ø = 20mm) | 30 | 2 | | |
| Ronde staal/aluminium staaf (Ø = 15mm) | 20 | 3 | | |
| Ronde staal/aluminium | 20 | 8 | | |

| | | | | |
|------------------------------------|----------|---|--|---|
| staaf (Ø = 25mm) | | | | |
| | | | | |
| Cilinder: DNC-32-20-PPV-A #1922617 | | 4 | | https://www.festo.com/be/nl/p/normcilinder-id_DNC/?q=DNC~:festoSortOrderScored |
| Cilinder: DNC-32-30-PPV-A #1922618 | | 2 | | |
| Cilinder: DNC-32-70-PPV-A #1922620 | | 2 | | |
| Cilinder: DNC-32-30-PPSA | | 2 | | |
| Cilinder: DNC-32-30-PPV-A #1922618 | | 1 | | |
| Cilinder: DNC-32-80-PPV-A #163322 | | 3 | | |
| Cilinder: DNC-32-25-PPV-A #163319 | | 1 | | |
| Stopper: DFSP-40-30-DS-PA #575169 | | 1 | | |
| | | | | |
| HMPE500 (Dikte = 5mm) | 25X25 | 4 | | Grote platen voor bochten mallen |
| HMPE500 (Dikte = 5mm) | 50X43 | 3 | | |
| HMPE500 (Dikte = 5mm) | 50X25 | 3 | | |
| HMPE500 (Dikte = 2mm) | 25X25 | 4 | | |
| HMPE500 (Dikte = 10mm) | 460X60 | 4 | | |
| HMPE500 (Dikte = 10mm) | 900X60 | 4 | | |
| HMPE500 | 30X30X60 | 2 | | |

| | | | | |
|------------------------|--------------|-----|--|---|
| HMPE500 | 100X30X5 | 9 | | |
| HMPE500 | Ø = 40X25 | 1 | | |
| | | | | |
| Multiplex | 644X644X8 | 1 | | |
| | 644X644X25 | 1 | | |
| | 422X422X8 | 1 | | |
| | 422X422X25 | 1 | | |
| | | | | |
| Motor roller | TYPE 840-50 | 1 | | https://easy-systems.eu/product/motor-roller-drive-24v-dc-motor-brushless/ |
| Driven rollers | TYPE 423 | 4 | | https://easy-systems.eu/product/type-423-thermoplastic-synthetic-material-round-belt-with-two-grooves/ |
| | | | | |
| T_Bolts | M8X50 | 20 | | Mallen aan frame |
| T_Bolts | M8X20 | 140 | | Plaatjes |
| Collar nut DIN EN 1661 | M8 | 20 | | Mallen aan frame |
| ISO4762 | M6X20-8_8 | 75 | | Cilinders plooi+aanvoer |
| ISO4762 | M6X45-8_8 | 36 | | Reductiekast aan mallen |
| ISO4762 | M8X20-8_8 | 27 | | Rotatier aan reductiekast |
| ISO4014 | M10X100-10_9 | 1 | | Bout rollers |
| ISO4014 | M10X80-10_9 | 2 | | Bout rollers |
| | | | | |
| ISO4032 | M8 | 140 | | Plaatjes |
| ISO4032 | M6 | 36 | | Mallen/reductiekast |
| ISO 4032 | M12 | 6 | | Moeren Rollers |
| ISO4032 | M10 | 3 | | |
| | | | | |
| ISO7090 | M6 | 76 | | Rondellen mal-reductiekast + cilinders |

| | | | | |
|----------------|-----|-----|--|-------------------|
| ISO7090 | M10 | 6 | | Rondellen rollers |
| ISO7090 | M8 | 170 | | |
| | | | | |
| DIN 471 - 15X1 | | 3 | | Circlips |

Bijlage 5: Parameters die in drive kunnen ingesteld worden

| Display Code | Name | Default Value | Range | Description |
|--------------|-------------------------|---------------|-----------|---|
| "PA__00" | Current Loop Kp | 1000 | 0-65535 | Proportional gain. Increase it make current rise faster. Too large value may leads to big vibration and noise or even unstable. |
| "PA__01" | Current Loop Ki | 200 | 0-65535 | Integral gain, eliminating the steady error of the current loop. Too big may cause vibration, noise or even unstable. |
| "PA__02" | Current Loop Kc | 256 | 0-1024 | High value reduces mid-speed vibration but the motor current also drops fast. |
| "PA__03" | Position Loop Kp | 2500 | 0-65535 | Position loop proportional gain. |
| "PA__04" | Position Loop Ki | 500 | 0-65535 | Eliminates the steady error of the position loop when the motor is standstill. |
| "PA__05" | Position Loop Kd | 200 | 0-1000 | Reduces over shoot of the position. |
| "PA__06" | Position Loop Kvff | 30 | 0-100 | Compensate the motor and control loop delay. |
| "PA__07" | Pulses/Revolution | 4000 | 200-65535 | Set the pulses count to make the motor rotate one revolution. |
| "PA__08" | Encoder Resolution | 4000 | 200-65535 | X4 quadrature decoding, default value is for 1000 lines encoder. |
| "PA__09" | Position Error Limit | 1000 | 1-65535 | When the position error exceeds this value, the drive goes into error state. Unit: Pulses |
| "PA__10" | Holding Current Rate | 40% | 0-100 | It affects the holding torque when the motor is at standstill. It also determines the start current when the motor starts to work again. The actual current is the drive's MAX current multiplied by the holding current rate. For example, the drive's MAX current is 6A. So the default actual holding current is $6 * 40\% = 2.4A$. Large value will offer better acceleration performance while causes more heating. |
| "PA__11" | Close-loop Current Rate | 100% | 1-100 | This parameter limits the MAX dynamic torque when the motor is in motion. The actual current limit is the drive's MAX current multiplied by the close-loop current rate. Large value will offer better acceleration performance while causes more heating. |

| | | | | |
|----------|-------------------|----------|---------|--|
| "PA__12" | Standby Time | 1000ms | 1-65535 | This parameter defines the waiting time for the drive entering into standby mode when there is no pulse input to the drive. In standby mode, small position error will be ignored. |
| "PA__13" | Pulse Filter | 0 | 0 or 1 | 0----Disable Pulse Filter 1----Enable Pulse Filter |
| "PA__14" | Filter Time | 25600us | 0-25600 | The higher value the smoother motion. But higher value also leads to high delay. |
| "PA__15" | Enable Level | 1 | 0 or 1 | 0----Users must apply a 5V between ENA+ and ENA- to enable the drive. 1----The drive is enable when voltage drop between ENA+ and ENA- is 0V or left unconnected. |
| "PA__16" | Alarm Level | 1 | 0 or 1 | 0----High impedance between ALM+ and ALM- at drive error 1----Low impedance between ALM+ and ALM- at drive error |
| "PA__17" | Pulse Mode | 0 | 0 or 1 | 0----Pulse + Direction 1----Pulse + Pulse (CW/CCW) |
| "PA__18" | Pulse Edge | 0 | 0 or 1 | 0----Active Rising Edge 1----Active Falling Edge |
| "PA__19" | Motor Direction | 1 | 0 or 1 | 0 and 1 represents two different directions (CW / CCW). |
| "PA__20" | Pulse Bandwidth | 0 | 0 or 1 | 0----The MAX pulse frequency is limited to 200KHz 1---- The MAX pulse frequency is limited to 500KHz |
| "PA__21" | Acceleration | 200 | 1-2000 | Acceleration of the built-in motion controller. Unit: Revolutions / second |
| "PA__22" | Speed | 60 RPM | 1-3000 | Speed of the built-in motion generator. Unit RPM |
| "PA__23" | Move Distance | 100 rev. | 1-65535 | Move distance of the built-in motion controller. The actual distance is 1/100 of the setting value. Unit: Revolutions |
| "PA__24" | Repeat Times | 1 | 1-65535 | Repeat times of the built-in motion controller. |
| "PA__25" | Initial Direction | 1 | 0 or 1 | 0 and 1 represents two different directions of the motion commands. |
| "PA__26" | Dwell | 100ms | 1-65535 | Waiting time to the next trapezoid velocity motion when one motion completes. Unit: ms |

Bijlage 6: Ouderlijst voor PLC en benodigheden



Order list Project Project

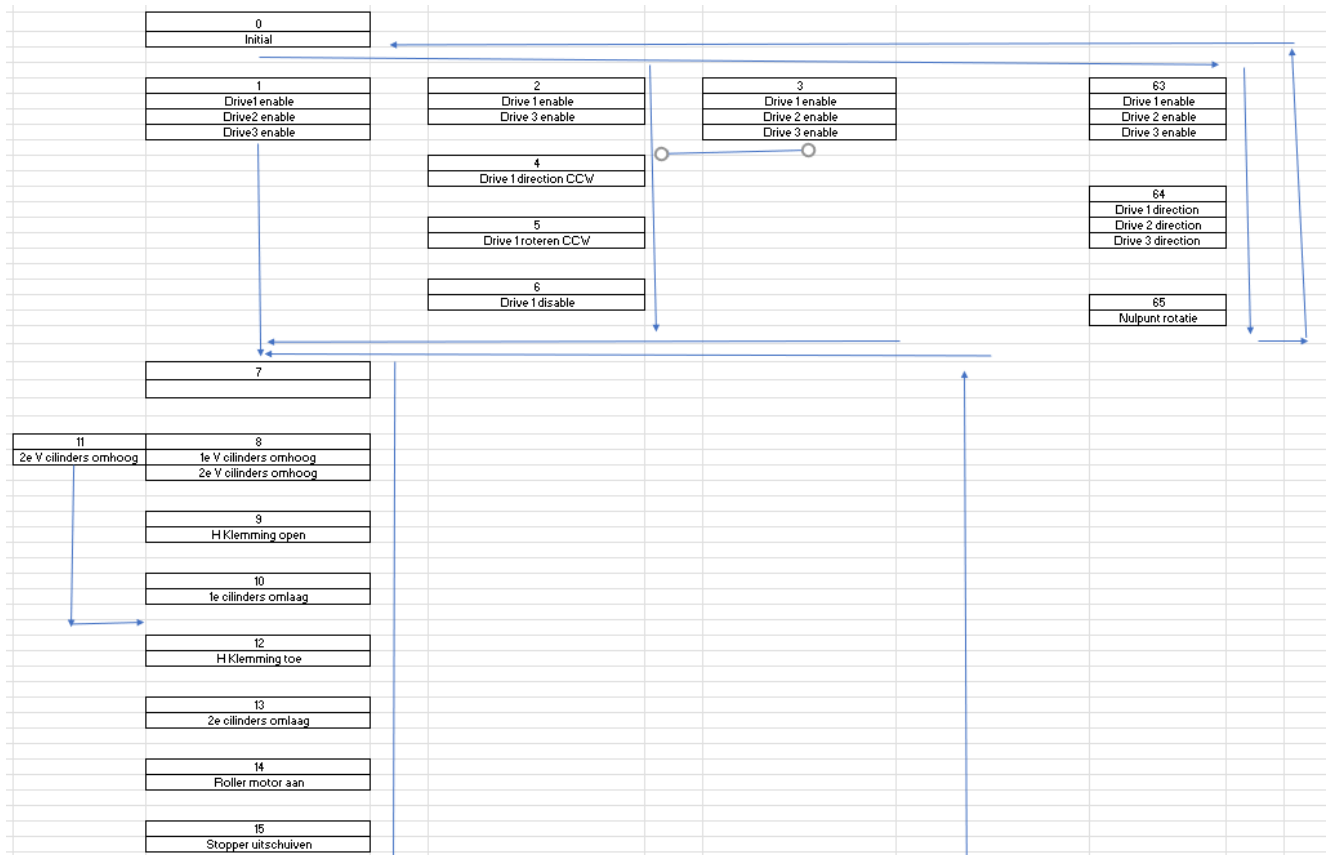
1. Order list

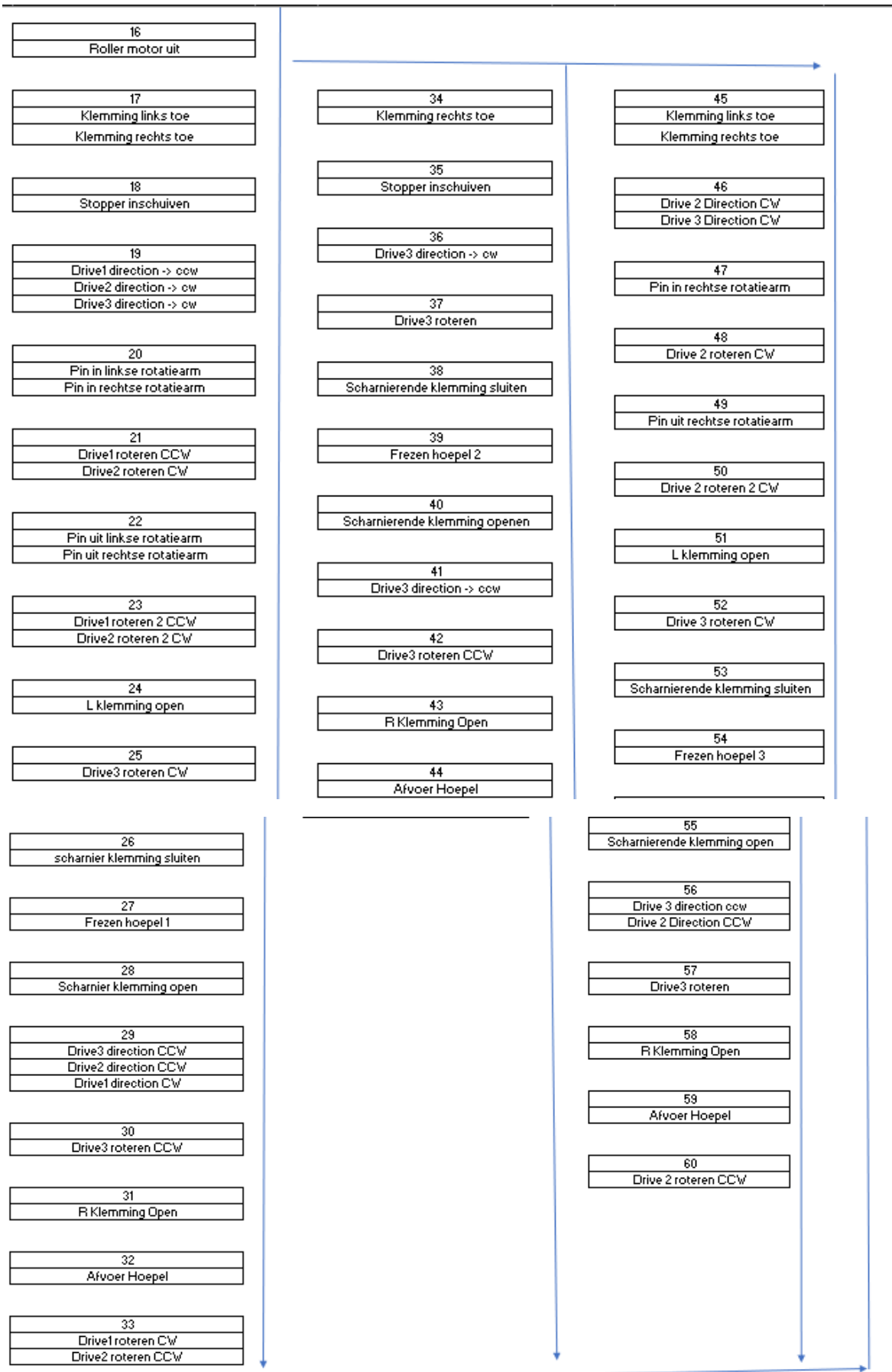
| Grouping | Article number | Name | Configured number | Order quantity | Single parts | Listprice ** |
|----------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------|--------------|--------------|
| 1212C | | | | | | |
| S7-1200 | | | | | | |
| | 6ES7212-1AE40-0XB0 | CPU 1212C ,DC/DC/DC, 8DI/6DO/2AI | 1 | 1 Pieces | 1 | 258,00 EUR |
| | 6ES7221-1BF32-0XB0 | Digital Input SM 1221, 8DI, 24V DC | 1 | 1 Pieces | 1 | 112,30 EUR |
| | 6ES7222-1BH32-0XB0 | Digital Output SM1222, 16 DO, 24V DC | 2 | 1 Pieces | 1 | 178,90 EUR |
| 1214C | | | | | | |
| S7-1200_2 | | | | | | |
| | 6ES7214-1AG40-0XB0 | CPU 1214C, DC/DC/DC, 14DI/10DO/2AI | 1 | 1 Pieces | 1 | 390,00 EUR |
| | 6ES7222-1BH32-0XB0 | Digital Output SM1222, 16 DO, 24V DC | 2 | 1 Pieces | 1 | 178,90 EUR |
| Licentie | | | | | | |
| STEP7V17 | | | | | | |
| | 6ES7822-0AE07-0YA5 | SIMATIC STEP 7 Basic V17 (Download) | 1 | 1 Pieces | 1 | 305,00 EUR |
| Sitop voeding | | | | | | |
| Power supply | | | | | | |
| | 6EP1333-2BA20 | SITOP PSU100S/1AC/24VDC/5A | 1 | 1 Pieces | 1 | 112,00 EUR |

Bijlage 7: orderlijst voor pneumatische onderdelen

| Foto | Symbol | Aantal | Artikelnr. | Type | Benaming | ID1 |
|------|--------|--------|------------|----------------------------|-------------------------|---|
| | | 4 | 1922617 | DNC-32-20-PPV-A | normcilinder | DNC-32-20-PPV-A |
| | | 5 | 1922618 | DNC-32-30-PPV-A | normcilinder | DNC-32-30-PPV-A |
| | | 2 | 1922620 | DNC-32-70-PPV-A | normcilinder | DNC-32-70-PPV-A |
| | | 1 | 163319 | DNC-32-25-PPV | normcilinder | DNC-32-25-PPV |
| | | 3 | 163322 | DNC-32-80-PPV | normcilinder | DNC-32-80-PPV |
| | | 1 | 576125 | DFSP-40-30-DS-PA | stoppercilinder | DFSP-40-30-DS-PA |
| | | 2 | 566624 | VABM-L1-14S-G14-8 | aansluitstrip | VABM-L1-14S-G14-8 |
| | | 10 | 186112 | QS-G1/4-10-I | insteekschroefkoppeling | QS-G1/4-10-I |
| | | 4 | 165004 | UC-1/4 | geluiddemper | UC-1/4 |
| | | 50 | 197384 | PUN-H-6X1-BL | kunststofslang | PUN-H-6X1-BL |
| | | 40 | 186096 | QS-G1/8-6 | insteekschroefkoppeling | QS-G1/8-6 |
| | | 16 | 564212 | VUVG | magneetventiel | VUVG-S14-B52-T-Q6-1R8L |
| | | 32 | 541333 | NEBU-M8G3-K-2.5-LE3 | verbindingkabel | NEBU-M8G3-K-2.5-LE3 |
| | | 1 | 573606 | VTUG | ventieleiland | VTUG-14-MSDR-S1T-25V20-Q10-U-Q6S-8J |
| | | 1 | 575417 | NEBV-S1G25-K-2.5-N-LE25-S6 | verbindingkabel | NEBV-S1G25-K-2.5-N-LE25-S6 |

Bijlage 8: Sequentieel stappenprogramma gemaakt in Excel

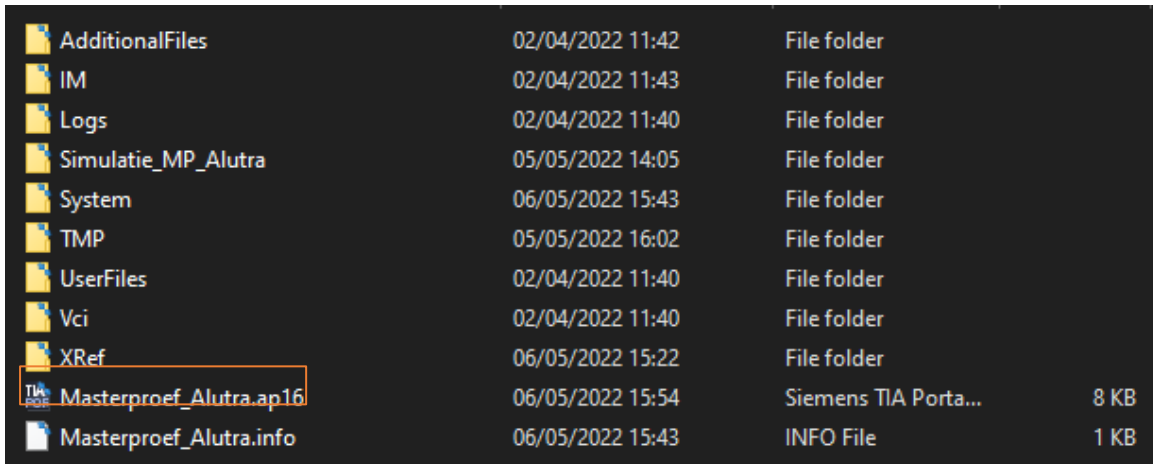




Handleiding PLC-programma MP Alutra

1. Programma openen in Tia portal 16

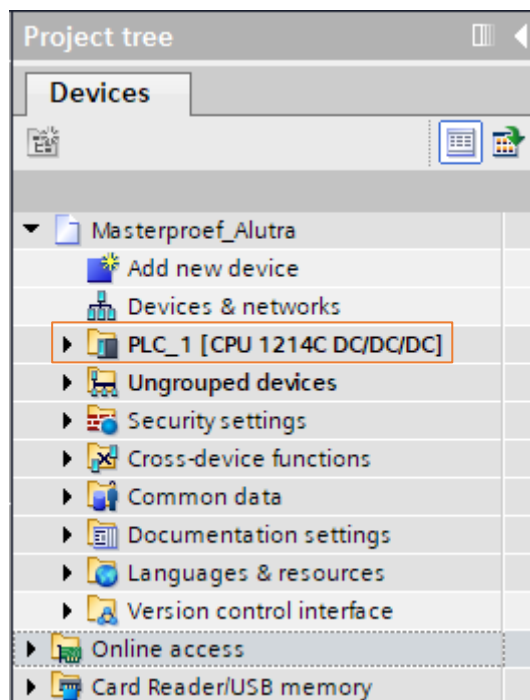
Het PLC-programma kan geopend worden door in de map waar het programma in zit te dubbelklikken op Masterproef_Alutra.ap16.



| File name | Modified | Type | Size |
|--------------------------------|------------------|----------------------|------|
| AdditionalFiles | 02/04/2022 11:42 | File folder | |
| IM | 02/04/2022 11:43 | File folder | |
| Logs | 02/04/2022 11:40 | File folder | |
| Simulatie_MP_Alutra | 05/05/2022 14:05 | File folder | |
| System | 06/05/2022 15:43 | File folder | |
| TMP | 05/05/2022 16:02 | File folder | |
| UserFiles | 02/04/2022 11:40 | File folder | |
| Vci | 02/04/2022 11:40 | File folder | |
| XRef | 06/05/2022 15:22 | File folder | |
| Masterproef_Alutra.ap16 | 06/05/2022 15:54 | Siemens TIA Porta... | 8 KB |
| Masterproef_Alutra.info | 06/05/2022 15:43 | INFO File | 1 KB |

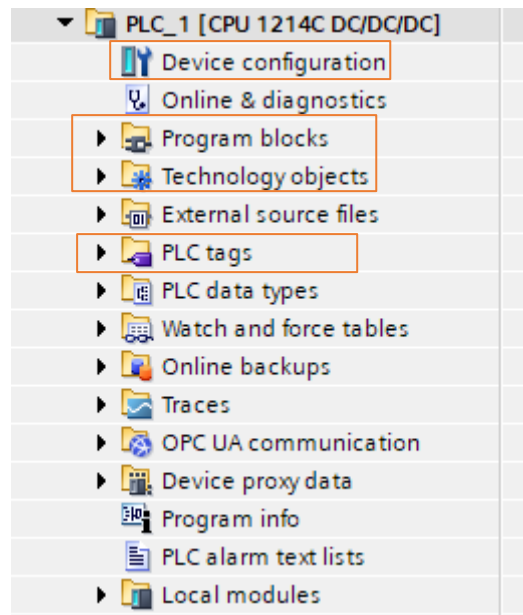
Figuur 93

Vervolgens drukt u op project view, linksonder op het scherm. U komt nu in het scherm waar het programma in gemaakt is. Om alle sub programma's te openen opent u het mapje PLC_1.



Figuur 94

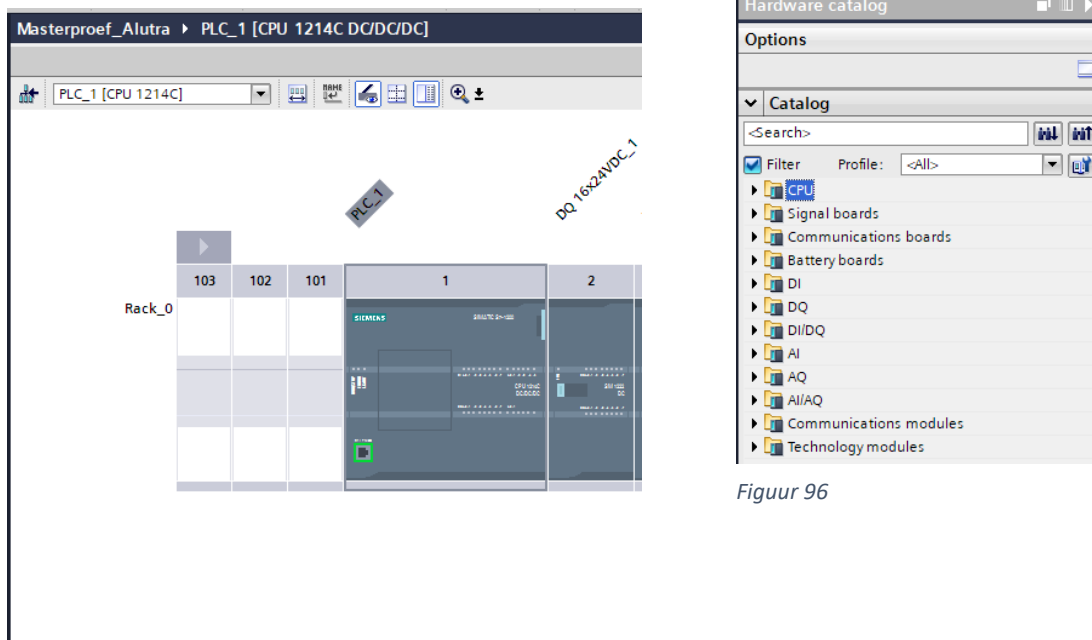
In het mapje PLC_1 zijn er vier zaken die belangrijk zijn. Device configuration/ Program blocks/ Technology objects en PLC tags.



Figuur 95

2. Device configurator

In de device configurator staat welke PLC en uitbreidingskaart gebruikt worden. Als de PLC of uitbreidingskaart verandert moet dit ook hier in aangepast worden. Dit kan gedaan worden door rechts op het scherm de hardware catalog te openen. Door te dubbel klikken op de naam van de plc of uitbreidingskaar opent er een menu onder aan het scherm waar alle instelling kunnen veranderd worden.

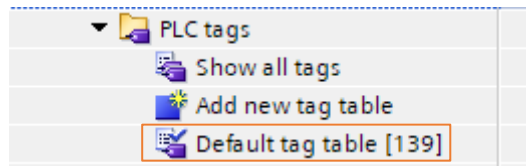


Figuur 96

Figuur 97

3. PLC tags

In PLC tags kunt u de default tag tabel openen door erop te dubbel klikken.



Figuur 98

In deze tag table staan alle in- en uitgangen die gebruikt kunnen worden door de PLC. De ingangen worden geadresseerd door de benaming %I en de uitgangen door %Q. %M staat voor merkers. Merkers zijn hulpgeheugens die gebruikt worden om tussenresultaten op te slaan. Het adres en de naam kunnen veranderd worden door hier op te dubbel klikken.

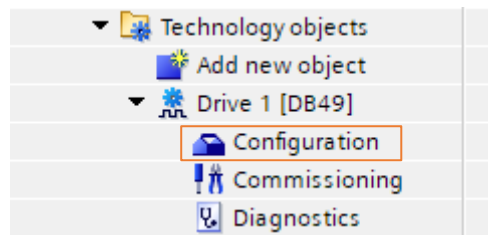
Masterproef_Alutra > PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] > PLC tags > Default tag table [139]

| Default tag table | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------|-----------|---------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | Name | Data type | Address | Retain | Acces... | Writa... | Visibl... | |
| 1 | Pulse Drive 1 | Bool | %Q0.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 2 | Pulse Drive 2 | Bool | %Q0.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 3 | Pulse Drive 3 | Bool | %Q0.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 4 | Enable Drive 1 | Bool | %Q0.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 5 | Enable Drive 2 | Bool | %Q0.4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 6 | Enable Drive 3 | Bool | %Q0.5 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 7 | Direction Drive 1 | Bool | %Q0.6 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 8 | Direction Drive 2 | Bool | %Q0.7 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 9 | Direction Drive 3 | Bool | %Q1.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 10 | V Cilinders Aanvoer 1 | Bool | %Q1.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 11 | V Cilinders Aanvoer 2 | Bool | %Q2.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 12 | H Cilinders aanvoer klemming | Bool | %Q2.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 13 | Roller Motor | Bool | %Q2.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 14 | Stopper plooiemachine | Bool | %Q2.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 15 | Plooiemachine Klemming Links | Bool | %Q2.4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 16 | Plooiemachine Klemming Rechts | Bool | %Q2.5 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 17 | Pin Links Rotatie-arm | Bool | %Q2.6 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 18 | Pin Rechtse Rotatie-arm | Bool | %Q2.7 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 19 | Scharnierende Klemming | Bool | %Q3.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 20 | Frezen hoepel 1 | Bool | %Q3.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 21 | Frezen hoepel 2 | Bool | %Q3.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 22 | Frezen hoepel 3 | Bool | %Q3.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 23 | Robot start | Bool | %I0.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 24 | Keuze Hoepel 1 | Bool | %I0.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 25 | Keuze Hoepel 2 | Bool | %I0.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 26 | Keuze Hoepel 3 | Bool | %I0.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 27 | Sensor Magazijn | Bool | %I0.4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 28 | Sensor Stopper | Bool | %I0.5 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 29 | Sensor Hoepel 1 | Bool | %I0.6 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 30 | Sensor Hoepel 2 | Bool | %I0.7 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 31 | Sensor Hoepel 3 | Bool | %I1.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 32 | Noodstop | Bool | %I1.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 33 | Frezen Hoepel Klaar | Bool | %I1.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 34 | Afvoer Hoepel | Bool | %Q3.4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 35 | Afvoer klaar | Bool | %I1.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 36 | Rotatie Stap 5 klaar | Bool | %M20.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 37 | Rotatie Stap 21 klaar | Bool | %M20.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 38 | Rotatie Stap 23 klaar | Bool | %M20.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 39 | Rotatie Stap 33 klaar | Bool | %M20.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 40 | Rotatie Stap 33/60 klaar | Bool | %M20.4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |

Figuur 99

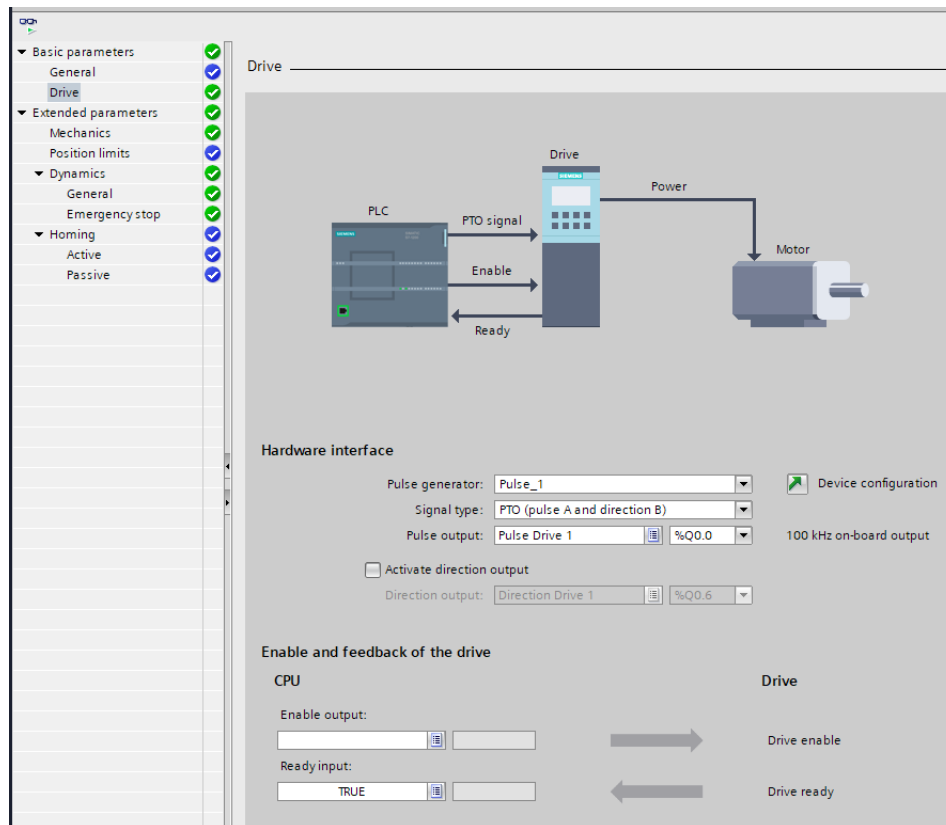
4. Technology object

In technology object worden de drie drives gedefinieerd die gebruikt worden met de stappenmotoren. Om de parameters aan te passen moet u dubbelklikken op configuration.



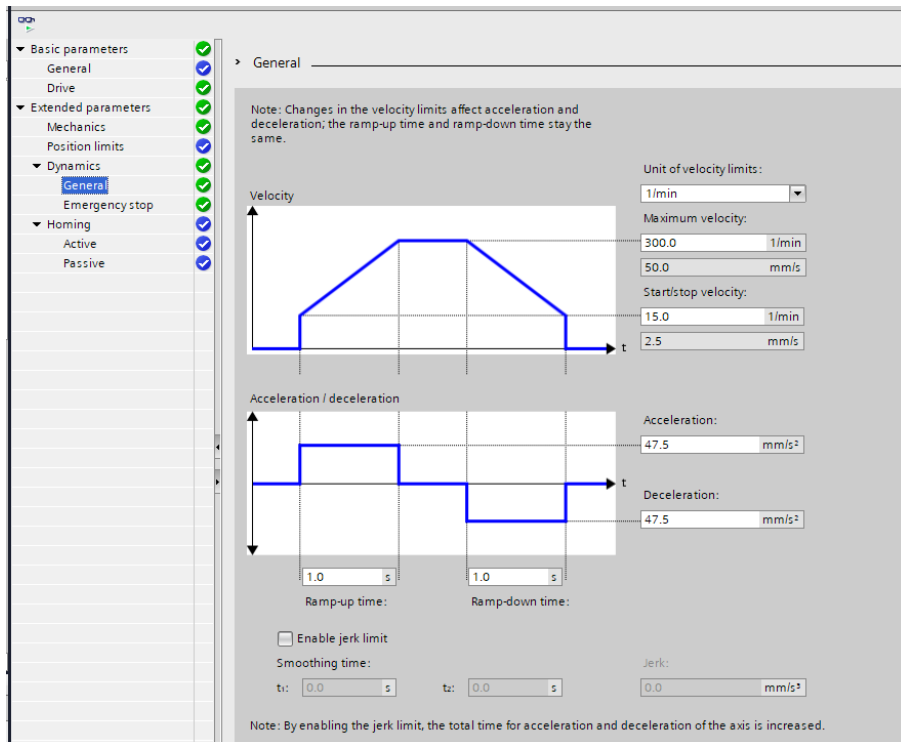
Figuur 100

Bij basic parameters -> drive kan de output van het puls signaal aangepast worden. Deze uitgang moet altijd %Q0.0, %Q0.1 of %Q0.2 zijn omdat dit de enigste uitgangen zijn die tegen een hoge frequentie kunnen schakelen.



Figuur 101

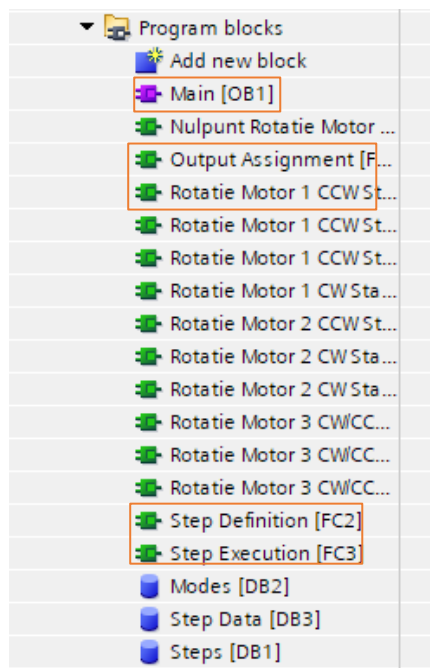
In het onderdeel general kan de maximum snelheid en versnelling ingesteld worden van de stappenmotor. De maximum snelheid kan ingegeven worden als toeren/min maar het programma werkt met mm/s.



Figuur 102

5. Program blocks

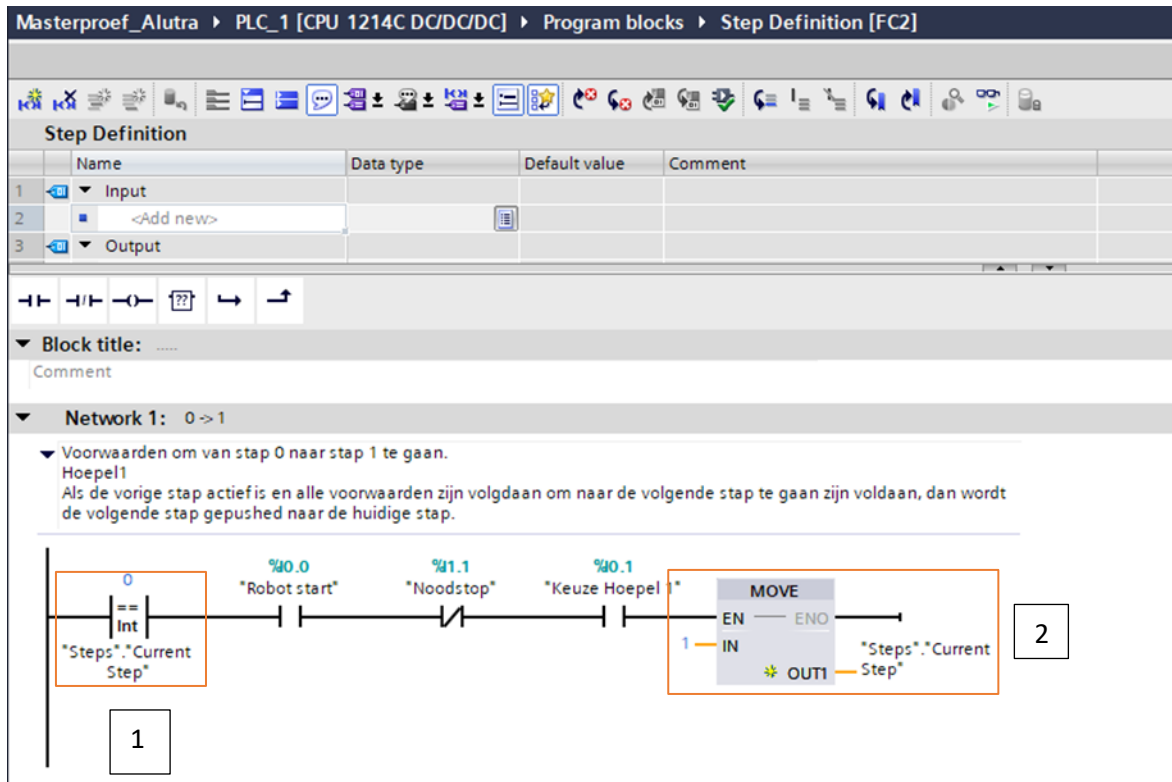
In program blocks staan alle blokjes met code in die het PLC-programma opmaken. Main is het hoofdprogramma waar alle ander programma's in opgeroepen worden. Step Definition beschrijft de voorwaarden die nodig zijn om naar de volgende stap te gaan. Step Execution beschrijft de stap die uitgevoerd wordt. In Output Assignment worden de nodige uitgangen aangestuurd die bij elke stap horen. Tot slot dienen de Rotatiemotor blokken voor de rotatie van de stappenmotoren. Modes/ Step Date en Steps dienen als register voor de verschillende stappen.



Figuur 103

Step Definition

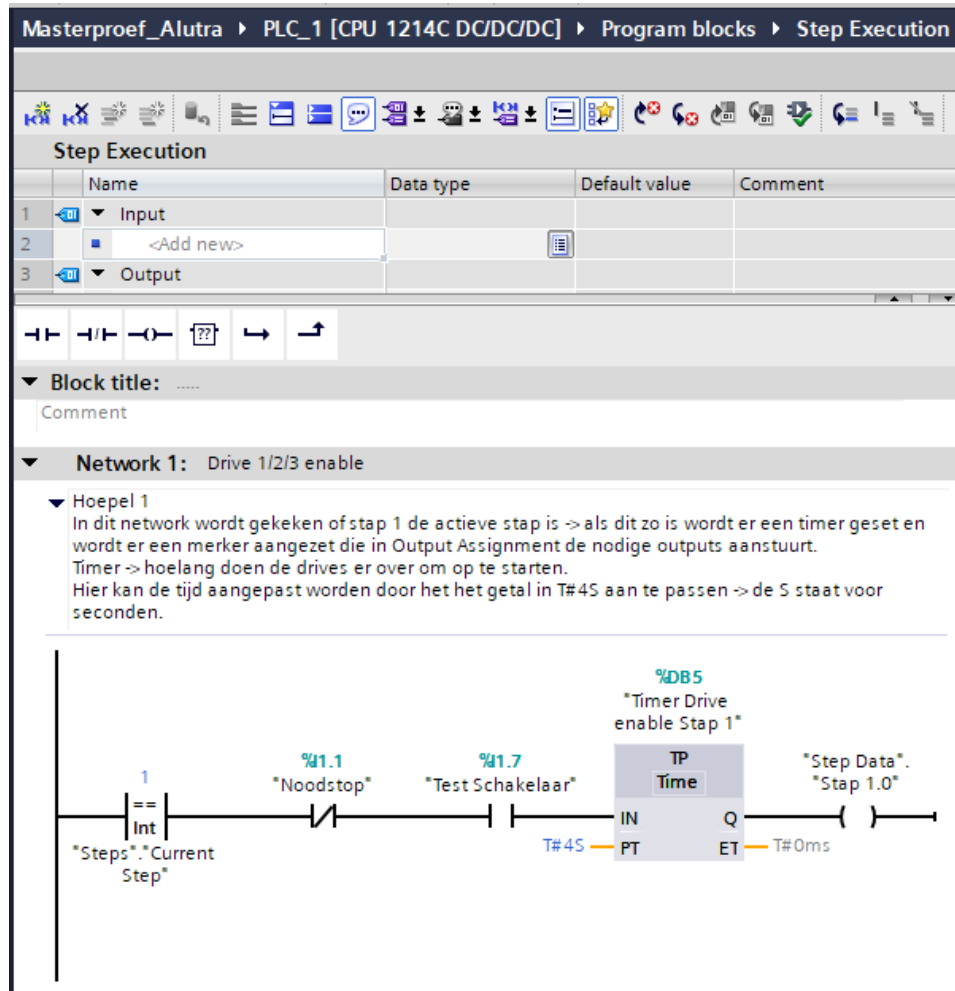
Elke voorwaarden tussen twee stappen worden beschreven in een network. In het voorbeeld in Figuur 11 staat Network 1 voor de voorwaarden om van stap 0 naar stap 1 te gaan. In het begin van het network wordt er gekeken in welke stap het programma is (1). Als alle voorwaarden voldaan zijn wordt de volgende stap op actief gezet m.b.v. de functie Move (2).



Figuur 104

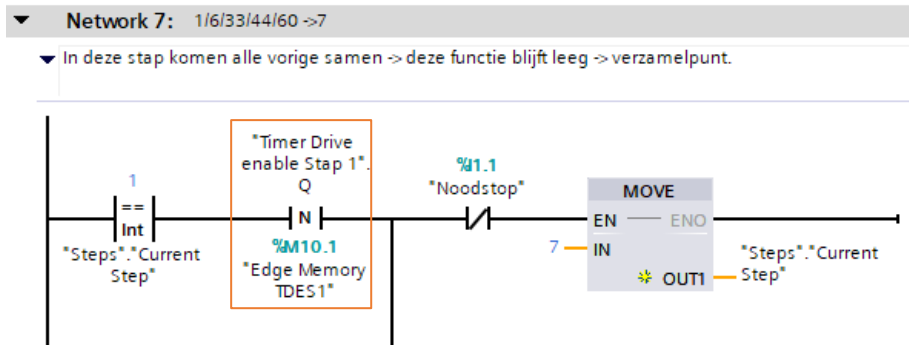
Step Execution

In step execution wordt er gekeken welke stap actief is, en op basis hiervan wordt er een timer en een merker geactiveerd. De timer dient als delay voorwaarde om naar de volgende stap over te gaan. In Figuur 12 wordt een voorbeeld gegeven van stap 1. Als het programma in deze stap komt wordt de merker "Step Date Stap 1.0" actief gemaakt. Deze merker wordt in een volgend programma gebruikt om de nodige uitgangen aan te sturen (Output assignment).



Figuur 105

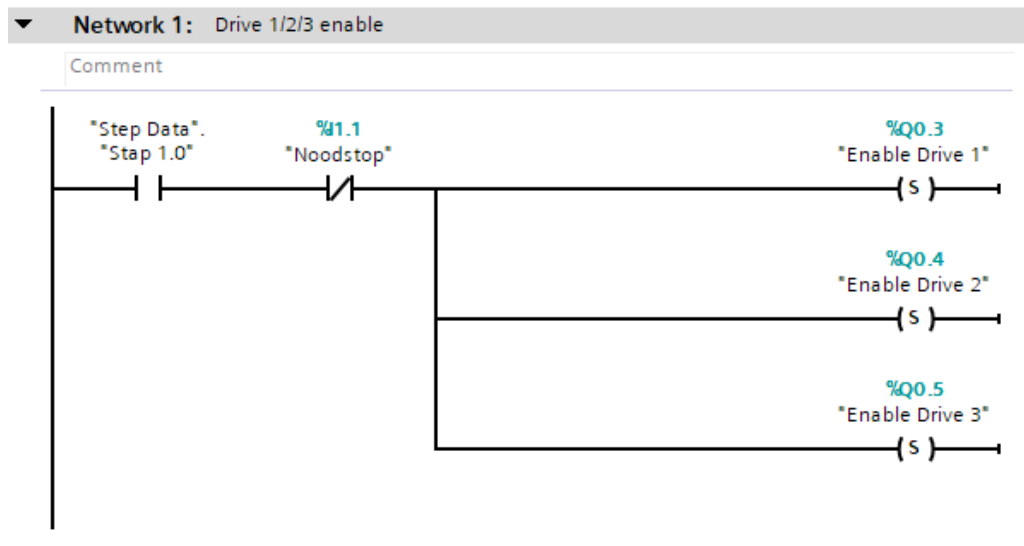
Gelijk wordt ook de timer "Timer Drive enable Stap 1" geactiveerd. Nadat deze timer is uitgelopen mag er pas overgaan worden naar de volgende stap. In dit geval is de stap na 1, stap 7 (Figuur 13). Als deze timer er niet zou zijn, zou stap 1 heel snel uitgevoerd worden en zou er dus direct naar stap 7 overgaan worden. Hierdoor is het programma al bezig met de volgende stap terwijl de vorige actie nog uitgevoerd wordt. Afhankelijk van hoelang een bepaalde stap nodig heeft om zijn actie uit te voeren moet de timer ingesteld worden op de benodigde tijd. Dit kan door in de timer het getal in "T#4S" aan te passen. De S staat voor seconden. Op de plaatsen waar er sensoren gebruikt worden zijn er in principe geen timers nodig. Maar in het PLC-programma zijn er op deze plaatsen toch een timer toegevoegd van één seconde. Dit omdat het programma anders zo snel voorbij een stap gaat dat het programma geen tijd heeft om de output te zetten.



Figuur 106

Output assignment

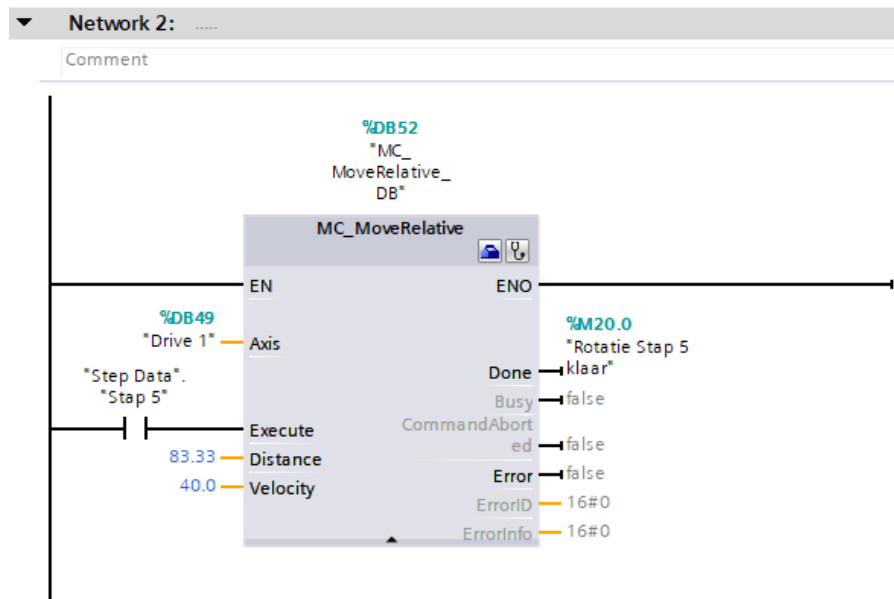
Als de merker Step Date Stap 1.0 geactiveerd wordt in Step Execution (Figuur 12) wordt er in de output assignment de nodige uitgangen geset of gereset (Figuur 14).



Figuur 107

Rotatie Motor

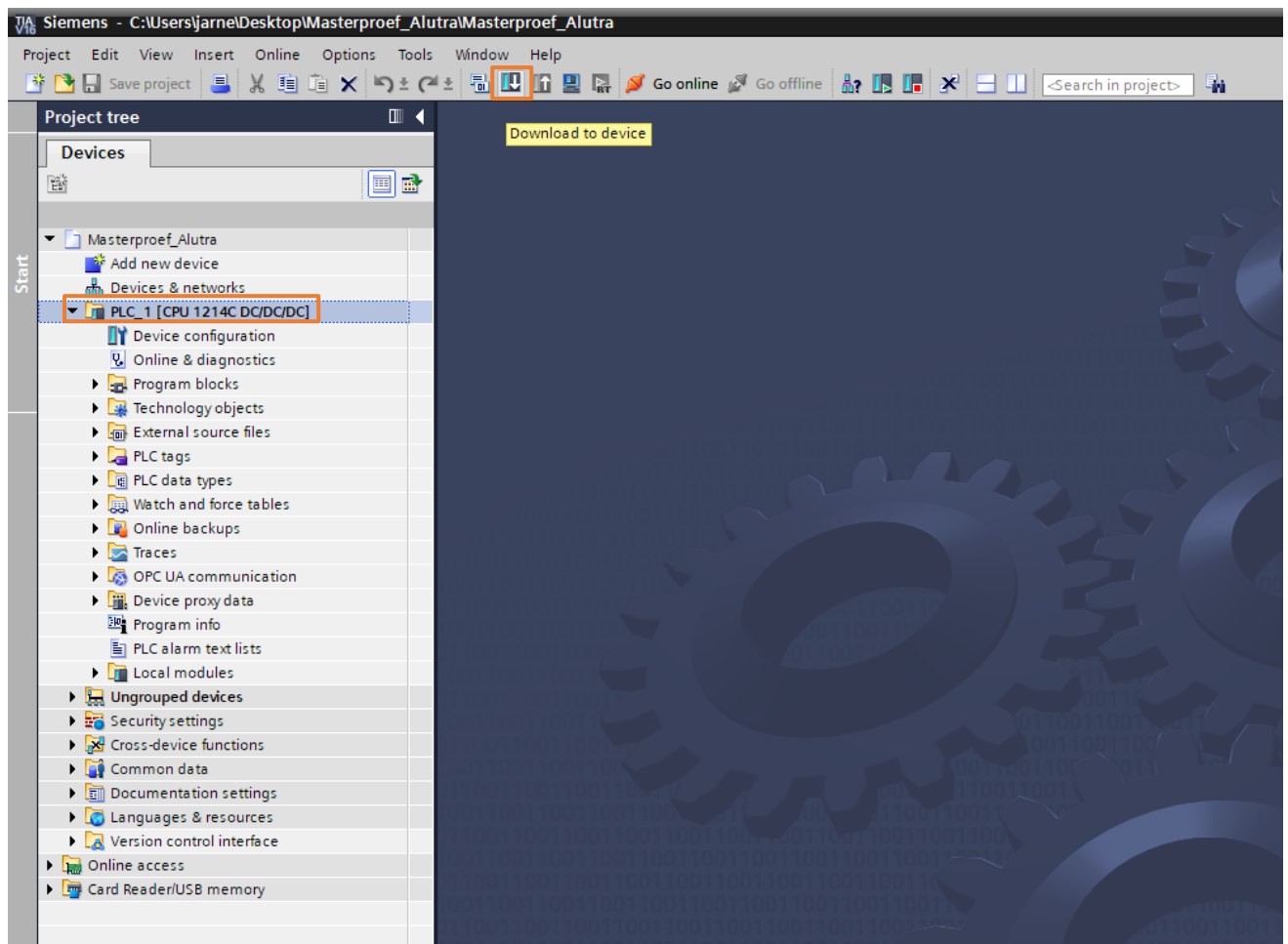
In de programma blokken Rotatie Motor wordt het puls signaal gemaakt dat naar de drives gestuurd wordt. Hiervoor wordt een functie MoveRelative gebruikt. In deze functie kan de afstand en de snelheid geregeld worden die de motor moet draaien. Om de afstand te veranderen moet de waarde die bij Distance staat aangepast worden. In het voorbeeld dat Figuur 14 weergeeft staat er voor de afstand 83.33. Dit komt overeen met 8.333 toeren. Voor de snelheid staat in dit voorbeeld 40.0 mm/s. Deze waarde moet hier altijd in mm/s ingegeven worden, tr/min gaat hier niet.



Figuur 108

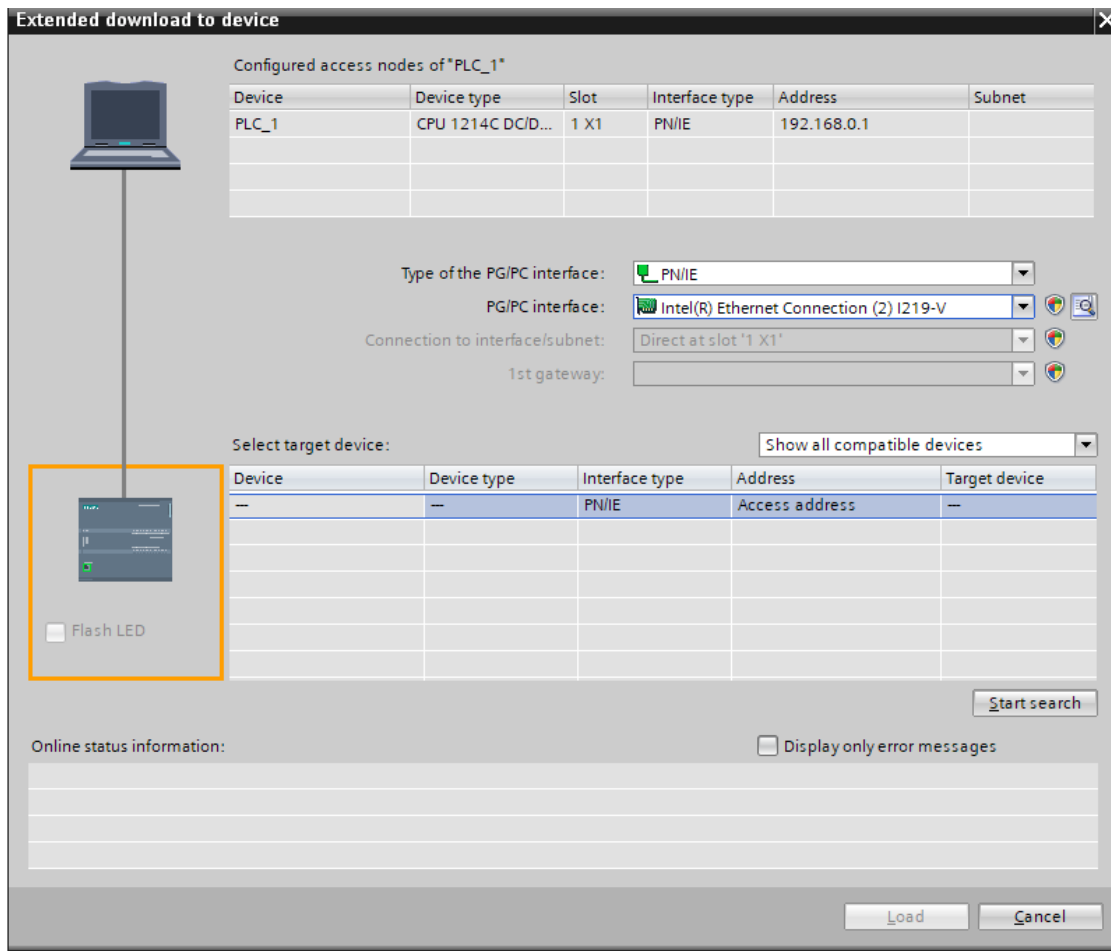
6. Programma uploaden naar PLC

In deze paragraaf wordt uitgelegd hoe u het PLC programma moet uploaden naar de PLC. Om dit te doen klikt u eerst één keer op het mapje PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]. Vervolgens drukt u op het icoon Download to device bovenaan in de werkbalk.



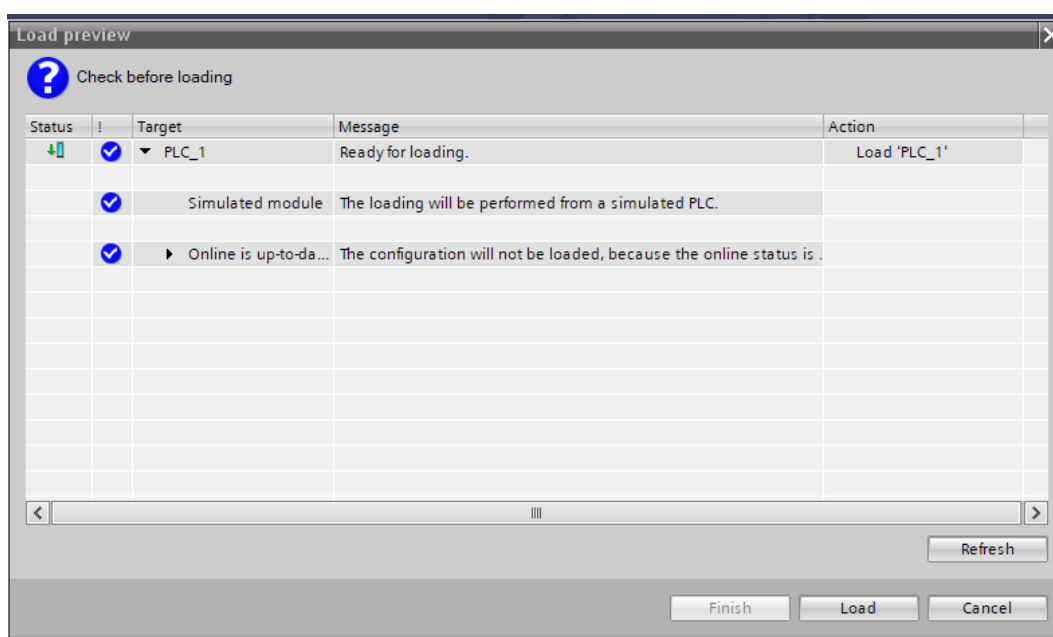
Figuur 109

Vervolgens opent het venster dat u in Figuur 17 ziet. Hierbij kiest u voor Type of the PG/Pc interface, PN/IE. Voor PG/PC interface kiest u Intel(R) Ethernet Connection (2). Vervolgens kunt u in het vak Select target device de PLC kiezen die verbonden is met de PC. Nadat u de juiste PLC gekozen heeft drukt u op Load onderaan het venster.



Figuur 110

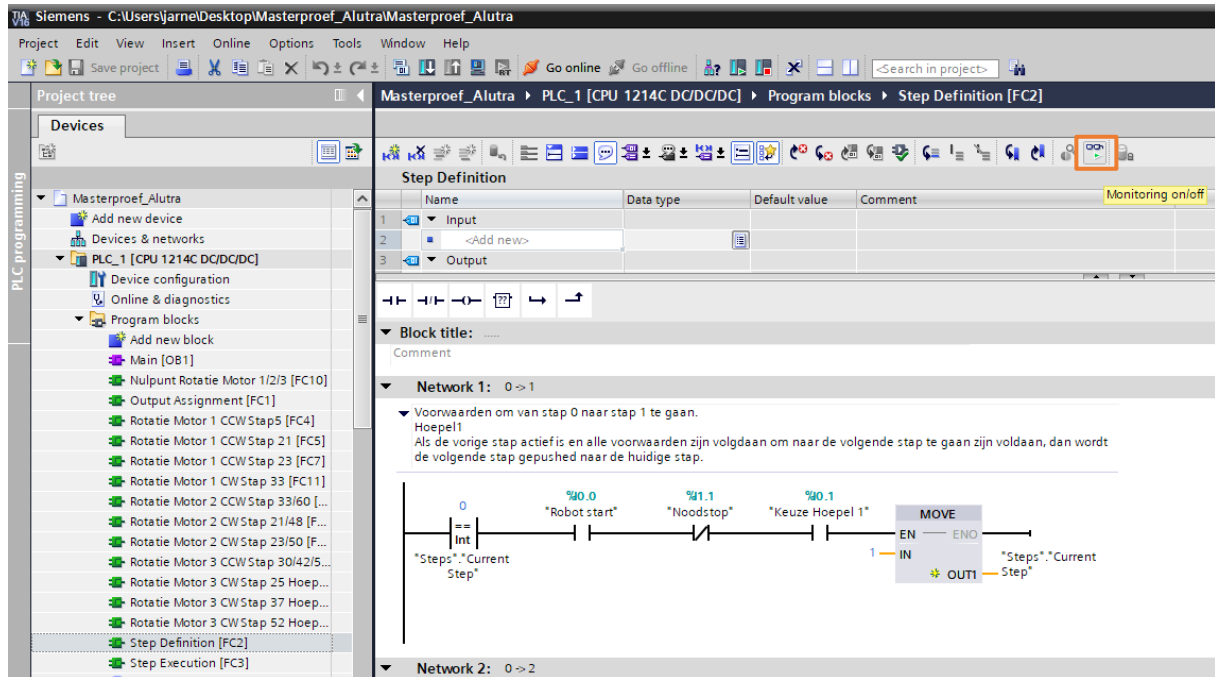
Vervolgens opent het Load preview window (Figuur 18). Hier komen alle foutmeldingen te staan als er iets is misgelopen met het laden van het programma. Als er geen fouten zijn drukt u op Load, en vervolgens op Finish. Het programma is nu geüpload naar de PLC.



Figuur 111

Tot slot moet u nog op Start CPU drukken om de CPU te activeren

Als het programma aan het runnen is kunt u het programma live volgen in Tia Portal. Hiervoor drukt u op Go live en vervolgens op het icoontje met de bril en de play knop (Monitoring on/of). Dit kunt u doen in elk onderdeel van het programma. Als u hier op gedrukt heeft en wilt vervolgens iets aanpassen aan het programma moet u eerst op Go offline drukken en vervolgens op Stop CPU.



Figuur 112

Als u iets aangepast heeft moet u steeds het programma opnieuw uploaden, de CPU starten en eventueel online gaan om het programma live te monitoren.

Bijlage 10: kosten van de machine

| Bedrijf van de gekochte onderdelen | Onderdelen | Prijs (€) | Aantal | Kortingen (%) | Totaal |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------|---------------|---------|
| DamenCNC BV | Drive: LEADSHINE ES-DH2306 | 279,99 | 3 | 0,00 | 839,97 |
| DamenCNC BV | encoder cable | 11,99 | 3 | 0,00 | 35,97 |
| DamenCNC BV | Power cable | 11,99 | 3 | 0 | 35,97 |
| DamenCNC BV | Programming cable | 9,99 | 3 | 0 | 29,97 |
| DamenCNC BV | RS232 to USB2.0 converter | 18,99 | 3 | 0 | 56,97 |
| DamenCNC BV | Stappenmotor: LEADSHINE ES-MH342200 | 339,99 | 3 | 0,00 | 1019,97 |
| Apex dynamics | Reductiekast: AD140-050-P2 | 2165,60 | 3 | 0,00 | 6496,80 |
| Apex dynamics | Transport reductiekast | 25 | 1 | 0,00 | 25,00 |

| | | | | | |
|--------------|---------------------------|----------|---|------|--------|
| Easy systems | Motor roller: type 840-50 | 15,0098 | 4 | 0,00 | 60,04 |
| Easy systems | Gedreven roller: type 423 | 230,4225 | 1 | 0,00 | 230,42 |

| | | | | | |
|------------|---|-------|---|------|--------|
| BENSEN-SPS | CPU 1214C, DC/DC/DC, 14DI/10DO/2AI | 333 | 1 | 0,00 | 333,00 |
| BENSEN-SPS | Digital output 223-1BH32 | 170 | 1 | 0,00 | 170,00 |
| Siemens | Digital Output SM1222, 16 DO, 24V DC | 178,9 | 1 | 0,00 | 178,90 |
| Siemens | Licentie: SIMATIC STEP 7 Basic V17 (Download) | 305 | 1 | 0,00 | 305,00 |
| Siemens | Power supply: SITOP PSU100S/1AC/24VDC/5A | 112 | 1 | 0,00 | 112,00 |
| Siemens | Transport | 13,99 | 1 | 0,00 | 13,99 |

| | | | | | |
|--------------|---------------------------------------|---------|-----|-------|--------|
| Easy systems | Aluminium profielen 60X60 | 27,3641 | 42 | 25,00 | 861,97 |
| Easy systems | gleufmoer gleuf 10 m8 in scharnierend | 0,7415 | 50 | 25,00 | 27,81 |
| Easy systems | T-gleufmoer gleuf 10 m8 | 0,6067 | 150 | 25,00 | 68,25 |
| Easy systems | Afdekkappen 60X60 | 1,3931 | 20 | 25,00 | 20,90 |
| Easy systems | Afdekprofiel 10 lichtgrijs, L=2000 | 3,2582 | 10 | 25,00 | 24,44 |
| Easy systems | BSB Hoek 60X60 Nut 10 | 3,507 | 175 | 15,00 | 521,67 |
| Easy systems | BSB Hoek 40X40 Nut 10 | 2,226 | 20 | 15,00 | 37,84 |
| Easy systems | Stelvoetset D60 | 4,431 | 16 | 15,00 | 60,26 |
| Easy systems | BSB Hamerschroefset Nut 10 M8X20 | 0,441 | 140 | 15,00 | 52,48 |
| Easy systems | BSB Hamerbout nut 10 M8X50 | 0,756 | 20 | 15,00 | 12,85 |
| Easy systems | BSB Kraagmoer Nut 10 M8 | 0,21 | 20 | 15,00 | 3,57 |
| Easy systems | Transport | 34,5 | 1 | 0,00 | 34,50 |

| | | | | | |
|----------|--|-------|-----|------|-------|
| Limtrade | DIN EN 10219 kokers 40X20X3, L=400 | 7,52 | 2 | 0,00 | 15,04 |
| Limtrade | DIN EN 10219 kokers 50X30X4, L=240 | 8,3 | 2 | 0,00 | 16,60 |
| Limtrade | DIN EN 10219 kokers 50X30X4, L=380 | 12,08 | 1 | 0,00 | 12,08 |
| Limtrade | Ronde staal/aluminium staaf (∅ = 15mm) | 3,94 | 0,2 | 0,00 | 0,79 |
| Limtrade | Ronde staal/aluminium staaf (∅ = 20mm) | 6,28 | 0,2 | 0,00 | 1,26 |

| | | | | | |
|----------|--|-------|------|------|-------|
| Limtrade | Ronde staal/aluminium staaf (Ø = 25mm) | 9,78 | 0,25 | 0,00 | 2,45 |
| Limtrade | WGW Plat 30 (Dikte 5), L=247 | 2,72 | 3 | 0,00 | 8,16 |
| Limtrade | WGW Plat 45 (Dikte 5), L=2170 | 13,96 | 1 | 0,00 | 13,96 |
| Limtrade | WGW Plat 60 (Dikte 5), L=1010 | 8,8 | 1 | 0,00 | 8,80 |
| Limtrade | WGW Plat 80 (Dikte 5), L=1125 | 12,18 | 1 | 0,00 | 12,18 |
| Limtrade | WGW Plaat L=260, B=340, D=5 | 22,54 | 1 | 0,00 | 22,54 |
| Limtrade | WGW Plat 60 (Dikte 4), L=690 | 5,94 | 1 | 0,00 | 5,94 |
| Limtrade | WGW Plat 40 (Dikte 4), L=200 | 2,64 | 1 | 0,00 | 2,64 |
| Limtrade | Rechth. Koker KGV 40X25X2 | 5,36 | 2 | 0,00 | 10,72 |
| Limtrade | WGW Plat 100X6 | 2,95 | 1 | 0,00 | 2,95 |
| Limtrade | Transport | 16,5 | 1 | 0,00 | 16,50 |

| | | | | | |
|-----------------|--|--------|----|------|---------|
| Rowse pneumatic | Cilinder: DNC-32-20-PPV-A #1922618 | 173,73 | 4 | 0,00 | 694,92 |
| Rowse pneumatic | Cilinder: DNC-32-30-PPV-A #1922618 | 174,61 | 5 | 0,00 | 873,05 |
| Rowse pneumatic | Cilinder: DNC-32-70-PPV-A #1922620 | 178,05 | 2 | 0,00 | 356,10 |
| Rowse pneumatic | Cilinder: DNC-32-25-PPV-A #163319 | 174,18 | 1 | 0,00 | 174,18 |
| Rowse pneumatic | Cilinder: DNC-32-80-PPV-A #163322 | 178,9 | 3 | 0,00 | 536,70 |
| Rowse pneumatic | Stopper: DFSP-40-30-DS-PA #575169 | 132,45 | 1 | 0,00 | 132,45 |
| Rowse pneumatic | Aansluitstrip: VABM-L1-14S-G14-8 | 91,76 | 2 | 0,00 | 183,52 |
| Rowse pneumatic | insteekschroefkoppeling: QS-G1/4-10-I | 3,11 | 10 | 0,00 | 31,10 |
| Rowse pneumatic | Geluiddemper: UC-1/4 | 7,28 | 4 | 0,00 | 29,12 |
| Rowse pneumatic | Kunststofslang: PUN-H-6X1-BL | 0,86 | 50 | 0,00 | 43,00 |
| Rowse pneumatic | Insteekschroefkoppeling: QS-G1/8-6 | 1,85 | 40 | 0,00 | 74,00 |
| Rowse pneumatic | Magneetventiel: VUVG-S14-B52-T-Q6-1R8L | 105,27 | 16 | 0,00 | 1684,32 |
| Rowse pneumatic | Verbindingskabel: NEBU-M8G3-K-2,5-LE3 | 6,83 | 32 | 0,00 | 218,56 |
| | Ventieleiland: VTUG-14-MSDR-S1T-25V20-Q10-U-Q6S-8J | / | 1 | 0,00 | / |
| Shop Eriks | Verbindingskabel: NEBV-S1G25-K-2,5-N-LE25-S6 | 55,85 | 1 | 0,00 | 55,85 |

| | | | | | |
|-----------------|---|-------|---|------|-------|
| Houhandelonline | Multiplex Hardhout BB/CC 9mm 2440x1220 | 36,93 | 1 | 0,00 | 36,93 |
| Houhandelonline | Multiplex Hardhout BB/CC 25mm 2440x1220 | 96,15 | 1 | 0,00 | 96,15 |

| | | | | |
|---|-----|---|---|--------|
| Onderdelen die het bedrijf al op voorraad heeft | 200 | 1 | 0 | 200,00 |
|---|-----|---|---|--------|

| | | | | |
|------------------|---|---|---|----------|
| Totale kostprijs | / | / | / | 17243,05 |
|------------------|---|---|---|----------|

Bijlage 11: offertes van de onderdelen



KBC : 731-0411172-61
 BTW: BE 0891.334.879
 IBAN : BE62 7310 4111 7261
 BIC(SWIFTcode) : KREDBEBB
 RPR Turnhout



100001-332200347

Easy Systems Benelux BVBA
 Klaus-Michael Kuehnelaan 3
 2440 GEEL

Tel. +32 (0)14 72 93 84
 Fax. +32 (0)14 72 93 85

Email: info@easy-systems.eu
 www.easy-systems.eu

Universiteit Hasselt
 Bart Janssen
 Dienst Financiën
 Martelarenlaan 42
 3500 Hasselt

Offerte

| Datum | Bon nr. | Relatiecode | BTW-Nummer | Omschrijving | |
|----------------|---|-------------|----------------|---------------|-----|
| 22/04/2022 | OFS 2200347/ | 000056 | BE0208.359.859 | Mail 21/04/22 | |
| Artikel nr. | Omschrijving | Aantal | Eenh. Pr. | Totaal | BTW |
| SK-124-0012350 | 321070//BSB Hoek 60x60 Nut 10 gegoten alu. ESD | 175,000 ST | 3,5070 15,00% | 521,68 | 21% |
| SK-124-0012324 | 321047//BSB Hoek 40x40 Nut 10 T-Nut ESD | 20,000 ST | 2,2260 15,00% | 37,84 | 21% |
| SK-114-0014975 | 501530//UNI Stelvoetset Ø60 PA met draadstang M12x100, incl anti slip | 16,000 ST | 4,4310 15,00% | 60,26 | 21% |
| SK-113-0014644 | 324009//BSB Hamerschroefset M8x20 met kraagmoer ESD | 140,000 ST | 0,4410 15,00% | 52,49 | 21% |
| SK-113-0014631 | 99900145//BSB Hamerbout Nut 10 M8x50 ESD | 20,000 ST | 0,7560 15,00% | 12,85 | 21% |
| SK-113-0014582 | 999307//BSB Kraagmoer Nut 10 M8 | 20,000 ST | 0,2100 15,00% | 3,57 | 21% |
| TRANSPORT | Transport- en verpakingskosten | 1,000 ST | 34,5000 | 34,50 | 21% |

| | |
|--------------|------------|
| Totaal excl. | 723,19 |
| BTW | 151,87 |
| Totaal | EUR 875,06 |

Betalingstermijn: 30 dagen
 Administratiekost van 15 euro bij bestellingen <250 euro.
 Excl. transportkosten tenzij anders vermeld.

-Indien de afname en/of levering van materiaal wordt uitgesteld door de klant of deze niet volledig kan plaatsvinden wegens het ontbreken van een bepaald onderdeel door de huidige marktsituatie. Dan behoudt Easy Systems het recht de reeds beschikbare materialen te factureren, verder blijven hierop de afgesproken betalingscondities van toepassing.

-Geldigheid offerte: 1 week. Gezien de onstabiele marktsituatie zijn we genoodzaakt voor sommige onderdelen met weekprijzen en actuele levertermijnen te werken, hier voor vragen wij u om op het moment van beslissing een update van de offerte te vragen.

Bij voldoende voorraad garanderen wij u de prijzen van de oude offerte. Wij willen ook benadrukken dat het werken met afroeporders of reservaties een optie is om niet afhankelijk te zijn van marktschommelingen.

****Vanaf 25/10/2021 hanteren wij nieuwe artikelnummers. Voor de periode tot 31/12/2022 zullen de oude artikelnummers nog mee vermeld worden****

Voor verdere vragen kan u ons steeds contacteren .

Met vriendelijke groeten,

Voor akkoord :



KBC : 731-0411172-61
BTW: BE 0891.334.879
IBAN : BE62 7310 4111 7261
BIC(SWIFTcode) : KREDBEBB
RPR Turnhout



100001-342220440

Easy Systems Benelux BVBA
Klaus-Michael Kuehnelaan 3
2440 GEEL

Tel. +32 (0)14 72 93 84
Fax. +32 (0)14 72 93 85

Email: info@easy-systems.eu
www.easy-systems.eu

Facturatieadres

Universiteit Hasselt
Dienst Financiën
Martelarenlaan 42
3500 Hasselt

Leveradres

Campus Diepenbeek
Agoralaan Gebouw D
Kantoor IMO-0.05
3590 Diepenbeek

Offerte

| Datum | Bon nr. | Relatiecode | BTW-Nummer | Omschrijving | |
|-------------|--|-------------|----------------|-------------------------------|-----|
| 03/05/2022 | OFT 2220440/ | 000056 | BE0208.359.859 | Aanvraag 26/4 - webshop -Bart | |
| Artikel nr. | Omschrijving | Aantal | Eenh. Pr. | Totaal | BTW |
| ROLLEX | 423 ZZ/302 ZZ - 50x1,5 STI A 12 IGM 8 x 15 RO= 373 RL= 383 EL= 420 AL= 420 | 4,000 | ST 15,0098 | 60,04 | 21% |
| ROLLEX | 840V1D /423 ZZ - 50x1,5 STI A 15 IGM 8 x 1 SW 12x5 RO= 378 RL= 386 EL= 420 AL= 0 | 1,000 | ST 230,4225 | 230,42 | 21% |
| TRANSPORT | Motorrolle mit v = 0,20 - 0,48 m/s Transport- en verpakingskosten te berekenen bij verzending | 1,000 | ST | | |

| | |
|--------------|------------|
| Totaal excl. | 290,46 |
| BTW | 61,00 |
| Totaal | EUR 351,46 |

Betalingstermijn: 30 dagen
Administratiekost van 15 euro bij bestellingen <250 euro.
Excl. transportkosten tenzij anders vermeld.

-Indien de afname en/of levering van materiaal wordt uitgesteld door de klant of deze niet volledig kan plaatsvinden wegens het ontbreken van een bepaald onderdeel door de huidige marktsituatie. Dan behoudt Easy Systems het recht de reeds beschikbare materialen te factureren, verder blijven hierop de afgesproken betalingscondities van toepassing.

-Geldigheid offerte: 1 week. Gezien de onstabiele marktsituatie zijn we genoodzaakt voor sommige onderdelen met weerprijzen en actuele levertermijnen te werken, hier voor vragen wij u om op het moment van beslissing een update van de offerte te vragen.
Bij voldoende voorraad garanderen wij u de prijzen van de oude offerte. Wij willen ook benadrukken dat het werken met afroeporders of reservaties een optie is om niet afhankelijk te zijn van marktschommelingen.

Vanaf 25/10/2021 hanteren wij nieuwe artikelnummers. Voor de periode tot 31/12/2022 zullen de oude artikelnummers nog mee vermeld worden

Voor verdere vragen kan u ons steeds contacteren .

Met vriendelijke groeten,

Voor akkoord :



KBC : 731-0411172-61
 BTW: BE 0891.334.879
 IBAN : BE62 7310 4111 7261
 BIC(SWIFTcode) : KREDBEBB
 RPR Turnhout



21/2

Easy Systems Benelux BVBA
 Klaus-Michael Kuehnelaan 3
 2440 Geel

Tel. +32 (0)14 72 93 84
 Fax. +32 (0)14 72 93 85

Email: info@easy-systems.eu
 www.easy-systems.eu

Alutra BV
 De Weven 17
 3583 Beringen

Factuur

| Datum | Vervaldatum | Doc-Nummer | Uw Ref | Relatie code | BTW-Nummer |
|------------|-------------|----------------------|-------------------------------------|--------------|----------------|
| 17/02/2022 | 19/03/2022 | +++012/2000/12221+++ | mail 30/12/21 mail 30/12/21 | 003731 | BE0838.294.190 |

| Artikel | Omschrijving | Aantal | Eenh. Pr. | Totaal | BTW |
|--|--------------|--------|-----------|--------|-----|
| Bonnr. : AFS-2200127 van 08/02/2022 mail 30/12/21 mail 30/12/21 | | | | | |
| Leveringsadres: Alutra BV De Weven 17 3583 Beringen | | | | | |

OrderDocnr: ORS 2200004

| | | | | | | | |
|----------------|--|---------|----|---------|--------|--------|-----|
| SK-111-0011843 | 401070//Abdeckkappe 60x60 | 20,000 | ST | 1,3931 | 25,00% | 20,90 | 21% |
| PR-148-0017403 | 413021//Abdeckprofil 10 lichtgrau, L = 2000 | 10,000 | ST | 3,2582 | 25,00% | 24,44 | 21% |
| SK-113-0014729 | 332050//Nutenstein Nut 10 M8 einschwenkbar | 50,000 | ST | 0,7415 | 25,00% | 27,81 | 21% |
| SK-113-0014732 | 332100//Nutenstein Nut 10 M8 schwer | 150,000 | ST | 0,6067 | 25,00% | 68,25 | 21% |
| PR-127-0017286 | 201050//BSB profiel 60x60 licht nut 10 | 42,000 | LM | 27,3641 | 25,00% | 861,97 | 21% |
| TRANSPORT | Transport- en verpakingskosten te berekenen bij verzending | 1,000 | ST | 60,0000 | | 60,00 | 21% |

| % | Excl. BTW | BTW | 30 dagen | Totaal excl. | 1.063,37 |
|------|-----------|--------|----------|---|-----------------|
| 0% | 0,00 | 0,00 | | BTW | 223,31 |
| 6% | 0,00 | 0,00 | | Totaal EUR | 1.286,68 |
| 12% | 0,00 | 0,00 | | Vermelden bij betaling : +++012/2000/12221+++ | |
| 21% | 1.063,37 | 223,31 | | - 2% = 1260,95 | |
| Vrij | 0,00 | 0,00 | | | |



Powered by BKC

Palmbrugweg 24
6101 AJ Echt

Tel. 0031 (0)475 470280
www.limtrade.de
info@limtrade.nl

Factuur

Factuurnr : : 2201562
Datum : : 14-3-2022
Debiteurnr : : 3999
Ordernr : : 2201777
Uw referentie : : LIMTRADE WEB: 3000000375

Alutra bv
T.a.v. : Martens
De Weven 17
3583 Paal
Belgie

BTW nr : BE0838294190

| Pos | Artikel | Omschrijving | Aantal | Gewicht | € Prijs Per | € Totaal |
|----------------------|---------|---|--------|---------|-------------|----------|
| 0 | 11182 | Rechth. Koker KGV 40 X 25 X 2 MM Lengte (mm): 414 Bewerking: 2 x Stralen /m +€ 1,64 (incl. BTW +€ 1,98) Zagen: 2 x Recht zagen | 2,0 | 1,6 | 5,36 | 10,72 |
| 0 | 10142 | WGW Plat 100 X 6 MM Lengte (mm): 200 Bewerking: Stralen /m +€ 0,81 (incl. BTW +€ 0,98) Zagen: Recht zagen | 1,0 | 1,0 | 2,95 | 2,95 |
| Transport kosten | | | | | | € 16,50 |
| Totaal | | | | | | € 30,17 |
| BTW 0% | | | | | | € 0,00 |
| Totaal inclusief BTW | | | | | | € 30,17 |

Betalingscondities

Voor Levering



Op al onze offertes, op alle opdrachten aan ons en op alle met ons gesloten overeenkomsten zijn toepasselijk de METAALUNIEVOORWAARDEN, gedeponeerd ter Griffie van de Rechtbank te Rotterdam, zoals deze luiden volgens de laatste aldair neergelegde tekst. De leveringsvoorwaarden worden u op verzoek toegezonden.

Statutaire naam: Limtrade BV - Bank: NL57 RABO 0132 9525 64
K.v.k. 14065022 - BTW nr.: NL8085.34907B01

17/1

www.damencnc.com

DamenCNC BV
 Eikenlaan 257A
 2404 BP Alphen aan den Rijn
 Fax +31(0)172-499358
 K.v.K: Den Haag 50151231

IBAN: NL81RABO0133489027
 BIC: RABONL2U
 VAT nr. NL822578797B01
 E-mail : order@damencnc.com

Alutra bvba
 De Weven 17
 3583 Paal
 België

Factuur

| | | | | |
|------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Pagina 1 - 1 | Factuurnummer M41740 | Bij betaling vermelden | Debiteurnummer 20024 | Factuurdatum 18-01-22 |
|------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|

| Aantal | Code | Omschrijving | Aanvullende | Per stuk | Totaal (EUR) |
|--------|------|--|---------------|----------|--------------|
| | | Aan u geleverd volgens bonnr. : 177513 (18-01-22) Uw ordernummer: 202201012951 Besteld door : Pieter Martens | | | |
| 1 | 2253 | High Voltage Closed Loop Stepper Motor NEMA42-20NM (3phase) ES-MH342200 | CN - 85012000 | 339.99 | 339.99 |
| 1 | 2250 | High Voltage Closed Loop Stepper Drive ES-DH2306 230VAC 6,0A (3phase) | CN - 90328990 | 279.99 | 279.99 |
| 1 | 2272 | High Voltage Closed Loop Stepper Encoder Cable (3m) | CN - 85444911 | 11.99 | 11.99 |
| 1 | 2439 | High Voltage Closed Loop Stepper Power Cable (3m) | CN - 85444911 | 11.99 | 11.99 |
| 1 | 2320 | High Voltage Closed Loop Stepper Programming Cable 1,2 m | CN - 85044030 | 9.99 | 9.99 |
| 1 | 2269 | RS232 (DB9) to USB2.0 converter | CN - 85444290 | 18.99 | 18.99 |

Uw B.T.W. nummer: BE0838294190

| | | | |
|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Betaling Bankopdracht Vooraf | Exclusief BTW EUR 672.94 | BTW EUR 0.00 | Totaal EUR 672.94 |
|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|

Op iedere aanbieding, overeenkomst en levering zijn van toepassing onze Algemene Voorwaarden, te downloaden via onze website www.damencnc.com
 Alle goederen blijven ons eigendom tot de volledige betaling door ons is ontvangen.

0032489359318

BENSEN-SPS

Bensen-SPS
 BARIS NÖTH
 Anschrift:
 Stockholmer Str. 10
 97084 Würzburg
 Deutschland
 Steuernummer: 257/255/41514
 USt-ID-Nr.: DE320825352

Bensen-SPS BARIS NÖTH, Stockholmerstr. 10, 97084 Würzburg

An
Alutra GmbH
 Pieter Martens
 De Weven 17
 B-3583 Paal Beringen
 BELGIUM

E-Mail: info@bensen-sps.de

ReNr: 2022-04-19.01
 Rechnungsdatum: 19.04.2022
 Lieferdatum/Leistungsdatum: 19.04.2022

VAT-ID: BE 0838.294.190

ReNr: 2022-04-19.01

Sehr geehrte Damen und Herren,

vielen Dank für die Bestellung am 19.04.2022. Für Ihre Bestellung berechnen wir Ihnen:

| Beschreibung | Menge | Preis /St. | Betrag |
|---|-------|--------------------|----------------|
| Siemens S7-1200 - Cpu 214-1AE30 , ID-H129395 Siemens S7-1200 - 223-1BH32, ID-H129390 | 2 | 333,00€ 170,00€ | 503,00€ |
| Versandkosten(netto) | | | 13,99€ |
| Zwischensumme Netto ohne MwSt. | | | 516,99€ |
| MwSt. 0% | | | 0,00€ |
| Gesamt EUR | | | 516,99€ |

Steuerfreie innergemeinschaftliche Lieferung (livraison intracommunautaire exonérée TVA).

Ich bedanke mich für Ihr Vertrauen. Die Lieferung erfolgt im April 2022 über DHL premium.

Bitte bezahlen Sie den Betrag über die unten angegebene Kontoverbindung.

Mit freundlichen Grüßen

B.Nöth
 Dipl.-Wirtschaftsing. (FH)

BARIS NÖTH
 Stockholmer Str. 10
 97084 Würzburg

Kontoverbindung:
 IBAN:
 DE39 7905 0000 0048 6444 54
 BIC: BYLADEM1SWU
 Sparkasse Mainfranken Würzburg

Steuernummer: 257/255/41514
 Finanzamt Würzburg



APEX DYNAMICS

Factuur

Apex Dynamics BV

Churchillaan 101
5705 BK Helmond, Nederland
Telefoon : 0492-509995
Fax : 0492-509997
E-mail : sales@apexdyna.nl
Internet : www.apexdyna.nl
BTW-nummer : NL009946044B01
KVK-nummer : Eindhoven, 17066431

Factuurdatum : 04-02-2022
Vervaldatum : 06-03-2022
Uw referentie : Telefonische aanvraag 14-01-22
Oms ordernummer : 4335293
Pakbonnummer : 12327
Pagina : 1

Bij betaling a.u.b. vermelden :
Factuurnummer : **22700180**
Debiteur nummer : **25870**

Factuuradres:
Alura bv
De Weven 17
B-3583 Paal-Beringen
Belgie
Uw BTW-nummer : BE0838294190

| Artikel | Omschrijving | Statistiek code | Aantal | Prijs per stuk | Korting | Netto bedrag | Val. |
|---------------------------|--|-----------------|--------|----------------|---------|-----------------|------------|
| AO1405002.004 | AD140-650-rz /LEADSINTE E3-INT42200 Smeermiddel Standard Lubrication Adapter plate : 92402699042 | 8434090 | 1 | 2.207,00 | 20 % | 2.165,60 | EUR |
| Vasthouden | | | | | | | 28,00 EUR |
| Totaal excl. BTW : | | | | | | 2.190,60 | EUR |
| Totaal incl. BTW : | | | | | | 2.190,60 | EUR |

Levering : AF fabriek, Helmond (NL) - STD
Betalingconditie : 30 Dagen Netto
Leveringsvoorwaarde : Leveringen geschieden volgens de algemene leveringsvoorwaarde Orgafime S2000.
Reclamaties binnen 8 dagen met vermelding van factuur- en ordernummer.

IBAN : NL68ABNA0479342199
BIC : ABNANL2A
Bank : ABN AMRO, Helmond