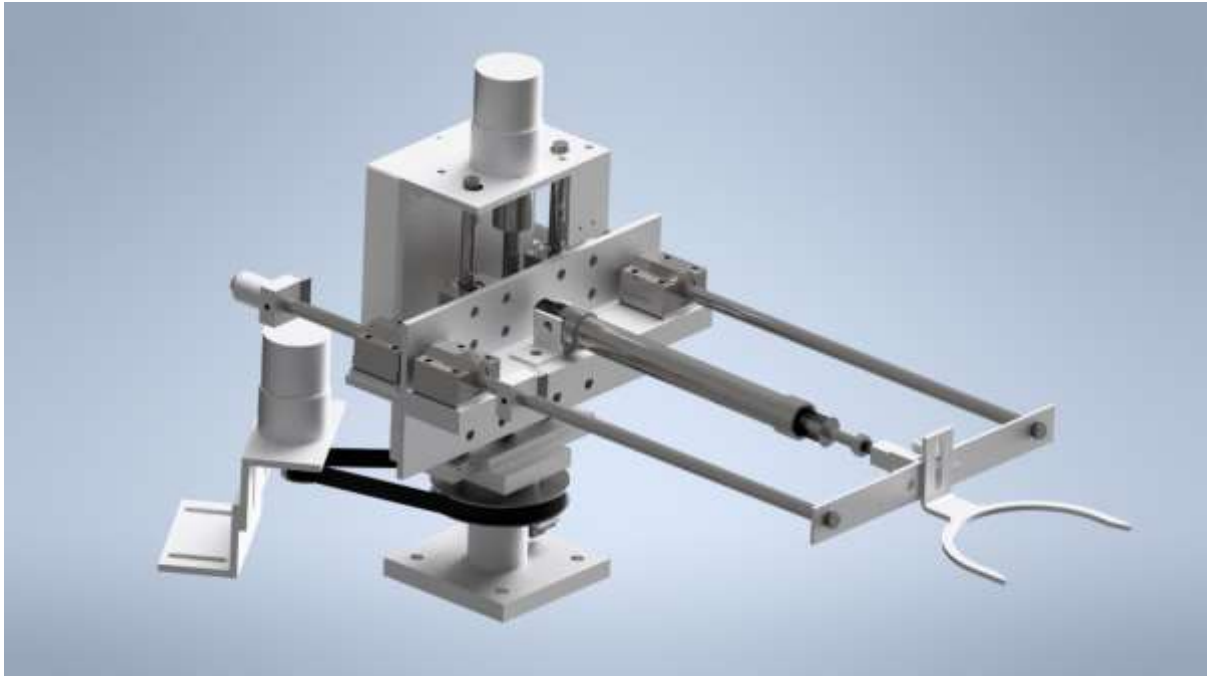


Ontwerprapport Mechatronica



Tim van der Wolf 1035517

Daan Schut 1032247

Mike Baas 1076735

Rick Fortuin 1074870

Voorwoord

Deze scriptie is geschreven voor het project constructief ontwerpen en mechatronica voor het 2 jaar HBO van de opleiding Werktuigbouwkunde en is dus geschreven voor de desbetreffende docent. De scriptie is geschreven door verschillende personen zoals te zien in de tabel hieronder.

Hoofdstuk:	Geschreven door:
Inleiding	Rick Fortuin
Probleemstelling	Daan Schut
Conceptkeuze	Mike Baas
Engineering	Rick Fortuin / Daan Schut
Factory Acceptance Test	Rick Fortuin
Technische Conclusie	Rick Fortuin

Voorwoord.....	2
1. Inleiding.....	5
1.1 Structuurbeschrijving.....	5
2. Probleemstelling.....	6
2.1 Functieanalyse	6
2.2 Succescriteria.....	6
2.3 Programma van eisen.....	7
3. Conceptkeuze.....	8
3.1 Morfologisch overzicht	8
3.2 Concepten.....	8
3.2.1 Concept 1.....	8
3.2.2 Concept 2.....	9
.....	9
3.2.3 Concept 3.....	10
.....	10
3.3 Concept vergelijking.....	10
3.4 Conceptkeuze	10
4 Engineering.....	12
4.1 Voorlopig ontwerp.....	12
.....	12
4.2 Materiaalkeuze	13
4.3 Mechanica.....	14
4.3.1 Onderstel	14
4.3.1.1 Onderdelenlijst onderstel.....	15
4.3.2 Z-as beweging.....	16
4.3.2.2 Onderdelenlijst Z-as beweging	17
4.3.3 Y-as beweging.....	17
4.3.3.1 Y-as berekeningen	18
4.3.3.2 Onderdelenlijst Y-as beweging	22
4.4 Inkooponderdelen.....	22

4.4.1 Inkooplijst onderdelen	22
4.4.2 Inkooplijst materialen werkplaats	23
5. Factory Acceptance Test	24
5.1 Procesomschrijving.....	25
5.2 Acceptcriteria	26
5.3 Testrapportage	26
5.3.1 Eerste test	26
5.3.2 Tweede test	27
6. Technische Conclusie	28
6.1 aanbevelingen	28
7. Bijlage.....	29
7.1. Bijlage testopstelling.....	29

1. Inleiding

Binnen Nederland zijn er 9432 kassen.¹ Deze produceren planten die in stekpotten worden gezet. Doordat de planten niet even snel groeien, moeten deze planten worden gesorteerd worden voor de verkoop. Dit gaat nu nog handmatig en is daardoor duur, onbetrouwbaar wat het systeem inefficiënt maakt (vanuit een kosten perspectief). Het is daarom van belang om dit te automatiseren. Zo worden de kosten lager en wordt de productiviteit hoger dat zorgt ervoor dat de winstmarge op de planten hoger wordt. Door dit te doen op 5 verschillende aflegposities kan er gemakkelijk gesorteerd worden op grootte.

Dit rapport beantwoordt de volgende vraag: 'Hoe wordt een automatische sorteermachine ontworpen op zo'n manier dat deze zo betrouwbaar mogelijk in een vochtige omgeving functioneert en onderbroken kan worden naar een handmatige modus?' Dit gebeurt door een massa produceerbaar prototype te ontwikkelen. Bij dit onderzoek wordt uitgegaan van een aantal voorwaarden:

- De luchtcilinder mag niet radiaal belast worden.
- De metalen maakdelen moeten in de metaalwerkplaats van de Hogeschool Rotterdam gemaakt worden.
- De bediening mag niet gerealiseerd worden met een laptop.

1.1 Structuurbeschrijving

In hoofdstuk 2 zullen we het probleem analyseren. In hoofdstuk 3 worden er concepten opgesteld en het uiteindelijk concept samengesteld. Dit concept wordt in hoofdstuk 4 onderbouwd door middel van mechanica en materiaalkeuzes. Hier worden ook alle externe inkoopproducten op rij gezet. Hoofdstuk 5 bestaat uit de Factory Acceptance Test en hoofdstuk 6 de conclusie.

¹ CBS. (2023, 6 16). *Aardgasverbruik glastuinbouw in Nederland*. Verkregen van Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2023/aardgasverbruik-glastuinbouw-in-nederland>

2. Probleemstelling

2.1 Functieanalyse

Voor deze probleemstelling zijn er verschillende handelingen die onze machine moet kunnen uitvoeren met bijbehorende functies.

- Het op pakken en plaatsen van de stekpot
 - o Verticaal omhoog en omlaag kunnen bewegen
 - o Een grijper die de pot kan oppakken
- Het verplaatsen van de stekpot
 - o Roteren om de verticale as om bij andere aflever bestemmingen te komen
- Detecteren wanneer de machine op de juiste afleverbestemming is
 - o Een signaal wat gestuurd wordt wanneer de grijper langs een afleverlocatie komt.
- Aflegpositie bepalen (Hiervoor moet ook de modus worden bepaald: handmatig of automatisch.
- Weergeven van informatie zoals modus en aflegpositie.

2.2 Succescriteria

Voor dit project zijn de volgende succescriteria bepaald:

- De sorteermachine sorteert zo betrouwbaar mogelijk.
- De sorteermachine sorteert zo snel mogelijk de stekpotten.
- De sorteermachine heeft een zo laag mogelijke aanschafkost.
- De sorteermachine moet zo makkelijk mogelijk te besturen zijn.
- De sorteermachine moet zo makkelijk mogelijk te produceren zijn.

Dit wordt gevisualiseerd in de volgende tabel:

Succescriteria	Weegfactor
Betrouwbaarheid	60%
Snelheid	30%
Lage aanschafkosten	10%

Tabel 1: wegingsfactoren van de succescriteria

2.3 Programma van eisen

De volgende eisen gelden voor de sorteermachine:

- De horizontaal gepositioneerde luchtcilinder moet roteren over de verticale as zodat de aanvoer- en afvoerposities binnen het bereik van een grijper is.
- De luchtcilinder mag niet radiaal belast worden.
- De metalen maakdelen moeten in de metaalwerkplaats gemaakt worden.
- De kooldelen en bevestigingsmateriaal kunnen worden toegepast
- De bediening mag niet gerealiseerd worden met behulp van een laptop.
- De luchtcilinder moet met een Programmable Logic Controller (PLC) aangestuurd worden.
- De besturing van de sorteermachine mag niet geregeld worden op basis van tijd of het bijhouden van stappen van de stappenmotor.

De volgende wensen gelden voor de sorteermachine:

- De kostprijs van de sorteermachine is zo laag mogelijk.
- De sorteermachine sorteert zo snel mogelijk stekpotten.
- De sorteermachine functioneert zo betrouwbaar mogelijk.
- De sorteermachine moet zo nauwkeurig mogelijk de stekpot op de aflegpositie leggen.
- De sorteermachine moet zo weinig mogelijk arbeidsuren nodig hebben om te produceren.

3. Conceptkeuze

3.1 Morfologisch overzicht

	1*	2*	3*
<i>Informatie tonen</i>	Led-scherm	Led lampjes	App
<i>Aanstuur knoppen</i>	Draaiknop	Drukknop	App
<i>Rotatie overbrenging</i>	Tandriem	Tandwiel	-
<i>Motor plaatsing</i>	Inzinken	Extern	-
<i>Positie sensor</i>	Nokkenschijf	Ultrasoon	Infrarood
<i>Grijpklaauw</i>	Passief	Actief	-
<i>Verticaal actuator</i>	Spindel	Pulley	Contragewicht
<i>Kalibratie</i>	Limitswitch	-	-
<i>Horizontale actuator</i>	Pneumatische cilinder**	-	-

*Kolom nummers zijn niet verwant aan de 3 concepten.

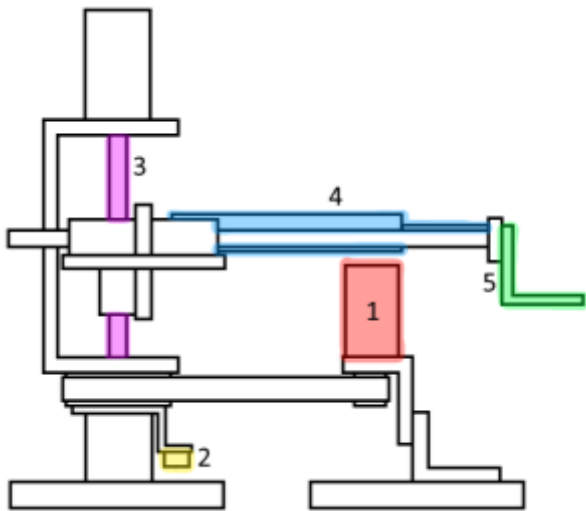
**Het gebruik van een Pneumatische cilinder is één van de eisen.

3.2 Concepten

3.2.1 Concept 1

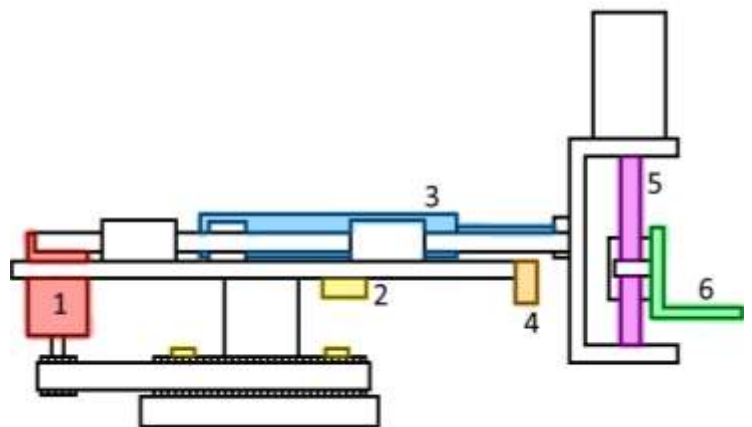
	1
<i>Informatie tonen</i>	Led-scherm
<i>Aanstuur knoppen</i>	Drukknop
<i>Rotatie overbrenging</i>	Tandriem
<i>Motor plaatsing</i>	Extern
<i>Positie sensor</i>	Infrarood
<i>Grijpklaauw</i>	Passief
<i>Verticaal actuator</i>	Spindel

Concept 1 maakt gebruik van een led-scherm voor informatie en drukknoppen voor eenvoudige aansturing. De arm roteert via een tandriem, aangedreven door een extern geplaatste motor (1). Een infrarood sensor (2) wordt gebruikt om de positie van de arm te bepalen. De verticale beweging wordt aangedreven met een spindel (3), en de horizontale beweging met de pneumatische cilinder (4). Beide assen maken gebruik van twee geleiders. Een passieve grijper (5) wordt gebruikt om de potjes op te pakken, door de verticale beweging pakt deze de potjes vast.



3.2.2 Concept 2

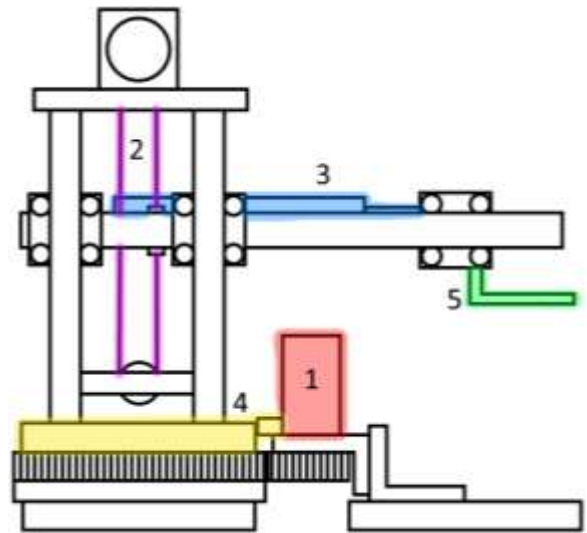
2	
<i>Informatie tonen</i>	App
<i>Aanstuur knoppen</i>	App
<i>Rotatie overbrenging</i>	Tandriem
<i>Motor plaatsing</i>	Inzinken
<i>Positie sensor</i>	Ultrasoon
<i>Grijpklaauw</i>	Actief
<i>Verticaal actuator</i>	Contragewicht



Concept 2 maakt gebruik van een zelfgemaakte app waarmee de machine aangestuurd wordt en waarin feedback wordt gecommuniceerd. Via een wifi-module communiceert de app met de Raspberry Pi Pico. De rotatie vindt plaats via een tandriem aangedreven door een motor (1) die op het bewegende deel is bevestigd. De positie wordt gemeten met een naar beneden gerichte ultrasoon sensor (2). Horizontale beweging wordt door een pneumatische cilinder (3) aangedreven met twee geleiders. De afstand van deze beweging wordt ook bepaalt met een ultrasoon sensor (4). Voor de verticale beweging wordt een spindel (5) gebruikt waarmee alleen de actief aangedreven grijper (6) omhoog en omlaag kan.

3.2.3 Concept 3

	3
<i>Informatie tonen</i>	Led lampjes
<i>Aanstuur knoppen</i>	Draaiknop
<i>Rotatie overbrenging</i>	Tandwiel
<i>Motor plaatsing</i>	Extern
<i>Positie sensor</i>	Nokkenschijf
<i>Grijpklauw</i>	Passief
<i>Verticaal actuator</i>	Pulley



Concept 3 maakt gebruik van LED lampjes om de status van de arm weer te geven. De bediening gebeurt met een draaiknop, waarmee de beweging wordt aangestuurd. Voor de rotatie wordt gebruik gemaakt van een tandwieloverbrenging aangedreven door een extern geplaatste motor (1). Verticale beweging vindt plaats door een pulley (2) systeem en twee geleiders. Horizontale beweging wordt aangedreven door een pneumatische cilinder (3) over één geleider rail. De positie wordt gedetecteerd door gebruik te maken van een nokkenschijf (schijf met inkepingen) en limitswitch (4). De grijper (5) is passief en sluit door middel van de verticale beweging vanzelf

3.3 Concept vergelijking

De concepten krijgen een cijfer van 1-5 per criteria. De weegfactor bepaalt hoeveel het cijfer meetelt voor het totaal. Een hogere score is beter.

Criteria	1	2	3	Weegfactor
<i>Bedieningsgemak</i>	4	5	3	1x
<i>Maakbaarheid</i>	4	2	3	2x
<i>Betrouwbaarheid</i>	3	3	4	3x
<i>Precisie en controle</i>	5	4	4	2x
<i>Totaal</i>	31	26	29	

3.4 Conceptkeuze

Concepten 2 en 3 worden niet gekozen. Concept 2 scoort hoog voor het bedieningsgemak vanwege de app die gebruikt zou worden maar de maakbaarheid van dit wordt te complex en ingewikkeld.

Concept 3 scoort overal best goed maar vanwege de hogere bedieningsgemak en maakbaarheid gaat de voorkeur uit naar concept 1

Concept 1 wordt gekozen vanwege de hoog scorende maakbaarheid en precisie van dit concept. De betrouwbaarheid is iets lager dan concept 3, voornamelijk door het gebruik van een tandriem, maar dit is geen groot probleem.

4 Engineering

4.1 Voorlopig ontwerp



Dit is ons voorlopig ontwerp, aangedreven door een tandriem om de x-as heen. De y-as met een spindel en begeleid door 2 staven. En op de z-as door een pneumatische cilinder. De grijparm is te stellen op hoogte, de tandriem op spanning en de pneumatische cilinder op afstand door de stopper.

4.2 Materiaalkeuze

De materiaalkeuze moet binnen de eisen vallen, de belangrijkste hiervan is:

“De metalen maakdelen moeten in de metaalwerkplaats van de Hogeschool Rotterdam gemaakt worden.”

“Voor het prototype mogen maakdelen met een 3D printer gemaakt worden met een totaal printgewicht van 250 gram.”

Hierdoor worden we beperkt tot deze onderdelen:

Lagers en legermateriaal

POM (merk Delrin)	15x12mm / 16x30mm
Kogellager	688/2Z 16x8mm.
Kogellager	SKF 61800-2SR1 19x10mm.
Kogellager	SKF 6001 2Z 28x12mm.
Lagerblokje	SC8UU (as 8mm)

Plaatmateriaal

Aluminium	2mm, 5mm en 10mm
Blankstaal	1mm en 2mm
Verzinkte staalplaat	1mm en 2mm
Zincor	1mm en 2mm

Aluminium

Staf	20x10mm / 30x10mm / 40x20mm / 50x30mm / 80x10mm / 80x20mm
Vierkant	10x10 mm / 20x20mm / 40x40mm
Rond	16mm / 20mm / 25mm / 30mm / 40mm / 45mm / 60mm / 75mm
Hoekprofiel	10x10x2mm / 20x20x2mm / 40x30x3mm / 40x40x4mm
U- profiel	10x10x1.5mm / 50x25x3mm

Automatenstaal.

Rond	6mm 8mm 10mm 12mm
------	-------------------

Bevestigingsmateriaal

Blindklinknagels	3mm
Torx bouten	M3 t/m M5 - lengte 6mm, 10mm, 16mm, 20mm en 30mm
Torx bouten	M6 - lengte 10mm, 16mm, 20mm en 30mm
(Borg)moeren	M3 t/m M6
Sluitringen	M3 t/m M6
Draadeind	M3 t/m M6

Door de vele verschillende aluminium onderdelen kunnen veel ontwerpen worden gerealiseerd, er zijn ook bijkomende voordelen voor het gebruik van aluminium:

- Door alleen aluminium te gebruiken is er geen galvanische corrosie.

- Door de lage mechanische belastingen is de sterkte minder belangrijk hier.
- Doordat aluminium 3x zo licht is als staal is er minder massatraagheid waardoor de sorteermachine sneller versneld en vertraagd.
- Door de vochtige omgevingen is het cruciaal dat het materiaal niet corrodeert dit maakt aluminium een uitstekende keuze.

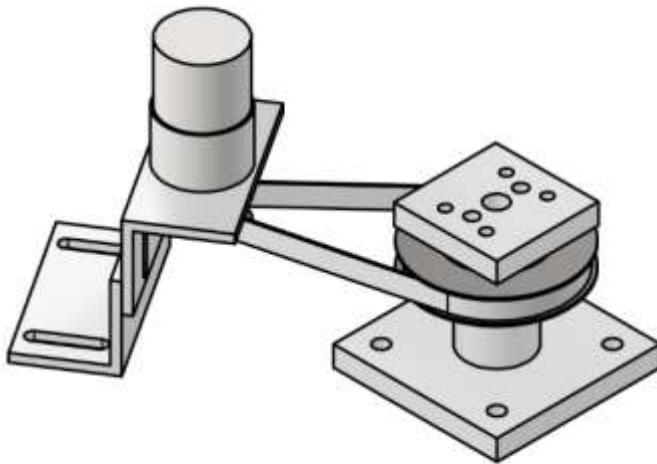
Al deze punten maken aluminium een geschikt materiaal voor onze sorteermachine. Met uitzondering van de staaf op onze geleider. Deze moet 8mm automatenstaal worden gemaakt omdat dit op de SC8UU lagerblokjes past. Doordat dit staal is zal dit corroderen, daarom is aanbevolen om dit in de toekomst uit RVS te maken.

4.3 Mechanica

Voor de mechanica wordt de machine in de volgende sub-assembly's opgedeeld:

Onderstel, Z-beweging, Y-beweging

4.3.1 Onderstel

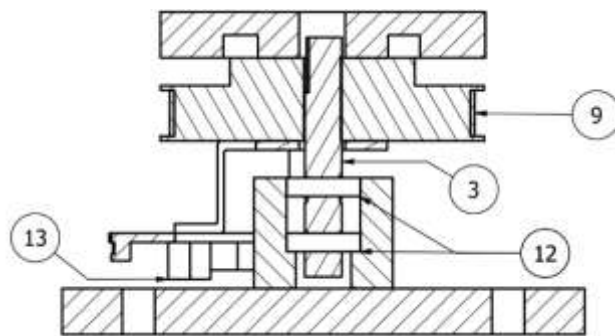


Het onderstel is verantwoordelijk voor de rotatie om de Z-as (beweging naar de sorteerplekken) heen, dit gebeurt door middel van een tandriem overbrenging.

Het kleine tandwiel heeft 10 tanden, en de grote heeft 40 tanden. Dit geeft een overbrengingsverhouding van 4:1.

De rotatie as (3) staat met 2 lagers vast tussen het vaste deel van de machine. De onderste lager zorgt ervoor dat de y krachten worden opgevangen, de lagers zelf staan

vast met borgingen vast. Daardoor beweegt het bovenste deel onafhankelijk van het onderste deel.



3. Rotatie as

9. Tandwiel

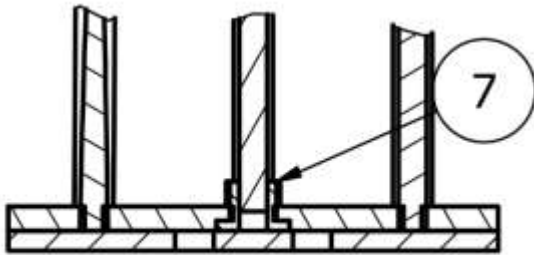
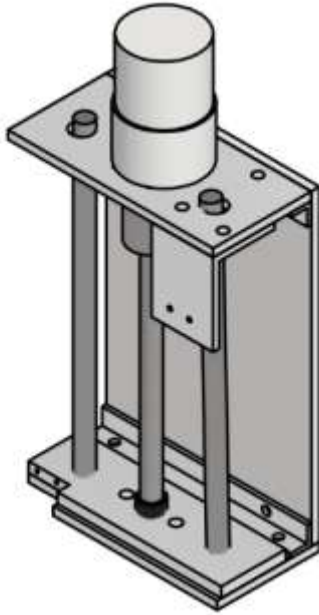
12. Kogellagers

13. Infrarood sensor

4.3.1.1 Onderdelenlijst onderstel

Onderdelen Lijst (Parts List)				
Stuknr.	Aantal	Onderdeel naam	Technische gegevens	Materiaal
1	1	Bodemplaat		Aluminium
2	1	Lagerblok		Aluminium
3	1	Rotatie As		Steel
4	1	Hoekplaatje		Aluminium
5	1	Tandriemschijf Klein	(Beschikbaar gesteld)	Steel
6	1	Tandriem	(Beschikbaar gesteld)	
7	2	Lager 16x8mm	Kogellager (Werkplaats)	Steel, Mild
8	1	IR Sensor	(Beschikbaar gesteld)	
9	1	Motor		
10	1	Tandriemschijf Groot		PLA (3d print)
11	1	Stopper		Aluminium
12	1	ReflectiePlaat		PLA (3d print)
13	1	Sensor Plaat		Aluminium
14	4	Bout M6 x 16		RVS
15	6	Bout M4 x 10		RVS
16	2	Bout M6 x 10		RVS
17	2	Bout M3 x 10		RVS
18	4	Moer M4		RVS
19	2	Moer M3		RVS

4.3.2 Z-as beweging



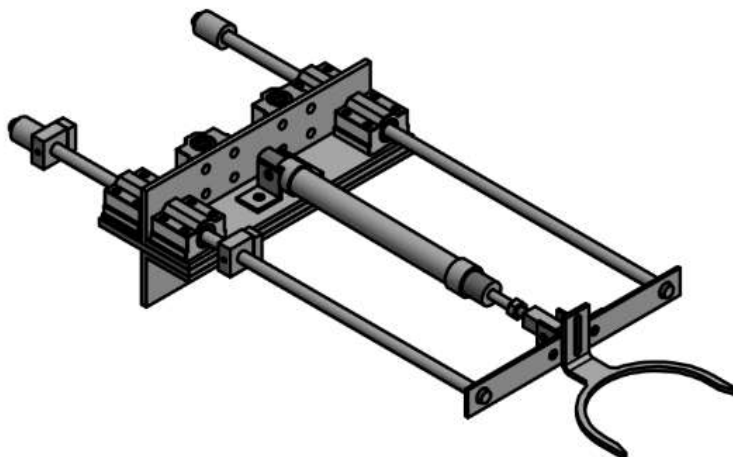
7. glijlager (kunststof)

4.3.2.2 Onderdelenlijst Z-as beweging

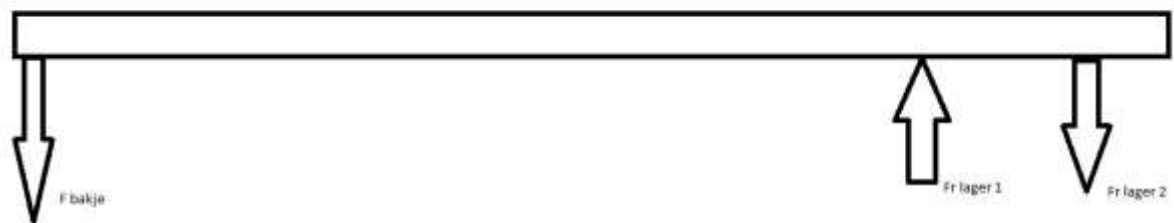
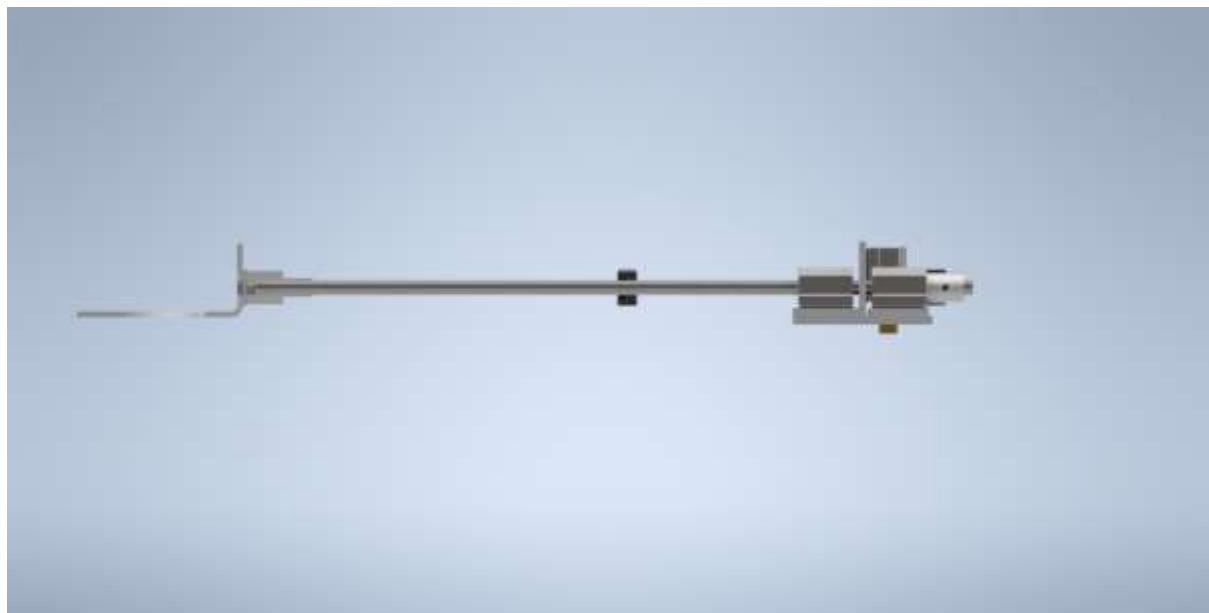
Onderdelen Lijst (Parts List)				
Stuknr.	Aantal	Onderdeel naam	Technische gegevens	Materiaal
1	1	Lager Hoekplaat		Aluminium
2	1	Plaat		Aluminium
3	6	SV8UU	Lagerblok	
4	1	Spindelmoer	(inkoop)	
5	4	Ophoogplaatje		Aluminium
6	4	Scharnier Hoekprofiel		Aluminium
7	2	Geleider		Generic
8	1	Grijper Plaat		Aluminium
9	1	Passieve Grijper		
10	1	Stopper		Aluminium
11	2	Sensor Stopper		Aluminium
12	2	Limitswitch	(inkoop)	
13	1	Cilinder Bevestiging		Aluminium
14	1	Cilinder	(gekregen)	
15	26	Bout M4 x 16		RVS
16	5	Bout M4 x 10		RVS
17	2	Bout M4 x 20		RVS
18	7	Moer M4		RVS
19	4	Moer M8		RVS
20	4	Bout M3 x 16		RVS
21	4	Moer M3		RVS

4.3.3 Y-as beweging

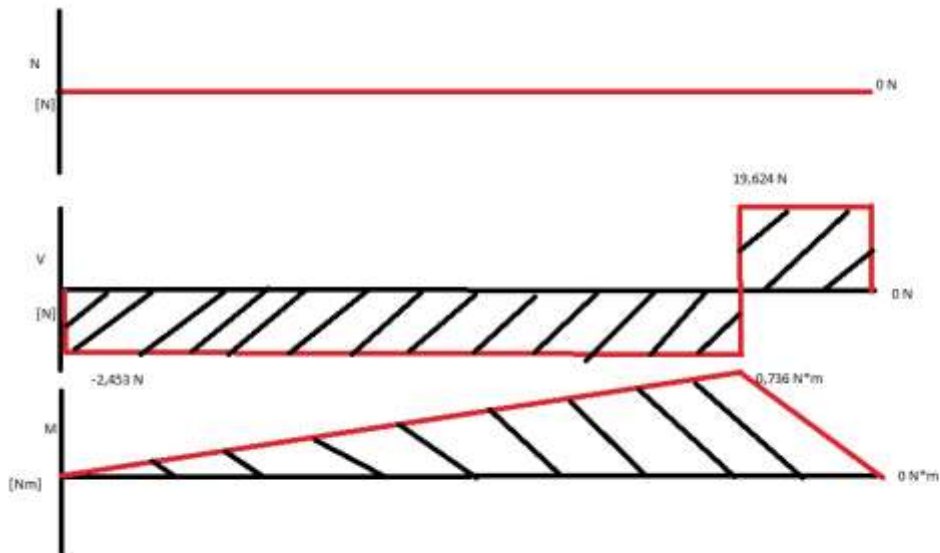
Om het moment van de stekpot tegen te gaan zijn er 4 lagers toegevoegd. Ook staat de Pneumatische cilinder op beide uiteinde door middel van bouten gescharnierd, dit zorgt ervoor dat deze niet radiaal (buigend) belast wordt. De stoppers aan de achterkant worden met metrisch schroefdraad bevestigd zodat er genoeg kracht is om de cilinder tegen te werken.



4.3.3.1 Y-as berekeningen



Horizontale begeleidings staaf (Op het vls is er
maar een van de staven te zien in dit zijzicht)



Om de belasting op de lagers te berekenen en te zorgen dat ze niet overbelast worden maken we gebruik van som van momenten rondom lager punt 1. Het gewicht van het bakje is gehalveert omdat er twee geleiders zijn.

$$F_{Bakje} = 0,25 * 9,81 = 2,453 \text{ N}$$

$$\sum M_{lager\ 1} = -F_{bakje} * mm - F_{r\ lager\ 2} * mm = 0$$

$$F_{r\ lager\ 2} = \frac{F_{bakje} * mm}{mm}$$

$$F_{r\ lager\ 2} = \frac{2,453 * 320}{40} = 19,624 \text{ N}$$

Vervolgens doen we de krachten op het laatste lagerpunt (lagerpunt 1) berekenen doormiddel van som van de momenten.

$$\sum F_y = -F_{bakje} - F_{r\ lager\ 2} + F_{r\ lager\ 1} = 0$$

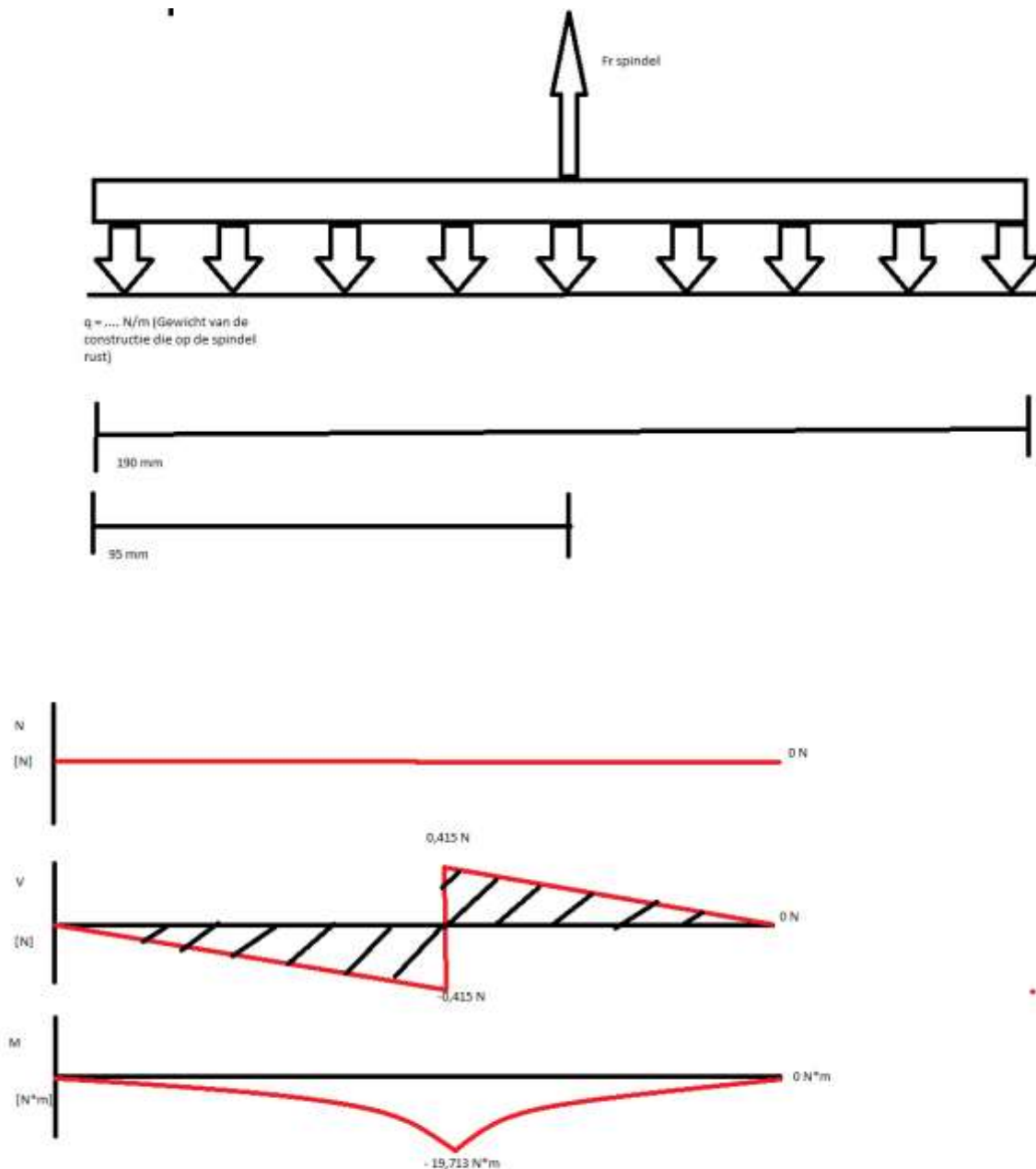
$$F_{lager\ 1} = F_{bakje} + F_{r\ lager\ 2}$$

$$F_{lager\ 1} = 2,453 + 19,624 = 22,077$$

Waarden	Gegevens	Eenheid
---------	----------	---------

F bakje	2,453	[N]
Fr lager 1	22,077	[N]
Fr lager 2	19,624	[N]

De maximale belasting van de lagers is 274 Newton, zoals uit deze berekening blijkt word deze max niet overschreden en zullen de lagers voldoen.



$$q \approx 0,446 \text{ kg} = 4,376 \text{ N}$$

Dit gewicht is bepaald door middel van eigenschap analyse van autodesk inventor.

$$F_{r\ spindel} = q$$

Om de koppel te berekenen die de motor moet leveren word de volgende formule toegepast.

$$F = \frac{2\pi i * T}{p}$$

“p” is hier het aantal omwentelingen per meter van het schroefdraad (in dit geval trapeziumdraad).

Deze formule word omgeschreven naar de volgende vorm om de koppel uit te kunnen rekenen.

$$T = \frac{F * p}{2\pi i}$$

Ingevuld ziet die er als volgens uit.

$$T = \frac{4,376 * 125}{2\pi i} = 87,058\ N * m$$

Waarden	Gegevens	Eenheid
T	87,058	[N*m]
p	125	[Meter per omwenteling]
F	4,376	[N]

4.3.3.2 Onderdelenlijst Y-as beweging

Onderdelen Lijst (Parts List)				
Stuknr.	Aantal	Onderdeel naam	Technische gegevens	Materiaal
1	1	Lager Hoekplaat		Aluminium
2	1	Plaat		Aluminium
3	6	SV8UU	Lagerblok	
4	1	Spindelmoer	(inkoop)	
5	4	Ophoogplaatje		Aluminium
6	4	Scharnier Hoekprofiel		Aluminium
7	2	Geleider		Generic
8	1	Grijper Plaat		Aluminium
9	1	Passieve Grijper		
10	1	Stopper		Aluminium
11	2	Sensor Stopper		Aluminium
12	2	Limitswitch	(inkoop)	
13	1	Cilinder Bevestiging		Aluminium
14	1	Cilinder	(gekregen)	
15	26	Bout M4 x 16		RVS
16	5	Bout M4 x 10		RVS
17	2	Bout M4 x 20		RVS
18	7	Moer M4		RVS
19	4	Moer M8		RVS
20	4	Bout M3 x 16		RVS
21	4	Moer M3		RVS

4.4 Inkooponderdelen

Voor de verplaatsing in de z-as hebben wij TR schroefdraad nodig, deze is niet te maken in de werkplaats van Hogeschool Rotterdam. Omdat deze producten zijn ontworpen om samen te werken, kopen we deze in samen met de moer en een motorkoppeling. De rest zijn sensoren en inkooponderdelen van de werkplaats. In totaal is dit €219,83.

4.4.1 Inkooplijst onderdelen

totaalprijs	Prijs per onderdeel [€]	Aantal	Productnaam
9,50	9,50	1	Leadscrew, TR8x8, 8 mm - 30 cm
6,00	6,00	1	Leadscrew moer, TR8x8
3,38	3,38	2	Kogellager 688/2Z 16x8mm
12,9	2,15	6	SC8UU lagerblok
3,10	0,62	5	Mini limit switch (artikelnummer Opencircuit 10844)
4,49	4,49	1	Esp 32 microcontroller
6,00	-	-	Diverse elektronische componenten (jumpers, schroefterminal en weerstanden)
3,19	3,19	1	Breadboard (soldeer) (artikelnummer Digikey DKS-SOLDERBREAD-02-ND)
4,79	4,79	1	Reely Tandriem Buitenomvang: 431.8 mm Aantal tanden: 85
3,98	3,98	1	L298N motordriverkaart

24,99	24,99	1	Transmissiemotor 12 V Modelcraft RB350050-0A101R 1:50
56,52	56,52	1	SMC Pneumatic Roundline Cylinder 16mm Bore, 100mm Stroke, C85 Series, Double Acting
4,50	4,50	1	Flexibele motor koppeling 6,35 mm - 8 mm
9,99	9,99	1	Dehner Elektronik SAW 30-120-2000G Stekkernetvoeding, vaste spanning 12 V/DC 2000 mA 24 W
€ 147,33			

4.4.2 Inkooplijst materialen werkplaats

Materiaal	Afmetingen en hoeveelheid	Benodigde hoeveelheid (geschat)	Prijsindicatie totaal
10 mm aluminium plaat	Bodemplaat: ca. 210 × 180 mm	$0,038 \text{ m}^2 \times 10 \text{ mm} = 0,00038 \text{ m}^3$	€12
30 mm rond aluminium	Lagerblok: Ø30 × ca. 40 mm	1 stuk = 0,000028 m ³	€4
40x40x4 hoekprofiel	Hoekplaatje en Lagerhoekplaat, elk ~130 mm	~0,3 m lengte totaal	€8
5 mm aluminium plaat	Diverse platen: boven-, midden-, onderplaat	$\sim 0,2 \text{ m}^2 \times 5 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}^3$	€25
8 mm stalen staaf	Geleider + rotatieas: 154 mm + 400 mm = 554 mm totaal	0,554 m	€7
10x10x2 hoekprofiel	Cilinderbevestiging: ± 100 mm lang	0,1 m	€2
40x30x3 hoekprofiel	Limitswitch-profiel: ± 130 mm	0,13 m	€3
20x20x2 hoekprofiel	Scharnierhoekprofiel: ± 100 mm	0,1 m	€2,50
2 mm aluminium plaat	Grijperplaat, sensorplaat, ophoogplaatje, etc. (diverse kleine vormen)	$\sim 0,05 \text{ m}^2 = 0,0001 \text{ m}^3$	€5
		Totaal	€72,50

5. Factory Acceptance Test

De FAT zullen we houden om te verifiëren of onze sorteermachine voldoet aan de criteria voor de SAT, daarvoor hebben we de volgende criteria (Dit is volgens de opdrachtomschrijving van WTBCOM1):

- Criterium 1: de sorteermachine is gemaakt conform de productietekeningen.
- Criterium 2: de elektrotechnische besturing is gemaakt conform het bedradingschema.
- Criterium 3: de software is gemaakt conform het stroomdiagram.
- Criterium 4: de sorteermachine is in de handmatige modus in staat om zes stekpotten met een handmatig toegewezen positie binnen negen minuten foutloos te sorteren.
- Criterium 5: de sorteermachine is in de automatische modus in staat om zes stekpotten met een toegewezen positie (met een vast en willekeurige gegenereerd patroon) binnen negen minuten foutloos te sorteren.
- Criterium 6: de kostprijs van de sorteermachine is zo laag mogelijk (arbeidskosten uitgezonderd).
- Criterium 7: de sorteermachine sorteert zo snel mogelijk stekpotten.
- Criterium 8: de sorteermachine sorteert zo betrouwbaar mogelijk.

5.1 Procesomschrijving

Stap 1 - Plaatsing stekpot op de aanvoerpositie

De stekpot wordt door één lid van de projectgroep (handmatig) op de aanvoerpositie (bijlage C, onderdeel 5) geplaatst.

In deze stap is het voor de groep toegestaan om de sorteermachine te kalibreren richting de aanvoerpositie (de sorteermachine moet namelijk het stekpotje van de aanvoerpositie op kunnen pakken).

Stap 2 - Kies de modus

Eén lid uit de projectgroep geeft middels een zelfgebouwde gebruikersinteractie aan in welke modus de sorteermachine moet werken: handmatig of automatisch

Stap 3 - Kies de aflegpositie

In bijlage C is te zien welke aflegposities op de testopstelling beschikbaar zijn (onderdelen 2, 6, 7 en 8).

In de handmatige modus kiest dit lid uit de projectgroep direct een klasse om de sorteermachine naar te bewegen (het lid drukt bijvoorbeeld op een knop met het nummer 2, waardoor de sorteermachine aflegpositie 2 kiest).

In de automatische modus genereert de sorteermachine zelf de volgende waarde. Deze waarde wordt gegenereerd aan de hand van één van de twee volgende opties (de sorteermachine maakt het mogelijk om te schakelen tussen beide opties):

- Willekeurig (bijvoorbeeld eerst 3, dan 2, dan 2, dan 3, dan 0 enzovoorts),
- Binnen een vast patroon (eerst 0, dan 1, dan 2, dan 3, dan 0 enzovoorts)

Het lid uit de projectgroep drukt in de automatische modus enkel op één knop, waarna de aflegpositie is gekozen.

Stap 4 - Verplaatsing stekpot naar aflegpositie

De sorteermachine tilt de stekpot op, trekt zichzelf in middels een pneumatische cilinder om obstakels (zoals de andere aflegposities) te vermijden, en roteert om de middelste montageplaat (bijlage C, onderdeel 4) naar de gekozen aflegpositie. De tweede montageplaat (bijlage C, onderdeel 3) is optioneel, de projectgroep kan deze gebruiken om een apart onderdeel van de sorteermachine op te bouwen.

Eenmaal aangekomen bij de aflegpositie stopt de rotatie, strekt de pneumatische cilinder uit en legt de sorteermachine de stekpot (zonder deze te beschadigen of te laten vallen) neer op de gekozen aflegpositie.

Stap 5 - Verplaatsing geleegde sorteermachine terug naar transportband.

De nu geleegde sorteermachine tilt het grijpmechanisme op, trekt de pneumatische cilinder terug in, en roteert terug naar de aanvoerpositie (bijlage C, onderdeel 5). Hierna pakt één lid uit de projectgroep de stekpot met de hand op en legt deze neer op de aanvoerpositie.

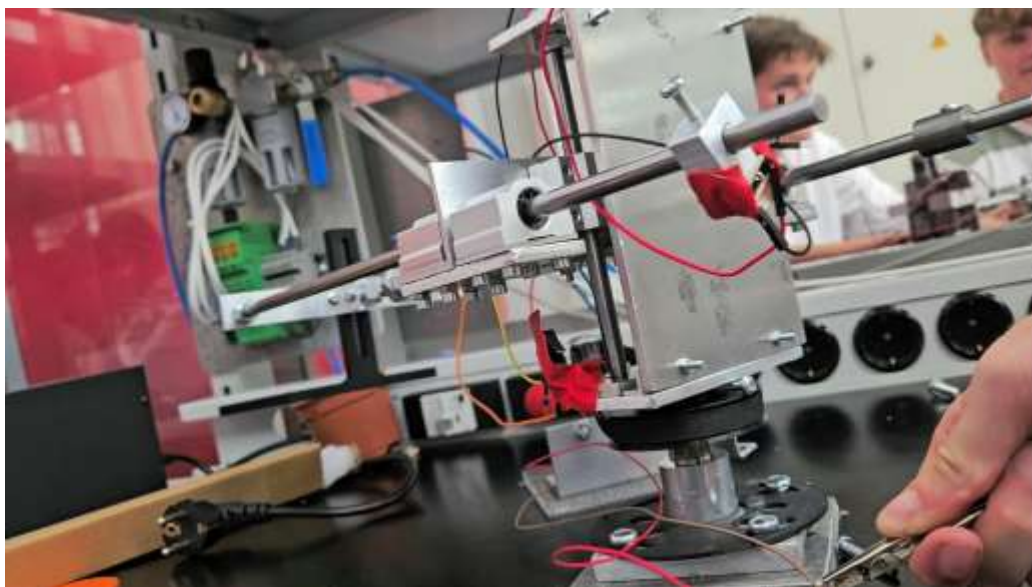
5.2 Acceptcriteria

Nr.	Omschrijving	Criterium
1	Kan de stekpot sorteren handmatig	Succesvolle afronding Ja/Nee
2	Kan de stekpot sorteren automatisch	Succesvolle afronding Ja/Nee
3	Kan dit 6 keer herhalen	Aantal succesvolle herhalingen
4	Kan dit in 9 minuten per modus afhandelen	Tijd per ronde (1,2,3,4,5,6)

5.3 Testrapportage

5.3.1 Eerste test

Helaas is de test niet verlopen zoals gewild. De eerste test was er kortsluiting op het prototype plaatje. Dit zal liggen aan het soldeerwerk. Doordat ons prototype bord geen onderlinge connecties heeft en daardoor er meer gesoldeerd kan worden en dus meer fout kan gaan. Daardoor werkte de sorteermachine niet.



5.3.2 Tweede test

Door het prototype plaatje te vervangen door breadboards en jumpers ook was de Raspberry Pi Pico vervangen. Door de andere pico was de code voor de automatische modus weg. Daardoor was er alleen een handmatige modus.

Deze werd getest op positie 2(zie bijlage). De sorteermachine deed dit te snel. Daardoor remde de motor te langzaam af en miste de positie met ongeveer 10° . Hierdoor stond de stekpot naast de positie. Door het te snel gaan van motor om de x-as stond de sorteermachine niet goed op de startpositie na het teruggaan. Daardoor kon dit maar 1x worden uitgevoerd en is de test dus gefaald.

6. Technische Conclusie

Tijdens dit project is een sorteermachine ontworpen met als doel het automatisch sorteren van stekpotten in een vochtige kasomgeving. Daarvoor is de hoofdvraag opgesteld: 'Hoe wordt een automatische sorteermachine ontworpen op zo'n manier dat deze zo betrouwbaar mogelijk in een vochtige omgeving functioneert en onderbroken kan worden naar een handmatige modus?'. Hier zijn eerst in het engineeringproces verschillende concepten opgesteld. Dit is concept 1 geworden door de hoge precisie en maakbaarheid, ondanks de lage betrouwbaarheid van de tandriemoverbrenging. De constructie is opgebouwd met lichte, corrosiebestendige materialen zoals aluminium, en staal.

De sorteermachine maakt gebruik van een pneumatische cilinder voor de horizontale beweging, een spindel voor verticale verplaatsing, en een tandriem voor rotatie. De besturing en sensoren zijn gerealiseerd door infrarood sensoren, limitswitches en een microcontroller (ESP 32), waarbij de machine zowel handmatig als automatisch bedienbaar is (theoretisch ontwerp).

Tijdens de uitvoering van de Factory Acceptance Test bleek de initiële test te falen door een kortsluiting als gevolg van gebrekkige soldeerverbindingen op het prototype printplaatje. In een tweede test is gekozen voor breadboards en jumpers, wat hardwarematig beter functioneerde, maar softwarematig beperkingen kende. Door het vervangen van de Raspberry Pi Pico ging de software voor de automatische modus verloren. Alleen de handmatige modus kon worden getest. Deze test faalde door een te hoge rotatiesnelheid waardoor de sorteermachine de doelpositie miste, wat resulteerde in onnauwkeurige plaatsing van de stekpotten.

6.1 aanbevelingen

Er is aanbevolen om de stalen staaf van roestvast staal te maken omdat deze kunnen corroderen bij een vochtige omgeving. Lagerhuis onderin 3mm verder doorboren zodat deze stabiel staat. De 4.3.3 Y-as beweging 180° draaien zodat de lagerblokken op even staan.

De infrarood sensor vervangen voor een nokkenas systeem omdat deze betrouwbaarder is. De kabels vast zetten met een kabelrups. De limitswitch op de hoogte verstelbare plaat monteren hierdoor zullen de kabels netter zijn.

7. Bijlage

7.1. Bijlage testopstelling

De testopstelling bestaat uit de volgende onderdelen: 1) basisplaat, 2) afvoerpositie klasse 1, 3) montageplaat, 4) montageplaat, 5) aanvoerpositie, 6) afvoerpositie afkeur, 7) afvoerpositie klasse 2 en 8) afvoerpositie klasse 2. Voor maatvoering volgt uit het 3D model (Brightspace).

