

ONDERZOEKSRAPPORT

Ontwerpen van een slimme tafel voor weeg-processen binnen Orionis Walcheren

Technische innovatie binnen een SW-organisatie



Naam:	Dylan Bardolf
Studentnummer:	72919
Cursusnummer:	CU08813
Versie:	1.1.7
Datum:	2021-06-04

Contactgegevens

Studentgegevens

Naam Dylan Bardolf
Geboortedatum 1999-07-05
Adres Vrouwestraat 24
Postcode 4381 EN
Woonplaats Vlissingen
E-mailadres Bard0009@hz.nl | dylanbardolf@gmail.com
Telefoonnr. +31 6 346 013 92
Instelling HZ University of Applied Sciences
Opleiding Engineering
Afstudeerrichting Mechatronics Engineering (4^{de} jaar)

1^{ste} examiner (stagebegeleider)

Naam Gerben Huiszoon
Adres Edisonweg 4
Plaats Vlissingen
Postcode 4382 NW
E-mailadres gerben.huiszoon@hz.nl
Telefoonnr. +31 6 169 179 43
Instelling HZ University of Applied Sciences
Opleiding Engineering

2^{de} examiner

Naam Edward Mouw
Adres Edisonweg 4
Plaats Vlissingen
Postcode 4372 NW
E-mailadres Mouw0003@hz.nl
Telefoonnr. +31 6 442 385 80
Instelling HZ University of Applied Sciences
Opleiding Engineering

Bedrijfsgegevens

Naam Orionis Walcheren
Adres Oostsouburgseweg 10
Postcode 4382 NH
Vestiging Vlissingen, Zeeland
E-mailadres kcc@orioniswalcheren.nl
Telefoonnr. 0118 432 700

Bedrijfsbegeleider

Naam Michel Dingemanse
Adres Oostsouburgseweg 10
Postcode 4382 NH
Vestiging Vlissingen, Zeeland
E-mailadres mdingemanse@orioniswalcheren.nl
Telefoonnr. +31 6 117 643 23

Abstract

Binnen Orionis Walcheren komt er een vraagstuk te liggen. Het productieproces van het verpakken van opensnoep is niet efficiënt genoeg binnen de afdelingen Verpakken. Orionis is een SW-bedrijf die verschillende opdrachten voltooien voor externe opdrachtgevers. Een terugkerende opdracht is het verpakken van opensnoep. Omdat Orionis een SW-bedrijf is werken er mensen met een arbeidshandicap. Voor de werknemers met een handicap die zorgt voor een beperking moet er een tafel ontwikkeld worden welke hen ondersteund in de dagelijkse werkzaamheden die zij uitvoeren. Het doel van dit project is het ontwikkelen van een prototype wat een innoverende start binnen een SW-bedrijf opwekt. De focus wordt hier gelegd op de combinatie tussen technische innovatie en sociale innovatie. Om die combinatie goed uit te voeren luidt de volgende vraag: *“Wat is het ontwerp van een slimme tafel welke werknemers, binnen de afdelingen Verpakken bij Orionis Walcheren, ondersteund om efficiënter en veiliger hun werkzaamheden uit te voeren?”*.

De hoofdvraag wordt opgelost door het in gebruik nemen van het V-model. Voordat er een ontwerp gemaakt wordt van tafel is heeft er een onderzoek plaatsgevonden. Zowel kwalitatief als kwantitatief onderzoek is uitgevoerd om eerst te komen tot een theoretische basis. Na deze onderzoeken is er een start gemaakt met het ontwerpen van een tafel die goed binnen Orionis past. Vanuit de theorie is er een formule opgesteld, $\text{Efficiëntie en veiligheid} = \text{Ergonomie}^3 + \text{Modulair} + \text{Logistiek \& Productie} + \text{Menselijk}^2$, deze formule wordt in de loop van dit project opgelost.

Na het oplossen van de formules, zowel op papier als in de praktijk, kwam daar een slimme tafel uit die alle onderdelen van de formules in zich heeft. Het resultaat is een slimme tafel die werknemers ondersteund met de dagelijkse werkzaamheden. Na het uitvoeren van tests bleek al snel dat de tafel beviel en dat zowel de werknemers als de klant tevreden waren. Zowel mensen die niet kunnen wegen als mensen die dat al wel kunnen, kunnen deze tafel gebruiken om of sneller te werken of om een werkzaamheid uit te voeren die zij voorheen niet konden. Dit is te danken aan de werkinstructie en de kleurcodering die gebruikt worden. Potten worden nu correct gevuld, en in een continu tempo, waar voorheen het proces bijna niet te meten was, worden er nu ongeveer 20 potten per kwartier gevuld. Ook door mensen die voorheen niet konden deelnemen aan het weegproces.

Hieruit kan geconcludeerd worden, dat het ontwerp van een slimme tafel, het ontwerp is wat gerealiseerd is. De resultaten geven weer dat de tafel daadwerkelijk werk, ingezet kan worden voor zowel mensen met een arbeidshandicap en voor mensen zonder een arbeidshandicap. Daarnaast spreken managers en teamleiders met lof over deze tafel en is de slimme tafel het onderwerp wat een dialoog start bij veel werknemers. Dit betekent dat zowel de hoofdvraag is beantwoord en het doel is behaald.

Voorwoord

U heeft een thesis opgeslagen die geschreven is voor een groot maatschappelijk doel. Een doel om mensen, met arbeidshandicap, te ondersteunen in de werkzaamheden die zij uitvoeren. Deze opdracht is de eerste opdracht die mij een gevoel van voldoening gaf. De voldoening haalde ik uit het oplossen van een maatschappelijk vraagstuk. Een project dat ergens voor staat. Het verbeteren van een werkomgeving voor mensen die dat echt nodig hebben.

Deze thesis is geschreven in het 4^{de} en laatste jaar van de opleiding Mechatronics Engineering welke ik gevolgd heb aan de HZ University of Applied Sciences. De thesis gaat in op verschillende manieren om werknemers met een arbeidshandicap te ondersteunen in hun dagelijkse werkzaamheden. Deze thesis dient als een naslag werk van het onderzoek dat is uitgevoerd en wordt opgeleverd aan de klant, Orionis, als project documentatie.

De afgelopen tijd was niet makkelijk. Om eerlijk te zijn waren de afgelopen 5 maanden, de zwaarste maanden van mijn leven. Niet omdat de opdracht te moeilijk of te hoog gegrepen was, maar omdat mijn brein mij tegenstond. De opdracht verliep goed, het onderzoek verliep vlot, het voelde alsof alles vanzelf ging. Maar mentaal was ik elke dag gebroken. De afgelopen maanden leek het alsof ik aan het vechten was voor mijn leven, tot paniekaanvallen toe. Terwijl ik altijd de controle heb, in alles wat ik doe. Daarom wil ik, in het bijzonder, mijn vriendin Rosalie Vermeulen bedanken, voor alle steun tijdens het afstuderen en het begrip dat ik maandenlang niet goed in mijn vel zat. Als tweede wil ik mijn moeder, Marleen Bardolf, bedanken, zij heeft mij in deze periode elke week behandeld in haar praktijk voor Chinese geneeswijze en acupunctuur. Mijn familie en vrienden hebben de afgelopen maanden altijd klaar gestaan, en daar ben ik heel dankbaar voor. In deze periode heb ik mijn eigen mentale grenzen leren kennen en ik denk dat dit een van de meest belangrijkste lessen is die ik zal meenemen in mijn latere carrière. Daarnaast wil ik mijn twee goede vrienden Martijn Crombeen en Omar El Nahhas bedanken voor hun mentale steun en feedback die zij hebben geboden aan mij.

Zoals ik hierboven beschreef verliep het project bijna vanzelf. Ik heb mijzelf geen enkele keer druk gemaakt dat ik het niet zou redden. Hoe slecht ik mezelf ook voelde was daar mijn stagebegeleider, Michel Dingemanse. Ik kreeg altijd alle ruimte om uit te rusten of om hard door te lopen. Heel het project was aan mijzelf, maar wanneer ik iets nodig had werd het geregeld. Met Michel heb ik kunnen praten over alles, van de opdracht tot persoonlijke ontwikkeling en van kleine problemen tijdens mijn opleiding tot maatschappelijke vraagstukken. Ik wil Michel bedanken voor al zijn tijd en energie die hij heeft vrijgemaakt voor zowel de opdracht als voor mij persoonlijk. Ik had geen betere stagebegeleider kunnen wensen.

Als laatste wil ik mijn docenten bedanken voor de afgelopen jaren, als zij daar niet waren geweest was ik nu niet de persoon geworden die ik ben. Ik weet dat ik nog binnenkwam als een moeilijke leerling, toch hebben zij het voor elkaar gekregen om mij om te vormen tot een gedreven professional.

Zoals iedereen weet studeren wij studenten af in een moeilijke tijd. Zoals een wijs man ooit zij, *“never let a good crisis go to waste”*. Wat ik hiermee wil zeggen is, wij als studenten hebben een moeilijke tijd achter de rug. Een tijd van veel veranderingen, veranderingen die onzekerheden brengen op het pad wat wij allemaal bewandelen. Maar door deze ‘crisis’ hebben wij alleen het uiterste laten zien. Ik heb diep respect voor iedereen die toch doorgaat en zijn eigen grenzen leert kennen. Ik ben van mening dat de studenten die in deze jaren afstuderen het makkelijker gaan krijgen in de toekomst. Omdat wij onszelf zo hebben leren kennen, en we onszelf zo onverslagen taai hebben gemaakt kunnen we veel aan!

Ik vond het een eer om mijn tijd te besteden aan zo een eervolle opdracht, daarom wil ik Orionis hartelijk danken voor deze mogelijkheid, en wens ik de organisatie een innoverend pad tegemoet.

Afkortingen & definities

Tabel 1: Lijst met afkortingen.

Afkorting	Engelse beschrijving	Nederlandse beschrijving
BRC	British Retail Consortium	De Britse brancheorganisatie voor detailhandelaren
ES		Ergonomisch systeem
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Points	Gevarenanalyse en kritische beheers punten
MCU		Microcontroller unit
OVS		Ontvang/verzendt systeem
SS		Subsysteem
SW		Sociaal werk
SZW		Sociale Zorg en Welzijn
T		Tafel
V1		Verpakken 1
V2		Verpakken 2
V3		Verpakken 3
V4		Verpakken 4
WS		Weegsysteem
WSW		Wet Sociale Werkvoorziening

Tabel 2: Lijst met definities.

Woord	Definitie
Antropometrie	Antropometrie is de leer van de mens, antropometrie zorgt ervoor dat de mensen zowel wiskundig als natuurkundig uitgerekend kan worden.
Arbeidshandicap	Een arbeidshandicap is een dusdanige handicap die ervoor zorgt dat een persoon niet op een normale wijze kan werken binnen normale werk omstandigheden
Ergonomie	Ergonomie is een discipline die wordt uitgevoerd en toegepast om ervoor te zorgen dat mensen op de juiste manier werken waarbij fysieke en mentale gesteldheid van belang zijn.
Modulair	Modulair is een definitie die aantoont hoe systemen, cellen, units of onderdelen met elkaar in verband staan op een flexibele wijze.
Modulariteit	De mate waarin systemen, cellen, units of onderdelen modulair zijn.
Opensnoep	Snoep wat niet per stuk is verpakt in plastic of papier, opensnoep wordt meestal gewogen.
Tel-proces	Een tel-proces is een productieproces waarbij werknemers moeten tellen hoeveel producten er in een verpakking moeten komen.
Weeg-proces	Een weeg-proces is een productieproces waarbij werknemers producten wegen om te komen tot de correcte inhoud.

Table of Contents

Contactgegevens.....	II
Abstract.....	IV
Voorwoord	V
Afkortingen & definities	VI
Lijst figuren.....	IX
Lijst tabellen	X
1. <i>Introductie</i>	1
1.1. Achtergrond	1
1.2. Probleemstelling.....	1
1.3. Doelstelling.....	1
1.4. Hoofdvraag.....	2
1.5. Deelvragen	2
1.6. Scope en afbakening	2
1.7. Beroepsproducten aan Orionis	2
1.8. Beroepsproducten aan de universiteit	2
2. <i>Theoretisch kader</i>	3
2.1. Uiteenzetting huidig proces.....	3
2.1.1. Certificaten op de afdelingen	4
2.1.2. De fictieve medewerker 'Jan'	4
2.2. Belang ergonomie binnen productieprocessen	6
2.2.1. Wat is ergonomie.....	6
2.2.2. Antropometrie	6
2.3. Modulair ontwerpen van systemen	8
2.3.1. Wat is modulariteit	8
2.3.2. Voorbeeld van een modulaire unit tot systeem	8
2.3.3. Voor- en nadelen van modulariteit.....	9
2.4. Optimalisatie logistieke- & productieprocessen	10
2.4.1. Wat is Lean?.....	10
2.4.2. De 7 verliezen van Lean	10
2.4.3. Verliezen binnen afdelingen Verpakken	10
2.5. Ontwerpen voor het menselijk aspect: arbeidshandicap	12
3. <i>Methode</i>.....	13
3.1. Uiteenzetting modellen.....	13
3.2. Gekozen methoden.....	14
3.2.1. Onderzoek.....	14
3.2.2. Ontwerpen.....	14
4. <i>Resultaten</i>	15
4.1. Het ontwerp slimme tafel	15
4.1.1. Klanteisen en wensen	15

4.1.2.	Componenten en subsystemen ontwerpen	16
4.1.3.	3D-ontwerpen.....	17
4.1.4.	Het nieuwe productieproces voor de werknemer.....	18
4.2.	Realisatie van de slimme tafel	19
4.2.1.	Realisatie tafel	19
4.2.2.	Realisatie ergonomisch systeem.....	20
4.2.3.	Realisatie ontvang/verzendt & weegsysteem	21
4.3.	Validatie van de slimme tafel	23
5.	Discussie en aanbevelingen	26
5.1.	Discussie.....	27
5.2.	Aanbevelingen.....	28
6.	Conclusie	29
7.	Literatuurlijst	30
8.	Bijlagen	32
8.1.	Observatierapport	32
8.1.1.	Observatieplan 2021-02-03/2021-02-08	32
8.1.1.	Resultaten observatierapport	33
8.2.	Interview Business Controller	39
8.2.1.	Samenvatting interview business controller	39
8.2.2.	Getranscribeerd interview business controller	40
8.3.	V-model vs Oskam	44
8.4.	Zoekplan en bronnenevaluatie	51
8.4.1.	Zoekplan	51
8.4.2.	CARS-checklist (bronnenevaluatie).....	52
8.5.	Ontwerpen volgens V-model	53
8.5.1.	Lijst met eisen	53
8.5.2.	Functies.....	56
8.5.3.	Analyse huidige systeem.....	59
8.5.4.	Systeem omschrijving	60
8.5.5.	Systeem testplan	60
8.5.6.	Subsysteem verdeling	62
8.5.7.	Subsysteem beschrijving.....	63
8.5.8.	Subsysteem test plannen.....	64
8.5.9.	Ontwerp tools voor componenten keuze.....	68
8.5.10.	Componenten verdeling	75
8.5.11.	Component test plannen	77
8.5.12.	Bestellen componenten	86
8.5.13.	Realiseren van een prototype	90
8.5.14.	Componenten testen	93
8.5.15.	Assemblage plan	102
8.5.16.	Subsysteem test.....	111
8.5.17.	Opstarten programma en systeem code	119
8.5.18.	Logboek systeem test	126
8.5.19.	Demo testplan & test	130

Lijst figuren

Figuur 1: Hopjes, Zeeuws drop en Babbelaars opensnoep wat verpakt wordt.....	1
Figuur 2: Methodiek voor het vinden van een specifieke oplossing van een specifiek probleem [3].....	3
Figuur 3: Schematische weergave productieproces verpakken opensnoep.	3
Figuur 4: Plattegrond productiehal V2.	4
Figuur 5: Ideale statische houdingen voor een mens. Verkregen uit [7] pag. 10.	6
Figuur 6: Dynamisch drie dimensionaal bereik van de armen van de mens. Verkregen uit [7] pag. 10.	6
Figuur 7: Horizontaal werkgebied. Verkregen van [7], pag. 56.	6
Figuur 8: Combinatie Figuur 6 & Figuur 7 ideale positie voor tillen. Verkregen uit [7], pag. 39.	7
Figuur 9: Werkhoogte. Verkregen van [7], pag. 57.....	7
Figuur 10: Kijkhoeken. Verkregen van [7], pag. 57.	7
Figuur 11: Modulair ontwerp voor drie verschillende machine systemen. Verkregen van [15], pag. 14.	8
Figuur 12: Blueprint basis lego steen. Verkregen van http://npopson.com/images/legowallpaper/LEGO_WP_1920x1080_BP.png	8
Figuur 13: Van modulair unit level tot modulair systeem level. Verkregen van [19], pag 15.	9
Figuur 14: De zeven verliezen. Verkregen van [22], pag. 722.	10
Figuur 15: Schematische weergaven doorlopen V-model en Oskam. Zie bijlage V-model vs Oskam	13
Figuur 16: Gekozen methode, V-model gecombineerd met ontwerptools.....	14
Figuur 17: Quality for Development (QFD) voor de klanteisen in relatie tot technische eisen.....	15
Figuur 18: Component verdeling binnen het slimme tafel systeem respectievelijk met de interne interacties..	16
Figuur 19: Spuugmodel twee concepten.	17
Figuur 20: 3D-Cad model van de slimme tafel.....	17
Figuur 21: 3D-Cad model van de slimme tafel (binnenkant).	17
Figuur 22: Een kort stripverhaal welke een visuele uitleg geeft over het werkproces. Dit zal ongeveer zijn wat de werknemer ziet.	18
Figuur 23: Tafelframe gebouwd van RVS-buisprofiel en gegalvaniseerde koppelingen.	19
Figuur 24: Slimme tafel vanuit een werknemers perspectief.....	19
Figuur 25: Afmetingen van de tafel.	20
Figuur 26: Werkinstructie met kleurcodering, voor aantonen van de kleurcodering zijn alle 3 de kleuren aangezet.	21
Figuur 27: Volledig, kaal, mechatronisch systeem.	21
Figuur 28: Hoe de weegschaal is aangepast zodat deze opgestart kan worden met de Raspberry Pi.....	22
Figuur 29: Email contact met de leverancier van de weegschaal.....	22
Figuur 30: Uitkomsten vragen en observaties bij uitgevoerde demo test 2.	25
Figuur 31: Een werknemer die help met het uitvoeren van de systeem test.	26
Figuur 31: Algemeen proces van afdelingen Verpakken 1, 2, 3 en 4.....	33
Figuur 32: The summary flowchart which gives a brief visual insight how to work systematically through a project.	45
Figuur 33: Flowchart for starting a new project.	47
Figuur 34: The V-model described in Excel.....	49
Figuur 35: Oskam described in Excel.	50
Figuur 36: MoSCoW-methode visueel weergegeven.	53
Figuur 37: House of Quality ingevuld met de klanteisen en -wensen van Orionis en technische eisen, met de bijbehorende ingevulde correlatie- en relatiematrix.	54
Figuur 38: De mindmap die ondersteuning biedt in het opstellen van de functie- en systeemboom.	56
Figuur 39: Functieboom voor de slimme tafel prototype.	57
Figuur 40: Systeemboom voor de slimme tafel prototype.....	58
Figuur 41: Blackbox systeem voor de slimme tafel prototype.	60
Figuur 42: Subsystemen binnen het systeemniveau slimme tafel.	62
Figuur 43: Morfologische overzicht waaruit twee ideeën zijn geconfigureerd.	68
Figuur 44: Idee 1 afgeleid uit het morfologische overzicht.	69
Figuur 45: Idee 1 afgeleid uit het morfologisch overzicht met aanpassing.	70
Figuur 46: Idee 2 afgeleid uit het morfologische overzicht.	71
Figuur 47: Bovenanzicht met volgorde van stappen wanneer er gewerkt wordt aan beide tafels.....	72
Figuur 48: Een kort stripverhaal welke een visuele uitleg geeft over het werkproces. Dit zal ongeveer zijn wat de werknemer ziet.	74

Figuur 49: Component verdeling binnen het slimme tafel systeem respectievelijk met de interne interacties..	75
Figuur 50: Bestellijst componenten	87
Figuur 51: Stuklijst buisprofielen	87
Figuur 52: Koppel berekening voor de NEMA17 en NEMA23 motor.	89
Figuur 53: Code voor het testen van de weegschaal met uitgelezen waarden van de weegschaal.	94
Figuur 54: Resultaat barcodescanner test	95
Figuur 55: Code en resultaat van code voor sensor.	99
Figuur 56: Output van de software, dit gebeurt in de realiteit ook.	100
Figuur 57: Kleurcodering wanneer er te weinig wordt gewogen.	101
Figuur 58: Kleurcodering wanneer er te veel wordt gewogen.	101
Figuur 59: Kleurcodering wanneer genoeg wordt gewogen.	101
Figuur 60: Volledig elektrisch schema.	103
Figuur 61: Volledig elektrisch schema ingetekend op het formaat van de tafel.	104
Figuur 62: Elektrisch schema NEMA23 - TB6600 - LRS-75-36 - Raspberry Pi - (1)	105
Figuur 63: Elektrisch schema NEMA23 - TB6600 - LRS-75-36 - Raspberry Pi - (2)	105
Figuur 64: Elektrisch schema aansluiting RS232 op weegschaal en RS232 omvormer aan Raspberry Pi.	106
Figuur 65: Instellen van de DE 6K1D weegschaal.	107
Figuur 66: Perspectiefaanzicht slimme tafel prototype (open tafelblad zodat interne componenten zichtbaar zijn).	108
Figuur 67: Perspectiefaanzicht van slimme tafel prototype (dicht tafelblad).	108
Figuur 68: Werktekening slimme tafel met afmetingen van de buizen voor assemblage.	109
Figuur 69: Stuklijst voor het buizenframe van de slimme tafel.	110
Figuur 70: Slimme tafel past in de lift.	111
Figuur 71: Modulair tafel frame.	111
Figuur 72: Slimme tafel past door deur.	111
Figuur 73: Werkinstructie en kleurcodering.	113
Figuur 74: Hacken van de weegschaal.	116
Figuur 75: Openen van het programma Thonny.	119
Figuur 76: Openen van een python programma.	119
Figuur 77: Volledig Mechatronisch systeem wat in de slimme tafel geplaatst is.	126
Figuur 78: Eerste werknemer die helpt met het uitvoeren van de systeemtest.	128
Figuur 79: Eerste werknemer die helpt met het uitvoeren van de systeemtest.	128

Lijst tabellen

Tabel 1: Lijst met afkortingen.	VI
Tabel 2: Lijst met definities.....	VI
Tabel 3: Vergelijking, Lean verliezen met observaties uit het Observatierapport.	11
Tabel 4: Verschillen tussen Oskam en V-model.....	13
Tabel 4: Uitkomsten vragen aan werknemers van demo test 1.....	23
Tabel 5: Uitkomsten observaties bij uitgevoerde demo test 1.....	24
Tabel 7: Klanteisen welke ingevuld zijn met behorende resultaten. (Alle eisen hebben als resultaat een positieve uitkomst).	26
Tabel 7: Verschillende producten/goederen die verpakt worden.	34
Tabel 8: Positieve & negatieve geobserveerde ergonomische aspecten.	35
Tabel 9: Geobserveerde productie aspecten.....	36
Tabel 10: Geobserveerde menselijke aspecten.....	36
Tabel 11: Geobserveerde logistieke aspecten.....	37
Tabel 12: Beoordeling van de verschillende geobserveerde aspecten met.	37
Tabel 13: Overview of the two phases Oskam and V-model.....	46
Tabel 14: Steekwoorden en zoektermen welke zijn gebruikt voor het zoeken van wetenschappelijke bronnen.	51
Tabel 15: CARS-checklist.....	52
Tabel 16: MoSCoW-beoordeling voor het bepalen van klanteisen en wensen.....	53
Tabel 17: MoSCoW-beoordeling voor de ontwerpeisen, eisen met een QFD-score van 130 of hoger zijn beoordeeld als Must have, tussen 100 en 130 als Should have en onder 100 als Could have.	55
Tabel 18: Variabelen van het systeem welke getest worden.	61

Tabel 19: Variabelen van het systeem welke getest moeten worden.	62
Tabel 20: Inputs en outputs van de verschillende subsystemen met de eenheid en actie respectievelijk weergegeven.	63
Tabel 21: Beknopte omschrijving subsystemen en respectievelijk hun afkortingen.....	63
Tabel 22: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Tafel waarop getest wordt.....	64
Tabel 23: Variabelen van het subsysteem Ergonomisch systeem waarop getest wordt.	65
Tabel 24: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Weegsysteem waarop getest wordt.	66
Tabel 25: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Ontvang/verzendt systeem waarop getest wordt.	67
Tabel 26: Beschrijving interne interacties tussen componenten	76
Tabel 27: Component test voor de simpelste componenten uit het systeem.	77
Tabel 28: Variabelen waarop de weegschaal getest wordt.	78
Tabel 29: Variabelen waarop de barcodescanner getest wordt.....	79
Tabel 30: Variabelen waarop de elektronische voeding getest wordt.	80
Tabel 31: Variabelen waarop stappenmotoren 1 & 2 getest worden.	81
Tabel 32: Variabelen waarop motorcontrollers 1 & 2 getest worden.	82
Tabel 33: Variabelen waarop de sensor getest wordt.	83
Tabel 34: Variabelen waarop MCU1 getest wordt.	84
Tabel 35: Argumentatie keuze voor componenten	88
Tabel 36: Testen met resultaat en conclusie welke zijn uitgevoerd voor de simpele componenten	93
Tabel 37: Variabelen waarop de weegschaal getest is.	94
Tabel 38: Variabelen waarop de barcodescanner getest is.	95
Tabel 39: Variabelen waarop de elektronische voeding getest is.	96
Tabel 40: Variabelen waarop stappenmotoren 1 & 2 getest zijn.	97
Tabel 41: Variabelen waarop motorcontrollers 1 & 2 getest zijn.	98
Tabel 42: Variabelen waarop de werking van de sensor is getest.....	99
Tabel 43: Variabelen waarop de MCU op getest is.....	101
Tabel 44: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Tafel waarop getest is.	112
Tabel 45: Variabelen van het subsysteem Ergonomisch systeem waarop getest is.....	114
Tabel 46: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Weegsysteem waarop getest is.	116
Tabel 47: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Ontvang/verzendt systeem waarop getest is.	118
Tabel 48: Variabelen van het systeem waarop getest is.	129
Tabel 49: Variabelen van het systeem welke getest worden.	130
Tabel 50: Observatieplan.....	131
Tabel 52: Uitkomsten observaties bij uitgevoerde testen.....	131
Tabel 51: Uitkomsten vragen aan werknemers.....	131
Tabel 50: Observatieplan.....	131
Tabel 53: Variabelen van het systeem waarop getest is.	131

1. Introductie

1.1. Achtergrond

Orionis valt onder de categorie werkleerbedrijf, daarnaast biedt Orionis schuldhelpverlening en kunnen mensen een Participatiewet uitkering, bijzondere bijstand en minimaregeling aanvragen [1].

Werknemers van Orionis zijn mensen die een arbeidshandicap ondervinden. Ondanks deze handicap vervullen deze werknemers verschillende functies binnen de organisatie zoals, buitendienst, elektronica, metaalbewerking, monteren, verpakken, graven & folie-snijden en een mailingservice [2]. Alle afdelingen draaien op gemeentelijke subsidies en opdrachten vanuit de arbeidsmarkt.

De afdelingen voor verpakken bestaan uit 4 hallen, Verpakken 1, 2, 3 & 4. Er is opgemerkt door de business controller (Michel Dingemanse) dat de processen op deze afdelingen verbeterd kunnen worden, dit is de reden dat deze opdracht is uitgezet.

1.2. Probleemstelling

Een terugkerende opdracht voor Orionis is het verpakken van opensnoep. Deze opdracht bestaat uit het verpakken van Hopjes, Zeeuws drop en Babbelaars in metalen blikjes zie *Figuur 1*. De business controller heeft geconstateerd dat het productieproces rondom het verpakken van opensnoep verbeterd kan worden. De medewerkers van Orionis werken vaak te precies, houden geen rekening met ergonomie, het vervoeren van producten binnen afdeling gaat inefficiënt en de werkplekken van de werknemers worden niet optimaal benut. Door al deze verliezen ligt volgens de business controller de marge op het verpakken van opensnoep te laag. In de kern gaat deze opdracht dus over het verhogen van de marge op opensnoep. Dit blijkt later ook een interview, zie bijlage 8.2 *Interview Business Controller*.



Figuur 1: Hopjes, Zeeuws drop en Babbelaars opensnoep wat verpakt wordt.

1.3. Doelstelling

Het doel van dit project is het ontwerpen en realiseren van een prototype van een slimme tafel. Deze tafel moet werknemers ondersteunen in de werkzaamheden die ze verrichten met een verbeterend doel voor ogen. Het doel is behaald wanneer er een prototype is ontwikkeld die ingezet kan worden binnen de afdeling Verpakken, of een nieuw innoverend pad opent voor de afdeling Verpakken.

1.4. Hoofdvraag

- Wat is het ontwerp van een slimme tafel welke werknemers, binnen de afdelingen Verpakken bij Orionis Walcheren, ondersteund om efficiënter en veiliger hun werkzaamheden uit te voeren?

1.5. Deelvragen

- Wat is de uiteenzetting van het huidige proces?
- Wat zijn de eisen en wensen van Orionis?
- Wat is het systeemontwerp van de slimme tafel prototype?
- Wat zijn de subsysteemontwerpen van de slimme tafel prototype?
- Wat zijn de componentontwerpen van de slimme tafel prototype?
- Wat is de systeemintegratie van de slimme tafel prototype?
- Hoe wordt de slimme tafel getest of gevalideerd binnen Orionis?

1.6. Scope en afbakening

Het onderzoek en ontwerp zal uitgevoerd worden volgens de volgende voorwaarden en condities:

- Het prototype slimme tafel toont een verhoogde efficiëntie binnen het proces aan;
- Het prototype slimme tafel valt binnen het budget (richtlijn is < €10.000,-);
- Het prototype slimme tafel creëert een verbeterde ergonomische werkomgeving voor de gebruiker/tester;
- Het prototype slimme tafel werkt instinctief voor de gebruiker/tester (gemeten door observaties);
- Het prototype slimme tafel is modulair inzetbaar;
- Er is mogelijkheid voor een testopstelling van het te ontwerpen prototype;
- Het onderzoek is gelimiteerd aan het vinden van een oplossing voor de afdeling V1, V2, V3 en V4 vinnen Orionis;
- De periode van dit onderzoek is van 01-02-2021 tot en met 02-07-2021;
- Het onderzoek zal zowel op locatie, Orionis, als thuis, Vlissingen, plaatsvinden vanwege de coronamaatregelen;
- Documentatie wordt geschreven in de Nederlandse taal, hoewel bijlagen of bronnen in de Engelse taal geschreven kunnen zijn.

1.7. Beroepsproducten aan Orionis

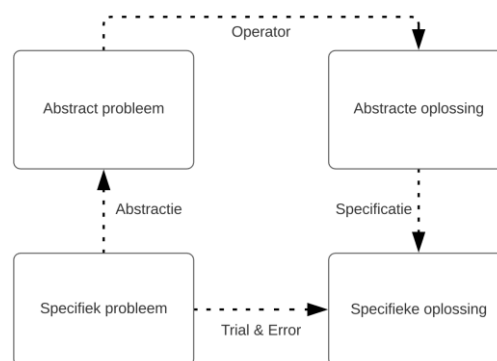
- Het prototype slimme tafel;
- Gedetailleerd project documentatie.

1.8. Beroepsproducten aan de universiteit

- Volledig onderzoeksrapport;
- Portfolio met bachelor niveau competenties.

2. Theoretisch kader

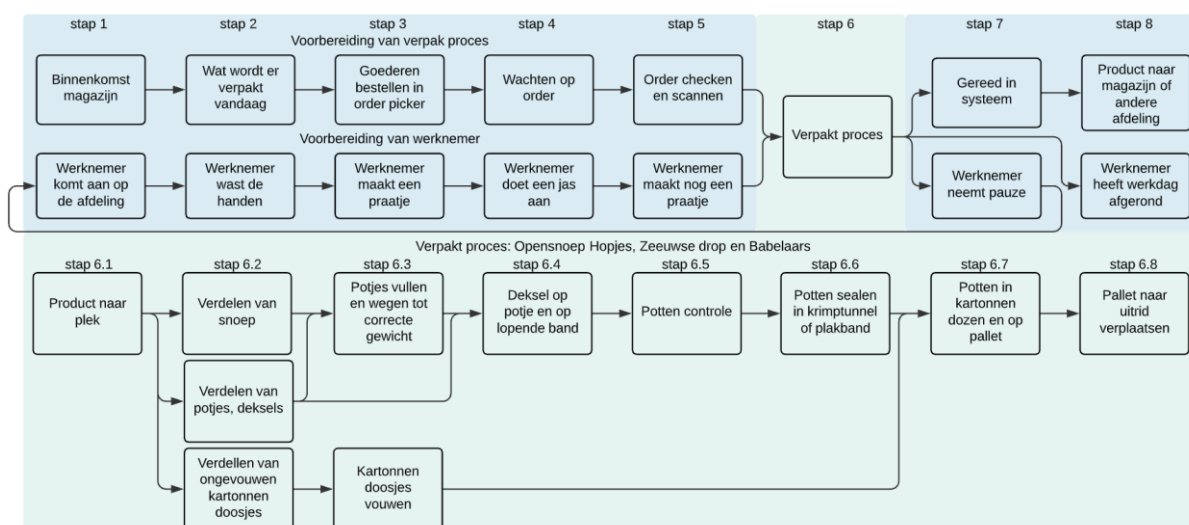
In het theoretisch kader worden de belangrijkste concepten vanuit de probleemstelling en de samenhang hiertussen uiteengezet. De probleemstelling toont een specifiek probleem aan wat nijgt naar een specifieke oplossing, er zal daarom eerst een abstractie plaatsvinden, zie *Figuur 2*. Deze abstractie zorgt ervoor dat het specifieke probleem getransformeerd wordt in een abstract probleem. Dit staat beschreven in het eerste gedeelte van het theoretisch kader, zie *Uiteenzetting huidig proces*. De uitkomst van die paragraaf is inleidend aan de paragrafen die de abstracte deeloplossing(en) zullen vormen. Na het afsluiten van het theoretisch kader kan deze abstracte theorie als ondersteunend of leidend worden ondervonden voor het oplossen van het specifieke probleem, of het formuleren van een specifieke oplossing [3].



Figuur 2: Methodiek voor het vinden van een specifieke oplossing van een specifiek probleem [3].

2.1. Uiteenzetting huidig proces

Voor de uiteenzetting van het huidige proces is de eerste week een observatie uitgevoerd over de processen die beschreven staat in de bijlage, *8.1 Observatierapport*. Deze processen hebben betrekking op tel-processen. Bij tel-processen tellen werknemers hoeveel er van een product benodigd is in de verpakking. De observatie, waaruit het *Observatierapport* is geschreven, vond plaats in een week waarbij de verschillende afdelingen, V1, V2, V3 en V4, met opdrachten bezig waren waarbij het tel-proces werd toegepast. Naast het tel-proces bestaat er ook een weeg-proces binnen de afdelingen, V1, V2, V3. Dit weeg-proces wordt toegepast bij het verpakken van de Hopjes, Zeeuws drop en Babelaars. Dit proces is niet opgenomen in het *Observatierapport* omdat deze opdrachten niet werden uitgevoerd tijdens de observatiemomenten. De aspecten, ergonomisch, productie, logistiek, menselijk, die beschreven worden in het *Observatierapport* hebben ook betrekking op het weeg-proces. Het proces is anders dan het tel-proces, maar de aspecten die geoptimaliseerd kunnen worden zijn hetzelfde. Vooral het ergonomische aspect is van belang als er gekeken wordt naar het verbeteren van de tel- en/of weegprocessen omdat alle processen handwerk omvatten. Vanuit het *Observatierapport* is er een flowchart opgesteld met de stappen die een werknemer moet doorlopen, zie *Figuur 3*.



Figuur 3: Schematische weergave productieproces verpakken opensnoep.

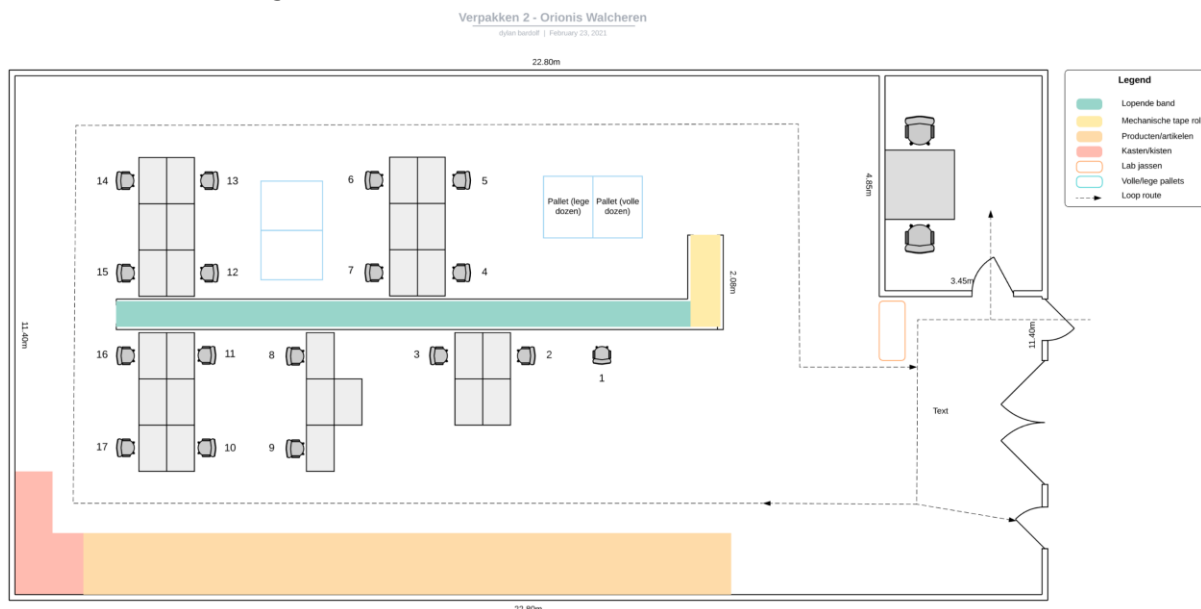
Deelproces tijden zijn niet opgenomen *Figuur 3*, de reden hiervoor is dat de werknemers van Orionis allemaal op eigen tempo werken. Door de vele prikkels die de medewerkers elke dag anders ervaren ligt het tempo dagelijks op een ander niveau. Specifiek maken van de productiesnelheid is hierdoor onmogelijk.

2.1.1. Certificaten op de afdelingen

Michel legt in het interview, *8.2 Interview Business Controller*, uit dat de verschillende afdelingen V1, V2 en V3, het BRC8-certificaat en Skal-certificaat hebben. BRC8 is de hoogste BRC-certificering. BRC, wat staat voor British Retail Consortium, is een voedselveiligheids- en kwaliteitscertificering-programma. Wanneer een bedrijf of organisatie voldoet aan de veiligheidseisen van het BRC, dan krijgt deze het BRC-certificaat. De BRC-normeis bestaat uit de volgende elementen, betrokkenheid van het management, HACCP-voedselveiligheidsplan, voedselveiligheid en kwaliteitsbeleid, vestigings-normen, productbeheersing, procesbeheersing en personeel. BRC Global Standards geeft het certificaat af [4]. Het Skal-certificaat betreft het volgende volgens Michel; *“En wij hebben het Skal-certificaat, het Skal-certificaat is een soort fairtrade certificaat waarin je kan aantonen dat je op een eerlijke manier produceert. Dus het belangrijkste daarin is dat je bijhoudt wat komt er binnen aan producten en wat gaat eruit aan producten en wat voor verliezen hebben je aan producten. Dus productregistratie is daar heel belangrijk.”*, zie bijlage *8.2 Interview Business Controller*.

2.1.2. De fictieve medewerker ‘Jan’

Voor de uiteenzetting van het huidige proces wordt er een fictieve medewerker geanalyseerd. De naam van de fictieve medewerker is Jan. Jan is een werknemer met een fysieke handicap, tijdens zijn geboorte heeft hij een herseninfarct gehad waardoor de helft van zijn lichaam is verlamd, daarnaast is Jan slechtziend. Jan komt binnen op de afdeling V2 om 08:00 uur, hij loopt naar het kantoor en maakt een praatje met de leidinggevende waarna hij een jas pakt van de kapstok. Elke werknemer moet een jas aan omdat er opensnoep verpakt wordt. Jan neemt plek op de stoel die is aangegeven met nummer 16, zie *Figuur 4*.



Figuur 4: Plattegrond productiehal V2.

Na gepraat te hebben met wat collega's pakt hij een weegschaal uit de kast, begint te rommelen totdat de weegschaal aangesloten. Jan kan nu eindelijk beginnen met zijn werkzaamheden. Jan loopt naar het gedeelte waar de producten staan opgeslagen, pakt een kleine rijdende tafel en vult deze aan met Babbelaars, eventueel wat potten met deksel en rijdt terug naar zijn tafel. Dit gaat niet zonder slag of stoot, Jan rijdt, omdat hij verlamd is, tegen een tafel en er vallen producten en lege potjes van de rijdende tafel af. Hij probeert dit zelf op te pakken en moet, in ergernis, bijna gaan zitten om erbij te kunnen. Wanneer Jan eindelijk alles heeft opgeraapt kan hij naar zijn tafel om te beginnen met het

vullen van de potten met Babbelaars. Het wegen gaat hem niet gemakkelijk af, hij probeert precies op de gram nauwkeurig de potten te vullen, doordat Jan slechthziend is blijkt dit een hele opgave te zijn. Het lukt hem niet goed om met één hand een potje te vullen met snoep en het aflezen van het gewicht op de weegschaal gaat ook niet gemakkelijk. Eindelijk heeft hij dan een pot vol en kan deze op de lopende band gezet worden. Jan zit gelukkig op een stoel naast de lopende band, zo hoeft hij niet vaak op te staan, maar andere collega's om hem heen moeten geregeld volle potten of kisten met volle potten naar de band brengen. Door de dag heen haalt Jan het tempo van zijn collega's redelijk bij. Jan beheerst zijn handicap best goed, hij klemt producten of potjes/deksel vast met zijn verlamde arm, of gebruikt die arm als ondersteuning voor andere bezigheden. Het wegen gaat hem redelijk af voor iemand die slechthziend is, vaak bukt Jan voorover om het display van de weegschaal beter te zien, zo zijn de nummers duidelijker. Wanneer Jan omgeven is door collega's kan hij laten zien dat hij even snel is, dit blijkt ook uit de grapjes die hij maakt naar andere collega's. Jan beschikt over goede zelfspot, grapjes als *'ik mag dan verlamd zijn, maar ik ga nog steeds even snel als jullie'*, of, *'ik zou zo op de veiling kunnen staan als weegmeester'* worden geroepen. De zelfspot is duidelijk minder wanneer er minder collega's om hem heen zitten, dan werkt Jan meer op zijn gemak, er is dan geen niveau om aan vast te houden. Na de pauze komt Jan terug, vult zijn kar weer, deze keer met succes, en zet zijn werkzaamheden voort. Jan geeft aan veel plezier te hebben in het werk wat hij doet, *'Als ik hier niet terecht kon zou ik hele dagen thuis zitten, daar is ook niets aan, hier heb ik sociale contacten dat houdt mij gelukkig.'*

Uit de analyse van de, kort beschreven, werkdag van Jan komen enkele aspecten naar boven die ook beschreven staan in het *Observatierapport*. Jan heeft problemen met het vervoeren van producten, vaak lopen en opstaan, het vullen van potjes, het aflezen van de weegschaal en het oprapen van gevallen producten. Jan heeft enkele arbeidshandicaps, zoals een verlamming en slechthziend, deze arbeidshandicaps komen vaker voor bij andere werknemers. Naast dezelfde handicaps komen er ook andere aan het licht, zie 8.1 *Observatierapport*.

De problemen die beschreven staan waar Jan en zijn collega's tegen aan lopen worden onderverdeeld in 4 aspecten; Ergonomie, Modulair, Logistiek & Productie en Menselijk. Deze 4 aspecten vormen een formule: Efficiëntie en veiligheid = Ergonomie³ + Modulair + Logistiek & Productie + Menselijk². Door het opstellen van deze formule voor het verhogen van de efficiëntie en veiligheid wordt het grote probleem opgedeeld in behapbare aspecten [3]. Elk van deze aspecten draagt bij aan een totaaloplossing en worden in de volgende paragrafen toegelicht. Aspecten met een macht worden gezien als meer belangrijk, zo is er een opbouw in aspecten.

De efficiëntie en veiligheid worden in het systeem getest en beoordeeld aan de klanteisen en -wensen. Dit gebeurt in een later stadium van dit onderzoek, zie 8.5.1 *Lijst met eisen* & 8.5.5 *Systeem testplan*.

2.2. Belang ergonomie binnen productieprocessen

2.2.1. Wat is ergonomie

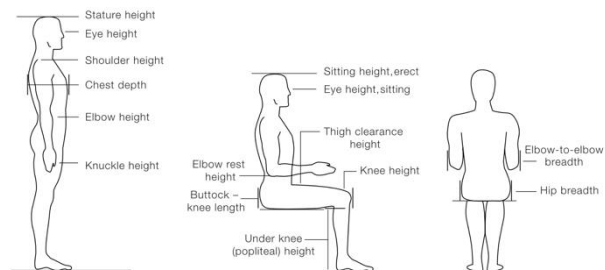
Ergonomie wordt onderverdeeld in drie verschillende aspecten, sensorische, cognitieve en fysieke ergonomie [5][6][7]. Volgens J.R. Wilson [6] is er geen correcte definitie van ergonomie, elk vakgebied of discipline benoemd een andere definitie. Desalniettemin wordt ergonomie gezien als een wetenschap en technologie, dit betekent dat ergonomie onderzocht en ontworpen kan worden. Mensen kunnen worden geanalyseerd door middel van de antropometrische leer [6]–[9]. Dit is de leer van het wiskundig en natuurkundig begrijpen van de mens. Dit betekent dat de mens uitgerekend kan worden. Dit heeft in de historie vele voordelen opgeleverd. Veel fysieke klachten kwamen door werk dat niet correct werd uitgevoerd. Door het toepassen van ergonomie (de antropometrische leer) konden processen en gereedschappen beter ontworpen worden voor de veiligheid en gezondheid van de mens en de snelheid van een processen [8]–[10].

2.2.2. Antropometrie

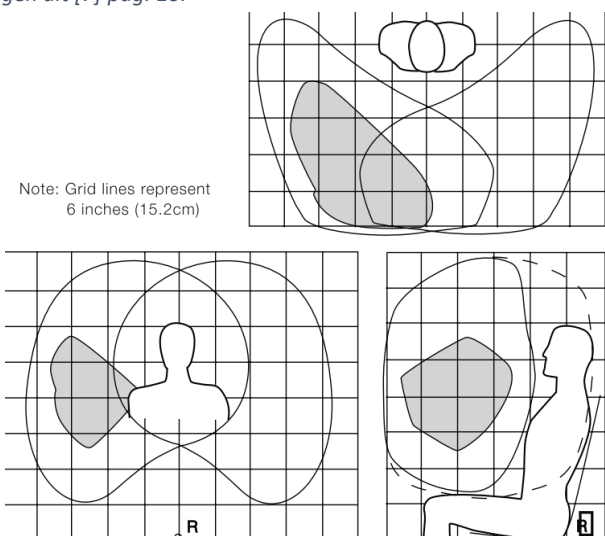
Antropometrie is volgens McPhee in [7] niets anders dan de dimensies van het menselijk lichaam die geanalyseerd en berekend kunnen worden voor elk mens. Vanuit een antropometrisch oogpunt kunnen ontwerpen gemaakt worden welke opmaat zijn voor elk mens als individu of als groepen mensen waarin een gemiddelde van dimensies uit de groep worden toegepast. Door op de juiste methode een analyse en berekening te maken van de mens, kunnen producten of processen meer ergonomisch ontworpen worden. Dit zorgt ervoor dat mensen producten als fijner, meer intuïtief, veiliger of gezonder ervaren of dat mensen efficiënter en veiliger werken [5]–[10].

In de antropometrie zijn vele figuren in omloop over houdingen en bewegingen, *Figuur 5 & Figuur 6* zijn er daar twee van getoond. Wanneer er een werkplek ontworpen moet worden, zijn dit standaarden die de antropometrische leer aanreiken. Dit zorgt voor een bepaalde houding wanneer er gewerkt wordt, wat leidt tot een gezondere fysieke gesteldheid van de mens.

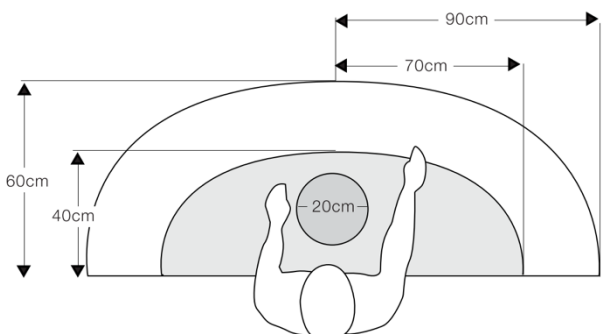
Figuur 5 toont de statische houdingen van de mens, uitgezonderd van mensen met een fysieke handicap, aan. De verhoudingen in de maten die aangetoond worden zijn persoonsafhankelijk. Opmerkelijk is dat elk lichaam zijn eigen ideale vorm heeft die af te leiden is uit *Figuur 5*. *Figuur 6* toont drie dimensionaal aan wat het bereik is van de armen. Hierbij geeft het grijze vlak de ideale positie voor handelingen met de handen aan [7][8].



Figuur 5: Ideale statische houdingen voor een mens. Verkregen uit [7] pag. 10.



Figuur 6: Dynamisch drie dimensionaal bereik van de armen van de mens. Verkregen uit [7] pag. 10.



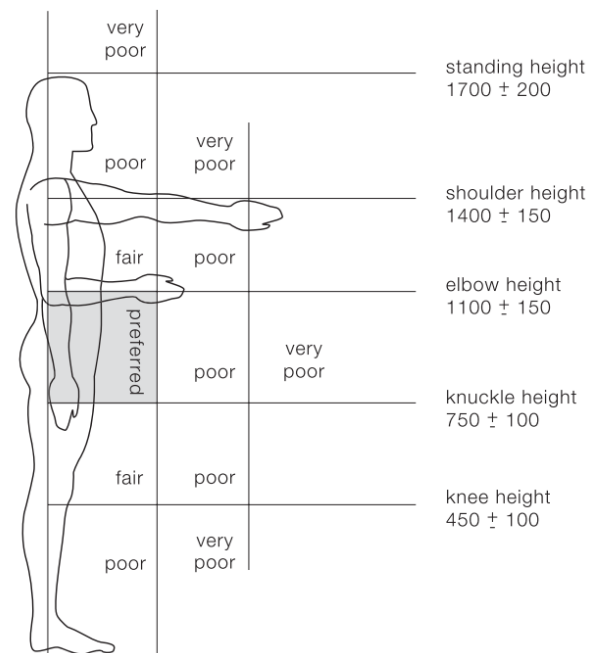
Figuur 7: Horizontaal werkgebied. Verkregen van [7], pag. 56.

Figuur 8 geeft een combinatie aan van voorgaande figuren. Hierin wordt visueel aangegeven wat de ideale houding is voor het tillen van objecten. McPhee heeft een onderverdeling gemaakt van het postuur en toont aan welke houding het meest gewenst is. Het grijze vlak is weer het ideale punt. Er kan geobserveerd worden dat hierbij de arm gestrekt is, wat mogelijke last op de elleboog verminderd tot verwijderd. Wanneer een mens een object met een gestrekt arm vervoert, zal dit de minst belastende houding zijn.

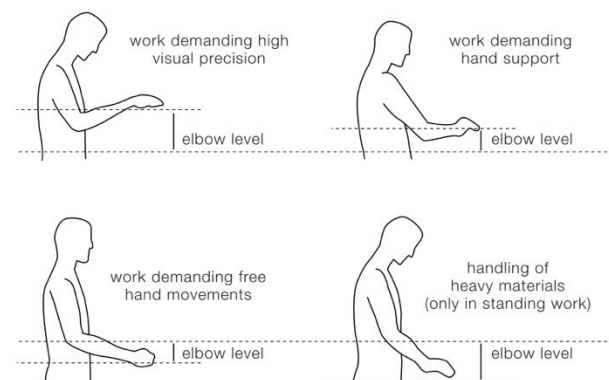
Naast de algemene afmetingen van het lichaam van een individu uit *Figuur 5* en de ideale positie van de armen en handen voor handelingen uit *Figuur 6* is er in *Figuur 7* een schematisch model weergegeven voor de ideale positionering van handeling aan een tafel. McPhee beschrijft dat repetitieve handelingen in het grijze vlak uitgevoerd moeten worden. Het witte vlak dat zich voor het grijze vlak bevindt, heeft een te grote afstand van de persoon om met gemak repetitieve handelingen uit te voeren. Dit wordt bevestigd door het Ministerie van SZW in [11], pag. 130. Het witte vlak wordt gebruikt om goederen neer te zetten die met lagere frequentie benodigd zijn.

McPhee toont verschillende houdingen die gewenst zijn voor het uitvoeren van handwerk, zie *Figuur 9 & Figuur 10*. *Figuur 9* toont houdingen aan welke gewenst zijn bij verschillend soort werk, *Figuur 10* gaat hier nog dieper op in door middel van rotatie toe te passen van het werkoppervlak. De figuren staan in relatie met *Figuur 7*.

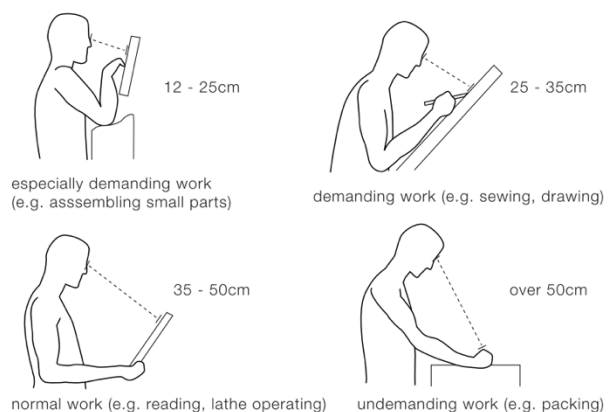
Het grijze vlak uit het figuur kan in een hoek geplaatst worden om ergonomisch werken te bevorderen. Door het instellen van het werkvlak in een hoek ontstaan er minder fysieke problemen in zowel de rug als nek. Hierdoor kan het werk als minder zwaar worden ervaren. Naast het verbeteren van de fysieke omstandigheden ontstaat er mogelijke verhoogde efficiëntie in de werkzaamheden. [8]. Ergonomie, vooral antropometrie, is een discipline die toegepast kan worden bij het ontwerpen van nieuwe werkplekken. Door het ergonomisch ontwerpen van een werkplek wordt de fysieke gezondheid van werknemers verhoogd en is er kans op een verhoogde efficiëntie van het proces.



Figuur 8: Combinatie Figuur 6 & Figuur 7 ideale positie voor tillen. Verkregen uit [7], pag. 39.



Figuur 9: Werkhoogte. Verkregen van [7], pag. 57.

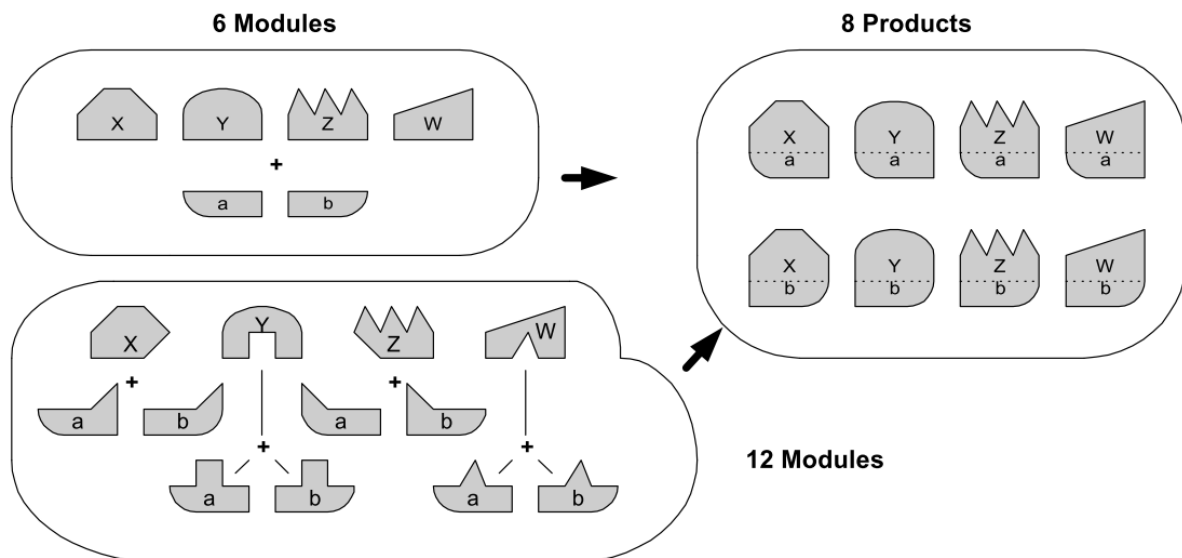


Figuur 10: Kijkhoeken. Verkregen van [7], pag. 57.

2.3. Modulair ontwerpen van systemen

2.3.1. Wat is modulariteit

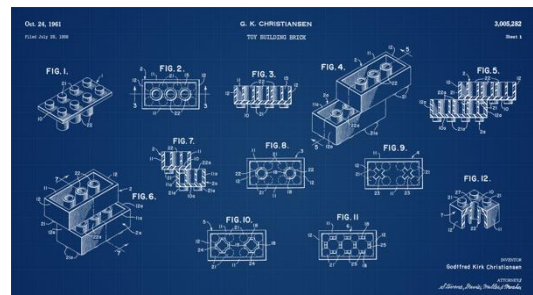
De termen modulair of modulariteit worden in veel vakgebieden toegepast en verschillend beschreven. Een algemene definitie kan zijn; een module of unit binnen een systeem wat, volgens een gestandaardiseerde norm is ontworpen, onderling uitwisselbaar is met andere modules of units binnen systemen die ook volgens deze norm zijn ontworpen [12]. Deze modules of units worden ook families genoemd [13]. In veel systemen wordt er een dergelijke basis gebruikt die ook gebruikt kan worden voor systemen die een andere functie moeten volbrengen [14]. *Figuur 11* toont dit visueel aan, er worden drie verschillende systemen samengesteld door middel van modulaire units.



Figuur 11: Modulair ontwerp voor drie verschillende machine systemen. Verkregen van [15], pag. 14.

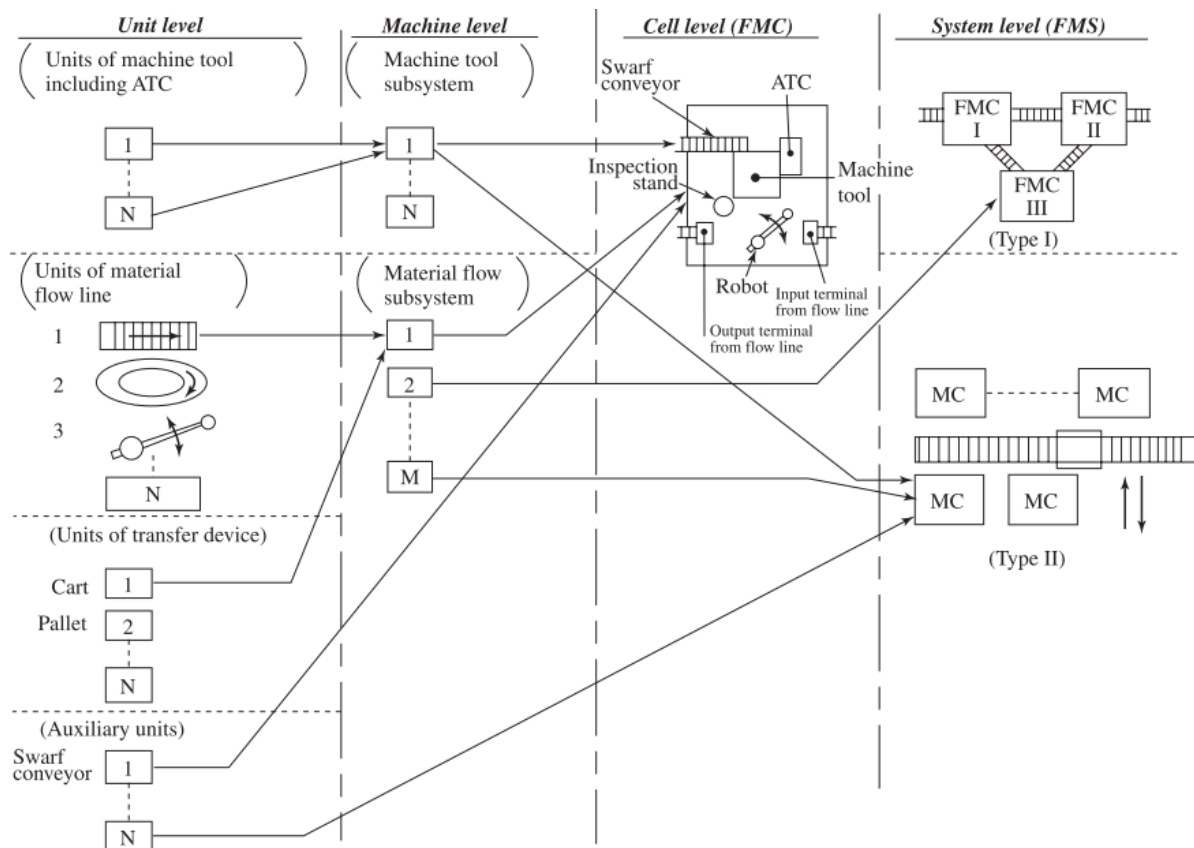
2.3.2. Voorbeeld van een modulaire unit tot systeem

Zoals in *Figuur 11* is aangegeven bestaat een systeem uit modules. Deze modules moeten op elkaar passen. Er is een methode van verbinden benodigd zodat een unit op een andere unit past. Hierbij kan lego als voorbeeld worden gebruikt, zie *Figuur 12*. Legostenen zijn een van de beste voorbeelden van een modulaire unit. Verschillende vormen met uiteenlopende maten kunnen allemaal met elkaar verbonden worden omdat er een gestandaardiseerde methode voor verbinden wordt gebruikt [15].



Figuur 12: Blueprint basis lego steen. Verkregen van http://npopson.com/images/legowallpaper/LEGO_WP_1920x1080_BP.png

Binnen modulariteit wordt er niet alleen op module of unit level onderscheid gemaakt, er worden ook modulaire productielijnen ontworpen. Op dezelfde manier als legostenen of units worden gebruikt om een huis of fontein te bouwen kunnen gehele machines modulair ingezet worden met andere machines om een modulaire productielijn te vormen. In dit geval vertegenwoordigd één lego steen de machine, in plaats van een gedeelte van de machine zoals in *Figuur 11* [15]–[19]. Op deze manier kan er altijd een verandering in het proces worden toegepast als de productie wijzigt. In de praktijk binnen Orionis zou dit betekenen dat er andere potten of zakjes, gevuld moeten worden. Dit zorgt ervoor dat er een bepaalde hoogte van efficiëntie wordt behouden binnen een productieproces. In het boek *Modular Design for Machine Tools* omschrijft Yohimi Ito dit als het omzetten van units naar flexible manufacturing system [19].



Figuur 13: Van modulair unit level tot modulair systeem level. Verkregen van [19], pag 15.

2.3.3. Voor- en nadelen van modulariteit

Zoals Hu Kexin beschrijft in Advantages and disadvantages of modularity (pag. 85 in [20]) zijn er veel voordelen aan een modulair ontwerp van een product of systeem, 1. Een bedrijf kan het aantal benodigde onderdelen voor een ontwerp reduceren, 2. Modulaire producten of systemen zorgen ervoor dat elke wens van de gebruiker ingevuld kan worden, 3. Vaak kunnen enkele modules leiden tot een groot aantal diverse systemen (bv. Zes modules die 288 systemen kunnen vormen) en 4. Wanneer er een error of bug in een module zit kan deze eenvoudig worden verwijderd en worden vervangen door een andere. Het lijkt erop dat een modulair systeem alleen maar voordelen heeft, Hu Kexin beschrijft dan ook het grootste nadeel. Modulaire systemen zijn vele malen moeilijker te ontwerpen dan onderling verbonden systemen. Er wordt hierover niet in detail getreden, toch even kort, het kan voorkomen na het ontwerpen van enkele modules de volgende niet binnen het systeem past. De oplossing is dan om ervoor te zorgen dat de vorige modules aangepast worden op de nieuwe module zodat die functie toch in het systeem opgenomen kan worden. Met het eerdergenoemde voorbeeld van lego, zou dit betekenen dat een nieuw soort steen ervoor zorgt dat alle stenen veranderd moeten worden, of dat er een soort adapter steen bedacht moet worden. Dit bezorgt een ontwerper veel meer ontwerptijd vergeleken met een onderling verbonden systeem. Om dergelijk werk te voorkomen moet een ontwerper rekening houden met het aantal modules die gebruikt of ontworpen worden. Het systeem modulair of niet modulair ontwerpen is daarom een belangrijke keuze.

2.4. Optimalisatie logistieke- & productieprocessen

2.4.1. Wat is Lean?

Kort na de Tweede Wereldoorlog ondervond Toyota een tekort in kapitaal en middelen. Om dienst te blijven uitmaken binnen de auto-branche instrueerde Eiji Toyota zijn werknemers om verliezen uit het productieproces te verdrijven [21]. Russell en Taylor beschrijven dit als volgt; *Waste was defined as “anything other than the minimum amount of equipment, materials, parts, space, and time which are absolutely essential to add value to the product.”* in [22], pag. 722. Er zijn zeven typen verliezen in een proces, zie *Figuur 14*. Naast de zeven verliezen is er nog een achtste, het niet optimaal benutten van skills die werknemers hebben [23][24].

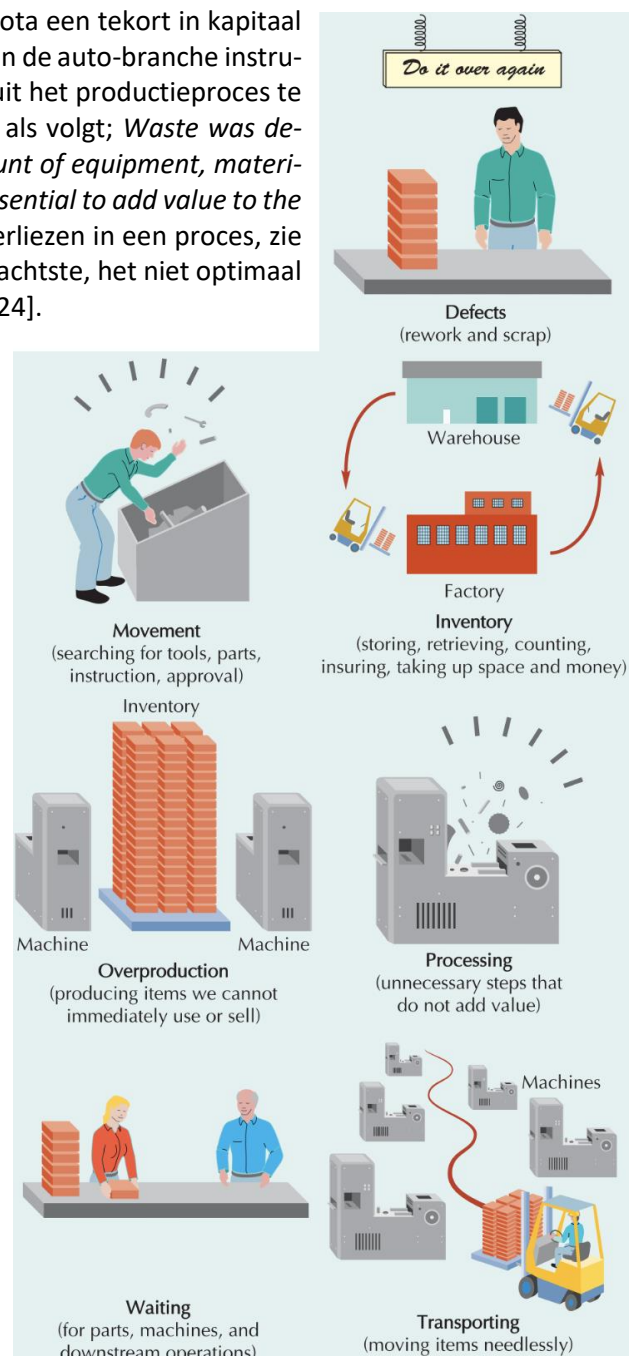
2.4.2. De 7 verliezen van Lean

De acht verschillende verliezen is door Amerika, vanuit Japan, verder ontwikkeld naar een filosofie. De Lean filosofie, is tegenwoordig een discipline die wordt uitgevoerd door managers en werknemers om processen te verbeteren [21][22]. Wanneer de verliezen worden opgelost binnen processen worden deze direct efficiënter. Een vergelijkbare analyse is voor Orionis uitgevoerd, die staat weergegeven in de bijlage 8.1 *Observatierapport*. Op het moment van observeren werd er niet volledig rekening gehouden met de Lean filosofie, maar konden er wel veel verliezen worden opgemerkt. Vooral in het transporteren van producten, het uitvoeren van werkzaamheden, het oplossen van defecten of het doen van rework en werknemers die op elkaar wachten.

Binnen de opdracht die is ontvangen door Orionis moet er onderscheid gemaakt worden tussen de verliezen. Een terugblik naar de *Doelstelling* toont aan dat er een slimme tafel ontworpen moet worden. Niet elk verlies wordt opgelost door de slimme tafel. Op de volgende verliezen wordt de focus gelegd, *“Defects, Movement, Processing, Waiting, Transporting”*. Het verlies *“Overproduction”* komt niet voor bij Orionis. Daarnaast valt het verlies *“Inventory”* niet binnen de scope van dit project.

2.4.3. Verliezen binnen afdelingen Verpakken

In *Tabel 3*, op de volgende pagina, is er een vergelijking gemaakt met enkele verliezen die zijn opgenomen onder de observatie en de verliezen beschreven volgens de Lean filosofie. Op het moment dat de slimme tafel ontworpen moet worden, wordt er rekening gehouden met de verschillende verliezen. Dit zorgt ervoor dat het volledige proces verbeterd wordt. Niet elk verlies kan direct door een slimme tafel opgelost worden, maar door een bepaalde indeling kan een verlies als transport eventueel verminderd worden.



Figuur 14: De zeven verliezen. Verkregen van [22], pag. 722.

Tabel 3: Vergelijking, Lean verliezen met observaties uit het Observatierapport.

Wastes (verliezen)	Geobserveerd
Defects (defecten/derving)	Halffabricaat heeft productiefout
Movement (beweging)	Werknemers lopen vaak zelf om producten
Processing (verwerken)	Werknemers werken te precies
Waiting (wachten)	Oplossen van productiefout
Transporting (vervoeren)	Producten worden niet geordend vervoerd

Mogelijke oplossingen voor enkele verliezen is het aanpassen van de productiehal. Het anders indelen of modulair maken van de productie hulpmiddelen. Zo kan er van een niet-flexibele productielijn een flexibele productielijn ontworpen worden. Dit is beschreven in 2.3 *Modulair ontwerpen van systemen* dit wordt bevestigd door J.D. Ruts in [25]. Ruts zijn bevindingen in het verbeteren van de productie van Maxi-Cosi kinderstoelen is dat het balanceren en flexibel instellen van een afdeling leidt tot een verbetering van 5% tot 34%. Vergeleken met Lean, worden de verliezen, “*Movement, Processing, Waiting en Transporting*” hiermee aangepakt.

Door het ontwikkelen van een modulair inzetbare slimme tafel kan er gestreefd worden naar dergelijke resultaten. Doordat de tafel modulair inzetbaar zal zijn, met andere productiehulpmiddelen binnen de afdelingen, kan er binnen Orionis een dergelijke balancering en flexibilisering plaatsvinden.

2.5. Ontwerpen voor het menselijk aspect: arbeidshandicap

Zoals beschreven in de *Uiteenzetting huidige proces* hebben de werknemers van Orionis een arbeidshandicap. Volgens Michel Dingemanse, Business Controller binnen Orionis, hebben de werknemers een WSW-indicatie, zie bijlage 8.2 *Interview Business Controller*. Mensen met een dergelijke indicatie hebben een dusdanige arbeidshandicap dat ze niet mee kunnen doen binnen de normale arbeidsmarkt [26]. Vanuit de bijlagen *Observatierapport & Interview Business Controller* kan er een onderverdeling gemaakt worden welke arbeidshandicaps er vaak voorkomen. Deze zijn hieronder beschreven.

- Psychische of verstandelijke beperking of handicap;
- Autistisch spectrum (beperking in sociale interactie, communicatie, voorstellingsvermogen, niet bestand tegen verandering, minder flexibel, opvallend beperkte interesses en overgevoeligheid voor zintuiglijke prikkels);
- Fysieke beperking of handicap (amputatie of mismaaktheid, reuma of artritis, fibromyalgie, verminderde handvaardigheid, spierdystrofie, RSI, spasmen of quadriplegie of tetraplegie);
- Zintuiglijke beperkingen (blind, slechtziend, tunnelvisie, slechthorend, verlamd, doof, stom);
- Cognitieve beperking (laaggeletterdheid, slecht kort termijn geheugen)

De hierboven beschreven handicaps zijn uiteenlopend. Niet elke handicap komt even vaak voor. Veel van de werknemers zijn te precies, begrijpen niet goed wat ze moeten doen of worden geprikkeld door een andere manier van produceren per product. Daarnaast is een deel van de werknemers slechtziend. De nadruk wordt gelegd op het verminderen van perfectie en het ondersteunen van slechtziende.

Uit het interview met Michel komen enkele heel belangrijke menselijke aspecten naar boven welke bij het ontwerpen van een slimme tafel een grote rol spelen. Deze aspecten zijn zowel hieronder weergegeven als in de bijlage 8.2 *Interview Business Controller*.

- Let op dat sociale contacten mogelijk is tussen werknemers, beperk dit wel anders gaat de productie snel naar beneden, een school opstelling werk nu goed, als de werknemers naast elkaar zitten is de productiesnelheid hoger dan wanneer mensen tegenover elkaar zitten;
- Zorg voor een constante stroom van producten die geproduceerd moeten worden, hierdoor worden werknemers, psychologisch gezien, getriggerd om bezig te blijven. Let op dat deze flow niet te veel wordt anders worden de werknemers overprikkeld en gebeurt er niets meer;
- Zorg voor voorbeelden of instructies hoe werkzaamheden uitgevoerd moeten worden, dit als ondersteuning voor mensen die een minder goed cognitief geheugen hebben;
- Een mal, foto met werkinstructie, een beamer met werkinstructie of andere productie-ondersteunende tools verhogen de productiesnelheid. Naast tools kan het versimpelen van het productieproces, aan de slimme tafel, er ook voor zorgen dat werknemers minder precies hoeven te werken;
- Maak het prototype zo simpel en vanzelfsprekend mogelijk, dit zorgt voor toegankelijkheid voor medewerkers die werkzaamheden voltooien aan de slimme tafel. Een modulair aspect kan fijn zijn, zodat ze zelf onderdelen kunnen indelen, of laten indelen;
- Zorg ervoor dat er geen medewerkers worden afgedankt door de slimme tafel, de slimme tafel is alleen maar een extra hulp voor de werknemers die een aanvulling is die werkzaamheden makkelijker, efficiënter of leuker maakt voor werknemers.

Deze aspecten kunnen gecombineerd worden met de vorige paragrafen uit het theoretisch kader om te komen tot een ontwerp. Tools kunnen modulair inzetbaar zijn op de slimme tafel, productie kan versimpeld worden door kleurcodering te gebruiken voor mensen die slechtziend zijn of er kan een beamer boven de tafel hangen die een werkinstructie projecteert op de tafel.

3. Methode

3.1. Uiteenzetting modellen

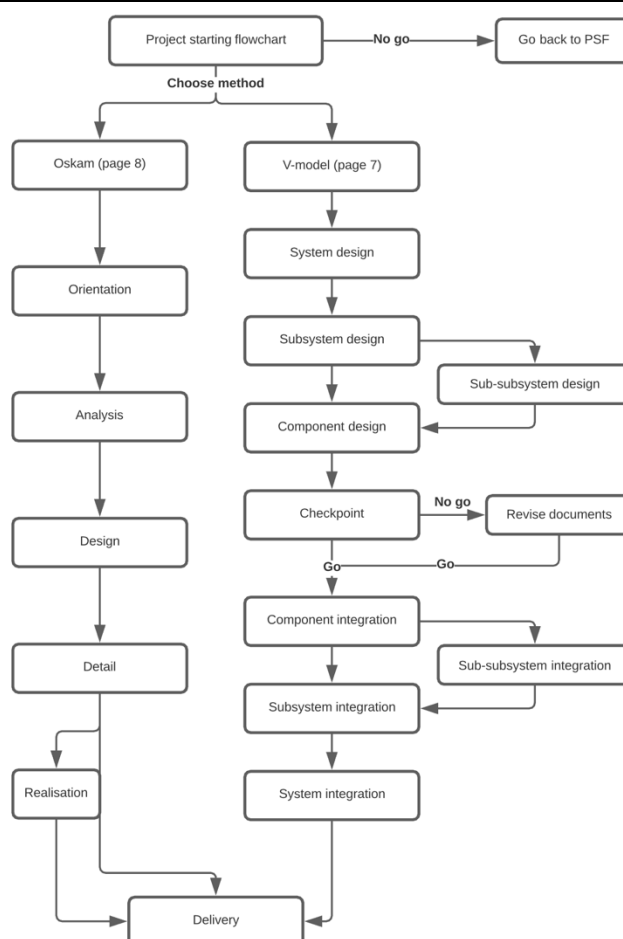
Voordat er een ontwerpmethodiek gekozen kan worden moeten er enkele methoden uiteengezet worden. Zowel het V-model [27] als Oskam [28] zijn methodieken waar in het verleden mee gewerkt is. Hieronder is een stuk vertaald vanuit de bijlage 8.3 *V-model vs Oskam*, deze vertaling geeft een vergelijking tussen de twee methodieken weer.

Verschillende die belangrijk zijn wanneer er gekozen wordt tussen de twee methoden:

Tabel 4: Verschillen tussen Oskam en V-model

Aspecten	Oskam	V-model
Focus op ergonomie	Ja	Nee
Systeem testen	Einde project	Tussen fasen door
Focus technische aspecten	Minder	Meer
Focus ligt op	Productontwerp	Systeemontwerp
Persoonlijke input	Veel ruimte	Geen ruimte
Technische specificaties	Minder ruimte	Veel ruimte
Innovatie	Van 0 naar 1	Van 1 naar 100

Naast deze punten is Oskam een meer creatieve ontwerpmethodiek vergeleken met het V-model. Oskam gebruikt zo een morfologisch overzicht, creatieve-, brainstormsessies en spuuqmodellen [28] terwijl het V-model strak een bepaalde methode van ontwerpen volgt. In *Figuur 15* is een schematische weergave getoond hoe een project doorlopen kan worden met zowel het V-model als Oskam. Beide methoden zijn lineair, dit betekent dat het veranderen van het project lastig is als de ontwerptrein al vertrokken is [29]. Er moet een nieuwe tafel ontworpen worden met technische aspecten die werknemers ondersteund. Het V-model is goed te gebruiken voor het ontwerpen van een systeem, Oskam is goed te gebruiken wanneer er naar ergonomie en menselijk aspect gekeken moet worden. Daarom zijn beide methodieken geschikt voor het oplossen van een dergelijk probleem. In de bijlage 8.3 *V-model vs Oskam* staat meer in diepte beschreven hoe de twee methoden in elkaar steken, zie *Figuur 35 & Figuur 36*.



Figuur 15: Schematische weergaven doorlopen V-model en Oskam. Zie bijlage V-model vs Oskam

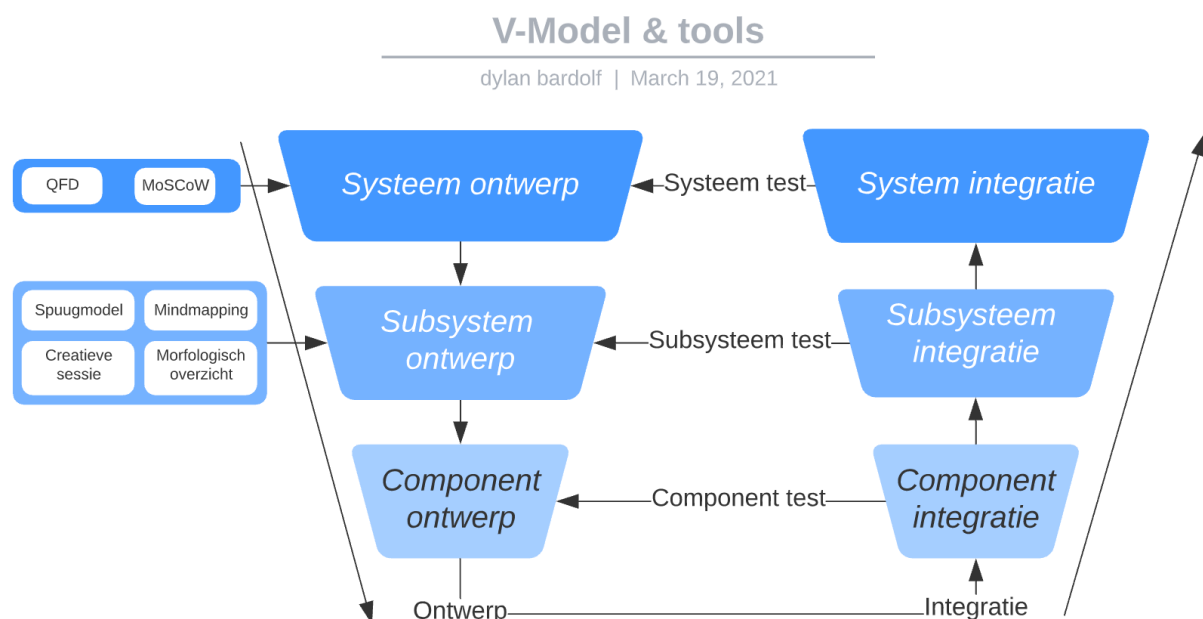
3.2. Gekozen methoden

3.2.1. Onderzoek

Voordat er een ontwerp kan worden moet er een stuk literatuuronderzoek gedaan worden. Het schrijven van het theoretisch kader. Onderdelen die uitgevoerd worden voor het schrijven van het theoretisch kader zijn, literatuuronderzoek doen, een week lang de afdelingen observeren en een observatierapport schrijven en het houden van een of meerdere interviews. Voor het literatuuronderzoek wordt er eerst een zoekplan geschreven welke in de bijlage, *8.4 Zoekplan en bronnenevaluatie*, staat beschreven. Naast het opstellen van het zoekplan is het ook van belang dat de bronnen die binnen het theoretisch kader gebruikt zijn, beoordeeld worden. Deze beoordeling wordt uitgevoerd d.m.v. de CARS-checklist. Deze is in dezelfde bijlage toegevoegd.

3.2.2. Ontwerpen

De gekozen methode is weergegeven in *Figuur 16*. De methode bedraagt het V-model met verschillende ontwerptools die zijn afgeleid uit Oskam [28] en Integraal ontwerpen [3]. De opdracht die is uitgezet door Orionis is niet direct een systeemontwerp opdracht. Een ontwerp waarin rekening wordt gehouden met menselijke en ergonomische aspecten ontstaan vooral uit creativiteit. Daarom worden er verschillende tools gebruikt binnen de fasen van het V-model om stapsgewijs tot een totaaloplossing te komen. De beweegreden om verschillende methoden en tools te gebruiken komt voort uit de denkwijze die engineers wordt aangeleerd. Engineers zijn vaak genooddaakt om verschillende technieken te combineren om te komen tot een eindontwerp, daarom is dit ook met de methode gedaan. Binnen de opleiding die is gevolgd is er nooit eerder op een desbetreffende wijze gekozen om te ontwerpen, dit is dus een stap buiten de comfortzone en verkenning van nieuw gebied.



Figuur 16: Gekozen methode, V-model gecombineerd met ontwerptools.

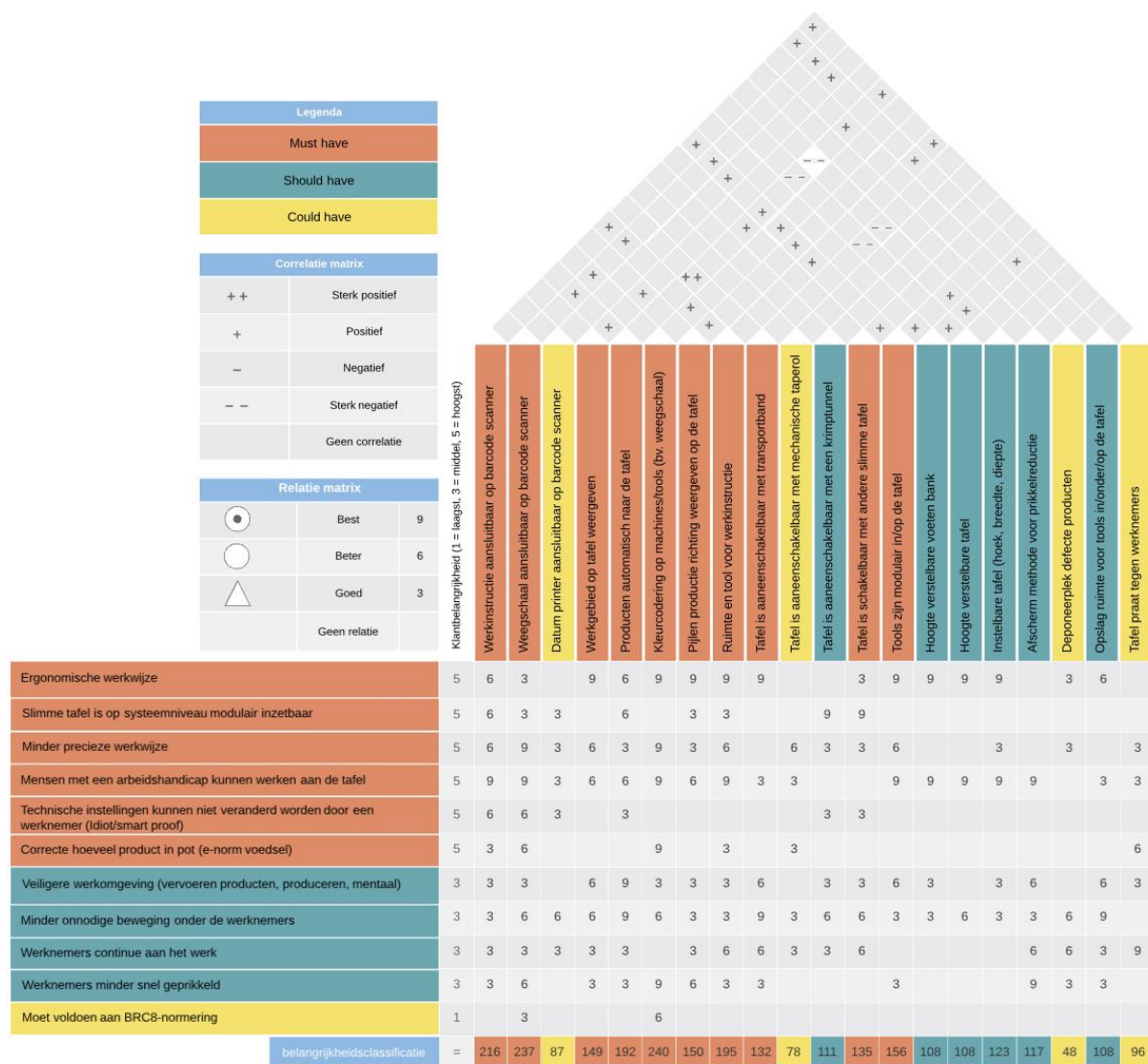
4. Resultaten

4.1. Het ontwerp slimme tafel

Voordat de slimme tafel gerealiseerd en gevalideerd kan worden moet er een ontwerp gemaakt worden. Deze paragraaf gaat in op het ontwerpen van de slimme tafel. Het volledige ontwerpproces staat in de bijlage, 8.5 *Ontwerpen volgens V-model*, beschreven. Na het ontwerpen van de slimme tafel wordt de realisatie van de slimme tafel beschreven, waarna de validatie plaats vindt.

4.1.1. Klanteisen en wensen

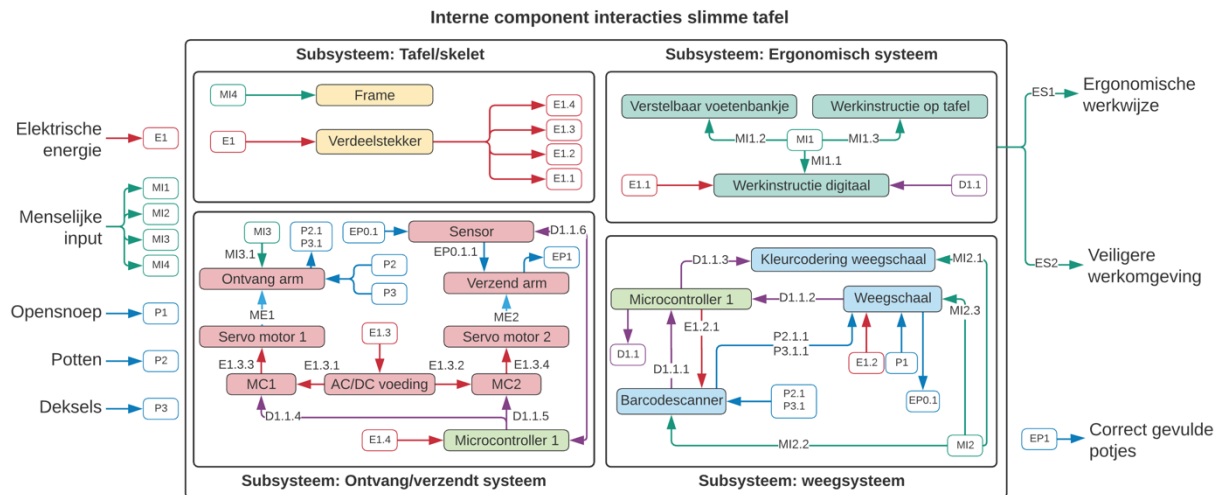
In *Figuur 17* is de QFD weergegeven welke als eerste is opgesteld. Door het spreken van werknemers, teamleiders en managers is er voldoende informatie beschikbaar om deze in te vullen. Aan de meest linkse kolom kant zijn de klanteisen en -wensen weergegeven, in de gekleurde rij staan de technische eisen en wensen. De klanteisen en -wensen zijn opgesteld door een MoSCoW-tabel. Daarna zijn de technische eisen en wensen voor het systeem slimme tafel opgesteld. Door de belangrijkheidsclassificatie zijn er aan de technische eisen en wensen een bepaalde graad van belangrijkheid gekoppeld. De eisen met een score boven de 130 moeten in het systeem terugkomen, een score tussen 100 en 130 wordt beschouwd als een eis die de tafel zou moeten hebben, een score onder de 100 is een wens, in 8.5.1 *Lijst met eisen* wordt de achterliggende gedachte van de QFD en de MoSCoW-tabellen verder toegelicht.



Figuur 17: Quality for Development (QFD) voor de klanteisen in relatie tot technische eisen.

4.1.2. Componenten en subsystemen ontwerpen

Na de voltooiing van de ontwerpfasen die binnen het V-model uitgevoerd moeten worden (bijlagen 8.5.1 - 8.5.10) is er een overzicht gemaakt. Dit overzicht bevat alle componenten en subsystemen die binnen het systeem slimme tafel behoren, zie *Figuur 18*. Het ontworpen systeem is een weegtafel met functies die werknemers van Orionis ondersteunen in de dagelijkse werkzaamheden. Voor een gedetailleerde beschrijving van de subsystemen zie 8.5.6 *Subsysteme verdeling*, voor een gedetailleerde beschrijving van de componenten zie 8.5.6 *Componenten verdeling*.



Figuur 18: Component verdeling binnen het slimme tafel systeem respectievelijk met de interne interacties.

De subsysteme en component verdeling hebben een directe correlatie met het *Theoretisch kader*. De inleiding van het *Theoretisch kader* geeft aan dat er eerst het specifieke probleem omgezet moet worden in een abstract probleem. Dit is de formule die is opgesteld: $\text{Efficiëntie en veiligheid} = \text{Ergonomie}^3 + \text{Modulair} + \text{Logistiek \& Productie} + \text{Menselijk}^2$. Deze formule wordt abstract opgelost door het opstellen van de subsysteme en component verdeling. Elk van deze subsystemen wordt onderbouwd door de theorie uit het *Theoretisch kader*. Deze correlaties staan hieronder weergegeven.

- De tafel staat in relatie met de paragraaf *Modulair ontwerpen van systemen* en lost het aspect modulariteit op uit de formule;
- Het ergonomisch systeem staat in relatie met de paragraaf *Belang ergonomie binnen productieprocessen* en lost het aspect ergonomie op uit de formule;
- Het ontvang-/verzendsysteem staat in relatie met de paragraaf *Optimalisatie logistieke- & productieprocessen* en lost het aspect logistiek & productie op uit de formule;
- Het weegsysteem staat in relatie met de paragraaf *Ontwerpen voor het menselijk aspect: arbeidshandicap* en lost het aspect menselijk op uit de formule;

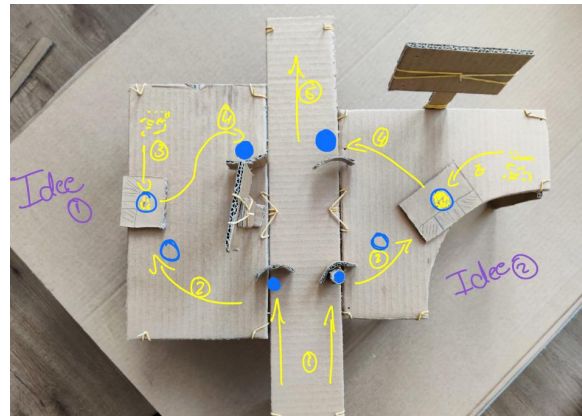
De formule is dus het abstracte probleem, dat abstracte probleem is opgelost met een abstracte oplossing, de subsysteme en component verdeling. In de volgende paragrafen, *3D-ontwerpen*, *Het nieuwe productieproces voor de werknemer*, *Realisatie van de slimme tafel*, *Validatie van de slimme tafel*, word de specifieke oplossing gevormd om zo de formule specifiek op te lossen. Door het specifiek oplossen van de formule worden de hoofdvraag en deelvragen beantwoord/opgelost.

4.1.3. 3D-ontwerpen

Na het opstellen van de componenten respectievelijk met hun interacties is er een start gemaakt met het ontwerpen van een prototype. Het prototype is in *Figuur 19* weergegeven, zie 8.5.9 *Ontwerp tools voor componenten keuze* voor een gedetailleerde uitleg. Het eerste prototype is gemaakt in de vorm van een spuugmodel. Dit spuugmodel werd besproken in de tussentijdse presentatie met managers en teamleiders binnen Orionis. De reden hiervoor is het vormen van een dialoog en het creëren van draagvlak over het ontwerp wat er lag. De managers en teamleiders gingen ook daadwerkelijk in dialoog over het ontwerp wat er lag. Daaruit kwam een positieve blik op dit ontwerp. Dit ontwerp is op een later moment verder uitgewerkt.

De keuze is gemaakt om idee 1 verder uit te werken. De redenen hiervoor zijn dat, 1. dit idee brengt minder verandering binnen de afdelingen verpakken brengt, omdat de vorm bijna identiek is aan bestaande tafels, 2. Het interne systeem hetzelfde is als idee 2, in de toekomst kan er dus makkelijk gewisseld worden van tafel, daarom idee 1 verder uitgewerkt en 3. Wanneer de mogelijkheid zich voordoet om in de toekomst in een trein van 2 of meer personen te werken de rechthoekige tafel beter past binnen dat ontwerp.

Concept 1 is verder uitgewerkt in een 3D-Cad model, zie *Figuur 20* & *Figuur 21*, zie 8.5.15 *Assemblage plan* voor het volledige ontwerp. In *Figuur 20* is het CAD-model weergegeven zoals een werknemer de tafel zal zien. De weegschaal staat hier op gelijke hoogte met het bovenste tafelblad. Dit kan anders ingesteld worden door het onderste blad naar beneden te halen, wanneer er bijvoorbeeld een andere weegschaal wordt gebruikt. Het andere verschil met een standaard tafel is dat deze slimme tafel een display en ontvang- & verzendarmen heeft. Dit zorgt ervoor dat de tafel makkelijk te verrijden is, en dat producten automatisch op en van de tafel geplaatst kunnen worden. De tafel is zo ontworpen op de antropometrische afmetingen van de gemiddelde mens. Dit betekent dat het ergonomische werkveld op deze tafel goed toepasbaar is. Werknemers kunnen dus zonder rare bewegingen te maken makkelijk bij elke product op elke willekeurige plek op de tafel, zie 8.5.15 *Assemblage plan* voor de volledige afmetingen van de slimme tafel.



Figuur 19: Spuugmodel twee concepten.



Figuur 20: 3D-Cad model van de slimme tafel.



Figuur 21: 3D-Cad model van de slimme tafel (binnenkant).

4.1.4. Het nieuwe productieproces voor de werknemer

In *Figuur 22*, vanuit 8.5.9.3 *Spuugmodellen*, is een stripverhaal getoond. Deze strip werd getoond onder de tussentijdse presentatie. Ook hier waren de managers en teamleiders van gecharmeerd. Deze strip liet zien hoe het nieuwe productieproces er ongeveer uit komt te zien.

Alhoewel het herontwerpen van het productieproces niet binnen de scope van dit project past moet er wel een blik geworpen worden op een stukje productieproces. Daarom is de scope uitgetrokken tot input en output vanaf en terug op een lopende band. De strip toont aan wat het nieuwe productieproces wordt binnen die scope. Onder de strip staan de stappen tekstueel beschreven.



Figuur 22: Een kort stripverhaal welke een visuele uitleg geeft over het werkproces. Dit zal ongeveer zijn wat de werknemer ziet.

Stap 1: Er wordt een potje op de lopende band gezet, deze komt aan bij een ontvangarm.

Stap 2: Werknemer pakt het potje haalt deze langs een barcode scanner.

Stap 3: Werknemer plaatst het potje op de weegschaal en vult deze net zolang totdat het lichtje groen wordt, is deze oranje dan moet er meer in de pot, is deze rood dan moet er minder in de pot.

Stap 4: Werknemer plaatst de pot bij de verzendarm, deze heeft een ingebouwde sensor zo merkt de arm op dat de pot klaar is voor verzending.

Stap 5: De correct gevulde pot open snoep wordt verzonden naar een volgend- of eindstation om zodat daar een volgend proces kan beginnen.

4.2. Realisatie van de slimme tafel

4.2.1. Realisatie tafel

Voor het realiseren van de tafel waren er twee mogelijkheden. Een rechthoekige tafel of een vierkante tafel, met uitgesneden kwartcirkel, zie 8.5.9.2 *Creatieve sessie*. De keuze is gemaakt om een rechthoekige tafel te realiseren. De reden hiervoor zijn, 1. De rechthoekige tafel past op dit moment beter bij het interieur van de afdelingen, alle tafels die gebruikt worden zijn nu ook rechthoekig, dit zorgt ervoor dat deze tafel er makkelijker tussen past, 2. De werknemers zijn snel overprikkeld, daarom is dit de eerste stap, een totaal andere tafel zou te afleidend kunnen zijn, 3. De tafel is gemaakt van RVS-buisprofiel en gegalvaniseerde koppelingen zie *Figuur 23*, dit zorgt voor



Figuur 23: Tafelframe gebouwd van RVS-buisprofiel en gegalvaniseerde koppelingen.

een modulaair ontwerp, moet de tafel anders worden dan zal alleen de tafelplaat veranderen. Daarnaast leek, in communicatie met de klant, dit een beter concept.

Het onderdeel tafelframe lost het aspect modulariteit uit de formule Efficiëntie en veiligheid = Ergonomie³ + **Modulair** + Logistiek & Productie + Menselijk². Doordat deze tafel vier zwenkwielen heeft (in vergelijking tot de huidige tafels) kan deze tafel makkelijk en snel overal naartoe worden gereden. Dit betekent dat de tafel een hogere mate van modulariteit bevat dan de tafel die nu gebruikt worden. Daarnaast zijn tools modulaair inzetbaar op de tafel. De barcode scanner kan op de tafel gezet worden, of ernaast. Het beeldscherm kan in hoogte versteld worden en tot slot staat de weegschaal in de tafel. Dit zorgt ervoor dat werknemers niet elke keer hun armen hoeven op te tillen als zij iets willen wegen, zie 8.5.18 *Logboek systeem test*.

Het frame wordt versterkt door de twee tafelbladen, zowel onder als boven zijn tafelbladen gemonteerd van het materiaal volkern. Deze behouden de gewenste integriteit die de slimme tafel nodig heeft als werknemers aan de tafel moeten werken. In *Figuur 24*, is de gerealiseerde tafel weergegeven vanuit een werknemers perspectief. Hierin zien de tafelbladen te zien die voor meer robuustheid zorgen. De tafel is zo ontworpen dat er meer tafels in de toekomst naast elkaar kunnen staan zodat werknemers in een treintje samen kunnen werken, zie 8.5.16.1 *Logboek Tafel test* voor een verdere uitleg van het systeem tafel.



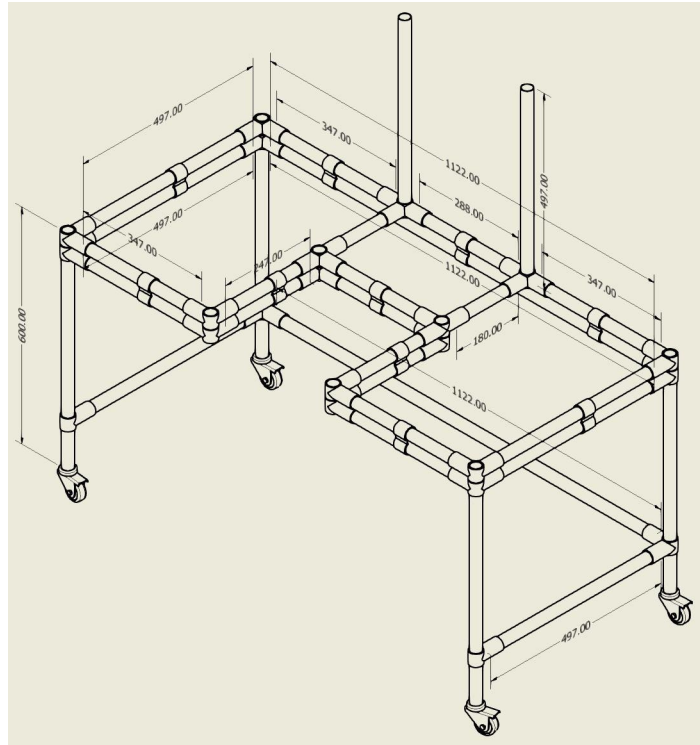
Figuur 24: Slimme tafel vanuit een werknemers perspectief.

In de volgende paragraaf wordt er verder ingegaan op de afmetingen van het ontwerpen.

4.2.2. Realisatie ergonomisch systeem

Het ergonomisch systeem bestaat uit een aantal verschillende onderdelen. 1. De afmetingen van de tafel en de instellingen van tools & 2. De werkinstructie. In paragraaf 4.1.2 is er ook gesproken over een werkinstructie op de tafel en een verstelbaar voetenbankje. De klant vindt dit een onderdeel wat alleen toegevoegd hoeft te worden als er tijd over is aan het einde van dit project. Daarom worden deze onderdelen niet besproken in deze paragraaf.

De afmetingen van de tafel zijn weergegeven in *Figuur 25*. De afmetingen van de tafel zijn bepaald vanuit het theoretische onderzoek over ergonomie, zie 2.2 *Belang ergonomie binnen productieprocessen*. De belangrijkste afmetingen zijn, de hoogte, breedte en diepte van de tafel. Daarnaast is de afmeting voor de buis waaraan de monitor komt ook van belang. Deze afmetingen zorgen ervoor dat een werknemer zijn werk kan doen zonder een vervelend houding aan te moeten nemen. De weegschaal staat in het gebied waarin handeling met een hoge frequentie plaatsvinden. Bij het ontvangen en verzenden van product moet er naar de uiteinden van de tafel gereikt worden. Dit is de diepte van de tafel. Doordat deze ongeveer een armlengte is, kan elke werknemer goed bij de plek waar product ontvangen of verzonden wordt. De hoogte is dan de laatste afmeting die van belang is. Dit is tegelijkertijd ook een van de belangrijkste ergonomische afmeting. De hoogte waarop de tafel is gerealiseerd is een gemiddelde wat vanuit de ergonomie genomen is. Ongeveer 600mm tot 650mm. In de *Validatie van de slimme tafel* komt terug of dit de correcte hoogte is voor werktafels binnen Orionis.

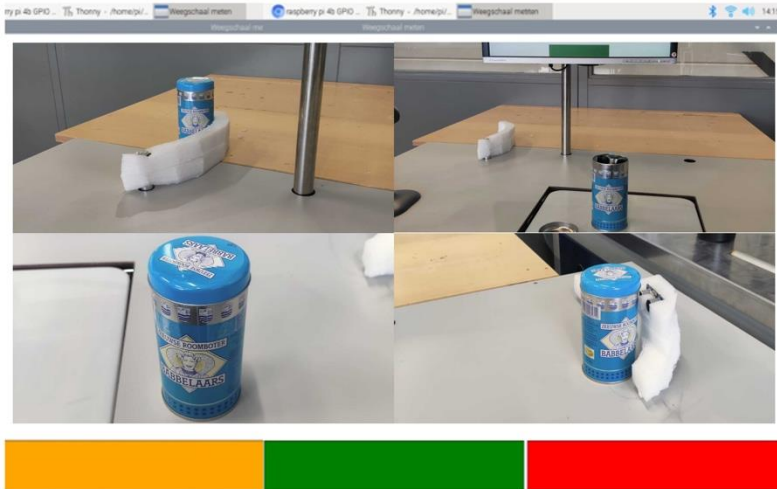


Figuur 25: Afmetingen van de tafel.

Naast de afmetingen die vanuit de ergonomie gebruikt zijn, is er een besluit gemaakt om het werkoppervlak horizontaal (waterpas) te maken. Vanuit de ergonomie kan er aangegeven worden dat voor dergelijke processen een schuinwerkoppervlak makkelijk is. Voor weegprocessen zal dit niet gaan. De weegschaal moet waterpas staan. Daarnaast voegt een schuinwerkoppervlak niets toe wanneer er potjes vervoerd moeten worden.

Het volgende onderdeel binnen het ergonomisch systeem is de werkinstructie. Zoals eerder gezegd is deze te zien op een monitor die bevestigd is aan de het frame. Die monitor is in hoogte verstelbaar voor werknemers. In *Figuur 26* op de volgende pagina is een voorbeeld weergegeven van de werkinstructie met kleurcodering voor werknemers. Voor de reden van het tonen van een voorbeeld zijn alle 3 de kleurcoderingen aangezet. De werkinstructie die een werknemer op het beeld te zien krijgt is vaak alleen van toepassing om een onbewust prikkel te geven. Door die prikkel wordt het cognitieve gedeelte van het brein wakker en weet het weer welke handelingen er uitgevoerd moeten worden. De kleurcodering is zo ingesteld dat het oranje lichtje altijd brand, dit betekent dat er meer product in het potje moet. Het groene lichtje brand alleen wanneer er een correcte hoeveelheid product in het potje zit. Het rode lichtje brand alleen wanneer er te veel product in het potje zit. Het onderdeel ergonomisch systeem lossen de aspecten ergonomie en menselijk op uit de formule Efficiëntie en

veiligheid = **Ergonomie**³ + Modulair + Logistiek & Productie + **Menselijk**². In de volgende paragraaf wordt er dieper ingegaan op de software achter deze kleurcodering en werkinstructie.

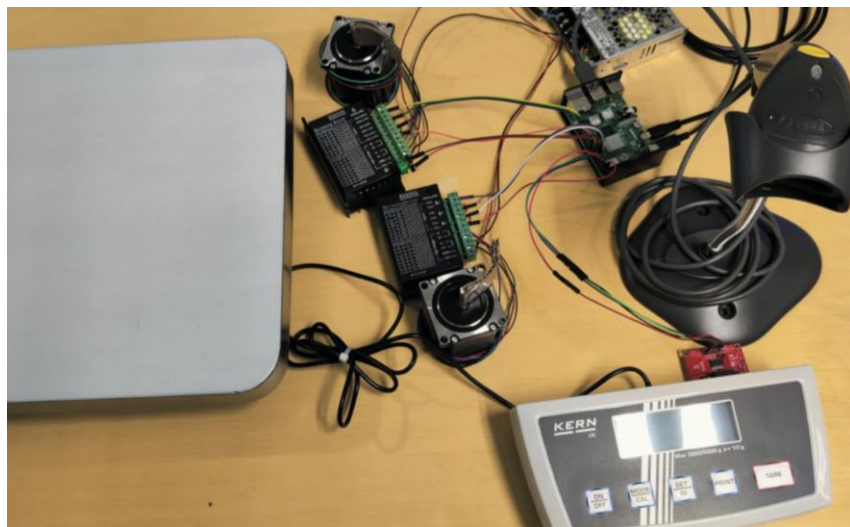


Figuur 26: Werkinstructie met kleurcodering, voor aantonen van de kleurcodering zijn alle 3 de kleuren aanzet.

4.2.3. Realisatie ontvang/verzendt & weegstelsel

Het ontvang-/verzendt- & weegstelsel zijn in relatie tot elkaar hieronder beschreven. Deze twee subsystemen zouden los van elkaar beschreven kunnen worden, maar omdat beide aangestuurd worden door een en dezelfde Raspberry Pi is er gekozen om het stelsel tegelijk te beschrijven.

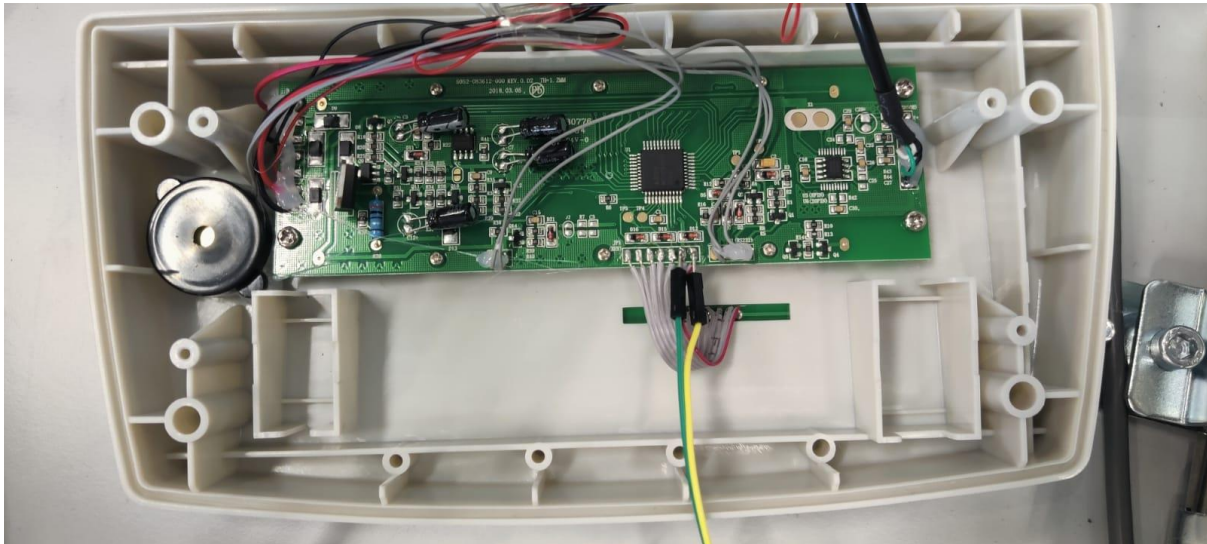
In *Figuur 27* is het gehele mechatronische stelsel weergegeven. Dit stelsel zorgt voor alle communicatie tussen de tools die werknemers gebruiken. Zoals de barcode-scanner, weegschaal, monitor en ontvang-/verzendarms. Voordat het fysieke stelsel is gerealiseerd zijn er eerst elektronische tekeningen ontworpen, zie *8.5.15 Assemblage plan* voor deze ontwerpen. Na het ontwerpen van het gehele stelsel zijn alle componenten stuk voor stuk getest, hiervoor zijn eerst verschillende testplannen opgesteld, zie *8.5.11 Component test plannen*.



Figuur 27: Volledig, kaal, mechatronisch stelsel.

Daarna is het volledige stelsel getest, zie *8.5.14 Componenten testen*. Deze testen hadden allen een positief resultaat. Dit betekent dat alle componenten werken. Na het testen van het gehele stelsel bleken er een aantal kinderziekten in het stelsel te zitten. Zoals het opstarten van de weegschaal, het vastlopen van de ontvang- en verzendarms, het uitvallen van de monitor, en het automatisch opstarten van de software wanneer de Raspberry Pi opstart. Voor een omschrijving en uitleg van deze problemen raadpleeg dan *8.5.18 Logboek stelsel test*. De meeste van deze problemen zijn simpel op te lossen. Zo zijn de ontvang- en verzendarms iets anders opgebouwd, is ervoor gezorgd dat de weegschaal aangestuurd wordt door de Raspberry Pi, en wordt de software met de hand opgestart om de validatie van het gehele stelsel te waarborgen.

Een belangrijk onderdeel is het aansturen van de weegschaal via de Raspberry Pi. Wanneer de weegschaal niet aangaat voordat de software wordt opgestart, geeft de software een error en moet het gehele systeem opnieuw opgestart worden. *Figuur 28* geeft aan hoe de weegschaal is aangepast. Er zijn twee kabeltjes op de signaaldraden van de aan-/uitknop gesoldeerd. Hierdoor kan de Raspberry Pi de weegschaal aansturen. Dit zou eventueel ook met andere functies van de weegschaal kunnen. Op dit moment wordt de weegschaal aangezet wanneer de software opstart. Voor een verdere beschrijving voor dit probleem raadpleeg dan *8.5.18 Logboek systeem test*.



Figuur 28: Hoe de weegschaal is aangepast zodat deze opgestart kan worden met de Raspberry Pi.

Het probleem wat opdeed met het opstarten van de weegschaal kwam voort uit de situatie dat de terminal van de weegschaal in de tafel is geplaatst. Hierdoor konden de knoppen voor de functies van de weegschaal niet ingedrukt worden. De weegschaal moet wel goed ingesteld worden, wil deze uitgelezen kunnen worden met de Raspberry Pi. Het instellen van de weegschaal staat beschreven in het *Assemblage plan*, die instelling waarop de weegschaal moet staan voor de software die is geschreven staat in *8.5.14.2 Logboek weegschaal (KERN DE 6K1D) test*.

Het instellen kan ook via de leverancier gedaan worden. Dit is wel een belangrijk onderdeel. De weegschaal die voor dit project is gebruikt heeft nu geen garantie meer. Wanneer er meer slimme tafels gebouwd worden kan dit via de leverancier afgestemd worden. Zie *Figuur 29* voor meer informatie vanuit de leverancier.

Hi,

You asked if you could turn on the scale without the on/off button.
We can modify this balance, so that it will always start if you plug the power supply in.
If you are interested, you can send the balance to Kern and they can do the modification.
The modification will cost about 50€ + shipping.
Please get back to us if you are interested in this.

Have a nice day!

Solveig
Weegschaal-Online.nl
Tel: 0 202 416 204
E-mail: support@weegschaal-online.nl
Web: www.weegschaal-online.nl

Figuur 29: Email contact met de leverancier van de weegschaal.

Het belangrijkste onderdeel van het mechatronisch systeem is de kleurcodering. Dit is voor werknemers die bij Orionis werken bijna magie. Dit is het uiteraard niet. De kleurcodering is een simpele vergelijking tussen een vaste variabele uit een database en het gewicht wat gemeten wordt door de weegschaal. Elke pot heeft een barcode, die barcode is in een database in de python code gekoppeld aan een gewicht. De kleurcodering wordt op het scherm geprint wanneer er een bepaalde waarde behaald wordt met de weegschaal. Hierbij wordt er een marge toegepast. Deze marge verschilt per product en per klant van Orionis. Dit is dus een interne instelling in de code. Deze kan makkelijk veranderd worden, want het is maar een waarde. Zie *8.5.17 Opstarten programma en systeem code* voor de volledige software in python. Een opmerking: De code is nooit af, er kan altijd iets veranderd worden. Dit is eindeloos, er kan altijd een nieuwe manier bedacht worden. De code is zo geschreven

omdat er niet is gefocust op het schrijven van code, maar juist om een werkend systeem op te leveren wat werknemers ondersteund. De onderdelen ontvang-/verzendt- & weegsysteem lossen de aspecten logistiek & productie en menselijk op uit de formule Efficiëntie en veiligheid = Ergonomie³ + Modulair + **Logistiek & Productie + Menselijk**². De volgende paragraaf gaat in op het valideren van het volledige systeem.

4.3. Validatie van de slimme tafel

Het fysieke gedeelte van het systeem is al gedeeltelijk getest en gevalideerd. Dat is te lezen in de vorige paragrafen. De formule die was opgesteld voor het verhogen van efficiëntie en veiligheid wordt al deels ingevuld door de verschillende onderdelen van de tafel. In de paragraaf wordt ingegaan op het valideren van het complete systeem. Daarbij worden zijn tests uitgevoerd met medewerkers en teamleiders. Voor het testen van het gerealiseerde systeem is er een observatierapport geschreven. Deze geeft het resultaat van alle testen weer en is beschreven in 8.5.19.2 *Logboek demo test*.

De slimme tafel is op drie manieren gevalideerd binnen Orionis. De eerste is de systeemtest, zie 8.5.18 *Logboek systeem test*. De systeemtest werd uitgevoerd om het totale systeem te testen en eventueel kinderziekten te filteren en op te lossen, zoals beschreven in de vorige paragrafen. Naast de systeemtest zijn er twee demotests uitgevoerd. Het doel van de demotests is om de klanteisen, die opgesteld zijn in 4.1.1 *Klanteisen en wensen* met een positief resultaat te valideren binnen de afdelingen. Om de klanteisen te testen is eerst het testplan opgesteld, zie 8.5.19.1 *Demo testplan*. Voor het testen van de tafel waren er werknemers nodig. De werknemers zijn voor de eerste demo test opgedeeld in drie groepen, 1. Kan al wegen, 2. Kan niet goed wegen, 3. Kan helemaal niet wegen.

Demo test 1: Elke werknemer woog ongeveer 10 potten met opensnoep. Dit duurde 10 tot 15 minuten per persoon. Onder elke test worden er vragen gesteld aan de werknemer. Deze vragen zorgden ervoor dat er meer algemene informatie over de werknemer beschikbaar werd. De volgende vragen zijn gesteld.

- Heeft u vaker achter de weegschaal gezeten?
- Zit u goed aan de tafel?
- Wat vindt u van de kleurcodering?
- Wat vindt u fijner, op deze manier wegen of wegen met een weegschaal die grammen weer-geeft?
- Denk je dat je zelf sneller werkt?

De uitkomsten van de vragen zijn weergegeven in *Tabel 5*. De antwoorden geven weer wat de werknemers er zelf van vonden. Een diepere beschrijving hierover is te vinden in 8.5.19.2 *Logboek demo test*.

Tabel 5: Uitkomsten vragen aan werknemers van demo test 1.

Werknemer	Kan wegen	Leuker	Sneller wegen	Sneller vullen	Hoogte
1	Nee	++	n.v.t.	+	+-
2	Ja	+-	++	+-	+-
3	Half	++	+	+-	-
4	Nee	++	n.v.t.	+	+
5	Ja	++	+	+-	++
6	Nee	+	n.v.t.	+	++
7	Ja	+	+	+-	++
Teamleider					
1	Ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-
2	Ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	--

Onder het testen is er ook een observatie uitgevoerd. De resultaten van die observatie zijn gebaseerd op de klanteisen. De vragen die gesteld zijn aan werknemers hebben hier geen betrekking op. Het gaat hier puur over de geobserveerde data, ook deze data is verder uitgelegd in 8.5.19.2 *Logboek demo test*. De resultaten van deze observatie staan in *Tabel 6*.

Tabel 6: Uitkomsten observaties bij uitgevoerde demo test 1.

Werknemer	Ergonomisch	Precisie	Compatible	Instellingen	Correct gevuld	Veiliger	Bewegen	Continue	Prikkels
1	+	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
2	+	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
3	+-	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
4	++	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
5	++	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
6	++	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
7	++	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
Teamleider									
1	+	n.v.t.	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	n.v.t.	n.v.t.
2	+-	n.v.t.	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	n.v.t.	n.v.t.

De uitleg per aspect is weergegeven in 8.5.19.2 *Logboek demo test*. De aspecten staan in directe relatie met de klanteisen en wensen, die nogmaals zijn weergegeven in *Tabel 7*. Dit zijn direct de samengevatte resultaten van demo test 1 & 2

Demo test 2: Elke werknemer vult tussen de 3 en 5 potten. De tafel is op de afdeling verpakken 3 gezet. Zoals de vorige test zijn dezelfde vragen gesteld. De test is op dezelfde wijze de uitgevoerd.

De resultaten voor demo test 2 zijn weergegeven in *Figuur 30* op de volgende pagina. Hierbij zijn er een paar toevoegingen. Sommige werknemers hadden een opmerking op de tafel. Daarnaast zijn er niet generaliseerbare observaties gedaan. Deze opmerkingen en observaties staan hieronder. De opmerkingen staan schuingedrukt, de observaties niet.

Werknemer 5: Deze persoon kon geen blikje vullen met snoepjes vanwege zijn handicap.

Werknemer 12: *Ik vind het wel een beter systeem, met die kleurtjes enzo, ja vind ik wel goed.*

Werknemer 13: Deze persoon zat in een elektrische rolstoel en paste niet goed onder de tafel, desondanks vult de werknemer het potje wel correct en kan de werknemer heel de tafel reiken.

Werknemer 14: Persoon had eigen stoel nodig vanwege een schouder die verbrijzeld is geweest. Daarnaast kan de persoon niet goed vullen met een schep. Wanneer de werknemer moet wegen op de afdeling moet de werknemer staan. Daarvan wordt de werknemer kotsmisselijk, vanwege last in de nek. Bij deze tafel gebeurt dat niet.

Werknemer 20: Werknemer heeft een verlamde arm aan links, maar kan nog steeds de gehele tafel gebruiken en reiken. Werknemer vindt de tafel ideaal werken. *De werknemer geeft aan dat hij toch met één hand alles kan aan deze tafel en dat kan normaal niet.*

Werknemer 21: Deze medewerker durfde totaal niet te wegen en was heel afstandelijk, maar alsnog kon ze wegen. Heel de afdeling was aan het juichen toen het lukte.

Werknemer 26: Deze medewerker is zo enthousiast en *zeft wel drie keer super uitvinding, een dikke tien.*

Werknemer 29: De werknemer vindt het geweldig, *hij zegt dit is zo makkelijk, nu kan ik wel wegen voorheen kon ik dat niet.*

Werknemer 42: Deze werknemer heeft een verlamde linkerarm, toch kan deze werknemer aan de tafel werken.

Zoals te lezen zijn de werknemers allemaal heel enthousiast. De tafel werkt voor zowel de mensen die ondersteuning nodig hebben als voor de mensen die dat niet nodig hebben.

Demotest 2														
Vragen aan medewerker						Observatie								
	Kan wegen	Leuker	Sneller wegen	Sneller vullen	Hoogte	Ergonomisch	Precisie	Com-patible	Instellingen	Correct gevuld	Veiligheid	Bewegen	Continue	Prikkels
1	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
2	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
3	Ja	Nee	Middel	Middel	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
4	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
5	Nee						Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
6	Ja	Ja	Ja	Ja	Middel	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
7	Ja	Alles is saai	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
8	Ja	Ja	Ja	Ja	Middel	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
9	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
10	Ja	Ja	Nee	Nee	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
11	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
12	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
13	Ja	Nee	Nee	Nee	Goed	++	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
14	Nee	Ja	Nee	nee	Goed	++	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
15	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
16	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
17	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
18	Ja	Ja	Ja	Ja	Niet	--	Minder	Minder	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
19	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
20	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	++	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
21	Ja	Ja	Nee	Nee	Goed	++	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
22	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
23	Nee	echt leuk	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
24	Nee	Geweldig	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
25	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
26	Ja	Wat een super uitvinding	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
27	Half	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
28	Ja	Ja	Ja	Ja	Staat	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
29	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
30	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
31	Ja	Ja	Ja	Nee	half	-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
32	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
33	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
34	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
35	Half	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
36	Ja	Ja	Ja	Ja	Beetje laag	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
37	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
38	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
39	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
40	Ja	Nee	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
41	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
42	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
43	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
44	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
45	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
46	Nee	Ja	Ja	Ja	Middel	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder

Figuur 30: Uitkomsten vragen en observaties bij uitgevoerde demo test 2.

Een interessante observatie was; wanneer werknemers aan het wegen waren, werd er ondertussen achter voor hen neus, de potjes leeggegooid. De snoepjes waren benodigd voor de volgende test. De werknemers hebben hier niets van opgemerkt omdat zij bezig waren met het wegen en het opletten op de kleurcodering. De monitor zorgde dus voor een soort afbakening. Sommige werknemers hielden wel van een praatje, maar als ze bezig waren en de potjes leeggegooid werden merkten ze dat niet.

Het bewegen van werknemers was ook drastisch verminderd ten opzichte van de eerste observatie aan het begin van het project. Werknemers kunnen continue door. De ontvangarm draait na de verzendarm, dit kan ingesteld worden dat deze gelijk draaien. Dan wordt er 5 tot 10 seconden gewonnen in het proces. Maar voorderest was het meer een continu proces. Zolang er maar een continue automatische levering is van potjes en opensnoep. Het lijkt erop dat de werknemers dan een prikkel krijgen dat ze verder moeten. Soms zaten werknemers zelfs te wachten op de ontvangarm en zaten ze lachend te kijken. Alsof ze er heel veel zin in hadden. Daarbij horen dan ook uitspraken als; 'wat een luxe systeem'. Deze uitspraak hebben 3 van de 7 werknemers genoemd in de eerste demo test.

Geobserveerd bij elke werknemer is dat de plek waar potten ontvangen en verzonden worden allemaal in het eerste ergonomische werkveld liggen. Dit is zeer positief. Elke werknemer kan zonder te veel te rekken of te reiken direct bij de potten. Alles op de tafel is dichtbij. Daarnaast is de monitor voor de kleurcodering te verstellen in hoogte. Dit zorgt ervoor dat elke werknemer, die heeft deelgenomen aan deze test, zijn of haar nek niet elke keer hoeft te buigen om de getallen op een weegschaal te zien.

De formule wordt nog één keer aangekaart; Efficiëntie en veiligheid = Ergonomie³ + Modulair + Logistiek & Productie + Menselijk². Deze formule was de rode draad van dit project, elk aspect kwam terug in de klanteisen. De klanteisen zijn omgevormd in technische eisen. Deze technische eisen zijn gerealiseerd en beschreven in de vorige paragrafen. Elk van de aspecten van de formule hebben een eigen uitwerking en zijn theoretisch gezegd als lego blokken in elkaar gestoken. Het resultaat wat daaruit is voortgekomen is de slimme tafel. Deze is getest op alle klanteisen die opgesteld zijn. Alle eisen zijn met een positief resultaat beoordeeld. Dit betekent dat de formule goed is ingevuld en dat de uitkomst van de formule acceptabel is.

Zowel de manager van het werkleerbedrijf als de werknemers binnen het werkleerbedrijf zijn enthousiast. In *Figuur 31* is een werknemer weergegeven die een bijdrage levert aan het testen van het systeem. Deze werknemer kon voorheen niet deelnemen aan het weegproces.

Deze afbeelding is verwijderd op aanvraag van Orionis Walcheren

Figuur 31: Een werknemer die help met het uitvoeren van de systeem test.

Tabel 7: Klanteisen welke ingevuld zijn met behorende resultaten. (Alle eisen hebben als resultaat een positieve uitkomst).

Variabelen waarop getest wordt	Meer of minder dan oude systeem
Ergonomische werkwijze	Meer
Precisie bij de werknemers	Minder
Compatible voor werknemers	Meer
Slimme tafel prototype is modulair inzetbaar	Ja
Technische instellingen worden veranderd	Minder
Correct gevulde potten zonder defecten/derving	Meer
Werkomgeving is veiliger	Meer
Werknemer bewegen onnodig	Minder
Werknemers zijn continue aan het werk	Meer
Werknemers worden geprikkeld	Minder

5. Discussie en aanbevelingen

5.1. Discussie

De resultaten komen overeen met de verwachtingen van het literatuuronderzoek. In het theoretisch kader staat beschreven dat het toepassen van ergonomie, Lean en modulariteit ervoor zorgt dat de efficiëntie van een proces omhooggaat. Wanneer er een vergelijking gemaakt wordt tussen de resultaten en het theoretisch kader kan er gezegd worden dat de verwachtingen gevalideerd zijn. Er is gemeten waarop gemeten moest worden, de klanteisen, met een positief resultaat. De klanteisen zijn opgesteld nadat er onderzoek gedaan was hoe er in het algemeen een proces geoptimaliseerd kan worden. Dit is gelukt. Door het toepassen van generaliseerbare theorie kon er een specifiek probleem opgelost worden. Hier komt het onderdeel van specifiek probleem, abstract probleem, abstracte oplossing, specifieke oplossing weer naar boven. Doordat die methode van probleem oplossen werd toegepast op het vraagstuk dat gesteld was vanuit Orionis, kon deze gemakkelijk opgelost worden.

Het onderzoek ging volgens plan. De uitkomsten van dit onderzoek zijn generaliseerbaar. Zoals het optimaliseren van een weegmethode met een kleurcodering en een werkinstructie, ervoor zorgen dat er een systeem is dat continue producten aanvoert bij werknemers, en het weghalen van de instelling van de weegschaal. Dit zijn onderdelen die van belang zijn geweest bij het optimaliseren van een proces voor mensen met een arbeidshandicap. Dit zijn specifieke oplossingen voor het probleem wat Orionis heeft geschetst, maar kunnen omgevormd worden voor een andere toepassing. Het gaat in de essentie erom dat er methoden bedacht zijn die werknemers ondersteunen bij het uitvoeren van werkzaamheden die zij normaal niet kunnen.

De resultaten tonen aan, dat er heel veel mogelijkheden voor het oprapen liggen om ondersteuning te bieden aan werknemers door het in gebruik te nemen van technische vernuftigheden. Aan het begin van dit project is ervoor gekozen om het simpel te houden. Er is gekozen om een platform te ontwerpen waarbij er geen gebruik wordt gemaakt van actieve systemen zoals robots, co-bots of autonome voertuigen. Die keuze is gemaakt met zowel de werknemers als de teamleiders in het achterhoofd. De innovatieve stap zou dan te groot zijn om te introduceren. Na het aantonen dat deze tafel binnen een afdeling verschrikkelijk goed functioneert, kan er in de toekomst gezocht worden naar grote innovaties, zoals de drie genoemde onderwerpen hierboven. Jammer genoeg was er niet de ruimte om het heel grootst aan te pakken en is de tijd voor een afstudeerproject gelimiteerd. Een volledige upgrade voor de afdelingen zou Orionis en haar werknemers zoveel meer bieden. Wanneer er verder wordt gebouwd op de resultaten die dit rapport aantonen kunnen er nog zoveel meer medewerkers geholpen of ondersteund worden door de techniek. Denk daarbij niet alleen aan het vullen van opensnoep, maar ook aan het vullen van wekpotten op de afdeling van Pieter Pot. Daarnaast kunnen de technieken die gebruikt zijn in de tafel makkelijk bij andere bedrijven of sociale werkplekken worden ingericht.

De intentie was om een tafel te bouwen die werknemers ondersteund in hun werkzaamheden. Dit is gelukt. De tafel is afgerond, de testen zijn uitgevoerd en tevredenheid is uitgesproken door verschillende teamleiders en managers. Maar de essentie van dit project mag niet vergeten worden. Dat is, een innoverende start voor Orionis. Wat het meest van belang is, is het invoeren van technische hulpmiddelen voor mensen met een arbeidshandicap, die alleen ondersteunen en niet vervangen. Zo kunnen de werknemers die bij Orionis werken alsnog hun volle potentiaal gebruiken, en met liefde hun werkzaamheden uitvoeren. De werknemers die de tafel getest hebben zaten te schitteren toen ze mochten helpen, en vonden het *“een luxe systeem”* waar ze graag mee zouden werken vanaf nu.

5.2. Aanbevelingen

De slimme tafel is gerealiseerd, het doel is bereikt, de resultaten zijn verwerkt. Toch kan er nog veel gedaan worden binnen de afdelingen Verpakken. Er zijn een aantal onderdelen die buiten dit project vielen. Waaronder een groot deel software (waar geen voorkennis van was) en een stuk logistiek (waar geen tijd voor was). Deze onderdelen kunnen in de toekomst door de klant alsnog aangepakt worden. De eerste aanbeveling is: ga naar de burens (HZ University of Applied Sciences) en probeer met gemotiveerde studenten te werken. Deze hebben vaak frisse ideeën en zijn op de hoogte van de nieuwste ontwikkelingen. Daarnaast is het goed dat er een bepaald bewustzijn wordt gecreëerd bij studenten over een bepaald gedeelte van de maatschappij die niet snel wordt getoond.

Hierboven zijn enkele aanbevelingen gedaan, deze hebben betrekking op het gehele project en hoe de slimme tafel en het weegproces nog verder geoptimaliseerd kan worden. Daarnaast zijn er een aantal specifieke aanbevelingen opgesteld. Wanneer Orionis mogelijkheden ziet om dit project verder te ontwikkelen zijn dit opties die bekeken kunnen worden.

1. Weegschaal die volledig bestuurd kan worden door Raspberry Pi (leverancier kan dit instellen);
2. Ontwerp een stuk software waardoor de Raspberry Pi data ophaalt uit een excel sheet. Zo kan een teamleider een database van barcodes, gewicht, marges en werkinstructies maken vanuit zijn werkplek zonder kennis te hoeven hebben van software programmeren;
3. Een ander ontvang/verzendt systeem, deze was alleen ontworpen en gerealiseerd om een beeld te vormen van een nieuw logistiek systeem. Een vervolg kan zijn dat er een pneumatisch systeem komt dat potjes van een lopende band af drukt;
4. Zoals de kleurcodering een ondersteuning is voor de mens, zijn er vast andere tools die werknemers kunnen gebruiken. Een goed onderzoek op de werkvloer naar wat werknemers echt nodig hebben om het werk met een handicap makkelijk te maken is bijna een must. Het produceren van die tools kan bijvoorbeeld een Engineering student doen;
5. Onderzoek naar het nog meer ergonomisch maken van een werktafel, het is aangetoond dat dit veel voordelen oplevert;
6. Het laatste en misschien die beste aanbeveling, stel een team samen van de disciplines, logistiek, engineering en technische bedrijfskunde. Deze kunnen een kickstart geven aan het ontwerpen en prototype wat er in dit project gebouwd is.

Naast de bovengenoemde 6 aanbevelingen zou er nog verder onderzoek gedaan kunnen worden naar hoger gegrepen technische tools. Het inzetten van co-bots of exo-skeletten zou een mooi doel zijn om werknemers te ondersteunen die zelf geen zware dingen kunnen tillen of verplaatsen. Naast het gebruik van co-bots zijn er tegenwoordig ook robots die autonoom rijden. Deze zouden het logistieke aspect binnen de afdelingen verpakken kunnen verzorgen. Zo hoeven werknemers minder te lopen, en worden producten automatisch naar tafel gebracht. Dit kan een grote boost in efficiëntie zijn. Uit de resultaten blijkt dat werknemers continue aan het werk kunnen zijn, zolang hier maar goed op ingespeeld kan worden. Het automatisch leveren van producten zoals opensnoep zou al een groot voordeel bieden. Het gebruik van co-bots (met een koppelsensor) of het inzetten van autonome voertuigen (met LiDAR-scanners) zouden ervoor zorgen dat werknemers samen met robots werken. Het inzetten van deze robots zal niet voor een vervanging zorgen, maar juist voor een verhoging van veiligheid en efficiëntie.

6. Conclusie

In dit project werd er gezocht naar een antwoord op de vraag: *“Wat is het ontwerp van een slimme tafel welke werknemers, binnen de afdelingen Verpakken bij Orionis Walcheren, ondersteund om efficiënter en veiliger hun werkzaamheden uit te voeren?”*. Deze vraag kwam bij Orionis tot stand toen de business controller opgemerkte dat de processen verbeterd konden worden, op het gebied van veiligheid en efficiëntie. Door het uitvoeren van kwalitatief onderzoek en het volgen van het V-model is er een slimme tafel ontworpen en gerealiseerd.

De eerste stap in het oplossen van dit vraagstuk was het opstellen van een methode welke wordt gebruikt bij het oplossen van de hoofdvraag. Die methode was het abstract maken van het probleem. De abstractie viel plaatst toen het huidige proces onderzocht werd. Daarna werd er een abstracte oplossing geformuleerd, het literatuuronderzoek. Dit literatuuronderzoek heeft deels antwoord gegeven op de hoofdvraag. Door het opstellen en uitvoeren van de formule $\text{Efficiëntie en veiligheid} = \text{Ergonomie}^3 + \text{Modulair} + \text{Logistiek \& Productie} + \text{Menselijk}^2$. Uiteindelijk is er volgens deze formule een slimme tafel gerealiseerd. Het resultaat was positief. De verschillende testen die uitgevoerd zijn tonen aan dat de tafel zowel bevalt als echt werkt bij werknemers. De formule kan beantwoord worden met een verhoogde mate van ergonomie en modulariteit, een versneld logistiek- en productiesysteem en een verhoogde mate in het ondersteunen van het menselijk aspect.

Het belangrijkste resultaat is het feit dat werknemers die eerst niet konden wegen, vanwege een arbeidshandicap, dat nu wel kunnen. Verschillende werknemers die nog niet konden wegen hebben de tafel getest. Deze werknemers kunnen nu, door de kleurcodering, wel wegen. Dit betekent dat de eerste innovatieve stap is gezet.

Naast het kunnen wegen zijn medewerkers nu ook continue aan het werk en zijn zij minder geprikkeld. De resultaten wijzen erop dat werknemers continue aan het werk zijn als er een continue flow van producten is. De tafel is zo ingedeeld dat een werknemer een volgende stap kan doen als de vorige stap is afgerond. Dit betekent dat er geen buffer opbouwt op de tafel, maar dat het een continu proces is geworden. Dit is tevens een aspect binnen de Lean methodologie. Een onderdeel van het continu werken is de werkinstructie. De werkinstructie is niet het meest belangrijke onderdeel, maar het ondersteunt de werknemer. De werkinstructie zorgt ervoor dat het brein van de werknemer onbewust wordt geprikkeld. Dit zorgt ervoor dat wanneer een werknemer de flow kwijt is, het cognitieve gedeelte van het brein weer snel de draad kan oppakken.

De resultaten tonen een belangrijk onderdeel van dit project aan, en dat is de doelstelling. Het doel van dit project was het ontwerpen en realiseren van een prototype, dit is voltooid. Daarbij kwam dat de tafel werknemers moest ondersteunen in werkzaamheden bekeken vanuit een verbeterend perspectief, ook dit is gelukt en aangetoond. De slimme tafel heeft gezorgd voor een innoverende start binnen Orionis en daarmee is zowel de hoofdvraag als het doel van dit project beantwoord en behaald. De opdrachtgever is zeer tevreden met de oplevering van slimme tafel en dat deze tafel werkt op de werkvloer.

Naast het behalen van de doelstelling en het beantwoorden van de hoofdvraag is er nog een belangrijk onderdeel. Dat is het enthousiasme van de manager van het werkleerbedrijf en de werknemers die werken binnen de afdelingen Verpakken. De manager heeft meerdere malen uitgesproken dat het heel mooi is om te zien wat er allemaal mogelijk is, en wat er al bereikt is. De werknemers geven aan dat ze graag zo een tafel op de afdeling willen hebben waar zij werken.

7. Literatuurlijst

- [1] Orionis Walcheren, "Onze dienstverlening," *orioniswalcheren.nl*, 2021. <https://www.orioniswalcheren.nl/organisatie/onze-dienstverlening.html> (accessed Feb. 10, 2021).
- [2] Orionis Walcheren, "Ik wil werk uitbesteden," *orioniswalcheren.nl*, 2021. <https://www.orioniswalcheren.nl/ondernemers/ik-wil-werk-uitbesteden.html> (accessed Feb. 10, 2021).
- [3] P. Delhoofen, *Integraal ontwerpen*, 1st ed. Houten: Noordhoff Uitgevers, 2010.
- [4] Ktba, "Wat is BRC," 2021. <https://brc8.nl/wat-is-brc/> (accessed Mar. 22, 2021).
- [5] B. Daams, *Productergonomie*. Uitgeverij Undesiging, 2011.
- [6] J. R. Wilson, "Fundamentals of ergonomics in theory and practice," *Appl. Ergon.*, vol. 31, no. 6, pp. 557–567, 2000, doi: 10.1016/S0003-6870(00)00034-X.
- [7] B. McPhee, "Practical ergonomics: Application of ergonomics principles in the workplace," no. 24, pp. 28–29, 1994, doi: 10.1037/025634.
- [8] B. Das and A. K. Sengupta, "Industrial workstation design: A systematic ergonomics approach," *Appl. Ergon.*, vol. 27, no. 3, pp. 157–163, 1996, doi: 10.1016/0003-6870(96)00008-7.
- [9] R. G. Radwin and H. T. Jonathan, *An Ergonomics Guide to Hand Tools*. Fairfax: American Industrial Hygiene Association, 1996.
- [10] J. Eklund, "Development work for quality and ergonomics," *Appl. Ergon.*, vol. 31, no. 6, pp. 641–648, 2000, doi: 10.1016/S0003-6870(00)00039-9.
- [11] J. C. M. Mossink, E. Ellens, and W. Eveleens, *Ontwerpen van arbeidssituaties*. Den Haag: Uitgeverij Plantijnstraat, 1992.
- [12] S. Dasu and E. Charles, "Fundamentals of product modularity," in *Management of Design*, K. Ulrich, Ed. New York: Springer Science, 1991, pp. 1989–1990.
- [13] R. Audoire, "Platform-based modular product family design," *RINA, R. Inst. Nav. Archit. - 19th Int. Conf. Comput. Appl. Shipbuilding, ICCAS 2019*, vol. 3, no. August, 2019.
- [14] W. Banas, A. Sekala, A. Gwiazda, K. Foit, P. Hryniewicz, and G. Kost, "The modular design of robotic workcells in a flexible production line," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 95, no. 1, p. 012099, Nov. 2015, doi: 10.1088/1757-899X/95/1/012099.
- [15] T. D. Miller, "Defining Modules, Modularity and Modularization, Evolution of the Concept in a Historical Perspective," *Proc. 13th IPS Res. Semin.*, pp. 1–19, 1998.
- [16] R. B. Stone, "Towards a theory of modular design," The University of Texas at Austin, 1997.
- [17] J. Um, S. Weyer, and F. Quint, "Plug-and-Simulate within Modular Assembly Line enabled by Digital Twins and the use of AutomationML," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 15904–15909, 2017, doi: 10.1016/j.ifacol.2017.08.2360.
- [18] V. Gotthard and T. Bercsey, "Development of modular production lines," *Period. Polytech. Mech. Eng.*, vol. 50, no. 2, pp. 125–145, 2006.
- [19] Y. Ito, *Modular Design for machine tools*. Tokyo: Mc Graw Hill, 2008.
- [20] G. Erixon and P. Kenger, "Proceedings from the 2 nd seminar on Development of Modular Products," *Proc. from 2nd Semin. Dev. Modul. Prod.*, pp. 157–162, 2004.
- [21] M. P. J. Pepper and T. A. Spedding, "The evolution of Lean Six Sigma," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 27, no. 2, pp. 138–155, 2010, doi: 10.1108/02656711011014276.
- [22] R. S. Russell and B. W. Taylor, *Operations management*, 7th editio. John Wiley & Sons, inc., 2011.

- [23] Consultancy.nl, “TIMWOODS-model: De acht vormen van Lean verspilling,” 2020.
<https://www.consultancy.nl/nieuws/29891/timwoods-model-de-acht-vormen-van-Lean-verspilling>.
- [24] E. W. Wibowo, T. Y. R. Syah, D. Darmansyah, and S. Pusaka, “Implementation of Lean Concept in Start-up Engineering Service Provider,” *Sci. J. PPI-UKM Soc. Sci. Econ.*, vol. 5, no. 1, pp. 7–11, 2018, doi: 10.27512/sjppi-ukm/ses/a19012018.
- [25] R. J.D., “Optimalisatie productie & logistiek van ‘Maxi-Cosi’ kinderstoelen,” Eindhoven University of Technology, 2005.
- [26] UWV, “Ik heb een Wajong-uitkering,” 2021.
<https://www.uwv.nl/particulieren/arbeidsbeperkt/wajong/werk-vinden-en-houden/detail/begeleiding-hulp-bij-werk/werken-in-de-sociale-werkvoorziening-wsw> (accessed Mar. 22, 2021).
- [27] G. Kwekkeboom, *ENGINEER’S GUIDE TO THE V-MODEL*, 1st ed. Pumbo, 2019.
- [28] I. Oskam, K. Cowan, L. Hoiting, and P. Souren, *Ontwerpen van technische innovaties*, Eerste. Houten: Noordhoff Uitgevers, 2012.
- [29] Airbrake, “V-Model: What is it and how do you use it?,” *Airbrake.io*, 2016.
<https://airbrake.io/blog/sdlc/v-model> (accessed Dec. 26, 2016).
- [30] B. Baarda, *Dit is onderzoek!*, Twede. Houten: Noordhoff Uitgevers, 2014.
- [31] GGZ-NHN, “Autisme Spectrum Stoornis,” *ggz-nhn.nl*. <https://www.ggz-nhn.nl/site/psychischestoornissen/Autisme-Spectrum-Stoornis.html> (accessed Feb. 08, 2021).
- [32] Stichting Accessibility, “Verschillende Beperkingen - Fysieke Beperking,” *accessibility.nl*. <https://www.accessibility.nl/verschillende-beperkingen/fysieke-beperking> (accessed Feb. 08, 2021).
- [33] Mens en Gezondheid, “Verschillende soorten lichamelijke handicaps,” *mens-en-gezondheid.infonu.nl*. <https://mens-en-gezondheid.infonu.nl/diversen/68686-verschillende-soorten-lichamelijke-handicaps.html> (accessed Feb. 08, 2021).
- [34] Idee Psychologisch bureau, “Mensdingen,” *idee-pmc.nl*. <https://www.idee-pmc.nl/mensbegrippen/mensbegrippen.html> (accessed Feb. 09, 2021).

8. Bijlagen

8.1. Observatierapport

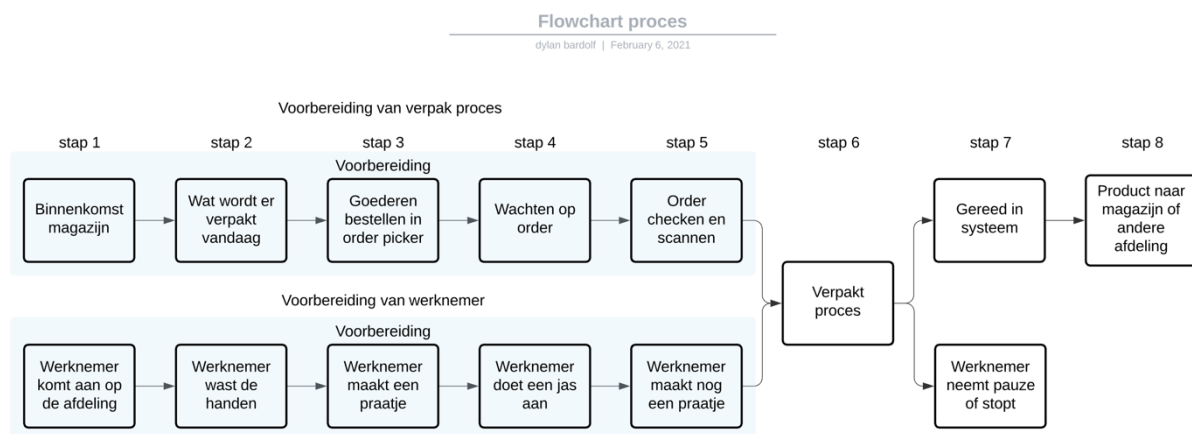
8.1.1. Observatieplan 2021-02-03/2021-02-08

Aanleiding observatie	Het verpak proces binnen Orionis moet versnelt/efficiënter gemaakt worden. Om een totaaloplossing te ontwerpen moet er eerste geobserveerd worden wat de processen zijn en hoe de verschillende doelgroep medewerkers van Orionis momenteel te werk gaan.
Achtergrondgegevens	Gemengde doelgroep werknemers, LVB, fysiek gehandicapt, fysiek afgekeurd, vallen binnen autistisch spectrum.
Observatiedoel en doelgroep	Doelgroep werknemers van Orionis
Observatievragen	- Welke verschillende producten worden er verpakt? - Welke variabelen zijn er tussen de verschillende processen voor verschillende producten? - Hoe zien deze verschillen er stapsgewijs uit? - Wat is de precieze doelgroep waar me te maken is? - Welke aspecten zijn er belangrijk om te onthouden voor later? - Hoe staan deze aspecten tegenover efficiëntie en snelheid (eventueel ook veiligheid en ergonomie)?
Manier van observeren	Participerend, niet-verhuld, ongestructureerde observatie [30]
Het observatiemoment	Elk moment van de dag, vanaf binnenkomst tot verlaten van Orionis. Vooral tijdens het verpakken van producten of goederen.
Observatiehulpmiddelen	Organoleptisch, pen en papier, foto's en eventueel video's
Manier van rapporteren	Schriftelijk (Microsoft-word)

8.1.1. Resultaten observatierapport

Het proces Verpakken

Figuur 32 geeft het algemene proces voor de afdeling Verpakken weer. Hierbij is stap 6 nog niet verder gefaseerd. Stap 6 is het verpak proces. Gebleken uit de afgelopen 4 dagen observeren, is dat dit proces op elke afdeling anders is, vanwege dat er andere werknemers zitten, de afdelingen vaak met verschillende producten werken of omdat een bepaalde afdeling gecertificeerd is. Ook kan het verpak proces verschillen omdat één eerste afdeling een halffabricaat produceert, waarna een tweede afdeling van de verschillende halffabricaten eindproducten maken. Soms wordt er direct op een afdeling een eindproduct geproduceerd, dit kan zijn doordat die afdeling groter is, of omdat deze afdeling daar tijd voor heeft. Het verpakt proces kan niet volledig specifiek gemaakt worden omdat er altijd wel nieuwe producten of goederen binnenkomen waar andere handelingen aan verricht moeten worden. De werknemers verrichten daarom ook vooral handwerk, vaak kleine oplagen tussen de 100 en 50.000 oplagen.



Figuur 32: Algemeen proces van afdelingen Verpakken 1, 2, 3 en 4.

Zoals *Figuur 32* aangeeft gaat stap 6 over het verpakt proces. Eerder beschreven is dat het verpakt proces heel variabel is. Hieronder een lijst met tot nu gevonden of geobserveerde opdrachten:

1. Verpakken van combisnoep (Werther's Original, Wilhelmina pepermint, Italiano en Rang)
2. Verpakken van anti-flu snoep
3. Verpakken Bison kit
4. Verpakken van snoepdisplays
5. Verpakken van blanco puzzels
6. Verpakken van puzzels
7. Verpakken van verschillende soorten bordspellen

Momenteel zijn er 7 verpak processen die redelijk beschreven kunnen worden. Sommige processen lijken gelijk aan een andere. Alhoewel dit wel het geval is, zijn er andere variabelen die meespelen in het verpakken bij deze processen. Hieronder een aantal variabelen waar dan rekening mee gehouden moet worden.

1. Vorm van eindproduct
2. Gewicht van eindproduct
3. Hoeveelheid van eindproduct
4. Hoe is het eindproduct verpakt, in een doos, in plastic, los, etc.
5. Wordt alles verpakt door een werknemer, of worden er taken onderverdeeld
6. Hoe snel werkt een medewerker
7. Wanneer moeten alle eindproducten worden opgeleverd

Hierboven zijn 7 variabelen waar op zijn minst rekening mee gehouden moet worden wanneer er een product verpakt moet gaan worden. Dit betekent dat eigenlijk elk proces uniek is. Zie *Tabel 8* waarin 4 processen zijn beschreven welke geobserveerd zijn. Combi snoep zijn twee processen vanwege het tussentijds verplaatsen van halffabricaat.

Tabel 8: Verschillende producten/goederen die verpakt worden.

Stap	Combi snoep (Verpakken 4/2)	Anti-flu (Verpakken 1 & 2)	Bison kit (Verpakken 4)
6.0	Verdelen van niet gevouwen doosjes	Verdelen van zakken met verschillende soorten anti-flu	Verdelen van dozen kit tubes
6.0	Verdelen/halen van snoeprollen	Niet gevouwen kartonnen dozen uitdelen	
6.1	Vouwen van doosjes	Vouwen van kartonnen dozen	Uitpakken van dozen
6.2	Doosjes plakken één kant	Bruine anti-flu zakken onderin doos leggen	Lege dozen naar krimp-tunnel
6.3	Vullen van doosjes	Groene zakken anti-flu bovenop leggen	Kit rollen in mal leggen
6.4	Doosjes plakken andere kant	Doos op de lopende band	Plakband om twee kit rollen aanbrengen
6.5	Volle doosjes in kist	Doos controleren	Per paar in grote kist plaatsen
6.6	Volle kist op lopende band	Doos door metaal scanner	Kist naar krimptunnel
6.7	Eén doosje op volgende band	Doos door mechanische tape rol	Per paar, plastic krimpen om tubes
6.8	Gewicht doosje wegen	Doos op pallet	Tubes terug in originele kit doos
6.9	t.h.t. datum printen		Doos controleren
6.10	Doosje op pallet		Doos door mechanische tape rol.
7	Pallet gereed in systeem		Pallet gereed in systeem
8	Pallet naar andere afdeling		Pallet naar magazijn
5	Pallet in scannen		
6.11	Snoep doosjes verdelen naar tafels		
6.11	Kartonnen dozen halen en vouwen		
6.12	Snoep doosjes in verpakking-doos		
6.13	Volle doos op de lopende band		
6.14	Doos controleren		
6.15	Doos door metaal scanner		
6.16	Doos door mechanische tape rol		
6.17	Doos op pallet		

Doelgroep werknemers

Orionis biedt mensen met een arbeidshandicap een plek om te werken aan. Het doel van Orionis is om de meeste werknemers weer aan het werk te krijgen binnen een reguliere instelling of bedrijf. Deze werknemers leren dus om te werken op verschillende afdeling binnen Orionis. De werknemers die geobserveerd zijn, zijn de werknemer op de afdelingen Verpakken 1, 2, 3 en 4. Op deze verschillende afdelingen kan onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende soorten werknemers die werk uitvoeren. Doormiddel van observatie is er een onderverdeling gemaakt welke later eventueel van belang kan zijn. Deze onderverdeling is niet gemaakt door een expert, dit is dan ook een indicatie na een kort onderzoek online.

Verschillende doelgroep werknemers

- Psychische of verstandelijke beperking/handicap;
- Autistisch spectrum (beperking in sociale interactie, communicatie, voorstellingsvermogen, niet bestand tegen verandering, minder flexibel, opvallend beperkte interesses en overgevoeligheid voor zintuiglijke prikkels) [31];
- Fysieke beperking of handicap (amputatie of mismaaktheid, reuma of artritis, fibromyalgie, verminderde handvaardigheid, spierdystrofie, RSI, spasmen of quadriplegie of tetraplegie) [32];
- Zintuiglijke beperkingen (blind, slechtziend, tunnelvisie, slechthorend, verlamd, doof, stom) [33];
- Chronische ziekten (astma, suikerziekte, hart en vaatziekten) [33].

Bovenstaande aspecten van de doelgroep werknemers kunnen ook gecombineerd voorkomen bij één werknemer. Dit maakt communiceren met de werknemers soms lastig. De meeste medewerkers kunnen niet goed tegen verandering, zoals het plaats nemen op een andere stoel of aan een andere tafel kan al voor verwarring of zelfs ergernis lijden. Er zijn geen vaste plekken, maar de stoel die in gebruik zijn staan namen opgeschreven van de persoon die er altijd op zit. Naast het feit dat de werknemers graag op dezelfde plek plaatsnemen doen ze ook vaak hetzelfde werk, een verpakker verpakt altijd, een controleur controleert altijd en een sticker plakker plakt altijd stickers.

Geobserveerde aspecten

Bij het observeren van de verschillende werkzaamheden en processen waren er punten die opvielen. Deze kunnen worden onderverdeeld in, ergonomische aspecten, productie aspecten, menselijke aspecten en logistieke aspecten. Sommige aspecten kunnen overlappen.

Ergonomische aspecten

Op de afdelingen Verpakken zijn er geen standaarden voor het uitvoeren van bepaalde fysieke, repetitieve taken. Vanuit een ergonomisch perspectief zou hier wel meer rekening mee gehouden moeten worden, voor de veilig- en gezondheid van de werknemer als de verantwoordelijkheid van de werkgever. In Tabel 9 zijn positieve en negatieve aspecten weergegeven welke betrekking hebben op ergonomische aspecten die binnen de verschillende afdelingen Verpakken geobserveerd zijn.

Tabel 9: Positieve & negatieve geobserveerde ergonomische aspecten.

Nr.	Positief	Nr.	Negatief
1	Gebruik van een lopende band	6	Werknemers bukken vaak
2	Gebruik van een mechanische tape rol	7	Werknemers tillen zware producten
3	Gebruik van een t.h.t. printer	8	Werknemers zitten gebogen te werken
4	Gebruik van een schaarhefwagen	9	Werknemers staan gebogen te werken
5	Gebruik van verstelbare harmonica rollenbanden	10	Werknemers moeten vaak opstaan
		11	Producten staan niet in armlengte op tafel
		12	Producten worden op verschillende manier vervoerd (zie Logistieke aspecten)

Productie aspecten

Op de afdelingen Verpakken zijn er oorzaken die invloed kunnen hebben op het productieproces, deze oorzaken worden productie aspecten genoemd. Vanuit een proces optimaliserende blik wordt gekeken naar de verschillende oorzaken, deze aspecten zijn beschreven in Tabel 10.

Tabel 10: Geobserveerde productie aspecten.

Nr.	Productieve aspecten
1	Hoge precisie bij werknemers
2	Producten vallen op de grond
3	Pallet halffabricaat heeft productiefouten
4	Productiefouten worden op dezelfde afdeling opgelost als waar de fouten zijn gevonden (wordt niet terug gestuurd)
5	Lopende band begint vol te raken
6	Pallet halffabricaat/product leeg
7	Methode voor inhoudelijke plaatsing van halffabricaten in een verpakkingsdoos
8	Halffabricaat/producten inscannen bij binnenkomst op afdeling
9	Instellen van een t.h.t. printer
10	Productiesnelheid is per werknemer verschillende (elke werknemer werkt met zijn eigen methode op eigensnelheid)

Menselijke aspecten

Op de afdelingen Verpakken wordt er veel gecommuniceerd tussen de verschillende werknemers en teamleiders. Deze communicatie is zowel verbaal als non-verbaal. Naast communiceren zijn er andere menselijke aspecten [34] die ertoe doen binnen het werkveld. Geobserveerd is dat deze aspecten effect hebben op de snelheid en efficiëntie van het werk wat uitgevoerd wordt. In Tabel 11 zijn de verschillende aspecten beschreven die geobserveerd zijn. Genoemd zijn de voornaamste en meest geobserveerde aspecten.

Tabel 11: Geobserveerde menselijke aspecten.

Nr.	Menselijke aspecten
1	Werknemers praten veel met elkaar
2	Werknemers maken vaak grapjes of houden elkaar voor de gek
3	Werknemers zijn soms haastig
4	Werknemers zijn soms verdrietig of boos
5	Werknemers zijn soms blij of erg blij
6	Werknemers begrijpen soms niet wat de bedoeling is
7	Teamleider en/of voorman is soms afwezig

Logistieke aspecten

Als laatste is zijn de logistieke aspecten aan bod, deze aspecten tonen alle logistieke onderdelen aan welke op de afdelingen Verpakken voorkomen. Deze logistieke aspecten zijn naar voren gekomen tijdens het observeren van de afdelingen. In Tabel 12 zijn de verschillende aspecten beschreven.

Tabel 12: Geobserveerde logistieke aspecten.

Nr.	Logistieke aspecten
1	Producten worden naar tafel gebracht met een laag karretje
2	Producten worden naar tafel gebracht met bureau stoelen
3	Producten worden naar tafel gebracht met een rijdende tafel, lage en hoge verdieping
4	Producten worden dragend naar tafel gebracht
5	Producten worden dragend in kisten naar tafel gebracht
6	Producten worden naar tafel gebracht met een pallet wagen
7	Werknemers zitten altijd op dezelfde stoel
8	Werknemers maken halffabricaat niet op een efficiënte plek (moet veel gelopen worden met halffabricaten)
9	Reparatie benodigd op afdeling

Classificering van aspecten en specifieke opmerkingen

In dit paragraaf worden de verschillende aspecten beoordeeld, zie Tabel 13. De beoordeling toont per aspect aan welke, positieve of negatieve, invloed het heeft op de snelheid/efficiëntie van het productieproces. De beoordeling ligt tussen 1 en 5, waarbij 1 meest negatieve invloed en 5 meest positieve invloed. Daarnaast is ook de frequentie van het voordoen weergegeven, met als verdeling 1 tot 5, waarbij 1 bijna nooit en 5 continu voorkomend.

Tabel 13: Beoordeling van de verschillende geobserveerde aspecten met.

Aspect	Nr.	Pos./neg.	Freq.	Aspect	Nr.	Pos./neg.	Freq.
Ergonomisch	1	5	4	Productie	1	2	5
	2	5	3		2	1	3
	3	4	4		3	1	2
	4	5	5		4	1	3
	5	5	2		5	2	2
	6	2	3		6	1	3
	7	2	3		7	2	5
	8	2	4		8	3	2
	9	3	3		9	1	2
	10	3	4		10	2	5
	11	1	4	Logistieke	1	2	3
	12	1	5		2	1	2
Menselijke	1	5	4		3	3	3
	2	4	3		4	1	3
	3	2	2		5	2	3
	4	1	2		6	4	1
	5	4	3		7	3	3
	6	1	2		8	2	4
	7	1	2		9	1	1

Specifieke opmerkingen

Er zijn veel specifieke punten waarover geschreven kan worden, omdat er op deze afdelingen niets standaard is. Men kan op het ene moment met een kar rijden, maar ook ineens gaan zitten, wanneer een andere werknemer de kar wil gebruiken mag dit niet van de zittende persoon. Om dergelijke situatie allemaal te noteren en te beschrijven zou er een boekwerk geproduceerd worden. Enkele punten zijn wel belangrijk. Deze zijn hieronder gegeven.

- Het onderdeel communicatie bij het menselijk aspect is heel belangrijk, zowel wanneer de mensen geen opdracht krijgen als wanneer ze niet met elkaar kunnen praten zal er niet veel werk verzet worden. Dit is soms verschillend per afdeling, maar toch zal de productiesnelheid hoger liggen als werknemers met elkaar kunnen communiceren;
- Zoals beschreven in productie aspecten punt 10, werken veel werknemers op een tempo wat zij zelf bepalen, dit is niet altijd het geval, sommige werknemers werken samen in een lijn, zij vormen dan als het ware een lineaire productielijn;
- Werknemers zijn vaak emotioneel snel geprikkeld, deze werknemers lopen vast of voeren niets meer uit, wanneer dit gebeurt stopt een gedeelte van andere werknemers ook vaak met het uitvoeren van werk. Totdat er een teamleider of voorman heeft gesproken met de persoon in kwestie, zal deze vaak geen werk meer uitvoeren. Dit fenomeen werd vaker geobserveerd;
- Het feit dat de ergonomische aspecten positief of negatief beoordeeld zijn in Tabel 13, betekent niet dat de mate van ergonomie voldoende is. Daarom is er in het onderdeel Ergonomische aspecten, Tabel 9, onderscheid gemaakt positieve en negatieve ergonomische aspecten. De beoordeling heeft alleen betrekking over de snelheid en efficiëntie van het proces;
- De t.h.t. datum printer is gebleken een goede efficiëntie te hebben, mits deze goed is ingesteld. Gebleken is bij de afdelingen die deze gebruiken het instellen erg lang duurt. Wanneer dit gebeurt onder normale werktijden (niet in de pauzes), dan kan dit ervoor zorgen dat het hele productieproces stilligt. De reden hier is dat de lopende band vol loopt en werknemers daardoor stoppen met werken.
- Belangrijk(e) menselijke aspect(en) is/zijn de handicaps van de werknemers, deze niet benoemd omdat hier geen beoordeling op gegeven kan worden. Er kan geen vergelijking gemaakt worden met een gemiddelde Nederlander gezien vanuit een ethisch oogpunt.

8.2. Interview Business Controller

8.2.1. Samenvatting interview business controller

Michel Dingemanse - Business Controller Orionis – Dylan Bardolf – Afstudeerstagiair – 2021-03-19

Dit interview is voornamelijk uitgevoerd als ondersteuning voor de paragraaf; Ontwerpen voor het menselijk aspect: arbeidshandicap. Onder het uitvoeren van onderzoek en het werken binnen de organisatie Orionis wordt er veel besproken over de mensen die werken binnen de organisatie. Voor het formeel vastleggen van deze informatie is dit interview gehouden. Wanneer er meer informatie benodigd is zal er nog een interview of meer interviews worden afgelegd.

Werknemers bij Orionis hebben een WSW-indicatie. Werknemers hebben verschillende handicaps, deze zijn eerder opgenomen in het Observatierapport. Deze handicaps zorgen ervoor dat de werknemers niet terecht kunnen op de arbeidsmarkt. Zoals al eerder beschreven heeft dit afstudeerproject betrekking op de mensen en de werkzaamheden die zij uitvoeren. In het interview met Michel komen belangrijke aspecten naar boven welke in de toekomst van belang zijn wanneer er een slimme tafel ontworpen wordt. Deze zijn hieronder beschreven:

- Deze opdracht gaat erover dat de marges op geproduceerde producten hoger wordt, dit betekent indirect dat het productieproces versnelt moet worden, hiervoor is er door Orionis bepaald dat dit door een slimme tafel prototype kan. Deze moet ontworpen worden. *(Stuk voor de in de probleemstelling);*
- Let op dat sociale contacten mogelijk zijn tussen werknemers, beperk dit wel anders gaat de productie snel naar beneden, een school opstelling werk momenteel goed, als de werknemers naast elkaar zitten is de productiesnelheid hoger dan wanneer mensen tegen over elkaar zitten;
- Zorg voor een constante stroom van producten die geproduceerd moeten worden, hierdoor worden werknemers, psychologisch gezien, getriggerd om bezig te blijven. Let op dat deze flow niet te veel wordt anders worden de werknemers overprikkeld en gebeurt er niets meer;
- Zorg voor voorbeelden of instructies hoe werkzaamheden uitgevoerd moeten worden, dit als ondersteuning voor mensen die een minder goed cognitief geheugen hebben;
- Een mal, foto met werkinstructie, een beamer met werkinstructie of andere productie ondersteunende tools verhogen de productiesnelheid;
- Probeer het prototype zo simpel en vanzelfsprekend mogelijk te maken, dit zorgt voor toegankelijkheid voor medewerkers die werkzaamheden voltooien aan de slimme tafel. Een modulair aspect kan fijn zijn, zodat ze zelf onderdelen kunnen indelen, of laten indelen *(zie onderdeel over de radio en BHV-telefoon, werknemers houden ervan dat ze zelf dingen mogen bepalen);*
- Zorg ervoor dat er geen medewerkers worden afgedankt door de slimme tafel, de slimme tafel is alleen maar een extra hulp voor de werknemers welke een aanvulling is die werkzaamheden makkelijker, sneller of leuker maakt voor werknemers.

8.2.2. Getranscribeerd interview business controller

Dylan: Ja ik heb enkele vragen opgesteld, en daaruit probeer ik dan weer meer vragen te stellen natuurlijk. Die zal ik er even bij pakken. Zodat het gewoon vastligt, op sommige dingen hebben we misschien al antwoord opgegeven of is al antwoord opgegeven. Maar daar geven we dan gewoon nog een keer antwoord op zodat dat vast ligt.

Vraag/Dylan: Welke certificaten zijn er op de afdelingen V1, V2, V3?

Antwoord/Michel: Ik zag ze net voorbijkomen, BRC, de britse HACCP-standaard, wij hebben op dit moment BRC8, dat is de laatste die is uitgegeven. Wij doen daar in de top van de markt mee. En wij hebben het Skal-certificaat, het skal-certificaat is een soort fairtrade certificaat waarin je kan aantonen dat je op een eerlijke manier produceert. Dus het belangrijkste daarin is dat je bijhoudt wat komt er binnen aan producten en wat gaat eruit aan producten en wat voor verliezen hebben je aan producten. Dus productregistratie is daar heel belangrijk.

Vraag/Dylan: HACCP eigenlijk ook toch?

Antwoord/Michel: Die heb ik formeel nog niet echt gezien op certificaat, maar je hebt de BRC en die is hoger dan de HACCP.

Vraag/Dylan: Dus die vult die eigenlijk al een beetje in

Antwoord/Michel: Ja, dus ik heb het certificaat nooit zelf gezien, maar die van de BRC heb ik hem wel gezien.

Dylan: Dan gaan we even over op de vragen over het menselijk aspect. Omdat het vrij lastig is om veel te in de documentatie over mensen met een arbeidshandicap, of ja er is wel veel te vinden, maar niet voor Nederland en hoe daar mee om wordt gegaan en wat voor mensen dit zijn, vraag ik direct aan jou.

Vraag/Dylan: Wat voor soort mensen werken er bij Orionis, dit zijn natuurlijk geen doordeweekse Nederlanders, maar kan je er enkele voorbeelden van geven, hoe deze mensen in elkaar steken of?

Antwoord/Michel: Sowieso hebben deze mensen allemaal een indicatie, en deze indicatie heet met een mooi woord een WSW-indicatie. Dus daar is een diagnose gesteld door het UWV dat deze mensen mee kunnen doen in de reguliere arbeidsmarkt. Dat is natuurlijk heel vervelend dat je niet mee kan doen in de arbeidsmarkt, maar dat kunnen dus verschillende redenen zijn. Je kan een fysieke beperking hebben, dat je een arm mist of een been mist, of dat je misschien niet lang kan staan, of dat je een slecht zichtveld hebt. Het kan ook een psychische oorzaak hebben, of een oorzaak vanuit de hersenen (*Michel bedoeld hiermee ook mensen binnen het autistisch spectrum, cognitief geheugen, hersenaandoening etc.*). Bepaalde mensen als je die te veel prikkels geeft dan flippen ze uit de pan, die mensen worden overprikkeld. Bij ons proberen we dat zo rustig mogelijk te houden dat die mensen weinig/minder prikkels krijgen. Wat je ook veel ziet; mensen waarvan het cognitieve geheugen minder is, jij en ik kunnen een bepaald dingetje als we bepaalde dingen leren onthouden, en een kwartiertje later kunnen we dat nog steeds doen, en wat je veel ziet bij deze mensen is dat ze, ze doen iets en vijf minuten of tien minuten later weten ze al niet meer wat ze gedaan hebben.

Vraag/Dylan: Dus een voorbeeld van een product of een eindproduct of tussenstappen daarvan of een foto daarvan zou handig zijn voor zulke mensen om dan een herinnering te krijgen van ja zo moet het?

Antwoord/Michel: ja ja, of een filmpje wat constant voor hun neus afspeelt dat zou ook kunnen helpen of als je nou kijkt naar de laatste technologieontwikkelingen, dat ze een beamer boven hun hoofd hebben hangen die dan een werkinstructie op je werktafel projecteren. Dat soort activiteiten zouden deze mensen kunnen helpen. Wat je soms ook wel eens ziet is dat die mensen soms ook moeite hebben met tellen, er zijn een aantal klanten van ons daar moeten we 20 schroefjes in een dosje doen of

zoiets. Die kunnen dan niet tellen. Wat roep ik dan constant; maak gewoon een malletje met 20 gaten waar gewoon het product in past, strijk die gewoon af. Dan weet je dat het er 20 zijn.

Vraag/Dylan: Denk je dat de werknemers van Orionis beter in groepen werken of alleen, of zou het fijn zijn als deze mensen zich even kunnen afsluiten van de rest of juist niet kunnen afsluiten van de rest?

Antwoord/Michel: Wow dat is een goeie vraag zeg, het is voor mij een beetje tweeledig aan de ene kant denk ik van ja die mensen hebben het groepsgevoel nodig, want als je ze, heel zwart wit, in een hokje zou zetten en daar hun werkzaamheden zouden doen, ja dan vereenzamen ze gewoon. Als ik dan refereer naar wat wij in corona hebben gezien. We hebben mensen zes weken thuis gezet, die hadden geen sociaal leven meer, die verveelden zich, die wisten niet meer wat ze moesten doen en dat soort dingen. Dus ik denk dat als we dat op het werk ook op die manier gaan doen, dat dat niet echt wenselijk gaat zijn voor die mensen. Maar er zijn ook mensen die snel overprikkeld raken waar het juist weer goed bij zou zijn.

Vraag/Dylan: Mogelijkheid voor een beetje afscherming van prikkels zou fijn kunnen zijn, maar nog niet een aparte werkplek binnen een afdeling, dat zou een beetje ver gaan.

Antwoord/Michel: Wat we wel bijvoorbeeld hebben gezien door corona doordat wij meer afstand moesten nemen, hebben wij de soort school opstelling gemaakt, waardoor ze wel een hogere productiviteit hebben per dag, want voorheen zaten ze tegenover elkaar en dan was toch de afleiding al vaak dat ze toch ff dat praatje konden maken, toch nog ff een geintje, gebbetje of dat soort dingen konden doen. En dat ze dan toch minder producten op een dag produceerden dan dat ze nu doen.

Vraag/Dylan: Maar nu maken ze ook nog steeds grapjes en geintjes, heb ik gezien?

Antwoord/Michel: Dat klopt, alleen ze zitten nu alleen naast elkaar en ze doen dat nog steeds, maar hebben ze nog steeds een hogere productiviteit.

Vraag/Dylan: Omdat het werk voor hen staat en de grapjes naast hen gemaakt worden misschien?

Antwoord/Michel: Ja, ja, ja

Dylan: Dat is een heel interessant punt

Michel: Dit kan natuurlijk ook als ze tegenover elkaar staan, dan zitten ze vaak met zijn vieren aan een blok, dus als een gaat grappen zijn er vier mensen afgeleid, en als je in een soort schoolopstelling, met zen tweeën bent, zijn het er maar twee, en die andere twee werken door.

Vraag/Dylan: Maar als ze helemaal die grapjes niet kunnen maken of met elkaar kunnen communiceren dan ligt het werk helemaal plat waarschijnlijk?

Michel: Ja, dan gaan ze in de hoek staan en met zijn alleen kletsen denk ik.

Dylan: Dus er moet wel een bepaalde mogelijkheid zijn om te kunnen communiceren met hun collega's, zeg maar.

Michel: Ja, ik zou niet de Amerikaanse cubicals introduceren, met wat is het, die blokken voor je neus.

Vraag/Dylan: Dan een andere vraag die alsnog ingaat over productie of snelheid, zou je kunnen zeggen of de mensen die op de afdelingen werken bij een hogere drang, of wanneer er meer geproduceerd moet worden dat ze dan sneller of langzamer gaan werken?

Antwoord/Michel: Wat ik gezien heb vanuit ervaring is, op het moment dat je de druk bij de mensen neer gaat leggen dat ze langzamer gaan werken en dat je een hoger ziekteverzuim gaat krijgen.

Dylan: Ja, dus er worden mensen overprikkeld, en weer op dat punt misschien, dat ze denken dat ze het niet aankunnen.

Michel: Of dat ze, aaaaaahhah ik moet er nog 20 duizend van die dingen, aaah ik weet het niet meer, tuukk (*Michel haalt vinger langs zijn hoofd alsof het lichtje bij een werknemer uitgaat*)

Dylan: Dus als je bij wijze van spreken elke vijf minuut zegt dat ze bijna klaar zijn, heb je kans dat ze sneller gaan werken.

Michel: Die kans is aanwezig, dat vind ik soms ook wel eens interessant aan productieprocessen, dat als je ervoor zorgt dat je een constante aanvoer hebt, en dat ze een handeling moeten doen en dat die dan weggaat, en je zorgt ervoor dat die dan constant blijft, dan durf ik te wedden dat ze nog meer kunnen (produceren) dan dat ze nu al doen en dan hebben ze niet eens het gevoel dat ze harder moeten werken.

Dylan: Nee maar, dan, is het niet te overvol, er gaat altijd wat weg en er komt altijd wat terug, er is misschien dan altijd een psychologisch effect van de volgende komt al, laten we verder gaan, onbewust.

Michel: Ja, ja

Vraag/Dylan: Ja in heb de werknemers die op de afdelingen werken wel een klein beetje gezien natuurlijk, maar zijn er dingen die werknemers heel positief of echt heel negatief beïnvloeden, en beïnvloedt dit dan ook het productieproces. Misschien lastig om te zeggen, bv. De ene wil skyradio horen en de andere wil 3FM horen, en dan gaat de muziek maar uit, want dan zijn ze misschien allemaal chagrijnig.

Antwoord/Michel: Ja, daar heb ik wel een voorbeeld van, en jij bent bij, jij hebt alle verpakkingsafdelingen gedaan (*hiermee bedoeld Michel dat ik de eerste week volledig heb meegelopen op alle vier de afdelingen Verpakken om te zien hoe de processen zijn en hoe de werknemers werken*), bij verpakken 3, bij Ricardo, bij de laatste, daar hebben we voor corona een verbeterbord of een afdelingsbord neergezet, en je zag daar dat ze dat radioaspect waar je nu op doelt een hottopic was. Klinkt heel gek he, maandag ochtend draaien we radio zender Q-music, 's middags draaien we Sky, dinsdagochtend is het 3FM, dinsdagmiddag is het 538, en ga zo maar door. Dus die hebben een schemaatje bedacht dat ze dat op die manier konden doen, andere ergernis was bijvoorbeeld dat de BHV-telefoon, die zat in het kopieerhok, dat ze daar niet lekker bij konden, en die hebben we gewoon lekker verplaatst voor die mensen naar de buitenkant zodoende dat ze hem wel konden pakken. Dus ja er zijn dus wel wat dingetjes die dat beïnvloeden, een van de externe factoren, een aantal van deze mensen wordt opgehaald door een busje elke ochtend, en als dat busje te laat is op het werk zijn ze allemaal een beetje van de slag, van waar is Pietje nou en waar is Sjaakje nou, en de mensen die komen zijn ook een beetje van slag, want die zijn te laat. En dan duurt het even voordat daar weer rust tussen gekomen is, en dan gaan ze daarna weer verder.

Dylan: Er moet dus ook wel een beetje ruimte zijn voor werknemers om tot rust te komen als ze een beetje gepikeerd zijn of overprikkeld zijn.

Michel: Ja, en daar zorgen de werkbegeleider in het algemeen voor, dat ze even iemand op het kantoor zetten, of ga even koffiedrinken, ja dat gebeurt wat vaker bij ons dan bij een regulier bedrijf (*houd in de gaten dat Orionis geen bedrijf is maar een organisatie i.s.m. de gemeente Vlissingen om WSW-werknemers weer op te leiden of te ondersteunen in hun dagelijks leven*).

Vraag/Dylan: ik denk nog wel een ander belangrijk aspect dat is, als er een nieuw prototype komt dat er eigenlijk geen werknemers, dat er eigenlijk niet wordt bezuinigd op werknemers, dus dat dezelfde aantallen binnen de afdelingen blijft werken, wat is hier de reden voor?

Antwoord/Michel: Op afdelingsniveau, daar sta ik wat anders tegen over, maar wat ik al eerder in het gesprek aangaf, dat ze hebben een WSW-indicatie en dat is eigenlijk een beschermde indicatie. Die mensen hebben niet voor niets die indicatie gekregen, en wij hebben als gemeente/Orionis, die zorg voor die mensen. Er zitten soms gevallen bij, waarvan je denkt, ga alsjeblieft weg, ga alsjeblieft wat anders doen, maar je hebt de zorgplicht voor die mensen, je kan ze niet ontslaan, je kan ze niet op straat zetten, vaak zitten die mensen ook nog in de bijstand, de bijstand betalen we ook. Ze hebben die indicatie, dus ja, je bent verplicht om die mensen aan het werk te houden, en als het echt niet gaat en er langdurige ziektepatronen zijn dan gaan ze op een gegeven moment na 2 jaar ziek uit dienst, en dan komen ze in een UVW-traject terecht dan neemt die dat van ons over. Maar in de intentie is het

gewoon dat ze bij ons blijven, en dat we der gewoon echt heel veel aan moeten doen voordat ze dat UVW-traject ingaan

Dylan: Ja, dat is wel belangrijk natuurlijk, want je kan een geautomatiseerde fabriek maken voor auto's, dan werken er geen mensen meer, dan kan de productie top zijn, maar voor dit....

Michel: Vandaar dat ik altijd roep, van alles wat we doen, mag er niets ten kosten gaan van de mens.

Dylan: Dat vind ik wel belangrijk

Michel: Wat er wel gebeurt in de jaren of over de jaren heen, er is een nieuwe wet gekomen sinds 2015, dat heet de participatiewet. En die heeft de WSW-status op slot gezet, dus die groep die faseert uit, dus de laatste WSW'ers zullen ongeveer met 2055 ofzo, zijn die met pensioen. Dus dan hebben we geen WSW'ers meer in heel Nederland, maar dan hebben we participanten vanuit de participatiewet, en dan is het werkleerbedrijf zoals het er nu naar uit ziet, 1/3 van de totale populatie. Dus we zitten nu op 350 man, en de verwachting is dan dat we in 2055 op 300, 400 man zitten.

Dylan: Dat is toch bijna even veel?

Michel: Ow sorry, we zitten nu op 650, en we gaan dan naar 200, 250.

Dylan: Dat is een derde ja, stel je zou alle werkzaamheden doortrekken nu doortrekken naar 2055, dan zou het wel fijn zijn als er dingen geautomatiseerd worden voor werknemers of voor bepaalde afdelingen?

Michel: Kijk automatisering zie ik als extra hulp voor de mensen, ik zie het niet dat ze de activiteiten overnemen, maar ik zie het als aanvulling op hetgeen wat ze doen. En ook dat ze met wat automatiseringsactiviteiten ze dingen kunnen doen die ze voorheen niet konden. Waardoor wij als Orionis zijnde een hogere marge kunnen gaan vragen en pakken op producten. Want bij snoepjes is de marge echt drie keer niks. Kijk eens naar de napoleons die af en toe bij de Kruidvat in de winkel ligt voor één euro nog wat. Ja daar is voor ons een bepaald winstmarge in die euro zit daarin. En dat is misschien 5, 6, 7 cent, en we zouden het liefst 12, 13 cent willen hebben (*per zak napoleons*), maar die marge zit er niet in.

Dylan: Oké, dus eigenlijk doormiddel van automatisering, procesverbetering, productie-procesversnelling, kan je meer producten binnen een bepaalde tijd leveren waardoor die marge omhooggaat.

Michel: Dat is uiteindelijk de achterliggende gedachte die ik voor ogen heb, en die mark voor ogen heeft, en Mark is dan onze afdelingsmanager (*Michel is business controller, maar eigenlijk adviseur van Mark, Michel geeft tips aan de afdelingen hoe processen versnelt of geoptimaliseerd kunnen worden*).

Dylan: Mooi, daar gaat dit project, of deze opdracht natuurlijk ook over. Ik denk dat ik voor nu genoeg heb zeg maar, voor het menselijk aspect, tuurlijk doe ik er ook een stukje literatuuronderzoek naast.

8.3. V-model vs Oskam

In deze bijlage is een roadmap geschetst voor zowel het toepassen van het V-model en de methode van Oskam. Deze is in het Engels geschreven in het 4^{de} jaar van de opleiding engineering. De opleiding werd op dat moment internationaal en zo ook de opdracht en rapporten die geschreven werden.

Introduction

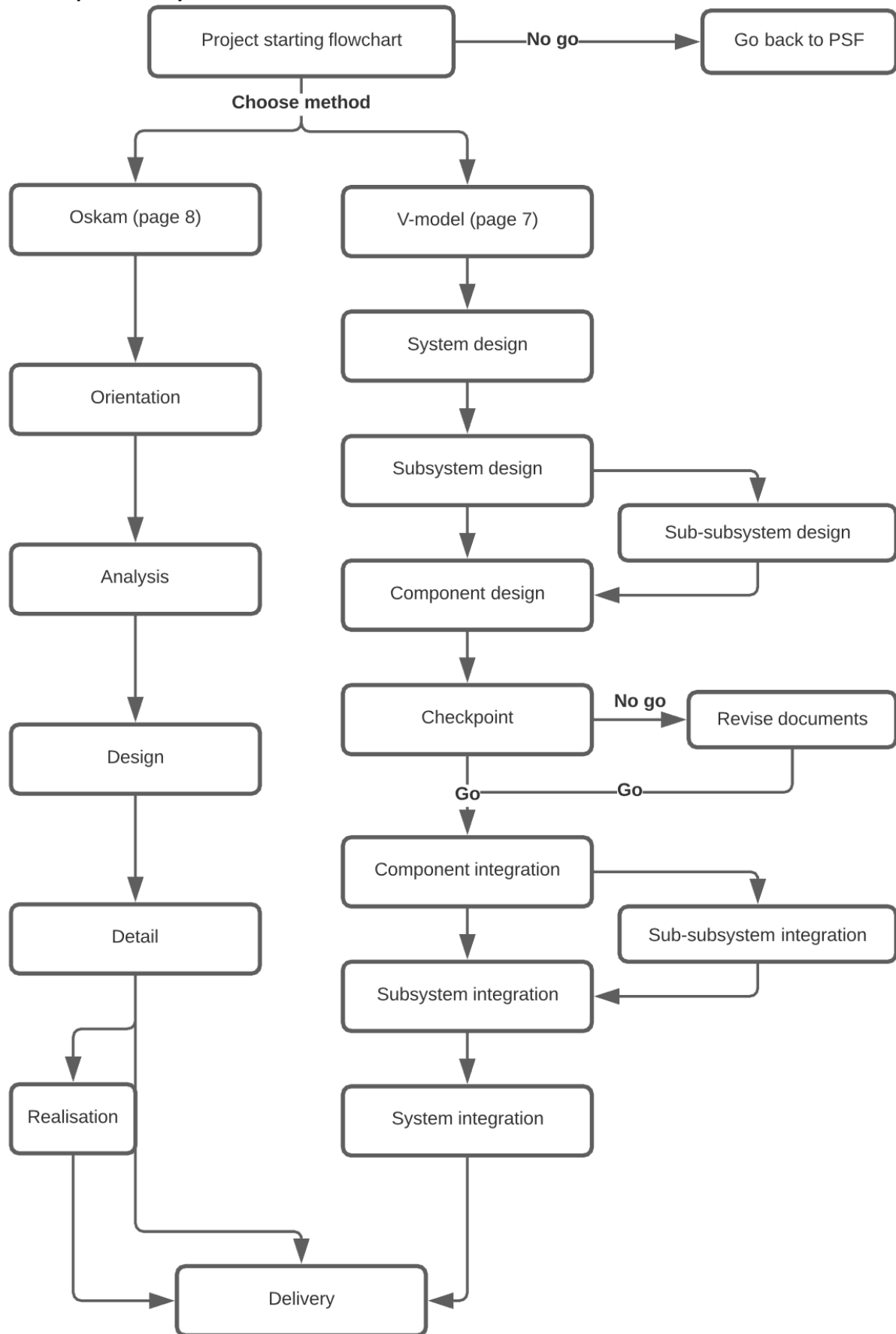
This document is written by a 4th year engineering student (named Dylan Bardolf, student number 72917). Writing a roadmap is one of the assignments to complete the 4th and last year of the education.

The roadmap is actually a fundamental tool for the reader/user to follow. The roadmap is a tool which is used in engineering projects. Two methods are described, Oskam and the V-model. Both methods are used and applied in the last four years.

The knowledge which the students have gathered in these past four years is used in writing this roadmap. The roadmap should give a good support when executing engineering projects. The roadmap should not be used as a method itself; it is a tool to support the reader/user in its path to complete a project when using one of the two or combining these methods.

Hopefully this roadmap gives a good insight in the two methods which are described. Both Oskam as the V-model are depicted on page 7 and 8, but the original descriptions are made in excel which are added when the reader/user receives this roadmap. The excel files are the basis of this roadmap. The methods are described with the different steps. This document is a construction which is built around those descriptions.

Roadmap: Summary flowchart



Figuur 33: The summary flowchart which gives a brief visual insight how to work systematically through a project.

Theory - V-model & Oskam and comparison of between the two methods.

4 years ago, the first method thought was Oskam, this method describes a delft-like method [1], after using this method intensively for 3 years a new method was introduced, the V-model [2]. Both methods will be described in this roadmap. When to use which method and how to use them. In this part a small overview will be given about planning the phases of each method and how the methods are compared to each other.

Tabel 14 gives a general overview of the projected time needed per phase of each method.

Tabel 14: Overview of the two phases Oskam and V-model.

Oskam	V-model (n-weeks)
Orientation phase (n weeks)	System design phase (n-weeks)
Analysis phase (3n-weeks)	Subsystem design phase (2n-weeks)
Design phase (4n-weeks)	Component design phase (4n-weeks)
Detail phase (4n-weeks)	Component integration phase (4n-weeks)
Realisation phase (4n-weeks)	Subsystem integration phase (2n-weeks)
	System integration phase (n-weeks)

As seen in table 1, the weeks are also given. The letter n is a factor which determines how a project is time-based and planned. Because phases depend on each other they need to be interconnected. A calculation can be made what number n will be. Most of the project which are done in an educational environment are 16 to 20 weeks, this means that n will almost always be 1.

The detail and realisation phase of Oskam are comparable with the last three phases, component, subsystem, and system integration, of the V-model.

Both methods are fine for executing projects and delivering final products. There is a but though, greatest difference between the two is that Oskam is focused on technical innovations and the V-model is focused on functionality.

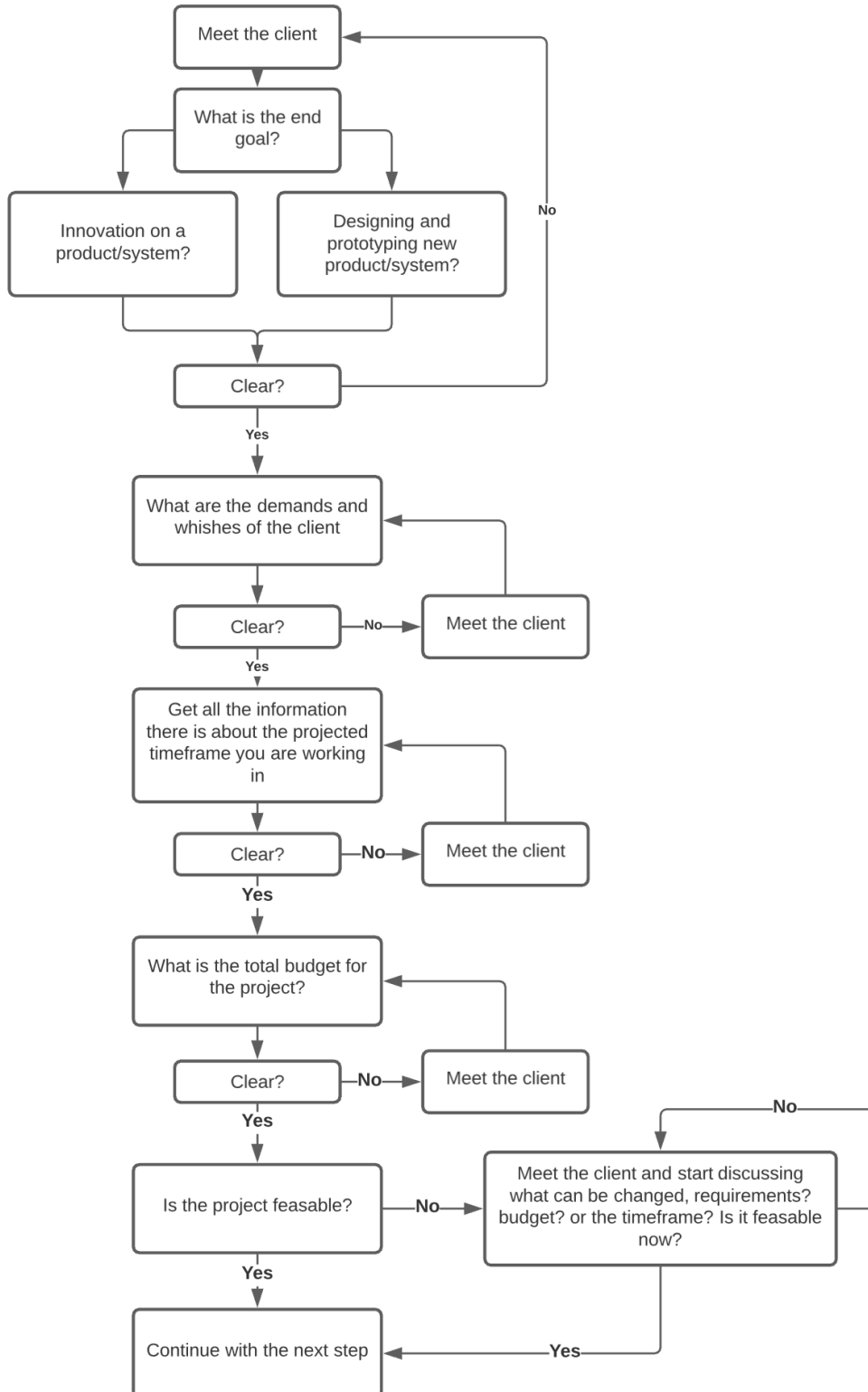
Other differences that are important when choosing between methods;

- Oskam is focused on ergonomics, V-model is not;
- Oskam tests the project/system at the end of the project, V-model does a lot of testing in between phases;
- Oskam is less focused on technical aspects, V-model is focused more on technical aspects;
- Oskam is used for product design, V-model is used for system design;
- Oskam gives the designer room for personal input, V-model strictly only gives room for technical requirements;
- Oskam finds the gap between nothing and something, V-model improves already existing technologies.

To choose what method to use, look at the next page for a flowchart, and officially start your project.

Roadmap: Project starting flowchart

The start of almost every project starts with a meeting between the client and the executor of the project. Because this is a very important step the first flowchart is made to make this process clearer and more comprehensive. This flowchart is called the project starting flowchart or PSF. Every step in this flowchart must be answered with yes to move on to the next phase in a project.



Figuur 34: Flowchart for starting a new project.

Every step of flowchart in figure 1 has to be documented. First fill in table 1 to make sure that all steps are done correctly. Each step is a step of the flowchart, the iterations list how many times the step is done before completing it, if there is sufficient information, which is also documented fill in a yes for clear. Only when this table is completed with all answers as yes you may move forward to the next phase.

Step	Name	Iterations	Documented	Clear
1	Meet the client	1 – 2 – 3	Yes / No	Yes / No
2	Demands and wishes	1 – 2 – 3	Yes / No	Yes / No
3	Projected timeframe	1 – 2 – 3	Yes / No	Yes / No
4	Total budget	1 – 2 – 3	Yes / No	Yes / No
5	Feasible	1 – 2 – 3	Yes / No	Yes / No

If the end goal is innovation of a new product, the best method to choose is oskam, if the client wants to have a product or system which will form a new solution the best method to choose is V-model. This is also discussed in the former section, Theory.

Choose your method, and continue with this method, both methods are described in the included excel file, below are two pages where the two methods are depicted. First the V-model then Oskam. Use the excel file if it is not very clear.

Method description: The V-model

Phase	Weeks	Deliverables	Activities	Sources	Pagenumber	Notes	
Research proposal	2 - 4	1.1 Introduction	Write the introduction, background, problem statement, goals and activities, research questions, if needed do some more research about comparable problems of other people to make a better problem statement and goals/activities.	Microsoft Excel, Lucidchart Microsoft Excel			
		1.2 Project definition	Write a scope, deliverables, involved parties and project execution & boundaries.				
		1.3 Method and techniques	Write a part about the method which is used for this project/problem, shortly explain to the reader which method you choose, why and how you are going to use this method to complete this				
		1.4 Projectplanner	Make a projectplanner, either a milestone planner or weekplanner or make both. A tip is to make a dayplanner per phase to get feedback of the current progress per day.				
Demo testplan	1 - 2	2.1 Aim & hypothesis 2.2 Variables 2.3 Tools 2.4 Method 2.5 Expected results 2.6 List of boundaries	Draft a set of boundaries for which the test and prototype must be fulfilled.				
System design	n	3.1 List of demands	Interview client about demands, interview people who have to work with the new innovation.	Interview equipment	28		
		3.2 function overview	Make an function overview of what the system has to accomplish.	Microsoft Excel, Lucidchart	31		
		3.3 Analysis of current situation	Make an overview of all the external interactions with the system.	Microsoft Excel, Lucidchart, function overview	39		
		3.4 System description	Make a combinational description about the system with information from the former deliverables.	Microsoft Excel, Lucidchart	56		
		3.5 System test plan	Write a testplan about testing the end products main functions.		76		
Subsystem design	2*n	4.1 System division	Divide internal and external interactions, make flowcharts for this. To do this effectively, think about the ideal situation, then make sure it is viable by using simple logic and intuition.	Microsoft Excel, Lucidchart, function overview	90		
		4.2 Formula overview	Write an overview which describes what happens within the internal interactions in your design.	Function overview, Microsoft Excel, knowledge of formulas	102		
		4.3 Subsystem description	The subsystem description is, just like the system description, a nice and organized package of the collected data relevant to the interactions. However, it is not meant for the client, but rather for the design team as a tool to create the subsystem testplan.		117		
		4.4 Subsystem testplan	1. Aim & Hypothesis, 2. Variables, 3. Tools, 4. Method, 5. Expected results.		127		
Sub-subsystem design	2*n	5.1 System division	Divide internal and external interactions, make flowcharts for this. To do this effectively, think about the ideal situation, then make sure it is viable by using simple logic and intuition.		135	It is not required to workout the SSD - Sub-system design for every project or problem.	
		5.2 Formula overview	Write an overview which describes what happens within the internal interactions in your design.				
		5.3 Subsystem description	The subsystem description is, just like the system desciption, a nice and organized package of the collected data relevant to the interactions. However, it is not meant for the client, but rather for the design team as a tool to create the subsystem testplan.				
		5.4 Subsystem testplan	1. Aim & Hypothesis, 2. Variables, 3. Tools, 4. Method, 5. Expected results.				
Component design	4*n	6.1 List of components	Make a list which describes which components are needed, the type, name, cost, amount, total price, and a link to were to buy it. The component description details the connections between each component in order to help us assemble the components together in a later phase, as well as make sure our components are compatible.	Sub-system overview	140		
		6.2 Component description	Make a description of the components which are used, and what they do, make a flowchart to describe relations between components.		156		
		6.3 Component test plan	1. Tools, 2. Method, 3. Expected results		160		
Checkpoint							
Demo test plan		Yes / No					
List of boundaries		Yes / No					
Agreement client to start		Yes / No					
System test plan		Yes / No					
System overview		Yes / No					
Flowchart		Yes / No					
Main system list of variables		Yes / No					
Sub-system test plan		Yes / No					
Sub-system overview		Yes / No					
Function tree		Yes / No					
Flowchart		Yes / No					
List of all variables		Yes / No					
Component test plan		Yes / No					
List of components		Yes / No					
Component description		Yes / No					
Invoice of purchased componen		Yes / No					
Component Integration	4*n	7.1 Component ordering		Make an invoice containing the following: 1. Overview of components to order, 2. Costs per component, 3. Amount of components, 4. Total cost per component, 5. Shipping costs per supplier, 6. Total shipping costs, 7. Total gross cost, 8. Taks per shipping, 9. Total ta, 10. Total net cost.	Funds, Microsoft Excel	168	
		7.2 Component test	During the component test, we're going to test our newly ordered components to see whether they are valid, by executing the tests as defined in our previously created component test plan.		173		
		7.2 Component test	Test the components	Testing and measuring tools	173		
Sub-subsystem Integration	2*n	8.1 Subsystem assembly plan	Draft technical drawings, electrical schematics or other information which is needed in order to build a prototype of the system		181	Only work out the SSSD when this is also done in the design phase.	
		8.1 Subsystem assembly plan	Draft an overview of all connection points on each component and an overview of connections between these connection points on each component.				
		8.2 Subsystem assembly	Build the subassemblies for individual testing based on the previously created assembly plan. The connection will not be finalized to allow for quick adjustments during testing.				
		8.3 Subsystem test	Test every subsystem individually to ensure functionality through use of the previously created subsystem test plan. The subsystem test requires a much more detailed execution and overall finesse compared to the component test.		Testing and measuring tools		
		8.3 Subsystem test	Draft a document with al the results of the tests which are completed, with thier conclusions and discussion respectively.				
Subsystem Integration	2*n	9.1 Subsystem assembly plan	Draft technical drawings, electrical schematics or other information which is needed in order to build a prototype of the system		186		
		9.1 Subsystem assembly plan	Draft an overview of all connection points on each component and an overview of connections between these connection points on each component.		186		
		9.2 Subsystem assembly	Build the subassemblies for individual testing based on the previously created assembly plan. The connection will not be finalized to allow for quick adjustments during testing.		196		
		9.3 Subsystem test	Test every subsystem individually to ensure functionality through use of the previously created subsystem test plan. The subsystem test requires a much more detailed execution and overall finesse compared to the component test.		Testing and measuring tools		201
		9.3 Subsystem test	Draft a document with al the results of the tests which are completed, with thier conclusions and discussion respectively.		201		
System Integration	n	10.1 System assembly plan	Make a document which describes the connections between the subsystems and the positioning of each subsystem. Create a schematic which shows exactly how each subassembly is connected to one another. Next, each subassembly is measured and checked to see whether it individually fits within the maximum allowed dimensions. Finally, when the subassemblies pass these two checks, they are intuitively given a position within the system, which is documented in a lyouut overview.		222		
		10.2 System assembly	Assemble the subassemblies into the finalized prototype, connection do not have to be finalized yet, but make sure to prepare for finalization.		236		
		10.3 System test	Test the system, if the system fails, try to debug the problem, if the system succeeds, do a second test to guarantee if the system is actually functional. If it works as described in the previously made system test plan finalize all connections. Finally, present the prototype/product to the client. To perform a good presentation, think about what the client wants to see and show only this during the presentation. Don't overflow the client with technical details if your client isn't as technical and go out		Testing and measuring tools		240

Figuur 35: The V-model described in Excel.

Method description: Oskam

Research proposal	2-4	1.1 Introduction	Write the introduction, background, problem statement, goals and activities, research questions, if needed do some more research about comparable problems of other people to make a better problem statement and goals/activities.	Microsoft Excel, Lucidchart	
		1.2 Project definition	Write a scope, deliverables, involved parties and project execution & boundaries.		
		1.3 Method and techniques	Write a part about the method which is used for this project/problem, shortly explain to the reader which method you choose, why and how you are going to use this method to complete this project/problem.		
		1.4 Project planner	Make a project planner, either a milestone planner or week planner or make both. A tip is to make a day planner per phase to get feedback of the current progress per day.		
Demo testplan	1-2	2.1 Aim & hypothesis	Draft a set of boundaries for which the test and prototype must be fulfilled.		
		2.2 Variables			
		2.3 Tools			
		2.4 Method			
		2.5 Expected results			
		2.6 List of boundaries			
Orientation	n	3.1 Start working together	Get to know the project team, get to know the client, make a cooperation and communication agreement.	Belbin, MTBI Teambuilding, SW2h method, gantt planner, risk analysis.	45
		3.2 Explore problem and solution	Formulate a temporary problem statement, interview the client.		50
		3.3 List demands and wished of client	Interview the client, interview people who will work with the new/improved prototype. Determine the borders and goals of the project, determine which results have to be delivered.		56
		3.4 Define project approach	Determine the different project activities, make a milestone & week planner and make a budget overview, also draft the project organisation.		65
Analysis	3*n	4.1 Analyse problem and context	Formulate research questions, determine what kind of research you will do, do the research and work it out.	Target group research	110
		4.2 Exploratory design and experiment	Collect and draft ideas, experiment with models, evaluate different solution directions.	SolidWorks	114
		4.3 Analyse functions	Determine the inputs and outputs, formulate functions of the product, draft/create a function tree, determine detail level and order of the function tree.	Lucidchart	118
		4.4 Define design criteria	Translate client demands to design criteria, identify additional design criteria, formulate design criteria, group demands and success criteria. List the design criteria in the plan of demands.	Microsoft Excel	125
Design	4*n	4.1 Ideation for main function	Develop ideas from the design vision, develop ideas from the success criteria, select a few ideas for a comprehensive solution.	List with temporary design criteria	176
		4.2 Ideation for sub functions	Develop ideas for sub functions, test critical functions, evaluate and select ideas per sub function, create a morphological overview.	List with demands and success criteria	181
		4.3 Concept generation	Combine ideas to a comprehensive solution, develop concepts from solution combinations, estimate the feasibility of the concepts.	Design vision and creative sessions	186
		4.4 Selecting best design	Test concepts with demands, compare feasible concepts based on success criteria, create the best concept, formulate the design and definite design criteria.	Microsoft Excel, Lucidchart	194
Detail	4*n	4.1 Developing engineering model	Develop an engineering model for the whole design, work out the engineering model to modules, formulate provisional technical specifications, calculate features and simulate.	Simulations of critical functions	243 For educational projects this is the last phase
		4.2 Design detailing	Determine components, materials and production techniques, make technical drawings of the modules, make a part list with specifications and a budget overview.	SolidWorks/Inventor	250
		4.3 Prototyping, testing, improving	Determine the required tests and draw up a test plan, build the prototype, test the prototype, improve and test the prototype until the design is sufficient.		256
		4.4 Document final design	Finish the design portfolio.		262
Realisation	4*n	4.1 Supervising production preparation	Determine the production model, make the design production ready, do preparation for production, develop the process assembly.		309 This phase is only when there is a plan for the product.
		4.2 Supervising market preparation	Develop a marketing mix, comply to the (international) laws, create version management and distribution management.		317
		4.3 Supervising introduction and sales	Test the beta version and process the results.		323
		4.4 Design optimisation	Optimise the design, create follow-up products, continue innovating.		327

Figuur 36: Oskam described in Excel.

8.4. Zoekplan en bronnenevaluatie

8.4.1. Zoekplan

Bronnen zijn gezocht volgens het zoekplan die beschreven staat in *Tabel 15*.

Tabel 15: Steekwoorden en zoektermen welke zijn gebruikt voor het zoeken van wetenschappelijke bronnen.

Steekwoorden	Zoekterm
Ergonomisch	Ergonomics Technical ergonomics Equipment design ergonomics Ergonomic consoles Ergonomic workbenches Anthropometry ergonomics Industrial ergonomics design
Modulair	flexible production line design Modular production line Basic modular design Fundamentals of modularity Disadvantages of modularity
Logistiek & Productie	Logistieke productie optimalisatie logistics management Lean manufacturing Lean production/management 8 wastes of Lean

8.4.2. CARS-checklist (bronnenevaluatie)

De wetenschappelijke literatuur die is gebruikt voor het schrijven van het theoretisch kader is geëvalueerd en staat in *Tabel 16*.

Tabel 16: CARS-checklist

Literatuur	Credibility			Accuracy				Reasonable-ness			Support			
	Author listed?	Author credentials listed?	Has the author checked for spelling and grammatical errors?	Date of publication?	Information up to date?	Information agree's with other sources?	Information complete?	Author acknowledge all views?	Author is fair?	Is the author concerned with telling the truth?	Has the author told you why the resource was created?	Are all the sources listed?	Is the documentation supported by figures, citing of sources, facts, and statistics?	Gemiddelde score
[3]		9				9				9		7		8.50
[6]		8				9				9		7.5		8.38
[7]		9				7.5				8		9		8.38
[8]		9				8.5				8		8.5		8.50
[9]		8				7.5				9		9		8.38
[10]		8				8				8		7		7.75
[11]		9				9				10		8		9.00
[12]		8				7				9		7		7.75
[13]		9.5				8				9		8		8.63
[14]		8.5				8.5				8		8		8.25
[15]		9.5				9.5				9		9		9.25
[16]		8				9				9		9		8.75
[17]		8.5				8.5				8		8.5		8.38
[18]		9				9				9		9		9.00
[19]		9.5				8				8.5		10		9.00
[20]		8.5				8.5				9		9		8.75
[21]		8				9				8.5		7.5		8.25
[22]		9.5				9				9		10		9.38
[24]		8				9				9		8.5		8.63
[25]		9				8				9		9		8.75

8.5. Ontwerpen volgens V-model

8.5.1. Lijst met eisen

8.5.1.1. Eisen en wensen via MoSCoW en QFD

Voor het inventariseren van de klanteisen en -wensen wordt de MoSCoW-methode toegepast. Zie *Figuur 37*. De eisen en wensen van Orionis zijn weergegeven in *Tabel 17*. Deze worden later in het QFD opgenomen. In de MoSCoW-methode worden er woorden in plaats van waarden toegepast in vergelijking met een QFD. Daarom is er een onderverdeling gemaakt in score, hierbij is must have 5, should have 3 en could have 1. Op deze manier worden eisen meetbaar gemaakt. Op de volgende pagina in *Figuur 38* is het ingevulde QFD weergegeven. Deze is ingevuld doormiddel van het opstellen van de klanteisen en -wensen waarna er ontwerpeisen zijn opgesteld. Daarna is de correlatiematrix opgesteld, welke bestaat uit een beoordeling van de ontwerpeisen en de klanteisen. Hieraan is een cijfer toegekeerd van 0, 3, 6 of 9 wat een standaard is binnen de QFD. Later wordt hieruit afgeleid welke ontwerpeisen de grootste invloed hebben op de klanteisen en -wensen. Hiervoor is een nieuwe MoSCoW-beoordeling opgesteld, weergegeven op pagina 55 in *Tabel 18*.



Figuur 37: MoSCoW-methode visueel weergegeven.

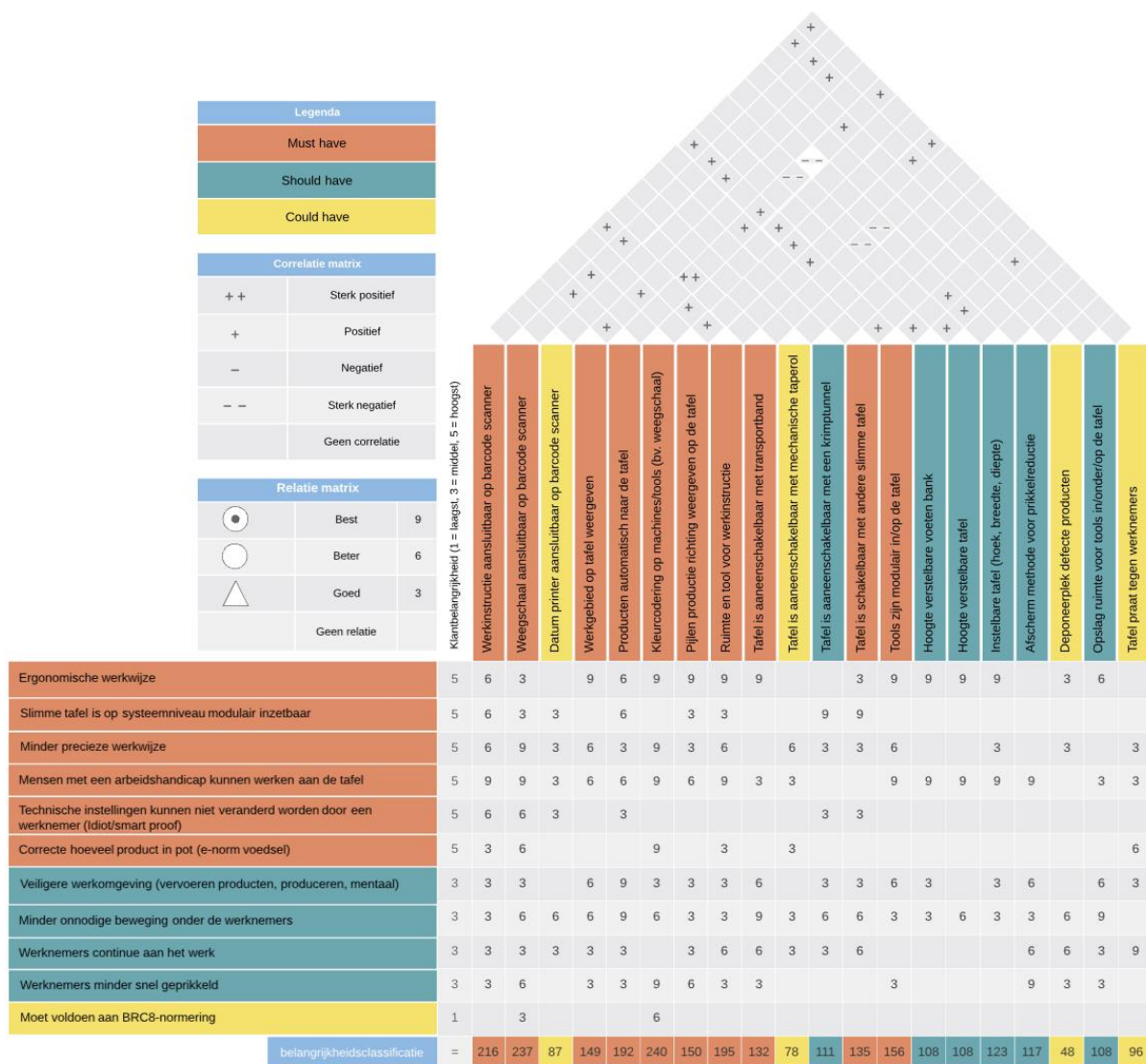
Tabel 17: MoSCoW-beoordeling voor het bepalen van klanteisen en wensen.

(Klanteisen) Eisen vanuit Orionis		
Aspect	Vereisten	Score in QFD
Must have	Ergonomische werkwijze	5
	Slimme tafel is op systeemniveau modulair inzetbaar	
	Minder precieze werkwijze	
	Mensen met een arbeidshandicap kunnen werken aan de tafel	
	Technische instellingen kunnen niet veranderd worden door een werknemer, alleen door afdelingsleiders	
	Correct hoeveelheid product in pot (e-norm voedsel)	
Should have	Veiligere werkomgeving (vervoeren producten, produceren, mentaal, afschermen bewegende delen)	3
	Minder onnodige beweging onder de werknemers	
	Werknemers continue aan het werk	
	Werknemers minder snel geprikkeld	
Could have	Moet voldoen aan BRC8-normering	1

8.5.1.2. Randvoorwaarden en opmerkingen systeemniveau

Orionis heeft enkele randvoorwaarden en opmerkingen opgesteld. De belangrijkste randvoorwaarde is dat de tafel er niet voor mag zorgen dat er medewerkers worden wegbezuinigd. De tafel is dus een ondersteunend randapparaat wat werknemers gebruiken om efficiënter te werken. Daarnaast moet de tafel in de lift of door het trappenhuis passen omdat 3 van de 4 afdelingen zich bevinden op de eerste verdieping. De tafel of onderdelen van de tafel mogen dus nooit groter zijn dan de lift of trappenhuis.

8.5.1.3. QFD – House of Quality matrix



Figuur 38: House of Quality ingevuld met de klantwensen en -wensen van Orionis en technische eisen, met de bijbehorende ingevulde correlatie- en relatiematrix.

Het QFD, anders genoemd, House of Quality, wordt opgebouwd door normeringen. Zou zijn de getallen 3, 6 en 9 standaarden die meestal gebruikt worden in deze methode. De getallen 1,3 en 5 worden meestal gebruikt voor de klantbelangrijkheid. Dit is de waarde die de klant koppelt aan de eis of wens. In dit geval komt deze score uit de MoSCoW-tabel. De QFD wordt samen ingevuld met collega's of werknemers van het bedrijf waarvoor het project wordt uitgevoerd. Dit is dan ook gedaan. Voor het invullen van deze QFD is er sprake met een manager, een business controller en drie teamleiders.

8.5.1.4. Technische eisen slimme tafel prototype

De technische eisen zijn eigenlijk technische functies welke de slimme tafel kan hebben om de klant eisen en wensen te kunnen voltooien. Niet elke eis hoeft in een eerste prototype terug te komen, zolang de klanteisen en wensen maar worden voltooid. Dit wordt gemeten door het uitvoeren van de systeem test. Tabel 18 geeft de technische eisen nogmaals weer vanuit het QFD, nu opgesteld in een MoSCoW-tabel. Door te spreken met collega's en werknemers van Orionis kwam aan het licht dat technische eisen met een score van 130 of hoger vallen onder de Must have categorie, technische eisen met een score tussen de 100 en 130 vallen binnen Should have, en technische eisen met een score onder de 100 vallen onder Could have.

Tabel 18: MoSCoW-beoordeling voor de ontwerpeisen, eisen met een QFD-score van 130 of hoger zijn beoordeeld als Must have, tussen 100 en 130 als Should have en onder 100 als Could have.

Technische eisen verkregen vanuit QFD beoordeeld d.m.v. MoSCoW			
Aspect	Onderdeel	Eis uit QFD	Score uit QFD
Must have		Werkinstructie aansluitbaar op de barcodescanner	216
		Weegschaal aansluitbaar op de barcodescanner	237
		Werkgebied op tafel weergeven	149
		Producten automatisch naar de tafel	192
		Kleurcodering op machines/tools	240
		Pijlen productie richting weergeven op de tafel	150
		Ruimte en tool voor werkinstructie	195
		Tafel is schakelbaar met transportband	132
		Tafel is schakelbaar met andere slimme tafels	135
		Tools zijn modulair in/op de tafel	156
Should have		Tafel is schakelbaar met mechanische tape rol	78
		Tafel is schakelbaar met een krimptunnel	111
		Hoogte verstelbare voetenbank	108
		Hoogte verstelbare tafel	108
		Instelbare tafel (hoek, diepte, breedte)	123
		Instelbare tafel (hoogte, hoek, afstanden tot tools)	123
		Afscherm methode voor prikkelreductie	117
		Opslagruimte voor tools in/onder/op de tafel	108
Could have		Deponeerplek defecte producten	48
		Opslagruimte voor tools in/onder/op de tafel	66
		Tafel praat tegen werknemers	96

8.5.2. Functies

8.5.2.1. Mindmap

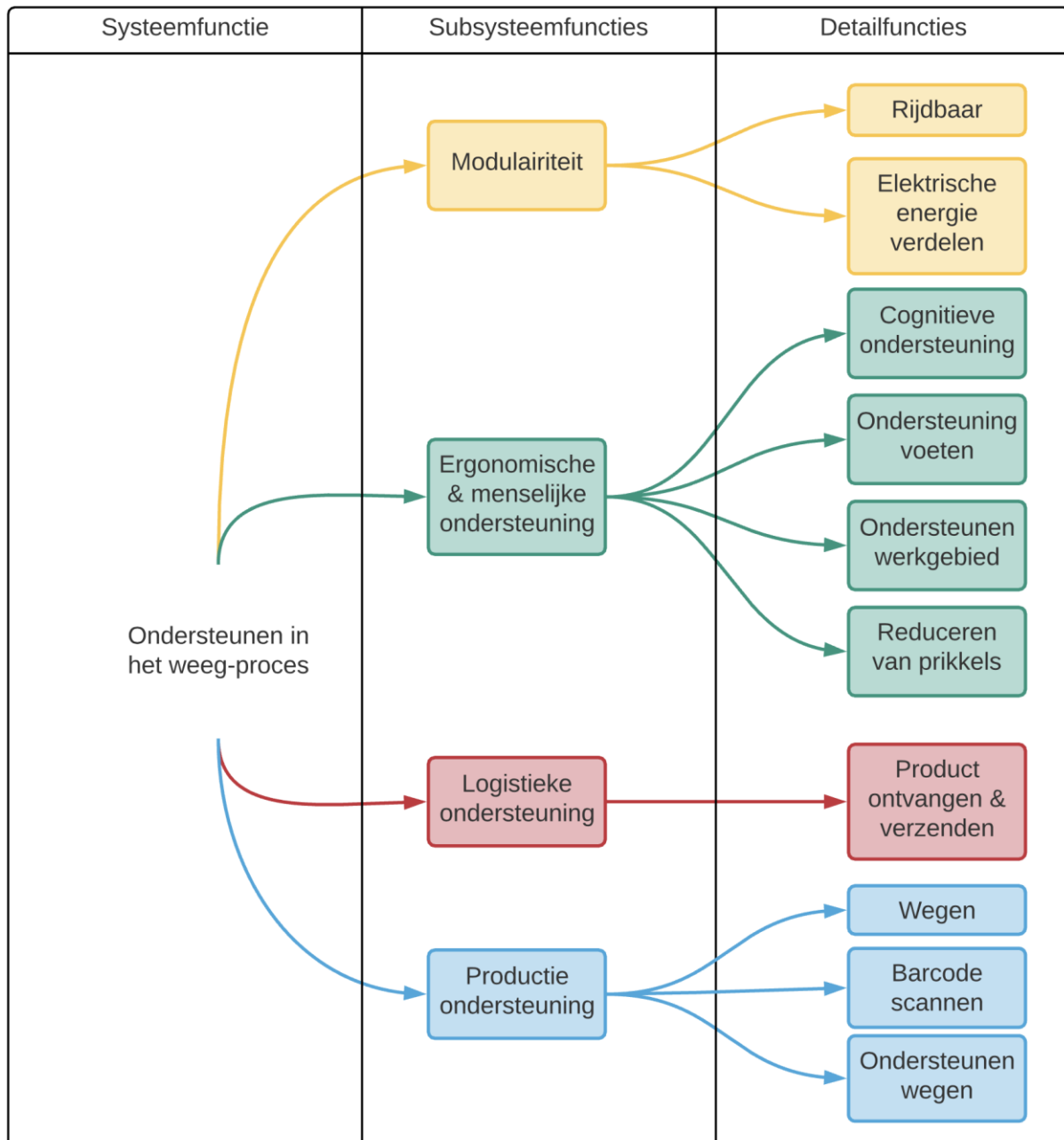
Voor het correct formuleren en inventariseren van functies en systemen voor de functieboom en systeemboom die gemaakt moeten worden is er eerst een mindmap gemaakt. Deze mind map geeft ondersteuning in het duidelijk opschrijven en formuleren van de functies en systemen binnen de slimme tafel. Zie *Figuur 39* voor de mindmap.



Figuur 39: De mindmap die ondersteuning biedt in het opstellen van de functie- en systeemboom.

8.5.2.2. Functieboom

Voordat er een totaalsysteem ontworpen wordt is er eerst een functieboom en systeemboom opgesteld. De functieboom is weergegeven in *Figuur 40*, de systeemboom welke een vervolg is op de functieboom is weergegeven op de volgende pagina in *Figuur 41*. De functieboom maakt visueel duidelijk welke functie de tafel heeft (systeemfunctie). De tafel bestaat uit verschillende subsystemen, deze dragen bij aan de systeemfunctie die de tafel op het hoogste niveau moet kunnen uitvoeren (subsystemfuncties). Om de verschillende subsystemfuncties te kunnen voltooien zijn er detailfuncties opgesteld, deze worden uiteindelijk voltooid door de componenten waarmee de gehele tafel is gebouwd. In *Figuur 40* zijn dit functies, in *Figuur 41* zijn deze opgesplitst in componenten die benodigd zijn om dat resultaat te behalen.

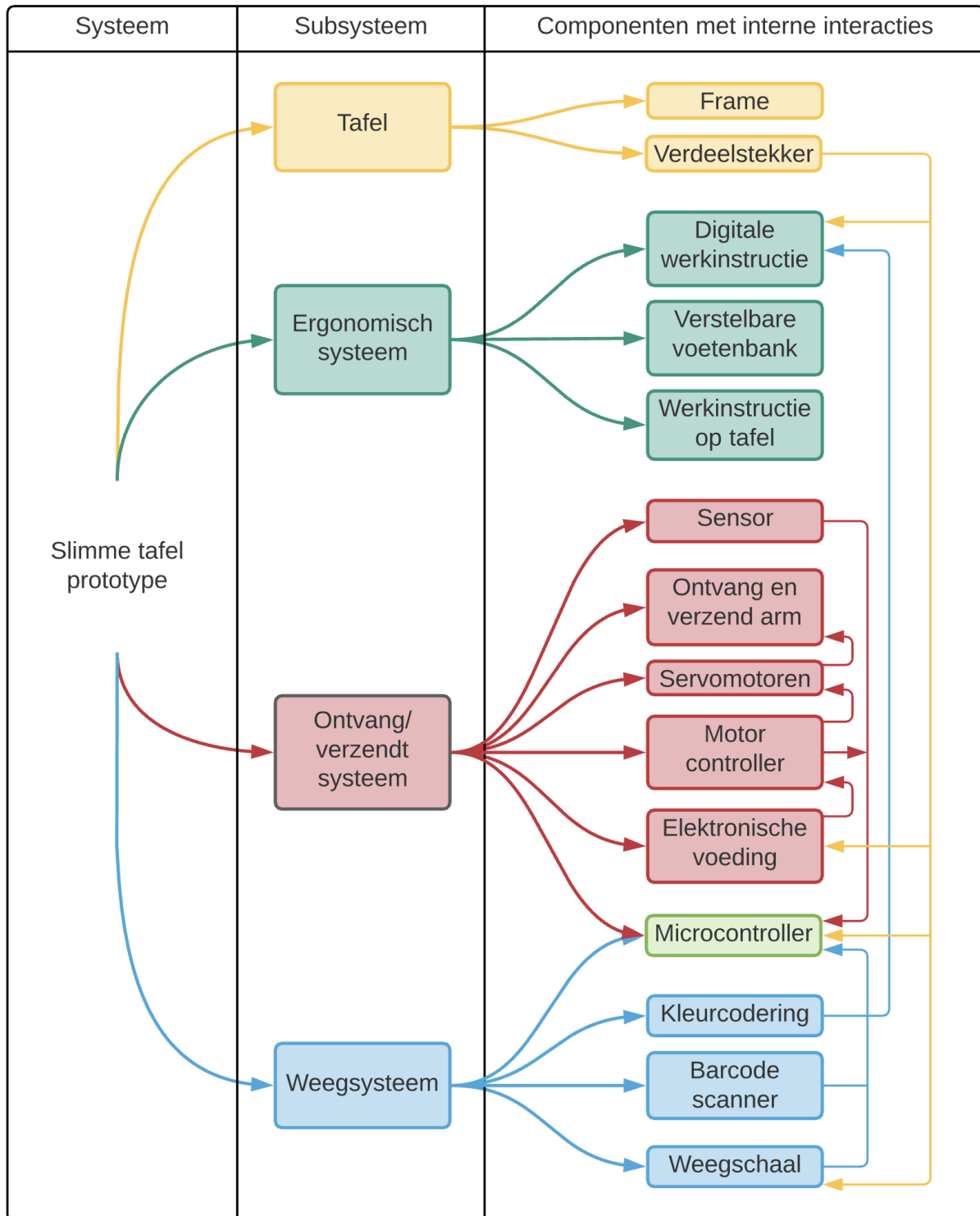


Figuur 40: Functieboom voor de slimme tafel prototype.

(De functieboom hoeft niet helemaal terug te komen in een uiteindelijk ontwerp, soms vallen er functies af die minder vitaal zijn, soms komen er functies bij die over het hoofd gezien zijn)

8.5.2.3. Systeemboom

Zoals in de vorige paragraaf is beschreven is dit de systeemboom. In deze boom wordt er op een andere manier naar het systeem gekeken. Vanuit dit perspectief wordt de vlucht genomen om het systeem, de subsystemen en componenten al duidelijk te beschrijven zoals ze moeten worden. Dit geeft een voorsprong op de volgende ontwerp, subsysteem ontwerp, omdat hier de verschillende subsystemen al uit elkaar zijn gezet welke daarna direct gebruikt kunnen worden in de *Subsysteem verdeling* & *Componenten verdeling*.



Figuur 41: Systeemboom voor de slimme tafel prototype.

8.5.3. Analyse huidige systeem

Alle processen binnen Orionis op de afdeling V1, V2, V3 en V4 worden uitgevoerd aan een vergrote standaard school tafel. Soms wordt alleen de opstelling veranderd. Voor een tel-proces betekent dit dat er genoeg ruimte is en voor de rest eigenlijk niets is benodigd. Voor een weeg-proces moet er ten eerste al een plek zijn voor de weegschaal en deze moet dan ook nog eens worden aangesloten op elektrische energie. Er liggen dan overal stekkerdozen over de werkvloer. Deze opdracht gaat over het weegproces, bij het ontwerpen moet daar rekening mee gehouden worden.

Het uitwerken van het huidige systeem is voor een groot gedeelte al gedaan in het theoretisch kader. Dit onderdeel is alleen een aanvulling daarop, inmiddels zijn er meer aspecten aan het licht gekomen welke belangrijk zijn voor het proces. Zoals stekkerdozen die benodigd zijn, of potten die gevuld moeten worden volgens een e-norm en de BRC8-normering waaraan officieel voldaan moet worden. Voornamelijk is informatie in dit gedeelte verkregen door het spreken en overleggen met medewerkers.

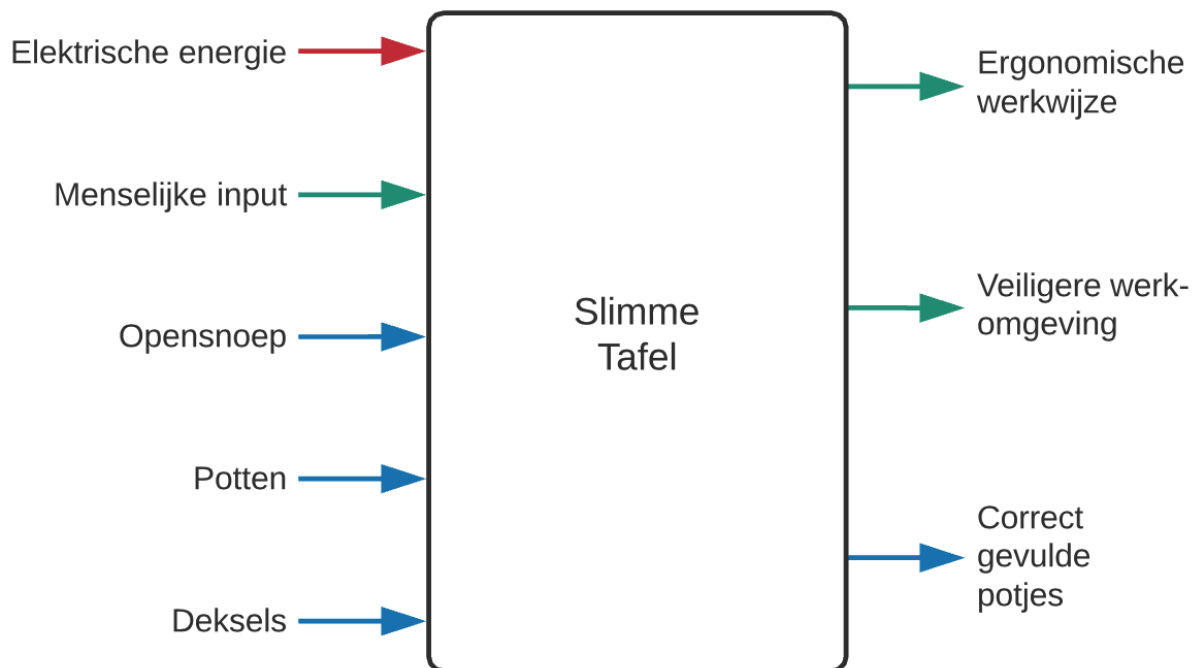
Na het spreken kwamen de volgende extra onderdelen nog naar boven.

- De e-norm op de potten geeft aan dat deze gevuld zijn met een bepaalde afwijking. Het is logisch dat een pot niet perfect afgewogen kan worden op het gewicht. Bij een e-norm geldt dat er een bepaalde afwijking naar boven of onder op mag zitten. Een gewicht zonder e-norm zal altijd boven het aangegeven gewicht moeten zitten.
- Toen er gevraagd werd aan teamleiders van de afdelingen of een rijdbare tafel fijn zou zijn reageerde elke teamleider verrassend positief. *“Ja een verrijdbare tafel zou perfect zijn, dan hoeven we niet zoveel te tillen en is een steek-/pompwagen ook niet meer nodig.”* Dit bleek een uitspraak die vaker voorkwam.
- Vaak mist er een goede til-hulp, werknemers met een WSW-indicatie kunnen niet altijd tillen en wanneer ze kunnen tillen hebben ze vaak niet de kracht om dat de hele dag te doen.
- Na de vraag of in een treintje werken een handige keuze is werd het antwoord gegeven dat de langzaamste dan heel het proces tegenhoudt. Zoals een teamleider zei, *“Normaal verwacht je dat de snelste het tempo omhooghaalt, dat is hier bij Orionis omgedraaid, de langzaamste bepaalt het tempo.”* Het blijkt dus dat in een treintje werken eigenlijk helemaal niet zo goed werkt.
- Omtrent de BRC8-normering, teamleiders geven aan dat het wel van belang is, maar voor een eerste prototype was de tip om niet te veel in de boeken te duiken over de normering. Denk gewoon met volle verstand na, kan het schoon te maken zijn, zijn er lastige plekken, zijn er scherpe randen, kunnen er houtsplinters of meten delen in producten vallen, is er kabelgoot die vol kan vallen met product, etc. Voor een eerste prototype moet er dus rekening gehouden worden met deze onderdelen.
- Zorg ervoor dat kleine deelprocessen aan de tafel zichzelf kunnen afspelen, zoals het vullen van potten, wegen ervan, tellen van product, instructie ervan, een tool op de tafel om te ondersteunen etc. Maar grotere batch processen zoals het krimpen van plastic, het printen van een datum of het dicht plakken van een doos met een mechanische tape-rol kunnen beter op het einde uitgevoerd worden. Tevens wordt dit ook gedaan door iemand die dergelijke productiewerkzaamheden al vaker heeft gedaan, het zou lastig zijn voor meer gehandicapte werknemers om dat te kunnen uitvoeren.
- Vanuit een teamleider bij V4, de afdeling die geen opensnoep verpakt, werd aangegeven dat het eigenlijk fijn is om bijvoorbeeld een bak in de tafel te hebben om product in te doen zoals schroeven, of om een mal te kunnen monteren op of aan de tafel of een mogelijk om dingen aan de tafel te hangen. Daarbij ontcrachte de teamleider zichzelf direct en zei, *“soms hebben we puzzels en dan wil je een vlakke tafel hebben, dus dat gat en de andere genoemde aspecten komen dan weer te vervallen”*. De teamleider dacht niet na over een oplossing, zoals een methode om dat gat dan af te dichten, of de tool modulair te maken, dit werd aangegeven en de teamleider antwoorde met, *“Dat is best een slim idee, dat zou fijn zijn inderdaad”*.

De vorige genoemde onderdelen die nog niet eerder of volledig terugkwamen in het theoretisch kader zijn van belang binnen het ontwerpen van de tafel. Bijvoorbeeld het gebruik van een stekkerdoos of wielen onder een tafel kunnen makkelijk over het hoofd gezien worden. Als dit vanaf het begin of voor het ontwerpen duidelijk is kan daar makkelijk rekening mee gehouden worden. Dit zijn tevens componenten die in de component fase terugkomen, wanneer uiteindelijk daar een start gemaakt wordt kunnen dergelijke kleine dingen alweer vergeten zijn.

8.5.4. Systeem omschrijving

Voor de slimme tafel die ontworpen moet worden is er eerst een simpel blackbox systeem getekend, zie *Figuur 42*. Hierin zijn 5 inputs en 3 outputs in weergegeven. Dit zijn de uiteindelijke inputs en outputs van het totale systeem. In het systeem testplan worden variabelen weergegeven welke een relatie hebben met de outputs van de slimme tafel. De 3 outputs van de slimme tafel is een samenvatting van die variabelen.



Figuur 42: Blackbox systeem voor de slimme tafel prototype.

8.5.5. Systeem testplan

Doelstelling

De doelstelling van de systeem test is het minimaal voltooien van 8 gecombineerde Must have en Should have welke gesteld zijn in *Eisen en wensen*, het kopje variabelen geeft dit nogmaals weer.

Hypothese

Wanneer een werknemer met een arbeidshandicap plaats neemt aan de tafel en zijn werkzaamheden gaat uitvoeren, dan worden deze efficiënter en veiliger uitgevoerd dan voorheen.

Variabelen

Variabelen zijn moeilijk te meten, vanwege het feit dat werknemers een arbeidshandicap hebben en elk mens binnen Orionis anders is, er kan gesteld worden dat er meer snoep gebruikt wordt of dat er meer potjes worden geproduceerd in vergelijking met het oude proces. Dit zou een foute vergelijking zijn omdat er aan het begin van het onderzoek niet goed gemeten kon worden aan het productieproces. Daarom is er gekozen voor een kwalitatief onderzoek.

Tabel 19: Variabelen van het systeem welke getest worden.

Variabelen waarop getest wordt	Meer of minder dan oude systeem
Ergonomische werkwijze	Meer/minder
Precisie bij de werknemers	Meer/minder
Compatible voor werknemers	Meer/minder
Slimme tafel prototype is modulair inzetbaar	Ja/nee
Technische instellingen worden veranderd (bijvoorbeeld een weeg-schaal)	Meer/minder
Correct gevulde potten zonder defecten/derving	Meer/minder
Werkomgeving is veiliger	Meer/minder
Werknemer bewegen onnodig	Meer/minder
Werknemers zijn continue aan het werk	Meer/minder
Werknemers zijn minder snel geprikkeld	Meer/minder

Tools

- Een slimme tafel prototype
- Videocamera of telefoon met filmfunctie voor het vastleggen van de test
- Vrijwillige medewerkers die deelnemen aan de test
- Managers of teamleiders welke observeren

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

1. Sluit de slimme tafel aan op een toepasselijke plek voor een bepaalde test;
2. Stel eventueel zelf de slimme tafel eerst in als een werknemer dit zelf nog niet kan;
3. Doe zelf een korte test, of bv. de barcode scanner, weegschaal e.d. goed werken;
4. Vraag of er werknemers geïnteresseerd zijn, laat al deze mensen eerst wennen aan de tafel (allemaal nieuwe informatie en prikkels voor de mensen, doe het rustig aan)
5. Probeer één werknemer te selecteren die eraan wilt of durft te werken (let op: deze persoon zit dan waarschijnlijk wel een beetje alleen, zorg ervoor dat die persoon dat niet erg vindt, zodat de werknemer niet elke keer van zijn plek gaat, in ieder geval niet vaker dan gemiddeld).
6. Observeer of desnoods film de werknemer (als die persoon dat goedkeurt), waarna die wordt vastgelegd;
7. Probeer de lijst van variabelen in te vullen, dit kan onder de observatie, wanneer er gefilmd is, probeer dit dan over een langere periode te observeren en over de lange periode een objectief antwoord in te vullen;
8. Vraag uit eindelijk wat de medewerker of testpersoon van de tafel vond, neem dit mee in de antwoorden van de variabelen;
9. Vergelijk uiteindelijk de verwachte resultaten met de observatie die is uitgevoerd, komt dit overeen dan is de doelstelling van deze test behaald.

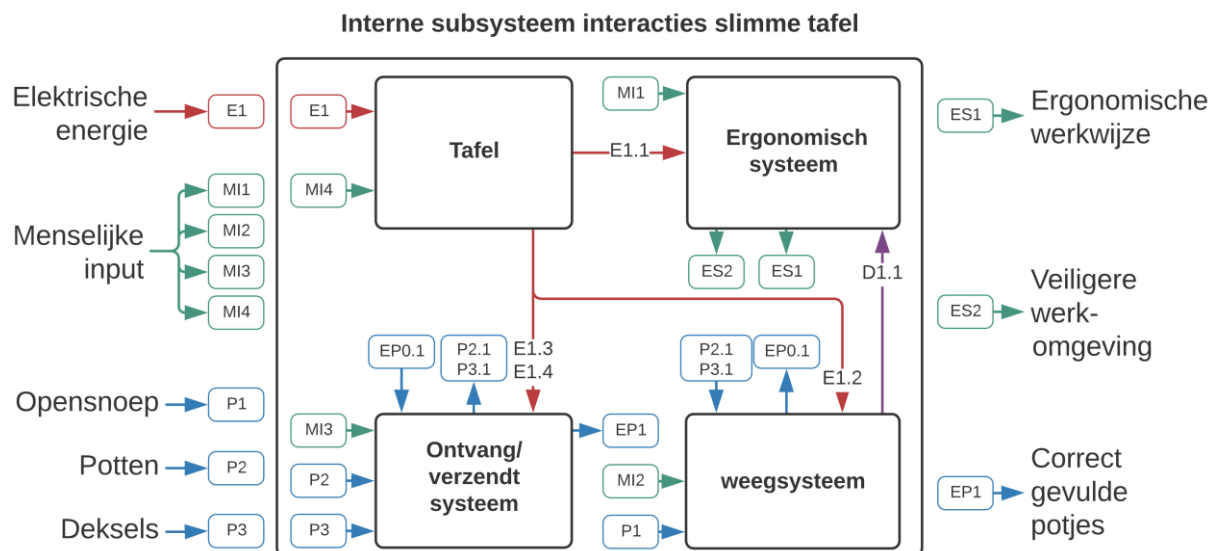
Verwachte resultaten

8 van de 10 variabelen worden ondervonden als positief of een verbetering op het oude systeem.

8.5.6. Substelsysteem verdeling

8.5.6.1. Interne & externe interacties van subsystemen

Figuur 42 uit paragraaf 8.5.4 gaf op systeemniveau de inputs en outputs weer. Dit was opgesteld als blackbox model. Het systeemniveau kan opgesplitst worden in subsystemen. In *Figuur 43* zijn de verschillende subsystemen visueel weergegeven welke binnen het systeem slimme tafel voorkomen. Deze zijn afgeleid van de systeemboom weergegeven in *Figuur 41*.



Figuur 43: Subsystemen binnen het systeemniveau slimme tafel.

8.5.6.2. Randvoorwaarden en opmerking subsystemniveau

Na het ontwerpen van de systeem verdeling kwamen er nieuwe randvoorwaarden per subsystem aan het licht. Deze zijn in *Tabel 20* weergegeven.

Tabel 20: Variabelen van het systeem welke getest moeten worden.

Tafel
Er is ruimte voor ergonomische randapparatuur
Tafel past (in zijn geheel/in onderdelen) in de lift of door het trappenhuis
Tafel is modulair op te bouwen
Ergonomisch systeem
Er wordt rekening gehouden met kleurenblindheid
Op verschillende manier wordt er een soort ondersteuning geboden (bijvoorbeeld pijlen en nummers voor proces stappen)
Er wordt rekening gehouden met antropometrische afmetingen van de mens
Weegsysteem
Weegproces is niet volledig geautomatiseerd, werknemer moet zelf nog handelingen uitvoeren
Ontvang/verzendt systeem
OVS is niet volledig geautomatiseerd, werknemer moet zelf nog handelingen uitvoeren
Er wordt of opensnoep of potten & deksels automatisch aan de slimme tafel geleverd, maar niet allebei

8.5.7. Substelsiem beskrywing

Het totale stelsiem heeft 4 substelsiemen zoals getoonde wordte in *Figuur 43*. Deze vier substelsiemen voeren per stuk allemaal een eigen functie uit. Sommige substelsiemen hebben een menselijke input nodig. Wanneer dit het geval is, betekende dit dat het substelsiem een ondersteuning is van de mens. In tabel *Tabel 22* zijn de substelsiemen beskrywen, respectievelijk met de afkorting die gebruikte zal wordte in de toekomst. *Tabel 21* geeft de inputs, outputs en acties per input of output weergegeven. Normaal gesproken zouden er in de tabellen ook limieten wordte weergegeven. Zoals beskrywen in het theoretische kader in *Uiteenzetting huidige proces* is het vrijwel onmogelijk om procestijden en hoeveelheden te meten op de afdelingen. Dit is de reden dat er geen limieten zijn meegenomen in de tabellen.

Tabel 22: Beknopte omskrywing substelsiemen en respectievelijk hun afkortingen.

Substelsiem	Naam	Afkortingen	Beknopte beskrywing
1	Tafel	T/S	De tafel is de basis van heel het stelsiem, dit wordte zo modulair mogelijk ontworpen. Aan de tafel komt de verschillende randapparatuur gekoppeld
2	Ergonomisch stelsiem	ES	Het ergonomisch stelsiem zorgt ervoor dat de werknemers ergonomisch werken. Dit heeft vooral te maken instructies en werkhoudingen.
3	Weegsstelsiem	WS	Het weegsstelsiem is in de essentie het kern proces. Uiteindelijk is het doel een correct gevulde pot te ontvange als output. Het weegsstelsiem zorgt ervoor dat de pot correct gevuld wordte.
4	Ontvang/verzende stelsiem	OVS	De ontvang/verzende stelsiem zorgt ervoor dat werknemers minder onnodige bewegingen moeten uitvoeren. Hoewel het niet de volledige logistieke werkzaamheden vervangte ondersteunde het wel bij logistieke werkzaamheden. Dit zorgt indirect voor een veiligere werkomgeving.

Tabel 21: Inputs en outputs van de verschillende substelsiemen met de eenheid en actie respectievelijk weergegeven.

Substelsiem	Input & output	Actie	Limiet	Eenheid
T/S	E1	Ontvange elektrische energie	230	[VAC]
	MI4	Rijden en aaneenschakelen	-	[Voelen]
	E1.1	Verzende elektrische energie	230	[VAC]
	E1.2	Verzende elektrische energie	230	[VAC]
	E1.3	Verzende elektrische energie	230	[VAC]
	E1.4	Verzende elektrische energie	230	[VAC]
ES	E1.1	Ontvange elektrische energie	230	[VAC]
	MI1	Ondersteunen van werknemer	-	[Zien]
	D1.1	Data ontvange	-	-
	ES1	Bijdrage leveren aan gezondheid werknemer	-	-
	ES2	Bijdrage leveren aan veilige werkomgeving	-	-
WS	E1.2	Ontvange elektrische energie	230	[VAC]
	MI2	Mens pakt, weegt, en geeft pot terug	-	[Zien, Voelen]
	P1	Mens ontvange opensnoep	-	[Gram]
	EP0.1	Mens geeft eindproduct terug	-	[Aantal]
	P2.1; P3.1	Ontvange van potten en deksels	-	[Aantal]
OVS	P2	Ontvange van potten	-	[Aantal]
	P3	Ontvange van Deksels	-	[Aantal]
	MI3	Mens pakt zelf producten aan	-	[Voelen]
	EP0.1	Ontvange van halffabricaat	-	[Aantal]
	E1.3; E1.4	Ontvange elektrische energie	230	[VAC]
	EP1	Ontvange van correct gevuld pot	-	[Aantal]
	P2; P3	Verzende potten en deksels	-	[Aantal]

8.5.8. Substelsiem test plannen

8.5.8.1. Substelsiem testplan Tafel

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, met daarbij het checken of er wordt voldaan aan de randvoorwaarden, zie *Tabel 20*, van dit subsysteem.

Hypothese

Wanneer dit subsysteem getest wordt blijkt uit de resultaten dat de variabelen en acties die beschreven zijn in *Tabel 21* voltooid zijn, met daarbij de gestelde randvoorwaarde uit de doelstelling.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 23*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 23: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Tafel waarop getest wordt.

Variabelen waarop getest wordt	Getest met positief resultaat
E1: Ontvangen elektrische energie	Ja/nee
M14: Rijden en aaneenschakelen	Ja/nee
E1.1: Verzenden van elektrische energie	Ja/nee
E1.2: Verzenden van elektrische energie	Ja/nee
E1.3: Verzenden van elektrische energie	Ja/nee
E1.4: Verzenden van elektrische energie	Ja/nee
Randvoorwaarden	Getest met positief resultaat
Er is ruimte voor ergonomische randapparatuur	Ja/nee
Tafel past (heel/gedeeltelijk) in de lift of door het trappenhuis	Ja/nee
Tafel is modulair op te bouwen	Ja/nee
Er wordt rekening gehouden met antropometrische afmetingen van de mens	Ja/nee

Tools

- Digitale multimeter
- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten
- Ergonomische ondersteunende middelen (dit zijn onderdelen van subsysteem ES)

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

Variabelen testen

1. Zet het frame van de tafel in elkaar volgens de bouwtekening die is weergegeven in *Figuur 70*, pagina 109;
2. Sluit de Tafel aan op elektrische energie (stopcontact of krachtstroom);
3. Test de uitgangen of contacten waaruit elektrische energie moet komen met een multimeter of met een apparaat wat stroom nodig heeft;
4. Probeer de tafel te verrijden en te schakelen met een lopende band.
5. Leg het resultaat vast.

Randvoorwaarden checken

1. Is de tafel modulair op te bouwen, dit is al geobserveerd in het testen van de variabelen;
2. Rijd de tafel naar de lift toe;
3. Observeer of de tafel in de lift past;
4. Check of er ruimte op de tafel is voor de ergonomische randapparatuur;
5. Check of de afmeting van de tafel voor werknemers juist is;
6. Leg het resultaat vast.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.8.2. Substelsiem testplan Ergonomisch systeem

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, met daarbij het checken of er wordt voldaan aan de randvoorwaarde, zie *Tabel 20*,n van dit subsysteem.

Hypothese

Wanneer dit subsysteem getest wordt blijkt uit de resultaten dat de variabelen en acties die beschreven zijn in *Tabel 21* voltooid zijn, met daarbij de gestelde randvoorwaarde uit de doelstelling.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 24*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 24: Variabelen van het subsysteem Ergonomisch systeem waarop getest wordt.

Variabelen waarop getest wordt	Getest met positief resultaat
E1.1: Ontvangen elektrische energie	Ja/nee
MI1: Ondersteunen van medewerker	Ja/nee
D1: Data ontvangen/verzenden van/naar het weegsysteem	Ja/nee
ES1: Bijdrage leveren aan gezondheid werknemer	Ja/nee
ES2: Bijdrage leveren aan veiligere werkomgeving	Ja/nee
Randvoorwaarden	Getest met positief resultaat
Er wordt rekening gehouden met kleurenblindheid	Ja/nee
Op verschillende manier wordt er een soort ondersteuning geboden (bijvoorbeeld pijlen en nummers voor proces stappen)	Ja/nee
Er wordt rekening gehouden met antropometrische afmetingen van de mens	Ja/nee

Tools

- Test opstelling voor het invoeren van data (Raspberry pi of arduino met een laptop waarop de correcte software voor deze microcontrollers op is geïnstalleerd);
- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- Tafel (geen slimme tafel) waarop het ergonomische systeem geplaatst kan worden om te testen;

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

Variabelen testen

1. Plaats het ergonomisch systeem op de tafel (vorige subsysteem);
2. Sluit het elektrische systeem aan;
3. Sluit de Raspberry Pi aan op het display;
4. Start het programma Thonny op;
5. Open en start het programma WS met OVS;
6. Wanneer het programma opstart moet er een barcode gescand worden, scan de barcode van een pot babbelaars;
7. Komt er een werkinstructie en kleurcodering op het scherm, dan is deze test gereed.
8. Leg het resultaat vast.

Randvoorwaarden checken

1. Check de kleuren welke gebruikt zijn voor indicaties of ondersteuning;
2. Check of er andere methoden dan kleur gebruikt zijn (bijvoorbeeld vormen of symbolen);
3. Check of de werkvelden op de tafel correct zijn voor werknemers;
4. Check of de voetenbank goed ingesteld kan worden;
5. Leg het resultaat vast.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.8.3. Substelsiem testplan Weegstelsiem

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, met daarbij het checken of er wordt voldaan aan de randvoorwaarden, zie *Tabel 20*, van dit subsysteem.

Hypothese

Wanneer dit subsysteem getest wordt blijkt uit de resultaten dat de variabelen en acties die beschreven zijn in *Tabel 21* voltooid zijn, met daarbij de gestelde randvoorwaarde uit de doelstelling.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 25*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 25: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Weegstelsiem waarop getest wordt.

Variabelen waarop getest wordt	Getest met positief resultaat
E1.2: Ontvangen elektrische energie	Ja/nee
MI2: Mens pakt, weegt en geeft pot terug	Ja/nee
P1: Mens ontvangt opensnoep	Ja/nee
EP0.1: Mens geeft eindproduct terug	Ja/nee
P2.1; P3.1: Ontvangen van potten en deksels	Ja/nee
E1.2: Ontvangen elektrische energie	Ja/nee
Randvoorwaarden	Getest met positief resultaat
Weegproces is niet volledig geautomatiseerd, werknemer moet zelf nog handelingen uitvoeren	Ja/nee

Tools

- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- Tafel welke gebruikt kan worden om dit subsysteem te testen;
- Ergonomische ondersteunende middelen (dit zijn onderdelen van subsysteem ES);

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

Variabelen testen

1. Plaats het subsysteem op de tafel;
2. Zorg ervoor dat er genoeg opensnoep, potten en deksel op de tafel staan;
3. Haal een pot langs de barcode scanner;
4. Zet de pot op de weegschaal;
5. Vul de pot;
6. Observeer wat de kleurcodering doet;
7. Doe het deksel op de pot als deze correct gevuld is;
8. Geef de pot door (zet deze aan de andere kant van de tafel);
9. Leg resultaten vast.

Randvoorwaarden checken

1. Ga verder met deze check direct na het checken van de variabelen;
2. Check of de werknemer genoeg zelf kan uitvoeren aan de tafel;
3. Leg resultaten vast.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.8.4. Substelsiem testplan Ontvang/verzendt stelsiem

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, met daarbij het checken of er wordt voldaan aan de randvoorwaarden, zie *Tabel 20*, van dit subsysteem.

Hypothese

Wanneer dit subsysteem getest wordt blijkt uit de resultaten dat de variabelen en acties die beschreven zijn in *Tabel 21* voltooid zijn, met daarbij de gestelde randvoorwaarde uit de doelstelling.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 26*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 26: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Ontvang/verzendt systeem waarop getest wordt.

Variabelen waarop getest wordt	Getest met positief resultaat
P2: Ontvangen van potten	Ja/nee
P3: Ontvangen van Dekfels	Ja/nee
MI3: Mens haalt zelf opensnoep of potten/dekfels	Ja/nee
EP0.1: Ontvangen van eindproduct	Ja/nee
E1.3; E1.4: Ontvangen elektrische energie	Ja/nee
EP1: Ontvangen van correct gevuld pot	Ja/nee
P2; P3: Verzenden van opensnoep, potten en dekfels	Ja/nee
Randvoorwaarden	Getest met positief resultaat
OVS is niet volledig geautomatiseerd, werknemer moet zelf nog handelingen uitvoeren	Ja/nee
Er wordt of opensnoep of potten & dekfels automatisch aan de slimme tafel geleverd, maar niet allebei	Ja/nee

Tools

- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- Voor de test van dit subsysteem is het tafel subsysteem benodigd;

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

Variabelen testen

1. Monteer het OVS-systeem aan de tafel;
2. Sluit deze aan op de Raspberry Pi;
3. Start het programma Thonny opnieuw op;
4. Open het programma WSmetsOVS;
5. Start de software;
6. Observeer of de ontvangarm draait;
7. Zet daarna een potje voor de verzendarm;
8. Observeer of dit potje wordt weggezet en of de ontvang arm daarna opnieuw draaid.
9. Leg de resultaten vast.

Randvoorwaarden checken

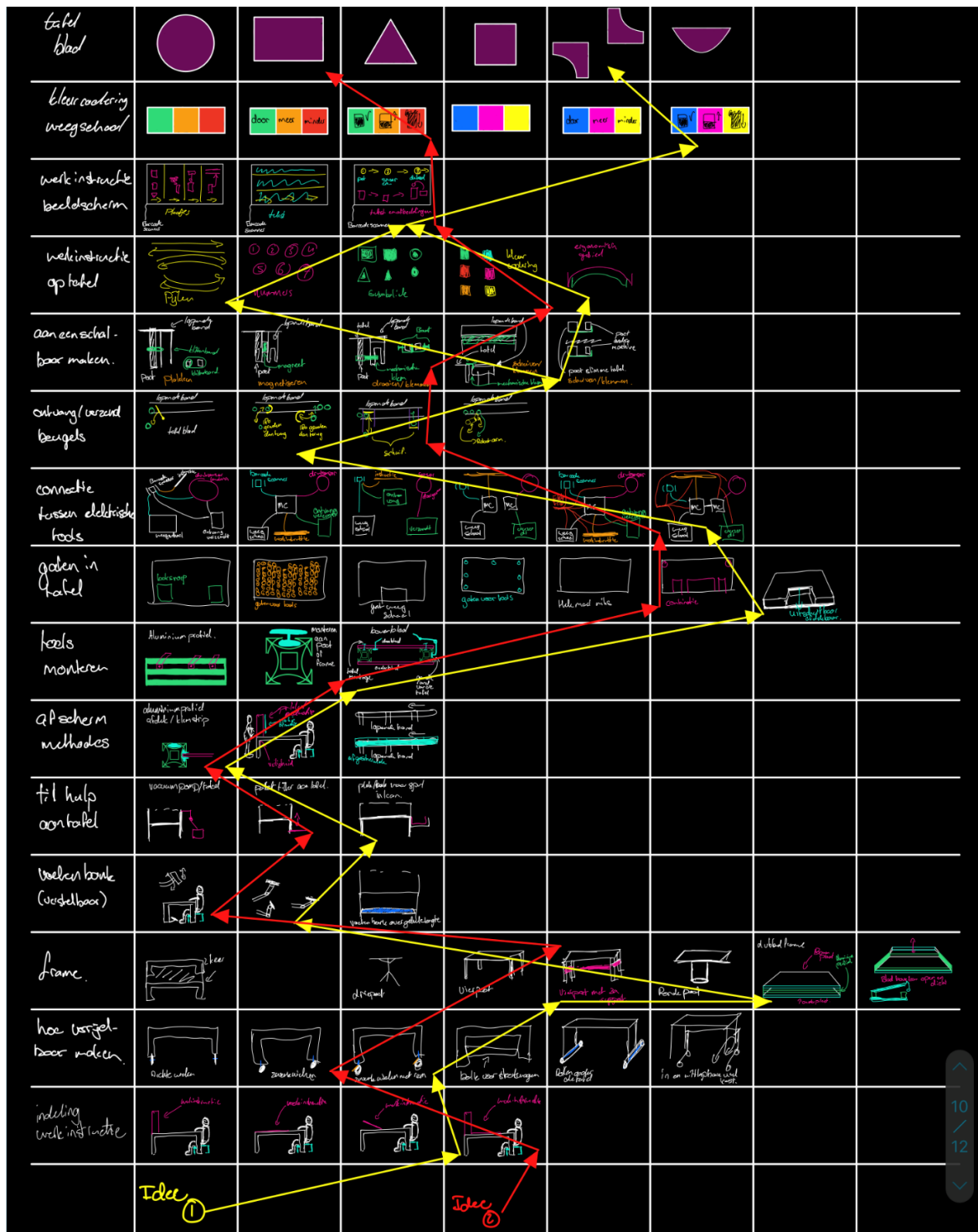
1. De eerste en tweede randvoorwaarden zijn met elkaar verbonden, deze randvoorwaarden worden automatisch nageleefd en worden bij een eerste ontwerp door de teamleider ingesteld.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.9. Ontwerp tools voor componenten keuze

8.5.9.1. Morfologisch overzicht



Figuur 44: Morfologische overzicht waaruit twee ideeën zijn geconfigureerd.

Vanuit het morfologisch overzicht zijn twee ideeën geconfigureerd. Deze ideeën verschillen niet veel met elkaar. De grootste verschillende zijn de tafels, de methode van de tafel schakelen en hoe er producten worden ontvangen en verzonden vanaf de tafel. De twee ideeën worden uitgewerkt en geschetst in de creatieve sessie op de volgende pagina's. **Het eindmodel kan er anders uitzien omdat het morfologisch overzicht alleen gebruikt is om ideeën op te doen niet om scores te verbinden aan technische ontwerpen, dit is al gedaan in de MoSCoW-tabellen en het QFD.**

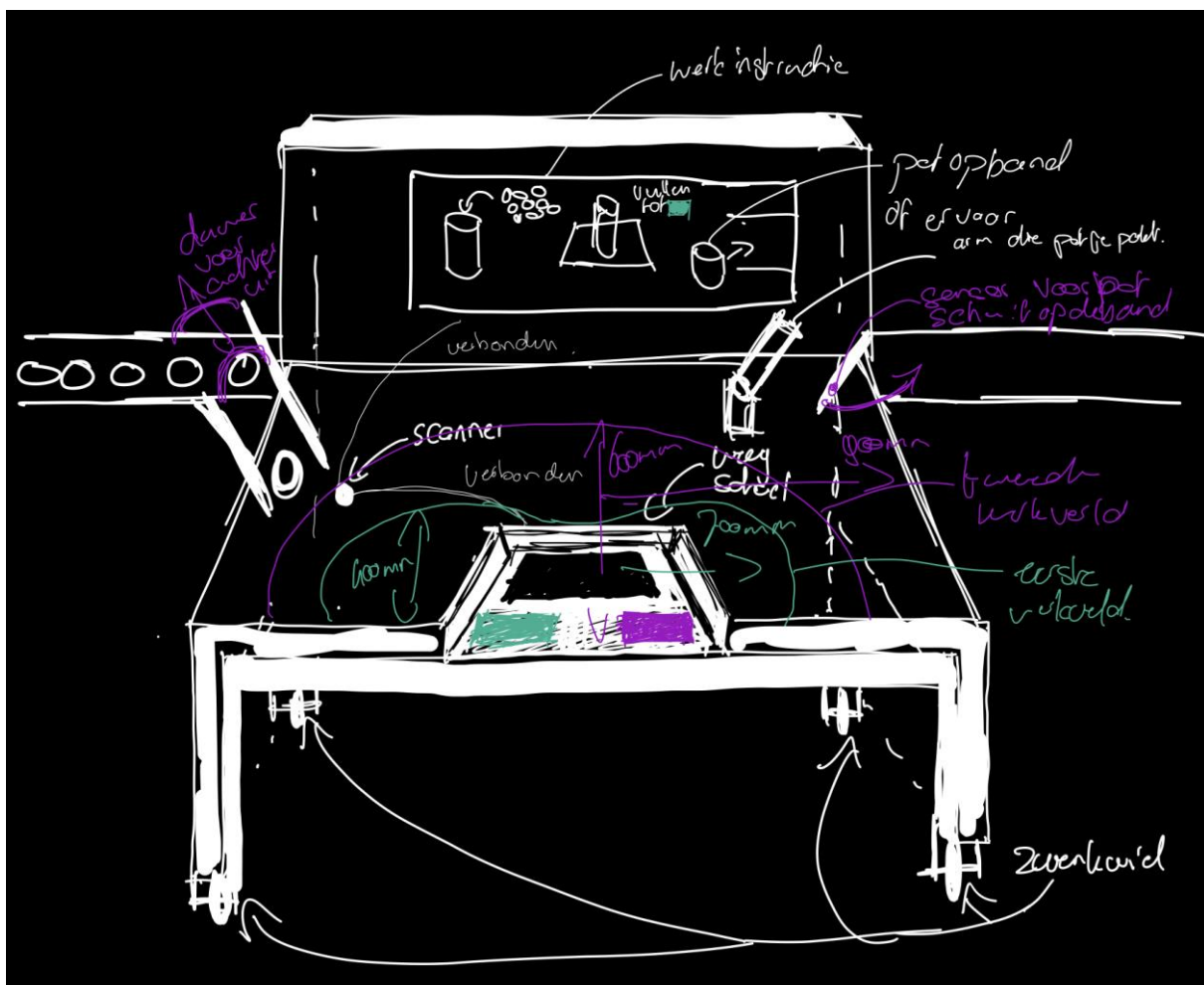
8.5.9.2. Creatieve sessie

In de creatieve sessie worden de ideeën uit de morfologische kaart, zie Figuur 44, uitgewerkt. In deze paragraaf zijn 3 creatieve sessies gehouden. De eerste sessie heeft betrekking op idee 1, de tweede heeft ook betrekking op idee 1, maar is besproken met 3 werknemers van Orionis en een docent van de HZ. De derde sessie heeft betrekking op idee 2.

Idee 1 en 2 lijken veel op elkaar. Dit komt omdat beide tafels gebruik maken van dezelfde subsystemen. Deze kunnen anders ingestoken worden, maar moeten altijd dezelfde functie blijven uitvoeren. De mogelijkheid om dan twee groot verschillende ideeën te krijgen is laag. Wanneer er een concept gemaakt wordt is makkelijker om keuzes te maken welke componenten er moeten blijven of anders moeten, omdat er maar zo weinig verschilt per idee.

Bij het maken van de schetsen zijn er soms wat onderdelen uit het morfologisch overzicht weg gelaten, zoals details welk profiel er gebruikt wordt voor poten, de precieze wielen, of het voetenbankje. De reden hiervoor is dat het veel tijd zou kosten om dit perfect uit te tekenen, terwijl het nog niet duidelijk is wat het eindmodel moet precies moeten worden. Sommige details zijn dus weggelaten om die reden.

In Figuur 45 is het eerste idee snel geschetst, hierbij komen de vitale functies naar boven. De weegschaal met kleurcodering, het ontvangen en verzenden van product, het scannen van een barcode welke daarna data doorgeeft aan de weegschaal en werkinstructie. Daarnaast is de tafel te verrijden wat het werk van teamleiders vele malen makkelijker zal maken. (Kleine functies zoals een tafel rijdbaar maken ziet er als iets kleins uit, maar wordt vaak over het hoofd gezien)



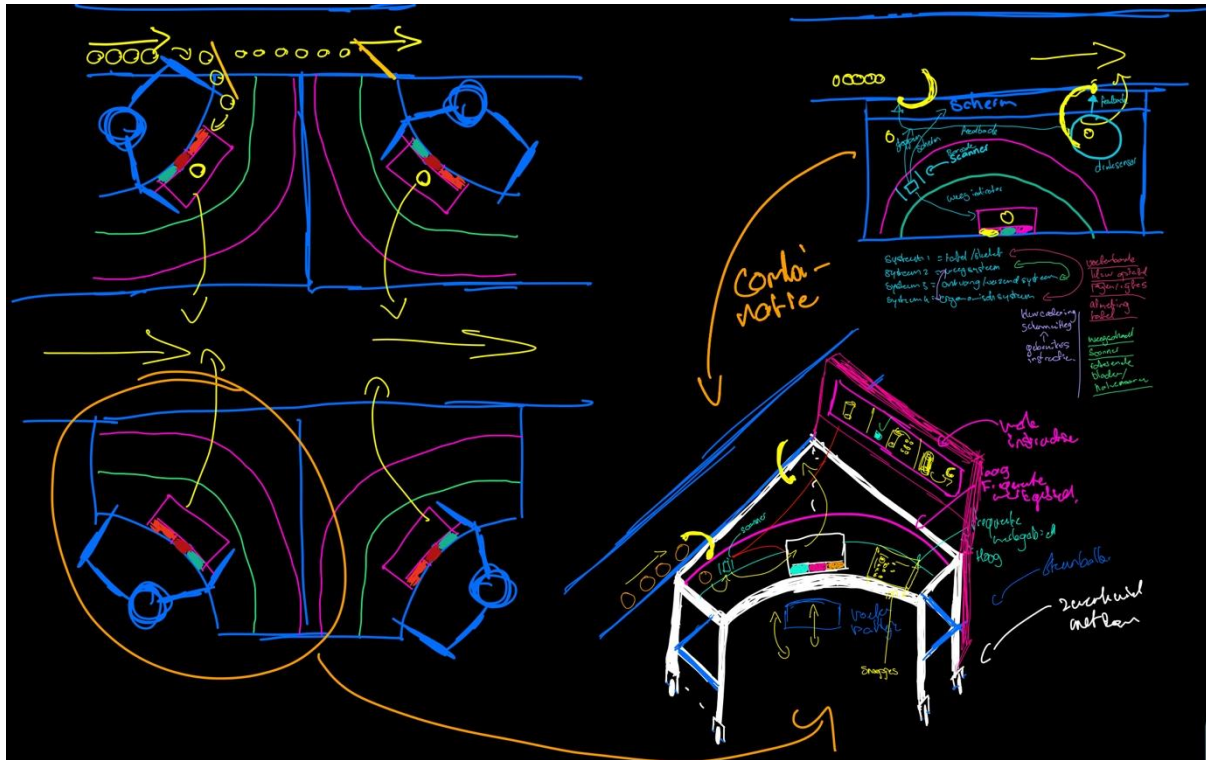
Figuur 45: Idee 1 afgeleid uit het morfologische overzicht.

[illegible]

Onderzoeksrapport | Dylan Bardolf | Orionis | 2021-06-09

In Figuur 47 is het tweede idee snel geschetst. Dit keer ook met een mogelijke opstelling en een verdieping in het aannemen en afzetten van producten. Hieruit blijkt dat het maken van een opstelling lastig is voor de tafels. Dit valt buiten de randvoorwaarden van dit project dus zal door iemand anders onderzocht moeten worden.

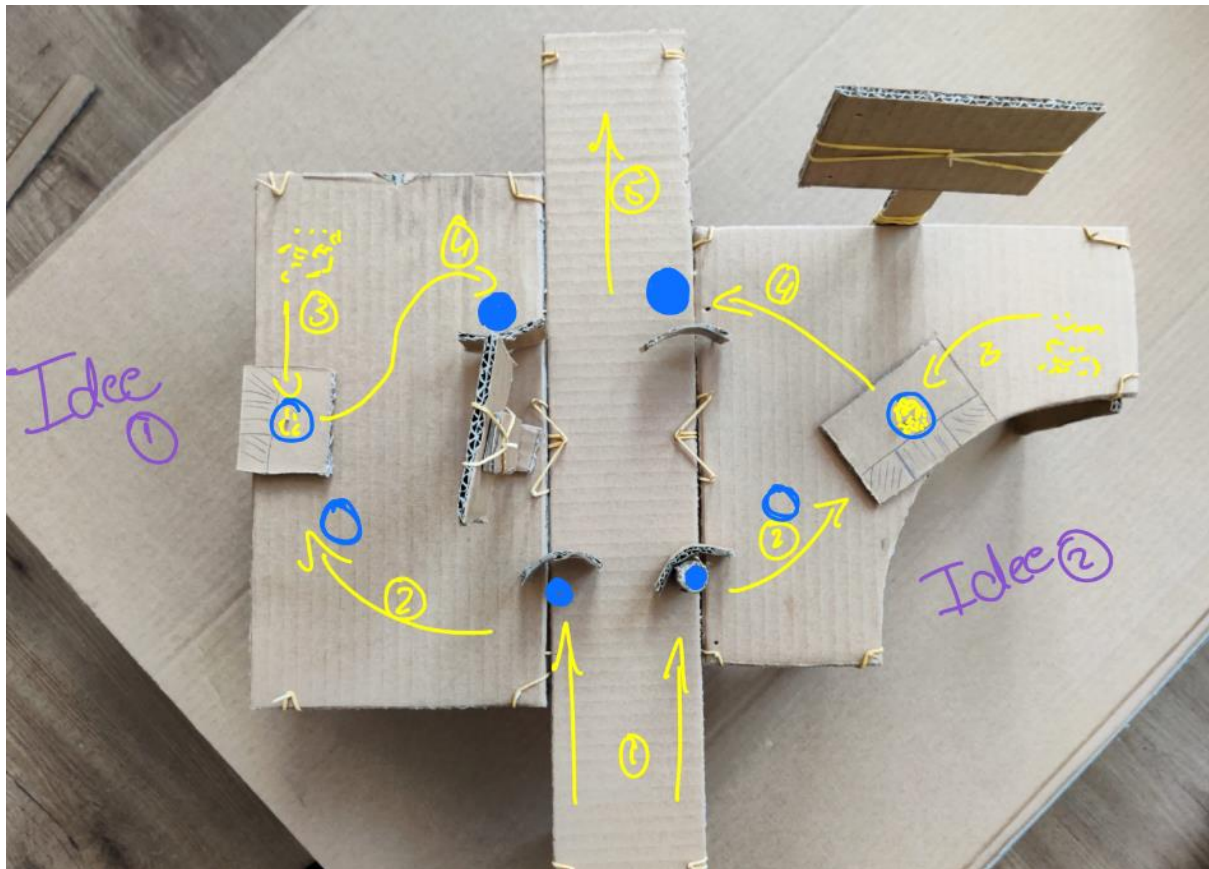
Idee 2 heeft veel gelijke functies als idee 1, het grootste verschil wat te zien is in het figuur hieronder is dat het tafelblad een andere vorm heeft. De werk instructie kan zowel links als rechts geplaatst worden. Omdat dit blad vierkant is met een uitgesneden halve cirkel is het mogelijk om de tafel in zowel een spiegelsymmetrie als draaisymmetrie te plaatsen. Dit was niet mogelijk met idee 1, dit idee kan alleen geplaatst worden in spiegelsymmetrie langs een lopende band. Dit laat het voordeel van een vierkante tafel zien ten opzichte van een rechthoekige tafel.



Figuur 47: Idee 2 afgeleid uit het morfologische overzicht.

8.5.9.3. Spuugmodellen

Na de creatieve sessie zijn er spuugmodellen gemaakt. Deze spuugmodellen maken de ideeën die uit het morfologisch overzicht gerold zijn meer ruimtelijk en inzichtelijk. In *Figuur 48* & *Figuur 50* zijn de tafels te zien welke gebouwd zijn van karton, deze tafels zijn ongeveer op de schaal 1:4 gebouwd.



Figuur 48: Bovenaanzicht met volgorde van stappen wanneer er gewerkt wordt aan beide tafels.

Zowel idee 1 als idee 2 kan aan een lopende band werken, en zijn beide modulair inzetbaar. Eerder is er al beschreven hoe de tafels verschillen en wat de overeenkomsten zijn. In dit gedeelte wordt alleen het 'nieuwe' werkproces beschreven over deze tafels. Ook beide werkprocessen zijn voor de tafels hetzelfde, de reden hiervoor is dat het mechatronisch systeem welke in de tafel zit hetzelfde werkt. Hierdoor kunnen de tafels vanuit een visueel oogpunt verschillend, maar kan het werkproces hetzelfde blijven. De uitleg voor het werkproces is op de volgende pagina weergegeven, zowel in de vorm van een strip als van een tekstuele uitleg.

In *Figuur 50* is een stripverhaal geschetst. Met dit stripverhaal wordt het als ontwerper meer visueel, daarnaast kan de klant aangeven wat er beter kan of wat er al goed is. Hieronder is een de strip per stap beschreven in tekstuele vorm.

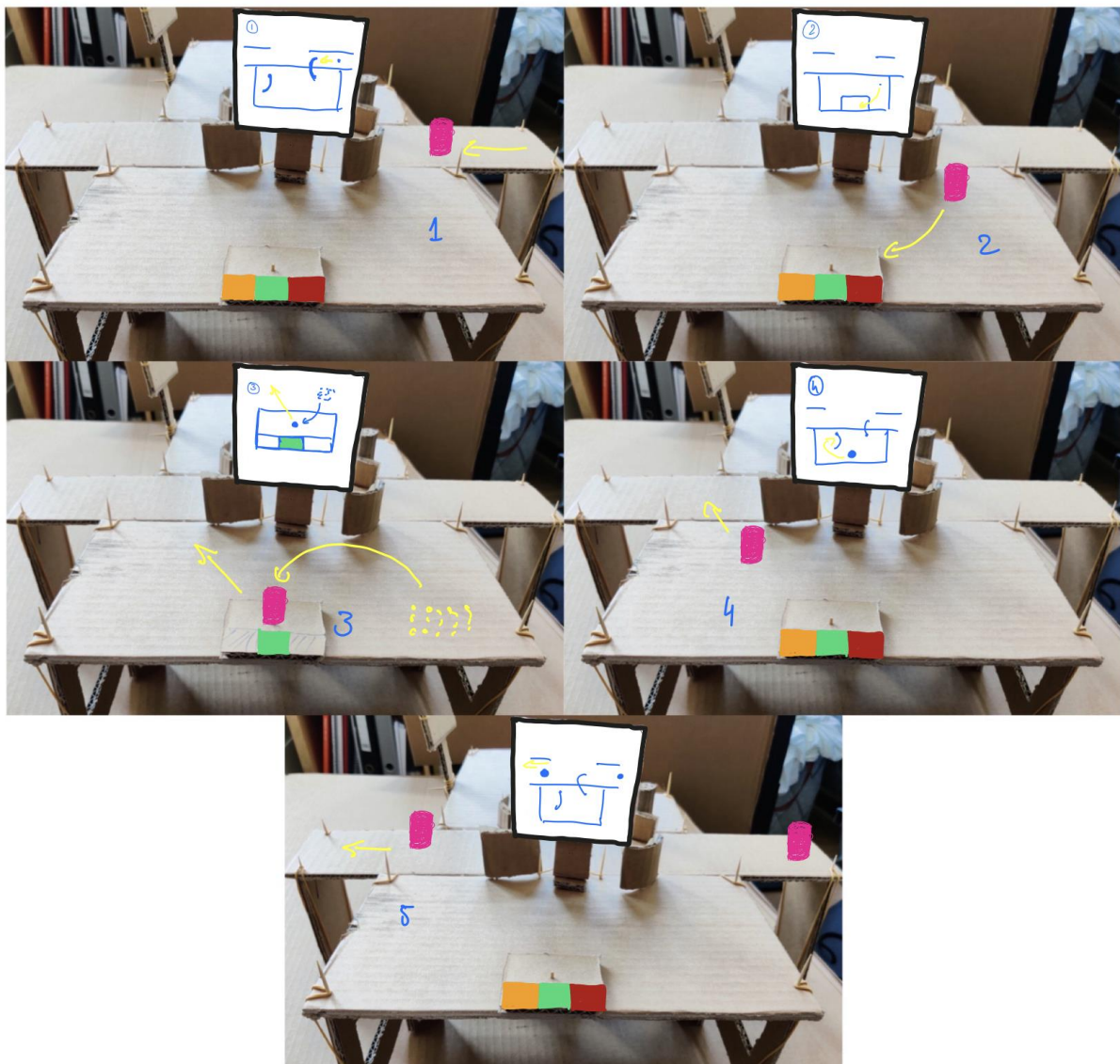
Stap 1: Er wordt een potje op de lopende band gezet, deze komt aan bij een ontvangarm.

Stap 2: Werknemer pakt het potje haalt deze langs een barcode scanner.

Stap 3: Werknemer plaatst het potje op de weegschaal en vult deze net zolang totdat het lichtje groen wordt, is deze oranje dan moet er meer in de pot, is deze rood dan moet er minder in de pot.

Stap 4: Werknemer plaatst de pot bij de verzendarm, deze heeft een ingebouwde sensor zo merkt de arm op dat de pot klaar is voor verzending.

Stap 5: De correct gevulde pot open snoep wordt verzonden naar een volgend- of eindstation om zodat daar een volgend proces kan beginnen.



Figuur 49: Een kort stripverhaal welke een visuele uitleg geeft over het werkproces. Dit zal ongeveer zijn wat de werknemer ziet.

In *Figuur 50* is een stripverhaal geschetst. Met dit stripverhaal wordt het als ontwerper meer visueel, daarnaast kan de klant aangeven wat er beter kan of wat er al goed is. Hieronder is een de strip per stap beschreven in tekstuele vorm.

Stap 1: Er wordt een potje op de lopende band gezet, deze komt aan bij een ontvangarm.

Stap 2: Werknemer pakt het potje haalt deze langs een barcode scanner.

Stap 3: Werknemer plaatst het potje op de weegschaal en vult deze net zolang totdat het lichtje groen wordt, is deze oranje dan moet er meer in de pot, is deze rood dan moet er minder in de pot.

Stap 4: Werknemer plaatst de pot bij de verzendarm, deze heeft een ingebouwde sensor zo merkt de arm op dat de pot klaar is voor verzending.

Stap 5: De correct gevulde pot open snoep wordt verzonden naar een volgend- of eindstation om zodat daar een volgend proces kan beginnen.

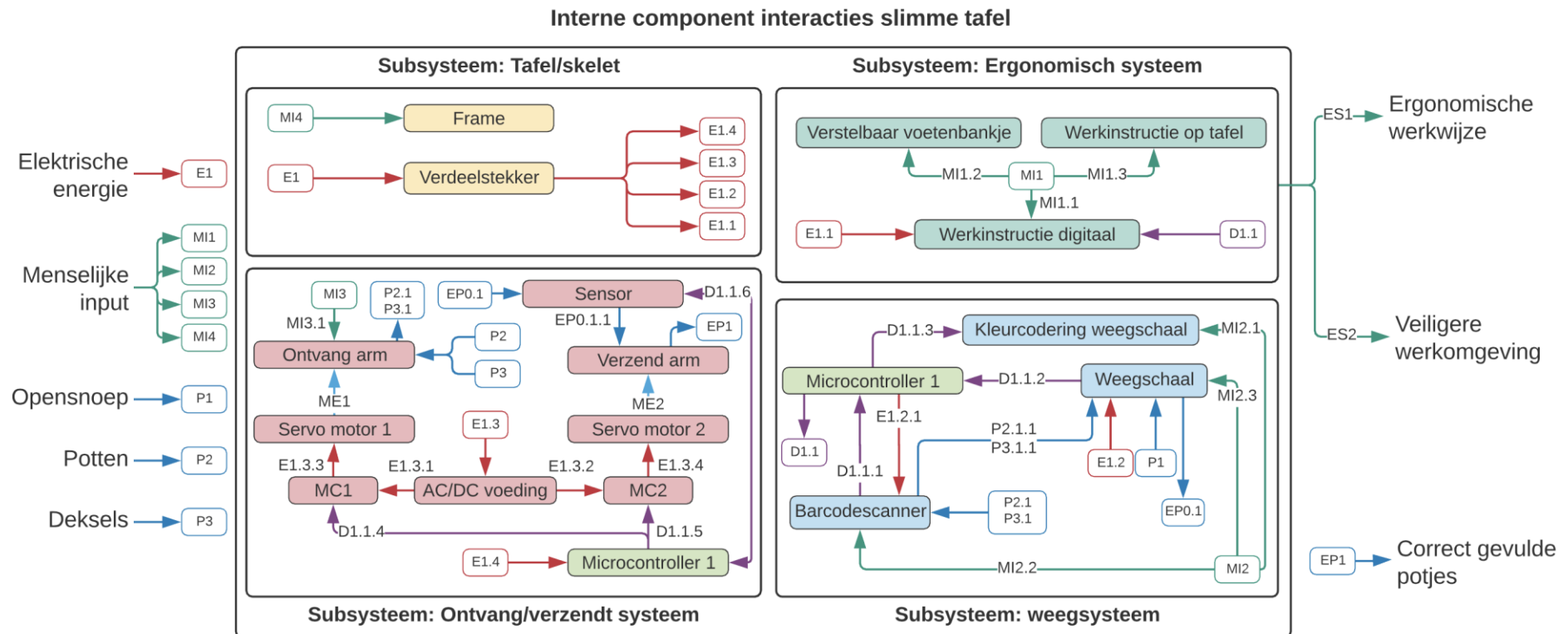


Figuur 50: Een kort stripverhaal welke een visuele uitleg geeft over het werkproces. Dit zal ongeveer zijn wat de werknemer ziet.

8.5.10. Componenten verdeling

8.5.10.1. Interne interacties van componenten

Vanuit de functieboom, *Figuur 40*, de systeemboom, *Figuur 41*, het morfologisch overzicht, *Figuur 44*, en de creatieve sessies, *Figuur 45*, *Figuur 46* & *Figuur 47*, is de component verdeling gemaakt, respectievelijk met de interacties tussen deze componenten, zie *Figuur 51*. De component verdeling zorgt ervoor dat de interacties tussen componenten duidelijk zijn, en welke componenten er geselecteerd moeten worden. Door deze verdeling te maken is de stap, naar het testen van componenten en het opbouwen van subsystemen, kleiner. In *Tabel 27* (op de volgende pagina) is de beschrijving per interactie weergegeven op component niveau.



Figuur 51: Component verdeling binnen het slimme tafel systeem respectievelijk met de interne interacties.

8.5.10.2. Omschrijving interacties

Tabel 27: Beschrijving interne interacties tussen componenten

Component/subsysteem	Input & output	(Inter)actie	Limiet	Eenheid
Verdeelstekker	E1	Ontvangen elektrische energie	230	[VAC]
Verdeelstekker	E1.1	Verzenden elektrische energie	230	[VAC]
Verdeelstekker	E1.2	Verzenden elektrische energie	230	[VAC]
Verdeelstekker	E1.3	Verzenden elektrische energie	230	[VAC]
Verdeelstekker	E1.4	Verzenden elektrische energie	230	[VAC]
Werkinstructie digitaal	E1.1	Ontvangen elektrische energie	230	[VAC]
Weegschaal	E1.2	Ontvangen elektrische energie	230	[VAC]
Barcodescanner	E1.2.1	Ontvangen elektrische energie	5	[VDC]
AC/DC voeding	E1.3	Ontvangen elektrische energie	230	[VAC]
MC1	E1.3.1	Ontvangen elektrische energie	36	[VDC]
MC2	E1.3.2	Ontvangen elektrische energie	36	[VDC]
Servomotor 1	E1.3.3	Ontvangen elektrische energie	36	[VDC]
Servomotor 2	E1.3.4	Ontvangen elektrische energie	36	[VDC]
MCU 1	E1.4	Ontvangen elektrische energie	5.1	[VDC]
Frame	MI4	Kracht ontvangen	-	[N]
Werkinstructie digitaal	MI1.1	Aflezen werkinstructie	-	Zien
Verstelbaar voetenbankje	MI1.2	Instellen voetenbankje	-	Voelen
Werkinstructie op tafel	MI1.3	Aflezen werkinstructie	-	Zien
Kleurcodering weegschaal	MI2.1	Aflezen kleurcodering	-	Zien
Barcodescanner	MI2.2	Scannen van lege pot (met deksel)	-	Voelen, zien
Weegschaal	MI2.3	Vullen van pot met product	-	Voelen, zien
Ontvangarm	MI3.2	Aanpakken van lege pot met deksel	-	Voelen
Weegschaal	P1	Ontvangen opensnoep	-	[Kg]
Ontvangarm	P2	Verzenden potten		[Aantal]
Ontvangarm	P3	Verzenden deksels		[Aantal]
Ontvangarm	P2.1; P3.1	Verzenden van potten en deksels		[Aantal]
Barcodescanner	P2.1; P3.1	Ontvangen van potten en deksels		[Aantal]
Barcodescanner	P2.1.1; P3.1.1	Verzenden van potten en deksels		[Aantal]
Weegschaal	P2.1.1; P3.1.1	Ontvangen potten en deksels		[Aantal]
Weegschaal	EP0.1	Verzenden van eindproduct (gevulde potten)		[Aantal]
Sensor	EP0.1	Ontvangen van eindproduct		[Aantal]
Sensor	EP0.1.1	Verzenden van eindproduct		[Aantal]
Verzendarm	EP0.1.1	Ontvangen van eindproduct		[Aantal]
Verzendarm	EP1	Verzenden van eindproduct		[Aantal]
Servomotor	ME1	Roterende translatie	180	[°]
Servomotor	ME2	Roterende translatie	180	[°]
MCU 1; Werkinstructie	D1.1	Data ontvangen en verzenden		-
MCU 1; Barcodescanner	D1.1.1	Data ontvangen en verzenden		-
MCU 1; Weegschaal	D1.1.2	Data ontvangen en verzenden		-
MCU 1; Kleurcodering weegschaal	D1.1.3	Data ontvangen en verzenden		-
MCU 1; MC1	D1.1.4	Data ontvangen en verzenden		-
MCU 1; MC2	D1.1.5	Data ontvangen en verzenden		-
MCU; Sensor	D1.1.6	Data ontvangen en verzenden		-
SS: ES	ES1	Ergonomische werkwijze		-
SS: ES	ES2	Zorgen voor Veiligere werkomgeving		-

8.5.11. Component test plannen

8.5.11.1. Algemeen testplan simpele componenten

Zoals voorheen worden de componenten net als de subsystemen getest. In sommige gevallen worden componenten niet extreem getest. Deze componenten worden in een lijst gezet waaraan enkele randvoorwaarden aan verbonden zijn. Voorderest worden de belangrijkste componenten wel volledig getest. De lijst staat in *Tabel 28* weergegeven. De reden hiervoor is dat alle component testen anders te veel tijd en energie kosten. Liever een kwalitatief onderzoek dan een kwantitatief onderzoek waarbij er alleen maar papierwerk wordt geproduceerd.

Tabel 28: Component test voor de simpelste componenten uit het systeem.

Component	Test	Antwoord	Geslaagd
Frame	Is het frame robuust?	Ja/nee	Ja/nee
Verdeelstekker	Verdeeld de stekker energie?	Ja/nee	Ja/nee
Verstelbaar voetenbankje	Is het voetenbankje instelbaar?	Ja/nee	Ja/nee
Werkinstructie op tafel	Is de werkinstructie zintuigelijk te interpreteren?	Ja/nee	Ja/nee
Werkinstructie digitaal	Als er een input is geeft deze instructie dan beeld?	Ja/nee	Ja/nee
Opslagbak	Past de opensnoep in de bak?	Ja/nee	Ja/nee
Ontvang arm	Past de arm op een servomotor?	Ja/nee	Ja/nee
Verzend arm	Past de arm op een servomotor?	Ja/nee	Ja/nee
Kleurcodering weegschaal	Als er een input is geeft deze dan licht?	Ja/nee	Ja/nee

8.5.11.2. Testplan weegschaal (KERN DE 6K1D)

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, zie *Tabel 27*, van dit subsysteem.

Hypothese

De weegschaal, wanneer correct aangesloten, heeft een constante output van data, zowel er wel of niet goederen worden gewogen.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 29*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 29: Variabelen waarop de weegschaal getest wordt.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
D1.1.2: Data verzenden	-	Ja/nee
E1.2: Ontvangen van elektrische energie	230 VAC	Ja/nee

Tools

- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- Een Raspberry Pi om data uit te lezen, met testcode;
- Een display om een Raspberry Pi op aan te sluiten.

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

1. Sluit de RS232 omvormer aan op de RS232 uitgang van de weegschaal;
2. Sluit de 4 uitgangen van de RS232 aan op de Raspberry Pi volgens het elektrische schema uit *Figuur 66*, pagina 106;
3. Stel de weegschaal in volgens *Figuur 67*, pagina 107, op 'AU PC' en een baud rate van 9600;
4. Sluit de Raspberry Pi aan op een display;
5. Sluit zowel de weegschaal als de Raspberry Pi aan op het stopcontact zodat deze aan gaan;
6. Start het programmeer programma Thonny op;
7. Open het document 'st1.py' (wat staat voor seriele test 1);
8. Als alles goed is aangesloten start dan het programma 'st1.py'
9. Check of de Raspberry Pi de waarde van de weegschaal kan uitlezen in het onderdeel 'Shell' wat onderaan in Thonny is te vinden, noteer ja bij D1.1.2 en EE1.2.2 als er waarden worden gelezen

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.11.3. Testplan Barcodescanner

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, zie *Tabel 27*, van dit subsysteem.

Hypothese

De barcodescanner geeft een output wanneer er een product wordt gescand.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 30*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 30: Variabelen waarop de barcodescanner getest wordt.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
D1.1.1: Data verzenden	-	Ja/nee
E1.2.1: Ontvangen van elektrische energie	5 VDC	Ja/nee

Tools

- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- Een beeldscherm voor de Raspberry Pi.

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

1. Sluit de barcodescanner aan op de Raspberry pi;
2. Sluit de Raspberry pi aan op een monitor;
3. Sluit de Raspberry Pi aan op een computer of stopcontact zodat deze aan gaat;
4. Gaat de barcode scanner aan, noteer dan ja bij EE1.2.1;
5. Open de terminal op de Raspberry pi;
6. Scan een product met de barcodescanner;
7. Komt er tekst in de terminal te staan, noteer dan ja bij D1.1.1.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.11.4. Testplan elektronische voeding (MEANWELL LRS-75-36)

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, zie *Tabel 27*, van dit subsysteem.

Hypothese

De elektronische voeding kan elektrische energie ontvangen (wisselspanning) ontvangen, waarna deze voeding die kan omzetten in gelijkspanning en kan leveren aan de servomotoren.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 31*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 31: Variabelen waarop de elektronische voeding getest wordt.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
E1.3 Ontvangen van elektrische energie	230 VAC	Ja/nee
E1.3.1 Verzenden van elektrische energie	36 VDC	Ja/nee
E1.3.2 Verzenden van elektrische energie	36 VDC	Ja/nee

Tools

- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- Een multimeter.

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

1. Sluit de elektronische voeding aan zoals getoond in *Figuur 64*, pagina 105, maar dan alleen de stekker voor in het stopcontact;
2. Steek de stekker in het stopcontact;
3. Pak de multimeter en stel deze in naar behoren, elke multimeter is anders, maar stel deze in zodat deze 230VAC kan meten;
4. Meet de aangesloten contacten, wanneer deze 230 VAC aangeven kan er ja genoteerd worden bij E1.3;
5. Zet nu de multimeter op de stand dat deze 36 VDC kan meten;
6. Meet nu de niet aangesloten contacten waaruit 36 VDC moet komen;
7. Komt er 36 VDC te staan op de multimeter, noteer dan ja bij E1.3.1 & E1.3.2.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.11.5. Testplan Stappenmotor 1 & 2 (NEMA23)

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, met daarbij het checken of er wordt voldaan aan de randvoorwaarden, zie *Tabel 27*, van dit subsysteem.

Hypothese

De servomotoren werken naar behoren, en reageren op signalen die naar de servomotor worden toegestuurd.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 32*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 32: Variabelen waarop stappenmotoren 1 & 2 getest worden.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
E1.3.3: Ontvangen van elektrische energie	36 VDC	Ja/nee
E1.3.4: Ontvangen van elektrische energie	36 VDC	Ja/nee
ME1: Een roterende translatie verzorgen	180 °	Ja/nee
ME2: Een roterende translatie verzorgen	180 °	Ja/nee

Tools

- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- Een Raspberry Pi met testcode;
- Een beeldscherm voor de Raspberry Pi;
- De elektronische voeding (36VDC);
- TB6600 motorcontroller.

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

1. Sluit de stappenmotoren elektrische voeding en Raspberry Pi aan op de motorcontrollers zoals in Figuur 64 & Figuur 65, pagina 105;
2. Stel de motorcontroller (fysiek aan de zijkant) als volgt in, 1. Off, 2. On, 3. Off, 4. On, 5. Off, 6. Off, dit zorgt ervoor dat de instelling voor de stappen overeenkomen met die van de geschreven testcode;
3. Sluit de Raspberry Pi aan op een beeldscherm;
4. Plak een soort sticker of andere indicatie op de twee assen van de stappenmotor zodat er visueel zichtbaar is dat deze gaan draaien;
5. Sluit de Raspberry Pi en de elektronische voeding aan op het stopcontact;
6. Wacht totdat de Raspberry Pi is opgestart en open dan het programma Tonny op;
7. Open het document 'PWM_Stepper_Motor_test_01.py';
8. Als alles goed is aangesloten start dan het programma 'PWM_Stepper_Motor_test_01.py';
9. Wanneer de motoren 180 graden heen en teruggedraaien is de test voltooid en kan er bij elke variabele ja genoteerd worden.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.11.6. Testplan motorcontroller 1 & 2 (TB6600)

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, met daarbij het checken of er wordt voldaan aan de randvoorwaarden, zie *Tabel 27*, van dit subsysteem.

Hypothese

De twee motorcontrollers werken naar behoren, ze kunnen energie en signalen ontvangen, waarna de controllers de NEMA23 motoren kunnen aansturen.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 33*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 33: Variabelen waarop motorcontrollers 1 & 2 getest worden.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
E1.3.1: Ontvangen van elektrische energie	36VDC	Ja/nee
E1.3.2: Ontvangen van elektrische energie	36 VDC	Ja/nee
D1.1.4: Data ontvangen	-	Ja/nee
D1.1.5: Data ontvangen	-	Ja/nee
E1.3.3: Verzenden van elektrische energie	3.2 VDC	Ja/nee
E1.3.4: Verzenden van elektrische energie	3.2 VDC	Ja/nee

Tools

- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- De Raspberry Pi met testcode;
- Een beeldscherm voor de Raspberry Pi;
- De elektronische voeding;
- NEMA23 stappenmotor.

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

1. Sluit de stappenmotoren elektrische voeding en Raspberry Pi aan op de motorcontrollers zoals in Figuur 64 & Figuur 65, pagina 105;
2. Stel de motorcontroller (fysiek aan de zijkant) als volgt in, 1. Off, 2. On, 3. Off, 4. On, 5. Off, 6. Off, dit zorgt ervoor dat de instelling voor de stappen overeenkomen met die van de geschreven testcode;
3. Sluit de Raspberry Pi aan op een beeldscherm;
4. Plak een soort sticker of andere indicatie op de twee assen van de stappenmotor zodat er visueel zichtbaar is dat deze gaan draaien;
5. Sluit de Raspberry Pi en de elektronische voeding aan op het stopcontact;
6. Wacht totdat de Raspberry Pi is opgestart en open dan het programma Tonny op;
7. Open het document 'PWM_Stepper_Motor_test_01.py';
8. Als alles goed is aangesloten start dan het programma 'PWM_Stepper_Motor_test_01.py';
9. Wanneer de motoren 180 graden heen en terugdraaien is de test voltooid en kan er bij elke variabele ja genoteerd worden.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.11.7. Testplan Sensor

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, met daarbij het checken of er wordt voldaan aan de randvoorwaarden, zie *Tabel 27*, van dit subsysteem.

Hypothese

De sensor werkt naar behoren, kan signalen ontvangen vanuit zijn omgeving en kan deze verzenden naar de MCU (Raspberry Pi) zonder problemen.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 34*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 34: Variabelen waarop de sensor getest wordt.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
D1.1.6: Data ontvangen en verzenden	-	Ja/nee
EP0.1: Eindproduct ontvangen (voor de test kunnen het ook andere objecten zijn)	-	Ja/nee

Tools

- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- Een Raspberry Pi met testcode;
- Een beeldscherm voor de Raspberry Pi.

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

1. Sluit de sensor aan op de Raspberry Pi, volgens *Figuur 62*, pagina 103;
2. Sluit de Raspberry pi aan op het stopcontact;
3. Wanneer de Raspberry Pi is opgestart open dan het programma Thonny;
4. Open het document 'Sensor test.py';
5. Check nogmaals de connectie en start dan het programma 'Sensor test.py';
6. Wanneer de output in het al bekende 'shell' gedeelte 'True' als output geeft wordt de drukknop niet ingedrukt, druk nu de knop in, de output in de 'shell' veranderd naar 'False';
7. Wanneer stap 6 lukt is de test voltooid en van er voor elke variabele ja genoteerd worden.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.11.8. Testplan MCU (Raspberry Pi 4 B)

Deze test wordt anders ingestoken dan de vorige, omdat de tijd kort is wordt er direct met de echte code en hardware getest, daarbij heeft de MCU zoveel inputs dat deze allemaal een voor een worden getest in dit testplan.

Doelstelling

De doelstelling van deze test is het checken van de inputs en outputs van dit subsysteem, zie *Tabel 27*, van dit subsysteem.

Hypothese

MCU 1 is werkend, en kan data ontvangen, verwerken en verzenden naar behoren.

Variabelen

De variabelen die getest worden zijn weergegeven in *Tabel 35*. Op deze variabelen wordt getest.

Tabel 35: Variabelen waarop MCU1 getest wordt.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
D1.1: Data verzenden	-	Ja
D1.1.1: Data ontvangen	-	Ja
D1.1.2: Data ontvangen	-	Ja
D1.1.3: Data verzenden	-	Ja
D1.1.4: Data verzenden	-	Ja
D1.1.5: Data verzenden	-	Ja
D1.1.6: Data ontvangen en verzenden	-	Ja
EE1.4: Ontvangen van elektrische energie	5.1 VDC	Ja

Tools

- Excel/Word of papier en pen voor het vastleggen van resultaten;
- Een display om Raspberry Pi op aan te sluiten;
- Twee stappenmotoren met motorcontrollers, een barcodescanner en een weegschaal;
- Een druksensor of een LiDAR sensor of een ultrasoon sensor;
- Kleurcodering voor de weegschaal;

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

1. Zie de vorige testen en sluit alles aan zoals alles voorheen was aangesloten aan de Raspberry Pi;
2. Sluit de Raspberry Pi en het display aan op elkaar en op het stopcontact;
3. Wacht totdat de Raspberry Pi is opgestart en start het programma Thonny op;
4. Open het testprogramma 'WS met OVS.py';
5. Sluit de weegschaal en de elektronische voeding aan op het stopcontact, zorg er ook voor dat de weegschaal aanstaat, anders geeft het programma een error;
6. Start het programma, een van de motoren zal nu gaan draaien;
7. Scan daarna een product met een barcode welke in de database staat, zie de code van het testprogramma, zet desnoods zelf een barcode in de code met het bijbehorende gewicht doe dit wel voordat het programma opgestart is;
8. Zet het product op de weegschaal, speel een beetje door het blad van de weegschaal op de tillen en naar beneden te drukken, de kleuren zouden moeten veranderen, wanneer de kleuren veranderen werkt het programma naar behoren;
9. Druk nu op de drukknop zodat eerst de ene motor 180 graden heen en teruggedraait waarna de andere 180 graden heen en terug draait;
10. Nadat beide motoren gedraaid zijn kan er weer gewogen worden;

11. Door het doorlopen van al deze stappen worden een voor een alle datalijnen gecheckt, wanneer alles gebeurt wat er beschreven staat werkt de Raspberry Pi met bijhorende code naar behoren en kan bij elke variabele ja genoteerd worden.

Verwachte resultaten

Alle variabelen worden positief getest, oftewel, op alle variabelen kan ja geantwoord worden.

8.5.12. Bestellen componenten

Component	Aantal	Waarom
Raspberry Pi	1	Benodigd als computer
Elektronische voeding 36V	1	Benodigd voor voeden van de stappendriver
Stappendriver	2	Benodigd voor het aansturen van stappenmotoren
Stappenmotor	2	Benodigd voor de ontvang en verzend armen
Motorkoppeling	2	Benodigd voor koppelen motor as met as voor armen
8mm draadeind (1m)	1	As voor de armen
RS232 male naar usb	1	Connectie met de weegschaal
RS232 uitbreidingskaart	1	Connectie met de weegschaal als de usb niet werkt
RS232 female naar RS232 female	1	Connectie tussen de weegschaal en de kabel of uitbreidingskaart
Barcodescanner	1	Benodigd voor het scannen van potjes
Weegschaal	1	Benodigd voor het wegen van potjes
Zwenkwielen	4	Benodigd voor het verrijden en vastzetten van de tafel
Bouten voor wielen	4	Benodigd voor het vastzetten van de wielen
Veerring voor wielen	4	Benodigd voor het vastzetten van de wielen
Inslagmoer voor wielen	4	Benodigd voor het vastzetten van de wielen
Rvs-buisprofiel (zie Figuur 53)	1	Benodigd voor de constructie van het frame
Buiskoppelingen voor frame	1	Benodigd voor de constructie van het frame
Volkern tafel bladen	2	Benodigd voor het tafelblad van de tafel, onder en boven, zodat er een holle ruimte ontstaat. (Wordt bij Orionis van restmateriaal gemaakt)

Voor het bestellen van de componenten is een stuklijst opgesteld, deze is weergegeven in *Figuur 52*.

componenten lijst						
Naam	Artikelnummer	Bedrijf	Link	Aantal/ lengte	Prijs	Prijstotaal
Advanced Set Raspberry Pi 4 B 4 GB 4 x 1.5 GHz	2140143	Conrad	https://www.conrad.nl/p/raspberry-pi-4-b-4gb-4x1.5ghz	1	€ 90.08	€ 90.08
NEMA23 stappenmotor 1,8 graden per stap 12,84 kg/cm SMNM23S18KG13		123-3D	https://www.123d.nl/nema23-stappenmotor-18-graden-per-stap-1284kg-cm-smnm23s18kg13	2	€ 28.93	€ 57.86
Flexibele motor koppeling 6,35mm - 8 mm		123-3D	https://www.123d.nl/flexibele-motor-koppeling-635mm-8mm	2	€ 3.31	€ 6.62
M8 draadeind		123-3D	Draadeind / draadeind	1	€ 4.55	€ 4.55
TB6600 stappen driver		123-3D	https://www.123d.nl/tb6600-stappen-driver	2	€ 18.60	€ 37.20
Mean Well LRS-75-36 AC/DC inbouwnetvoeding gesloten 2.1 A 75.6 W 36 V/DC	1439453	Conrad	https://www.conrad.nl/p/mean-well-lrs-75-36-ac-dc-inbouwnetvoeding-gesloten-21a-756w-36v-dc	1	€ 12.39	€ 12.39
Motorola zebra symbol ls1203	LS1203-7AZU0100ER	officeeasy	https://www.officereasy.nl/producten/motorola-zebra-symbol-ls1203	1	€ 49.90	€ 49.90
Zwenkwiel voor tafel frame	104-310-L86	Multitube	Zwenkwiel met 104-310-l86	4	€ 17.00	€ 68.00
Bout montage zwenkwiel	116-153-L55	Multitube	M12x30 lage bout 116-153-l55	8	€ 0.80	€ 6.40
Veerring montage	116-186-L55	Multitube	M12 veerring 116-186-l55	20	€ 0.10	€ 2.00
Inslagmoer montage	116-207-L02	Multitube	Inslagmoer, 116-207-l02	8	€ 2.70	€ 21.60
Buiskoppeling montage voor RVS 201 buis, 27,6x1,1mm	102-921-L02	Multitube	ES-15-SV, buiskoppeling montage voor RVS 201 buis, 27,6x1,1mm	26	€ 2.20	€ 57.20
ES-1-SV, buiskoppeling, T-stuk 90°	101-302-L02	Multitube	RVS 201 buis, 27,6x1,1mm	1	€ 113.76	€ 113.76
ES-3-SV, buiskoppeling, kruis, 4-weg	102-904-L02	Multitube	ES-2-SV, buiskoppeling, kruis, 4-weg	16	€ 3.20	€ 51.20
ES-8-SV, buiskoppeling, 10-weg	102-905-L02	Multitube	ES-3-SV, buiskoppeling, kruis, 4-weg	4	€ 4.50	€ 18.00
ES-1-SV, buiskoppeling, T-stuk 90°	102-915-L02	Multitube	ES-8-SV, buiskoppeling, 10-weg	10	€ 2.40	€ 24.00
RS232 male to usb	102-901-L02	Multitube	ES-1-SV, buiskoppeling, T-stuk 90°	2	€ 2.00	€ 4.00
9-polig naar 9-polig female-female adapter	1284586	Conrad	https://www.conrad.nl/p/9-polig-naar-9-polig-female-female-adapter	1	€ 7.34	€ 7.34
Uitbreidingskaart rs232 naar raspberry pi	1410220	Conrad	https://www.conrad.nl/p/uitbreidingskaart-rs232-naar-raspberry-pi	1	€ 3.66	€ 3.66
Weegschaal	1337093	Conrad	https://www.conrad.nl/p/weegschaal	1	€ 6.71	€ 6.71
	DE 6K1D	weegschaal	Industriële weegschaal DE 6K1D	1	€ 167.00	€ 167.00
				Prijs tot: excl btw	€ 809.47	

Figuur 52: Bestellijst componenten.

De componenten zijn geselecteerd doormiddel van expertise welke in de afgelopen 4 jaar is opgedaan vanuit de opleiding engineering en in overleg met Orionis. In het assemblage plan welke voor de stuklijst is gemaakt is te zien hoe er tot een keuze is gekomen voor componenten.

Voor het frame is er gekozen voor RVS buizen van de leverancier Multitube, in eerste instantie was de keuze aluminium profiel, maar de kosten waren te hoog. In *Figuur 53* is een stuklijst weergegeven voor de buisprofielen. Deze zijn afgeleid van het 3D-cad model uit *8.5.15 Assemblage plan*. De prijs staat in de stuklijst hierboven weergegeven.

Artikel	Aantal	Lengte (mm)	Prijs per stuk	Prijs totaal
Buis	4	600	€ 4.81	€ 19.24
Buis	6	347	€ 3.36	€ 20.16
Buis	8	497	€ 4.22	€ 33.76
Buis	2	180	€ 2.40	€ 4.80
Buis	3	288	€ 3.02	€ 9.06
Buis	4	247	€ 2.78	€ 11.12
Buis	2	1122	€ 7.81	€ 15.62
Totaal			€ 113.76	

Figuur 53: Stuklijst buisprofielen.

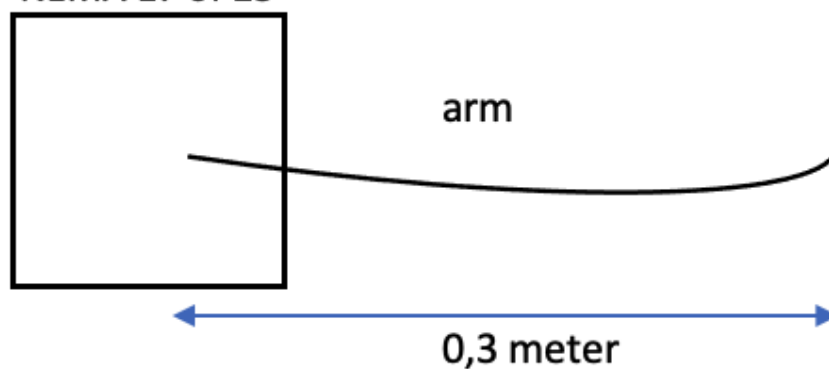
8.5.12.1. Argumentatie componentkeuze

Tabel 36: Argumentatie keuze voor componenten

Component	Argumentatie
Raspberry Pi	Voor het bouwen van prototypen zijn er enkele microcontrollers te krijgen, zowel de Raspberry als de Arduino. Beide kunnen dergelijke systemen als de slimme tafel aansturen. De Raspberry heeft een groot voordeel, het is eigenlijk een computer die geprogrammeerd wordt met python. De Arduino daarentegen niet, deze wordt geprogrammeerd via een laptop met externe software. Het voordeel met de Raspberry is dat deze kan worden aangesloten op een display en er volledige programma's uitgevoerd kunnen worden, de Arduino kan dit niet of moeilijker. Daarnaast heeft de Raspberry een veel grotere processor en kan deze niet alleen een mechatronisch systeem aansturen maar ook documenten lezen, openen, schrijven en aanroepen, dit doen met een Arduino is veel lastigere omdat er geen grote interne opslag op zit en de programmeer omgeving daar veel minder voor bedoeld is. Simpel gezegd, een Arduino kan goed rekenen, maar daar blijft het bij. Naast dit alles, is er nog een argument en dat is de programmeertaal Python, deze is veelzijdiger dan de Arduino programmeertaal en is meer toegankelijk.
NEMA23 stappenmotor	In eerste instantie was de NEMA17 stappenmotor gekozen, toen kwam Michel met de opmerking is deze sterk genoeg. Na wat reken werk bleek dit niet zo te zijn. In <i>Figuur 54</i> (volgende pagina) een korte berekening die laat zien dat de NEMA23 wel sterk genoeg is. Te zien is dat er 1,18 Nm koppel benodigd is voor het duwen van een blikje van 400 gram op de maximale afstand. Alleen de NEMA23 heeft genoeg koppel hiervoor.
TB6600 stappendriver	De stappendriver is ontworpen voor motoren van de NEMA23 series.
Inbouwnetvoeding 36 VDC-2.1 A	De inbouwvoeding is benodigd om van 230 VAC (stopcontact) naar een DC (gelijkspanning) te gaan. In dit geval is dat 36 VDC. 36 VDC is het nominale voltage wat de stappendriver nodig heeft. Er zijn twee stappen drivers, daarom is er gekozen voor 2.1A.
Motorola handscanner	Deze handscanner is gekozen met de reden dat er een standaard bij zit. Voor een uiteindelijk model zou er een ingebouwde scanner kunnen worden gebruikt. Deze zijn tussen de 600 en 1500 euro, dit is wat veel voor een eerste versie. Het principe is hetzelfde en de uitgang van een handmatige barcode-scanner of van een inbouwscanner is het hetzelfde. Er is specifiek voor deze gekozen omdat deze wordt geleverd met een standaard, en er zowel een USB als RS232 verbinding op zit, daarnaast was deze vergeleken met ander scanners relatief goedkoop omdat er een standaard bij zit.
Multitube frame	Voor het frame is er gekozen voor Multitube. De reden hiervoor is de prijs, vergeleken met aluminium profiel is dit systeem 10 tot 15 keer zo goedkoop. Daarnaast verandert er niet veel aan de integriteit van de tafel, en heeft het RVS een keurige neutrale kleur. De montage voor de rvs-buizen kan zo meegeleverd worden. Voor de maatvoering van het frame is er eerst in basis tekening gemaakt in CAD, zowel voor het frame van aluminium als van RVS. Daaruit kwamen maten en konden die ingevuld worden in diverse websites. Hieruit bleek dat RVS goedkoper bleek voor een hele tafel. (Rvs-buis is €23,- per 4m, ongeveer €6,- per meter, aluminium is tussen de €25,- en €100,- per meter.)
Kabels en connectoren	Weegschalen hebben meestal een RS232 aansluiting, zo ook de handmatige barcode scanner. Deze kunnen verbonden worden met een Raspberry. Hiervoor zijn wat adapters nodig, deze staan in de bestellijst in <i>Figuur 52</i> . Argumentatie voor deze componenten is, ze zijn benodigd voor dit systeem en dit waren ongeveer de goedkoopste.

Calculatie motor keuze			
Motoren	houdkoppel [kg/cm]	koppel [Nm]	
NEMA 17	4,08	0,40	
NEMA 23	12,84	1,26	
constante	1 kg/cm is	0,0980665	[Nm]
Afstand as motor tot max. lengte arm	0,3		[m]
Maximaal gewicht pot	0,4		[kg]
Gravitatiekracht	9,81		[m/s ²]
kracht benodigd verplaatsen pot	3,924		[N]
Koppel benodigd verplaatsen pot	1,1772		[Nm]
NEMA 17	Heeft te weinig koppel		
NEMA 23	Heeft genoeg koppel		

NEMA 17 of 23



Figuur 54: Koppel berekening voor de NEMA17 en NEMA23 motor.

8.5.13. Realiseren van een prototype

Om aan te tonen dat de competenties behaald zijn met betrekking tot het bouwen van een prototype, is het bouwen van een prototype zelf. Dit ging niet zonder slag of stoot. Elke stap die genomen is, werd volgens een stappenplan gedaan, van het schrijven van een onderzoeksvoorstel tot het ontwerpen volgens het V-model. Problemen die naar boven kwamen onder het realiseren van het prototype worden hieronder benoemd en uitgelegd. Na de uitleg worden de logboeken getoond van de verschillende testen die zijn uitgevoerd getoond. De testen zijn uitgevoerd om te komen tot een correcte uitkomst voor de componenten en subsystemen om zo een systeem/prototype te realiseren.

1. Alleen de business controller is technisch aangelegd
2. Geen achtergrond in coderen van software
3. Complexiteit in het introduceren van innovatie

Alleen de business controller is technisch aangelegd

Binnen Orionis is er een business controller aanwezig, deze checkt processen op de werkvloer en probeert verbeteringen door te voeren. Dit gebeurt door bijvoorbeeld het gebruik van de methode Lean. De business controller heeft Mechatronica gestudeerd en heeft daarna gewerkt bij grote bedrijven zoals ASML. Om met zo een persoon samen te werken is een eer. Jammer genoeg is er naast de business controller niemand technisch aangelegd. Na de eerste weken bleek dit toch wel een lastig pakket. Een mechatronisch systeem bedenken en ontwerpen voor mensen met een arbeidshandicap is al lastig, maar wanneer er bijna niemand is die überhaupt kan vertellen wat er goed zou kunnen werken en wat niet is bijna onmogelijk. Daarom is de keuze gemaakt om alles van een ander daglicht te bekijken. Het doel was om alles zo simpel en niet technisch mogelijk op te documenteren en te vertellen. Om dit proces te versnellen zijn er in een vroeg stadium al snel gedachtenschemen op papier gezet en spuuqmodellen gebouwd waardoor er een stripverhaal geformuleerd kon worden, zie *Ontwerp tools voor componenten keuze*. Door deze methode toe te passen werd er al snel binnen de ontwerpfase een tussentijdse presentatie gehouden waarin werd uitgelegd hoe het systeem zou gaan werken. Na die presentatie ontstond er een hele dialoog tussen niet technische mensen die gingen bedenken hoe het systeem het beste geïmplementeerd kon worden, wat eraan aangepast kan worden of hoe de toekomst eruit zou zijn met meer van deze technische verbeteringen. Het was een hele stap om van technisch denken naar niet technisch denken te gaan. Hoe kunnen onderdelen het beste verwoord worden, hoe kan je collega's laten begrijpen wat jij bedoelt. Dit vergde veel energie. De beste keuze die gemaakt was in het begin van dit project was het doen van onderzoek naar niet technische aspecten. De keuze was gemaakt om onderzoek te doen naar ergonomie, modulariteit, Lean en menselijke aspecten. Dit heeft een grote voorzet gegeven in het beter vertalen van de techniek naar de niet techniek. De verwachting was dat het realiseren van het technische gedeelte van het prototype zou slagen vanwege de 4-jarige achtergrond van de studie Mechatronica. Tot dusver lukt dit goed, dit betekent dat door het niet technische onderzoek en het technische prototype ervoor gezorgd kan worden dat er een gecombineerd prototype komt te staan, wat begrijpbaar is voor zowel niet technische mensen als technische mensen. Het volgende nadeel is het opstellen en uitvoeren van de testplannen. Normaal gesproken zouden de testplannen zo technisch opgesteld worden dat het misschien moeilijk is om te begrijpen als deze nog nooit zelf gemaakt of uitgevoerd zijn door niet technische mensen. De keuze is daarom gemaakt om te proberen om de testen kwalitatief uit te voeren en niet kwantitatief. Wat er dan gebeurd is dat de testen op een bepaalde manier makkelijker worden opgesteld maar moeilijker objectief te beoordelen zijn. De beoordeling van de testen zullen allemaal geobserveerd worden beoordeeld. Waarmee bedoeld wordt dat er geen data-analyse gemaakt wordt van veel data maar dat er een ja/nee of meer/minder antwoord op variabelen gegeven wordt. Hierdoor blijven de testen voor collega's of een lezer beter begrijpbaar. Het voordeel dat de business controller een technische achtergrond heeft, is dat er veel werd gespaard met hem onder het uitvoeren van onderzoek en het realiseren van een prototype tot een technisch systeem. Omdat dit altijd hetzelfde persoon was, werd de voortgang goed bijgehouden en was het makkelijk om steeds terug te kijken naar wat er al gedaan was.

Geen achtergrond in coderen van software

Het volgende probleem na het ontwerpen was het ontwerpen van software. Ofwel het schrijven van de software. Dit is gedaan in python op een Raspberry Pi. Een Raspberry Pi is eigenlijk een verkleinde computer. Op het moment dat er gestart werd met het programmeren van python op een Raspberry Pi was er totaal geen achtergrondkennis over programmeren. De reden dat hier in het begin geen onderzoek naar is gedaan is de verwachting dat met de aangeleerde kennis en methodieken van de afgelopen 4 jaar wel een goede start gemaakt kon worden. Dat bleek ook het geval te zijn. Het duurde niet lang voordat de programmeertaal python met de dag simpeler werd. In totaal werd er ongeveer 5 volle werk dagen besteed aan het programmeren van het basissysteem. Het enige wat in het basissysteem veranderd moet worden is de database van producten en bepaalde werkinstructies die opgeroepen kunnen worden. Dit kan pas gedaan worden na de volledige systeemtest. Het blijkt dat voor een prototype van deze grote het overzichtelijk is om een strategie op te stellen, bijvoorbeeld een flowchart of een kort stappenplan van de onderdelen die geprogrammeerd moeten worden. Het uitvoeren van component testen heeft hier heel erg bij geholpen. Daar het stuk voor stuk schrijven van stukken software per component werd er snel vooruitgang geboekt. Zo snel zelfs dat er 1 component per dag gecodeerd en getest kon worden. Door het gebruiken van veel functies werd er gezorgd dat grote delen van een testcode gebruikt kon worden in volledige systeemcode. Door het toepassen van deze methode werd het gehele deel in stukken opgedeeld. Dit is een aan te raden methodiek, het op deze manier uitvoeren van een project zonder achtergrond kennis maakt alles veel simpeler en rustiger in het hoofd. Naast de flowchart en stappenplan lag er ook continue een planning klaar. Wanneer en op welke dagen welke componenten getest moesten worden om op schema te blijven. Wat bleek, het stap voor stap werken, programmeren en testen van een component per keer ging sneller dan gepland. Dit resulteerde in het sneller voltooien van de subsystemen voor het WS en het OVS.

Ook al was er geen enkele achtergrond in het programmeren van python is het toch gelukt om binnen de tijd alles af te krijgen wat er geprogrammeerd moest worden om het prototype te laten werken. De reden hiervoor is het toepassen van een goede strategie, bedenk vooraf wat er gedaan moet worden en hoe dit het beste gedaan kan worden. Zoek informatie op. Wanneer er een start gemaakt was, werd er niet terug gekeken, er werd geleerd wanneer het probleem opgelost werd en niet ervoor. Dit heeft ook veel tijd bespaard.

Complexiteit in het introduceren van innovatie

Het introduceren van innovatie was nog wel het grootste probleem vanuit verschillende perspectieven. Als eerste, Orionis is een bedrijf wat op verschillende vlakken nog een beetje achter loopt op het gebied van automatisering of het gebruik van techniek. Zoals eerder gezegd zijn er weinig werknemers vanuit de technische sector die werken binnen Orionis. Dit zorgt ervoor dat er niet veel gezocht wordt naar technische verbeteringen op de afdelingen Verpakken. Dit is niet heel erg, Orionis draait om de werknemers die hier werken. Zolang deze mensen werk hebben vervuld het bedrijf haar doel. Maar verbeteringen kunnen wel toegepast worden. Ten tweede, alles is handwerk, dit kan geautomatiseerd worden, maar omdat processen zo vaak veranderen blijft het lastig. Wanneer er verbeteringen plaats vinden op een afdeling zullen dit verbeteringen moeten zijn die de werknemers juist ondersteunen en niet wegbezuinigen.

Het probleem zit hem erin dat er niet ineens een grote verandering kan plaats vinden. Dit komt vanuit het perspectief menselijk aspect. De werknemers van Orionis hebben een arbeidshandicap. Dit zorgt ervoor dat werknemers niet altijd even goed tegen veranderingen kunnen. Dit moet dus met kleine stapjes gebeuren. Wanneer er een oplossing komt zoals een slimme tafel moet er gezorgd worden dat er niet te veel veranderd. In het begin lagen er ideeën voor autonome robots die automatisch product naar tafel brengen, op de tafel zetten en helpen met het ergonomisch aspect. Zoals het aanpakken van producten van een lopende band en dit voor een werknemer neerzetten. Dit bleek al snel een te grote verandering te zijn. Dit betekende dat er andere ideeën moesten komen. Het is lastig om

van een eerste idee af te stappen. Dit zit als eerste in het hoofd en gaat er moeilijk uit. Door observaties op afdelingen bleek al snel wat er nodig was. Een vermindering in lopen en moeilijke bewegingen maken.

Zoals eerder gezegd is het niet alleen lastig voor werknemers om veranderingen mee te maken, maar ook voor teamleiders en managers. De mooiste technische oplossingen kunnen bedacht worden, maar dit communiceren naar de teamleiders en managers is moeilijk. Omdat deze mensen al zo lang gewerkt hebben in een organisatie die (kort door de bocht gezegd) stil staat, is het lastig om een beeld van verbetering of innovatie te schetsen. Op een gegeven moment werd toch ingezien dat er een project aan de gang was omtrent innovatie bij bepaalde afdelingen. Na een presentatie en uitleg wat het plan was (slimme tafel) werden de teamleiders en managers iets warmer.

Een week na de tussentijdse presentatie nam de manager van het werkleerbedrijf zelfs de spuugmodellen en foto's van de presentatie mee naar de gemeente om te kunnen onderbouwen dat er innovatieve vraagstukken liggen en worden uitgevoerd binnen Orionis. Dit liet zien dat er toch een drang is om te innoveren binnen Orionis. Het doel, wat in het begin van dit project is opgesteld, begint te groeien en te bloeien.

Te lezen hierboven waren er 3 categorieën problemen welke speelden en spelen onder het voltooien van dit project. De meeste problemen bleken, met wat tijd, zichzelf op te lossen.

8.5.14. Componenten testen

Voor dat de belangrijke componenten getest worden, worden eerst de simpele componenten getest. Na het testen van de simpelste componenten komen de belangrijke mechatronische componenten aanbod om getest te worden. Aan het begin van het opstellen van de testen was de verwachting dat er veel getest moest worden. Onder het uitvoeren van de testen bleek eigenlijk dat het alleen om de software ging die de componenten aanstuurt. Omdat alles al zo uitgedacht was door het correct uitvoeren van de componentverdeling en de argumentatie van de stuklijst was het testen en verbinden van componenten bijna een plug en play pakket.

Het zal dus lijken of er niet veel is getest. Achterliggend is er zeer zeker veel getest, maar dan op softwarebasis. Om elke kleine verandering op te schrijven zou er veel tijd nodig zijn. Er is dus alleen genoteerd wat van belang is wanneer er meerdere tafels in elkaar gezet moeten worden.

8.5.14.1. Logboek algemene componenten testen

Tabel 37: Testen met resultaat en conclusie welke zijn uitgevoerd voor de simpele componenten

Component	Test	Antwoord	Geslaagd
Frame	Is het frame robuust?	Ja	Ja
Verdeelstekker	Verdeeld de stekker energie?	Ja	Ja
Verstelbaar voetenbankje	Is het voetenbankje instelbaar?	n.v.t.	n.v.t.
Werkinstructie op tafel	Is de werkinstructie zintuigelijk te interpreteren?	n.v.t.	n.v.t.
Werkinstructie digitaal	Als er een input is geeft deze instructie dan beeld?	Ja	Ja
Ontvang arm	Past de arm op een servomotor?	Ja	Ja
Verzend arm	Past de arm op een servomotor?	Ja	Ja
Kleurcodering weegschaal	Als er een input is geeft deze dan licht?	Ja	Ja

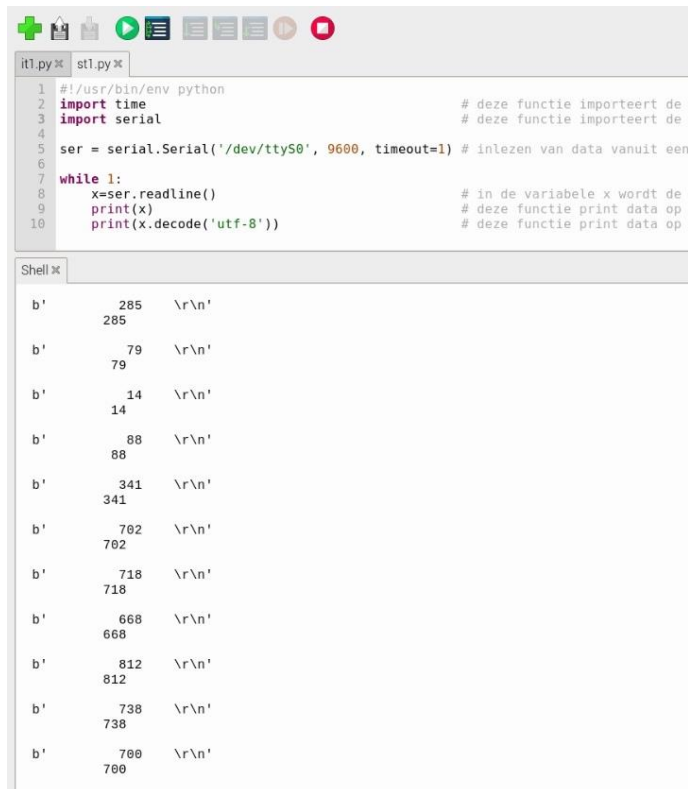
Het voetenbankje en de werkinstructie zijn in het realiseren van de tafel weggelaten. De klant vindt dit een nice to have. Dit betekent dat wanneer er tijd voor is deze gerealiseerd kunnen worden. Als dit niet het geval is zal hier geen aandacht aan besteed worden. De essentie van deze opdracht ligt bij het optimaliseren van het productieproces. Volgens de klant kunnen deze twee componenten later ook nog toegevoegd worden buiten om het project.

8.5.14.2. Logboek weegschaal (KERN DE 6K1D) test

Uitgevoerde methode

1. Sluit de RS232 omvormer aan op de RS232 uitgang van de weegschaal;
2. Sluit de 4 uitgangen van de RS232 aan op de Raspberry Pi volgens het elektrische schema uit *Figuur 66*, pagina 106;
3. Stel de weegschaal in volgens *Figuur 67*, pagina 107, op 'AU PC' en een baud rate van 9600;
4. Sluit de Raspberry Pi aan op een display;
5. Sluit zowel de weegschaal als de Raspberry Pi aan op het stopcontact zodat deze aan gaan;
6. Start het programmeer programma Thonny op;
7. Open het document 'st1.py' (wat staat voor seriele test 1);
8. Als alles goed is aangesloten start dan het programma 'st1.py'
9. Check of de Raspberry Pi de waarde van de weegschaal kan uitlezen in het onderdeel 'Shell' wat onderaan in Thonny is te vinden, noteer ja bij D1.1.2 en EE1.2.2 als er waarden worden gelezen

Resultaat



```

1 #!/usr/bin/env python
2 import time
3 import serial
4
5 ser = serial.Serial('/dev/ttyS0', 9600, timeout=1) # inlezen van data vanuit een
6
7 while 1:
8     x=ser.readline()
9     print(x)
10    print(x.decode('utf-8'))
  
```

```

b'      285 \r\n'
285
b'      79 \r\n'
79
b'      14 \r\n'
14
b'      88 \r\n'
88
b'     341 \r\n'
341
b'     702 \r\n'
702
b'     718 \r\n'
718
b'     668 \r\n'
668
b'     812 \r\n'
812
b'     738 \r\n'
738
b'     700 \r\n'
700
  
```

Voor het testen of de weegschaal uitgelezen kan worden met een Raspberry Pi is er eerst een testcode geschreven welke seriële data kan uitlezen. Zoals te zien in *Figuur 55* wordt er op het beeldscherm twee soorten data geprint. De eerste vorm is een gecodeerde vorm welke de weegschaal als standaard uitgeeft. Om deze vorm naar een bruikbaar getal te vormen moet deze gedecodeerd worden. Wanneer dit is gelukt kan er aangetoond worden dat er op de volgende regel een 'schoon' getal staat. Dit betekent dat de test is voltooid en dat er een goede connectie is opgesteld tussen de Raspberry Pi en de weegschaal. In de conclusie zijn de variabelen als positief ingevuld.

Figuur 55: Code voor het testen van de weegschaal met uitgelezen waarden van de weegschaal.

Conclusie

De waarden worden door de Raspberry Pi continu uitgelezen daarom is de hypothese:

De weegschaal, wanneer correct aangesloten, heeft een constante output van data, wanneer er wel of geen goederen worden gewogen.

Correct en werkt het component weegschaal als verwacht.

Tabel 38: Variabelen waarop de weegschaal getest is.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
D1.1.2: Data verzenden		Ja
E1.2: Ontvangen van elektrische energie	230 VAC	Ja

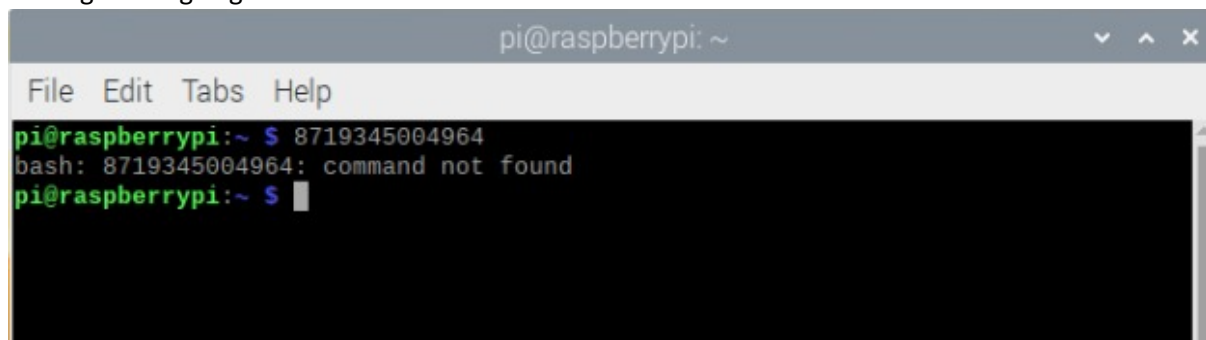
8.5.14.3. Logboek barcodescanner test

Uitgevoerde methode

1. Sluit de barcodescanner aan op de Raspberry pi;
2. Sluit de Raspberry pi aan op een monitor;
3. Sluit de Raspberry Pi aan op een computer of stopcontact zodat deze aan gaat;
4. Gaat de barcode scanner aan, noteer dan ja bij EE1.2.1;
5. Open de terminal op de Raspberry pi;
6. Scan een product met de barcodescanner;
7. Komt er tekst in de terminal te staan, noteer dan ja bij D1.1.1.

Resultaat

Het resultaat van de barcodescanner test is weergegeven in *Figuur 56*. Deze afbeelding laat een willekeurige gescande barcode zien. Doormiddel van het scannen van deze barcode kwam deze in de terminal terecht. De terminal is gebruikt vanwege het makkelijk opstarten, in plaats van een tekstdocument. Uit het scannen kan opgemerkt worden dat een barcodescanner werkt als een toetsenbord. De barcode is zo ingesteld dat deze automatisch een enter achter de barcode geeft. Dit zorgt er in de toekomst voor dat deze automatisch ingelezen kan worden door software. In de conclusie zijn de bevindingen vastgelegd.



Figuur 56: Resultaat barcodescanner test.

Conclusie

De waarde wordt door de Raspberry Pi goed uitgelezen daarom is de hypothese:

De barcodescanner geeft een output wanneer er een product wordt gescand.

Correct en werkt het component barcodescanner als verwacht.

Tabel 39: Variabelen waarop de barcodescanner getest is.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
D1.1.1: Data verzenden	-	Ja
E1.2.1: Ontvangen van elektrische energie	5 VDC	Ja

8.5.14.4. Logboek elektronische voeding (MEANWELL LRS-75-36) test

Uitgevoerde methode

1. Sluit de elektronische voeding aan zoals getoond in *Figuur 64*, pagina 105, maar dan alleen de stekker voor in het stopcontact;
2. Steek de stekker in het stopcontact;
3. Pak de multimeter en stel deze in naar behoren, elke multimeter is anders, maar stel deze in zodat deze 230VAC kan meten;
4. Meet de aangesloten contacten, wanneer deze 230 VAC aangeven kan er ja genoteerd worden bij E1.3;
5. Zet nu de multimeter op de stand dat deze 36 VDC kan meten;
6. Meet nu de niet aangesloten contacten waaruit 36 VDC moet komen;
7. Komt er 36 VDC te staan op de multimeter, noteer dan ja bij E1.3.1 & E1.3.2.

Resultaat

Deze test was vrij snel afgerond. Na het aansluiten van de voeding op netspanning werd er direct 230 VAC gemeten op de aangesloten contacten. Enige voorval was dat de meter verkeerd stond ingesteld zonder dit door te hebben en sprong er een vonk over, na een tweede meting ging dit wel correct. Ook werd de 36 VDC direct gemeten. Doordat deze voeding precies is geselecteerd op wat er nodig was moesten de inputs en outputs van het systeem alleen nog voor de zekerheid gecheckt worden. In de conclusie zijn de bevindingen genoteerd.

Conclusie

De waarden voor de elektronische voeding worden door de multimeter goed uitgelezen daarom is de hypothese:

De elektronische voeding kan elektrische energie ontvangen (wisselspanning) ontvangen, waarna deze voeding die kan omzetten in gelijkspanning.

Correct en werkt het component elektronische voeding als verwacht.

Tabel 40: Variabelen waarop de elektronische voeding getest is.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
E1.3 Ontvangen van elektrische energie	230 VAC	Ja
E1.3.1 Verzenden van elektrische energie	36 VDC	Ja
E1.3.2 Verzenden van elektrische energie	36 VDC	Ja

8.5.14.5. Logboek stappenmotor 1 & 2 (NEMA23) test

Deze test wordt tegelijk met de motorcontroller 1 & 2 test (op de volgende pagina) uitgevoerd.

Uitgevoerde methode

1. Sluit de stappenmotoren elektrische voeding en Raspberry Pi aan op de motorcontrollers zoals in Figuur 64 & Figuur 65, pagina 105;
2. Stel de motorcontroller (fysiek aan de zijkant) als volgt in, 1. Off, 2. On, 3. Off, 4. On, 5. Off, 6. Off, dit zorgt ervoor dat de instelling voor de stappen overeenkomen met die van de geschreven testcode;
3. Sluit de Raspberry Pi aan op een beeldscherm;
4. Plak een soort sticker of andere indicatie op de twee assen van de stappenmotor zodat er visueel zichtbaar is dat deze gaan draaien;
5. Sluit de Raspberry Pi en de elektronische voeding aan op het stopcontact;
6. Wacht totdat de Raspberry Pi is opgestart en open dan het programma Tonny op;
7. Open het document 'PWM_Stepper_Motor_test_01.py';
8. Als alles goed is aangesloten start dan het programma 'PWM_Stepper_Motor_test_01.py';
9. Wanneer de motoren 180 graden heen en terugdraaien is de test voltooid en kan er bij elke variabele ja genoteerd worden.

Resultaat

Deze resultaten zijn visueel behaald, er kan geen filmpje geüpload worden, dit zou te veel opslaggeheugen voor dit document in beslag nemen. Onder het testen ging alles goed, de code is enkele keren aangepast om zo op de 180 graden rotatie uit te komen. Deze motoren kunnen ingesteld worden door de motorcontrollers. De instelling voor de motorcontrollers staat voor deze test op 8 microsteps. Dit betekent dat de motor 1600 pulsen nodig heeft voor 1 volledige rotatie. Voor 180 graden, wat een halve rotatie is worden er 800 pulsen doorgestuurd. Het kostte wat tijd om de juiste delay tussen pulsen te vinden om de motoren soepel te laten draaien. Dit is uiteindelijk gelukt. Uiteindelijk draaien de motoren soepel en op een constant tempo door. Omdat de uiteindelijke belasting niet superzwaar is (ongeveer 300 gram) wordt er niet gekeken naar jerk, ofwel het constant accelereren, constante snelheid en constante decelereren. Daarom is er gekozen voor een constante snelheid vanaf de start. Als er hiermee in de toekomst problemen zijn kan de software altijd nog een beetje aangepast worden. De bevindingen zijn genoteerd in de conclusie.

Conclusie

Er is geobserveerd dat de motoren correct samenwerken met de motorcontrollers daarom is de hypothese:

De servomotoren werken naar behoren, en reageren op signalen die naar de servomotor worden toegestuurd.

Correct en werken de componenten stappenmotoren als verwacht.

Tabel 41: Variabelen waarop stappenmotoren 1 & 2 getest zijn.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
E1.3.3: Ontvangen van elektrische energie	36 VDC	Ja
E1.3.4: Ontvangen van elektrische energie	36 VDC	Ja
ME1: Een roterende translatie verzorgen	180 °	Ja
ME2: Een roterende translatie verzorgen	180 °	Ja

8.5.14.6. Logboek motorcontroller 1 & 2 (TB6600) test

Deze test wordt tegelijk met de stappenmotor 1 & 2 test (op de volgende pagina) uitgevoerd.

Uitgevoerde methode

1. Sluit de stappenmotoren elektrische voeding en Raspberry Pi aan op de motorcontrollers zoals in Figuur 64 & Figuur 65, pagina 105;
2. Stel de motorcontroller (fysiek aan de zijkant) als volgt in, 1. Off, 2. On, 3. Off, 4. On, 5. Off, 6. Off, dit zorgt ervoor dat de instelling voor de stappen overeenkomen met die van de geschreven testcode;
3. Sluit de Raspberry Pi aan op een beeldscherm;
4. Plak een soort sticker of andere indicatie op de twee assen van de stappenmotor zodat er visueel zichtbaar is dat deze gaan draaien;
5. Sluit de Raspberry Pi en de elektronische voeding aan op het stopcontact;
6. Wacht totdat de Raspberry Pi is opgestart en open dan het programma Tonny op;
7. Open het document 'PWM_Stepper_Motor_test_01.py';
8. Als alles goed is aangesloten start dan het programma 'PWM_Stepper_Motor_test_01.py';
9. Wanneer de motoren 180 graden heen en terugdraaien is de test voltooid en kan er bij elke variabele ja genoteerd worden.

Resultaat

Ook al is deze test hetzelfde als de test voor de motoren zijn de resultaten een beetje anders. Nog steeds gelden dezelfde resultaten, er werd alleen getest op andere variabelen. Om te beginnen zijn alle resultaten behaald. Uit de test bleek dat de motorcontroller wel goed ingesteld moet zijn. Ofwel op de goede stand voor het aantal microsteps. Wanneer deze niet goed staan zullen de motoren niet werken, de motoren zullen happen of helemaal niet draaien als de delay tussen pulsen te laag is. De motoren draaien naar behoren en dat betekent dat het juiste voltage in en uit de motorcontrollers gaat. (Deze motorcontrollers worden door leveranciers aangeraden om te gebruiken bij de NEMA 23 serie dus dit is vrij logisch.) Ook ontvangen de motorcontrollers de juiste data. Geobserveerd is dat wanneer de data of signaalkabels omgedraaid worden de motoren niet draaien. Op dat moment komt data op verkeerde tijden of combinaties binnen. Wanneer de motoren de verkeerde kant opdraaien, kan er in de software bepaalde waarden omgedraaid worden, of kan er een kabel omgedraaid worden welke is aangesloten op de motorcontroller. Dit betekent dat de +B omgedraaid kan worden met de -B of dat de +A omgedraaid kan worden met de -A, zie nogmaals **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** In het geval voor dit project is er een verandering in de code aangebracht. Zo blijft het overzichtelijk wanneer er wordt gerefereerd aan de figuren uit het assemblage plan. De bevindingen zijn genoteerd in de conclusie.

Conclusie

Er is geobserveerd dat de motoren correct samenwerken met de motorcontrollers daarom is de hypothese:

De twee motorcontrollers werken naar behoren, ze kunnen energie en signalen ontvangen, waarna de controllers de NEMA23 motoren kunnen aansturen.

Correct en werken de componenten motorcontrollers als verwacht.

Tabel 42: Variabelen waarop motorcontrollers 1 & 2 getest zijn.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
E1.3.1: Ontvangen van elektrische energie	36VDC	Ja
E1.3.2: Ontvangen van elektrische energie	36 VDC	Ja
D1.1.4: Data ontvangen	-	Ja
D1.1.5: Data ontvangen	-	Ja
E1.3.3: Verzenden van elektrische energie	3.2 VDC	Ja
E1.3.4: Verzenden van elektrische energie	3.2 VDC	Ja

8.5.14.7. Logboek Sensor test

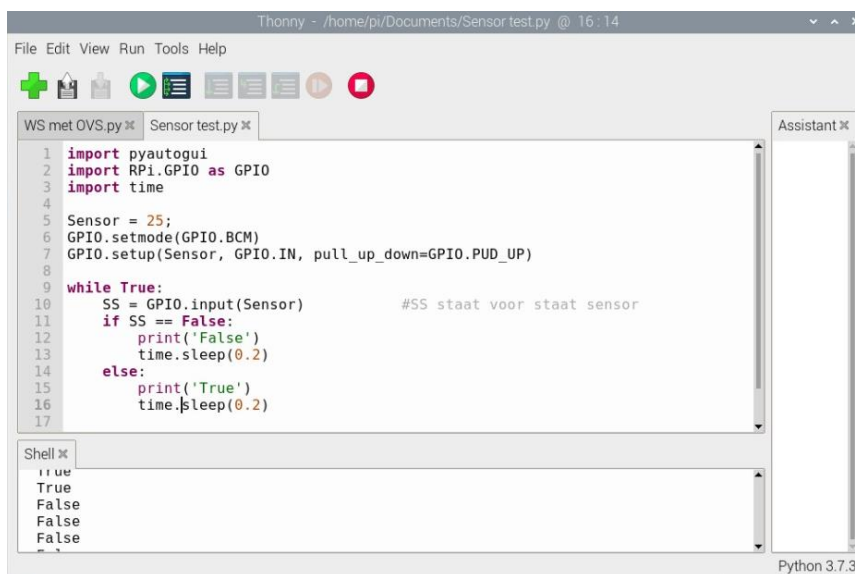
Voor het testen van de input van een sensor is in het geval van de component test een drukknop gebruikt. Er zou eigenlijk een ultrasoon sensor of een vergelijkbaar component gebruikt worden, maar deze is nog niet beschikbaar op het moment dat de testen uitgevoerd moeten worden. Het enige verschil is dat er in de code een klein beetje verandering aangebracht moet worden.

Uitgevoerde methode

1. Sluit de sensor aan op de Raspberry Pi, volgens *Figuur 62*, pagina 103;
2. Sluit de Raspberry pi aan op het stopcontact;
3. Wanneer de Raspberry Pi is opgestart open dan het programma Thonny;
4. Open het document 'Sensor test.py';
5. Check nogmaals de connectie en start dan het programma 'Sensor test.py';
6. Wanneer de output in het al bekende 'shell' gedeelte 'True' als output geeft wordt de drukknop niet ingedrukt, druk nu de knop in, de output in de 'shell' veranderd naar 'False';
7. Wanneer stap 6 lukt is de test voltooid en van er voor elke variabele ja genoteerd worden;

Resultaat

Dit component is vrij simpel, een drukknop. In *Figuur 57* is de code voor dit component weergegeven met direct het verwachte resultaat. Het resultaat is een output welke 'True' schrijft wanneer het systeem in neutrale vorm staat is. Wanneer de sensor activeert ofwel wanneer iemand op de drukknop druk wordt de output van het systeem actief, en zo de output 'False'. Deze staat kan gebruikt worden in bepaalde statements als er in het OVS-subsysteem bijvoorbeeld een pot verzonden moet worden.



```

Thonny - /home/pi/Documents/Sensor test.py @ 16:14
File Edit View Run Tools Help
WS met OVS.py x Sensor test.py x Assistant x
1 import pyautogui
2 import RPi.GPIO as GPIO
3 import time
4
5 Sensor = 25;
6 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
7 GPIO.setup(Sensor, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
8
9 while True:
10     SS = GPIO.input(Sensor)          #SS staat voor staat sensor
11     if SS == False:
12         print('False')
13         time.sleep(0.2)
14     else:
15         print('True')
16         time.sleep(0.2)
17
Shell x
True
True
False
False
False
Python 3.7.3
    
```

Figuur 57: Code en resultaat van code voor sensor.

Conclusie

Er is geobserveerd dat de Raspberry Pi de juiste data als output heeft als de sensor non-actief en actief is daarom is de hypothese:

De sensor werkt naar behoren, kan signalen ontvangen vanuit zijn omgeving en kan deze verzenden naar de MCU (Raspberry Pi) zonder problemen.

Correct is en werkt het component sensor als verwacht.

Tabel 43: Variabelen waarop de werking van de sensor is getest.

Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
D1.1.6: Data ontvangen en verzenden	-	Ja
EP0.1: Eindproduct ontvangen (voor de test kunnen het ook andere objecten zijn)	-	Ja

8.5.14.8. Logboek MCU (Raspberry Pi 4 B) test

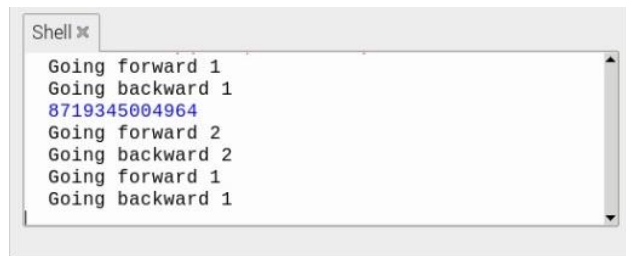
Deze test is eigenlijk al bijna een subsysteem test, het enige verschil is dat er bij deze test wordt gekeken naar de interne interacties van het subsysteem. De reden hiervoor is dat de Raspberry Pi vele inputs en outputs heeft. Eigenlijk zijn deze voorheen al getest met de componenten, dit is dus eigenlijk een samenvatting met kleine extra facetten voor de testen welke al zijn uitgevoerd.

Uitgevoerde methode

1. Zie de vorige testen en sluit alles aan zoals alles voorheen was aangesloten aan de Raspberry Pi;
2. Sluit de Raspberry Pi en het display aan op elkaar en op het stopcontact;
3. Wacht totdat de Raspberry Pi is opgestart en start het programma Thonny op;
4. Open het testprogramma 'WS met OVS.py';
5. Sluit de weegschaal en de elektronische voeding aan op het stopcontact, zorg er ook voor dat de weegschaal aanstaat, anders geeft het programma een error;
6. Start het programma, een van de motoren zal nu gaan draaien;
7. Scan daarna een product met een barcode welke in de database staat, zie de code van het testprogramma, zet desnoods zelf een barcode in de code met het bijbehorende gewicht doe dit wel voordat het programma opgestart is;
8. Zet het product op de weegschaal, speel een beetje door het blad van de weegschaal op de tillen en naar beneden te drukken, de kleuren zouden moeten veranderen, wanneer de kleuren veranderen werkt het programma naar behoren;
9. Druk nu op de drukknop zodat eerst de ene motor 180 graden heen en terug draait waarna de andere 180 graden heen en terug draait;
10. Nadat beide motoren gedraaid zijn kan er weer gewogen worden;
11. Door het doorlopen van al deze stappen worden een voor een alle datalijnen gecheckt, wanneer alles gebeurt wat er beschreven staat werkt de Raspberry Pi met bijhorende code naar behoren en kan bij elke variabele ja genoteerd worden.

Resultaat

Na enige tijd troubleshooten hoe alles geprogrammeerd moest worden zodat de componenten op de juiste manier in de juiste volgorde samenwerken, is het gelukt. Om te beginnen draait de eerste motor 180 graden heen en dan terug. Dit simuleert de ontvang arm welke een potje van een band pakt. Daarna moet de barcode gescand worden, wanneer dit gebeurt start er een programma welke de kleurcode-ring toont. Oranje wanneer er niet genoeg wordt gewogen, groen wanneer correct, en rood wanneer te veel. Daarna wordt de drukknop ingedrukt (welke normaal een sensor is die ziet of er een potje staat) zodat de verzendarm 180 graden draait, de pot op de band zet en daarna terugdraait. Daarna draait de ontvang arm weer een pot op tafel en draait deze terug. Zie *Figuur 58*, deze geeft stapsgewijs aan wat het proces is. Zoals het figuur aangeeft draait eerst motor 1, dit is de ontvang arm, daarna wordt de barcode gescand. Wanneer deze gescand is start er een programma, te zien op de volgende pagina in *Figuur 59 t/m Figuur 60*. Normaal wordt er maar een kleur getoond, zo ook in deze test, de kleur oranje is meestal te zien. Wanneer de kleur groen is kan de drukknop ingedrukt worden, dit simuleert de sensor die een pot voor de verzendarm ziet staan. Zoals in *Figuur 58* te zien draait dan motor 2 (de verzendarm) waarna motor 1 (de ontvangarm) weer draait. Nu start het proces opnieuw. De bevindingen zijn genoteerd in de conclusie.



```
Shell x
Going forward 1
Going backward 1
8719345004964
Going forward 2
Going backward 2
Going forward 1
Going backward 1
```

Figuur 58: Output van de software, dit gebeurt in de realiteit ook.



Figuur 59: Kleurcodering wanneer er te weinig wordt gewogen.

Figuur 61: Kleurcodering wanneer genoeg wordt gewogen.

Figuur 60: Kleurcodering wanneer er te veel wordt gewogen.

Conclusie

Er is geobserveerd dat de Raspberry Pi de juiste data kan ontvangen, verwerken c.q. verzenden daarom is de hypothese:

MCU 1 is werkend, en kan data ontvangen, verwerken en verzenden naar behoren.

Correct en werkt het component MCU als verwacht

Tabel 44: Variabelen waarop de MCU op getest is.

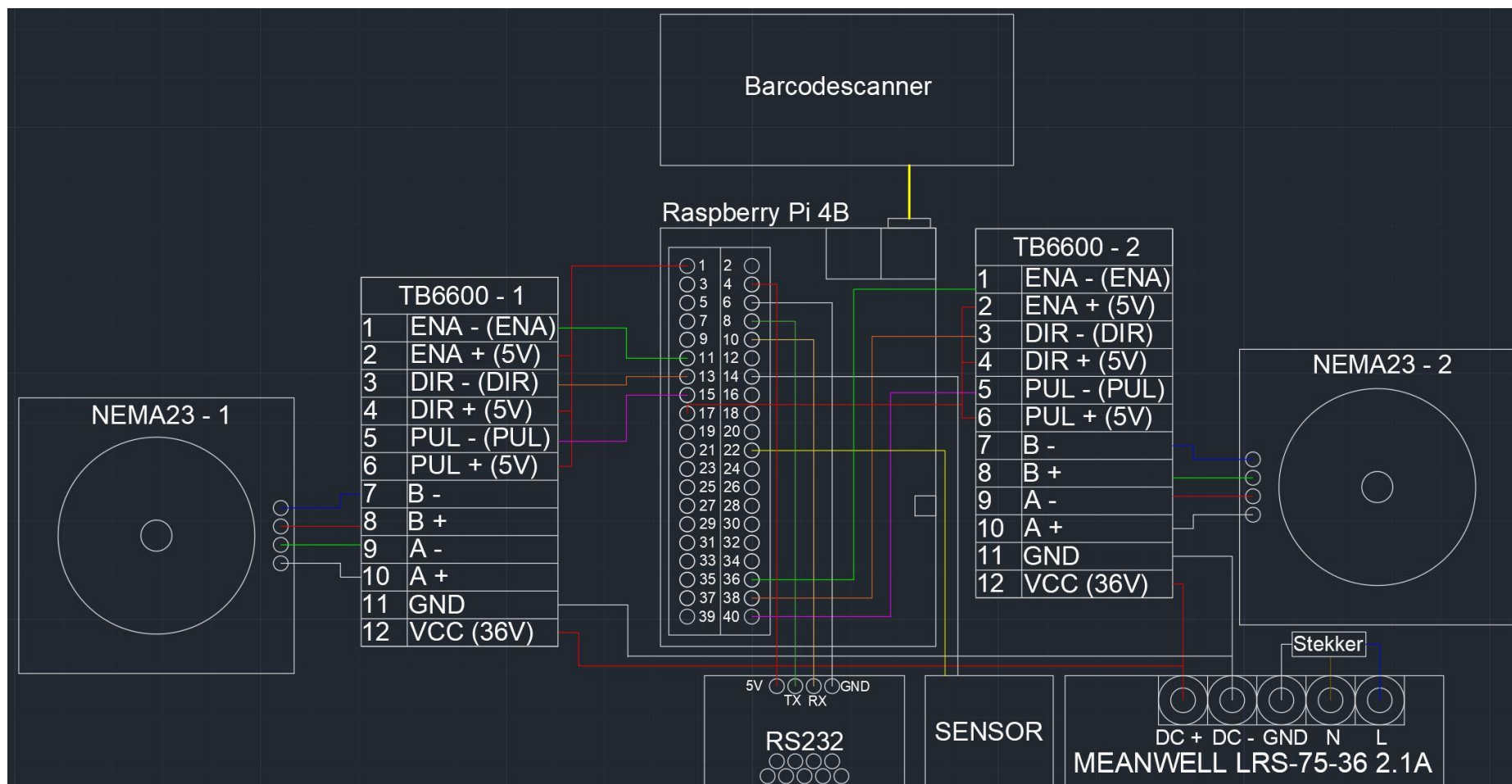
Variabelen waarop getest is	Limiet	Getest met positief resultaat
D1.1: Data verzenden	-	Ja
D1.1.1: Data ontvangen	-	Ja
D1.1.2: Data ontvangen	-	Ja
D1.1.3: Data verzenden	-	Ja
D1.1.4: Data verzenden	-	Ja
D1.1.5: Data verzenden	-	Ja
D1.1.6: Data ontvangen en verzenden	-	Ja
EE1.4: Ontvangen van elektrische energie	5.1 VDC	Ja

8.5.15. Assemblage plan

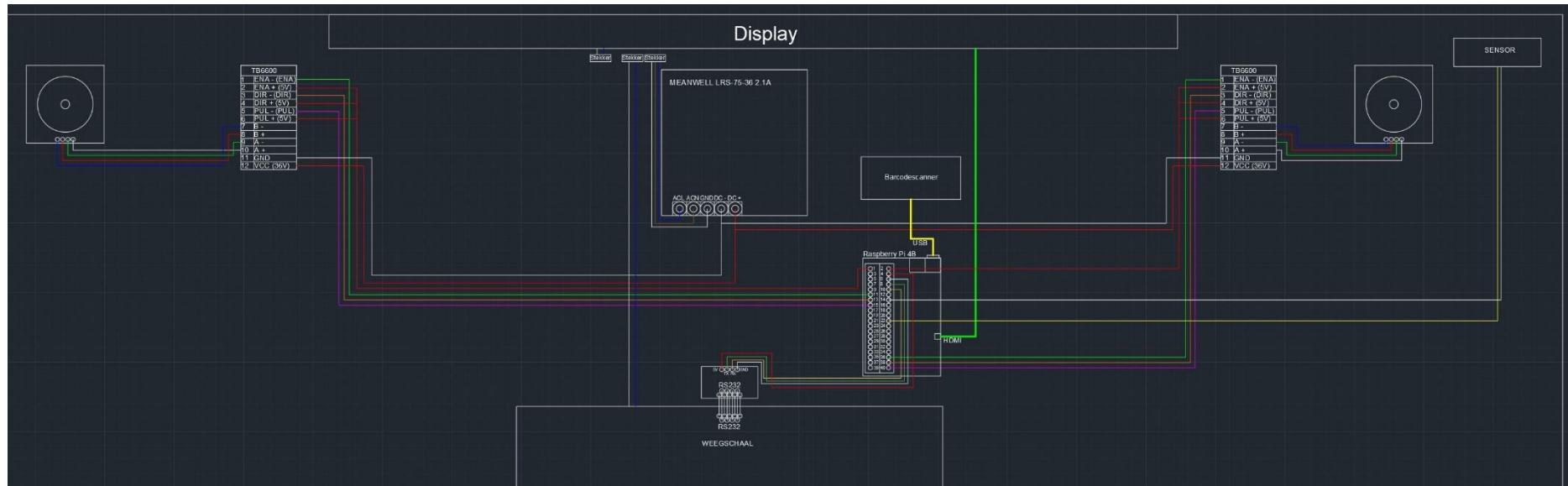
Nadat de component testen zijn uitgevoerd kan er een start gemaakt worden met het assembleren van de componenten. In dit plan worden veel figuren weergegeven hoe het prototype slimme tafel is opgebouwd, hoe bepaalde componenten ingesteld kunnen/moeten worden en hoe de slimme tafel als ontwerp eruitziet. Het is meer een stappenplan waarnaar gerefereerd vanuit testplannen om aan te tonen hoe iets aangesloten of opgebouwd moet worden.

In de testplannen en logboeken van de componenten was er al gerefereerd naar de figuren die in deze te zien zijn. De reden hiervoor is dat deze figuren (elektrische schema's) benodigd waren voordat er een test uitgevoerd kon worden. *Figuur 62 tot en met Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.* geven de elektrische schema's weer voor het prototype slimme tafel. *Figuur 67* laat zien hoe de weegschaal ingesteld kan worden op verschillende standen.

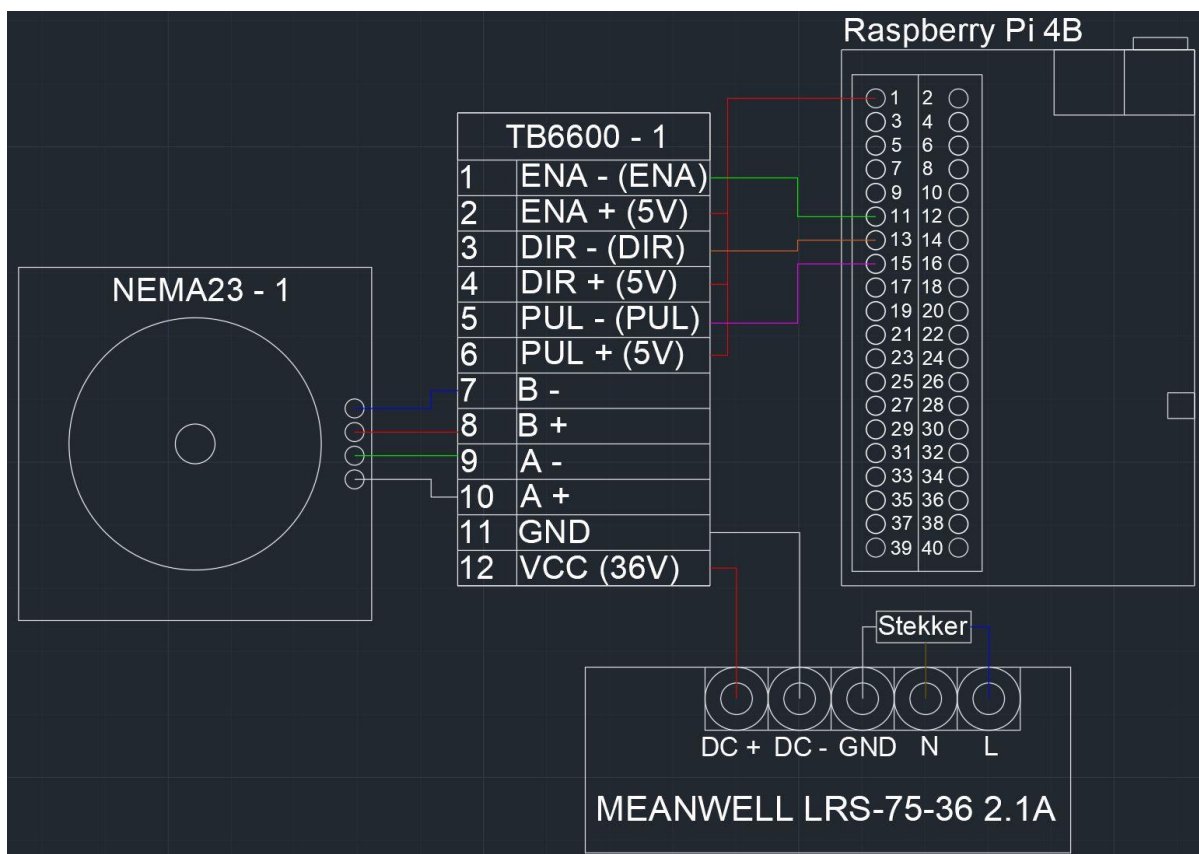
Figuur 69 tot en met Figuur 71 hebben betrekking op het onderdeel assembleren van het frame voor de slimme tafel. Hierin worden 3D-cad modellen, 2D-maatwerk en een stuklijst getoond.



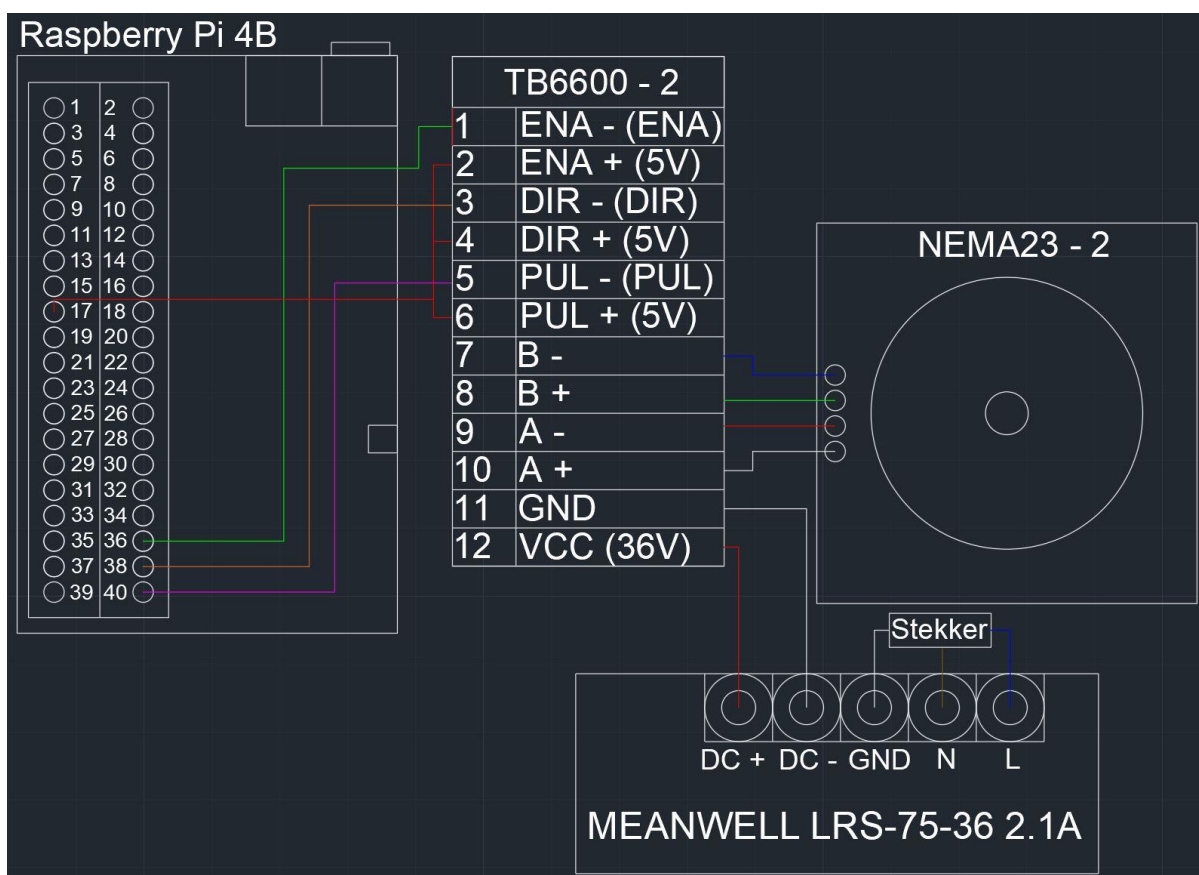
Figuur 62: Volledig elektrisch schema.



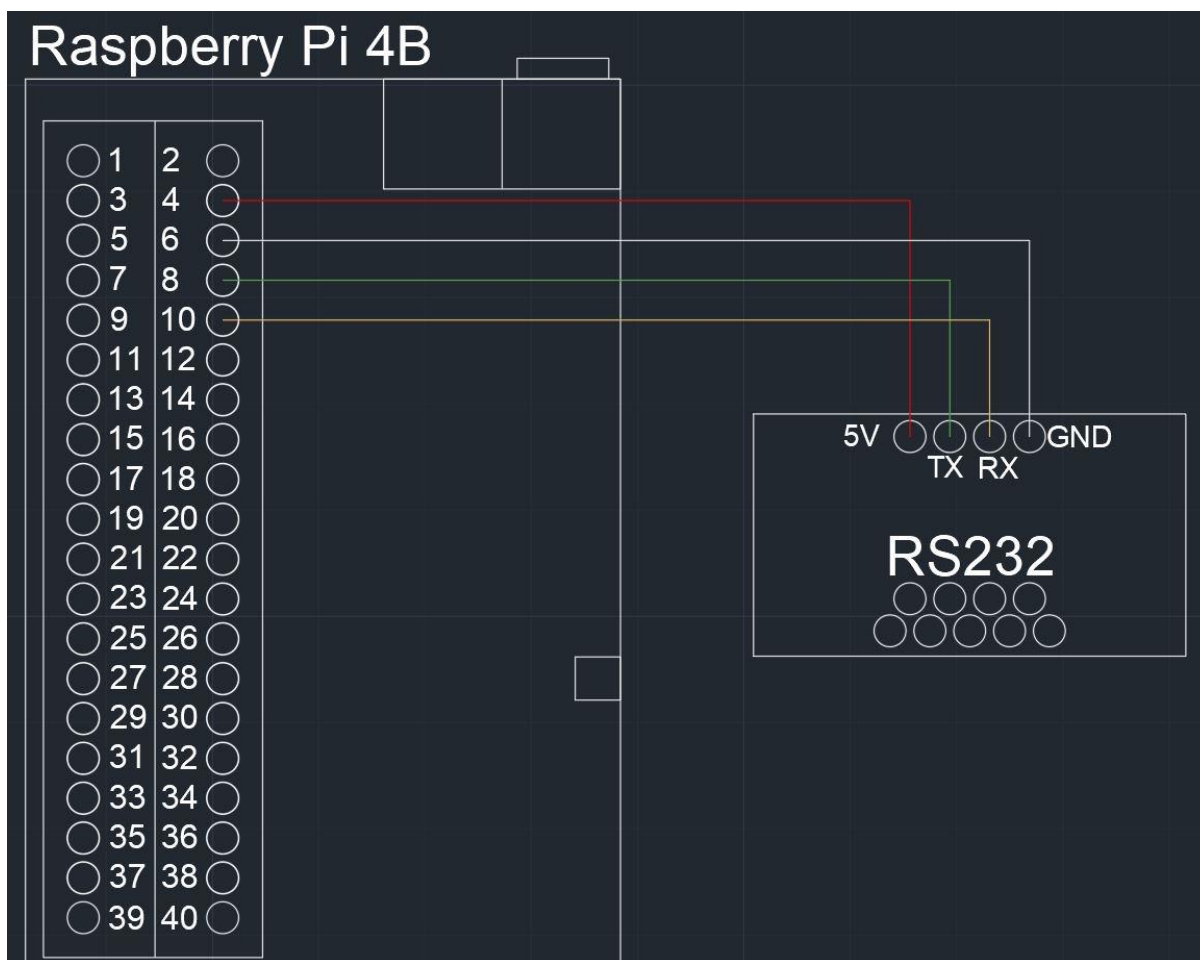
Figuur 63: Volledig elektrisch schema ingetekend op het formaat van de tafel.



Figuur 64: Elektrisch schema NEMA23 - TB6600 - LRS-75-36 - Raspberry Pi - (1)



Figuur 65: Elektrisch schema NEMA23 - TB6600 - LRS-75-36 - Raspberry Pi - (2)



Figuur 66: Elektrisch schema aansluiting RS232 op weegschaal en RS232 omvormer aan Raspberry Pi.

Data output via interface RS 232 C

General Information

The previous condition for the data transfer between balance and a peripheral device (e.g. printer, PC ...) is that the appliances are set to the same interface parameters (e.g. baud rate, transfer mode ...).

7.5.1 Data transfer mode

0.0_g

⇒ In weighing mode keep the **PRINT** key pressed until **[Unit]** appears.

Unit

⇒ Press the **MODE** button several times until „Pr“ is displayed.

⇒ Acknowledge using **SET** key, the current setting is displayed.

Pr

⇒ Select the desired settings by pressing the **MODE** key

rE CR	Data output via remote control commands
Pr PC	Data output using the PRINT key
AU PC	Continuous data output
bA Pr	Output on bar code printer
AU Pr	Autom. data output of stable weighing values

⇒ Use the **SET** key to confirm selection. The balance returns to weighing mode.

7.5.2 Baud rate

The baud rate defines the transfer speed via the interface, 1 Baud = 1 Bit/second.

0.0_g

⇒ In weighing mode keep the **PRINT** key pressed until **[Unit]** appears.

Unit

⇒ Press the **MODE** key several times until „bAUd“ is displayed.

⇒ Acknowledge using **SET** key, the current setting is displayed.

bAUd

⇒ Use **MODE** key select the desired settings

9600 ⇒ 4800 ⇒ 2400 ⇒ 1200 ⇒ 19200

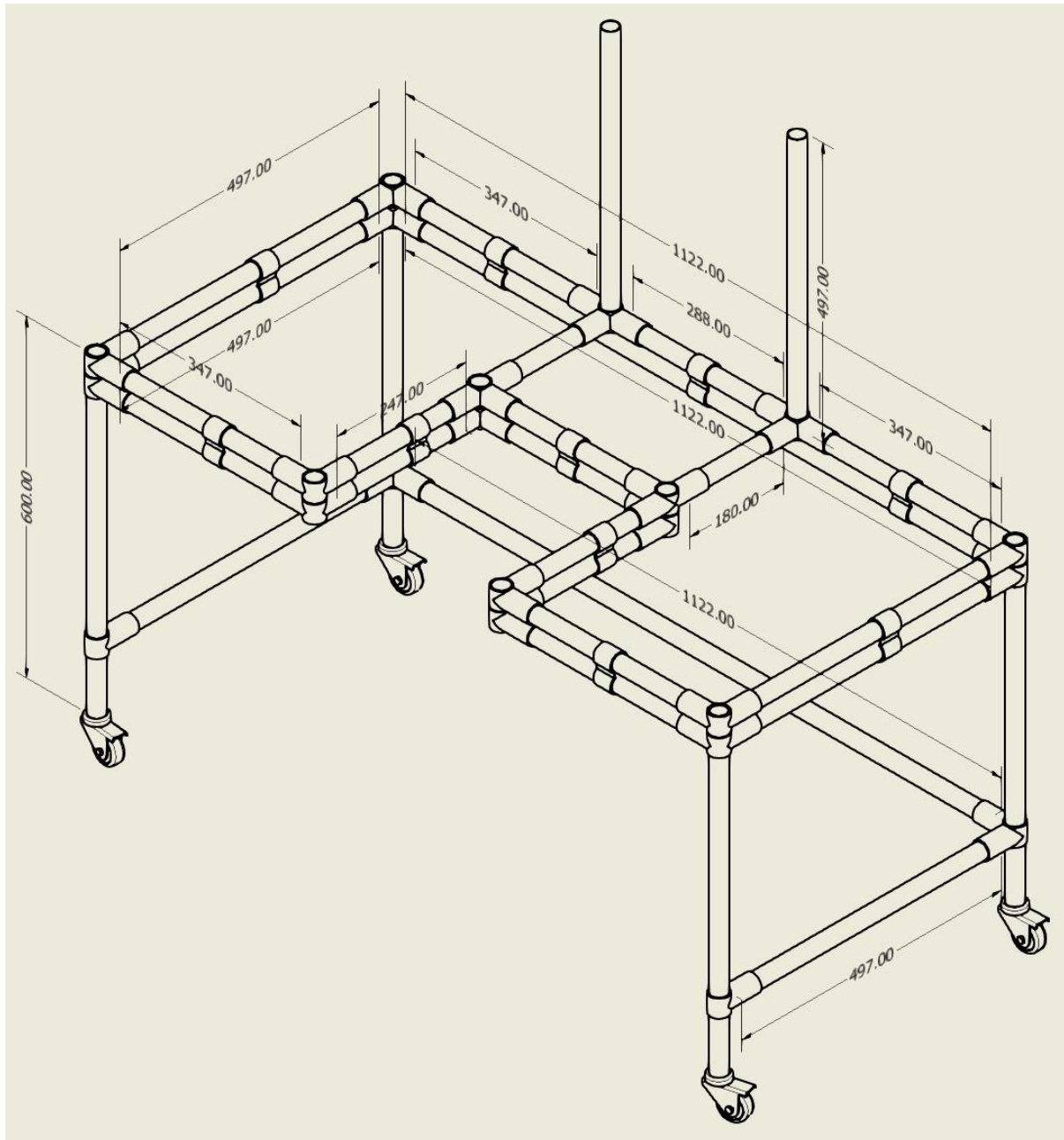
⇒ Use the **SET** key to confirm selection. The balance returns to weighing mode.

Figuur 67: Instellen van de DE 6K1D weegschaal.



Figuur 68: Perspectiefaanzicht slimme tafel prototype (open tafelblad zodat interne componenten zichtbaar zijn). *Figuur 69: Perspectiefaanzicht van slimme tafel prototype (dicht tafelblad).*

Beide figuren tonen de slimme tafel aan. In *Figuur 68* is het tafelblad weggelaten zodat er ingezoomd kan worden op de verschillende mechatronische componenten. In *Figuur 69* is de slimme tafel afgebeeld met een tafelblad, dit is tevens het werkblad voor een werknemer. In het midden staat de weegschaal. Deze is gelijk met het bovenste tafelblad. Wordt er een andere weegschaal gebruikt, dan kan de keuze gemaakt worden om het onderste buizenframe te verlagen. Dit zorgt ervoor dat een andere weegschaal gelijk is met het bovenste tafelblad.



Figuur 70: Werktekening slimme tafel met afmetingen van de buizen voor assemblage.

De eerste slimme tafel wordt aan Orionis afgeleverd als totaalpakket. In *Figuur 70* is het buizenframe getekend als 2D-tekening met maten, met als reden dat de tafel reproduceerbaar is als iemand anders deze tafel zou willen bouwen. De stuklijst staat op de volgende pagina in *Figuur 71*. Deze stuklijst wordt ook gebruikt voor het bestellen van componenten.

Model Data									
Item	Part Number	Thumbnail	BOM Structure	Unit QTY	QTY	Stock Number	Description	REV	
▶	1 Buisprofiel_connector_T		Normal	Each	4				
	2 Buisprofiel_connector_hoek		Normal	Each	16				
	3 Buisprofiel_600mm		Normal	Each	4				
	4 Buisprofiel_347mm		Normal	Each	6				
	5 Buisprofiel_497mm		Normal	Each	8				
	6 Buisprofiel_connector_T_90 graden		Normal	Each	2				
	7 Buisprofiel_connector_parallel		Normal	Each	10				
	8 Buisprofiel_288mm		Normal	Each	3				
	9 Buisprofiel_247mm		Normal	Each	4				
	10 Buisprofiel_180mm		Normal	Each	2				
	11 Volkern_6mm_600x1200_bovenplaat		Normal	Each	1				
	12 Volkern_6mm_600x1200		Normal	Each	1				
	13 Buisprofiel_1122mm		Normal	Each	2				
	14 Buisprofiel_connector_kruis		Normal	Each	2				

Figuur 71: Stuklijst voor het buizenframe van de slimme tafel.

8.5.16. Substelsysteem test

8.5.16.1. Logboek Tafel test

Uitgevoerde methode

Variabelen testen

6. Zet het frame van de tafel in elkaar volgens de bouwtekening die is weergegeven in *Figuur 70*, pagina 109;
7. Sluit de Tafel/Skelet aan op elektrische energie (stopcontact of krachtstroom);
8. Test de uitgangen of contacten waaruit elektrische energie moet komen met een multimeter of met een apparaat wat stroom nodig heeft;
9. Probeer de tafel te verrijden en te schakelen met een lopende band.
10. Leg het resultaat vast.

Randvoorwaarden checken

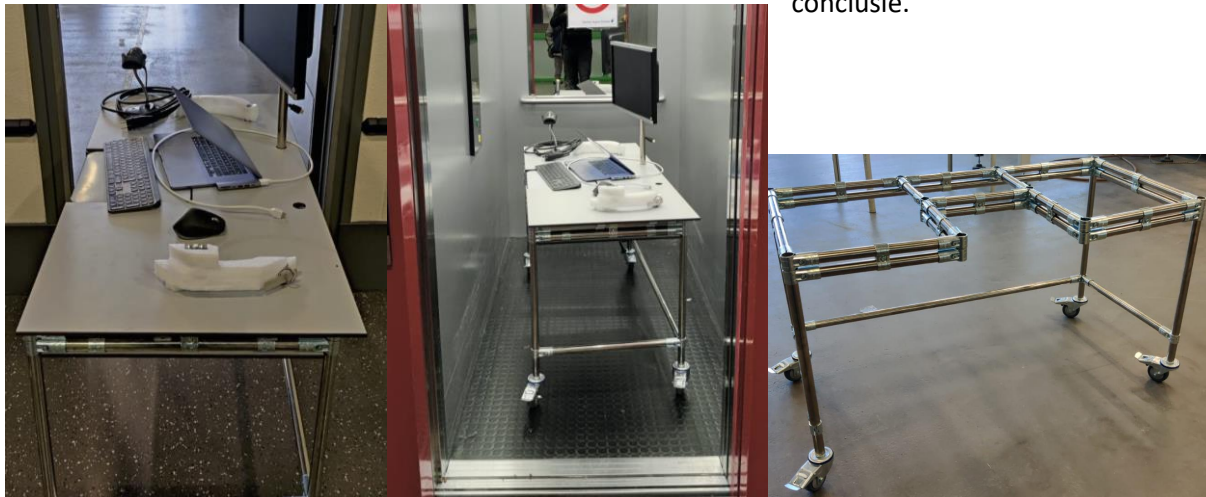
7. Is de tafel modulair op te bouwen, dit is al geobserveerd in het testen van de variabelen;
8. Rijd de tafel naar de lift toe;
9. Observeer of de tafel in de lift past;
10. Check of er ruimte op de tafel is voor de ergonomische randapparatuur;
11. Check of de afmeting van de tafel/skelet voor werknemers juist is;
12. Leg het resultaat vast.

Resultaat variabelen

Aan de tafel is een stekkerdoos vastgemaakt. Deze stekkerdoos zorgt ervoor dat de energie verdeeld wordt over de vier componenten die dat nodig hebben. De stekkerdoos werkt naar behoren. Nadat de stekkerdoos is getest is de tafel meerdere keren verreden, zowel over de afdeling Verpakken 4 als over de gang richting de lift. De zwenkwielen werken goed en kunnen op slot. Wanneer alle vier de zwenkwielen op slot staan kan de tafel geen kant op. De bevindingen zijn genoteerd in de conclusie.

Resultaat randvoorwaarden

Het bouwen van de tafel is modulair. Het frame is opgebouwd uit een RVS-buizen frame met gegalvaniseerde koppelstukken, zie *Figuur 73*. Het frame is gemakkelijk in elkaar te zetten. Wanneer de tafel is opgebouwd kan deze naar de lift gereden worden. Hiervoor is de keuze gemaakt om het gehele systeem naar de lift te rijden. De reden hiervoor is dat het tafelblad groter is dan het frame zelf. Eenmaal bij de lift bleek de volledige slimme tafel in de lift te passen, zie *Figuur 72*. Daarnaast is er een test gedaan of de tafel door een normale deur kan. De tafel wordt vooral door roldeuren heen gereden. Dit zijn grote brede deuren waar pallets door vervoerd worden. Niet elke afdeling heeft deze deuren. De tafel paste ook door een normale deur, zie *Figuur 74*. De bevindingen zijn genoteerd in de conclusie.



Figuur 74: Slimme tafel past door deur. Figuur 72: Slimme tafel past in de lift.

Figuur 73: Modulair tafel frame.

Conclusie

De twee verschillende tests, voor de variabelen en de randvoorwaarden, zijn met positief resultaat uitgevoerd. De variabelen en randvoorwaarden die opgesteld waren, zijn allemaal voltooid. Daarom is de hypothese:

Wanneer dit subsysteem getest wordt blijkt uit de resultaten dat de variabelen en acties die beschreven zijn in Tabel 21 voltooid zijn, met daarbij de gestelde randvoorwaarde uit de doelstelling.

Correct en werkt het subsysteem Tafel als verwacht.

Tabel 45: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Tafel waarop getest is.

Variabelen waarop getest wordt	Limiet	Getest met positief resultaat
E1: Ontvangen elektrische energie	230 VAC	Ja
MI4: Rijden en aaneenschakelen		Ja
E1.1: Verzenden van elektrische energie	230 VAC	Ja
E1.2: Verzenden van elektrische energie	230 VAC	Ja
E1.3: Verzenden van elektrische energie	230 VAC	Ja
E1.4: Verzenden van elektrische energie	230 VAC	Ja
Randvoorwaarden		Getest met positief resultaat
Er is ruimte voor ergonomische randapparatuur		Ja
Tafel past (heel/gedeeltelijk) in de lift of door het trappenhuis		Ja
Tafel is modulair op te bouwen		Ja
Er wordt rekening gehouden met antropometrische afmetingen van de mens		Ja

8.5.16.2. Logboek Ergonomische systeem test

Uitgevoerde methode

Variabelen testen

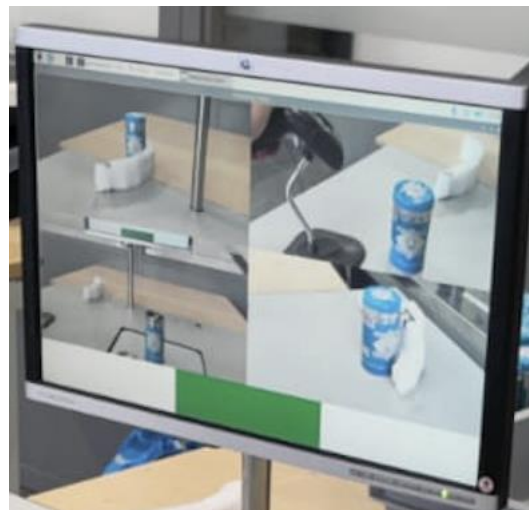
9. Plaats het ergonomisch systeem op de tafel (vorige subsysteem);
10. Sluit het elektrische systeem aan;
11. Sluit de Raspberry Pi aan op het display;
12. Start het programma Thonny op;
13. Open en start het programma WS met OVS;
14. Wanneer het programma opstart moet er een barcode gescand worden, scan de barcode van een pot babbelaars;
15. Komt er een werkinstructie en kleurcodering op het scherm, dan is deze test gereed.
16. Leg het resultaat vast.

Randvoorwaarden checken

6. Check de kleuren welke gebruikt zijn voor indicaties of ondersteuning;
7. Check of er andere methoden dan kleur gebruikt zijn (bijvoorbeeld vormen of symbolen);
8. Check of de werkvelden op de tafel correct zijn voor werknemers;
9. Check of de voetenbank goed ingesteld kan worden;
10. Leg het resultaat vast.

Resultaat variabelen

Na het opstarten van het programma WS met OVS, wordt er gevraagd om een barcode. Deze wordt gescand. Na het scannen is er beeld te zien. Dit betekent dat zowel het display als de Raspberry Pi samenwerken, zie *Figuur 75*. Dit betekent dat er data wordt verzonden naar het beeldscherm. Het beeldscherm is op ooghoogte ingesteld, zo zit een werknemer meer recht op. In vergelijking tot het aflezen van getallen op een weegschaal moet een werknemer nu minder frequent het hoofd buigen. Zo wordt het werk van de werknemer ondersteund op ergonomisch vlak en op het gebied van veiligheid.



Figuur 75: Werkinstructie en kleurcodering.

Resultaat randvoorwaarden

De kleuren die gezien kunnen worden door een werknemer zijn oranje, groen en rood. Deze kleurcoderingen staan allemaal op een ander gedeelte van het beeldscherm. Oranje staat links, groen in het midden en rood staat rechts. De betekenis hiervoor is, bij oranje, meer product in het potje, bij groen is het correcte gewicht aangeraakt en bij rood dat er minder product in het potje moet. De plek waar de kleurcodering is neergezet is met opzet. Mensen die kleurenblind zijn kunnen dan alsnog een potjes vullen en wegen omdat de middelste kleur (groen) aangeeft dat het potje correct is gewogen.

Vanuit de klant is bepaald dat het voetenbankje een nice to have is. Dit betekent dat er geen voetenbank in de tafel hoeft te komen als daar geen tijd voor is. Aan de achterkant van de tafel is wel een buis geplaatst. Hierop kunnen ook de voeten geplaatst worden als dat fijn is. Dit betekent dat er toch nog enige ondersteuning is.

Met de antropometrische afmetingen van de mens wordt rekening gehouden. De afmetingen van de gehele tafel zijn daarop gebaseerd. Dit betekent dat alles vanuit de zittende houding van een werknemer aangereikt kan worden. De bevindingen zijn genoteerd in de conclusie.

Conclusie

De twee verschillende tests, voor de variabelen en de randvoorwaarden, zijn met positief resultaat uitgevoerd. De variabelen en randvoorwaarden die opgesteld waren, zijn allemaal voltooid. Daarom is de hypothese:

Wanneer dit subsysteem getest wordt blijkt uit de resultaten dat de variabelen en acties die beschreven zijn in Tabel 21 voltooid zijn, met daarbij de gestelde randvoorwaarde uit de doelstelling.

Correct en werkt het subsysteem ergonomisch systeem als verwacht.

Tabel 46: Variabelen van het subsysteem Ergonomisch systeem waarop getest is.

Variabelen waarop getest wordt	Limiet	Getest met positief resultaat
E1.1: Ontvangen elektrische energie	230 VAC	Ja
MI1: Ondersteunen van medewerker	-	Ja
D1: Data ontvangen/verzenden van/naar het weegsysteem	-	Ja
ES2: Bijdrage leveren aan gezondheid werknemer	-	Ja
ES3: Bijdrage leveren aan veiligere werkomgeving	-	Ja
Randvoorwaarden		Getest met positief resultaat
Er wordt rekening gehouden met kleurenblindheid		Ja
Op verschillende manier wordt er een soort ondersteuning geboden		Ja
Er wordt rekening gehouden met antropometrische afmetingen van de mens		Ja

8.5.16.3. Logboek Weegsysteem test

Uitgevoerde methode

Variabelen testen

10. Plaats het subsysteem op de tafel;
11. Zorg ervoor dat er genoeg opensnoep, potten en deksel op de tafel staan;
12. Haal een pot langs de barcode scanner;
13. Zet de pot op de weegschaal;
14. Vul de pot;
15. Observeer wat de kleurcodering doet;
16. Doe het deksel op de pot als deze correct gevuld is;
17. Geef de pot door (zet deze aan de andere kant van de tafel);
18. Leg resultaten vast.

Randvoorwaarden checken

4. Ga verder met deze check direct na het checken van de variabelen;
5. Check of de werknemer genoeg zelf kan uitvoeren aan de tafel;
6. Leg resultaten vast.

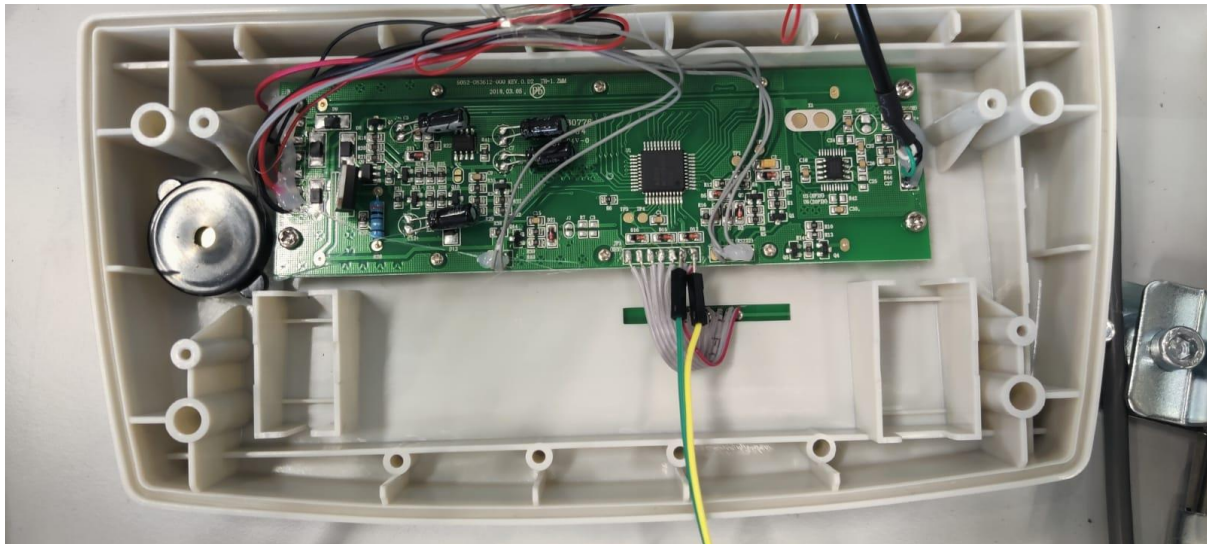
Resultaat variabelen

Na het uitvoeren van de methode blijkt dat de marge nog niet helemaal up to date is. Vanwege de e-norm moet er aan een bepaalde marge voldoen worden. De e-norm geeft aan dat dit 5% boven of onder het genoemde gewicht is. Dit moet aangepast worden in de code. Na het aanpassen gaat klopt het interne gewicht van het product in het potje beter.

Na het instellen van de marge wordt de methode opnieuw uitgevoerd. De potten zijn gevuld en gewogen. De correcte hoeveelheid product zit in de potten. De kleurcodering werkte naar behoren, dit betekent dat er een goede verbinding is tussen het display en de Raspberry Pi, maar ook dat de marge goed overeenkomt met de kleurcodering zelf.

Het ontvangen en verzenden van potten, deksels en opensnoep gaat voor het testen van dit subsysteem met de hand. Het volgende subsysteem wat getest wordt is het OVS. Hiermee worden potten ontvangen en verzonden. Hierin komt het weegsysteem in terug. De bevindingen zijn genoteerd in de conclusie.

Na het implementeren van dit subsysteem in de tafel blijkt dat de aan/uit knop voor de weegschaal niet te bereiken is. Dit kan een probleem vormen in de toekomst. Er moest een manier bedacht worden om de weegschaal aan te laten gaan wanneer het programma of de Raspberry pi opstart. Hiervoor is er eerst een mail gestuurd naar de leverancier. Vanuit de leverancier werd bekend dat het mogelijk is om dit te laten instellen, dit zou 50 euro kosten. Dit zou wel betekenen dat het professioneel opgelost kon worden. Dit is een idee voor een later moment of voor wanneer de tafel echt geïmplementeerd wordt. Op dit moment is er geen tijd om de weegschaal terug te sturen en dit te laten repareren. Daarom is ervoor gekozen om de weegschaal zelf te hacken. De weegschaal is open gemaakt. Vervolgens is er gezocht naar de aansluiting welke in verbinding staat met de aan/uit knop. Wanneer hier een klein signaal (ofwel een laag voltage) doorheen loopt gaat de weegschaal aan. Hierop is een draadje gesoldeerd en verbonden met de Raspberry pi. Wanneer het programma nu wordt opgestart start de weegschaal ook op. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is te zien welke draden er zijn gesoldeerd. Er zijn twee draadjes gesoldeerd. Later bleek dat alleen de groene voldoende was.



Figuur 76: Hacken van de weegschaal.

Resultaat randvoorwaarden

Dit systeem is niet volledig geautomatiseerd. Normaal gesproken zou een werknemer getallen moeten aflezen van een weegschaal. Dit is niet in dit systeem niet het geval. Hierbij moet een werknemer alleen maar opletten welke kleur er op het beeldscherm komt te staan. Dit is dus al een handeling die wordt weggelaten. Het enige wat de werknemer dus nog moet doen is het potje zelf vullen en op de weegschaal zetten. De berekening doet het weegsysteem voor de werknemer. Dit betekent dat werknemers die niet goed met cijfers zijn ook kunnen wegen achter dit weegsysteem. Maar ten allen tijden blijft er werk voor een werknemer. De bevindingen zijn genoteerd in de conclusie.

Conclusie

De twee verschillende tests, voor de variabelen en de randvoorwaarden, zijn met positief resultaat uitgevoerd. De variabelen en randvoorwaarden die opgesteld waren, zijn allemaal voltooid. Daarom is de hypothese:

Wanneer dit subsysteem getest wordt blijkt uit de resultaten dat de variabelen en acties die beschreven zijn in Tabel 21 voltooid zijn, met daarbij de gestelde randvoorwaarde uit de doelstelling.

Tabel 47: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Weegsysteem waarop getest is.

Variabelen waarop getest wordt	Limiet	Getest met positief resultaat
E1.2: Ontvangen elektrische energie	230 VAC	Ja
MI2: Mens pakt, weegt en geeft pot terug		Ja
P1: Mens ontvangt opensnoep		Ja
EP0.1: Mens geeft eindproduct terug		Ja
P2.1; P3.1: Ontvangen van potten en deksels		Ja
Randvoorwaarden		Getest met positief resultaat
Weegproces is niet volledig geautomatiseerd, werknemer moet zelf nog handelingen uitvoeren		Ja

Correct en werkt het subsysteem ergonomisch systeem als verwacht.

8.5.16.4. *Logboek Ontvang/Verzendt systeem test*

Uitgevoerde methode

Variabelen testen

10. Monteer het OVS-systeem aan de tafel/skelet;
11. Sluit deze aan op de Raspberry Pi;
12. Start het programma Thonny opnieuw op;
13. Open het programma WSmetsOVS;
14. Start de software;
15. Observeer of de ontvangarm draait;
16. Zet daarna een potje voor de verzendarm;
17. Observeer of dit potje wordt weggezet en of de ontvang arm daarna opnieuw draaid.
18. Leg de resultaten vast.

Randvoorwaarden checken

2. De eerste en tweede randvoorwaarden zijn met elkaar verbonden, deze randvoorwaarden worden automatisch nageleefd en worden bij een eerste ontwerp door de teamleider ingesteld.

Resultaat variabelen

Na het monteren van het systeem blijkt dat de ontvang en verzendarmen nogal los zitten. Dit komt omdat de ontvang- en verzendarm van schuim zijn gemaakt. Deze zijn van schuim gemaakt met de reden dat dit veiliger is voor de werknemers. Wanneer zij dit aanraken of er tegen stoten buigt dit materiaal mee. Daarnaast is het erg licht, dus is het minder zwaar voor de motoren en buigen de flexibele koppelingen minder. De oplossing was simpel weg het harder aandraaien van de moeten met grotere ringen. Dit zorgde voor meer oppervlakte wat ervoor zorgde dat de armen beter bleven zitten. Later bleek dat de ontvang arm nog steeds veel slip had. In deze arm zat inmiddels een sensor en wat kabels. Niet heel zwaar maar het zorgde voor zoveel slip dat het potje niet op tafel kwam. Daarvoor is er een aluminium hoekprofiel gebruikt. Hiervan is er een klein stuk gebruikt welke de arm vast houdt bij het center punt.

Wanneer er nu getest wordt aan de tafel wordt er aan de linker kant een potje ontvangen. Deze is in arm afstand van de persoon die aan de tafel werkt. Na het weeg proces wordt het potje rechts op het grijze kruis neergezet, ziet de ultrasoon sensor dat er iets voor de arm staat, en zal het potje verschuiven. Hierna zal de ontvangarm opnieuw een draaiende beweging maken wat resulteert in het begin van dit proces.

Tot zo ver werkt het OVS goed, er zijn geen bugs in de software, af en toe blijft er nog wel een potje staan bij het verzenden omdat de tafel die tegen de slimme tafel staat net iets te hoog is. Hiervoor moet er op een later moment een oplossing bedacht worden of er moet altijd gezorgd worden dat een aansluitende tafel of lopende band dezelfde hoogte heeft.

Resultaat randvoorwaarden

Dit systeem is niet volledig geautomatiseerd. Werknemers moeten nog steeds zelf een potje ontvangen en op het verzendpunt plaatsen. Daarnaast is dit iets complexer omdat werknemers de pot precies op de goede plek moeten zetten zodat de pot goed verzonden. Dit maakt het werk weer net iets uitdagender, maar niet langzamer.

Conclusie

De twee verschillende tests, voor de variabelen en de randvoorwaarden, zijn met positief resultaat uitgevoerd. De variabelen en randvoorwaarden die opgesteld waren, zijn allemaal voltooid. Daarom is de hypothese:

Wanneer dit subsysteem getest wordt blijkt uit de resultaten dat de variabelen en acties die beschreven zijn in Tabel 21 voltooid zijn, met daarbij de gestelde randvoorwaarde uit de doelstelling.

Correct en werkt het subsysteem ergonomisch systeem als verwacht.

Tabel 48: Variabelen en randvoorwaarden van het subsysteem Ontvang/verzendt systeem waarop getest is.

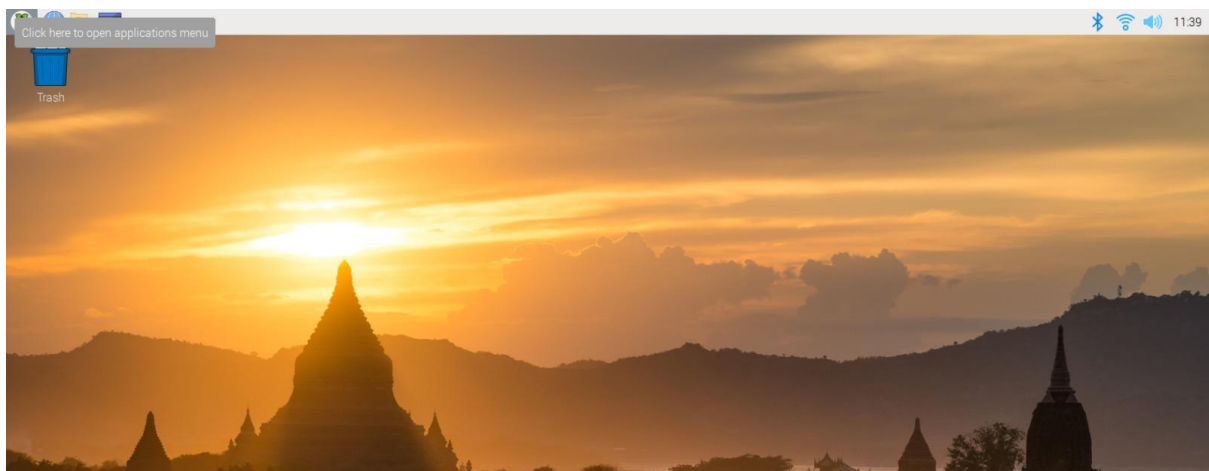
Variabelen waarop getest wordt	Getest met positief resultaat
P2: Ontvangen van potten	Ja
P3: Ontvangen van Dekfels	Ja
MI3: Mens haalt zelf opensnoep of potten/dekfels	Ja
EP0.1: Ontvangen van eindproduct	Ja
E1.3; E1.4: Ontvangen elektrische energie	Ja
EP1: Ontvangen van correct gevuld pot	Ja
P2; P3: Verzenden van opensnoep, potten en dekfels	Ja
Randvoorwaarden	Getest met positief resultaat
OVS is niet volledig geautomatiseerd, werknemer moet zelf nog handelingen uitvoeren	Ja
Er wordt of opensnoep of potten & dekfels automatisch aan de slimme tafel geleverd, maar niet allebei	Ja

8.5.17. Opstarten programma en systeem code

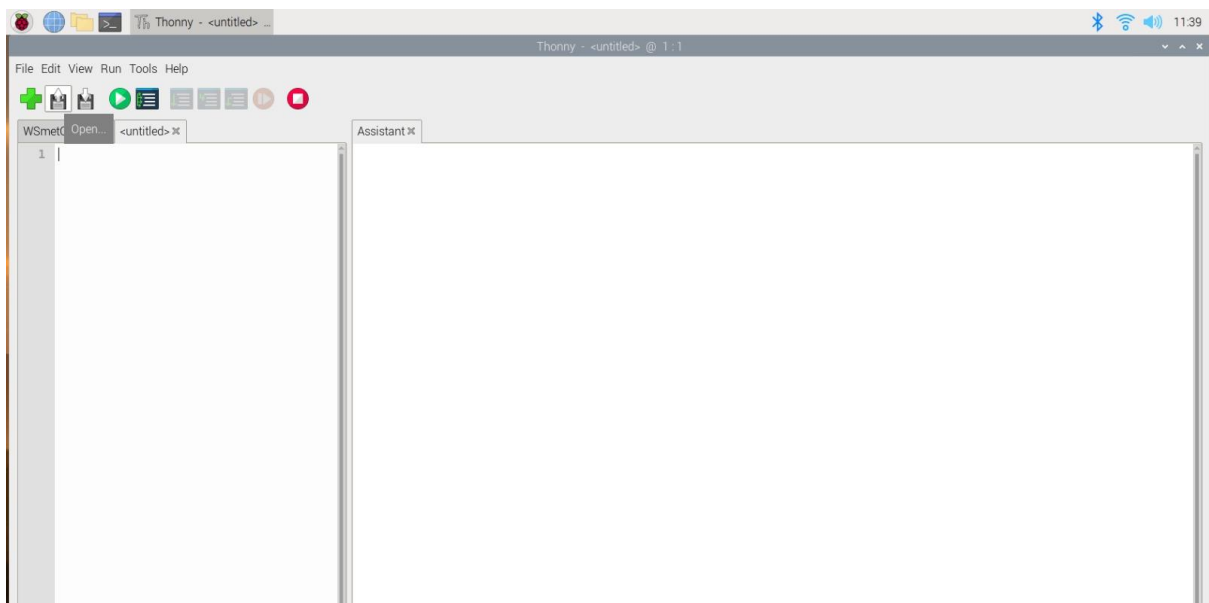
8.5.17.1. Opstarten programma

Werkinstructie openen Python programma's

1. Stop de stekker in het stopcontact
2. Sluit toetsenbord en muis aan
3. Wacht totdat het beeldscherm aan staat en de Raspberry is opgestart
4. Zie ... (klik links bovenin op het Raspberry tekenetje)
5. Open dan programming
6. Klik daarna op Thonny of een ander geprefereerde software voor het opstarten van een python programma
7. Zie ... om een document naar keuze te openen
8. Op een programma en druk op de groene start knop om het programma af te spelen
9. Het programma welke standaard wordt geopend is WSmetsOVS.py, dit is het programma wat de tafel standaard aanstuurt.



Figuur 77: Openen van het programma Thonny.



Figuur 78: Openen van een python programma.

8.5.17.2. Systeem code

```
#/usr/bin/python3
from tkinter import *          # deze functie importeert een gedeelte van de library tkinter
                                # voor het opstellen van een image
from PIL import ImageTk, Image
import serial
import time
import RPi.GPIO as GPIO
import pyautogui as sz        #sz is screensize

w, h = sz.size()              # automatisch inlezen van beeldscherm grootte, deze worden gebruikt om
                                # een canvas te maken welke altijd dezelfde grootte heeft als het beeldscherm
w4 = int(w/4)
h4 = int(h/4)
#print(w)
#print(h)

ser = serial.Serial('/dev/ttyS0', 9600, timeout=1) # inlezen van data vanuit een seriële port in dit geval
de weegschaal

Button = 25; Weegschaal = 18; Trigger = 26; Echo = 19
PUL1 = 17; DIR1 = 27; ENA1 = 22      #pin 11; 15; 17 aansluitingen van ontvangarm stappenmotor
aansturing
PUL2 = 16; DIR2 = 20; ENA2 = 21      #pin 36; 38; 40 aansluitingen van verzendarm stappenmotor
aansturing

GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(Trigger, GPIO.OUT)
GPIO.setup(Echo, GPIO.IN)
GPIO.setup(PUL1, GPIO.OUT)
GPIO.setup(DIR1, GPIO.OUT)
GPIO.setup(ENA1, GPIO.OUT)
GPIO.setup(PUL2, GPIO.OUT)
GPIO.setup(DIR2, GPIO.OUT)
GPIO.setup(ENA2, GPIO.OUT)
GPIO.setup(Button, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(Weegschaal, GPIO.OUT)

GPIO.output(Weegschaal, GPIO.LOW)
time.sleep(.1)
GPIO.output(Weegschaal, GPIO.HIGH)

delay = 0.0008

r1 = ""
r2 = ""
r3 = ""
x = 0
y = 1
```

a = True

#gewichten data base

Babbelaars = 375

Hopjes = 375

ZeeuwsDrop = 365

#barcode data base

BAR_Babbelaars = 8717399031714

BAR_Hopjes = 20559229

BAR_ZeeuwsDrop = 8717953116987

def Ontvang_arm():

GPIO.output(ENA1, GPIO.HIGH)

GPIO.output(DIR1, GPIO.HIGH)

for i in range(800):

GPIO.output(PUL1, GPIO.HIGH)

time.sleep(delay)

GPIO.output(PUL1, GPIO.LOW)

time.sleep(delay)

#print('Going forward 1')

time.sleep(1)

GPIO.output(DIR1, GPIO.LOW)

for i in range(800):

GPIO.output(PUL1, GPIO.HIGH)

time.sleep(delay)

GPIO.output(PUL1, GPIO.LOW)

time.sleep(delay)

#print('Going backward 1')

def Verzend_arm():

GPIO.output(ENA2, GPIO.HIGH)

GPIO.output(DIR2, GPIO.LOW)

for i in range(800):

GPIO.output(PUL2, GPIO.HIGH)

time.sleep(delay)

GPIO.output(PUL2, GPIO.LOW)

time.sleep(delay)

#print('Going forward 2')

time.sleep(1)

GPIO.output(DIR2, GPIO.HIGH)

for i in range(800):

GPIO.output(PUL2, GPIO.HIGH)

time.sleep(delay)

GPIO.output(PUL2, GPIO.LOW)

time.sleep(delay)

#print('Going backward 2')

```
def distance():
    GPIO.output(Trip, True)
    time.sleep(0.00001)
    GPIO.output(Trip, False)
    StartTime = time.time()
    StopTime = time.time()

    while GPIO.input(Echo) == 0:
        StartTime = time.time()

    while GPIO.input(Echo) == 1:
        StopTime = time.time()

    TimeElapsed = StopTime - StartTime
    distance = (TimeElapsed * 34300) / 2

    return distance

def gewicht():
    while True:
        s = ser.readline().rstrip()
        # in de variabele x wordt de data kort opgeslagen welke
        # uitgelezen is
        grams = s.decode('utf-8')
        # decodeerd de data in variabele x naar een leesbare
        # data
        grams = [str(word) for word in grams.split() if word.isdigit()]
        a = "".join(grams)
        grams = int(a)
        return grams

def get_barcode():
    global x
    barcode = int(input("Scan de barcode: "))
    if barcode == BAR_Babbelaars:
        x = int(Babbelaars)
    elif barcode == BAR_Hopjes:
        x = int(Hopjes)
    elif barcode == BAR_ZeeuwsDrop:
        x = int(ZeeuwsDrop)
    return x, barcode

def Babbelaar_afb():
    Babbelaar1 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/Babbelaars/11.jpeg')
    Babbelaar1 = Babbelaar1.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    Babbelaar1 = ImageTk.PhotoImage(Babbelaar1)

    Babbelaar2 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/Babbelaars/22.jpeg')
    Babbelaar2 = Babbelaar2.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    Babbelaar2 = ImageTk.PhotoImage(Babbelaar2)

    Babbelaar3 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/Babbelaars/33.jpeg')
```

```
Babbelaar3 = Babbelaar3.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
Babbelaar3 = ImageTk.PhotoImage(Babbelaar3)
```

```
Babbelaar4 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/Babbelaars/44.jpeg')
Babbelaar4 = Babbelaar4.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
Babbelaar4 = ImageTk.PhotoImage(Babbelaar4)
```

```
return Babbelaar1, Babbelaar2, Babbelaar3, Babbelaar4
```

```
def Hopjes_afb():
```

```
    Hopjes1 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/Hopjes/11.jpeg')
    Hopjes1 = Hopjes1.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    Hopjes1 = ImageTk.PhotoImage(Hopjes1)
```

```
    Hopjes2 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/Hopjes/22.jpeg')
    Hopjes2 = Hopjes2.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    Hopjes2 = ImageTk.PhotoImage(Hopjes2)
```

```
    Hopjes3 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/Hopjes/33.jpeg')
    Hopjes3 = Hopjes3.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    Hopjes3 = ImageTk.PhotoImage(Hopjes3)
```

```
    Hopjes4 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/Hopjes/44.jpeg')
    Hopjes4 = Hopjes4.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    Hopjes4 = ImageTk.PhotoImage(Hopjes4)
```

```
def ZeeuwsDrop_afb():
```

```
    ZeeuwsDrop1 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/ZeeuwsDrop/11.jpeg')
    ZeeuwsDrop1 = ZeeuwsDrop1.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    ZeeuwsDrop1 = ImageTk.PhotoImage(ZeeuwsDrop1)
```

```
    ZeeuwsDrop2 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/ZeeuwsDrop/22.jpeg')
    ZeeuwsDrop2 = ZeeuwsDrop2.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    ZeeuwsDrop2 = ImageTk.PhotoImage(ZeeuwsDrop2)
```

```
    ZeeuwsDrop3 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/ZeeuwsDrop/33.jpeg')
    ZeeuwsDrop3 = ZeeuwsDrop3.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    ZeeuwsDrop3 = ImageTk.PhotoImage(ZeeuwsDrop3)
```

```
    ZeeuwsDrop4 = Image.open('/home/pi/Documents/Werkinstructies/ZeeuwsDrop/44.jpeg')
    ZeeuwsDrop4 = ZeeuwsDrop4.resize(((w4*2),h4), Image.ANTIALIAS)
    ZeeuwsDrop4 = ImageTk.PhotoImage(ZeeuwsDrop4)
```

```
def task():
```

```
    dist = distance()
    #print ("Measured Distance = %.1f cm" % dist)
    if dist <= 5:
        time.sleep(2)
        Verzend_arm()
        Ontvang_arm()
    #root.destroy()
```

else:

```
grams = gewicht()
if grams < (y):
    global r1
    canvas.delete('all')
    r1 = canvas.create_rectangle((w/3), h, 0, (h*(4/5)), fill = "Orange")
    #canvas.create_text((w/6),(h*(5/6)),text=grams, font="times 20 bold")
elif grams >= (y) and grams <= (y+(y*0.03)):
    global r2
    canvas.delete('all')
    r2 = canvas.create_rectangle((w*(2/3)), h, (w/3), (h*(4/5)), fill = "Green")
    #canvas.create_text((w*(3/6)),(h*(5/6)),text=grams, font="times 20 bold")
elif grams > (y+(y*0.03)):
    global r3
    canvas.delete('all')
    r3 = canvas.create_rectangle(w, h, (w*(2/3)), (h*(4/5)), fill = "Red")
    #canvas.create_text((w*(5/6)),(h*(5/6)),text=grams, font="times 20 bold")
# batch met getallen, batch zonder ervaring, hoe voelde dat
if z == BAR_Babbelaars:
    canvas.create_image(0,0,anchor=NW, image=B1)
    canvas.create_image((w4*2),0,anchor=NW, image=B2)
    canvas.create_image(0,h4,anchor=NW, image=B3)
    canvas.create_image((w4*2),h4,anchor=NW, image=B4)
elif z == BAR_Hopjes:
    canvas.create_image(0,0,anchor=NW, image=H1)
    canvas.create_image((w4*2),0,anchor=NW, image=H2)
    canvas.create_image(0,h4,anchor=NW, image=H3)
    canvas.create_image((w4*2),h4,anchor=NW, image=H4)
elif z == BAR_ZeeuwsDrop:
    canvas.create_image(0,0,anchor=NW, image=Z1)
    canvas.create_image((w4*2),0,anchor=NW, image=Z2)
    canvas.create_image(0,h4,anchor=NW, image=Z3)
    canvas.create_image((w4*2),h4,anchor=NW, image=Z4)

root.after(10, task)
```

Ontvang_arm()

while True:

if y != 0 :

y, z = get_barcode()

root = Tk()

#deze functie geeft aan dat er een tkinter omgeving gecreeerd

moet worden

root.title('Weegschaal meten')

root.geometry("1680x1050")

canvas = Canvas(root, width = w, height = h, bg = "white")

if z == BAR_Babbelaars:

B1, B2, B3, B4 = Babbelaar_afb()

elif z == BAR_Hopjes:

H1, H2, H3, H4 = Hopjes_afb()

elif z == BAR_ZeeuwsDrop:

Z1, Z2, Z3, Z4 = ZeeuwsDrop_afb()

```
canvas.pack()
root.after(10, task)
root.mainloop()
met root = Tk()
time.sleep(1)
```

deze functie sluit de tkinter mainloop welke gecreeerd was

8.5.18. Logboek systeem test

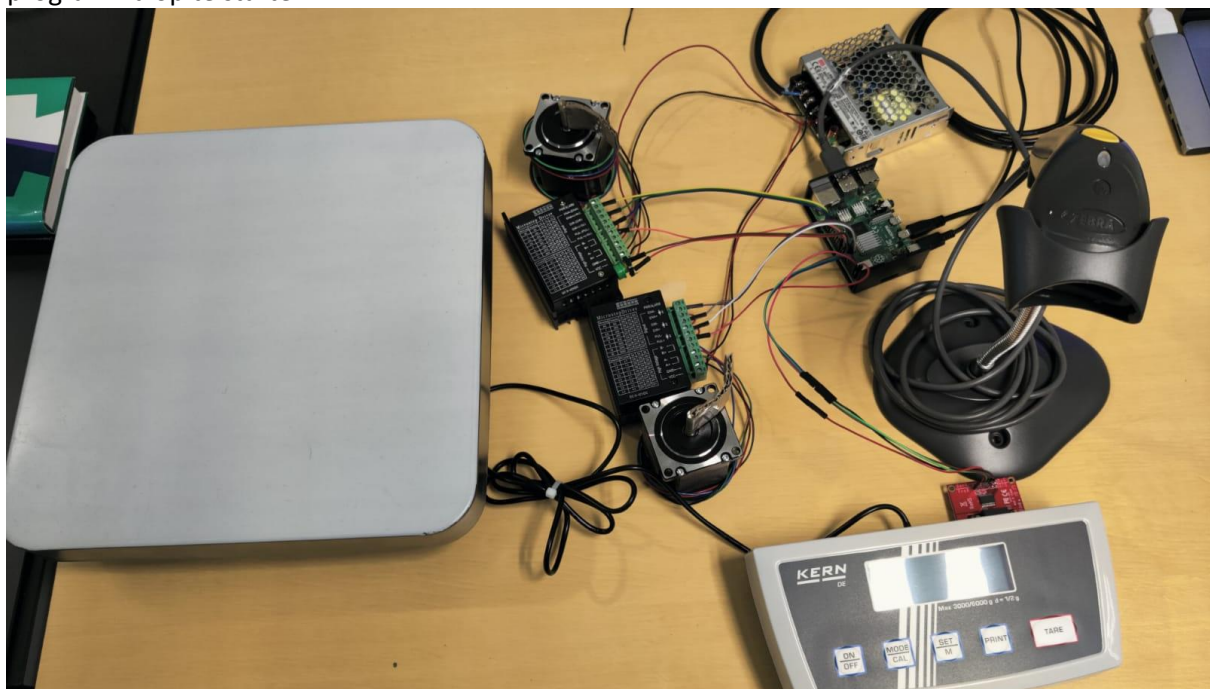
Onderdeel van technisch plan

Uitgevoerde methode

1. Sluit de slimme tafel aan op een toepasselijke plek voor een bepaalde test;
2. Stel eventueel zelf de slimme tafel eerst in als een werknemer dit zelf nog niet kan, zie *8.5.17.1 Opstarten programma*, pagina 119;
3. Doe zelf een korte test, of bv. de barcode scanner, weegschaal e.d. goed werken;
4. Vraag of er werknemers geïnteresseerd zijn, laat al deze mensen eerst wennen aan de tafel (allemaal nieuwe informatie en prikkels voor de mensen, doe het rustig aan)
5. Probeer één werknemer te selecteren die eraan wilt of durft te werken (let op: deze persoon zit dan waarschijnlijk wel een beetje alleen, zorg ervoor dat die persoon dat niet erg vindt, zodat de werknemer niet elke keer van zijn plek gaat, in ieder geval niet vaker dan gemiddeld).
6. Observeer of desnoods film de werknemer (als die persoon dat goedkeurt), waarna die wordt vastgelegd;
7. Probeer de lijst van variabelen in te vullen, dit kan onder de observatie, wanneer er gefilmd is, probeer dit dan over een langere periode te observeren en over de lange periode een objectief antwoord in te vullen;
8. Vraag uit eindelijk wat de medewerker of testpersoon van de tafel vond, neem dit mee in de antwoorden van de variabelen;
9. Vergelijk uiteindelijk de verwachte resultaten met de observatie die is uitgevoerd, komt dit overeen dan is de doelstelling van deze test behaald.

Resultaat

Het testen van het systeem ging niet zonder slag of stoot. Er waren enkele kinderproblemen die onder het testen opgelost moesten worden. Om te beginnen is in *Figuur 79* het mechatronisch systeem getoond. Dit bleek na implementatie binnen de slimme tafel nog niet helemaal te werken. Zowel de hardware als de software werkte in de tests voorheen goed, na de implementatie kwamen er kinderziekten naar boven. 1. Het display valt uit, dus de werkinstructie is onbereikbaar, hiervoor is een muis nodig om het beeld wakker te maken, dit is niet de bedoeling. 2. De weegschaal gaat soms aan en soms uit, wanneer het programma opnieuw wordt opgestart. 3. Het programma start niet automatisch op wanneer de Raspberry Pi opstart, dit betekent dat er alweer een muisbenodigd is om het programma op te starten.



Figuur 79: Volledig Mechatronisch systeem wat in de slimme tafel geplaatst is.

Het probleem met het display was snel opgelost. Dit was de automatische screensaver stand van de Raspberry Pi. Dit kan uit en aangezet worden. Voor een systeem wat heel de dag benodigd is, is het handig om de screensaver uit te zetten, dat is dan ook gedaan.

Het probleem met de weegschaal kan als volgt opgelost worden. Er kan een extra knop geïnstalleerd worden aan de buitenkant van de tafel welke alleen de weegschaal aanzet. Dan is er een keuze of deze aan en uit gezet wordt door de werknemer. Als tweede oplossing kan er een kort script geschreven worden welke de weegschaal aanzet. Deze script kan dan automatisch gestart worden wanneer de Raspberry Pi opstart. Dit betekent dat de weegschaal niet elke keer aan en uit gaat als het hoofdprogramma gestart wordt. Of de keus kan gemaakt worden om elke keer het hele systeem uit en aan te zetten.

De hierboven beschreven oplossing zijn niet van toepassing wanneer het programma wat geschreven is goed werkt. Het aan en uit zetten van de weegschaal werkt naar behoren, behalve als er bugs in het programma zijn en het hoofdprogramma opnieuw gestart moet worden. Op dat moment moet het programma twee keer opgestart worden zodat de weegschaal eerst uit gaat en daarna aan. Voor de tests die zijn uitgevoerd met de eerste werknemer, zie *Figuur 80 & Figuur 81*, is er gebruik gemaakt van deze methode. Start het programma op en check of de weegschaal aan staat. Wanneer er een bug voorkwam. Los deze op en start het programma twee keer opnieuw op.

Het laatste probleem is wel een wat groter probleem. Het automatisch opstarten van de software of het hoofdprogramma bij het opstarten van de Raspberry Pi. Zie deze methode als het opstarten van een computer en dat automatisch Word of Google Chrome zichzelf opent. Na veel verschillende methoden te proberen is het tot het einde van de test nog steeds niet gelukt om het programma automatisch op te starten. Dit betekent dat er nog steeds een muis benodigd is om het programma op te starten. Een andere manier is om van een afstand met een andere computer het programma op te starten. Hiervoor is een SSH-connectie benodigd. Dit ligt wel buiten het project en zou nice to have zijn. Hiervoor is geen tijd binnen de scope van dit project om dat nog te voltooien.

Na het oplossen van de bugs met een simpele omweg, zoals het gebruik van een muis, kon er toch getest worden. Met positief resultaat. De werknemer, die voorheen het weegproces niet goed beheerste, deed dat nu wel. Er kon geobserveerd worden dat de werknemer efficiënter werkte. De werknemer hoefde zijn plek niet te verlaten. Af en toe moest er een potje bij de ontvangarm gezet worden. Dit zou in de toekomst geautomatiseerd moeten worden met een ander systeem voor het ontvangen en verzenden zodat de tafel aan een lopende band of een rollerband geplaatst kan worden. De werknemer geeft aan dat de kleurcodering erg fijn is. Normaal kan de werknemer niet goed wegen en zit de werknemer continue heen en weer te gaan met snoepjes om op een precies aantal gram uit te komen. Binnen de kleurcodering wordt er gewerkt met de gangbare marge die op het product mag zitten. Dit betekent dat er minder precies gewerkt kan worden, en dat de pot dan ook nog eens correct gevuld is.

Naast het minder precies werken is de tafel ook van goede afmetingen. De werknemer kan overal bij op de tafel en buigt de nek minder doordat de werknemer op de monitor kijkt voor de kleurcodering. De monitor is in hoogte verstelbaar, dit zorgt ervoor dat een langer of korter persoon ook aan de tafel kan werken. Doordat de werknemer minder afstanden maakt om potten en product te halen is de omgeving veiliger. Zowel door het ergonomisch werken als het aantal problemen die zich voor kunnen doen als een medewerker veel beweegt over de werkvloer. Door dat de werknemer niet veel van zijn plek hoeft, en de lege potten automatisch komen als de volle weg gaan, is de werknemer continue aan het werk. Hierdoor was de werknemer ook minder snel geprikkeld. Potten product konden worden leeggegooid in de rode bak zonder dat de werknemer daar iets van opmerkte. De bevindingen zijn genoteerd in de conclusie.

Deze afbeelding is verwijderd op aanvraag van Orionis Walcheren.

Figuur 80: Eerste werknemer die helpt met het uitvoeren van de systeemtest.

Deze afbeelding is verwijderd op aanvraag van Orionis Walcheren.

Figuur 81: Eerste werknemer die helpt met het uitvoeren van de systeemtest.

Conclusie

Alle variabelen waarop testen zijn uitgevoerd hebben een positief resultaat, 10 van de 10 variabelen zijn met een positief resultaat geëindigd, zie *Tabel 55*. Daarom is de hypothese:

Wanneer een werknemer met een arbeidshandicap plaats neemt aan de tafel en zijn werkzaamheden gaat uitvoeren, dan worden deze efficiënter en veiliger uitgevoerd dan voorheen.

Correct en werkt het systeem slimme tafel als verwacht.

Tabel 49: Variabelen van het systeem waarop getest is.

Variabelen waarop getest wordt	Meer of minder dan oude systeem
Ergonomische werkwijze	Meer
Precisie bij de werknemers	Minder
Compatible voor werknemers (met arbeidshandicap)	Meer
Slimme tafel prototype is modulair inzetbaar	Ja
Technische instellingen worden veranderd (bijvoorbeeld een weeg-schaal)	Minder
Correct gevulde potten zonder defecten/derving	Meer
Werkomgeving is veiliger	Meer
Werknemers bewegen onnodig	Minder
Werknemers zijn continue aan het werk	Meer
Werknemers zijn minder snel geprikkeld	Minder

8.5.19. Demo testplan & test

8.5.19.1. Demo testplan

Doelstelling

De doelstelling van de systeem test is het minimaal voltooien van 8 gecombineerde Must have en Should have welke gesteld zijn in *Eisen en wensen*, het kopje variabelen geeft dit nogmaals weer.

Hypothese

Wanneer een werknemer met een arbeidshandicap plaats neemt aan de tafel en zijn werkzaamheden gaat uitvoeren, dan worden deze efficiënter en veiliger uitgevoerd dan voorheen.

Variabelen

Variabelen zijn moeilijk te meten, vanwege het feit dat werknemers een arbeidshandicap hebben en elk mens binnen Orionis anders is, er kan gesteld worden dat er meer snoep gebruikt wordt of dat er meer potjes worden geproduceerd in vergelijking met het oude proces. Dit zou een foute vergelijking

Tabel 50: Variabelen van het systeem welke getest worden.

Variabelen waarop getest wordt	Meer of minder dan oude systeem
Ergonomische werkwijze	Meer/minder
Precisie bij de werknemers	Meer/minder
Compatible voor werknemers	Meer/minder
Slimme tafel prototype is modulair inzetbaar	Ja/nee
Technische instellingen worden veranderd (bijvoorbeeld een weeg-schaal)	Meer/minder
Correct gevulde potten zonder defecten/derving	Meer/minder
Werkomgeving is veiliger	Meer/minder
Werknemer bewegen onnodig	Meer/minder
Werknemers zijn continue aan het werk	Meer/minder
Werknemers zijn minder snel geprikkeld	Meer/minder

zijn omdat er aan het begin van het onderzoek niet goed gemeten kon worden aan het productieproces. Daarom is er gekozen voor een kwalitatief onderzoek.

Tools

- Een slimme tafel prototype
- Vrijwillige medewerkers die deelnemen aan de test
- Managers of teamleiders welke observeren

Methode

Voor het uitvoeren van de test moet er een methode opgesteld worden die ook begrepen wordt door andere medewerkers. Deze is hieronder weergegeven in verschillende stappen.

1. Sluit de slimme tafel aan op een toepasselijke plek voor een bepaalde test;
2. Stel eventueel zelf de slimme tafel eerst in als een werknemer dit zelf nog niet kan, zie *8.5.17.1 Opstarten programma*, pagina 119;;
3. Doe zelf een korte test, of bv. de barcode scanner, weegschaal e.d. goed werken;
4. Vraag of er werknemers geïnteresseerd zijn, laat al deze mensen eerst wennen aan de tafel (allemaal nieuwe informatie en prikkels voor de mensen, doe het rustig aan)
5. Probeer één werknemer te selecteren die eraan wilt of durft te werken (let op: deze persoon zit dan waarschijnlijk wel een beetje alleen, zorg ervoor dat die persoon dat niet erg vindt, zodat de werknemer niet elke keer van zijn plek gaat, in ieder geval niet vaker dan gemiddeld).
6. Observeer of desnoods film de werknemer (als die persoon dat goedkeurt), waarna die wordt vastgelegd;

7. Probeer de lijst van variabelen in te vullen, dit kan onder de observatie, wanneer er gefilmd is, probeer dit dan over een langere periode te observeren en over de lange periode een objectief antwoord in te vullen;
8. Vraag uit eindelijk wat de medewerker of testpersoon van de tafel vond, neem dit mee in de antwoorden van de variabelen;
9. Vergelijk uiteindelijk de verwachte resultaten met de observatie die is uitgevoerd, komt dit overeen dan is de doelstelling van deze test behaald.

Verwachte resultaten

8 van de 10 variabelen worden ondervonden als positief of een verbetering op het oude systeem.

8.5.19.2. Logboek demo test

Uitgevoerde methode

1. Sluit de slimme tafel aan op een toepasselijke plek voor een bepaalde test;
2. Stel eventueel zelf de slimme tafel eerst in als een werknemer dit zelf nog niet kan, zie 8.5.17.1 Opstarten programma, pagina 119;;
3. Doe zelf een korte test, of bv. de barcode scanner, weegschaal e.d. goed werken;
4. Vraag of er werknemers geïnteresseerd zijn, laat al deze mensen eerst wennen aan de tafel (allemaal nieuwe informatie en prikkels voor de mensen, doe het rustig aan)
5. Probeer één werknemer te selecteren die eraan wilt of durft te werken (let op: deze persoon zit dan waarschijnlijk wel een beetje alleen, zorg ervoor dat die persoon dat niet erg vindt, zodat de werknemer niet elke keer van zijn plek gaat, in ieder geval niet vaker dan gemiddeld).
6. Observeer of desnoods film de werknemer (als die persoon dat goedkeurt), waarna die wordt vastgelegd;
7. Probeer de lijst van variabelen in te vullen, dit kan onder de observatie, wanneer er gefilmd is, probeer dit dan over een langere periode te observeren en over de lange periode een objectief antwoord in te vullen;
8. Vraag uit eindelijk wat de medewerker of testpersoon van de tafel vond, neem dit mee in de antwoorden van de variabelen;
9. Vergelijk uiteindelijk de verwachte resultaten met de observatie die is uitgevoerd, komt dit overeen dan is de doelstelling van deze test behaald.

Resultaat demo test 1

Observatierapport 27-05-2021 (logboek demo test 1)

Tabel 51: Observatieplan.

Aanleiding observatie	Het verpak proces binnen Orionis moet versnelt of efficiënter gemaakt worden. Hiervoor is er een slimme tafel gerealiseerd. Om te valideren dat de slimme tafel daadwerkelijk het verpak proces versnelt of efficiënter maakt moet er een observatie plaatsvinden
Achtergrondgegevens	Gemengde doelgroep werknemers, LVB, fysiek gehandicapt, fysiek afgekeurd, vallen binnen autistisch spectrum, laag geletterdheid.
Observatiedoel en doelgroep	Observatie doel: Ondervinden of de slimme tafel daadwerkelijk werknemers van Orionis ondersteund in het wegen van producten. Doelgroep: werknemers van Orionis
Observatievragen	- Werken werknemers ergonomisch aan de tafel? - Voor werknemers die al vaker hebben gewogen: Gaat de precisie naar beneden wanneer er product gewogen wordt? - Is de slimme tafel compatible met werknemers die een arbeidshandicap hebben? - Kunnen technische instellingen veranderd worden door werknemers? - Worden potjes correct gevuld, is er veel derving? - Maakt de slimme tafel de werkomgeving veiliger? - Bewegen werknemers onnodig wanneer zij werken aan de slimme tafel? - Zijn werknemers continue aan het werk wanneer zij werken aan de slimme tafel? - Zijn werknemers minder snel geprikkeld wanneer zij werken aan de slimme tafel?
Manier van observeren	Participerend, niet-verhuld, ongestructureerde observatie
Het observatiemoment	27-05-2021 10:00 t/m 15:00 (pauze tussen 12:00 en 12:30)

Observatiehulpmiddelen	Organoleptisch, pen en papier, foto's en eventueel video's
Manier van rapporteren	Schriftelijk (Microsoft-word)
Vergelijkingsmateriaal	De huidige observatie wordt vergeleken met de observatie die is uitgevoerd aan het begin van dit project.

Waar wordt op getest?

Er wordt getest op de klantwensen en -eisen. Deze zijn in de conclusie weergegeven. De testen lopen als volgt. Elke werknemer test ongeveer tussen de 10 en 15 minuten. Dit zijn ongeveer 10 potjes. Hierbij worden er enkele niet suggestieve vragen gesteld aan de werknemer. Deze vragen zijn hieronder weergegeven. Dit heeft betrekking op de mening van de werknemer. Daarnaast wordt er getest op de klantwensen en -eisen. Deze worden geobserveerd en objectief beantwoord zonder de mening van een werknemer.

De vragen die gesteld worden aan werknemers (die graag praten, sommige medewerkers zijn wat lastiger warm te krijgen voor vragen en antwoorden):

- Heeft u vaker achter de weegschaal gezeten?
- Wanneer u wilt wegen, waar heeft u dan last van?
- Zit u goed aan de tafel?
- Wat vindt u van de kleurcodering?
- Wat vindt u fijner, op deze manier wegen of wegen met een weegschaal die grammen weergeeft?
- Denk je dat je zelf sneller werkt?

Resultaten samengevat

Hieronder zijn de resultaten samengevat. Sommige onderdelen komen uit de beschrijvingen. Andere onderdelen zijn direct ingevuld onder het testen. De reden hiervoor is dat dit tijd bespaard. Uitschrijven van alle bevindingen kan lang duren, en tussen door de tests was het bijna onmogelijk om alles uit te typen omdat de ene na de andere werknemer langs kwam. Daarom is de keuze gemaakt om alles direct in tabellen te verwerken.

Een aantal onderdelen waar rekeningen meegehouden moet worden. Sneller vullen heeft geen correlatie met minder precies werken. Minder precies werken slaat op het feit dat werknemers eindeloos snoepjes in en uit het potje doen net zolang totdat het getal goed is. Sneller vullen gaat over het feit dat ze een potje snel tot een bepaalde hoogte vol krijgen. De eerste tabel heeft betrekking op de vragen die gesteld zijn. De tweede tabel heeft betrekking op de observatie die is uitgevoerd. Hierbij werd er alleen gekeken naar wat de desbetreffende werknemer aan het doen was. Sneller wegen heeft betrekking op de antwoorden van werknemers of ze zelf het idee hebben dat ze sneller werken.

Tabel 53: Uitkomsten vragen aan werknemers.

Werknemer	Kan wegen	Leuker	Sneller wegen	Sneller vullen	Hoogte
1	Nee	++	n.v.t.	+	+/-
2	Ja	+/-	++	+/-	+/-
3	Half	++	+		-
4	Nee	++	n.v.t.	+	+
5	Ja	++			++
6	Nee	+	n.v.t.	+	++
7	Ja	+		+/-	++
Teamleider					
1	Ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-
2	Ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	--

Tabel 52: Uitkomsten observaties bij uitgevoerde testen.

Werknemer	Ergonomisch	Precisie	Compatible	Instellingen	Correct gevuld	Veiliger	Bewegen	Continue	Prikkels
1	+	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
2	+	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
3	+/-	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
4	++	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
5	++	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
6	++	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
7	++	Minder	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	Meer	Minder
Teamleider									
1	+	n.v.t.	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	n.v.t.	n.v.t.
2	+/-	n.v.t.	Ja	Nee	Ja	Ja	Minder	n.v.t.	n.v.t.

Uitleg bij Tabel 52

+ betekent dat de eis verbeterd is, - betekent dat de eis is verslechterd, +- betekent dat er geen verbetering maar ook geen verslechtering plaatsvindt.

Ergonomisch betekent dat de werknemer meer recht op zit, minder het hoofd buigt, beter aan de tafel zit, en overal op de tafel bij kan. Handelingen die veel inspanning kosten zijn verminderd.

Precisie betekent dat werknemers niet continue snoepjes in of uit het potje doen.

Compatible betekent dat werknemers met een arbeidshandicap aan de tafel kunnen werken.

Instellingen betekent dat werknemers niet zelf de instelling van welk component dan ook kunnen veranderen.

Correct gevuld betekent dat werknemers potten alleen doorgeven wanneer deze correct zijn gevuld.

Veiliger betekent dat werknemers veiliger werken. Omdat werknemers nu minder lopen hebben ze minder contactmoment (denk aan corona), daarnaast is het minder druk als er minder mensen lopen dus wordt de kans op een ongeluk verlaagd. De verzend en ontvangarm zijn van schuim, dit zorgt ervoor dat werknemers zichzelf niet kunnen bezeren. Daarnaast is de tafel redelijk klein en kunnen er geen grote onnodige voorwerpen opgezet worden die kunnen vallen.

Bewegen heeft betrekking op de beweging die werknemers uitvoeren om producten te halen of brengen.

Continue betekent dat werknemers continue aan het werk zijn.

Prikkels heeft betrekking op de hoeveelheid prikkels die een werknemer binnen krijgt.

Observatie

Een interessante observatie was; wanneer werknemers aan het wegen waren, werd er ondertussen achter voor hen neus, de potjes leeggegooid. De snoepjes waren benodigd voor de volgende test. De werknemers hebben hier niets van opgemerkt omdat zij bezig waren met het wegen en het opletten op de kleurcodering. De monitor zorgde dus voor een soort afbakening. Sommige werknemers hielden wel van een praatje, maar als ze bezig waren en de potjes leeggegooid werden merkten ze dat niet.

Het bewegen was ook drastisch verminderd ten opzichte van de eerste observatie aan het begin van het project. Werknemers kunnen continue door. De ontvangarm draait na de verzendarm, dit kan ingesteld worden dat deze gelijk draaien. Dan wordt er 5 tot 10 seconden gewonnen in het proces. Maar voorderest was het meer een continu proces. Zolang er maar een continue automatische levering is van potjes en opensnoep. Het lijkt erop dat de werknemers dan een prikkel krijgen dat ze verder moeten. Soms zaten werknemers zelfs te wachten op de ontvangarm en zaten ze lachend te kijken. Alsof ze er heel veel zin in hadden. Daarbij horen dan ook uitspraken als; *‘wat een luxe systeem’*. Deze uitspraak heeft 3 van de 7 werknemers genoemd.

Geobserveerd bij elke werknemer is dat de plek waar potten ontvangen en verzonden worden allemaal in het eerste ergonomische werkveld liggen. Dit is zeer positief. Elke werknemer kan zonder te veel te rekken of te reiken direct bij de potten. Alles op de tafel is dichtbij. Daarnaast is de monitor voor de kleurcodering te verstellen in hoogte. Dit zorgt ervoor dat elke werknemer, die heeft deelgenomen aan deze test, zijn of haar nek niet elke keer hoeft te buigen om de getallen op een weegschaal te zien.

Resultaten beschreven onder observeren

Werknemer 1: Met deze werknemer is het langst getest. Ongeveer 1,5 uur. De reden hiervoor is om mogelijke bugs uit het systeem te krijgen. Dit bleek ook uit de tests, de verzend- en ontvangarm zaten niet vast genoeg en draaiden soms door. Het beeldscherm viel enkele keren uit. En daarnaast was de marge berekening nog niet goed genoeg. Dit is allemaal onder deze test verholpen.

De werknemer kan niet goed wegen. De persoon vindt het leuker dan de oude weegschalen waar ze voorheen mee wogen. Het proces gaat aanzienlijk verbeterd. Het wegen is niet meer zo precies, de werknemer heeft al snel door hoeveel product ongeveer in het potje moet, en het ontvangen en verzenden van potten begrijpt de werknemer direct.

De werknemer geeft steeds aan het zo leuk te vinden aan de nieuwe tafel. Het werkt makkelijker en de kleurcodering vindt de werknemer erg fijn.

Werknemer 2: kon al goed wegen, merkte niet veel verschil. Vindt zelf dat het een heel goed idee is voor mensen die minder goed kunnen wegen. De persoon is iets groter dan gemiddeld. Wat geobserveerd kan worden is dat de tafel net iets te laag is, ongeveer 5cm. Het vullen gaat snel, ongeveer 10 blikjes gedaan in vergelijking met werknemer 1 die er 20 er 15 minuten deed.

Werknemer 3: Heeft al vaker gewogen op zijn afdeling, maar is niet heel erg goed met cijfers en vindt het moeilijk om deze soms uit elkaar te houden of om de vergelijking te maken van het benodigd gewicht en het gewicht dat wordt afgemeten.

Deze persoon vond de kleurcodering heel erg fijn. De snelheid zit er niet echt achter maar dat komt niet door het systeem maar door de arbeidshandicap van deze werknemer. Het brein van deze werknemer werkt iets langzamer.

Werkt meer ergonomisch, merkt dat die niet zoveel naar beneden moet kijken en dat het beeldscherm fijner werkt dan een terminal die aan een weegschaal zit. De werknemer krijgt minder snel last van zijn/haar nek.

Werknemer 4: Kan niet wegen, vindt het een prachtig concept, blijft maar zeggen dat ze deze tafel boven ook moeten hebben voor het wegen, want dat zou veel mensen kunnen helpen. Het wegen gaat goed bij deze werknemer. Normaal gezien vult deze persoon alleen de potjes en geeft ze daarna door aan iemand die ze moet wegen. Nu kan deze persoon het direct zelf.

Werknemer 5: kan normaal gezien goed wegen, maar vindt dit veel makkelijker dan het wegen met cijfers. De werknemer merkt zelf ook veel verschil in snelheid. Daarnaast geeft deze werknemer aan dat de tafel de goede hoogte is. Een quote van deze medewerker is; *'Ik moet hier nog 3 jaar werken, dan ben ik met pensioen. Als ik dan nog de mogelijkheid krijg om met deze tafel te werken zou ik dat erg fijn vinden.'* Daarnaast gaf deze werknemer aan, misschien kan ik volgende keer als ik babbelaars of hopjes moet vullen naar deze afdeling komen (de afdeling waar de testen worden uitgevoerd) om dit te doen, want dit gaat wel erg fijn zo.

De marge is nog niet helemaal oke, die moet nog een beetje aangepast worden. Sowieso het deksel moet van het gewicht afgetrokken worden. En daarnaast met de marge voor de Babbelaars en Hopjes een minimum zijn wat er op de verpakking staat en daarbovenop mag dan 1 of 2 snoepjes marge zitten volgens de leverancier, dit verschilt weer bij andere producten. Misschien ervoor zorgen dat er een marge gekoppeld is aan een barcode.

Werknemer 6: Kan niet wegen. De reden hiervoor is dat het zicht van deze medewerker niet goed is. Wanneer getallen of vormen te klein zijn op een display krijgt deze werknemer snel hoofdpijn.

De werknemer geeft aan dat het een goede manier is om te wegen. De kleurcodering is groot genoeg en ze krijgt er geen hoofdpijn van. De werknemer is erg timide en geeft niet echt snel iets aan. Na een periode van 10 minuten blijkt het wegen goed te gaan.

Werknemer 7: Heeft al vaker gewogen, dat was ook te observeren. Het vullen van de potten gaat snel, precies, en secuur. Vaak is het potje direct de goede hoeveelheid. De werknemer vindt het veel leuker dan het wegen met een normale weegschaal en het aflezen van cijfers. Dit is makkelijker te zien zegt de werknemer. Daarnaast geeft de werknemer aan dat de tafel de goede hoogte is.

Teamleider 1: De werknemer heeft getest, is een teamleider van het werkleer bedrijf, kan gewoon een weegschaal aflezen, toch werkte de kleurcodering heel goed, in no time had de teamleider wat blikjes gevuld. Voor het gevoel van de teamleider was gaat het toch sneller met een kleurcodering dan met getallen.

Teamleider 2: Deze werknemer heeft maar kort getest. Dit is toch een teamleider die eventueel een tafel zou kunnen implementeren op een afdeling van verpakken. De werknemer geeft aan de tafel grappig te vinden. Grappig op de manier dat het vernuftig is bedacht en dat het wel lekker werkt. Hij vindt alleen de tafel wat laag. De reden hiervoor is dat deze man langer is dan 2 meter (niet een gemiddelde vanuit de ergonomie). De werknemer geeft aan het fijn te vinden dat de weegschaal in de tafel zit, daarnaast werkt het fijn met de kleurcodering.

Resultaat demo test 2

Observatierapport 08-06-2021/09-06-2021 (logboek demo test 2)

Tabel 54: Observatieplan.

Aanleiding observatie	Het verpak proces binnen Orionis moet versnelt of efficiënter gemaakt worden. Hiervoor is er een slimme tafel gerealiseerd. Om te valideren dat de slimme tafel daadwerkelijk het verpak proces versnelt of efficiënter maakt moet er een observatie plaatsvinden
Achtergrondgegevens	Gemengde doelgroep werknemers, LVB, fysiek gehandicapt, fysiek afgekeurd, vallen binnen autistisch spectrum, laag geletterdheid.
Observatiedoel en doelgroep	Observatie doel: Ondervinden of de slimme tafel daadwerkelijk werknemers van Orionis ondersteund in het wege van producten. Doelgroep: werknemers van Orionis
Observatievragen	- Werken werknemers ergonomisch aan de tafel? - Voor werknemers die al vaker hebben gewogen: Gaat de precisie naar beneden wanneer er product gewogen wordt? - Is de slimme tafel compatible met werknemers die een arbeidshandicap hebben? - Kunnen technische instellingen veranderd worden door werknemers? - Worden potjes correct gevuld, is er veel derving? - Maakt de slimme tafel de werkomgeving veiliger? - Bewegen werknemers onnodig wanneer zij werken aan de slimme tafel? - Zijn werknemers continue aan het werk wanneer zij werken aan de slimme tafel? - Zijn werknemers minder snel geprikkeld wanneer zij werken aan de slimme tafel?
Manier van observeren	Participerend, niet-verhuld, ongestructureerde observatie
Het observatiemoment	08-06-2021 11:00 t/m 15:00 (pauze tussen 12:00 en 12:30) 09-06-2021 09:00 t/m 15:00 (pauze tussen 12:00 en 12:30)
Observatiehulpmiddelen	Organoleptisch, pen en papier, foto's en eventueel video's
Manier van rapporteren	Schriftelijk (Microsoft-word)
Vergelijkingsmateriaal	De huidige observatie wordt vergeleken met de observatie die is uitgevoerd aan het begin van dit project.

Voor de observatie is er gekozen om niet bij elke werknemer een beschrijving te maken. Dit is al gedaan bij de vorige 7 werknemers die getest zijn. Wel wordt er een tabel opstelt met de antwoorden op de vragen die ook gesteld zijn in de vorige test. Daarnaast worden de observaties ook zo genoteerd. De reden hiervoor; er wordt in deze test gestreefd naar een test met 46 verschillende werknemers. Op de volgende pagina, in *Figuur 82*, staan de resultaten van de testen die uitgevoerd zijn.

	Demotest 2													
	Vragen aan medewerker					Observatie								
	Kan wegen	Leuker	Sneller wegen	Sneller vullen	Hoogte	Ergonomisch	Precisie	Com-patible	Instellingen	Correct gevuld	Veiliger	Bewegen	Continue	Prikkels
1	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
2	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
3	Ja	Nee	Middel	Middel	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
4	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
5	Nee						Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
6	Ja	Ja	Ja	Ja	Middel	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
7	Ja	Alles is saai	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
8	Ja	Ja	Ja	Ja	Middel	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
9	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
10	Ja	Ja	Nee	Nee	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
11	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
12	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
13	Ja	Nee	Nee	Nee	Goed	++	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
14	Nee	Ja	Nee	nee	Goed	++	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
15	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
16	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
17	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
18	Ja	Ja	Ja	Ja	Niet	--	Minder	Minder	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
19	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
20	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	++	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
21	Ja	Ja	Nee	Nee	Goed	++	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
22	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
23	Nee	echt leuk	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
24	Nee	Geweldig	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
25	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
26	Ja	Wat een super uitvinding	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
27	Half	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
28	Ja	Ja	Ja	Ja	Staat	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
29	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
30	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
31	Ja	Ja	Ja	Nee	half	-	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
32	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
33	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
34	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
35	Half	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
36	Ja	Ja	Ja	Ja	Beetje laag	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
37	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
38	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
39	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
40	Ja	Nee	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
41	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
42	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
43	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
44	Ja	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
45	Nee	Ja	Ja	Ja	Goed	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder
46	Nee	Ja	Ja	Ja	Middel	+	Minder	Meer	Minder	Meer	Meer	Minder	Meer	Minder

Figuur 82: Uitkomsten vragen en observaties bij uitgevoerde demo test 2.

Conclusie

Alle variabelen waarop testen zijn uitgevoerd hebben een positief resultaat, 10 van de 10 variabelen zijn met een positief resultaat geëindigd, zie *Tabel 55*. Daarom is de hypothese:

Wanneer een werknemer met een arbeidshandicap plaats neemt aan de tafel en zijn werkzaamheden gaat uitvoeren, dan worden deze efficiënter en veiliger uitgevoerd dan voorheen.

Correct en werkt het systeem slimme tafel als verwacht.

Tabel 55: Variabelen van het systeem waarop getest is.

Variabelen waarop getest wordt	Meer of minder dan oude systeem
Ergonomische werkwijze	Meer
Precisie bij de werknemers	Minder
Compatible voor werknemers	Meer
Slimme tafel prototype is modulair inzetbaar	Ja
Technische instellingen worden veranderd	Minder
Correct gevulde potten zonder defecten/derving	Meer
Werkomgeving is veiliger	Meer
Werknemer bewegen onnodig	Minder
Werknemers zijn continue aan het werk	Meer
Werknemers worden geprikkeld	Minder