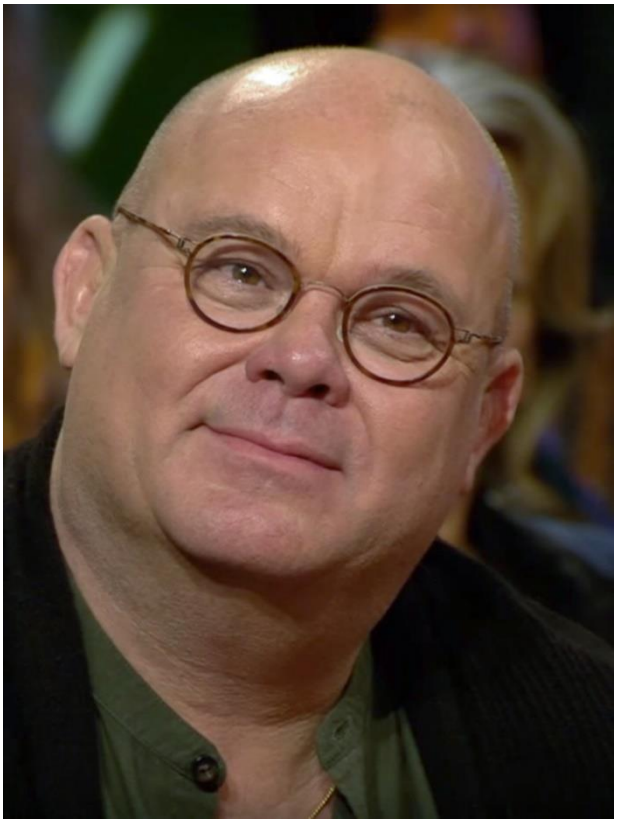
Automatisering Paul de Leeuw

Eindrapport



Auteur:	Tobias Berg
Studentnummer:	1699596
Docentbegeleider:	Joost Jongen
School:	Hogeschool Utrecht
Studierichting:	Werktuigbouwkunde
Datum:	22 juni 2020
Plaats:	Valkenswaard

GARD & CARE
ALS HET OVER STEENKORVEN GAAT

HOGESCHOOL UTRECHT

Titel:	Automatisering Paul de Leeuw
Auteur:	Tobias Berg
Studentnummer:	1699596
Versie:	2.0
Project:	Automatisering van de productie van steenkorven
School:	Hogeschool Utrecht
Studierichting:	Werktuigbouwkunde
Instituut:	IED
Studiejaar:	Jaar 4
Docentbegeleider:	Joost Jongen
Stagebedrijf:	Gard & Care
Periode:	maart 2020 tot juli 2020
Bedrijfsbegeleider:	Toon van de Wiel
Datum:	22 juni 2020
Plaats:	Valkenswaard

Disclaimer Hogeschool Utrecht

Het bestuur van de Stichting Hogeschool Utrecht te Utrecht aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade voortvloeiende uit het gebruik van enig gegeven, hulpmiddel, werkwijze of procedure in dit verslag beschreven. Vermenigvuldiging zonder toestemming van de auteur(s) en de school is niet toegestaan. Indien het afstudeerwerk in een bedrijf is verricht, is voor vermenigvuldiging of overname van tekst uit dit verslag eveneens toestemming van het bedrijf vereist.

Samenvatting

Paul de Leeuw, afgekort met PdL, is de naam van een van de productiecellen binnen Gard & Care. Deze naam is in het leven geroepen om voor leveranciers en andere klanten de naam van de grootste klant van Gard & Care geheim te houden. Gard & Care (G&C), gevestigd in Valkenswaard ontwerpt en produceert steenkorven in allerlei vormen en maten. Binnen de productiecel PdL worden drie standaard steenkorven geproduceerd. Deze worden half-geassembleerd zodat een bouwpakket ontstaat die de eindklant zelf kan opbouwen en afvullen met stenen.

Het produceren van de drie standaardmaten binnen PdL gebeurt tot dusver met de hand. De vraag van de klant neemt de laatste jaren toe. Extra personeel zou nodig zijn om aan de vraag te kunnen voldoen maar extra personeel betekend dat de kosten omhooggaan. G&C zou juist graag een lagere kostprijs aan de klant willen doorrekenen om deze tevreden te houden. Daarnaast is het lastig gebleken om geschikt personeel te vinden die de productie kan en wil draaien. Dit alles zorgt voor een capaciteitsprobleem dat niet met extra personeel opgelost dient te worden. Dit probleem moet worden opgelost door (een deel van) de productie te automatiseren/robotiseren.

Het project is aangepakt in drie hoofdfases. Allereerst is een uitgebreide oriëntatie en analyse uitgevoerd om het probleem, de achterliggende problemen en de context in kaart te brengen. Hier is onder andere een eerste lijst met wensen en eisen van de opdrachtgever uit voortgekomen. De belangrijkste wens is een verdubbeling van de output/manuur zonder in te boeten op kwaliteit van het product. De oplossing moet in het huidige proces van PdL passen en door het personeel te bedienen zijn. Verder is de wens een flexibele oplossing te bieden die eventueel later ook op andere productiecellen binnen G&C kan worden ingezet. Dit alles binnen de beschikbare ruimte, het beschikbare budget en met gewaarborgde veiligheid.

Na de analyse en het eerste verkennende onderzoek is naar voren gekomen dat de oplossing moet worden gezocht in het automatiseren van het schieten van de krammen, de ringen waarmee gaaspanelen aan elkaar worden geschoten tot steenkorven.

De wensen van de opdrachtgever zijn na onderzoek vertaald naar concrete meetbare eisen, succescriteria en randvoorwaarden. Deze zijn opgenomen is het belangrijkste document uit het project, het programma van eisen.

Een aantal oplossingsrichtingen zijn ontstaan aan de hand van de onderzoeken en brainstormsessies. Deze zijn uitgewerkt tot uiteindelijk twee concepten. Een concept met een robotarm en een concept met een CNC-router. Op een methodisch en onderbouwde manier is een keus gemaakt om door te gaan met de robotarm. De robotarm is snel en flexibel. Door de ontdekking van de refurbished-robotmarkt is ook de prijs van een dergelijk systeem te behappen. Op de robotarm wordt een kop gemonteerd die is gebaseerd op bestaande mechaniek om krammen mee te zetten. Voordelen hiervan zijn de mogelijkheden om deze snel te produceren en om het onderhoud eenvoudig en binnenshuis te houden.

Aan de hand van het ontwerp is een check aan de eisen van het programma van eisen uitgevoerd. Om een aantal eisen te testen moet een proof of concept worden opgezet. Het ontwerp is verder uitgewerkt tot een produceerbaar proof of concept. Door het ontwerp simpel te houden is deze binnen G&C snel te produceren.

Om het proof of concept op te zetten en effectief te testen zijn een aantal aandachtspunten en methoden om de overgebleven eisen te verifiëren aanbevolen. Daarnaast is een aanbeveling voor het vervolg van het automatiseren van de productie opgezet.

Inhoud

Samenvatting 3
Inleiding 7
1. Probleemverkenning 8
1.1. Probleemcontext 8
1.2. Strategische relevantie en invloed 11
1.3. Oplossingsruimte 12
1.4. Projectplan 13
1.5. Stakeholderanalyse 17
1.6. Wensen van de klant 20
2. Probleem en context analyse 22
2.1. Functieanalyse 22
2.2. Huidige PdL productieproces 23
2.3. Onderzoeksplan & onderzoeksvragen 26
2.4. Onderzoeksresultaten 32
2.5. Functieanalyse krammen schieten 36
2.6. Programma van eisen en randvoorwaarden 37
3. Ontwerpen 39
3.1. Oplossingsrichtingen 39
3.2. Deeloplossingen 39
3.3. Concepten 42
3.4. Concept keuze 44
4. Proof of concept 46
4.1. Ontwerp proof of concept 46
4.2. Faal analyse 50
4.3. Testmethode 51
5. Conclusie en advies 55
5.1. Conclusie 55
5.2. Advies/aanbevelingen 55
5.3. Evaluatie 56
Bibliografie 57
Bijlagen 59
Bijlage I, 5W2H 60
Bijlage II, Aanvulling/aanscherping klantwensenlijst door opdrachtgever 62
Bijlage III, De kwaliteit van het eindproduct 63
Bijlage IV, Procesanalyse 66

Bijlage V, Onderzoek robotica oplossingen 77
Bijlage VI, Onderzoeksrapport Nieuwe lay-out van de 400mm korf 79
Bijlage VII, Onderzoeksrapport nieuwe krammen lay-out 800mm korf 81
Bijlage VIII, Kostendatasheet huidige productie 83
Bijlage IX, Onderzoek Industriële automatisering 84
Bijlage X, Werking Meiho kramapparaat 87
Bijlage XI, Nieuwe productiekosten steenkorven 92

Inleiding

Gard & Care is een midden-klein bedrijf gelegen in Valkenswaard. Ze ontwerpen en produceren steenkorven in allerlei vormen en maten. Ze maken een drietal vaste maten in de vorm van een opvouwbaar pakket voor een grote multinational. Deze klant heeft binnen Gard & Care de naam Paul de Leeuw gekregen om de klant geheim te houden, binnen Gard & Care afgekort met PdL. De drie maten steenkorven die voor PdL worden geproduceerd, worden in grote getalen afgenomen.

De laatste jaren en naar verwachting ook de komende jaren stijgt de vraag van PdL. Tegelijk wil opdrachtgever Toon van de Wiel, tevens eigenaar van Gard & Care, de klant tevreden houden door onder andere ieder jaar de prijs te kunnen verlagen. De verhoogde vraag, de wens voor een prijsverlaging en de moeite waarmee geschikt productiepersoneel kan worden gevonden leidt op korte termijn tot een capaciteitsprobleem. Gard & Care wil daarom een deel van de gelijknamige productiecel PdL automatiseren. Binnen een beperkt budget en beperkte ruimte moet een oplossing worden gevonden voor het capaciteitsprobleem in de vorm van een automatisering/robotisering van de steenkorfproductie.

Door een systematische aanpak van het ontwerpproces is, gedurende een afstudeerperiode, onderzoek gedaan naar het probleem en zijn mogelijke oplossingen uitgewerkt tot een gevalideerd ontwerp. Zo kan de doelstelling om in de zomer van 2020 een theoretische oplossing paraat te hebben liggen worden gehaald en kan de klant voor 2021 een nieuwe prijs worden aangeboden.

Dit document is het afstudeerverslag. In het afstudeerverslag wordt het PID verder uitgebreid met onderzoek en ontwerp. Resultaten en oplossingsrichtingen worden uitgewerkt tot concepten en een voorlopig eindontwerp wordt geselecteerd aan de hand van succescriteria. Om het gekozen concept te testen moet een proof of concept worden gerealiseerd. De eerste stappen voor de realisatie worden in het verslag genomen. Aanbevelingen voor het testen en de vervolgstappen worden gedaan.

1. Probleemverkenning

Om een goed en compleet beeld te krijgen van het op te lossen probleem wordt in dit hoofdstuk de probleemvraag en de context van het probleem verkend. Door onder andere methoden als de 5W2H toe te passen en stakeholders te interviewen wordt het probleem en de probleemcontext helder. Verder wordt nagedacht over de relevantie en invloed van de vraagstelling, de oplossingsruimte en de aanpak van het project. De voornaamste resultaten van deze fase zijn een projectplanning en een lijst met klantwensen. In het projectplan staat de conclusie van probleemverkenning in de vorm van een probleemstelling, de aanpak en planning. Deze vormt samen met de klantwensen de rode draad voor dit project.

1.1. Probleemcontext

In deze paragraaf wordt de probleemcontext in kaart gebracht. Aan de hand van de 5W2H methode (Bijlage I) is de context onderzocht. Het bedrijf, het product wat gemaakt wordt en de concurrentie worden uitgelicht om de achtergrond van het probleem helder te krijgen.

1.1.1. Gard & Care

Gard & Care is een midden-klein bedrijf, gespecialiseerd in het ontwerpen en produceren van Steenkorven in uiteenlopende vormen, maten en varianten. Gard & Care, gelegen in Valkenswaard, is ruim tien jaar geleden ontstaan en groeit ieder jaar hard. De sales en andere bedrijfstechnische onderdelen worden veelal in samenwerking met andere bedrijven uitgevoerd. Op aanvraag van de klant worden diverse ontwerpen uitgetekend en geproduceerd met soms constructieve uitdagingen door het hoge gewicht van het vullingsmateriaal en grote overspanningen. Enkele voorbeelden staan weergegeven in Figuur 1 tot en met Figuur 4 (Gard & Care, 2019).

Figuur 1 Steenkorfhaard/BBQ

Figuur 2 Steenkorf muurbekleding

Figuur 4 Steenkorftafel met zwevend tafelblad.

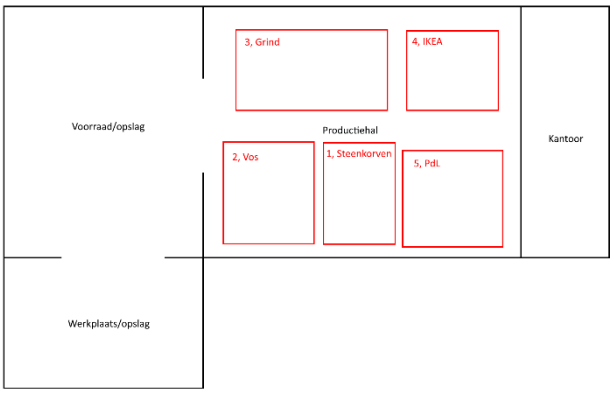
Figuur 3 Steenkorfbeeld champagneproducent

Naast de ontwerpen op maat vindt ook massaproductie plaats van standaard korven die door een grote multinational worden ingekocht en uiteindelijk belanden in tuincentra en andere winkels door heel Europa. Deze standaard korven worden tot op heden met de hand geproduceerd in de productiehal van Gard & Care. Dit deel van de productie is de aanleiding van dit project. In Figuur 5 is een standaard korf te zien zoals deze wordt verkocht in de tuincentra. In Figuur 6 is een voorbeeld te zien van wat er zoal met deze standaard steenkorven kan worden gedaan.

Figuur 5 Standaard Steenkorf (800x400x300mm)

Figuur 6 Twee gevulde steenkorven (800x400x300mm) omgebouwd tot bankje

De productiehal van Gard & Care in Valkenswaard is opgedeeld in vijf delen zoals te zien in Figuur 8 en Figuur 7. Op nummer 1: Steenkorven, worden de op maat ontworpen Steenkorven geproduceerd. Nummer 2 genaamd Vos is de knipbank waar alle gaaspanelen op maat worden geknipt voor verdere productie. Grind, op nummer 3, is de productielocatie waar alle grindschuttingen worden geproduceerd. Nummer 4, Ikea, wordt Ikea genoemd omdat hier losse panelen bij elkaar worden gebonden die de klant zelf thuis op moet bouwen tot een steenkorf. PdL is de productielocatie op nummer 5, In het hoofdstuk Stakeholderanalyse wordt hier verder op in gegaan. Deze productielijn is de aanleiding voor dit project. Bij PdL worden half-geassembleerde steenkorven in grote hoeveelheden geproduceerd van losse panelen tot transportklare pallets.



Figuur 8 Schematische plattegrond G&C

Figuur 7 Productiehal G&C

1.1.2. Steenkorven van Gard & Care

Gard & Care produceert voornamelijk Steenkorven ook wel gabions of schanskorven genoemd. De steenkorven worden opgebouwd uit gaas, krammen en het vulmateriaal. De korven worden meestal met natuursteen gevuld maar andere vulmaterialen zoals hout, glas of oude dakpannen behoren ook tot de mogelijkheden. Aan de hand van het vulmateriaal wordt de maas van het gaas bepaald. Meest gangbare maten zijn 50mm, 75mm en 100mm. De maas 50 en 75 worden vooral voor natuursteen gebruikt. De maas 100 wordt voorzien van binnengaas (Figuur 9) en vaak gevuld met grind.

Grote gaaspanelen komen binnen en worden vervolgens op maat geknipt met een grote knipbank. De panelen worden aan elkaar bevestigd door middel van krammen zoals is te zien in Figuur 10. Binnen Gard & Care worden twee maten krammen gebruikt. Grote krammen worden gebruikt om de gaaspanelen met elkaar te verbinden. De kleine krammen om het binnengaas aan de maas 100 te bevestigen. De krammen worden geplaatst door middel van pneumatische krammers (Figuur 11).

Figuur 9 Gaas maas 100 met binnengaas

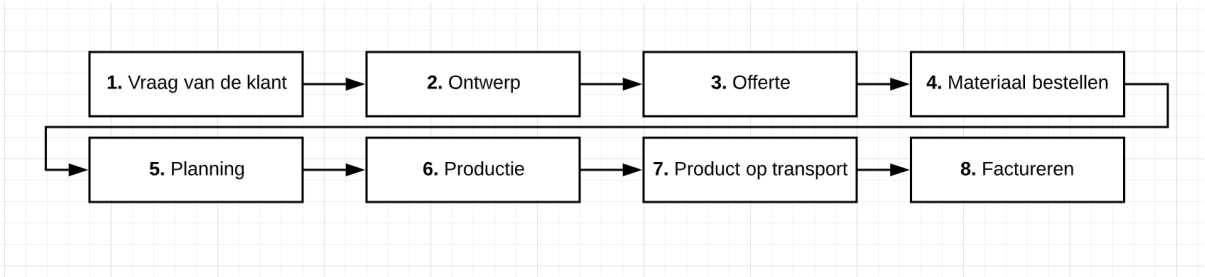
Figuur 10 krammen geplaatst met krammer

Figuur 11 Krammer Meiho M500

De steenkorven op maat en de grindschuttingen worden volledig gemonteerd opgeleverd. Een paneel blijft los zodat de korven gevuld kunnen worden op locatie. De standaard steenkorven die in veelvoud worden geproduceerd worden als een opgevouwen pakket opgeleverd. Deze worden op een aparte plek in de productiehal geproduceerd genaamd PdL. Hoe dit proces eruitziet wordt later toegelicht.

1.1.3. Bedrijfskundig systeem

Het bedrijfskundige systeem van Gard & Care kan worden weergegeven in een lijnperspectief (C.L.Bovée & J.V.Thill, 2010). In Figuur 12 is het systeem van Gard & Care weergeven. Allereerst komt de klant met een vraag. Vervolgens wordt, vaak in samenspraak met de klant een ontwerp opgesteld. Aan de hand van het ontwerp krijgt de klant een offerte. Wanneer deze wordt goedgekeurd wordt, indien nodig, materiaal ingekocht. Vervolgens wordt de productie ingepland. Na dat het product is geproduceerd wordt het op transport gezet en krijgt de klant de factuur. In dit project zal stap 6, de productie onder de loep liggen. Voor de standaard steenkorven die voor PdL continue worden gemaakt wordt stap 4 tot en met stap 8 als een repeterend proces doorlopen.



Figuur 12 Systeem G&C

1.1.4. Concurrentie

Binnen de steenkorven industrie is veel concurrentie. Alleen al binnen Nederland en zelfs Brabant zijn meerdere soortgelijke bedrijven die zich bezighouden met het ontwerpen en produceren van steenkorven in diverse toepassingen. Enkele voorbeelden zijn; Gabinova (Gabinova, n.d.), Gabion (Gabion, n.d.) en Nacon (Nacon, n.d.). Ook buiten Nederland zijn veel soortgelijken bedrijven te vinden.

De opdrachtgever geeft zelf aan Red Sun (RedSun, n.d.) en Gabinova als de grootste concurrenten te zien. Veel concurrenten hebben een andere productiemethode zoals het lassen van de korven. Hierdoor zijn deze korven veelal duurder dan de korven die Gard & Care kan aanbieden.

Mede door de concurrentiestrijd moet de prijs van de steenkorven ieder jaar omlaag. Het is daarom belangrijk de productieprijs van de steenkorven omlaag te brengen zodat de steenkorven voor een lagere prijs kunnen worden aangeboden. Zo kan Gard & Care de concurrentie voorblijven en grote klanten tevreden houden.

1.2. Strategische relevantie en invloed

In deze paragraaf wordt de relevantie en de invloed van het probleem en de oplossing onderzocht. Aan de hand van drie sub-paragrafen worden de invloed en relevantie beschreven.

1.2.1. Bedrijfseconomisch

Een belangrijk aspect is het bedrijfseconomische aspect, het doel van de onderneming is immers om zo winstgevend mogelijk te zijn. De grootste klant, waarvoor de PdL-productie draait vraagt ieder jaar een prijsverlaging. Als er niets veranderd in het productieproces of de prijs van het ruwe materiaal kost dit Gard & Care geld. De prijs van het inkoopmateriaal is matig beïnvloedbaar. Daarom moet er worden bespaard in het productieproces. De grootste kostenpost is het productiepersoneel. Tegelijk wordt de vraag van de klant steeds groter waardoor de productie tegelijk ook opgeschaald moet worden. Een logische stap is dan de opties tot automatiseren bekijken om te besparen op (extra) personeel en tegelijk de capaciteit van de productie op te schalen. Vanuit dit oogpunt is ook het beschikbare budget opgesteld. Hierover later meer in de paragraaf Budget. De wens van de opdrachtgever is om de productiecapaciteit te kunnen verdubbelen.

1.2.2. Maatschappelijk (personeel)

De vraag naar de standaard steenkorven neemt de laatste jaren sterk toe. Tegelijkertijd lijkt het steeds moeilijker te worden om personeel te vinden en te behouden die de steenkorven binnen Gard & Care willen en kunnen produceren. Dit kan in de toekomst voor een serieus capaciteitsprobleem zorgen en zou zelfs op termijn ervoor kunnen zorgen dat grote belangrijke klanten vertrekken bij Gard & Care omdat de gewenste leveringen niet tijdig kunnen worden gerealiseerd.

Op dit moment werken normaal gesproken 2 à 3 personen op de PdL productie. De opdrachtgever heeft de wens uitgesproken om uiteindelijk het gehele proces te automatiseren/robotiseren. In dit proces wordt onderzoek gedaan naar een eerste gedeeltelijke automatisering. De gevolgen van een automatisering in een productieproces voor het personeel kunnen groot zijn. Als het probleem van

een te kort aan personeel wordt weggenomen is dit positief. Het wordt een ander verhaal als een automatisering wordt doorgevoerd die tot gevolg heeft dat (een deel van) het personeel overbodig wordt en daardoor op straat komt te staan. Dit is een veel voorkomend dilemma in het automatiseren/robotiseren van industrie. Alhoewel het bij het gedeeltelijk automatiseren in dit project nog niet van toepassing hoeft te zijn is het zeker iets om rekening mee te houden. Op dit moment zijn twee personen in dienst die op PdL werkzaam zijn. Een automatisering die zorgt voor een verhoging van de productiecapaciteit met behoud van dit personeel maar geen extra personeel vraagt zou ideaal zijn.

1.2.3. Ergonomisch

Een bedrijfsergonoom van Arbody heeft onlangs een analyse en workshop gegeven over de ergonomie binnen Gard & Care. Een erg leerzame en interessante workshop waarbij het personeel en de eigenaar attent werden gemaakt op de dingen die goed en minder goed gingen in het kader van de ergonomie tijdens het werken. Enkele interessante punten kwamen naar voren die het personeel op persoonlijk vlak moet aanpakken in hun werkhoudingen. Ook kwamen een aantal punten aan bod die het bedrijf aan kon pakken in de werkomgeving om de ergonomie te verbeteren. Omdat het werk wat wordt gedaan tijdens de productie fysiek relatief zwaar is, is het belangrijk hier extra rekening mee te houden tijdens het optimaliseren van het productieproces. Een aantal aandachtspunten vanuit Arbody zijn (Arbody B.V. , 2020):

- Zorg ervoor dat werkzaamheden die staand moeten worden uitgevoerd binnen heup- en schouderhoogte plaats vinden zodat de rug recht kan blijven.
  - Bij gebruik van tafels/rollerbanken etc. houdt een werkhoogte van +/- 1100mm aan.
  - Zorg dat zo min mogelijk getild hoeft te worden (gewicht en tijd).
  - Het is belangrijk dat zo min mogelijk gereikt hoeft te worden.
  - Gebruik waar mogelijk en reëel hulpmiddelen bij het tillen.

1.3. Oplossingsruimte

In deze paragraaf wordt de oplossingsruimte verkend. Onderzocht wordt binnen welke grenzen de oplossing moet worden gezocht, zowel de technische grenzen als de grenzen van het onderliggende probleem.

1.3.1. Systeemniveau

De opdrachtgever geeft aan een oplossing te zien in de vorm van een machine of robot die een deel van de productie overneemt van personeel. Deze machine moet binnen de bestaande ruimte worden gerealiseerd. Wenselijk is om de bestaande toevoer van perslucht en elektriciteit te gebruiken maar het uitbreiden van dit netwerk indien nodig is geen probleem. Wel zal dit binnen het budget moeten passen. De oplossing moet ingepast worden in het bestaande productieproces zodat deze zo eenvoudig en snel mogelijk kan worden geïmplementeerd en het huidige personeel met de oplossing kan werken. Het eindproduct van de productielijn van de PdL-steenkorven moeten zoveel mogelijk identiek blijven.

1.3.2. Technologische vrijheidsgraden

Een wens van de opdrachtgever is om waar mogelijk bestaande technologie toe te passen en technologie toe te passen waar het personeel al gedeeltelijk ervaring mee heeft. Zo is het gewenst om bijvoorbeeld de huidige krammers in te zetten of soortgelijke mechanismen zodat bij storingen het personeel zelf de meeste problemen kan oplossen.

1.3.3. Ontwerpvisie

De belangrijkste ontwerpvisie is een zo winstgevend mogelijk productieproces met een zo groot mogelijke capaciteit in te richten. Hierbij is de veiligheid voor personeel en de kwaliteit van het eindproduct (steenkorven) een belangrijk aspect. Flexibiliteit is ook een belangrijke ontwerpvisie. Als de oplossing zou kunnen worden ingezet in andere productieprocessen naast de PdL zou dit een pré zijn.

1.3.4. Relevante normen en richtlijnen

De relevante normen en richtlijnen die van toepassing zijn op een mogelijke oplossing zijn:

- Machinerichtlijn (MD) (2006/42/EG)
- Robots en robotapparatuur (NEN-EN-ISO 10218)

Afhankelijk van de oplossingsrichting kunnen aanvullende normen en richtlijnen relevant zijn. Deze worden, indien nodig, later toegevoegd en geanalyseerd.

1.4. Projectplan

In deze paragraaf is het projectplan uitgewerkt. Dit plan is de ruggengraat van dit project en wordt bij elke fase nageslagen om het project in goede banen te geleiden. Dit plan bevat alle relevante projectmanagement gerelateerde aspecten zoals de probleemstelling, planning en aanpak.

1.4.1. Probleemstelling

Door de groeiende vraag van de klant in combinatie met de manier van produceren (volledig met de hand) is een capaciteitsprobleem ontstaan. Dit capaciteitsprobleem is moeilijk op te lossen doordat het moeilijk is om personeel te vinden die de productie kan en wil draaien. Daarnaast is personeel een dure kostenpost en is er de wil om de kostprijs van de producten te verlagen om de klant aan boord te houden. Dit probleem moet worden opgelost door een gedeeltelijke automatisering van het productieproces te realiseren. Deze automatisering moet de capaciteit verhogen zonder extra personeel in te zetten. De oplossing moet voldoen aan alle relevante veiligheidseisen en inzetbaar zijn in het huidige productieproces. De kwaliteit van de steenkorven die geproduceerd moeten worden mag niet inboeten op de huidige kwaliteit. De oplossing moet zo snel mogelijk maar in ieder geval voor maart 2021 gerealiseerd worden. De theoretische oplossing moet augustus 2020 op tafel liggen zodat een nieuwe prijs kan worden aangeboden aan de klant voor 2021 en ruimschoots aan de verwachte vraag van het product kan worden voldaan. De probleemstelling kan als volgt worden geformuleerd:

Door onder andere een groeiende vraag van de klant en een tekort aan geschikt personeel heeft de huidige productiemethode van de steenkorven voor een capaciteitsprobleem gezorgd. Door middel van een automatisering die voldoet aan gestelde eisen moet dit probleem worden opgelost.

1.4.2. Opdracht

De onderzoeksvraag die uit de probleemstelling naar voren komt en de leidraad van dit project zal vormen is:

Hoe ziet een technologische oplossing eruit die het capaciteitsprobleem van de handmatige productie van de PdL-steenkorven oplost en de kostprijs van het product reduceert?

Om deze vraag op te lossen dient eerst een analyserend onderzoek te worden gedaan om alle onderliggende vragen te beantwoorden en de wensen van de opdrachtgever om te zetten in concrete meetbare ontwerpcriteria. Na het onderzoek moet aan de hand van een aantal tools slim worden ontworpen om tot de beste technologische oplossing te komen op het probleem.

1.4.3. Doelstelling

Het hoofddoel van het project luidt als volgt:

Een oplossing in de vorm van een automatisering van (een deel van) het proces die voor maart 2021 het capaciteitsprobleem oplost.

De doelstellingen die aan het eind van het project moeten zijn behaald zijn:

- Het geadviseerde ontwerp lost het capaciteitsprobleem effectief op binnen alle gestelde eisen en randvoorwaarden.
- Het rapport geeft antwoord op de vragen:
    - Hoeveel winst aan kostprijs van het product wordt verwacht bij het doorvoeren van het ontwerp?
    - Hoe hoog is de capaciteitsverhoging bij het doorvoeren van het ontwerp?

1.4.4. Projectgrenzen

De opdrachtgever heeft de wens uitgesproken om ooit het totale productieproces te automatiseren van de losse panelen oppakken tot het volledige eindproduct stapelen op pallets voor transport. Het volledig automatiseren is op dit moment nog niet aan de orde vanwege onder andere het beschikbare budget en de beschikbare tijd.

In het hoofdstuk Probleem en context analyse wordt een uitgebreide analyse van het huidige productieproces beschreven. De conclusie van de analyse is dat de oplossing moet worden gezocht in het automatiseren van het schieten van de krammen. Hier ligt voor dit project dan ook de grens. Het automatiseren van de andere delen van het productieproces is nog niet aan de orde.

1.4.5. Op te leveren producten

In de op te leveren producten kan een tweedeling worden gemaakt. Aangezien dit project een afstudeerproject is moeten, naast de producten voor de opdrachtgever, een aantal producten worden opgeleverd voor de Hogeschool Utrecht. De op te leveren producten zijn:

Opdrachtgever, Gard & Care
- PID
- Ontwerpdossier
- Ontwerp prototype

Hogeschool Utrecht
- PID
- Ontwerpdossier/afstudeerverslag
- verslag professioneel functioneren
- Verdediging

1.4.6. Methode

De methode die is toegepast in dit project is de ontwerpmethode beschreven in het boek Ontwerpen van technische innovaties (Oskam, Paul, Inge, Kevin, & Lukien, 2012) De methode doorloopt het ontwerpproces in vijf fases. Oriëntatie, Analyse, Ontwerp, Detaillering en Realisatie. In dit project zijn de eerste drie stappen doorlopen en is een start gemaakt aan de vierde stap, de detaillering. In het vervolg van dit document wordt gerefereerd aan de methode als de methode van Oskam.

1.4.7. Project aanpak

Het project is aangepakt in drie fases. De eerste fase, de oriëntatiefase is in het PID uitgewerkt. In deze fase wordt het probleem en de context van het probleem volledig blootgelegd door methodes als de 5W2H en interviews toe te passen. In het PID is ook een start gemaakt met fase twee, de probleem en context analyse. In deze fase wordt de verkende context en het probleem verder geanalyseerd en onderzocht zodat hier concrete ontwerpeisen uit voortkomen waarmee ontworpen kan worden. Onderzoeksvragen worden opgesteld en beantwoord door desk- en fieldresearch uit te voeren. Onder andere een procesanalyse moet het probleem concreet maken. Uiteindelijk komt hier een compleet programma van eisen uit, het belangrijkste ontwerpdocument. Als deze fase is afgerond wordt de derde en laatste fase in dit afstudeerproject ingezet. Tijdens de eerste en tweede fase ontstaan ideeën en oplossingsrichtingen die samen met het programma van eisen worden ontwikkeld tot een aantal concepten met behulp van een morfologische matrix. De concepten worden getoetst aan de wensen van de opdrachtgever. Zo kan uiteindelijke dat concept worden geselecteerd dat het meest in lijn ligt met de wens van de opdrachtgever en het probleem het best oplost. Dit concept zal zo ver mogelijk worden uitgewerkt in de laatste weken van het afstuderen tot een redelijk gedetailleerd ontwerp waar de opdrachtgever verder mee kan.

1.4.8. Projectplanning

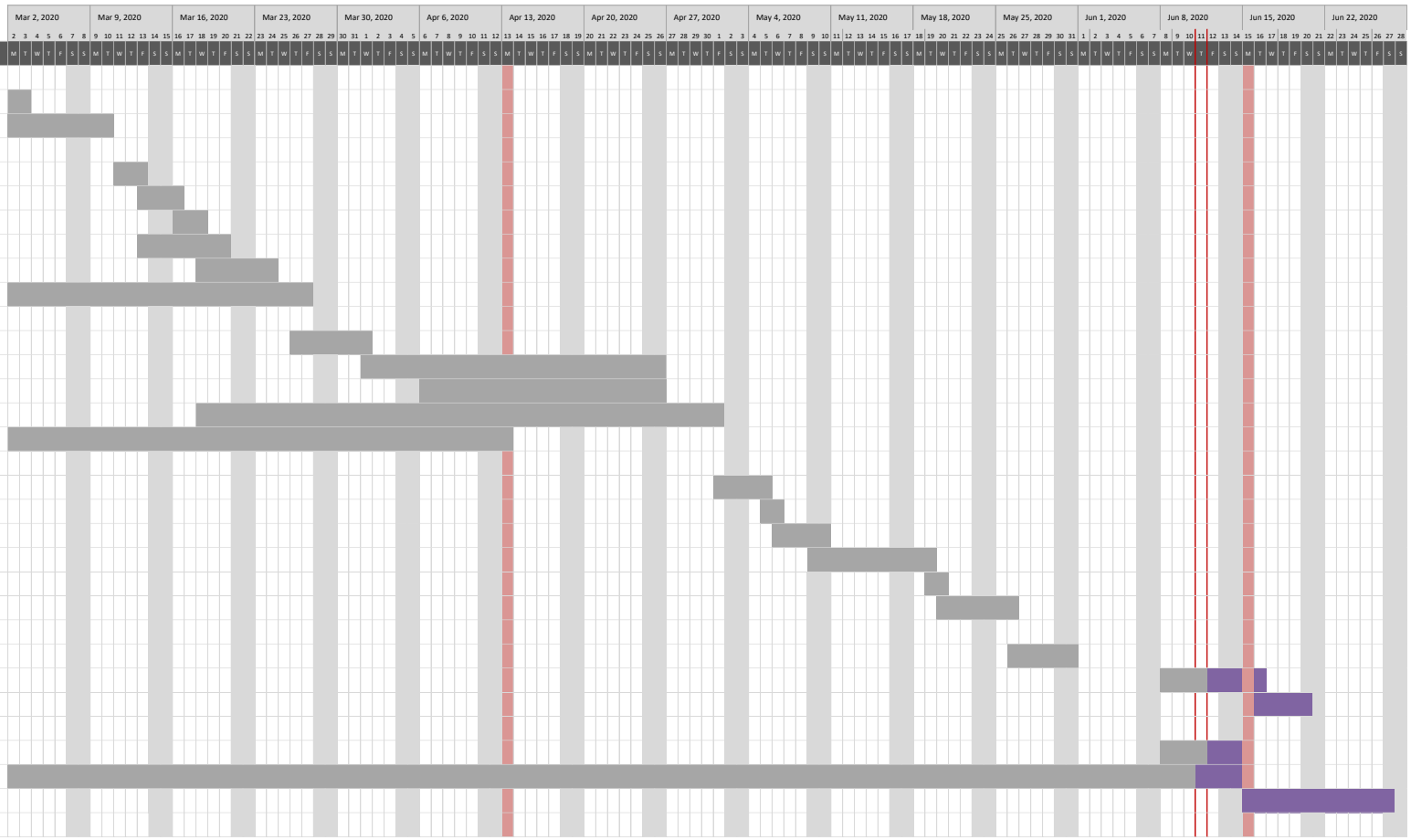
Om het project in goede banen te geleiden en de fasering te plannen is een projectplanning opgesteld in de vorm van een Gantt-chart. De rode lijnen geven de deadlines voor het PID en het eindrapport weer. De planning is opgedeeld in de te doorlopen fases. In Figuur 13 is de planning opgenomen.

Afstudeerproject G&C

Mon, 3/2/2020

1

TASK	PROGRESS	START	END
Starten project			
Inlezen documenten	100%	3/2/20	3/3/20
Meelopen PdL productie	100%	3/2/20	3/10/20
Fase 1, Probleem verkenning			
Probleemcontext verkennen	100%	3/11/20	3/13/20
Relevantie en invloed onderzoeken	100%	3/13/20	3/16/20
Oplossingsruimte onderzoeken	100%	3/16/20	3/18/20
Projectplan opstellen	100%	3/13/20	3/20/20
Klantwensen inventariseren	100%	3/18/20	3/24/20
Concept PID opstellen	100%	3/2/20	3/27/20
Fase 2, Probleem analyse			
Onderzoeksplannen maken	100%	3/26/20	4/1/20
Ondrzoeken, analyseren, field/desk research	100%	4/1/20	4/26/20
Programma van eisen opstellen	100%	4/6/20	4/26/20
Oplossingsrichtingen modeleren/onderzoeke	100%	3/18/20	5/1/20
Definitief PID opstellen	100%	3/2/20	4/13/20
Fase 3, Ontwerpen			
Deeloplossingen uitdenken	100%	5/1/20	5/5/20
Morfologische kaart opstellen	100%	5/5/20	5/6/20
totaaloplossingen opstellen	100%	5/6/20	5/10/20
Concepten uitwerken	100%	5/9/20	5/19/20
Definitief concept bepalen	100%	5/19/20	5/20/20
Concept uitwerken	100%	5/20/20	5/26/20
Detaillering proof of concept			
Proof of concept robotkop uitwerken	100%	5/26/20	5/31/20
Proof of concept bouwen	50%	6/8/20	6/16/20
Proof of concept testen	0%	6/16/20	6/20/20
Afronding project			
Eindadvies opstellen	50%	6/8/20	6/15/20
Eindrapport opstellen	96%	3/2/20	6/15/20
Voorbereiden verdediging	0%	6/15/20	6/27/20



Figuur 13 Project planning G&C (11 juni 2020)

1.4.9. Kwaliteit waarborg

Om de kwaliteit te waarborgen wis in alle ontwerpstappen de lijst met klantwensen als rode draad gebruikt en is na elke fase gecheckt of alle doorlopen stappen en resultaten overeenkomen met de wensen van de klant en de ontwerpcriteria.

Daarnaast is een wekelijks moment ingepland op maandag morgen om rond de tafel te gaan met de opdrachtgever en onder andere de voortgang en knelpunten te bespreken. Deze momenten fungeren naast begeleiding ook als controlepunt op planning, ontwerprichting en kwaliteit.

Tot slot zijn er tijdens het project feedback momenten van de schoolbegeleider geweest waar ook een controlepunt is ontstaan.

1.4.10. Budget en kostenplaatje

Het beschikbare budget voor het onderzoek bedraagt €5000,- Dit bedrag is inclusief stagevergoedingen (+/- €2500,-) en alle overige kosten buiten de kosten voor de oplossing zelf. De opdrachtgever geeft aan dat dit bedrag een eerste richtlijn is en in overleg mits dit nodig is kan worden verhoogd. Voor onderzoek en experimenten zal ongeveer €500,- nodig zijn.

Het beschikbare budget voor de oplossing (machine/robot) bedraagt €50.000,- Dit bedrag is gebaseerd op een afschrijving van vijf jaar (€10.000,- per jaar) en komt ongeveer overeen met de kosten voor een personeelslid van gedurende één jaar. Door de coronacrisis wordt het budget mogelijk lager. Een prototype zal dan ook zo goedkoop mogelijk worden gemaakt. Geprobeerd wordt om niet meer dan €10.000,- voor een prototype inclusief overige testmaterialen.

1.5. Stakeholderanalyse

In deze paragraaf worden de relevante stakeholders in kaart gebracht. Verschillende stakeholders worden beschreven en hun invloed en belang wordt verhelderd. Tot slot worden de behoeften en wensen van de stakeholders geïnventariseerd.

1.5.1. Gard & Care

Gard & Care is de opdrachtgever, gebruiker, de plek waar het probleem zich voor doet en waar de oplossing geïmplementeerd moet worden. Vanzelfsprekend zitten bij Gard & Care dan ook de belangrijkste stakeholders voor dit project. De eigenaar, Toon van de Wiel, tevens opdrachtgever is de belangrijkste stakeholder. Voor Toon is de oplossing zelf het belangrijkste aspect. Deze moet voldoen aan alle eisen en binnen de grenzen van bijvoorbeeld budget en ruimte worden gerealiseerd. Naast de opdrachtgever zijn ook de werknemers uit de productie belangrijk, zij zullen de oplossing gaan gebruiken. Voor hen in vooral het gebruiksgemak, de ergonomie en de uptime belangrijk. Overige werknemers binnen Gard & Care zoals planners zullen ook de invloed van het probleem en de oplossing ervaren. Hun belangen en behoefte overlappen met die van de opdrachtgever en het productiepersoneel.

1.5.2. Paul de Leeuw

Paul de Leeuw, afgekort naar PdL, is de naam van de productielocatie waar de half geassembleerde pakketten in massa worden geproduceerd. PdL is ook de naam die wordt gebruikt voor de grote klant die de pakketten afneemt. Deze naam is in het leven geroepen om de naam van de klant geheim te houden voor leveranciers, andere klanten en overige mensen die regelmatig over de vloer komen bij Gard & Care. In dit verslag zal deze grote en belangrijkste klant dan ook PdL worden genoemd en zal verder niet te specifiek op deze klant worden ingegaan. Omdat de klant wel een hele belangrijke stakeholder is in dit project wordt deze zeker meegenomen in de analyse. Door de Coronacrisis is het helaas niet mogelijk direct contact met deze eindklant op te nemen, daarom is deze analyse ontstaan uit het inleven in de stakeholder in samenwerking met Toon (opdrachtgever). PdL is een grote multinational in huis en tuinartikelen. Ze opereren onder verschillende retailers door heel Europa. Gard & Care produceert steenkorven in drie verschillende maten voor PdL. De steenkorven zijn half geassembleerd en worden verpakt inclusief een zakje losse krammen, een handleiding en een of meerdere spanners (Figuur 14). Deze steenkorven worden in doe het zelf winkels verkocht zodat klanten ze zelf kunnen vullen en dichtmaken. De drie verschillende maten die worden geproduceerd zijn: 400x400x300mm, 800x400x300mm en 1200x400x300mm. De nadruk ligt op de 1200mm korven deze worden veruit het meest geproduceerd en afgenomen. Van deze maat alleen al worden per jaar zo een 35.000 korven geproduceerd. Voor PdL is vooral de constante kwaliteit van het eindproduct belangrijk.

Figuur 14 PdL Steenkorfpakket

1.5.3. Stakeholder matrix

Om het belang en de invloed van de stakeholders visueel te maken is een stakeholder matrix opgesteld. Zo wordt in een oogopslag helder wie de belangrijkste stakeholders zijn. In Tabel 1 is de matrix weergegeven. In Tabel 2 zijn de belangen en behoeften van de verschillende stakeholders uitgelicht.

Tabel 1 Stakeholder matrix

		Belang	
		Gematigd	Hoog
Invloed/macht	Hoog	PdL (Klant van het eindproduct)	Toon van de Wiel (opdrachtgever/eigenaar)
	Gematigd		Productiepersoneel (gebruiker van de oplossing)

Tabel 2 Stakeholder belangen en behoeften

Stakeholder	Belang	Behoefte
Opdrachtgever (Toon)	- Gard & Care zo winstgevend mogelijk - Goede relatie met klant (PdL)	- Ruim voldoende productiecapaciteit - Zo laag mogelijke productiekosten - Oplossing binnen grenzen budget/ruimte/veiligheid/etc. - Capaciteit opschalen zonder extra personeel
Productiepersoneel	- Werkdruk en werkpiek omlaag - Ergonomie van het werk verbeteren voor minder fysieke klachten	- Zware taken overnemen met machine - Ergonomisch verantwoorde werkomgeving - Gemakkelijk te gebruiken machine
Klant eindproduct	- Zo hoog mogelijke en vooral constante kwaliteit van het eindproduct uit het proces voor een maximale verkoop aan de consument. - Een zo laag mogelijke kostprijs van het product relevant om de winst te maximaliseren.	- Geen verandering in kwaliteit ten opzichte van het huidige product geproduceerd in het huidige proces

1.6. Wensen van de klant

Een eerste lijst van klantwensen wordt in deze paragraaf opgesteld. De wensen zijn naar voren gekomen tijdens de eerste verkenningen, de stakeholderanalyse en diverse gesprekken met de opdrachtgever. De opdrachtgever en gebruiker van de oplossing is gevraagd de lijst te prioriteren om de belangrijkste wensen naar voren te krijgen, deze is bijgevoegd in Bijlage II, Aanvulling/aanscherping klantwensenlijst door opdrachtgever. De klantwensen worden na aanvullend onderzoek en analyse in een definitief programma van eisen opgenomen in de vorm van concreet meetbare criteria met bijpassende methode van verificatie en dergelijken.

1.6.1. Eerste wensenlijst

Deze eerste inventarisatie van wensen komt voort uit de verkenning van het probleem. In Tabel 3 is de lijst weergegeven.

Tabel 3 Eerste lijst met wensen

Klantwensen
De kwaliteit van het eindproduct (steenkorven) mag niet veranderen
De uiteindelijke productiekosten van de steenkorf moet lager zijn dan de huidige productiekosten
De machine/robot mag maximaal €50.000,- kosten.
Met de machine/robot moet de productiecapaciteit verdubbeld worden.
De machine/robot moet binnen de bestaande productielocatie passen.
De machine/robot moet in het huidige productieproces in te passen zijn.
De machine/robot moet voldoen aan alle relevante eisen uit geldende normen

1.6.2. Klantwensen en randvoorwaarden

Om de wensen aan te vullen, aan te scherpen en te prioriteren is de wensenlijst voorgelegd aan de opdrachtgever en de eindgebruikers van de oplossing. De twee groepen hebben de lijst genummerd op belang waar nummer 1 het belangrijkst is en oplopende nummers minder belangrijke wensen weergeven. Aan de hand van deze lijsten ontstaat een meer specifieke klantwensenlijst die op volgorde van prioriteit staat, de prioriteit die door de opdrachtgever aan de eisen zijn gegeven. Na onderzoek en analyse wordt deze lijst aangevuld en omgezet in een volwaardig programma van eisen. In Tabel 4 zijn de klantwensen weergegeven. In de laatste vier kolommen is aangegeven of de wens een eis, succescriteria of randvoorwaarde is en wat de prioriteit is. De prioriteit is op een schaal van 1 tot 4 aangegeven waar 1 de hoogste prioriteit heeft. Het grootste deel van de wensen is in de vorm van een onderzoeksvraag meegenomen in het volgende hoofdstuk om de wens concreet te kunnen maken voor het programma van eisen.

Tabel 4 Klantwensen

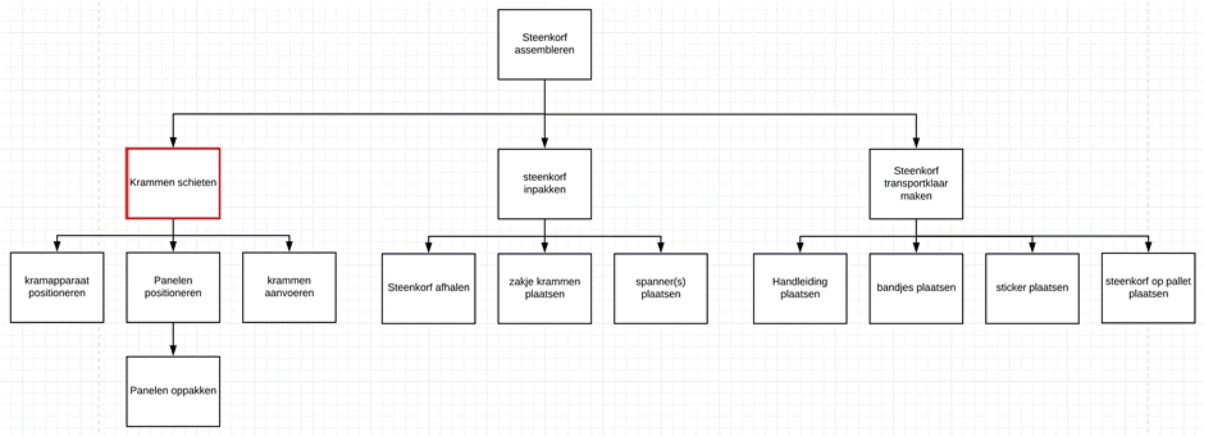
Nr.	Klantwens	Eis	Succescriteria	Randvoorwaarde	Prioriteit
1	De kwaliteit van het eindproduct (steenkorven) is gelijk of beter aan de huidige kwaliteit.	x			1
1a	De kwaliteit van het eindproduct is zo hoog mogelijk.		x		1
2	De oplossing verdubbelt minimaal de output/manuur van de productiecel.	x			1
2a	De oplossing zorgt voor een zo hoog mogelijke output/manuur van de productiecel.		x		1
3	De productiekosten per eindproduct zijn lager dan de huidige kosten.	x			1
3a	De productiekosten van het eindproduct zijn zo laag mogelijk.		x		1
4	De oplossing moet te bedienen zijn door het huidige personeel.	x			1
5	De mean time between failure (MTBF) moet minimaal 16 uur zijn.	x			2
5a	De oplossing moet een zo hoog mogelijke MTBF hebben.		x		2
6	De mean time to repair (MTTR) mag maximaal 5 minuten zijn.	x			2
6a	De mean time to repair (MTTR) moet zo laag mogelijk zijn.		x		2
7	De oplossing mag maximaal €50.000,- kosten			x	2
8	De oplossing moet zo flexibel mogelijk inzetbaar zijn		x		2
9	De oplossing moet binnen de bestaande productielocatie passen			x	3
10	De oplossing moet in het huidige productieproces in te passen zijn.	x			3
11	De oplossing moet voldoen aan alle relevante eisen uit geldende normen			x	3
12	De oplossing moet voldoende veiligheid bieden voor het personeel			x	3
13	De oplossing moet ergonomisch verantwoord door de gebruiker gebruikt kunnen worden.			x	3
14	Het principe van de oplossing is toepasbaar bij de andere productieprocessen binnen G&C		x		3

2. Probleem en context analyse

In dit hoofdstuk wordt het begin van de onderzoeks- en analysefase gemaakt. Allereerst worden de functies en het proces in kaart gebracht om te specificeren in welk deel van de productielijn een eerste automatisering het meeste resultaat biedt. Verder worden de onderzoeksvragen opgesteld en de aanpak bepaald. De eerste resultaten van onderzoek en analyse worden gepresenteerd en de eerste ontwerpcriteria die daaruit voortkomen worden in het programma van eisen opgenomen.

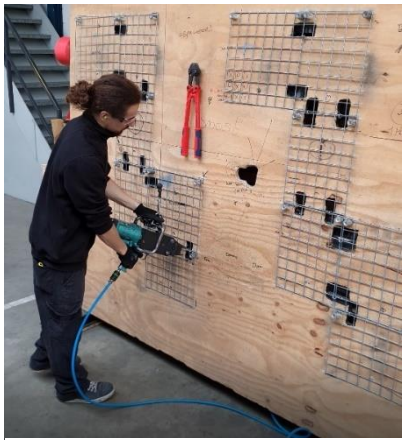
2.1. Functieanalyse

Om het proces en de bijbehorende functies die een robot of machine moet vervullen bij een automatisering in kaart te brengen is een functieboom opgesteld. Deze is in Figuur 15 weergegeven. De functieboom is op een globale schaal uitgewerkt om het proces in kaart te brengen. In de paragraaf Functieanalyse krammen schieten is de functieboom die ingaat op het krammen schieten uitgewerkt.



Figuur 15 Functieboom steenkorfproductie

De hoofdfunctie van het proces is het assembleren van steenkorven. Om deze functie uit te voeren moeten drie sub-functies worden vervuld. Allereerst het krammen schieten. De losse panelen moeten van pallets op een bord worden geplaatst en juist gepositioneerd zodat de krammen op de juiste plek kunnen worden geschoten. Verder moet het kramapparaat worden gepositioneerd en moeten krammen worden aangevoerd om de krammen in de steenkorf te kunnen schieten. In Figuur 16 is te zien hoe deze functies er in de praktijk uit zien.
De tweede sub-functie is het inpakken van de steenkorven. Hiervoor moet de steenkorf (aan elkaar geschoten panelen) van het bord worden afgehaald. Daarnaast moeten twee losse producten worden bijgevoegd, een zakje met losse krammen en een of meerdere spanners. Deze twee worden in de steenkorf geplaatst waarna de steenkorf wordt opgevouwen dit wordt inpakken genoemd. In Figuur 17 is het inpakken van een steenkorf te zien.
Tot slot het transportklaar maken van de steenkorf. Om deze functie te vervullen moet een handleiding worden geplaatst op de steenkorf. Vervolgens moeten er bandjes om de steenkorf worden geschoten die alles bij elkaar houden en strak inbinden. Een sticker wordt over de handleiding/bandjes geplaatst (deze dient als een soort waarborg). Tot slot moet het product op een pallet worden geplaatst. Het transportklare product is in Figuur 18 en Figuur 19 te zien.



Figuur 16 Krammen schieten

Figuur 17 Steenkorf inpakken

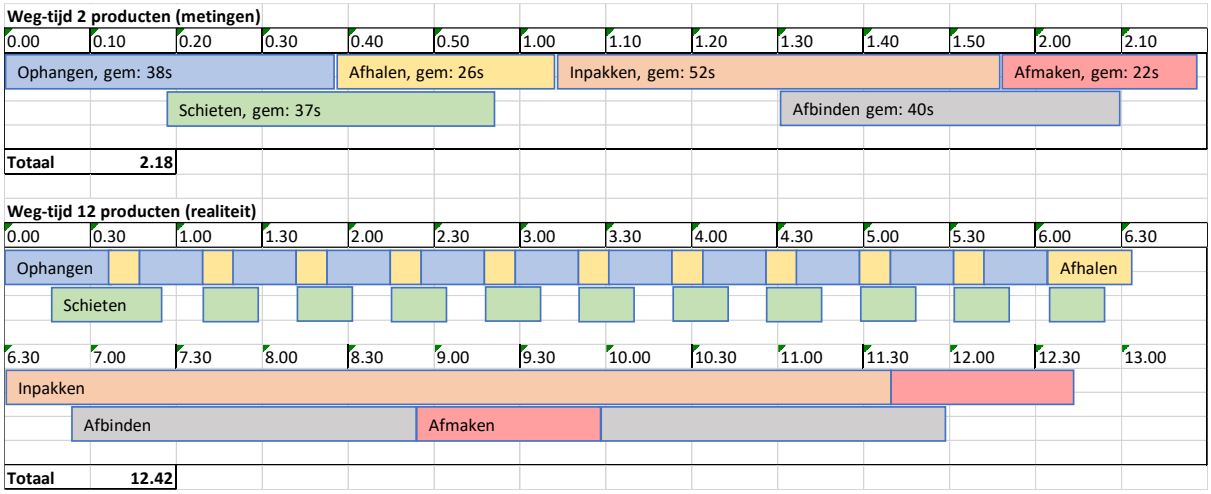
Figuur 18 Transportklaar product

Figuur 19 Steenkorf op pallet

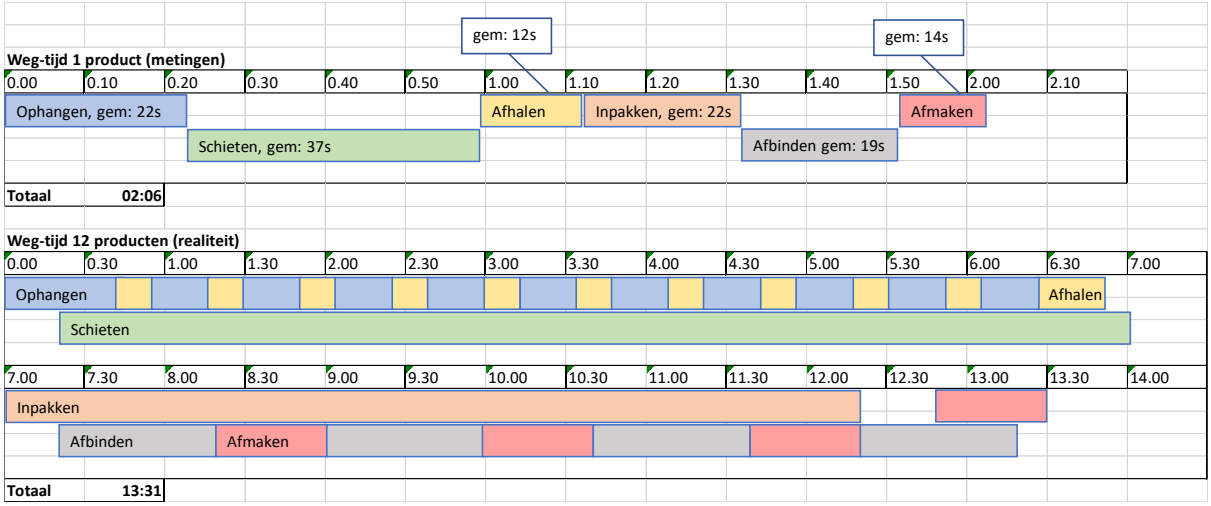
2.2. Huidige PdL productieproces

Het PdL-productieproces kan worden opgedeeld in grofweg zes fases. Het ophangen, schieten, afhalen, inpakken, afbinden en afmaken van de steenkorven. In Bijlage IV, Procesanalyse, is de volledige analyse van het productieproces terug te vinden. Aan de hand van de analyse en opgenomen tijden zijn weg-tijd diagrammen opgesteld die het productieproces visueel maken. In Figuur 20, Figuur 21 en Figuur 26 zijn de diagrammen van de drie standaardmaten te zien. Voor elke maat is in de bovenste helft een referentie diagram gemaakt van enkele producten en daaronder een diagram van een productiereeks van 12 producten omdat deze op die manier in de praktijk worden gemaakt.

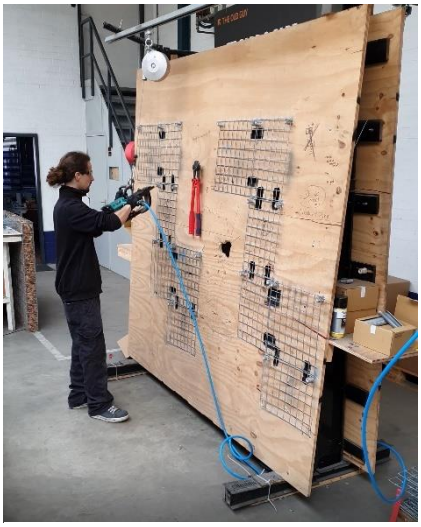
Het weg-tijd diagram van de 400 en de 800mm korven (Figuur 20 en Figuur 21) lijken erg veel op elkaar omdat ze per twee worden opgehangen zoals is te zien in Figuur 22, de 400 en in Figuur 23, de 800mm. In de weg-tijd diagrammen is te zien dat het ophangen, schieten en afhalen steeds parallel gebeurt met twee man. Na het schieten van 12 producten worden deze ingepakt, afgebonden en afgemaakt.



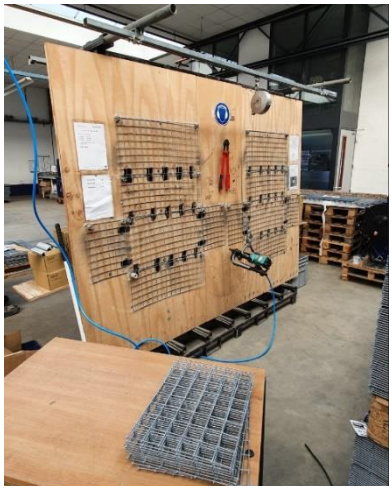
Figuur 20 Weg-tijd diagram 400



Figuur 21 Weg-tijd diagram 800



Figuur 22 400 opgehangen

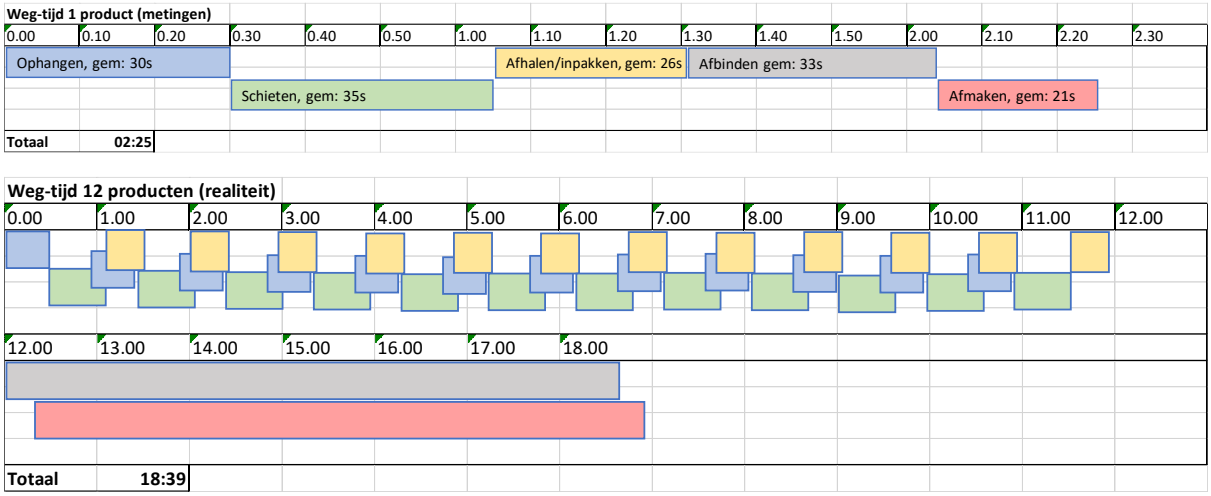


Figuur 23 800 opgehangen

Bij de 1200 loopt het iets anders. Dit komt omdat deze te groot is om twee naast elkaar op te kunnen hangen op het bord zoals is te zien in Figuur 24. Daarom kan het parallel ophangen, schieten en afhalen niet op dezelfde manier gebeuren als bij de 400 en 800. Zoals in het weg-tijd diagram van de 1200 is te zien (Figuur 26) wordt dit opgelost door het ophangen te laten overlappen met het schieten en het afhalen. Dit is mogelijk omdat het product groot is. Als de een rechts schiet kan de ander links vast nieuwe panelen onder het product ophangen. Dit is in Figuur 25 te zien. Ook het inpakken wordt hierbij gecombineerd omdat een persoon moet wachten op de man die aan het schieten is. Bij de 1200 worden, net als bij de 400 en 800, 12 producten geschoten en worden deze vervolgens afgebonden en afgemaakt.

Figuur 24 1200 opgehangen

Figuur 25 1200 parallel ophangen en schieten



Figuur 26 Weg-tijd diagram 1200

2.2.1. Opvallende punten en conclusie

Tijdens het analyseren van het hele proces (Bijlage IV, Procesanalyse) zijn een aantal opvallende zaken naar voren gekomen. Zo zijn er al meteen een aantal kleine puntjes die de productiesnelheid wat kunnen verbeteren.

Na de analyse lijkt het schieten van de krammen een veel belovende stap om te automatiseren. Deze stap neemt veel tijd en mankracht in beslag in vergelijking met de andere stappen. Een voordeel is dat bij een automatisering van deze stap geen grote afstanden moet worden afgelegd zoals bijvoorbeeld bij het afhalen en plaatsen op de rollerbaan. Het schieten speelt zich enkel binnen de afmetingen waarbinnen de krammen moeten worden geplaats af. Een groot voordeel van een automatisering hier is dat de fouten waardoor veel tijd verloren gaat kunnen worden voorkomen. Daarnaast kan een machine of robot altijd sneller en preciezer bewegen dan een mens met een relatief zwaar apparaat waardoor de kwaliteit direct toeneemt.

Om op dit moment al wat eerste snelle optimalisaties toe te voegen zijn er een aantal adviezen:

- Het pedaal van de tunnelmachine vastzetten. Dit kan eenvoudig, snel en goedkoop worden gedaan door deze via een plankje aan de pallets ernaast te bevestiggen.
- Zorgen dat de pallets met de panelen op een prettige werkafstand worden geplaats. Door lijnen op de vloer aan te brengen kan worden gewaarborgd dat de pallets altijd op de juiste plek worden geplaatst.
- Een houder aanschaffen en monteren om de stickerdoos in op te hangen. Zo weet iedereen altijd waar de doos is en kunnen stickers snel en eenvoudig worden gepakt.

2.3. Onderzoeksplan & onderzoeksvragen

Om de hoofdvraag te beantwoorden en te ontwerpen moeten eerst een heel aantal deelvragen worden onderzocht en beantwoord. In deze paragraaf worden de deelvragen die zijn ontstaan tijdens de verkenning van het probleem gepresenteerd. De hoofdvraag luidt:

Hoe ziet een technologische oplossing eruit die het capaciteitsprobleem van de handmatige productie van de PdL-steenkorven oplost en de kostprijs van het product reduceert?

Na de procesanalyse en in overleg met de opdrachtgever is besloten de oplossing te zoeken in het automatiseren van het schieten van de krammen met een robot ofwel een machine.

De te beantwoorden onderzoeksvragen om tot de oplossing te komen zijn opgenomen in Tabel 5.

In het verloop van de tijd zullen meer vragen naar boven komen die beantwoord dienen te worden. Deze zullen aan de lijst worden toegevoegd.

Tabel 5 Onderzoeksvragen en aanpak

Nr.	Onderzoeksvraag	Oorsprong/reden	Field/desk research	Aanpak	Mogelijke bronnen/plaats van onderzoek
1	Hoe ziet het huidige productieproces eruit?	Tijdens de verkenning is duidelijk geworden dat het PdL-productieproces geoptimaliseerd/geautomatiseerd dient te worden. Hoe het proces er precies uit ziet en waar mogelijkheden liggen moet worden onderzocht.	Field/desk	Deze vraag zal worden beantwoord door een uitgebreide analyse van het productieproces. Een aantal dagen wordt er meegedraaid met de productie om achter alle ins en outs te komen, om beeldmateriaal op te nemen en om productietijden bij te houden. Aan de hand van die gegevens wordt een analyse gemaakt en een weg-tijd diagram opgesteld.	Productiehal Gard & Care, productiepersoneel Gard & Care. fons-vernooij. (sd). *standaardkostprijs*. Opgehaald van www.fons-vernooij.nl: https://www.fons-vernooij.nl/bm-site/IM_standaardkostprijs.html C.L.Bovée, & J.V.Thill. (2010). *Business, een inleiding in technische bedrijfskunde.* Pearson Benelux B.V. *management van bedrijfsprocessen een helicopterview*. (sd). Opgehaald van zbc.nu: https://zbc.nu/management/business-process-management-management/management-van-bedrijfsprocessen-een-helicopterview/
1a	Welke stappen doorloopt het proces in welke tijd? (Weg-tijd diagram)		Field	Tijdens het meedraaien/meekijken met de productie zullen tijdmetingen worden gedaan van de verschillende processtappen, gemiddeldes worden in kaart gebracht per proces stap en een weg-tijd diagram opgedeeld in de processtappen wordt opgesteld.	
1b	Wat is de output/manuur van het huidige proces?		Desk	Tijden voor het maken van een pallet wordt bijgehouden door productiepersoneel, output wordt afgezet tegen de	

				gemiddelde tijd x aantal personen	
1c	Wat zijn de productiekosten van een product in het huidige proces?		Desk	Productiekosten worden berekend aan de hand van en kostprijsberekening	
1d	Wat zijn de afmetingen van de productielocatie		Field	Afmetingen zullen worden opgemeten in de productiehal	
1e	Waar liggen de knelpunten/ waar in het proces is het meest te halen met een automatiseren?		Field/desk	Knelpunten en mogelijkheden zullen tijdens het meelopen en analyseren van het proces naar voren komen. Productiepersoneel wordt gevraagd om input op dit vlak.	
2	Hoe kan de oplossing de kwaliteit van het eindproduct beïnvloeden, waar liggen de aandachtspunten?	Een van de wensen van de opdrachtgever is dat het eindproduct, de steenkorven van dezelfde of betere kwaliteit moeten zijn dan de huidige producten. Wat dit concreet voor de producten inhoud moet worden onderzocht.	Field/desk	Deze vraag wordt beantwoord aan de hand van een analyse van het product. Hoe wordt het opgebouwd? Welke parameters bepalen de kwaliteit die de klant wil zien?	Opdrachtgever, Eindklant, Productiepersoneel
3	Aan welke normen/richtlijnen dient een machine of robot te voldoen	Een machine, ook voor eigen gebruik binnen een productiehal dient te voldoen aan Europese normen en richtlijnen. Welke normen en richtlijnen	Desk	Deze vraag wordt beantwoord door online naar alle relevante normen en richtlijnen te zoeken, deze door te spitten en de relevante stukken op een rij te zetten	EU. (2006). *Machinerichtlijn (MD) (2006/42/EG).* NEN. EU. (2011). *Robots en robotapparatuur (NEN-EN-ISO 10218).* NEN.

3a	Wat houden deze normen/richtlijnen in voor het ontwerpen?	allemaal van toepassing zijn en wat deze concreet voor een oplossing inhouden moet worden uitgezocht.	Desk	Aan de hand van de gevonden normen wordt een lijst gemaakt met relevante concrete eisen van toepassing op de oplosing.	
4	Hoe zien de andere productieprocessen binnen G&C eruit, waar ligt overlapping (globaal)	Een wens van de opdrachtgever luidt dat de oplossing naast PdL ook voor andere productiecellen in Gard & Care kan worden gebruikt of in ieder geval het principe ervan toepasbaar is. Daarom moet worden achterhaald waar de processen overlappen of veel op elkaar lijken en hoe de processen eruitzien om dit mee te nemen in het ontwerp.	Field	Deze vraag wordt aan de hand van een soort gelijke maar meer beperkte analyse uitgevoerd als de huidige productieproces vraagstelling. Vooral de overlappende elementen worden in kaart gebracht.	Productiehal Gard & Care, opdrachtgever, productiepersoneel Gard & Care.
5	Wat voor automatiseringsoplossingen zijn er zoal?	Om ideeën op te doen en mogelijkheden in kaart te brengen is het handig om verkennend onderzoek te doen naar automatiseringsoplossingen in de industrie.	Desk	Door op internet te zoeken, websites en video's van automatiseringsbedrijven te bekijken en door boeken over industriële automatisering na te slaan moeten voldoende ideeën naar boven komen waar wellicht oplossingen of oplossingsrichtingen uit voort komen.	Kals, H., Buiting-Csikós, C., Lutterveld, C., Moulijn, K., Ponsen, J., & Streppel, A. (2012). *Industriële productie.* Amsterdam: Boom. Kremer. (sd). *industriele-automatisering*. Opgehaald van www.kremer.nl: https://www.kremer.nl/industriele-automatisering/ uticon. (sd). *industriele-automatisering*. Opgehaald van uticon.nl:

					https://www.uticon.nl/industriele-automatisering
6	Hoe werken de krammers die in het huidige proces gebruikt worden? Is deze techniek toepasbaar?	In de verkenning en analysefase is naar voren gekomen dat een automatisering in het schieten van de krammen de meeste potentie heeft. Het schieten van de krammen gebeurt in het huidige proces door middel van kramapparaten. De vraag of de techniek van deze apparaten toepasbaar is in een automatische machine of robot komt naar boven.	Field/desk	Door met de krammers te werken tijdens het produceren maar ook door een krammer uit elkaar te halen en technische documentatie te bestuderen wordt de werking van de krammer geanalyseerd en in kaart gebracht. Met het productiepersoneel als bron wordt ook de storingsgraad en faalwijze in kaart gebracht.	M500 kramapparaat, werkplaats G&C Meihotech inc. . (sd). *Meihotech C-ringer M500 instruction manual* . Tokyo.
7	Wat voor een robots zijn er zoal op de markt?	Om de oplossingsrichting van een robot te onderzoeken moet bekend zijn wat voor een soorten robots op de markt zijn. Wat zijn voordelen en nadelen, hoe werken ze, hoe worden ze aangestuurd? Dit zijn vragen die beantwoord moeten worden.	Field/desk	Door op websites te bezoeken van verschillende soorten en fabrikanten kan al veel informatie worden vergaard. Enkele fabrikanten van veelbelovende robots worden opgebeld voor advies en verdere informatie.	kawasakirobotics. (sd). *home*. Opgehaald van kawasakirobotics: http://kawasakirobotics.nl/index.php Fanuc. (sd). *home*. Opgehaald van fanuc.eu: https://www.fanuc.eu/ robotgantry. (sd). *home*. Opgehaald van robotgantry.com: https://robotgantry.com/

8	Is het mogelijk om de 400 in dezelfde lay-out op te hangen en te schieten als de 800 en 1200	In de proces en kwaliteitsanalyse is vastgesteld dat de 400 op een andere manier wordt opgehangen en geschoten dan de 800 en 1200. Hierdoor overlappen de plaatsen die gekramd moeten worden minder dan wanneer deze in dezelfde lay-out zouden worden geproduceerd. De opdrachtgever heeft hier geen goede reden voor dus moet worden uitgezocht of een aanpassing in de lay-out van de 400 mogelijk is.	Field	Door een aantal 400-korven in een lay-out vergelijkbaar met de andere maten te schieten en verder alle productiestappen te doorlopen kan deze vraag worden beantwoord. Het eindproduct wordt vergeleken met het huidige en samen met de opdrachtgever wordt bepaald of de uitkomst slechter, beter of gelijk is en de lay-out dus kan worden aangepast of niet.	Productiehal Gard & Care, opdrachtgever

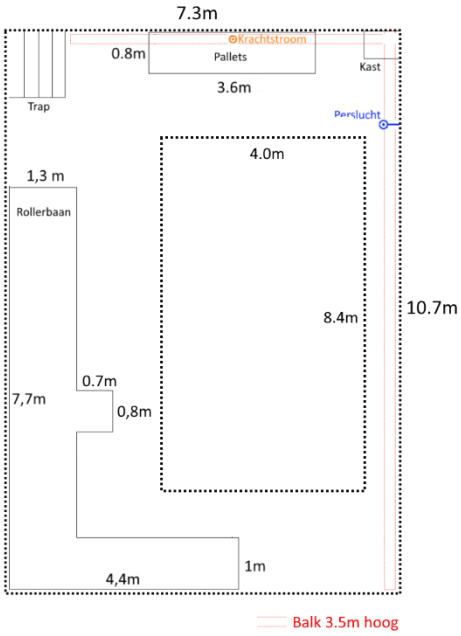
2.4. Onderzoeksresultaten

De eerste onderzoeksvragen zijn al in de analyse fase van het PID beantwoord. Door middel van een uitgebreide analyse van het huidige proces (2.2). De nog te beantwoorden vragen die uit de analyse zijn ontstaan worden in deze paragraaf beantwoord.

2.4.1. Afmetingen van de productielocatie

De afmetingen van de productielocatie PdL zijn ingemeten. In Figuur 27 is de lay-out inclusief maten weergegeven. Aangezien de opdrachtgever de huidige lay-out zoveel mogelijk wil behouden is deze inclusief pallets en rollerbaan op de huidige positie ingemeten. De ruimte om een oplossing neer te zetten bedraagt 5,3 bij 9,7 meter. Aangezien er altijd ruimte nodig is om overal omheen te bewegen (1.3 meter) is de effectieve ruimte maximaal 4.0 bij 8.4 meter. De hoogte van de productiehal is naar schatting 4,5 meter. Om er zeker van te zijn dat de hoogte geen problemen op levert wordt de maximale hoogte van de oplossing op 4.0 meter gesteld.

Verder van belang is de persluchtaansluiting van +/- 7 bar. Deze komt vanaf de balk op 3.5m hoogte (rechts in de tekening). Ook kan een krachtstroomaansluiting worden gerealiseerd die ook vanaf de balk komt (boven in de tekening).



Figuur 27 Afmetingen productielocatie PdL

2.4.2. De huidige productiekosten

De huidige productiekosten zijn eerder door de opdrachtgever volledig berekend. In Bijlage VIII, Kostendatasheet huidige productie is de datasheet te zien van de kostenberekening. De productiekosten voor de 400, 800 en 1200mm korven staan weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Huidige productiekosten

Product	**Kosten (per stuk)**
400m	€7,77
800mm	€12,09
1200mm	€15,19

2.4.3. Normen en richtlijnen robotisering

Voor het bouwen en in gebruik nemen van machines (met of zonder robots) binnen de eigen productie moeten deze machines voldoen aan de algemene machinerichtlijn (2006/42/EG) (EU, 2006). Voor robots geldt de aanvullende richtlijn NEN-EN-ISO 10218 (EU, 2011). De 10218 richtlijn is bedoeld voor fabrikanten van de robots. Voor de machinebouwer/ integrator van de robot is de 10218-2 van toepassing. De meest relevante zaken waarmee rekening moet worden gehouden tijdens dit project worden hieronder uitgezet:

Machinerichtlijn (2006/42/EG)

In principe komt de richtlijn erop uit dat de machine zo veilig mogelijk moet zijn in alle aspecten. Dit wil zeggen dat de risico's op schade en/of letsel zo klein mogelijk moeten zijn gemaakt. Uiteindelijk moeten de risico's van de machine/robot beoordeeld worden aan de hand van EN-ISO 14121-1. Dit zal in een later stadium wanneer een vastgesteld ontwerp is uitgedetailleerd moeten worden gedaan. Waar in dit stadium van het project concreet rekening mee kan worden gehouden:

- Het zoveel mogelijk afschermen van bewegende delen
- Geluidshinder zoveel mogelijk voorkomen
- Kans op beknellen zoveel mogelijk wegnemen
- Afschermen van onderdelen onder laag/hoog spanning.

NEN-EN-ISO 10218-2

Deze richtlijn is een aanvulling op de machinerichtlijn en is net als de machinerichtlijn erop gesteld de robot zo veilig mogelijk te maken. Waar in dit stadium van het project concreet rekening mee kan worden gehouden:

- Zorg ervoor dat het bereik van de robot is gelimiteerd zodat deze niet buiten zijn werkveld kan treden. In de norm worden daarvoor de volgende vijf mogelijkheden aangedragen: (ARBO, n.d.)
    - *"Bij voldoende beschikbare ruimte de afscherming (hekwerk) buiten het theoretische bereik te plaatsen (rekening houdend met gereedschap(pen) en product, zodat deze de afscherming niet raken).*

    - *Plaats een fysieke afscherming die de impact van de robot kan weerstaan binnen het theoretische bereik. Dergelijke afschermingen zijn niet standaard verkrijgbaar en moeten dus speciaal worden berekend, vervaardigd en geïnstalleerd (kostbaar).*

    - *Beperk het theoretische robotbereik door mechanische aanslagen op de robot zelf.*
      Dit is veelal slechts mogelijk op de eerste as, of op de eerste en tweede.

    - *Beperk het theoretische robotbereik door de positie van de assen te controleren met mechanische eindschakelaars die na activering de robot uitschakelen.*

    - *Installeer veiligheidssoftware die op basis van coördinaten een toegestaan bereik afkadert. Komt de robot buiten dit bereik, dan volgt een noodstop (waarbij de robot overigens wel buiten dit bereik kan komen door de vereiste remweg)."*

2.4.4. Automatisering oplossingen

In Bijlage IX, Onderzoek Industriële automatisering zijn voorbeelden van automatiseringen te zien. De voorbeelden zijn maar een kleine greep uit alle voorbeelden die op internet te vinden zijn. De automatiseringsindustrie is enorm en de toepassingen zijn ontelbaar. Elke toepassing heeft een automatisering op maat. Opvallend is dat vaak robots en machines samen worden ingezet in een automatisering. Ook wordt veel gebruik gemaakt van geleidingen en pneumatiek voor simpelere bewegingen waar geen robot voor nodig is. Dit zou ook iets kunnen zijn om toe te passen binnen Gard & Care.

2.4.5. Robotisering oplossingen

In Bijlage V, Onderzoek robotica oplossingen is het onderzoek naar robotisering oplossingen te vinden. Een heel scala aan diverse robots is beschikbaar van simpele SCARA-robots tot enorme gecompliceerde robotarmen met hoge pay-load en nauwkeurigheid. De prijzen variëren ook enorm en zijn afhankelijk van de specificaties van de robots. Voor een toepassing in de automatisering van het schieten van de krammen lijkt een robotarm voor de hand te liggen. De deltarobot is door de lage pay-load en horizontaal werkveld waarschijnlijk ongeschikt. Ook de SCARA-robot is minder geschikt door dezelfde gebreken. Een refurbished robotarm kan een oplossing zijn om niet over het budget heen te gaan.

2.4.6. Mogelijkheden tot overlap binnen andere productieprocessen

In hoofdstuk 1 is beschreven dat naast de PdL productie binnen Gard & Care nog een aantal andere productielocaties en processen plaatsvinden. Binnen deze processen is er wat overlap waardoor het inzetten van een automatisering voor het zetten van krammen ook kan worden toegepast op de andere processen.

Figuur 28 Steenkorf op maat

Bij het produceren van de steenkorven op maat (Figuur 28) wordt net als bij de productie van PdL een kramapparaat met CL-50 krammen gebruikt. Het verschil hier is dat de gaaspanelen niet enkel in een vlak moeten worden gekramd maar in meerdere vlakken. Dit betekent dat een automatisering ofwel op meerdere vlakken zou moeten kunnen werken of de steenkorf zelf gedraaid zou moeten worden in en soort mal. Als een product uit ronde vormen bestaat zal dit lastiger worden en ontkom je bijna niet aan een flexibele oplossing die om het product heen zou kunnen bewegen.

Ook bij de grindschuttingen zit een soort vergelijkbare overlap. Het verschil hiermee is dat de krammen die worden geschoten kleiner zijn en met een ander apparaat worden geschoten. Daarnaast wordt bij de grindschuttingen een fijner gaas aan de gaaspanelen vast geschoten. Aangezien dit wel altijd in een rechthoekige vorm gebeurt zal dit net als bij de steenkorven met een meer flexibele oplossing kunnen dan wel met een bepaalde mal die gedraaid kan worden.

2.4.7. Werking Meiho M-500 kramapparaat

De mechaniek van het M-500 apparaat is simpel en effectief. In Bijlage X, Werking Meiho kramapparaat, is de analyse terug te vinden. De M-500 is een pneumatisch aangedreven tang de door de intrekken van een zuigerstang de krammen dichtknijpt. Bij de uitgaande beweging van de zuigerstang wordt een nieuwe kram geladen in de bekken waardoor het proces zich kan herhalen. Het lijkt een uitstekend principe om toe te passen in een automatisering van het plaatsen van de krammen. Behuizing van de cilinder is overbodig zwaar uitgevoerd. Het ligt voor de hand om de mechaniek van het apparaat dan ook te voorzien van een andere cilinder met aansturing. Deze cilinder zal minimaal 1.4KN moeten kunnen leveren om de krammen met dezelfde kracht (160N) dicht te knijpen. Het mechanisme om de krammen te laden is ook eenvoudig en effectief. Het op spanning brengen van het magazijn met de bladveer is geen continu proces en zal voor een automatisering opgelost moeten worden.

2.4.8. Mogelijkheden manier van ophangen

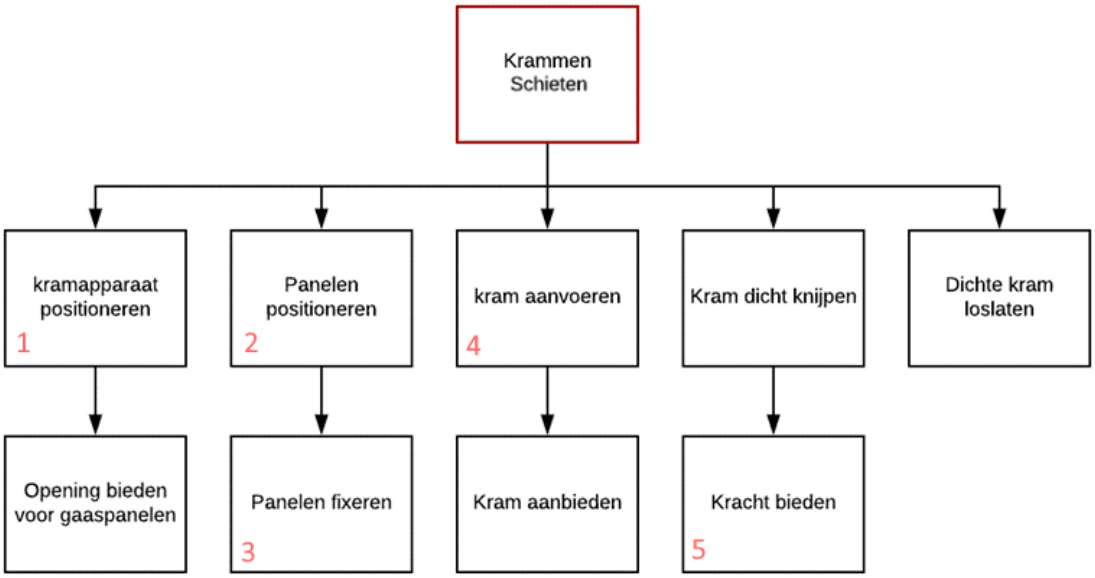
In de proces en kwaliteitsanalyse is vastgesteld dat de 400 op een andere manier wordt opgehangen en geschoten dan de 800 en 1200. Hierdoor overlappen de plaatsen die gekramd moeten worden minder dan wanneer deze in dezelfde lay-out zouden worden geproduceerd. Een test is uitgevoerd om te testen of de 400 in dezelfde lay-out zou kunnen worden geproduceerd. In Bijlage VI, Onderzoeksrapport Nieuwe lay-out van de 400mm korf is het onderzoeksrapport terug te vinden waarin de test wordt beschreven.

De nieuwe lay-out is wat de opdrachtgever betreft een succes. Enkel de eindklant (PdL) moet nog akkoord geven maar hier worden geen problemen mee verwacht. Daarom wordt uitgegaan van de productie in deze lay-out tijdens het automatiseren. Om de productiemedewerkers te laten wennen aan de nieuwe lay-out zal een trial worden ingepland (na officiële goedkeuring van PdL) om de nieuwe lay-out in de huidige handmatige productie alvast te integreren.

Naast de 400 is ook een kleine aanpassing aan de 800 getest. In de analyse bleek dat wanneer de lay-out van krammen net iets veranderd zou worden zodat deze meer op de 1200 zou lijken hier ook meer overlap zou ontstaan. De conclusie van deze test was eveneens positief de voorgestelde aanpassing in de lay-out zorgde voor voldoende stevigheid in het geheel en zal worden toegepast in het vervolg van de productie. In Bijlage VII, Onderzoeksrapport nieuwe krammen lay-out 800mm korf is deze test beschreven.

2.5. Functieanalyse krammen schieten

Na de algemene functieanalyse (paragraaf 2.1, Figuur 15) is een functieanalyse gemaakt die meer toegespitst is op het schieten van de krammen (Figuur 29). De nummers die in enkele van de functies staan aangegeven refereren later in het document naar de morfologische matrix. De hoofdfunctie in deze functieboom is krammen schieten, de te vervullen taak van de oplossing. Hiervoor moeten vijf sub-functies worden vervuld: Het kramapparaat positioneren, de panelen positioneren, krammen aanvoeren, kram dicht knijpen en de dichte kram loslaten. Om het kramapparaat goed te positioneren moet deze een opening bieden voor de gaaspanelen waar de kram omheen moet worden geplaatst. Om de gaaspanelen juist te positioneren zodat de kram kan worden geplaatst moeten deze gefixeerd worden. Om een kram aan te voeren moet een kram worden aangeboden. Om een kram dicht te knijpen moet kracht worden geboden. Zo ontstaat de functieboom aangegeven in Figuur 29.



Figuur 29 Functieboom krammen schieten

2.6. Programma van eisen en randvoorwaarden

Het programma van eisen is de rode draad van het ontwerpproces. Dit PvE is uit het voorlopig PvE (terug te vinden in het PID) voortgekomen en aangevuld/aangescherpt aan de hand van onderzoeksresultaten en bevindingen. In Tabel 7 is het PvE inclusief de randvoorwaarden te zien.

Tabel 7 Programma van eisen

Nr.	Omschrijving	Eis	Succescriteria	Prioriteit	Verificatie	Moment van verificatie	Bron
1	De kwaliteit van het eindproduct (steenkorven) is beter dan die van het huidige eindproduct volgens de parameters zoals gesteld in Bijlage III, De kwaliteit van het eindproduct	x		1	Door het ontwerp te analyseren kan een inschatting worden gemaakt of en in hoeverre de kwaliteitsparameters zullen veranderen. Tijdens het testen met een prototype kan daadwerkelijk worden vastgesteld wat de kwaliteit van het eindproduct zal worden.	Ontwerpfase, realisatiefase (buiten dit project)	1.6 Bijlage III, De kwaliteit van het eindproduct
1a	De kwaliteit van het eindproduct is zo hoog mogelijk.		x	1			
2	De output/manuur van de oplossing is minimaal 28 stuks per uur voor de 1200 en 800mm en 56 stuks per uur voor de 400mm	x		1	De output/manuur zal in de praktijk moeten worden getest in het prototype. Op basis van het ontwerp kan een inschatting worden gemaakt.	Ontwerpfase, realisatiefase (buiten dit project)	1.6 2.2
2a	De oplossing zorgt voor een zo hoog mogelijke output/manuur van de productiecel.		x	1			
3	De mean time between failure (MTBF) moet minimaal 16 uur zijn.	x		2	Aan de hand van analyses kan een inschatting van de MTBF en de MTTR worden gemaakt. Definitieve getallen moeten tijdens een testfase naar voren komen.	Ontwerpfase, realisatiefase (buiten dit project)	1.6
3a	De oplossing moet een zo hoog mogelijke MTBF hebben.		x	2			
4	De mean time to repair (MTTR) mag maximaal 5 minuten zijn.	x		2			
4a	De mean time to repair (MTTR) moet zo laag mogelijk zijn.		x	2			

5	De productiekosten per eindproduct zijn lager dan €7,77/12,09/15,17 voor respectievelijk de 400,800 en 1200mm korven	x		2	De kostprijs kan worden bepaald aan de hand van bekende vasten kosten en de nieuwe assemblagekosten. Deze zal definitief worden bevestigd na de test van een prototype. Aan de hand van het ontwerp kan een schatting worden gemaakt.	Ontwerpfase, realisatiefase (buiten dit project)	1.6 2.4.2
5a	De productiekosten van het eindproduct zijn zo laag mogelijk.		x	2			
6	De oplossing mag maximaal €50.000,- kosten	x		2	Een kosten inschatting kan op het ontwerp worden gemaakt. Een definitief kostenplaatje zal pas op het moment van realisatie bekend worden.	Ontwerpfase, realisatiefase (buiten dit project)	1.6
6a	De oplossing is zo goedkoop mogelijk		x	2			
7	De maximale afmetingen van de oplossing bedragen 8.4 x 4.0 x 4.0 meter (LxBxH)	x		3	De afmetingen kunnen worden bepaald door het nameten in het CAD-ontwerp.	Ontwerpfase	1.6 2.4.1
8a	De oplossing is zo flexibel mogelijk inzetbaar binnen Gard & Care		x	3	Door te analyseren op welke manieren de oplossing verder ingezet kan worden binnen andere delen van de productie.	Ontwerpfase	1.6 2.4.6

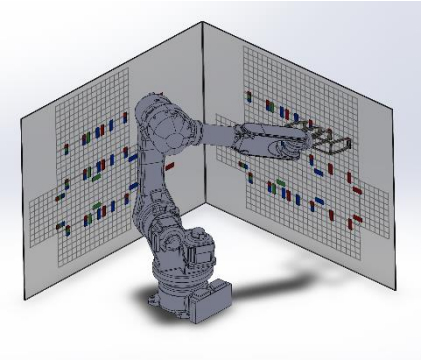
Randvoorwaarden		**Bron**
1	De oplossing kan geïmplementeerd worden in het bestaande productieproces	1.6
2	De oplossing moet voldoen aan alle relevante eisen uit geldende normen	1.6 2.4.3
3	De oplossing moet voldoende veiligheid bieden voor het personeel	1.6 2.4.3
4	De oplossing moet ergonomisch verantwoord door de gebruiker gebruikt kunnen worden.	1.6

3. Ontwerpen

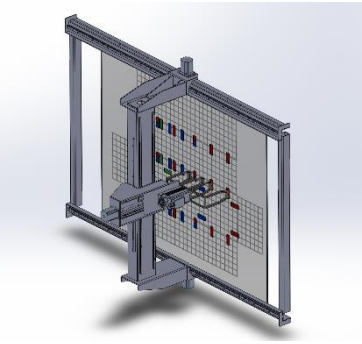
In dit hoofdstuk wordt een begin gemaakt met het ontwerpen van de oplossing. Vanuit oplossingsrichtingen, deeloplossingen en een morfologische matrix worden twee concepten gegenereerd. Middels een berekend en onderbouwd keuzediagram wordt het beste concept gekozen.

3.1. Oplossingsrichtingen

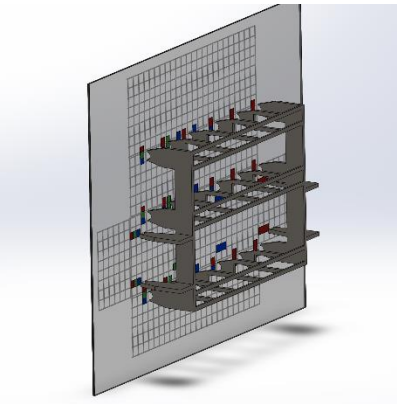
Tijdens de analyse, onderzoeken en brainstormsessies zijn een aantal ideeën ontstaan en schematisch gemodelleerd in CAD om ze visueel te maken en om ze gelijk wat dingen mee te testen en uitproberen. In Figuur 30 is een idee met een robotarm te zien. Deze is erg flexibel door de vele bewegingsvrijheden en kan daardoor in meerdere vlakken achter elkaar werken. In Figuur 31 is een idee te zien met een soort CNC-router deze oplossing is waarschijnlijk wat goedkoper maar ook wat minder flexibel. In Figuur 32 is een idee te zien waarbij alle krammen in een keer geschoten zouden kunnen worden. Dit is ook een wat goedkopere oplossing die vooral heel snel zal zijn maar wel veel gevoeliger voor falen en vraagt veel onderhoud en ombouwtijd. De keus is gemaakt om het mechanisme van de Meiho M-500 krammers te gebruiken in de automatisering. Het mechanisme bleek na analyse geschikt te zijn voor toepassing. Voordelen hiervan zijn dat het huidige personeel weet hoe het werkt en daardoor eenvoudig reparaties en onderhoud aan het mechanisme kan plegen. Dit is op alle drie de oplossingsrichtingen toepasbaar. Een aantal van de te vervullen functies uit de functieboom in paragraaf 2.5 worden hierdoor vervuld. De overige zijn aangegeven met nummers en worden verder behandeld in de komende paragrafen.



Figuur 30 oplossingsrichting robotarm



Figuur 31 Oplossingsrichting CNC-router



Figuur 32 Oplossingsrichting alle krammen in een keer

3.2. Deeloplossingen

Voor de functies Kramapparaat positioneren, panelen positioneren, panelen fixeren, kram aanvoeren en kracht bieden worden in deze paragraaf deeloplossingen gepresenteerd. De mogelijke oplossingen zijn voortgekomen uit eerdere onderzoeken, brainstormsessies, analyses en huidige situaties. De oplossingen worden visueel samengevat in de morfologische matrix in Tabel 8 van de volgende paragraaf.

Kramapparaat positioneren (1)

De functie kramapparaat positioneren is een van de belangrijkste overgebleven functies. Uit het onderzoek naar robotica zijn twee mogelijkheden gekomen. Een robotarm, deze ligt vrij voor de hand, en de deltarobot. Hoewel bestaande deltarobots niet voldoen zou deze techniek wel gebruikt

kunnen worden. Een systeem met geleidingen zoals een soort CNC-router zou ook een optie kunnen zijn. Dit is in zekere zin een wat eenvoudigere robot en lijkt qua beweging wat op de deltarobot. Naast de robots is ook een dedicated machine een optie. Deze zou met een enkele beweging in een keer alle krammen kunnen zetten. Deze zou dan ook uitgerust zijn met 22 kramapparaten. De overige oplossingen zouden met een of meerdere krammers uitgerust kunnen worden.

Panelen positioneren (2)

Om de panelen te positioneren moeten deze worden opgehangen in een soort mal. Op dit moment wordt dit gedaan met rubberen knoppen. Andere mogelijke manieren om de panelen op te hangen zijn aan haken die in de gaaspanelen haken, inklemmen in klemmetjes waar de panelen ingedrukt kunnen worden en op mageneten.

Panelen fixeren (3)

Naast het positioneren van de panelen moeten deze ook gefixeerd worden zodat de krammen kunnen worden geplaatst. Een aantal oplossingen om de panelen te positioneren fixeren de panelen ook meteen en daarom is er wat overlap tussen deze oplossingen. Zo kunnen de magneten de gaaspanelen ook meteen fixeren. Daarnaast kunnen ook elektromagneten worden gebruikt die kunnen worden geactiveerd op het moment dat de panelen goed hangen en zo de panelen fixeren. Daarnaast zorgen de eerdergenoemde klemmen voor het fixeren van de panelen naast het positioneren.

Kram aanvoeren (4)

Het aanvoeren van de krammen wordt in de huidige oplossing door een bladveer gedaan. Deze zal na het bijvullen van de krammen opnieuw moeten worden gespannen. Een continu aangedreven wrijvingswiel kan continu krammen aanvoeren zonder opnieuw gespannen te worden. Ook een systeem op zwaartekracht kan dit doen.

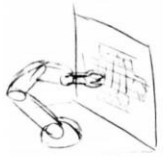
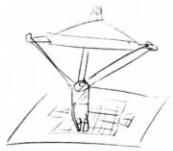
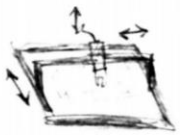
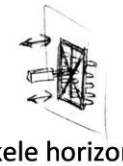
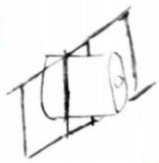
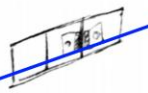
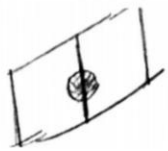
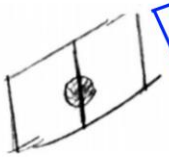
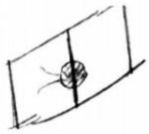
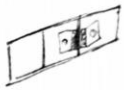
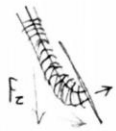
Kracht bieden (5)

Om het mechanisme aan te drijven moet kracht worden geboden. Dit gebeurt nu met een pneumatische cilinder. Naast een pneumatische cilinder kan ook een hydraulische cilinder of een elektrische actuator gebruikt worden om de mechaniek in werking te zetten.

3.2.1. Morfologische matrix

Omdat al een keus is gemaakt om het huidige mechanisme van de Meihokrammer toe te passen in de oplossing zijn een aantal functies voor het schieten van de krammen al vervuld. De functies waarvoor een oplossing dient te worden gevonden zijn in een morfologische matrix opgenomen samen met mogelijke oplossingen die zijn ontstaan uit brainstormsessies en onderzoek. In Tabel 8 is de matrix opgenomen. De rode cijfers van de functies corresponderen met de functieboom voor het krammen plaatsen in paragraaf Functieanalyse krammen schieten. Met een blauwe en rode lijn zijn combinaties van oplossingen aangeven die de twee concepten vormen. In paragraaf 3.3 wordt dit verder toegelicht.

Tabel 8 Morfologische matrix

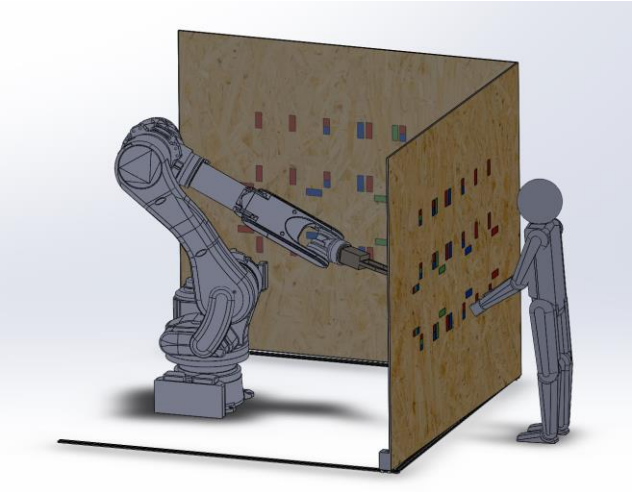
Functie	**Oplossingen**			
Kramapparaat positioneren 1	 Robotarm	 Deltarobot	 CNC-router	 Enkele horizontale beweging
Panelen positioneren 2	 Ophangen aan haken	 Ophangen over knoppen	 Inklemmen	 Magneten
Panelen fixeren 3	 Magneten	 Elektromagneten	 Klemmen	
Kram aanvoeren 4	 Bladveer	 Continue aangedreven wiel	 Zwaartekracht	
Kracht bieden 5	 Pneumatische cilinder	 Hydraulische cilinder	 Elektrische actuator	

3.3. Concepten

Vanuit de deeloplossingen en de morfologische matrix is in combinatie met input van de opdrachtgever een tweetal concepten ontstaan. De twee concepten zijn door middel van twee gekleurde lijnen, een onderbroken rode lijn voor het concept genaamd Robotarm en een blauwe voor het concept genaamd CNC-router. De filosofie die is gebruikt voor het selecteren van de samenstellingen is een meer flexibele oplossing die wat hoger is in aanschafkosten versus een meer dedicated systeem dat wat goedkoper zal zijn maar minder flexibel. Daarnaast is een groot gedeelte van vooral de manier van ophangen bij beide concepten gebaseerd op de huidige manier om de oplossingen snel en eenvoudig in het huidige proces op te nemen.

3.3.1. Concept robotarm (— —)

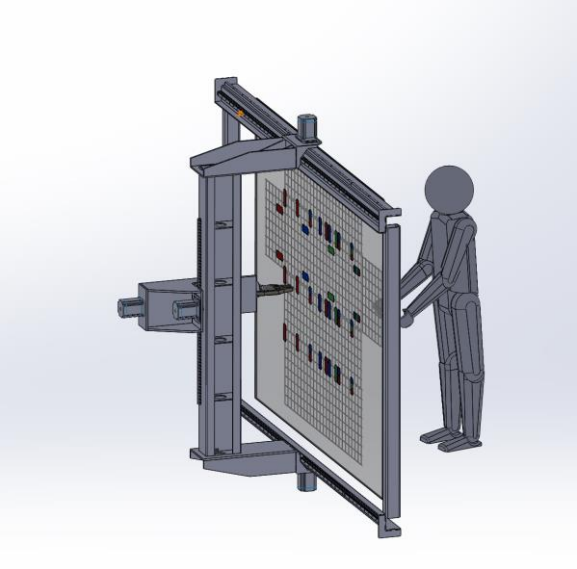
Dit concept is een combinatie van de oplossingen aangegeven met de rode onderbroken lijn, de robotarm, ophangen over knoppen, fixeren met magneten, continu aangedreven aanvoer van krammen en een pneumatische cilinder voor het krammechanisme. In Figuur 33 is een schematische weergave van het concept uitgewerkt in CAD. Het concept is gebaseerd op een grote flexibiliteit en snelheid door de keuze van de robotarm met wat hogere aanschafkosten. Zoals ook in het concept is te zien kan de robotarm in meerdere velden om zich heen werken. Het idee is dan ook om twee mallen te maken om parallel aan elkaar twee producten om en om te maken. De productiemedewerker hangt aan een kant van de mal de panelen op waarna de robot van binnenuit de krammen door gaten in de mal schiet. Zo blijven de robot en medewerken bij elkaar vandaan. De producten worden op de mal gehangen door middel van rubberen knoppen en gefixeerd met magneten. Dit lijkt erg op de huidige manier van ophangen en kan daarom snel worden geïntegreerd in het proces. Zoals eerder benoemd wordt op de robot een kop gemaakt die hetzelfde mechanisme heeft als de M-500 krammers. Dit mechanisme zal door een pneumatische cilinder worden aangedreven. Pneumatiek is gekozen door de snelheid in combinatie met de prijs. Hydraulische systemen zijn aanzienlijk langzamer en actuatoren zijn prijziger. Bovendien is een persluchtaansluiting aanwezig dus is er geen noodzaak om dit aan te leggen waardoor tegenwoordig vaak eerder de keus wordt gelegd op actuatoren. Om de krammen aan te voeren is een continu aangedreven wiel gekozen omdat deze niet opnieuw op spanning hoeft te worden gebracht zoals een veer wat het automatiseren van een bijvulsysteem makkelijker maakt. Door het vele draaien van de arm is een systeem op zwaartekracht niet effectief.



Figuur 33 Schematische weergave concept robotarm

3.3.2. Concept CNC-router (——)

Dit concept is een combinatie van de oplossingen aangegeven met de blauwe lijn, de CNC-router, ophangen en fixeren met magneten, continu aangedreven aanvoer van krammen en een pneumatische cilinder voor het krammechanisme. Dit concept is gebaseerd op een meer dedicated principe die wat goedkoper zal zijn in aanschaf. In Figuur 34 is een schematische weergaven van het concept in CAD uitgewerkt. De samenstelling van dit concept komt op sommige vlakken overeen met het robotarm concept. Zo zal de pneumatisch aangedreven kop met continu aangedreven aanvoer van krammen identiek zijn. Het grootste verschil is de positionering van de kop. Dit zal door middel van een CNC-router gebeuren. Het idee is eigenlijk om een soort CNC-freesbank idee te gebruiken en die uit te rusten met een kramapparaat op de kop. Deze machine zal snel en nauwkeurig zijn. Voor het ophangen is ervoor gekozen dit enkel met magneten te doen. Door op de mal aan te geven met bijvoorbeeld lijnen kan de werknemer zien waar de panelen ongeveer moeten komen waarna ze door magneten op hun plaats worden getrokken en gehouden. Net als bij het andere concept werkt de machine vanaf de andere kant dan de werknemer. Door gaten in de mal worden de krammen door het bord heen geschoten waardoor de werknemer niet bij de bewegende delen van de machine kan komen tijdens de werkzaamheden.



Figuur 34 Schematische weergave concept CNC

3.4. Concept keuze

Aan de hand van de succescriteria is een keuze gemaakt voor het beste concept. In Tabel 9 zijn de scores te zien. In Tabel 10 daaronder een herhaling van de criteria met de prioriteiten. De criterianummers corresponderen met de nummers uit het PvE (ook te zien in Tabel 10). Per succescriterium kan een score van 1, 2 of 3 worden gegeven waarbij 1 de minst positieve score is en 3 de meest positieve. Door de scores te vermenigvuldigen met de weegfactor, aangegeven tussen de haakjes, kan een totaalscore worden berekend. De weegfactoren zijn gebaseerd op de prioriteit scores. Deze zijn eerder (paragraaf 1.6) door de opdrachtgever aan de eisen gegeven. De eisen met prioriteit 1 krijgen weegfactor 3, de eisen met prioriteit 2 krijgen weegfactor 2 en de eisen met prioriteit 3 krijgen een weegfactor van 1. Het concept met de hoogste score is de beste oplossing.

1a

De kwaliteit zal bij de beide concepten hoger liggen dan bij de huidige productie omdat de menselijke fout van het krammen schieten volledig verdwijnt. Tussen de kwaliteit van beide concepten zal niet veel verschil zitten. Beide krijgen score 3.

2a

Beide concepten zullen zorgen voor een aanzienlijk hogere output/manuur. De robotarm heeft echter het voordeel sneller en makkelijker in meerdere velden te werken waardoor de verwachte output hoger zal liggen dan die van de CNC-router. Daarom krijgt de robotarm score 3 en de CNC-router score 2.

3a

Naar verwachting zal de MTBF van de twee concepten niet veel van elkaar schelen. Omdat in dit stadium het überhaupt lastig is om iets over de MTBF te zeggen krijgen ze beide een score 2.

4a

Over de MTTR kan wel wat worden gezegd. De kop met het mechanisme om de krammen te zetten heeft waarschijnlijk de grootste faalkans. Omdat deze kop op beide concepten zal worden gebruikt zit het verschil hem niet in de kop maar in de positionering van de kop (robotarm en CNC-router). Robotarmen zijn over het algemeen van hele hoge kwaliteit en zijn bovendien zo gebouwd dat ze erg snel kunnen worden gerepareerd of dat onderdelen eenvoudig snel te vervangen zijn. Bij de CNC-router ligt dit naar verwachting iets lastiger. De kwaliteit zal ook hoog zijn maar het repareren kan wat lastiger zijn omdat ze vaak minder modulair zijn opgebouwd als de robotarmen. Vandaar de score 3 voor de robotarm en score 2 voor de CNC-router.

5a

De productiekosten hangen vooral af van de productie output (meer output geeft een lagere stukprijs) en van de kosten voor de machine zelf. Beide concepten krijgen hier een score 2 omdat de robotarm naar verwachting hoger zal zijn in aanschaf maar een hogere productie draait en de CNC-router goedkoper in de aanschaf zal zijn maar ook een lagere productieoutput heeft.

6a

Zoals eerder benoemd zal de robotarm duurder zijn dan de CNC-router oplossing. Daarom krijgt de robotarm hier een score 2 en de CNC-router een score 3.

8a

De robotarm is met zijn zes assen erg flexibel en kan binnen meerdere productieprocessen binnen G&C worden ingezet. Vandaar dat deze een score van 3 krijgt. De CNC-router krijgt een score van 1 omdat deze veel minder flexibel is in te zetten. Deze kan immers maar in één vlak werken en geen driedimensionale taken uitvoeren zoals bij de steenkorven op maat en de grindschuttingen nodig zou zijn.

Tabel 9 Score succescriteria

Concept	**Score succescriteria (weegfactor)**							
Criteria	**1a**	**2a**	**3a**	**4a**	**5a**	**6a**	**8a**	**Totaalscore**
Robotarm	3(3)	3(3)	2(2)	3(2)	2(2)	2(2)	3(1)	39
CNC-router	3(3)	2(3)	2(2)	2(2)	2(2)	3(2)	1(1)	34

Tabel 10 Succescriteria met bijbehorende eisen en weegfactor

Nr.	Omschrijving	Prioriteit
1	De kwaliteit van het eindproduct (steenkorven) is beter dan die van het huidige eindproduct volgens de parameters zoals gesteld in Bijlage III, De kwaliteit van het eindproduct	1
1a	De kwaliteit van het eindproduct is zo hoog mogelijk.	1
2	De output/manuur van de oplossing is minimaal 28 stuks per uur voor de 1200 en 800mm en 56 stuks per uur voor de 400mm	1
2a	De oplossing zorgt voor een zo hoog mogelijke output/manuur van de productiecel.	1
3	De mean time between failure (MTBF) moet minimaal 16 uur zijn.	2
3a	De oplossing moet een zo hoog mogelijke MTBF hebben.	2
4	De mean time to repair (MTTR) mag maximaal 5 minuten zijn.	2
4a	De mean time to repair (MTTR) moet zo laag mogelijk zijn.	2
5	De productiekosten per eindproduct zijn lager dan €7,77/12,09/15,17 voor respectievelijk de 400,800 en 1200mm korven	2
5a	De productiekosten van het eindproduct zijn zo laag mogelijk.	2
6	De oplossing mag maximaal €50.000,- kosten	2
6a	De oplossing is zo goedkoop mogelijk	2
7	De maximale afmetingen van de oplossing bedragen 8.4 x 4.0 x 4.0 meter (LxBxH)	3
8a	De oplossing is zo flexibel mogelijk inzetbaar binnen Gard & Care	3

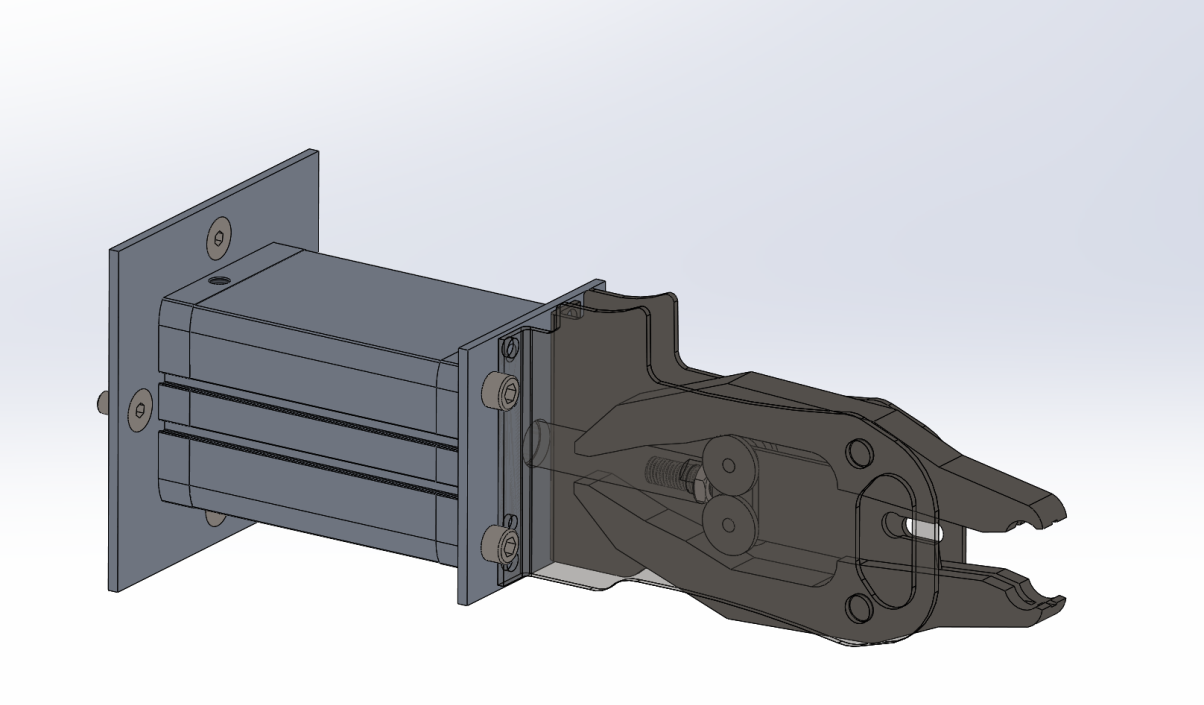
Na de scores te hebben opgeteld komt het concept van de robotarm uit de bus als het beste concept. In overeenstemming met de opdrachtgever is dit het ontwerp waar een proof of concept van zal worden gerealiseerd.

4. Proof of concept

Nu het beste concept is geselecteerd moet getest worden of dit concept ook daadwerkelijk werkt en de verwachten output haalt. Door een proof of concept te maken kan dit in de praktijk getest worden. In dit hoofdstuk wordt het concept ontwerp uitgewerkt tot een produceerbaar prototype. Aan de hand van het Programma van eisen kan gedeeltelijk voor en na het testen bepaald worden of het proof of concept een succes is.

4.1. Ontwerp proof of concept

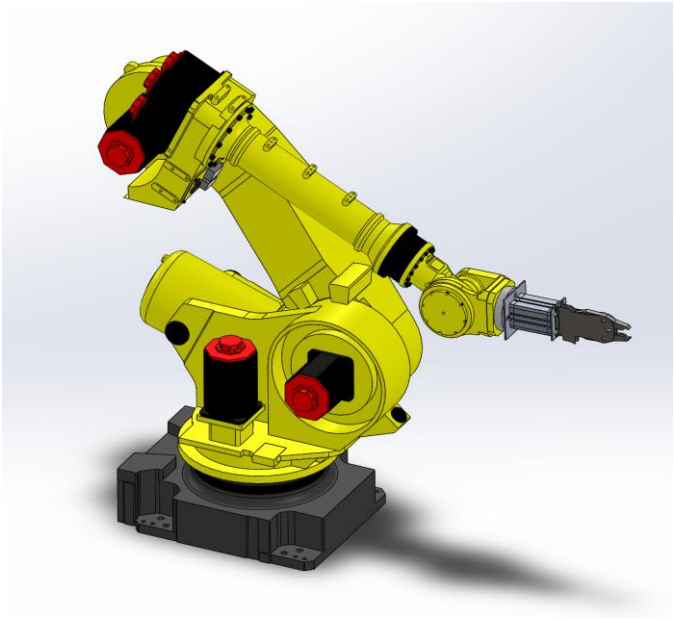
Bij het ontwerpen van het proof of concept is vooral rekening gehouden met de produceerbaarheid binnen G&C om een prototype snel neer te kunnen zetten. Het mechanisme van de kop (Figuur 35) bestaat met name uit onderdelen van een Meiho krammer (alle donkergekleurde onderdelen). Voor de pneumatische zuiger is een ADN-80-110-IPA cilinder van Festo gekozen. Deze is gekozen door de combinatie van de gewenste slaglengte en de kracht die deze cilinder kan leveren (ruim voldoende voor het systeem), in combinatie met zijn lichtgewicht uitvoering en compacte inbouwmaat. Dit is belangrijk omdat de kop meer kan gaan slingeren naarmate deze langer wordt en het zwaartepunt verder van de aansluiting op de robot komt te liggen. De zuigerstang van de Meiho krammer wordt zo gemodificeerd dat deze aan de zuigerstang van de Festo cilinder kan worden bevestigd. Door middel van twee aluminium platen en een set bouten worden de mechanische onderdelen en de cilinder aan elkaar bevestigd. Daarnaast wordt op dezelfde manier de kop op de robotarm bevestigd.



Figuur 35 Ontwerp krammer kop

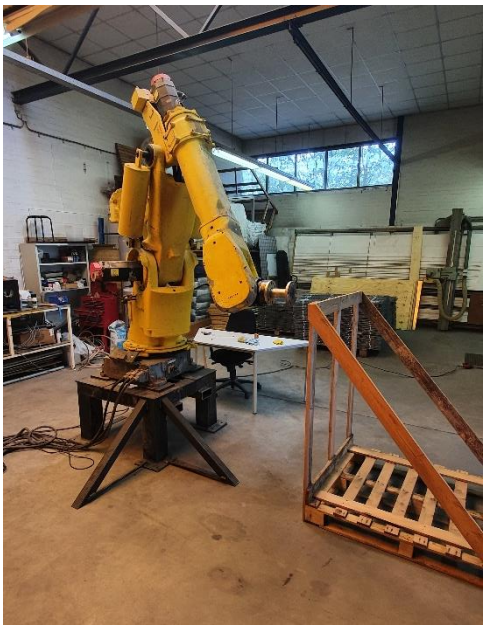
De gekozen robotarm is de R-2000iA/200F. Deze robot is in samenspraak met IRSRobotics gekozen. Het betreft een refurbished robotarm uit de automotive industrie. Deze robot is voor de toepassing overgedimentioneerd maar deze robot was prijstechnisch vele malen aantrekkelijker dan robotarmen die meer van toepassing zijn op de gewichten en reikwijdte die nodig is. De 200f kan wel 200kg pay-load aan en heeft een reach van bijna 2.5m. Dit is ruim voldoende voor de toepassing. In Figuur 36 en Figuur 37 zijn de robot en de robot met de kop weergegeven.

Figuur 36 R-2000iA/200f (Fanuc)

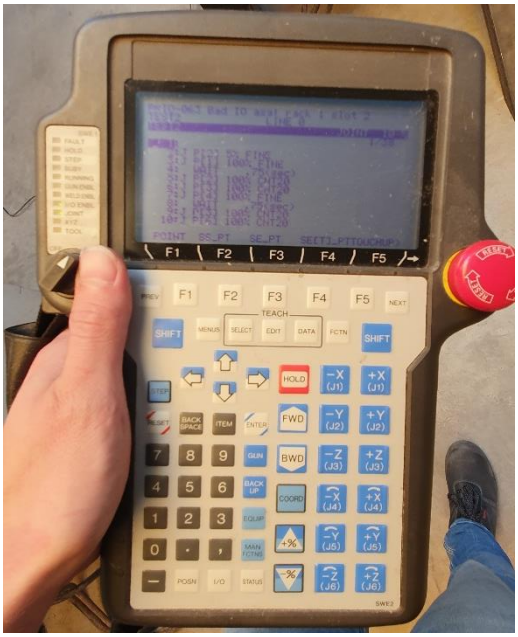


Figuur 37 Robotarm met kramkop in CAD

De robotarm is voorzien van I/O poorten. Daarmee wordt een elektrisch aangestuurde pneumatische klep gebruikt om de krammer aan te sturen. Door de robotarm zelf zitten luchtleidingen waarop het gereedschap kan worden aangesloten. Het regelen van de I/O's gebeurt in de software zelf. Met een vergelijkbare robotarm die is aangeschaft voor wat testen (Figuur 38) is al een soortgelijk programma geprogrammeerd om dit te testen (Figuur 39). Door de robot te vertellen naar welke coördinaten hij moet bewegen in welke stappen kan deze worden bewogen naar de juiste plaatsen. Door in de programmering tussen bepaalde stappen een I/O aan te sturen wordt de pneumatiek van de krammer geactiveerd en worden de krammen geplaatst, hier zijn verder geen sensoren voor nodig. Een werknemer hoeft enkel het programma voor het schieten van de korf te activeren.



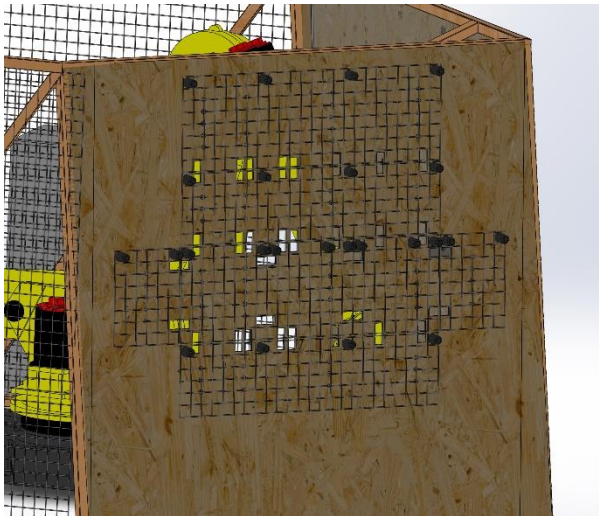
Figuur 38 Testrobot



Figuur 39 Teach pendant met testcode

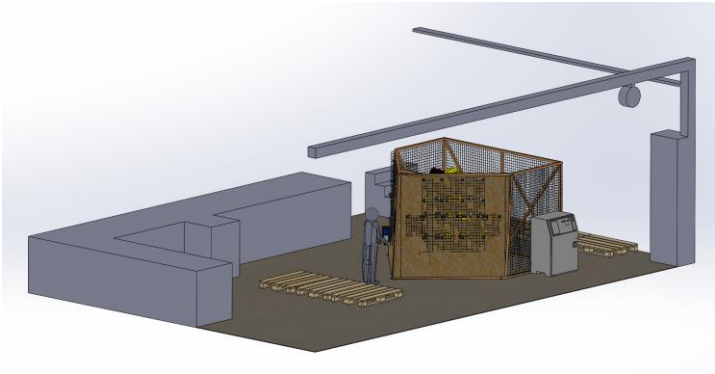
Om de robot heen wordt een frame gebouwd van hout en gaaspanelen (Figuur 40). Zo wordt de robot volledig afgeschermd om de veiligheid te waarborgen. Daarnaast worden op het frame de mallen voor de korven geplaatst. Zoals is te zien in Figuur 41 is dit uitgevoerd met knoppen en magneten om de panelen op te hangen en te positioneren. Het gehele frame en de borden van de mallen worden uit hout vervaardigd. Dit is simpel en snel dus kan snel gerealiseerd worden. Door middel van mechanische en softwarematige stops in de robot wordt gezorgd dat de robot niet door dit frame kan breken. Zoals is te zien worden twee mallen op het frame gebouwd zodat de robot parallel kan werken aan de medewerker die de panelen ophangt (een kant ophangen andere kant schieten).

Figuur 40 Frame om robot

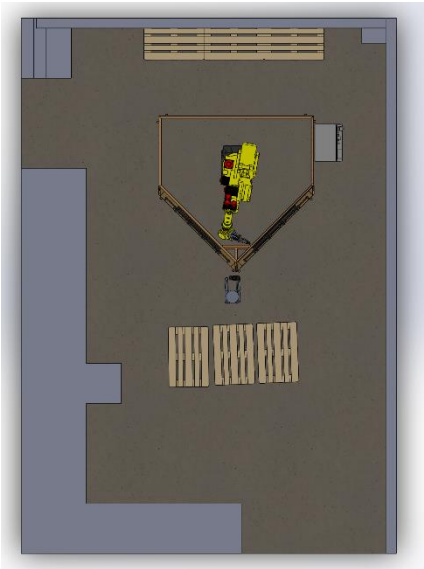


Figuur 41 Ophanging panelen

In Figuur 42 en Figuur 43 is de opstelling van het proof of concept in de PdL productielocatie te zien. Zoals is te zien past het concept goed in de afmetingen van de locatie, zodanig dat de overige werkplekken van de locatie zoals de rollerbaan (links onderin) en de pallets met gaaspanelen en bij te vullen krammen genoeg ruimte hebben. Ook met de veilige looproutes binnen de locatie is rekening gehouden.



Figuur 42 Lay-out PdL concept



Figuur 43 Lay-out PdL concept bovenaanzicht

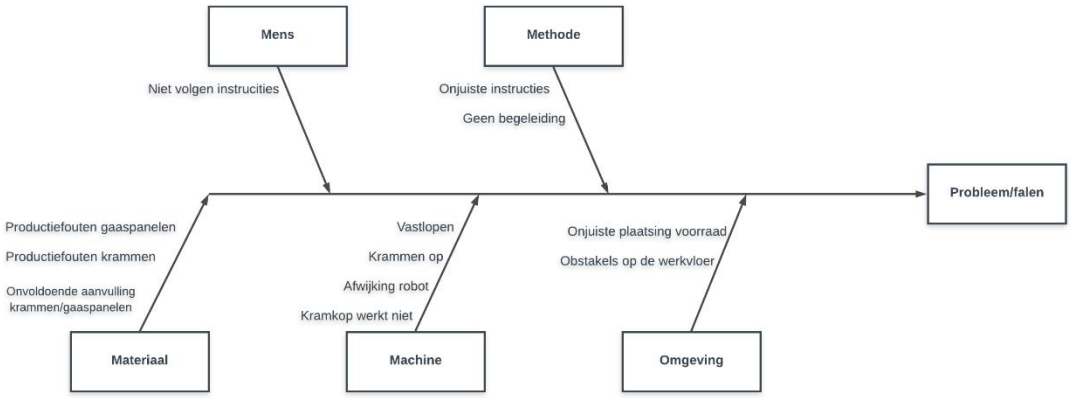
Voor het proof of concept is ervoor gekozen om het bijvullen van de krammen nog even niet te automatiseren en de huidige methode te behouden. Dit is gedaan om het proof of concept snel neer te kunnen zetten en eerst het meest belangrijke te kunnen testen, de werking van het zetten van de krammen en te snelheid waarmee dit kan worden uitgevoerd.

4.2. Faal analyse

Om ervoor te zorgen dat het testen van het proof of concept zo voorspoedig als mogelijk verloopt wordt vooraf een faal analyse gemaakt aan de hand van deze analyse, in de vorm van een visgraat-diagram, wordt helder waar extra op gelet moet worden om het proof of concept succesvol te testen.

4.2.1. Visgraat-diagram

In Figuur 44 is een visgraat diagram weergeven met daarin mogelijke oorzaken van problemen of falen tijdens het testen van het concept. In de volgende paragraaf (4.2.2) worden de belangrijke aandachtspunten behandeld.



Figuur 44 Visgraat diagram falen tijdens test

4.2.2. Aandachtspunten

De aandachtspunten die uit de faal analyse van belang zijn voor het testen van het proof of concept zijn:

- Een goede duidelijke instructie voor productiepersoneel die met het concept gaat testen is noodzakelijk.
- Begeleiding van dit personeel tijdens (de eerste uren) van de test om bij te sturen en aanvullende instructies te geven is noodzakelijk.
- De materialen (gaaspanelen, krammen, etc.) moeten van tevoren goed worden gecontroleerd.
- Zowel de robot zelf als de kramkop moeten vooraf los van elkaar goed worden getest en gesmeerd.
- Zorg voor voldoende aanvulling van krammen en gaaspanelen voor de test
- Zorg dat de werkvloer vrij is en zorg dat de pallets met gaaspanelen op een afstand van de mallen staan die prettig werkt voor de werknemers (+/- 1.5m).
- Houdt de kop tijdens de test goed in de gaten op vastlopen en stop de robot onmiddellijk bij een vastloper.
- Vul krammen tijdig aan om een leeg magazijn te voorkomen.

4.3. Testmethode

Het proof of concept zal moeten worden getest om te meten in hoeverre het concept voldoet aan de gestelde eisen uit het PvE. In deze paragraaf worden de eisen die al getest kunnen worden gepresenteerd. Voor de eisen die getest moeten worden in het proof of concept wordt een testmethode voorgesteld.

4.3.1. Check aan de hand van het PvE

In Tabel 11 is de checklist aan het programma van eisen te zien. Het concept voldoet wel of niet aan de eisen van het PvE. Als de eisen getest moeten worden aan de hand van het proof of concept krijgen ze een nader te testen (N.T.T). Tussen de haakjes wordt aangegeven wat de verwachte output van de test zal zijn. In de meest rechter kolom wordt een toelichting gegeven.

Tabel 11 Check aan het PvE

Nr.	Omschrijving	Voldoet wel/niet/nader te testen	Toelichting
1	De kwaliteit van het eindproduct (steenkorven) is beter dan die van het huidige eindproduct volgens de parameters zoals gesteld in Bijlage III, De kwaliteit van het eindproduct	N.T.T. (wel)	De definitieve kwaliteit van de eindproducten kan met het proof of concept worden getest. Het grootste gedeelte van het proces blijft onveranderd, daar zal geen verandering van kwaliteit plaatsvinden. Bij het schieten van de krammen wordt door de robot de menselijke fout uit het zetten van de krammen gehaald. Hierdoor zal de kwaliteit waarschijnlijk verbeteren.
2	De output/manuur van de oplossing is minimaal 28 stuks per uur voor de 1200 en 800mm en 56 stuks per uur voor de 400mm	N.T.T. (wel)	Ook de output zal tijdens het testen definitief vastgesteld kunnen worden. De gestelde output in de eis is de output van het huidige proces met twee man. Vrijwel zeker kan worden vastgesteld dat de robot een aanzienlijk hogere output/manuur haalt vergeleken met de huidige situatie aangezien de robot een persoon vervangt die de krammen zet en daardoor in theorie al een verdubbeling in output/manuur zou kunnen maken. Door de opzet met de parallelle werking van robot en werknemer op twee vlakken kan een nog hogere output worden gehaald. Een initiële test

			met een andere robotarm heeft het inzicht gegeven dat deze aanzienlijk sneller kan schieten dan een persoon. Plus de schietfouten die uit het proces worden gehaald moet dit resulteren in een aanzienlijke toename aan output/manuur.
3	De mean time between failure (MTBF) moet minimaal 16 uur zijn.	N.T.T. (wel)	Hier kan lastig een inschatting over worden gemaakt. De robotarm zelf zal zeker geen problemen opleveren wat betreft de 16 uur MTBF. De krammerkop zal moeten blijken. Als een vergelijk moet worden gemaakt met de huidige krammers zou de 16 uur gehaald moeten kunnen worden
4	De mean time to repair (MTTR) mag maximaal 5 minuten zijn.	N.T.T (wel)	De kop is zo ontworpen dat deze met enkel vier bouten van de robot losgekoppeld kan worden om te repareren of onderhouden. Afhankelijk van de storing zou de MTTR over de vijf minuten heen kunnen gaan. Door een tweede identieke kop paraat te hebben liggen kan de MTTR terug worden gedrongen tot het loskoppelen van de kop met problemen en het vastmaken van de reservekop. De extra kop zou extra kosten met zich meebrengen van €1000,- maar wel een MTTR van ver onder de vijf minuten geven.
5	De productiekosten per eindproduct zijn lager dan €7,77/12,09/15,17 voor respectievelijk de 400,800 en 1200mm korven	Wel	In Bijlage XI, Nieuwe productiekosten steenkorven is een indicatie berekend voor de nieuwe productiekosten. Deze zullen aanzienlijk lager uitvallen omdat de robot een persoon vervangt in het proces.

6	De oplossing mag maximaal €50.000,- kosten	Wel	Het proof of concept heeft een kostenplaatje van minder dan €10.000,- Daarvan is de grootste kostenpost de robotarm (+-€8000,-). Naar verwachting kan dit prototype met wat kleine aanpassingen worden verbeterd naar een definitief werkende machine. De totale kosten zullen dan niet boven de €11.000,- uitkomen (exclusief €1000,- voor een eventuele reservekop)
7	De maximale afmetingen van de oplossing bedragen 8.4 x 4.0 x 4.0 meter (LxBxH)	Wel	De afmetingen van het proof of concept vallen net binnen de 3.0 x 3.8 x 2.0m (LxBxH). Dit valt ruim binnen de grenzen.
Randvoorwaarden			**Toelichting**
1	De oplossing kan geïmplementeerd worden in het bestaande productieproces		Het ontwerp is zo opgezet dat het goed in het huidige proces past. Op veel vlakken lijkt het ontwerp op de manier waarop nu geproduceerd wordt.
2	De oplossing moet voldoen aan alle relevante eisen uit geldende normen		Door veiligheidsmaatregelen binnen de robotarm zelf voldoet de oplossing hier al grotendeels aan. In het concept is een afschermende kooi om de robot heen ontworpen om de veiligheid te waarborgen en aan de normen te voldoen.
3	De oplossing moet voldoende veiligheid bieden voor het personeel		Door een kooiconstructie om de robot heen te hebben staan kan het personeel niet tussen de robot terecht komen tijdens de productie. Tijdens onderhoud aan de robot dient deze altijd losgekoppeld te zijn van de stroom.
4	De oplossing moet ergonomisch verantwoord door de gebruiker gebruikt kunnen worden.		De werkhoogte van de mallen is zo opgebouwd dat dit de meest prettige en ergonomisch verantwoorden manier is om de panelen op te hangen en af te halen binnen dit proces.

4.3.2. Nader te testen eisen

In Tabel 12 zijn de eisen te zien die in paragraaf 4.3.1 naar voren zijn gekomen als nader te testen eisen. Deze eisen moeten tijdens het testen van het proof of concept worden geverifieerd. In de rechter kolom zijn voorgestelde testmethoden weergegeven.

Tabel 12 Nader te testen eisen en voorgestelde methode

Nr.	Omschrijving	Testmethode
1	De kwaliteit van het eindproduct (steenkorven) is beter dan die van het huidige eindproduct volgens de parameters zoals gesteld in Bijlage III, De kwaliteit van het eindproduct	Tijdens de testen van het proof of concept zullen een aantal korven uit de productie worden genomen om steekproefsgewijs een vergelijk te maken met een steenkorf die op de oude manier is geproduceerd om een analyse te maken van de verandering in kwaliteit.
2	De output/manuur van de oplossing is minimaal 28 stuks per uur voor de 1200 en 800mm en 56 stuks per uur voor de 400mm	Na een aantal uren opstarttijd, als het proces soepel loopt, zullen de aantallen en tijden gedurende minimaal 8 uur (eventueel verspreid over meerdere dagen) worden bijgehouden. Zo kan de totale output/manuur worden bepaald.
3	De mean time between failure (MTBF) moet minimaal 16 uur zijn.	Gedurende een maand tijd moeten de tijden waarin de machine aan het produceren is worden bijgehouden. Momenten van falen worden genoteerd zodat de gemiddelde MTBF kan worden vastgesteld.
4	De mean time to repair (MTTR) mag maximaal 5 minuten zijn.	Als er geen reservekop is moeten gedurende een maand tijd alle reparaties waarbij de machine downtime heeft worden bijgehouden. Als er een reservekop is hoeft enkel de tijd voor het vervangen van de kop te worden bijgehouden, als dit tien keer is gebeurd kan een gemiddelde MTTR worden berekend.

5. Conclusie en advies

In dit hoofdstuk worden de sluitende conclusies en adviezen gepresenteerd. Het antwoord op de ontwerpvraag wordt gegeven en er wordt teruggekeken in een evaluatie naar het onderzoek en het project.

5.1. Conclusie

De hoofdvraag die gedurende dit project beantwoord diende te worden is:

Hoe ziet een technologische oplossing eruit die het capaciteitsprobleem van de handmatige productie van de PdL-steenkorven oplost en de kostprijs van het product reduceert?

Daarbij is de volgende doelstelling geformuleerd:

Een oplossing in de vorm van een automatisering van (een deel van) het proces die voor maart 2021 het capaciteitsprobleem oplost.

Het antwoord op de vraag is in hoofdstuk 4 gepresenteerd. Door een robotisering van het zetten van de krammen toegepast in het huidige productieproces kan het capaciteitsprobleem opgelost worden met daarnaast een flinke reductie in de productiekosten. Een proof of concept kan snel worden gerealiseerd door de eenvoudige produceerbaarheid binnen Gard & Care zelf. Daardoor moet het doel om voor maart 2021 een gerealiseerde oplossing te hebben gehaald kunnen worden. Wat dat betreft is het project geslaagd. Het ontwerp voldoet aan alle eisen die in dit stadium kunnen worden geverifieerd. Na het testen van het proof of concept kan met zekerheid worden gesteld of de oplossing aan alle gestelde eisen voldoet. De oplossing zal in eerste instantie een verwachte totale kostenreductie van gemiddeld 6% per korf opleveren ten gevolge van een output/manuur verdubbeling. Na verder optimaliseren zal dit oplopen tot ongeveer 1% extra kosten reductie per 10% verhoging van de output.

5.2. Advies/aanbevelingen

Zoals eerder benoemd moet het proof of concept getest worden nadat deze is gerealiseerd. Het belangrijkste advies is dan ook het proof of concept zoals beschreven in hoofdstuk 4 te realiseren en te testen volgens de methodes in Tabel 12. Belangrijk daarbij is een goede duidelijke instructie en begeleiding van de werknemers die de robot gaan testen. Verdere aandachtspunten voor de test zijn in paragraaf 4.2.2 aangegeven. Aan de hand van de uitslag van de testen kan de robot nog geoptimaliseerd worden waar nodig. Een optimalisatie waar nog veel winst is te halen is het automatiseren van het bijvullen van de krammen. Dit zou een eerstvolgende stap moeten zijn in het verder automatiseren van PdL. Het wordt sterk aanbevolen om een reservekop te bouwen en paraat te hebben liggen in het geval van falen. Zo kan de downtime van de productie geminimaliseerd worden (extra kosten voor de kop: €1000,-).

Verdere kleine aanbevelingen voor (kleine) tijdwinst en prettiger werken voor het personeel zijn:

- Het pedaal van de tunnelmachine vastzetten. Dit kan eenvoudig, snel en goedkoop worden gedaan door deze via een plankje aan de pallets ernaast te bevestiggen.
- Zorgen dat de pallets met de panelen op een prettige werkafstand worden geplaats. Door lijnen op de vloer aan te brengen kan worden gewaarborgd dat de pallets altijd op de juiste plek worden geplaatst.

- Een houder aanschaffen en monteren om de stickerdoos in op te hangen. Zo weet iedereen altijd waar de doos is en kunnen stickers snel en eenvoudig worden gepakt.

5.3. Evaluatie

Door de methode van Oskam te hanteren is een prettige methodische uitwerking van het project ontstaan. In de eerste fase is veel tijd genomen om de achtergrond van het probleem goed in kaart te brengen. Dit heeft ervoor gezorgd dat er onderweg geen verrassingen naar boven zijn gekomen en een aantal stappen terug gezet moest worden. Door onderzoek te doen naar oplossingsrichtingen en te brainstormen met stakeholders zijn verschillende mogelijkheden aan het licht gekomen. De brainstormsessies samen met updates en wekelijkse gespreken met de opdrachtgever hebben gezorgd voor draagvlak binnen het hele bedrijf. Uit de mogelijkheden zijn op een methodisch en onderbouwde manier concepten ontstaan en is een keuze gemaakt voor het beste concept. De manier waarop dit is gedaan geeft de opdrachtgever vertrouwen dat het gekozen concept ook echt het beste concept is. Dat is duidelijk naar voren gekomen omdat de opdrachtgever in eerste instantie het CNC-router concept voor ogen had, maar toch is overtuigd om voor het robotarm concept te gaan en daar ook met volle overtuiging mee door te gaan.

Mede door de coronacrisis is veel onderzoek gebaseerd op deskresearch. Het zou leuk en leerzaam zijn geweest om meer bij bedrijven langs te gaan die automatisering ontwerpen om daar meer over te weten te komen. Desalniettemin heeft de deskresearch wel een hoop inzichten gegeven en zijn meerdere mogelijkheden voor het automatiseren bekeken.

De weg-tijd diagrammen die tijdens de analyse zijn ontstaan zijn zeer waardevol om de nieuwe output mee te vergelijken. Helaas ben ik niet zover gekomen om nieuwe weg-tijd diagrammen al in dit rapport op te nemen en ze zo te kunnen vergelijken. Deze zullen tijdens het testen worden opgesteld en hoop ik nog tijdens de presentatie mee te kunnen nemen.

Door naar het resultaat van het project te kijken kan geconcludeerd worden dat het over het algemeen een geslaagd project is geweest. De opdrachtgever is erg tevreden over de aanpak en het resultaat. Dit blijft voor mij het belangrijkste en geeft mij dan ook een goed gevoel.

Bibliografie

ARBO. (sd). *hoeveel ruimte gun je een robot*. Opgehaald van www.arbo-online.nl: https://www.arbo-online.nl/veilig-werken/nieuws/2016/05/hoeveel-ruimte-gun-je-een-robot-10112557?_ga=2.22296447.57979790.1588244213-1440756297.1588244213

Arbody B.V. . (2020). *Verslag werkplek onderzoek Gard & Care.* Buurmalsen.

burgmetaal. (sd). *dozen vulmachine*. Opgehaald van www.burgmetaal.nl: https://www.burgmetaal.nl/categorie.php?var_content=3&lang_id=3

C.L.Bovée, & J.V.Thill. (2010). *Business, een inleiding in technische bedrijfskunde.* Pearson Benelux B.V.

EU. (2006). *Machinerichtlijn (MD) (2006/42/EG).* NEN.

EU. (2011). *Robots en robotapparatuur (NEN-EN-ISO 10218).* NEN.

Fanuc. (sd). *home*. Opgehaald van fanuc.eu: https://www.fanuc.eu/

fons-vernooij. (sd). *standaardkostprijs*. Opgehaald van www.fons-vernooij.nl: https://www.fons-vernooij.nl/bm-site/IM_standaardkostprijs.html

Gabinova. (sd). *www.gabinova.nl/steenkorven*. Opgehaald van www.gabinova.nl: https://www.gabinova.nl/steenkorven

Gabion. (sd). *schanskorven*. Opgehaald van www.gabion-schanskorven.nl: https://www.gabion-schanskorven.nl/schanskorven

Gard & Care. (2019). *inspiratieboek*. Opgehaald van gard-care.com: https://gard-care.com/wp-content/uploads/gard-care-inspiratieboek-2018-xs.pdf

Kals, H., Buiting-Csikós, C., Lutterveld, C., Moulijn, K., Ponsen, J., & Streppel, A. (2012). *Industriële productie.* Amsterdam: Boom.

kawasakirobotics. (sd). *home*. Opgehaald van kawasakirobotics: http://kawasakirobotics.nl/index.php

Kremer. (sd). *industriele-automatisering*. Opgehaald van www.kremer.nl: https://www.kremer.nl/industriele-automatisering/

management van bedrijfsprocessen een helicopterview. (sd). Opgehaald van zbc.nu: https://zbc.nu/management/business-process-management-management/management-van-bedrijfsprocessen-een-helicopterview/

Meihotech inc. . (sd). *Meihotech C-ringer M500 instruction manual .* Tokyo.

Nacon. (sd). *Nacon*. Opgehaald van www.nacon.nl: https://www.nacon.nl/

Oskam, I., Paul, S., Inge, B., Kevin, C., & Lukien, H. (2012). *Ontwerp van technische innovaties.* Noordhoff Uitgevers.

RedSun. (sd). *redsun-steenkorven*. Opgehaald van www.redsun.eu/nl/: https://redsun.eu/nl/redsun-steenkorven/

robotgantry. (sd). *home*. Opgehaald van robotgantry.com: https://robotgantry.com/

SSEB. (sd). *speciaal machine levende insecten*. Opgehaald van www.sseb.eu: https://www.sseb.eu/projecten/speciaal-machine-automatiseert-het-verpakkingsproces-van-levende-insecten/

tuinte. (sd). *143-accuklemmen*. Opgehaald van www.tuinte.com: https://www.tuinte.com/projecten/143-accuklemmen-automotive-industrie

uticon. (sd). *industriele-automatisering*. Opgehaald van uticon.nl: https://www.uticon.nl/industriele-automatisering

Bijlagen

- Bijlage I, 5W2H
- Bijlage II, Aanvulling/aanscherping klantwensenlijst door opdrachtgever
- Bijlage III, De kwaliteit van het eindproduct
- Bijlage IV, Procesanalyse
- Bijlage V, Onderzoek robotica oplossingen
- Bijlage VI, Onderzoeksrapport Nieuwe lay-out van de 400mm korf
- Bijlage VII, Onderzoeksrapport nieuwe krammen lay-out 800mm korf
- Bijlage VIII, Kostendatasheet huidige productie
- Bijlage IX, Onderzoek Industriële automatisering
- Bijlage X, Werking Meiho kramapparaat
- Bijlage XI, Eindbeoordeling bedrijfsbegeleider

Bijlage I, 5W2H

Deze 5W2H (Oskam, Paul, Inge, Kevin, & Lukien, 2012) is ontstaan aan de hand van overleggen met de opdrachtgever

WIE

De opdrachtgever Toon van de Wiel, eigenaar van Gard & Care. G&C is een midden-klein bedrijf in het ontwerpen en produceren van steenkorven in allerlei vormen, maten en toepassingen. Binnen G&C is er een productielijn genaamd PdL. Hier worden producten gemaakt voor de gelijknamige klant PdL, de belangrijkste klant van G&C. PdL is de afdeling waar het probleem zich afspeelt. Op de productieafdeling PdL zijn normaliter drie personen werkzaam. Op dit moment staan er twee personen. Dit personeel zal met de oplossing gaan werken.

WAT

Het hoofdprobleem is een te kort aan productiecapaciteit op de PdL afdeling. De producten worden hier in massa geproduceerd maar dit gebeurt met de hand. De klant wil steeds meer producten afnemen maar het is moeilijk om de productie op te schalen omdat het moeilijk is personeel te vinden. Tegelijk zijn er elk jaar prijsonderhandelingen. Om de klant tevreden te houden wil G&C de producten graag goedkoper aanbieden. De voornaamste wensen voor de oplossing zijn dan ook het verhogen van de productiecapaciteit en de totale productiekosten reduceren binnen de budget grenzen en ruimte in de productiehal. Toon geeft aan een oplossing te zien in een robot of machine die een deel van de werkzaamheden automatisch uitvoert en zo extra personeel overbodig maakt.

WAAR

Het probleem doet zich voor in de productiehal van Gard & Care in Valkenswaard, op de afdeling PdL. Hier moet de oplossing ook worden geïmplementeerd. De ruimte is beperkt (+- 50m^2). PdL ligt in een hoge overdekte productiehal. Een laaddeur staat praktisch altijd open waardoor de temperatuur min of meer de buitentemperatuur is. Het zal niet snel vriezen in de hal. De temperatuur zal tussen de 0 en 25 ^{o}C zijn. Verder is de lucht in de hal droog. Op locatie (PdL) is perslucht (6-7Bar) en netstroom (220v) aanwezig.

WAAROM

De wereldwijde economie is afgelopen jaren sterk gestegen. Als gevolg daarvan hebben mensen steeds meer te besteden. Daarnaast is aandacht voor huis en tuin de laatste jaren ook belangrijker geworden. Daardoor is de vraag naar steenkorven ook erg gestegen. Door een hele grote klant aan te trekken heeft Gard & Care een grote vraag naar producten gecreëerd. De vraag is bovendien toenemend waardoor ook steeds meer productiecapaciteit wordt gevraagd. Omdat G&C de producten met de hand maakt betekent dit dat meer personeel nodig is om de capaciteit te creëren. Personeel is moeilijk te vinden en bovendien moeilijk te behouden vanwege het vaak eentonige werk. G&C heeft geprobeerd om buitenlandse werknemers in te zetten maar dit laat te wensen over door de vaak gebrekige communicatie in verband met taalproblemen. Naast het capaciteitsprobleem wil G&C er alles aan doen om deze belangrijke klant te behouden. Dit betekent

ook prijsverlagingen doorvoeren waar mogelijk. Omdat personeel nou eenmaal een dure post is zal dit lastig zijn als opgeschaald moet worden door meer personeel aan te trekken.

WANNEER

De productiepiek ligt normaliter in de maanden voor de zomer en in begin zomer (Mei, Juni, Juli). Op dit moment ontstaat het grootste capaciteitsprobleem. Op dit moment worden de eerste capaciteitsproblemen al zichtbaar maar leveringen worden meestal nog net gehaald. Vanaf volgend jaar kan de capaciteit echt problematisch worden. De oplossing zal daarom zo snel mogelijk gerealiseerd moeten worden.

HOE

Op het eerste oog lijkt de beste oplossing te liggen in het automatiseren van het krammen schieten of het ophangen/afhalen van de panelen. De apparaten die worden gebruikt om de krammen met de hand te plaatsen lijken geschikt om te gebruiken/om te bouwen tot een automatisch systeem. De exacte werking en lay-out van d apparaten wordt in het rapport geanalyseerd. Een x-y-machine of robotarm kan wellicht worden ingezet om te positioneren. Ook voor het ophangen en afhalen kan een robotarm waarschijnlijk een oplossing bieden.

HOEVEEL

Het capaciteitsprobleem doet zich op dit moment maandelijks voor. In de toekomst kan dit zelfs dagelijks worden. De productiemensen, planners en eigenaar van G&C hebben met dit probleem te maken. Op lange termijn heeft het probleem zelfs invloed op al het personeel. De voornaamste personen met de behoefde aan de oplossing zijn Toon en de werknemers van de PdL-productie.

Bijlage II, Aanvulling/aanscherping klantwensenlijst door opdrachtgever

No.	Klantwensen	Prioriteit
De uitgangspunten voor de productie		
1	De kwaliteit van het eindproduct (steenkorven) ~~mag niet veranderen~~ *is gelijk of beter aan de huidige kwaliteit van producten*	1
2	*Ik zou deze graag herformuleren* *De machine/robot zal de output/manuur van de productiecel verdubbelen.* Met de machine/robot moet minimaal de productiecapaciteit gehaald worden van de capaciteit van 1 extra personeelslid.	1
3	De uiteindelijke productiekosten van de steenkorf moet lager zijn dan de huidige productiekosten *Is het gevolg van punt 2*	1
4	Machine/robot moet eenvoudig te bedienen zijn door het huidige personeel	1
Uitgangspunten voor het productiemiddel en periferie		
5	De machine moet onderhoudsarm zijn en een 'mean time between failure' hebben die vergelijkbaar is met die van de huidige krammers (Met de goede krammen, +- 2 maanden onderhoud/schoonmaken, +- 6 maanden bekken vervangen, +- 10 maanden feeder blade omdraaien/verwisselen). *Ik wil deze wens herformuleren* *We dienen een waarde te bepalen van de huidige situatie als startpunt* ***MTBF** dient beter te zijn dan in de huidige situatie, er dient middels toepassen van oa. preventief onderhoud en slijtage monitoring een MTBF van minimaal 8u/failure worden gehaald, op een termijn van 1 jaar dient dit minimaal 16u/failure te zijn* *De **MTTR**, mean time to repair, mag maximaal 5 min/failure zijn.*	2
6	De machine/robot mag maximaal €50.000,- kosten	2
7	Machine/robot moet flexibel inzetbaar zijn of makkelijk om te bouwen zijn om buiten de nu geldende standaardproducten in de toekomst eventueel andere producten te kunnen assembleren.	2
8	De machine/robot moet binnen de bestaande productielocatie passen.	3
De volgende eisen zijn weliswaar met een prio 3 aangegeven maar zijn natuurlijk van ARBO verplichtingen en goed huisvaderschap noodzakelijk		
9	De machine/robot moet in het huidige productieproces in te passen zijn.	3
10	De machine/robot moet voldoen aan alle relevante eisen uit geldende normen *Spreekt voor zich*	3
11	De machine/robot moet voldoende veiligheid bieden voor het personeel (volgens normen/richtlijnen) *Spreekt voor zich*	3
12	De machine/robot moet ergonomisch verantwoord door de gebruiker gebruikt kunnen worden. *Spreekt voor zich*	3
Spin-off		
13	De machine/robot of het principe ervan is toepasbaar in de andere productie van op maat gemaakte steenkorven	3
14	Idem als 13 maar dan voor grindschuttingen en -korven	4
Mooi meegenomen		
15	De basis van het gehele onderzoek geeft meer inzicht in aandachtsvelden van het proces en de mogelijke faaloorzaken waardoor het opstellen van onderhoudsprotocollen en het aanscherpen van specificaties van krammen en krammers mogelijk is.	5

Bijlage III, De kwaliteit van het eindproduct

De kwaliteit van het product hangt af van de volgende aspecten:

- De kwaliteit van de gaaspanelen
- De plaatsing van de krammen
- De bijgeleverde losse krammen, spanners en handleiding
- Het inpakken
- Het afbinden
- De sticker

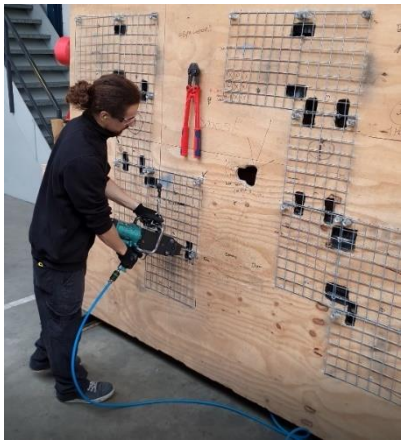
Omdat de drie verschillende maten op hun afmeting en andere kleine verschillen na op dezelfde manier worden geproduceerd en verpakt geldt het volgende voor alle maten:

De kwaliteit van de gaaspanelen

De gaaspanelen die worden gebruikt om de steenkorven te produceren worden geknipt op maat aangeleverd op pallets. De gaaspanelen zijn gemaakt van staal en voorzien van een speciale coating van zink en aluminium om ze roestvrij te houden. Met de leverancier zijn afspraken gemaakt om de kwaliteit van de panelen te garanderen. Zo zijn er bijvoorbeeld afspraken over de minimale en maximale maten van de maas. Als panelen niet voldoen aan de kwaliteitseisen worden ze afgekeurd en niet gebruikt in de productie. Op de kwaliteit van de aangeleverde panelen heeft de machine/robot geen invloed.

De plaatsing van de krammen

De krammen worden geplaatst met een Meiho M500 kramapparaat. De kwaliteit zit hem hier in de juiste plaatsing van de kram. De krammen moet op specifieke plekken worden geplaatst. In Figuur 45 is te zien dat de panelen worden opgehangen op een bord waar uitsparingen in zijn gemaakt op de plekken waar de krammen dienen te komen. In dit proces komen regelmatig fouten voor die de kwaliteit van het product kunnen schaden. Als trigger van de krammer niet lang genoeg wordt ingedrukt dan sluit het apparaat niet goed en wordt de kram niet mooi geplaatst maar blijft deze open staan (Figuur 46). Wat ook voor komt is dat het kramapparaat niet goed wordt gepositioneerd waardoor de bekken van het apparaat de gaaspanelen beschadigen zoals te zien in Figuur 47. Hierbij wordt de zink-aluminium coating en/of de structuur van het gaas zelf beschadigd. Beschadigingen en fouten bij het schieten van de krammen worden weggeknipt. In uitzonderlijke situaties, bijvoorbeeld wanneer een beschadiging wordt opgemerkt als het volledige product al klaar is en op de pallet ligt, worden gerepareerd met zink-spray. Om de gewenste kwaliteit van het product te behouden moet een eventuele oplossing in dit gebied de krammen altijd op de juiste plaats schieten, de krammen volledig dicht schieten en het gaas niet beschadigen tijdens het schieten.



Figuur 45 Plaatsen krammen tijdens productie PdL (400x400x300 korf)

Figuur 46 Open kram geschoten

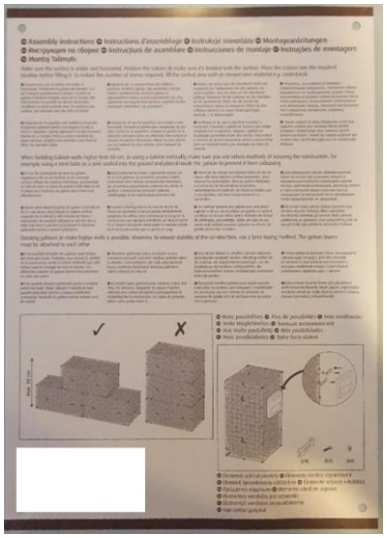
Figuur 47 Gaaspaneel beschadigd door kramapparaat

De bijgeleverde losse krammen, spanners en handleiding

In Figuur 48 is een zakje losse krammen en een spanner te zien. Deze worden bij zowel 400 als de 800 (2 spanners) en de 1200 (3 spanners) bijgeleverd. Ook wordt een handleiding bijgeleverd zoals is te zien in Figuur 49 en Figuur 50. Deze producten worden op deze manier aangeleverd door een leverancier. Ook voor deze producten geldt dat afspraken over de kwaliteit zijn gemaakt en de kwaliteit wordt gecontroleerd. Op deze producten is dan ook weinig invloed op de kwaliteit. Enkel het gecontroleerd omgaan met de producten zodat ze niet beschadigen.

Figuur 48 Zakje losse krammen en een spanner

Figuur 49 Bijgeleverde handleiding PdL voorkant



Figuur 50 Bijgeleverde handleiding PdL achterkant

Het inpakken

Bij het inpakken worden de panelen die aan elkaar zijn geschoten opgevouwen. Tussen de opgevouwen panelen komen/komt de spanner(s) en het zakje met de losse krammen. Deze blijven op die manier bij het pakket. Of de bijbehorende producten op dezelfde plek tussen de panelen worden geplaatst is hier van invloed op de kwaliteit (esthetisch). Een eventuele automatisering van dit onderdeel zou de panelen met producten dus altijd op dezelfde manier moeten inpakken.

Het afbinden

Figuur 51 Afgebonden steenkorfpakket

De pakketten worden na het inpakken voorzien van de handleiding en een viertal bandjes (twee bij de 400mm) zoals is te zien in Figuur 51. De kwaliteit wordt hier bepaald door de plaatsing van de bandjes en hoe strak het product is verbonden. Bij de 400 komen twee bandjes op de tweede en een na laatste maas hoogte. Bij de 800 komen vier bandjes op plek 3,7,10 en 14 (ook te zien in Figuur 51) en bij de 1200 op plek 4, 11, 14 en 21. Tussen de twee middelste bandjes wordt de handleiding geplaatst. Deze moet goed vast zitten tussen de bandjes en de steenkorf. Dit geeft aan of de bandjes strak genoeg zitten. De buitenste twee bandjes mogen niet los staan over het product maar moeten ook strak langs het product lopen.

De sticker

Tot slot wordt de handleiding gepositioneerd en een sticker over een bandje en de handleiding geplakt om te voorkomen dat de handleiding die tevens fungeert als label voor de verkoop wordt verwisseld met die van andere maten. De handleiding en sticker moeten altijd op dezelfde manier worden gepositioneerd. De handleiding moet met de rand van de afbeelding precies onder het tweede bandje liggen zoals ook te zien is in Figuur 51. De sticker komt over het derde bandje en valt over een labeltje op de handleiding. Mocht dit productiedeel worden geautomatiseerd moet de oplossing de handleiding en sticker dus altijd correct positioneren op het eindproduct.

Als al deze parameters correct zijn zal het eindproduct er dus altijd hetzelfde uit zien en dezelfde gewenste kwaliteit bezitten. Omdat door menselijke fouten deze parameters niet altijd correct zijn en niet altijd hetzelfde zijn er op dit moment kleine variaties in kwaliteit. Door (gedeeltelijk) te automatiseren, mits correct uitgevoerd, zal de algehele kwaliteit dus toenemen.

Bijlage IV, Procesanalyse

In de PdL-productiecel worden de drie maten 400x400x300mm, 800x400x300mm en de 1200x400x300mm geproduceerd. De productieprocessen van deze drie maten zijn grotendeels gelijk aan elkaar maar verschillen op sommige vlakken. In deze analyse wordt de productie van de eerste maat de 400x400x300mm volledig gepresenteerd. Vervolgens wordt voor de overige twee maten de aspecten gepresenteerd die verschillen van de eerste. Een weg-tijd diagram van alle maten wordt opgesteld om de processen helder in kaart te brengen (deze zijn in het hoofdverslag te zien). Tot slot worden opvallende zaken, klempunten en mogelijkheden geanalyseerd. Om het proces helder in beeld te brengen zijn opnames gemaakt van de productie. De beelden worden toegevoegd aan dit verslag.

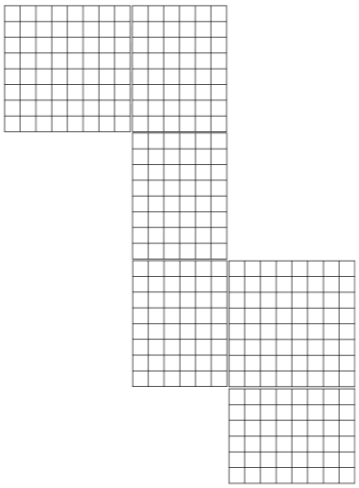
Productieproces 400x400x300mm

Stap 1, ophangen

Het productieproces is op te delen in zes stappen. De eerste stap is het ophangen van de panelen. Om de 400x400x300 te maken (hierna de 400 genoemd) zijn zes panelen nodig. Twee van 400x400mm en vier van 400x300mm. Deze panelen worden aangeleverd op pallets. De panelen worden opgehangen op een bok, een mal in de vorm van een houten bord met rubberen knoppen (deurstoppen) erop waar de panelen in een bepaalde lay-out opgehangen kunnen worden. In Figuur 52 is te zien hoe het ophangen van de aangeleverde panelen in zijn werk gaat. Op het bord worden twee sets panelen opgehangen in dezelfde lay-out. De lay-out is zo bepaald dat de korven na het schieten van de krammen goed zijn op te vouwen voor transport en later bij de klant thuis een rechthoekige korf kan worden gemaakt en gevuld. In Figuur 53 is de lay-out van de panelen schematisch weergegeven.

Deze eerste processtap kan met een persoon worden uitgevoerd. De persoon hangt dan steeds twee sets panelen op het bord en gaat dan door naar de volgende processtap, het schieten van de krammen.

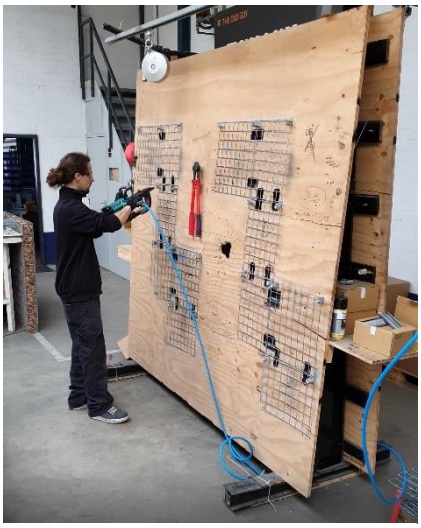
Figuur 52 Ophangen panelen van pallet naar bord



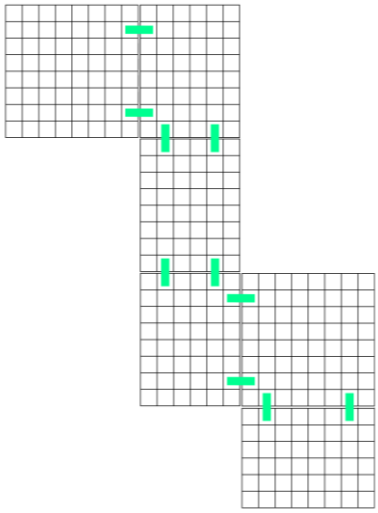
Figuur 53 Lay-out ophanging panelen 400

Stap 2, Schieten

Zoals in Figuur 52 ook is te zien is het bord voorzien van uitsparringen. Deze uitsparingen zitten op de plekken waar de krammen moeten worden geschoten. Samen met de rubberen knoppen op de borden zorgen deze ervoor dat de panelen goed uitgelijnd zitten en op de juiste plekken aan elkaar worden gekramd. De krammen worden met de hand door een persoon met een kramapparaat geplaatst. Omdat dit apparaat zwaar is (+-7kg) zit deze vast aan een kabel die het gewicht ondersteund. In Figuur 54 is het schieten van de krammen met het kramapparaat te zien. De krammen worden geschoten zoals is te zien in Figuur 55. Ook deze stap wordt in tweevoud uitgevoerd op beide panelensets achter elkaar.



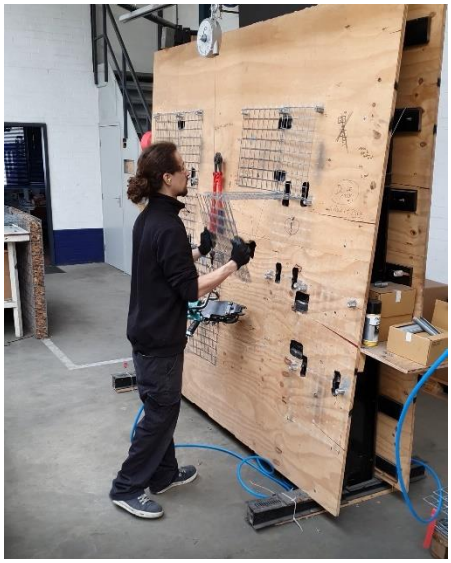
Figuur 54 Krammen schieten



Figuur 55 Krammen lay-out 400

Stap 3, Afhalen

Als de panelen aan elkaar geschoten zijn worden deze in de derde stap van het bord gehaald. Tijdens het afhalen van het bord wordt het product op een bepaalde manier opgevouwen zoals is te zien in Figuur 56. Dit is belangrijk voor de volgende stappen. Als het product van het bord is gehaald wordt deze op een rollerbaan gelegd voor de volgende stap (Figuur 57).



Figuur 56 Afhalen en opvouwen panelen na schieten

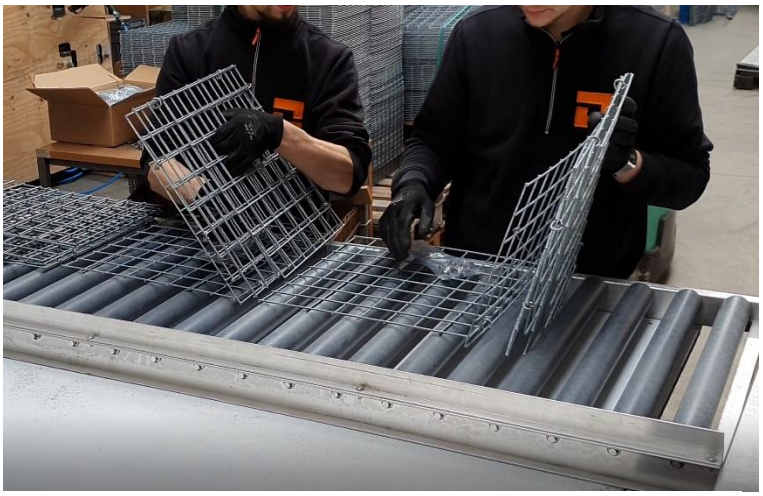
Figuur 57 Product op rollerbaan

Omdat op het bord twee producten kunnen worden gemaakt kunnen de eerste drie stappen met twee personen parallel gebeuren. Hierbij is een persoon continue verantwoordelijk voor het schieten van de krammen en zaken die hierbij komen kijken zoals het bijvullen van de krammen in het apparaat. De andere persoon hangt de panelen op en haalt de geschoten panelen van het bord en legt de panelen weg voor de volgende stappen. In Figuur 57 is dit ook te zien. De achterste persoon is aan het schieten terwijl de andere persoon een product heeft afgehaald en op de rollerbaan legt.

Stap 4, Inpakken

De vierde stap is het zogenoemde inpakken van het product. Hierbij worden de zojuist aan elkaar geschoten en opgevouwen panelen voorzien van een plastic zakje met losse krammen en een spanner (Figuur 58). Door de manier van opvouwen kan het pakketje panelen even worden opengevouwen waarna tussen de panelen deze twee bijproducten worden geplaatst. Het product wordt weer dichtgevouwen zodat ze tussen de panelen blijven zitten zoals is te zien in Figuur 59.

Figuur 58 Zakje krammen en spanner



Figuur 59 Inpakken van de bijproducten

Stap 5, Afbinden

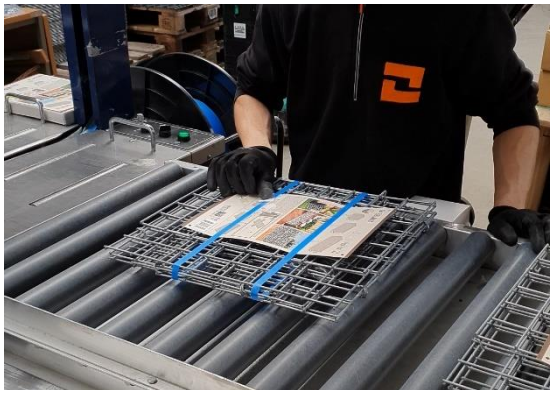
Na stap 4 is het product klaar en wordt deze samengebonden om alles bij elkaar te houden. Dit gebeurt met een tunnelmachine. Deze machine plaatst kunststof bandjes om het product. Via de rollerbaan worden de ingepakte producten door de tunnelmachine gehaald. Als het product juist gepositioneerd is wordt een handleiding geplaatst op het product en met de voet de machine geactiveerd waardoor een bandje om het product wordt geplaatst. Op de 400 worden twee bandjes geplaatst. Deze houden de handleiding op zijn plaats. Het afbinden is te zien in Figuur 60 en Figuur 61.

Figuur 60 Afbinden product en handleiding

Figuur 61 Positioneren voor afbinden

Stap 6, afmaken

Tot slot wordt het product met handleiding en bandjes aangepakt aan de andere kant van de tunnelmachine en wordt een transparante sticker geplaatst over een bandje en de handleiding (Figuur 62). Deze dient als een soort waarmerk. Na de sticker wordt het eindproduct op een pallet geplaatst en herhaalt het proces zich, dit is in Figuur 63 te zien.


Figuur 62 Stickeren van product

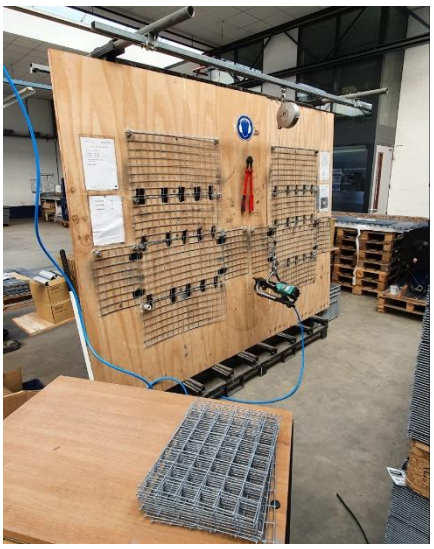
Figuur 63 Eindproducten op pallet plaatsen

Productieproces 800x400x300mm

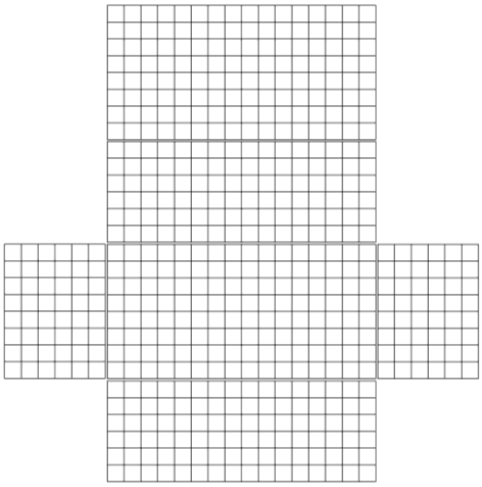
De stappen in de productie van de 800 zijn hetzelfde als die van de 400. Door zijn afmeting zijn er echter ook een aantal verschillen binnen deze stappen.

Stap 1, ophangen

Het ophangen van de 800 gaat op dezelfde manier als de 400. Alleen de lay-out waarin deze wordt opgehangen verschilt. Net als bij de 400 worden twee sets van zes panelen op een houten bord gehangen zoals te zien in Figuur 64. De lay-out waarin de panelen worden opgehangen verschilt. Voor de 800 worden twee 400x800mm, twee 300x800 en twee 400x300 panelen gebruikt in de lay-out zoals te zien in Figuur 65.



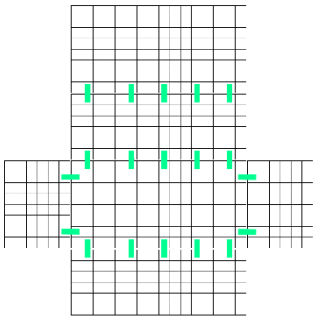
Figuur 64 Panelen op bord 800



Figuur 65 Lay-out 800

Stap 2, schieten

Ook het schieten gebeurt op dezelfde manier als bij de 400. In het bord zijn uitsparringen gemaakt waar de krammen moeten komen de plekken waar de krammen moeten worden geschoten bij de 800 zijn te zien in Figuur 66. Ook bij de 800 geldt dat met twee personen de eerste drie stappen parallel aan elkaar kunnen plaatsvinden. Dit zal ook terug te zien zijn in het weg-tijd diagram.



Figuur 66 Krammen 800

Stap 3, afhalen

Bij het afhalen wordt de 800 vanzelfsprekend op een andere manier opgevouwen en op de rollerbaan gelegd. Dit gebeurt zodanig dat het product in de volgende stap weer gereedligt voor het inpakken. In Figuur 67 en Figuur 68 is het afhalen, opvouwen en op de rollerbaan leggen t zien.

Figuur 67 Afhalen en opvouwen 800

Figuur 68 800 op de rollerbaan

Stap 4, inpakken

Bij het inpakken van de 800 wordt ook één zakje krammen gebruikt maar twee spanners. Bij de 800 zijn een soort van deurtjes ontstaan die naar de zijkant openvouwen. Tussen deze deurtjes worden de bijproducten geplaatst (Figuur 69).

Figuur 69 Inpakken 800

Stap 5, afbinden

Het afbinden van de 800 gebeurt op dezelfde manier. In plaats van twee bandjes worden vier bandjes geplaatst omdat dit product veel langer is. Tussen de twee middelste bandjes wordt weer de handleiding geplaatst. In Figuur 70 en Figuur 71 is te zien hoe de bandjes worden geplaatst.

Figuur 70 Afbinden positioneren

Figuur 71 Afbinden 800

Stap 6, afmaken

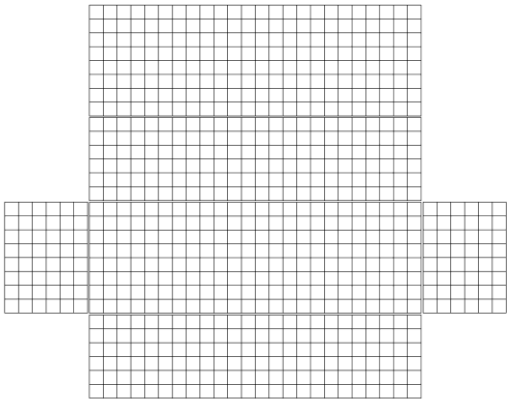
Het stickeren van het product en het opleggen op de pallet verschilt niet van de overige maten.

Productieproces 1200x400x300mm

Stap 1, ophangen

Omdat de 1200 aanzienlijk groter is dan de andere maten past er maar één op het bord. De lay-out van de 1200 is hetzelfde als die van de 800. In Figuur 72 en Figuur 73 is te zien hoe de 1200 op het bord hangt en in welke lay-out.

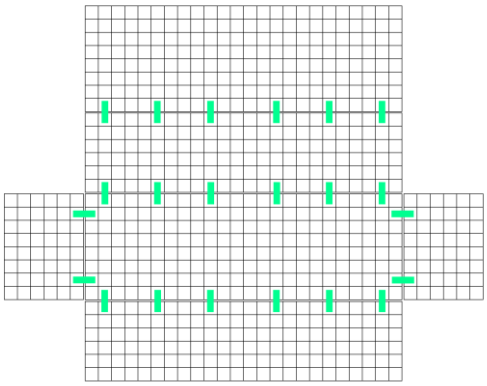
Figuur 72 ophangen 1200



Figuur 73 lay-out 1200

Stap 2, schieten

Het schieten van de 1200 is identiek aan de andere twee maten op de lay-out na. De krammen lay-out lijkt op die van de 800. In Figuur 74 is de lay-out te zien.



Figuur 74 krammen lay-out 1200

Stap 3, afhalen

Het afhalen en opvouwen en plaatse op de rollerbaan gebeurt op precies dezelfde manier als bij de 800. Omdat bij de 1200 een product per keer kan worden geplaatst op het bord kunnen de eerste drie stappen met twee man niet op dezelfde manier parallel plaatsvinden als bij de 400 en 800. Dit is opgelost door stap 4, het inpakken, te betrekken bij dit deel. Ook wordt het ophangen van nieuwe panelen deels gecombineerd met het schieten. Beide personen hangen zo een deel van de panelen op. Omdat het product wat groter is kan een persoon links ophangen terwijl rechts wordt geschoten door de andere persoon (Figuur 75).

Figuur 75 combineren ophangen en schieten

Stap 4, inpakken

Het inpakken van de 1200 wordt op dezelfde manier gedaan als bij de 800. De bijproducten, een zakje krammen en bij de 1200 drie spanners, worden tussen de ‘deurtjes’ geplaatst.

Stap 5 & 6, afbinden en afmaken

Ook bij de laatste stappen gebeurt precies hetzelfde als bij de 800. Ook weer vier bandjes met de handleiding tussen de middelste twee, een sticker erop en op de pallet.

Klempunten

Tijdens het analyseren van het proces zijn een aantal opvallende zaken naar voren gekomen. Zo zijn er al meteen een aantal kleine puntjes die de productiesnelheid wat kunnen verbeteren.

In Figuur 76 en Figuur 77 zijn de tunnelmachine en het voetpedaal waarmee deze wordt bediend te zien. Het pedaal zit met een tie-wrap om een poot van de rollerbaan vast. Het pedaal kan hierdoor draaien om de poot. Het pedaal verdwijnt hierdoor vaak onder de tafel achter de poot waardoor het personeel het pedaal moet zoeken. Dit kost onnodig tijd.

Figuur 76 Pedaal tunnelmachine

Figuur 77 Tunnelmachine

Verder worden de pallets met de panelen die moeten worden opgehangen soms te dicht bij het bord gezet waardoor personeel onnodig extra hoog moet tillen, rare bewegingen moet maken of elkaar in de weg loopt. Dit kot niet alleen tijd maar kan ook ergonomisch onverantwoord zijn en op lange termijn klachten opleveren. In Figuur 78 is hier een voorbeeld van te zien.

Het doosje waar de stickers in zitten is geen vaste plek voor. Deze wordt nu vaak in de rollerbaan geklemd zoals is te zien in Figuur 79. Het doosje valt vaak of ligt toch weer op een andere plek waardoor tijd verloren gaat.

Figuur 78 pallet positionering bij het bord

Figuur 79 Stickerdoos in rollerbaan

Het onderdeel wat eruit springt in het proces is het schieten van de krammen. Hierbij gaat geregeld iets mis. Het apparaat moet goed worden gepositioneerd met de bekken over de te schieten panelen en zodanig worden bediend dat het apparaat zijn hele slag af kan maken. Als deze dingen niet gebeuren ontstaan fouten zoals te zien in Figuur 80, Figuur 81, Figuur 82 en Figuur 83. Uit de tijdmetingen blijkt dat deze fouten enorm veel tijd kosten aangezien ze weggeknipt moeten worden en opnieuw geschoten. Bijvoorbeeld bij de 1200 kan binnen 25 seconden worden geschoten als dit foutloos gebeurt. Bij een of zelfs meerdere fouten loopt dit op tot wel 70 seconden. Fouten komen ook nog is vaak voor. Zeker 1 op de 4 reeksen bevat een of meerdere fouten. Buiten veel tijd kosten deze fouten ook geld. Krammen kosten per stuk niet veel maar er zijn dagen dat r zodanig veel krammen worden gemist dat dit tot een paar tientallen euro’s per dag op loopt. Op jaarbasis is dit best serieus geld. Beschadigde panelen zijn daarnaast nog kostbaarder.

Figuur 80 kramfout, dubbele kram

Figuur 81 Kramfout, verkeerde plek

Figuur 82 Kramfout, losse kram

Figuur 83 Paneel beschadigd

In de weg-tijd diagrammen is ook te zien dat het schieten bij de 800 en 1200 het meeste tijd in beslag neemt. Ook is het zo dat het schieten een persoon in beslag neemt waar tegelijk het ophangen en afhalen soms zelfs samen met het inpakken ook allemaal door een persoon gebeurt.

Wat opvalt bij de 400 is de lange tijd van het inpakken in vergelijking met de rest. Dit blijkt te liggen aan het feit dat iemand op dat moment werd ingewerkt en er dus beduidend langer over doet dan normaal. Normaal gesproken zou dit meer vergelijkbaar met de 800 en 1200 moeten zijn.

Conclusie en advies

Na de analyse lijkt het schieten van de krammen een veel belovende stap om te automatiseren. Deze stap neemt veel tijd en mankracht in beslag in vergelijking met de andere stappen. Een voordeel is dat bij een automatisering van deze stap geen grote afstanden moet worden afgelegd zoals bijvoorbeeld bij het afhalen en plaatsen op de rollerbaan. Het schieten speelt zich enkel binnen de afmetingen waarbinnen de krammen moeten worden geplaats af. Een groot voordeel van een automatisering hier is dat de fouten waardoor veel tijd verloren gaat kunnen worden voorkomen. Daarnaast kan een machine of robot altijd sneller en preciezer bewegen dan een mens met een relatief zwaar apparaat.

Om op dit moment al wat eerste optimalisaties toe te voegen zijn er een aantal adviezen:

- Het pedaal van de tunnelmachine vastzetten. Dit kan eenvoudig, snel en goedkoop worden gedaan door deze via een plankje aan de pallets ernaast te bevestiggen.
- Zorgen dat de pallets met de panelen op een prettige werkafstand worden geplaats. Door lijnen op de vloer aan te brengen kan worden gewaarborgd dat de pallets altijd op de juiste plek worden geplaatst.
- Een houder aanschaffen en monteren om de stickerdoor in op te hangen. Zo weet iedereen altijd waar de doos is en kunnen stickers snel en eenvoudig worden gepakt.

Bijlage V, Onderzoek robotica oplossingen

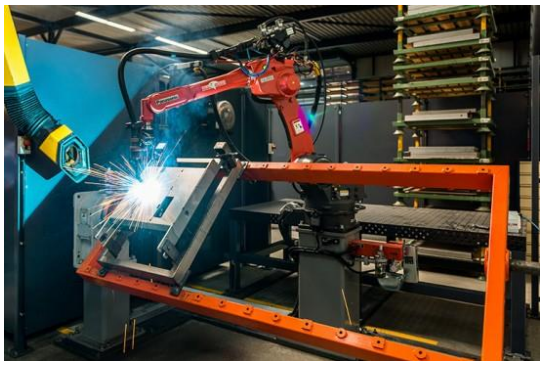
In de automatisering/robotisering industrie worden hoofdzakelijk drie soorten robots gebruikt. De robotarm (Figuur 84), de deltarobot (Figuur 85) en de SCARA-robot (Figuur 86).

Figuur 84 Robotarm (fanuc.eu)

Figuur 85 Deltarobot (fanuc.eu)

Figuur 86 SCARA-robot (fanuc.eu)

Deze robots kunnen op allerlei manieren worden ingezet. Ze worden soms individueel ingezet als bijvoorbeeld enkele lasrobot zoals is te zien in Figuur 87 maar worden ook vaak gecombineerd zoals in Figuur 88 is te zien.



Figuur 87 Enkele lasrobot (Heukelens & van Veluw)

Figuur 88 Productielijn samenwerking tussen robots (VDL)

Robotarmen

De robotarmen zijn er in allerlei soorten te verkrijgen. Voornaamste parameters waarop ze verschillen van elkaar zijn: Pay-load (hoeveelheid gewicht wat aan de kop kan worden bevestigd), reach (reikwijdte van de arm), repeatability (hoe nauwkeurig een beweging kan worden uitgevoerd en herhaald) en snelheid (hoe snel de assen kunnen bewegen). De samenstelling van deze parameters is de grootste factor voor de prijs van de armen. De prijs kan variëren van enkele tienduizenden euro's tot tonnen voor een enkele arm. Tegenwoordig is er ook een aardige markt met tweedehands armen. Deze zijn vooral afkomstig uit de automotive industrie. Ze worden refurbished en tegen aantrekkelijkere prijzen verkocht. Bij de tweedehands armen zijn de parameters minder belangrijk voor de prijs en gaat het vooral om leeftijd en beschikbaarheid. Een tweedehands robotarm kan al vanaf enkelen duizenden euro's worden aangeschaft. Robotarmen worden heel divers ingezet omdat de kop kan worden uitgerust met elk mogelijk gereedschap dat

men maar kan verzinnen. Vaak worden ze voorzien van lasuitrusting of grijpers. Omdat de armen 6-assig zijn kunnen ze binnen de reach van de robot in elke mogelijke hoek aan het werk.

Deltarobots

De deltarobot is een relatief nieuwe variant. Deze wordt veelal voor pick and place toepassingen gebruikt en kan dan ook vaak geen hoge pay-load aan. Ze zijn vooral gedefinieerd door snelheid en nauwkeurigheid. Ze zijn vaak uitgerst met visuele sensoren om producten te herkennen en op te pakken/ te plaatsen. Deltarobots worden opgehangen en werken altijd naar beneden. Ze hebben een stuk minder flexibiliteit dan de robotarmen omdat er aanzienlijk minder assen zijn (drie stuks). De deltarobot kan dan ook geen hoeken maken maar enkel in de x,y en z-as bewegen. Deltarobots worden eigenlijk altijd uitgerust met grijpers.

SCARA-robots

SCARA staat voor: Selective Compliance Assembly Robot Arm. De naam zegt het eigenlijk al, de SCARA is een robot die een beperkt selectief taakje kan uitvoeren. Ze worden vaak gebruikt voor simpele assemblage stappen zoals het inschroeven van een schroefje of het plaatsen van een componentje. De SCARA-robots worden bijna altijd in meervoud toegepast in een productielijn. Net als de Deltarobot heeft de SCARA ook maar drie assen waarin deze kan bewegen wat betekent dat de kop ook geen hoeken kan maken. De SCARA-robots zijn heel compact en simpel waardoor ze relatief goedkoop zijn in verhouding met de armen en deltarobots.

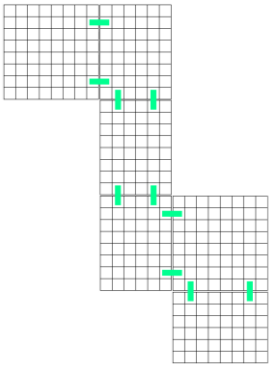
Conclusie

Een heel scala aan diverse robots is beschikbaar van simpele SCARA robots tot enorme gecompliceerde robotarmen met hoge pay-load en nauwkeurigheid. De prijzen variëren ook enorm en zijn afhankelijk van de specificaties van de robots. Voor een toepassing in de automatisering van het schieten van de krammen lijkt een robotarm voor de hand te liggen. De deltarobot is door de lage pay-load en horizontaal werkveld waarschijnlijk ongeschikt. Ook de SCARA-robot is minder geschikt door dezelfde gebreken. Een refurbished robotarm kan een oplossing zijn om niet over het budget heen te gaan door een te dure robotarm.

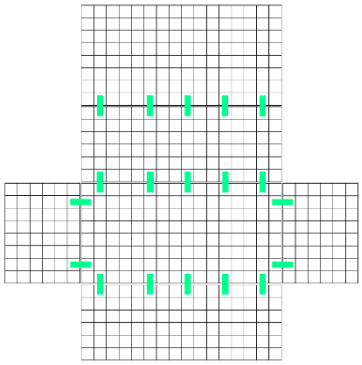
Bijlage VI, Onderzoeksrapport Nieuwe lay-out van de 400mm korf

Inleiding

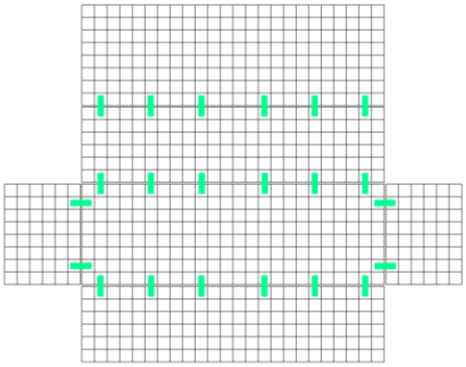
Tijdens de analyse van de PdL-productie is opgevallen dat de lay-out waarin de 400mm korf (Figuur 89) wordt geproduceerd afwijkt van de lay-out van de 800mm (Figuur 90) en de 1200mm (Figuur 91). Wanneer een automatisering in het schieten wordt gerealiseerd is het handig zoveel mogelijk overlapping te hebben van de plekken waar de krammen geschoten moeten worden, in de tekeningen met groen aangegeven. De reden waarom de 400mm op deze manier wordt geproduceerd is onduidelijk, ook de opdrachtgever heeft geen antwoord op die vraag.



Figuur 89 Lay-out 400mm



Figuur 90 Lay-out 800mm

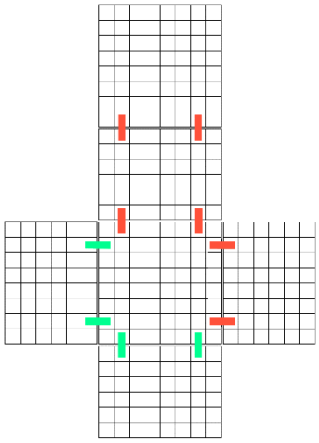


Figuur 91 Lay-out 1200mm

Opzet en uitvoering

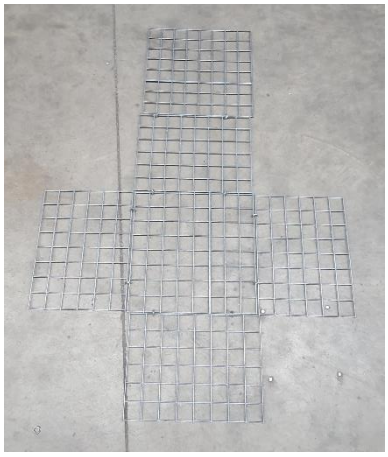
Om te kijken of de 400mm op dezelfde wijzen kan worden geproduceerd is een test uitgevoerd waarbij alle stappen van de productie worden doorlopen. De eindresultaten van het huidige product en het eindproduct met de nieuwe lay-out zijn vergeleken en samen met de opdrachtgever is bepaald of het nieuwe product voldoet aan de eisen. Voor de test zijn twee gaaspanelen van 400x400mm en vier panelen van 400x300mm gebruikt. Daarnaast is een kramapparaat met 10 krammen en een bok om de panelen op te hangen gebruikt. Als referentie is een regulier eindproduct van de 400mm gebruikt.

De nieuwe lay-out is weergegeven in Figuur 92. Op de rode plekken worden krammen geschoten die daar in de oude lay-out niet zaten. De groenen zijn onveranderd. Het aantal krammen veranderd niet. Met deze lay-out kunnen de drie maten zodanig worden overlapt dat het gebied waarin de krammen moeten worden geplaatst altijd binnen de maten van de 1200mm passen en bij alle drie de maten minimaal vijf krammen overlappen. In Figuur 93 is te zien hoe de korf in geschoten. Figuur 94 geeft het resultaat weer. Na het schieten is de korf verder afgemaakt om het eindresultaat te vergelijken.



Figuur 92 Nieuwelay-out 400mm korf

Figuur 93 400mm korf schieten



Figuur 94 Nieuwe 400mm korf

Resultaten

In Figuur 95 is het eindresultaat naast het reguliere product gelegd. Het resultaat is goed. Het nieuwe product kan goed worden opgevouwen, ingepakt en afgebonden. Het eindresultaat verschilt slechts op een punt met dat van de reguliere 400mm. Met de nieuwe lay-out wordt de breedte van het eindproduct 100mm breder. De hoogte en lengte van het product is onveranderd. De kwaliteit en esthetiek van het product is goed. De opdrachtgever is tevreden over het resultaat. De eindklant moet nog akkoord geven op de nieuwe lay-out maar de opdrachtgever verwacht daar geen enkel probleem. Omdat de nieuwe breedte in dezelfde getalen de dimensies van een pallet niet veranderd zal voor de klant niks veranderen. Het iets bredere eindproduct zal geen probleem geven. Het product ligt niet ook qua uiterlijk meer in een lijn met de andere twee maten.

Figuur 95 Eindresultaat nieuwe lay-out naast reguliere 400mm

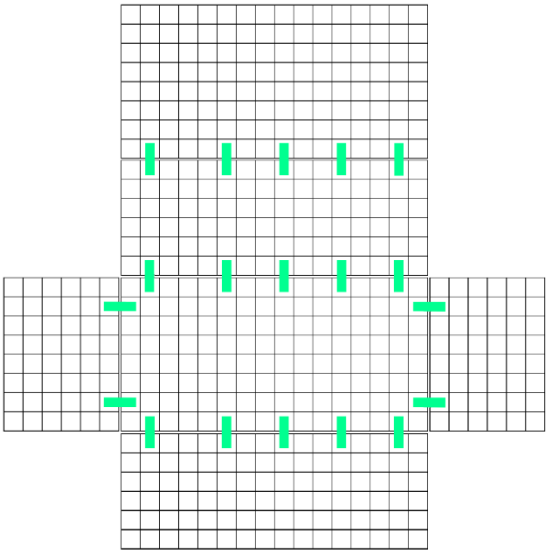
Conclusie

De nieuwe lay-out is wat de opdrachtgever betreft een succes. Enkel de eindklant (PdL) moet nog akkoord geven maar hier worden geen problemen mee verwacht. Daarom wordt uitgegaan van de productie in deze lay-out tijdens het automatiseren. Om de productiemedewerkers te laten wennen aan de nieuwe lay-out zal een trial worden ingepland (na officiële goedkeuring van PdL) om de nieuwe lay-out in de huidige handmatige productie alvast te integreren.

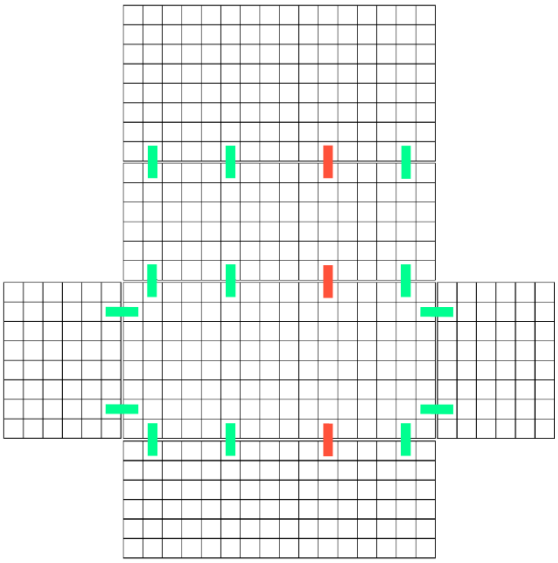
Bijlage VII, Onderzoeksrapport nieuwe krammen lay-out 800mm korf

Inleiding

Tijdens het analyseren van de huidige productie en de producten viel op dat de 400, 800 en 1200 korven niet op dezelfde manier worden geproduceerd. Naast de compleet andere lay-out van de 400 viel ook de krammen lay-out van de 800 op. In Figuur 96 is de huidige lay-out te zien. In Figuur 97 is de lay-out te zien zoals deze ook bij de 1200 wordt toegepast. De groene krammen zijn op dezelfde plek als de huidige, de rode zijn nieuw. De reden voor de oude lay-out is niet helemaal helder bij de opdrachtgever. Zoals te zien worden op de voorgestelde manier vier in plaats van vijf krammen in de breedte gebruikt. De vraag die hier optreedt is dan ook: is deze lay-out sterk genoeg en buigen de zijkanten niet te veel uit bij het vullen? Dit moet worden getest.



Figuur 96 Krammen lay-out oud



Figuur 97 Krammen lay-out voorstel

Opzet en uitvoering

Om de nieuwe lay-out te testen wordt een proefstuk gemaakt. Deze wordt vervolgens gevuld met stenen om te beoordelen of de lay-out genoeg stevigheid biedt en de zijkanten niet te veel onder de druk van de stenen naar buiten buigen. In Figuur 98 is de proefkorf te zien zoals deze is geschoten. Om de korf te schieten is deze op de bok voor van de 800 korf gehangen maar is de krammen lay-out zoals in Figuur 97 gebruikt.

Door de korf in elkaar te zetten en te vullen met stenen kan worden getest of de lay-out genoeg stevigheid beidt. In Figuur 99 is de geassembleerde korf te zien, deels gevuld met stenen.

Figuur 98 Proefkorf

Figuur 99 proefkorf vullen met stenen

Resultaten

Om het extra gewicht van de stenen te simuleren is iemand in de halfgevulde korf gaan staan. Het gewicht van deze persoon komt overeen met het gewicht van de extra stenen. Zoals in Figuur 100en Figuur 101 is te zien voldoet de korf met de voorgestelde lay-out ruimschoots aan de stevigheidseis. De kanten buigen helemaal niet door.

Figuur 100 Resultaat voorzijde

Figuur 101 Resultaat lange zijde

Conclusie

Uit de test kan geconcludeerd worden dat de voorgestelde lay-out voor de krammen van de 800 een succes is. Na de test bleek de lay-out ruim voldoende stevigheid te bieden en de kwaliteit van het eindproduct daardoor niet te beïnvloeden. De nieuwe lay-out moet nog officieel worden goedgekeurd door de klant. Aangezien het eindproduct zelf niet veranderd maar deze wel goedkoper kan worden geproduceerd (drie krammen minder per korf) worden hier geen problemen voorzien.

Bijlage VIII, Kostendatasheet huidige productie

2019 KF verrekenprijs, dd 170719

EAN	description	panelen	C-kram	20*twisted	haken	label	straps	str/pal	wkklfolie	mat	#/pallet	mn/bok	#/uur	assy	mach	facilities	assy	19VRRKN	18VRRKN	delta	verkocht	pllts	Verreken	19verschil	korting	2019FCA	FCA2018		DG FCA	DG gemidd	manuren	mndgn
3663602726876	GABION KIT L80XH40XP3C	€ 8,36	€ 0,30	€ 0,88	€ 0,29	€ 0,42	€ 0,06	€ 0,005	€ 0,01	€ 10,32	54	2	40	€ 1,52	€ 0,15	€ 0,0957	€ 1,77	€ 12,09	11,74	2,9%	2.420	44,8	€ 29.255	€ 3,27	9,0%	€ 15,36	€ 16,88	€ 37.173	21%		121	17,3
3663602726883	GABION KIT L120XH40XP3	€ 11,00	€ 0,34	€ 0,88	€ 0,43	€ 0,42	€ 0,06	€ 0,006	€ 0,02	€ 13,16	42	2	35	€ 1,73	€ 0,18	€ 0,1230	€ 2,03	€ 15,19	15,14	0,3%	5.820	138,6	€ 88.405	€ 6,36	9,0%	€ 21,55	€ 23,68	€ 125.414	30%	27,6%	333	47,5
3663602726890	GABION KIT L40XH40XP3C	€ 4,98	€ 0,16	€ 0,88	€ 0,14	€ 0,42	€ 0,06	€ 0,003	€ 0,01	€ 6,65	96	2	62,5	€ 0,97	€ 0,10	€ 0,0538	€ 1,12	€ 7,77	8,04	-3,3%	2.290	23,9	€ 17.803	€ 3,65	9,0%	€ 11,42	€ 12,55	€ 26.153	32%		73	10,5
3663602726906	GABION PANEL 120X40	€ 2,68				€ 0,07				€ 2,75		1	240	€ 0,07			€ 0,07	€ 2,82	2,528	11,6%	640		€ 1.804	€ 1,17	4%	€ 3,99	€ 4,16	€ 2.553	29%		3	0,4
3663602726913	GABION PANEL 80 X 40	€ 1,81				€ 0,07				€ 1,88		1	240	€ 0,07			€ 0,07	€ 1,95	1,836	6,1%	500		€ 974	€ 0,92	4%	€ 2,87	€ 2,99	€ 1.434	32%		2	0,3
3663602726920	GABION PANEL 40 X 40	€ 0,99				€ 0,07				€ 1,06		1	240	€ 0,07			€ 0,07	€ 1,13	1,126	0,2%	120		€ 135	€ 0,62		€ 1,75	€ 1,75	€ 210	35%		1	0,1
3663602726937	GABION PANEL 120 X 20	€ 1,50				€ 0,07				€ 1,57		1	240	€ 0,07			€ 0,07	€ 1,64	1,636	0,1%	300		€ 491	€ 0,91	1%	€ 2,55	€ 2,58	€ 765	36%		1	0,2
3663602726944	GABION PANEL 80 X 20	€ 1,08				€ 0,07				€ 1,15		1	240	€ 0,07			€ 0,07	€ 1,22	1,216	0,2%	220		€ 268	€ 0,68	1%	€ 1,89	€ 1,91	€ 417	36%		1	0,1
3663602726951	GABION PANEL 40 X 20	€ 0,62				€ 0,07				€ 0,69		1	240	€ 0,07			€ 0,07	€ 0,76	0,756	0,3%	580		€ 440	€ 0,41		€ 1,17	€ 1,17	€ 679	35%		2	0,3
3663602726968	ANTI BUNGLE BAR 30	€ 0,14				€ 0,02				€ 0,16		1	360	€ 0,05			€ 0,05	€ 0,21	0,204	2,7%	1.900		€ 397	€ 0,09	3%	€ 0,30	€ 0,31	€ 568	30%	3,7 ##	5	0,8
3663602726975	ANTI BUNGLE BAR 20	€ 0,12				€ 0,02				€ 0,14		1	360	€ 0,05			€ 0,05	€ 0,19	0,185	2,7%	2.350		€ 445	€ 0,06		€ 0,25	€ 0,25	€ 578	23%	2,95 ##	7	0,9
3663602726982	ANTI BUNGLE BAR 40	€ 0,15				€ 0,02				€ 0,17		1	360	€ 0,05			€ 0,05	€ 0,22	0,214	2,7%	800		€ 176	€ 0,09	4%	€ 0,31	€ 0,33	€ 250	30%	3,91 ##	2	0,3
3663602726999	FIXING CLIPS BAG	€ 1,30				€ 0,03				€ 1,33		1	360	€ 0,05			€ 0,05	€ 1,38	1,758	-21,5%	800		€ 1.103	€ 0,71		€ 2,09	€ 2,09	€ 1.672	34%		2	0,3
3663602727002	FIXING INTERFACE	€ 2,12				€ 0,03				€ 2,15		1	360	€ 0,05			€ 0,05	€ 2,20	2,378	-7,5%	1.150		€ 2.529	€ 3,74	10%	€ 5,94	€ 6,60	€ 6.831	63%		3	0,5
m2 prijs				2018																-0,2%			€ 144.225					€ 204.696	34,9%	DG gemidd re:	556	79

Toon vd Wiel: 170719
400*300 inkoop bij Betafence uit 2018

€ 7,75	400*200	€ 0,62		€ 0,62	1,00	prijs 2018*1	voldoende voorraad			#/u	sec/stk		
€ 6,25	400*300	€ 0,75	€ 0,75	€ 0,80	1,00	avg obv 800/1200 pnln		12,08		35	103	43,75	
€ 6,19	400*400	€ 0,99	€ 0,99	€ 0,99	1,00	avg obv 800/1200 pnln		15,32		50	72		
€ 6,75	800x200	€ 1,08		€ 1,08	1,00	prijs 2018*1	voldoende voorraad	8,453		62,5	58		
€ 6,75	800*300	€ 1,62	€ 1,62	€ 1,33	1,00	actuele prijs				200	18		
€ 5,66	800*400	€ 1,81	€ 1,81	€ 1,79	1,00	actuele prijs				240	15		
€ 6,25	1200*200	€ 1,50		€ 1,50	1,00	prijs 2018*1	voldoende voorraad			300	12		
€ 5,75	1200*300	€ 2,07	€ 2,07	€ 1,90	1,00	actuele prijs				360	10		
€ 5,58	1200*400	€ 2,68	€ 2,68	€ 2,39	1,00	actuele prijs							
	c-kram	€ 0,0156		€ 0,0185	0,84	actuele prijs							
	20 twisted (€ incl transpo	€ 0,880		€ 0,860	1,02	actuele prijs							
	30 twisted	€ 1,300		€ 1,290	1,01	actuele prijs							
	haken320	€ 0,143		€ 0,139	1,03	prijs 2018*1,03					232		
	haken 220	€ 0,124		€ 0,120	1,03	prijs 2018*1,03					716		
	haken 420	€ 0,153		€ 0,149	1,03	prijs 2018*1,03					123		
	fixing clip 2 stks in zakje	€ 2,12		€ 2,12	1	is actuele prijs	voldoende voorraad				1071		
	A4 label plus sticker	€ 0,420		€ 0,420	1	mrt-19	0,030	veel problemen dus ik hou oude prijs aan					
	sleufetiket	€ 0,0652		€ 0,0652	1								
	100*46 plaketiket	€ 0,0173		€ 0,0173	1								
	50*50 plaketiket	€ 0,0305		€ 0,0305	1								
	straps/kit	€ 0,062	4/produ	€ 0,062	1								
	straps/pallet	€ 0,256	4m/pall	€ 0,256	1								
	wikkelfolie/pallet	€ 0,700	50pallet	€ 0,700	1					uurtarief	persoon		
	chep pallet	niet meegerekend											
	euro pallet	niet meegerekend											
	direct manuur kits	€ 30,33	€25/u + sup over 6 man á € 32							€ 14,45	149.200		
	direct manuur accessoire	€ 17,50	marion							€ 10,09			

Toon vd Wiel: 170719
400*400
Vrrd uit 2018, lijkt voldoende voor 2019

Toon vd Wiel: 170719
800*300-800*400-1200-300 en 1200*400 andere prijzen ivm hogere

	€/u	
krammach	€ 1.500	€ 0,31	3jr-40wk-40u
montagebok	€ 1.000	€ 0,21	3jr-40wk-40u
strapmach	€ 5.000	€ 1,04	3jr-40wk-40u
handstrap	€ 3.000	€ 0,63	3jr-40wk-40u
wikkelmach	€ 5.000	€ 1,04	3jr-40wk-40u

alles hetzelfde kortingspercentage

		delta	helft	gemidd DG	was2018
	bij kortin	0%	166.042	83.021	31,8%	-2,3%
	-2.558	1%	160.926	80.463	31,1%	-3,0%
-5.116	-2.558	2%	155.810	77.905	30,4%	-3,7%
-6.395	-1.279	2,5%	153.252	76.626	30,0%	-4,1%
-7.674	-1.279	3%	150.694	75.347	29,6%	-4,5%

2019 RFQ KF hoogte pallet naar 1000 als het kan

	hoogte n	pallet	producten	#	gemidd	rest	theor	meenemen	#/pallet		
kit800	880	150	730	50	29,2	120	4,1	2	54	938,4	
kit1200	700	150	550	30	36,7	300	8,2	6	42	920	
kit400	700	150	550	80	27,5	300	10,9	8	96	810	to be tested

Bijlage IX, Onderzoek Industriële automatisering

Om wat achtergrondkennis over automatiseren op te doen en wat ideeën te krijgen over wat er zoal aan automatisering op de markt is wordt een deskresearch uitgevoerd op dit vlak.

Wat is automatisering

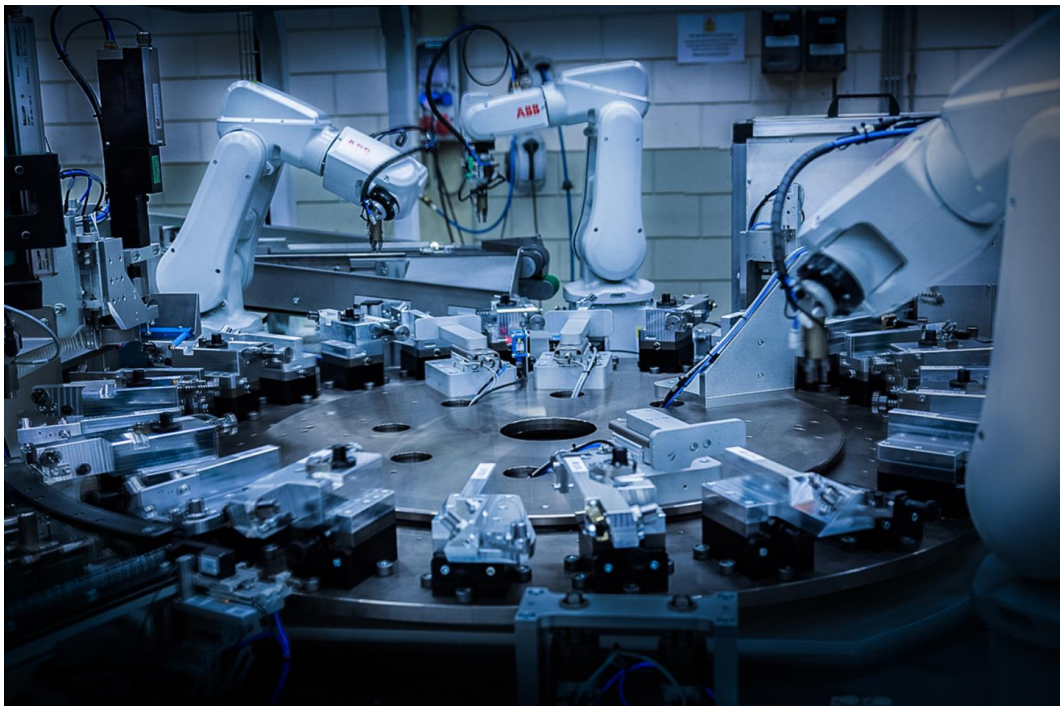
Het automatiseren van een proces is het sturen, beheren, berekenen en controleren van productieprocessen (Kremer, n.d.). Door het inzetten van machines en robots in combinatie van technieken als PLC, HMI, Motion control etc. kunnen processen worden geautomatiseerd. De grootste voordelen van automatiseren zijn verhoogde efficiëntie, een hogere output en een hogere kwaliteit van het product.

Enkele voorbeelden van automatisering

Automatische dozen vulmachine (burgmetaal, n.d.). Deze machine vult volledig automatische dozen met kitspuiten (Figuur 102). De kitspuiten komen vanuit de productielijn via een rollerbaan naar de machine gerold. De machine vouwt door middel van een aantal pneumatisch aangedreven onderdelen een doos uit. Vervolgens wordt door een grijper (middels vacuüm) de kitspuiten opgepakt en via een geleiding worden deze in de doos geplaatst.

Figuur 102 Dozen vulmachine

Een samenwerking tussen machine en robots. Deze machine van Tuinte maakt accuklemmen voor de automotive industrie (Figuur 103). De machine kan acht varianten tegelijk maken. Door robotica, vision, pick and place, schroefautomaten en andere pneumatische mechanismen te combineren worden de producten gemaakt. Door sensoren en camera's met daarachter slimme software wordt alles in goede banen geleid. Door middel van een roulerende carrousel worden de producten stap voor stap geproduceerd.



Figuur 103 Accuklem machine

De automatiseringsoplossing in Figuur 104 is een verpakkingsmachine die levende insecten verpakt van SSEB (SSEB, n.d.). De machine verpakt de insecten door gebruik te maken van verschillende pneumatische grijpers die via geleidingen bakjes en deksel oppakken en plaatsen. Samen met ingaande en uitgaande lopende banden wordt het product van de klant (insecten) volledig autonoom verpakt.

Figuur 104 Verpakkingsmachine voor levende insecten

Automatisering wordt veel toegepast in de automotive industrie. Zo is in Figuur 105 een geautomatiseerde productielijn te zien van VDL-Nedcar. In deze automatisering ligt de nadruk op de robots. Lasrobots worden met name ingezet om carrosserieën in elkaar te lassen. Vaak werken in deze productielijnen automatisering nog samen met mensen.

Figuur 105 automotive industrie

Conclusie

De voorbeelden die hier zijn te zien zijn maar een kleine greep uit alle voorbeelden die op internet te vinden zijn. De automatiseringsindustrie is enorm en de toepassingen zijn ontelbaar. Elke toepassing heeft een automatisering op maat. Opvallend is dat vaak robots en machines samen worden ingezet in een automatisering. Ook wordt veel gebruik gemaakt van geleidingen en pneumatiek voor simpelere bewegingen waar geen robot voor nodig is. Dit zou ook iets kunnen zijn om toe te passen binnen Gard & Care.

Bijlage X, Werking Meiho kramapparaat

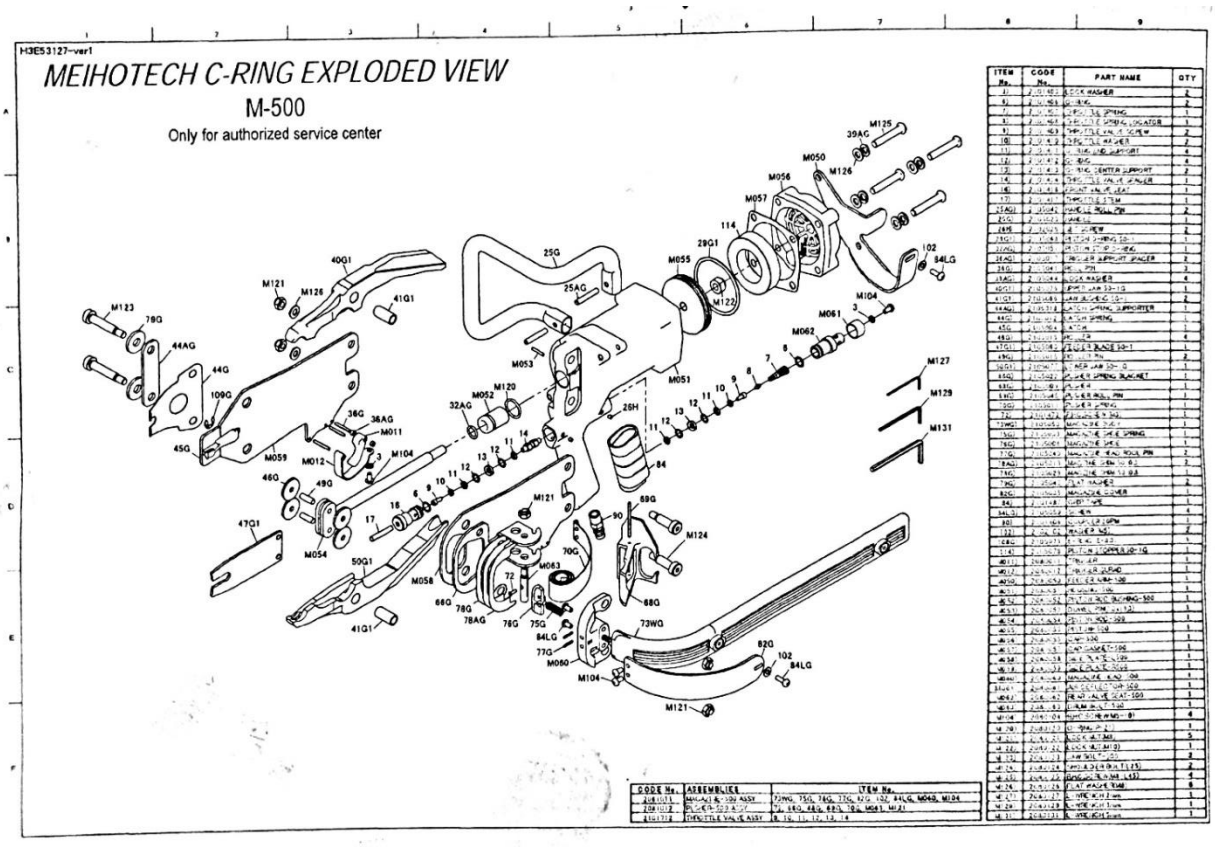
Het apparaat wat in de huidige productie wordt gebruikt om de krammen mee te plaatsen is de Meiho M-500 C-ringer, op de werkvloer krammer genoemd. In dit onderzoek wordt uitgezocht hoe dit apparaat werkt en of deze techniek toepasbaar is voor een automatisering.

Meiho M500

In Figuur 106 is de Meiho M-500 te zien. Het is een pneumatisch aangedreven kramapparaat van Japanse makelij. Het apparaat weegt ongeveer 6.5 kg en heeft een werkdruk van tussen de 6 en 7 bar. De krammen die geplaatst kunnen worden met dit apparaat zijn de CL-50 krammen. In Figuur 107 is de exploded view weergegeven van het apparaat. Het apparaat lijkt gecompliceerd met een hele hoop onderdelen maar dat valt mee. De M-500 is eigenlijk niets meer dan een tang die doormiddel van een dubbelwerkende pneumatische cilinder, aangestuurd door een ingebouwd 5/2 ventiel, een kram dichtknijpt. Een simpel maar zeer effectief apparaat. De dubbelwerkende beweging laadt via een magazijn automatisch een nieuwe kram in de bek nadat de vorige is

Figuur 106 Meiho M-500 kramapparaat

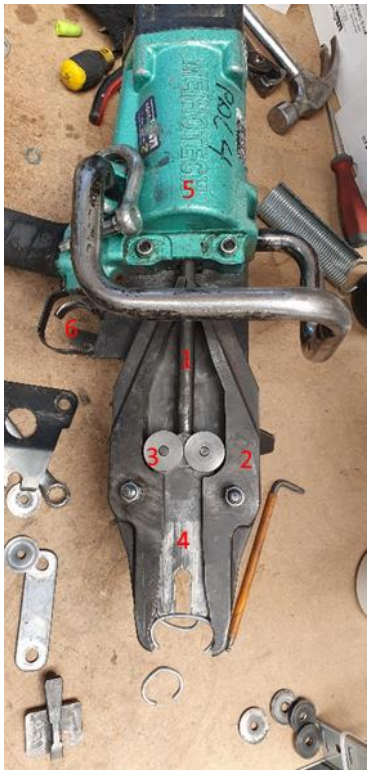
dichtgeknepen. Het apparaat bestaat uit drie hoofdzakelijke onderdelen. Het mechanisme dat de krammen dichtknijpt en aanvoert (het zwarte deel), de pneumatische cilinder (het groene achterste deel) en de klep met trekker (onder in het groene gedeelte achter de trekken). Het hoge gewicht van de M-500 is te wijten aan de zware mechaniek van gereedschapstaal in combinatie met een zware cilinder ook uitgevoerd in staal. Waarschijnlijk is hiervoor gekozen om het apparaat enigszins in balans te brengen voor de operator.



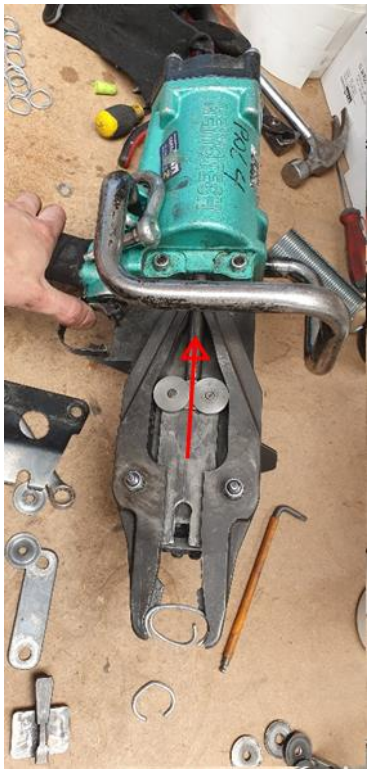
Figuur 107 M-500 exploded view

Mechaniek

In Figuur 108, Figuur 109 en Figuur 110 is in drie stappen de werking van het dichtknijpen van de krammen te zien. Om het mechanisme bloot te geven is aan een kant de afschermplaat weggehaald. Stap 1 (Figuur 108) is de rust situatie zonder dat luchtklep via de trekker wordt bediend. Een open kram bevindt zich in de bekken(2) en staat klaar om dichtgedrukt te worden. Zoals is te zien is in deze staat de zuigerstang(1) volledig uitgedrukt Als de trekker(6) van het apparaat wordt bediend wordt de cilinder(5) geactiveerd, dit is in stap 2 (Figuur 109) te zien. De zuigerstang trekt zich in. Aan de zuigerstang zijn geleidende ringen(3) en een pusher(4) bevestigd. De ringen lopen langs de bekken en duwen deze naar buiten. Dit is in stap 3 (Figuur 110) te zien. Omdat de bekken een draaipint in het midden hebben maken ze een beweging die vergelijkbaar met die van een tang is. De kram die in de voorzijde van de bekken zit wordt daardoor dicht gedrukt. Door de trekker vervolgens weer los te laten schuift de zuigerstang weer uit en wordt de dichte kram losgelaten.

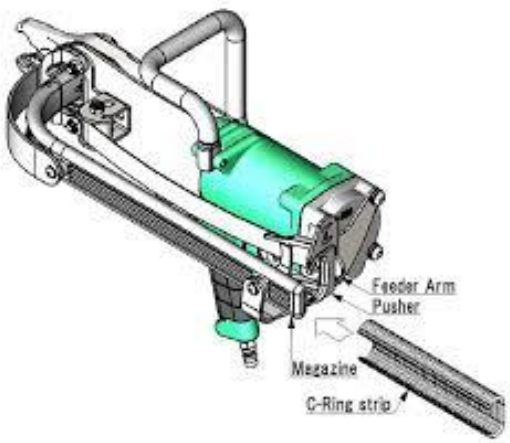


Figuur 108 mechaniek stap 1

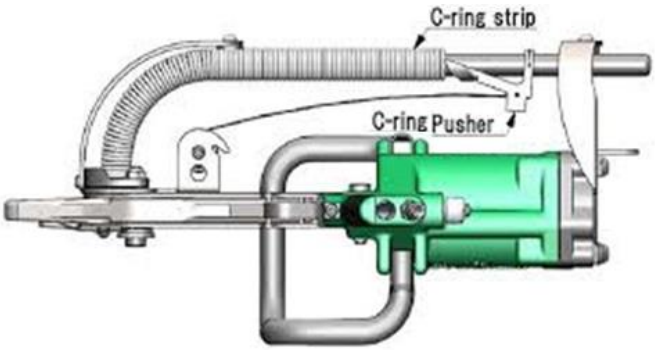

Figuur 109 mechaniek stap 2

Figuur 110 mechaniek stap 3

Bij de teruggaande beweging wordt een nieuwe kram door de pusher(4) in de bekken geduwd. Zo ontstaat situatie 1 (Figuur 108) weer en kan de hele cyclus worden herhaald. De open krammer worden vanaf de zijkant via een magazijn aangeboden zoals is weergegeven in Figuur 111 en Figuur 112. Een bladveer duwt via de C-ring pusher op de krammen die door het magazijn naar de bekken worden gebracht. Daar pakt de pusher(4) tijdens de teruggaande beweging na stap 3 de kram op en brengt deze in de positie waarin hij geplaatst kan worden.



Figuur 111 magazijn laden



Figuur 112 gevuld magazijn onder spanning van de veer

Falen

Tijdens het werken met het apparaat en uit gesprekken met medewerkers binnen G&C. Is naar voren gekomen dat het apparaat soms faalt. De voornaamste oorzaak van deze falen is de bediening door de operator van het apparaat. Als de trekker niet lang genoeg wordt ingedrukt maakt de cilinder niet de volledige stappen af. Daardoor kan het zijn dat krammen maar half dicht worden gemaakt, dit is eerder in Bijlage IV, Procesanalyse besproken. Daarnaast kan het zijn dat krammen die niet juist geladen worden vast komen te zitten in de mechaniek. Omdat het apparaat erg robuust is zorgt dit niet voor beschadiggingen van het apparaat maar moet deze wel uit elkaar worden gehaald om de vastloper eruit te halen. Naast menselijke fouten faalt het apparaat ook soms door slijtage. Het betreft dan vooral de slijtage van de pusher, aangegeven met nummer 4 in Figuur 108. Door krammen van een andere fabrikant te gebruiken is de slijtage erg teruggenomen. Om falen te voorkomen is periodiek onderhoud en het periodiek vervangen van slijtagegevoelige delen noodzakelijk.

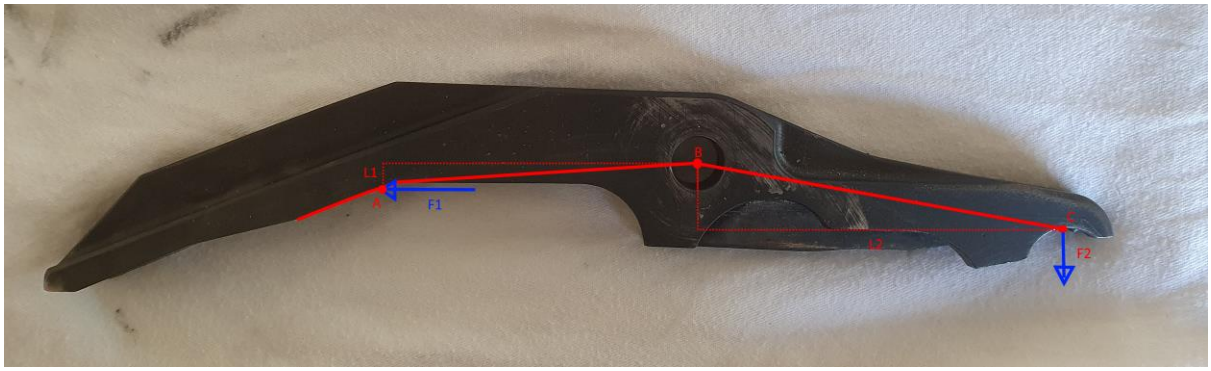
Kracht en cilinderparameters

Om een idee te krijgen van de krachten die komen kijken bij het plaatsen van een kram wordt hier gekeken naar kracht in de cilinder en de resulterende kracht op de krammen bij het dichtdrukken. Deze worden door middel van simpele berekeningen uitgewerkt. Daarin worden onder anderen zaken als wrijving verwaarloosd.

De fabrikant geeft aan dat de minimale werkdruk 6-bar bedraagt (600000 Pa). De zuigerdiameter (gemeten) is 72mm en de zuigerstangdiameter is 13mm. De kracht die de zuigerstang voortbrengt kan berekend worden aan de hand van de formule: p=F/A oftewel: F=p*A (waarin p = druk in Pa, F = kracht in N en A = oppervlakte in m^2).

$$F = p * A \gg F = 600000 * \left(\frac{(0.072^2 - 0.013^2) * \pi}{4}\right) \approx 2.4KN$$

De kracht die de zuigerstang minimaal moet leveren bedraagt dus ongeveer 2.4 KN. In Figuur 113 is een VLS te zien die wordt gebruikt om uit te rekenen hoeveel kracht er op de krammen komt te staan aan de hand van de 2.4 KN die door de zuigerstang wordt gegenereerd.



Figuur 113 Krachtberekening bekken

Door de loodrechte afstand (L1) van F1 tot punt B en de loodrechte afstand van F2 tot punt B (L2) te gebruiken in een moment berekening om punt B kan de kracht worden berekend. De gebruikte formule M=F*r wordt gebruikt (waarin M = moment in Nm, F = kracht in N en r = loodrechte afstand in m). De afstanden L1 en L2 zijn respectievelijk 6mm en 86mm. Omdat de kracht van twee kanten werkt met twee bekken is de kracht F1 gelijk aan de helft van de kracht die de zuigerstang levert (1200N)

$$M1 = M2 \gg F1 * L1 = F2 * L2 \gg \; F2 = \frac{F1 * L1}{L2} \gg F2 = \frac{1200 * 0.006}{0.088} \approx 80N$$

De kram wordt van twee kanten dichtgedrukt. De totale kracht waarmee dit gebeurt is dus ongeveer 160N.

Conclusie

De mechaniek van het M-500 apparaat is simpel en effectief. Het lijkt dan ook een uitstekend principe om toe te passen in een automatisering van het plaatsen van de krammen. Behuizing van de cilinder is overbodig zwaar uitgevoerd. Het ligt voor de hand om de mechaniek van het apparaat dan ook te voorzien van een andere cilinder met aansturing. Deze cilinder zal minimaal 1.4KN moeten kunnen leveren om de krammen met dezelfde kracht (160N) dicht te knijpen. Het mechanisme om de krammen te laden is ook eenvoudig en effectief. Het op spanning brengen van het magazijn met de bladveer is geen continu proces en zal voor een automatisering opgelost moeten worden.

Bijlage XI, Nieuwe productiekosten steenkorven

In Tabel 13 is de samenvatting van de eerste berekening/inschatting van de nieuwe productiekosten per steenkorf. Deze is door gebruik te maken van de berekening in Bijlage VIII, Kostendatasheet huidige productie, in samenwerking met de opdrachtgever tot stand gekomen en is gebaseerd op diverse kosten voor materiaal, personeel en locatie. In de twee groene blokken zijn de kosten voor de productie met en zonder de robot uitgezet. Deze kosten zijn gebaseerd op nieuwe prijzen van materiaal en de kosten voor het assembleren. Op de materiaalkosten heeft het project slechts beperkt impact. Hier is enkel de reductie in krammen door de nieuwe lay-out van de 800 korf van effect. Op de assemblagekosten is aanzienlijk meer effect bereikt. In het blok '2020 robot vs geen' is de percentuele reductie in kosten te zien. Zoals te zien in zijn de assemblagekosten tot meer dan 40% gedaald. Dit is enkel gebaseerd op het feit dat de robot een persoon vervangt en dezelfde output per uur wordt gehaald met een man minder. In de praktijk wordt een nog hogere output verwacht door de parallelle werking op twee vlakken tussen de robot en personeel. De output van de 400 zal daar niet veranderen aangezien deze op dit moment al op twee mallen naast elkaar werd geproduceerd. De 800 en de 1200 korven zullen dan qua assemblagekosten meer richting de prijs van de 400 zakken (+/- €0,68) Dit zal een nog grotere afnamen in totale productiekosten betekenen. De output in de praktijk zal tijdens het testen van het proof of concept moeten blijken. Als de output met 10% stijgt zal de verrekenprijs (materiaal + assemblagekosten) met ongeveer 1% dalen.

Tabel 13 Berekening productiekosten (Excel)

2020 prijzen		tab: 2019 KF excl prijsstijgin			tab: 2020 2020GDSpr			tab: 2020 ROBOT+2020GDSpr								
		2019			2020 zonder robot			met Robot			2020 robot vs geen			Robot+INK gaas vs 2019		
EAN		mat	assy	VERREKEN	mat	assy	VERREKEN	mat	assy	VERREKEN	mat	assy	VERREKEN	mat	assy	VERREKEN
3663602726876	GABION KIT L80XH40XP30	€ 10,24	€ 1,77	€ 12,01	€ 8,64	€ 1,84	€ 10,49	€ 8,64	€ 1,15	€ 9,79	0,0%	-37,7%	-6,6%	-15,6%	-35,0%	-18,5%
3663602726883	GABION KIT L120XH40XP30	€ 13,14	€ 2,03	€ 15,17	€ 11,54	€ 2,12	€ 13,66	€ 11,54	€ 1,50	€ 13,04	0,0%	-29,2%	-4,5%	-12,2%	-26,1%	-14,0%
3663602726890	GABION KIT L40XH40XP30	€ 7,21	€ 1,12	€ 8,33	€ 5,71	€ 1,17	€ 6,88	€ 5,71	€ 0,68	€ 6,39	0,0%	-41,8%	-7,1%	-20,8%	-39,2%	-23,3%