

HET PRODUCTIEPROCES VAN DE OHD-ECO

**Het ontwerpen van het productieproces van een brandwerende
overheaddeur voor Metacon B.V.**

Pim van Butselaar

Juli 2016

Bachelor Eindopdracht
Industrieel Ontwerpen
Faculteit CTW
Universiteit Twente

In opdracht van: Metacon B.V.

UNIVERSITEIT TWENTE.

*Het ontwerpen van het productieproces van de
OHD-ECO met als doel om de productiekosten
en productietijd te verminderen ten opzichte van
de OHD EI(1) 60 EW 90 bij Metacon b.v. te
Gouda*

BACHELOR EINDOPDRACHT INDUSTRIEEL ONTWERPEN

AUTEUR

Pim van Butselaar
s1369237

OPLEIDING

Industrieel Ontwerpen
Faculteit CTW
Universiteit Twente

Examinator: Dr. Ir. D. Lutters
Begeleider UT: J.F.H. Beeloo
Begeleider Metacon: A. van der Snoek

OPDRACHTGEVER

Metacon b.v.
James Wattstraat 14
2809 PA Gouda

Datum publicatie: 27-7-2016

INHOUDSOPGAVE

Dit verslag is een verslaglegging van een ontwerpproces dat drie maanden lang bij Metacon is verlopen voor de bacheloropdracht van de studie Industrieel Ontwerpen opgebouwd uit drie onderdelen: de analysefase, idee- en conceptgeneratie en het eindontwerp. Deze drie onderdelen worden onderscheiden door het verschillende kleurgebruik. Elk onderdeel bestaat uit een aantal hoofdstukken met daarin sub-hoofdstukjes die per onderwerp verdeeld zijn.

Samenvatting NL	6	Idee- en Conceptfase	
Samenvatting EN	7	Ideegeneratie en ideerichtingen	38
Inleiding	8	Ideefase	38
		Ideerichtingen	38
		Exploratie andere productiemogelijkheden	39
Analysefase		Conceptkeuze	40
Analyse huidige overheaddeur	12	Vergelijkingen tussen de ideerichtingen	40
De OHD EI(1) 60 EW 90	12	Concept 1 lopende band	42
Uit wat voor onderdelen bestaat de over- headdeur?	12	Concept 2 centrale werkplek	43
Materialen	13	Concept 3 mobiel werkstation	44
Nieuwe materialisatie	13	Definitieve conceptkeuze	47
Verschillende soorten aandrijvingen	14	Eisen mobiel werkstation	48
Specials	14	Ideegeneratie mobiel werkstation	49
Normen en certificaten	14	Eindconceptkeuze	50
Brandsituaties	16		
Actoranalyse	17	Eindontwerp	
Metacon	17	Beschrijving eindontwerp	54
Eindgebruiker	17	Detailing	54
Klant	17	Technische uitwerking	57
Dealer	17	Tijdsplanning productieproces	60
Werkvoorbereider	18	Tijds- en kostenbesparing	61
Werkplaatsmedewerker	18	Montagehandleiding	62
Monteur	18		
Transportmedewerker	18	Discussie	64
Inkoopmedewerker	18	Conclusie en aanbevelingen	65
Flexiforce	19	Bronnen	66
Relaties tussen actoren	19		
Analyse productieproces	20		
Opzet analyse	20		
Resultaten	21		
Werkplaats	23		
Analyse montageproces	24		
Opzet montageanalyse	24		
Het montageproces	24		
Resultaten montageanalyse	25		
Heuristische evaluatie montagehandleiding	25		
Analyse materialisatie	27		
Brandwerende materialen	27		
Frame	28		
Conclusie	30		
Conclusies analysefase	31		
Huidige overheaddeur	31		
Actoranalyse	31		
Analyse productieproces	31		
Analyse montageproces	32		
Materialisatie	32		
Mogelijkheden voor besparing	32		
Programma van Eisen	34		

SAMENVATTING

Het ontwerpen van het productieproces voor een nieuw type brandwerende overheaddeur

Metacon B.V. is een bedrijf dat branddeuren, rolluiken en soortgelijke producten produceert. Een product van Metacon is de brandwerende overheaddeur. Dit is een deur die bestaat uit een aantal panelen die door geleiders van boven naar beneden wordt geleid. Het probleem van deze deur is dat hij erg zwaar is. Dit zorgt niet alleen voor grote materiaalkosten, maar levert ook problemen bij de productie en montage van de deur. Om deze reden is er door Metacon een nieuw ontwerp gemaakt van een deur die een stuk lichter is, genaamd de OHD-ECO. Dit nieuwe ontwerp heeft wel veel gevolgen voor de productie en de montage van de deur. Daarom is de hoofdvraag van dit ontwerpverslag hoe dit nieuwe productieproces er uit moet zien zodat er een lichtere en goedkopere overheaddeur geleverd kan worden.

Om deze hoofdvraag te beantwoorden is er eerst een aantal analyses gedaan. De productie en montage van de huidige overheaddeur is onderzocht, maar er is ook gekeken naar andere factoren die meespelen. Alle actoren zijn geanalyseerd en er is gekeken naar het doel van het product. Uit deze analyses kwam vooral dat het erg belangrijk was voor het nieuwe productieproces dat het zo min mogelijk ruimte in de werkplaats zou innemen. Ook moest de doorlooptijd van de deur verkort worden zodat orders sneller afgemaakt kunnen worden en het niet voorkomt dat halffabrikaten dagen moeten blijven liggen voor ze afgemaakt kunnen worden.

Om deze problemen op te lossen is er een mobiel werkstation ontworpen. Op dit station kan het hele productieproces doorlopen worden. Het station neemt hierdoor niet alleen weinig ruimte in, maar zorgt het er ook voor dat de doorlooptijd verkort wordt. Een order móét namelijk wel afgemaakt worden op het station voordat er aan een nieuwe begonnen kan worden.

Dit station heeft naast deze voordelen ook nog een aantal functies die het productieproces zelf versnellen. Door middel van het schuifstelsel kan er heel gemakkelijk een frame in elkaar geschroefd worden. Ook zorgt de mal aan het einde van het werkblad dat er niet gemeten en geklemd hoeft te worden. Deze mal kan omgeklapt worden zodat een werknemer in zijn eentje het hele paneel kan assembleren.

Aan de hand van metingen is er een schatting gemaakt van de tijdsbesparing die dit station op zou moeten leveren. Deze schatting komt neer op een tijdsbesparing van ongeveer 35% ten opzichte van het huidige productieproces. Met dit resultaat kan over dit ontwerp van het productieproces van een succes worden gesproken. De beoogde tijdsbesparing van 25% is ruimschoots gehaald. Ook is de haalbaarheid van de implementatie van het station op de Metaconlocatie groot en zal het de productie van

OHD-ECO panelen goed kunnen faciliteren.

Wel moet er worden gezegd dat dit nieuwe productieproces nog allemaal hypothetisch is tot de OHD-ECO ook echt wordt goedgekeurd voor productie. Daarvoor moeten eerst nog de panelen worden getest voor een brandoven. Of de panelen de test zullen overleven is op het moment van schrijven nog niet duidelijk.

Voordat dit antwoord bekend is kunnen er nog een aantal dingen gedaan worden om de eerder genoemde resultaten te verbeteren. Als eerste wordt er geadviseerd om meer tijdsmetingen van het huidige productieproces te doen. Dan kunnen er betrouwbaardere conclusies worden getrokken en is ook de uiteindelijke tijdsbesparingschatting betrouwbaarder.

Ook kan er worden gekeken naar hoe het eindontwerp lichter gemaakt kan worden. Het station zal nu ongeveer 500 kilogram gaan wegen en dit maakt het station zonder belading lastig te hanteren.

SUMMARY

The design of the production process for a new type of fire-retardant overhead doors

Metacon B.V. is a company that produces fire doors, rolling shutters and similar products. One product of Metacon is the fire-retardant overhead door. This is a door consisting of several panels guided up and down through a rail. This door is very heavy, which is a major disadvantage. Because of this, the material costs are not only incredibly high, but also causes problems in the production and installation of the door. Metacon has designed a panel that is much lighter called the OHD-ECO. This new design however will have many consequences in production and installation. For this reason, the main question of this design essay will be how the new production process must be organized to produce a cheaper and lighter door.

To answer this question different kinds of analysis have been performed. The production and installation of the current overhead door has been investigated, but also the story surrounding the door has been analyzed. All actors have been looked at, as well as the purpose of the product. From these analyses it was concluded that it will be very important for the new production process that it will use as little space in the workshop as possible. Also, the aim should be to minimize the turnaround time as currently, a lot of the time semi-finished products wait days until they are finished.

To solve these problems a mobile workstation is designed. At this station the whole production process can be run through. This station not only takes minimal space, but also shortens the turnaround time significantly. An order must be finished before another one can be started on the station. Besides these advantages, the station also has a number of features to further improve the production process. The wooden frame can be easily assembled with the sliding system. Also the profile at the end of the work surface makes sure there will not be any need for measuring and fastening. This profile can also be flipped. With this a person can perform all the actions on a panel single-handed.

By doing measurements an estimation of the saved time this station should cause has been made. This estimation resulted in a time saving of 35% in comparison to the production of the current door.

With this result the new work station can be regarded as a success. The aim of 25% saved time was easily achieved. The station is also a realistic solution to implement at Metacon and will be able to facilitate the production of the OHD-ECO sufficiently.

A point has to be made that this production process is still hypothetical until the OHD-ECO is approved for production. To achieve this the panels will have to be tested in front of a fire oven. Whether the panels will survive this test remains a question.

While waiting for this answer several things can be done to improve the aforementioned results. Firstly it is advised to follow the production of more doors with the current production process. This will lead to more reliable results and more reliable time saving estimation.

Also, the weight of the final design of the work station can be reduced. The current design will weigh around 500 kilograms. This makes the work station even without load quite unworkable.

INLEIDING

Een opdracht bij Metacon. Voordat deze bacheloropdracht begon ben ik op zoek gegaan naar kleine tot middelgrote bedrijven die pasten bij mijn interesses. Ik wist dat ik iets wilde doen in het ontwikkelen van producten en het nadenken over de productie van deze producten. Metacon past daar als middelgroot bedrijf die hoogwaardige industriële producten produceert perfect bij. Ik had daardoor veel mogelijkheden en invloed op de ontwikkeling van het nieuwe product.

Over Metacon

De opdrachtgever is Metacon uit Gouda/Waddinxveen. Metacon, als in METAal CONstructie, is gespecialiseerd op het gebied van rolluiken, branddeuren en zonweringssystemen. Ze doen daarbij voornamelijk het constructiewerk. Ze leveren deuren en weringen voor de meest uiteenlopende situaties. De deuren kunnen brandwerend, rookwerend, vloeistofkerend en inbraakwerend zijn. Alle producten die Metacon levert worden op maat gemaakt. Als klant hoef je dan ook alleen maar te laten weten welk product je wilt en in welke maten en dan wordt het op maat voor je geproduceerd. Directe klanten van Metacon zijn voornamelijk dealers die de deuren leveren en monteren bij bedrijven.

Metacon opereert voornamelijk in Europa, maar levert zijn producten aan heel de wereld. Veel grote multinationals bestellen branddeuren bij Metacon om die vervolgens bij hun filialen over de hele wereld te installeren. Naast Gouda en Waddinxveen hebben ze ook een exportvestiging in Antwerpen. Metacon wil graag verder groeien in het buitenland. Daar is ook de grootste groei te behalen. Dit doen ze door samen te werken met buitenlandse opdrachtgevers en samen mee te denken over het realiseren van projecten.

Metacon is al 85 jaar oud en is begonnen met het produceren van driewielers en kinderzitjes. Inmiddels produceert het dus hele andere producten. Deze producten zijn allemaal gecertificeerd onder verschillende veiligheidscertificaten. Hierdoor zijn het kwalitatief goede producten en mogen ze gebruikt worden in ruimtes waar een hoog brand- en/of explosiegevaar heerst.

Aanleiding opdracht

De overheaddeur 'OHD EI(I) 60/ EW 90' is een deur die te gebruiken is voor uitgebreide situaties. Deze heeft een brandweerstand van 60 tot 90 minuten (afhankelijk van de eis). Ook is hij rookwerend en uit te voeren met een vloeistofkering en explosieveilige componenten. Dit maakt de deur geschikt voor chemische bedrijven en andere ruimtes met een verhoogde brand-, explosie- of overstromingsgevaar.

Deze deur is erg zwaar. Dit komt voornamelijk door het brandvertragende gips en het stalen frame dat in zich in elk paneel bevindt. Dat de deuren zo zwaar zijn betekent dat er ook een zware motor of hydraulische aandrijving gebruikt moet worden om de deur op te tillen en gecontroleerd te laten vallen. De aandrijving is nu ongeveer 25% van de materiaalkosten (afhankelijk van de soort aandrijving en de grootte van de deur). Binnen het bedrijf wordt er gekeken

of de deur door het gebruiken van andere materialen een stuk lichter gemaakt kan worden. Bij concurrerende bedrijven hebben ze dit voor elkaar gekregen door een houten frame te gebruiken.

Daarnaast is er binnen het bedrijf nog een gevoel dat de productie en de montage geoptimaliseerd kan worden. Van het productieproces is er al een aardig beeld hoeveel tijd en geld elke handeling/stap in het proces kost. Van het montageproces is dit er nog niet, wel weet men dat het vrij lang duurt om een deur te monteren. Als dit proces een stuk korter gemaakt zou kunnen worden, wordt het product voor de klant ook een stuk aantrekkelijker.

Om deze redenen wordt de OHD-ECO ontwikkeld. Deze overheaddeur zal lichter en goedkoper moeten zijn. Maar ook makkelijker te produceren en te monteren.

Belang van de hoofdvraag

Er zal een nieuwe overheaddeur ontworpen moeten worden die een stuk lichter is. Lichtere materialen zijn alleen waarschijnlijk wel een stuk duurder. Dat kan worden gecompenseerd doordat er een goedkopere aandrijving nodig is maar ook kan er misschien bespaard worden in het productieproces. Daarom is het belangrijk dat eerst goed in kaart wordt gebracht hoe het huidige productieproces er uit ziet. Dan kan er uiteindelijk met het nieuwe ontwerp berekend worden hoeveel geld er bespaard kan worden

Ook zal een nieuw ontwerp het montageproces beïnvloeden. Het doel daarbij is om het proces significant te verkorten. Hierdoor zal het product aantrekkelijker worden voor de klanten.

Hoe kan het productieproces van de OHD-ECO worden vormgegeven zodat er het efficiëntst panelen kunnen worden geproduceerd die lichter, goedkoper en makkelijker te monteren zijn in vergelijking met de standaard OHD EI(I) 60/EW 90?

Leeswijzer

De opbouw van het verslag volgt de fases van het ontwerpproces.

Het eerste onderdeel daarbij is de analysefase. In dit onderdeel kunt u vanaf pagina 10 de verschillende analyses lezen die gemaakt zijn bij het onderzoek voorafgaand aan het ontwerpen.

Hierbij is eerst een analyse gemaakt van de huidige overheaddeur. Vervolgens is er gekeken naar de actoren die een rol spelen in de productie en montage van de overheaddeur. Daarna zijn er metingen gedaan bij het huidige productie- en montageproces. Ten slotte is in dit onderdeel gekeken naar het nieuwe ontwerp van Metacon en is deze geëvalueerd.

Vanaf pagina 36 begint deel 2; de idee- en conceptfase. In dit onderdeel worden ideeën gegenereerd om de hoofdvraag te beantwoorden. Deze ideeën worden vervolgens geconverteerd naar vijf ideerichtingen, drie concepten en uiteindelijk een eindconcept.

Dit eindontwerp wordt vanaf pagina 52 beschreven. Hierin wordt hij uitgelegd, technisch uitgewerkt en volgt er een beschrijving van hoe het ontwerp gebruikt moet worden. Vervolgens wordt op pagina 61 dit nieuwe ontwerp gevalideerd door middel van een tijds- en kostenbesparingsschatting. Ook wordt op pagina 62 de nieuwe montagehandleiding uitgelegd.

Aan het einde van dit verslag bevinden zich de conclusies, de discussie, de aanbevelingen en uiteindelijk de bronnen.

Tijdens dit verslag zal er veelvuldig verwijzingen worden gemaakt naar bijlagen. Deze kunt u vinden in het apart meegeleverde bijlageverslag.

ANALYSEFASE

In de analysefase zijn er analyses gemaakt die de basis hebben gevormd voor het ontwerp van het productieproces. Om een goed beeld te krijgen van het product zijn zoveel mogelijk aspecten van het product bekeken. Als eerste is naar de opbouw en de materialen van het product gekeken. Wat voor functie heeft het product? Waar moet het product allemaal aan voldoen? Wat zorgt ervoor dat het product gekocht wordt?

Vervolgens zijn alle actoren geanalyseerd. Dit geeft een goed beeld van de verschillende perspectieven op de overheaddeur.

Ook is het productie- en montageproces geanalyseerd. Hieruit kunnen effectieve conclusies worden getrokken over mogelijkheden tot tijdsbesparing. Daarnaast geeft het een goede baseline om het nieuwe productieproces mee te vergelijken.

Vanuit deze analyses is de richting van het ontwerpproces bepaald.

1.1 ANALYSE HUIDIGE OVERHEADDEUR

Om een goed beeld te krijgen van het product is elk aspect van de huidige deur bekeken. Omdat de nieuwe deur afgeleid is van de huidige overheaddeur is het belangrijk de huidige deur goed in kaart te brengen zodat de nieuwe daarmee kan worden vergeleken. Als eerste wordt de deur beschreven en de opbouw van de deur. Vervolgens worden de materialen en de functies van de materialen beschreven. Ook wordt hier de nieuwe materialisatie van de OHD-ECO beschreven. Ten slotte worden de brandsituaties en certificaten besproken.

1.1.1. De OHD EI(1)60 EW 90

De huidige overheaddeur is een deur bedoeld voor verschillende situaties. Vaak wordt de deur gebruikt wanneer een gevaarlijke ruimte met de buitenlucht af moet worden gescheiden.

Er is vraag naar de overheaddeur omdat bouwbesluiten in verschillende landen hebben bepaald dat elk bedrijf in zijn gebouw bepaalde ruimtes branddicht moet afsluiten. Dat betekent dat er brandwerende muren, ramen en dus ook deuren gebruikt moeten worden. Afhankelijk van de gebruikssituatie kan een bedrijf ervoor kiezen om een brandwerende overheaddeur te bestellen.

Deze overheaddeuren worden niet heel frequent gebruikt. De meeste deuren gaan maximaal één keer per dag open en dicht. Vaak blijft een deur voor een lange tijd gesloten, totdat bijvoorbeeld één keer per maand de oud papiercontainer door de overheaddeurpoort moet.

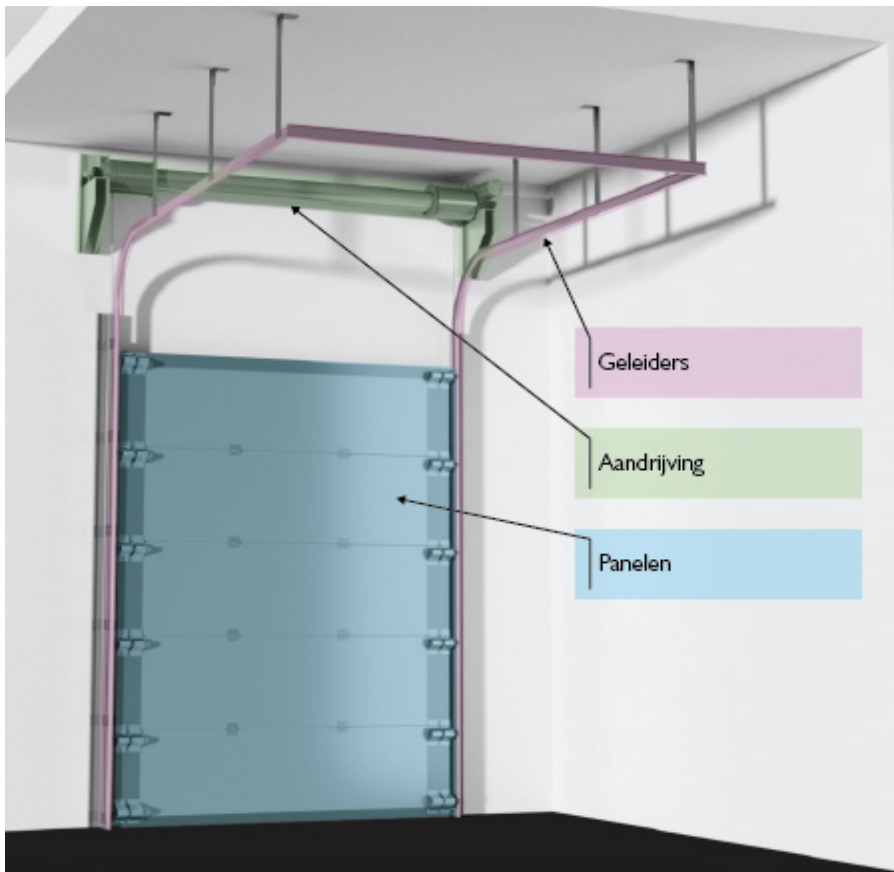
Om deze reden kan de overheaddeur geleverd worden in verschillende maten, verschillende veiligheidsuitvoeringen en met verschillende aandrijvingen en besturingen.

1.1.2. Uit wat voor onderdelen bestaat de overheaddeur?

De deur bestaat uit een aantal panelen die door middel van rolwielen door een railsysteem op een neer kunnen bewegen. Dit wordt gedaan door middel van een aandrijving die via een kabel de deur omhoog brengt. De aandrijving kan gedaan worden door middel van een elektromotor (opsteek of kettingwiel) of een hydraulische aandrijving (handmatig of automatisch). Deze aandrijving kan bediend worden met de besturing die bij de deur geleverd wordt en zorgt ervoor dat de deur met ongeveer tien centimeter per seconde open en dicht gaat. Net als voor de aandrijving zijn er ook verschillende vormen van de besturing beschikbaar. Verschillende situaties en aandrijvingen vragen namelijk om verschillende besturingen.

De panelen waaruit de deur bestaat worden gemaakt op basis van een stalen frame. Dit frame wordt op maat gelast naar wat de breedte van de deur moet worden. Deze frames worden ingepakt door er gipsplaten tegen aan te schroeven. Tegen de boven- en onderkant worden MDF-profielen geschroefd die ervoor zorgen dat de panelen onderling kunnen draaien. In deze profielen zit een strip die uitzet als het warm wordt. Hiermee wordt tijdens brand de deur rookdicht gemaakt. Tegen het gips is een metalen beplating gelijmd. De hoeken van de panelen zijn afgewerkt met een hoekprofiel. De panelen zijn aan elkaar bevestigd door middel van scharnieren. Hierdoor kunnen de panelen ook onderling bewegen.

Er zitten een aantal beveiligingen in de deur die ongelukken voorkomen. De eerste is de onderlatbeveiliging. Dit is een rubberen strip waar druk sensoren in zitten. Wanneer je deze aanraakt tijdens gebruik zal de deur stoppen met zakken. Ook is er een kabelbreukbeveiliging aanwezig. Als dan de kabel breekt zal de deur niet met volle vaart naar beneden storten. Daarnaast kan de deur uitgevoerd worden met lichtlijsten. Deze meten eventuele bewegingen in het hele gebied in de dagpoort. Wanneer ze dan beweging onder de deur registreren zal de deur niet meer verder zakken, of zelfs weer helemaal open gaan.



[Fig 1] beschrijving overheaddeur

1.1.2.1. Eigen productie versus inkooponderdelen

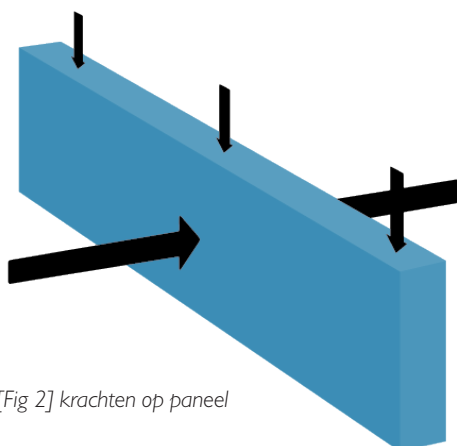
Metacon maakt een aantal onderdelen zelf, maar veel onderdelen worden ook ingekocht bij andere bedrijven. Dit wordt voornamelijk gedaan bij FlexiForce. FlexiForce is een bedrijf dat alle onderdelen levert die nodig zijn bij de productie van deuren en luiken. In principe hoeft Metacon alleen de panelen te maken en kan de rest allemaal besteld worden bij FlexiForce. Wel heeft Metacon ervoor gekozen om sommige onderdelen via andere kanalen te verkrijgen, wanneer dit goedkoper was. Zo worden bepaalde onderdelen door de afdeling constructie van Metacon zelf gemaakt en worden bijvoorbeeld de besturing en de aandrijving bij andere bedrijven besteld.

1.1.3. Materialen

De overheaddeur bestaat uit een aantal verschillende materialen. Bij de keuze van materialen is het vooral belangrijk dat ze er toe bijdragen om de EI-, EW- en rookwerendheidseisen te behalen. Volgens de EI eis mag de temperatuur van de buitenkant van de deurconstructie maar maximaal 180 graden boven de omgevingstemperatuur stijgen. Het is daarom zaak dat de materialen de temperatuursverhoging zo slecht mogelijk geleiden. Ook moet er voorkomen worden dat er in de deurconstructie een temperatuurbrug ontstaat. Dit gebeurt wanneer er zich geleidende materialen door de dikte van de hele deur bevinden. De stijging in temperatuur aan de brandkant kan dan heel snel doorgegeven worden naar de niet-brandkant. Voor de EW- en de rookwerendheidseis is het belangrijk dat de deur bij brand een volledige afsluiting van de dagpoort vormt. Er kan dan minimale rook en warmtestraling ontsnappen.

1.1.3.1. Frame

De opbouw van het paneel begint bij het frame. Deze heeft als belangrijkste functie dat hij ervoor zorgt dat het paneel de krachten aankan die erop komen te staan. Deze krachten komen op het paneel door het gewicht van de andere panelen en door de temperatuursverandering tijdens een brand. Het frame moet daarom op de horizontale zijde een hoge buigingsweerstand hebben en op de verticale zijde goed tegen compressie kunnen. Hierom is er in het huidige ontwerp voor gekozen om dit



[Fig 2] krachten op paneel

frame van staal te maken. De stalen kokerprofielen die gebruikt worden zijn erg sterk en goedkoop. Het nadeel is wel dat staal een hoge warmtegeleidingscoëfficiënt heeft ($\pm 50 \text{ W/mK}$).

1.1.3.2. Gips

Het stalen frame mag daardoor geen contact hebben met de buitenlucht. Hierdoor wordt het op het paneel ingepakt in brandwerend plaatmateriaal. Hiervan zijn twee soorten: Permox en Promatect. Permox is beter in het laag houden van de temperatuur, maar wel duurder. Hierom wordt het alleen op kritieke plekken in de deur geplaatst. Op deze kritieke plekken heeft de deur het meeste last van het vuur. Deze platen hebben een erg lage warmtegeleidingscoëfficiënt (respectievelijk 0,28 en 0,44 W/mK) en zijn daardoor erg geschikt om ervoor te zorgen dat er geen warmte wordt doorgegeven naar het stalen frame. Wel wordt de brandwerende plaat verbonden op het frame door middel van stalen parkers. Hierdoor wordt er toch wat van de buitentemperatuur doorgegeven naar het frame.

1.1.3.3. Beplating

Om het brandwerend plaatmateriaal heen zit een stalen beplating van 0,63mm dik geplakt. Deze beplating heeft als functie op het plaatmateriaal te beschermen tegen vocht en het ziet er beter uit dan het plaatmateriaal. Het aluminium kan in verschillende kleuren geverfd worden. Dit bepaalt de klant. De beplating kan goed tegen de extreme temperaturen van een brand, maar het heeft wel een enorm hoge warmtegeleidingscoëfficiënt ($\pm 190 \text{ W/mK}$). Dit maakt voor het gebruik niet uit, omdat de beplating zo dun is, dat de hitte er toch al direct doorheen komt.

1.1.3.4. Afmonteeronderdelen, aandrijving en opanging.

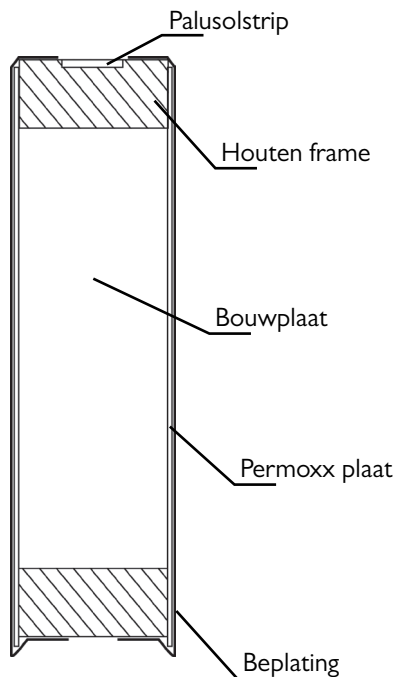
Alle andere onderdelen die worden gebruikt in de deur zijn gemaakt van verzinkt staal. Deze onderdelen kunnen goed tegen hoge temperaturen en zullen dus niet bezwijken bij een brand. Hierdoor zullen de panelen op hun plek blijven bij een brandsituatie. Deze onderdelen zullen wel enorm heet worden tijdens een brandsituatie, tot 300 graden celsius, maar omdat er zich geen staal zich van de brandkant tot de andere kant van de deur ontstaat er geen warmtebrug en blijft de niet-brandkant van de deur relatief koel.

1.1.4. Nieuwe materialisatie

Om een lichtere overheaddeur te maken is er door Metacon een nieuw ontwerp gemaakt voor de panelen van de overheaddeur; De OHD-ECO. Het belangrijkste doel van deze deur is dat deze goedkoper aan de klant aangeboden kan worden. Wanneer deze deur in productie zal gaan zal hij niet direct de huidige deur gaan vervangen. De huidige deur kan namelijk nog geleverd worden met een vloeistofkering en met ramen. Dit zal voor de OHD-ECO pas geïntroduceerd worden wanneer de standaardversie een succes is.

In het nieuwe ontwerp van de deur wordt het stalen frame vervangen door een Vurenhouten frame. Het

voordeel van het houten frame is dat het een stuk minder warmtegeleidend is dan staal. Vurenhout heeft namelijk een warmtegeleidingscoëfficiënt van $0,24\text{W/mK}$.¹ Dat is een



[Fig 3] Doorsnede paneel OHD-ECO

factor 200 minder dan staal. Dit heeft als gevolg dat er maar zes millimeter dik permoxx gebruikt hoeft te worden om de brandvertraging te realiseren. Wel moet het frame opgevuld worden met glaswol om de luchtruimtes in het frame om het paneel over de hele oppervlakte brandvertragend te maken. Een voorbeeld van deze materialisatie is te zien in figuur 3.

Het grote voordeel van dit nieuwe ontwerp is dat het paneel een stuk lichter is dan het huidige ontwerp. Het nieuwe paneel zal ongeveer 15 kilo per meter gaan wegen ten opzichte van 25 kilo per meter breedte voor het huidige ontwerp. Hierdoor kan er een veel lichtere motor gebruikt worden en hoeven er minder veiligheids ingebouwd te worden. Er zijn bijvoorbeeld minder scharnieren nodig en er hoeft geen bypasskabel meer gebruikt te worden.

Daarnaast worden alle buitenmaten van het paneel hetzelfde gehouden ten opzichte van het huidige ontwerp. Hierdoor verandert er niks aan de rest van de overheaddeur en kunnen de inkooponderdelen hetzelfde blijven. Dit scheelt in magazijnruimte en werkvoorbereiding, omdat zowel voor de huidige overheaddeur, als voor de nieuwe OHD-ECO dezelfde inkooponderdelen gebruikt kunnen worden.

1.1.5. Verschillende soorten aandrijvingen

De huidige deur wordt geleverd met één van vier verschillende aandrijvingen. Het soort aandrijving en de kracht van de aandrijving hangt af van een aantal factoren. Allereerst zorgt de grootte van de deur dat niet alle aandrijvingen even geschikt zijn. Als een deur te zwaar

wordt valt het gebruik van een opsteekmotor automatisch af. Dan moet er een kettingwielaandrijving gebruikt worden. Wanneer er geen ruimte beschikbaar is voor een kettingwielaandrijving, dan moet er een hydraulische aandrijving gebruikt worden. Ook hangt de aandrijving af van de ruimte die er beschikbaar is op locatie. Als er geen ruimte meer beschikbaar is naast de dagpoort dan moet er wel een opsteek- of een kettingwielmotor komen boven de deur. Een korte beschrijving van de vier soorten aandrijvingen is te vinden in figuur 4.

1.1.5.1. Aandrijvingsposities

Aandrijvingen kunnen zowel links als rechts van de deur bevestigd worden. Wel moet de klant van te voren aangeven waar hij de aandrijving wil hebben. Voor de elektromotoraandrijvingen kan de aandrijving tegen de muur geplaatst worden boven het beslag, of aan het eind van de geleiding tegen de rails aan.

Hydraulische aandrijvingen moeten altijd op de grond geplaatst worden naast de deur, omdat ze de grond nodig hebben om een tegenkracht te leveren.

1.1.6. Specials

Naast de verschillende aandrijvingen en besturingen zijn er ook nog speciale uitvoeringen beschikbaar. De overheaddeur is bijvoorbeeld ook leverbaar met ruiten in de panelen. Dit kan handig zijn wanneer er bij gebruik gekeken moet worden wat er aan de andere kant van de deur gebeurt.

Ook is de overheaddeur leverbaar met een vloeistofkering. Met deze feature houdt de deur ook nog vloeistof tegen en voorkomt lekkage. Afhankelijk van de wens van de klant kan de deur tot één meter aan waterhoogte tegenhouden.

Deze specials zullen in eerste instantie niet toegepast worden op de OHD-ECO.

1.1.7. Normen en certificaten

De overheaddeur is ontworpen om te voldoen aan verschillende normen die er opgesteld zijn voor dit soort producten. Door aan deze normeringen te voldoen garandeert Metacon aan de klant dat de kwaliteit goed is.

Opsteekaandrijving

- 400 Volt
- 8 Types; belangrijkste variaties in uitgangsmoment, gewicht en prijs.
- Gewicht: 16-51 kg

Kettingwielaandrijving

- 400 Volt
- 4 Types; belangrijkste variaties in uitgangsmoment, gewicht en prijs
- Gewicht: 26-105 kg

Hydraulische aandrijving

Handbediende hydraulische pomp

[Fig 4] Vier typen aandrijvingen

¹ Bron: CES Edupak 2015

Veel grote bedrijven die deuren afnemen bij Metacon geven helemaal niets om hoe de deur er uit ziet. Het enige wat ze willen weten is of de deuren aan de eisen voldoen en hoe duur hij is. Voor deze bedrijven zijn deze normeringen heel belangrijk omdat ze in geval van een brand of explosie er op kunnen vertrouwen dat de schade beperkt zal blijven. Als de deuren van Metacon deze certificeringen niet zouden hebben zullen de deuren veel minder afgenomen worden.

De certificeringen worden verkregen door een test uit te voeren bij een certificatieverstrekkend bedrijf. In het geval van de EI(1)- en EW-eis wordt dan de deur voor een oven van 1000 graden Celsius gezet. Thermokoppels die de temperatuur meten worden op verschillende plekken op de deur geplakt. Om de certificeringen te krijgen moet de deur het dan een bepaalde tijd volhouden zonder dat ook maar één thermokoppel een temperatuur boven de toegestane grens meet.

Deze certificatieverstrekkende bedrijven testen de producten van hun klanten volgens Europees bepaalde normen. Hierom moeten deze bedrijven ook voldoen aan de Europese wetgeving. Doordat de normalisatie in Europa zo goed geregeld is worden deze certificeringen ook buiten Europa vaak erkend. Bedrijven in de meeste niet-Europese landen waar Metacon naar exporteert accepteren deze normeringen ook.

Deze normen zijn vaak bepaald voor veel extremere situaties dan dat ze in het echt voorkomen. Om de EI- en EW-eisen te testen bijvoorbeeld wordt de deur voor een oven gezet van 1000 graden celsius. In de realiteit wordt de omgevingstemperatuur nooit warmer dan 500 graden bij een brand.

Hierdoor heerst er binnen de branche een cultuur van het minimale maken, waarmee je nog nét aan de Europese normen voldoet. De Europese normen zijn dan ook één van de strengste van de wereld in dit vakgebied. Aan de ene kant zorgt dit voor veel kopzorgen omdat het niet altijd makkelijk is om deze eisen te halen. Aan de andere kant zorgt het er veel voor dat de Europese deuren vanuit de hele wereld worden ingekocht door bedrijven die de hoogste kwaliteit willen.

Hieronder zijn de normen en certificeringen waaraan de overheaddeur voldoet beschreven:

1.1.7.1. Brandwerendheid EN 1634-1

Is een algemene norm voor brandveiligheid. Is opgesteld door het NEN (algemeen instituut voor normalisatie). Hieronder valt voor branddeuren de EI-eis en de EW-eis:

1.1.7.2. EI(1) eis

Deze eis geeft aan dat de hele deurconstructie maximaal 180 graden celsius boven de omgevingstemperatuur mag stijgen. Het gaat hier om de oppervlaktetemperatuur van de deur. De huidige overheaddeur heeft een brandweerstand van 60 minuten.

1.1.7.3. EW-eis

EW heeft te maken met warmtestraling. Hieraan wordt

voldaan als de warmtestraling die wordt gemeten op 1 meter van de deur niet meer bedraagt dan 15kW/m² voor een bepaalde tijd. De huidige overheaddeur heeft een stralingsweerstand van 90 minuten.

1.1.7.4. Rookwerendheid onder NEN-EN 1634-3 (Sa en S200)

Dit is een mate van rookwerendheid. De rookwering wordt op twee manieren gemeten: De rookdoorgang bij kamertemperatuur (Sa) en de rookdoorgang bij 200 graden Celsius (S200). Daarbij mag er niet meer dan respectievelijk 1,3 m³/h en 13,2m³/h rook door de deur heen komen. De huidige overheaddeur voldoet aan deze eisen.

1.1.7.5. Gecertificeerde vloeistofkering

Om een gecertificeerde vloeistofkering te krijgen mag je vloeistofkering maar een maximum van 0,5 liter per meter per uur doorlaten. De overheaddeur wordt getest door één van de twee zijden met water te vullen. Aan de andere kant wordt dan 4 uur achtereenvolgend gemeten hoeveel water er doorlekt. Dit wordt verschillende keren gedaan op een waterhoogte van 300, 500 en 1000 mm. De overheaddeur heeft hier aan voldaan.

1.1.7.6. ATEX Explosieveilige componenten

Atex is een keurmerk dat garandeert dat producten die uit zichzelf een vonk/vlam veroorzaken dit niet doen in contact met de buitenwereld, waardoor een explosie zou kunnen ontstaan.

De huidige overheaddeur kan worden geleverd met een Atex II 2GD c T190C (T3) markering. Dat betekent dat kortgezegd dat in de juiste omgeving de oppervlakte temperatuur van de deur maximaal 190 graden mag zijn. Ook is de bijgeleverde besturing dan Atex-gecertificeerd.

1.1.7.7. PGS 15 ruimtes

PGS ruimtes zijn ruimtes waarin gevaarlijke explosieve of chemisch schadelijke materialen worden opgeslagen. Voor deze ruimtes gelden een aantal richtlijnen in uitvoering en inrichting zoals de aanwezigheid van blussystemen, vluchtwegen en ten aanzien van opslaghoeveelheden. De overheaddeur is ontworpen om aan deze richtlijnen te voldoen.

1.1.7.8. CE-markering

Ook heeft de overheaddeur een CE-markering. Een CE-markering zegt dat je product is ontworpen en geproduceerd volgens de Europese richtlijnen. Sinds 2011 moeten alle bouwproducten voldoen aan deze richtlijnen.

1.1.7.9. Euroklassen brandwerendheid materialen¹

Behalve voor de deur zelf gelden er voor de materialen die daarin gebruikt worden ook brandwerende normen. Dit worden de Euroklassen brandwerendheid genoemd. Deze klassen worden aangeduid door middel van de letters A tot en met F. Hierbij zijn materialen die in categorie A geclassificeerd zijn het meest brandwerend en in F het minst

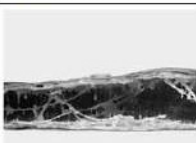
¹ Bron: <http://virtual.vtt.fi/virtual/innofirewood/stateofheart/database/euroclass/euroclass.html>

brandwerend. Voor de overheaddeur zijn voor onderdelen die contact met de buitenlucht maken alleen materialen met brandklasse A1 of A2 geschikt. Het verschil tussen deze twee klassen is dat in A2 materialen ook (beperkt) organische componenten mogen bevatten en in klasse A1 niet.

Voor deze classificatie worden de materialen getest in een omgeving met daarin een volledige brand. Bij deze test moet het materiaal gedurende 30 minuten een hittedruk van 60 kW/m² weerstaan. Hierbij mag het materiaal zelf niet in de brand vliegen.

1.1.8. Brandsituaties

Wanneer er een brand uitbreekt gaat de deur automatisch dicht. Dat gebeurt omdat de deur is aangesloten op een centraal alarm systeem, of omdat er in de deur sensoren zijn ingebouwd (hangt af van wat de klant wilt). Dan gebeuren er een aantal dingen. Allereerst zal de deur een beetje bol komen te staan. Dat komt door het verschil in temperatuur aan de twee zijden. Naarmate het temperatuurverschil groter wordt zal de kromtrekking groter worden. Ook zullen de palusolstrips zich enorm uit gaan zetten. Deze strips

100 – 250°C blistering, expanding	250 – 600°C cellular structure	> 600 – 950°C cell collapse	> 950°C fusion
			

[Fig 5] Uitzetting palusol

bevinden zich tussen elk paneel en om de gehele dagopening. Dit gebeurt ongeveer vanaf een temperatuur van tachtig graden Celsius. Palusol groeit bij deze temperaturen ongeveer tien keer in grootte (zie figuur 5). Dit zorgt er voor dat alle kieren en andere ruimtes waar lucht door kan afgesloten worden. Dit houdt de rook tegen en verlaagt de



[Fig 7] Doorbuiging rolluik van Metacon

temperatuur van de deur.

De gipsplaten die onder de beplating zitten zijn ongeveer 60 minuten brandwerend. Dat betekent dat ze de hitte die vanaf de brand komt een uur kunnen tegenhouden. Voor de EI(60) classificatie die deze deur bezit is dat genoeg. De deur heeft dan zijn werk gedaan. De verzinkte stalen inkooponderdelen zijn dan helemaal zwartgeblakerd. Wel blijven ze mechanisch hun werk doen.

Om de betreffende certificeringen te krijgen worden de deuren getest voor een oven van 1000 graden. Dit is een extreme situatie. In de praktijk wordt een brand niet warmer dan 500 graden Celsius. Na een brand zijn de deuren niet meer te gebruiken. Er moeten dan nieuwe deuren geïnstalleerd worden bij het hergebruiken van de ruimte.



[Fig 8] Zwartgeblakerd verzinkt staal

[Fig 6] Rolluik voor een brandoven voor EI(1) test

1.2 ACTORANALYSE

Om een duidelijk beeld te krijgen bij alle actoren die belang hebben bij dit product is er een actoranalyse uitgevoerd. Voor elke actor is beschreven op welke manier hij met het product te maken krijgt en wat hij van het product verlangt. Aan de hand van deze analyse kunnen er conclusies worden getrokken over de eisen en wensen van de actoren van de nieuwe OHD-ECO.



1.2.1. Metacon

Op dit moment heeft Metacon te maken met een grote marktvraag. Doordat de kredietcrisis nu voorbij is wakkert de vraag in de bouwsector ook enorm aan. Ook is de internationale markt een markt die alleen maar blijft groeien. Hierdoor komen er al sinds januari meer bestellingen binnen dan er eigenlijk geproduceerd kunnen worden. In de maand juni moesten er 59 overheaddeuren gemaakt worden. Normaal gesproken maken ze er rond de 30. Hierdoor werken er op dit moment veel uitzendkrachten in de werkplaats, draaien ze elke dag overuren en gaan ze ook op zaterdag verder.

Deze situatie geldt niet alleen voor de afdeling branddeuren maar voor heel Metacon. Dit levert veel communicatieproblemen en onderlinge frustraties op. Bijvoorbeeld onderdelen die nodig zijn voor de assemblage in Waddinxveen moeten in Gouda geproduceerd worden. Daar hebben ze ook een enorme werkdruk waardoor orders verward worden en er communicatieproblemen ontstaan. Hierdoor maken ze een onderdeel met verkeerde maten die ze op sturen naar Waddinxveen. Daar komen ze achter dat het fout is.

Een ander probleem is het ruimtegebrek. Door de toename in productie worden de productiehallen volledig gebruikt en dit botst met de snelheid van het productieproces. De doorlooptijd van orders is hierdoor heel groot en dit kost alleen maar meer ruimte. Het buitenterrein ligt daardoor ook helemaal vol met ingepakte orders die alleen nog maar opgehaald hoeven te worden. Hierdoor heeft Metacon ook nog een externe faciliteit moeten huren waar voorraad en afgemaakte producten opgeslagen kunnen worden.

Belang bij de OHD-ECO

Het belangrijkste voor Metacon is dat de OHD-ECO uiteindelijk een stuk goedkoper aan de klant geleverd kan worden ten opzichte van de huidige overheaddeur. Hiermee kan het de concurrentie weer een stap voor zijn. Om dit te bereiken moet het productieproces en de doorlooptijd van de deur flink verkort worden. Hierdoor kunnen er meer deuren geproduceerd worden en kan er sneller aan de klant geleverd worden.

Ook wil Metacon graag dat het productieproces zo min mogelijk ruimte inneemt. Met het huidige ruimtegebrek is er niet veel plaats beschikbaar om een nieuwe productielijn te installeren. Verhuizen naar een grotere locatie is voorlopig ook nog geen optie.



1.2.2 Eindgebruiker

De eindgebruiker van de overheaddeur is in dit geval de persoon die de deur open en dicht doet wanneer dit nodig is. Omdat de overheaddeuren in veel verschillende omgevingen gemonteerd worden zijn er ook

grote verschillen in de eindgebruikers. De eindgebruiker kan zowel een technisch zeer aangelegde werkplaatsmedewerker als een schoonmaakster in een kantoorpand zijn.

De eindgebruiker zou de primaire gebruiker genoemd kunnen worden ware het niet dat de meeste brandwerende overheaddeuren maar zeer zelden open en dicht hoeven. De meeste deuren worden alleen open en dicht gedaan als dit echt noodzakelijk is.

Belang bij OHD-ECO

De gebruiker heeft er belang bij als hij de overheaddeur makkelijk kan gebruiken. De gebruiker komt doorgaans maar zeer zelden in aanraking met de deur. Wanneer hij wel de deur moet bedienen moet het duidelijk zijn hoe dit moet.



1.2.3. Klant

Met klant wordt het bedrijf of de instantie bedoeld die de overheaddeur uiteindelijk bestelt en op zijn locatie laat monteren. De reden dat de klant dit wil is voornamelijk omdat men een nieuwe ruimte gaat gebruiken waar brandwerende eisen voor gelden. De personen die een overheaddeur bestellen zijn vaak niet de eindgebruikers van de deur.

De klant heeft meestal niet veel verstand van brandweringsnormen en eisen. Ook willen ze vaak zoveel mogelijk geld besparen waar mogelijk. Hierdoor gebeurt het nog wel eens dat er verkeerde maten worden doorgegeven of dat er uiteindelijk een brandwerende deur tegen een niet-brandwerende muur geplaatst moet worden.

Belang bij de OHD-ECO

De klant wil voornamelijk een zo goedkoop mogelijke deur die zo snel mogelijk geleverd kan worden. Ook willen ze dat de overheaddeur er professioneel uit ziet en qua uiterlijk past bij de rest van de omgeving. Daarnaast willen ze een deur waar ze vele jaren niet naar om hoeven kijken.



1.2.4. Dealer

De dealer is degene die de overheaddeur uiteindelijk bij Metacon besteld. Zij fungeren daarbij ook als tussenpersoon tussen de klant en Metacon. Dealers zijn meestal installatiebedrijven die zich specialiseren op deuren, luiken en ramen. Voorbeelden van grote afnemers van Metacon zijn Novoform, Assa Abloy en Somati. Zij nemen hun deuren af bij verschillende productiebedrijven zoals Metacon. Wanneer een klant bij deze bedrijven komt bepalen zij voor de situatie de juiste deur en zorgen ze voor de klant dat deze gemonteerd wordt.

Belang bij de OHD-ECO

Voor een dealer is het zeer gewenst dat zij een breed scala aan mogelijkheden hebben voor de deur. Afhankelijk van wat

hun klant wil kunnen zij dan bepalen wat voor ophanging, besturing en aandrijving ze willen. Met een erg flexibel productiebedrijf kunnen zij dan deuren ophangen in bijna elke omgeving.

Daarnaast heeft de dealer er erg veel belang bij als de deur snel gemonteerd kan worden. Het monteren van de overhaddeur is door het gewicht erg arbeidsintensief en een korte montagetijd bespaart veel geld voor hun.



1.2.5. Werkvoorbereider

De werkvoorbereider van Metacon moet ervoor zorgen dat uiteindelijk de juiste deuren gemaakt worden. Hij zorgt ervoor dat de juiste inkooponderdelen besteld worden en dat de werkplaatsmedewerkers weten wat ze moeten doen.

Doordat elke deur op maat gemaakt wordt moet hij erg goed overzicht houden over het productieproces en wanneer er problemen ontstaan of fouten gemaakt worden lost hij dit op.

Belang bij de OHD-ECO

Voor de werkvoorbereider is het belangrijk dat het productieproces van de nieuwe OHD-ECO parallel kan lopen met die van de andere producten die op dezelfde locatie geproduceerd worden.

Ook wil hij graag dat de twee typen overhaddeuren met zoveel mogelijk dezelfde materialen geproduceerd kunnen worden. Hierdoor kan hij makkelijker plannen en voorraden bijhouden.

Daarnaast heeft hij veel baat bij structuur en overzicht in de werkplaats. Hierdoor worden er fouten voorkomen en is de status van deuren die in productie zijn altijd duidelijk. Een belangrijk aspect hiervan is een korte doorlooptijd van de productie. Deuren die snel de deur uit zijn staan minder lang in de weg en zijn gemakkelijker om overzicht over te houden.



1.2.6. Werkplaatsmedewerker

De werkplaatsmedewerker is degene die uiteindelijk de deur in elkaar zet.

Werkplaatsmedewerkers zijn erg handig en vindingrijk en hebben vele verschillende competenties. Hij moet nauwkeurig en snel te werk gaan om uiteindelijk een kwalitatief goed product af te leveren.

De werkplaatsmedewerker bij Metacon is trots op het feit dat hij op maat gemaakte producten maakt van metaal. Het stuk ambacht dat hier in zit geeft hem variatie in zijn werk en zorgt ervoor dat hij niet het gevoel heeft dat hij in een fabriek werkt.

Belang bij de OHD-ECO

De werkplaatsmedewerker werkt op instructie. Deze moeten daarom eenduidig en duidelijk voor hem zijn. Ook hecht hij erg veel waarde aan gevarieerd werk. Hij wil daarom niet de hele dag dezelfde handelingen te moeten doen.



1.2.7. Monteur

De monteur is de werknemer van de dealer en uiteindelijk degene die de overhaddeur bij de klant monteert. Vaak heeft hij vrij weinig achtergrondinformatie over het betreffende project. De monteur heeft erg veel ervaring met het installeren van deuren en luiken. Hierdoor heeft hij meestal geen extra informatie nodig en kan hij gelijk beginnen met monteren.

Belang bij de OHD-ECO

Voor de monteur is het erg belangrijk dat hij de juiste onderdelen op het juiste moment krijgt. Bij een bouwproject wordt er vaak één of twee dagen per deur vrijgepland waarin zij de ruimte krijgen om de deur te monteren. Als er dan onderdelen missen kunnen zij niet aan het werk.



1.2.8. Transportmedewerker

De transportmedewerker is degene die de overhaddeur van de werkplaats in Waddinxveen naar de projectlocatie brengt. De transportmedewerker kan in dienst zijn van Metacon, maar vaak worden de pallets met onderdelen door de dealer zelf opgehaald.

Belang bij OHD-ECO

Voor de transportmedewerker is het fijn als de pakketten strak en compact ingepakt zijn. Uitstekende onderdelen zijn niet wenselijk, want die zijn sterk gevoelig voor schade tijdens transport.



1.2.9. Technisch tekenaar

De technisch tekenaar is de persoon die de overhaddeur uittekent. Vanwege het grote aantal variabelen waaruit de klant kan kiezen wordt voor elke overhaddeur een technische tekening gemaakt. Deze tekening wordt naar de klant gestuurd voor controle. De tekening wordt gebruikt door de werkvoorbereider om het productieproces te starten, maar fungeert ook als een controle om ervoor te zorgen dat Metacon en de klant op één lijn zitten.

Belang bij OHD-ECO

Voor de tekenaar is het belangrijk dat hij alle specificaties van de deur goed krijgt doorgegeven. Ook heeft hij er baat bij dat er standaardonderdelen gebruikt worden. Hij kan dan de onderdelen uit oudere tekeningen halen en hoeft dan niet onderdelen nieuw te tekenen.



1.2.10. Inkoopmedewerker

De inkoopmedewerker is de persoon die alle inkooponderdelen bestelt. Alle onderdelen worden of bij de afdeling constructie, of bij een extern bedrijf besteld. Deze moeten daarvoor eerst besteld worden. De inkoopmedewerker zorgt er dan voor dat de onderdelen op het juiste moment op de juiste plaats worden afgeleverd.

Belang bij OHD-ECO

Voor de inkoopmedewerker gaat het allemaal om maten. De inkooponderdelen die op maat besteld worden heeft

Metacon om die reden ook niet op voorraad. Op het moment dat de klant besluit om na het goedkeuren van de technische tekening een maat te veranderen, moeten ook alle inkooponderdelen aangepast worden.



1.2.11. Flexiforce

Flexiforce is de leverancier van de verschillende inkooponderdelen die nodig zijn voor de productie van de overheaddeur. Deze inkooponderdelen vormen samen het systeem dat de overheaddeur werkend maakt. Flexiforce levert deze systemen zodat kleine productiebedrijven zich kunnen focussen op de panelen.

Belang bij de OHD-ECO

Flexiforce heeft er belang bij dat hun systemen gebruikt kunnen worden bij de productie van de OHD-ECO. Daarom proberen zij zo flexibel mogelijke systemen te leveren die in veel situaties toegepast kunnen worden. Flexiforce heeft daarbij baat om zoveel mogelijk hun systemen te ontwerpen in samenwerking met bedrijven als Metacon.

1.2.12. Relaties tussen actoren

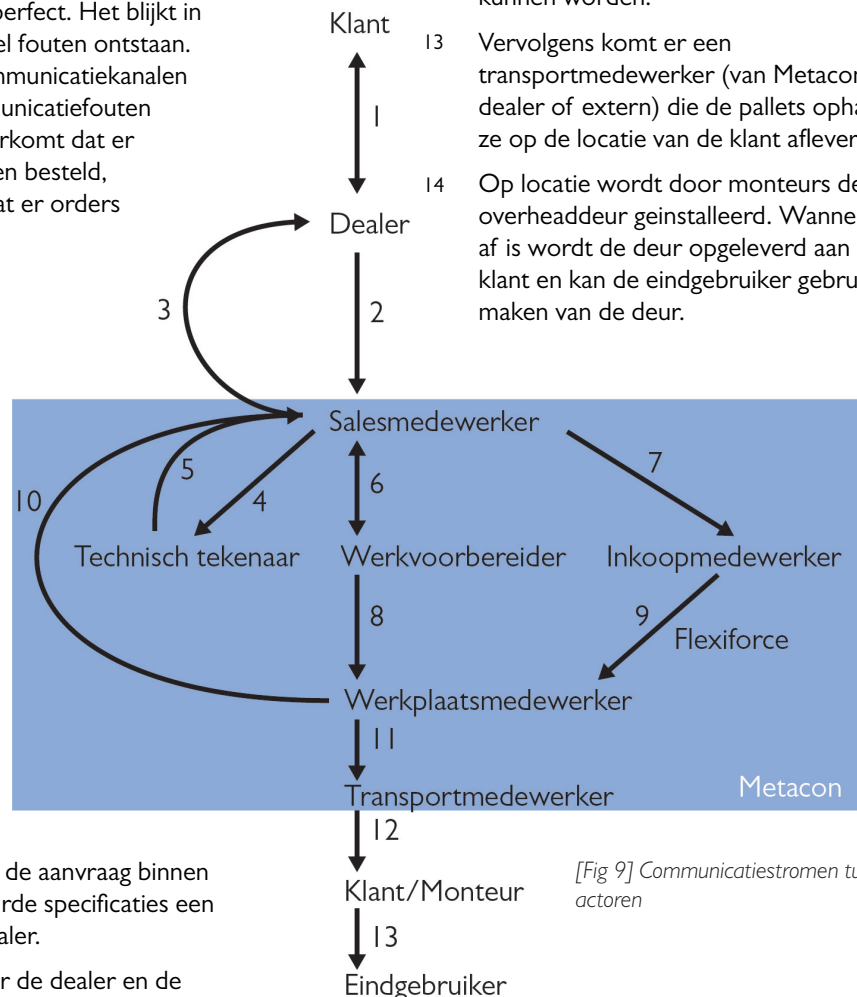
In de infographic, te zien in figuur 9, zijn de relaties tussen alle actoren geschetst. Bij de bestelling van een deur wordt er een vaste procedure gestart. Deze staat in dit figuur beschreven.

Deze manier van communiceren is niet perfect. Het blijkt in de praktijk dat in tijden van drukte er veel fouten ontstaan. Dit komt voornamelijk door de vele communicatiekanalen die door elkaar lopen en die voor communicatiefouten zorgen. Het resultaat is dat het vaak voorkomt dat er onderdelen met verkeerde maten worden besteld, onderdelen te laat worden besteld, of dat er orders niet op tijd afgemaakt worden. Metacon is op dit moment dat aan het op te lossen door een nieuw ERP-systeem (Enterprise Resource Planning Systeem) te gebruiken. Met dit systeem kunnen automatisch offertes gemaakt worden, tekeningen gegenereerd worden en werknemers gestuurd worden. Dit vermindert het aantal persoonlijke fouten en maakt het hele proces (hopelijk) efficiënter.

- 1 Een klant wilt een branddeur en klopt daarvoor aan bij een dealer.
- 2 De dealer besluit aan de hand van de situatie en omgeving dat er een brandwerende overheaddeur moet komen en vraagt deze aan bij Metacon.
- 3 De salesmedewerker van Metacon krijgt de aanvraag binnen en maakt aan de hand van de meegestuurde specificaties een offerte op die hij terugstuurt naar de dealer.
- 4 Wanneer de offerte is goedgekeurd door de dealer en de

klant wordt er door de salesmedewerker een tekening van de overheaddeur aangevraagd bij de technisch tekenaar.

- 5 Wanneer de tekening klaar is wordt hij via de salesmedewerker weer naar de dealer toegestuurd voor goedkeuring.
- 6 Na goedkeuring van de tekening wordt de tekening en specificaties doorgestuurd naar de werkvoorbereider.
- 7 Na goedkeuring van de tekening wordt de tekening en specificaties doorgestuurd naar de inkoopmedewerker.
- 8 De werkvoorbereider maakt aan de hand van de tekening en de specificaties een productieplanning en een productiebon. Deze geeft hij door aan de werkplaatsmedewerkers.
- 9 De inkoopmedewerker zorgt dat alle inkooponderdelen op de goede maat en in goede aantallen besteld worden bij de leverancier, zoals Flexiforce. Deze laat hij afleveren aan de werkplaats.
- 10 Wanneer de werkplaatsmedewerkers de panelen af hebben en de inkooponderdelen verzameld hebben worden ze ingepakt op twee pallets.
- 11 Dit wordt gecommuniceerd naar de salesmedewerker die de gereedmeling aan de dealer doorcommuniceert.
- 12 De pallets worden vervolgens gereed gemaakt voor transport. Ook krijgen ze een weerbestendige folie om zich heen zodat de pallets buiten opgeslagen kunnen worden.
- 13 Vervolgens komt er een transportmedewerker (van Metacon, de dealer of extern) die de pallets ophaalt en ze op de locatie van de klant aflevert.
- 14 Op locatie wordt door monteurs de overheaddeur geïnstalleerd. Wanneer dit af is wordt de deur opgeleverd aan de klant en kan de eindgebruiker gebruik gaan maken van de deur.



[Fig 9] Communicatiestromen tussen de actoren

1.3 ANALYSE PRODUCTIEPROCES

Om te analyseren waar de meeste tijdswinst gehaald kan worden moet goed in kaart worden gebracht hoe het productieproces in elkaar zit en welke handelingen er allemaal volbracht moeten worden. Als dit duidelijk is kunnen er conclusies getrokken worden over de tijdsbesteding en kunnen er tijdsbesparende maatregelen worden toegepast. Daarom heeft het veel baat om het productieproces te volgen en gelijktijdig te registreren wat er allemaal gebeurt.

1.3.1. Opzet analyse

Door te noteren welke handelingen er moeten gebeuren, hoeveel tijd ze kosten en wat voor materialen/machines er nodig zijn kunnen de kosten per handeling worden berekend. Met deze kosten weet je hoe duur het is om een handeling te voltooien en hoe zich dat verhoudt tot andere handelingen. Handelingen die relatief goedkoop zijn hebben minder prioriteit om verbeterd te worden dan relatief duurdere handelingen.

Daarnaast is het handig om te weten welke soort processen er zich uiteindelijk in werkelijkheid voltrekken en hoeveel tijd ze kosten. De onderscheid wordt gemaakt tussen verbindingprocessen, verspaningsprocessen, assemblageprocessen en steltijd. Hieruit kunnen conclusies worden getrokken over welke soort processen verbeterd kunnen worden. Blijkt er bijvoorbeeld heel veel tijd in de steltijd te gaan zitten, dan moet er misschien worden geïnvesteerd in bijvoorbeeld sjablonen die de steltijd verkorten.

Deze gegevens zullen ook veel invloed hebben in het ontwerpproces voor de volgende overhaaldeur. Wanneer bijvoorbeeld blijkt dat heel veel tijd gaat zitten in het verbinden van twee bepaalde onderdelen, kan er in het nieuwe ontwerp voor gekozen worden om de onderdelen aan te passen of het noodzakelijke beweringsproces. Hiermee kan tijdswinst en dus een kostenbesparing gehaald worden.

Ook vormen de verkregen gegevens goed vergelijkingsmateriaal. Voor de nieuwe overhaaldeur worden nieuwe materialen gekozen die lichter en/of goedkoper zijn. Dat betekent dat er nieuwe beweringsmethoden nodig zijn om de deur te produceren. Om ervoor te zorgen dat deze methoden niet duurder worden dan de huidige methoden, moet je deze processen continu met elkaar vergelijken.

Elke deur wordt op maat gemaakt. Dit geeft problemen met het analyseren van de gegevens en het voorspellen van de productietijd en de productiekosten van een nieuwe deur. De verschillen in dagbreedte en daghoogte zorgen ervoor dat elke deur anders geproduceerd moet worden. Een verschil in breedte van het paneel zorgt er namelijk voor dat er bijvoorbeeld meer gipsplaten nodig zijn om de hele breedte te vullen. De hoogte bepaalt hoeveel panelen er nodig zijn. Dit zorgt ervoor dat de meest interessante waarden 'tijd per meter' en 'kosten per meter' zijn. Als je deze waardes hebt kan je bij elke nieuwe deur heel gemakkelijk de productie tijd en de productiekosten berekenen.

Je hebt hierdoor te maken met vier verschillende processen:

onafhankelijke processen (bijvoorbeeld steltijden), afstandsafhankelijke processen (bijvoorbeeld het inpakken), paneelafhankelijke processen (bijvoorbeeld het aantal te monteren scharnieren) en gecombineerde processen (bijvoorbeeld lijmen beplating). Deze laatste processen zijn zowel afstandsafhankelijk als afhankelijk van het aantal panelen.

Om de geschatte productietijd per meter te modelleren zijn deze formules opgesteld:

$$\text{Productietijden per meter: } \left(\sum \frac{S}{n} \right); \left(\sum \frac{T_a}{n} \right); \left(\sum \frac{T_p}{n} \right); \left(\sum \frac{T_c}{a * p} \right)$$

- S = afstandsonafhankelijk tijd (uren)
- n = aantal deuren gemeten
- T_a = Tijdsmetingen afstandsafhankelijke processen(uren)
- a = afstand (breedte of hoogte gemeten deuren afhankelijk van proces)(m)
- T_p = Tijdsmetingen paneelafhankelijke processen(uren)
- p = aantal panelen gemeten deuren
- T_c = Tijdsmetingen breedte- en paneelafhankelijke processen(uren)
- c = breedte maal het aantal panelen gemeten deuren

In deze formules worden de verschillende tijden berekend. Omdat er meerdere deuren gemeten gaan worden wordt van elke handeling eerst het gemiddelde berekend. Dit wordt gedaan door alle tijden gedeeld door bijvoorbeeld de breedte op te tellen en daarna te delen door n. Alle soortgelijke handelingen worden vervolgens bij elkaar opgeteld om (in dit voorbeeld) de breedteafhankelijke productietijd per meter uit te rekenen. Elke term hangt dus van verschillende variabelen af. Het heeft dus geen zin om ze op te tellen. Om te berekenen hoeveel tijd het gaat kosten om een hypothetische duur uit te rekenen zal dat voor elke 'soort tijd' apart moeten doen voor ze bij elkaar op worden geteld.

$$\text{Productietijd} = \left(\sum \frac{S}{n} \right) + a \left(\sum \frac{T_a}{n} \right) + p \left(\sum \frac{T_p}{n} \right) + a * p \left(\sum \frac{T_c}{a * p} \right)$$

Om de productiekosten per meter te berekenen moet eerst van elke handeling de kosten worden uitgerekend. Deze kosten bestaan uit twee soorten variabele kosten: arbeidskosten en machine/gereedschapskosten. Onder de laatste valt ook bijvoorbeeld de hoeveelheid lijn die nodig is. Deze kosten moeten al vanaf het begin worden meegenomen en zijn verschillend per handeling. Daarom moeten ze al bij elke handeling worden meegerekend:

Productiekosten per meter

$$: \left(\sum \frac{S * K}{n} \right); \left(\sum \frac{T_a}{n} * K \right); \left(\sum \frac{T_p}{n} * K \right); \left(\sum \frac{T_e}{a * p} * K \right)$$

K = totale variabele kosten

K=A+M

A = Arbeidskosten/uur

M = Machinekosten/uur

Productiekosten van een hypothetische deur:

die ervoor zorgt dat de panelen beschermd zijn tegen de weersomstandigheden.

Terwijl dit allemaal gebeurt, wordt er ook 'gegarmituurd'.

Dit houdt in dat alle inkooponderdelen en losse accessoires bij elkaar gezocht worden en op maat gemaakt worden.

Hier vallen onder andere het railsysteem, de aandrijving en besturing, het beslag en de documentatie. Deze onderdelen worden op een pallet verzameld. Deze pallet wordt ingepakt op dezelfde manier als de pallet met panelen. De klant krijgt dus per deur twee pallets met onderdelen.

Productiekosten

$$= \left(\sum \frac{S * K}{n} \right) + a \left(\sum \frac{T_a * K}{n} \right) + p \left(\sum \frac{T_p * K}{n} \right) + a * p \left(\sum \frac{T_e * K}{a * p} \right)$$

Zoals eerder gezegd zijn de verschillende productietijden per meter en de productiekosten per meter voor dit onderzoek veel interessanter. Daarom worden deze termen apart geanalyseerd. Ook moet er per handeling gekeken worden wat de tijdsbesteding- en kosten per meter zijn. Met die informatie kan je conclusies trekken over het productieproces en advies geven over waar besparingskansen liggen.

1.3.2. Resultaten

Om een overheaddeur te produceren moet er een aantal stappen volbracht worden. Wanneer een order binnenkomt worden als eerst alle inkooponderdelen besteld. Sommige onderdelen, zoals de besturing en de aandrijving worden bij andere bedrijven besteld. Andere inkooponderdelen worden bij het andere filiaal van Metacon in Gouda geproduceerd.

Als dat gedaan is worden eerst de stalen frames gemaakt. Buizen worden op maat gezaagd met een lintzaag en daarna op een mal aan elkaar gelast. De frames worden vervolgens naar een andere hal gebracht waar gips op de frames wordt geschroefd. De tussenpanelen van de deur zijn altijd dezelfde hoogte, maar van het onder- en bovenpaneel verschilt dit nog wel eens. Tegelijkertijd wordt op de rolvormer de beplating gerold. De beplating wordt gemaakt van 0,6 millimeter dik staalplaat. Deze beplating wordt weer op het gips gelijmd. Deze materialen samen vormen de panelen.

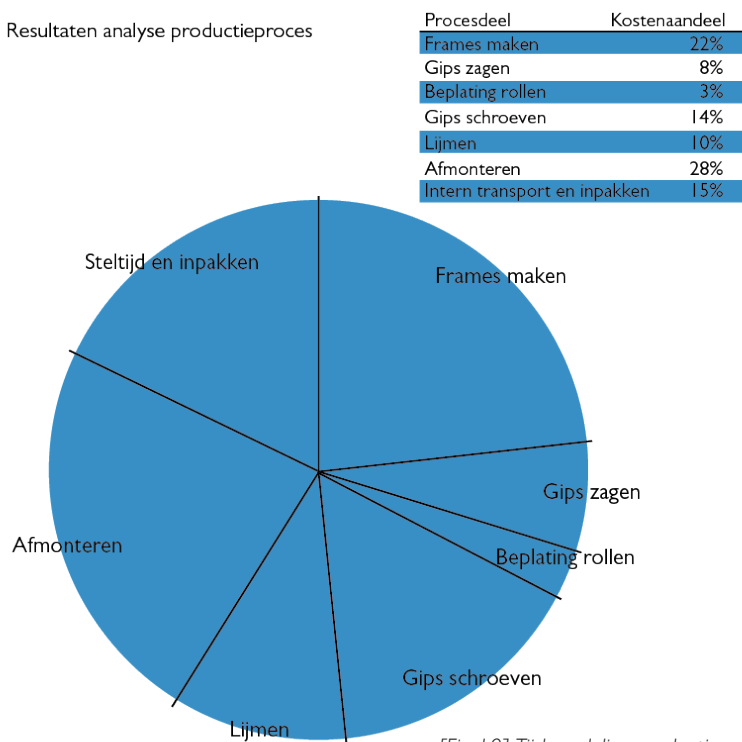
De panelen worden vervolgens afgemonteerd. Er worden dan beschermende hoekprofielen op de zijkanten gemonteerd en de scharnieren worden aan het paneel bevestigd waarmee uiteindelijk de panelen aan elkaar worden verbonden. Als de panelen klaar zijn worden ze opgestapeld op een pallet en vervoerd naar het inpakstation. Daar worden de panelen ingepakt in een kunststof sheet

1.3.2.1. Productietijd en -kosten

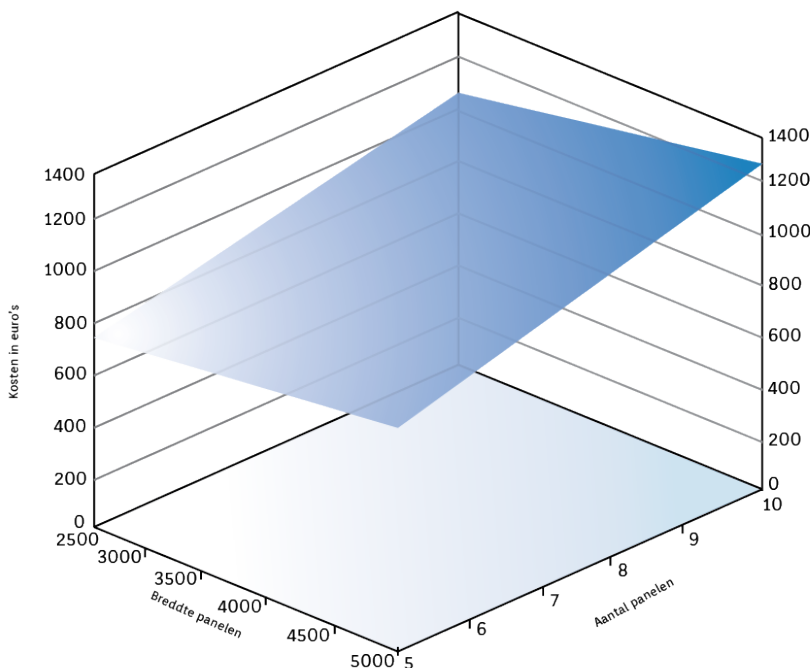
Doordat elke deur op maat geproduceerd wordt verschillen de verhoudingen in de kosten per deur. Dit komt omdat elke deur afhankelijk is van twee variabelen; het aantal panelen en de afstand (breedte of hoogte). Dit betekent dat elke deur een andere kostenverhouding kent. Om het toch te visualiseren is ervoor gekozen om een gemiddelde deur te nemen van 6 panelen met een breedte van 3000 millimeter. Voor deze deur duurt het productieproces ongeveer 15 uur.

In figuur 10 is de kostenverdeling te zien die is gekomen uit het onderzoek. Het gaat hierbij alleen over de arbeidskosten en de machinekosten. Materiaalkosten zijn niet meegenomen. De categorieën bestaan uit meerdere handelingen in het productieproces. Ze zijn gegroepeerd aan de hand van de plek in de werkplaats waar de handelingen voltooid worden. Dus het onderdeel 'Gips zagen' bestaat uit alle handelingen die bij de gipszaag gedaan worden.

Resultaten analyse productieproces



[Fig 10] Tijdsverdeling productieproces



[Fig 11] Productiekosten voor verschillende deuren

Het onderdeel 'steltijd en inpakken' bestaat uit het opslaan van de panelen wanneer de productie even op stil ligt en het controleren en inpakken van de halffabricaten voordat ze door de klant opgehaald kunnen worden. Intern transport is altijd een onderdeel van de categorie van waar de onderdelen naartoe gaan. Dus als de panelen van het lijmen naar het afmonteren worden gebracht dan is dit intern transport gerekend bij het afmonteren.

Voor de uiteindelijke productiekosten afhankelijk van de breedte en het aantal panelen is de grafiek te zien in figuur 11 opgesteld.

Zoals hiernaast te zien is zijn de arbeidskosten vele malen groter dan de machinekosten. De machinekosten per uur zijn van tevoren door Metacon bepaald. Hierbij is ook voor processen als het lijmen en het afmonteren een prijs per uur bepaald. Deze zijn terug te vinden in bijlage 1.

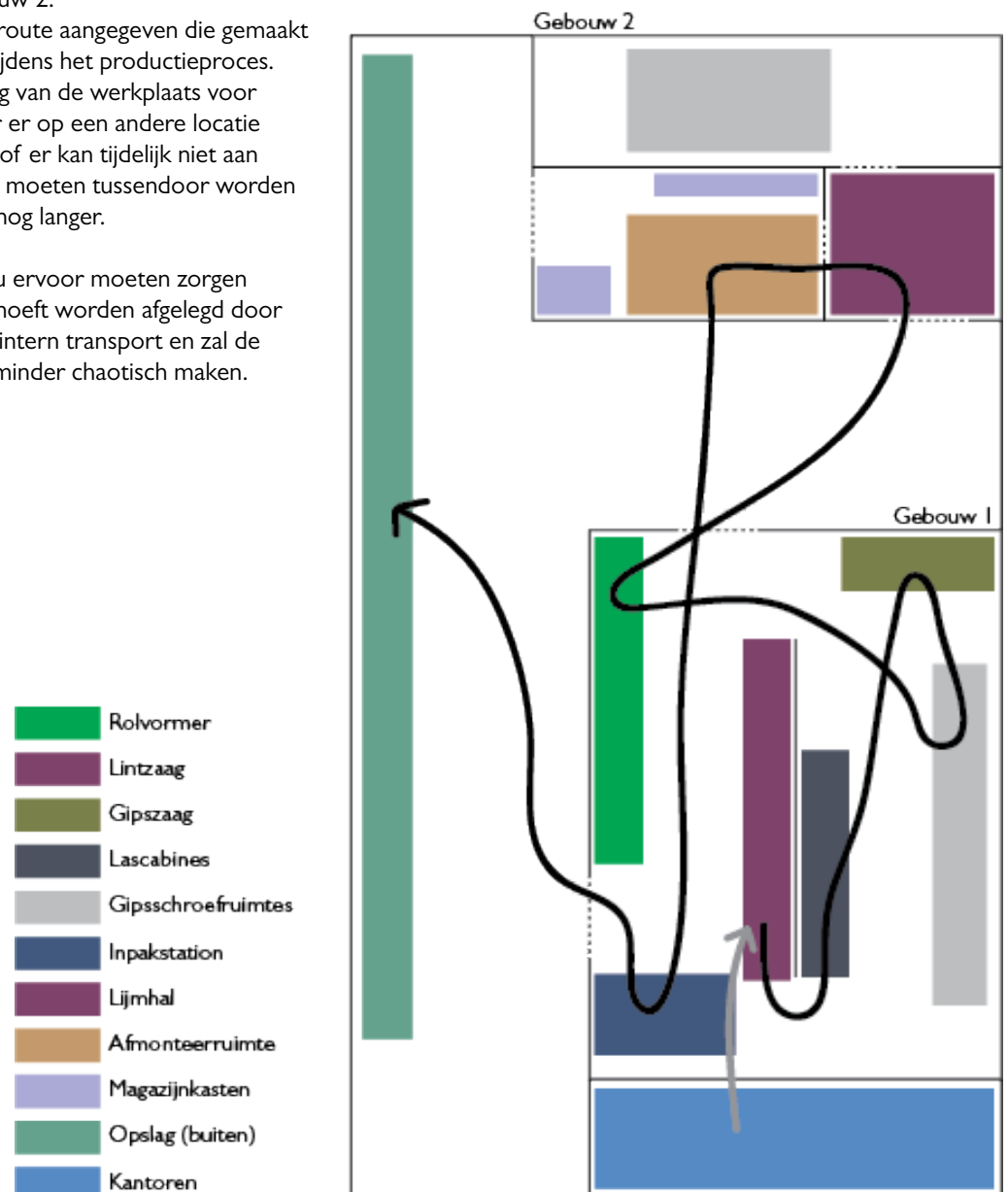
Arbeidskosten	97,87%
Machinekosten	2,13%
Totaal	100,0%

[tabel 1] kostenverdeling

1.3.3. Werkplaats

Tenslotte is er ook nog gekeken naar de werkplaats waar de huidige deur wordt gemaakt. In het figuur hiernaast is een plattegrond te zien van het terrein van Metacon in Waddinxveen. Het terrein bestaat uit twee gebouwen. Over het algemeen staan de grote machines in gebouw 1 en gebeurt het detailwerk in gebouw 2. Ook is in het figuur de kortste route aangegeven die gemaakt kan worden door de panelen tijdens het productieproces. Zoals te zien is zorgt de indeling van de werkplaats voor een zeer lange route. Wanneer er op een andere locatie gips geschroefd moet worden, of er kan tijdelijk niet aan panelen gewerkt worden en ze moeten tussendoor worden opgeslagen, wordt deze route nog langer.

Een nieuw productieproces zou ervoor moeten zorgen dat er een minder lange route hoeft worden afgelegd door de werkplaats. Dit verkort het intern transport en zal de werkplaats overzichtelijker en minder chaotisch maken.



[Fig 1 2] Productiestroom door de werkplaats heen

1.4 ANALYSE MONTAGEPROCES

Hoe de overheaddeur wordt gemonteerd is eigenlijk nooit geregistreerd binnen Metacon. Er bestaat een handleiding voor de deur maar het gevoel binnen het bedrijf is dat die flink verbeterd kan worden. Het is niet bekend hoe nuttig de handleiding is en waar ze tegenaan lopen bij het montageproces. Daarom was het erg waardevol om een keer bij het monteren mee te kijken en te registreren wat er allemaal gebeurt.

1.4.1. Opzet montageanalyse

Deze gegevens zijn waardevol om twee redenen: Met deze gegevens kan de handleiding worden verbeterd. Dit versnelt het montageproces. Daarnaast kan er aan de hand van deze gegevens worden gekeken of er een aanpassing kan worden gedaan in het ontwerp of in het productieproces wat het montageproces zou bevorderen. Ook dit zou het product voor dealers een stuk aantrekkelijker maken.

Het huidige proces bestaat uit een veertiental stappen die de gebruiker moet doorlopen. Bij een aantal stappen zijn er een aantal alternatieven. Bij deze stappen moet je de juiste stap doorlopen afhankelijk van welke aandrijving en welke ophanging je hebt.

De analyse zal per stap worden bijgehouden. Bij elke stap zullen een aantal dingen genoteerd worden. Allereerst zullen de montagetijd en de meettijd worden genoteerd. De meettijd is handig om te weten omdat bij het monteren een aantal onderdelen nauw op elkaar aansluiten (bijvoorbeeld een muurhaak die waterpas moet komen te hangen). Toch zullen de tijden niet heel waardevol zijn omdat daarvoor de steekproef te klein is. Wel kan uit deze tijden de verhoudingen tussen de tijden worden berekend. Blijkt de gebruiker heel veel tijd met bijvoorbeeld stap 6 bezig te zijn, dan liggen daar de beste mogelijkheden om tijds winst te behalen.

Wel is het waardevol om te observeren of er veel verwarring is en of er veel fouten worden gemaakt. Ook is het handig om te noteren wat voor soort fouten dit waren. Aan de hand daarvan kunnen er oplossingen worden bedacht die deze fouten beperken. Daarnaast kan ook de frequentie van hoe vaak er naar de handleiding wordt gekeken een goede kenmerk zijn van hoe duidelijk het montageproces is. Als de gebruiker voor elke keuze eerst op zijn handleiding kijkt maar toch veel fouten maakt, dan is de handleiding niet duidelijk. Voor deze situaties kan er een tabel opgesteld worden. Dit is te zien in tabel 2.

Voor het aantal fouten is het voornamelijk handig om te kijken naar de situaties waarin geen fout wordt gemaakt en de situaties waarin veel (>2) fouten worden gemaakt. Alles daartussen kan incidenteel zijn. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat expertise een belangrijke factor is. Een monteur die al heel vaak de deuren heeft gemonteerd heeft veel fouten al gemaakt en weet hoe hij ze moet voorkomen.

FREQUENTIE KIJKEN NAAR HANDLEIDING	AANTAL FOUTEN	WAARSCHIJNLIJKE OORZAAK
0	0	Montage proces is duidelijk; handleiding overbodig. Of de expertise en ervaring zijn groot genoeg.
	>2	Gebruiker heeft geen vertrouwen in de handleiding. Montageproces is niet duidelijk genoeg om zonder handleiding te kunnen.
1	0	Handleiding is duidelijk genoeg om met een enkele keer kijken geen fouten te maken.
	>2	Gebruiker had vaker in de handleiding moeten kijken. Handleiding niet duidelijk of aantrekkelijk genoeg.
2-5	0	Handleiding is niet duidelijk genoeg en er moet een paar keer worden gekeken. Alles staat wel in de handleiding.
	>2	Handleiding niet duidelijk genoeg en verwarrend. Meerdere keren bekijken zorgt niet voor de juiste oplossing.
>5	0	Gebruiker is erg nauwkeurig en wil geen fouten maken.
	>2	Handleiding en montageproces zijn beide onduidelijk. Handleiding en praktijk spreken elkaar tegen.

[Tabel 2] verklaringen gebruik handleiding

1.4.2. Het montageproces

De deur wordt gemonteerd volgens een viertiental stappen. Als eerste wordt het beslag tegen de muur bevestigd. Dit is waar de deur uiteindelijk tegenaan gehangen wordt. Daarna kan het ophangstelsel gemonteerd worden. Afhankelijk van het plafond kan dit horizontaal, verticaal of onder een hoek gebeuren. Vervolgens worden de consoles voor de aandrijving opgehangen. Hoe dit precies gaat hangt van de aandrijving. Als dit gebeurd is wordt de aandrijving in de consoles geplaatst. Voor een elektromotor gebeurt dit meestal bovenin. Een hydraulische aandrijving wordt op altijd op de grond geplaatst. Voor de besturing moet een geschikte plaats op de muur gevonden worden.

Als dat gebeurd is kunnen de panelen in het systeem worden geschoven. Eerst wordt het onderpaneel geplaatst en daarop worden de volgende panelen gestapeld. De panelen worden aan elkaar bevestigd door de scharnieren in de panelen te schroeven. Vervolgens kunnen de kabels bevestigd worden. Deze worden verbonden met het onderpaneel. Alle andere panelen leunen dus constant op dat paneel. Ten slotte is het alleen nog een kwestie van de kabelbreukbeveiliging bevestigen en de begin- en eindpositie instellen.

1.3.3. Resultaten montageanalyse

STAP	MONTAGETIJD (MINUTEN)	MEETTijd (MINUTEN)	AANTAL KEER OP DE HANDLEIDING GEKEKEN	AANTAL FOUTEN GEMAAKT
1 ¹				
2	70	20	1	1
3 ²		10	0	0
4	90	10	0	1
5 ³				
6 ³				
7	5	2	0	1
8 ²		10	2	0
9	20	4	0	0
10	5	0	0	0
11	30	0	0	0
12	20	0	0	1
13 ³				
14 ³				

¹Deze stap was niet toepasbaar, omdat op betreffende deur geen vloeistofkering toegepast was.

²Deze stappen konden niet uitgevoerd worden, maar er is wel gemeten of maten klopten

³Deze stappen zijn wegens het oponthoud in het montageproces niet gemeten
[Tabel 3] resultaten montageanalyse

Het hele montageproces werd gedaan door twee monteurs. Hierbij werkte er vaak één op een hoogwerker om bij het plafond te werken en was er één op de grond aan het werk. Het blijkt dat er toch nog wel vier fouten zijn gemaakt. Deze hadden niet per se te maken met de verwarring maar kwam ook door dat de monteurs zelf foute aannames maakten. Ook hebben ze niet veel in de handleiding gekeken. Het gevoel hierbij was voornamelijk dat er niet de juiste informatie in stond.



[Fig 13] Montage overheaddeur

1.4.3. Heuristische analyse montagehandleiding

Om de huidige en de nieuwe montagehandleiding te kunnen analyseren wordt een heuristische evaluatie gebruikt. Heuristieken vormen een handige checklist bij het evalueren van, in dit geval, een instructietekst. Een heuristiek is een zin, of term waaraan het geëvalueerde onderwerp moet voldoen. Door de teksten op elke heuristiek te beoordelen en te scoren kan je ze vergelijken en hiermee kan er worden gezorgd dat de nieuwe handleiding een verbetering is ten opzichte van de oude.

1.4.3.1. Opzet heuristische evaluatie

Er zijn heuristieken opgesteld voor drie categorieën: Doelgroep, algemeen en OHD. Deze categorieën zijn er om de lijst overzichtelijk te houden. De heuristieken zijn opgesteld aan de hand van bronnen over het maken van instructieteksten. Hieronder is een lijst te vinden met de gebruikte heuristieken. In bijlage 2 kunt u de lijst nog een keer vinden met daarbij een motivatie bij elke heuristiek.

DOELGROEP

1. De handleiding is geschreven voor de doelgroep.
2. De hoeveelheid informatie past bij de hoeveelheid die de doelgroep nodig heeft.
3. De voorgeschreven taken helpen de doelgroep om deze effectief en efficiënt uit te voeren.
4. Pas de juiste procedurele, declaratieve en motiverende en information toe voor de doelgroep.
5. Gebruik vaktermen die duidelijk zijn voor de hele doelgroep.

ALGEMEEN

6. De instructie bevat een algemene beschrijving van de deur en van zijn eigenschappen.
7. Gebruik zowel beelden als woorden om iets uit te leggen.
8. Zet gerelateerde woorden en beelden bij elkaar en niet ver van elkaar af.
9. Laat beeld en woorden simultaan zien en niet achter elkaar.
10. Gebruik geen ongerelateerde woorden en beelden.
11. Laat identieke informatie niet meer dan één keer zien.
12. Gebruik geen double negatives in je instructie en vermijd alle negations.
13. Er is een duidelijk verschil tussen taken die voltooid moeten worden en informatie die hierbij kan helpen.
14. Wees consistent in de taakbeschrijving en het geven van informatie.

15.	Gebruik kleur of vorm om de aandacht op iets belangrijks te leggen.
OHD	
16.	Het is duidelijk voor de gebruiker welke gereedschappen/machines hij nodig heeft bij elke taak.
17.	Het is duidelijk voor de gebruiker welke onderdelen hij nodig heeft bij elke taak.
18.	Het is duidelijk voor de gebruiker hoeveel personen hij nodig heeft voor elke taak.
19.	Het is duidelijk uit welke onderdelen de deur bestaat.
20.	In de handleiding wordt het gebruik, het onderhoud, storingen en reparaties, opslag en transport en het afdanken van het product behandeld.
21.	De handleiding voorkomt gevaarlijke situaties en geeft advies over veiligheid.

CATEGORIE	SCORE
Doelgroep	66%
Algemeen	53%
OHD	50%

[Tabel 5] scores per categorie

Op de heuristieken in de categorie 'Doelgroep' scoort de handleiding het best. Deze heuristieken zijn ook allemaal enigszins toegepast. Heuristieken die over de overheaddeur gaan worden het slechtst toegepast.

Voor elke heuristiek wordt een score bepaald van 0, 1, 2 of 3. Deze betekenen respectievelijk niet toegepast, een beetje toegepast, goed toegepast en perfect toegepast. De volledige evaluatie is te vinden in bijlage 2.

1.4.3.2. RESULTATEN HEURISTISCHE EVALUATIE

HEURISTIEK	BEOORDELING		
1	2	12	1
2	2	13	1
3	1	14	3
4	2	15	1
5	3	16	0
6	0	17	1
7	3	18	0
8	1	19	2
9	2	20	3
10	1	21	3
11	3	Totaal:	35/63

[Tabel 4] resultaten heuristische evaluatie montagehandleiding

De oude montagehandleiding heeft 35 uit 63 punten gehaald. Er is dus veel ruimte voor verbetering. Dit kan met name gehaald worden door heuristiek 6, 16 en 18 toe te passen. Deze concepten worden nog helemaal niet gebruikt in de huidige handleiding en zijn alle juist vrij belangrijk. Ook zijn veel heuristieken maar een beetje toegepast. Die kunnen ook verbeterd worden in de nieuwe montagehandleiding.

1.5 ANALYSE MATERIALISATIE

Vanuit Metacon is er voor een nieuwe materialisatie gekozen. Deze is te lezen in hoofdstuk 1.1.4. Er is onderzoek gedaan naar alternatieven voor materialen om een beeld te krijgen bij deze oplossing van Metacon. Wanneer het blijkt dat er betere alternatieven beschikbaar zijn zou Metacon ervoor kunnen kiezen om daar verder mee te gaan.

Als eerste is er gekeken naar brandwerende materialen die voldoen aan de eisen die hieraan worden gesteld. Daarna is gekeken naar andere veilige materialen waarmee een paneel geconstrueerd zou kunnen worden.

1.5.1. Brandwerende materialen

Om naar deze materialen te zoeken zijn er een aantal parameters opgesteld met eisen waaraan de materialen moeten voldoen. Deze zijn te vinden in tabel 6.

Deze parameters zijn als eisen in het programma EduPack 2015 ingevoerd. Hieruit zijn 39 geschikte materialen gekomen. Deze zijn vergeleken in prijs en in temperatuurgeleiding. En goedkoper materiaal mag daarbij wel een hogere geleiding hebben, omdat er dan meer van gebruikt kan worden. Als baseline is hiervoor het huidige gebruikte Permoxx plaat gebruikt. Hierbij is aangenomen dat de temperatuurgeleiding twee keer zo belangrijk is als de prijs. Na dit filter zijn er nog 10 materialen overgebleven. Deze materialen zijn verder uitgewerkt om hun functionele toepassingen te kunnen vergelijken. Deze materialen zijn: basalt, vermiculiet, glaswol en zeven typen beton. Beton valt hierbij af omdat het te breekbaar is om te verwerken tot panelen. Bij het verbinden zullen stukken afbreken en dat kwaliteitsverlies is te groot. De andere materialen zijn verder onderzocht naar hun geschiktheid voor brandwerende panelen.

1.5.1.1. Basalt

EIGENSCHAP	WAARDE
Dichtheid	2500-2890kg/m ³
Prijs	1,78-1,97 euro/kg
Temperatuursgeleiding	0,03-0,08 W/mK
Maximale gebruikstemperatuur	500-850°C

PARAMETER	EIS	REDENERING
Temperatuurgeleiding	<1,0W/mK	Afhankelijk van de dikte. Huidige materialen hebben een maximale temperatuurgeleiding van ongeveer 0,5W/mK. Deze platen zijn relatief dun, daarom is met een dikkere plaat 1,0W/mK nog afdoende.
Maximale gebruikstemperatuur	>500C	Dit is een harde eis. Het materiaal moet bij een brand(test) op 500 nog kunnen functioneren.
Gewicht paneel	<15kg/m	De maximaal toegestane dichtheid hangt af van de geometrie en het volume dat nodig is van het materiaal. Omdat gewichtsbeparing het belangrijkste doel is mag het gewicht van het paneel niet hoger zijn dan 15 kilogram per meter paneel.
Prijs	<€20,-/m	Deze eis is bepaald om de kosten niet te hoog op te laten lopen. Een toename in materiaalkosten is toegestaan als dat wordt uitgebalanceerd met de kostenbesparing die voortkomt uit de gewichtsbeparing.
Ontvlambaar	NEE, tot 200C	Materialen die contact maken met de buitenlucht mogen niet makkelijk ontvlambaar zijn. Dit geldt tot 200 graden. Boven deze temperatuur geldt de EI(1) eis niet meer en is de deur niet meer goedgekeurd.

[Tabel 6] Parameters brandwerende materialen

Basalt is een vulkanisch stollingsgesteente dat veel wordt gebruikt als dijkbekleding en strandhoofden. Het komt natuurlijk voor in de vorm van zuilen en deze zijn uitermate geschikt om het watergeweld aan te kunnen. Basalt heeft een hoge maximale gebruikstemperatuur en een hele lage temperatuursgeleiding. Dat maakt het erg geschikt voor brandwerende en isolerende toepassingen. Het nadeel van basalt in deze vorm is dat het een erg hoge dichtheid heeft. De dichtheid is namelijk wel 2,5 tot 3 keer hoger dan bijvoorbeeld permoxx-plaat. Basalt is niet te verkrijgen in tegels van een dikte kleiner dan 15 millimeter. De tegels zijn dan te breekbaar om te verwerken. Hierdoor zijn de tegels niet geschikt voor het gebruik in panelen.



[Fig 14] Basaltplaat

1.5.1.2. Steenwol

EIGENSCHAP	WAARDE
Dichtheid	480-520kg/m ³
Prijs	38-41 euro/kg
Temperatuursgeleiding	0,55-0,708 W/mK
Maximale gebruikstemperatuur	1190-2120°C

Basalt wordt ook wel verwerkt tot steenwol. Dit gebeurt door het steen te smelten en deze vervolgens in dunne draden weer te laten stollen. Door deze verwerking verandert het materiaal van een harde steen in een luchtige wol. De bouwplaat wat in de nieuwe materialisatie vanuit Metacon wordt gebruikt is ook een steenwol. Het voordeel van deze wol is dat het een stuk lichter is dan de basaltplaten. Het nadeel is dat het heel zacht is en het dus geen mechanische spanningen kan weerstaan.



[Fig 1 5] Steenwolplaat

1.5.1.3. Glaswol

EIGENSCHAP	WAARDE
Dichtheid	130-140kg/m ³
Prijs	9,31-12,4 euro/kg
Temperatuursgeleiding	0,044-0,046 W/mK
Maximale gebruikstemperatuur	410-560°C

Glaswol heeft soortgelijke eigenschappen als steenwol. Het heeft een erg lage temperatuursgeleiding, is erg licht en kan op hoge temperaturen gebruikt worden. Het nadeel is dat het lastig te verwerken is. Het materiaal geeft bij verwerking een jeukend effect op de huid en dit betekent dat er voorzorgsmaatregelen moeten worden gedaan voordat het materiaal verwerkt kan worden. Ook kan het net als steenwol geen mechanische spanningen weerstaan en buigt en scheurt het snel.



[Fig 1 6] Glaswol

1.5.1.4 Vermiculiet

EIGENSCHAP	WAARDE
Dichtheid	64-160kg/m ³
Prijs	1,5-1,8 euro/kg
Temperatuursgeleiding	0,058-0,070 W/mK
Maximale gebruikstemperatuur	1420-1520°C

Vermiculiet is een gehydrateerde metaal-silicaat dat

voornamelijk verwerkt wordt tot plaatmateriaal. Het wordt veel gebruikt om ruimtes acoustisch te isoleren en om haarden brandwerend te maken. Het is een erg licht en goedkoop materiaal. Ook beschikt het over excellente thermische eigenschappen. Het nadeel is dat het materiaal erg snel breekt en dus geen spanningen kan verdragen.¹ Ook neemt het veel vocht op en kan dus niet gebruikt worden in vochtige situaties.



[Fig 1 7] Vermiculietplaat

1.5.1.5. Conclusie

Er zijn niet veel materialen die goede brandwerende en isolerende eigenschappen bevatten en goedkoper zijn als het huidige gebruikte permoxx-plaatmateriaal. Basalt in zijn steenvorm is te zwaar en te moeilijk te verwerken om de gewenste gewichtbesparing te behalen in het paneel. Basalt in de vorm van steenwol en ook glaswol bieden beide erg goede thermische eigenschappen. Helaas zijn het zachte materialen die niet solide genoeg zijn om een deurconstructie te dragen. Zij kunnen dus niet over het hele oppervlakte gebruikt worden en kunnen dus niet voorkomen dat er warmtebruggen ontstaan. Wel kunnen ze als aanvulling op de isolatie worden gebruikt. Vermiculiet blijkt de beste oplossing. Door zijn goede thermische eigenschappen in combinatie met het lichte gewicht en goedkope prijs is het een perfect materiaal om in het paneel te gebruiken. Ook is het in plaatvorm verkrijgbaar wat het verwerken gemakkelijker maakt. Vermiculiet heeft wel een goed frame nodig om aan te hangen en heeft een onregelmatig oppervlak waardoor een gladde afwerking behalen lastig is.

1.5.2 Frame

De vermiculieten platen die gebruikt worden hebben een stevig frame nodig voor support. In figuur 2 op pagina 13 is te zien dat een paneel tijdens het gebruik krachten in twee richtingen te verduren. Het paneel moet het gewicht van de andere panelen kunnen verdragen en hij moet niet onder zijn eigen gewicht doorbuigen. Dit kan gebeuren wanneer de deur in het verticale beslag hangt.

Voor de huidige overheaddeur wordt het frame van staal gemaakt. De nieuwe materialisatie vanuit Metacon bestaat uit een houten frame. In deze constructies worden twee horizontale kokers/balken verbonden met een aantal verticale balken om het frame te creëren. Het stalen frame heeft als nadeel dat het een tijdsintensief proces is om het te maken. Het houten frame is een stuk makkelijker om te maken, maar is wel minder stevig.

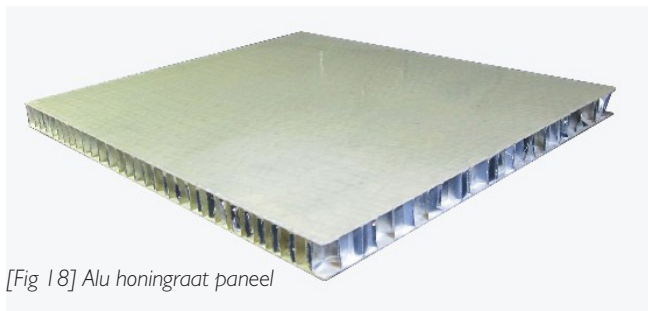
Het frame moet om die reden zo licht mogelijk zijn, maar

¹Vermiculiet plaat: http://www.venturaholland.nl/index.php?route=product/product&path=100_101&product_id=168

wel stevig genoeg om de bestaande krachten te kunnen weerstaan. Ook moet het frame zo makkelijk mogelijk te maken zijn, maar het materiaal moet ook zo goedkoop mogelijk zijn.

1.5.2.1. Aluminium honingraadpaneel

Beschrijving	Een aluminium paneel met daartussen een honingraadframe
Voordelen	+Plaat hoeft alleen op maat gezaagd te worden +Erg stevige oplossing
Nadelen	-Aluminium kan de temperatuur waarschijnlijk niet aan -onderdelen aan de zijkant van het paneel bevestigen gaat lastig



[Fig 18] Alu honingraad paneel

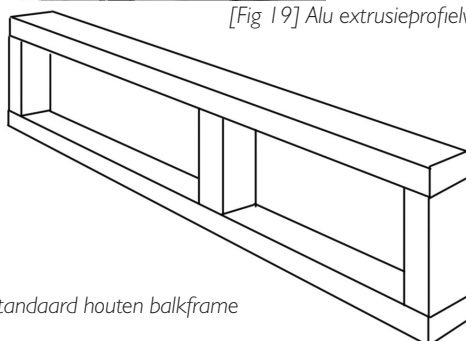
1.5.2.2. Aluminium extrusieframe

Beschrijving	Standaard aluminium extrusieprofielen kunnen op maat gezaagd worden en kunnen simpel in elkaar geschroefd worden.
Voordelen	+Licht frame +Makkelijk te assembleren
Nadelen	-Onderdelen aan het frame monteren wordt moeilijk - Aluminium kan de temperatuur niet aan

1.5.2.3. Houten profielframe

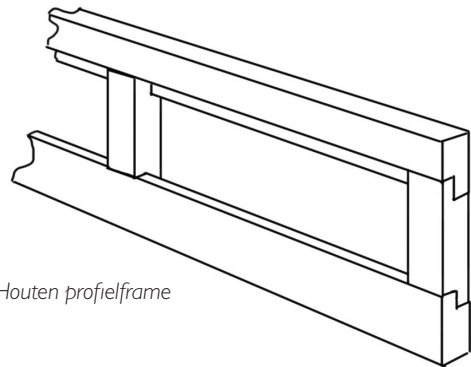


[Fig 19] Alu extrusieprofielverbinding



[Fig 22] Standaard houten balkframe

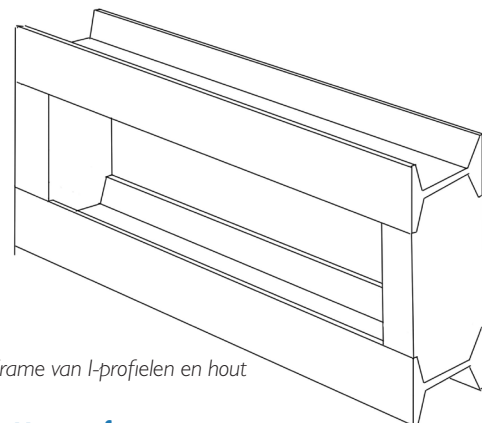
Beschrijving	Houten balken worden in een speciaal profiel gezaagd waardoor er gemakkelijk de verticale balken aan de horizontale geschroefd kunnen worden.
Voordelen	+Frames assembleren is erg gemakkelijk; er hoeft maar vanaf één richting geschroefd te worden.
Nadelen	-Verskil in hoogte panelen zorgt voor moeilijkheden in de vorm van het profiel -Verticale balken zagen -Hoge materiaalkosten



[Fig 20] Houten profielframe

1.5.2.4. Hout met staal profiel

Beschrijving	Houten balken worden in een stalen I-balk geschroefd
Voordelen	+Geen voorbereidingen nodig aan het materiaal
Nadelen	-Hout en staal liggen niet op dezelfde hoogte. -Temperatuursverhoging zorgt voor ongelijke uitzetting



[Fig 21] Frame van I-profielen en hout

1.5.2.5. Houten frame

Beschrijving	Houten balken worden op maat gezaagd en aan elkaar geschroefd
Voordelen	+Materiaal is erg licht +Hout is makkelijk te verbinden
Nadelen	-Materiaal is duur -Onregelmatigheid materiaal is moeilijk te voorspellen.

1.5.3. Conclusie

In de afweging tussen gewicht en brandwering wordt toch steeds weer uitgekomen op een materialisatie met een frame van hout. De isolerende eigenschappen van hout zorgen ervoor dat er minder isolatiemateriaal gebruikt hoeft te worden. Naast dat het hout lichter is, is het isolatieplaatmateriaal dat gebruikt wordt dus ook lichter. Alternatieven zijn nou eenmaal een stuk meer temperatuur geleidend. Een aluminium paneel met honingraatstructuur zou het paneel een stuk lichter maken en de productie van panelen een stuk makkelijker. Aluminium geleidt alleen de temperatuur zo goed dat er minstens twee keer zo veel isolatiemateriaal nodig is dan bij een houten frame. De gewichtsbesparing wordt dan weer teniet gedaan door het extra isolatiemateriaal.

Metacon heeft eerder al eens getest of een paneel die volledig bestaat uit hout geschikt is voor een overheaddeur. Deze test had een negatief resultaat omdat het hout dat contact maakte met de buitenlucht ontbrandde bij de hoge temperaturen van de testoven.

Daarom moet het hout wel goed ingepakt worden met brandwerend plaatmateriaal. Het permoxx dat gebruikt wordt is zeer geschikt, maar wel erg duur en zwaar. Om nog meer materiaalkosten en gewicht te besparen is het verstandig om panelen met vermiculiet plaatmateriaal te testen. Deze platen zijn lichter en goedkoper dan het permoxx alternatief.

1.5.4. Tests nieuwe materialisatie

Om de nieuwe materialisatie te testen is er een testpaneel gemaakt. Dit paneel is gemaakt met het houten frame en de steenwol vulling. Bij deze tests was het voornamelijk het doel om te kijken of deze opbouw de krachten zou kunnen weerstaan.

Als eerste is de doorbuiging getest. Het paneel is neergelegd op aan elk uiteinde een bok. Dit simuleert de situatie waarin het paneel in de geleiding hangt. Het paneel van 3900mm boog daarbij in het midden 12 millimeter door. Dit is net aan acceptabel.

Als tweede is het paneel op zijn kant gezet en is er aan het middenscharnier zestig kilogram gehangen. Dit gewicht is het gewicht dat een scharnier op het bovenste paneel moet kunnen dragen. Voor alle andere scharnieren is het gewicht minder. In deze situatie trad er vrijwel nul doorbuiging op. Ook hield de schroefverbinding aan het scharnier het prima.

Een ander 'probleem' dat zich voordeed was dat de horizontale houten balken tijdens het assembleren van het paneel een beetje krom zijn gaan staan. Wanneer dit te erg wordt kan dit ervoor zorgen dat de panelen niet meer zo goed op elkaar aansluiten. Daarvoor moet dus worden uitgekeken bij het controleren van de frames.

Ook is het paneel gewogen. Het nieuwe paneel weegt 55 kilo. Een paneel met een stalen frame zou 108 kilo hebben gewogen. Dat is een gewichtsbesparing van 49%.

Uiteindelijk is de constructie van het paneel goedgekeurd

en kan het project voor Metacon de volgende fase in. Er worden dan meerdere panelen gemaakt en deze zullen voor een opening gehangen worden als een echte overheaddeur. Dan kan worden gekeken wat de panelen doen als ze aan elkaar hangen en door de geleiding gaan bewegen. Als de deur die test doorkomt dan kan het voor een oven gehangen worden om te kijken wat de nieuwe materialen doen bij een brandsituatie.

Ook kan er nu worden gekeken naar het productieproces van de OHD-ECO.

1.6 CONCLUSIES ANALYSEFASE

Aan de hand van de verschillende onderzoeken kan er een aantal conclusies worden getrokken die kunnen helpen bij het kiezen van de juiste route in het ontwerpproces. De conclusies kunnen uiteindelijk omgevormd worden tot een programma van eisen, maar ook geven ze een bruikbaar kader om in te werken. In dit hoofdstuk worden de conclusies die volgden uit te vijf voorgaande hoofdstukken achter elkaar gezet en vervolgens worden de mogelijkheden voor tijds- en kostenbesparingen benoemd.

1.6.1. Huidige overheaddeur

De huidige overheaddeur is een product dat eigenlijk wordt gemaakt door meerdere bedrijven. Flexiforce is een bedrijf dat het hele deursysteem levert en bepaalt daarmee de werking en het ontwerp van de overheaddeur. Bedrijven zoals Metacon produceren de panelen en kunnen hiermee hun producten differentiëren ten opzichte van de deuren van concurrenten. Door de deur geschikt te maken voor vele verschillende brandwerendheid- en explosiviteitseisen heeft Metacon met de OHD een deur in handen die kwalitatief zeer goed is. Metacon maakt een aantal inkooponderdelen al zelf, maar het is niet realistisch om alle inkooponderdelen al zelf te gaan maken. Wil Metacon groeien met de productie van overheaddeuren, dan zal het de panelen eerst moeten perfectioneren.

Metacon wil graag meer van deze deuren verkopen voor een lagere prijs. Om dit te bereiken zullen de productiekosten en productietijd gereduceerd moeten worden. Dan kunnen er meer deuren geproduceerd worden voor een lagere prijs.

De gewenste groei kan alleen maar behaald worden als de overheaddeur blijft voldoen aan de gestelde Europese normen. Wil de nieuwe deur, de OHD-ECO, een succes worden dan zal hij ook aan deze eisen moeten voldoen.

1.6.2. Actoranalyse

Er spelen vele actoren mee in de productie en levering van de overheaddeur. Hierbij komen veel wensen van actoren bij het product overeen. Voor zowel Metacon, een leverancier als Flexiforce en de dealers is het belangrijkste dat OHD-ECO van hetzelfde systeem gebruik maakt als de huidige overheaddeur. Dit zorgt ervoor dat de implementatiekosten voor deze actoren minimaal zullen zijn.

Voor Metacon is het daarnaast zeer belangrijk dat de productie van de deur weinig ruimte in beslag neemt en ervoor zorgt dat de doorlooptijden van orders verkort worden.

Vanuit de dealer en de klant is het erg belangrijk dat de deur toepasbaar is op verschillende situaties. Zij willen keuze kunnen hebben in de ophanging, de aandrijving en in de besturing. Dit grote aantal variabelen zorgt binnen Metacon wel voor veel fouten die gemaakt worden. Medewerkers van Metacon hebben daarom belang bij een gestructureerd product en goede communicatie. Met het gebruik van een nieuwe ERP-systeem wordt geprobeerd dit op te lossen.

1.6.3. Productieproces

Allereerst zijn er vier verschillende onderdelen die heel veel tijd kosten. Deze handelingen bieden het meeste potentie

om significante tijdsbesparing op te leveren.

Het eerste proces daarvan is het lassen van de frames. Niet alleen het lassen zelf, maar ook het inklemmen van alle buizen zorgt ervoor dat er erg veel tijd in gaat zitten. Samen zorgt het voor bijna 23% van het hele productie proces van de panelen. Afhankelijk van het aantal panelen en de lengte van de panelen kan dit wel drie uur duren.

Ook kost het schroeven van het gips op de panelen erg veel tijd. Op elke gipsplaat moet elk schroefje afgetekend worden en bovendien moet elke schroef door een dikke gipsplaat en een stalen koker. Dit beslaat ongeveer 14 % van de tijd. Het gips voorbereiden en op maat maken zelf kost niet bijzonder veel tijd. Wel moet het altijd worden gedaan door twee personen. Dit komt omdat de gipsplaten te groot en te zwaar zijn voor één persoon. Hierdoor gaan 8% van de kosten zitten in het zagen van het gips.

Daarnaast gaat er tijdens het afmonteren veel tijd zitten in het monteren van de hoekprofielen. Dat komt omdat deze goed vast moeten zitten en er meerdere schroeven nodig zijn om ze te verbinden met het paneel. Ook moeten deze schroeven door de aluminium beplating, het gips en het stalen frame. Dit beslaat ongeveer 9% van de tijd.

Het intern transport is ook zeker een tijdrovend en intensief onderdeel van het productieproces. De panelen moeten vaak op- en afgestapeld worden wanneer een handeling voldaan moet worden. Dit heeft drie oorzaken. Als eerste moeten de panelen gelijmd worden in een andere hal dan waar ze in elkaar geschroefd of afgemonteerd worden. Dit moet gebeuren in een aparte, goed geventileerde hal. Daarnaast is er een ruimtegebrek in de werkplaats. Hierdoor moet er soms afgemonteerd worden in de lijmhhal. Als laatste zit er een verschil in tempo tussen de productieprocessen. Er liggen dan al verschillende deuren klaar om gelijmd te worden, maar is de lijmhhal nog niet vrij. Intern transport beslaat ongeveer 15 % van de tijd.

Het feit dat elke paneel gelijmd moet worden blijkt een groot obstakel in het productieproces. Deze bottleneck zorgt ervoor dat er doorgaans veel stapels met panelen te wachten liggen voordat ze afgemonteerd kunnen worden. Dit zorgt voor een onevenwicht in het productieproces en een erg lange doorlooptijd van de orders.

Ook maakt het voor de productiekosten en productietijd en enorm uit hoeveel panelen je hebt. Het aantal panelen vormt een belangrijkere factor dan de breedte van de panelen. Een verdubbeling van de breedte zorgt ongeveer in een toename van 20% van de productiekosten. Een verdubbeling in het aantal panelen zorgt voor 65% meer productiekosten.

De arbeidskosten zijn vele malen groter dan de machinekosten. Dit komt voornamelijk door het feit dat elke deur op maat gemaakt wordt. Mensen zijn daarin flexibeler dan machines. Daarnaast missen de kosten per uur nog overhead- en gereedschapskosten die daarbij komen kijken.

1.6.4. Montageproces

Het montageproces dat gevolgd is was geen vlekkeloos proces. Door een miscommunicatie tussen de dealer en de klant was de projectlocatie anders dan verwacht. De overheaddeur is uiteindelijk tegen een stalen frame opgehangen. Doorgaans wordt dit sterk afgeraden omdat het niet brandveilig is. Je kan wel een brandwerende deur ophangen, maar als de muur zelf niet brandwerend is dan heb je niks aan de deur. Ook bestond het dak uit heracliet. Dat is een soort vezelplaat met daar tegenaan een piepschuimlaag van tien centimeter. Daar kan natuurlijk nooit een overheaddeur van 800 kilo aan gehangen worden.

Dit heeft ervoor gezorgd dat er veel aanpassingen aan de ruimte zelf gedaan moesten worden en dat het montageproces erg uit liep. Daarom kon niet het hele montageproces geanalyseerd worden. De tijdsmetingen zijn daarom grotendeels waardeloos. Zonder het volledige proces gemeten te hebben kunnen er geen uitspraken worden gedaan over de tijdsverdeling tijdens het proces.

Van de handleiding is weinig gebruik gemaakt. Dit heeft waarschijnlijk twee oorzaken. Ten eerste hadden de monteurs erg veel ervaring met het monteren van niet-brandwerende overheaddeuren. Deze verschillen wel van een brandwerende overheaddeur, maar de constructie is soortgelijk. Ten tweede was de technische ondersteuning medewerker van Metacon ook de hele dag aanwezig. Wanneer hij er niet was geweest was er misschien vaker naar de handleiding gekeken.

Er zijn wel een aantal fouten gemaakt. Deze fouten kwamen voornamelijk doordat er minder ruimte beschikbaar was dan verwacht. Zoals eerder genoemd heeft dit voor veel verwarring gezorgd. Dit probleem ligt tussen de dealer en de klant.

Wel zijn er ook fouten gemaakt die wel voorkomen hadden kunnen worden. Uit de keerwielhouders is een hoek gehaald zodat zo tegen de geleiders aan gemonteerd kunnen worden. De houders hadden ook gewoon omgedraaid kunnen worden, zodat er geen hoek uit had gehoeven. Een waarschuwing in de handleiding had dit misschien voorkomen kunnen worden.

Ook is er veel tijd besteed aan het waterpas zetten van het muurbeslag. Hierbij moeten twee verticale geleiders worden gemonteerd en één horizontaal profiel daarboven. Hierbij moet er aan beide kanten precies één centimeter tussen het profiel en de geleiders komen. Ook moeten deze drie onderdelen precies waterpas staan. Omdat dit heel nauw komt duurt het erg lang (90 minuten in dit geval) om dit voor elkaar te krijgen. Wanneer er een tool zou zijn die

ervoor zorgt dat het profiel en de geleiders precies haaks op elkaar staan en er een centimeter ruimte is, dan zou deze tijd enorm verkort worden.

1.6.5. Materialisatie

Om het gewicht en de productiekosten van de deur omlaag te halen is er door Metacon gekozen om de panelen te gaan uitvoeren met een houten frame. Deze deur zal lichter zijn en dat levert veel voordelen op. Er kunnen lichtere aandrijvingen gebruikt worden en er hoeven minder veiligheidsmaatregelen op de deur gebouwd worden. Wel is de vraag of deze nieuwe materialisatie voldoende is om de brandwerende eisen te behalen.

Bij het analyseren van deze en alternatieve materialen bleek dat er altijd weer terug geredeneerd kan worden naar een ontwerp met een houten frame. Het hout levert goede isolerende eigenschappen, en kan ook gebruikt worden om de stevigheid van het paneel te verbeteren. Wel bestaat er een kans dat de heterogeniteit van het materiaal dat het in een brandsituatie onvoorspelbaar gaat reageren.

Om dit ontwerp te verbeteren zou Metacon er voor kunnen kiezen om hele andere materialen te gebruiken. Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld vermiculiet. Dit is een licht brandwerend materiaal dat ook nog eens erg goedkoop is.

1.6.6. Mogelijkheden voor tijds- en kostenbesparing

Om de grootste besparingen te halen ligt er het meeste winst te behalen in het verbeteren van de productie van de panelen. Onderdelen zoals de geleiders en de aandrijvingen zijn over de gehele branche praktisch gestandaardiseerd en hierin grote veranderingen aanbrengen zal een hoop problemen met zich mee brengen.

Het ruimte probleem levert een groot probleem in de snelheid van het productieproces. Wanneer het productieproces van de OHD-ECO weinig ruimte en beslag hoeft te nemen en de doorlooptijd van de deuren wordt verkort zal dit erg bevordelijk zijn voor het hele proces. Levertijden kunnen verkort worden en er zal meer ruimte zijn in de werkplaats. Ook geeft het meer structuur in het productieproces en zal het aantal fouten verminderd worden.

Er is veel winst te behalen in het maken van de frames en het schroeven van het gips op het frame. Samen beslaat dit namelijk ongeveer 45% van de totale productiekosten. Door een verandering in de productiemethode, zal dit zeker teruggebracht moeten kunnen worden naar 25% van de totale productiekosten.

Een ander punt is het verminderen van de noodzaak op intern transport. Door ruimtegebrek en de locatie van de verschillende machines is er veel intern transport nodig om uiteindelijk afgewerkte panelen af te leveren. Als dit verbeterd wordt zal het zeker 10% tijdswinst kunnen

opleveren.

Een alternatief vinden voor het lijmen zal ook een grote verbetering kunnen hebben in het productieproces. Niet alleen kan het tijdswinst opleveren, ook kan het ervoor zorgen dat de idle time verkort wordt doordat panelen minder lang hoeven te wachten tot ze gelijmd kunnen worden.

Ook kan er tijd bespaard worden door inkooponderdelen beter op maat te bestellen. Op dit moment worden namelijk dezelfde hoekprofielen voor elke paneel gebruikt, terwijl het hoekprofiel van het onderpaneel een andere geometrie heeft. Hierdoor moeten er nog een aantal nabewerkingen worden gedaan om de geometrie geschikt te maken voor het paneel. De hoekprofielen worden bij het hoofdkantoor in Gouda gemaakt. Het op maat maken in Gouda moet daarom niet meer tijd kosten dan het nabewerken in Waddinxveen. Dat zou geen directe besparing voor Metacon opleveren.

Het bevestigen van de hefblokken aan het onderpaneel zou ook veel efficiënter moeten kunnen. Hij wordt pas tijdens het afmonteren aan het onderpaneel bevestigd. Hierdoor moet er in de tussentijd wel telkens rekening met de blokken worden gehouden. Wanneer je de hefblokken al aan het begin van het proces zou monteren, zou je wat tijd besparen in het afmonteerproces.

1.7 PROGRAMMA VAN EISEN

Aan de hand van de analysefase zijn er een aantal eisen en wensen opgesteld waaraan het nieuwe productieproces moet voldoen. Deze eisen kunnen gebruikt worden om concepten voor productieprocessen mee te vergelijken en het eindconcept te evalueren.

Eisen:

1. Het nieuwe productieproces kan met de nieuwe materialisatie een overheaddeur produceren die kwalitatief hetzelfde is als de huidige overheaddeur.
2. Het nieuwe productieproces van de overheaddeur zorgt voor een kwalitatief consistente aflevering van panelen die voldoen aan de normen en certificeringen die voor het product gesteld zijn.
3. Het nieuwe productieproces moet panelen produceren die bestand zijn tegen de krachten die het tegen kan komen in het gebruik van de overheaddeur.
4. Het nieuwe productieproces faciliteert de productie van op maat gemaakte producten en heeft daardoor een hoge mate van flexibiliteit.
5. Het nieuwe productieproces maakt het mogelijk om de overheaddeur te leveren met verschillende besturingen en aandrijvingen en met verschillende soorten beveiligingen.
6. Het nieuwe productieproces moet een tijdsbesparing opleveren van 25% t.o.v. het oude proces.
7. Het nieuwe proces moet simultaan kunnen verlopen met het productieproces van de andere branddeuren
8. Huidige werknemers zijn in staat om met hun huidige kennis in het nieuwe productieproces te functioneren.
9. Het nieuwe productieproces moet aan alle regelgeving omtrent de Arbowet voldoen.
10. Het nieuwe productieproces voldoet aan de eisen voor het behouden van de CE-markering.
11. Het hele productieproces kan op minder dan 200 vierkante meter gedaan worden.

Wensen:

1. Het verminderen van het aantal paneelafhankelijke processen t.o.v. het aantal afstandsafhankelijke processen.
2. Een alternatief vinden voor het lijmen in een speciale ruimte.
3. Er hoeven geen aanpassingen gedaan te worden aan de werkplaats
4. Het nieuwe productieproces maakt het mogelijk om de overheaddeur te leveren met een vloeistofkering en/of met beglazing.
5. Intern transport moet gehalveerd worden in tijd.
6. Het maken van de frames en het bevestigen van het gips moet gehalveerd worden in tijd.
7. Het hele productieproces moet in Waddinxveen doorlopen kunnen worden.
8. De duur van het montageproces verminderen met 10%.

IDEE- EN CONCEPTFASE

In de idee- en conceptfase is het eindontwerp tot stand gekomen. Vele iteraties hebben hierbij geholpen. Deze worden in dit hoofdstuk beschreven. Omdat tijdsbesparing vanuit vele verschillende perspectieven kan worden bekeken is ervoor gekozen om eerst vanuit deze richtingen ideeën te bedenken en te categoriseren. Deze ideerichtingen zijn vervolgens vergeleken en hieruit zijn drie concepten ontstaan.

Deze concepten zijn vervolgens voorgelegd aan medewerkers van de R&D afdeling van Metacon en onder andere op basis van hun oordeel is het eindconcept gekozen.

De precieze uitwerking van dit concept lag toen nog volledig open. Daarom is er een nieuw iteratieproces begonnen om het uiterlijk van het concept vorm te geven. Dit ontwerp is vervolgens het eindontwerp geworden.

2.1 IDEEGENERATIE EN IDEERICHTINGEN

In dit hoofdstuk wordt de ideegeneratie besproken. Deze ideeën hadden vele verschillende vormen. Sommige ideeën waren producten die de productiviteit van het proces verhogen, maar sommigen waren ook meer conceptuele logistieke veranderingen die het productieproces verbeteren. Er is daarom gekozen om deze ideeën te categoriseren om ze zo beter te kunnen analyseren. Deze ideerichtingen hebben uiteindelijk geleid tot drie concepten.

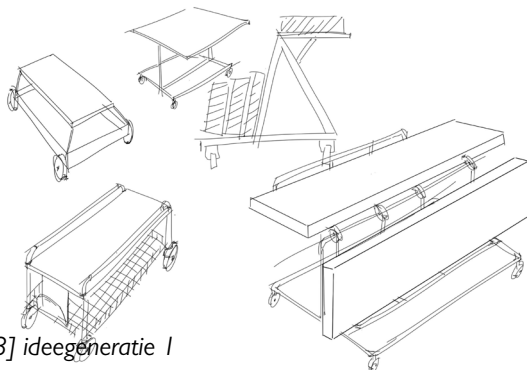
2.1.1. Ideefase

Aan de hand van het programma van eisen zijn er tijdens brainstormsessies een aantal mogelijke oplossingen bedacht om het productieproces te verbeteren. Deze oplossingen zijn in een tabel samengevat. Hierin zijn ook de sterke en zwakke punten van elk idee genoemd. De tabel is te vinden in bijlage 3.

2.1.2. Ideerichtingen

Aan de hand van de ideegeneratie van het onderzoek zijn vijf ideerichtingen gekozen. Deze richtingen zijn voornamelijk gekozen door een aantal ideeën te bundelen in een categorie. Deze richtingen zijn beter uitgewerkt om ze te kunnen vergelijken en er uiteindelijk een keuze gemaakt kan worden naar drie concepten.

1. Rondrijdende karren



[Fig 23] ideegeneratie 1

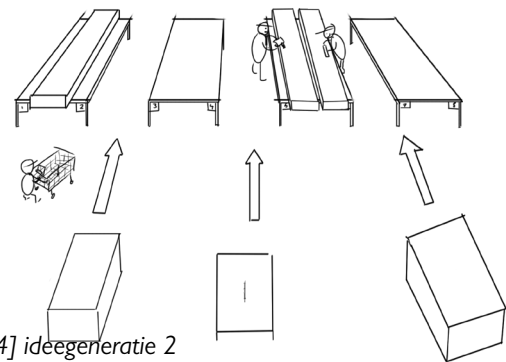
Het idee bij deze richting is dat elk paneel op een eigen kar ligt en zo het productieproces afloopt. Hierdoor hoeft er niet voor intern transport de panelen opgestapeld en weer afgestapeld worden. Een voordeel hiervan is dat de panelen op deze kar ook verlijmd kunnen worden. Hierdoor wordt de tijd die zit in het op- en afstapelen van de panelen geëlimineerd.

De karren worden als eerste ingericht door de personen die de houten balken zagen. Dan worden ze gebracht naar een plek waar de frames in elkaar geschroefd kunnen worden. Op dezelfde plek kan ook het gips op de frames geschroefd worden. Vervolgens kunnen de karren langs de rolvormer gereden worden waar elke kar voorzien wordt van zijn beplating. Daarna volgt de lijmhals waar elk paneel twee keer verlijmd wordt. Uiteindelijk worden de karren dan naar de afmonteerhal gebracht waar ze voorzien worden van hoekprofielen en scharnieren. Ook worden ze hier weer per order bij elkaar verzameld en ingepakt voor vervoer.

Een nadeel is dat de karren niet uit zichzelf van de ene plek naar de ander plek zullen rijden. Er zal dus iemand moeten zijn die de karren steeds verplaatst. Of men moet elke keer

als er een kar nodig is er één ophalen. De vraag is hoeveel besparing dit op intern transport zal opleveren en of het de investering waard is.

2. Centrale werkplekken waar het hele assemblageproces gebeurt



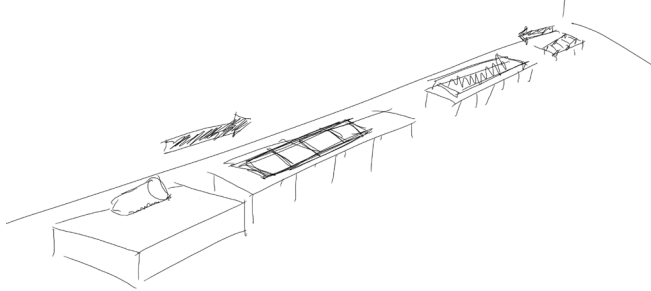
[Fig 24] ideegeneratie 2

Ook dit is een idee ontworpen om het intern transport en steltijd te verminderen. Bij dit concept wordt het hele ontwerpproces doorlopen op één centrale plek in de werkplaats. Er wordt dan steeds gezorgd dat de losse onderdelen op tijd worden afgeleverd zodat het productieproces niet afgeremd wordt. Bij deze plekken zijn ook de kasten met daarin de kooponderdelen en andere accessoires die nodig zijn voor het assembleren van de panelen. Men kan dan tijdens de productie heel makkelijk bij de goede spullen.

Er kunnen meerdere van deze plekken gecreëerd worden. Bij deze werkplekken kunnen meerdere personen aan één deur werken.

Een nadeel is wel dat het spuitlijmen niet op deze werkplekken kan gebeuren. Alle onderdelen die in de buurt liggen zouden dan onder de lijn komen te zitten. Hierdoor is er nog steeds intern transport nodig. Er zal dan een alternatief voor het lijmen moeten worden bedacht om helemaal te zorgen dat alles op één plek gemaakt kan worden. Ook moet de communicatie binnen de werkplaats goed zijn. Als dit niet gebeurt komen onderdelen te laat aan bij de werkplekken en loopt het proces alsnog vast.

3. Lopende band naar de rolvormer toe



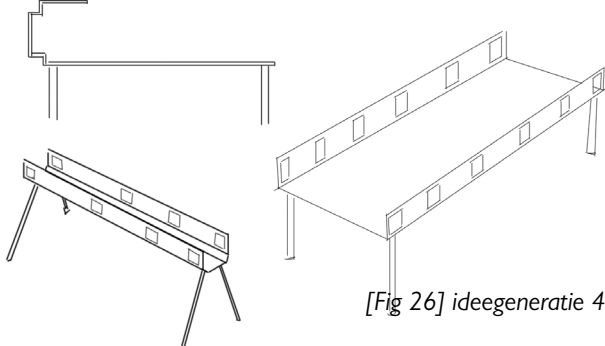
[Fig 25] ideegeneratie 3

Bij dit concept wordt er in een lange productiebaan gewerkt. Vanaf de houtzaag worden de balken gelijk op de tafels gelegd waar de frames in elkaar worden geschroefd. Dan wordt het frame doorgeschoven naar de volgende tafel waar het gips op een zijkant wordt bevestigd. Daarna wordt het paneel omgedraaid en op de volgende tafel wordt het gips aan de andere kant op het frame geschroefd. Als het paneel dan de rolvormer heeft bereikt wordt het paneel met zijn beplating naar de lijmhaf gebracht waar het paneel gelijmd kan worden.

Om dit concept in de praktijk te laten slagen moet ervoor gezorgd worden dat de verschillende handelingen ongeveer even veel tijd in beslag nemen. Dit verlaagt de idle time en zorgt ervoor dat er in een constante frequentie panelen geproduceerd kunnen worden. Er moet dan ook wel goed samengewerkt worden door de medewerkers op de verschillende handelingstations.

Het nadeel van dit concept is dat de machines die nodig zijn in dit systeem moeilijk gebruikt kunnen worden voor het produceren van andere producten. Je zou dan de productielijn van de overheaddeuren moeten stilleggen wanneer je bijvoorbeeld schuifdeuren wilt gaan maken. Ook moet het afmonteren van de panelen alsnog op een andere plek gebeuren, omdat er niet genoeg ruimte is voor het verder laten doorlopen van de lopende band. Hierdoor wordt het weer moeilijker om deuren op een constant tempo af te leveren.

4. Verticale schroeftafels

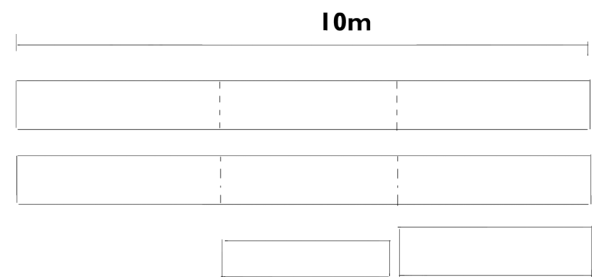


[Fig 26] ideegeneratie 4

Bij dit concept wordt het verbinden van het gips op het frame significant verminderd. Door gebruik te maken van speciale tafels kunnen de panelen op hun zijkant bewerkt worden. Deze tafels klemmen de panelen en houden ze rechtop. Door de zwaartekracht blijft het gips op zijn plaats en hoeft het niet geklemd te worden. Dan kan er vanaf twee kanten aan het paneel gewerkt worden. Hierdoor wordt de steltijd en de verbindingstijd significant verminderd.

De meeste steltijd wordt namelijk geëlimineerd en het verbindingproces zelf wordt ook minimaal gehalveerd. Dit is helaas niet een oplossing voor het hele productieproces. Voor het afmonteren gebeurt namelijk alles aan één kant. Om dan een paneel verticaal voor je te hebben is overbodig en alleen maar onhandig. Ook heeft het geen invloed op het intern transport en de idle time. Afhankelijk van het aantal tafels zullen panelen zelfs relatief langer liggen te wachten zonder dat er aan gewerkt kan worden.

5. Macropanelen



[Fig 27] ideegeneratie 5

Het idee van dit concept is om in plaats van bijvoorbeeld drie panelen van 3 meter, één paneel van 9 meter te maken en die na het lijmen van de beplating in drieën te delen. Hierdoor gaat het maken van de frames sneller en kost het minder tijd om het gips op de frames te schroeven. Er hoeft namelijk veel minder gips op maat gemaakt te worden. Bij het zagen van het hout en het maken van de frames kan al rekening worden gehouden met de individuele frames door de verticale tussenbalkjes op strategische plekken te plaatsen. Hierdoor zal de structuur van de panelen ongewijzigd blijven.

Wel zal intern transport onhandiger zijn en dus iets meer tijd kosten. Het meeste werk zal daarom op één plek moeten gebeuren omdat het macropaneel te groot en te zwaar is. Ook is dit niet van toepassing op het onder- en bovenpaneel. Deze zijn vrijwel altijd van een andere hoogte en zullen dus ook per stuk gemaakt moeten worden.

De tussenpanelen zijn altijd van dezelfde hoogte en kunnen dus ook gecombineerd worden. Er kunnen dan uit één lang paneel bijvoorbeeld twee panelen van 3 meter en één van 2,5 meter gehaald worden.

2.1.3. Exploratie andere productiemogelijkheden

Naast de vijf concept richtingen zijn er ook nog andere mogelijkheden die tijd of kosten in het productieproces kunnen besparen. Deze kunnen, indien het echt besparing oplevert, toegepast kunnen worden op elk proces.

2.1.3.1. Panelen

Omdat het aantal panelen een grote invloed heeft op het productieproces is het misschien een mogelijkheid om de panelen hoger te maken. Als dit leidt tot een vermindering van het aantal panelen dat nodig is zal dit een positief effect

hebben op de productiekosten. Een paneel per deur minder vermindert je productiekosten al gauw met tien procent. De 6mm permoxx platen die worden gebruikt voor het gips worden geleverd in 600 x 2717 mm. Dit zorgt ervoor dat het onvoordeliger wordt om panelen te maken die hoger zijn dan 600 millimeter. Je moet dan meer gips zagen per paneel. Ook wordt het bevestigen van het gips lastiger omdat het gips niet meer het hele frame beslaat.

Vanwege de draaihoek die de panelen moeten maken kunnen de panelen niet hoger zijn dan 750 mm. Dit is maar een 25% toename in hoogte. Per vijf panelen bespaar je dan een paneel. Dit zorgt ervoor dat het alleen voor deuren van 5 of 10 panelen voordelig is om toe te passen.

2.1.3.2. Lijm



[Fig 28] Lijm op het paneel

Zoals eerder in de resultaten genoemd is het lijmen een bottleneck gebleken in het productieproces. Het zorgt ervoor dat er geen goede doorloop van panelen kan zijn en dat de panelen minimaal twee keer getransporteerd moeten worden (naar de lijmhalm en weer terug).

Het is daarom slim om te kijken naar mogelijke alternatieven voor dit lijmp proces. De huidige gebruikte lijn is een spuitlijn die met een drukspruit in een spetterpatroon wordt aangebracht op een oppervlakte. De lijn is schadelijk voor de ademhaling en moet daarom in een goed geventileerde ruimte worden aangebracht. Voordelen van deze lijn zijn dat het heel snel aan te brengen is en dat het ook heel snel droogt (3-5 minuten). Ook kan deze lijn goed tegen hoge temperaturen (180 graden Celsius onbelast).

Een optie is om een andere lijn te kiezen die niet in een speciale ruimte aangebracht hoeft te worden. Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld de 'Loctite EA 9492' lijn. Dit is een twee componentenlijn en kan dus in elke ruimte aangebracht worden. Ook heeft het een hoge



temperatuurbestendigheid. Bij 170 graden heeft het nog steeds een afschuifspanning van 2,5 N/mm². Aangezien er geen krachten op de beplating komen naast de zwaartekracht is dit meer dan genoeg om onder hoge temperaturen de beplating vast te houden. Je mag minder dan 1% van het oppervlakte insmeren en dan nog zal de beplating bij een temperatuur van 170 graden blijven hangen. Een nadeel van deze lijn is dat hij er een stuk langer over het uitharden doet dan de huidige spuitlijn, namelijk 75 minuten. Dit kan een probleem opleveren wanneer er ruimtegebrek is of materiaalgebrek zoals werkbanken. Een optie is om tijdens het drogen van de lijn de beplating vast te klemmen en verder gaan met het afmonteren van de panelen. Ook kan de beplating aan beide kanten simultaan opdrogen en wordt de onderste beplating geklemd door het gewicht van het paneel.

Een andere mogelijkheid is het gebruiken van dubbelzijdige tape. Ook deze zijn te vinden in temperatuurbestendige varianten.³ De tape kan je gemakkelijk aanbrengen en je kan er snel grote oppervlakten mee verbinden. Het nadeel is wel dat deze tapes altijd een vaste dikte hebben. Wanneer je dan niet de gehele oppervlakte aftapt krijg dit te zien doordat de dunne beplating die erop zit gaat vervormen.



[Fig 29] Hittebestendig tape

Een laatste optie zou zijn om de beplating vast te schroeven aan het frame. Dit ziet er niet aantrekkelijk uit en kan daarom alleen aan de boven en onderkant van het paneel. De beplating wordt daardoor om het frame heen gespannen. Met deze methode hoeft helemaal geen lijn gebruikt te worden en dus ook geen rekening gehouden te worden met de temperatuurbestendigheid. Een nadeel van deze methode is dat het vastschroeven zelf relatief lang duurt. Ook moet het spannen van de beplating nauwkeurig gedaan worden anders komen er luchtruimtes tussen het gips en de beplating. Dit ziet er niet mooi uit. Het spannen is helemaal een uitdaging wanneer dit moet gebeuren bij het boven- en onderpaneel. Deze zullen meestal namelijk niet dezelfde hoogte hebben als de tussenpanelen. Omdat de beplating wel standaard dezelfde hoogte heeft moet de beplating voor deze twee panelen getrimd worden met een knabbelaar.

Dit maakt het extra lastig om de beplating goed op te spannen.

2.1.3.3. Nieten

Het bevestigen van het gips op het frame was een erg langdurig proces. Het aftekenen en schroeven van het



[Fig 30] Nietproces in werking

³Dubbelzijdige tape: <http://multimedia.3m.com/mws/media/372489O/adhesives-and-tapes-design-guide.pdf>.

gips op het stalen frame beslaat ongeveer 15% van de tijd. Door de nieuwe materiaalkeuze van een stalen frame komen er meer bevestigingsmethoden voor dit proces beschikbaar. Het 6 mm Permoxx in het houten frame schroeven zal al een stuk makkelijker gaan dan de 15 mm gipsplaten in het stalen frame. Toch zijn er ook andere methoden mogelijk.

Een mogelijkheid is om het gips in het houten frame te gaan nieten. Volgens het productblad van de Permoxx platen kunnen de platen op hout met nieten bevestigd worden. De vraag is alleen of dat voor elk soort hout geldt. Nieten is een heel snel proces en dus zal het veel tijdsbesparing opleveren. Ook hoeft er niks afgetekend te worden en kunnen er zoveel nieten in geschoten worden tot het genoeg bevonden wordt. Met een prijs van 0,1 – 1,1 cent per stuk afhankelijk van het soort niet zal het ook geen duurdere materiaalkosten opleveren in vergelijking met schroeven die gemiddeld 5 cent per stuk kosten. Of het werkt en hoeveel tijdsbesparing dit precies zal opleveren zal gemeten moeten worden.

2.1.3.4. Automatisering

Ook kan er worden nagedacht over automatisering in het productieproces. Uit de resultaten is gebleken dat meer dan 97% van de productiekosten bestaat uit arbeidskosten. Dat komt doordat elk product op maat wordt gemaakt en omdat het bedrijf trots is op zijn achtergrond van vakwerk.

Toch zou een investering in robots een positieve invloed kunnen hebben op de productietijd. Zij kunnen namelijk veel sneller maten bepalen en producten inklemmen. Bijvoorbeeld bij het maken van het frame zou de robot zelf de verticale balken op de horizontale balken kunnen schroeven door ze in te klemmen en zelf te berekenen hoeveel verticale balken er nodig zijn om het frame te maken. Een nadeel is dat het automatiseringsproces niet direct de arbeidskosten vermindert. Er zijn dan nog steeds mensen nodig die het materiaal aanleveren aan de robot en mensen die de robots overzien. Er zou dan flink veel tijd bespaard moeten worden voordat de investering en de toename in machinekosten terug worden verdiend.

2.1.3.5. Conclusie

De eerder genoemde mogelijkheden zijn getest en vergeleken. Van al deze alternatieven is ervoor gekozen om alleen het nieten te verwerken in het eindproces.

Uit tests is gebleken dat een paneel van vier meter breed



[Fig 31] Gewichten aan de zijkant van het paneel

binnen vijf minuten aan beide kanten vastgeniet kan worden. Dat levert minstens tien minuten per paneel tijdsbesparing op. Ook waren de nieten sterk genoeg om de verkregen krachten te verdragen. Bij een test is aan het paneel 100 kg gehangen. Hierdoor buigt het paneel door. Toch schoten de nieten niet los uit het hout en bleef het paneel heel. Bij deze test zijn nieten van 18mm lang gebruikt, wat neerkomt op 12mm hechting in het hout. Om zeker te weten dat de nieten niet losschieten kunnen langere nieten worden gebruikt.

Het onderzoeken of er andere maten panelen gemaakt kunnen worden is opgegeven. De hoogte van de panelen hangen af van de beplating. Wanneer er hogere panelen gemaakt worden moet er worden geïnvesteerd in een nieuwe rolvormer die dit bredere beplating aankan. Hiertoe is Metacon (nog) niet bereid.

Bij het lijmen is ervoor gekozen om bij dezelfde lijm te blijven. De veel langere uithardingstijden (componentenlijm) of aanbrengingstijden (tape) zorgen ervoor dat er te weinig voordelen zijn om over te stappen naar een andere methode. Bij tests is gebleken dat de lijm met enige voorzichtigheid ook prima in een andere goed geventileerde ruimte aangebracht kan worden, zolang dit maar nauwkeuring gedaan wordt.

Ook het schroeven of nieten van de beplating bleek een lastiger proces dan van tevoren gedacht. Het verbinden ging relatief snel, maar om de beplating helemaal strak om het paneel te krijgen bleek te moeilijk, dan wel niet onmogelijk. Er kwamen hierbij steeds luchtbellen onder de beplating die er niet uitgestreken konden worden.

Voor de automatisering geldt hetzelfde als voor de hoogte van de panelen. Investeren hierin is iets waar Metacon nog niet toe bereid is. Hiervoor moet eerst de afname van overheaddeuren dramatisch toenemen. Daarnaast zal het ook een enorm project worden om automatisering toe te passen in de werkplaats. Daar is de werkplaats op dit moment te klein voor.

2.2 CONCEPTKEUZE

Aan de hand van de bestaande kostenverdeling per handeling is voor elke ideerichting een schatting gemaakt van hoeveel tijd het zal kosten ten opzichte van de bestaande kostenverdeling. Bij elke handeling is gekeken hoeveel sneller/langzamer deze handeling zal gaan in het nieuwe concept. Ook is er gekeken naar implementatieproblemen en het programma van eisen. Door deze uitgebreide vergelijking kan er een goede conceptkeuze gemaakt worden.

Bij elke handeling is gekeken hoeveel sneller/langzamer deze handeling zal gaan in de nieuwe richting. Op basis van de resultaten van de analyse van het productieproces, zijn deze schattingen eruit gekomen:

IDEERICHTING	SCHATTING TIJDSBESPARING
Rondrijdende karren	20,02%
Centrale werkplekken	26,33%
Lopende band	28,81%
Verticale werkbanken	24,32%
Macropanelen	24,85%

Gebaseerd op een deur van 3000x3000mm van 6 panelen hoog

[Tabel 7] Tijdsbesparing ideerichtingen

Deze schattingen zijn alleen gebaseerd op het gevolg in tijdsbesparing van de ideerichting zelf. Binnen elke richting kunnen nog meer methodes worden toegepast, zoals het nieten in plaats van schroeven, om zo nog meer te besparen. Uit deze onafhankelijke scores blijkt dat elke richting tussen de 70 en 80 procent komt. Dit betekent dus dat elke richting een geschatte tijdsbesparing oplevert van 20-30 procent. De uitgebreide schattingen bevinden zich in bijlage 4.

	AANPASSING AAN DE WERKPLATS	NIEUWE INVESTERINGEN	SAMENGAAN MET ANDERE PRODUCTIE	AANPASSINGEN VOOR MEDEWERKERS
Rondrijdende karren	0	1	0	1
Centrale werkplekken	2	4	3	2
Lopende band	1	3	1	4
Verticale werkbanken	4	0	4	0
Macropanelen	3	2	2	3

[Tabel 8] Implementatieproblemen ideerichtingen

Naast dat deze besparingen geschat kunnen worden hebben deze ideerichtingen ook nog een gevolg op andere zaken binnen het bedrijf. Er moeten namelijk investeringen gedaan worden, de inrichting van de werkplaats kan veranderd moeten worden en dat terwijl er in dezelfde werkplaats ook nog andere producten gemaakt moeten worden. Op elk van deze implementatieproblemen worden de ideerichtingen beoordeeld om uiteindelijk gerangschikt te kunnen worden. Deze rangschikking is te vinden in tabel 8. Wanneer een ideerichting het beste scoort op een aspect krijgt hij een 4, de slechtste een 0.

Uit deze vergelijking scoort de richting met de rondrijdende karren het slechtst. Er is een flinke aanpassing nodig voor de werkplaats en zal de hele werkplaatshal in beslag nemen.

Daarom zal het erg moeilijk worden om dit productieproces parallel te laten lopen met de productie van een ander product.

EISEN:	KARREN	CENTRALE WERKPLEK	LOPENDE BAND	VERTICALE WERKBANK	MACRO PANEEL
1	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2
3	2	2	2	2	2
4	1	2	1	2	1
5	2	2	2	2	2
6	1	2	2	2	2
7	0	2	0	2	1
8	1	1	1	2	2
9	1	2	2	2	0
10	2	2	2	2	2
11	1	2	1	2	1
WENSEN:					
1	0	0	1	1	2
2	2	2	2	2	2
3	0	2	0	2	1
4	2	2	1	2	0
5	0	1	2	2	1
6	2	1	2	2	1
7	2	2	2	2	2
8	0	0	0	0	0
TOTAAL	25	33	29	37	28

[Tabel 9] Vergelijking met programma van eisen

In deze tabel zijn de vijf ideerichtingen beoordeeld op het programma van eisen. Voor elke eis/wens is er een score gegeven van 0 tot 2 (0= niet toegepast, 1= beetje toegepast, 2= goed toegepast). Hieruit blijkt dat weer dat alle richtingen redelijk dicht bij elkaar liggen, maar de centrale werkplek en de verticale werktafels er wel positief uitspringen.

Uit deze vijf ideerichtingen zijn uiteindelijk 3 concepten gekomen met daarbij nog vier verschillende besparingsmogelijkheden die bij elk concept toegepast kunnen worden. Hier is voor gekozen omdat er nog geen zelfverzekerdheid was om een keuze te maken. Wel was het duidelijk dat de macropaneel richting af viel. Het voorbereiden van lange panelen vereist teveel ruimte in de werkplaats die er niet is. Ook is het een erg foutgevoelig proces waarbij al snel veel fout kan gaan. Ook is er voor gekozen om de verticale schroeftafels apart te nemen en die uit te werken naast de hoofdconcepten. Dit is omdat ze ook wel kunnen toegepast worden bij elk van de concepten.

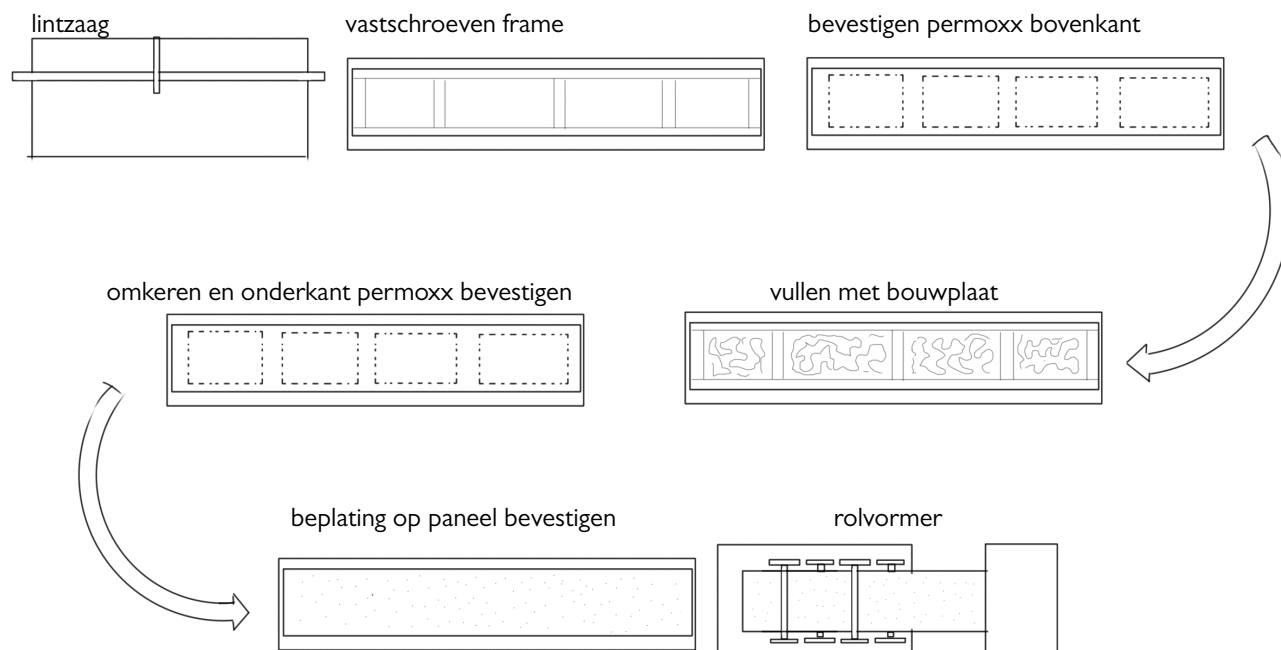
Deze drie concepten zijn verder uitgewerkt. Hierbij is gekeken naar de aanpassingen in de werkplaats die nodig zijn, het aantal productiestappen dat voltooid moet worden, de implementatiekosten en andere aspecten van het productieproces.

De drie uiteindelijke concepten met de vier besparingsmogelijkheden zijn vervolgens voorgelegd aan de Research & Development afdeling van Metacon.

2.3 CONCEPT 1 LOPENDE BAND

Het produceren van de panelen gebeurt in één enkele lijn. Na het volbrengen van een productiestap wordt het paneel doorgeschoven naar de volgende plek waar de volgende stap plaatsvindt. Aan het einde van dit proces kunnen de panelen worden getransporteerd naar lijmhof of afmonteerplek.

Met deze besparingsoplossing wordt de productiesnelheid van de panelen verhoogd en hoeft er minder met panelen en onderdelen door de werkplaats gesleept te worden.



[Fig 32] Concept 1

Voordelen:

- + Korte doorlooptijd panelen
- + Minimaal intern transport nodig
- + Minder ruimte nodig dan huidig proces

Nadelen:

- Voor doorlooptijd order nog steeds afhankelijk van het afmonteren
- Moeilijk te combineren met productie schuifdeuren
- (Lint)Zaag staat vaak stil

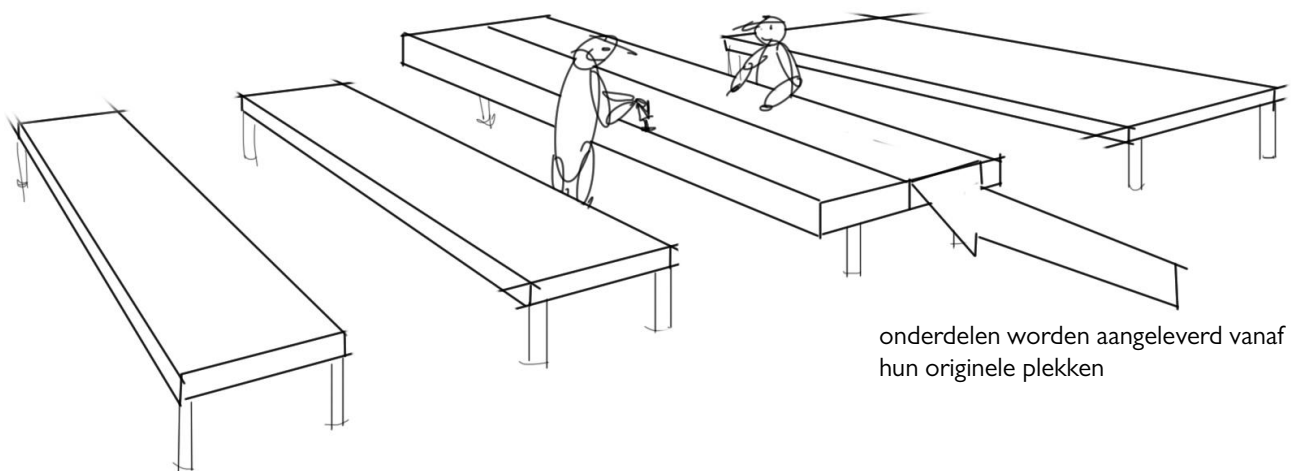
Tijdsbesparing	29%
Aantal productiestappen	11
Nieuwe gereedschappen/machines nodig	Lange rolbanen / werktafels
Implementatiekosten	€1500,- (300 per rolbaan) + €2400 arbeidskosten
Implementatietijd	48 uren
Benodigde ruimte	200m ²
Aantal werknemers nodig per deur	6
Doorlooptijd order	>12 uur

[Tabel 10] Eigenschappen concept 1

2.4 CONCEPT 2 CENTRALE WERKPLEK

Bij deze conceptring gebeurt het hele productieproces op één plek. Van het frames maken tot het afmonteren. Personen zorgen ervoor dat de juiste onderdelen op tijd bij de werkplekken worden afgeleverd. Hierdoor kunnen twee man continu met één order bezig zijn en hoeven ze niet heen en weer te lopen om steeds spullen te halen.

Te combineren met op maat gemaakte tafels die de steltijd en het inklemmen elimineren.



[Fig 33] Concept 2

Voordelen:

- + Volledige productie op één punt
- + Korte doorlooptijd per order; geen idle time
- + Minimale steltijd en intern transport

Nadelen:

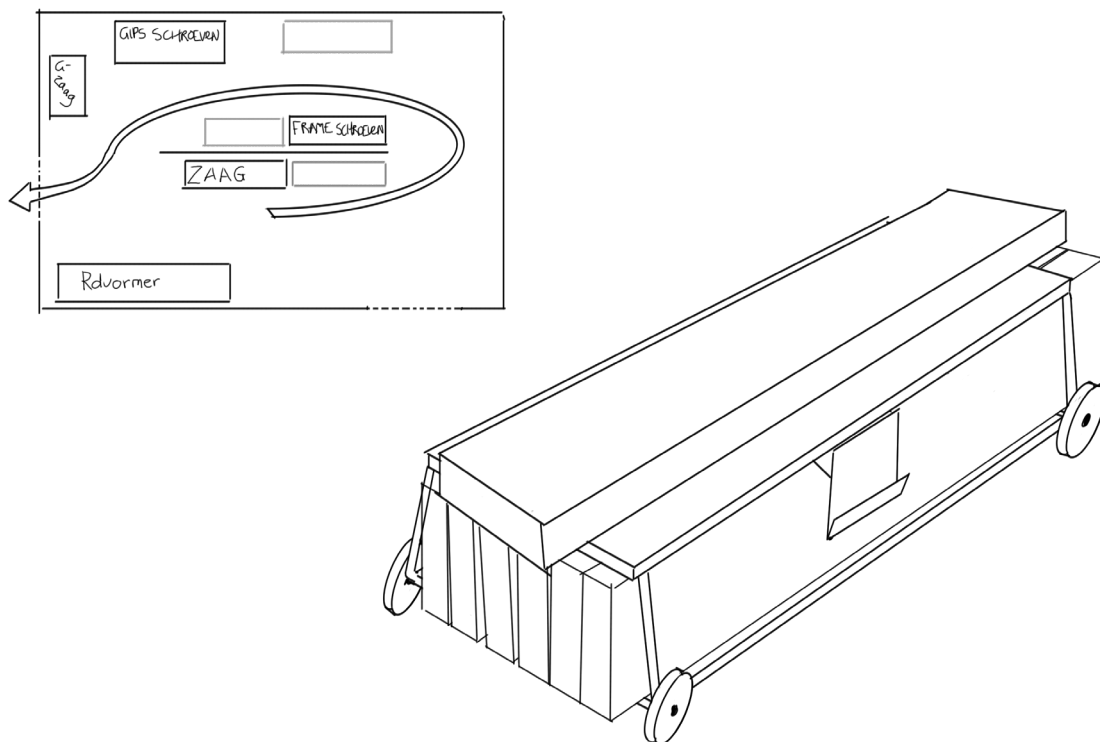
- Lijmen moeilijk te implementeren in concept
- Timing van het leveren van onderdelen moet soepel verlopen, anders tijdsverlies
- Per werkplek een magazijnkast nodig met afmonteer onderdelen

Tijdsbesparing	26%
Aantal productiestappen	12
Nieuwe gereedschappen/machines nodig	(custom) Werkbanken
Implementatiekosten	€1800,- (300 per tafel)+ €1400 arbeidskosten
Implementatietijd	28 arbeidsuren
Benodigde ruimte	60m ²
Aantal werknemers nodig per deur	4
Doorlooptijd order	10 uur

[Tabel 11] Eigenschappen concept 2

2.5 CONCEPT 3 MOBIEL WERKSTATION

Bij dit concept worden er speciale karren gebruikt die het hele productieproces met een order meegaan. Op deze karren is de productiebon te vinden en alle panelen. De order kan hierdoor heel makkelijk worden rondgereden door de werkplaats. Afhankelijk van de vormgeving van de kar kunnen bewerkingen ook op de kar zelf plaatsvinden.



[Fig 34] Concept 3

Voordelen:

- + Erg flexibele oplossing
- + Geen aanpassingen nodig aan productieproces of werkplaatsindeling
- + Neemt weinig ruimte in

Nadelen:

- Karren moeten wel van A naar B gebracht worden, kost ook tijd
- Onhandig voor het produceren van grote deuren
- Karren moeten met twee personen verplaatst worden als er meerdere panelen op liggen

Tijdsbesparing	24%
Aantal productiestappen	13
Nieuwe gereedschappen/machines nodig	Karren
Implementatiekosten	€2000,- (±500 per kar) + €1200 arbeidskosten
Implementatietijd	24 arbeidsuren
Benodigde ruimte	Geen, 10m ² per kar
Aantal werknemers nodig per deur	5
Doorlooptijd order	>12 uur

[Tabel 12] Eigenschappen concept 3

2.6 DEFINITIEVE CONCEPTKEUZE

De drie concepten zijn voorgelegd aan de R&D afdeling van Metacon. Deze hebben de concepten bekeken en geanalyseerd. Het concept dat hun voorkeur heeft zal worden uitgewerkt naar een eindontwerp. Omdat de concepten qua vormgeving nog vrijwel ongedefinieerd zijn wordt er na dit keuzeprocés een nieuw ontwerpprocés gestart. Binnen de kader van het gekozen concept wordt dan het eindontwerp ontworpen.

Binnen Metacon ligt de nadruk op het vinden naar een oplossing die weinig ruimte in beslag neemt en die de doorlooptijden van deuren vergroot.

Vanuit het bedrijf werd het meest enthousiast gereageerd op het mobiele werkstation. Het feit dat deze stations overal neergezet kunnen worden en daarom weinig ruimte in beslag nemen was een groot pluspunt. Dit concept combineert daarmee de sterke punten van de rondrijdende karren en de centrale werkplek. De oplossing neemt weinig ruimte in en zorgt ervoor dat intern transport alleen nog voorkomt als het noodzakelijk is.

Het is de bedoeling dat op deze werkstations alle panelen van een deur opgeslagen kunnen worden en er aan het station gewerkt kan worden. Ook moet het station weg kunnen rijden als er ruimte nodig is. Op het station bevinden zich dan speciale mallen waarmee het paneel snel geassembleerd kan worden. De onderdelen voor het assembleren kunnen op de kar worden opgeslagen.

2.7 EISEN MOBIELE WERKSTATION

Het werkstation wordt nog verder gedefinieerd voordat het in de productie toegepast kan worden. Er is eerst gekeken naar wat er allemaal gebruikt wordt tijdens het produceren. Daarna is er een lijst met eisen en wensen opgesteld voor het werkstation.

2.7.1. Uitwerking mobiel werkstation

Eerst is gekeken naar welke onderdelen er op het station moeten kunnen worden bewaard. Deze onderdelen hebben invloed op de opslagruimte die er op de kar beschikbaar moet zijn.

ONDERDEEL	GROOTTE ONDERDEEL	AANTAL (PER PANEEL)
Horizontale balken	Lx60x40	2
Verticale balken	480x60x40	L/600
Bouwplaat broden	480x600x60	L/600 - 2
Permoxx platen	2700x600x60	2
Beplating	Lx600x0.63	2
Hoekprofielen	140x70x550	2
Zijscharnieren		2/4
Middenscharnieren		L/600 - 2
Palusolstrips	40x50x2000	1
Vlamhaakprofiel	L	1
Toprolhouder scharnier		2/4
Kabelbreukbeveiliging		2
Hefblokken		2
Bodemprofiel	L	1
Nieten		±50
Schroeven		±50
Parkers		±50

L = lengte paneel [Tabel 13] Onderdelen nodig bij productie

Daarna is er gekeken naar de gereedschappen die nodig zijn bij het produceren van de panelen. Ook deze zullen bij de hand moeten zijn tijdens het productieproces. Dit kan op verschillende manieren gebeuren.

GEREEDSCHAP	ENERGIETOEVOER	MATERIAAL
Schroefboor	Stroom (accu)	Schroeven
Bandschroefmachine	Stroom (accu)	Parkers
Tackers	Luchtdruk	Nieten
Knabbelschaar	Stroom	
Lijmpistool	Luchtdruk	Lijm
Slijptol	Stroom	
Hamer		
Stanley mes		
Lijmklemmen		
Verstekklems		

[Tabel 14] Gereedschappen nodig bij productie

2.7.2. Eisen en wensen

Voor het ontwerpen van het mobiele werkstation is er een nieuwe lijst opgesteld met eisen en wensen. Deze eisen en wensen zijn gebaseerd op de belangen van werkplaatsmedewerkers, werkvoorbereiders en de ARBO wetgeving.⁴

Eisen:

1. Het werkstation bevat een werkblad waar bewerkingen op gedaan kunnen worden.
2. Aan het werkstation moeten minimaal twee personen tegelijkertijd aan een paneel kunnen werken.
3. Aan het werkstation moet aan minimaal twee panelen tegelijkertijd gewerkt kunnen worden.
4. Het werkstation moet door twee mensen minimaal drie meter verplaatst kunnen worden.
5. Op de kar moeten minimaal acht panelen van zes meter breed opgeslagen kunnen worden.
6. De panelen moeten met twee personen gemakkelijk van de opslagplek naar het werkblad verplaatst kunnen worden en andersom.
7. Het werkstation moet met een heftruck van de ene naar de andere werkplaats verplaatst kunnen worden.
8. Op het werkstation moeten alle onderdelen die nodig zijn voor het produceren van panelen bewaard kunnen worden.
9. Op het werkstation kan het werkstuk ingeklemd worden voor het schroeven van het frame en het nieten van het Permoxx.
10. Het werkblad moet zich op een hoogte van ongeveer 1050mm bevinden.
11. Trek- en duwpunten om de kar mee te verplaatsen moeten zich tussen de 1000mm en 1500mm hoogte bevinden.
12. Het werkstation bevat een meetsysteem waarmee de breedte van een paneel gemeten kan worden.
13. Het werkstation is weerbestendig. Het metaal mag niet gaan oxideren en het hout mag niet gaan weggroten.
14. Het werkstation kan op zijn plek vastgezet worden.

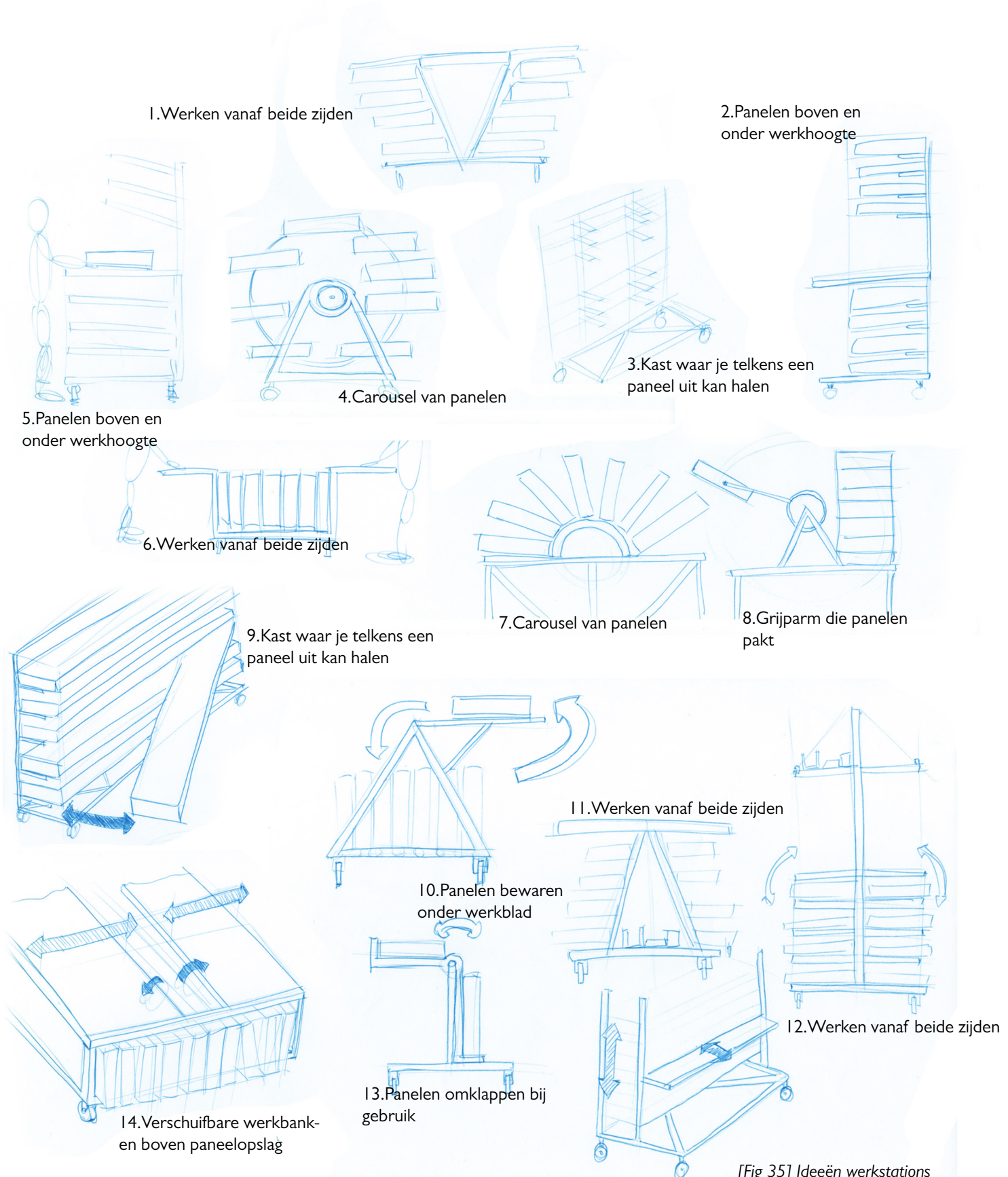
Wensen:

1. Het werkstation bevat een aandrijving waardoor een persoon het station met minimale inspanning kan verplaatsen.
2. Het werkstation kan gereedschappen van hun benodigde energie voorzien.
3. Het werkstation kan met volle belading door twee personen handmatig van de ene naar de andere werkplaats gebracht worden.

⁴ARBO: http://www.inspectieszw.nl/Images/Fysieke-Belasting-Duwen-trekken%20_tcm335-327534.pdf

2.8 IDEEGENERATIE MOBIEL WERKSTATION

Aan de hand van het programma van eisen is er een aantal verschillende mobiele werkstations bedacht. Deze zijn uiteindelijk beoordeeld en hieruit is de beste als eindconcept gekozen. Het belangrijkste bij deze keuze was het gemak waarmee aan de panelen gewerkt kon worden, de mogelijkheid om onderdelen en gereedschap op het station bewaard kon worden en de snelheid waarmee tussen panelen geruild kon worden.



[Fig 35] Ideeën werkstations

2.9 EINDCONCEPTKEUZE

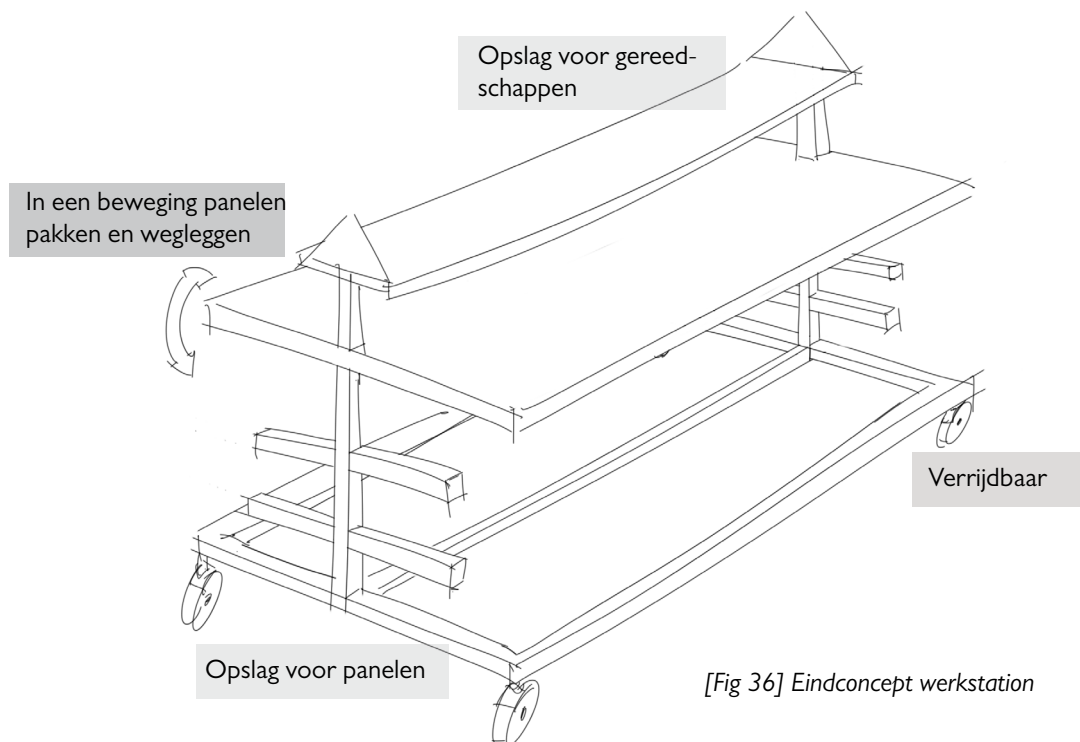
Om het eind concept te kiezen is ervoor gekozen om alle ideeën te vergelijken met het programma van eisen. Op deze manier is het beste concept gekozen en voldoet het eindontwerp het beste aan de voorafgestelde eisen en wensen.

Bij het genereren van de ideeën bleek dat de manier waarop van de ene naar de andere paneel gewerkt kan worden cruciaal was voor het slagen van het eindontwerp. Op het moment dat dit niet soepel gaat en veel tijd in beslag neemt verlies je enorm veel tijdswinst. Dit concept mag dan wel enorm besparen op intern transport, maar wanneer er extra tijd in het proces gaat zitten in het neerleggen van de panelen heb je deze besparing weer tenniet gedaan.

De panelen zullen tussen de 40 en 70 kilo gaan wegen. Dit is nog steeds een flink gewicht, maar niks vergeleken met de 80 tot 140 kilo dat de panelen eerst wogen. Wel betekent het dat de panelen met minimaal twee personen getild moeten worden. Er zullen dus constant twee personen tegelijkertijd aan een deur moeten werken.

Omdat het onhandig is om met twee personen tegelijkertijd te werken aan één paneel kan er bij de beste oplossing aan twee panelen tegelijkertijd gewerkt worden.

Daarnaast moet er op het station genoeg ruimte zijn voor alle gereedschappen en onderdelen. Uit deze redenering en de vergelijking met het programma van eisen te zien in tabel 15 bleek dat het idee te zien is in figuur 30 het beste concept is. Deze is verder uitgewerkt tot het eindontwerp.



[Fig 36] Eindconcept werkstation

EISEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2	1	0	0	1	2	0	2	0	2	2	2	1	2
2	2	0	0	1	0	2	1	1	0	0	2	2	1	2
3	2	0	0	1	0	2	1	1	0	0	2	2	0	2
4	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2
5	1	2	2	1	2	1	0	0	2	1	1	1	0	1
6	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	0
7	2	2	2	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0	2
8	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	0
9	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	2	1
10	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
WENSEN														
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	2	2	0	2	1	0	0	2	1	1	0	2	1
Totaal:	21	20	18	15	19	21	14	18	18	17	23	24	21	21

0= niet toegepast, 1= matig toegepast, 2= goed toegepast

[Tabel 15] Conceptenvergelijking programma van eisen

EINDONTWERP

De eindontwerpfase was het laatste onderdeel van het ontwerpproces. Deze fase bestond uit de detaillering van het eindontwerp en het testen van het nieuwe productieproces.

In de detaillering zijn verschillende features die het productieproces zo snel mogelijk moeten maken. Door gebruik te maken van de geometrie van de panelen is de optimale inklemming- en assemblagevolgorde bepaald. Ook zijn hierin de optimale ruimtes vormgegeven waar gereedschappen en onderdelen bewaard kunnen worden.

Vervolgens zijn er ook in de werkplaats al een aantal proefpanelen gemaakt. Hierbij kon nog geen gebruik worden gemaakt van het eindontwerp, maar wel konden er al metingen gedaan worden over de assemblagesnelheden. Deze metingen zijn gebruikt om het eindontwerp te valideren en om de productieplanning vorm te geven.

3.1 BESCHRIJVING EINDONTWERP

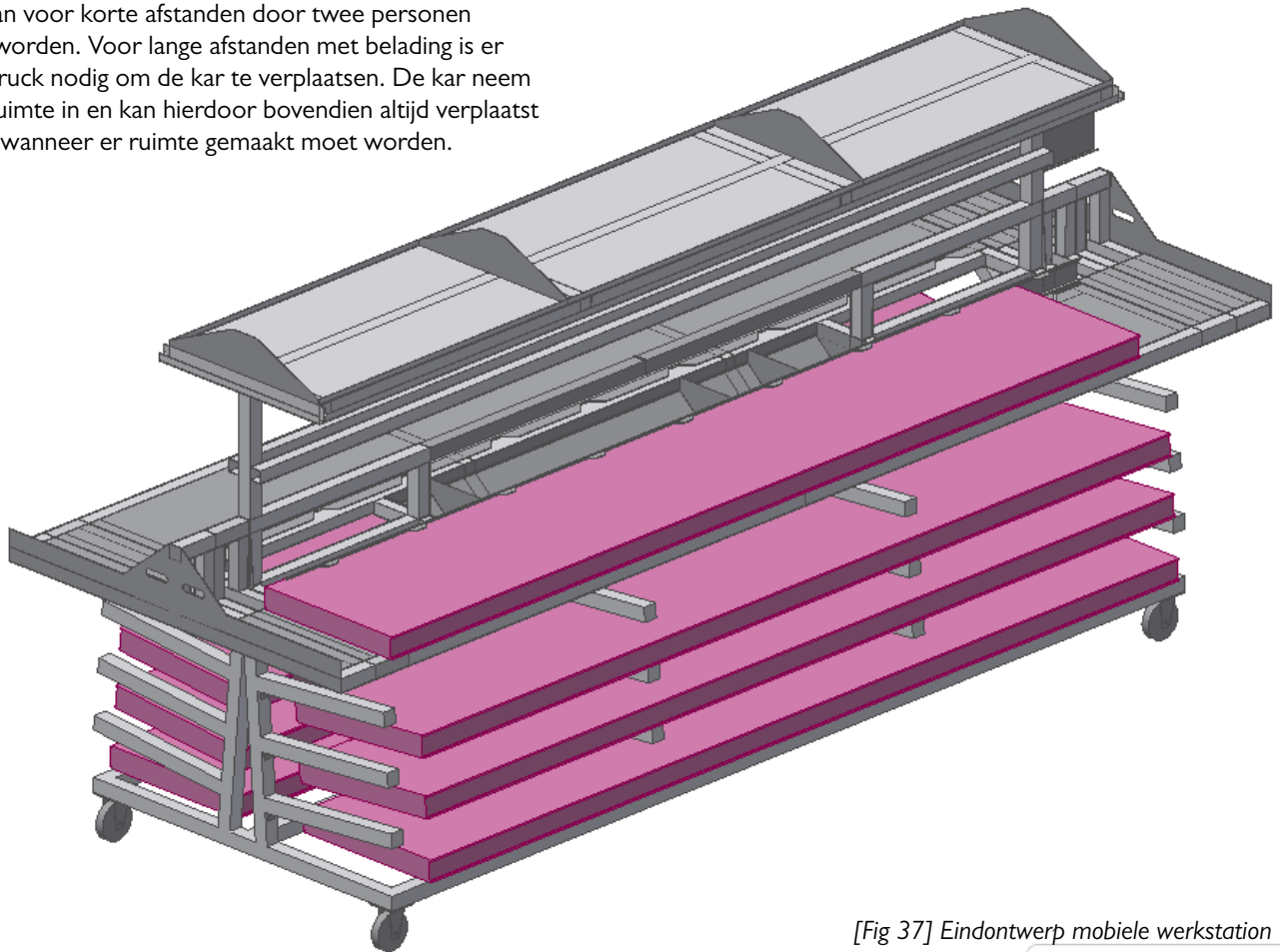
In dit hoofdstuk worden alle features en details van het eindontwerp beschreven. Naast dat het concept zelf al een enorme tijdsbesparing oplevert is er door middel van vormgeving en de geometrie van de werkbank een hele efficiënte methode ontstaan om de panelen te produceren.

3.3.1. Detaillering

Het mobiele werkstation dat is ontworpen voldoet aan alle eisen en is levert de beste oplossing voor het ontwerpprobleem. Aan het station kunnen twee man aan één stuk door werken aan de panelen. Zij hebben hun eigen werkstation en werken tegenover elkaar. Ook kan er op het station worden gelijmd wanneer dit nodig is. Dit verkort de doorlooptijd enorm.

Het werkstation kan verplaatst worden wanneer dit nodig is. Dit kan voor korte afstanden door twee personen gedaan worden. Voor lange afstanden met belading is er een heftruck nodig om de kar te verplaatsen. De kar neemt weinig ruimte in en kan hierdoor bovendien altijd verplaatst worden wanneer er ruimte gemaakt moet worden.

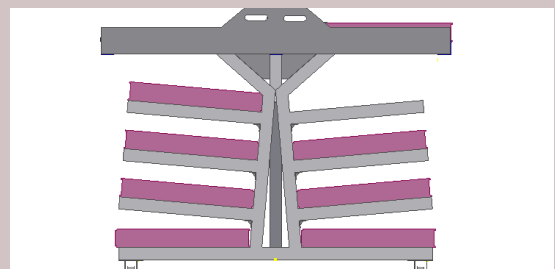
Een belangrijk aspect van deze oplossing is dat het zoveel mogelijk inspeelt op de sterke en zwakke punten van Metacon. Het werkstation behoudt de 'ambachtelijke' manier van werken waar Metacon heel goed in is en voorkomt onduidelijkheid tijdens het productieproces omdat alles op één plek gebeurt.



[Fig 37] Eindontwerp mobiele werkstation

Opslag panelen

De panelen kunnen tijdens productie en daarna onder op de kar worden opgeslagen. Er is in totaal ruimte voor acht panelen. Vanwege de kleine hoek in het stalen frame kunnen de panelen makkelijk in de ruimte worden geschoven en blijven ze daarna goed liggen. Vanwege het gewicht van de panelen moeten ze altijd door twee mensen getild worden. Daarom werken er altijd twee personen aan het station.



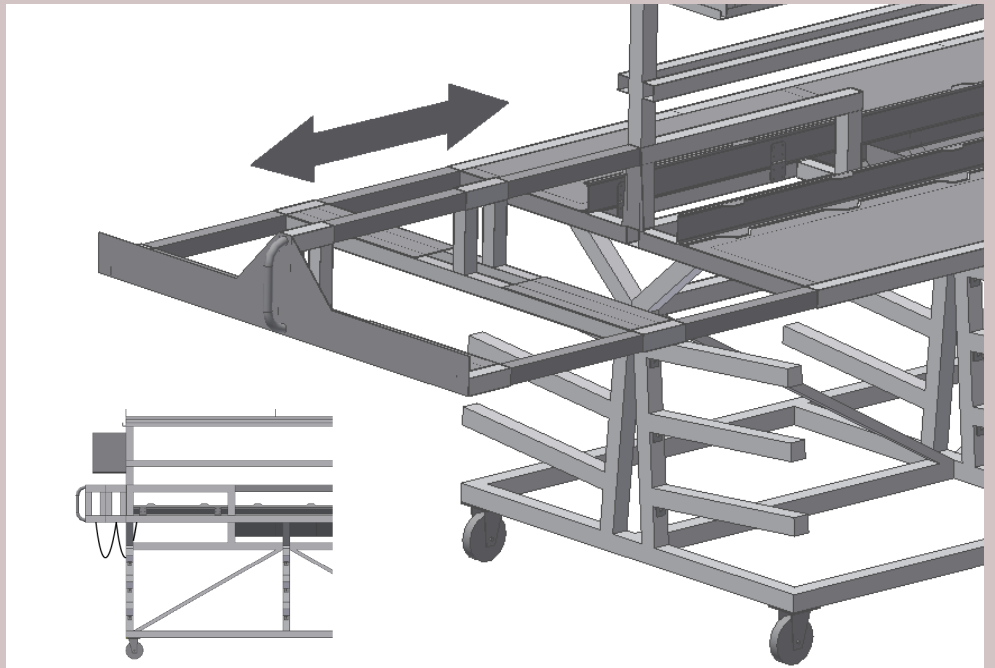
[Fig 38] Vooraanzicht met panelen

Schuifstelsysteem

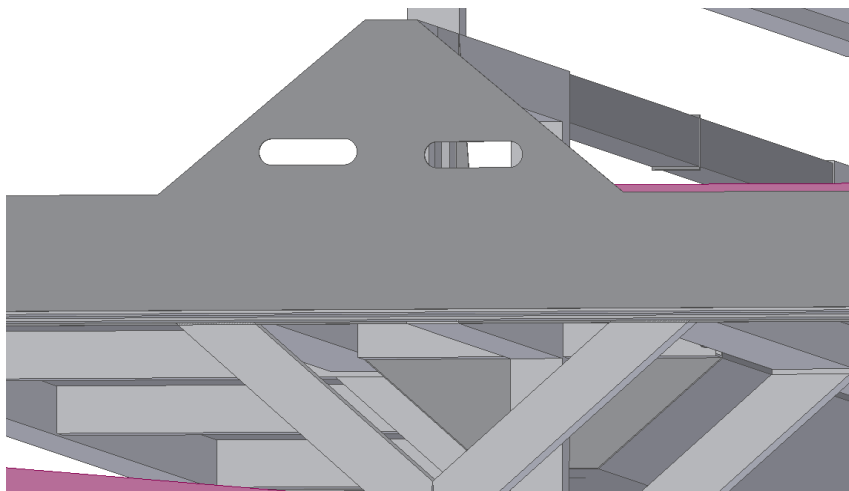
Om de productie van panelen met een variabele breedte te faciliteren is ervoor gekozen om dit te doen door middel van een schuifstelsysteem. De belangrijkste functie is dat hierdoor het paneel op een recht oppervlak kan rusten, en niet door zal buigen.

Ook is het belangrijk dat de hoeken van het frame perfect negentig graden zijn. De opstaande rand kan gebruikt worden om een verticale balk tegenaan te zetten en hiermee kan het frame simpel in elkaar geschroefd worden.

Door middel van een lint schuiven de twee onderdelen gelijkmatig uit. Dit vergemakkelijkt het uitschuifproces.



[Fig 39] Schuifstelsysteem



[Fig 40] Zijkanten schuifstelsysteem

Handvatten

In de zijkanten van het schuifstelsysteem bevinden zich twee gaten die gebruikt kunnen worden om de module uit en in het werkstation te schuiven. Omdat het niet de bedoeling is dat mensen deze gaten gebruiken om de kar te verplaatsen is er in de gaten maar ruimte voor drie vingers.

Wel zorgt de locatie en de vorm van de gaten ervoor dat de gebruiker weet dat hij hier aan kan trekken.

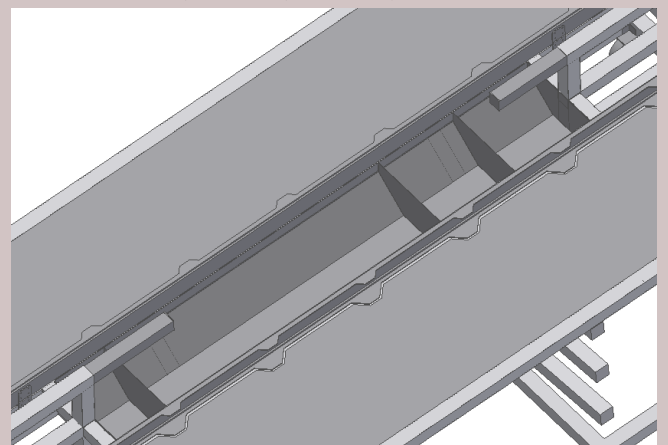
Materiaalbakken

Op de kar zijn er meerdere ruimtes waar gereedschappen en onderdelen op bewaard kunnen worden. Het voordeel hiervan is dat het productieproces niet onderbroken hoeft te worden met het halen van onderdelen en gereedschappen. Er is in het midden van de tafel een bak beschikbaar waar gereedschappen en kleine onderdelen bewaard kunnen worden. Vanaf beide werkplekken kan er makkelijk bij deze bak gekomen worden. Hier liggen voornamelijk de spullen voor tijdens het afmonteren.

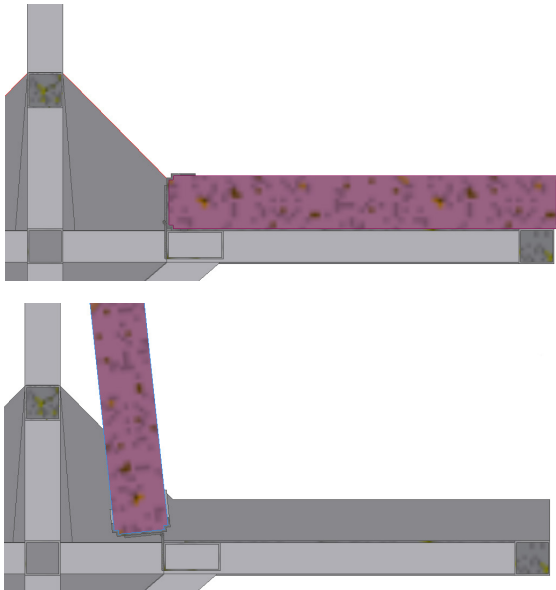
Bovenop het station is een plateau met daarop meer ruimte voor onderdelen. Hier kunnen de bouwplaatbroden worden geplaatst en bijvoorbeeld de hoekprofielen. Ook is hier een stekkerdoos waar gereedschappen die stroom nodig hebben stroom vandaan kunnen halen.

Aan dit plateau zitten opstaande randjes waar

magazijnbakken aangehangen kunnen worden. In deze magazijnbakken kunnen schroeven en dergelijke bewaard worden. Deze zijn dan altijd makkelijk bereikbaar.



[Fig 41] Materiaalbakken



[Fig 42] Doorsnede klapsysteem

Klapsysteem

Het werkstation is aan beide zijden voorzien van een profiel dat om kan klappen. Het klapsysteem kan gebruikt worden om het permoxx op het frame te nieten. Ook kan het gebruikt worden om het paneel tegen uit te lijnen. De gebruiker schuift eerst alle materialen in het profiel. Daarna bevestigt hij met een niettacker het permoxx op het frame aan de bovenkant. Vervolgens kan hij het profiel inclusief paneel in één keer rechtopstaand klappen. Dan kan hij heel gemakkelijk ook de onderkant aan elkaar bevestigen met de niettacker. Zo heeft hij in vier simpele stappen het paneel geassembleerd.

Het omklappen van het paneel hoeft alleen gedaan worden bij het nieten van het permoxx. Op dit moment zitten er nog geen stalen afmonteeronderdelen aan en dat betekent dat de werknemer maar tussen de 25 en 50 kilo op zijn kant te zetten. Dit is een handeling die geen extra gezondheidsrisico's met zich meeneemt voor de werknemers.¹

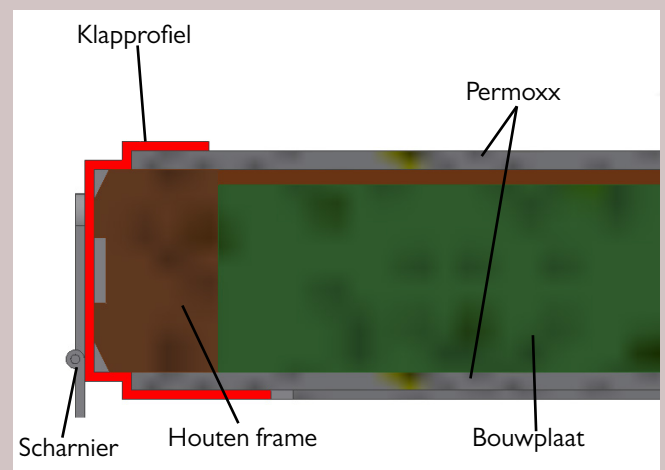
Klapprofiel

De vorm van het klapprofiel zorgt ervoor dat de permoxx platen meteen goed zijn uitgelijnd zodat deze niet meer nagemeten of geklemd hoeven te worden. Door de vorm van de beplating moet het permoxx 11 mm verschoven op het houten frame geschoven worden. Hierdoor valt de beplating mooi om het permoxx heen op het paneel.

Het profiel heeft een aantal 'tanden' die uitsteken ten opzichte van de rest. Deze tanden zorgen ervoor dat de materialen goed worden vastgegrepen wanneer het paneel gekanteld wordt. Ook bieden de tanden de ruimte zodat er nog wel plek is om het permoxx vast te nieten aan het hout.



[Fig 43] Close-up klapprofiel



[Fig 44] Doorsnede klapprofiel met onderdelen paneel



[Fig 45] Uitsteken paneel

5mm

Omklappen

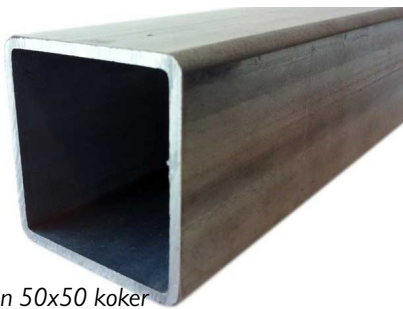
Om de klaphandeling te vergemakkelijken is het draaipunt aan de onderkant van het profiel gemaakt. Hierdoor schuift het massazwaartepunt sneller over het draaipunt heen en wordt het kantelen van het paneel minder zwaar. Ook zorgt dit ervoor dat het paneel zich in een veilige positie bevindt wanneer hij op zijn kant staat. Doordat het paneel onder een hoek van vijf graden staat zal hij niet snel omvallen na een verstoring en is hij makkelijker te nieten.

De lengte van het werkblad is 5 mm korter gemaakt dan de breedte van het permoxx. Hierdoor is het paneel makkelijk te grijpen en weer neer te leggen zonder dat je vingers tussen het paneel en het werkblad komen te zitten of het schade aan het paneel veroorzaakt.

3.1.2. Technische uitwerking

Het was belangrijk dat het station zelf voor Metacon geproduceerd kon worden. Hierdoor kunnen de kosten van het station laag worden gehouden. Er is daarom voor gekozen om ook zoveel mogelijk materialen te gebruiken die Metacon op voorraad heeft. Wanneer er dan een onderdeel vervangen moet worden of er moet een aanpassing gemaakt worden kan dat snel gebeuren.

De frame van het kar bestaat voornamelijk uit stalen kokers van 50 bij 50 millimeter. Deze kokers worden ook gebruikt bij de productie van de huidige overheaddeur en de schuifdeur. Ze kunnen gemakkelijk aan elkaar gelast worden en zorgen voor een stevig frame.



[Fig 46] Stalen 50x50 koker

Om de geleiding in het schuifstelsel te faciliteren worden kleine kokers gebruikt die in de kokers van het frame kunnen schuiven. Deze kokers van 45 bij 45 millimeter schuiven met een beetje vet heel soepel in en uit de grotere kokers. Wel is de uitlijning van deze kokers erg belangrijk. Daarom is ervoor gekozen om platen te lasersnijden die de geleidingskokers op hun plek houden. Lasersnijden is een stuk nauwkeuriger dan zagen en lassen. Je krijgt daarom met deze oplossing de beste geleiding.

Naast het kokerframe worden er staalplaten gebruikt om werkvlaktes te creëren. Voor de werkplank wordt een stalen plaat van drie millimeter dik gebruikt. Deze dikke plaat zal niet snel deuken en zorgt voor een glad werkoppervlak. Voor de materiaalbak in het midden van het station en bovenop het station wordt twee millimeter dik staal gebruikt. Voor deze platen is de stevigheid minder belangrijk.

Gewicht kar

Al dit staal zal ervoor zorgen dat het werkstation geen licht karretje wordt.

Vanwege de lage frequentie en afstand dat het werkstation met de hand verreden hoeft te worden mag de kar tussen de 1200 en 2000 kilogram wegen voor twee personen. Dit is bepaald door middel van de KIM-methode van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. (ARBO-wet) Acht panelen van zes meter lang gaan ongeveer 720 kilogram wegen. Gereedschappen en materiaal wordt geschat op ongeveer 50 kilogram totaal. De kar zal ongeveer 500 kilogram wegen. (Berekening komt uit op 448,91 kilo met 50 kilogram marge). Dit betekent dat het maximale totaalgewicht ongeveer 1270 kilogram zal wegen. Dat is net zoveel als een peugeot 207. De kar met panelen moet daarom altijd door minimaal twee personen worden verplaatst. En voor afstanden groter dan tien meter zal een

heftruck gebruikt moeten worden.

Wielen

De wielen die gebruikt worden zijn belangrijk voor de mobiliteit van de kar. Ze moeten het gewicht van de kar met panelen kunnen dragen en ze moeten de ondergronden van de werkplaats aankunnen. Ook moet er een goede rem op zitten zodat de karren niet bewegen tijdens productie.

Er is daarom gekozen om vier polyurethaan zwenkwielen te gebruiken met rem. Deze wielen kunnen 560 kilogram per stuk dragen en zijn dus geschikt om de maximale last te dragen.⁵ Het polyurethaan is slijtvast en snijvast en is dus erg geschikt voor de werkplaatsvloer waar nog wel eens scherpe metaalspanen of andere vuil kan liggen.

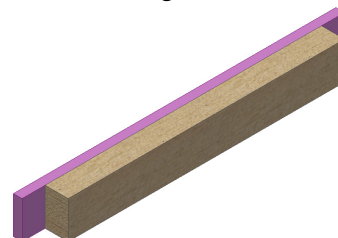


[Fig 47] Polysurethaan zwenkwiel

3.1.3. Gebruik van het mobiele werkstation

Op elk moment kunnen er minstens twee mensen tegelijkertijd met één deur op een werkstation bezig zijn. Twee kunnen bezig met het werken aan de panelen en eventueel kan een derde persoon de volgende stappen voorbereiden door onderdelen op te halen.

Voor het optimale gebruik van het station is het belangrijk dat er een goede voorbereiding aan voorafgaat. Als eerste moet er worden gezorgd dat de houten balken en permoxx platen die nodig zijn aanwezig zijn op de kar. Ook kunnen de balkjes van de tussenpanelen ver vantevoren voorbereid worden. Deze hebben altijd een standaard maat en er kan op de balkjes aan de zijkant al een strook gips geschroefd worden zoals te zien is in figuur 48.



[Fig 48] Voorbereidde hoekbalkje met gips

Als alle onderdelen klaar liggen kunnen één voor één de frames met permoxx beplating en bouwplaatvulling in elkaar geschroefd en geniet worden. Hierbij wordt eerst permoxx neergelegd op het werkblad voordat de frames in elkaar geschroefd worden. Op deze manier worden eerst alle onderdelen goed gelegd voordat ze verbonden worden. Hiervoor kan de mal gebruikt worden die zich achteraan het

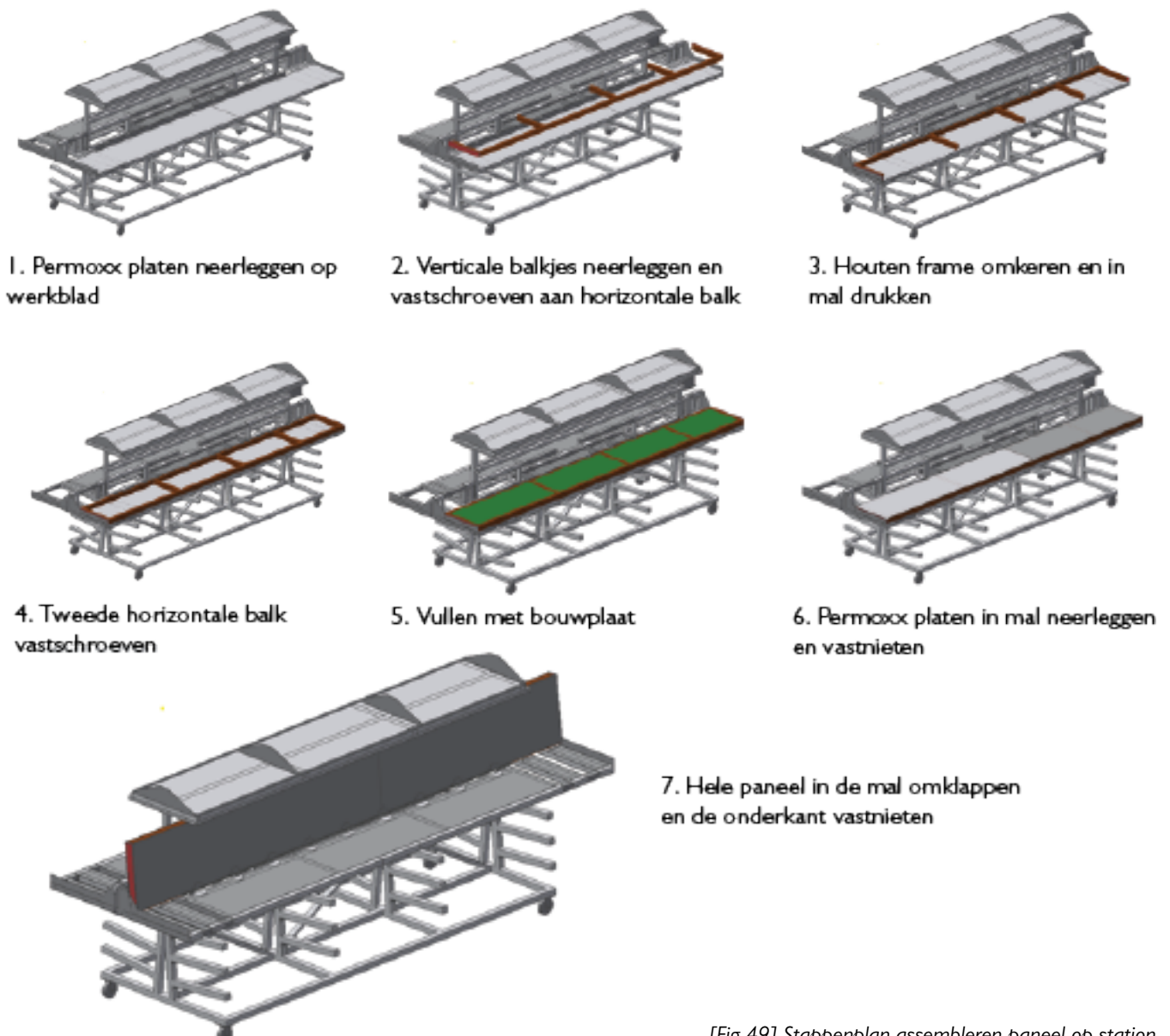
werkblad bevindt. Wanneer aan één kant de bewerkingen zijn voldaan kan de mal omgeklapt worden. Hierdoor kan heel gemakkelijk dezelfde bewerking ook aan de andere kant gedaan worden. Hoe dit gedaan wordt is te zien in figuur 49.

Wanneer elk frame van permoox is voorzien kan de kar gebracht worden naar de lijmhul. Afhankelijk van waar het eerste proces gebeurt is kan dit met de hand of met een heftruck gedaan worden. Elk paneel kan gelijmd worden en de lijm kan drogen op de kar.

Na het lijmen kan elk paneel afgemonteerd worden. Dit gebeurt op dezelfde manier als bij de huidige overheadeur om tot het universele systeem te komen. De onderdelen die daarvoor nodig zijn, zijn te vinden in de voor hun bestemde bakken die zich op ooghoogte bevinden in het station. Deze kunnen steeds aangevuld worden en zo kan ook dit proces

overal gebeuren. Ten slotte kunnen alle panelen op een pallet geladen worden en ingepakt worden voor opslag.

Om het hele proces te beschrijven is stap voor stap uitgewerkt welke handelingen moeten worden voldaan tijdens het productieproces. Bij elke handeling zijn de benodigde onderdelen genoteerd en welke gereedschappen en machines nodig zijn. Deze handelingen zijn te vinden in bijlage 5. Aan de hand van deze stappen is de productiehandleiding gemaakt voor de werkplaatsmedewerkers van Metacon. Deze is te vinden in bijlage 6. In het figuur hieronder is beschreven hoe het werkstation de productie van de panelen verbetert.



[Fig 49] Stappenplan assembleren paneel op station

Gereedschappen en onderdelen

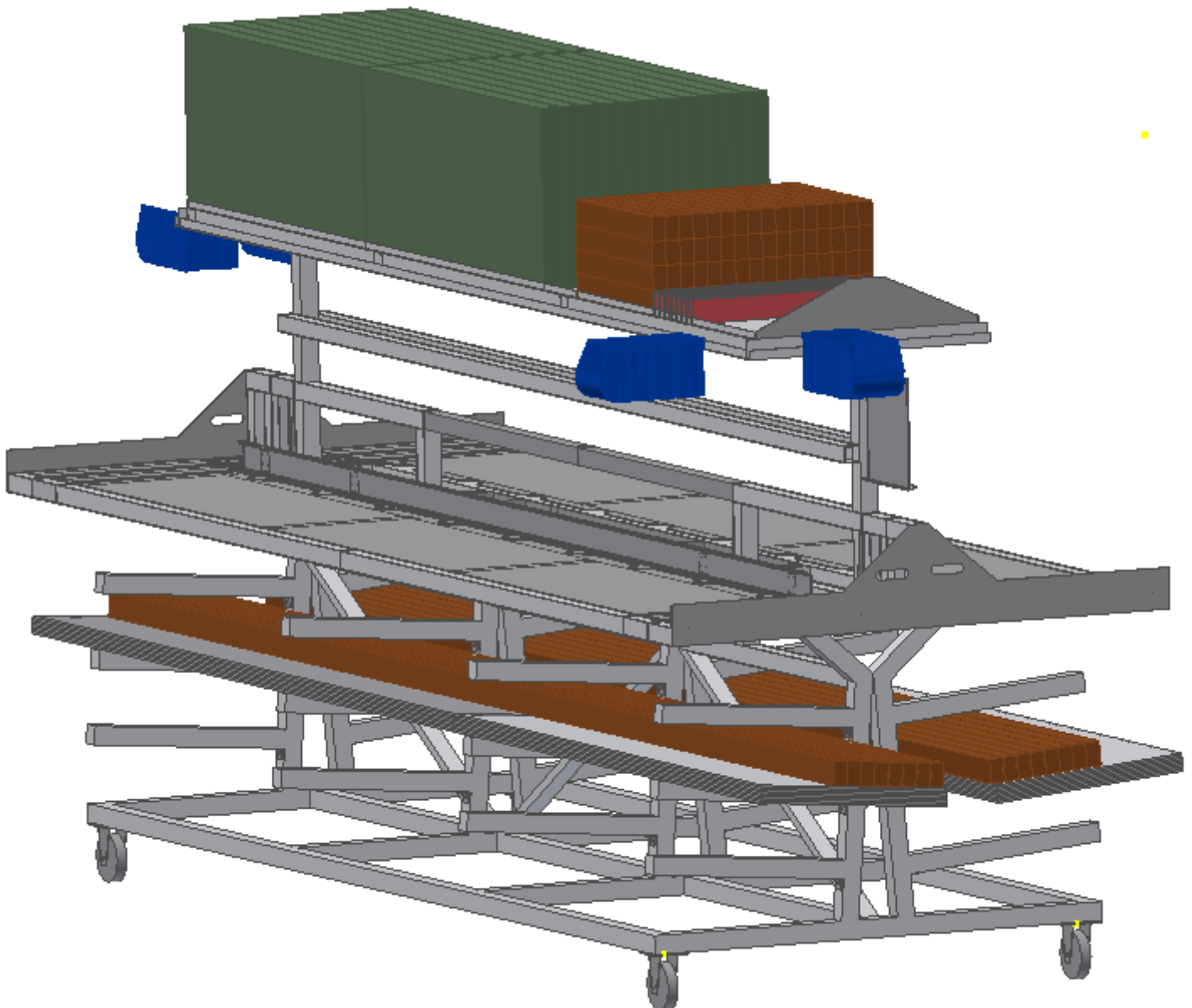
Zoals in de eisen is beschreven moet het workstation alle onderdelen en gereedschappen kunnen bewaren. Dit is handig voor als het workstation van locatie moet veranderen of om de productie voor te bereiden.

Het station is zo ontworpen dat vanaf beide kanten er makkelijk bij de materialen kan worden gekomen. Hierdoor wordt daar geen tijd verloren. Het permoxx en de lange horizontale balken kunnen worden bewaard onder het werkblad waar de panelen ook komen te liggen. Ze liggen dan al in de goede richting en hoeven alleen maar van onder op het werkblad gelegd te worden. Dit kan door één persoon eenvoudig gedaan worden.

Het is voornamelijk voor het permoxx belangrijk dat deze handeling zo simpel mogelijk is. Het kan namelijk snel breken als het doorbuigt. Met deze handeling kan het gemakkelijk op zijn kant in één beweging op het werkblad gelegd worden.

De gereedschappen die nodig zijn kunnen bewaard worden in de eerder genoemde bak tussen de werkbladen in (Fig 41). Kleine onderdelen zoals schroeven en nieten kunnen in magazijnbakken bewaard worden en overal aan het station gehangen.

Zowel de lijmpistolen als de nieltackers hebben lucht nodig om te werken. Overal in de werkplaats zijn er aansluitingen waar deze gereedschappen op aangesloten kan worden. Wanneer de gebruiker tijdens het nieten of lijmen het gereedschap even niet nodig heeft kan hij de rand zoals te zien is in figuur 40 gebruiken om zijn gereedschap aan op te hangen.



3.1.4. Tijdsplanning productieproces

Voor het hele productieproces is een tijdsplanning gemaakt. In deze planning wordt het mobiele werkstation gebruikt om op een zo optimaal mogelijke manier het productieproces in te delen.

Het productieproces is en blijft een heel arbeidsintensief proces en de snelheid hangt af van de ervaring en kwaliteiten van de werknemer die er aan werkt. Daarom heeft het geen enkele zin om deze planning tot de seconde te perfectioneren. Sommige deuren zullen sneller gemaakt worden dan gepland, andere weer langzamer.

In dit proces zijn twee personen continu aan het werk aan panelen. Er zijn namelijk een aantal handelingen die door minimaal twee personen gedaan moeten worden. Je hebt namelijk twee personen nodig om de panelen te tillen en om de beplating op het frame te lijmen.

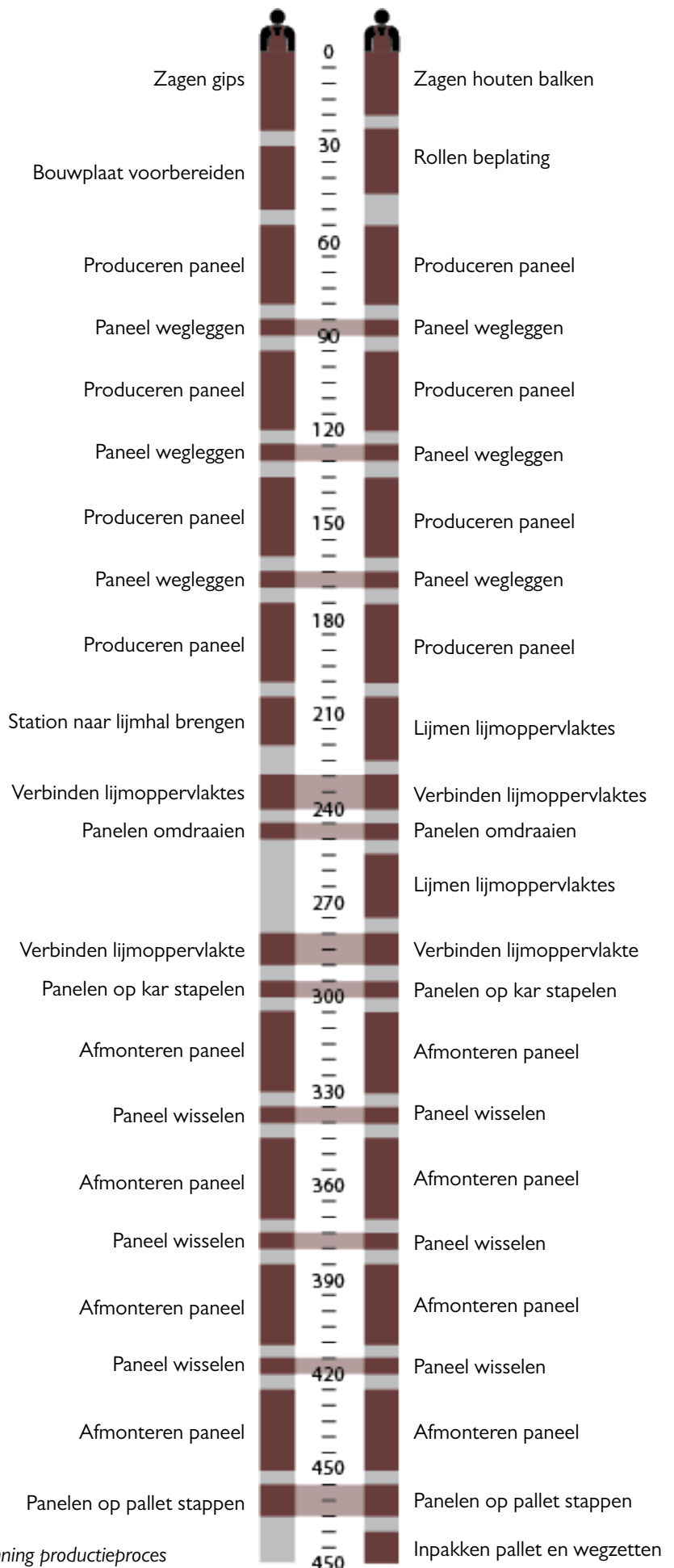
Ook zijn er een aantal momenten waar er maar één persoon aan de panelen kan werken. Op deze momenten kan de andere persoon voorbereidingswerk doen en bijvoorbeeld alle benodigde scharnieren et cetera verzamelen voor het afmonteren.

Tussen elke handeling is vijf minuten speling inbegrepen. Het kan namelijk wel eens gebeuren dat er fouten worden gemaakt of dat handelingen langer duren dan verwacht. Deze marge zorgt ervoor dat er een redelijke planning gemaakt kan worden waarbij reëel met het productietempo omgegaan wordt.

Samenwerking

De efficiëntie van deze planning hangt in de praktijk erg af van de werknemers die aan de deur werken en hun samenwerking. Het is belangrijk dat er duo's worden gecreëerd die in een vergelijkbaar tempo werken. Dit zorgt ervoor dat er geen momenten ontstaan waarbij er één werknemer veel eerder klaar is dan de andere.

Er zijn ook voordelen aan het combineren van een hele ervaren werknemer met een onervaren werknemer. De onervaren werknemer kan natuurlijk zo veel leren van de ervaring van de andere persoon. Deze kan hem helpen om sneller en beter in de productie te worden. Je moet dan als bedrijf wel voor lief nemen dat de deur op een laag tempo geproduceerd wordt.



[Fig 50] Tijdsplanning productieproces

3.2 TIJD- EN KOSTENBESPARING

Het doel van dit hele ontwerpproces was natuurlijk om tijd te besparen in het productieproces. De eerste indicatie bij de conceptvergelijking liet al zien dat de doelstelling van 25% tijdsbesparing te halen moest zijn. De nadruk op de interactie tussen de gebruiker en het werkstation heeft ervoor gezorgd dat er nog meer tijd is bespaard op bepaalde handelingen.

Om een nieuwe schatting te maken van de tijdsindeling is er voor elke stap een schatting gemaakt van de tijdsbesparing. Deze schattingen zijn gemaakt aan de hand van metingen die gedaan zijn tijdens het testen en schattingen die gebaseerd zijn op het doel van de handeling. Dus omdat er in het nieuwe ontwerp maar de helft van het palusol wordt gebruikt, kost die handeling nog maar 50% van de tijd. De uitgebreide besparingsschatting is te vinden in bijlage 7.

Door vanaf het begin te focussen op het verbeteren van de meest tijdsintensieve handelingen is er uiteindelijk een geschatte besparing gehaald van 38,71%. Dit geldt voor het hele productieproces exclusief het garnituren. Inclusief het garnituren is dit 33,55%.

Zoals te zien is in tabel 16 is de meeste besparing is gehaald op het maken van de frames en het schroeven van het gips. Dit waren dan ook de meest tijdsintensieve onderdelen. Ook is het afmonteren significant in tijd verkort. Het nieten van het permoxx op het houten frame kost namelijk maar ongeveer vijf minuten per paneel (paneel van vier meter breed). Ter vergelijking, bij het schroeven van het gips op het stalen frame was dit twintig minuten per paneel. Voor een deur van zes panelen scheelt dit dus al anderhalf uur. Deze tijdsbesparing zorgt er niet alleen voor dat Metacon minder arbeidskosten aan de productie hoeft uit te geven, maar ook dat het meer deuren per maand kan produceren.

HANDELING	OHD-ECO	OHD EI(1) 60
Frame schroeven	±10 minuten per paneel	±25 minuten per paneel
Frame vullen met bouwplaat	±5 minuten per paneel	
Permoxx nieten	±5 minuten per paneel	±15 minuten per paneel
Afmonteren	±25 minuten per paneel	±30 minuten per paneel
6 panelen; 3000mm breed	8,2 uur	12,8 uur

[Tabel 17] Tijdsbesparing productieproces in minuten voor een deur van 4000 mm breed en 8 panelen hoog

PROCES	HUIDIGE SITUATIE (percentage van totale tijdsbesteding)	GESCHATTE SITUATIE (percentage van totale tijdsbesteding)	BESPARING
Frames maken	23,08%	9,82%	57,46%
Gips zagen	10,29%	10,29%	0,00%
Beplating rollen	2,31%	2,21%	4,35%
Gips schroeven	16,84%	5,18%	69,25%
Lijmen	11,26%	8,04%	28,62%
Afmonteren	25,32%	15,50%	38,78%
Inpakken en opslaan	10,26%	10,26%	5,91%
Totaal:	100%	61,29%	

[Tabel 16] Tijdsbesparing productieproces in procenten

3.3 MONTAGEHANDLEIDING

Voor de OHD-ECO is ook een nieuwe montagehandleiding gemaakt. Zoals in hoofdstuk 1.4 te lezen heeft de huidige montagehandleiding vele gebreken. Dit in combinatie met de nieuwe opbouw en het lichtere gewicht van de OHD-ECO zorgde ervoor dat er een nieuwe handleiding gemaakt moest worden.

Opzet nieuwe handleiding

De huidige handleiding is erg traditioneel opgezet. Ook is hij vrij algemeen en staat er geen gedetailleerde informatie in voor de persoon die meer over het product wilt weten.

In de nieuwe handleiding (bijlage 8) wordt er een duidelijk verschil gemaakt tussen de verschillende functies van de handleiding.

Ten eerste wordt de handleiding ten opzichte van de huidige handleiding gesplitst in twee losse handleidingen: Één voor de monteur en één voor de eindgebruiker. In de huidige handleiding staat informatie voor zowel de monteur als de eindgebruiker, maar vaak krijgt de eindgebruiker de montagehandleiding niet eens te zien. Voor de eindgebruiker is er nu de producthandleiding (bijlage 9) waarin alle informatie staat die voor hem nuttig is. In de nieuwe montage handleiding staat alleen informatie die voor de monteur bruikbaar is.

Ten tweede zal in de toekomst de handleiding specifiek gericht zijn op het type overheadeur dat geleverd is. Op dit moment wordt er één handleiding gemaakt waarin alle verschillende ophangingen en aandrijvingen beschreven worden. Dit zorgt ervoor dat de handleiding onoverzichtelijk is en het moeilijk is om stappen terug te vinden. Het nieuwe ERP-systeem waar Metacon gebruik van gaat maken maakt het mogelijk om dit beter aan te pakken. Aan de hand van de ordervariabelen zal de juiste handleiding voor de geleverde deur gegenereerd worden. In de gemaakte handleiding in bijlage 8 is dit duidelijk gemaakt door deze pagina's verschillende kleuren te geven. Elke pagina met een verschillende kleur behoort tot een verschillende variabele. Bijvoorbeeld alle pagina's met een gele balk horen bij een deur met een hydraulisch aandrijvingsysteem.

Als derde wordt er een verschil gemaakt in de communicatie naar de verschillende doelgroepen van deze instructionele tekst. De hele ervaren monteur zal de handleiding niet vaak nodig hebben. Als hij hem wel nodig heeft dan zal dat waarschijnlijk zijn om hem te herinneren wat in welke volgorde moet gebeuren. Hij hoeft alleen de genummerde stappen te lezen. Hierin staat kort de handeling beschreven. De iets minder ervaren monteur zal wat vaker in de handleiding kijken om hem te helpen de deur goed te monteren. Voor hem staat onder elke genummerde stap ook nog geletterde stappen. In deze stappen staat in meer detail beschreven welke stappen voltooid moeten worden en welke controles uitgevoerd moeten worden. Daarnaast is er onderaan elke stap voor de onervaren monteur nog extra achtergrondinformatie beschreven. Hierin staat informatie waarmee je meer kan leren over het product. Dit zal helpen in het monteren en gebruik van de overheadeur.

[62]

Technische communicatie

Het is erg belangrijk dat bij het doorlopen van de stappen de gebruiker snel weet waar hij aan toe is en wat er moet gebeuren. Hierom is er voor gekozen om elke stap in dezelfde structuur op te bouwen.

Elke stap begint met een titel. Dit zijn een paar woorden die de stap beschrijven. Vervolgens worden in twee kolommen de onderdelen en gereedschappen beschreven die nodig zijn voor het volbrengen van de stap. De onderdelen worden puntsgewijs beschreven en de gereedschappen door middel van icoontjes.



[Fig 5.1] Gereedschapsicoontjes

Door deze icoontjes weet de gebruiker snel en makkelijk had hij nodig heeft.

Vervolgens ziet de gebruiker één of meerdere beelden die bruikbaar zijn bij de stap. Dit geeft de gebruiker visuele ondersteuning bij het doorlopen van de handeling. Daarna volgen de eerder beschreven genummerde stappen, de geletterde stappen en de box met extra informatie.

Heuristische evaluatie

Om deze nieuwe handleiding te vergelijken met de oude handleiding is er weer een heuristische evaluatie gemaakt. De nieuwe handleiding scoort op dezelfde heuristieken als waarom de huidige handleiding is beoordeeld 50 van de 63 punten. Dit is een vooruitgang van 15 punten ten opzichte van de huidige handleiding.

Het grote verschil met de huidige handleiding is dat deze handleiding veel beter op de doelgroep gericht is en dus doeltreffender informatie overbrengt.

De handleiding heeft natuurlijk nog steeds verbeterpunten. Vooral in de samenwerking tussen visuele en tekstuele informatie zou beter kunnen. Informatie komt beter over wanneer deze zo dicht mogelijk bij elkaar staan. Dat is in het geval van deze handleiding erg lastig, omdat er relatief veel beeld te zien is in vergelijking met de tekst. Hierom is ervoor gekozen om het op de manier te doen zoals beschreven is onder het kopje technische communicatie.

DISCUSSIE

Er zijn een aantal punten die binnen dit ontwerpproces niet volledig zijn uitgevoerd. Deze punten zouden verbeterd moeten worden om een betrouwbaarder en beter eindresultaat te krijgen.

Tijdens de analysefase zijn er niet genoeg metingen gedaan. Bij het analyseren van het productieproces is er voor de meeste handelingen maar één meting gedaan. Ook al is in de berekening de breedte van de panelen meegenomen, is de meting nog steeds redelijk onbetrouwbaar. Een tweede meting met bijvoorbeeld een andere werknemer zou een ander resultaat geven. Ook is tijdens de montageanalyse niet een volledig montageproces geanalyseerd. Hierdoor kunnen er geen betrouwbare uitspraken over de tijden worden gedaan.

Bij de idee- en conceptgeneratie is er heel erg gekeken binnen het 'vertrouwde gebied' voor Metacon. Alle oplossingen kunnen makkelijk worden geïmplementeerd door Metacon, maar leveren misschien niet de beste oplossing op lange termijn. Met de groei die Metacon doormaakt zou nu al kunnen worden gekeken naar een productie met nog veel grotere aantallen te produceren deuren. Dat zou vele andere oplossingen opleveren dan degene die nu de revue zijn gepasseerd.

Het eindconcept is een robuust werkstation geworden dat in de werkplaats niet snel kapot kan gaan. Als nadeel zou er geopperd kunnen worden dat het station veel te zwaar is voor echt optimaal gebruik. Wanneer het station beladen is met acht lange panelen zal het onmogelijk zijn om de kar lange afstanden te verplaatsen met de hand. Handigere handgrepen/ geometrie zouden dit al kunnen verbeteren.

Ook is de vraag of het productieproces veilig genoeg is. Er is een aantal gevaarlijke situaties die door deze handelingen voor kunnen komen. Als eerste kan het paneel in zijn klappaal omvallen en op ledematen terecht komen. Wanneer dit gebeurt zal zelfs een lichtere houten frame ernstige schade aan handen of vingers kunnen veroorzaken.

Ook wordt er in het nieuwe proces veel omgegaan met nietpistolen. Deze worden zelfs naar elkaar gericht wanneer aan weerszijden van het station gewerkt wordt. De gevolgen wanneer een niet naar een andere werknemer wordt geschoten zijn ook enorm.

CONCLUSIE & AANBEVELINGEN

Het doel van dit ontwerpverslag was tweeledig. Als eerste moest er een productieproces worden ontworpen die de productie van panelen met een houten frame kon faciliteren. Ten tweede moest dit proces ook nog eens een verbetering vormen ten opzichte van het huidige montage- en productieproces van de overheaddeur. Dit allemaal met als doel voor ogen om de kosten zowel voor Metacon als voor de dealers te verminderen.

Er zijn nog veel vragen over het nieuwe ontwerp van de panelen. De brandbaarheid van hout en de heterogeniteit van het materiaal zorgen ervoor dat het onvoorspelbaar is wat deze panelen gaan doen als ze voor een brandoven hangen. Wel zorgt het hout ervoor dat het gewicht van de panelen gehalveerd kan worden. Daarom is het zeker de moeite waard om tijd en geld te investeren in dit nieuwe ontwerp.

Om een goed resultaat te verkrijgen zijn onder andere het productieproces en het montageproces geanalyseerd. Deze onderzoeken zijn niet uitgebreid uitgevoerd. Echt betrouwbare conclusies kunnen daarom over de preciese tijdsverdeling niet worden getrokken. Wel gaf het een goede indicatie over waar er tijdsbesparingen gehaald konden worden en waar de grootste bottlenecks in het productieproces lagen. Door middel van een uitgebreide divergering zijn er uiteindelijk concepten gekomen die deze problemen kunnen oplossen. Er kan gezegd worden dat er ook nog vanuit andere perspectieven naar de ideegeneratie kan worden gekeken, maar wanneer er realistisch wordt gekeken naar de krachten en beperkingen van Metacon kan geconcludeerd worden dat uiteindelijk het beste concept is gevonden.

Het mobiele werkstation is ontworpen om deze panelen zo snel en efficiënt mogelijk te kunnen produceren. Het station neemt weinig ruimte in beslag en zorgt ervoor dat de doorlooptijden van orders zo kort mogelijk kunnen worden gehouden. Ook wordt het intern transport verminderd doordat het hele productieproces op het station plaatsvindt. Het mobiele werkstation levert met een veilige schatting een besparing op van ongeveer 35% ten opzichte van het huidige proces. Dit zou een succes betekenen omdat de productiekosten niet alleen lager worden, maar er ook veel sneller overheaddeuren geproduceerd kunnen worden.

Aanbevelingen

Bij een replicatie van dit ontwerpproces zijn er een aantal dingen die beter kunnen worden gedaan. Zoals in de discussie al is besproken zullen de resultaten een stuk betrouwbaarder zijn als er meer metingen worden gedaan. Dan kunnen betrouwbaardere conclusies worden getrokken en kan ook het eindresultaat beter worden gevalideerd.

Ook wordt er aanbevolen om het ontwerp van het werkstation te verbeteren op een aantal punten. Het ontwerp kan lichter gemaakt worden om de hanteerbaarheid te verbeteren.

Bij het analyseren van het productieproces zijn er nog een aantal anderen problemen aan het licht gekomen over dingen die goed uitgezocht moeten worden om eventueel ook nog een tijdsbesparing op te leveren en het gehele proces nog meer te versnellen. Deze onderdelen zijn verder niet in dit verslag behandeld omdat het wat dat betreft bacheloropdrachten op zichzelf zouden kunnen zijn, maar er zijn zeker mogelijkheden om daar ook kostenbesparingen uit te halen.

Allereerst wordt aanbevolen om te gaan kijken naar de inkooponderdelen en hun kosten. Sommige inkooponderdelen zoals bijvoorbeeld de hoekprofielen worden ingekocht, maar moeten vervolgens ook nog nabewerkt worden. Wanneer deze onderdelen gelijk goed worden besteld dan zou dit al snel een besparing opleveren in het productieproces.

Ook kan het garnituurproces beter worden bekeken. Waar komen alle onderdelen vandaan? Hoe worden ze bewaard? Op welke manier worden alle onderdelen bij elkaar gezocht. De methode waarmee het garnituren wordt gedaan kan ook nog verbeterd worden.

Het laatste probleem is misschien wel het belangrijkste. Bij het volgen van het productieproces en montageproces viel gelijk op dat er nog veel mis gaat in de communicatie tussen partijen. Onderdelen werden verkeerd geleverd, of er werden tegenstrijdige opdrachten gegeven door verschillende leidinggevendenden. Met het nieuwe ERP-systeem zou er al een enorme verbetering moeten komen, maar het standardiseren of vastleggen van de verschillende communicatiekanalen zou een hoop extra kosten en verloren tijd kunnen besparen.

BRONNEN

Naar sommige bronnen is expliciet verwezen in de tekst van dit verslag of het bijlageverslag. Ook zijn de bronnen gegeven van het beeldmateriaal dat op internet is gevonden. Daarnaast zijn er enkele boeken als naslagwerk gebruikt. Daar is niet direct naar verwezen.

- 1 Euroklasse systeem: <http://virtual.vtt.fi/virtual/innofirewood/stateoftheart/database/euroclass/euroclass.html>
- 2 Vermiculiet plaat: http://www.venturaholland.nl/index.php?route=product/product&path=100_101&product_id=168
- 3 Dubbelzijdige tape: <http://multimedia.3m.com/mws/media/372489O/adhesives-and-tapes-design-guide.pdf>.
- 4 ARBO: http://www.inspectieszw.nl/Images/Fysieke-Belasting-Duwen-trekken%20_tcm335-327534.pdf
- 5 Wielen kar: <http://www.profishop.nl/Polyurethaan-zwaarlast-zwenkwiel-Premium-Wielbody-uit-een-stuk-450-1100kg-32075-150984/?variationChanged=true#collapseTechnicalDetails>
- 6 Karreman, J., Ummelen, N., & Steehouder, M. (2005). Procedural and declarative information: What we do and what we don't know about these information types. Proceedings of IEEE International Professional Communication Conference, 328-333.
- 7 Karreman, J., & Loorbach, N. (2013). Use and Effect of Motivational Elements in User Instructions: What We Do and Don't Know. IEEE International Professional Communication Conference, July, Vancouver, Canada.
- 8 Mayer, R., Moreno, R., (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. Educational Psychologist, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- 9 Clark, H., Chase, W., (1972). On the process of comparing sentences against pictures. Cognitive Psychology 3, 472-517.
- 10 Aandrijvingen: <http://gfa-elektromaten.com/de/DE/start.html>
- 11 Snelheid lintzaag: <https://www.bmtechniek.nl/lintzagen>
- 12 Basaltplaten: <https://www.hawknatuursteen.nl/bladen/>
- 13 Glaswol: <http://www.eigenwijsbouw.nl/onze-bouwwijze>
- 14 Steenwol: <http://www.shop-online-shop.nl/winkel/isolatiemateriaal-nl/producten/3/>
- 15 Vermiculiet: <http://ferecon.nl/hoge-temperaturen-industrie/grenaisol/>
- 16 Alu honingraat paneel: <http://www.aluminiumhoneycomb.net/aluminum-honeycomb-panel.html>
- 17 Kals, H.J.J., Buiting-Csikós, Cs., Van Luttervelt, C.A., Moulijn, K.A., Ponsen, J.M., Streppel, A.H., (2011) Industriële productie; het voortbrengen van mechanische producten.
- 18 Ashby, M., Shercliff, H., Cebon, D., (2011) Materials; engineering, science, processing and design

