Bijlage A: INFORMATIE OVER DE ORGANISATIE & OPDRACHT

Student + Opleiding + Nummer= Sebastiaan Mulder, Industriële Automatisering , 1514198.
Bedrijf en Plaats= Rolan Robotics B.V. De Corantijn 6, 1689 AP Zwaag. **www.rolan-robotics.com**
Titel onderwerp= Flexibel robot systeem

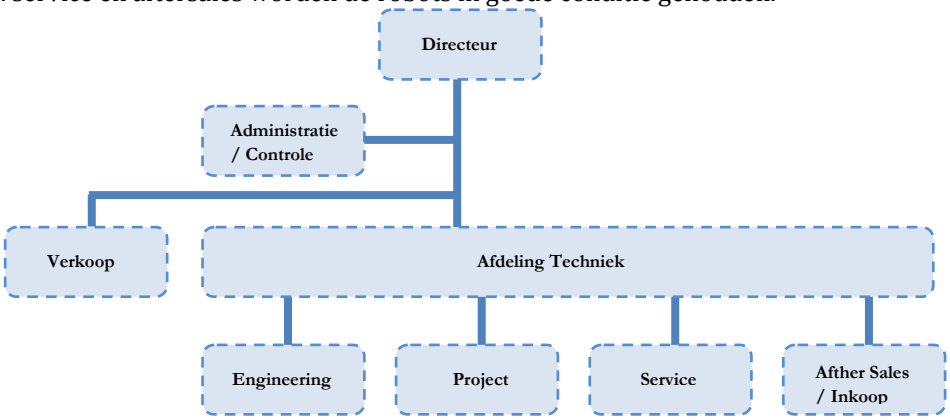
Over de organisatie:
Geef een korte beschrijving van de A) werkzaamheden, B) producten(en), C) doelgroep(en), D) organisatiestructuur en E) omvang van de organisatie.

A) Werkzaamheden:
Rolan Robotics houdt zich bezig met het integreren van robotsystemen voor industriële toepassingen in de metaal, food –en non-food sectoren. Hierbij wordt gedacht aan las –en handelingrobots.

B) Product(en):
Rolan Robotics levert complete industriële robotsystemen voor de metaal, food –en non-food sectoren.

C) Doelgroep:
Midden -en klein bedrijven die een automatiseringsuitdaging hebben en dat met robottechniek willen oplossen.
Metaalverwerkende industrie:
Staalmeubel;
Toeleveranciers voor de automotive industrie;
Landbouwmechanisatie;
Food –en non-food industrie:
Zuivel;
Voedingsmiddelen;
Agrifood;
Kunststof;

D) Organisatiestructuur: Projectaanpak:
Sales engineer komen eerst langs bij de klant voor vrijblijvende gesprekken. Het maken van een inventarisatie van eisen en wensen van de automatiseringsbehoeften. Aanleveren van ruwe schetsen en één of meerdere oplossingenrichtingen gegeven en globale kosten van een project. M.b.v. tekeningen (liefst 3D)worden schetsen uitgewerkt. Door deze te implementeren in een 3D simulatiepakket (filmpjes) wordt het ontwerp getoetst op haalbaarheid, cyclustijd, werkbereik en kosten. Hierbij worden meerdere concepten besproken met de klant.
Bij goedkeuring wordt het volledige project bij Rolan Robotics gebouwd en getest. De toekomstige operators worden nauw betrokken bij deze fase om zo vertrouwd te raken met het nieuwe systeem. De volledige installatie wordt in zijn geheel opgebouwd en getest bij de klant tot 100% tevredenheid.
D.m.v. service en aftersales worden de robots in goede conditie gehouden.



E) Omvang organisatie:
Rolan Robotics bestaat uit 25 man. Project engineering, (After)Sales, Administratie, Service.

Over de invulling van het afstudeerproject:
Geef een toelichting van de opdracht en beschrijf het kader en het gewenste eindresultaat waarbinnen de opdracht wordt uitgevoerd. Aandachtspunten: Wat is de opdracht? Waarom is het onderwerp voor het bedrijf belangrijk? Wat is de probleemstelling? Wat is de doelstelling?

Er is een wereldwijde groei in de toepassing van composiet materialen en een trend naar steeds grotere producten. Het gebruik van composieten als vervanging van traditionele materialen, zoals metaal, kan een belangrijke bijdrage leveren aan een duurzame economie. Veel voorkomende toepassingsgebieden zijn: windenergie (wieken van windturbines), luchtvaartindustrie (o.a. Airbus), scheepvaart, bruggen etc.

Composieten zijn een combinatie van twee of meerdere materialen, bijvoorbeeld een mengsel van kunststofhars met verschillende vezels, zoals glas of vlas, die geen volledige verbinding met elkaar aangaan. Deze samengestelde delen versterken en verbeteren de kwaliteit van een product. In vergelijking met metaal bespaard composiet op gewicht, heeft het een langer levensduur en vergt het minder onderhoud omdat het vrijwel corrosie –en UV-bestendig is.

Als er een product van composiet geproduceerd gaat worden, moet bij het ontwerpen van het product rekening worden gehouden met het productieproces. Bijvoorbeeld: Een plaatje metaal kan zonder al te veel moeite in een zetbank onder een bepaalde hoek gezet worden. Met composiet is dat niet mogelijk, omdat het hele andere eigenschappen dan metaal heeft. In dit geval heeft dat te maken met de elastische vervorming.

Bij het ontwerpen van het product moet er dus rekening gehouden worden met het productieproces. Dit komt omdat de productiemogelijkheden met composiet nog zeer beperkt zijn. Er zijn wel mogelijkheden composiet te produceren, dan gaat het handmatig, maar daaraan hangen een aantal nadelen:

- Het is specialistisch werk;
- hierdoor zijn de productiekosten hoog;
- en de reproduceerbaarheid ligt met de hand veel lager;
- dus daardoor ook de productiesnelheid.

De probleemstelling is dan als volgt:
“ De productiemogelijkheden om composiet producten te produceren zijn zeer beperkt. Hoe kunnen composietbedrijven deze beperkte productiemogelijkheden vergroten? “

Met andere woorden, er is de behoefte aan een flexibel systeem met een hoge snelheid, flexibiliteit, maar vooral hoge reproduceerbaarheid en lagere productiekosten. Deze doelstellingen zijn met handmatige productie in veel minder mate te realiseren dan met een geautomatiseerd productieproces.

Om nieuwe geautomatiseerde productieprocessen te ontwikkelen, is een Noord Hollands onderzoek traject gestart. Het onderzoeksteam, bestaande uit ATO (innovator en initiator op het gebied van duurzame technologieën) en de TU Delft, willen bedrijven de gelegenheid geven om verschillende composietproducten automatisch te produceren. Het idee is om hiervoor een flexibel productiesysteem op te zetten. Hiervoor wil men gebruik gaan maken van robottechniek. Met deze techniek kan er snel, flexibel en nauwkeurig geproduceerd worden. Een robot is namelijk vrij te programmeren en het systeem is gebouwd voor toekomstige mogelijkheden, zoals extra assen aansturen, andere tools en toekomstige technieken om de vezel te plakken/wikkelen. Daarom is Rolan Robotics ook bij dit project betrokken, omdat Rolan Robotics gespecialiseerd is in verschillende robotsystemen. Hierdoor kan de doelstelling van dit project, om zo flexibel mogelijk te produceren, gehaald worden door een robotsysteem op te leveren.

Voor Rolan Robotics wordt dit een belangrijk project, vooral omdat het een opening naar een nieuwe markt is, en om de concurrentie positie in de regio te verbeteren. Daarnaast is het project een Noord Hollandse aangelegenheid, d.w.z. dat veel betrokken bedrijven in dezelfde regio gevestigd zijn.
In samenwerking met deze bedrijven zijn al een aantal eisen en grenzen opgesteld. De opdracht is nu om de desbetreffende bedrijven een flexibel robotsysteem te ontwikkelen dat verschillende composiet producten kan produceren.

Beschrijf verder de werkzaamheden ten behoeve van deze opdracht c.q. de aanpak (wat moet er concreet gebeuren om tot het gewenste eindresultaat te komen?):
Proceskennis vergaren bij ATO(composiet plakken/wikkelen);
Bestaande composiet productiesystemen bekijken;
Verschillende robot systemen bekijken;
Inzicht in de Stäubli robot besturing;
Veiligheid om het proces heen (machine veiligheid, RAB (Robotics Safety Mark));
Ervaring opdoen met het tekenen van ontwerpprogramma's, zoals Solid Works;
Proces omschrijven d.m.v. een 3D simulatieprogramma (Delmia);
Contact opnemen met de diverse instanties (ATO, TU);
Meewerken in een projectteam, vergaderen;
Opleveren van documentatie.

Welke studievakken (leerstof) worden waarschijnlijk toegepast?:

Robotica	Major	Besturingstechniek	Major
Digitale techniek	Major	Regeltechniek	Major
Ontwerp processen	Major	Elektrotechniek	Major
Projectmatig werken	Major, Minor	Servotechniek	Major
PLC	Major	Mechatronica	Major
Technisch tekenen	Major	Persoonlijke communicatie	Minor
Programmeren	Major	Sales Engineering	Minor

Overige werkzaamheden:
Beschrijf hieronder alle overige relevante werkzaamheden die (mogelijk) tijdens de afstudeerperiode worden uitgevoerd:
Proces simulatie via Delmia;
Productie, bouwen, afstellen, programmeren en testen van robot systemen;
Werken met robot simulatiepakketten;
Tekenwerk via Solid Works;
Contact opnemen met verschillende instanties (ATO, TU);
Projectvergaderingen bijwonen;
Meewerken in een projectteam.

Beschrijf ook voor welke afdeling de afstudeerder zal worden ingezet:
Engineering.

Beschrijf eventuele andersoortige werkzaamheden of afdelingen waarvoor de afstudeerder zal worden ingezet:
Zie punt A.

Over de begeleiding:
Door welke functionaris wordt de afstudeerder begeleid (wat is zijn/haar functie/achtergrond. Voldoet hij aan de eis om minimaal HBO opleiding te hebben); is dit dezelfde persoon als de dagelijkse vraagbaak?:
Rik Schuijt, hoofd engineer. (ing. HBO werktuigbouwkunde) 12 jaar ervaring in de robotica.
Dagelijkse vraagbaak.

Bij wie/op welke afdeling is de werkplek gesitueerd? (bij voorkeur niet geïsoleerd):
Engineering bij vijf á zes personen op kantoor.

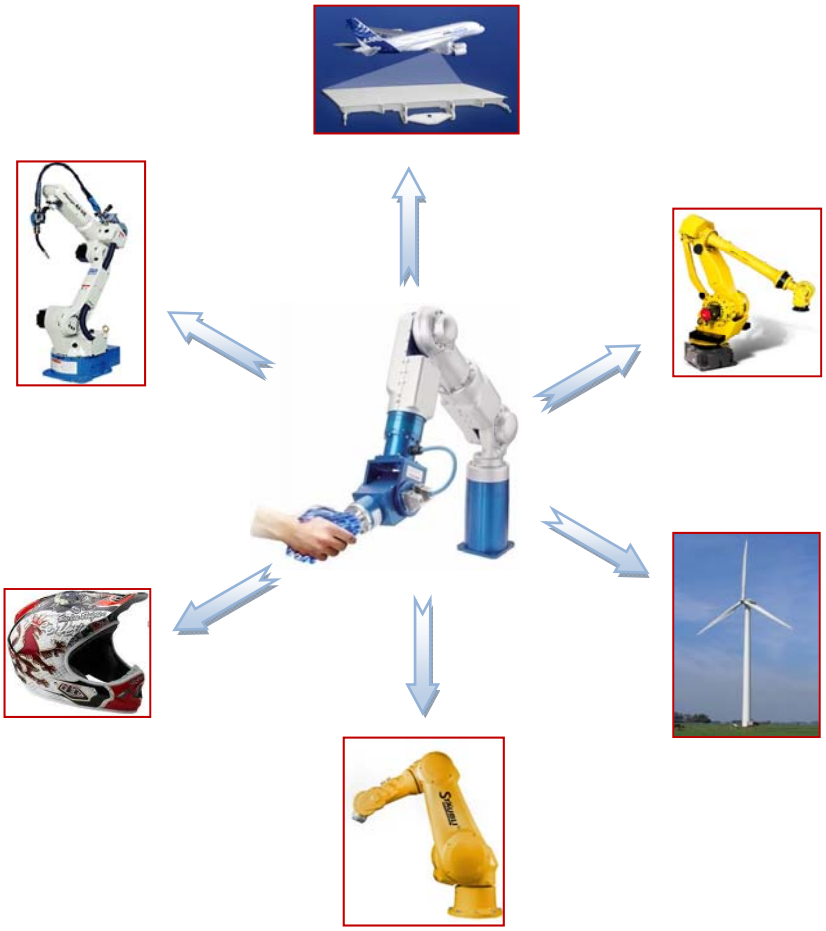
Welke afspraken zijn er gemaakt over de frequentie van contact?:
Waar nodig, dagelijks contact.

Beoogde eerste begeleider:
Rik Schuijt
Rik.schuijt@rolan-robotics.com
0229-248484

Composiet.....nieuw robotproductie gebied

Plan van Aanpak
Flexibel(robot)systeem

HOGESCHOOL UTRECHT



Rolan Robotics B.V.
Sebastiaan Mulder 1514198
01-11-2010
VERSIE 1.0

ROLAN ROBOTICS

Titelblad Flexibel (robot) systeem

Student:
Sebastiaan Mulder 1514198
Meentweg 58
8224BP Lelystad
Telefoon: 06-16030699
E-mail: sebastiaan.mulder@student.hu.nl

Bedrijf:
Rolan Robotics B.V.
De Corantijn 6
1689 AP Zwaag
Telefoon: 0229-248484
Website: www.rolan-robotics.nl

Bedrijfsbegeleider:
Rik Schuijt
E-mail: rik.schuijt@rolan-robotics.com

1e begeleider HU:
Jos Schouten
Docent IA Hogeschool Utrecht
Telefoon: 030-2388581
Mobiel:
E-mail: jos.schouten@hu.nl

2e begeleider HU:
Albert Moes
Docent IA Hogeschool Utrecht
Mobiel: 06-23075748
E-mail: albert.moes@hu.nl

Opleidingsinstituut:
Hogeschool Utrecht
Faculteit Natuur en Techniek
Industriële Automatisering
Oudenoord 700
Postbus 182, 3500 AD Utrecht
Telefoon: 030-2308202
Website: www.hu.nl

Document versiebeheer

V0.1 PvA Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Tussenversie
V0.2 PvA Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Tussenversie
V0.3 PvA Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Tussenversie bedrijfsbegeleider Rick Schuijt (Rolan Robotics)
V0.4 PvA Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Na aanvullingen en opmerkingen Rick Schuijt
V0.5 PvA Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Conceptversie naar Jos Schouten (Hogeschool Utrecht)
V0.6 PvA Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Na aanvullingen en opmerkingen Jos Schouten
V0.7 PvA Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Aangepaste versie ter controle Rik Schuijt
V0.8 PvA Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Aangepaste versie voor Jos Schouten
V0.9 Pva Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Vernieuwde versie n.a.v. gesprek met Jos Schouten
V1.0 PvA Flexibel robotproductie systeem Rolan Robotics	Sebastiaan	Definitieve versie (bevroren PvA) n.a.v. bezoek Jos. Schouten

Inhoudsopgave

Hoofdstuk	*Onderwerp*	*Blz*
1.	Inleiding	1
	1.1 Rolan Robotics B.V.	1
	1.2 Project algemeen	2
	1.3 Huidige situatie	4
2.	Project opdracht	5
3.	Projectactiviteiten	7
4.	Projectgrenzen	8
5.	Producten	9
6.	Kwaliteit	10
7.	Organisatie	11
	7.1 Projectorganisatie	11
	7.2 Organisatie Rolan Robotics B.V.	12
	7.3 Projectcommunicatie	13
8.	Planning	15
	8.1 Faseplanning	15
	8.2 Weekplanning	15
9.	Kosten en baten	16
10.	Risico's	17
	10.1 Inleiding risico's	17
	10.2 Risicoanalyse	18
11.	Bijlagen	21
	I Faseplanning	22 (I)
	II Links	23 (II)

Voorwoord

Dit Plan van Aanpak (PvA) is geschreven voor Rolan Robotics, de Hogeschool Utrecht en voor de student van de Hogeschool Utrecht. In samenwerking met de afdeling Engineering van Rolan Robotics en de Hogeschool is dit PvA tot stand gekomen. In dit document zal worden beschreven welke producten (deliverables) de student zal leveren aan Rolan Robotics en aan de Hogeschool Utrecht i.v.m. het afstuderen van de student.

Het afstudeerproject zal plaatsvinden binnen het project "ATO Composiet" dat Rolan Robotics uit gaat voeren. Het uiteindelijke op te leveren product van Rolan Robotics zal een flexibel productiesysteem worden, dat zal gaan bestaan uit een robotcel.

De student zal een aantal deelprojecten op zich nemen die voor Rolan Robotics belangrijk en bruikbaar zijn voor het ATO composiet project. Deze deelprojecten zullen bestaan uit:

- Het specificeren van een Multi Axis Controller d.m.v. een Pakket van Eisen.
- Een 3D simulatie maken d.m.v. het 3D simulatiepakket DELMIA om zo het bereik van componenten te bepalen en hierdoor de ideale opstelling van de robotcel.
- Het bepalen/berekenen van de aandrijftrein t.b.v. een manipulator of een track.

In dit PvA wordt beschreven waarom, hoe, waarop, door wie, wanneer en welke zaken gedaan moeten worden door de student om deze deelprojecten uit te voeren.

1. Inleiding

1.1 Rolan Robotics B.V.

Rolan Robotics is een jong bedrijf dat zich bezig houdt met het integreren van complete robotsystemen voor industriële toepassingen in de metaal, food –en non-food sectoren. Hierbij wordt gedacht aan las –en handelingrobots. Omdat Rolan Robotics een integrator van complete systemen is, betekend dit dat alle robotsystemen van begin tot eind in handen van Rolan Robotics zijn. Vanaf de eerste verkennende gesprekken, ontwerpen, 3D simulaties tot opbouwen, testen, afstellen en de complete oplevering op locatie, plus de service –en onderhoudscontracten.
Rolan Robotics bestaat uit ongeveer 25 man personeel. Deze zijn onderverdeeld in de afdelingen "Project Engineering, Productie, (After)Sales, Administratie en Service."

Wanneer er projecten worden binnengehaald, zijn alle afdelingen nauw betrokken bij het voorbereiden, uitvoeren en opleveren van deze projecten. Omdat Rolan Robotics een relatief klein bedrijf is, zijn de communicatielijnen kort. Daardoor is er duidelijke lijn door het bedrijf heen wat de specifieke taken van de afdelingen zijn. Het komt ook voor dat medewerkers van een bepaalde afdeling taken overnemen van een andere afdeling. Zo heeft engineering ook contact met de klanten over het ontwerpproces, maar ook voor telefonische service. Ook het inkopen van standaard producten behoort zo nu en dan tot de functie van een engineer. Iedereen binnen de organisatie Rolan Robotics is in staat multi disciplinair werken en heeft daarvoor ook de benodigde kennis in huis.

Tijdens de afstudeerperiode zal de student deel uit maken van de afdeling Engineering. Op deze afdeling worden de verkochte robotinstallaties uitgedacht, ontworpen, gecalculeerd en voorbereid voor de opbouw. Dit gebeurd zowel mechanisch, elektrisch als softwarematig. Onder de engineers bevindt zich ook de bedrijfsbegeleider van de afstudeerder, dus de communicatie over de opdrachten zijn kort. In het hoofdstuk projectorganisatie is te zien hoe organisatie Rolan Robotics eruit ziet door middel van een lijndiagram. Hierin staat de plaats van de afstudeerder ook aangegeven.

De afstudeeropdracht bestaat uit een aantal deelprojecten.
In de volgende paragraaf wordt kort omschreven wat dit project van Rolan Robotics inhoudt, welke bedrijven er verder betrokken zijn en de uiteindelijke op te leveren producten. Hierna wordt er dieper ingegaan op de deelprojecten die de student voor zijn rekening neemt voor het afstuderen met de daarbij horende planning, activiteiten, deliverables enz.

1.2 *Project algemeen*

Wereldwijde is er een groei in de toepassing van composiet materialen en een trend naar steeds grotere producten. Het gebruik van composieten als vervanging van traditionele materialen, zoals metaal, kan een belangrijke bijdrage leveren aan een duurzame economie.

Composieten zijn een combinatie van twee of meerdere materialen, bijvoorbeeld een mengsel van kunststofhars met verschillende vezels, zoals glas of vlas, die geen volledige verbinding met elkaar aangaan. Deze samengestelde delen versterken en verbeteren de kwaliteit van een product. In vergelijking met metaal bespaard composiet op gewicht, heeft het een langer levensduur en vergt het minder onderhoud omdat het vrijwel corrosie –en UV-bestendig is.
Producten van composiet zijn bijvoorbeeld: Windmolen wieken, vlonderplanken, aanrechtbladen, helm voor bijv. motorrijders, onderdelen in vliegtuigen, silo's, romp van een boot.

Als er een product van composiet geproduceerd gaat worden, moet bij het ontwerpen van het product rekening worden gehouden met het productieproces. Dit komt omdat de productiemogelijkheden met composiet nog zeer beperkt zijn op dit moment. Er zijn wel mogelijkheden composiet te produceren, dan gaat het handmatig, maar daaraan hangen een aantal nadelen:

- Het is specialistisch werk;
- hierdoor zijn de productiekosten hoog;
- en de reproduceerbaarheid ligt met de hand veel lager;
- dus daardoor ook de productiesnelheid.

Met andere woorden, er is de behoefte aan een flexibel systeem met een hoge snelheid, flexibiliteit, maar vooral hoge reproduceerbaarheid en lagere productiekosten. Deze doelstellingen zijn met handmatige productie in veel minder mate te realiseren dan met een geautomatiseerd productiesysteem.

De probleemstelling van het gehele composiet project is volgt:
" De productiemogelijkheden om composiet producten te produceren zijn zeer beperkt. Hoe kunnen composietbedrijven deze beperkte productiemogelijkheden vergroten?

Het bovenstaande project en conclusie komen voort uit een voorgaand onderzoek door het bedrijf ATO i.s.m. de TU Delft. ATO is een onderzoeksbureau, innovator en initiator op het gebied van duurzame technologieën. Deze instantie doet dit in zowel de rol van product- en marktontwikkelaar, als die van kennisintermediair en faciliterend orgaan. Door een optimale samenwerking te creëren tussen het bedrijfsleven, kennisinstellingen, opleidingsinstituten en de overheid kunnen vele onderzoeken en problemen tot een positief resultaat of oplossing komen.

ATO wil bedrijven die al met composiet produceren de gelegenheid bieden om meer, sneller en flexibeler producten van composiet te produceren. Het onderzoeksbureau is in samenwerking met de TU Delft tot de conclusie gekomen dat flexibel produceren d.m.v. robottechniek een solide oplossing is. Met de expertise van Rolan Robotics binnen het project kan er een flexibel robotsysteem ontworpen worden.
Doordat Rolan Robotics aangenomen is voor dit composiet project om een flexibel robotsysteem te ontwerpen t.b.v. composietproductie, is dit een kans voor een opening naar een nieuwe markt. Door deze nieuwe markt goed te bespelen kan de concurrentie positie van Rolan Robotics verbeterd worden. Verder is het project een Noord Hollandse aangelegenheid, dat wil zeggen dat betrokken partijen uit dezelfde regio afkomstig zijn. (Rolan Robotics, *Zwaag* / ATO, *Den Helder*)

Aan dit project hangen een aantal eisen/wensen waar het eindproduct aan moet voldoen. Vanuit deze eisen/wensen worden doelstellingen gedestilleerd. Deze stellingen worden aan het eind van het project nog een keer doorgenomen en zo kan gekeken worden of het project geslaagd is. Omdat dit project een lange doorlooptijd heeft, zal de student de uiteindelijke oplevering naar alle waarschijnlijkheid niet meemaken.

Eisen/wensen

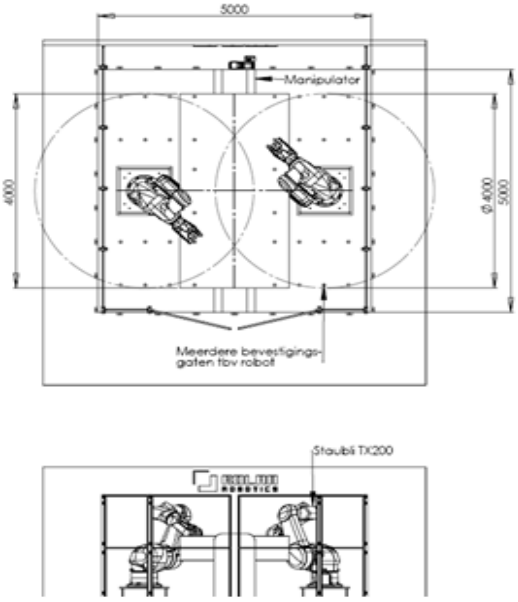
- Hoge reproduceerbaarheid
- Lagere productiekosten
- Flexibel
- Nauwkeurig
- Sneller

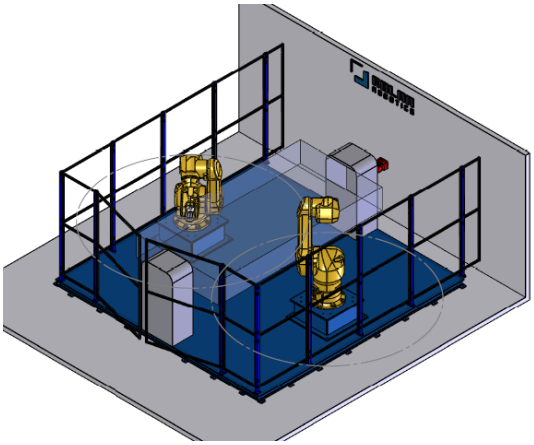
Doelstellingen

- Zo flexibel mogelijk produceren.
- Hoge reproduceerbaarheid.
- Meerdere producten kunnen produceren in één productiecel.
- Zicht op de toekomst van het composiet productie proces.
- Opening naar een nieuwe markt.
- Concurrentiepositie verbeteren in de regio.

1.3 Huidige situatie

Voordat de afstudeerperiode starte (augustus 2010), was er al meerdere keren contact geweest tussen ATO en Rolan Robotics. Het resultaat van deze verkennende gesprekken waren o.a. de bovenstaande eisen/wensen en doelstellingen. Ontwerptechnisch was er ook al wat werk verricht, zoals concepten ontwerpen qua layout van de productiecel. Onderstaande tekening links geeft weer hoe de layout van de robotinstallatie eruit zou kunnen gaan zien. Rechts een 3D "schets" . Deze dient als beeldvorming naar de klant toe.





In het midden van de productiecel staat een horizontale manipulator. Deze zorgt voor de inklemming van het werkstuk en ook de horizontale verdraaiing daarvan. Links en rechts daarvan twee robots die de bewerkingen gaan uitvoeren met tools (gereedschap op het uiteinde van de robot (de flens)). Deze robots, manipulator en tool zullen synchroon aangestuurd worden.

2. Projectopdracht

Zoals te lezen was in paragraaf 1.2 "*Project algemeen*" bestaat er een samenwerkingsverband tussen het bedrijf ATO en de Technische Universiteit Delft, Faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek. Deze samenwerking is ontstaan vanwege de wederzijdse betrokkenheid met composiet productie. De TU Delft heeft zelf ook onderzoeken gedaan naar verschillende eigenschappen van composiet en productiemogelijkheden daarmee. Deze ervaring en opgedane kennis wil ATO gebruiken in dit project.

De TU draagt namelijk zorg voor de levering van de CAD/CAM informatie. In een technische tekenpakket (bijv. SolidWorks) wordt een product 3D getekend (CAD). Deze tekening wordt omgezet in CAM data. De uitkomst van deze data zijn coördinaten in het X, Y, Z stelsel t.o.v. de WORLD en het Y(aw), P(itch), R(oll) stelsel t.o.v. de robot (de stand van de pols). Al deze coördinaten zijn voor de af te leggen weg van de tool van de robot t.o.v. het product.
Aan de hand van deze gegevens wordt een berekening gemaakt voor onder welke hoek de manipulator (met ingeklemd product) moet komen te staan en de stand van de robotarm.

De parameters die uit de CAD/CAM koppeling komen, zijn ook belangrijk voor een deelproject binnen de afstudeeropdracht. Deze zal hieronder beschreven worden.

"Speciferen Multi Axis Controller (MAC)"
Als een robot in een productiecel wordt geimplementeerd, wordt die eigenlijk altijd aangestuurd door zijn eigen robotcontroller. De controller zorgt voor de bewegingen van de verschillende assen in de robotarm.
In dit project wordt een extra controller gebruikt voor de aansturing van de robots. Dit omdat in het ATO project de kinematica van de robot ook aangestuurd moet worden, daarom zal er een MAC gebruikt gaan worden. Een Multi Axis Controller kan d.m.v. gegevens van een CAD/CAM systeem van te voren berekeningen maken t.b.v. de stand van een bepaalde as. In dit geval gaat het om de assen van de robots, de horizontale manipulator en de tool die aan de flens van de robot bevestigd zit.
De reden dat hiervoor gekozen is, heeft te maken met het na-ijlen van de installatie, zoals bijvoorbeeld met een encoder het geval is. Het plakken/wikkelen van de composiet vezels is namelijk een precies proces. Als hierbij de robot en tool "achterloopt" op de draaiing van de manipulator, kan het voorkomen dat de vezels niet goed gewikkeld worden, met de kans op dubbele wikkelingen. Hierdoor kan het gewicht of de eigenschappen van het product verschillend worden dan vooraf is berekend.

Voor het vooraf berekenen van de baan van de robot zijn de parameters van de CAD/CAM koppeling van de TU nodig, om in de MAC te laden. Omdat dit een gespecialiseerd stuk software is, wordt hiervoor een gespecialiseerd extern bedrijf in de arm genomen, namelijk Robosoft.

Om ervoor te zorgen dat de juiste gegevens, parameters en specificaties gebruikt worden en in de MAC geprogrammeerd worden, wordt er een Pakket van Eisen opgesteld voor Robosoft.
Ter controle van dit PvE wordt er na oplevering van de MAC een acceptatietest uitgevoerd worden. Kloppen de uitvoeringen met de eisen die gesteld zijn? Zo niet, wat is er mis en wat kan er gedaan worden om het te verhelpen?

"Bepalen ideale opstelling"
Bij de bouw van een robotinstallatie zijn van te voren alle ontwerpen gemaakt, schema's getekend en testen uitgevoerd. Dit voorkomt problemen, dus vertragingen, bij het opbouwen en de aflevering van de installatie. Om onverwachte problemen bij het testen van de installatie te voorkomen, wordt er in het ontwerpproces een 3D tekeningen van de installatie gemaakt. Van deze tekening wordt ook een 3D simulatie gemaakt. Door deze simulatie goed te analyseren, wordt er gekeken of er genoeg ruimte is voor de robot om de bewegingen te maken. Ook de ruimte t.o.v. de vaste componenten wordt bekeken. Deze simulaties zijn nodig om de bewegingsruimte te testen.

Het programma dat hiervoor gebruikt wordt is DELMIA (**D**igital **E**nterprise **L**ean **M**anufacturing **I**nteractive **A**pplication). Met deze applicatie van Dassault Systemes geeft DELMIA gebruikers van allerlei industrieën de gelegenheid om alle productie processen te visualiseren, ontwerpen, te monitoren en te controleren. Van vroege procesplanning en assemblagesimulatie tot een complete definitie van de productie faciliteiten. DELMIA assisteert bedrijven voor het halen van maximale productie, lage kosten, hoge kwaliteit en kortere looptijd naar de afzetmarkt.

Het deelproject bestaat uit een "Bereikbaarheidsstudie" uit te voeren d.m.v. het 3D simulatieprogramma Delmia. Deze simulatie moet tot stand komen aan de hand van te verwachten tool, product en mal. Met deze gegevens kan de ideale opstelling van de robotcel bepaald worden.
Het op te leveren product wordt dan een simulatie op de computer met de bijhorende specificaties.

"Bepalen/berekenen aandrijftrein"
Een rekensheet ontwerpen t.b.v. de "aandrijftrein" van een manipulator of track.
Aan de hand van verwachte massa(traagheid), gewenste acceleratie en deceleratie, snelheid enz. zullen er een aantal waarden worden gegenereerd. Met deze waarden (benodigd vermogen, benodigd koppel, maximaal koppel enz. kan uit datasheets een bijpassende motor of gearbox geselecteerd worden.

Bij robotinstallaties waar een manipulator, horizontale –of verticale track gebruikt wordt, is het van belang dat er een juiste aandrijving gekozen wordt. Deze aandrijving wordt gerealiseerd rechtstreeks op de motoras , of met een vertraging d.m.v. een gearbox. Omdat niet zomaar elke motor en gearbox gebruikt kan worden voor elke toepassing, moet hierin een zorgvuldige keuze worden gemaakt. Hierbij moet rekening gehouden worden met de massa en massatraagheid van het product, de vereiste versnelling en snelheid, gearbox verhoudingen, vermogen en gewenst koppel van motoren, enz.

De opdracht van dit deelproject bestaat uit het uitzoeken van de mogelijkheden om al deze gegevens in één rekensheet te zetten. Hierdoor ontstaat het voordeel dat alle gegevens overzichtelijk bij elkaar worden gezet en welke belangrijk zijn, en welke minder belangrijk. Door het invoeren van een aantal vaste specificaties, worden er berekeningen uitgevoerd. Aan het eind van de streep rolt er een advies uit over verhoudingen, koppels, vermogens, enz. Aan de hand van dit advies kan er in datasheets een bijpassende motor of gearbox uitgezocht worden.

Na onderzocht te hebben welke gegevens er nodig zijn om een standaard rekensheet te maken, kan deze sheet gerealiseerd worden. Hierdoor kunnen de engineers van Rolan Robotics in de toekomst gemakkelijker keuzes maken van motoren/gearboxen t.b.v. manipulatoren en tracks.

3. Projectactiviteiten

Voor het slagen van deze deelprojecten moeten en verschillende activiteiten verricht worden, zoals specificaties uitzoeken, informatie verzamelen, contact opnemen met betrokken partijen, berekeningen uitvoeren, uitzoeken werking simulatieprogramma enz.

In de tabellen hieronder een overzicht van activiteiten die uitgevoerd gaan worden per deelproject zoals in het vorige hoofdstuk beschreven.

Specificeren Multi Axis Controller
Invertariseren wat voor gegevens Robosoft nodig heeft
Invertariseren wat voor gegevens TU Delft kan leveren
Communiceren TU Delft
Communiceren Robosoft
Evt. bezoek TU Delft
PvE opstellen a.d.h.v verzamelde gegevens
Nalopen van PvE bij levering Robosoft (acceptatietest)
Goed -of afkeuring geven
Evt. aanvullingen documenteren

Bereikbaarheidsstudie
Leren omgaan DELMIA
Info verzamelen tool, product, mal bij TU Delft
Communiceren met TU
Proefsimulatie maken
Uiteindelijke simulatie Robotinstallatie

Bepalen/berekenen aandrijftrein
Informatie verzamelen specificaties manipulator/track
Rekenschema's/formules uitzoeken voor de toepassing
Bepalen wat gevraagd en gegeven moet worden
Layout bepalen sheet
Formules invoeren sheet
Rekensheet controleren

4. Projectgrenzen

4.1 Randvoorwaarden

Om het afstuderen goed te laten verlopen zijn er een aantal voorwaarden gesteld die tijdens het afstuderen van kracht zijn door de afstudeerder, Hogeschool Utrecht en Rolan Robotics.

- De afstudeerder zorgt er voor dat de docentbegeleider op de hoogte wordt gehouden van de voortgang van het afstudeerproject. Dit d.v.m. mail en minimaal twee bedrijfsbezoeken.
- De bedrijfsbegeleider binnen Rolan Robotics dient te zorgen voor een goede inhoudelijke begeleiding van de afstudeeropdracht.
- De afstudeerder moeten beschikken over de benodigde middelen zoals een computer, werkplek.
- De afstudeerder zal zelf actie ondernemen om informatie te verkrijgen. Indien nodig zal het bedrijf hierin sturen of helpen.
- Trainingsmateriaal moet aanwezig zijn voor de programma's waar de afstudeerder mee aan de slag kan, zoals het 3D simulatiepakket DELMIA en evt. andere benodigde programma's.

4.2 Grenzen

Omdat dit project voor Rolan Robotics al een grote uitdaging is, kan het project snel groeien met vele nieuwe specificaties en technische details. De omschreven deelopdrachten die de student gaat aanpakken zijn voor dit project bestemd. Zo zal er bijvoorbeeld alleen een simulatie gemaakt gaan worden van deze robotinstalltie. Hetzelfde programma zal ook gebruikt kunnen worden voor andere projecten, maar dat in nu niet het geval.

5. Producten

Na het uitvoeren van allerlei activiteiten, zoals beschreven in hoofdstuk 3, ontstaan producten. Hieronder staat schemtisch weergegeven welke eindproducten uit de verschillende deelprojecten tot stand komen. Maar voordat er naar die producten wordt toegewerkt, zijn er een aantal mijlpalen gedefineerd. Hierdoor worden de vorderingen meetbaar.
Per deelproject zijn een aantal mijlpalen gedefineerd.

Mijlpalen die in het project naar voren komen:

"Speciferen Multi Axis Controller (MAC)"

- ✓ Het verkrijgen van de specificaties van de klant (ATO)
- ✓ Verkrijgen van technische gegevens (baanberekeningen, kinematica, enz) van TU Delft
- ✓ Pakket van Eisen opstellen en doorsturen naar Robosoft
- ✓ Acceptatietest uitvoeren

"Bepalen ideale opstelling"

- ✓ Oefenen met 3D simulatieprogramma DELMIA
- ✓ Specificaties tool, product en mal implementeren in DELMIA
- ✓ Simulatie testen

"Bepalen/berekenen aandrijftrein"

- ✓ Rekengegevens verzamelen voor “aandrijftrein”
- ✓ Rekensheet opstellen, testen sheet

Overzicht van op te leveren producten aan Rolan Robotics en de Hogeschool Utrecht.

Deelprojecten	Deliverables Rolan Robotics	Deliverables Hogeschool Utrecht
Specificeren Multi Axis Controller	Pakket van Eisen voor Robosoft	
	Acceptatietest na oplevering MAC	
Bereikbaarheidsstudie	Simulatiemodel in 3D simulatieprogramma DELMIA	
"bepalen ideale opstelling robotinstallatie"		
Bepalen/berekenen aandrijftrein	Rekensheet t.b.v. aandrijftrein manipulator of track	
Plan van aanpak schrijven	"Bevroren" PvA. "Contract" tussen HU, student en	"Bevroren" PvA. "Contract" tussen HU, student en
	Rolan Robotics m.b.t. op te leveren producten enz.	Rolan Robotics m.b.t. op te leveren producten enz.
Scriptie schrijven"Flexibel productie systeem"		Scriptie in 4-voud
Presentatie		Powerpoint presentatie + verdediging

6. Kwaliteit

De kwaliteit van de deelprojecten en tussenproducten wordt gecontroleerd door de engineers van Rolan Robotics en de bedrijfsbegeleider. Verder worden de documenten voor de Hogeschool Utrecht gecontroleerd door de docentbegeleider.
Hieronder een aantal punten zodat de afstudeerder een zo goed mogelijk afstudeertraject doorloopt.

Besprekingen:
Voor de vorderingen is het nuttig om wekelijks een bespreking te hebben met de bedrijfsbegeleider over het project. De student is verantwoordelijk voor de communicatie met de docentbegeleider van de Hogeschool Utrecht. Deze dient op de hoogte te blijven over de vorderingen en veranderingen. Als dit het geval is, dan moet dit tijdig gemeld worden aan de docentbegeleider. Ook is het de bedoeling dat de docentbegeleider minimaal twee maal langskomt bij Rolan Robotics om een gesprek te hebben met de student en de bedrijfsbegeleider.

Geleverde producten
De producten die geleverd worden n.a.v. het afstudeerproject wordt gecontroleerd door de uitvoerdende (in dit geval de student). Na deze controle worden de producten gecontroleerd door de bedrijfsbegeleider op juistheid, technische details en opmaak. Na deze controle leest de docentbegeleider de scriptie nogmaals door en controleert deze ook op kwaliteit, technische verdieping, verbreeding, opmaak, schrijfstijl enz. Ook kan er gekozen worden voor een extern persoon die de scriptie kan controleren op spelfouten, zinsopbouw, opmaak.

Machineveiligheid
Aan het eind van een project, als de gehele productiecel opgebouwd is, wordt er een veiligheidscontrole uitgevoerd. Na deze controle krijgt de installatie een NEN controle en een CE keurmerk m.b.t. machineveiligheid.
Het simulatiemodel zal ook voor een groot deel moeten voldoen aan de veilighiedsnormen, zoals juiste afscherming van de robotinstallatie, werkbereik, standaard afmetingen. Dit zal gecontroleerd worden door de bedrijfsbegeleider bij het opleveren van de eerste concepten van de simulatie.

Om de kwaliteit te waarborgen van de op te leveren producten door de student, zal er regelmatig feedback gegeven moeten worden. Dit kan door informatie in te winnen bij de collega engineers of de bedrijfsbegeleider. Bij onduidelijkheden, vraag om uitleg. Door in het begin duidelijk te maken wat wel, en wat niet, bij de opdracht hoort, kan er gericht te werk worden gegaan. Een regelmatige controle op de juiste –en technische inhoudelijkheid is gewenst. Hierdoor kan er snel ingespeeld worden op eventuele fouten en kunnen deze recht getrokken worden.

“Speciferen Multi Axis Controller (MAC)"
PvE te laten controleren door de verschillende betrokken partijen, zoals Rolan Robotics, TU en Robosoft.

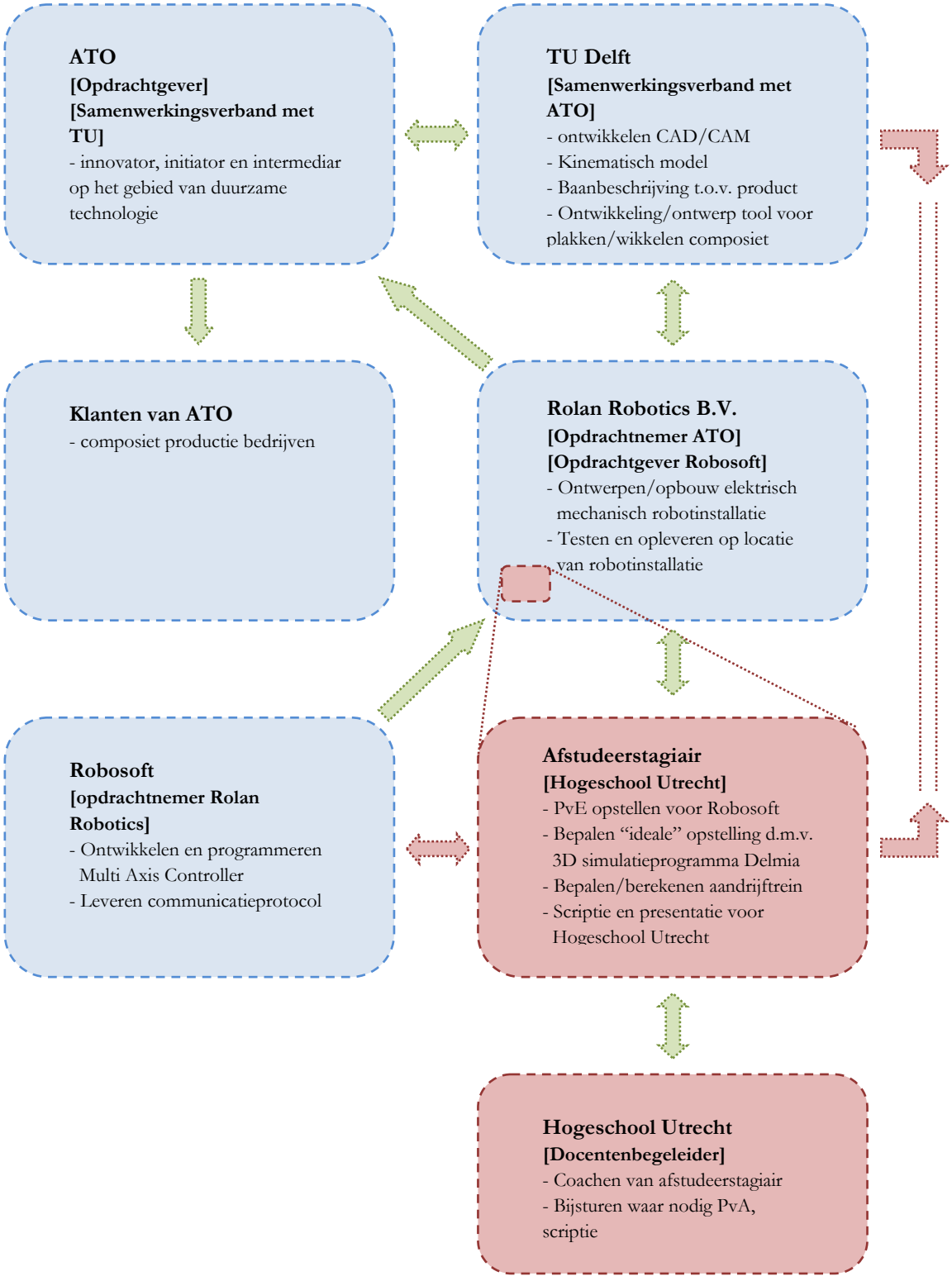
“Bepalen ideale opstelling"
De simulatie moet ontworpen worden en voldoen aan de CE normen. Denk hierbij aan de juiste afscherming, machineveiligheid, inloopbeveiliging. Dit is te controleren door informatie te vergaren over deze normen en te kijken hoe dit toepast wordt bij Rolan Robotics.

“Bepalen/berekenen aandrijftrein"
Door het verzamelen van de juiste gegevens over de wensen/eisen/specificaties van de motoren, gearboxen en de eisen aan de rekensheet en door nauwkeurig te werken en het overzicht te houden door de vele formules. Duidelijk maken welke specificaties wel, en welke specificaties niet nodig zijn voor het selecteren van een motor en gearbox.

7. Organisatie

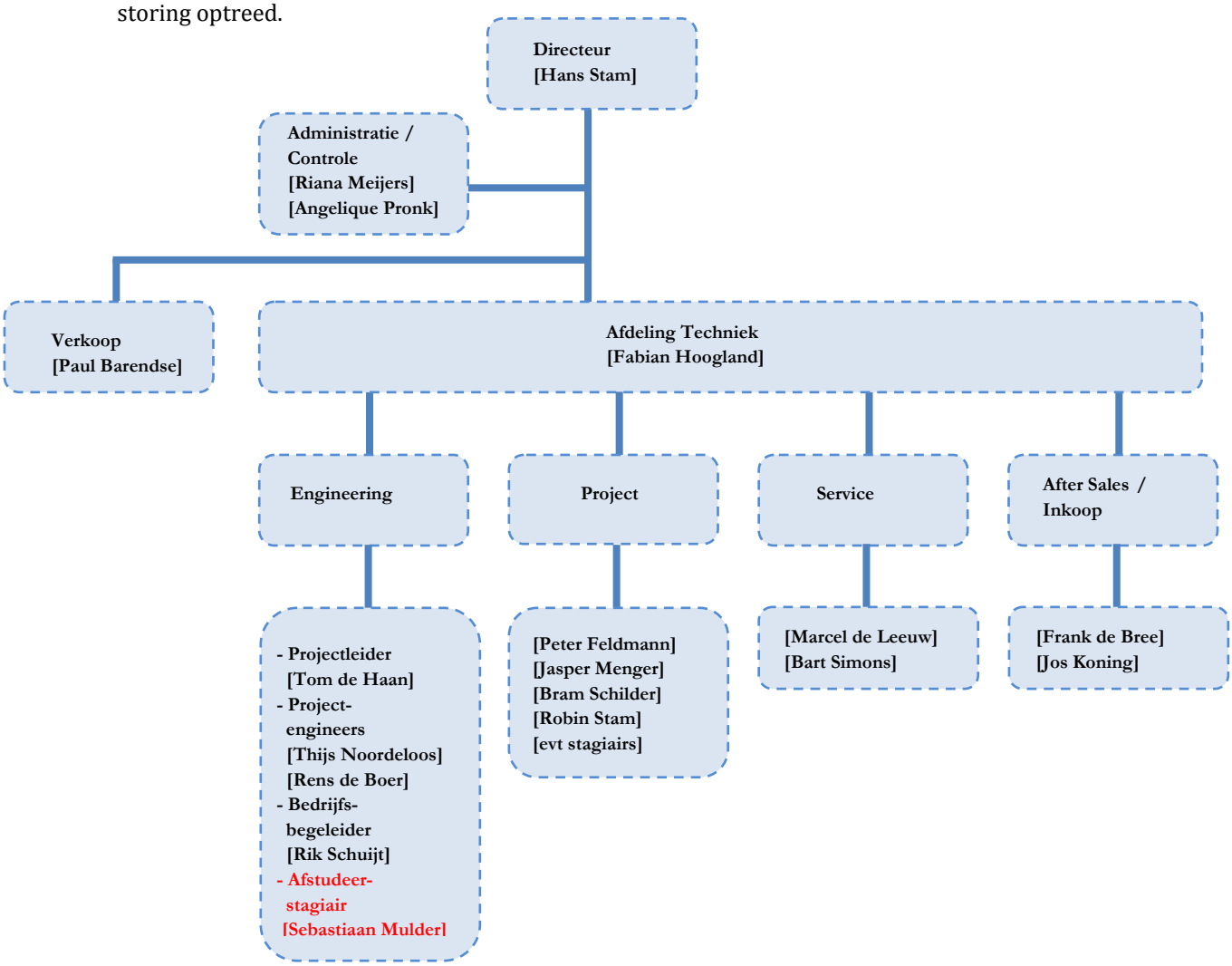
7.1 Projectorganisatie

Zoals beschreven in het begin van dit PvA is de *Opdrachtgever* van dit project ATO. In het onderstaande overzicht is te zien hoe de relaties liggen tussen de verschillende projectleden. Door middel van pijlen wordt aangegeven hoe de informatiestromen lopen, en wie aan welk bedrijf producten of diensten levert.



7.2 *Organisatie Rolan Robotics B.V.*

Het project wordt binnen Rolan Robotics, vertegenwoordigd door Hans Stam (d*irecteur*), geleid door Tom de Haan (*projectleider*). De projectleider valt onder de afdeling *Techniek* (onder leiding van Fabian Hoogland).
Naast de projectleider staan de *mechanische, -elektrische -en software engineers* (Rik Schuijt, Thijs Noorderloos, Rens de Boer, Sebastiaan Mulder(*student Industriële Automatisering Hogeschool Utrecht*)). De vaste ploeg van de *uitvoerende productie* staan op gelijke hoogte als de engineering afdeling en bestaat uit Peter, Jasper, Robin en Bram en valt ook onder de afdeling *Techniek.*
De *Service* afdeling staat nog buitenspel. Want deze zal pas in aanraking komen als het complete project is opgeleverd, naar tevredenheid draait en als er service ofonderhoud nodig is, of er een storing optreed.



Vergadermomenten: Één maal per week op maandag is er een werkoverleg gepland om alle projecten, werkzaamheden, voortgangen enz. te bespreken voor de aankomende week. Dit overleg is tussen projectleider, engineer, directeur, hoofd techniek en sales. De student zal na afloop van dit overleg de informatie verkrijgen die nodig is voor het desbetreffende project.
Verder zal eens per week (of eerder waar nodig) overleg plaatsvinden tussen de student en zijn bedrijfsbegeleider. Via de mail zal de docentbegeleider van de HU op de hoogte gehouden worden van de werkzaamheden en de voortgang van de afstuderende student.

7.3 Projectcommunicatie

De communicatie binnen Rolan Robotics gaat mondeling in de projectvergadering en op de werkvloer. Verder gaan alle documenten, tekeningen, specificaties binnen het bedrijf via het bedrijfsnetwerk. Hier heeft iedereen toegang toe en kan zelfstandig documenten bijzetten binnen een bepaalde projectmap. Voor het verzenden/ontvangen van digitale documenten (voor klanten en projectleden binnen Rolan Robotics) wordt de voorkeur gegeven aan de e-mail. Hierdoor zijn documenten gemakkelijk terug te vinden en wordt alles opgeslagen op de e-mail server.

Rolan Robotics B.V.

Adres:	De Corantijn 6, 1689 AP
Plaats:	Zwaag
Postadres:	Postbus 135, 1620 AC Hoorn
Telefoon:	0229-248484
Fax:	0229-272707
Algemene e-mail:	info@rolan-robotics.nl
Website:	www.rolan-robotics.nl
Projectleider:	Tom de Haan
Telefoon:	0229-280017
E-mail:	tom.dehaan@rolan-robotics.com

ATO B.V.

Adres:	Ijzergietersweg 1, 1786 RD
Plaats:	Den Helder
Postadres:	Postbus 420, 1780 AK Den Helder
Telefoon:	0223-670340
Fax:	0223-683125
Algemene e-mail:	info@ato.nl
Website:	www.ato.nl
Projectleider:	Piet Goverse
Telefoon:	
E-mail:	piet.goverse@ato.nl

Technische Universiteit Delft, Faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek

Adres:	Kluyverweg 1, 2629 HS
Plaats:	Delft
Postadres:	Postbus 5058, 2600 Delft
Telefoon:	015-2789804
Algemene e-mail:	info@tudelft.nl
Website:	www.dpcs.lr.tudelft.nl
Projectleider:	Maarten Bach
Telefoon:	015-2788245
E-mail:	m.j.bach@tudelft.nl

Robosoft

Adres:	Rozendaalstraat 6 B, 8900
Plaats:	Ieper (België)
Telefoon:	(+32) 57 21 94 57
Fax:	(+32) 57 21 93 56
Algemene e-mail:	robosoft@westhoek.be
Website:	www.robosoft.be
Projectleider:	
Telefoon:	
E-mail:	

Student

Naam:	Sebastiaan Mulder
Studentnummer:	1514198
Opleiding:	Industriële Automatisering te Hogeschool Utrecht
Adres:	Meentweg 58, 8224 BP
Plaats:	Lelystad
Telefoon:	06-16030699
E-mail:	sebastiaan.mulder@student.hu.nl

Hogeschool Utrecht

Adres:	Oudenoord 700, 3513 EX
Plaats:	Utrecht
Postadres:	Postbus 135, 3500 AD Utrecht
Telefoon:	030-2308202
Fax:	030-2319270
Website:	www.hu.nl
Afstudeerbegeleider:	Jos Schouten
Telefoon:	030-2388581
E-mail:	jos.schouten@hu.nl

8. Planning

8.1 Faseplanning

In de *bijlage I, "Faseplanning"* staat de planning voor het project ATO composiet aangegeven. Deze planning geeft weer wanneer de eerste stappen van het project zijn gezet, wanneer welke fase afloopt en de volgende begint, en wanneer de afronding van het project gepland staat. Deze planning geld voor Rolan Robotics voor het gehele ATO composiet project.

In deze planning staat ook aangegeven in welke fase de afstudeerperiode valt. Binnen deze periode moeten de omschreven deelprojecten uitgevoerd worden, deze staan ook aangegeven in de faseplanning.

8.2 Weekplanning

Per week is het belangrijk om te weten welke activiteiten moeten plaatsvinden en welke activiteiten afgerond dienen te zijn. Deze planning zal wekelijks besproken worden met de bedrijfsbegeleider binnen Rolan Robotics.

	Weeknummer	
	37	PvA bespreken Rik, aanpassen PvA
	38	PvA bespreken Rik & Jos Schouten.
Oktober	39	Opstellen laatste versie PvA, daarna PvA bevriezen
	40	Bezoek aan HU, bespreken met Jos Schouten PvA
	41	Definitief PvA maken, info verzamelen "bepalen/berekenen aandrijftrein"
	42	Begin wk42 PvA + afspraak Jos Schouten, starten rekensheet aandrijftrein, TU, ATO contacten
	43	Aandrijftrein rekensheet,
November	44	Rekensheet aandrijftrein klaar, starten met DELMIA, contacten ATO, TU
	45	Delmia
	46	Delmia simulatie klaar robotinstallatie (bereikbaarheidsstudie)
	47	Pakket van Eisen maken voor Robosoft. 24 nov. 1e concept scriptie
December	48	Scriptie
	49	Scriptie. 10 dec. 2e concept scriptie incl. voorwoord, dankwoord, conclussie, inleiding enz
	50	Scriptie, MAC, acceptatietest PvE indien mogelijk
	51	Scriptie afronden! Week van kerst. Acceptatietest PvE
	52	Scriptie afronden!
Januari	1-jan	Nieuwjaarsdag
	2-jan	SCRIPTIE
	3-jan	SCRIPTIE
	4-jan	SCRIPTIE INLEVEREN @ HU (Nijenoord 1) !!
	t/m 17 jan	Presentatie ontwerpen, voorbereiden, uitvoeren bij Rolan Robotics
	3	Presenteren + verdedigen @ HU (Oudenoord 700)

9. Kosten en baten

Kosten

De kosten van dit project zijn:

- De uren die de student maakt binnen Rolan Robotics.
- Reiskosten die gemaakt worden door de student (woon/werk verkeer, bezoeken bedrijven die binnen project vallen)

Baten

De baten van dit project zijn:

"Specifieren Multi Axis Controller (MAC)"

- Van te voren een duidelijk beeld te verkrijen van wat er wordt verwacht van de MAC en deze op functionaliteit te kunnen toetsen bij oplevering.

"Bepalen ideale opstelling"

- Een duidelijk beeld verkrijgen hoe de uiteindelijke layout van de robotinstalltie eruit komt te zien, zodat er zo effiecient mogelijke geproduceerd kan worden.

"Bepalen/berekenen aandrijftrein"

- Minder tijd hoeven te steken in het berekenen/bepalen van specificaties voor aandrijving manipulatoren of tracks.

10. Risico's

Bij het uitvoeren van een project zijn er altijd risico's aanwezig die het succes van het project kunnen bedreigen. In de eerste paragraaf hieronder wordt eerst kort een aantal externe risico's besproken waardoor het project in gevaar zou kunen komen. In de tweede paragraaf staat een complete risicoanalyse met risicofactoren waar aan het eind een risicopercentage uitrolt.

10.1 Inleiding risico's

Er zijn een aantal risico's die het afstuderen kunnen belemmeren:

- Het te zwaar zijn van de opdracht.
- Miscommunicatie tussen de Hogeschool Utrecht, Rolan Robotics en de student.
- Het moeizaam opdoen van kennis.
- Te veel tijdsverlies door onduidelijke specificaties van andere bedrijven binnen het project.

Meest van de boven genoemde risico's worden veroorzaakt door externe factoren. Dit zijn dus oorzaken waar de afstudeerder niets aan kan doen, maar waar wel rekening mee gehouden moet worden. De afstudeerder kan de meeste risico's vermijden door tijdig met de verschillende werkzaamheden te beginnen zodat er eventueel tijd is voor uitloop. De vertraging kan worden opgevangen door wat meer uren te draaien, bijv. extra uren op een werkdag of een dag in het weekend aan de opdracht besteden. Mocht er echter een te grote vertraging zijn opgelopen en het echt niet meer te redden is om in januari de scriptie in te leveren kan er nog voor gekozen worden om de scriptie in maart in te leveren, maar dit is een noodoplossing.

10.2 *Risicoanalyse*

Via een standaard risicoanalyse, uitgevoerd in een tabel via de website van Grit-Projectmanagement, kan er d.m.v. een 30 tal stellingen een risicoanalyse worden gegenereerd. Aan de stellingen worden een waarde, factor en zwaarte gehangen. Uit deze drie factoren wordt een totaalrisico uitgerekend en aan het eind van de streep wordt er een risicopercentage gegenereerd. Ook kan er per categorie de score worden afgelezen, zodat eventuele verbeterpunten zichtbaar zijn.

Per categorie worden de gemaakte keuzes kort toegelicht en aan het eind van deze analyse volgt een conclussie.

Bij een risicopercentage > 50% dient het project niet in deze vorm te worden uitgevoerd.

Categorie	Risico	Waarde *	Factor **	Zwaarte **	Risicotot.
Tijdsfactor		↓maak keuze↓			
1	Geschatte looptijd van het project	0 - 3 maanden	0	4	0
2	Kent het project een definitieve deadline?	Ja	2	4	8
3	Is de tijd voldoende om het project te realiseren?	Voldoende	1	4	4

1. De afstudeerperiode na definitief PvA tot begin januari 2011.
2. Inleveren scriptie 04-01-2011.
3. Meerdere maanden (afstudeerperiode).

Complexiteit van het project		↓maak keuze↓			
4	Aantal functionele deelgebieden dat betrokken is	3+	3	4	12
5	Aantal functionele deelgebieden dat gebruik gaat maken van de resultaten	1	0	2	0
6	Gaat het om een aanpassing of een nieuw project?	Geheel nieuw	3	5	15
7	In hoeverre zullen bestaande verantwoordelijkheden moeten wijzigen?	Minimaal	1	5	5
8	Zijn er andere projecten afhankelijk van dit project?	Ja, er is tijd genoeg	1	5	5
9	Wat zal de houding zijn van de gebruikers?	Geïnteresseerd	1	5	5
10	Zijn er deelprojecten, is de voortgang afhankelijk van de coordinatie hiertussen?	Nee	1	3	3

4. Meerdere bedrijven betrokken bij project. Contact opnemen met meerdere bedrijven voor informatie en specificaties, namelijk: Robosoft, TU Delft, ATO, Rolan Robotics.
5. Rolan Robotics gaat gebruik maken van de opgeleverde producten.
6. Nieuw project voor Rolan Robotics (nieuwe technieken zoals Multi Axis Controller). Voor de student zijn deze producten ook nieuw.
7. De student is uiteindelijk zelf verantwoordelijk voor de afronding van het project en verslagen.
8. Het project van Rolan Robotics gaat uiteindelijk de opgeleverde producten gebruiken.
9. Rolan Robotics is eindgebruiker van product. Zijn geinteresseerd in uiteindelijk product.
10. Project en deelprojecten worden alleen uitgevoerd door de student.

De projectgroep		↓maak keuze↓			
11	Welke medewerkers werken aan het project mee?	Beperkt intern	1	4	4
12	Wat is het geografische spreiding van de projecten?	1-3	1	2	2
13	Aantal projectleden dat op piektijden > 80% betrokken is	1-5	0	5	0
14	Verhouding materiedeskundigen tov projectdeskundigen	Goed	0	5	0
15	Nemen gebruikers deel aan de projectgroep?	In redelijke mate	1	3	3

11. Intern: de student, projectengineers bij Rolan Robotics. Extern: Contactpersonen TU Delft, Robosoft en ATO. Dus meerdere personen van verschillende bedrijven.
12. Meerdere bedrijven, dus meerdere plaatsen. Rolan Robotics (Zwaag), ATO (Den Helder) TU (Delft), Robosoft (Ieper België).
13. Rolan Robotics medewerkers voor hulp gedurende project en piektijden (eind project)
14. Goede relatie met medewerkers Rolan Robotics.
15. Product wordt geleverd aan Rolan Robotics, dus indirect is engineering afdeling ook betrokken bij het project van de afstudeerder.

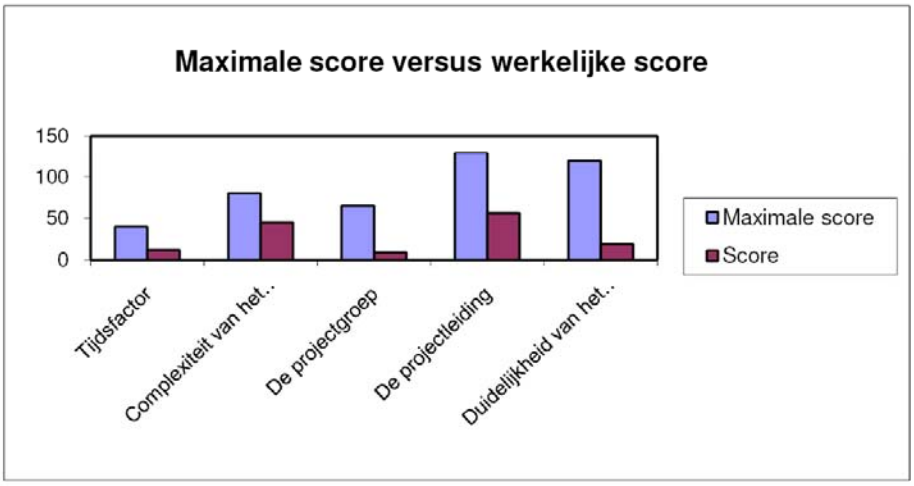
De projectleiding		↓maak keuze↓			
16	Is de projectleiding materiedeskundig?	Beperkt deskundig	4	3	12
17	Hoe deskundig is de projectleiding mbt de projectplanning?	Beperkt deskundig	4	3	12
18	Hoeveel ervaring heeft de projectleider met projecten als deze?	Weinig ervaring	3	3	9
19	Hoe deskundig zijn de adviseurs op het te onderzoeken gebied?	Zeer deskundig	0	5	0
20	Hoe deskundig zijn de materiedeskundigen op het te onderzoeken gebied?	Redelijk deskundig	1	5	5
21	Hoe betrokken zijn de verantwoordelijke lijnmanagers bij het project?	Redelijk betrokken	2	5	10
22	Is de kans groot dat de samenstelling van de projectgroep wijzigt tijdens het project?	Kleine kans	0	5	0
23	Worden door de projectgroep standaardmethoden gebruikt?	Ja, een aantal	2	4	8

16. Student is zelf projectleider, dus kennis van zaken betreffende het project nog niet veel aanwezig. Kennis opdoen d.m.v. informatie vergaren, medewerkers Rolan Robotics en andere betrokken bedrijven.
17. Student is zelf projectleider. Zelfde commentaar als punt 16.
18. De student heeft ervaring met projectleiding op de Hogeschool. Dit project is groter en ingewikkelder qua techniek, uitvoering.
19. Medewerkers Rolan Robotics treden op als adviseurs, zijn vakbekwaam.
20. Zelfde commentaar als punt 19.
21. Medewerkers afdeling Engineering zeer betrokken bij afstudeeropdracht, veel feedback. Lijnmagagers hebben minder te maken met afstudeerder in directe zin.
22. Student blijft alleen in projectgroep, eigen projectleider.
23. Ontwerpprogrammas, simulatieprogrammas, NEN en CE normen zijn allemaal standaard binnen bedrijf Rolan Robotics.

Duidelijkheid van het project		↓maak keuze↓			
24	Zijn probleem en doelstelling voldoende bekend bij alle projectleden?	De meeste wel	1	5	5
25	Is het onderzoeksgebied nauwkeurig vastgelegd?	Ja	0	5	0
26	Is er voldoende afbakening met andere projecten?	Voldoende	0	4	0
27	Is er voldoende tijd gepland voor afstemming en besluitvorming?	Voldoende	0	4	0
28	Zijn de randvoorwaarden duidelijk?	De meeste wel	1	4	4
29	Werken de randvoorwaarden beperkend genoeg?	Redelijk	2	5	10
			Totaal		**141**
			Risicopercentage ***		**32,56%**

24. Zelf opgesteld door student.
25. Doel voor opleveren eindproducten vastgesteld en bekend. Hiervan wordt namelijk scriptie gemaakt aan eind van de rit.
26. Dit project wordt alleen gedaan door student, geen andere projecten bij betrokken waar deze resultaten van afhankelijk zijn.
27. PvA regelmatig besproken en verbeterd met Hogeschool Utrecht en bedrijfsbegeleider.
28. Bekend welke resultaten er opgeleverd moeten worden aan eind van afstudeerperiode.
29. Binnen project is duidelijk wat wel en niet gedaan hoeft te worden.

Categorie (met maximale score versus werkelijke score)				
Tijdsfactor	Maximaal	40	Score	12
Complexiteit van het project	Maximaal	80	Score	45
De projectgroep	Maximaal	65	Score	9
De projectleiding	Maximaal	129	Score	56
Duidelijkheid van het project	Maximaal	119	Score	19



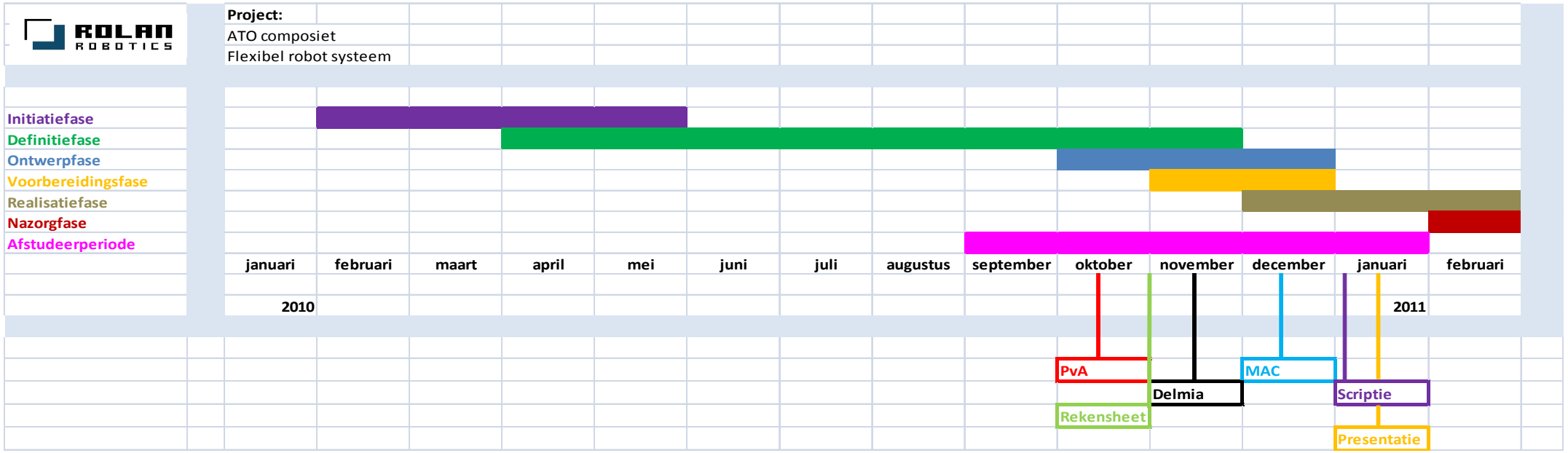
Conclusie

De hoge score bij de categorie "projectleiding" heeft te maken met het feit dat de student zelf projectleider is van het afstudeerproject. Door regelmatig met de engineers, docentbegeleider van de Hogeschool Utrecht, maar vooral met de bedrijfsbegeleider te praten, kunnen problemen of vastlopers tijdig ontdekt worden. Hier kan dan snel op ingespeeld worden. De complexiteit ligt ook aan de hoge kant, omdat de toegepaste technieken redelijk nieuw zijn voor Rolan Robotics, alsmede voor de student. Hier kan op ingespeeld worden door op tijd in actie te komen en de hulp in te schakelen van de medewerkers binnen Rolan Robotics. Belangrijk is ook om elke week goed de planning door te lopen met de geplande activiteiten en waar nodig bij te sturen.

Bijlagen

Bijlage	*Onderwerp*	*Blz.*
Bijlage I	Faseplanning	21 (I)
Bijlage II	Links	22 (II)

Bijlage I Faseplanning



Deliverables	
Definitief PvA	18-10-2010
Rekensheet	1-11-2010
Delmia	15-11-2010
MAC	13-12-2010
Scriptie inleveren @ HU	4-1-2011
Presentatie @ HU	17-1-2011

Bijlage II Links

www.rolan-robotics.nl
www.robotics-benelux.info
www.google.nl
www.wikipedia.com
www.ato.nl
www.dpcs.lr.tudelft.nl
www.grit-projectmanagement.wolters.nl
www.hu.nl
www.sharepoint.hu.nl/cursussen/fnt/Stage-en-Afstuderen_IED/default.aspx
www.3ds.com/products/delmia/welcome/

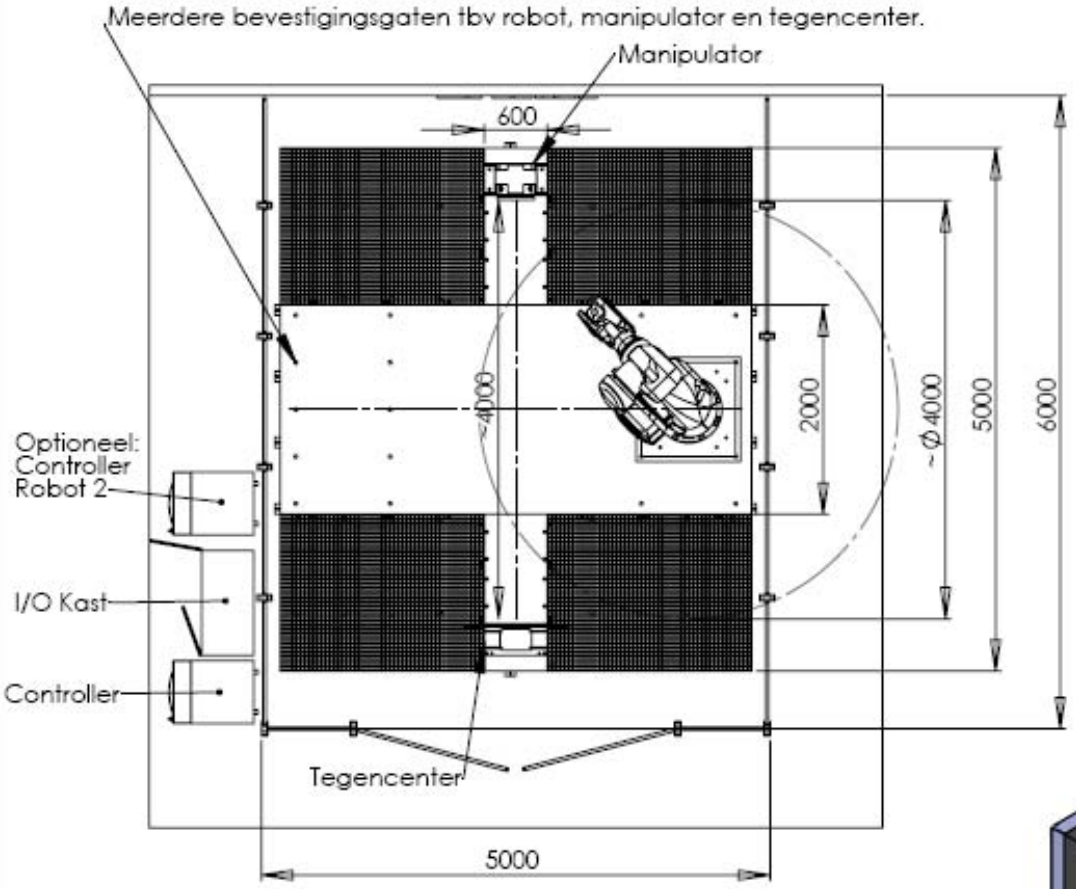
RR	Rolan Robotics
TUD	Technische Universiteit Delft
MAC	Multi Axic Controller
PtP	Point to Point
PLC	Point, Lineair, Circulair punten
CAD/CAM	Computer-aided design/Computer-aided manufacturing koppeling
PvA	Plan van Aanpak
PvE	Pakket van Eisen
ISO	Europese instantie die normen standaardiseert
CAN	Controller Area Network (bus system)
DELMIA	Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Application (3D robot simulatie programma)

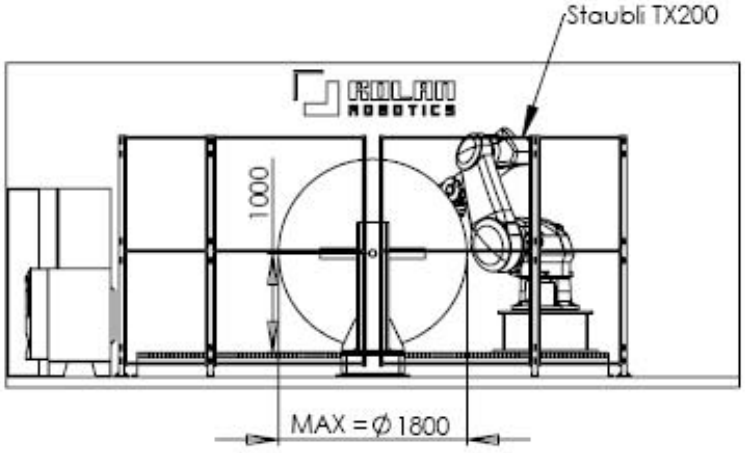
Internet

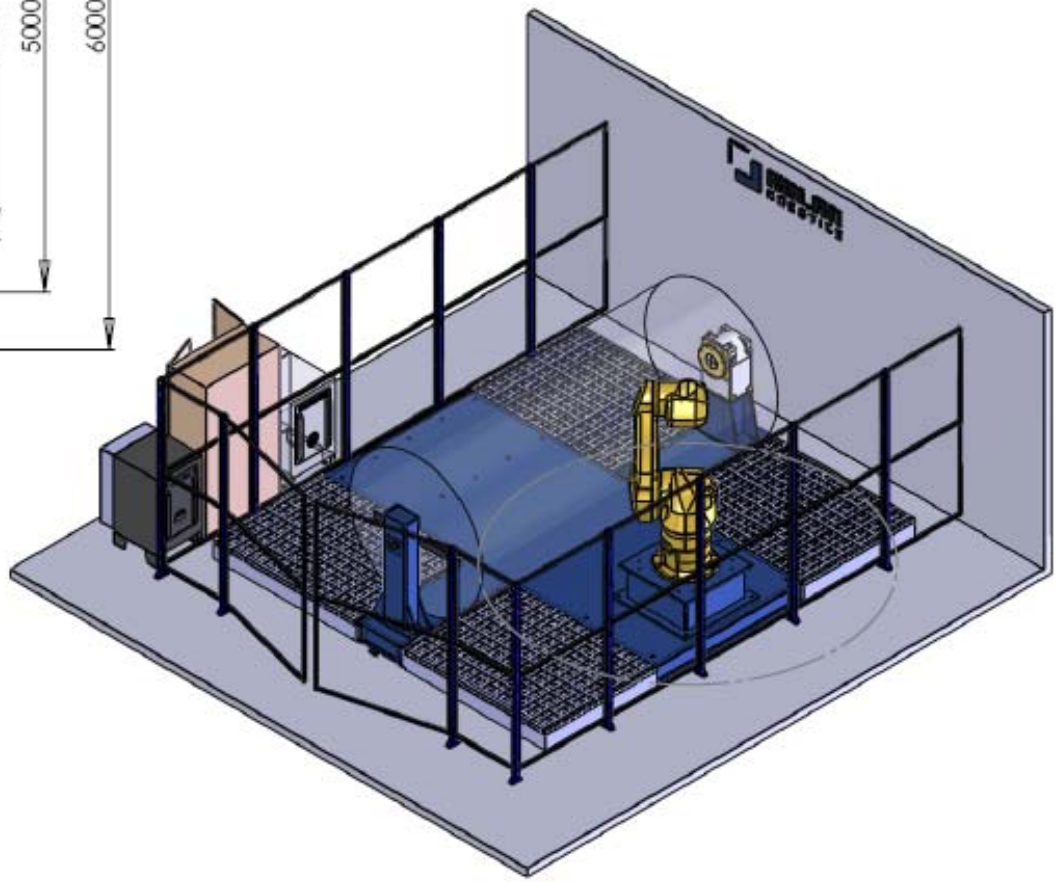
www.rolan-robotics.nl
www.robotics-benelux.info
www.dpcs.lr.tudelft.nl
www.ato.nl
www.3ds.com/products/delmia/welcome/
www.wikipedia.com
www.google.com
www.robosoft.be

Literatuur

Titel	*Auteur*	*ISBN*
Vigodrive RV Series (high precision gear redactors) (Datasheets)	Nabtesco	n.v.t.
Manual for AX21 External Axis Devices	OTC Daihen Corp.	n.v.t.
Cursusmap DELMIA	DELMIA	n.v.t.
Tijdschrift Aandrijftechniek, april 2010 (artikel “complete multi-as besturing”)	AT aandrijftechniek	n.v.t.







all rights strictly reproduction or issue to third parties in any form whatever is not permitted without written authority from the proprietor

Getekend: Sebastiaan	Datum: 28-10-2010	Schaal: 1:50	Naam/ omschrijving: Ato Concept - Layout_1.2		
Rolan Robotics De Corantijn 6 1689 AP Zwaag Tel. 0229-248484 Fax. 0229-272707 www.rolan-robotics.com	ROLAN ROBOTICS	Formaat: A3	AM projectie	Nummer:	Wijz.: 00 / Blad: 1/1

ROBOTICS

STÄUBLI

RX200 series industrial robots

New



Food

Automotive and equipment manufacturers

Life Sciences and pharma

Plastics

Cleanroom

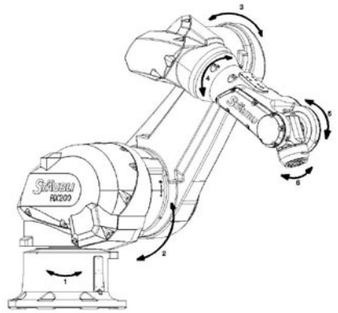
Machine tending

Photovoltaics

RS	TX	RX	RX
Scara / 4 axis	Low payload / 6 axis	Medium payload / 6 axis	Heavy payload / 6 axis

MODEL		RX200	RX200L
Characteristics			
Maximum load [1]		130 kg	80 kg
Nominal load		100 kg	60 kg
Reach (between axis 1 and 6)		2194 mm	2594 mm
Number of degrees of freedom		6	6
Repeatability - ISO 9283		± 0,06 mm	± 0,1 mm
Motion range	**Axis 1 (A)**	± 180°	± 180°
	Axis 2 (B)	± 120°	± 120°
	Axis 3 (C)	+145°/-140°	+145°/-140°
	Axis 4 (D)	± 270°	± 270°
	Axis 5 (E)	±120°	±120°
	Axis 6 (F)	± 270° [2]	± 270° [2]
Work envelope	**Maximum reach between axis 1 and 5 (R. M)**	2000 mm	2400 mm
	Maximum reach between axis 2 and 5 (R. M)	1750 mm	2150 mm
	Minimum reach between axis 1 and 5 (R. m1)	365 mm	528 mm
	Minimum reach between axis 2 and 5 (R. m2)	545 mm	690 mm
	Minimum reach between axis 3 and 5 (R. b)	800 mm	1200 mm
Maximum speed	**Axis 1**	150°/s	150°/s
	Axis 2	150°/s	150°/s
	Axis 3	150°/s	150°/s
	Axis 4	260°/s	260°/s
	Axis 5	260°/s	260°/s
	Axis 6	400°/s	400°/s
Maximum speed at load gravity center		12.5 m/s	14.5 m/s
Maximum inertias	**Axis 5**	30 kg.m²	20 kg.m²
	Axis 6	20 kg.m²	15 kg.m²
Weight		1000 kg	1020 kg
Brakes		All axis	
Forearm connections	**Pneumatic**	2 solenoid valves in option 5/2-way monostable (compressed air) 3 direct line between the base and the forearm	
	Electrical	1 female 19-contact socket (7 twisted pairs including 2 shielded, 3 power contacts)	
Cleanroom standard - ISO 14644-1		5	
Protection class (*wrist) according to standard NF EN 60529		IP65 (*67)	
Stäubli CS8 series controller		CS8C HP	
Installation environment			
Working temperature according to standard directive NF EN 60 204-1		+ 5°C to + 40°C	
Humidity according to standard directive NF EN 60 204-1		30% à 95% max. non-condensing	
Attachment methods		Floor/Shelf/Ceiling [6]	
Vertical cable outlet version [3]		•	•
Pressurized version [4]		•	•
Version HE (Humid Environnement) [5]		• [6]	• [6]
Market specific versions			
CR Cleanroom - class 4 cleanliness - ISO 14644-1		• [6]	• [6]

Motion range



CS8C HP controller



(1) Under special conditions, consult us.

(2) Software configurable up to ±18000°.

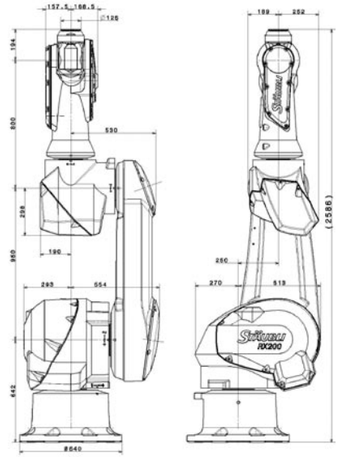
(3) Vertical outlet version: designed to offer additional connection protection at robot base or for use in clean and/or humid environment. Factory installation only.

(4) Pressurization kit : necessary for use in an environment with high dust levels or with substantial liquid splashing. This kit generates positive pressure in the arm. Factory installation only and required with Pressurization kit.

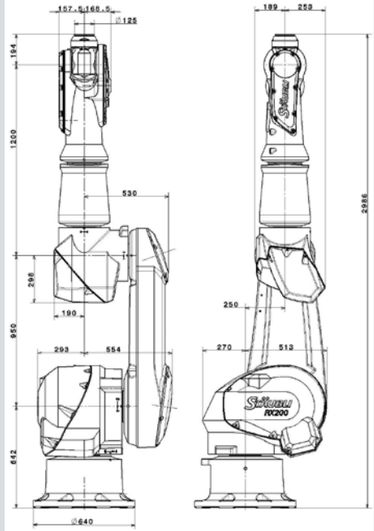
(5) Version HE (Humid Environment) : designed for use in humid and oxidizing environments. The arm components are painted individually, providing additional arm protection against oxidation and corrosion. Factory installation only and required with Pressurization kit.

(6) Contact our sales team.

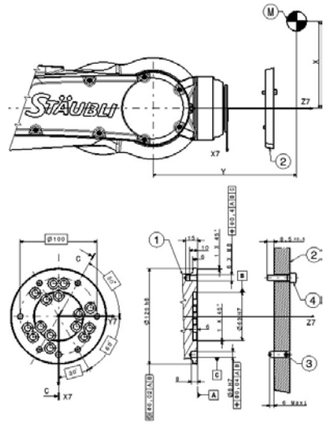
RX200 dimensions



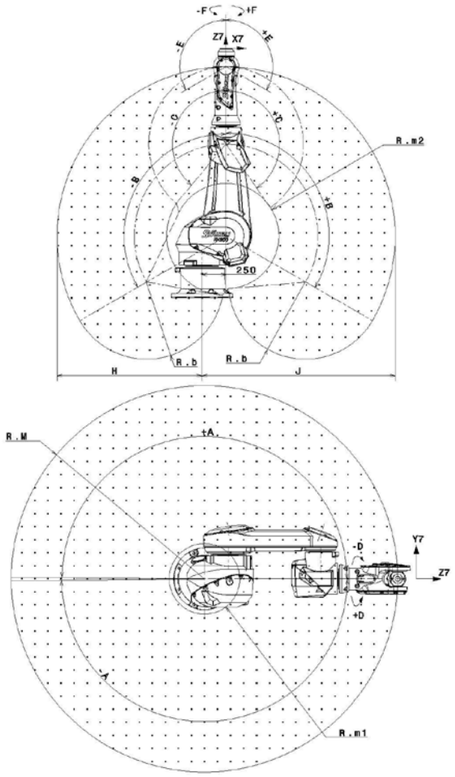
RX200L dimensions



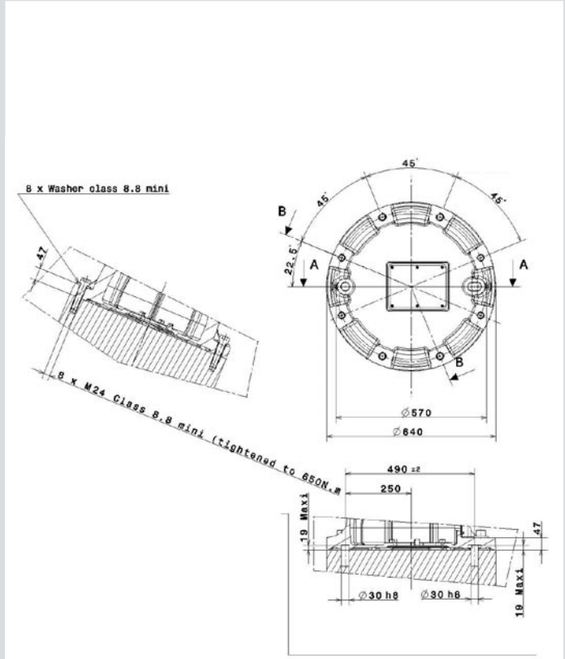
Wrist



Work envelope



Mounting (not for vertical cable outlet option)





Product benefits

The RX200 robot series feature unique benefits to fit in all environments providing the best possible process quality and increased productivity.



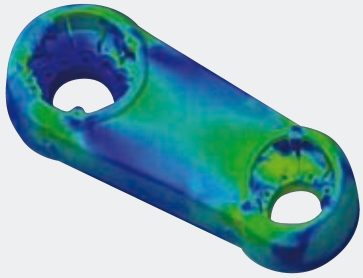
WRIST
IP67 rating, high robustness, limited build-up on wrist.



VERTICAL CABLE OUTLET VERSION
Better cable protections, use in in clean and/or humid environment.



FOREARM CONNECTIONS
Electrical and pneumatic connections close to the tool, user lines already installed



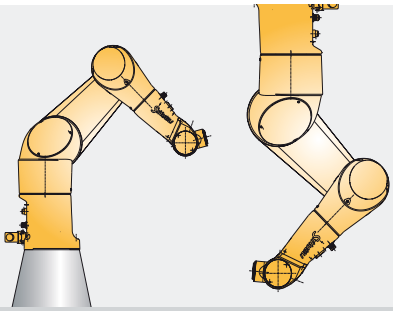
RIGID STRUCTURE
Better dynamic performance.



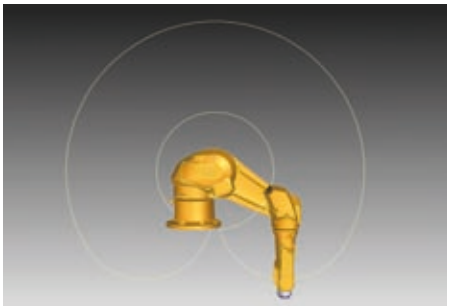
ENCLOSED STRUCTURE
Easy to clean and use in clean or hostile environments.



ENVIRONMENT
The robot is available in different versions : Cleanroom, Humid Environment (HE), Food and Life Science applications.



MULTIPLE ATTACHMENT METHODS
Adaptability and flexibility (floor, ceiling).



LARGE WORK ENVELOPE
The short robot base enables it to work, shelf mounted on an injection molding machine for example.



LIMITED RETENTION AREAS
Hygienic design with limited retention areas. Easy to clean for Food of Life Science applications.

D181.573.04
Staubli is a trademark of Stäubli International AG, registered in Switzerland and other countries - June 2008 - 1 GB
Photos : Semaphore / P. Duvillard - © Kallistene conseil 04 50 69 01 97

www.staubli.com/robotics

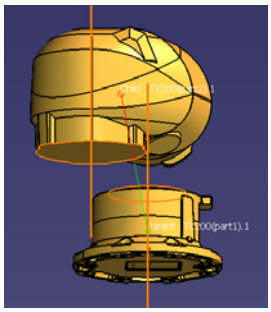
Stäubli Faverges SCA Headquarters
FR-74210 FAVERGES (Annecy)
Tel.: +33 4 50 65 62 87
Fax: +33 4 50 65 61 30
robot.sales@staubli.com

Stäubli Tec-Systems GmbH
DE-95448 BAYREUTH
Tel.: +49 921 883 0
Fax: +49 921 883 244
robot.de@staubli.com

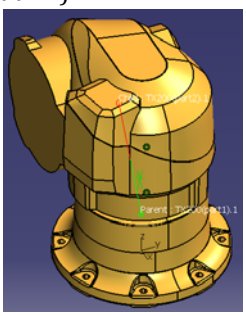
STÄUBLI

OPBOUWEN ROBOT

1. Solid Works opstarten
2. Robot invoegen.
3. Verschillende parts van robot opslaan als .STEP file
4. DELMIA opstarten
5. Start, “resource detailing”, “device building”
6. .STEP files laden en opslaan als PART
7. PART 1 invoegen (Insert, “existing component”)
8. PART 2 invoegen (Insert, “existing component”)
9. D.m.v. kompas recht boven elkaar positioneren
10. Attatch d.m.v. “Parent child selection” 
11. Knop “revolute joint”
    a. Klik “new mechanism”
    b. Selecteer centerline PART2 (Figuur 2)
    c. Selecteer centerline PART1 (Figuur 2)

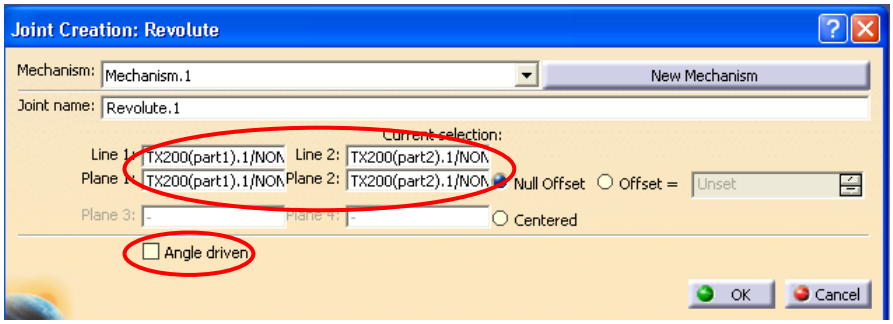


Figuur 2



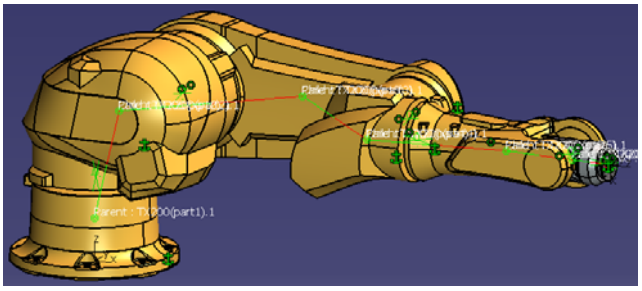
Figuur 1

    d. Selecteer plane PART1 (Figuur 2)
    e. Selecteer plane PART2 (Figuur 2)
    f. Vink vakje “angle driven” aan. (Figuur 3)
    g. Klik “ok”



Figuur 3

12. Herhaal stap 7 t/m 11 om de overige PART’s te plaatsen. (Figuur 4)
13. Na alle parts aan elkaar te hebben gezet, moet elk onderdeel gefixed worden. 

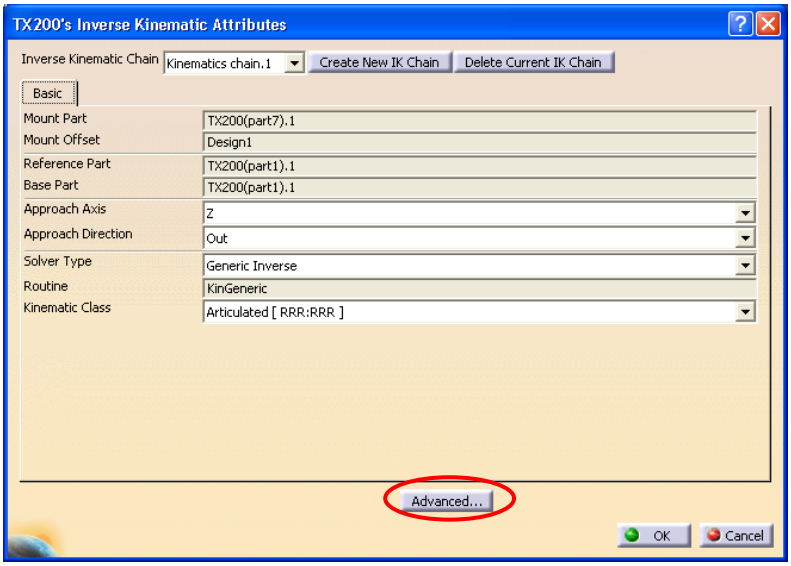


Figuur 4

De robot is nu in onderdelen in elkaar gezet tot één geheel dat over de assen kan draaien. In de volgende stappen worden a.d.h.v. de technische specificaties de volgende zaken ingesteld:

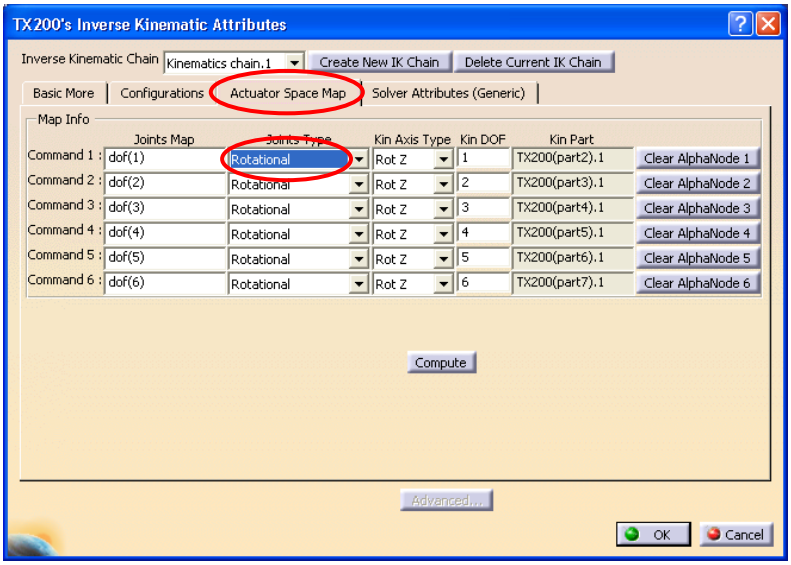
- Maximum snelheid
- Werkbereik assen (lengte)
- Maximum hoekverdraaiing

14. Klik “inverse kinematica” 
15. Onderstaand venster verschijnt. (Figuur 5) Klik “advanced”.



Figuur 5

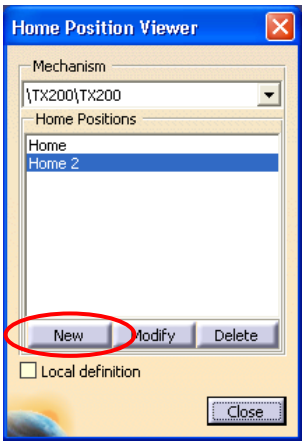
16. Onder het tabblad “actuator space map” moeten de “joint type” worden geselecteerd. (Figuur 6) Omdat alle assen om elkaar roteren, wordt deze optie op “rotation” gezet.



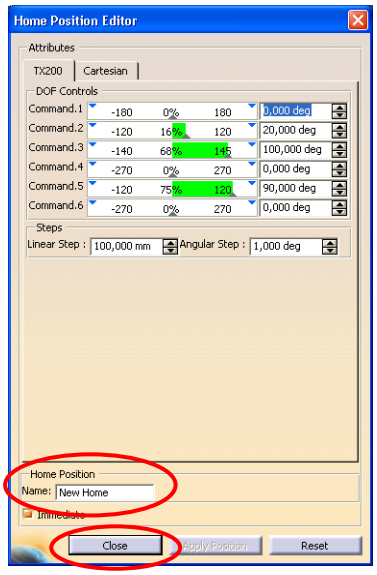
Figuur 6

INSTELLEN HOME POSITIE

17. Voor het instellen van de “home positie”, klik 
18. Door op “new” (figuur 7)te klikken, kan d.m.v. de “home position editor” (Figuur 8) een nieuwe positie worden bepaald. Dit kan door de hoeken van de robotassen te bepalen



Figuur 8

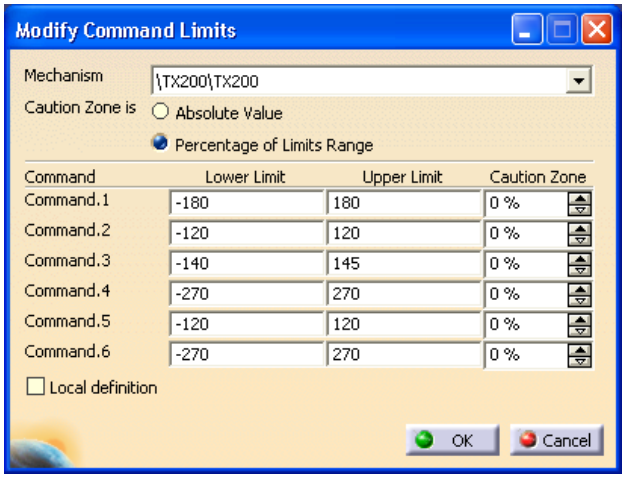


Figuur 7

19. Na het inivoeren van de hoeken en een naam voor de home positie, druk op “close”.
20. Huidige home posities kunnen aangepast of verwijderd worden in de “home position viewer” (Figuur 7)

MAXIMALE BEWEGINGSLIMIETEN

21. Om de maximale bewegingslimieten van de assen in te voeren, klik  “travel limits”
22. In figuur 10 staan de maximum en minimum hoekstanden van de assen. Deze zijn terug te vinden in de technische specificaties van de robot (Stäubli TX200) (Figuur 9)



Figuur 10

Motion range	Axis 1 (A)	± 180°
	Axis 2 (B)	± 120°
	Axis 3 (C)	+145°/-140°
	Axis 4 (D)	± 270°
	Axis 5 (E)	±120°
	Axis 6 (F)	± 270° (2)

Figuur 9

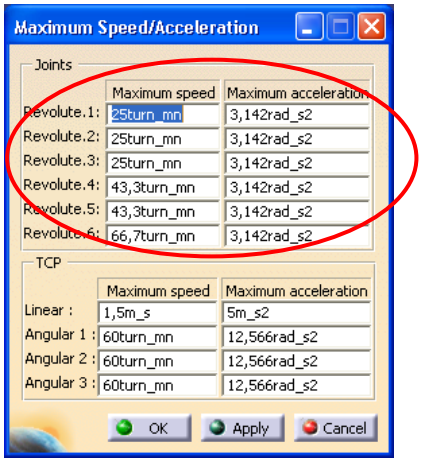
± 180° = van -180°naar 180°

MAXIMALE SNELHEDEN

23. Voor het instellen van de maximale snelheid.  “joint/TCP speed and acceleration limits”
24. In figuur 11 staan alle snelheden in “turn_mn”voor de Joints. In de specificaties staan deze gegevens als °/s. Deze waarden moeten eerst omgerekend worden d.m.v. de volgende rekenstap:

AXIS 1
150°/s = 25 turn_mn
360° / 150°/s = 2,4 sec voor 1 turn. 60 sec / 2,4 sec = 25 turn_min

AXIS 5
260°/s = 43,3 turn_mn
360°/ 260°/s = 1,385 sec voor 1 turn 60 sec / 1,385 = 43,3 turn_mn



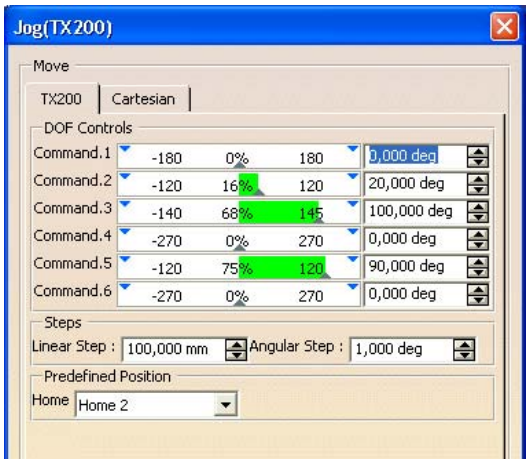
Figuur 11

Maximum speed	Axis 1	150°/s
	Axis 2	150°/s
	Axis 3	150°/s
	Axis 4	260°/s
	Axis 5	260°/s
	Axis 6	400°/s

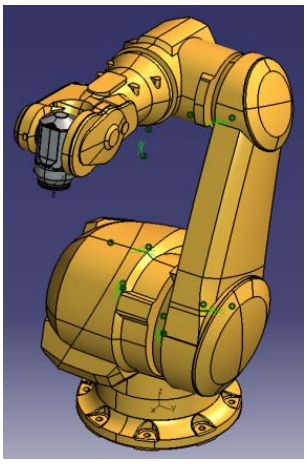
Figuur 12

TESTEN VAN DE BEWEGING

25. Testen van de beweging door de knop  “jog mechanism”
26. Figuur 14 toont hoekstanden van figuur 13, “Home position 2”

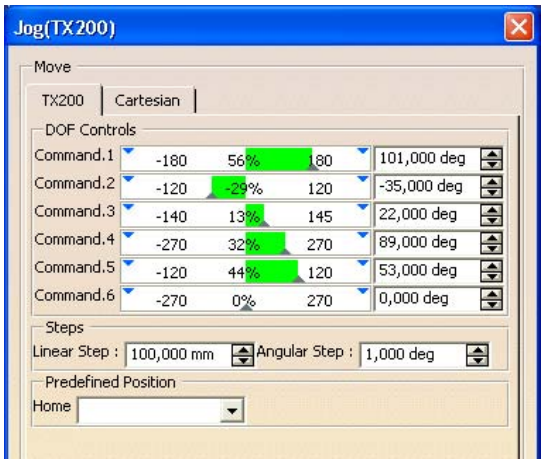


Figuur 14

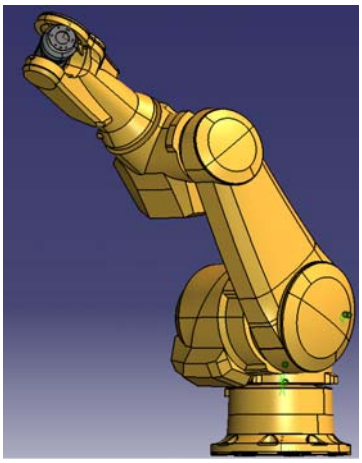


Figuur 13

27. Door de hoek te veranderen van een bepaalde as, verschuift de groene balk, en ook de positie van de robot. Deze verschuiving in het JOG scherm is te zien in figuur 15 en de positie van de robot in figuur 16.



Figuur 15



Figuur 16

Uitvoer

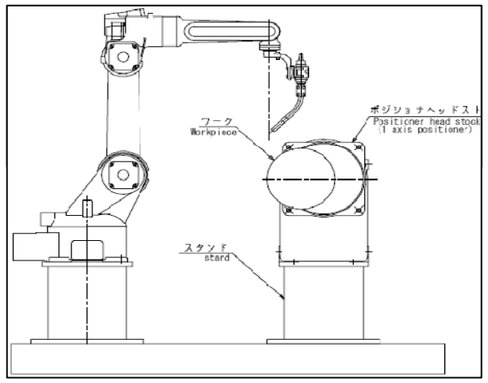
Manipulator met product

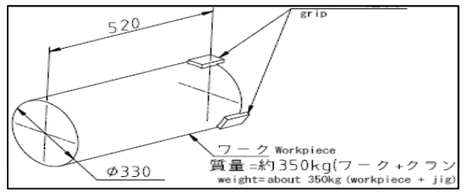
Invoer gegevens

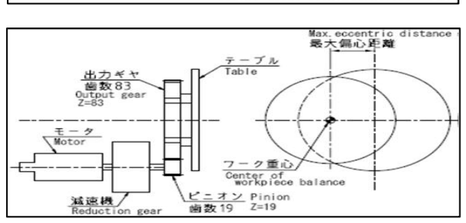
Gegevens voor selectie gearbox

				Rotatie snelheid	V0	8	[min-1]
				Werk snelheid	V0	**48**	[°/s]
1	Maximaal rotatiekoppel gearbox	Tmax =	140,405 [N*m]				
2	Gemiddeld lastkoppel	Tm =	127,579 [N*m]	WAAR	Pinion	Z1	19	
					Output gear	Z2	83	
3	Gemiddeld output snelheid	Nm =	33,6032 [min-1]		Reductie ratio	1/R	**0,228915663**	
					Massa's			
					Workpiece	W1	350	[kg]
					Max afstand excentrisch center		100	[mm]
					Rotating table	W2	40	[kg]
					Output gear	W3	19	[kg]
					Pinion	W4	2,5	[kg]
					Acc tijd	t1	0,15	[s]
					Looptijd	t2	3,6	[s]
					Dec tijd	t3	0,15	[s]

Invoer
Output
Tussen gegevens
Tussen uitkomsten







Berekening voor koppel en selectie gearbox

1.

Maximale draaikoppel gearbox

Gevraagd

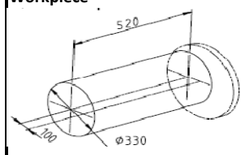
Max draaikoppel output gearbox	**Tmax =**	**140,4051**	[Tmax = Ta + Tb + Tc]

Gegeven

Koppel bij moment of intertia	Ta =	12,88707	[N*m]
Koppel bij lastmoment	Tb =	78,51807	[N*m]
Koppel bij weerstandskracht	Tc =	49	[N*m]

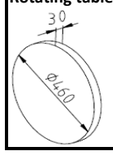
1.1 Berekening Intertia moment I

Workpiece



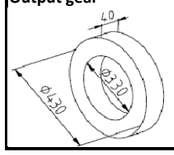
Gegevens			**Inertia moment op rotatie tafel as It**	**[kg*m^2]**	**Inertia moment op output as gearbox Ir**	**[kg*m^2]**
Gewicht	350	[kg]	It1 = 1/4 * (1/2 W*D^2+4*W*η^2)		Ir1 = It1 * (R)^2	
Diameter	330	[mm]				
Max afstand center	100	[mm]				
	It1 =		8,264375	[kg*m^2]	**Ir1 =**	0,4330729 [kg*m^2]

Rotating table



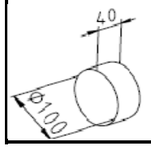
Gewicht	40	[kg]	It2 = 1/4 * 1/2 W*D^2		Ir2 = It2 * (R)^2	
Diameter	460	[mm]				
Dikte	30	[mm]				
	It2 =		1,058	[kg*m^2]	**Ir2 =**	0,0554417 [kg*m^2]

Output gear



Gewicht	19	[kg]	It3 = 1/4 * (1/2 W*(D1^2+D2^2))		Ir3 = It3 * (R)^2	
Diameter1	430	[mm]				
Diameter2	330	[mm]				
	It3 =		0,697775	[kg*m^2]	**Ir3 =**	0,0365651 [kg*m^2]

Pinion



Gewicht	2,5	[kg]			Ir4 = 1/8 * W*D^2	
Diameter1	100	[mm]				
Dikte	40	[mm]				
					Ir4 =	0,003125 [kg*m^2]

Totaal It =	10,02015	[kg*m^2]	**Totaal Ir =**	0,5282047 [kg*m^2]

1.2 Hoekversnelling

Gevraagd

Hoekversnelling		**αc =**	**24,39787** [rad/s^2]	[αr / R]	[rad/s^2]

Gegeven

Hoekversnelling rotating table	αr =	5,585054	[rad/s^2]
Reductie ratio	R =	0,229	

1.2.1 Hoekversnelling rotating table

Gevraagd

Hoekversnelling rotating table	**αr =**	**5,585053606** [rad/s^2]	[V0 / t1]	[rad/s^2]

Gegeven

Werksnelheid	V0 =	0,837758	[rad/s]
acc tijd	t1 =	0,150	

1.2.1.1 Werk Snelheid

Gevraagd

Werk Snelheid	**V0 =**	**0,837758** [rad/s]	[V0 * (π/180) * (1/60) * 360]

Gegeven

draaisnelheid manipulator	V0 =	8	[min-1]

1.3 Koppel door inertiamoment Ta

Gevraagd

Koppel door inertiamoment Ta	**Ta =**	**12,88707** [N*m]	[Ta = Ir * αc]

Gegeven

Interia moment	Ir =	0,528205	[kg*m^2]
Hoekversnelling rotating table	αc =	24,398	[rad/s^2]

1.4 Koppel door last moment Tb

Gevraagd

Koppel door last moment	**Tb =**	**78,51807** [N*m]	[Tb = T * R]

Gegeven

Koppel	T =	343	[kg*m^2]
Reductie ratio	R =	0,229	[rad/s^2]

1.4.1 Koppel last moment excentriek verschoven

Gevraagd

Excentriek verschoven	**T =**	**343** [N*m]	[T = W * 9.8 * ℓ]

Gegeven

	W =	350	[kg]
excentriek afstnd werkstuk	ℓ =	0,100	[m]

1.5 Koppel door weerstandskracht Tc

Gevraagd

Koppel door weerstandskracht Tc	**Tc =**	**49** [N*m]	

Wrijvingsweerstand van smeermiddelen, frictie van gearbox en pinion. Opzoeken in catalogus.

Tc =	49	[N*m]	Aanname in dit voorbeeld.	!! Waarde uit catalogu

2.

Gemiddelde lastkoppel op RC reduction gear

Gevraagd

Gemiddeld koppel last **Tm =** 127,5788 [N*m]

$$T_m = \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{t_1 \cdot N_1 \cdot T_1^{\frac{10}{3}} + t_2 \cdot N_2 \cdot T_2^{\frac{10}{3}} + t_3 \cdot N_3 \cdot T_3^{\frac{10}{3}}}{t_1 \cdot N_1 + t_2 \cdot N_2 + t_3 \cdot N_3}}$$

Gegeven

toerental reductie	N2 =	34,95	[min-1]
toerental acc	N1 =	17,47	[min-1]
toerental dec	N3 =	17,47	[min-1]

2.1

Toerental reductie N2

Gevraagd

toerental reductie **N2 =** 34,95 [min-1] [N2 = V0 / R]

Gegeven

max speed	V0 =	8	[m/min]
Reductie ratio	R =	0,229	

2.2

Toerental acc (N1) dec (N3)

Gevraagd

Toerental acc dec **N1 = N3 =** 17,47 [min-1] [N1 = N3 = N2 / 2]

Gegeven

toerental reductie N2 = 34,95 [min-1]

T1 = Tmax	=	140,4051	[N*m]
T2 = Tb + Tc	=	127,5181	[N*m]
T3 = |Tb + Tc - Ta	=	114,631	[N*m]

3.

Gemiddelde output snelheid Nm

Gevraagd

Gemiddeld output snelheid **Nm =** 33,60324 [min-1] [Nm = (t1*N1+t2*N2+t3*N3)/(t1+t2+t3)

Gegeven

t1 =	0,15	[s]	N1 =	17,47	[min-1]
t2 =	3,6	[s]	N2 =	34,95	[min-1]
t3 =	0,15	[s]	N3 =	17,47	[min-1]

Toegestaand koppel (Tme) voor output speed (Nm)

Gevraagd

Toegestaand koppel voor output speed **Tme =** 323,4523 [N*m] [Tme = (15/Nm)^0,3 * To]

Gegeven

Nm =	33,60324	[min-1]	
To =	412	[N*m]	* Waarde gehaald uit specificaties (van W-L02119) bij output snelheid 15 [min-1]0

Uitvoer

Manipulator met product

Invoer gegevens

Gegevens voor selectie motor

1	Maximum koppel aan motor	Tmp =	3,845	[N*m]
	(<16![N*m]	WAAR		
2	Effectief koppel	Tmm =	1,58	[N*m]
	(<5!)	WAAR		
3	Inertia ratio	C =	0,34	*10^-4 [kg*m^2]
	(<5!)	WAAR		
4	Koppel max lastmoment	Tmb =	0,93	[N*m]
	(<9!)	WAAR		

Motor selectie gegevens

W-L02150

Output capaciteit		1200	[W]
Rated snelheid		2000	[min-1
Maximale output snelheid		4500	[min-1]
Rated koppel		5,7	[N*m]
Maximaal acc & dec koppel		16	[N*m]
Statische frictie koppel rem	Tbr =	9	[N*m]
Inertiamoment (rotor+rem)		6,8*10^-4	[kg*m^2]
Toegestaan koppel bij 3000 [min-1]		5	[N*m]

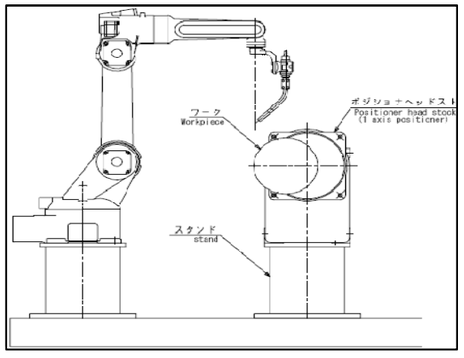
Rotatie snelheid	V0	8	[min-1]
Werk snelheid	V0	48	[°/s]
Max afstand excentrisch center		100	[mm]
Reduction gear	Z1	13	
Reduction gear	Z2	1093	
Reductie ratio	1/R	0,011894	

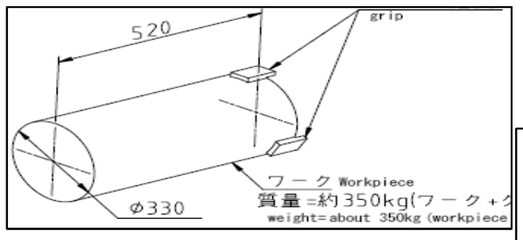
Massa's

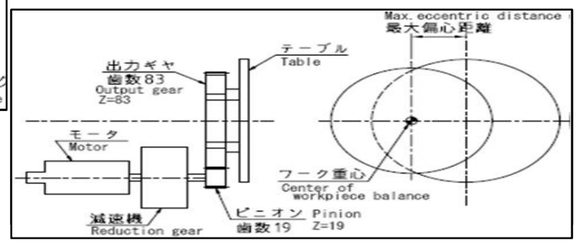
Workpiece	W1	350	[kg]
Rotating table	W2	40	[kg]
Output gear	W3	19	[kg]
Pinion	W4	2,5	[kg]
Acc tijd	t1	0,15	[s]
Looptijd	t2	3,6	[s]
Dec tijd	t3	0,15	[s]
Stop tijd	t4	2,6	[s]

!! Massa's wijzigen in tabblad "Gearbox" voor berekenen Tmp

Invoer
Output
Tussen gegevens
Tussen uitkomsten







Berekening voor koppel en selectie motor

1.

Maximum koppel aan motor

Gevraagd

Max koppel	**Tmp =**	**3,845**	[N*m]	[Tmp = Tma + Tmb + Tmc]

Gegeven

Tma =	1,87	[N*m]
Tmb =	0,934	[N*m]
Tmc =	1,04	[N*m]

1.1

Koppel door inertia moment

Gevraagd

Koppel door inertia	**Iml =**	**9,13**	*10^-4 [kg*m^2]	[Iml = Im1 + Im2 + Im3]

Gegeven

Inertia moment last	Im1 =	0,7472	*10^-4 [kg*m^2]
Ineretia moment gearbox	Im2 =	1,580	*10^-4 [kg*m^2]
Inertia moment van motor	Im3 =	6,8	*10^-4 [kg*m^2]

1.1.1

Inertia moment door last Im1

Gevraagd

Moment inertia last	**Im1 =**	**0,7472**	*10^-4 [kg*m^2]	[Im1 = Ir * R^2]

Gegeven

Reductie ratio	R =	0,01189387
Interia moment	Ir =	0,528 *10^-4 [kg*m^2]

1.1.2

Inertia moment door gearbox Im2

Gevraagd

Moment inertia gearbox	**Im2 =**	**1,58**	*10^-4 [kg*m^2]

Gegeven

Moment interia gearbox uit tabel	1,58	*10^-4 [kg*m^2]

1.1.3

Inertia moment van motor Im3

Gevraagd

Inertia moment motor	**Im3 =**	**6,8**	*10^-4 [kg*m^2]

Gegeven

Moment interia motor+rem uit tabel	6,8	*10^-4 [kg*m^2]

1.2

Hoeksnelheid motoras

Gevraagd

Hoeksnelheid motoras		**αm =**	**2051,30** [rad/s^2]	[αm = αc / R]

Gegeven

Hoekversnelling	αc =	24,3979	[rad/s^2]
Reductie ratio	R =	0,0119	

1.3

Koppel door intertia moment

Gevraagd

Koppel intertia moment	**Tma =**	**1,87** [N*m]	[Tma = Iml * αm]

Gegeven

Hoeksnelheid motoras	αm =	2051,2975	[rad/s^2]
Koppel door inertia	Iml =	9,1272	[*10^-4] [kg*m^2]

1.4

Koppel door weerstandkracht

Gevraagd

Koppel door weerstandkracht	**Tmb =**	**0,93** [N*m]	[Tmb = Tb * R]

Gegeven

Koppel bij intertia moment	Tb =	78,5181	[N*m]
Reductie ratio	R =	0,0119	

1.5

Koppel door wrijvingsrotatie

Gevraagd

Koppel door wrijvingsrotatie	**Tmc =**	**1,04** [N*m]	[Tmc = Tcnlr = ((Nm*1,14) * R) + R * Tc]	!! Waarde

Gegeven

Gemiddeld output snelheid	Nm =	33,6032
Reductie ratio	R =	0,0119
	Tc =	49

2.

Effectief koppel op motor as

Gevraagd

Effectief koppel op motor as — **Tmm =** **1,58** [N*m]

$$T_{MM} = \sqrt{\frac{t_1 \cdot T_1^2 + t_2 \cdot T_2^2 + t_3 \cdot T_3^2}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}$$

Gegeven

t1 =	0,15	[s]
t2 =	3,6	[s]
t3 =	0,15	[s]
t4 =	2,6	[s]
T1 = Tmp =	3,845	[N*m]
T2 = Tmb + Tmc =	1,97	[N*m]
T3 = Tmb + Tmc - Tma =	0,10	[N*m]

3.

Totaal inertia ratio C

Gevraagd

Inertia ratio — **C=** **0,34** *10^-4 [kg*m^2] [C = (Im1 + Im2) / Im3]

Gegeven

Inertia moment last	Im1 =	0,7472	*10^-4 [kg*m^2]
Ineretia moment gearbox	Im2 =	1,5800	*10^-4 [kg*m^2]
Inertia moment van motor	Im3 =	6,8	*10^-4 [kg*m^2]

4.

Statische frictie koppel van rem

Tbr = **9,00** [N*m]

Tbr > Tmb = **WAAR**

Gegeven

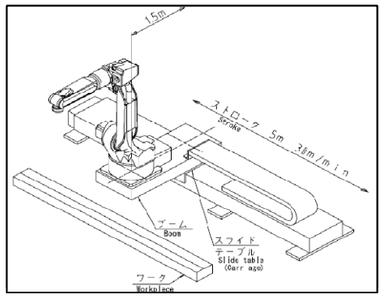
Koppel door weerstandkracht — Tmb = 0,93

Uitvoer

Robot op track

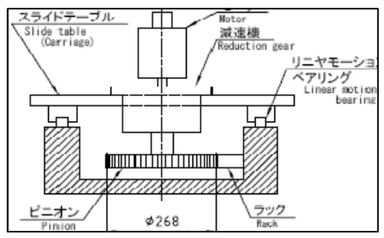
Gegevens voor selectie gearbox

1	Maximaal lastkoppel	Tmax =	363,881 [N*m]
2	Gemiddeld lastkoppel	Tm =	122,229 [N*m]
3	Gemiddeld output snelheid	Nm =	34,3919 [min-1]



Invoer gegevens

Max snelheid	V0	30	[m/min]
Nom toerental		2000	[min-1]
Max toerental		3000	[min-1]
RV reduction 1	Z1	13	
RV reduction 2	Z2	1093	
Reductie ratio	R	0,01189387	
Massa's			
Robot	W1	260	[kg]
Uitlading	W2	300	[kg]
Kar op track	W3	140	[kg]
Acc tijd	t1	0,15	[s]
Looptijd	t2	3,85	[s]
Dec tijd	t3	0,15	[s]
Wrijvingsfactor	μ	0,01	
Lineair motion blocks		6	



Invoer
Output
Tussen gegevens
Tussen uitkomsten

Berekening voor koppel en selectie gearbox

Aantal tanden Z, Diameter pinion pitch

Gevraagd

Pinion theet number	**Z =**	67		[Z = (1000*V0)/(4*η*π*R)]
Pinion pitch circle diameter	**D =**	0,268	[m]	[D = 4*Z/1000]

Gewicht condities

Gevraagd

Totaal gewicht	**W =**	700	[kg]	[W = W1+W2=W3]
Totaal load	**P =**	6860	[N]	[P = W * 9.8]

1.

Maximale draaikoppel gearbox

Gevraagd

Max rotation torque		**Tmax =**	**363,881**	[Tmax = Tsa + Tsb]
RV reduction gear				

Gegeven

Koppel bij moment of intertia	Tsa =	312,2294	[N*m]
Koppel bij weerstandskracht	Tsb =	51,65166	[N*m]

1.1

Gevraagd

Torque by moment of intertia		**Tsa =**	**312,2294** [N*m]	[Tsa = Ir * αc]

Gegeven

Moment of inertia	Ir =	12,53406	[kg * m^2]
Angular acc	αc =	24,91046	[rad/s^2]

1.1.1

Gevraagd

Moment of inertia		**Ir =**	**12,53406442** [kg * m^2]	[W * (D / 2)^2]

Gegeven

Totaal gewicht	W =	700	[kg]
Pinion pitch circle diameter	D =	0,268	[m]

1.1.2

Gevraagd

Hoekversnelling		**αc =**	**24,91046325** [rad/s^2]	[V0 /(30 * D * t)]

Gegeven

max speed	V0 =	30	[m/min]
Pinion pitch circle diameter	D =	0,268	[m]
acc time	t =	0,15	[s]

1.2

Gevraagd

Koppel bij weerstandskracht glijden		**Tsb =**	**51,65166** [N*m]	[Tsb = Ftot * D/2]

Gegeven

Total gliding resestance force	Ftot =	386	[N]
Pinion pitch circle diameter	D =	0,268	[m]

1.2.1

Gevraagd

Frictional resistance of linear motion bearing		**F1 =**	**68,6** [N]	[F1 = μ* P]

Gegeven

Friction factor	μ =	0,01	[kg]
Totaal load	P =	6860	[m]

1.2.2

Gevraagd

Dust seal resistance linear motion blocks		**F2 =**	**23,4** [N]

Gegeven

Number of linear motion blocks		6	
This example F2 =	3,9 [N]	3,9	

1.2.3

F3 = Wrijvingskracht tussen lagering en rail
F4 = Frictie weerstand track en pinion
F5 = Weerstand van cablerups

Voor kracht F1,2,3 catalogus op naslaan. In dit voorbeeld F1,2,3 = 294 [N]

Totale weerstand	**F =**	**386** [N]	[F = F1+F2+F3+F4+F5]

2.

Gemiddelde lastkoppel op RC reduction gear

Gevraagd

Gemiddeld koppel last — **Tm =** 122,2291 [N*m]

$$T_m = \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{t_1 \cdot N_1 \cdot \overline{T_1}^{\frac{10}{3}} + t_2 \cdot N_2 \cdot \overline{T_2}^{\frac{10}{3}} + t_3 \cdot N_3 \cdot \overline{T_3}^{\frac{10}{3}}}{t_1 \cdot N_1 + t_2 \cdot N_2 + t_3 \cdot N_3}}$$

Gegeven

toerental reductie	N2 =	35,68	[min-1]
toerental acc	N1 =	17,84	[min-1]
toerental dec	N3 =	17,84	[min-1]

2.1

Toerental reductie N2

Gevraagd

toerental reductie — **N2 =** 35,68 [min-1] — [N2 = V0 / (π * D)]

Gegeven

max speed	V0 =	30 [m/min]
Pinion pitch circle diameter	D =	0,268

2.2

Toerental acc (N1) dec (N3)

Gevraagd

Toerental acc dec — **N1 = N3 =** 17,84 [min-1] — [N1 = N3 = N2 / 2]

Gegeven

toerental reductie — N2 = 35,68 [min-1]

T1 = Tmax	=	363,881 [N*m]
T2 = Tsb	=	51,65166 [N*m]
T3 = |Tsb - Tsa|	=	260,5777 [N*m]

3.

Gemiddelde output snelheid Nm

Gevraagd

Gemiddeld output snelheid — **Nm =** 34,39191 [min-1] — [Nm = (t1*N1+t2*N2+t3*N3)/(t1+t2+t3)]

Gegeven

t1 =	0,15	[s]	N1 =	17,84 [min-1]
t2 =	3,85	[s]	N2 =	35,68 [min-1]
t3 =	0,15	[s]	N3 =	17,84 [min-1]

Toegestaand koppel (Tme) voor output speed (Nm)

Gevraagd

Toegestaand koppel voor output speed — **Tme =** 321,209 [N*m] — [Tme = (15/Nm)^0,3 * To]

Gegeven

Nm =	34,39191	[min-1]
To =	412	[N*m] * Waarde gehaald uit specificaties (van W-L02119) bij output snelheid 15 [min-1]

Uitvoer — Robot op track — Invoer gegevens

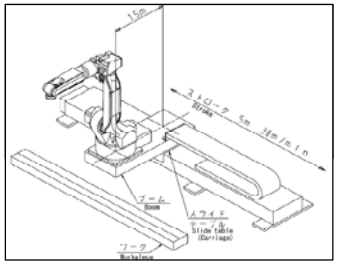
Gegevens voor selectie motor

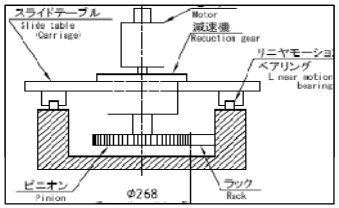
				Max snelheid	V0	30	[m/min]
				Nom toerental		2000	[min-1]
1	Maximum koppel aan motor (<16![N*m] WAAR	Tmp =	6,549 [N*m]	Max toerental		3000	[min-1]
				RV reduction 1	Z1	13	
				RV reduction 2	Z2	1093	
2	Effectief koppel (<5!>) WAAR	Tmm =	1,00 [N*m]	Reductie ratio	1/R	0,011894	
				Massa's			
3	Inertia ratio (<5!) WAAR	C =	2,84 *10^-4 [kg*m^2]	Robot	W1	260	[kg]
				Uitlading	W2	300	[kg]
				Kar op track	W3	140	[kg]

Motor selectie gegevens

W-L02150				Acc tijd	t1	0,15	[s]
Output capaciteit		1200	[W]	Looptijd	t2	3,85	[s]
Rated snelheid		2000	[min-1	Dec tijd	t3	0,15	[s]
Maximale output snelheid		4500	[min-1]	Stop tijd	t4	9,68	[s]
Rated koppel		5,7	[N*m]				
Maximaal acc & dec koppel		16	[N*m]	Wrijvingsfactor	μ	0,01	
Statische frictie koppel rem	Tbr =	9	[N*m]	Lineair motion blocks		6	
Inertiamoment (rotor+rem)		6,8*10^-4	[kg*m^2]				
Toegestaan koppel bij 3000 [min-1]		5	[N*m]				

!! Massa's wijzigen in tabblad "Gearbox" voor berekenen Tmp





Invoer
Output
Tussen gegevens
Tussen uitkomsten

Berekening voor koppel en selectie motor

1.

Maximum koppel aan motor

Gevraagd

Max koppel — **Tmp =** 6,549 [N*m] [Tmp = Tma + Tmb + Tmc]

Gegeven

Tma =	5,47	[N*m]
Tmb =	0,614	[N*m]
Tmc =	0,46632	[N*m]

1.1

Koppel door inertia moment

Gevraagd

Koppel door inertia	**Iml =**	**26,11**	*10^-4 [kg*m^2]	[Iml = Im1 + Im2 + Im3]

Gegeven

Inertia moment last	Im1 =	17,7312	*10^-4 [kg*m^2]
Ineretia moment gearbox	Im2 =	1,580	*10^-4 [kg*m^2]
Inertia moment van motor	Im3 =	6,8	*10^-4 [kg*m^2]

1.1.1

Inertia moment door last Im1

Gevraagd

Moment inertia last	**Im1 =**	**17,7312**	*10^-4 [kg*m^2]	[Im1 = Ir * R^2]

Gegeven

Reductie ratio	R =	0,01189387	
Interia moment	Ir =	12,534	*10^-4 [kg*m^2]

1.1.2

Inertia moment door gearbox Im2

Gevraagd

Moment inertia gearbox	**Im2 =**	**1,58**	*10^-4 [kg*m^2]

Gegeven

Moment interia gearbox uit tabel	1,58	*10^-4 [kg*m^2]

1.1.3

Inertia moment van motor Im3

Gevraagd

Inertia moment motor	**Im3 =**	**6,8**	*10^-4 [kg*m^2]

Gegeven

Moment interia motor+rem uit tabel	6,8	*10^-4 [kg*m^2]

1.2

Hoeksnelheid motoras

Gevraagd

Hoeksnelheid motoras	**αm =**	**2094,40**	[rad/s^2]	[αm = αc / R]

Gegeven

Hoekversnelling	αc =	24,9105	[rad/s^2]
Reductie ratio	R =	0,0119	

1.3

Koppel door intertia moment

Gevraagd

Koppel intertia moment	**Tma =**	**5,47**	[N*m]	[Tma = Iml * αm]

Gegeven

Hoeksnelheid motoras	αm =	2094,3951	[rad/s^2]
Koppel door inertia	Iml =	26,1112	[*10^-4] [kg*m^2]

1.4

Koppel door weerstandkracht

Gevraagd

Koppel door weerstandkracht	**Tmb =**	0,61	[N*m]	[Tmb = Tsb * R]

Gegeven

Koppel bij intertia moment	Tsb =	51,6517	[N*m]
Reductie ratio	R =	0,0119	

1.5

Koppel door wrijvingsrotatie

Gevraagd

Koppel door wrijvingsrotatie	**Tmc =**	0,47	[N*m]	[Tmc = Tcnlr = (Nm*1,14) * R]

!! Waarde uitgerekend u

Gegeven

Gemiddeld output snelheid	Nm =	34,3919	
Reductie ratio	R =	0,0119	

2.

Effectief koppel op motor as

Gevraagd

Effectief koppel op motor as	**Tmm =**	1,00	[N*m]	$T_{MM} = \sqrt{\frac{t_1 \cdot T_1^2 + t_2 \cdot T_2^2 + t_3 \cdot T_3^2}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}$

Gegeven

t1 =	0,1500	[s]
t2 =	3,8500	[s]
t3 =	0,15	[s]
t4 =	9,68	[s]
T1 = Tmp =	6,549	[N*m]
T2 = Tmb + Tmc =	1,08	[N*m]
T3 = Tmb + Tmc - Tma =	-4,39	[N*m]

3.

Totaal inertia ratio C

Gevraagd

Inertia ratio	**C=**	2,84	*10^-4 [kg*π [C = (Im1 + Im2) / Im3]

Gegeven

Inertia moment last	Im1 =	17,7312	*10^-4 [kg*m^2]
Ineretia moment gearbox	Im2 =	1,5800	*10^-4 [kg*m^2]
Inertia moment van motor	Im3 =	6,8	*10^-4 [kg*m^2]

ROLAN ROBOTICS

Gearbox

Maximaal rotatiekoppel gearbox	Tmax =	140,40514 [N*m]		
< 2058 [N*m]	=	WAAR		
Totaal intertia moment op as gear	Ir =	0,528204714 [kg*m^2]		
< 5	=	WAAR		
Gemiddeld lastkoppel	Tm =	127,5788391 [N*m]		
[N*m]	=	ONWAAR		
Gemiddeld output snelheid	Nm =	33,60323887 [min-1]		
< 70 [min-1]	=	WAAR		
Massatraagheid product	Ir =	0,88 [kg / m2]		

Motor

Maximaal koppel motor	Tmp =	3,702014274 [N*m]		
< 9,8 [N*m]	=	WAAR		
Inertia ratio	C =	0,54 *10^-4 [kg*m^2]		
< 5	=	WAAR		
Effectief koppel	Tmm =	2,26 [N*m]		
< 2,6 [N*m]	=	WAAR		
Koppel bij max. lastmoment	Tmb =	1,38 [N*m]		
< 3,5 [N*m]	=	WAAR		

Motor Gegevens

Type	W-L02149 (550W)	W-L00858 (800W)	W-L02150 (1,2kW)	W-L02152 (2000W)	W-L02157 (4500W)	
Specificaties						
Output power	550	800	1200	2000	4700	[W]
Nominaal toerental	2000	3000	2000	2000	2000	[min-1]
Max. output rpm	5000	3150	4500	5000	3500	[min-1]
Nominaal koppel	2,6	2,55	5,7	9,5	22,5	[N*m]
Max. acc. & dec. koppel	9,8	6,704	16	30	54	[N*m]
Houd koppel rem	3,5	2,5	9,0	12,0	42	[N*m]
Intertia moment (motor+rem)	3,7 *10^-4	6,1 *10^-4	6,8 *10^-4	12,7 *10^-4	60,1 *10^-4	[kg*m^2]
Gewicht	6,3	5,5	8,3	12,3	28	[kg]

Gearbox gegevens

Type	RV-40E-57	RV-40E-81	RV-40E-105	RV-40E-121	RV-40E-153	RV-80E-57	RV-80E-81	RV-80E-101	RV-80E-121	RV-80E-153	
Specificaties											
Stijfheid moment	931	931	931	931	931	1176	1176	1176	1176	1176	[N*m/arc. min]
Maximaal toegestaan moment	1666	1666	1666	1666	1666	2156	2156	2156	2156	2156	[N*m]
Toegstaan moment last	3332	3332	3332	3332	3332	4312	4312	4312	4312	4312	[N*m]
Max. toegestaan output snelheid	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	[min-1]
Toegestaan acc. & dec. koppel	1029	1029	1029	1029	1029	1960	1960	1960	1960	1960	[N*m]
Max. toegestaan koppel	2058	2058	2058	2058	2058	3920	3920	3920	3920	3920	[N*m]
Lost motion	1'	1'	1'	1'	1'	1'	1'	1'	1'	1'	arc. min .
Stijfheid	108	108	108	108	108	196	196	196	196	196	[N*m/arc. min]
Input inertia	0,375 *10^-4	0,24 *10^-4	0,172 *10^-4	0,143 *10^-4	0,103 *10^-4	0,828 *10^-4	0,565 *10^-4	0,44 *10^-4	0,353 *10^-4	0,263 *10^-4	[kg*m^2]
Gewicht	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	[kg]
Gear ratio (1/R)	0,018	0,012	0,010	0,008	0,007	0,018	0,012	0,010	0,008	0,007	
Tand breedte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

Klant specificaties track

Specificaties track		
Max snelheid	30	[min-1]
Tot. massa	800	[kg]
Acc. & dec. tijd	0,15	[s]
Looptijd	3,7	[s]

Klant specificaties manipulator

Specificaties manipulator			Product			Rotatie schijf		
Rotatie snelheid	8	[min-1]	Gewicht	350	[kg]	Gewicht	40	[kg]
Acc. & dec. tijd [t1 & t3]	0,15	[s]	Diameter	330	[mm]	Diameter	460	[mm]
Looptijd [t2]	3,6	[s]	Max afstand center	100	[mm]	Dikte	30	[mm]
Stoptijd [t4]	2,6	[s]						
Overbrengverhouding	0,228916		Output gear			Pinion		
			Gewicht	19	[kg]	Gewicht	2,5	[kg]
			Diameter1	430	[mm]	Diameter1	100	[mm]
			Diameter2	330	[mm]	Dikte	40	[mm]
			Aantal tanden [Z]	83		Aantal tanden [Z]	19	

Keuze motor

Motor	Type	W-L02149 (550W)		
Specificaties				
Output power		550		[W]
Nominaal toerental		2000		[min-1]
Max. output rpm		5000		[min-1]
Nominaal koppel		2,6		[N*m]
Max. acc. & dec. koppel		9,8		[N*m]
Houd koppel rem		3,5		[N*m]
Intertia moment (motor+rem)		3,7	*10^-4	[kg*m^2]
Gewicht		6,3		[kg]

Keuze gearbox

Gearbox	Type	RV-40E-57		
Specificaties				
Stijfheid moment		931		[N*m/arc. min]
Maximaal toegestaan moment		1666		[N*m]
Toegstaan moment last		3332		[N*m]
Max. toegestaan output snelheid		70		[min-1]
Toegestaan acc. & dec. koppel		1029		[N*m]
Max. toegestaan koppel		2058		[N*m]
Lost motion		1'		arc. min .
Stijfheid		108		[N*m/arc. min]
Input inertia		0,375	*10^-4	[kg*m^2]
Gewicht		9,5		[kg]
Gear ratio (1/R)		0,018		
Tand breedte		10		

Handleiding rekensheet (DAIHEN motor, NABTESCO gearbox)

1. Vul bij "***Klant specificaties manipulator***" gegevens in van product, snelheid, enz.
2. Overbrengverhouding wordt uitgerekend door het aantal van "Z Output gear" en "Z Pinion"

3. Maak keuze uit type motor onder "***Motor gegevens***".
4. Selecteer en kopieer deze waarden.
5. Plak deze selectie onder "***Keuze motor***".

W-L02149 (550W)	
550	
2000	
5000	
2,6	
9,8	
3,5	
3,7	*10^-4
6,3	

Figuur 1 Selectie motorgegevens

6. Maak keuze uit type gearbox "***Gearbox gegevens***".
7. Selecteer en kopieer deze waarden.
8. Plak deze selectie onder "***Keuze gearbox***" .

RV-40E-57	
931	
1666	
3332	
70	
1029	
2058	
1'	
108	
0,375	*10^-4
9,5	
0,018	
10	

Figuur 2 Selectie gearboxgegevens

9. De waarden bij de output "***Gearbox***" hebben betrekking tot de berekeningen met de gearbox keuze.
10. De outputs zullen de waarde "***Waar***" moeten hebben. WAAR
    Is dit niet het geval, kan er een ander type gearbox gekozen worden onder "***Gearbox gegevens***".

11. De waarden bij de output "***Motor***" hebben betrekking tot de berekeningen met de motor keuze.

12. De outputs zullen de waarde "***Waar***" moeten hebben. WAAR
    Is dit niet het geval, kan er een ander type motor, of gearbox gekozen worden onder "***Motor gegevens***" of "***Gearbox gegevens***".