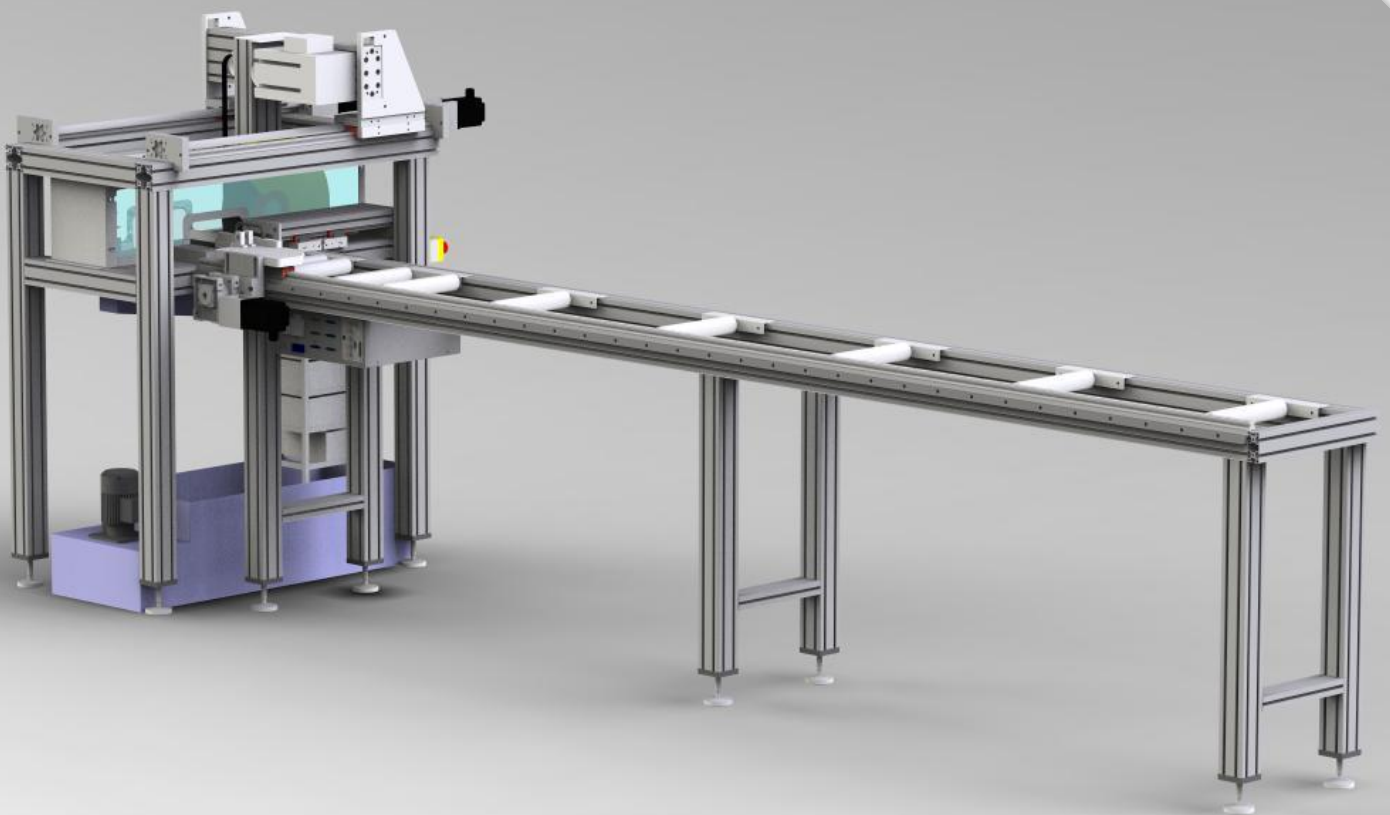


CNC Doorslijpmachine voor Lineaire Geleidingen

Afstudeerscriptie J.J.F. Fransen



De Haagse Hogeschool
Delft, mei 2012

Afstudeerscriptie

CNC Doorslijpmachine voor Lineaire Geleidingen

Delft, mei 2012

Afstudeerder

Julian Fransen

Studentnummer: 08091145

j.j.f.fransen@student.hhs.nl

Opdrachtgever

Kevin Damen

kpdamen@damencnc.com

Afstudeercoördinator

Ir. Coen van Hulst

c.vanhulst@hhs.nl

Coach

Ing. Rob van Rest

r.n.vanrest@hhs.nl

Assessor

Ir. Bram van der Vlugt

A.vandervlugt@hhs.nl

Extern Deskundige

Ing. R. Kurver

Afstudeeropdracht

Lineaire geleidingen zijn onderdeel van de motion control modules van DamenCNC. Deze worden handmatig op maat gezaagd met een vrij eenvoudige afkortzaag, die niet bedoeld is voor het aantal zaagsneden dat er nu mee gemaakt wordt.

DamenCNC kan zich niet vinden in het handmatig zagen van onderdelen voor geautomatiseerde doeleinden en heeft daarom een afstudeeropdracht beschikbaar gesteld. Deze opdracht moet een begin maken aan de volledige automatisering van het zaagproces en omvat het ontwerpen van de automatisering van de volgende deelsystemen:

1. Positionering
2. Klemsysteem
3. Zaagsysteem

Het ontwerp van deze deelsystemen zal de productiecapaciteit aanzienlijk doen verhogen ten opzichte van het oude systeem. Als er voldoende tijd is, is het daarom wenselijk een prototype te maken. Zo kan het ontwerp getest en eventueel verbeterd worden.

Kevin Damen
DamenCNC

Julian Fransen
Afstudeerder

Voorwoord

Deze scriptie is geschreven binnen het kader van mijn afstuderen aan De Haagse Hogeschool. Hier heb ik de specialisatierichting Flexibele Productie Automatisering gevolgd, als onderdeel van de studie Werktuigbouwkunde.

DamenCNC is bezig met de automatisering van hun productieproces, wat goed aansluit op mijn specialisatie. Dit rapport is dan ook bestemd voor studenten en ingenieurs, die interesse hebben in het ontwerpproces van de automatisering van een productielijn.

Ik wil dit voorwoord graag benutten om een aantal mensen te bedanken die de totstandkoming van de scriptie mede mogelijk hebben gemaakt. Ten eerste wil ik graag Kevin Damen bedanken voor zijn begeleiding vanuit DamenCNC. Daarnaast wil ik Rob van Rest en Bram van der Vlugt bedanken als begeleiders vanuit De Haagse Hogeschool.

Julian Fransen
Delft, mei 2012

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	VI
Symbolenlijst	VII
Lijst van Tabellen	VIII
Lijst van Figuren.....	IX
Hoofdstuk 1 : Inleiding	1
Hoofdstuk 2 : Verdieping.....	2
§2.1: Huidige situatie	2
§2.2: SWOT Analyse Nieuwe Machine	4
§2.3: Pakket van Eisen.....	5
Hoofdstuk 3 : Functieanalyse	6
§3.1: Huidige Productieproces.....	6
§3.2: FAST Analyse	7
Hoofdstuk 4 : Conceptfase	8
§4.1: Scheidingsmethode en Koeling	8
§4.2: Positionering en Klemsysteem.....	12
Hoofdstuk 5 : Het Ontwerp	16
§5.1: Frame en Beveiliging	16
§5.2: Aanvoer	18
§5.3: Klemsysteem	19
§5.4: Brug en Doorslijpsysteem	20
§5.5: Koelsysteem	23
§5.6: Besturing en CNC Doorslijpmachine	25
Conclusies.....	28
Aanbevelingen.....	28
Literatuurlijst	29
Bijlagen	30
Bijlage A: Keuzetabel Scheidingsmethode en Koeling	30
Bijlage B: Keuzetabel Positionering en Klemsysteem	32
Bijlage C: Vermogensberekening en Motorkeuze.....	34
Bijlage D: Extra Informatie Aandrijving.....	36
Bijlage E: Flow Data Koelsysteem	37
Bijlage F: Berekening aantal te zagen geleidingen/jaar	39
Bijlage G: Stuklijst.....	40
Bijlage H: Werktekeningen.....	42
Bijlage I: Reflectierapport	70

Samenvatting

DamenCNC ontwikkelt en produceert losse modules voor motion control doeleinden. De lineaire geleidingen uit deze modules worden met een inefficiënt en handmatig zaagproces op maat gemaakt. De vraag naar deze geleidingen zal binnen de komende 5 jaar met een factor 10 toenemen, waarvoor het productieproces geautomatiseerd moet worden.

De afstudeeropdracht omvat het ontwerpen van geautomatiseerde systemen voor de positionering, het klemmen en het zagen van de lineaire geleidingen.

Na een analyse van de huidige situatie en een functieanalyse zijn een aantal concepten samengesteld. Aan de hand van het Pakket van Eisen van DamenCNC is het beste concept gekozen om uit te werken.

Alle motion control onderdelen zijn afkomstig van DamenCNC, waarna deze zijn aangepast om optimaal te functioneren binnen deze machine:

De aanvoer wordt geregeld met twee speciaal ontworpen pinnen die in de geleiding grijpen. Deze worden met behulp van tandwielen langs een tandheugel richting de scheidingsmethode bewogen. Hier worden de geleidingen geklemd met een omgebouwde Z-as, die normaal gesproken gebruikt wordt in een freesmachine. Een veerelement dat hierin verwerkt wordt, zorgt ervoor dat de druk op de geleiding eenvoudig te doseren is vanuit de CNC besturing.

Een speciale slijpschijf wordt via een tandriem aangedreven met een elektromotor. De lineaire beweging door de geleiding wordt gerealiseerd met kogelomloopspindels. Een nieuw koelsysteem houdt de temperatuur van de slijpschijf en van de geleidingen laag en zorgt tegelijkertijd voor de afvoer van spanen.

Het doorslijpproces wordt afgesloten met platen van polycarbonaat. Een aantal noodstopknoppen en een beveiligd elektrisch circuit vormen de rest van de genomen veiligheidsmaatregelen.

De automatisering van deze deelsystemen zorgt al voor een aanzienlijke verhoging van de kwaliteit van de zaagsnede en voor een verhoging van de productiecapaciteit. Om uiteindelijk te voldoen aan de wens om 28.000 geleidingen per jaar op maat te maken, moet er meer ruimte beschikbaar komen.

Pas dan is het mogelijk om ook het magazijn, de detectie en de afvoer te automatiseren, wat de volledige automatisering van het productieproces zou completeren.

Symbolenlijst

Symbol	Betekenis	Eenheid
a	Snedediepte	mm
B	Breedte	mm
b_s	Slijpbreedte	mm
d	Dikte	mm
D1	Buitendiameter	mm
D2	Binnendiameter	mm
D_{as}	As afstand	mm
D_y	Effectieve diameter T-10 tandwiel	mm
E	Elasticiteitsmodulus	N/mm ²
f	Doorbuiging	mm
F	Kracht	N
H	Hoogte	mm
I	Traagheidsmoment	cm ⁴
L	Lengte	mm
n	Toerental	min ⁻¹
P	Vermogen	W
P_c	Benodigd snijvermogen	W
p_c	Specifieke energie	J/mm ³
Q	Debiet	L/mm
s_x	Afstand deelsysteem x	mm
t_w	Doorvoertijd	s
t_x	Tijd deelsysteem x	s
v_o	Omtreksnelheid	mm/s
v_w	Doorvoersnelheid	mm/s
v_x	Snelheid deelsysteem x	mm/s

Lijst van Tabellen

Tabel 1: Kenmerken Lineaire Geleidingen	2
Tabel 2: SWOT Analyse.....	4
Tabel 3: Handelingen Huidig Zaagproces	6
Tabel 4: Morfologisch Overzicht van Scheidingsmethode en Koeling.....	8
Tabel 5: Verdeling Weegfactor.....	11
Tabel 6: Keuzebepaling Scheidingsmethode en Koeling.....	11
Tabel 7: Morfologisch Overzicht van Positionering en Klemsysteem.....	12
Tabel 8: Keuzebepaling Positionering en Klemsysteem.....	15
Tabel 9: Motoren Ontwerp	25
Tabel 10: Keuzetabel Scheidingsmethode en Koeling	30
Tabel 11: Uitslag Keuzetabel Scheidingsmethode en Koeling	31
Tabel 12: Waardes Keuzebepaling Scheidingsmethode en Koeling	31
Tabel 13: Keuzetabel Positionering en Klemsysteem	32
Tabel 14: Uitslag Keuzetabel Positionering en Klemsysteem	33
Tabel 15: Waardes Keuzebepaling Positionering en Klemsysteem	33
Tabel 16: Gegevens Berekening Specifieke Energie	34
Tabel 17: Eigenschappen Teknomotor 7180-B	35
Tabel 18: Waardes Berekening Productiecapaciteit	39
Tabel 19: Overzicht Werktekeningen.....	42
Tabel 20: Overzicht Competentieniveaus	71
Tabel 21: Niveaubepaling Afstudeeropdracht	71
Tabel 22: Competentietabel deel 1.....	72
Tabel 23: Competentietabel deel 2.....	73

Lijst van Figuren

Figuur 1: HIWIN Geleiding	2
Figuur 2: Huidige Situatie DamenCNC	3
Figuur 3: Handmatig Zaagproces	3
Figuur 4: Plattegrond Werkplaats	3
Figuur 5: Positie zaagsnede	6
Figuur 6: FAST Analyse	7
Figuur 7: Concept 1 – Doorslijpen 1	9
Figuur 8: Concept 2 – Zagen	9
Figuur 9: Concept 3 – Waterstraal snijden	10
Figuur 10: Concept 4 – Doorslijpen 2	10
Figuur 11: Concept 5 – Frezen	10
Figuur 12: Concept 6 – Grijparm	13
Figuur 13: Concept 7 – Pin + Rollenbaan	13
Figuur 14: Concept 8 – Pin + Loopband	14
Figuur 15: Concept 9 – Haak + Rollenbaan	14
Figuur 16: Ontwerp Frame	16
Figuur 17: Doorbuiging bij belasting 100kg	16
Figuur 18: Polycarbonaat (1) en Noodstop (2)	17
Figuur 19: Aanvoer en SlidePlate	18
Figuur 20: Positionering	18
Figuur 21: Klemsysteem	19
Figuur 22: Onderaanzicht en Zijaanzicht Klemsysteem	19
Figuur 23: Brug	20
Figuur 24: Montage Brug + Arm en Aandrijving	20
Figuur 25: Arm met Motor, Slijpschijf en Montageplaten	21
Figuur 26: Overbrenging Aandrijving	22
Figuur 27: Loc-Line	23
Figuur 28: Grundfos MTA	23
Figuur 29: Koelsysteem	24
Figuur 30: CNC Doorslijpmachine	26
Figuur 31: Principe Doorslijpen en Koeling	26
Figuur 32: Deelsystemen CNC Doorslijpmachine	27
Figuur 33: CNC Doorslijpmachine 2	27
Figuur 34: Vermogen/Toerental kromme T-10 Tandriem	36
Figuur 35: T-10 Tandwiel	36
Figuur 36: Flow Data Grundfos MTA	37
Figuur 37: Flow Data Loc-Line	38

Hoofdstuk 1 : Inleiding

DamenCNC ontwikkelt en produceert losse modules voor motion control doeleinden. Onderdeel van deze modules zijn lineaire geleidingen, die met de hand op maat gezaagd worden. Dit gebeurt met een vrij eenvoudige doorslijpmachine.

Het aantal op maat te maken geleidingen zal naar verwachting de komende 5 jaar met een factor 10 toenemen. De huidige machine kan de gewenste productiecapaciteit niet aan, omdat het handmatige zaagproces tijdrovend en inefficiënt is.

Om voor te blijven op de concurrentie, wat betreft productiecapaciteit en kwaliteit, is het van belang dit proces te automatiseren.

Dit rapport bevat de ontwerpen voor de automatisering van een drietal deelsystemen: de positionering, het klemsysteem en het zaagsysteem. Op basis van een functieanalyse van het huidige proces en onderzoek naar verschillende oplossingen, zijn een aantal concepten ontwikkeld. Na een keuzebepaling via het Pakket van Eisen, zijn deze concepten uitgewerkt in één ontwerp.

In eerste instantie dient het ontwerp de huidige productiecapaciteit te kunnen evenaren. Verder is het ontwerp gebaseerd op het zagen van lineaire geleidingen van gehard staal, maar met enkele eenvoudige aanpassingen moeten ook andere materialen en producten gezaagd kunnen worden.

Er is geen rekening gehouden met de ontwikkelingskosten van de deelsystemen, evenals het aanpassen van het ontwerp aan het zaagproces van niet vergelijkbare materialen en producten. Het verkrijgen van een CE-markering wordt geregeld door DamenCNC. Ook het programmeren en kalibreren van de besturing en de machine valt buiten de opdracht.

Om tot de uiteindelijke ontwerpen te komen, is in hoofdstuk 2 een verdieping in de huidige situatie en een Pakket van Eisen opgenomen. Het derde hoofdstuk bevat de functieanalyse van het huidige proces. Hoofdstuk 4 behandelt de morfologie, keuzebepaling en het conceptontwerp. Het uitgewerkte ontwerp is te vinden in hoofdstuk 5, waarna wordt afgesloten met een aantal conclusies en aanbevelingen.

Het rapport is geschreven volgens de op De Haagse Hogeschool geldende eisen. (Elling, Andeweg, de Jong, & Swankhuisen, 2005)

Hoofdstuk 2 : Verdieping

Dit hoofdstuk geeft inzicht in het te zagen product en de huidige situatie. Ook worden dieper liggende problemen uitgewerkt en zijn alle eisen en wensen te vinden in een Pakket van Eisen.

§2.1: Huidige situatie

Lineaire geleidingen worden gebruikt in de verschillende modules die door DamenCNC ontwikkeld en geproduceerd worden. Daarnaast worden op maat gezaagde geleidingen ook los verkocht aan klanten. Momenteel worden deze geleidingen handmatig op maat gezaagd, zowel bij DamenCNC als bij de concurrentie.

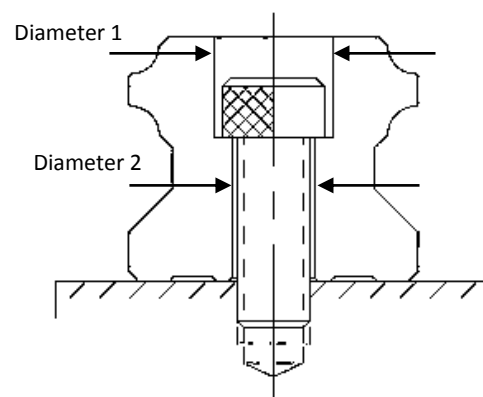
De geleidingen hebben een extreem harde buitenste laag van staal. Om deze laag met een Rockwell-hardheid van 62 HRC (Vickers-hardheid van 760 HV30) te doorbreken, is een speciale slijpschijf nodig.

Ter vergelijking: zeer hard en slijtvast staal, met een koolstofgehalte van 1,0gew%, heeft een Vickers-hardheid van 250 HV30. (van Mourik & van Dam, 2005)

De geleidingen zijn afkomstig van HIWIN® Lineartechnologie en worden standaard aangeleverd met lengte 4000mm. De vier verschillende typen geleiding die DamenCNC vervolgens op maat zaagt, hebben de kenmerken die staan in Tabel 1: Kenmerken Lineaire Geleidingen. (HIWIN, 2010)

Lineaire Geleiding HGR-R (Bevestiging van boven)							
Artikel	Breedte (mm)	Hoogte (mm)	Pitch (mm)	Schroef	Diameter 1 (mm)	Diameter 2 (mm)	Gewicht (kg/m)
HGR15R	15	15	60	M4	7,5	4,5	1,45
HGR20R	20	17,5	60	M5	9,5	6	2,21
HGR25R	23	22	60	M6	11	7	3,21
HGR30R	28	26	80	M8	14	9	4,47

Tabel 1: Kenmerken Lineaire Geleidingen



Figuur 1: HIWIN Geleiding

De geleidingen liggen bij DamenCNC in stellingen en worden op maat gezaagd met een eenvoudige opstelling. Dit is te zien in Figuur 2: Huidige Situatie DamenCNC. Jaarlijks worden er 5.200 zaagsneden gemaakt (dit zijn 2.800 geleidingen) op de manier zoals die te zien is in Figuur 3: Handmatig Zaagproces.



Figuur 2: Huidige Situatie DamenCNC



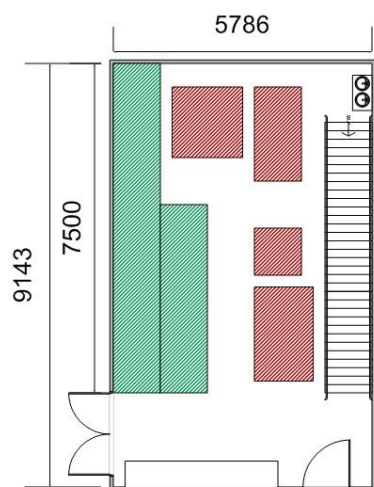
Figuur 3: Handmatig Zaagproces



Omdat de vraag naar deze geleidingen toeneemt, verwacht DamenCNC dat de productiecapaciteit binnen 5 jaar met een factor 10 moet toenemen. Daarnaast is het van belang om voor te blijven op de concurrentie. Om hieraan te voldoen, zal het productieproces geautomatiseerd moeten worden.

De huidige werkplaats biedt echter niet voldoende ruimte om het complete zaagproces en het magazijn volledig te automatiseren. Daarom bestaat deze afstudeeropdracht uit de automatisering van deelsystemen positionering, klemsysteem en scheidingsmethode. Het groene gebied uit Figuur 4: Plattegrond Werkplaats geeft de beschikbare ruimte weer.

Als een nieuwe, grotere werkplaats gevonden is, kan een volgende afstudeerder zich buigen over de automatisering van de overige deelsystemen.



Figuur 4: Plattegrond Werkplaats

Het zaagproces herbergt ook een aantal dieper liggende problemen. Om het proces efficiënter en minder tijdrovend te maken, dienen deze problemen opgelost te worden:

- Het zagen gebeurt handmatig, dus niet efficiënt;
- Omdat er momenteel veel training nodig is om de dure geleidingen foutloos te zagen, kan er maar een beperkt aantal mensen met de machine werken. Dit komt de gebruiksvriendelijkheid niet ten goede;
- De geleidingen bevatten een gatenpatroon, dat een variërende pitch heeft per type geleiding. Het foutloos instellen van de gewenste lengtes is een tijdrovend proces;
- De geleidingen zijn gemaakt van gehard staal, waardoor het huidige vermogen onvoldoende is, om grotere types geleidingen te zagen;
- De huidige zaagmethode veroorzaakt veel bramen, waardoor grove nabewerking nodig is. Hierdoor is het niet mogelijk om meerdere geleidingen nauwkeurig aan elkaar te schakelen;
- Het zaagproces veroorzaakt veel spanen en warmte. Zonder enige vorm van afscherming worden deze nu verspreid door de werkplaats.

§2.2: SWOT Analyse Nieuwe Machine

Met de automatisering van dit proces zijn een aantal invloeden gemoeid. Deze worden gecategoriseerd met behulp van een zogenaamde SWOT analyse.

	<i>Positief</i>	<i>Negatief</i>
<i>Intern</i>	<u>Strengths</u>	<u>Weaknesses</u>
	- Specifieke kennis aanwezig in bedrijf - Specifieke software voorhanden in bedrijf - Betrokken medewerkers - Er is budget voor de bouw van de machine - De bouw van de machine kan gelijk beginnen	- Geen proefproject - Geen optie op verkoop - Hoge investeringskosten - De machine functioneert niet goed - De machine zorgt niet voor een verhoging van de productiecapaciteit
<i>Extern</i>	<u>Opportunities</u>	<u>Threats</u>
	- Concurrentie heeft geen vergelijkbare machine - De eindgebruiker is beschikbaar voor feedback - Kwaliteit eindproduct neemt toe - De productiecapaciteit wordt verhoogd	- Er is geen machine om mee te vergelijken - Lange ontwikkelingsduur - Concurrent komt eerder met een vergelijkbare machine - De vraag wordt te groot voor het bedrijf - Vraag neemt af

Tabel 2: SWOT Analyse

§2.3: Pakket van Eisen

De harde en zachte eisen waaraan het uiteindelijke ontwerp aan moet voldoen, worden beschreven in het Pakket van Eisen. Dit pakket bevat ook een aantal wensen vanuit DamenCNC die, voor zover mogelijk, behartigd dienen te worden. Deze wensen spelen geen bepalende rol tijdens het ontwerpproces.

Harde Eisen

- De machine moet geleidingen van maximaal 4,0m kunnen zagen
- De lengte van de complete machine bedraagt maximaal 7,5m
- De machine voldoet aan de algemene machinerichtlijn 2006/42/EG
- De machine voldoet aan de laagspanningsrichtlijn 2006/95/EG
- De positie van de zaagsnede mag maximaal 0,1mm afwijken
- Het aantal te zagen geleidingen bedraagt 2.800 stuks/jaar

Zachte Eisen

- De besturing van het proces is van DamenCNC afkomstig
- De motion control onderdelen zijn van DamenCNC afkomstig
- De machine is opgebouwd uit 3 modules: aanvoer / zagen / afvoer
- De machine moet verplaatsbaar zijn

Wensen

- De kwaliteit van de zaagsnede doet geen afbreuk aan de maatnauwkeurigheid
- De 2D werktekeningen zijn klaar voor de productieafdeling
- Er wordt een werkend prototype van het ontwerp gemaakt
- Het aantal te zagen geleidingen bedraagt 28.000 stuks/jaar
- De machine is aanpasbaar voor andere materialen en producten
- Machineonderdelen liefst zo veel mogelijk bij bekende leveranciers bestellen
- Korte levertijden van werkbare onderdelen zijn wenselijker dan perfecte onderdelen met een lange levertijd

Hoofdstuk 3 : Functieanalyse

Voordat de conceptfase ingaat, is het van belang inzicht te krijgen in het proces. Een grondige functieanalyse is een bepalende richtlijn voor het aantal mogelijke oplossingen voor het ontwerp. Hetzelfde geldt voor de berekeningen.

§3.1: Huidige Productieproces

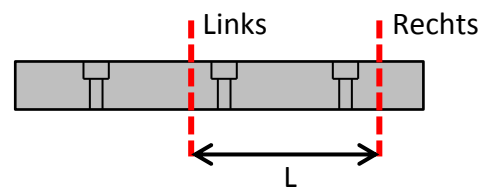
Om een beeld te krijgen van de te automatiseren productiestappen, is het huidige productieproces stap voor stap in kaart gebracht in Tabel 3: Handelingen Huidig Zaagproces.

Handeling	Nr.
Transport van opslag naar zaagtafel	1
Plaatsing op zaagtafel	2
Detectie type rails	3
Positionering voor zaagsnede rechts	4
Klemming voor zaagsnede rechts	5
Zaagproces	6
Afvoer spanen en warmte	7
Klemming lossen	8
Positionering voor zaagsnede links	9
Klemming voor zaagsnede links	10
Zaagproces	11
Afvoer spanen en warmte	12
Klemming lossen	13
Verwijdering van zaagtafel	14
Transport van zaagtafel naar afbramen	15
Positionering voor afbramen rechts	16
Klemming voor afbramen rechts	17
Afbraamproces	18
Klemming lossen	19
Positionering voor afbramen links	20
Klemming voor afbramen links	21
Afbraamproces	22
Klemming lossen	23
Reiniging	24
Transport van afbramen naar opslag	25

Tabel 3: Handelingen Huidig Zaagproces

De afstudeeropdracht omvat de stappen 4 t/m 13. Voordat de overige stappen geautomatiseerd kunnen worden, is een uitbreiding van de werkplaats nodig.

Tijdens het ontwerpproces van deze stappen moet er rekening worden gehouden met het Pakket van Eisen. De zachte eis met betrekking tot het gebruik van zoveel mogelijk eigen producten en ontwerpen, beperkt de ontwerp vrijheid in zekere mate. Dit garandeert wel een snelle realisatie van de machine, maar zal bij sommige deelontwerpen niet resulteren in een perfecte oplossing.

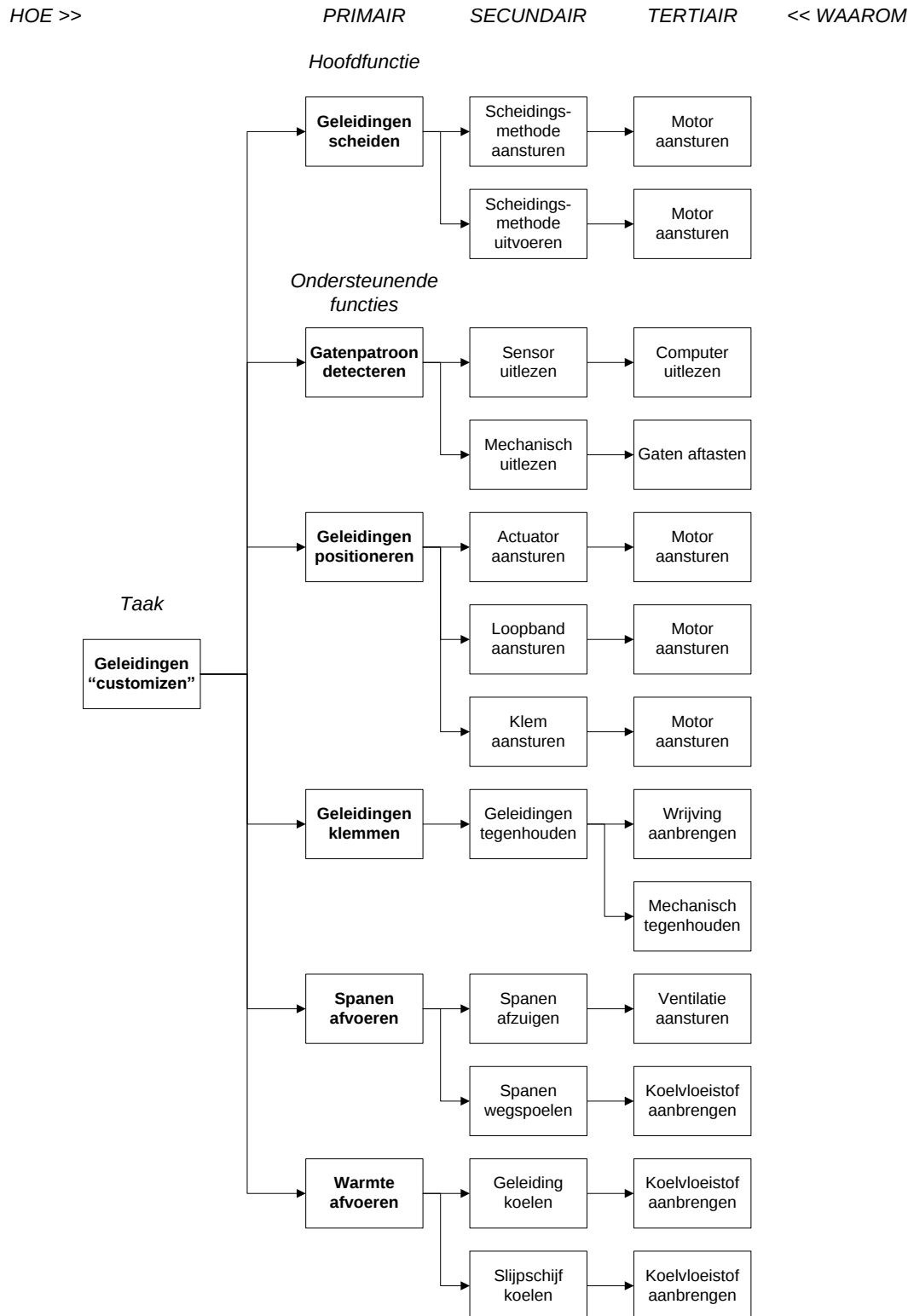


Figuur 5: Positie zaagsnede

§3.2: FAST Analyse

Een functieanalyse van de te automatiseren processtappen is te zien in Figuur 6: FAST Analyse. Hierbij wordt gekeken naar de mogelijke oplossingen voor de verschillende procesfuncties. De figuur kan op twee manieren gelezen worden:

- Van links naar rechts: "HOE?"
- Van rechts naar links: "WAAROM?"



Figuur 6: FAST Analyse

Hoofdstuk 4 : Conceptfase

De conceptfase is gesplitst in twee delen: het eerste deel behandelt de scheidingsmethode en het koelsysteem, het tweede deel de positionering en het klemsysteem.

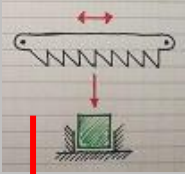
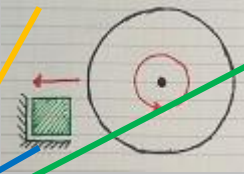
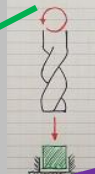
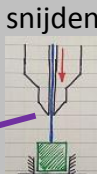
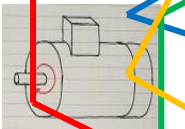
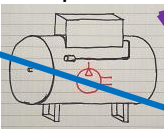
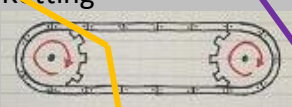
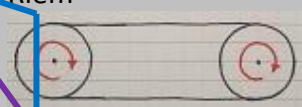
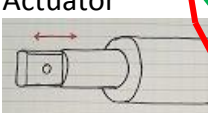
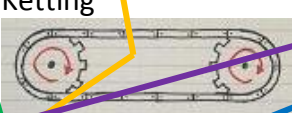
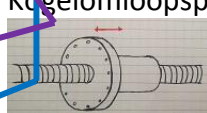
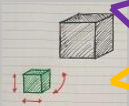
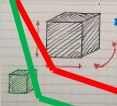
De verschillende concepten zijn verkregen door gebruik te maken van een morfologisch overzicht. Daarnaast is het Pakket van Eisen omgezet in een aantal toetsbare eisen met een bijbehorende weegfactor. Het concept met de hoogste score wordt in Hoofdstuk 5 : Het Ontwerp uitgewerkt.

§4.1: Scheidingsmethode en Koeling

De belangrijkste functie van de nieuwe machine is het op maat maken van de geleidingen. De keuze voor een ideale scheidingsmethode is bepalend voor de kwaliteit en benodigde nabewerking van de geleidingen. Een koelsysteem zal een positieve bijdrage leveren aan de kwaliteit van de zaagsnede.

Morfologisch Overzicht

Gezien de grote hoeveelheid verschillende mogelijke oplossingen voor de automatisering van het productieproces, worden deze niet allemaal weergegeven. In Tabel 4: Morfologisch Overzicht van Scheidingsmethode en Koeling worden alleen relevante oplossingen weergegeven, die een haalbaar concept kunnen vormen.

Deelfuncties	Mogelijke Oplossingen			
Scheidingsmethode	Zagen 	Doorslijpen 	Frezen 	Waterstraal snijden 
Aandrijving	Elektromotor 	Compressor 		
Overbrenging	Tandwiel 	Ketting 	Riem 	
Aansturing	Actuator 	Ketting 	Kogelomloopspindel 	
Beweging	Werkstuk 	Verktuig 		
Koeling	Olie 	Water 	Emulsie 	Lucht 

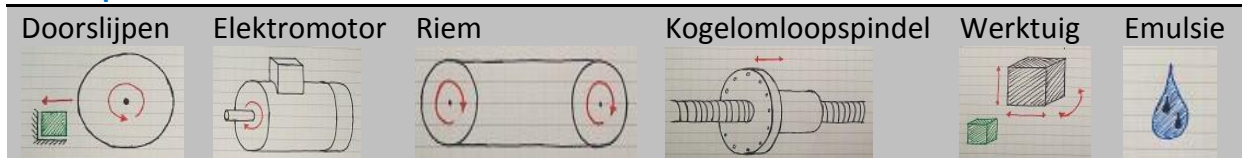
Tabel 4: Morfologisch Overzicht van Scheidingsmethode en Koeling

Concepten

Met behulp van het morfologisch overzicht zijn vijf verschillende concepten samengesteld. Per concept volgen er een korte samenvatting en een aantal positieve en negatieve punten.

Concept 1	
Concept 2	
Concept 3	
Concept 4	
Concept 5	

Concept 1



Figuur 7: Concept 1 – Doorslijpen 1

Een speciale slijpschijf wordt door een elektromotor via een tandriem aangedreven. Een ontwerp van DamenCNC, dat gebruik maakt van kogelomloopspindels, zal de schijf bewegen. Een koel emulsie zorgt ervoor dat de temperatuur van het werkstuk niet te hoog oploopt en dat spanen worden afgevoerd.

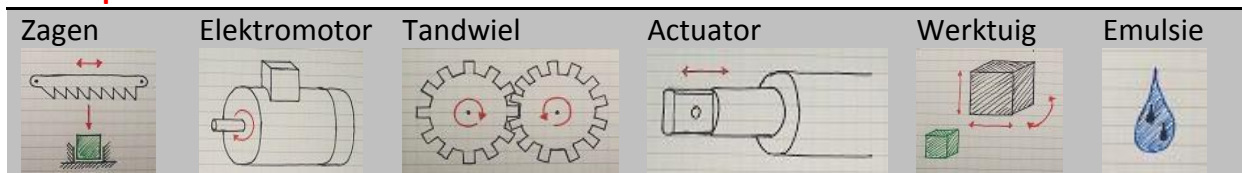
Positief

- Maatnauwkeurigheid 0,05mm
- Productiesnelheid tot 1,0m/s (Kals et al., 2007; Muhs, Wittel, Becker, Jannasch, & Vossiek, 2005)

Negatief

- Slijpschijf moet regelmatig vervangen worden

Concept 2



Figuur 8: Concept 2 – Zagen

Een lintzaag wordt met actuatoren door de geleidingen gevoerd. Vanwege de hoge wrijvingskrachten die optreden, dient het koelsysteem een hoog debiet te hebben.

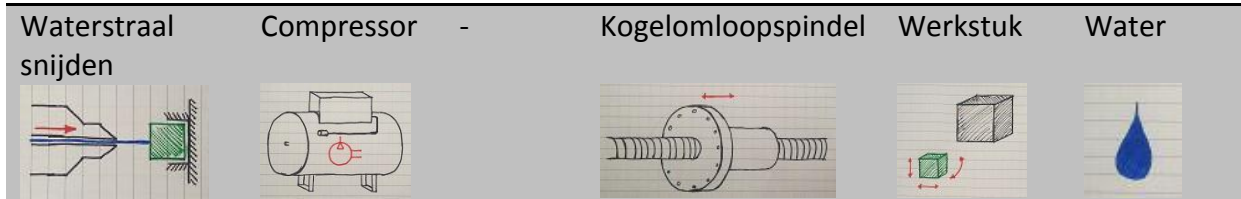
Positief

- Geen beperkingen met betrekking tot de dikte van het product
- Warmte beïnvloedde zone <0,1mm vanwege goede mogelijkheid tot koeling

Negatief

- Maatnauwkeurigheid >0,3mm
- Productiesnelheid tot 0,05m/s (Kals et al., 2007; Muhs et al., 2005)

Concept 3



Figuur 9: Concept 3 – Waterstraal snijden

Een krachtige compressor of hogedrukpomp zorgt voor voldoende druk om het werkstuk te kunnen snijden met een waterstraal. Om dit proces eenvoudiger en sneller te laten verlopen, wordt er grit aan het water toegevoegd.

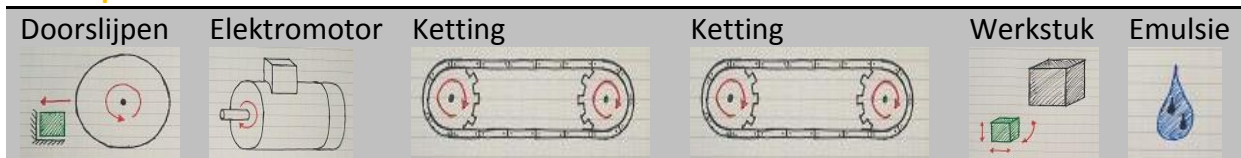
Positief

- Vrijwel geen braamvorming
- Geen warmte beïnvloedde zone

Negatief

- Grootte van de machine
- Productiesnelheid tot 0,08m/s (Kals et al., 2007; Muhs et al., 2005)

Concept 4



Figuur 10: Concept 4 – Doorslijpen 2

Concept 4 komt vrijwel overeen met het eerste concept, het verschil zit in de overbrenging en de aansturing. In plaats van de gebruikelijke oplossingen van DamenCNC, wordt gebruik gemaakt van kettingoverbrengingen.

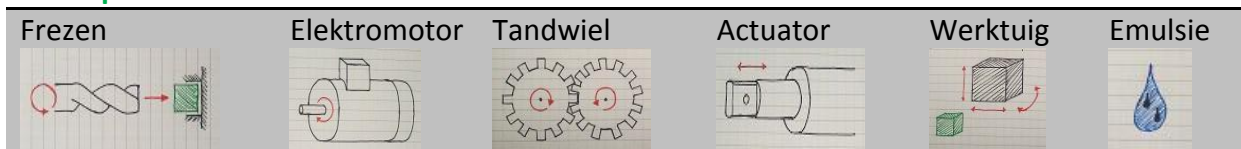
Positief

- Zie Concept 1

Negatief

- Onderhoudsvriendelijkheid kettingoverbrenging
- Slijpschijf moet regelmatig vervangen worden

Concept 5



Figuur 11: Concept 5 – Frezen

Gewoonlijk wordt frezen niet gebruik als scheidingsmethode, maar door de kennis en ervaring van DamenCNC is het geen ondenkbare oplossing. Een elektromotor drijft de frees aan, waarna een actuator voor de beweging van het werktuig zorgt.

Positief

- Maatnauwkeurigheid 0,05mm (Kals et al., 2007; Muhs et al., 2005)

Negatief

- Flexibiliteit ten opzichte van andere (grotere) producten
- Groot zaagverlies door brede freessnede

Keuzebepaling via Pakket van Eisen

Een aantal toetsbare eisen met hun bijbehorende weegfactor worden weergegeven in Tabel 5: Verdeling Weegfactor.

	Weegfactor
Maatnauwkeurigheid	3
Productiesnelheid	3
Onderhoud	2
Flexibiliteit	2
Omvang	1
Energieverbruik	1
Milieubelasting	1

Tabel 5: Verdeling Weegfactor

Uit Tabel 6: Keuzebepaling Scheidingsmethode en Koeling valt af te lezen dat Concept 1 als beste concept uit de keuzebepaling naar voren komt. De belangrijkste redenen voor het afvallen van de overige concepten zijn:

- Concept 2: maatnauwkeurigheid
- Concept 3: productiesnelheid
- Concept 4: onderhoudsvriendelijkheid
- Concept 5: flexibiliteit

	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
Score	4,0	3,2	2,3	3,5	3,4
Nummer	1	4	5	2	3

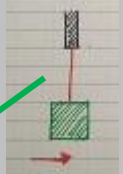
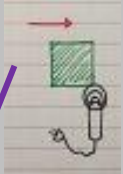
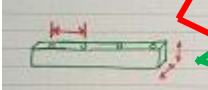
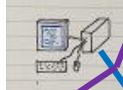
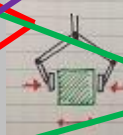
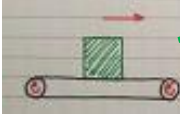
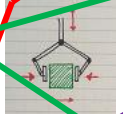
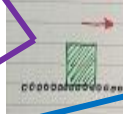
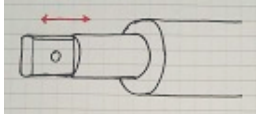
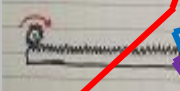
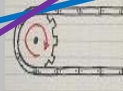
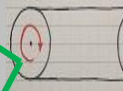
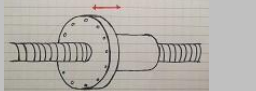
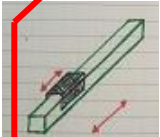
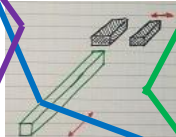
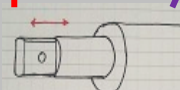
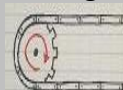
Tabel 6: Keuzebepaling Scheidingsmethode en Koeling

Het totaaloverzicht van de keuzebepaling is terug te vinden in Bijlage A: Keuzetabel Scheidingsmethode en Koeling.

§4.2: Positionering en Klemsysteem

Door ruimtegebrek in de werkplaats, worden alleen compacte oplossingen voor de positionering en voor het klemsysteem behandeld in deze paragraaf. Er worden alleen eenvoudig te realiseren concepten genoemd. Dit beïnvloedt de uiteindelijke ontwerpvrijheid echter nauwelijks.

Morfologisch Overzicht

Deelfuncties	Mogelijke Oplossingen			
Detectiemethode	Mechanisch 	Optisch 	Laser 	Inductie 
Type herkenning	Kenmerken herkennen 		Handmatig invoeren 	
Geleiding grijpen	Vacuüm 	Haak 	Klem 	Pin 
Geleiding verplaatsen	Loopband 	Grijparm 	Rollenbaan 	Actuator 
Aansturing	Tandheugel 	Ketting 	Riem 	Kogelomloopspindel 
Klemsysteem	Geïntegreerd 	Losstaand 		
Krachtoverbrenging	Actuator 	Ketting 	Tandwiel 	Kogelomloopspindel 

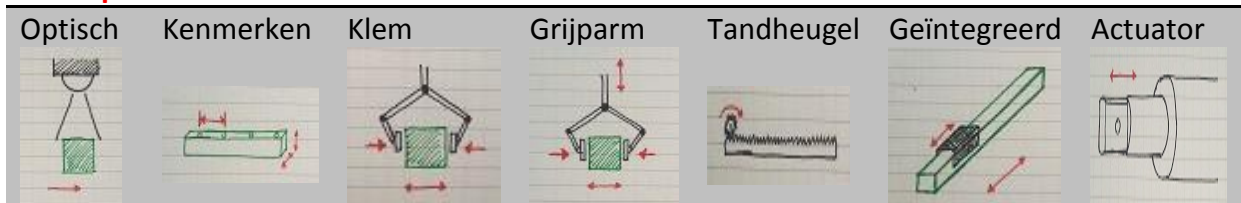
Tabel 7: Morfologisch Overzicht van Positionering en Klemsysteem

Concepten

Met behulp van het morfologisch overzicht zijn vier verschillende concepten samengesteld. Per concept volgen er een korte samenvatting en een aantal positieve en negatieve punten.

Concept 6	
Concept 7	
Concept 8	
Concept 9	

Concept 6



Figuur 12: Concept 6 – Gripparm

Een optische sensor herkent het gatenpatroon en daarmee het type geleiding. Vervolgens pakt een gripparm met geïntegreerde klem de geleiding en positioneert deze over een tandheugel.

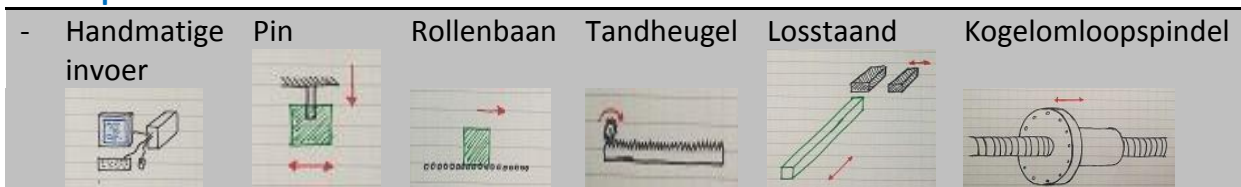
Positief

- Flexibiliteit door gripparm
- Volledig geautomatiseerd

Negatief

- Detectie gevoelig voor vuil uit werkplaats

Concept 7



Figuur 13: Concept 7 – Pin + Rollenbaan

Het automatisch herkennen van het type geleiding wordt nog niet doorgevoerd in dit ontwerp. Voordat een batch van een bepaald type op maat gemaakt gaat worden, wordt het type ingegeven in een computer. Een pin grijpt in een gat van de geleiding en positioneert deze over een rollenbaan. Een door een kogelomloopspindel aangedreven, losstaande, klem houdt de geleiding op zijn plek voor de bewerking.

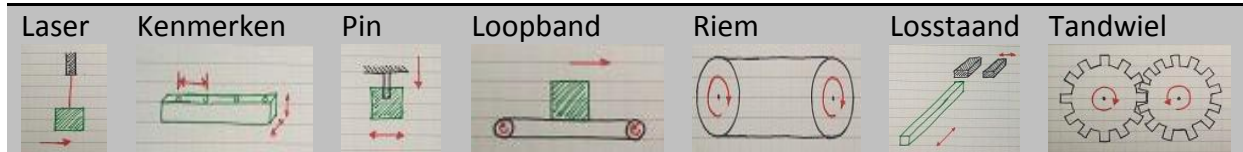
Positief

- Voorgeprogrammeerde afmetingen, dus hoge maatnauwkeurigheid
- Veel bestaande ontwerpen van DamenCNC bruikbaar

Negatief

- Niet volledig geautomatiseerd, handmatige invoer laat ruimte voor fouten

Concept 8



Figuur 14: Concept 8 – Pin + Loopband

Een laserscansysteem neemt de kenmerken van de geleidingen waar. Een pin begeleidt deze vervolgens, terwijl de geleidingen met een loopband gepositioneerd worden. Een tandwiel aangedreven, losstaand, klemsysteem zorgt ervoor dat de geleiding niet kan bewegen tijdens het doorslijpen.

Positief

- Volledig geautomatiseerd

Negatief

- Detectie gevoelig voor vuil
- Loopband gevoelig voor scherpe randen van geleidingen

Concept 9



Figuur 15: Concept 9 – Haak + Rollenbaan

Een inductieve sensor neemt de positie van de geleidingen weer. Het type wordt vooraf ingevoerd in een computer, waarna de geleiding met een haak over een rollenbaan gepositioneerd kan worden. Een module met actuator zorgt voor de klemming van de geleidingen.

Positief

- Kleine omvang detectiesysteem

Negatief

- Detectie gevoelig voor vuil
- Flexibiliteit van haak

Keuzebepaling via Pakket van Eisen

De keuze tussen de vier concepten berust op dezelfde eisen en weegfactorverdeling, zoals die te vinden is in Tabel 5: Verdeling Weegfactor.

Concept 7 heeft de hoogste score weten te bemachtigen na invullen van de keuzetabel uit Bijlage B: Keuzetabel Positionering en Klemsysteem en zal verder uitgewerkt worden.

Omdat de werkplaats (nog) geen stofvrije en schone omgeving is, kunnen de detectiesystemen op den duur hun hoge maatnauwkeurigheid verliezen. Dit vergroot de kans op een te lage maatnauwkeurigheid, waardoor deze concepten afvallen voor het eindontwerp.

Wanneer het volledige productieproces geautomatiseerd gaat worden, kan een (combinatie) van de drie detectiemethoden geïmplementeerd worden.

	Concept 6	Concept 7	Concept 8	Concept 9
Score	4,4	4,8	4,5	4,4
Nummer	3	1	2	3

Tabel 8: Keuzebepaling Positionering en Klemsysteem

Hoofdstuk 5 : Het Ontwerp

Uit Hoofdstuk 4 : Conceptfase zijn twee concepten naar voren gekomen voor twee deelsystemen. Deze concepten worden in dit hoofdstuk samengevoegd en verder uitgewerkt.

De wens van DamenCNC om zoveel mogelijk eigen ontwerpen/producten te gebruiken en zoveel mogelijk bekende leveranciers voor de overige onderdelen te contacteren, ten einde een snelle realisatie van de machine af te dwingen, is zeer bepalend geweest voor het ontwerpproces.

Een foutloos en ideaal ontwerp is ondergeschikt aan deze wens, vanwege de hoge investeringskosten en de lange opleveringstijd dat zulk een ontwerp met zich meebrengt.

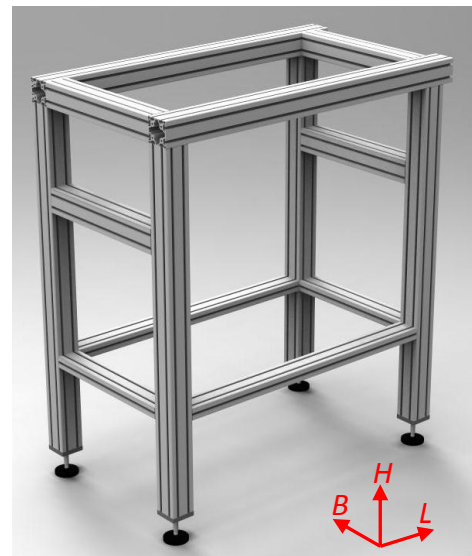
§5.1: Frame en Beveiliging

De basis van elke machine van DamenCNC bestaat uit een frame van aluminium profielen. Het ITEM 80x80L profiel is hun standaard variant en ontworpen om buigingskrachten en torsiekrachten te weerstaan.

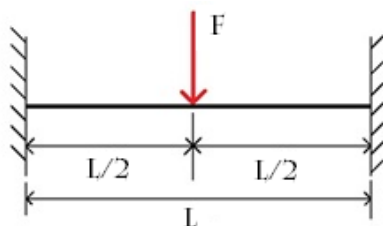
Als het frame uit Figuur 16: Ontwerp Frame correct gemonteerd wordt, is het vrijwel spelingsvrij. Aanvullende ITEM 40x80L tussenliggers aan de onderkant zorgen voor extra stijfheid van het frame.

Frame: $L * B * H(mm) = 1150 * 660 * 1330$

De machine komt in een werkplaats te staan, waar andere producten in hoge stellingen liggen. De kans is aanwezig dat een werknemer besluit op het frame te gaan staan om een van deze producten beter te kunnen pakken. Het frame is berekend op deze doorbuiging volgens (ITEM, 2012):



Figuur 16: Ontwerp Frame



Figuur 17: Doorbuiging bij belasting 100kg

$$f = \frac{F * L^2}{192 * E * I * 10^4} = \frac{981 * 990^2}{192 * 70000 * 187,7 * 10^4}$$

$$f = 0,04mm$$

Het gebruik van stelvoeten biedt de mogelijkheid om de machine tot een hoogteverschil van 80mm waterpas te zetten.

De automatisering van het productieproces vergroot de kans op letsel bij een werknemer. Waar een werknemer het huidige proces letterlijk zelf in de hand heeft, heeft hij bij de nieuwe machine veel minder invloed op de beweging van sommige onderdelen. Een beveiligingssysteem moet deze kans op letsel voorkomen.

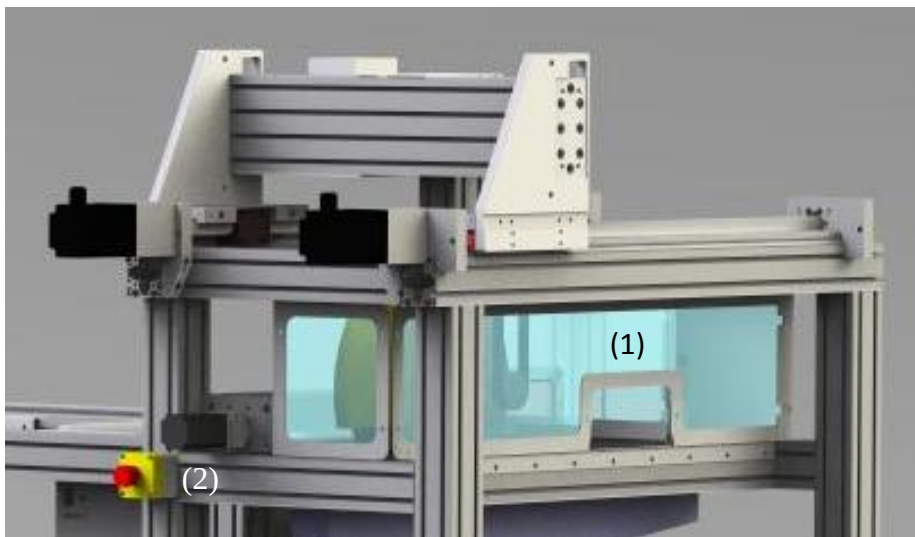
Platen van polycarbonaat - Lexan - schermen het doorslijpproces af voor werknemers en ze schermen de werkplaats af voor spanen en koelvloeistof. Als er onderhoud gepleegd moet worden, de slijpschijf verwisseld moet worden of als de machine onverhoopt vastloopt, kunnen de platen verwijderd worden. Deze platen zijn slagvast, zelfdovend en praktisch onbreekbaar. Daardoor worden ze veel gebruikt in veiligheidsbeglazing (Stout, 2011).

Voor het geval dat een noodstop van de machine nodig is, is er een noodstopknop geplaatst op het frame en bevindt zich onder de aanvoer een voetenstop.

Verder zijn alle motion control modules uitgerust met een inductieve sensor. Op elk ITEM profiel waar zulk een module op bevestigd is, wordt ook een extra pin gemonteerd. De locatie van de pin geeft het einde van het traject van de module aan. Als de sensor deze pin waarneemt, zal de module onmiddellijk stoppen. Zo wordt een botsing tussen verschillende deelsystemen voorkomen.

De polycarbonaatplaten, de aansturing, de noodstoppen en het gehele elektrische circuit zijn met elkaar verbonden via een 'Normally Closed' systeem (zie Figuur 18: Polycarbonaat (1) en Noodstop (2)). Dit houdt in dat de machine wordt stopgezet als:

- De noodstop wordt ingedrukt;
- De voetenstop wordt ingedrukt;
- Een elektriciteitskabel breekt;
- De platen van polycarbonaat worden verwijderd;
- De besturing faalt of wordt uitgezet.



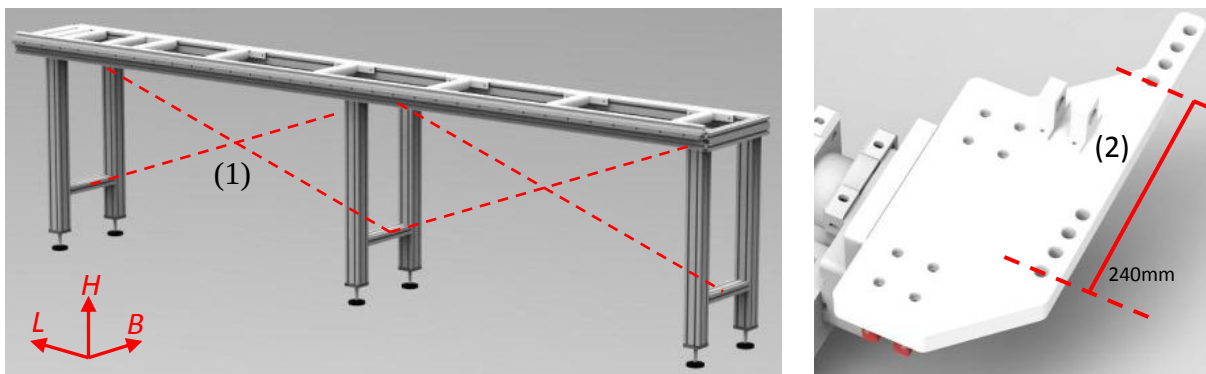
Figuur 18: Polycarbonaat (1) en Noodstop (2)

§5.2: Aanvoer

De basis van de aanvoer wordt, net als het frame, opgebouwd uit ITEM 80x80L profielen met bijbehorende stelvoeten. Met behulp van deze stelvoeten kan de aanvoer waterpas op de doorvoer van het doorslijpproces gemonteerd worden. Stijfheid wordt aan het frame toegevoegd met behulp van snaren (1). Deze worden in een kruisvorm tussen de staanders gespannen. Het principe is te zien in Figuur 19: Aanvoer en SlidePlate.

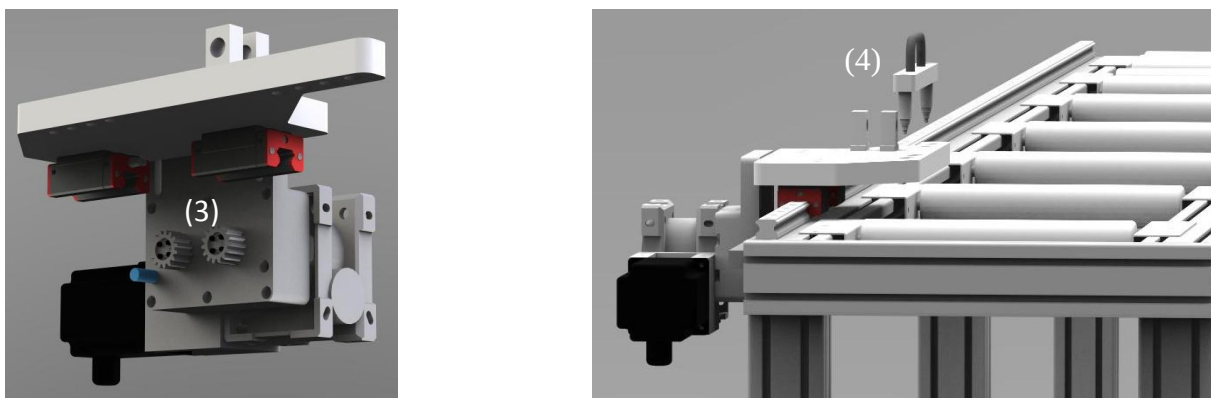
Aanvoer: $L * B * H(mm) = 4000 * 500 * 1000$

De rollenbaanrollen worden op dit frame bevestigd met behulp van nieuw ontworpen montageplaten. Deze platen bieden houvast aan 1-3 rollen. Het aantal rollen per meter neemt toe richting het doorslijpproces. Dit zorgt ervoor dat de geleidingen, die door het proces steeds korter worden, voldoende ondersteund blijven.



Figuur 19: Aanvoer en SlidePlate

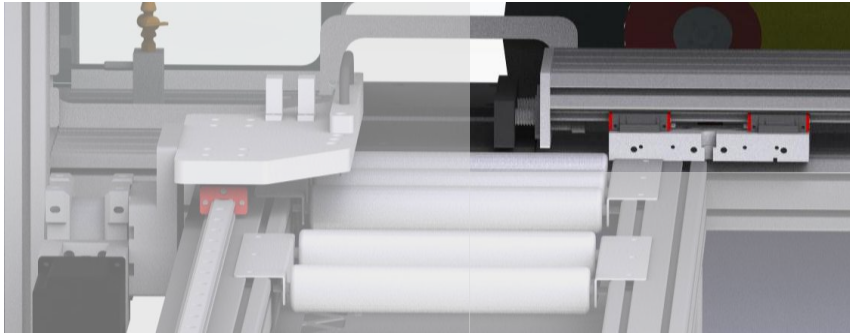
De positionering van de geleidingen wordt gerealiseerd met een aanpassing aan het 'DCNC LSM 80x80L Rack & Pinion'-ontwerp. Deze 'linear motion'-module beweegt met twee tandwielen (2) spelingsvrij langs een tandheugel met een maatnauwkeurigheid van 0,1mm. Om de geleidingen te kunnen positioneren is het ontwerp van de gebruikelijke 'SlidePlate' aangepast en is er een nieuw systeem ontworpen om de geleidingen met deze SlidePlate mee te voeren. In de SlidePlate worden een 8-tal gaten geboord (3) met een pitch van 240mm. Zodoende kan een handvat met twee speciaal ontworpen pinnen (4) zowel de geleidingen met een pitch van 60mm, als de geleidingen met een pitch van 80mm pakken. De gaten zijn zo uitgelijnd, dat elk type geleiding exact langs de aanslag voor het doorslijpproces wordt gevoerd. (DamenCNC, 2011)



Figuur 20: Positionering

§5.3: Klemsysteem

Het klemsysteem moet uiteindelijk 56.000 keer per jaar in actie komen. Een ontwerp van DamenCNC dat zoveel lineaire bewegingen aankan, is een Z-as die normaal gesproken voor freesmachines gebruikt wordt. Met een aantal aanpassingen gaat deze Z-as fungeren als klemsysteem.

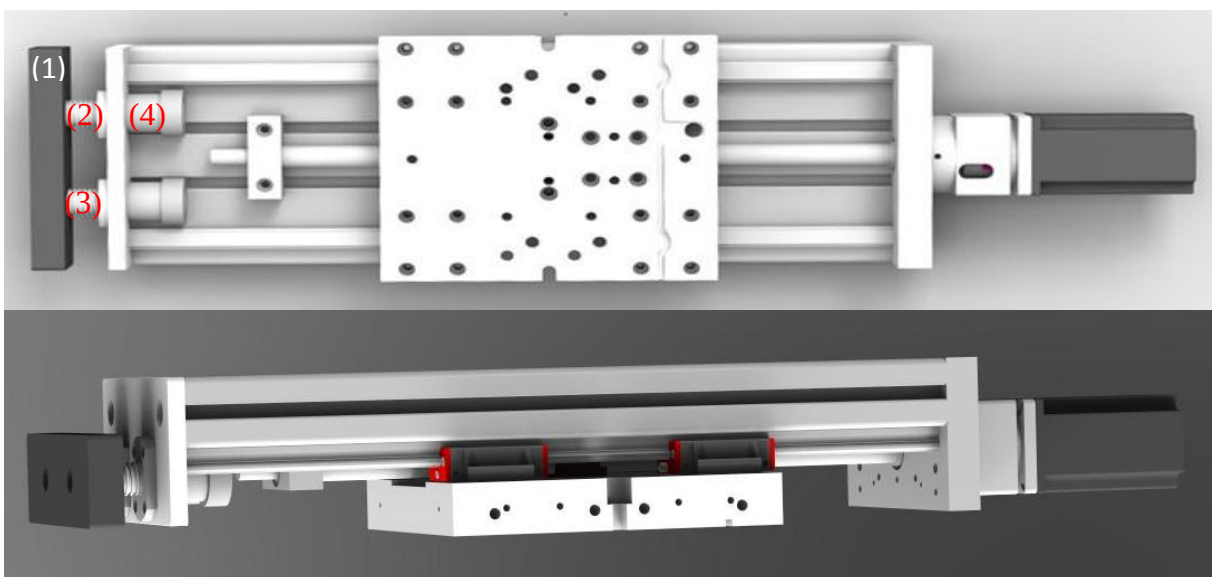


Figuur 21: Klemsysteem

De aanpassingen bestaan uit het toevoegen van een extra systeem aan de Z-as. Aan de 'EndPlate' wordt een veerelement toegevoegd, dat wordt ingedrukt als de geleiding geklemd wordt.

Met CNC kun je heel eenvoudig een afstand inprogrammeren. Om de geleiding met een bepaalde druk te klemmen, wordt de klemmodule 10mm verder dan nodig gestuurd om voorspanning in de veren te krijgen. De gekozen veer heeft een veerconstante $P/f = 6,97N/mm$. (Amatec, 2012). Omdat twee veren parallel worden geschakeld, wordt de veerconstante opgeteld en zal deze $P/f = 13,94N/mm$ bedragen. De druk die op de geleiding wordt uitgeoefend bij 10mm indrukking, bedraagt dan: $F = 139,4N$. Wanneer de module zonder veersysteem kracht zou uitoefenen, zou de stappenmotor overslaan. Na verloop van tijd zou het systeem kapot gaan (Muhs et al., 2005).

De veerplaat (1) is gemaakt van Delrin. Dit is een technisch kunststof dat een slijtvast en zelfsmerend oppervlak heeft (Stout, 2012). Hieraan worden twee standaard 16mm assen (2) bevestigd, waaromheen de veren (3) zitten. Dit veersysteem wordt geleid met twee flenzen (4) voor lineaire bewegingen.

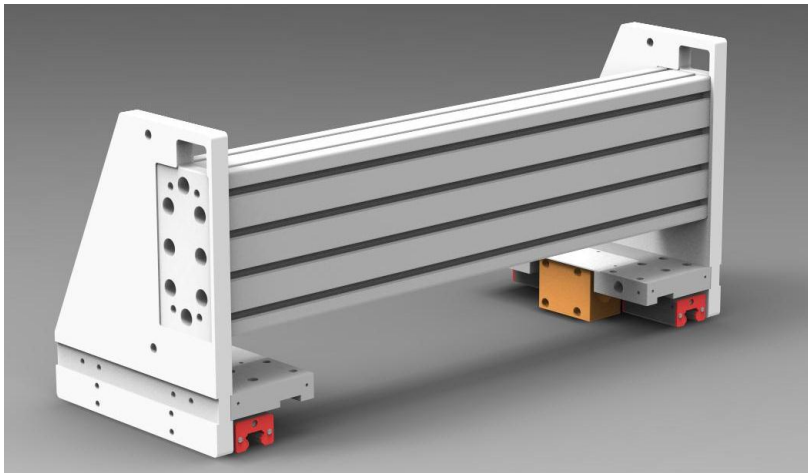


Figuur 22: Onderaanzicht en Zijaanzicht Klemsysteem

§5.4: Brug en Doorslijpsysteem

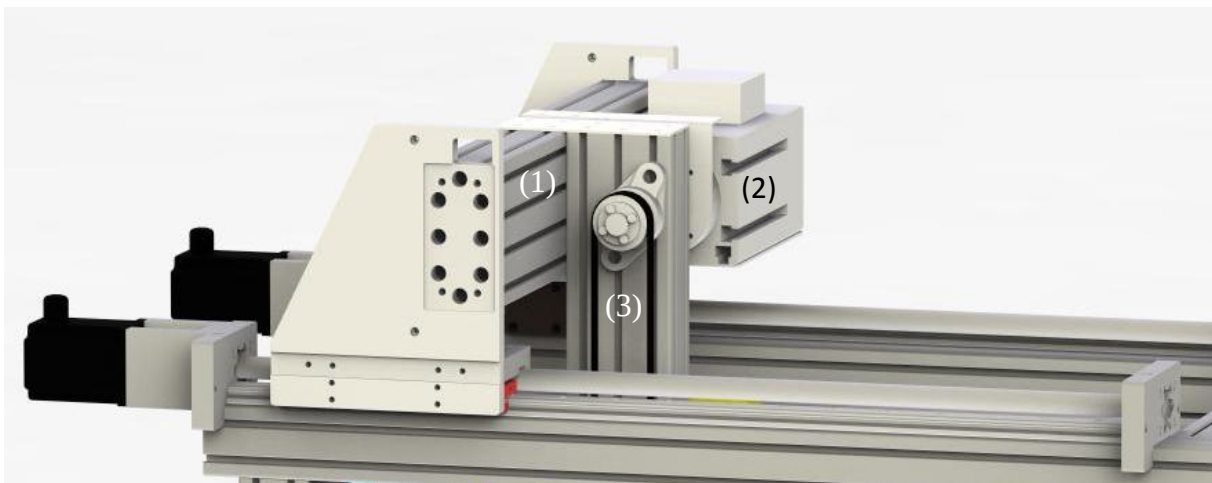
De kogelomloopspindels en geleidingen die de voortstuwing en geleiding van de slijpschijf gaan verzorgen, hebben een maatnauwkeurigheid van minimaal 0,1mm. Om deze maatnauwkeurigheid niet nadelig te beïnvloeden, dienen de onderdelen zo min mogelijk in contact te komen met de spanen die voortkomen uit het doorslijpproces.

De eenvoudigste oplossing voor dit probleem, is het plaatsen van deze onderdelen bóven de slijpschijf. Hier kan een standaard brug van DamenCNC voor gebruikt worden (zie Figuur 23: Brug).

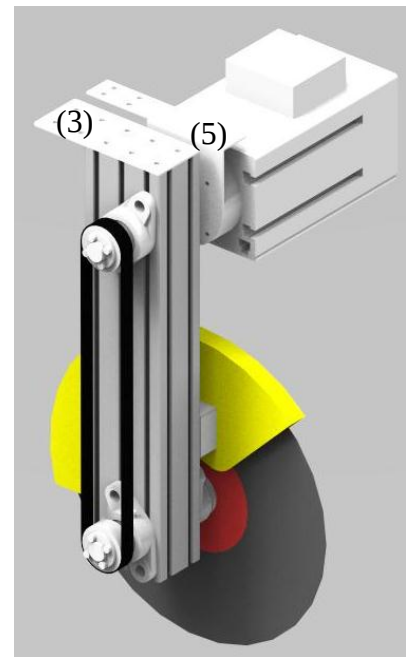
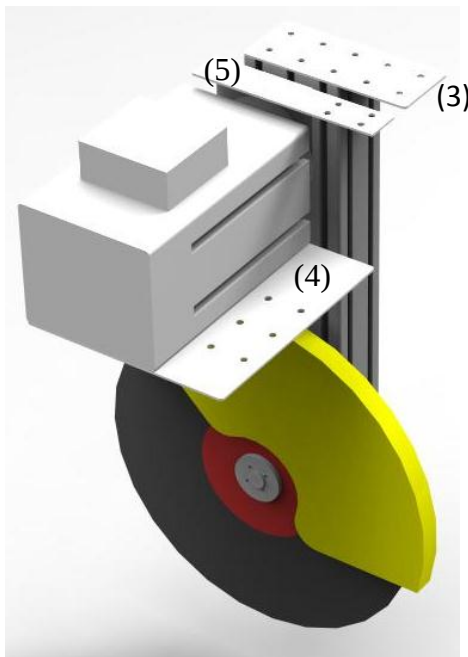


Figuur 23: Brug

Aan het ITEM 80x160L profiel (1) worden de motor (2) voor de aansturing van de slijpschijf en het ITEM 80x120L profiel (3), dat als arm dient waar de slijpschijf aan hangt, bevestigd.



Figuur 24: Montage Brug + Arm en Aandrijving



Figuur 25: Arm met Motor, Slijpschijf en Montageplaten

De motor en arm worden met bouten en moeren verbonden aan de brug. Om extra stevigheid toe te voegen en om momentkrachten en torsiekrachten tegen te werken, zijn een drietal montageplaten ontworpen:

1. Montageplaat tegen momentkrachten op de arm (3)
2. Montageplaat als extra ondersteuning voor de motor (4)
3. Montageplaat tegen torsiekrachten bij het afremmen van de motor (5)

Deze worden vervaardigd uit standaard plaatstaal met een dikte $d(mm) = 3$, net als andere montageplaten die bij DamenCNC gebruikt worden.

Slijpschijf

Momenteel worden niet de ideale slijpschijven gebruikt. Deze schijven zijn gemaakt om staal te slijpen dat niet voorzien is van een verharde buitenste laag. Zodoende wordt er per dag dat de machine in gebruik is, één slijpschijf opgebruikt. Op lange termijn lopen de kosten hoger op dan nodig, daarom is er onderzoek gedaan naar een betere slijpschijf.

Het huidige droog slijpen levert bij te hoge snijsnelheden brandvlekken op aan de slijpsnede. Om dit te voorkomen zal er gewerkt worden met koelvloeistof. Om ervoor te zorgen dat voldoende koelvloeistof op de schijf kan komen, wordt de omtreksnelheid gelimiteerd op $v_o = 50.000mm/s$ (Kals et al., 2007).

Struers is de grootste fabrikant ter wereld van verbruiksmaterialen voor metallografische preparatie, onderdeel hiervan zijn doorslijpschijven. Om een product met een Vickers-hardheid van 760 HV30 door te slijpen, raden zij CBN (kubisch boriumnitride) aan als korrelmateriaal. Het bindmiddel dat deze korrels bijeen houdt is bakeliet. De standaard schijf heeft het typenummer B0C41, deze is het eenvoudigst te verkrijgen als er een nieuwe nodig is. (Struers, 2010)

*Slijpschijf CBN: $D1 * d * D2(mm) = 406 * 1,8 * 32$*

Motorkeuze

Om met deze schijf de juiste omtreksnelheid te behalen, moet de motor het volgende toerental kunnen leveren:

$$n = \frac{v_o}{\pi * D1} * 60 = \frac{50.000}{\pi * 406} * 60 \approx 2.400rpm$$

Het gebruik van de CBN schijven voor andere producten en materialen is niet nodig, de huidige schijven volstaan voor dit doeleinde. Deze schijven hebben volgende diameters (Tyrolit, 2012):

$$D1_{ongebruikt}(mm) = 230$$

$$D1_{gebruikt}(mm) = 175$$

Het toerental dat de motor tot het einde moet kunnen leveren met de juiste omtreksnelheid, volgt uit:

$$n = \frac{v_o}{\pi * D1} * 60 = \frac{50.000}{\pi * 175} * 60 \approx 5.500rpm$$

Voordat een elektromotor gekozen kan worden om deze schijven aan te drijven, moet het benodigde slijpvermogen berekend worden. Dit vermogen moet overgebracht kunnen worden van minimaal $n = 2.400rpm$ tot maximaal $n = 5.500rpm$.

Dit benodigde snijvermogen wordt berekend volgens:

$$P_c(W) = a * v_w * p_c * b_s$$

Er zijn geen standaard waarden voor a en p_c . Deze waarden zijn bepaald uit de huidige opstelling. De uitwerking van deze formule en een tabel met eigenschappen van de gekozen motor, zijn te vinden in Bijlage C: Vermogensberekening en Motorkeuze. (Kals et al., 2007)

De ideale motor, van vaste leverancier Teknomotor, is de Teknomotor 7180-B met een vermogen van 5,5kW.

Overbrenging

Het vermogen van de Teknomotor moet worden overgebracht op de slijpschijf. Dit gebeurt met een standaard T-10 tandriem van DamenCNC, die over twee T-10 tandwielen loopt. Deze tandwielen worden met Tollok Locking Assemblies op de as van de Teknomotor en op de as van de slijpschijf bevestigd. Het systeem wordt gelagerd met groefkogellagers met flens (zie Figuur 26: Overbrenging Aandrijving).

De assen lopen door het profiel, zodat de slijpschijf onder de motor geplaatst kan worden. Hierdoor wordt ruimte bespaard en wordt het frame niet onnodig groot.

Dit systeem biedt geen mogelijkheid om de tandriem op spanning te brengen door het verplaatsen van de motor of de as van de slijpschijf. De enige mogelijkheid om de riem te spannen is met een extra wiel dat tegen de riem drukt. Dit wiel is eenvoudig te bevestigen aan het 80x120L profiel.



Figuur 26: Overbrenging Aandrijving

Informatietabellen over deze onderdelen zijn te vinden in Bijlage D: Extra Informatie Aandrijving.

§5.5: Koelsysteem

Het toevoegen van een koelsysteem aan de machine moet ervoor zorgen dat de geleidingen en slijpschijf niet oververhit raken tijdens het doorslijpproces. Oververhitting van de geleidingen kan zorgen voor lelijke brandvlekken op de snede.

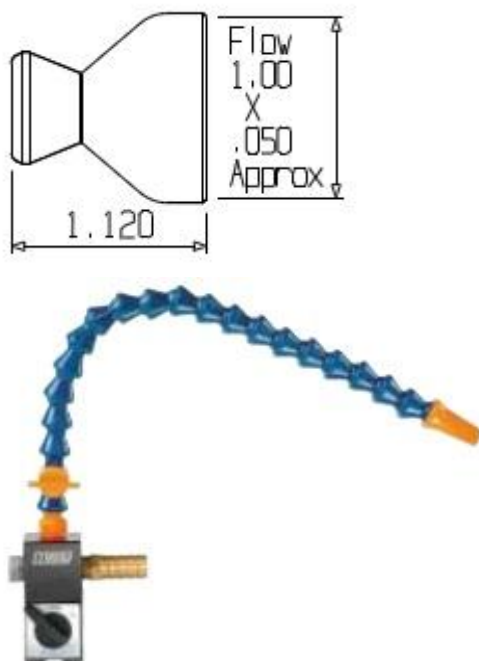
Naast een koelend effect, heeft het smerende effect van een koelemulsie een positieve invloed op de kwaliteit van de snede. De wrijving tussen schijf en geleiding wordt verlaagd en spanen worden gelijk afgevoerd, waardoor de afnemende eigenschappen van de slijpschijf op een constant niveau blijven.

Loc-Line produceert een modulair slangensysteem voor koeldoeleinden, dat ook gebruikt wordt in de freesmachine die bij DamenCNC in de werkplaats staat.

Gekozen is voor een standaard 1/4 inch systeem met twee platte sproeikoppen. Een wordt gericht op de geleiding, de andere op de slijpschijf. Op deze manier worden beide elementen optimaal gekoeld. Dit systeem kan maximaal een debiet van $Q = 20L/min$ aan (NogaTools, 2011).

Het pompen van de koelemulsie wordt verzorgd door een speciale pomp van Grundfos. De MTA serie is speciaal voor koelsystemen ontworpen en kan de koelemulsie bij het gewenste debiet 1,80m hoog pompen. Dit is ruim voldoende voor deze machine (Grundfos, 2008).

De Flow Data van het koelsysteem is te vinden in Bijlage E: Flow Data Koelsysteem.



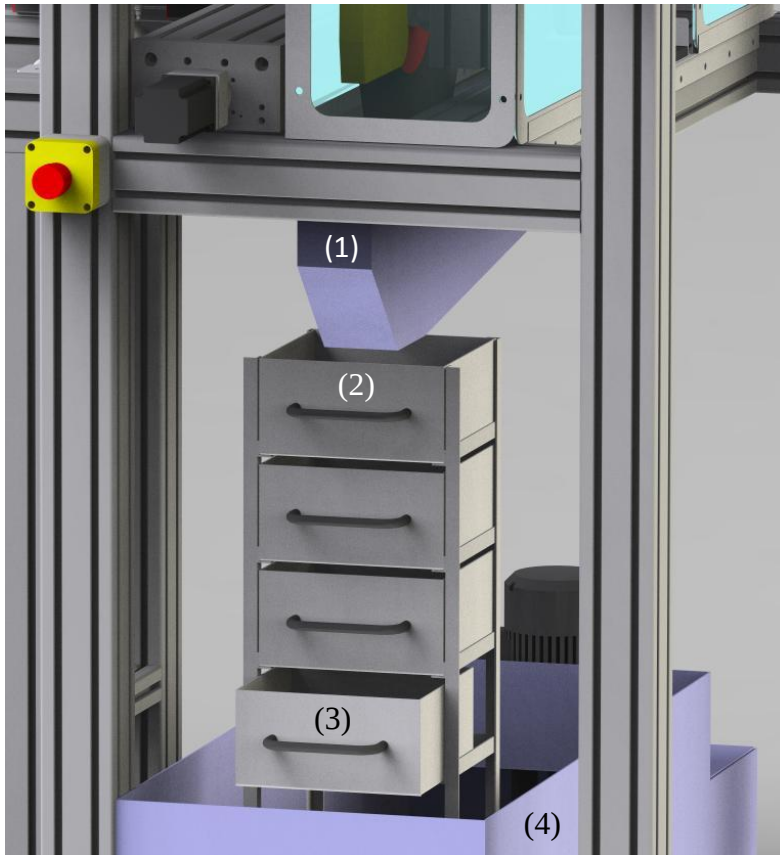
Figuur 27: Loc-Line



Figuur 28: Grundfos MTA

Na het aanbrengen van de koelemulsie wordt deze, samen met de meegevoerde spanen, opgevangen in een nieuw ontworpen opvangbak. Onderin deze bak bevindt zich een grof filter met een maaswijdte van 2mm. Deze filter is bedoeld om alleen grove spanen en kleine reststukken geleiding tegen te houden.

De fijne spanen worden met behulp van een nieuw filtersysteem uit de koelemulsie gefilterd. Onder de lekbak (1) zijn vier lades geplaatst, die een filterende bodem hebben met een maaswijdte variërend van 1mm (2) tot 0,025mm (3). Deze lades kunnen eenvoudig worden geleegd, hoe vaak dit nodig zal zijn, zal blijken uit de praktijk.



Figuur 29: Koelsysteem

Nadat de koelemulsie gefilterd is, wordt deze opgevangen in een opvangbak (4). Vanuit deze bak wordt de schone koelemulsie door de pomp naar het Loc-Line systeem gebracht en is de cirkel van het koelsysteem compleet.

Alle onderdelen worden uit roestvrij staal gesneden en krijgen vervolgens nog een extra coating tegen corrosie en voor een langere levensduur.

§5.6: Besturing en CNC Doorslijpmachine

Besturing

DamenCNC heeft zich gespecialiseerd in besturingskasten die werken met een aangepaste versie van USB CNC. Deze besturingskasten worden tussen een computer en de machine aangesloten met een USB-verbinding.

De DCNC RTR Performance is een kant en klare kast waarmee het mogelijk is, de zes motoren van de machine vanuit één besturingskast aan te sturen:

Motor	Locatie binnen ontwerp
2x DCNC Nema34 4,5Nm Stappenmotor	Aansturing brug
1x DCNC Nema34 4,5Nm Stappenmotor	Aanvoer geleidingen
1x DCNC Nema23 2,5Nm Stappenmotor	Klemsysteem geleidingen
1x Teknomotor 7180-B	Aandrijving slijpschijf
1x Grundfos MTA	Koelsysteem

Tabel 9: Motoren Ontwerp

DamenCNC gaat de software voor de doorslijpmachine zelf herschrijven, zodat deze perfect aansluit op de te gebruiken motoren. Het uiteindelijke doel is het automatisch filteren van binnenkomende orders, zodat zaagopdrachten gelijk naar de computer van de machine worden gestuurd.

De besturingskast wordt aan het frame van de aanvoer bevestigd. Deze centrale ligging zorgt ervoor dat alle motoren aangesloten kunnen worden met bekabeling van ongeveer dezelfde lengte.

Aan deze besturingskast wordt ook een 5,5kW frequentieregelaar aangesloten, die het toerental van de Teknomotor regelt. Omdat de diameter van de slijpschijf door slijtage een variabele waarde heeft, dient het toerental van de slijpschijf aangepast te worden om de ideale omtreksnelheid van $v_o = 50.000 \text{ mm/s}$ te behalen. Voordat er gestart wordt met zagen, zal een sensor de diameter van de slijpschijf meten en deze terugkoppelen aan de besturingskast.

De productiecapaciteit van het nieuwe doorslijpproces kan niet berekend worden, maar moet worden verkregen uit een aantal testen in de praktijk. Momenteel kan van de nieuwe productiesnelheid slechts een grove schatting gemaakt worden. Gerekend wordt met de huidige doorslijptijd van een HGR30R geleiding en een gewenste lengte van 2000mm. De waarde 2000mm is gekozen omdat dit de gemiddelde lengte van een geleiding is.

Het op maat zagen van deze geleiding duurt ongeveer 230 seconden. In theorie kunnen met de huidige samenstelling van de machine 25.000 geleidingen per jaar op maat gemaakt worden. De uitgewerkte berekening hiervan is te vinden in Bijlage F: Berekening aantal te zagen geleidingen/jaar.

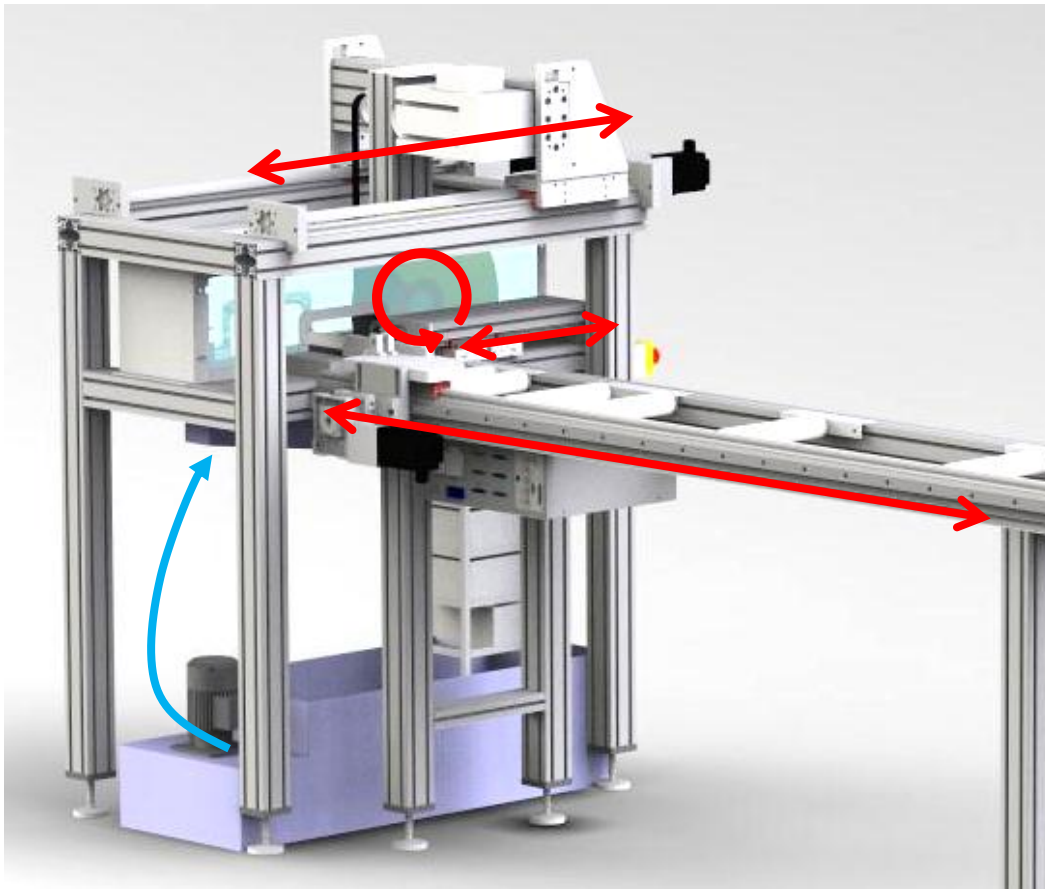
Deze waarde ligt net onder de wens van DamenCNC om 28.000 geleidingen per jaar op maat te maken, maar is met een optimalisatie en/of volledige automatisering nog te verhogen.

CNC Doorslijpmachine

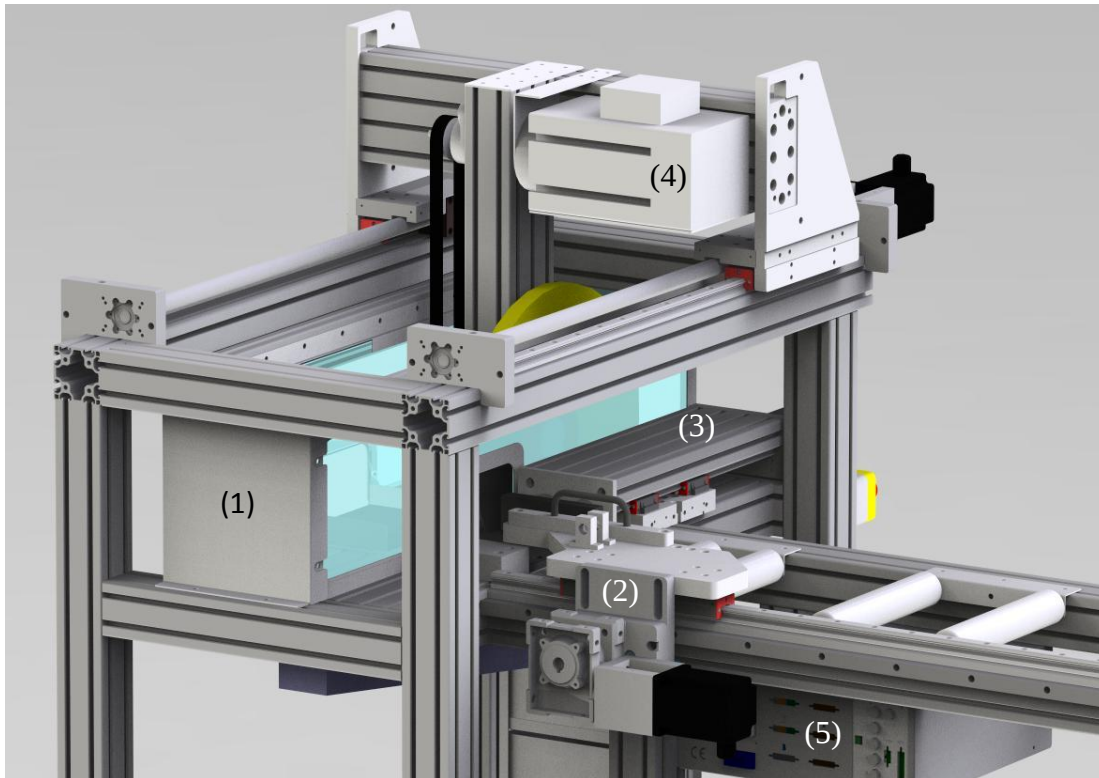
Het samenvoegen van de deelontwerpen uit §5.1 t/m §5.5 resulteert in een CNC doorslijpmachine voor lineaire geleidingen (zie Figuur 30: CNC Doorslijpmachine).



Figuur 30: CNC Doorslijpmachine



Figuur 31: Principe Doorslijpen en Koeling

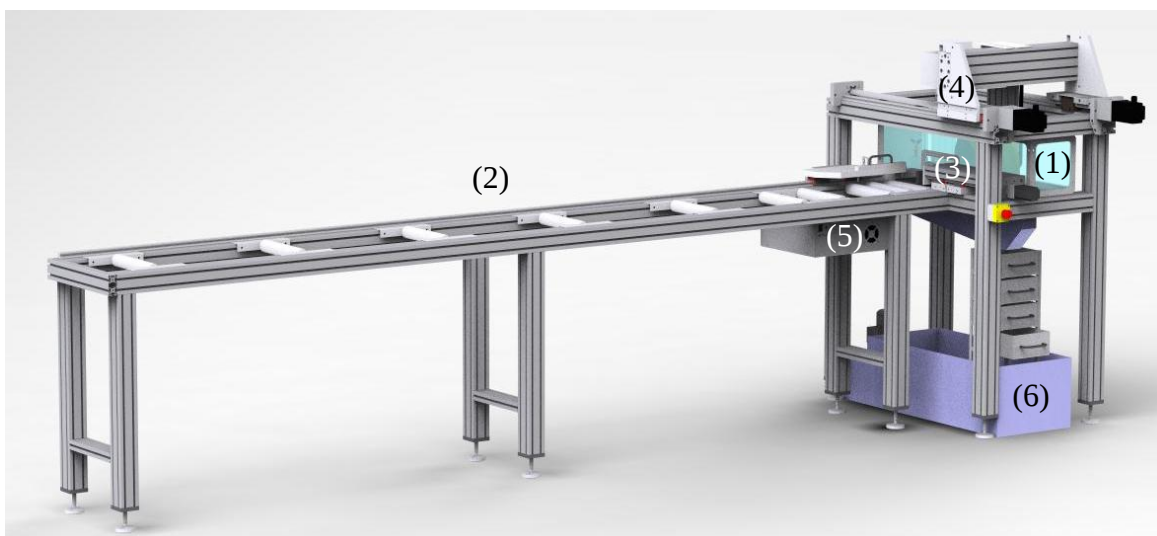


Figuur 32: Deelsystemen CNC Doorslijpmachine

Op het koelsysteem na, zijn in Figuur 32: Deelsystemen CNC Doorslijpmachine alle deelsystemen te zien:

- (1) Frame en Beveiliging
- (2) Aanvoer
- (3) Klemsysteem
- (4) Brug en Doorslijpsysteem
- (5) Besturing
- (6) Koelsysteem

In onderstaand figuur zijn alle systemen weergegeven vanuit een ander perspectief



Figuur 33: CNC Doorslijpmachine 2

Conclusies

Een analyse van de huidige zaagmachine voor lineaire geleidingen van DamenCNC heeft uitgewezen dat het inefficiënte, handmatige zaagproces dringend aan automatisering toe is, om voor te blijven op de concurrentie.

De ontwerpen voor de volgende drie geautomatiseerde deelsystemen van de nieuwe CNC doorslijpmachine zijn opgeleverd:

- Positionering
- Klemsysteem
- Doorslijpsysteem

Onderzoek naar een alternatieve scheidingsmethode heeft duidelijk gemaakt dat doorslijpen de beste oplossing is voor het op maat maken van de lineaire geleidingen. Dit proces is verbeterd door de huidige slijpschijf te vervangen door een type, dat speciaal gemaakt is om gehard staal door te slijpen.

Het gehele proces is vervolgens geautomatiseerd met aanpassingen aan de 'linear motion' ontwerpen, die DamenCNC normaal gesproken voor andere doeleinden en machines gebruikt.

Nieuw is de toevoeging van beveiliging en koeling. De nieuwe geautomatiseerde machine wordt afgeschermd met polycarbonaat, zodat medewerkers geen letsels kunnen oplopen.

Een koelsysteem zorgt ervoor dat de nauwkeurigheid van de zaagsnede toeneemt en de temperaturen van de slijpschijf en de geleidingen niet te hoog oplopen.

Door ruimtegebrek binnen de werkplaats zijn alleen bovengenoemde drie deelsystemen geautomatiseerd. Zodra er meer ruimte beschikbaar wordt, kunnen ook het magazijn, de plaatsing van de geleidingen op de aanvoer en de afvoer van de geleidingen na het doorslijpen geautomatiseerd worden.

Het systeem voor automatische detectie en herkenning van het type geleiding is in dit ontwerp achterwege gelaten. Vanwege andere verspanende werkzaamheden rondom de CNC Doorslijpmachine, zullen de sensoren op den duur vuil en onnauwkeurig worden.

Aanbevelingen

Om 28.000 geleidingen per jaar op maat te maken, zal het volledige productieproces geautomatiseerd moeten worden. Hiervoor moeten de volgende maatregelen getroffen worden:

- Werkplaats vergroten;
- Magazijn automatiseren;
- Detectie van geleidingen automatiseren;
- Afvoer van geleidingen automatiseren;
- Verwisselen van verbruikte slijpschijven automatiseren.

Een volgende afstudeerder zou deze opdracht op zich kunnen nemen.

Literatuurlijst

- Amatec. (2012). Drukveren, from <http://www.amatec.nl/webshop/drukveren/Lo=15mm-20mm/Do=20mm-30mm>
- DamenCNC. (2010). T-10 Belts and Pulleys, from <http://damencnc.com/nl/componenten/mechanische-onderdelen/tandriemen---schijven/219>
- DamenCNC. (2011). DCNC LSM 80x80L Rack & Pinion, from <http://damencnc.com/nl/samenstellingen/linear-motion/359>
- Elling, R., Andeweg, B., de Jong, J., & Swankhuisen, C. (2005). *Rapportagetechniek*: Noordhoff.
- Grundfos. (2008). Principle of precision. Denemarken.
- HIWIN. (2010). HIWIN Technical Information. Taiwan.
- ITEM. (2012). Eigenschappen 80x80L, from <http://www.item24.nl/home/produkte/produktkatalog/produktetails/products/konstruktionsprofile-8/profil-8-80x80-natur-2627.html>
- Kals, H. J. J., Buiting-Csikos, C., van Luttervelt, C. A., Moulijn, K. A., Ponsen, J. M., & Streppel, A. H. (2007). *Industriële productie: het voortbrengen van mechanische producten*: Centraal Boekhuis.
- Muhs, D., Wittel, H., Becker, M., Jannasch, D., & Vossiek, J. (2005). *Roloff/Matek Machineonderdelen Theorieboek*. Den Haag: Academic Service.
- NogaTools. (2011). Loc-Line Cooling System. Nederland.
- Stout, P. (2011). Polycarbonaat, from <http://www.stoutperspex.nl/pages/lexan.html>
- Stout, P. (2012). Delrin, from <http://www.stoutperspex.nl/pages/technisch.html>
- Struers. (2010). Cut-off Wheels. Denemarken.
- Teknomotor. (2010). High Performance Motor and Electerspindle. Italie.
- Tyrolit. (2012). Premium Cut-off Wheels 2in1, from <http://www.tyrolit.com/page.cfm?vpath=product&genericpageid=553>
- van Mourik, P., & van Dam, J. (2005). *Materiaalkunde voor ontwerpers en constructeurs*: Centraal Boekhuis.

Bijlagen

Bijlage A: Keuzetabel Scheidingsmethode en Koeling

Onderstaande tabel geeft de scores per mogelijke oplossing weer. De weegfactoren zijn al verwerkt in de verschillende scores. Op de volgende pagina is de uitkomst van de keuzebepaling te vinden, samen met een voorbeeld berekening voor concept 1.

WF	Zagen	Doorslijpen	Frezen	Waterstraal snijden	Elektromotor	Compressor
Maatnauwkeurigheid	3	9	9	6	-	-
Productiesnelheid	3	9	3	3	-	-
Onderhoud	4	6	4	2	-	-
Flexibiliteit	4	6	2	2	-	-
Omvang	2	3	3	1	3	1
Energieverbruik	3	3	3	1	3	2
Milieubelasting	2	1	2	3	-	-
Totaal	21	37	26	18	6	3

WF	Tandwiel	Ketting	Riem	Actuator	Kogelomloopspindel
Maatnauwkeurigheid	-	-	-	-	-
Productiesnelheid	-	-	-	-	-
Onderhoud	4	2	6	4	6
Flexibiliteit	4	6	6	4	2
Omvang	3	2	2	1	1
Energieverbruik	-	-	-	-	-
Milieubelasting	-	-	-	-	-
Totaal	11	10	14	9	9

WF	Werkstuk	Werktuig	Olie	Water	Emulsie	Lucht
Maatnauwkeurigheid	-	-	-	-	-	-
Productiesnelheid	-	-	-	-	-	-
Onderhoud	2	6	6	2	4	6
Flexibiliteit	1	3	-	-	-	-
Omvang	-	-	2	2	2	6
Energieverbruik	1	3	3	3	3	1
Milieubelasting	-	-	1	3	2	3
Totaal	4	12	12	10	11	16

Tabel 10: Keuzetabel Scheidingsmethode en Koeling

	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
Totaal	4	3,2	2,3	3,5	3,4
	Nummer 1	Nummer 4	Nummer 5	Nummer 2	Nummer 3

Tabel 11: Uitslag Keuzetabel Scheidingsmethode en Koeling

Concept 1 heeft de hoogste score behaald. Deze score is tot stand gekomen door de totaalscores per mogelijke oplossing bij elkaar op te tellen en vervolgens te delen door het aantal bijbehorende eisen:

$$\text{Score Concept 1} = \frac{89}{22} \approx 4,0$$

Concept 1	Score	Meetellende Eisen
Doorslijpen	37	7
Elektromotor	6	2
Riem	14	3
Kogelomloopspindel	9	3
Werktuig	12	3
Emulsie	11	4
Totaal	89	22

Tabel 12: Waardes Keuzebepaling Scheidingsmethode en Koeling

Bijlage B: Keuzetabel Positionering en Klemsysteem

Onderstaande tabel geeft de scores per mogelijke oplossing weer. De weegfactoren zijn al verwerkt in de verschillende scores. Op de volgende pagina is de uitkomst van de keuzebepaling te vinden, samen met een voorbeeld berekening voor concept 7.

WF	Mechanisch	Optisch	Laser	Inductie	Kenmerken	Handmatig	Vacuüm
Maatnauwkeurigheid	3	6	3	3	6	9	6
Productiesnelheid	3	9	3	3	6	9	3
Onderhoud	2	6	4	6	2	6	-
Flexibiliteit	2	4	4	2	4	6	6
Omvang	1	1	3	3	2	3	1
Energieverbruik	1	2	1	2	2	1	1
Milieubelasting	1	-	-	-	-	-	-
Totaal	28	22	21	19	22	34	17

WF	Haak	Klem	Pin	Loopband	Grijparm	Rollenbaan	Actuator
Maatnauwkeurigheid	3	9	9	9	9	6	9
Productiesnelheid	3	9	6	9	6	9	3
Onderhoud	2	-	-	4	2	6	4
Flexibiliteit	2	4	4	4	6	4	6
Omvang	1	3	3	3	1	3	2
Energieverbruik	1	2	2	2	1	3	2
Milieubelasting	1	-	-	-	-	-	-
Totaal	18	27	24	31	25	31	26

WF	Tandheugel	Ketting	Riem	Geïntegreerd	Losstaand	Tandwiel	Kogelomloopspindel
Maatnauwkeurigheid	3	9	6	9	6	9	9
Productiesnelheid	3	6	9	9	6	9	6
Onderhoud	2	-	-	6	4	6	6
Flexibiliteit	2	4	6	2	6	2	2
Omvang	1	2	3	3	1	2	2
Energieverbruik	1	2	3	2	1	2	3
Milieubelasting	1	-	-	-	-	-	-
Totaal	23	21	27	31	24	30	28

Tabel 13: Keuzetabel Positionering en Klemsysteem

	Concept 6	Concept 7	Concept 8	Concept 9
Totaal	4,4	4,8	4,5	4,4
	Nummer 3	Nummer 1	Nummer 2	Nummer 3

Tabel 14: Uitslag Keuzetabel Positionering en Klemsysteem

Concept 7 heeft de hoogste score behaald. Deze score is tot stand gekomen door de totaalscores per mogelijke oplossing bij elkaar op te tellen en vervolgens te delen door het aantal bijbehorende eisen:

$$\text{Score Concept 7} = \frac{164}{34} \approx 4,8$$

Concept 7	Score	Meetellende Eisen
Handmatige invoer	34	6
Pin	24	5
Rollenbaan	31	6
Tandheugel	23	5
Losstaand	24	6
Kogelomloopspindel	28	6
Totaal	164	34

Tabel 15: Waardes Keuzebepaling Positionering en Klemsysteem

Bijlage C: Vermogensberekening en Motorkeuze

Het benodigde slijpvermogen wordt berekend volgens:

$$P_c(W) = a * v_w * p_c * b * \mu$$

Er zijn geen standaard waarden voor a en p_c . Deze waarden zijn bepaald uit een proef met de huidige opstelling. De HGR30R geleiding met een hoogte van 28mm is de grootste geleiding die doorgeslepen moet worden. Momenteel gebeurt dit met een doorslijptijd van $t_d(s) = 7$.

Hieruit volgt:

$$a = \frac{B}{t_d} = \frac{28}{7} = 4 \text{ mm/s}$$

Het bepalen van de specifieke energie ligt iets gecompliceerder. Hiervoor wordt de formule voor het benodigde slijpvermogen omgeschreven, ingevuld met de huidige waarden en er wordt een wrijvingsfactor $\mu = 1,5$ toegevoegd:

Gegevens	Huidig	Nieuw
$P_c (W)$	2.000	-
$a \text{ (mm)}$	28	28
$v_w \text{ (mm/s)}$	4	4
$b_s \text{ (mm)}$	2,5	1,8
μ	1,2	1,2
$p_c \text{ (J/mm}^3\text{)}$	-	6

Tabel 16: Gegevens Berekening Specifieke Energie

$$p_c \text{ (J/mm}^3\text{)} = \frac{P_c}{a * v_w * b * \mu}$$

$$p_c = \frac{2000}{28 * 4 * 2,5 * 1,2} \approx 6$$

Deze specifieke energie kan vervolgens gebruikt worden om het benodigde slijpvermogen te bepalen voor het **nieuwe** doorslijpproces:

$$P_c = 28 * 4 * 6 * 1,8 * 1,2 \approx 1.500W$$

Als er met het **oude** type slijpschijf gewerkt gaat worden moet een slijpvermogen van $P_c = 2.000W$ behaald kunnen worden.

De standaard leverancier voor elektromotoren van DamenCNC is het bedrijf Teknomotor. De 'Heavy Load Rectangular Motor' van Serie C71/80 is geschikt voor deze machine.

Zoals te zien is in Tabel 17: Eigenschappen Teknomotor 7180-B op de volgende pagina, kan deze motor zowel bij $n = 2.400 \text{ rpm}$, als bij $n = 5.500 \text{ rpm}$ voldoende vermogen leveren. Andere motoren komen vermogen tekort bij lage toeren (Teknomotor, 2010).

De Teknomotor 7180-B zal dan ook gebruikt worden voor het aandrijven van de slijpschijf.

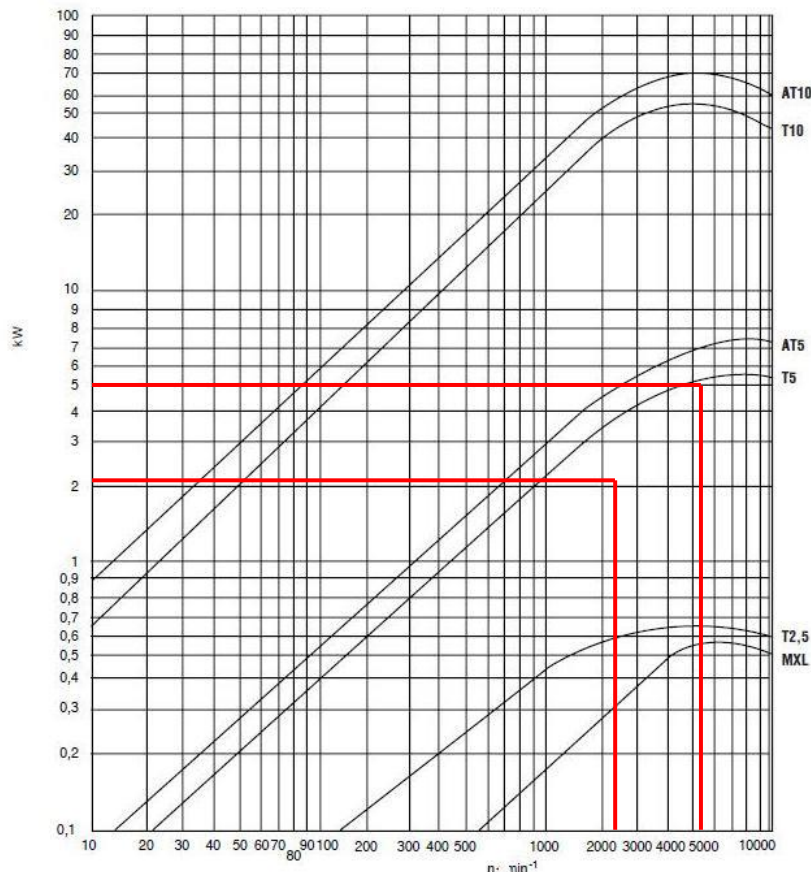
Motor (7180-B 5,5kW)				
Diameter	Toerental (n)	P(W)	Vermogen (kW)	Vermogen
	6000	5500	5,5	
	5900	5408	5,4	
	5800	5317	5,3	
	5700	5225	5,2	
	5600	5133	5,1	
	5500	5042	5,0	
175mm	5400	4950	5,0	5,0kW
	5300	4858	4,9	
	5200	4767	4,8	
	5100	4675	4,7	
	5000	4583	4,6	
	4900	4492	4,5	
	4800	4400	4,4	
200mm	4700	4308	4,3	4,3kW
	4600	4217	4,2	
	4500	4125	4,1	
	4400	4033	4,0	
	4300	3942	3,9	
225mm	4200	3850	3,9	3,9kW
	4100	3758	3,8	
	4000	3667	3,7	
	3900	3575	3,6	
250mm	3800	3483	3,5	3,5kW
	3700	3392	3,4	
	3600	3300	3,3	
	3500	3208	3,2	
275mm	3400	3117	3,1	3,1kW
	3300	3025	3,0	
	3200	2933	2,9	
300mm	3100	2842	2,8	2,8kW
	3000	2750	2,8	
325mm	2900	2658	2,7	2,7kW
	2800	2567	2,6	
350mm	2700	2475	2,5	2,5kW
	2600	2383	2,4	
375mm	2500	2292	2,3	2,3kW
	2400	2200	2,2	
400mm	2300	2108	2,1	2,1kW
425mm	2200	2017	2,0	2,0kW
450mm	2100	1925	1,9	1,9kW
	2000	1833	1,8	

Tabel 17: Eigenschappen Teknomotor 7180-B

Bijlage D: Extra Informatie Aandrijving

T-10 Tandriem

Zoals te zien is in Figuur 34: Vermogen/Toerental kromme T-10 Tandriem, zou een T-5 tandriem voldoende zijn voor de benodigde overbrenging. De T-10 is echter de standaard van DamenCNC en volstaat voor het ontwerp.



Figuur 34: Vermogen/Toerental kromme T-10 Tandriem

De lengte van de tandriem wordt berekend volgens:

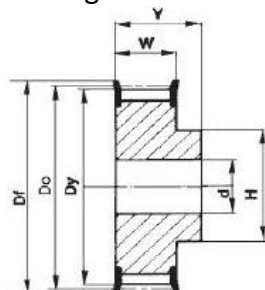
$$L(mm) = 2 * (0,5 * \pi * D_y) + 2 * D_{as}$$

$$L = 2 * (0,5 * \pi * 93,65) + 2 * 420 = 1134,21mm$$

T-10 Tandwiel

Het T-10 Tandwiel heeft volgende afmetingen

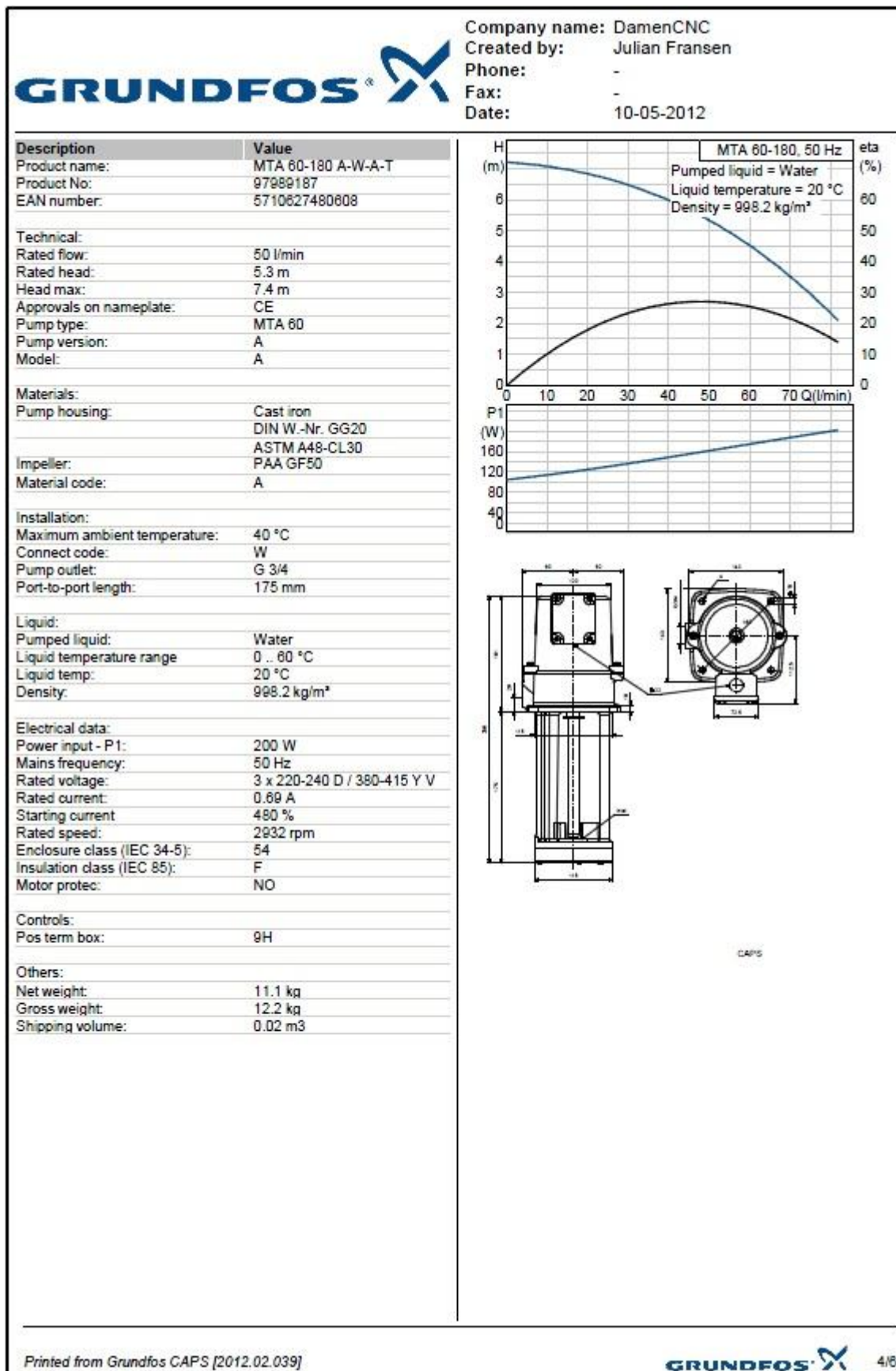
Tanden	30
Dy(mm)	93,65
H(mm)	60
W(mm)	21
D2(mm)	8



Figuur 35: T-10 Tandwiel

De binnendiameter D2 wordt uitgeboord tot $D2(mm) = 50$. Hierdoor passen de tandwielen om de te gebruiken Tollok Locking Assemblies met $D1 * D2(mm) = 25 * 50$ (DamenCNC, 2010).

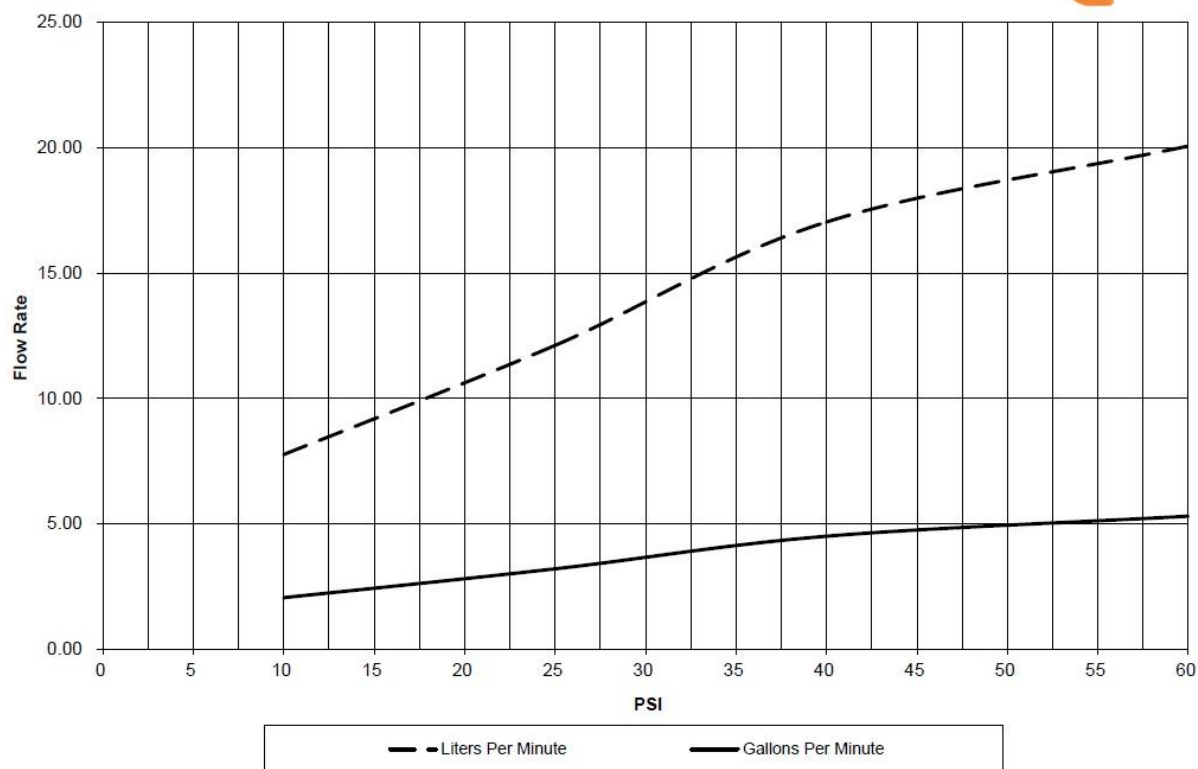
Bijlage E: Flow Data Koelsysteem



Figuur 36: Flow Data Grundfos MTA

Loc-Line ® nozzle flow rate testing was done using 21 elements of ¼" Loc-Line ® (approximately 1 foot).
Please note that pressures for testing may not be suitable for all applications.
Maximum pressures are affected by nozzle selection, length of hose and bending angles.
Maximum pressures can be increased by using element clamps.

1" Straight Flow Nozzle
Part Number 41489



Figuur 37: Flow Data Loc-Line

Bijlage F: Berekening aantal te zagen geleidingen/jaar

De benodigde doorvoertijd van een 2000mm HGR30R geleiding is te berekenen volgens:

$$t_w = t_{aanvoer1} + t_{aanvoer2} + 4 * t_{klem} + 4 * v_{brug} + 2 * t_{doorslijpen} + t_{plaatsen} + t_{sensor}$$

$t_{plaatsen}$ houdt hier het handmatig plaatsen van geleidingen op de rollenbaanrollen in.

In bovenstaande formule zijn de volgende stappen verwerkt:

Processtap	Af te leggen afstand (mm)	Snelheid (mm/s)
Handmatig geleiding plaatsen	-	-
CNC Positioneren voor 1 ^e snede	10	100
CNC Geleiding klemmen	200	25
CNC Brug heen bewegen	450	25
Diameter schijf meten	-	-
Geleiding doorslijpen	28	4
CNC Brug terug bewegen	450	25
CNC Geleiding lossen	200	25
CNC Positioneren voor 2 ^e snede	2000	100
CNC Geleiding klemmen	200	25
CNC Brug heen bewegen	450	25
Diameter schijf meten	-	-
Geleiding doorslijpen	28	4
CNC Brug terug bewegen	450	25
CNC Geleiding lossen	200	25

Tabel 18: Waardes Berekening Productiecapaciteit

Als de vergelijking wordt omgeschreven naar bekende waardes, kan deze ingevuld worden:

$$t_w = \frac{S_{aanvoer1}}{v_{aanvoer1}} + \frac{S_{aanvoer2}}{v_{aanvoer2}} + 4 * \frac{S_{klem}}{v_{klem}} + 4 * \frac{S_{brug}}{v_{brug}} + 2 * \frac{S_{doorslijpen}}{v_{doorslijpen}} + t_{plaatsen} + t_{sensor}$$

$$t_w = \frac{10}{100} + \frac{2000}{100} + 4 * \frac{200}{25} + 4 * \frac{450}{25} + 2 * \frac{28}{4} + 60 + 30 \approx 230 \text{ seconden}$$

De snelheden van de motion control onderdelen kunnen nog met een factor 2 verhoogd worden. Voor eerste tests van de te bouwen machine, zijn de snelheden op 50% begrensd als veiligheidsfactor.

Beschikbare werktijd per jaar:

$$t_b = \text{aantal werkdagen} * \text{uren per dag} * 3600$$

$$t_b = 200 * 8 * 3600 = 5.760.000 \text{ seconden}$$

In dit aantal werkdagen zijn vrije dagen, vakanties, onderhoud, eventuele storingen etc. al ruimschoots opgenomen. Een volledige automatisering van het productieproces zou hier nog een positieve bijdrage aan kunnen leveren.

Aantal te zagen HGR30R geleidingen van 2000mm per jaar:

$$x = \frac{t_b}{t_w} = \frac{5760000}{230} = 25.043$$

Deze waarde ligt net onder de gestelde wens van DamenCNC, om 28.000 geleidingen per jaar op maat te kunnen maken. Door procesoptimalisatie en volledige automatisering kan dit aantal nog verhoogd worden. De maximale productiecapaciteit in de praktijk zal uit testen met de nieuwe machine moeten blijken.

Bijlage G: Stuklijst

Bestelling via/bij	Productcode	Product	Aantal	Extra Informatie
DamenCNC	602	ITEM Endplate	10	
		ITEM Stelvoet	10	
	793	ITEM Handle	5	
	1294	DCNC LSM Rack&Pinion Module	1	4000/V40 1:10
	1284	DCNC LSM Module	1	250/460
	206	DCNC RTR Performance Controller	1	
	750	Frequency Controller	1	400V/5,5kW
	107	Noodstop	1	
		NEMA 34 Assembly	2	
	1280	Sideplate	2	
	1032	Slideplate	2	
	844	Moerhuis	2	
	734	HGR25 Wagon	4	
	567	Lager 5203ZZ	4	
	1033	80x80L Bearingplate 25mm	4	
		Omron Limit Switch	1	
	889	Flenslager 25mm	3	
		Belt	1	1134,21mm
		Gear	2	
		Tollok	2	
	238	Linear Shaft Support 16mm	2	
	329	Clamping Ring 16mm	2	
		Flange Linear Motion Bearing		
	1383	16mm	2	
	94	ITEM Profiel	2	950mm
	96	ITEM Profiel	3	328mm
			1	488mm
			2	500mm
			2	950mm
	102	ITEM Profiel	4	500mm
			6	820mm
			6	1150mm
			1	4000mm
	104	ITEM Profiel	1	570mm
	106	ITEM Profiel	1	677mm
			2	950mm
	851	ISEL Ballscrew 25x20mm	2	1028,5mm
	726	HGR 25 Rails	2	1020mm
		Mountingblok Beschermkap	1	
		As Slijpschijf	1	
		Pin Systeem - Basis	1	
		Pin Systeem - Pin	1	
		Aanslag Aanvoer	1	

Bestelling via/bij	Productcode	Product	Aantal	Extra Informatie
DamenCNC		Guide Polycarbonaat Recht	4	
		Guide Polycarbonaat Offset	4	
	264	Linear Motion Shaft Precision	1	110mm
		Hoekprofiel 15x15mm	1	5424mm

Bestelling via/bij	Productcode	Product	Aantal	Extra Informatie
Staforsta		Beschermkap	1	Plaatstaal
		Mountingplate ITEM Profiel	1	Plaatstaal
		Mountingplate Teknomotor	1	Plaatstaal
		Torsionplate Teknomotor	1	Plaatstaal
		Opvangbak	1	Plaatstaal
		Lekbak	1	Plaatstaal
		Afsluiting	1	Plaatstaal
		Aanslag Afvoer	2	Plaatstaal
		Frame Plexiglas Groot + Klein	1	Plaatstaal
		Zeeflade	4	Plaatstaal
		Frame Plexiglas Groot	1	Plaatstaal
		Zwaartekrachtrollen Houder	14	Plaatstaal
Stout Perspex		Polycarbonaat Klein	1	
		Polycarbonaat Groot	2	
		Veerplaat	1	Delrin
		Bodemplaat Doorvoer	2	Delrin
Fulpa		Slideplate Aanvoer	1	
Amatec	C0975-074-0750M	Drukveer	2	P/f = 7N/mm
Overtoom	17001901	Zwaartekrachtrol 50x300mm	9	Staal
Grundfos	97989187	Pomp MTA 60-180	1	3x230/400V
Gamma		Slang + Koppeling Grundfos/Loc-Line	1	
NogaTools	41401	1/4 slangsegmenten set à 280 mm	1	
	41408	1/4 Y-verbindingstuk set à 2 st.	1	
	41489	1/4 platte spuitmond 25 mm	1	
	78001	1/4 montagetaag	1	
	MC1601	NogaCool complete set	1	
Salomons Metalen		Filter 2mm	1	250x250mm
		Filter 1mm	1	200x200mm
		Filter 0,5mm	1	200x200mm
		Filter 0,1mm	1	200x200mm
		Filter 0,025mm	1	200x200mm
Struers	B0C41	Slijpschijf 406x1,8x32mm	1	
Teknomotor	7180-B	Teknomotor 5,5kW	1	165mm As

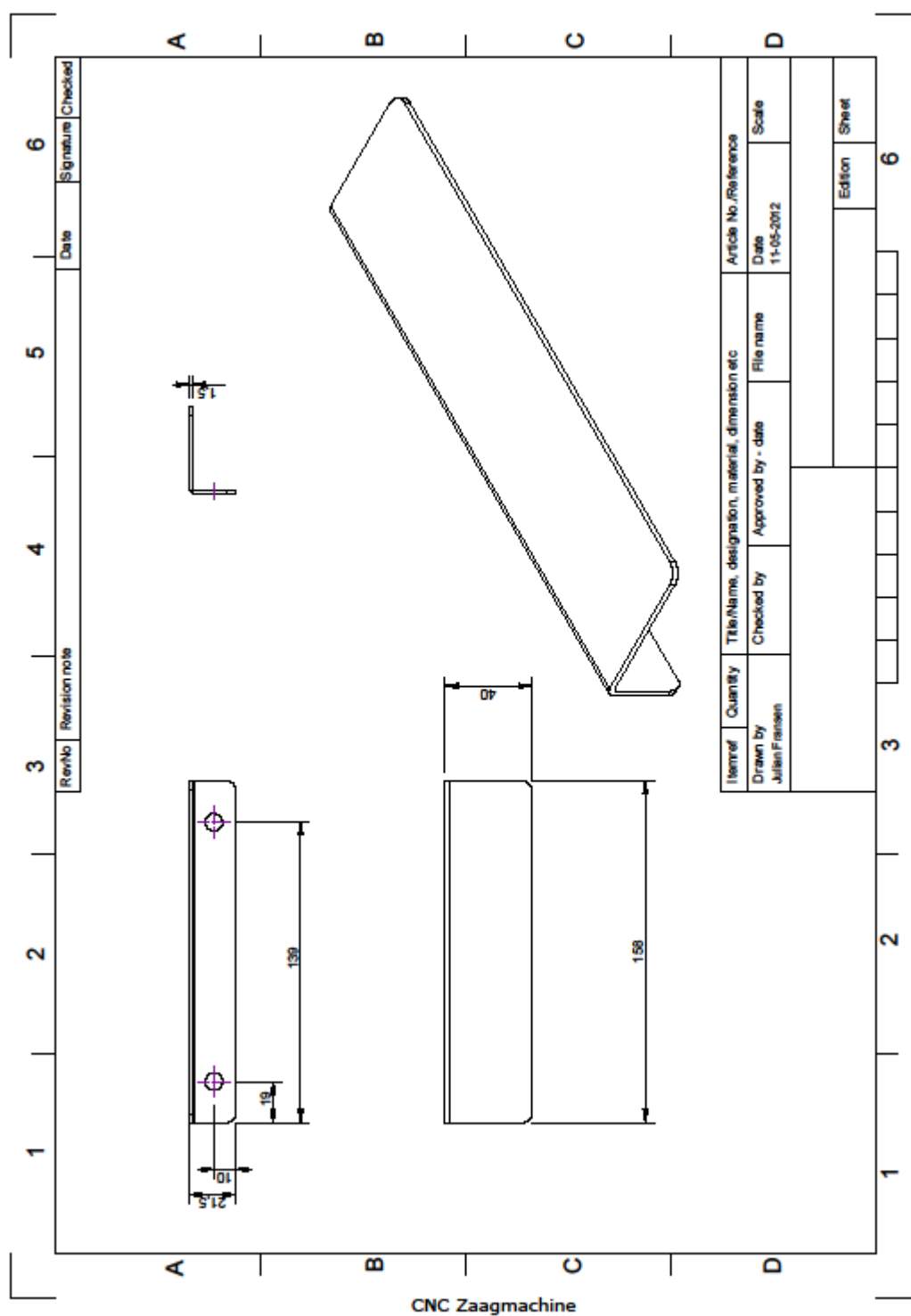
Bijlage H: Werktekeningen

In deze bijlage zijn de werktekeningen van alle nieuw ontworpen of aangepaste onderdelen te vinden.

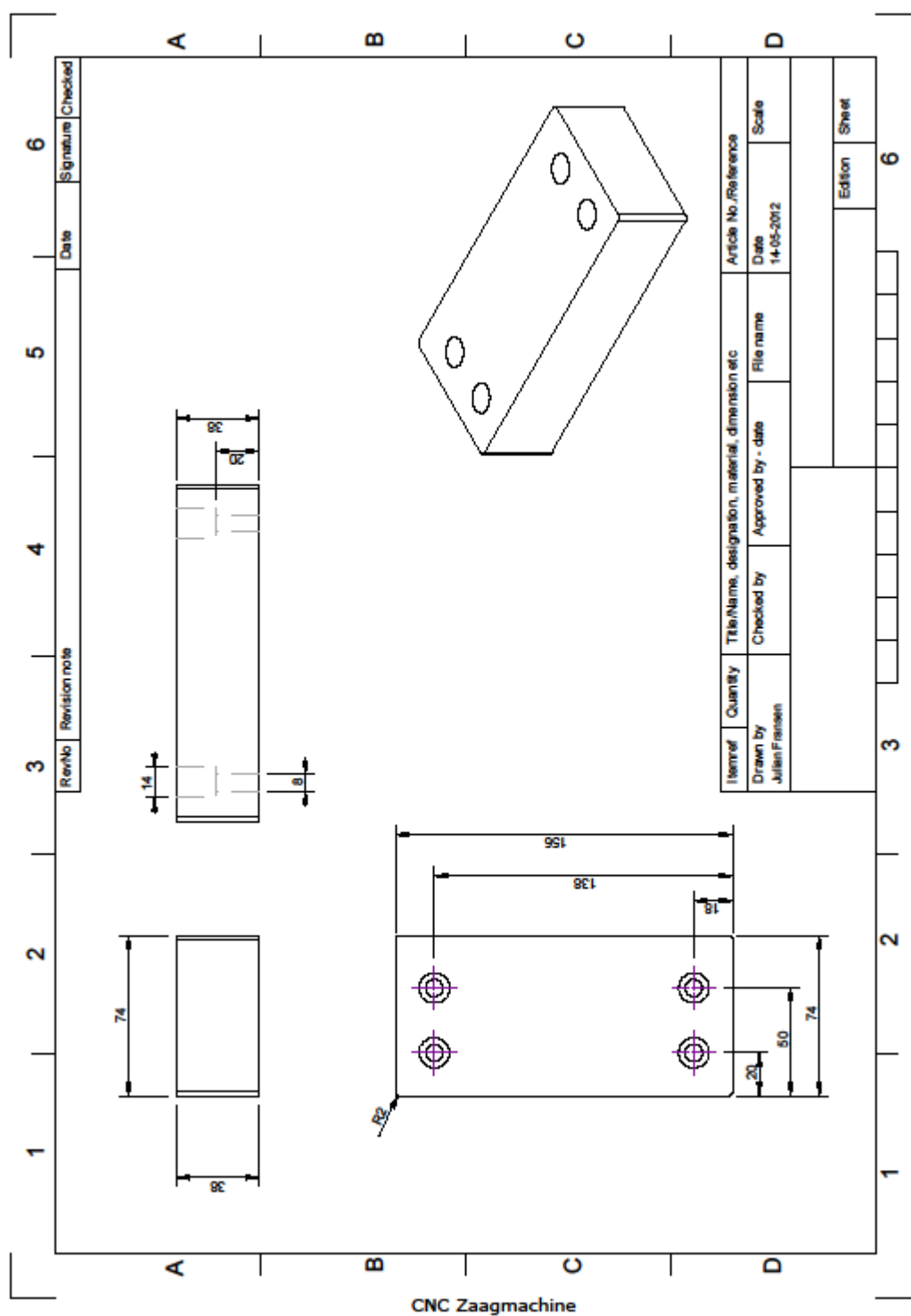
Ontwerp
Aanslag
Aanslag Afvoer
Afsluiting Polycarbonaat
As 16x75mm
As Slijpschijf
Basis – Pin Systeem
Beschermkap - Tussenstuk
Beschermkap – Zijkant 1
Beschermkap – Zijkant 2
Beschermkap - Totaal
Bodemplaat Doorvoer
Frame Polycarbonaat Groot
Frame Polycarbonaat Groot + Klein
Guide Polycarbonaat met Offset
Guide Polycarbonaat Straight
Lekbak
Montageplaat 80x120L
Montageplaat Beschermkap
Montageplaat Teknomotor
Pin – Pin Systeem
Polycarbonaat Groot
Polycarbonaat Klein
SlidePlate Aanvoer
Torsieplaat Teknomotor
Veerplaat
Zeef lade Frame
Zwaartekrachtrollen Houder

Tabel 19: Overzicht Werktekeningen

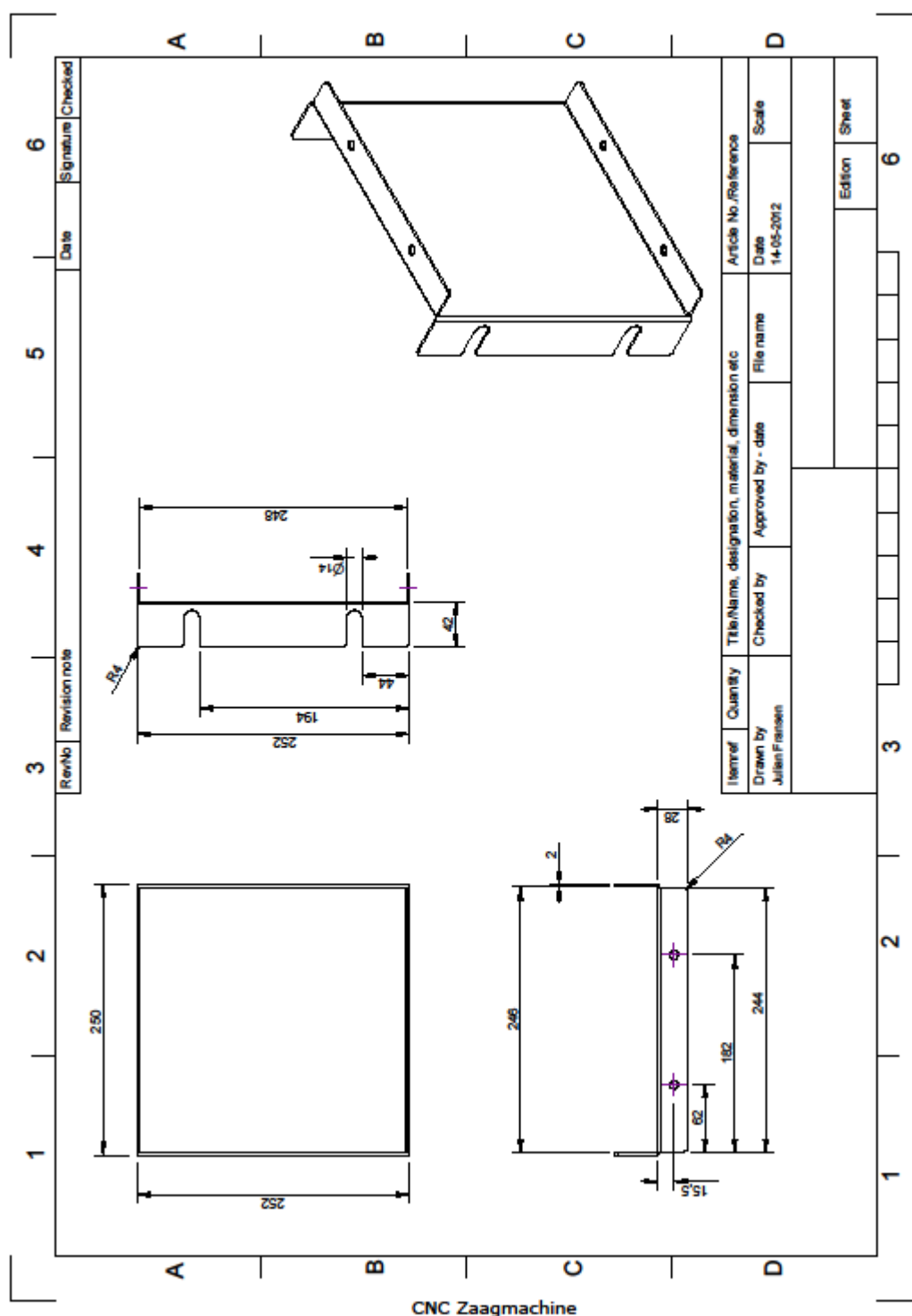
DamenCNC - Aanslag Afvoer



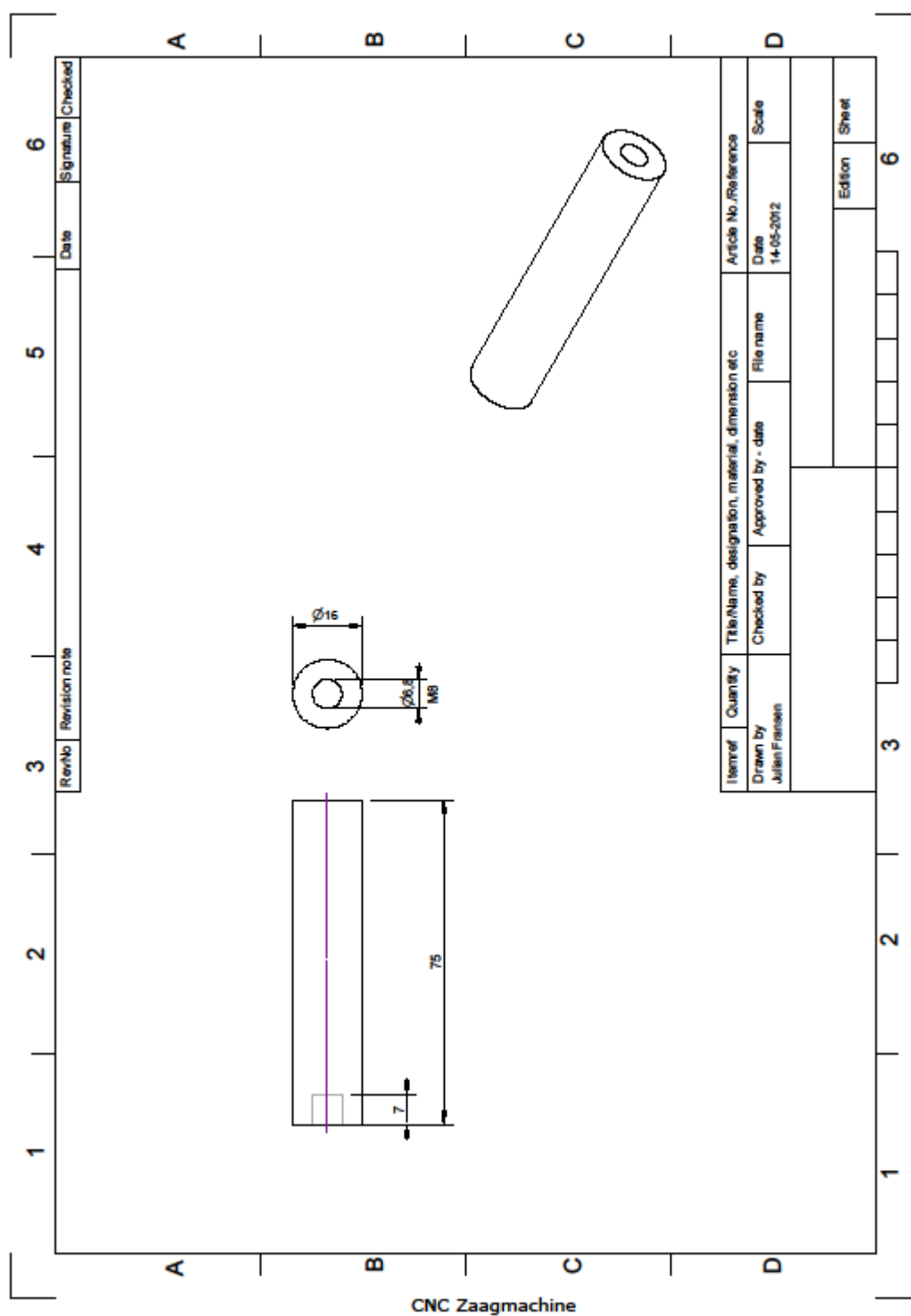
DamenCNC - Aanslag

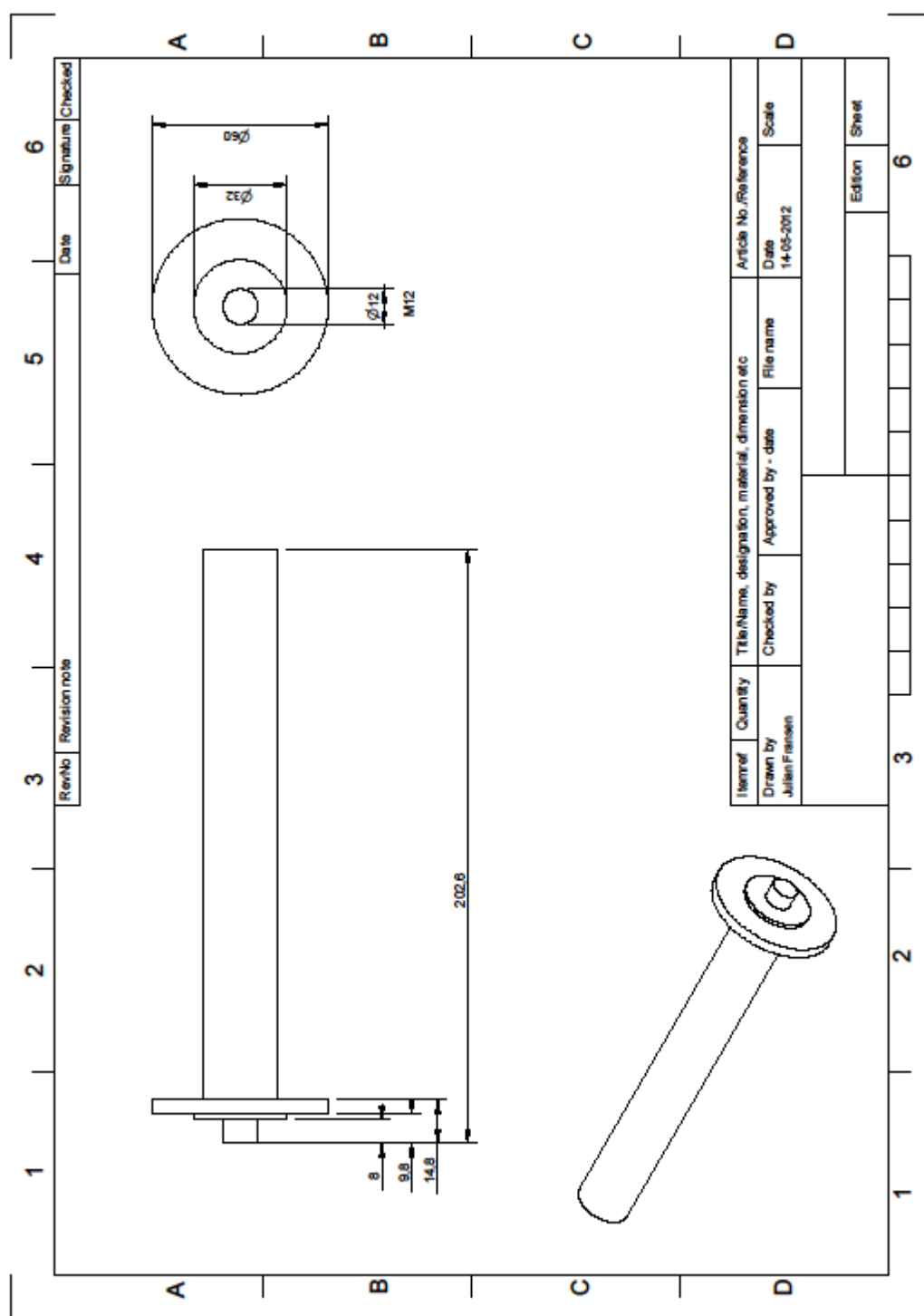


DamenCNC - Afsluiting

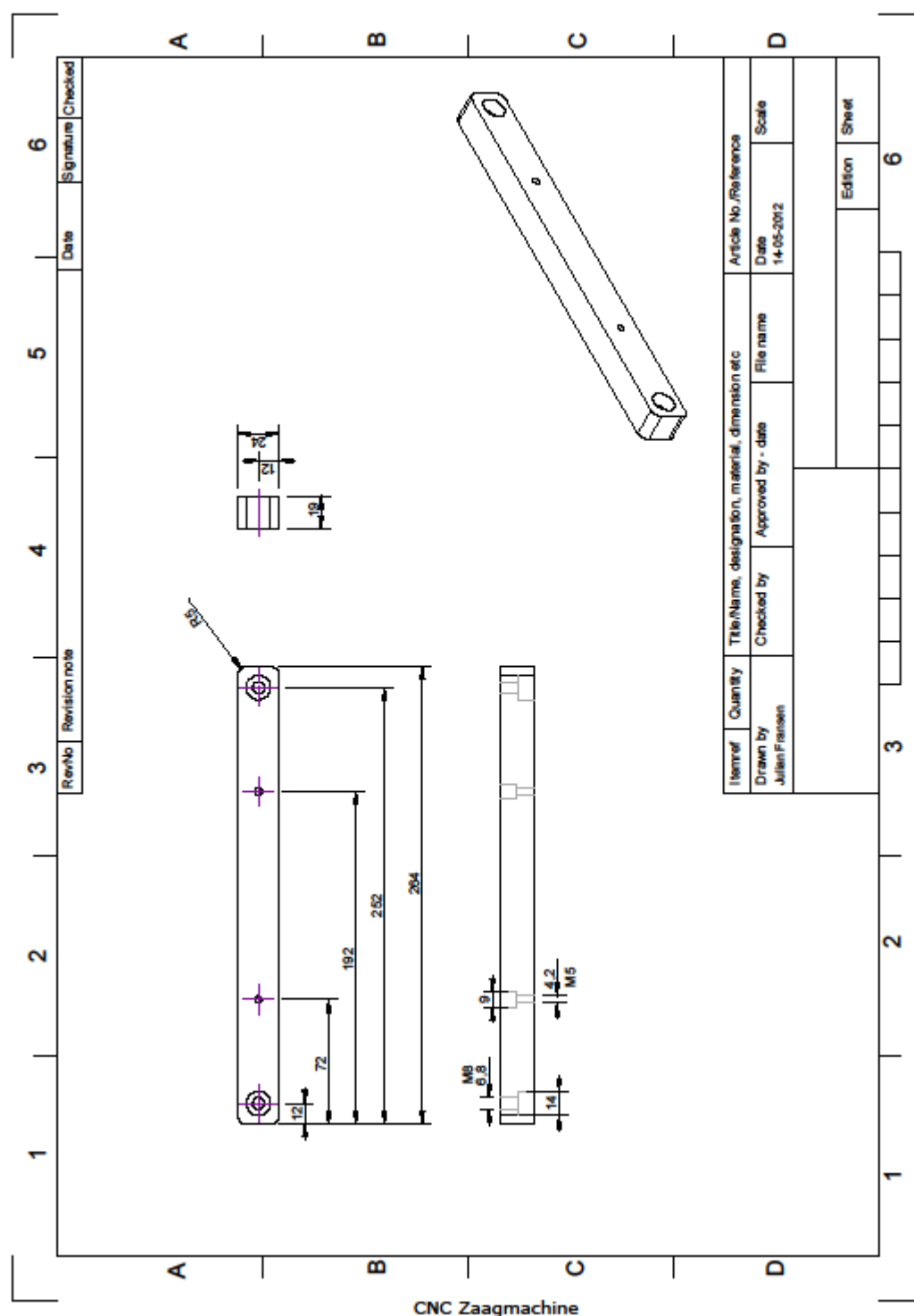


DamenCNC - As16x75mm

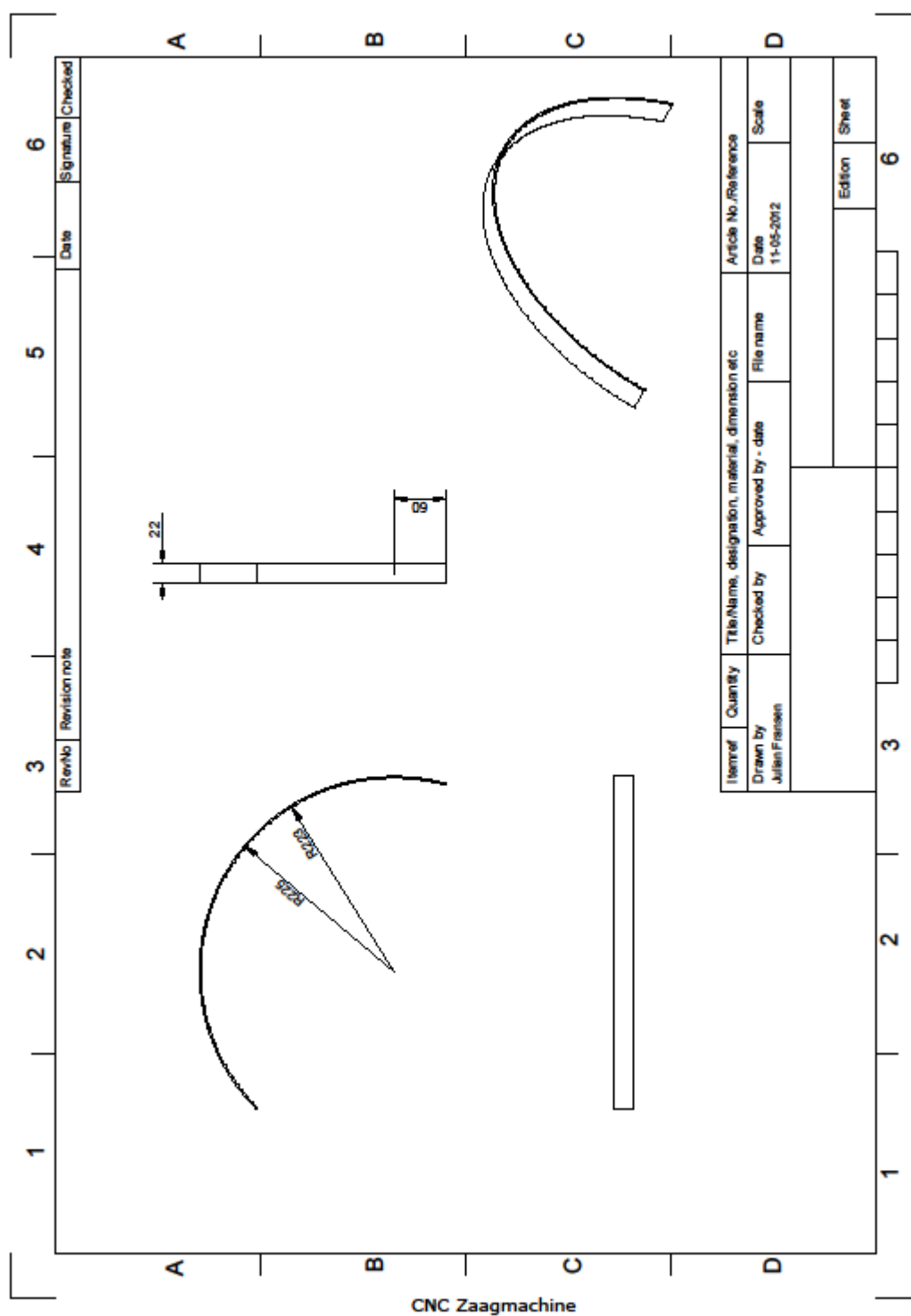




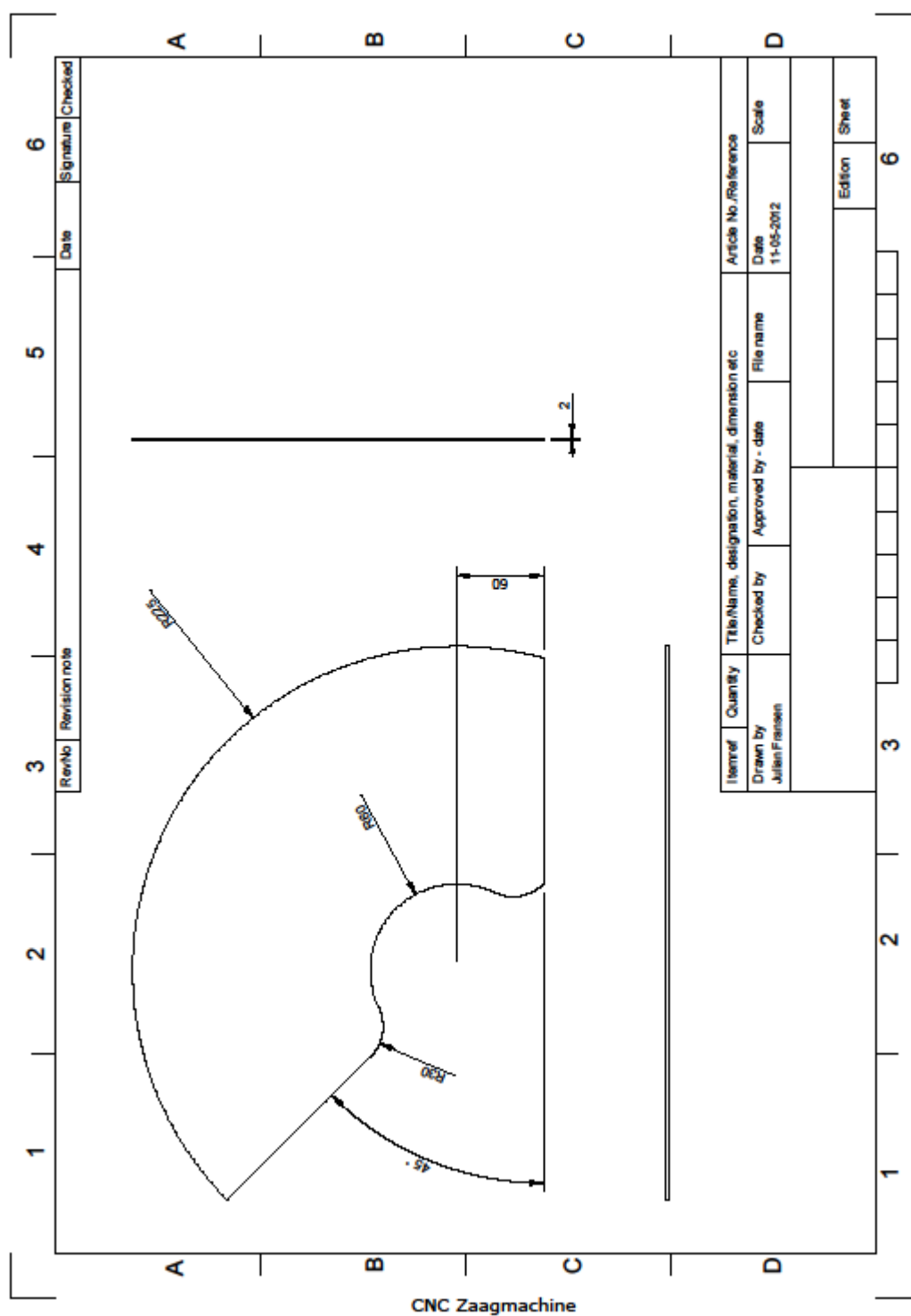
DamenCNC - Basis Pin Systeem



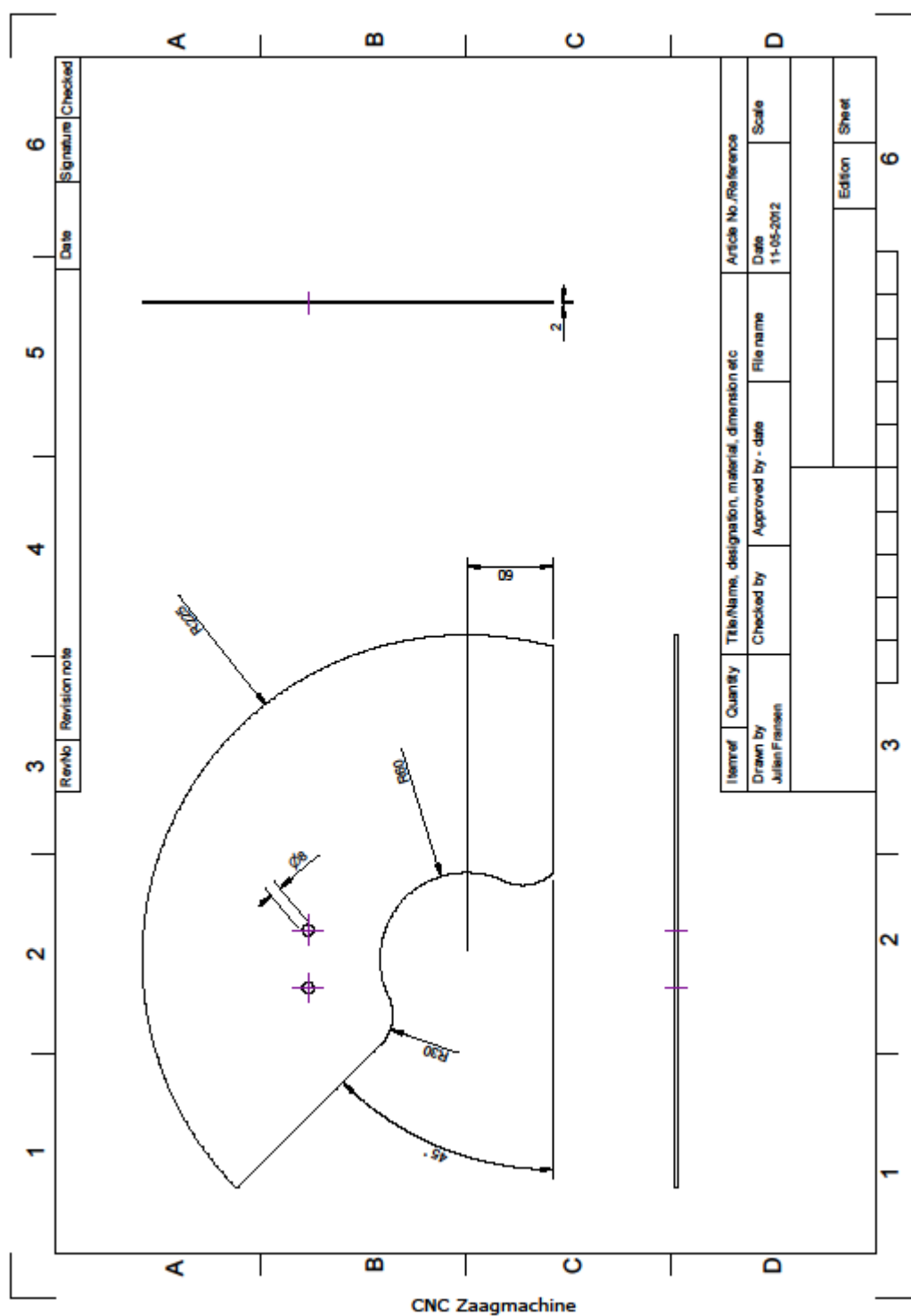
DamenCNC - Beschermkap Tussenstuk



DamenCNC - Beschermkap Zijkant 1

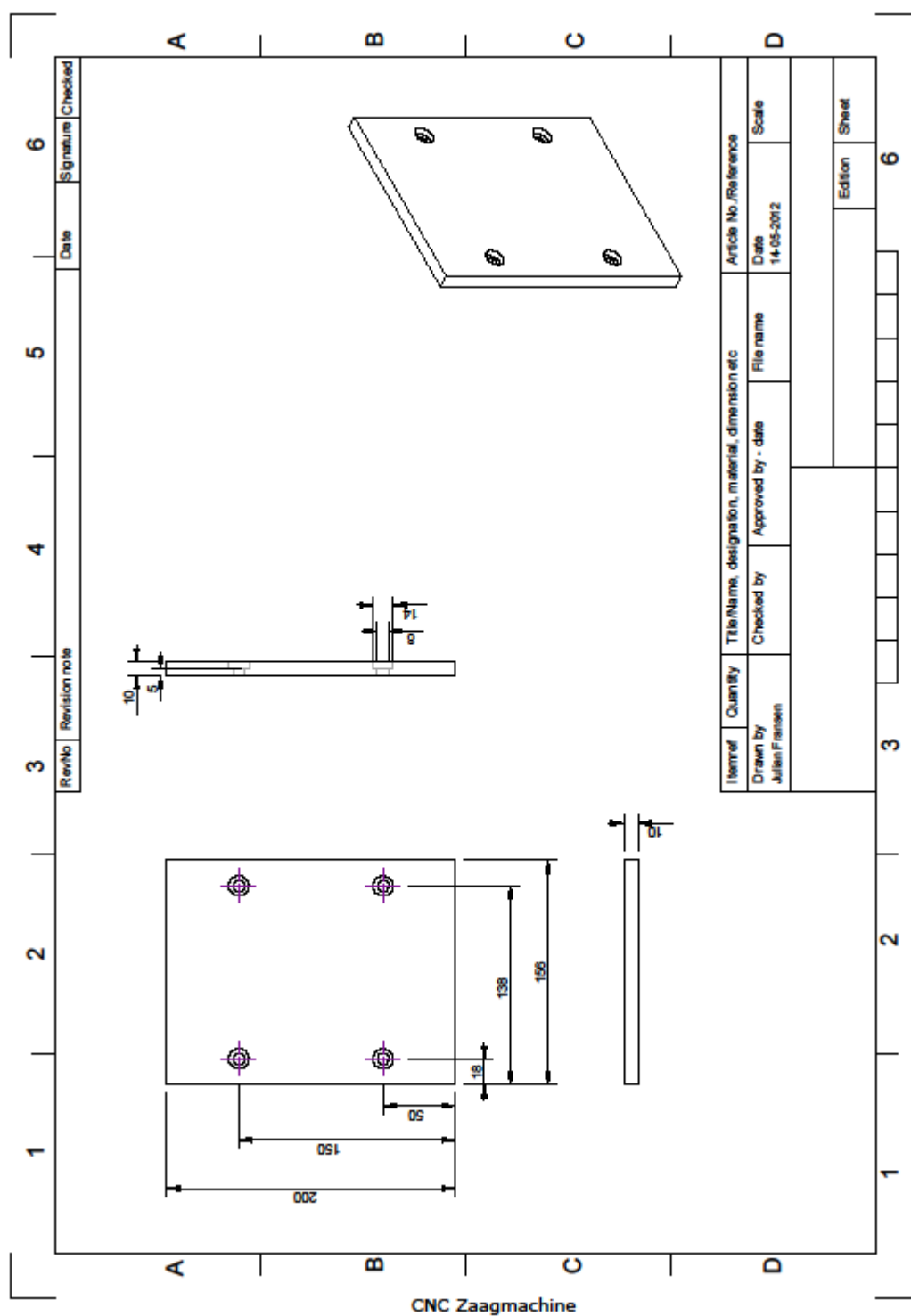


DamenCNC - Beschermkap Zijkant 2

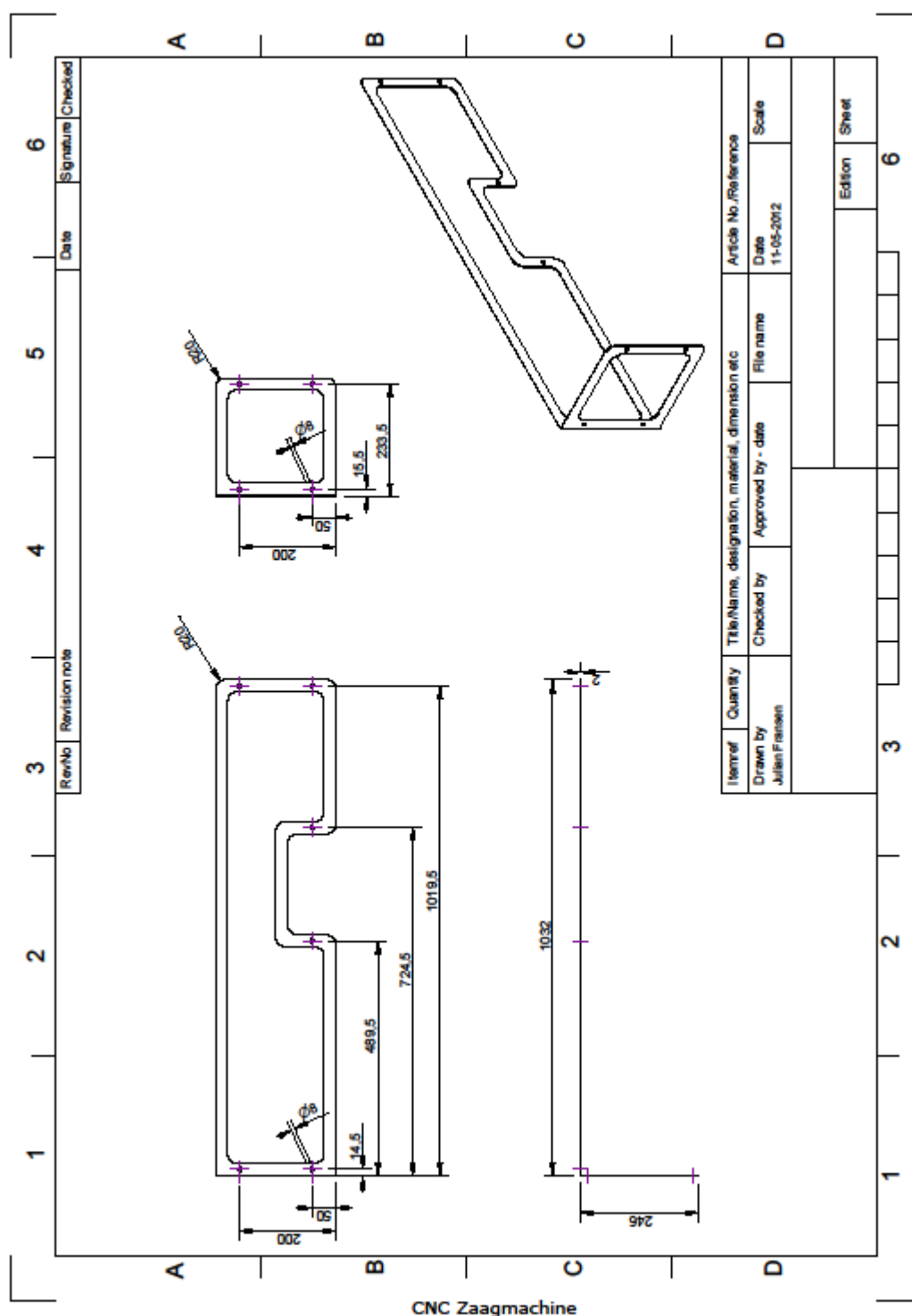




DamenCNC - Bodemplaat Doorvoer

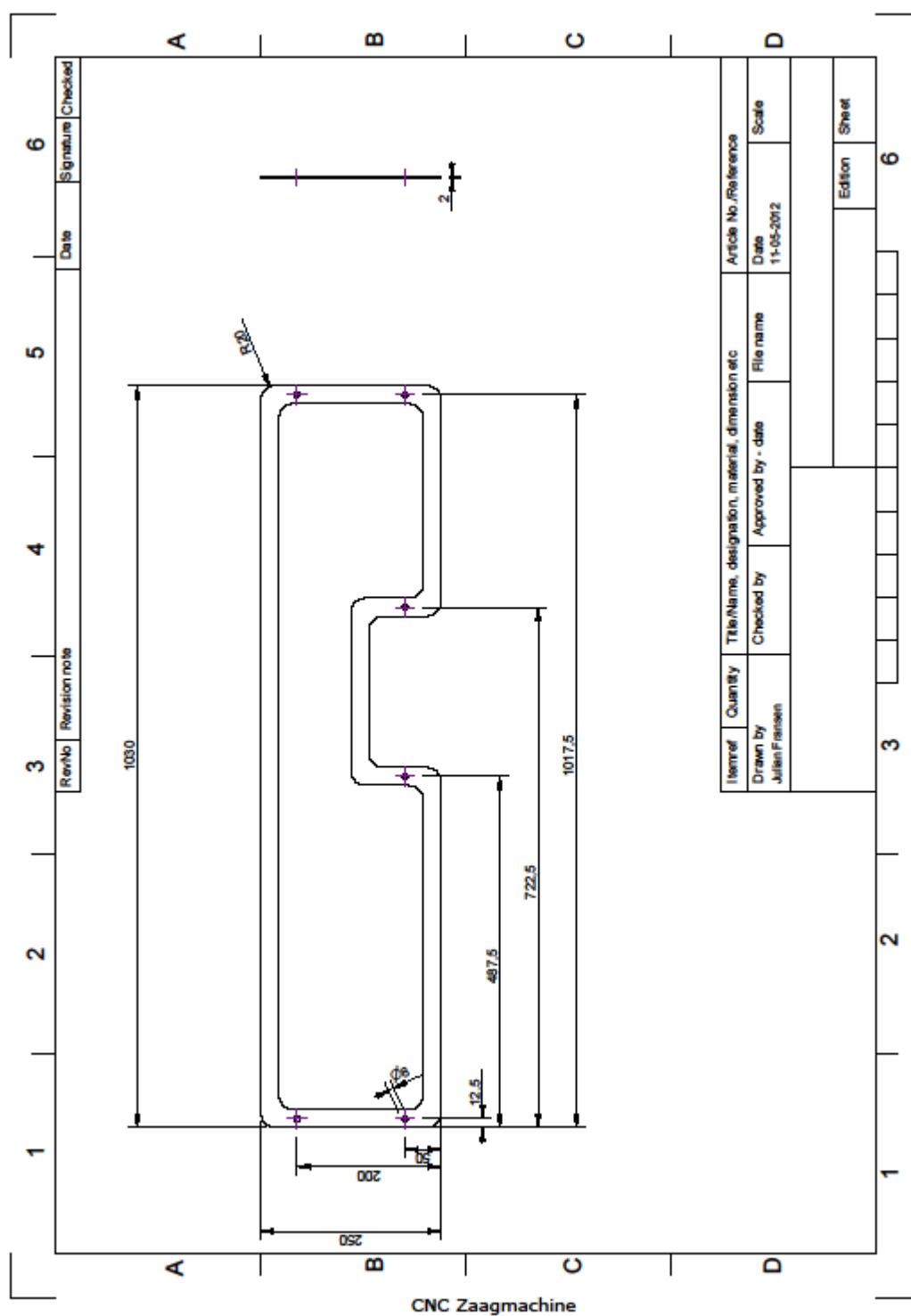


DamenCNC - Frame Polycarbonaat Groot + Klein

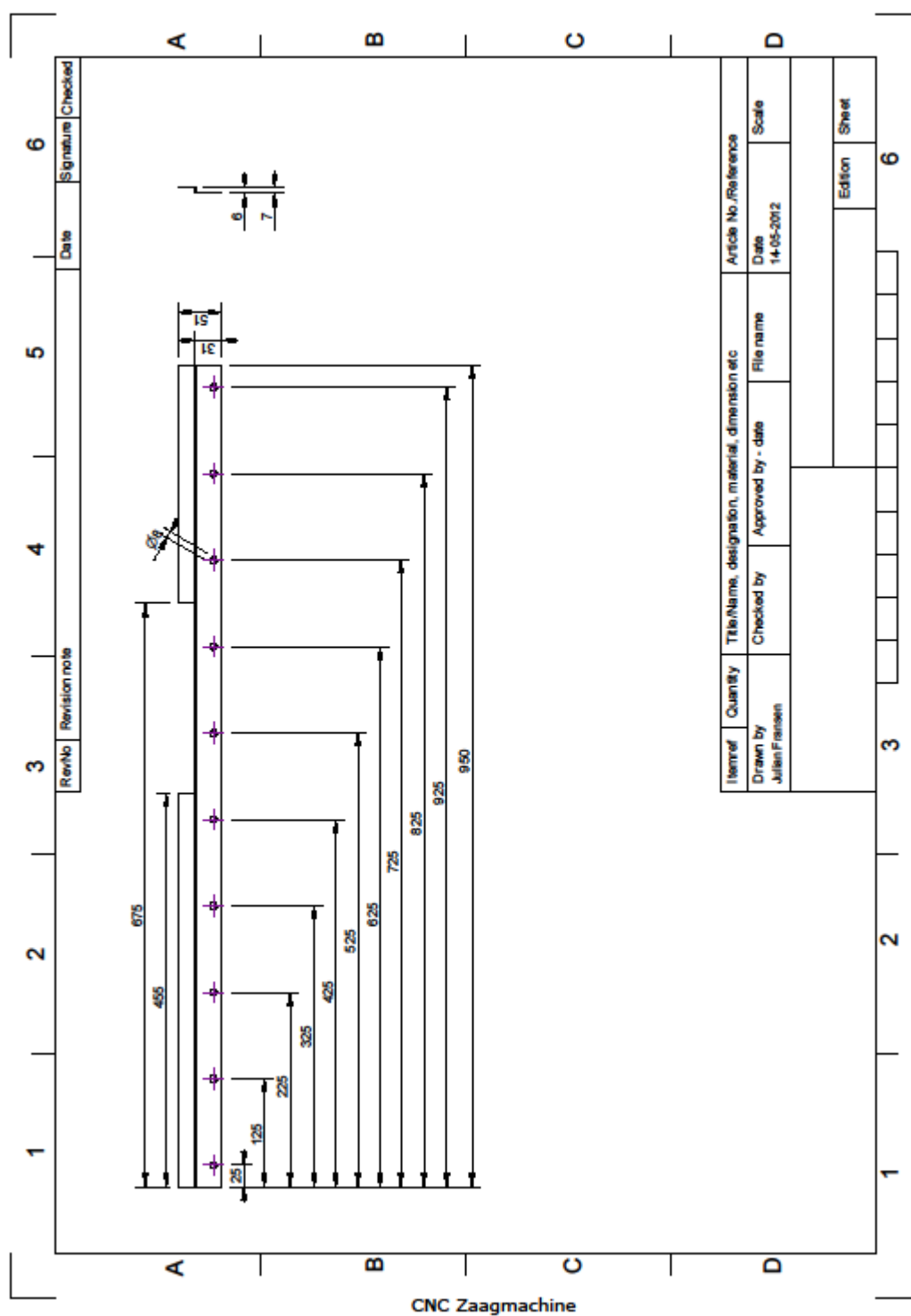


CNC Zaagmachine

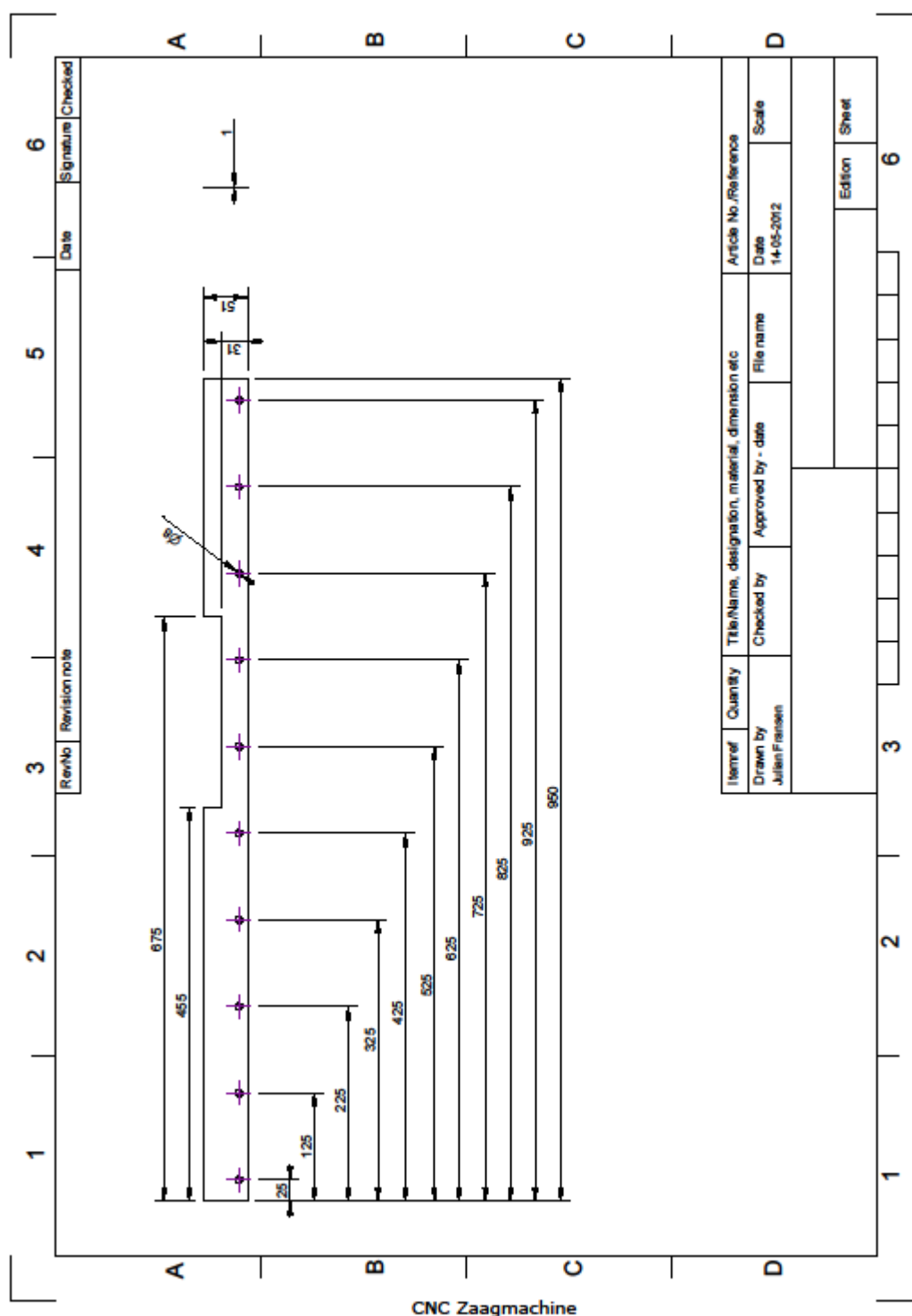
DamenCNC - Frame Polycarbonaat Groot



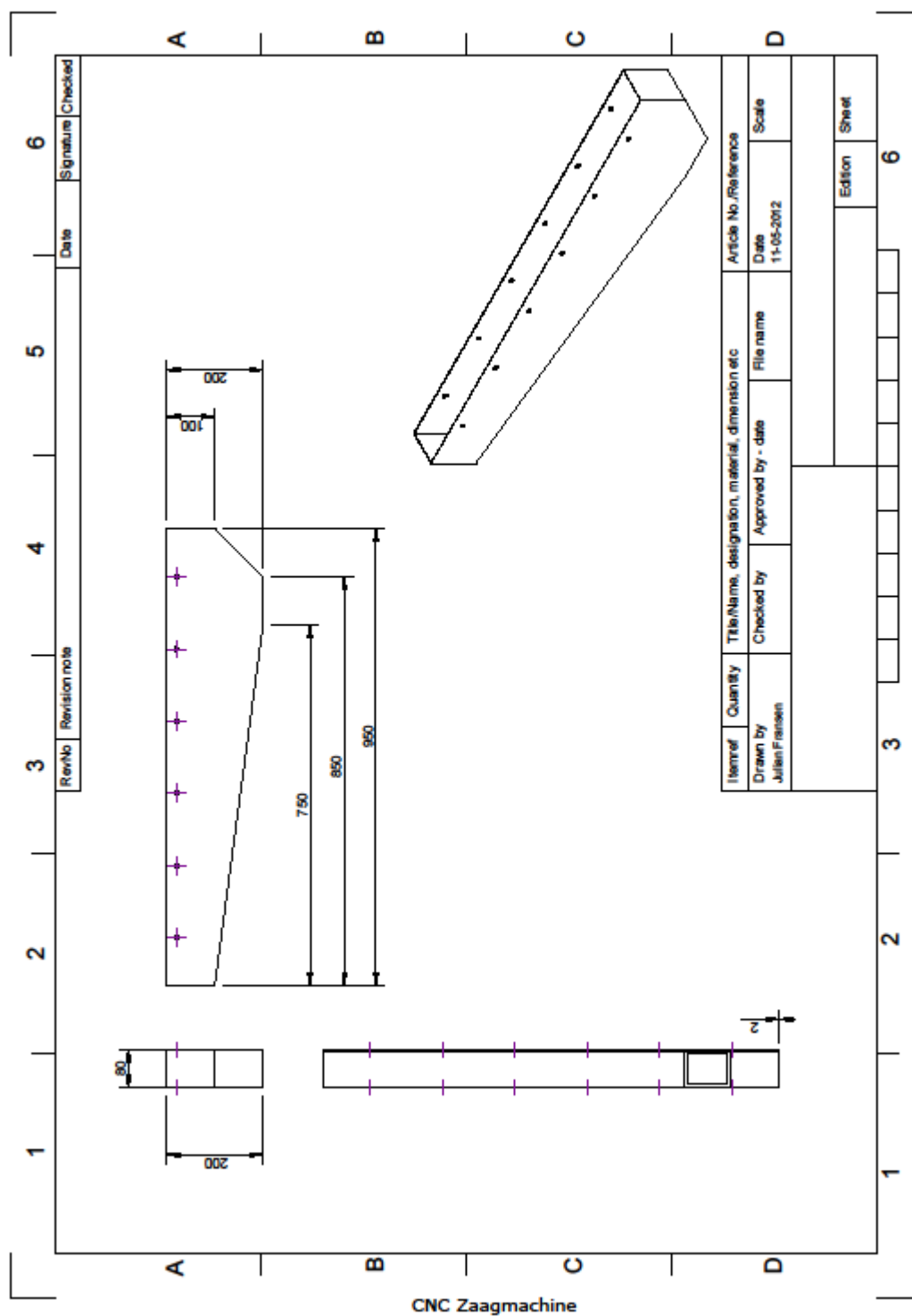
DamenCNC - Guide Polycarbonaat Offset



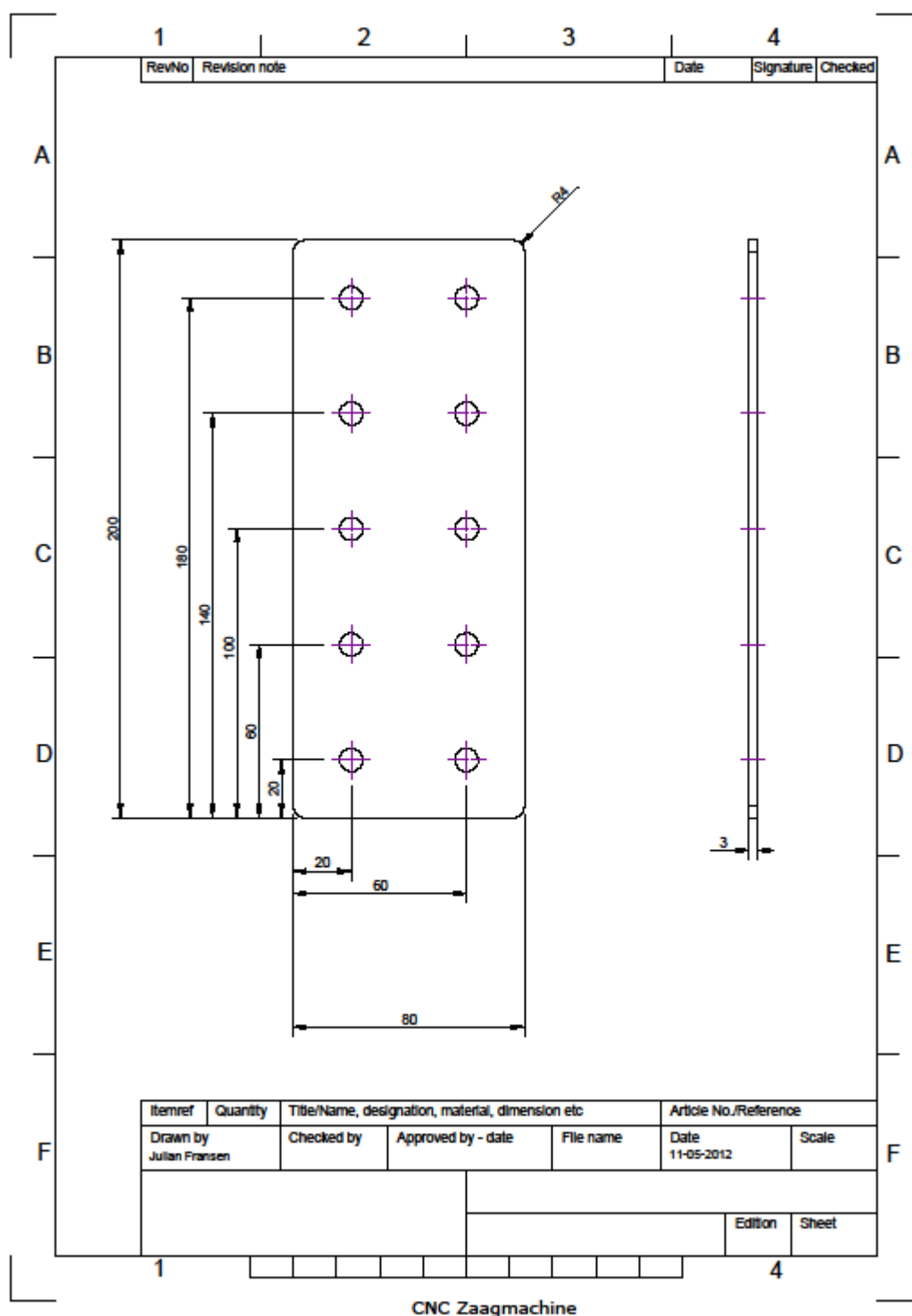
DamenCNC - Guide Polycarbonaat Recht



DamenCNC - Lekbak

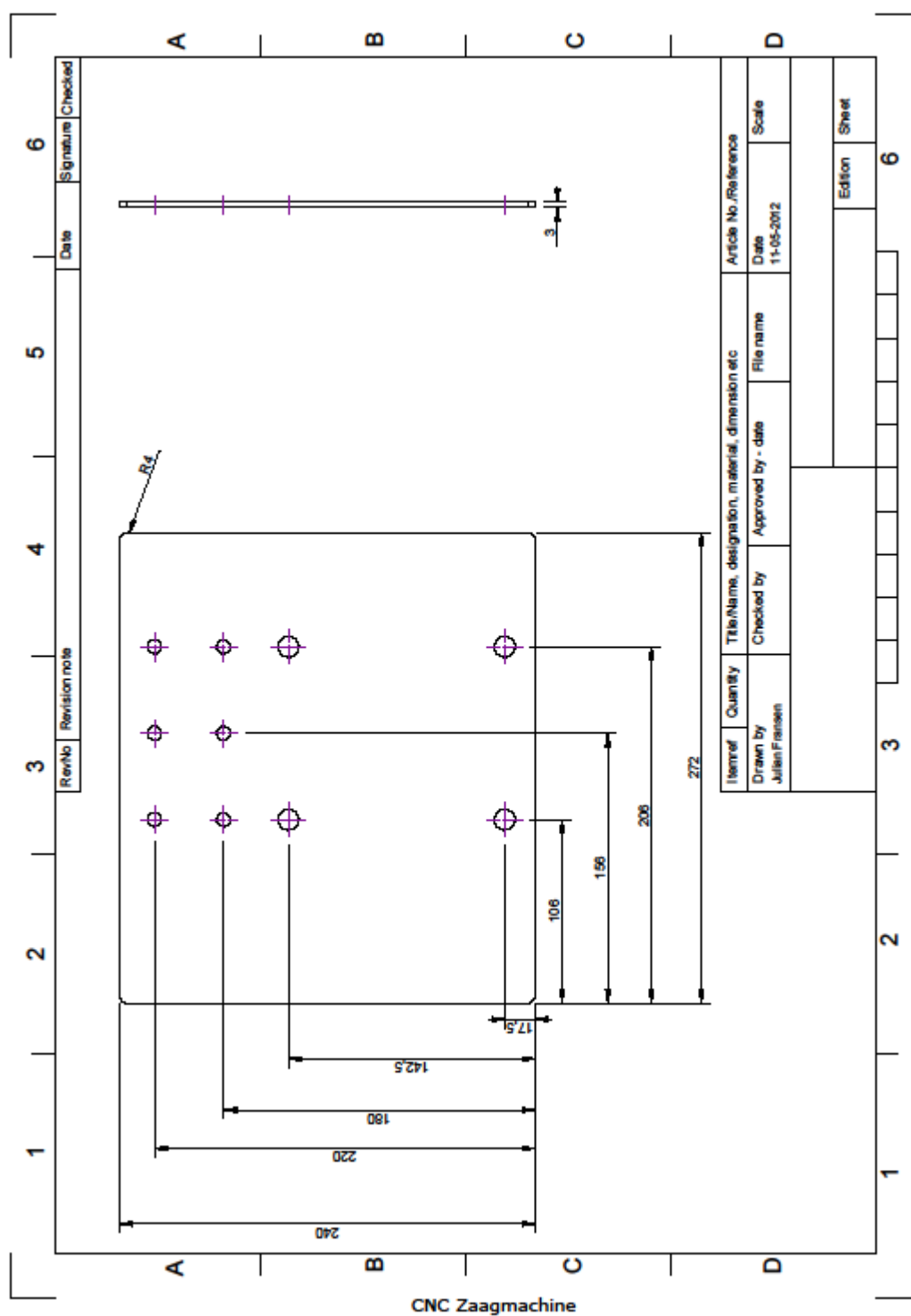


DamenCNC - Mountingplate Arm

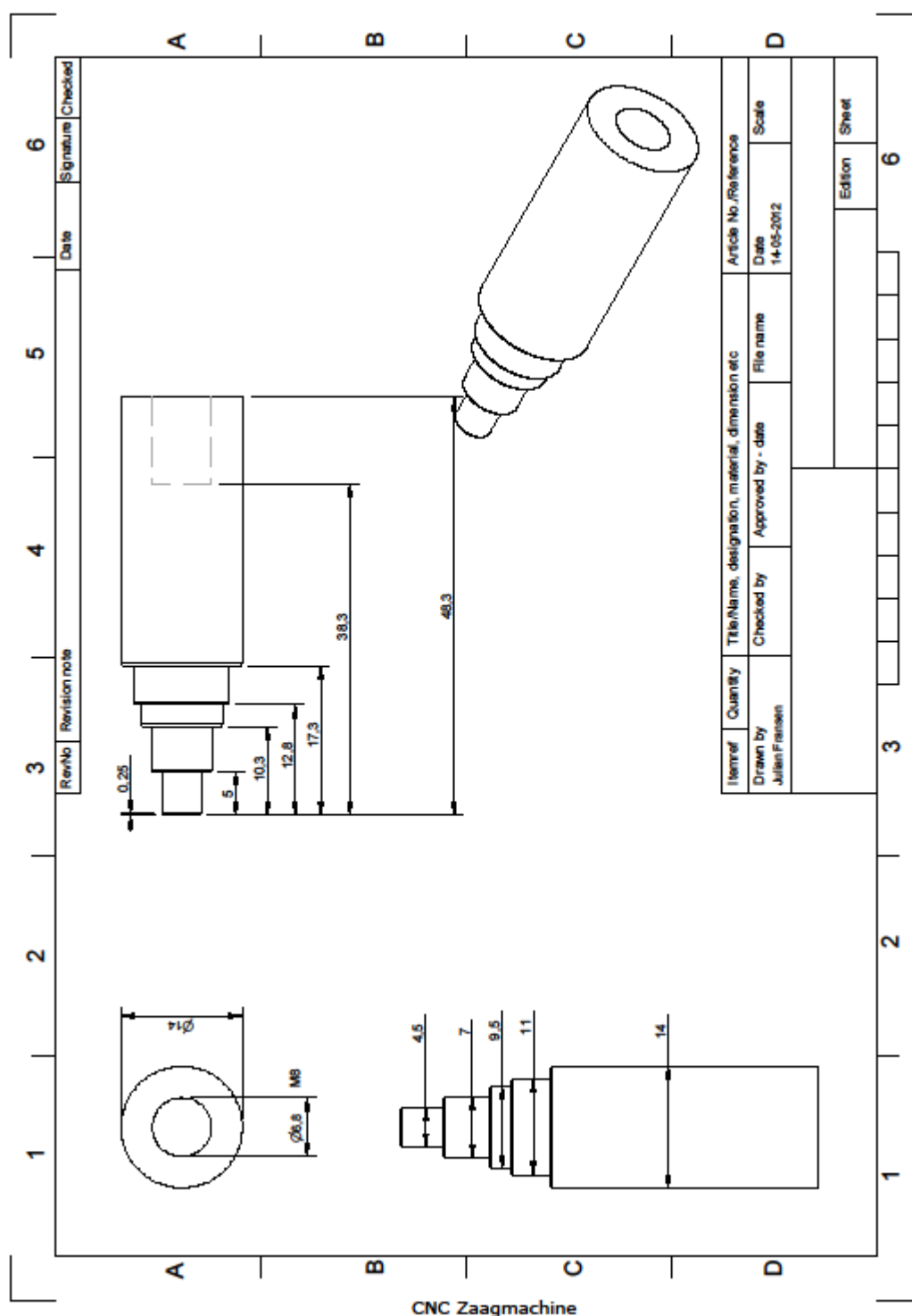


Technical drawing of a CNC milled part. The drawing includes a top view (A-A), a side view, and an isometric view. The top view shows a rectangular plate with dimensions 80x60. It has six circular features arranged in a 2x3 grid. The center-to-center distance between columns is 30, and between rows is 20. The distance from the left edge to the first column is 10, and from the bottom edge to the first row is 10. The side view shows a thickness of 29. The isometric view shows the 3D shape of the part. The drawing is labeled 'CNC Zaagmachine' at the bottom.

DamenCNC - Mountingplate Teknomotor

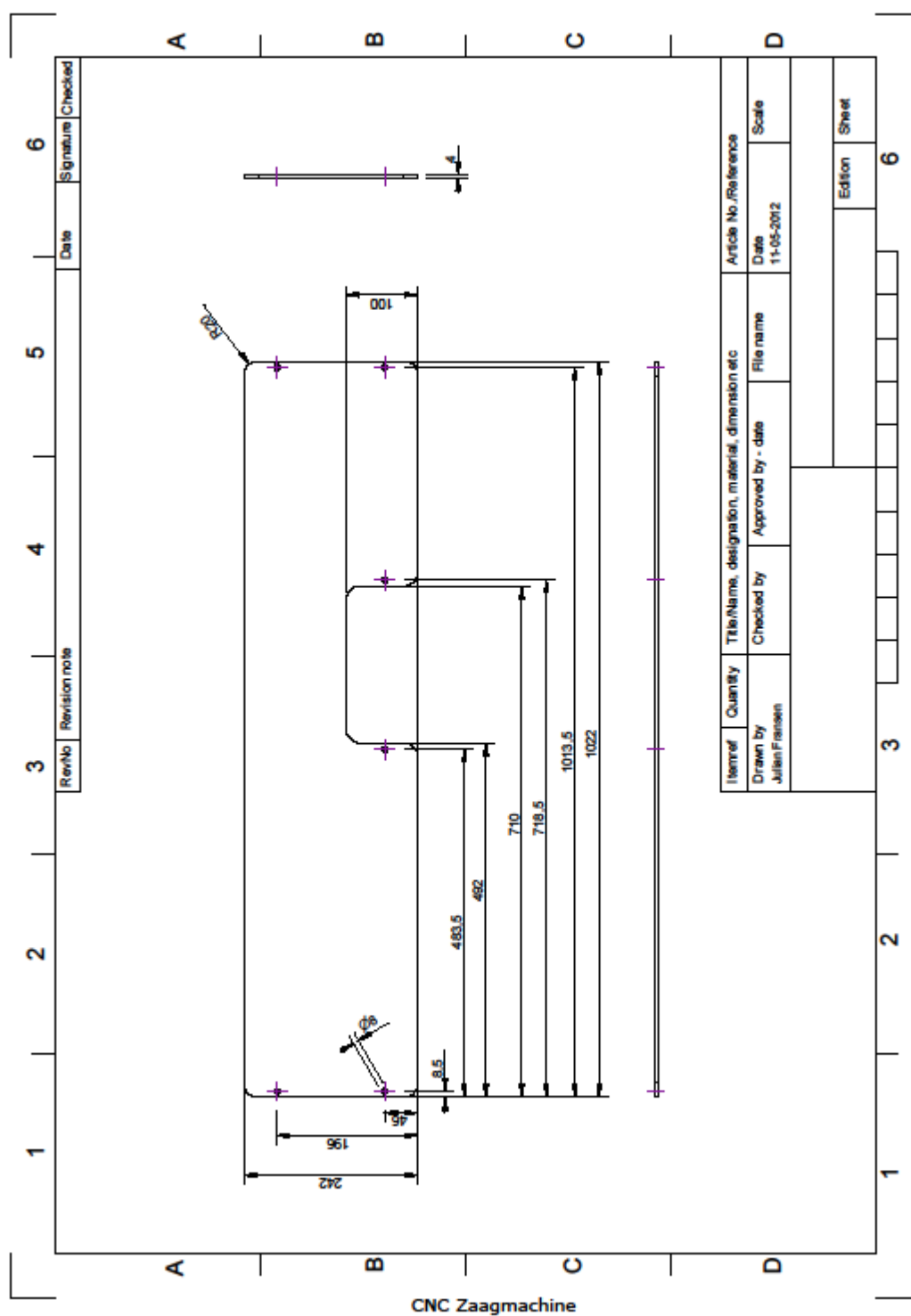


DamenCNC - Pin Pin Systeem

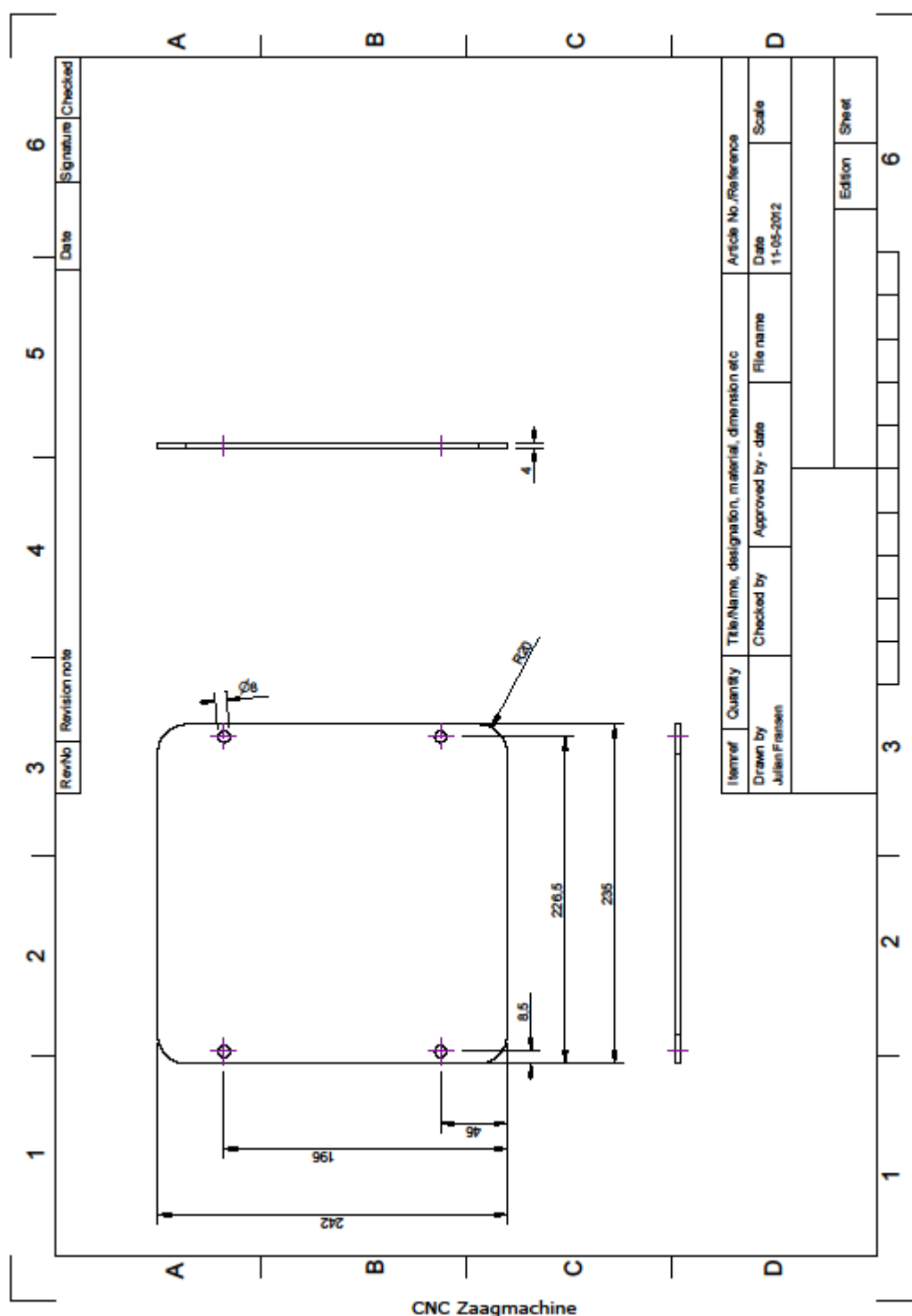


CNC Zaagmachine

DamenCNC - Polycarbonaat Groot

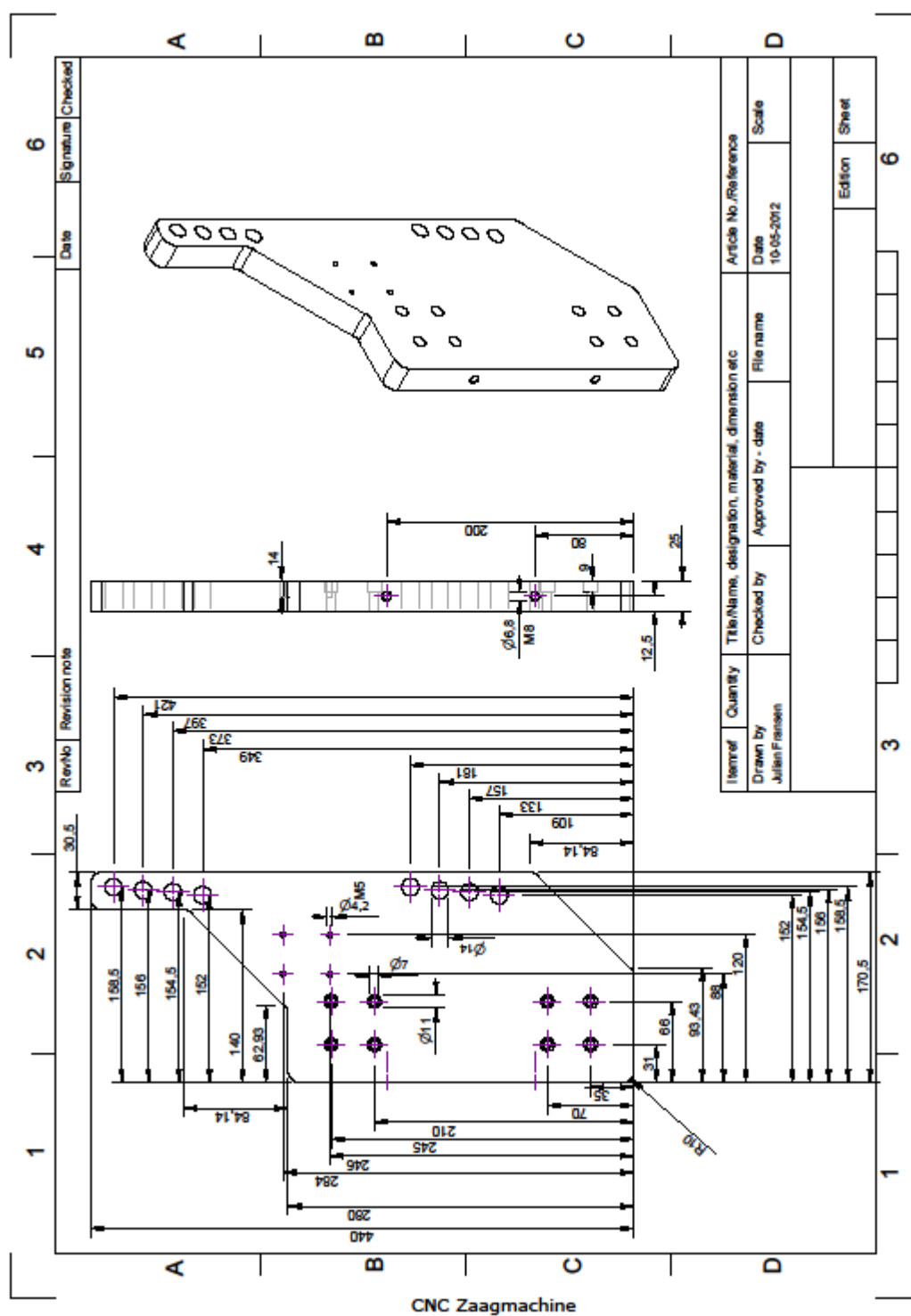


DamenCNC - Polycarbonaat Klein

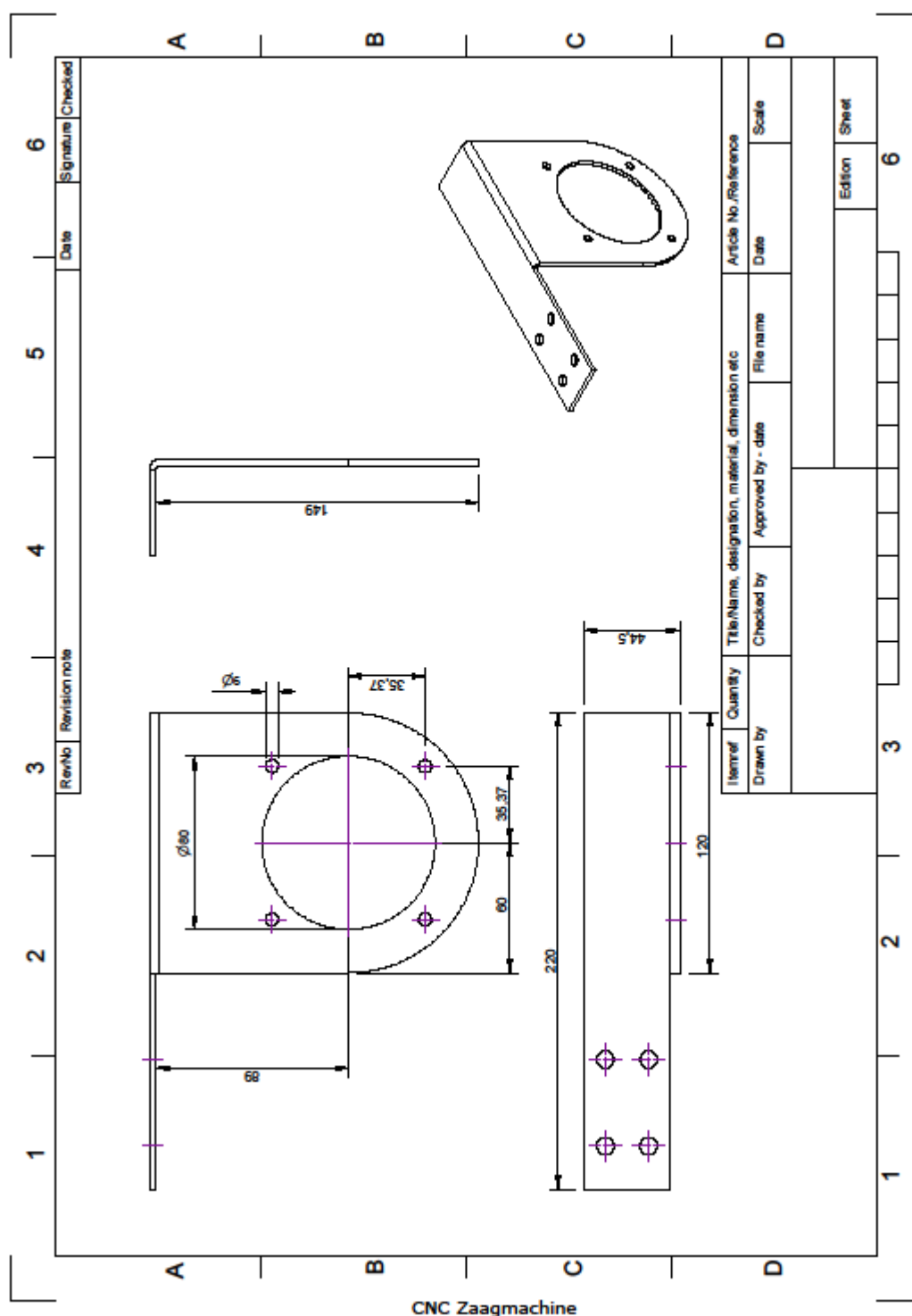


CNC Zaagmachine

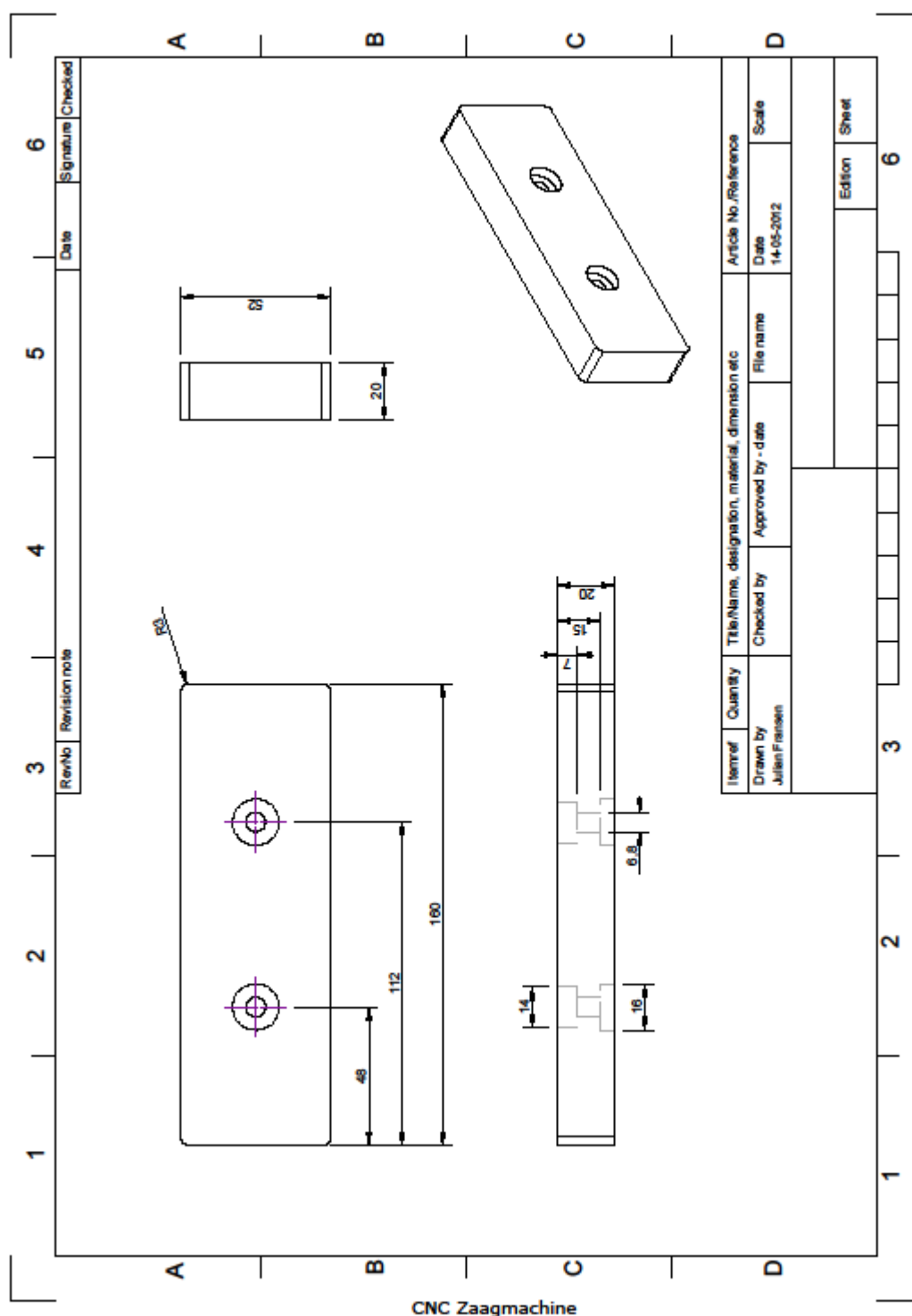
DamenCNC - Slideplate Aanvoer



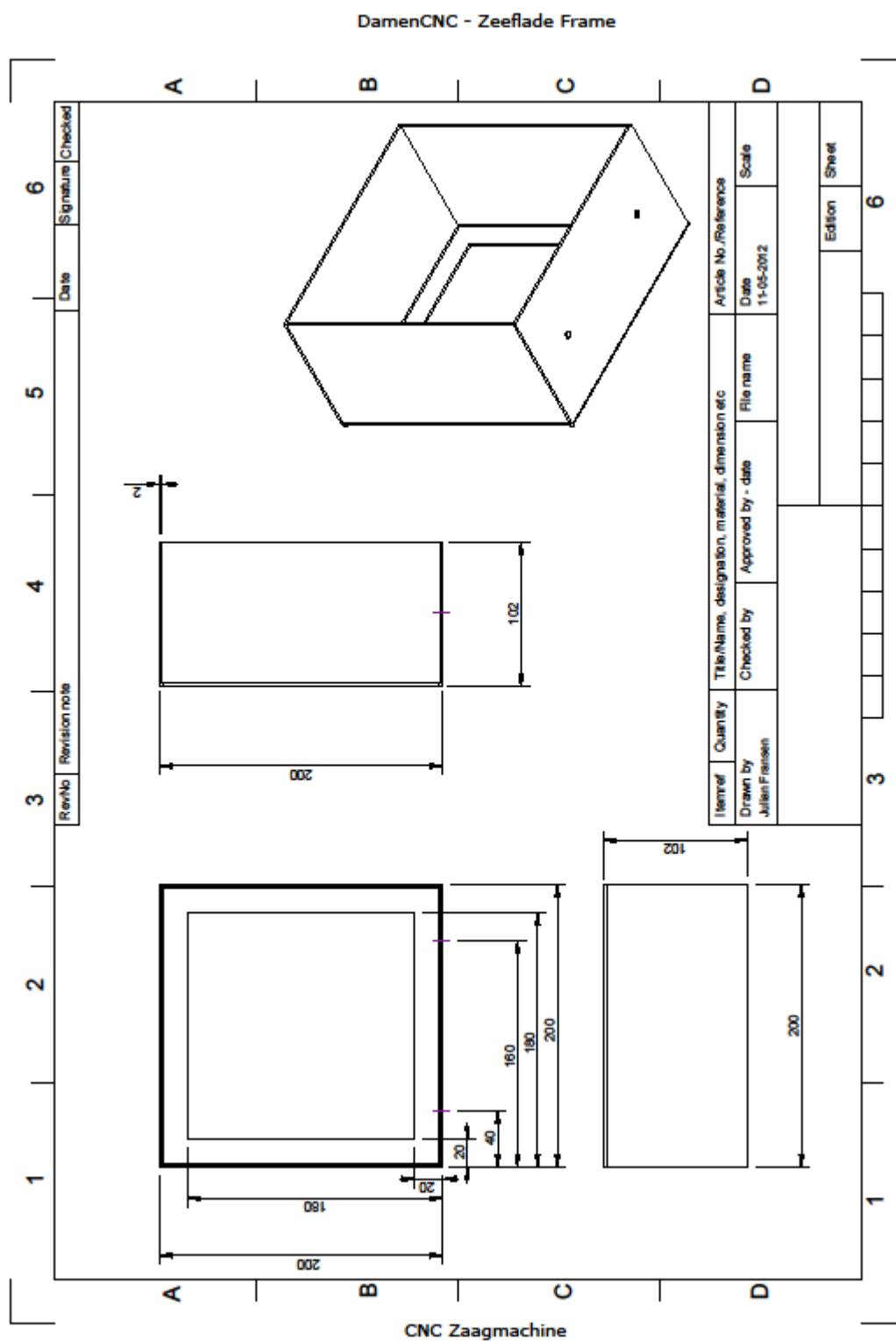
DamenCNC - Torsionplate Teknomotor



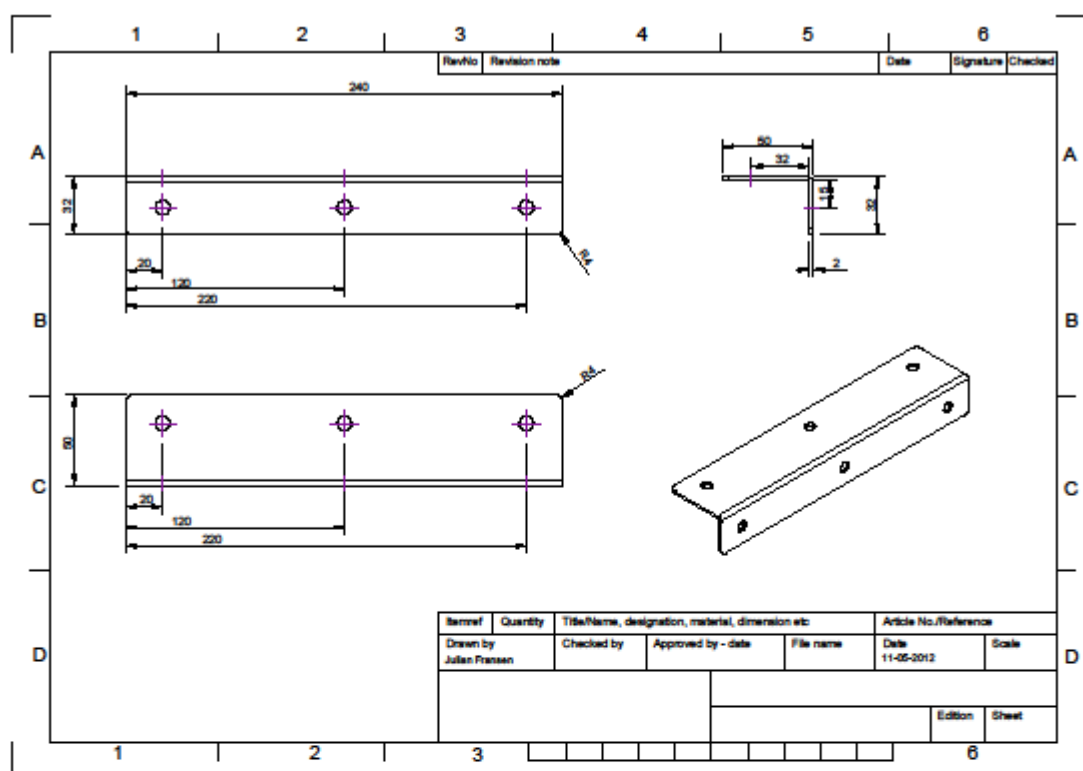
DamenCNC - Veerplaat



CNC Zaagmachine



DamenCNC - Zwaartekrachtrollen Houder



CNC Zaagmachine

Bijlage I: Reflectierapport

Taakrollen en Competenties

De taakrollen die ingevuld worden tijdens de afstudeeropdracht zijn die van onderzoeker en ontwerper. Hierbij horen de volgende werktuigbouwkundige competenties:

- Projectmanagement uitvoeren (organiseren, plannen, uitvoeren, verslag opstellen);
- Een onderzoeksoopdracht uitvoeren;
- Het kunnen opstellen van productdefinitie, plan van aanpak en pakket van eisen voor een duurzaam product of proces;
- Het realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces;
- Het realiseren van een detailontwerp voor een duurzaam product of voortbrengingsproces;
- Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces.

De ontwikkeling van deze beroepsspecifieke competenties is tijdens het afstuderen direct gerelateerd aan de taakrollen (onderzoeker en ontwerper) van de afstudeerder, behorende bij de afstudeeropdracht.

Onafhankelijk van deze taakrollen, dient de afstudeerder tijdens zijn afstudeeropdracht de volgende algemene hbo-competenties aantoonbaar te ontwikkelen tot het vereiste niveau:

- Kritisch handelen (analytisch en probleemoplossend vermogen en het onderbouwen van keuzen, oordeelsvorming);
- Systematisch aanpakken van een probleem (creatieve, plan- en projectmatige werkhouding);
- Samenwerken (sociaal communicatieve vaardigheden);
- Persoonlijke en professionele ontwikkeling (nieuwsgierigheid, verdieping, het willen);
- Zelfverantwoordelijk te werk gaan.

Deze competenties moeten aan het einde van de opdracht ontwikkeld zijn tot niveau 3. Dit niveau wordt bepaald door de maten van complexiteit van de context van de afstudeeropdracht en door de mate van zelfstandigheid, waarmee een student aan zijn afstudeeropdracht werkt.

Het behalen van deze competenties op niveau 3 houdt in dat het zelfstandig uitgevoerde taakrollen betreft, die volbracht worden in een lastige context.

Een belangrijk leerproces tijdens de afstudeerperiode is het vooraf invullen van een competentietabel, zodat deze geëvalueerd kan worden in dit reflectierapport.

Niveau Afstudeeropdracht

Een overzicht van de competentieniveaus is te zien in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**. Deze niveaus worden verhelderd aan de hand van 2 aspecten:

- De mate van complexiteit van de context van de afstudeeropdracht;
- De mate van zelfstandigheid waarmee de afstudeerder aan zijn opdracht werkt.

Overzicht Competentieniveaus				
		taakrol		
		geleid	zelfstandig	sturend
context	simpel	1	2	3
	lastig	2	3	4
	complex	3	4	5

Tabel 20: Overzicht Competentieniveaus

Om vast te stellen wat het niveau van de afstudeeropdracht is, dient onderstaande tabel met stellingen te worden ingevuld:

Niveaubepaling Afstudeeropdracht		
Opdrachtsituatie		
		ja nee
1	De opdracht heeft conflicterende (product)eisen in zich	x
2	De opdracht is niet binnen de gestelde afstudeerperiode goed onderbouwd af te ronden	x
3	Binnen de opdracht zijn verschillende belanghebbenden (denk aan comakership, etc.)	x
4	De afstudeeropdracht moet aan vooraf vastgelegde kwaliteitscriteria voldoen	x
5	De afstudeeropdracht ligt gevoelig op het gebied van concurrenten/politiek/anders...	x
Mogelijke Effecten van de Opdracht		
6	Deze opdracht is dermate belangrijk voor het bedrijf, dat deze met goed gevolg wordt afgerond	x
7	Wanneer uitvoering van de opdracht misloopt, heeft dit duidelijke consequenties voor het bedrijf	x
8	Bij goede uitvoering van de opdracht levert het resultaat veel extra werk op voor het bedrijf	x
9	Op basis van de resultaten uit het verslag worden managementbeslissingen genomen	x
10	Aan de uitvoering van deze opdracht zijn investeringen gebonden	x
11	Er bestaat een kans dat er veranderingen zullen ontstaan binnen de organisatie tgv. bevindingen	x
Analyse Middelen en Domein		
12	De student dient nieuwe kennis en vaardigheden op te doen voor de uitvoering van de opdracht	x
13	De werkzaamheden liggen ruimer dan alleen de werktuigbouwkundige aspecten	x
14	De student krijgt te maken met specifieke eigenaardigheden binnen het werkveld	x
15	De student krijgt te maken met een geheel nieuwe bedrijfscultuur	x

Tabel 21: Niveaubepaling Afstudeeropdracht

Bij beantwoording van bovenstaande stellingen met 4 of meer keer 'ja', heeft de afstudeeropdracht een complexe context. Dit is van toepassing op de afgeronde afstudeerstage.

Competentietabel

Competentietabel t.b.v. Beoordeling Afstudeerwerkzaamheden		Van toepassing in de opdracht	Geschat niveau v/d opdracht	Gewaardeerd niveau v/d opdracht
Competenties Werktuigbouwkunde - als Onderzoeker & Ontwerper				
1	Projectmanagement uitvoeren			
1a	Zelfstandig en op tijd een geschikte afstudeeropdracht bij een in het werkveld opererende organisatie te kunnen verwerven	V	3	3
1b	Zelfstandig en op tijd een plan van aanpak opzetten met een in een competentieprofiel geplaatste opdracht en planning	V	3	3
1c	Een zelfevaluatie opstellen bij het startmoment aan de hand van de competentieset	V	3	3
1d	Het uit te voeren afstudeerproject bewaken volgens de aangegeven planning en zo nodig bij te sturen	V	3	3
1e	Een reflectierapport betreffende leerervaringen, verdieping, o.i.d., opstellen aan het eind van de uitgevoerde opdracht	V	3	3
2	Een onderzoeksoverzicht uitvoeren			
2a	Opzetten en systematisch uitvoeren van een onderzoeksoverzicht	V	2	3
2b	Inventariseren van deelonderzoeken	V	2	3
2c	Het verzamelen en ordenen van onderzoeksgegevens	V	3	3
2d	Het uitvoeren van het onderzoek	V	3	3
2e	Het opstellen van een goed gedocumenteerd en (statistisch) onderbouwd onderzoeksverslag	V	3	3
3	Het kunnen opstellen van een productdefinitie, PVA en PVE voor een duurzaam product of proces			
3a	Een duidelijk omschreven probleemstelling kunnen definiëren in de afstudeeropdracht en plan van aanpak	V	2	4
3b	Het scherp kunnen definiëren van de te onderzoeken onderdelen in de afstudeeropdracht	V	2	4
3c	Het duidelijk kunnen beschrijven welke deelonderzoeken in het project aanwezig zijn	V	2	4
3d	Het kunnen stellen van de prioriteiten in het onderzoek in de loop van het project	V	3	4
4	Het realiseren van een functioneel duurzaam product of proces			
4a	Het kunnen aantonen van een systematische ontwerpaanpak van een duurzaam product m.b.v. een ontwerpmodel	V	3	4
4b	Een modelmatige aanpak van een proces inclusief ondersteunende berekeningen, simulaties	V	3	3
4c	Het kunnen uitwerken van een conceptontwerp in technische tekeningen tot met berekeningen onderbouwde oplossingen	V	3	3
4d	Het kunnen materialiseren van de verschillende onderdelen in relatie tot de functionaliteit	V	2	4
4e	Het kunnen bepalen welke voortbrengingstechniek van toepassing is op onderdelen	X	-	4
4f	Het kunnen optimaliseren van het voorgestelde ontwerp m.b.v. geëigende methodieken	V	3	4
5	Het realiseren van een detailontwerp voor een duurzaam product of proces			
5a	Het kunnen afbakenen om welke functionaliteit het gaat in het omvangrijke product of proces	V	3	4
5b	Het kunnen aantonen van een systematische ontwerpaanpak van een duurzaam product m.b.v. een ontwerpmodel	V	2	4
5c	Een modelmatige aanpak van een proces inclusief ondersteunende berekeningen, simulaties	V	3	4
5d	Het kunnen uitwerken van een conceptontwerp in technische tekeningen tot met berekeningen onderbouwde oplossingen	V	3	3
5e	Het kunnen materialiseren van de verschillende onderdelen in relatie tot de functionaliteit	V	2	4
5f	Het kunnen bepalen welke voortbrengingstechniek van toepassing is op onderdelen	X	-	4
6	Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of proces			
6a	Het ontwerptechnisch samenvoegen van onderdelen en componenten om een ontwerp als prototype/model te presenteren	V	2	-
6b	Het onderzoeken, selecteren en opstellen van componenten en onderdelen op grond van vereiste prestaties	V	2	-
6c	Het voorbereiden van een voortbrengingsproces voor onderdelen	X	-	3
6d	Controle over de onderdelen en componenten op de vereiste specificaties	X	-	3
6e	Samenbouwen van alle onderdelen en componenten in het product of proces	X	-	-
6f	Opstellen, testen en uitvoeren van de testprocedures en vergelijken met de vooraf bepaalde waarden	X	-	-

Tabel 22: Competentietabel deel 1

Competentietabel t.b.v. Beoordeling Afstudeerwerkzaamheden				
Competenties hbo - als Onderzoeker & Ontwerper				
		Van toepassing in de opdracht	Geschat niveau v/d opdracht	Gewaardeerd niveau v/d opdracht
10	Kritisch handelen (analytisch en probleemoplossend vermogen en het onderbouwen van keuzen)	V	3	4
10a	Het op een gestructureerde wijze kunnen uitvoeren van een onderzoek en oplossingen met redenen aangeven	V	3	4
10b	Het kunnen opstellen van een onderzoeksverslag met verwijzingen naar onderliggende bijlagen en literatuurvermeldingen	V	2	4
10c	Het kunnen aantonen dat er onderlinge verbanden en gevolgen aanwezig zijn in het verrichte onderzoek	V	3	4
10d	Het systematisch kunnen wegen van belangen en beslissingen met onderbouwing	V	3	4
11	Systematisch aanpakken van een probleem (creative, plan- en projectmatige werkhouding)	V	2	4
11a	Het kunnen opzetten van een plan van aanpak voorzien van een planning voor de uitvoering van het project	V	2	4
11b	Het toe kunnen passen van een gestructureerde methode om tot oplossingen te kunnen komen	V	3	4
11c	Het kunnen aantonen dat creativiteitstechnieken zijn toegepast om tot het oplossend vermogen te komen	V	2	4
11d	In staat zijn om tot een gewogen keuze te kunnen komen voor een conceptvoorstel	V	2	4
12	Samenwerken (sociale en communicatieve vaardigheden)	V	3	4
12a	Het kunnen aantonen dat er samenwerking is op het gebied van het verwerven en beoordelen van informatie-uitwisseling	V	2	3
12b	Het goed kunnen participeren en samenwerken in een (ontwikkel-)plan	V	3	4
12c	De voortgang van het project kunnen presenteren en verdedigen	V	3	4
12d	Het zelfstandig kunnen opstellen van een onderzoeksverslag met bijlagen en gekoppelde verwijzingen, literatuurlijst	V	3	4
13	Persoonlijk en professionele ontwikkeling (nieuwsgierigheid, verdieping, het willen)	V	2-3	3
13a	Het kunnen opstellen van een persoonlijke interpretatie van de opdracht in een competentie overzicht	V	2	3
13b	Het kunnen opstellen van een zelfbeoordeling van kennisniveau aan het begin en aan het eind van de uitgevoerde opdracht	V	2	3
13c	Het zelfstandig zich eigen kunnen maken van nieuwe kennis en begrippen	V	3	4
13d	Het kunnen toepassen van nieuwe verworven kennis in het onderzoek	V	3	3
14	Zelfverantwoordelijk te werk gaan	V	3	3
14a	Het in hoge mate zelfstandig verwerven van een opdracht en uitvoeren en afronden van de opdracht	V	3	3
14b	Het onderzoek van de persoonlijke situatie en vastleggen in een zelfreflectie rapport	V	2	3
14c	Het zelfstandig zoeken naar informatie en het interpreteren van de relevantie ervan	V	2	3
14d	Het zelfstandig verslagleggen en documenteren van het doorlopen project	V	3	4
14e	Het verantwoordelijk van bronnen	V	3	3

Tabel 23: Competentietabel deel 2

Conclusie Reflectierapport

In het Plan van Aanpak is het niveau van de afstudeeropdracht geschat op 3. Na afronding van de stage blijkt, dat het niveau van de afstudeeropdracht 4 is.

De inschatting van het niveau van bijbehorende taakrollen en competenties in het Plan van Aanpak blijkt correct te zijn geweest. De goed doorlopen afstudeerstage bij DamenCNC heeft ervoor gezorgd dat, de te verbeteren, punten uit de competentietabel nu op een gewenst niveau liggen. De bedrijfsbeoordeling is hier een goede afspiegeling van.

Uit het gewaardeerde niveau van de opdracht en de uitvoering hiervan, kan geconcludeerd worden dat de afstudeerder minimaal het gewenste niveau 3 behaald heeft. Het behalen van dit niveau is van belang voor de afronding van de studie werktuigbouwkunde.