

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen:
elektromechanica

Masterthesis

Optimaliseren van het voorbereidingsproces van roestvast stalen teststukken voor het mechanisch labo.

Mattice Beulen

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

PROMOTOR :

Prof. dr. ing. Karel KELLENS

PROMOTOR :

ir. Bart VERSLEEGERS

COPROMOTOR :

ing. Stijn VANDERLEYDEN

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen | Agoralaan Gebouw H - Gebouw B | BE 3590 Diepenbeek

Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE 3590 Diepenbeek
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE 3500 Hasselt



2024
2025

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen:
elektromechanica

Masterthesis

Optimaliseren van het voorbereidingsproces van roestvast stalen teststukken voor het mechanisch labo.

Mattice Beulen

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

PROMOTOR :

Prof. dr. ing. Karel KELLENS

PROMOTOR :

ir. Bart VERSLEEGERS

COPROMOTOR :

ing. Stijn VANDERLEYDEN



KU LEUVEN

Woord vooraf

Deze masterproef werd uitgevoerd in het atelier van het mechanisch labo van Aperam Genk. Het was een leerrijk en uitdagend proces waarin ik niet alleen mijn technische kennis heb verdiept en waardevolle praktische ervaring heb opgedaan, maar ook mijn vaardigheden in wetenschappelijk schrijven en documenteren heb versterkt. Voor het opstellen van de thesistekst werd gebruikge-
maakt van LaTeX, terwijl de spelling en grammatica werden gecontroleerd met ondersteuning van ChatGPT [1]. De totstandkoming van deze masterproef was niet mogelijk geweest zonder de steun en begeleiding van verschillende personen, aan wie ik graag mijn oprechte dank betuig.

Allereerst wil ik mijn promotoren bedanken: Prof. dr. ing. Karel Kellens van KU Leuven voor zijn waardevolle begeleiding en deskundige inzichten, evenals Ir. Bart Versleegers en ing. Stijn Vanderleyden van Aperam Genk voor hun ondersteuning en praktische adviezen tijdens mijn onderzoek. Verder wil ik Ir. Ria Van den Broeck en Alex Hemelaer bedanken voor hun hulp en waardevolle suggesties. Hun bijdrage heeft meegeholpen aan de verfijning van mijn werk. Ook wil ik mijn appreciatie uitspreken naar de operatoren in het atelier: Gerrit Laeveren, Geert Nijs, Wim Swaen en Vincenza Giambra voor hun praktische kennis en ondersteuning tijdens mijn onderzoek.

Daarnaast ben ik mijn ouders, mijn zus en mijn study buddy Indy bijzonder dankbaar voor hun onvoorwaardelijke steun en motivatie gedurende deze periode. Hun geduld en begrip zijn van onschatbare waarde geweest bij het afronden van deze masterproef en mijn studies 'Industriële Ingenieurswetenschappen Elektromechanica - Ontwerp & Productie' in het algemeen.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Lijst met tabellen	10
Lijst met figuren	13
Verklarende woordenlijst	15
Abstract	17
Abstract in English	19
1 Projectopzet	21
1.1 Situering	21
1.2 Probleemstelling	23
1.3 Doelstellingen	25
1.4 Methode	26
2 Voorstudie	27
2.1 Inleiding	27
2.2 Huidige opstelling van het atelier	27
2.3 Flowproces	29
2.4 Tijdsverloop van het flowproces	31
2.5 Ergonomie- en veiligheidsverbeteringen	33
3 Onderzoek naar mogelijke oplossingen voor de geïdentificeerde problemen	35
3.1 Inleiding	35
3.2 Schrootscheidingssysteem	35
3.2.1 Scheiding met behulp van transportbanden	35
3.2.2 Scheiding met behulp van schudtafel of trillende zeef	36
3.2.3 Scheiding met behulp van robotarm & cameravisiesysteem	36
3.3 Schroottransportsysteem	37
3.3.1 Transportmechanisme met behulp van railsysteem	37
3.3.2 Transportmechanisme met behulp van AGV	37
3.3.3 Transportmechanisme met behulp van AMR	38
3.3.4 Transportmechanisme met behulp van transportband	38
3.4 Labelingsysteem	39
3.4.1 Labeling met behulp van stickers	39

3.4.2	Labeling met behulp van lasergraving	39
3.4.3	Labeling met behulp van inkjet-markering	40
3.4.4	Labeling met behulp van RFID-tags	40
3.5	Geselecteerde Oplossingsstrategieën	41
4	Conceptontwikkeling	43
4.1	Inleiding	43
4.2	Eisenpakket	43
4.3	Aanvoersysteem	45
4.4	Schrootscheidingssysteem	46
4.4.1	Schrootscheiding Mogelijkheid 1	46
4.4.2	Schrootscheiding Mogelijkheid 2	47
4.4.3	Schrootscheiding Mogelijkheid 3	48
4.4.4	Schrootscheiding Mogelijkheid 4	49
4.4.5	Schrootscheiding Mogelijkheid 5	50
4.5	Schroottransportsysteem	51
4.5.1	Schroottransport Mogelijkheid 1	51
4.5.2	Schroottransport Mogelijkheid 2	51
4.6	Labelingssysteem	52
4.6.1	Labelingssysteem Mogelijkheid 1	52
4.6.2	Labelingssysteem Mogelijkheid 2	52
4.7	Besluit	53
4.7.1	Schrootscheidingssysteem	53
4.7.2	Schroottransportsysteem	53
4.7.3	Labelingssysteem	53
4.7.4	Het totale optimalisatiesysteem	53
5	Literatuurstudie - Marktonderzoek	55
5.1	Inleiding	55
5.2	Aanvoersysteem	55
5.3	Schrootscheiding	56
5.3.1	Onderzoek naar de verschillende materialen van een transportband	57
5.3.2	Onderzoek naar de verschillende vormen van een transportband	62
5.3.3	Onderzoek naar verschillende types van bandkeerrollen	64
5.3.4	Onderzoek naar bekleding van bandkeerrollen	68
5.3.5	Onderzoek naar verschillende draagrollen van de transportband	69
5.3.6	Onderzoek naar verschillende aandrijvingen van de transportband	73
5.4	Schroottransportsysteem	76
5.4.1	Onderzoek naar verschillende soorten railsystemen	76
5.4.2	Onderzoek naar verschillende soorten aandrijfsystemen	80
5.4.3	Onderzoek naar verschillende soorten wielen voor schroottransportsysteem	81
5.5	Labelingssysteem	83
5.5.1	Onderzoek naar verschillende soorten stickers	83
5.5.2	Onderzoek naar verschillende soorten scanners	86
5.5.3	Onderzoek naar verschillende soorten printers	88
5.5.4	Onderzoek naar verschillende soorten bevestiging van stickers op testplaat	90

6	Gedetailleerd Mechanisch Ontwerp	93
6.1	Inleiding	93
6.2	Aanvoersysteem	94
6.3	Schrootscheidingssysteem	95
6.3.1	Cruciale onderdelen	96
6.4	Schroottransportsysteem	101
6.4.1	Cruciale onderdelen	102
6.5	labelingssysteem	108
6.5.1	Cruciale onderdelen	111
6.6	Het totale optimalisatiesysteem	114
6.6.1	Augmented Reality	116
7	Aansturing van de installatie	117
7.1	Inleiding	117
7.2	Schrootscheidingssysteem	118
7.2.1	Transportband 1	118
7.2.2	Transportband 2	118
7.2.3	Stickerdetectie voor aansturing van transportband 2	120
7.3	Schroottransportsysteem	121
7.4	Labelingssysteem	123
7.4.1	Procesverloop	123
7.4.2	Receptieprogramma: verwerking en interactie	123
7.4.3	Printen en aanbrengen van het label	124
8	Risico-analyse	125
8.1	Inleiding	125
8.2	Methodologie van de risico-analyse	126
8.3	Inschatting van de grootte van het risico	126
8.3.1	Ernst (E)	127
8.3.2	Blootstelling (B)	127
8.3.3	Waarschijnlijkheid (W)	127
8.3.4	Risicoscore (R)	128
8.4	Praktische uitvoering van de taakanalyses	129
8.4.1	Inventarisatie van de potentiële gevaren	129
8.4.2	Risico-inschatting en evaluatie	133
8.4.3	Inventarisatie van de risicoreductiemaatregelen	138
8.4.4	Evaluatie van de risicoreductiemaatregelen	141
8.5	Conclusie	146
8.5.1	Augmented Reality	148
9	Onderhoudsvoorschriften	149
9.1	Inleiding	149
9.2	Algemene richtlijnen	150
9.2.1	Deskundig personeel	150
9.3	Veiligheidsrichtlijnen voor personeel	150
9.4	Preventief onderhoud	151
9.4.1	Visuele inspecties	151

9.4.2	Service / Reiniging	151
9.4.3	Reconditionering	151
9.4.4	Functionele test	151
9.5	Smeerinstructies	152
9.5.1	Smeervet	152
9.5.2	Tandwielolie	153
9.6	Onderhoudsschema's	154
9.6.1	Aanvoersysteem	154
9.6.2	Schrootscheidingssysteem	154
9.6.3	Schroottransportsysteem	155
9.6.4	Labelingssysteem	156
10	Investeringsanalyse	157
10.1	Inleiding	157
10.2	Investerings- en operationele kosten	158
10.2.1	Kostprijs van aanmaakdelen	158
10.2.2	Kostprijs van koopdelen	158
10.2.3	Kostprijs van bewerking materiaal en assemblage	158
10.2.4	Kostprijs van besturingscomponenten	159
10.2.5	Kostprijs van installatie in het atelier van het mechanisch labo	159
10.2.6	Kostprijs van de opleidingen	160
10.2.7	Totaal kostenplaatje	161
10.3	Batenanalyse	162
10.3.1	Productiviteitswinst	162
10.3.2	Personeelskostenreductie	163
10.3.3	Kwalitatieve baten	164
10.4	Vergelijking huidig versus nieuw scenario	164
10.5	Economische evaluatie	165
10.5.1	Situatie	165
10.5.2	Payback Periode (Terugverdientijd)	166
10.5.3	Return On Investment (Investeringsrendement)	166
10.5.4	Netto Present Value (Netto contante waarde)	167
10.6	Grafische voorstelling	168
11	Conclusie & suggesties voor bijkomende optimalisaties	169
11.1	Conclusie	169
11.2	Suggesties voor bijkomende optimalisatie	171
	Literatuurlijst	177
A	Technische dossier (Externe bijlage)	179
B	HSSE VEI PRC Risico-analyse Aperam Genk	181
C	Technische documentatie – Onderhoud	185
D	Totale kost van de aanmaakdelen	199

E Offertes (aankoopdelen)	203
F Totale kost van de aankoopdelen	211
G Totale kost van de besturingscomponenten	215

Lijst van tabellen

2.1	Tijdsverloop van het flowproces	31
4.1	Eisenpakket	44
8.1	Template risico-analyse Aperam Genk	125
8.2	Risicofactor E met bijhorende gevolgen	127
8.3	Risicofactor B op basis van frequentie en duur per shift	127
8.4	Risicofactor W met bijhorende maatregelen	128
8.5	Indeling aanvaardbaarheid volgens de risicograad	128
8.6	Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 1	129
8.7	Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 2	130
8.8	Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 3	131
8.9	Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 4	131
8.10	Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 5	132
8.11	Startrisico's van activiteit 1	133
8.12	Startrisico's van activiteit 2	134
8.13	Startrisico's van activiteit 3	135
8.14	Startrisico's van activiteit 4	136
8.15	Startrisico's van activiteit 5	137
8.16	Risicoreductiemaatregelen van activiteit 1	138
8.17	Risicoreductiemaatregelen van activiteit 2	138
8.18	Risicoreductiemaatregelen van activiteit 3	139
8.19	Risicoreductiemaatregelen van activiteit 4	140
8.20	Risicoreductiemaatregelen van activiteit 5	140
8.21	Restrisico's van activiteit 1	141
8.22	Restrisico's van activiteit 2	142
8.23	Restrisico's van activiteit 3	143
8.24	Restrisico's van activiteit 4	144
8.25	Restrisico's van activiteit 5	145
9.1	Specificaties smeervet KP2N-20	152
9.2	Smeerinstructies tandwielonderdelen	153
9.3	Onderhoudsschema van de kogeltafel	154
9.4	Onderhoudsschema van transportband 1	154
9.5	Onderhoudsschema van transportband 2	155
9.6	Onderhoudsschema van losse schroottransportonderdelen	155
9.7	Onderhoudsschema van transportkar 1	156

9.8	Onderhoudsschema van transportkar 2	156
9.9	Onderhoudsschema van labelingssysteem	156
10.1	Overzicht van de installatiekosten	160
10.2	Overzicht van de totale kost	161
10.3	Tijdsregistratie huisig systeem vs geoptimaliseerd systeem	162
10.4	Vergelijking tussen huidig en geautomatiseerd scenario	164

Lijst van figuren

1.1	Luchtfoto van de Aperam-site in Genk	21
1.2	Aanvoerplaat	23
1.3	Testplaat	23
1.4	Teststrook (boven) & kastplaat (onder)	24
1.5	Gelabelde teststrook	24
2.1	Huidige opstelling van het Atelier	28
2.2	Flowproces deel 1	29
2.3	Flowproces deel 2	30
2.4	Schematische voorstelling van de toevoeging van het schroottransport	34
4.1	Schrootscheiding mogelijkheid 1	46
4.2	Schrootscheiding mogelijkheid 2	47
4.3	Schrootscheiding mogelijkheid 3	48
4.4	Schrootscheiding mogelijkheid 4	49
4.5	Schrootscheiding mogelijkheid 5	50
4.6	Schroottransport mogelijkheid 2	51
4.7	Visualisatie van het labelingssysteem Mogelijkheid 2	52
4.8	Schematische voorstelling van het totale optimalisatiesysteem	54
5.1	Omnitrack kogeltransferunits	56
5.2	Samenstelling transportband	56
5.3	Rubberen transportband	57
5.4	PVC-transportband	58
5.5	PU-transportband	59
5.6	Textielen transportband	60
5.7	Metalen transportband	61
5.8	Geprofileerde transportband	62
5.9	Trogvormige transportband	63
5.10	Modulaire kunststof schakelband	63
5.11	Direct aangedreven aandrijfrol	64
5.12	Aandrijfrol met enkelvoudig tandwiel	65
5.13	Aandrijfrol met dubbel tandwiel	66
5.14	Aandrijfrol met tandriemtandwiel	67
5.15	Aangelegd profiel als bekleding	68
5.16	Mc-Idler Composite draagrol	70
5.17	Mc-Idler PU draagrol	71

5.18	NBL draagrol	72
5.19	NBL MC DISC draagrol	72
5.20	Motorreductor met koppeling	73
5.21	Motorreductor met kettingaandrijving	74
5.22	Motorreductor met riemaandrijving	75
5.23	Transportwiel met rechthoekige groef	82
5.24	Gietijzeren transportwiel met opstaande rand	82
5.25	Mechanische drukker	90
5.26	Wrijfband	91
6.1	Aanvoertafel	94
6.2	Kogelunit Omnitrack	94
6.3	Het schrootscheidingssysteem	95
6.4	Opstelling combinatie van draagplaten bij transportband	96
6.5	Lagerkeuze voor de transportbanden	97
6.6	Spansysteem voor transportbanden	97
6.7	Voorstelling van aandrukrol op transportband 1	98
6.8	Detail van aandrukrolsysteem	98
6.9	Berekeningen van motorreductor voor transportbanden	99
6.10	Geselecteerde motor voor transportbanden 1 & 2	100
6.11	Het schroottransportsysteem	101
6.12	Opbouw van transportkar	101
6.13	Lagerkeuze voor transportkarren	102
6.14	Gekozen transportwielen	103
6.15	Doorbuiging as transportkar	104
6.16	Maximale spanningen in de as	105
6.17	Berekeningen van motorreductor voor schroottransport	106
6.18	Geselecteerde motor voor transportkar 1	107
6.19	Het volledige labelingssysteem	108
6.20	De werktafel van het labelingssysteem	109
6.21	Aanslaghoek met stempel	110
6.22	Totaal Labelingmodule	111
6.23	Simplistische voorstelling printmodule	112
6.24	De stempelmodule	113
6.25	Optimalisatiesysteem in een 3D (Vooraanzicht)	114
6.26	Optimalisatiesysteem in een 3D (Rechterzijaanzicht)	114
6.27	Optimalisatiesysteem in een 3D (Achter aanzicht)	115
6.28	Optimalisatiesysteem in een 3D (Linkerzijaanzicht)	115
6.29	QR-code voor weergave van het volledige optimalisatiesysteem in Augmented Reality	116
8.1	Geoptimaliseerd labelingssysteem na risico-analyse	146
8.2	Ophaling van goed materiaal via opening in verlaagd veiligheidshekwerk	147
8.3	QR-code voor weergave van het finale optimalisatiesysteem in Augmented Reality	148
9.1	Smeervet KP2N-20	152
9.2	Verschillende bouwvormen voor K-, W- en S-series volgens SEW	153

10.1	Cumulatieve kasstroom inclusief jaarlijkse besparingen en exploitatiekosten	168
------	---	-----

Verklarende woordenlijst

Aanvoerplaten	Dit zijn platen die afkomstig zijn van het einde van afwerkingslijnen en walslijnen. Ze worden genomen uit een coil en hebben altijd een breedte van ongeveer 400 mm. De lengte van de aanvoerplaat komt overeen met de breedte van de coil. Deze aanvoerplaten moeten in de eerste stap van het proces geknipt worden tot de gestandaardiseerde testplaten.
Kastplaatjes	Dit zijn plaatjes van 40 mm breed en 280 mm lang, die gebruikt worden voor testdoeleinden zoals spectroscopie, zonder dat het materiaal beschadigd of vervormd raakt. De naam komt voort uit het feit dat deze plaatjes als reserve worden bewaard in kasten in het mechanisch labo. Mocht een klant niet tevreden zijn, dan is er altijd nog een stuk beschikbaar om her-testen op uit te voeren.
RVS	Dit is de afkorting voor Roestvast staal.
Testplaten	Dit zijn platen met een gestandaardiseerde afmeting van 280 mm × 400 mm. Vanuit deze testplaten worden teststrookjes en kastplaatjes gesneden voor verdere kwaliteitscontroles en materiaaltesten.
Teststrookjes	Dit zijn strookjes van 20 mm breed en 280 mm lang, die uit de testplaat worden gehaald. Ze worden vervolgens gefreesd naar een specifiek model om trekproeven en andere mechanische tests uit te voeren. Deze strookjes worden gebruikt voor controles die het materiaal vervormen of breken, zoals hardheidsmetingen en trekproeven.

Abstract

Het huidige voorbereidingsproces van roestvaststalen teststukken in het mechanisch laboratorium van Aperam Genk is inefficiënt en belastend vanuit ergonomisch oogpunt. Het proces bestaat uit het knippen van aanvoerplaten tot teststrookjes en kastplaatjes. Aansluitend worden de goede stukken (teststrookjes & kastplaatjes) handmatig gescheiden van het schroot, bestaande uit de reststukken van de afgeknipte platen. Tot slot worden barodelabels op de teststrookjes aangebracht. Deze masterproef streeft naar procesoptimalisatie en verbeterde veiligheid en ergonomie.

Allereerst werd een analyse en tijdsregistratie van het volledige proces uitgevoerd, met als doel inefficiënties en ergonomische knelpunten te identificeren. In overleg met betrokkenen werden de eisen bepaald. Op basis daarvan werd een morfologisch schema met meerdere mogelijke oplossingen opgesteld. Samen met een marktonderzoek leidde dit tot een nieuw voorstel voor het voorbereidingsproces.

Het resulterende ontwerp is een geautomatiseerd systeem dat enerzijds de scheiding van goede stukken en schroot faciliteert en anderzijds een automatisch labelingssysteem invoert. Daarnaast worden integraties voorzien ter verbetering van de ergonomie en het waarborgen van de veiligheid. Logistieke knelpunten worden opgevangen met bijkomende oplossingen voor een vlotte en veilige materiaalstroom. Naar schatting reduceert deze optimalisatie de doorlooptijd van een aanvoerplaat tot 2 gelabelde teststrookjes en 1 kastplaatje van 4 minuten en 20 seconden naar 2 minuten.

Abstract in English

The current preparation process for stainless steel test plates in the mechanical laboratory at Aperam Genk is inefficient and ergonomically unsuitable. The process involves cutting supply plates into test strips and stacking plates. Subsequently, the good pieces (test strips and stacking plates) are manually separated from the scrap, consisting of the leftover pieces from the supply plates. Finally, barcode labels are applied to the test strips. This master's thesis aims at process optimization and improved safety and ergonomics.

First, an analysis and time registration of the entire process was conducted to identify inefficiencies and ergonomic bottlenecks. In consultation with stakeholders, the requirements and needs were determined. Based on this, a morphological chart with several possible solutions was developed. Combined with market research, this led to a new proposal for the preparation process.

The resulting design is an automated system that on one hand facilitates the separation of good pieces and scrap, and on the other hand implements an automatic labeling system. Additionally, integrations are planned to improve ergonomics and ensure safety. Logistical bottlenecks are addressed with supplementary solutions to enable a smooth and safe material flow. It is estimated that this optimization will reduce the throughput time from an supply plate to 2 labeled test strips and 1 stacking plate from 4 minutes and 20 seconds to 2 minutes.

Hoofdstuk 1

Projectopzet

1.1 Situering

Aperam is een wereldwijd bedrijf dat zich richt op de productie van roestvast staal, elektrisch staal, speciale legeringen en de recycling van deze materialen. Het heeft vestigingen in België, Frankrijk, Brazilië, China, India en de Verenigde Staten. In België heeft Aperam twee belangrijke productiefaciliteiten: in Genk en Charleroi, waarbij de vestiging in Genk bijzonder belangrijk is vanwege de aanwezigheid van de enige koudwals in België. Figuur 1.1 toont een luchtfoto van de Aperam-site in Genk, die bestaat uit de gieterij en de koudwals.



Figuur 1.1: Luchtfoto van de Aperam-site in Genk [2]

Met een productiecapaciteit van 2,5 miljoen ton roestvast en elektrisch staal in Brazilië en Europa, is Aperam een wereldleider in de productie van legeringen en hoogwaardige staalproducten. Het bedrijf heeft klanten in meer dan veertig landen en beschikt over een sterk geïntegreerd netwerk van distributie, verwerking en service. Bovendien produceert Aperam staal met een lage koolstofvoetafdruk door het gebruik van biomassa en staalrecycling [3].

Bij de koudwalsafdeling wordt het staal onder een mechanische spanning gezet, wat zorgt voor een permanente verandering in de kristalstructuur van het staal. Door deze veranderingen in de kristalstructuur, neemt de sterkte toe en verandert de corrosiebestendigheid. Dit maakt kwaliteitscontroles cruciaal om te voldoen aan de klantnormen. Het mechanisch labo evalueert systematisch alle stalen van verschillende afwerkingslijnen en controleert de fysische en mechanische eigenschappen, zoals treksterkte, rekbaarheid en hardheid. Tracht altijd zo bondig mogelijk te formuleren.

Een cruciaal onderdeel van de kwaliteitscontrole in het mechanisch labo is de voorbereiding van de gestandaardiseerde teststrookjes en kastplaatjes. Een alinea van één zin is geen goed idee. Denk beter na over je alineaopbouw. Deze teststrookjes, zijn de strookjes waar allerhande testen worden op uitgevoerd zoals trekproeven, hardheidsmetingen, ruwheidsmetingen, metallurgische testen (korrelgrootte), corrosietesten en kerfslag. De kastplaatjes zijn plaatjes die worden bewaard voor als er problemen zijn bij de klant en er nieuwe testen uitgevoerd moeten worden. Zowel de teststrookjes als de kastplaatjes moeten op een gestandaardiseerde en precieze manier voorbereid worden om betrouwbare testresultaten te garanderen. De manier en vooral het tempo waarop deze teststukken worden voorbereid, heeft een directe invloed op de nauwkeurigheid en de snelheid van het testen van de teststukken. Hierbij is het ook van belang om zoveel mogelijk teststukken zo vroeg mogelijk af te leveren bij het mechanisch labo. Zo kunnen de meeste geautomatiseerde testen overdag worden uitgevoerd met een controlepersoon.

In deze masterproef wordt de focus gelegd op het optimaliseren van het voorbereidingsproces van de teststukken binnen het mechanisch labo van de koudwalsafdeling. Dit proces is van cruciaal belang om verschillende redenen. Een eerste reden is om de efficiëntie te verhogen, want door de vele manuele handelingen verloopt het voorbereidingsproces niet zo efficiënt als mogelijk. Een tweede reden is om de consistentie van de resultaten te waarborgen. Ten slotte is het ook van belang om potentieel tijdverlies te minimaliseren. Dit alles moet gerealiseerd worden zonder dat de kwaliteit van de teststukken in gedrang komt.

1.2 Probleemstelling

Het huidige proces voor het prepareren van teststukken voor het mechanisch labo is inefficiënt en belastend voor de medewerkers, wat leidt tot hogere kosten, veiligheidsrisico's en een stroever verloop van de flow.

Ten eerste begint het proces met het versnijden van een aanvoerplaat (zie figuur 1.2) tot een testplaat met standaardafmetingen van 400 x 280 mm (zie figuur 1.3).



Figuur 1.2: Aanvoerplaat



Figuur 1.3: Testplaat

Na het snijproces moet de testplaat handmatig gescheiden worden van het resterende schroot. Dit kost veel tijd en is fysiek zwaar, wat niet alleen de snelheid van de productie beïnvloedt, maar ook de ergonomie en veiligheid van de werknemers in gevaar brengt.

Ten tweede worden de testplaten verzameld bij het bureau in de voorbereidingsruimte. Dit is noodzakelijk omdat alle coilnummers van de verschillende testplaten handmatig in het systeem moeten worden ingevoerd. Dit gebeurt enerzijds om de coilnummers in het systeem vast te leggen en anderzijds om de bijbehorende stickers te kunnen afdrukken. Deze stickers bevatten een barcode met de coilnummers en aanvullende informatie, die door de robot in het mechanisch labo wordt gelezen. Zo weet de robot precies welke testen op de teststrook uitgevoerd moeten worden.

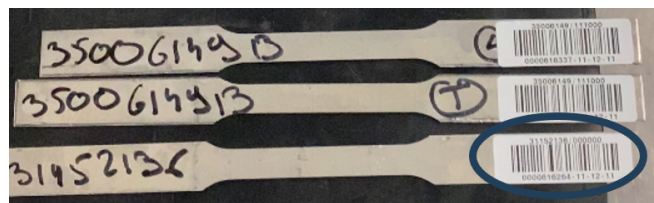
Daarnaast worden de coilnummers handmatig op de testplaten geschreven, op de juiste positie, zodat elke teststrook of kastplaat na het versnijden voorzien is van het juiste coilnummer.

Na het verzamelen worden de testplaten verder versneden in kleinere teststroken en kastplaten, zoals weergegeven in figuur 1.4. De teststroken hebben een breedte van 20 mm en de kastplaten zijn 40 mm breed.



Figuur 1.4: Teststrook (boven) & kastplaat (onder)

Nadat de teststroken op de juiste breedte zijn gesneden, worden ze in een model gefreesd voor de trekproef. Zodra dit freesproces is voltooid, kunnen de teststroken worden voorzien van de eerder aangemaakte stickers. Deze stickers worden vervolgens één voor één op de betreffende teststroken aangebracht, zoals weergegeven in figuur 1.5.



Figuur 1.5: Gelabelde teststrook

Bijkomend is de fysieke belasting voor de medewerkers door de repetitieve en zware handelingen, die bij de dikkere platen voorkomen. Deze belastingen verhogen het risico op arbeidsongevallen en ergonomische problemen, wat op lange termijn kan leiden tot gezondheidsproblemen en een daling van de productiviteit.

Er kan dus worden geconcludeerd dat deze problemen niet alleen leiden tot langere doorlooptijden en een grotere kans op fouten, maar ook tot hogere kosten. Daarnaast kunnen de ergonomische en veiligheidsproblemen op de werkvloer leiden tot uitval van medewerkers, wat de impact verder vergroot. Het is daarom essentieel om een snellere, efficiëntere en veiligere methode te onderzoeken voor het voorbereidingsproces van de teststukken.

1.3 Doelstellingen

Het doel van deze masterproef is het optimaliseren van het voorbereidingsproces van roestvast stalen teststukken voor het mechanisch labo van Aperam Genk door de implementatie van een geautomatiseerd schrootscheidings- en labelingssysteem. Dit moet leiden tot een efficiëntere verwerking van teststukken en een verbeterde controle over het proces. Aangezien de huidige werkwijze grotendeels manueel verloopt, biedt automatisering het potentieel om zowel de productiviteit als de kwaliteit van het proces aanzienlijk te verhogen.

De impact van beide integraties wordt geëvalueerd op basis van verschillende factoren, waaronder productienauwkeurigheid, procesoptimalisatie, ergonomische verbeteringen voor medewerkers en verhoogde veiligheid. Een belangrijk uitgangspunt is dat de doorlooptijd maximaal gelijk blijft aan de huidige twee werkdagen en bij voorkeur wordt verkort. Dit betekent dat het systeem niet alleen sneller moet werken, maar ook betrouwbaar en consistent moet presteren zonder extra vertragingen te veroorzaken. Concreet wordt gestreefd naar een verwerkingscapaciteit van minimaal 300 teststukken per dag, waarbij elke stap in het proces geoptimaliseerd wordt om fouten en inefficiënties te minimaliseren.

Naast een verhoogde verwerkingssnelheid is het cruciaal dat de installatie gebruiksvriendelijk en intuïtief is. Dit houdt in dat zowel de bediening als het onderhoud eenvoudig moet blijven, zodat operators snel vertrouwd raken met het systeem en de opleidingstijd beperkt blijft. Een te complex systeem zou leiden tot extra trainingskosten en mogelijk weerstand bij de implementatie, wat de efficiëntiewinst teniet zou doen. Daarom wordt ook gekeken naar de integratie van een duidelijke gebruikersinterface, minimale insteltijden en een flexibel ontwerp dat kan inspelen op toekomstige proceswijzigingen.

Bovendien wordt de economische haalbaarheid van de innovaties geanalyseerd door middel van een uitgebreide kosten-batenanalyse. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar de initiële investeringskosten, maar ook naar de potentiële besparingen op lange termijn, zoals lagere arbeidskosten, een efficiënter gebruik van grondstoffen en een verminderde foutenmarge. Daarnaast wordt onderzocht hoe de implementatie van het systeem de concurrentiepositie van het labo kan versterken door een betrouwbaarder en sneller voorbereidingsproces te garanderen.

Deze doelstellingen vormen de leidraad voor het onderzoek en de evaluatie van de voorgestelde technologieën, met als uiteindelijk doel een geoptimaliseerd, toekomstgericht en duurzaam voorbereidingsproces te realiseren dat zowel operationele als economische voordelen biedt.

1.4 Methode

De methodologische aanpak van het onderzoek wordt onderverdeeld in verschillende stappen. Allereerst is het flowproces geanalyseerd door ter plaatse mee te helpen en bevindingen systematisch te noteren. Bij onduidelijkheden zijn er op regelmatige basis interviews gehouden met operatoren, stakeholders en experts, waaronder de promotoren van Aperam. Vervolgens is er een vergadering ingelast om extra duiding te krijgen bij de eisen en doelstellingen van het project. Op basis van deze inzichten kan er een SMART-eisenpakket worden opgesteld.

Aan de hand van de doelstellingen en eisen worden er literatuurstudies en marktonderzoeken uitgevoerd voor de nodige technische- en proces modificaties. Deze studies kunnen gepaard gaan met eventuele praktijkgerichte experimenten.

Vervolgens wordt er een functieblokschema opgesteld. Dit wordt gedaan om een helder overzicht te krijgen van het proces. Op deze manier wordt het proces inzichtelijk door de verschillende functies en hun onderlinge relaties visueel weer te geven. Ook zal het functieblokschema het makkelijker maken op de knelpunten en optimalisaties te identificeren.

Aan de hand van het functieblokschema kan er een morfologisch schema opgesteld worden. Het morfologisch schema wordt gebruikt om systematisch verschillende oplossingen of varianten voor een probleem te genereren en te analyseren. Hierna wordt er een bepaalde keuze gemaakt met promotoren en stakeholders en wordt er gekeken naar de haalbaarheid en de specificaties van Aperam.

Van zodra het morfologisch schema is afgerond, kan het ontwerp worden uitgewerkt in een CAD-pakket, zoals Inventor [4] of PTC Creo [5]. Dit maakt het mogelijk om een volledig dossier op te stellen met 3D- en 2D-tekeningen, stuklijsten, aankooplijsten en datasheets. Daarnaast moeten ook de aansturingen van de installatie verder worden uitgewerkt, waaronder de elektrische, pneumatische en hydraulische schema's.

Vervolgens zal, indien haalbaar, de implementatie van de installatie plaatsvinden. Daarnaast is het van cruciaal belang om onderhoudsrichtlijnen op te stellen als basis voor de operationele efficiëntie van de installatie. Tegelijkertijd wordt er een risicoanalyse uitgevoerd om potentiële risico's en knelpunten in het proces te identificeren en te minimaliseren. De combinatie van de onderhoudsrichtlijnen en de risicoanalyse stelt het personeel in staat de veiligheid en betrouwbaarheid van de installatie te waarborgen.

Daarnaast wordt er een return of investment (ROI) analyse opgesteld om de financiële haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen te evalueren.

Tot slot wordt er nog een rapport opgesteld waarin de bevindingen, richtlijnen en aanbevelingen voor Aperam worden gepresenteerd.

Hoofdstuk 2

Voorstudie

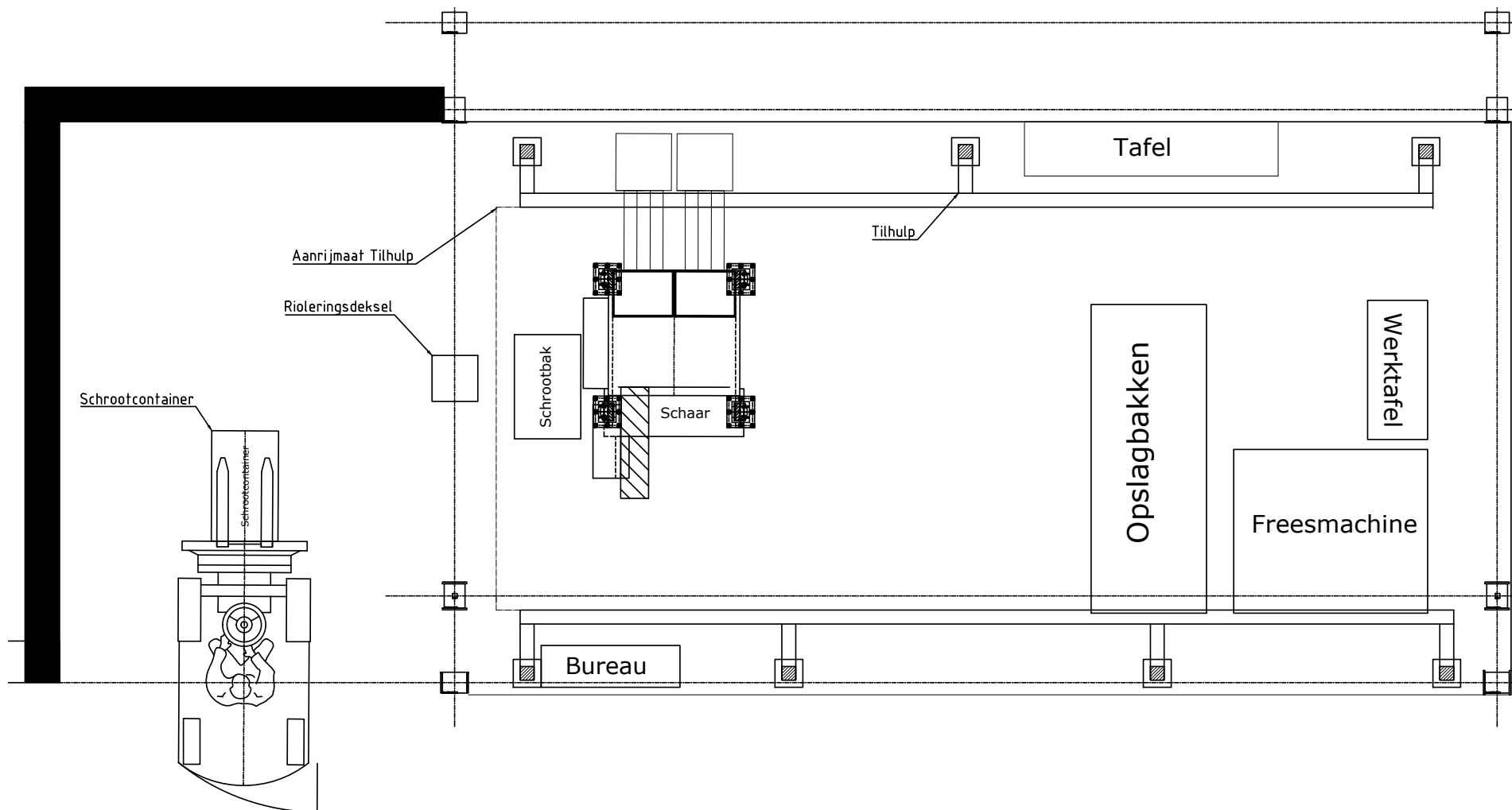
2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de voorstudie van deze masterproef. Hierbij wordt de huidige opstelling en het volledige flowproces geanalyseerd. Door alle processtappen in kaart te brengen en te timen, worden knelpunten en verbetermogelijkheden geïdentificeerd.

Naast efficiëntie wordt aandacht besteed aan ergonomie en veiligheid. Sommige aanpassingen zijn niet tijdsbesparend, maar verbeteren de werkomstandigheden en verkleinen veiligheidsrisico's. Het doel van deze voorstudie is het bekomen van een helder inzicht in de huidige situatie en het formuleren van optimalisaties die zowel efficiëntie als ergonomie en veiligheid bevorderen.

2.2 Huidige opstelling van het atelier

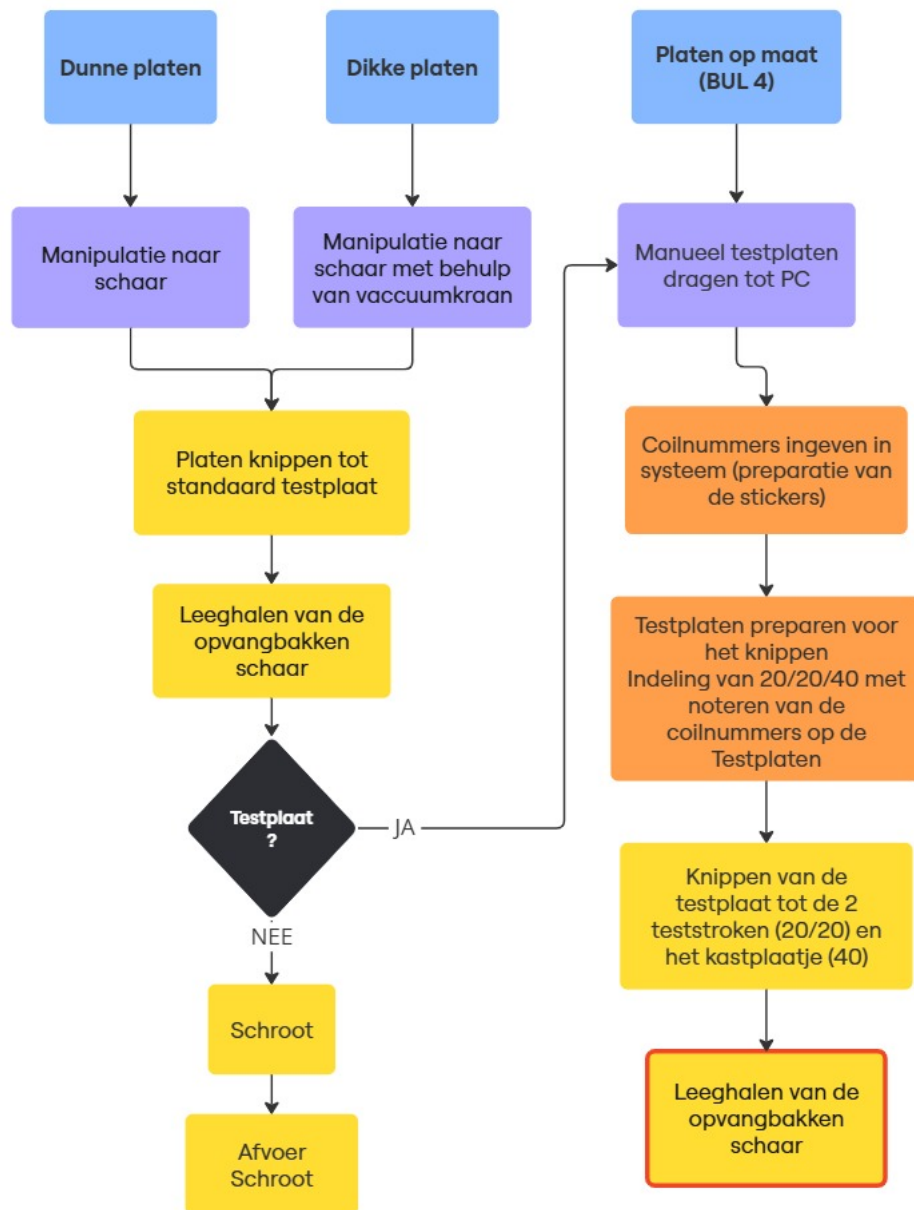
Een grondig inzicht in de totale indeling en organisatie van de beschikbare ruimte is essentieel voor een effectieve optimalisatie van het atelier. Daarom is het noodzakelijk om de huidige situatie gedetailleerd in kaart te brengen. Om dit te realiseren, is een technische tekening opgesteld met behulp van AutoCAD, waarin de bestaande lay-out van het atelier nauwkeurig wordt weergegeven. Deze visuele representatie biedt een gestructureerd overzicht van de ruimtelijke indeling en de positionering van machines, werkstations en overige faciliteiten. Binnen deze geanalyseerde ruimte zal het optimalisatieproces plaatsvinden, met als doel de efficiëntie, ergonomie en logistieke stromingen te verbeteren. De voorstelling van de huidige situatie van het atelier is weergegeven in figuur 2.1 op pagina 28.



Figuur 2.1: Huidige opstelling van het Atelier

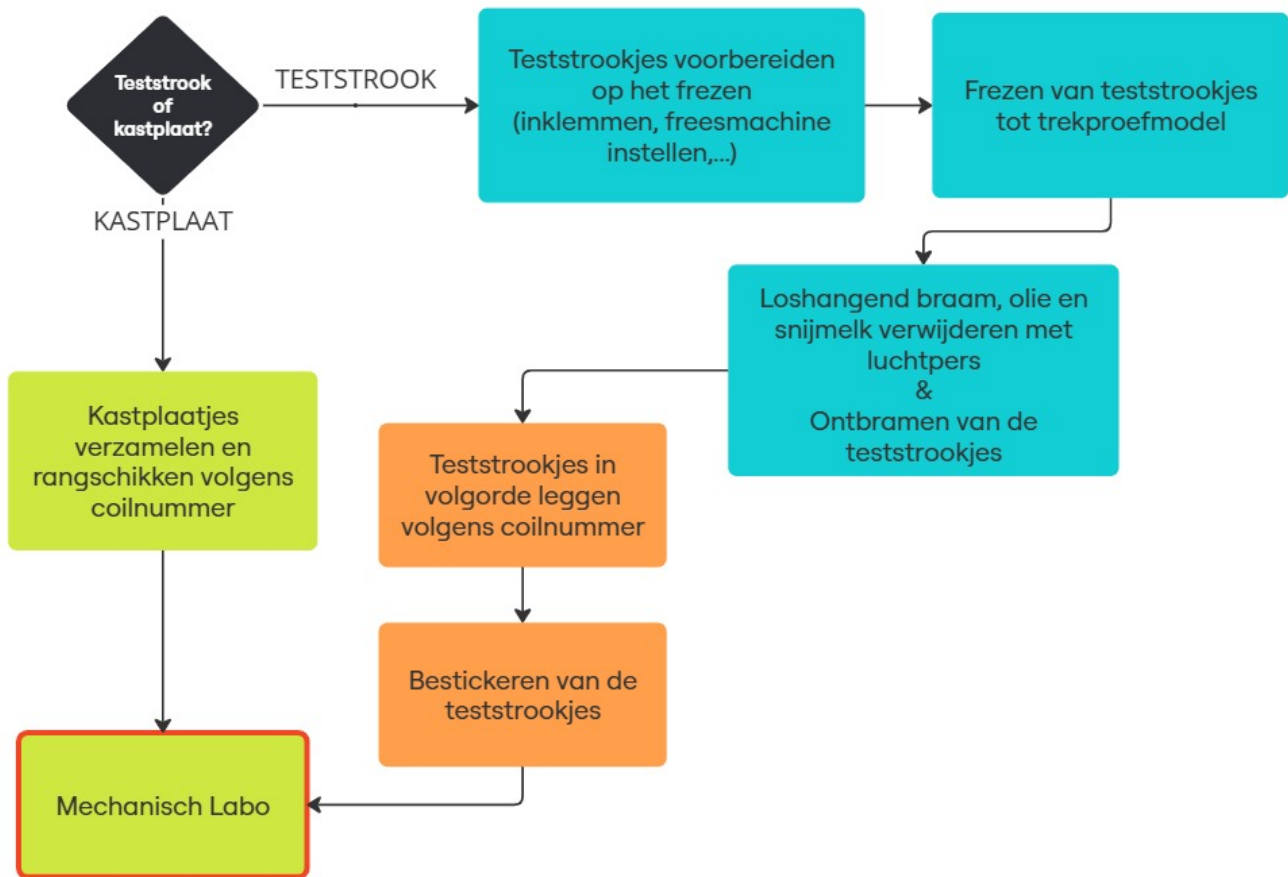
2.3 Flowproces

In de eerste plaats werd het flowproces grondig geanalyseerd en uitgeschreven in de vorm van een flowchart. Figuur 2.2 geeft het eerste deel van het flowproces weer.



Figuur 2.2: Flowproces deel 1

De gearceerde stap 'Leeghalen van de opvangbakken schaar' is de laatste stap van het eerste deel van het flowproces. In deze opvangbakken komen kastplaatjes, teststrookjes of eventuele stukjes schroot terecht. Het schroot wordt vervolgens afgevoerd naar de schrootcontainer, zodat enkel teststrookjes en kastplaatjes overblijven. Hierna volgt het tweede gedeelte van het flowproces weergegeven in figuur 2.3.



Figuur 2.3: Flowproces deel 2

Nu het flowproces volledig is opgesteld, is er een duidelijk overzicht van de benodigde stappen om het beginproduct naar het eindproduct te transformeren. Dit biedt de mogelijkheid om inefficiënte processtappen beter te identificeren. Om een gedetailleerder inzicht in deze inefficiënties te verkrijgen, kunnen de cruciale processtappen worden getimed. Hierdoor ontstaat een gedocumenteerd tijdsverloop van alle essentiële stappen. In sectie 2.4 wordt dit aspect verder geanalyseerd.

2.4 Tijdsverloop van het flowproces

Nadat het flowproces gedetailleerd is beschreven en alle processtappen in kaart zijn gebracht, kan elke stap afzonderlijk worden getimed. Deze timing biedt waardevolle inzichten in welke fasen van het proces potentieel tijdverlies optreden. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de getimede activiteiten.

De tabel omvat de taak, de duur en de totale duur. De duur verwijst naar meerdere momenten waarop de taak is uitgevoerd, wat resulteert in meerdere tijdsregistraties binnen één taak. De totale duur vertegenwoordigt de som van deze afzonderlijke tijdsregistraties en geeft daarmee de volledige tijdsduur van de taak weer. Tenzij anders vermeld, wordt de duur standaard uitgedrukt in minuten. De metingen zijn uitgevoerd op 9 oktober 2024, waarbij in totaal 210 testplaten zijn verwerkt.

Tabel 2.1: Tijdsverloop van het flowproces

NR	TAAK	DUUR	TOT. DUUR
1	Knippen tot testplaat	25; 10; 15; 12	62
2	Scheiding schroot en testplaat	20; 10; 10	40
3	Coilnummers ingeven, extra info, noteren van coilnummers op plaat, ...	120; 15; 25; 85; 5	250
4	Knippen van teststrookjes, kastplaatjes en het stockeren van testplaten in blauwe bakken	25; 8; 20; 21; 17	91
5	Uitsorteren van schrootstukjes (evt), teststrookjes en kastplaatjes	15; 8; 5; 10	38
6	Verzamelen van teststrookjes en het "plooiën" voor freesmachine	5; 12; 5; 6	28
7	Frezen & luchtpersen van olie, snijmelk, loshangend braam	35; 10 5; 35; 10	95
8	Ontbramen van teststrookjes & in volgorde leggen van teststrookjes	20; 19; 13	52
9	Bestickeren van de teststrookjes	17; 7; 6	30
TOTAAL			686 min = 11h 26 min

Het is belangrijk op te merken dat de procesflow die dag niet verstoord is geweest door andere prioriteiten, zoals het uitvoeren van retesters van het mechanisch labo. Daarnaast zijn alle testplaten handmatig verwerkt, aangezien er geen platen waren waarvoor gebruik moest worden gemaakt van de tilhulp (vacuümkraan). Het is essentieel om mee te geven dat het gebruik van de tilhulp doorgaans leidt tot een langere verwerkingstijd per handeling in vergelijking met manuele bewerkingen.

Uit tabel 2.1 kunnen verschillende conclusies worden getrokken. Het meest opvallende punt betreft stap 3, namelijk het invoeren van de coilnummers met bijkomende informatie en het handmatig noteren van de coilnummers op de testplaten. Deze handelingen vereisen een aanzienlijk tijdsbeslag, namelijk 190 minuten, wat aangeeft dat dit proces dringend geoptimaliseerd dient te worden. Een mogelijke oplossing hiervoor is de implementatie van een geautomatiseerd labelingsysteem.

Dit systeem zou het handmatig invoeren van coilnummers vervangen door het scannen van stickers die reeds aan het einde van de productielijnen worden aangebracht en vervolgens worden doorgegeven aan het atelier van het mechanisch labo. Door het scannen van deze stickers wordt het coilnummer automatisch geregistreerd in het systeem. Bovendien zou het systeem op basis van de gescande gegevens automatisch een sticker kunnen genereren, die direct wordt geprint en aangebracht op de testplaat. Een belangrijk voordeel van deze aanpak is dat de testplaten reeds gelabeld zijn voordat ze worden geknipt.

Deze automatisatie heeft meerdere voordelen. Ten eerste vervalt de noodzaak om de coilnummers handmatig op de testplaten te schrijven. Dit bespaart niet alleen tijd, maar elimineert ook het risico op menselijke fouten. Ten tweede wordt de stap waarbij de teststroken na het frezen op volgorde worden gelegd overbodig. Deze handeling wordt momenteel uitsluitend uitgevoerd om het stickeren van de teststrookjes efficiënter te maken. Het vooraf labelen van de testplaten maakt deze stap volledig overbodig.

Op basis van deze resultaten kan worden geconcludeerd dat de implementatie van een geautomatiseerd labelingsysteem niet alleen het proces efficiënter maakt, maar ook bijdraagt aan een reductie van het totale aantal processtappen. Concreet blijven de primaire processtappen behouden, maar wordt de totale procestijd significant gereduceerd. Dit wordt gerealiseerd door een tijdsbesparing in stap 3 en stap 8 door verhoogde efficiëntie, terwijl stap 9, het stickeren van de testplaten, volledig wordt geëlimineerd.

Daarnaast kan aanvullende tijdsreductie worden gerealiseerd door de implementatie van een geautomatiseerd systeem voor schrootscheiding. Hoewel deze tijdsbesparing op dagelijkse basis minder significant is in vergelijking met het geautomatiseerde labelingsysteem, wordt ervoor gekozen om een dergelijke automatisering door te voeren. Dit gebeurt enerzijds om de procesefficiëntie te verhogen, en anderzijds om de veiligheid en ergonomie van de operatoren te verbeteren, wat verder wordt toegelicht in sectie 2.5 'Ergonomie- en veiligheidsverbeteringen'.

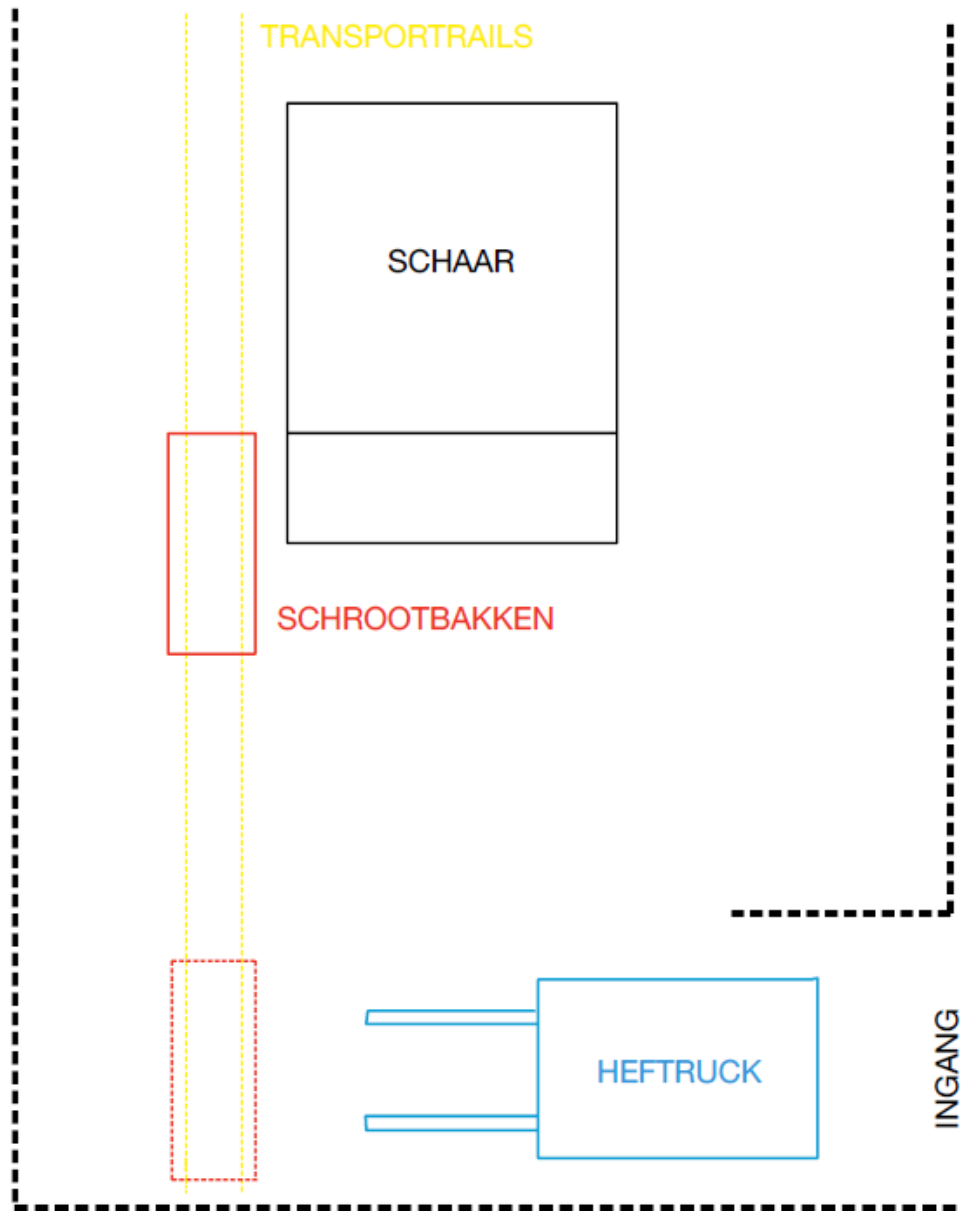
2.5 Ergonomie- en veiligheidsverbeteringen

Hoewel de implementatie van een geautomatiseerd schrootscheidingssysteem niet significant bijdraagt aan tijdswinst, vormt het wel een belangrijke verbetering op het gebied van ergonomie en veiligheid. Momenteel bevinden de opvangbakken zich op de grond, wat ertoe leidt dat operators tijdens het legen en sorteren herhaaldelijk moeten bukken en door hun knieën moeten gaan. Deze repetitieve handelingen kunnen op termijn nadelige gevolgen hebben voor de ergonomie en fysieke belasting van de operators. Daarnaast brengt het werken met schrootafval, ondanks het gebruik van beschermende handschoenen, veiligheidsrisico's met zich mee vanwege scherpe randen, wat de kans op snijwonden vergroot. Om zowel de ergonomische omstandigheden als de veiligheid van de operators te verbeteren, is de implementatie van een geautomatiseerde schrootscheiding dan ook van essentieel belang.

De manipulatie van platen voorafgaand aan het snijproces vormt een fysiek belastende taak. Met name dikke platen kunnen een gewicht tot 100 kg bereiken. Ondanks de beschikbaarheid van een tilhulpmiddel blijft het hanteren van dergelijke platen een aanzienlijke fysieke inspanning vereisen. Om de ergonomische werkomstandigheden van de operators te verbeteren bij de manipulatie van deze platen, wordt gezocht naar een passende oplossing. In dit kader wordt de implementatie van een kogeltafel overwogen. Dit systeem faciliteert de verplaatsing van plaatmateriaal, waardoor het eenvoudiger wordt om platen nauwkeurig te positioneren, door te voeren en te snijden.

Daarnaast toont de huidige opstelling aan dat de schaar zich dicht tegen de muur bevindt, wat het legen van de opvangbakken potentieel gevaarlijk maakt. Door de beperkte ruimte wordt de kans op inklemmingsgevaar reëel, vooral wanneer rekening wordt gehouden met de toekomstige implementatie van automatische schrootscheiding en de aanwezigheid van een stapelaar die regelmatig moet manoeuvreren. Een effectieve oplossing hiervoor is het draaien van de schaar met 90°, zodat de achterzijde zich in de open ruimte bevindt en het risico op inklemming wordt geëlimineerd.

Een bijkomende uitdaging betreft de ophaling van het schroot. Door de gewijzigde positie van de schaar en de huidige locatie van de schrootbak, die zich links van de schaar bevindt, wordt het voor de heftruck moeilijk om adequaat toegang te krijgen tot de schrootbakken. De beperkte manoeuvreerruimte verhindert een efficiënte draaibeweging van de heftruck. Dit probleem vereist de implementatie van een transportmechanisme voor de schrootbakken, zodat deze naar de ingang van het atelier kunnen worden verplaatst. Hierdoor wordt de ophaling en lediging van de bakken door de heftruck aanzienlijk vergemakkelijkt. Figuur 2.4 op pagina 34 geeft een schematische voorstelling weer van de toevoeging van het schroottransport in het atelier.



Figuur 2.4: Schematische voorstelling van de toevoeging van het schroottransport

De implementatie van het schroottransportsysteem optimaliseert het verplaatsen van de grote schrootbak, die zich links van de schaar bevindt. Dit systeem zorgt ervoor dat de schrootbak in een rechte lijn naar de ingang van het atelier worden getransporteerd. Hierdoor kan de heftruck deze op een efficiënte wijze ophalen zonder noodzaak tot complexe manoeuvres bij de atelieringang.

Hoofdstuk 3

Onderzoek naar mogelijke oplossingen voor de geïdentificeerde problemen

3.1 Inleiding

Nu de geïdentificeerde problemen in kaart zijn gebracht, is het aangewezen om te kijken naar mogelijke richtingen om het probleem aan te pakken. Deze fase richt zich op het verkennen van algemene oplossingsrichtingen, zonder al in detail te treden over specifieke maatregelen. Het gaat hierbij om het bepalen van geschikte benaderingen die als basis kunnen dienen voor verdere uitwerking. De focus ligt op de drie grote gebieden waar verandering noodzakelijk is: schrootscheiding, schroottransport en het labelingssysteem. Voor elk van deze domeinen wordt onderzocht welke aanpak het meest geschikt lijkt om de bestaande knelpunten op een doeltreffende en duurzame manier aan te pakken. Bij elke mogelijke oplossing worden de voor- en nadelen besproken, met als doel een gefundeerde keuze te kunnen vastleggen voor verdere ontwikkeling.

3.2 Schrootscheidingssysteem

3.2.1 Scheiding met behulp van transportbanden

De eerste mogelijkheid is een schrootscheidingssysteem met behulp van transportbanden. Dit betekent dat de transportband in twee richtingen kan draaien, waarbij de ene kant bestemd is voor schroot en de andere kant voor goed materiaal. De richting kan handmatig door een operator worden bediend, afhankelijk van of het materiaal goed of slecht is. Andere opties zijn automatische regeling met behulp van een camera of gewichtssensoren.

- Voordelen:
 - Betrouwbaar.
 - Weinig handmatige interventie.
- Nadelen:
 - Vereist vaste opstelling.

3.2.2 Scheiding met behulp van schudtafel of trillende zeef [6]

De tweede mogelijkheid is een schrootscheidingssysteem met behulp van een schudtafel of trillende zeef. Dit is een scheidingssysteem dat wordt ingezet om al het plaatmateriaal te scheiden op basis van grootte, vorm en gewicht. Het systeem bestaat uit een hellend zeefoppervlak dat met hoge frequentie vibreert.

Tijdens de werking wordt het goed materiaal en het schroot op de triltafel gebracht. Door de trillingen gaan lichtere en kleinere delen, zoals schroot, zich op een andere manier verplaatsen dan zwaardere en grotere stukken, zoals de testplaten. De verschillende materialen worden zo geleidelijk van elkaar gescheiden en via aparte uitgangen afgevoerd.

- Voordelen:
 - Geen complexe sensoren nodig.
 - Energiezuinig en relatief eenvoudig systeem.
 - Geschikt voor doorlopende verwerking van materiaalstromen zonder onderbrekingen.
- Nadelen:
 - Werkt alleen als schroot veel kleiner is dan de goede stukken.
 - Trillingen kunnen invloed hebben op omliggende apparatuur.

3.2.3 Scheiding met behulp van robotarm & cameravisiesysteem [7]

De laatste mogelijkheid is een schrootscheidingssysteem met behulp van een robotarm met cameravisiesysteem & *Artificial Intelligence*. Dit betekent dat de robot is uitgerust met een camera-visiesysteem in combinatie met kunstmatige intelligentie (AI). Hierdoor kan de robot zelfstandig objecten herkennen en beoordelen. De robot kan automatisch bepalen of het goed materiaal of schroot is. Afhankelijk van deze beoordeling kan de robot passende acties uitvoeren, zoals het sorteren, verplaatsen of verwijderen van het materiaal. De beoordeling kan ook handmatig worden gecorrigeerd door een operator, maar de automatische werking zorgt voor een efficiënter en consistent proces.

- Voordelen:
 - Betrouwbaar.
 - Efficiënt & nauwkeurig.
- Nadelen:
 - Hoge initiële kosten.
 - Technologische complexiteit.
 - Trager dan mechanische methodes

3.3 Schroottransportsysteem

3.3.1 Transportmechanisme met behulp van railsysteem

De eerste mogelijkheid is een transportsysteem met behulp van een railsysteem. Dit is een transportsysteem waarbij de schrootbak op wielen zich voortbeweegt over een vastgelegd railsysteem. De aandrijving gebeurt automatisch, waardoor de bak zelfstandig naar de ingang van het atelier rijdt. Daar kan de heftruck de schrootbak eenvoudig overnemen voor verder transport.

- Voordelen:
 - Betrouwbaar.
 - Weinig Onderhoud.
 - Gemakkelijk in gebruik.
- Nadelen:
 - Rails moeten permanent geïnstaleerd worden.
 - Aanpassing van de route vereist heraanleg van de rails.

3.3.2 Transportmechanisme met behulp van AGV [8]

De tweede mogelijkheid is een transportsysteem met behulp van een *Automated Guided Vehicle*. Dit is een geautomatiseerd voertuig dat autonoom de schrootbak ophaalt via een geleidingssysteem of sensoren, en deze naar de ingang van het atelier brengt. Daar kan de heftruck de bak eenvoudig oppikken voor verder transport.

- Voordelen:
 - Flexibel.
 - Kan meerdere routes volgen.
 - Hoge Nauwkeurigheid.
- Nadelen:
 - Vereist extra infrastructuur zoals sensoren of markeringen op de vloer.
 - Stilstand bij storing.
 - Hoge initiële kost.

3.3.3 Transportmechanisme met behulp van AMR [9]

De derde mogelijkheid is een transportsysteem met behulp van een *Autonomous Mobile Robot*. Een AMR is een robot die volledig autonoom de schrootbak lokaliseert, oppikt en via zijn ingebouwde sensoren en navigatiesysteem naar de ingang van het atelier rijdt. Dankzij zijn slimme obstakeldetectie en routeplanning kan de AMR veilig en efficiënt opereren in een dynamische omgeving.

- Voordelen:
 - Volledig autonoom, geen infrastructuur nodig.
 - Continue verbetering met behulp van AI.
 - Hoge Nauwkeurigheid.
- Nadelen:
 - Complexe integratie.
 - Afhankelijk van goed onderhoud van sensoren, batterijen en software-updates.
 - Vertraging bij onverwachte obstakels.
 - Hogere kost dan AGV

3.3.4 Transportmechanisme met behulp van transportband

De laatste mogelijkheid is een transportsysteem met behulp van transportbanden. Dit is een transportsysteem waarbij het schroot via transportbanden automatisch wordt verplaatst richting de ingang van het atelier. Daar wordt het materiaal verzameld in een vaste schrootbak die gereed staat voor ophaling door de heftruck.

- Voordelen:
 - Betrouwbaar.
 - Weinig handmatige interventie.
- Nadelen:
 - Niet flexibel.
 - Vereist vaste opstelling.

3.4 Labelingssysteem

3.4.1 Labeling met behulp van stickers

De eerste mogelijkheid is het labelen met behulp van stickers. In de eerste stap worden de stickers voorzien van een barcode. In de 2e stap worden de stickers met behulp van een geautomatiseerde stickerapplicator op de testplaten geplaatst.

- Voordelen:
 - Flexibel.
 - Snel aanpasbaar.
 - Goedkoop.
- Nadelen:
 - Stickers kunnen beschadigd raken.
 - Stickers kunnen loslaten.
 - Stickers zijn niet op alle materialen aangebracht worden.

3.4.2 Labeling met behulp van lasergraving [10]

De tweede mogelijkheid is het labelen met behulp van lasergraving. Een laser graveert hierbij rechtstreeks de barcode of unieke identificatiecode op de testplaat.

- Voordelen:
 - Permanent.
 - Slijtvast.
 - Geen extra materiaal nodig.
- Nadelen:
 - Duur.
 - Trager dan stickers.
 - Extra installatie van afzuiging voor veiligheid.
 - In extreme gevallen kunnen mechanische eigenschappen aangetast worden.

3.4.3 Labeling met behulp van inkjet-markering [11]

De derde mogelijkheid is het labelen met behulp van inkjet-markering. Hierbij brengt een industriële inkjetprinter een code (QR-code, barcode of alfanumerieke aanduiding) aan op het teststuk door middel van het gericht spuiten van inkt.

- Voordelen:
 - Flexibel.
 - Goedkoop.
 - Geen stickers nodig.
- Nadelen:
 - Kan vervagen na verloop van tijd.
 - Niet geschikt voor alle materialen.
 - Het materiaal dient ontvet te zijn om het uitlopen van de inkt te voorkomen.

3.4.4 Labeling met behulp van RFID-tags [12]

De laatste mogelijkheid is het labelen met behulp van RFID-tags. Een RFID-tag is een soort volgsysteem dat slimme barcodes gebruikt om objecten te identificeren. RFID staat voor radiofrequentie-identificatie en maakt gebruik van radiogolven om gegevens van de tag naar een lezer te sturen. Deze lezer verzendt de informatie vervolgens naar een RFID-softwareprogramma.

- Voordelen:
 - Geen zichtbare markering nodig.
 - Automatische uitlezing zonder contact.
 - Snelle uitlezing.
- Nadelen:
 - Hogere kosten.
 - Beperkte leesafstand.
 - Kans op interferentie problemen.

3.5 Geselecteerde Oplossingsstrategieën

Nu alle mogelijke oplossingen in kaart zijn gebracht en geëvalueerd, wordt bekeken welke strategieën uiteindelijk zijn geselecteerd voor implementatie. Per functioneel deelaspect namelijk, schrootscheiding, schroottransport en labeling is een doordachte keuze gemaakt op basis van haalbaarheid, efficiëntie en integratiemogelijkheden binnen het bestaande systeem.

Voor de schrootscheiding werd gekozen om gebruik te maken van een transportsysteem op basis van transportbanden. Deze configuratie laat een continue en efficiënte verplaatsing van schroot toe binnen het systeem. Indien nodig kan dit systeem worden aangevuld met een afschuifmechanisme dat op strategische punten een extra scheidingsactie uitvoert. Dit zou dan ook bijdragen aan een verhoogde nauwkeurigheid in de scheiding van verschillende schrootstukken.

Wat betreft het schroottransport van schaar naar ingang van het atelier, werd er gekozen voor een railsysteem. Dit systeem biedt een gecontroleerde en betrouwbare verplaatsing van de schrootbakken over een vooraf bepaald traject. Dankzij deze vaste infrastructuur kan het transportproces met minimale tussenkomst van operatoren verlopen, wat de veiligheid en efficiëntie ten goede komt.

Voor de identificatie en labeling van het schroot werd gekozen voor het gebruik van stickers als labeldragers. Deze worden automatisch aangebracht op de testplaten en bevatten unieke informatie zoals barcodes of ID-nummers. Deze oplossing combineert lage kost met snelle leesbaarheid en integratie binnen bestaande scansystemen, en maakt het eenvoudig om traceerbaarheid binnen het proces te waarborgen.

Hoofdstuk 4

Conceptontwikkeling

4.1 Inleiding

Nu alle problemen in kaart zijn gebracht en de best mogelijke oplossingen per geïdentificeerd probleem zijn vastgesteld, kan worden gebrainstormd over de optimale implementatie van deze oplossingen. Voor elk geïdentificeerd probleem worden mogelijke implementaties onderzocht. Dit proces omvat het bedenken van meerdere oplossingsrichtingen op basis van de vastgelegde keuzes uit vorig hoofdstuk. Op deze manier worden verschillende ideeën gegenereerd voor schrootscheiding, schroottransport en het labelingssysteem. Vervolgens wordt een weloverwogen keuze gemaakt voor de definitieve uitwerking.

4.2 Eisenpakket

De eerste stap in het proces van conceptontwikkeling is het opstellen van het eisenpakket. Dit eisenpakket vormt de basis voor verdere ontwerpbeslissingen en wordt opgesteld door middel van interviews met zowel de operatoren als het projectmanagementteam, dat verantwoordelijk is voor de controle en goedkeuring van nieuwe projecten. Tijdens deze interviews werd een vooraf opgesteld basispakket geëvalueerd en aangevuld met aanvullende eisen en specificaties. De operatoren leverden hierbij waardevolle inzichten over de werkwijze binnen Aperam. Door gerichte vragen te stellen en rekening te houden met zowel de wensen van het personeel als de strategische vereisten van het management, is uiteindelijk een gestructureerde en goed onderbouwde eisentabel opgesteld.

Binnen dit overzicht is een onderscheid gemaakt tussen verschillende categorieën van eisen. De vaste eisen omvatten de essentiële criteria waaraan het ontwerp moet voldoen. De variabele eisen zijn eveneens van belang, maar kunnen indien nodig worden aangepast. Daarnaast zijn er wensen gedefinieerd, die als aanvullende verbeteringen beschouwd worden, maar niet strikt noodzakelijk zijn voor de werking van het systeem.

Het volledige eisenpakket is weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1: Eisenpakket

Vaste Eis	Variabele Eis	Wens	Beschrijving
X			Afmetingen van installatie moeten binnen de voorziene ruimte passen (LxBxH).
X			Automatische Schrootscheiding zonder handmatige interventie, om fysieke belasting te verminderen.
X			Automatisch aanbrengen van de stickers met coilnummer en andere relevante informatie op de testplaten.
X			Het systeem moet minimaal 300 testplaten per dag kunnen verwerken, waar hogere capaciteit is gewenst als haalbaar.
	X		Het labelingsysteem moet de sticker exact op de gewenste plaats aanbrengen met een foutmarge van maximaal 5 mm om leesbaarheid door de robot te garanderen.
	X		Voor het labelingsysteem dient de 80/20 regel waarbij er vanuit mag worden gegaan van het printen van stickers op 20-20-40. Overige labelingen worden handmatig uitgevoerd.
X			Installatie moet compatibel zijn met de elektrische installatie van Aperam, rekening houdend met de afwezigheid van een nul draad (neuter).
X			Installatie moet compatibel zijn met de pneumatische, hydraulische systemen van Aperam.
X			Elektrische, pneumatische en hydraulische componenten en hun opbouw moeten voldoen aan de specificaties van Aperam.
	X		Vaste leveranciers van Aperam behouden.
X			Het optimalisatiesysteem moet voldoen aan de relevante veiligheidsnorm "NEN-EN-ISO 12100", om de veiligheid van medewerkers te waarborgen.
	X		Het optimalisatiesysteem mag geen geluid produceren boven 75 dB, om te voldoen aan de ergonomische richtlijnen voor gehoorbescherming en werkomgeving.
X			Het optimalisatiesysteem moet voorzien zijn van de nodige noodstoppen bij gevaarlijke situaties om de veiligheid van gebruikers, apparatuur en processen te waarborgen.
X			De noodstoppen moeten goed zichtbaar, gemakkelijk bereikbaar zijn, zodat ze in geval van nood direct geactiveerd kunnen worden.

Vaste Eis	Variabele Eis	Wens	Beschrijving
X			De beveiligingen van de installatie moeten voldoen aan de normen van Aperam.
		X	Het optimalisatiesysteem moet energiezuinig zijn, met voorkeur voor automatische standby-functies.
X			De installatie moet eenvoudig te bedienen zijn, om fouten te minimaliseren en trainingstijd voor operatoren te verkorten.
X			Het optimalisatiesysteem moet ergonomisch ontworpen zijn om fysieke belasting van medewerkers te verminderen, vooral tijdens het plaatsen van zware platen in het systeem.
		X	Het optimalisatiesysteem moet de noodzaak van handmatige input en correcties minimaliseren.
	X		Het optimalisatiesysteem moet modulair zijn, zodat onderdelen eenvoudig kunnen worden vervangen of uitgebreid bij toekomstige aanpassingen of verbeteringen.
		X	Het optimalisatiesysteem moet eenvoudig te onderhouden zijn, met toegang tot kritieke onderdelen en duidelijke onderhoudsinstructies.
	X		Het systeem moet geïntegreerd kunnen worden met de huidige software voor administratie en barcodeafdrukken om dubbele registratie te voorkomen.
X			Het optimalisatiesysteem moet geschikt zijn voor verschillende plaatdiktes en plaatsoorten (RVS plaat, Traan plaat dat kunnen verwerken zonder aanpassing).
		X	Het optimalisatiesysteem moet zo milieuvriendelijk zijn met recycleerbare onderdelen en lage emissies.
X			Het optimalisatiesysteem moet bestand zijn tegen intensief gebruik in een industriële omgeving.

4.3 Aanvoersysteem

Ter optimalisatie van de aanvoer wordt, zoals eerder vermeld, een kogeltafel geïmplementeerd om de ergonomie te verbeteren bij het manipuleren van platen naar de schaar. Hiervoor wordt een eenvoudig stalen tafelblad geplaatst op een onderstel. Het tafelblad is voorzien van gefreesde uitsparingen waarin de aangekochte kogelunits worden gepositioneerd.

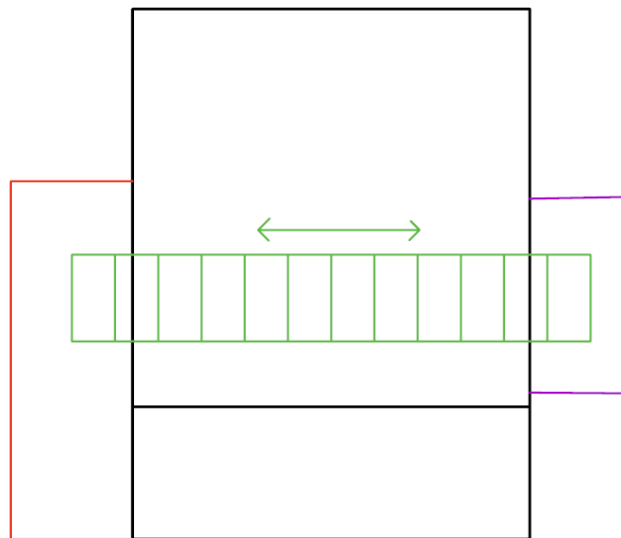
4.4 Schrootscheidingsysteem

Nu er is gekozen voor schrootscheiding via een transportbandsysteem, kan onderscheid worden gemaakt in de wijze van implementatie. Er zijn vijf mogelijke opties.

4.4.1 Schrootscheiding Mogelijkheid 1

De eerste configuratie toont het bovenaanzicht van de schaar (zwart), de schrootbak (rood), de trolley (paars) en de transportband (groen).

In deze opstelling (Fig. 4.1) is de transportband zodanig ontworpen dat deze zowel linksom als rechtsom kan draaien. De band wordt direct onder het mes van de schaar gepositioneerd, wat een efficiënte materiaalafvoer mogelijk maakt.



Figuur 4.1: Schrootscheiding mogelijkheid 1

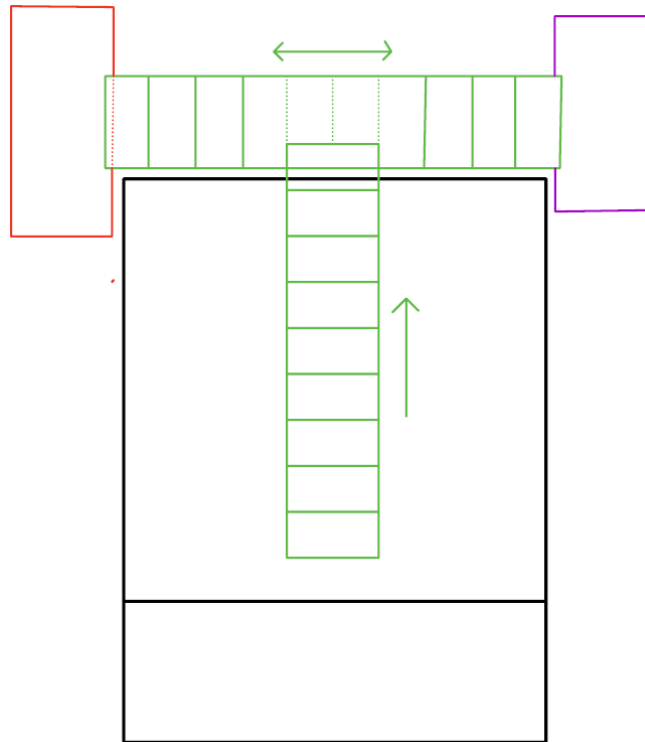
Een belangrijk voordeel van deze configuratie is dat de transportband zich direct onder het mes bevindt, waardoor het materiaal rechtstreeks op de band valt. Door aan te geven of het om schroot of bruikbaar materiaal gaat, beweegt de transportband in de overeenkomstige richting.

Een nadeel van deze configuratie is echter dat de schaar niet is ontworpen om een transportband te accommoderen waarbij de uiteinden vrij blijven. Om dit te realiseren, zouden sleuven in de zijkanten van de schaar moeten worden voorzien, zodat de transportband het materiaal efficiënt kan afvoeren. Deze aanpassing kan echter ingrijpende gevolgen hebben, vooral gezien de leeftijd van de schaar, die inmiddels twintig jaar oud is. Gezien de onzekerheid over hoe een dergelijke oude machine op deze structurele wijziging zou reageren, wordt deze aanpassing niet aanbevolen. Hoewel de schaar mogelijk sterk genoeg is om de modificatie te verdragen, blijft het risico op onvoorziene complicaties aanzienlijk.

4.4.2 Schrootscheiding Mogelijkheid 2

De tweede configuratie toont het bovenaanzicht van de schaar (zwart), de schrootbak (rood), de trolley (paars) en de transportbanden (groen).

In deze opstelling (fig. 4.2) is de horizontale transportband zodanig ontworpen dat deze zowel linksom als rechtsom kan draaien. In tegenstelling tot mogelijkheid 1 voor schootscheiding, omvat deze configuratie een tweede transportband die verticaal is gepositioneerd. Deze transportband beweegt slechts in één richting en heeft als doel het materiaal van onder het mes naar de achterzijde van de schaar te transporteren. Hierdoor blijft aanpassing van de schaar overbodig.



Figuur 4.2: Schrootscheiding mogelijkheid 2

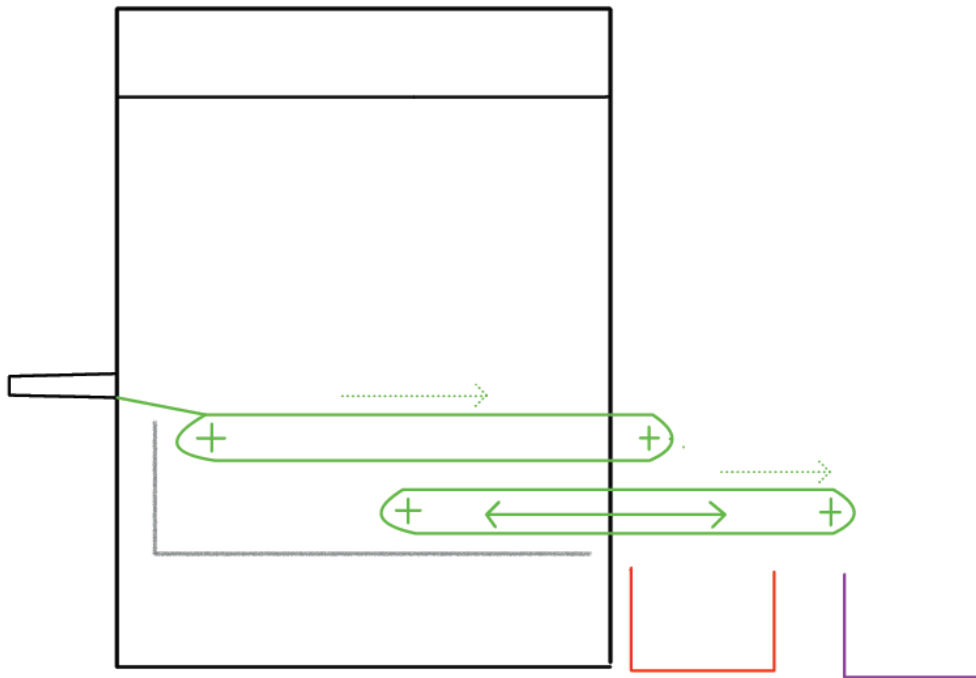
Een belangrijk voordeel van deze configuratie is dat de schaar niet dient aangepast te worden. Door een extra transportband te implementeren die het materiaal tot aan het einde van de schaar transporteert, wordt het nadeel van schrootscheiding volgens mogelijkheid 1 geëlimineerd.

Een nadeel van deze configuratie is de hogere kosten, aangezien een extra transportband vereist is die uitsluitend dient voor het transport van het materiaal tot aan het einde van de schaar.

4.4.3 Schrootscheiding Mogelijkheid 3

De derde configuratie toont het rechterzijaanzicht van de schaar (zwart), de schrootbak (rood), de trolley (paars) en de transportbanden (groen).

In de opstelling (fig. 4.3) is een cassette voorzien van twee transportbanden. Dit houdt in dat binnen één configuratie twee transportbanden boven elkaar zijn geplaatst, waarbij beide in dezelfde richting bewegen. De cassette functioneert zodanig dat de bovenste transportband gefixeerd is, terwijl de onderste transportband in- en uitrijdbaar is. Hierdoor moet enkel worden bepaald of het om schroot of goed materiaal gaat, zodat de onderste transportband zich op de juiste positie kan positioneren.



Figuur 4.3: Schrootscheiding mogelijkheid 3

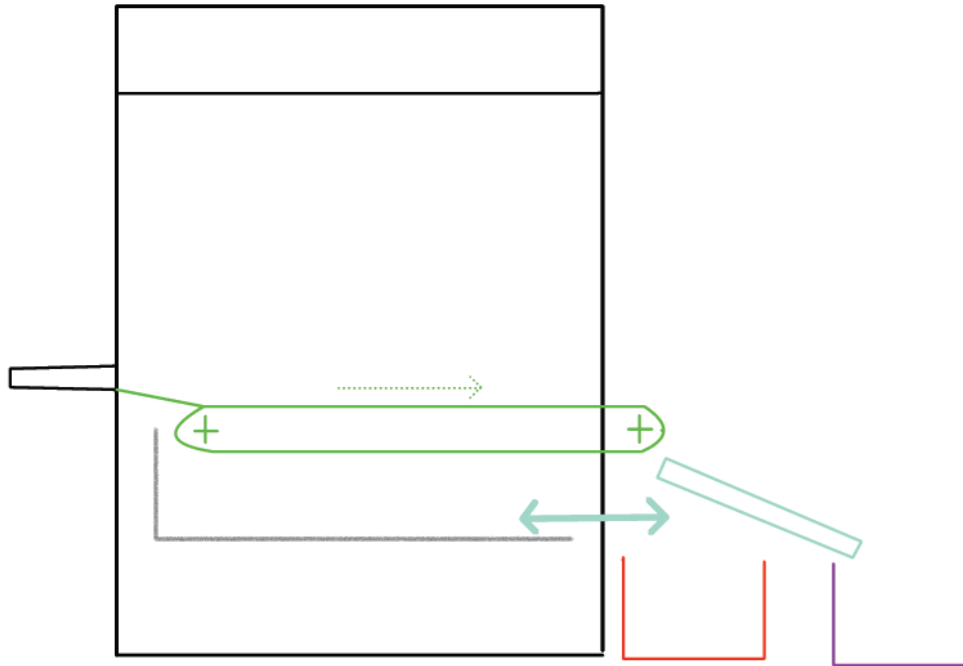
Een belangrijk voordeel van deze configuratie is de gebruiksvriendelijkheid, doordat al het materiaal zonder extra interventie in de juiste bak terechtkomt.

Een nadeel is echter dat, naast de aanschaf van twee transportbanden, een compleet systeem moet worden ontworpen en gebouwd. Dit systeem moet voorzien zijn van lineaire geleidingen, zodat de tweede transportband op en neer kan bewegen en correct boven de juiste bak gepositioneerd kan worden. Deze toevoeging leidt tot hogere kosten en vereist extra mechanische, pneumatische en elektrische componenten, die bovendien onderhoud vergen.

4.4.4 Schrootscheiding Mogelijkheid 4

De vierde configuratie toont het rechterzijaanzicht van de schaar (zwart), de schrootbak (rood), de trolley (paars) en de transportbanden (groen).

In de opstelling (fig. 4.4) is een cassette voorzien van één transportband en een afschuifmechanisme. Dit houdt in dat binnen één configuratie, één transportband en een "schuifaf" mechanisme boven elkaar zijn geplaatst. De cassette functioneert zodanig dat de transportband gefixeerd is, terwijl het afschuifmechanisme in- en uitrijdbaar is. Hierdoor moet enkel worden bepaald of het om schroot of goed materiaal gaat, zodat het afschuifmechanisme zich op de juiste positie kan positioneren.



Figuur 4.4: Schrootscheiding mogelijkheid 4

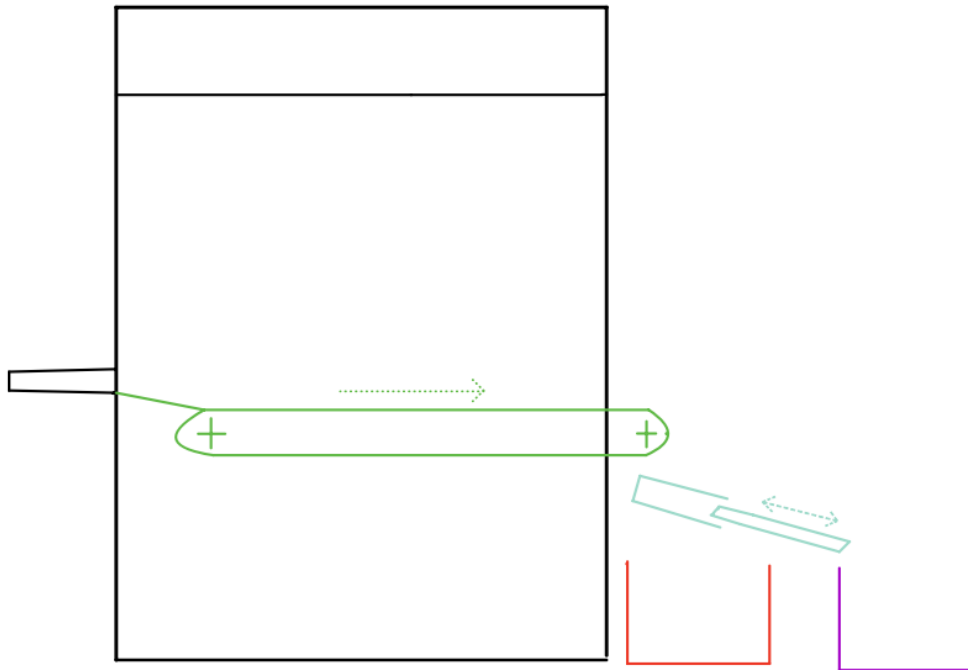
Een belangrijk voordeel van deze configuratie is dat slechts één transportband nodig is. Hoewel het systeem met lineaire geleiding nog steeds van belang is, wordt het uitsluitend gebruikt voor de verplaatsing van het afschuifmechanisme. Dit vereist aanzienlijk minder inspanning en complexiteit dan het verplaatsen van een volledige transportband.

Een nadeel van deze configuratie is dat het afschuifmechanisme voor een groot deel afhankelijk is van de zwaartekracht. Hierdoor kan het voorkomen dat materiaal op het afschuifmechanisme blijft liggen, waardoor niet al het materiaal in de juiste bak terechtkomt.

4.4.5 Schrootscheiding Mogelijkheid 5

De vijfde configuratie toont het rechterzijaanzicht van de schaar (zwart), de schrootbak (rood), de trolley (paars) en de transportbanden (groen).

In de opstelling (fig. 4.5) is een cassette voorzien van één transportband en een afschuifmechanisme met verstelbare lengte. Dit houdt in dat binnen één configuratie, één transportband en een "schuifaf"mechanisme boven elkaar zijn geplaatst. De cassette functioneert zodanig dat de transportband gefixeerd is, terwijl het afschuifmechanisme in- en uitrijdbaar is en ook nog uitschuifbaar. Hierdoor moet enkel worden bepaald of het om schroot of goed materiaal gaat, zodat het afschuifmechanisme zich op de juiste positie kan positioneren.



Figuur 4.5: Schroot scheiding mogelijkheid 5

Een belangrijk voordeel van deze configuratie is dat het afschuifmechanisme uitschuifbaar is. Door het mechanisme regelmatig in en uit te schuiven, wordt voorkomen dat materiaal op het mechanisme blijft liggen.

Een nadeel van deze configuratie is echter dat het in- en uitschuiven een zwak punt in het mechanisme introduceert. Het vallen van platen, die tot 30 kg kunnen wegen, kan een risico vormen. Wanneer deze platen in beweging vallen, kunnen ze het mechanisme belasten, wat leidt tot gevoeligheid voor buigen en zelfs knikken.

4.5 Schroottransportsysteem

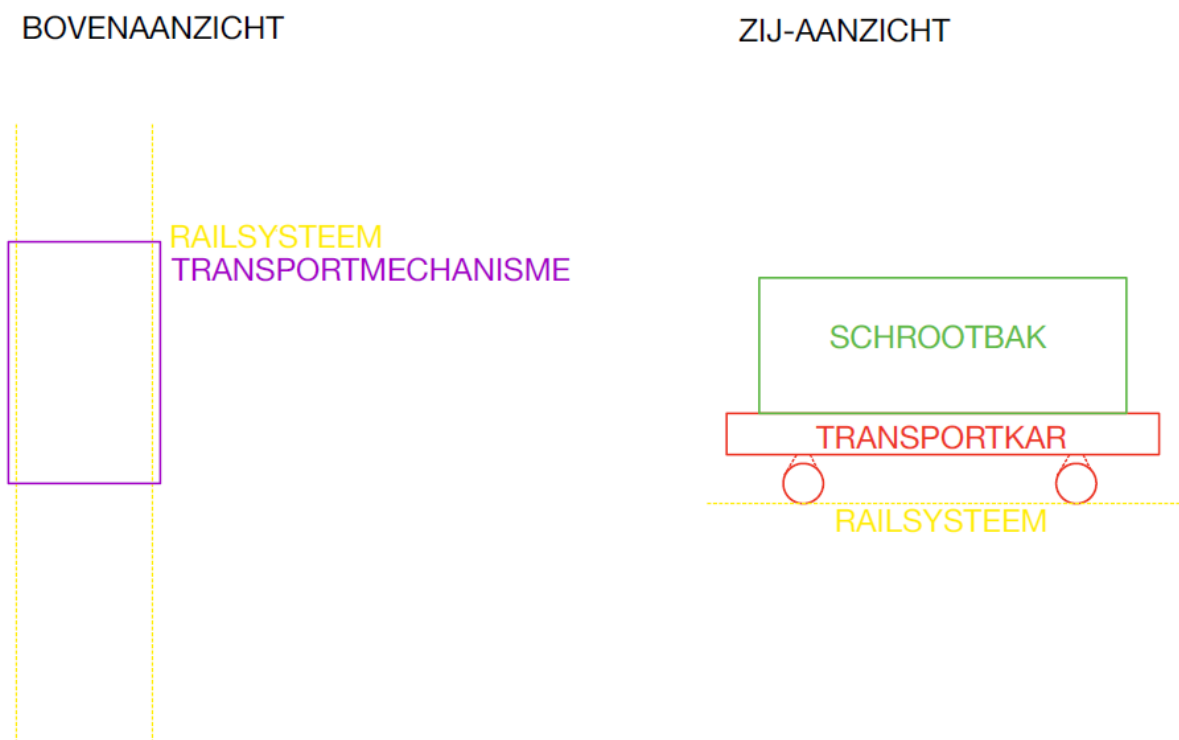
Nu er is gekozen voor schroottransport via een railsysteem, kan onderscheid worden gemaakt in de wijze van implementatie. Er zijn twee mogelijke opties.

4.5.1 Schroottransport Mogelijkheid 1

Bij deze optie worden de wielen direct onder de schrootbak gemonteerd en wordt het aandrijfmechanisme op dezelfde structuur bevestigd. Dit zorgt voor een compacte en geïntegreerde oplossing waarbij de volledige constructie als één geheel over de rails beweegt. Een nadeel van deze aanpak is dat het aandrijfmechanisme direct wordt blootgesteld aan krachten die ontstaan tijdens het ledigen van de schrootbak. Wanneer de bodem van de schrootbak wordt uitgeklat, kan dit leiden tot een aanzienlijke belasting van het aandrijfmechanisme, wat de kans op versnelde slijtage en beschadigen vergroot.

4.5.2 Schroottransport Mogelijkheid 2

Bij deze optie wordt een transportkar ontwikkeld die zich over de rails verplaatst, terwijl de schrootbak hier afzonderlijk op wordt geplaatst. Doordat het transportmechanisme en de schrootbak gescheiden blijven, wordt schade aan het aandrijfmechanisme beperkt. Tijdens het ledigen van de schrootbak blijft de transportkar op de rails staan, waardoor de krachten die ontstaan bij het openen van de bodem geen invloed hebben op het aandrijfmechanisme. Dit draagt bij aan een langere levensduur van de componenten en vermindert de kans op beschadigingen en slijtage. Figuur 4.6 geeft een schematisch weergave van deze mogelijkheid.



Figuur 4.6: Schroottransport mogelijkheid 2

4.6 Labelingssysteem

Voor het scan- en labelingssysteem zijn er twee mogelijke opties.

4.6.1 Labelingssysteem Mogelijkheid 1

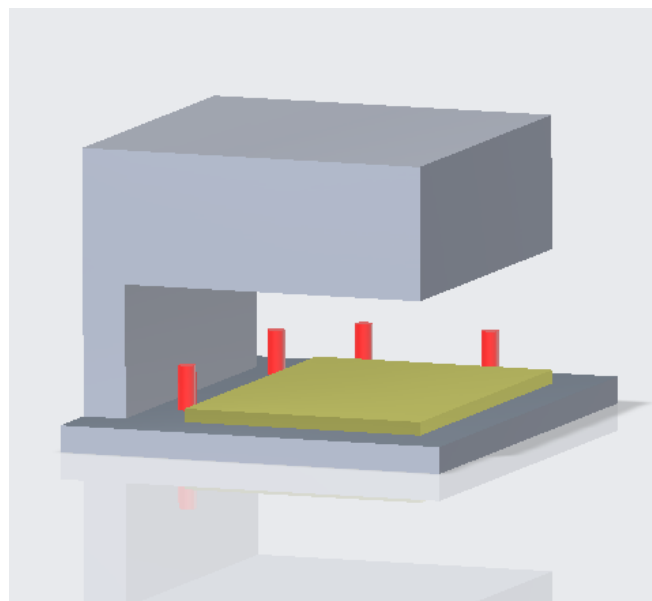
De eerste optie houdt in dat het coilnummer van de testplaten handmatig wordt ingevoerd in het systeem. Op basis hiervan worden stickers met de bijbehorende barcodes gegenereerd. Vervolgens worden de testplaten gepositioneerd in een speciaal ontworpen printbak. Zodra de testplaat correct gecentreerd is, wordt de sticker geprint en op de testplaat aangebracht.

4.6.2 Labelingssysteem Mogelijkheid 2

De tweede optie betreft een geïntegreerd scan- en labelingsmechanisme. In dit geval wordt een systeem ontworpen dat zowel een scanner als een printer bevat. De testplaat wordt gepositioneerd binnen het systeem, waarna de scanner automatisch het coilnummer uitleest. Op basis van deze scan wordt een sticker met de bijbehorende barcode gegenereerd. Vervolgens wordt de sticker direct op de testplaat geprint.

Om dit proces nauwkeurig en efficiënt te laten verlopen, wordt een speciale box ontworpen met aanslagpinnen. Deze zorgen ervoor dat de testplaat altijd correct wordt gepositioneerd. Hierdoor kunnen zowel het scannen van het coilnummer als het printen van de barcodesticker consistent en zonder afwijkingen plaatsvinden.

Figuur 4.7 geeft een schematisch weergave van deze mogelijkheid.



Figuur 4.7: Visualisatie van het labelingssysteem Mogelijkheid 2

In de voorstelling vertegenwoordigt de grijze box het scan- en labelingsmechanisme. De rode pinnen fungeren als aanslagpinnen, terwijl de gele plaat dient als testplaat voor de visualisatie van het proces.

4.7 Besluit

Na het opsommen van de verschillende mogelijkheden voor de geïdentificeerde problemen, wordt een keuze gemaakt voor de schrootscheiding, het schroottransport en het labelingsysteem.

4.7.1 Schrootscheidingssysteem

Voor de schrootscheiding wordt optie 2 geselecteerd. Hierbij transporteert één transportband het materiaal naar de achterzijde van de schaar. Een tweede transportband kan in beide richtingen draaien. De draairichting wordt bepaald door de aard van het materiaal. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen schroot en goed materiaal.

4.7.2 Schroottransportsysteem

Met betrekking tot het schroottransport wordt optie 2 verkozen. Deze keuze draagt bij aan een langere levensduur van het systeem. Bovendien resulteert dit in een vermindering van beschadigingen en slijtage.

4.7.3 Labelingsysteem

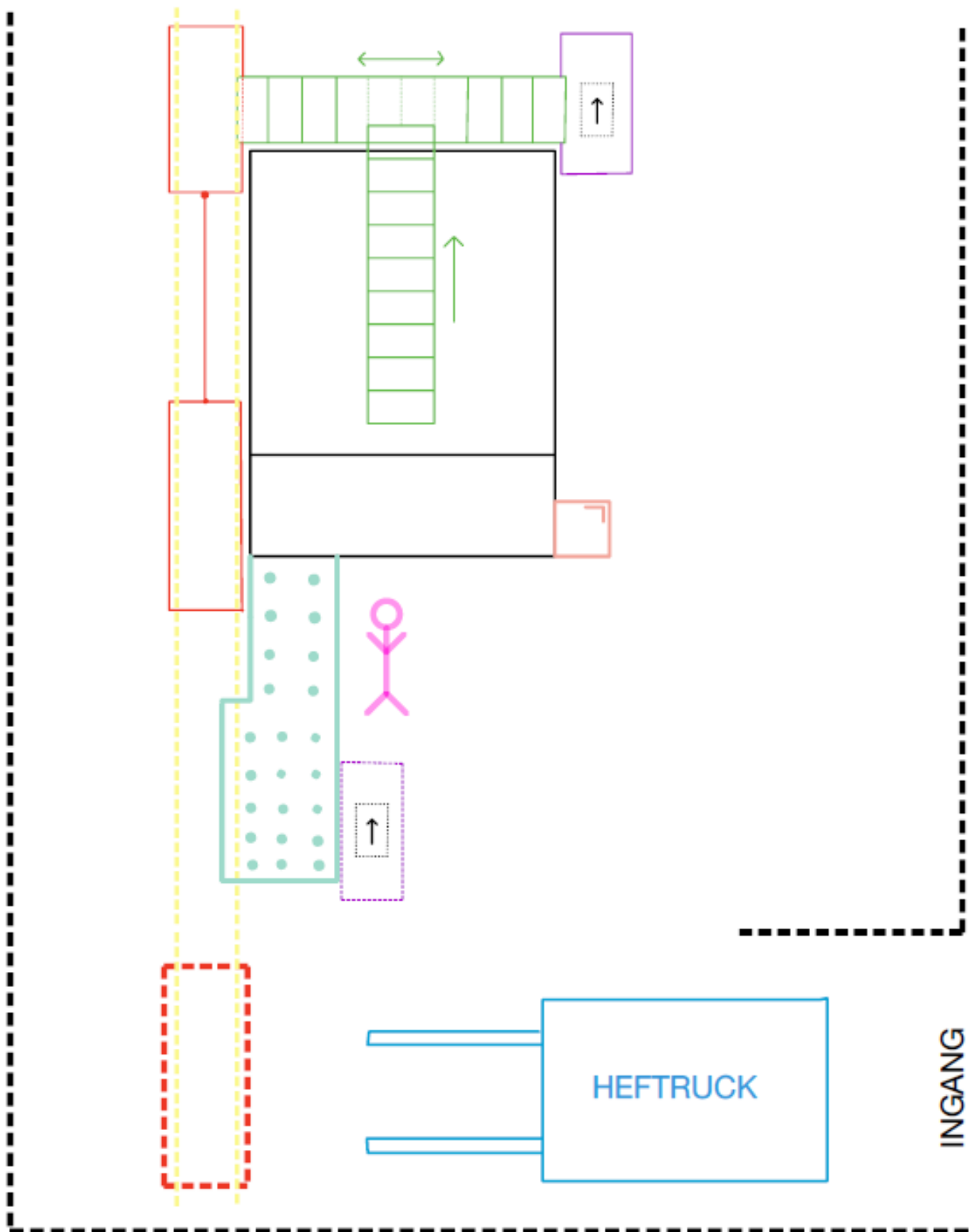
Voor het labelingsysteem wordt gekozen voor optie 2. Deze aanpak zorgt ervoor dat het labelen in één enkele handeling wordt uitgevoerd. Dit draagt bij aan zowel de efficiëntie als de gebruiksvriendelijkheid van het proces.

4.7.4 Het totale optimalisatiesysteem

Nu alle keuzes zijn vastgelegd, kan het totale optimalisatiesysteem in een bredere context worden geanalyseerd. In deze fase wordt onderzocht hoe de implementaties van de afzonderlijke geïdentificeerde problemen met elkaar kunnen worden geïntegreerd om een samenhangend en efficiënt optimalisatiesysteem te creëren. Hierbij wordt nagegaan of bepaalde oplossingen kunnen worden gecombineerd om de algehele efficiëntie verder te verhogen. Daarnaast wordt beoordeeld in hoeverre overlappingen in de implementaties kunnen worden benut om redundantie te verminderen en de werking van het systeem te optimaliseren.

Figuur 4.8 op pagina 54 geeft een schematische voorstelling weer van het totale optimalisatiesysteem.

Deze schematische weergave van het volledige optimalisatiesysteem omvat schrootscheiding mogelijkheid 2 en schroottransport mogelijkheid 2, waarbij het transportmechanisme de schrootbakken tot aan de ingang van het atelier brengt. Rechts van de schaar is het scan- en labelingsysteem weergegeven. Tot slot is er een kogeltafel geïmplementeerd voor de schaar.



Figuur 4.8: Schematische voorstelling van het totale optimalisatiesysteem

Hoofdstuk 5

Literatuurstudie - Marktonderzoek

5.1 Inleiding

In het kader van deze masterproef wordt een literatuurstudie uitgevoerd in de vorm van een marktonderzoek. Dit onderzoek heeft tot doel te analyseren hoe eerder gedefinieerde conceptuele oplossingen voor de vastgestelde knelpunten concreet kunnen worden uitgewerkt. Door middel van deze studie worden praktijkgerichte inzichten verzameld die als fundament dienen voor de implementatie van de voorgestelde technologieën en strategieën.

Na de voorstudie zijn de bestaande knelpunten binnen het systeem in kaart gebracht. Vervolgens zijn, op basis van conceptontwikkeling, mogelijke oplossingsrichtingen geformuleerd. De volgende stap in het traject is het beoordelen van de praktische haalbaarheid en uitvoerbaarheid van deze oplossingen.

Het marktonderzoek focust op de implementatiemogelijkheden van vastgelegde technologieën en strategieën binnen vier cruciale procesonderdelen: aanvoeroptimalisatie, schrootscheiding, schroottransport en het labelingssysteem. Hoewel de keuze voor specifieke technologieën en aanpakken reeds is gemaakt, is de wijze waarop deze in de praktijk geïntegreerd moeten worden nog niet volledig uitgewerkt. Deze studie heeft als doel om die uitvoeringswijze te verfijnen, concrete toepassingsvormen te verkennen, en mogelijke bijkomende uitdagingen in kaart te brengen.

5.2 Aanvoersysteem

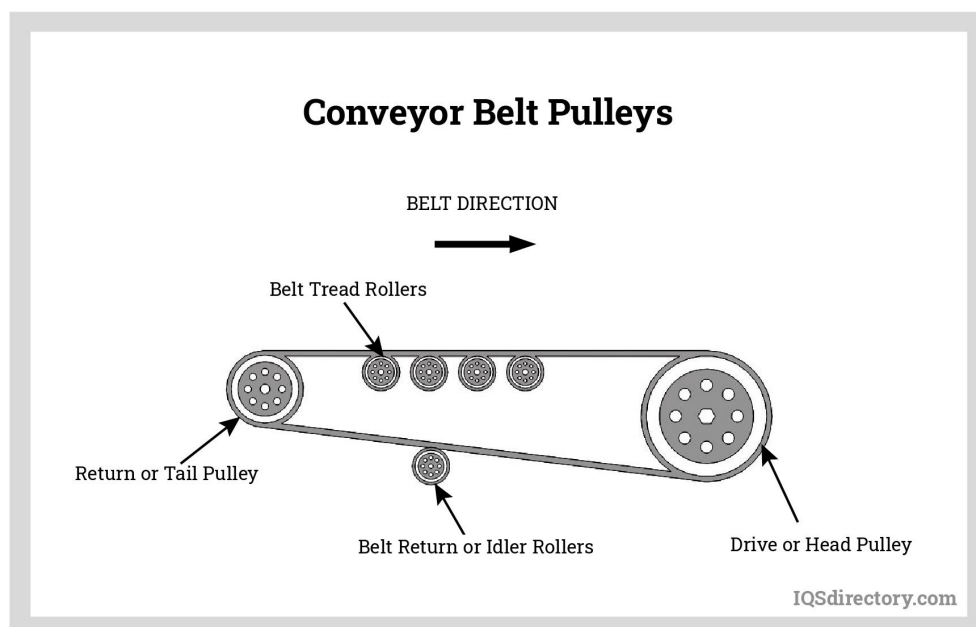
Voor de optimalisatie van de aanvoerprocessen wordt een kogeltafel geïmplementeerd. Deze constructie bestaat uit een vlak tafelblad waarin nauwkeurig gefreesde uitsparingen zijn aangebracht voor de bevestiging van kogeltransferunits. De kogeltafel omvat uitsluitend een tafelblad en de bijbehorende kogeltransferunits. Een voorbeeld van dergelijke units zijn de heavy-duty transfer units van Omnitrack, die binnen Aperam reeds bekend zijn. Een schematische weergave van een dergelijke kogeltransferunit, inclusief aanvullende voordelen, is weergegeven in figuur 5.1.



Figuur 5.1: Omnitrack kogeltransferunits [13]

5.3 Schrootscheiding

De scheiding van schrootmateriaal wordt gerealiseerd door een systeem dat bestaat uit transportbanden en opvangbakken. In dit proces spelen de transportbanden een centrale rol. De transportbanden zijn opgebouwd uit diverse componenten, zoals geïllustreerd in figuur 5.2.



Figuur 5.2: Samenstelling transportband [14]

Zoals geïllustreerd in bovenstaande figuur, bestaat de transportband uit verschillende essentiële onderdelen. De voornaamste componenten zijn de band zelf, de aandrijfrol, de keerrol, de draagrollen, de aandrijving en het chassis.

5.3.1 Onderzoek naar de verschillende materialen van een transportband

Binnen de industrie worden transportbanden vervaardigd uit vijf verschillende typen materialen. Deze materialen worden in de onderstaande opsomming weergegeven.

1. Rubberen transportband [15]

Rubber is een veelzijdig materiaal dat veelvuldig wordt toegepast in de constructie van transportbanden. Het staat bekend om zijn elasticiteit, waardoor het in staat is schokken te absorberen en zich aan te passen aan de contouren van het transportsysteem. Deze eigenschappen maken rubber tot een essentieel onderdeel binnen diverse industriële toepassingen.

Rubberen transportbanden zijn beschikbaar in verschillende subtypes, waaronder synthetische varianten zoals SBR (styreen-butadienrubber), neopreen en nitril. Elk subtype wordt geselecteerd op basis van specifieke prestatie-eisen.

De kenmerken van rubberen transportbanden omvatten een hoge mate van slijtvastheid en een brede temperatuurtolerantie. Hierdoor zijn ze geschikt voor een breed scala aan toepassingen, van de mijnbouw tot de auto-industrie. In deze sectoren worden de transportbanden blootgesteld aan zware omstandigheden en intensieve belasting, waarbij de robuustheid en duurzaamheid van rubber een cruciale rol spelen. Figuur 5.3 geeft een voorbeeld weer van een rubberen transportband.



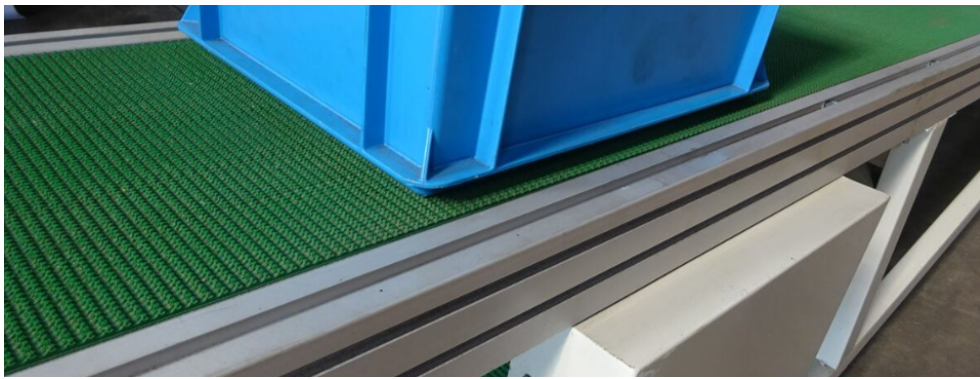
Figuur 5.3: Rubberen transportband [16]

2. Polyvinylchloride transportbanden [15]

Polyvinylchloride (PVC) is een synthetisch materiaal dat veelvuldig wordt toegepast in lichte tot middelzware transporttoepassingen. Het materiaal kenmerkt zich door een hoge sterkte, een laag gewicht en uitstekende weerstand tegen slijtage en chemische stoffen. Deze eigenschappen maken PVC tot een populair materiaal in diverse industriële sectoren.

PVC-transportbanden worden met name ingezet in industrieën waar sanitaire voorzieningen en hygiëne van essentieel belang zijn, zoals de voedselverwerkings- en farmaceutische industrie. Het niet-toxische karakter van PVC, in combinatie met het gemak waarmee het kan worden gereinigd, draagt significant bij aan het waarborgen van hoge hygiënische normen.

De voordelen van PVC-transportbanden omvatten onder meer een gering onderhoudsvereiste, weerstand tegen vocht en een verminderde kans op bacteriegroei. Deze eigenschappen maken PVC-banden bijzonder geschikt voor de voedingsindustrie, waar naleving van strenge veiligheids- en hygiëne-eisen cruciaal is. Figuur 5.4 geeft een voorbeeld weer van een PVC – transportband.



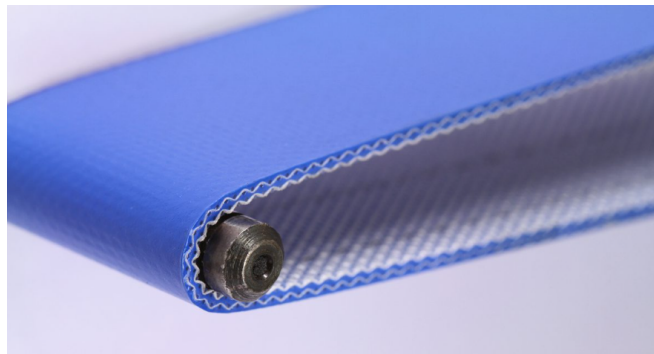
Figuur 5.4: PVC-transportband [17]

3. Polyurethaan transportbanden [15]

Transportbanden van polyurethaan (PU) worden gewaardeerd om hun superieure eigenschappen, waaronder een uitzonderlijke weerstand tegen vetten, oliën en diverse chemicaliën. In tegenstelling tot veel andere materialen, is PU geschikt voor direct contact met voedsel en voldoet het aan de strikte eisen van de FDA en USDA, wat het bijzonder geschikt maakt voor toepassingen in de voedingsmiddelenindustrie.

PU wordt voornamelijk ingezet in omgevingen waar hygiëne en minimaal onderhoud van essentieel belang zijn. Het niet-poreuze oppervlak van polyurethaan voorkomt de ophoping van verontreinigingen, wat de reinigingsprocedures aanzienlijk vereenvoudigt en bijdraagt aan het handhaven van hoge hygiënenormen.

De uitstekende slijtvastheid en het robuuste karakter van PU dragen bij aan de duurzaamheid en betrouwbaarheid van de transportbanden op de lange termijn, wat van cruciaal belang is voor de voedselverwerking. Door de combinatie van hygiënische voordelen en mechanische sterkte, ondersteunt PU een efficiënte en schone productiestroom, wat bijdraagt aan een continue operationele effectiviteit in de voedingsindustrie. Figuur 5.5 geeft een voorbeeld weer van een PU transportband.



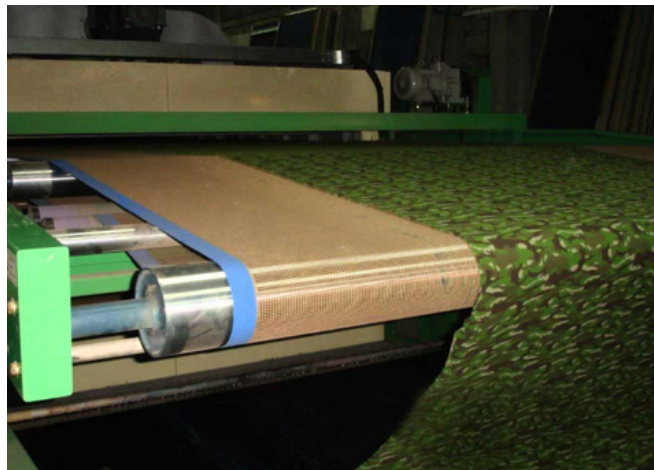
Figuur 5.5: PU-transportband [18]

4. Textiel transportbanden [15]

Stoffen transportbanden bestaan uit meerdere lagen materialen, zoals katoen, nylon en polyester, die elk specifieke eigenschappen bieden op het gebied van sterkte, flexibiliteit en weerstand tegen omgevingsinvloeden. Deze variëteit aan materialen maakt het mogelijk om stoffen banden aan te passen aan een breed scala aan industriële toepassingen.

Stoffen transportbanden worden vaak toegepast in sectoren waar flexibiliteit van essentieel belang is, zoals in de bakkerij- en verpakkingsindustrie. Daarnaast worden ze vaak gebruikt in toepassingen die vereisen dat de uitlijning snel en nauwkeurig wordt uitgevoerd, vanwege hun vermogen om zich aan te passen aan verschillende processen.

De veelzijdigheid van stoffen transportbanden wordt verder versterkt door de specifieke kenmerken van de gebruikte materialen. Zo biedt polyester bijvoorbeeld uitstekende vochtbestendigheid, terwijl katoen ademend is, wat van bijzonder belang kan zijn in omgevingen waar temperatuur- en vochtigheidsniveaus gecontroleerd moeten worden. Deze eigenschappen maken stoffen transportbanden geschikt voor een breed scala aan toepassingen, waarbij zowel mechanische als omgevingsfactoren een rol spelen. Figuur 5.6 geeft een voorbeeld weer van een textielen transportband.



Figuur 5.6: Textielen transportband [19]

5. Metalen Transportband [20]

Metalen transportbanden worden veelvuldig toegepast in industriële omgevingen die hoge temperaturen en zware belastingen vereisen, evenals in toepassingen waar een hoge mate van sterkte en duurzaamheid noodzakelijk is. Typische sectoren waarin deze transportbanden worden ingezet, zijn onder andere de auto-industrie, de elektronica-industrie en andere industriële processen die extreme operationele omstandigheden omvatten.

Metalen transportbanden zijn bijzonder geschikt voor het verwerken van zware materialen en het hanteren van temperaturen die voor veel andere materialen onverdraagzaam zijn. Ze bieden uitstekende weerstand tegen zowel mechanische als thermische belasting, wat hen in staat stelt om langdurige prestaties te leveren in veeleisende omgevingen. De robuustheid van metalen banden maakt ze ideaal voor gebruik in situaties waar andere materialen zouden falen, zoals in ovens of smeltovens, en in processen waarbij zware componenten of producten van de ene locatie naar de andere moeten worden verplaatst.

Bovendien hebben metalen transportbanden het voordeel van een langere levensduur in vergelijking met andere soorten transportbanden, wat resulteert in lagere operationele kosten op lange termijn. Hun weerstand tegen slijtage, hoge temperaturen en corrosie draagt bij aan hun betrouwbaarheid en zorgt ervoor dat ze in staat zijn om voortdurend hoge prestaties te leveren, zelfs onder de meest veeleisende omstandigheden. Figuur 5.7 geeft een voorbeeld weer van een metalen transportband.



Figuur 5.7: Metalen transportband [21]

5.3.2 Onderzoek naar de verschillende vormen van een transportband

Naast het materiaal kunnen transportbanden in verschillende vormen worden aangetroffen, afhankelijk van de specifieke eisen van de toepassing. De diverse vormen van de transportbanden worden hieronder opgesomd.

1. Vlakke transportbanden [22]

Vlakke banden zijn het meest gangbaar en worden ingezet voor algemene toepassingen. Ze bieden een vlak oppervlak, waardoor ze geschikt zijn voor het transporteren van materialen over relatief korte afstanden. Voorbeelden van vlakke transportbanden zijn telkens voorbijgekomen bij de afbeeldingen van de verschillende soorten materiaal in de vorige sectie.

2. Geprofileerde transportbanden [23]

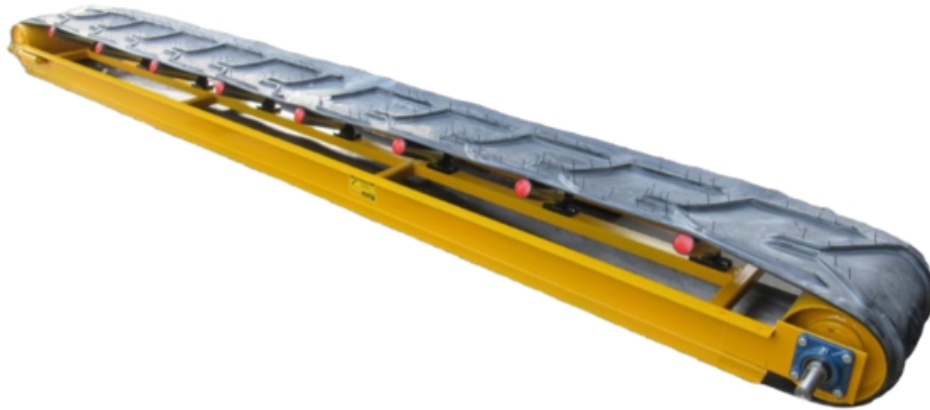
Geprofileerde transportbanden beschikken over opstaande randen of reliëfs op het oppervlak van de band, wat noodzakelijk is voor het vervoeren van materialen onder een steilere hoek. Deze structuur voorkomt het glijden van de materialen, wat van cruciaal belang is voor een veilige en efficiënte werking, met name bij transport over grotere hoogtes. Figuur 5.8 geeft een voorbeeld weer van een geprofileerde transportband.



Figuur 5.8: Geprofileerde transportband [24]

3. Trogvormige transportbanden [23]

Trogvormige transportbanden worden veelvuldig toegepast voor het verplaatsen van losse materialen, zoals graan, zand of andere korrelige stoffen. Deze banden zijn voorzien van opstaande zijanten die het materiaal vasthouden, waardoor morsen wordt voorkomen en de belasting tijdens het transport gestabiliseerd blijft. Figuur 5.9 geeft een voorbeeld weer van een trogvormige transportband.



Figuur 5.9: Trogvormige transportband [25]

4. Modulaire kunststof schakelbanden [13]

Modulaire kunststof schakelbanden bieden flexibiliteit en kunnen eenvoudig worden aangepast aan diverse toepassingen, waaronder die in de voedingsindustrie. Ze worden vaak geselecteerd vanwege hun uitstekende hygiënische eigenschappen en het gemak waarmee ze gereinigd kunnen worden, wat bijdraagt aan het handhaven van hoge normen op het gebied van voedselveiligheid en -hygiëne. Figuur 5.10 geeft een voorbeeld weer van een trogvormige transportband.



Figuur 5.10: Modulaire kunststof schakelband [26]

5.3.3 Onderzoek naar verschillende types van bandkeerrollen

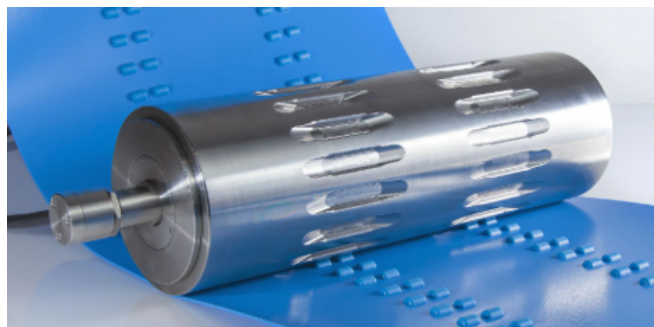
Een transportsysteem met een transportband bestaat altijd uit minimaal twee rollen: een aandrijfrol en een keerrol. De aandrijfrol is verbonden met een motor en zorgt voor de aandrijving van de band. Deze rol levert de kracht om de band in beweging te brengen. De keerrol bevindt zich aan het andere uiteinde van het systeem en ondersteunt de band bij het terugkeren naar de aandrijfzijde. De rollen zijn altijd gemaakt uit staal, roest vrij staal of kunststof (POM).

Aandrijfrollen van de transportband

De verschillende soorten aandrijfrollen van een transportband worden hieronder opgesomd.

1. Direct aangedreven aandrijfrollen (Gearless Motorized Rollers) [27]

Een direct aangedreven rol is een transportrol waarbij de motor en reductor met een koppeling direct op de rol worden bevestigd. Hierdoor is er geen gebruik van kettingen, riemen of andere mechanische transmissie-componenten nodig. Dit ontwerp elimineert de noodzaak voor tandwielen en andere tussenliggende onderdelen, wat leidt tot een efficiëntere en compactere aandrijving. Figuur 5.11 geeft een voorbeeld weer van een direct aangedreven aandrijfrol.



Figuur 5.11: Direct aangedreven aandrijfrol [28]

- Voordelen:
 - Geen energieverlies door tandwielen of andere transmissies.
 - Door ontbreken van tandwielen of riemen zijn er minder bewegende delen die kunnen slijten.
 - Geschikt voor toepassingen waar nauwkeurigheid en lage geluidsniveaus belangrijk zijn.
- Nadelen:
 - Dit soort aandrijfrollen zijn duurder.
 - Beperkte krachten bij zwaardere lasten door directe verbinding met motor.

2. Aandrijfrollen met enkelvoudig tandwiel [29]

Deze aandrijfrollen zijn voorzien van één tandwiel en kunnen worden aangepast aan verschillende lager- en as configuraties. Ze zijn licht van gewicht en veelzijdig, wat ze geschikt maakt voor gebruik in diverse werkomgevingen. Rollen met enkelvoudige tandwielen zijn ideaal voor toepassingen die geen zware belastingen vereisen, maar wel een betrouwbare werking over langere tijd. Ze worden vaak gebruikt in industrieën waar compacte systemen nodig zijn, zoals in lichte productielijnen en geautomatiseerde magazijnen. Figuur 5.12 geeft een voorbeeld weer van een aandrijfrol met enkelvoudig tandwiel.



Figuur 5.12: Aandrijfrol met enkelvoudig tandwiel [29]

- Voordelen:
 - Lichtgewicht.
 - Veelzijdig bruikbaar in diverse werkomgevingen.
- Nadelen:
 - Minder geschikt voor zware lasten.
 - Minder geschikt voor extreme omstandigheden.

3. Aandrijfrollen met dubbel tandwiel [30]

Aandrijfrollen met dubbel tandwiel zijn ontworpen voor veeleisende toepassingen waar zware lasten moeten worden verplaatst. Dankzij hun robuuste constructie kunnen deze rollen hoge krachten weerstaan en een lange levensduur bieden. Hoewel ze duurder en complexer zijn dan rollen met een enkel tandwiel, zijn ze essentieel in industriële en logistieke omgevingen, bijvoorbeeld in fabrieken of distributiecentra waar zware goederen vaak moeten worden getransporteerd. Figuur 5.13 geeft een voorbeeld weer van een aandrijfrol met dubbel tandwiel.



Figuur 5.13: Aandrijfrol met dubbel tandwiel [30]

- Voordelen:
 - Hoge sterkte.
 - Geschikt voor zware toepassingen waar een enkel tandwiel tekortschiet.
- Nadelen:
 - Complexer dan aandrijfrol met enkelvoudig tandwiel.
 - Duurder dan aandrijfrol met enkelvoudig tandwiel.

4. Aandrijfrollen met tandriemtandwiel [31]

Deze aandrijfrollen zijn uitgerust met tandriemtandwielen en bieden een uitstekende nauwkeurigheid en stabiliteit, wat ze geschikt maakt voor toepassingen die precisie vereisen. Ze zijn steviger dan eenvoudige rollen en kunnen ook worden vervaardigd uit roestvrij staal voor extra duurzaamheid. Ze zijn zeer geschikt voor middelzware tot zware toepassingen, zoals in productie- en assemblagelijnen waar nauwkeurigheid en betrouwbaarheid essentieel zijn. Figuur 5.14 geeft een voorbeeld weer van een aandrijfrol met tandriemtandwiel.



Figuur 5.14: Aandrijfrol met tandriemtandwiel [31]

- Voordelen:
 - Nauwkeurig en stevig.
 - Geschikt voor middelzware tot zware toepassingen.
- Nadelen:
 - Vereist meer onderhoud in vergelijking met eenvoudige aandrijfrollen.

Keerrollen van de transportband [32]

Een keerrol wordt aan één zijde van een transportbandinstallatie geplaatst om de transportband te laten omkeren, meestal aan de staartzijde van de installatie. De keerrollen zijn vrijwel altijd gemaakt van hetzelfde materiaal als de aandrijfrol, wat zorgt voor een consistente sterkte en slijtvastheid.

Voor een optimale werking wordt een keerrol vaak gebombeerd. Hierbij worden de zijkan- ten van de rol 1 à 2 % geconiseerd (afgeschuind), terwijl het middengedeelte cilindrisch blijft. Deze conische vorm helpt om de transportband beter te centreren tijdens het gebruik, waardoor de levensduur van zowel de band als de rollen wordt verlengd.

Het belangrijkste verschil tussen een keerrol en een aandrijfrol ligt in de concentriciteit en de aslengte. Omdat een keerrol geen aandrijving ondersteunt, is de as van de rol meestal kleiner en eenvoudiger uitgevoerd. Dit maakt de constructie lichter en minder complex.

5.3.4 Onderzoek naar bekleding van bandkeerrollen

Verder kunnen de aandrijfrollen en keerrollen ook bekleed worden. Dit wordt gedaan door een soort profiel aan te brengen op de rol zoals weergegeven in figuur 5.15.



Figuur 5.15: Aangelegd profiel als bekleding [33]

Het bekleden van de rol heeft meerdere functies, namelijk [33]:

- **Verbeterde grip en controle:**
Profielen op transportrollen bieden extra grip op de lading, wat essentieel is om verschuiven of ongewenste beweging van de lading te voorkomen. Dit is vooral belangrijk in toepassingen waar een lading een specifieke oriëntatie of richting moet behouden, zoals bij precisietransporten in productieprocessen.
- **Precisie in sturing van de lading:**
Het profiel speelt een cruciale rol in het nauwkeurig sturen van de lading. Dit is van groot belang in transportsystemen waarin materialen door bochten of smalle doorgangen moeten worden geleid. Door het profiel, blijft de lading veilig op de transportband en wordt voorkomen dat deze uit balans raakt of verkeerd gepositioneerd raakt.
- **Verhoogde stabiliteit:**
Een profiel kan ook de stabiliteit van de lading verbeteren, vooral wanneer het gaat om ladingen die moeilijk stabiel te houden zijn. De extra ondersteuning die het profiel biedt, zorgt ervoor dat de lading stevig op zijn plaats blijft, zelfs in dynamische transportomstandigheden.
- **Bescherming tegen slijtage:**
Profielen spelen een beschermende rol voor de rollen zelf. Door de wrijving van de lading te verminderen, wordt slijtage van de roloppervlakken beperkt. Dit vergroot niet alleen de levensduur van de rollen, maar verlaagt ook de onderhoudsfrequentie en daarmee de bijbehorende kosten.
- **Verhoging van de efficiëntie:**
Door de grip en stabiliteit te verbeteren, dragen profielen bij aan een hogere efficiëntie van het transportproces. Ze verminderen de noodzaak voor handmatige correcties en verkleinen het risico op stilstand of vertraging door vastlopen van de lading.

5.3.5 Onderzoek naar verschillende draagrollen van de transportband

Draagrollen zijn een essentieel onderdeel van een transportbandinstallatie en worden geplaatst tussen de aandrijfrol en de keerrol. Deze rollen bevinden zich direct onder de transportband en zorgen voor extra ondersteuning om doorhangen van de band te voorkomen. Ze dragen het gewicht van zowel de band als het te transporteren materiaal en spelen een cruciale rol in het garanderen van een soepele werking van de transportband. Voor deze draagrollen wordt er een onderscheid gemaakt tussen Heavy duty rollen en Light medium rollen.

Heavy duty rollen [34]

Deze rollen worden voornamelijk gebruikt in de bulkindustrie en specifiek voor toepassingen met rubberen transportband. Naast de stalen draagrollen zijn er ook rollen die een levensduur halen van 5 keer zo lang dan die van stalen draagrollen. Dit wordt mogelijk gemaakt door rollen met composiet technologie of standaard rollen met poly-urethaan. De verschillende soorten heavy duty aandrijfrollen worden hieronder voorgesteld.

1. Mc-Idler Composite draagrol [35]

Deze draagrol is gemaakt uit een hoogwaardig composiet materiaal, waarbij er 16 componenten in de mix aanwezig zijn. Het is een anti-klevend materiaal dat erg slijtvast is en een tal van andere premium eigenschappen heeft. De Mc-Idler Composite draagrol biedt verschillende voordelen die het ideaal maken voor industriële toepassingen. Dankzij de niet-klevende eigenschappen voorkomt de rol dat materialen eraan vast blijven plakken, wat zorgt voor een soepele werking. Daarnaast is de rol bestand tegen chemische invloeden zoals zuren en basen, waardoor hij duurzaam is in agressieve omgevingen. Met een geluidsniveau van maximaal 70 dB werkt de rol ook geluidsarm, wat bijdraagt aan een stillere werkomgeving. De anti-magnetische eigenschappen zorgen ervoor dat de rol niet wordt beïnvloed door magnetische velden, terwijl de anti-statische weerstand, ophoping van statische elektriciteit voorkomt. Bovendien is de rol volledig stof- en waterdicht, wat hem geschikt maakt voor gebruik in uitdagende omgevingen. De superieure slijtvastheid verlengt de levensduur aanzienlijk, terwijl een concentriciteit kleiner dan 0,1 mm een nauwkeurige en gebalanceerde werking garandeert. Kortom, deze draagrol combineert duurzaamheid, betrouwbaarheid en veelzijdigheid in één. Figuur 5.16 geeft de Mc-Idler Composite draagrol weer.



Figuur 5.16: Mc-Idler Composite draagrol [35]

2. Mc-Idler PU draagrol [36]

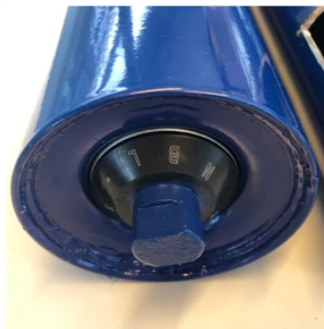
De Mc Idler Pu draagrol is een hoogwaardige staalrol waarvan de buis bekleed is met PU (Polyurethaan). De hoogwaardige draagrol in staal is voorzien van een meervoudige labyrint-afdichting, gelaste stalen lagerpotten en een extra externe afdichting, wat zorgt voor optimale bescherming en duurzaamheid. De mantel van de rol is standaard bekleed met slijtvast en anti-aanklevend polyurethaan met een hardheid van 85 sh A, dat bovendien bestand is tegen ozonveroudering. Deze speciale bekleding verhoogt de grip aanzienlijk en garandeert dat de rol blijft draaien, wat resulteert in minder slijtage en een verminderd risico op het doorsnijden van transportbanden bij stilstaande rollen. Deze eigenschappen maken de draagrol uitermate geschikt voor intensieve en veeleisende toepassingen. Figuur 5.17 geeft de Mc Idler PU draagrol weer.



Figuur 5.17: Mc-Idler PU draagrol [36]

3. NBL draagrol [37]

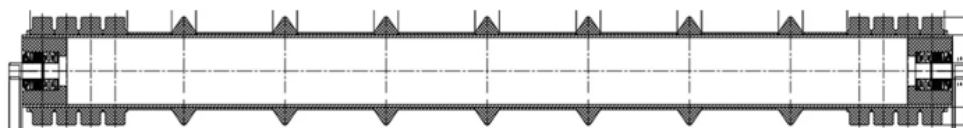
De NBL-draagrol is de klassieke stalen draagrol met stalen gekaste lagerpotten. Deze draa rol onderscheidt zich van de rest doordat er in de lagerpot eerst een stevige PA-ring geplaatst wordt. Hierbij sluit één zijde perfect aan op de afronding van de geperste lagerpot. Dit zorgt ervoor dat de ring nauwkeurig in de lagerpot past en een vlakke ondergrond creëert, waarop het lager en de overige onderdelen van de lagerpot zorgvuldig kunnen worden opgebouwd. Bovendien wordt hiermee minimale speling gegarandeerd tussen het lager en de borgring, wat de stabiliteit verhoogt. Bij andere bulkrollen wordt vaak gebruikgemaakt van een dunnere of minder nauwkeurig gevormde ring, wat resulteert in een lagere stabiliteit. De draagrol wordt ook nog gecoat wat de corrosiebestendigheid bevordert. Figuur 5.18 geeft de NBL-Draagrol weer.



Figuur 5.18: NBL draagrol [37]

4. NBL MC DISC draagrol [38]

De NBL MC DISC-draagrol is een geavanceerde variant van de NBL-draagrol. Deze uitvoering is uitgerust met composiet lagerkamers, wat bijdraagt aan een verbeterde duurzaamheid en verminderde slijtage in veeleisende omstandigheden. Daarnaast is de rol voorzien van rubberen ringen, die zorgen voor extra demping en bescherming, wat de levensduur van zowel de rol als de bijbehorende transportband optimaliseert. Deze innovaties maken de NBL MC DISC-draagrol bijzonder geschikt voor toepassingen waar hoge belastbaarheid en betrouwbaarheid vereist zijn. Figuur 5.19 stelt een schematische weergave van deze draagrol voor.



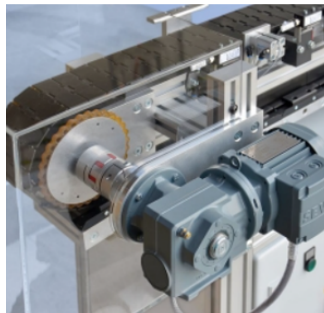
Figuur 5.19: NBL MC DISC draagrol [38]

Light-medium rollen zijn draagrollen vervaardigd uit kunststof. Deze rollen worden specifiek ingezet in transportbandinstallaties met kunststof transportbanden en in systemen gebaseerd op rollenbanen. Ze vinden bovendien toepassing in sectoren zoals de verpakkingindustrie en de voedingsmiddelenindustrie, waar voornamelijk wordt gewerkt met lichte gewichten.

5.3.6 Onderzoek naar verschillende aandrijvingen van de transportband

1. Motorreductor met koppeling [40]

Een motorreductor in combinatie met een koppeling wordt vaak gebruikt wanneer er een directe en nauwkeurige verbinding nodig is tussen de aandrijvende en aangedreven as. De koppeling zorgt ervoor dat de twee assen kracht en beweging met minimale speling overdragen, zelfs als er lichte uitlijnfouten zijn. Dit type aandrijving is veelgebruikt in de machinebouw en andere toepassingen waar precisie essentieel is. Daarnaast biedt de koppeling de mogelijkheid om trillingen te dempen en een stabiele werking te garanderen, zelfs in vuile omgevingen. Figuur 5.20 geeft een opstelling weer van een motorreductor met koppeling.



Figuur 5.20: Motorreductor met koppeling [41]

- Voordelen:
 - Lange levensduur met weinig onderhoudsvereisten.
 - Kan trillingen dempen waardoor de stabiliteit van het systeem verbeterd.
 - Ideaal voor situaties waarin nauwkeurigheid van belang is.
 - Kan goed functioneren in zware of vuile omgevingen.
- Nadelen:
 - Niet geschikt voor aandrijvingen waarbij de as afstanden groot zijn.
 - Kan minder goed omgaan met dynamische belasting dan een flexibeler systeem.

2. Motorreductor met kettingaandrijving [40], [42]

Bij een kettingaandrijving wordt kracht overgebracht via een ketting die twee kettingwielen verbindt. Dit systeem is bijzonder geschikt voor industriële transportbanden en andere toepassingen waar zware lasten of uitdagende omgevingen, zoals vocht en vuil, een rol spelen. Het biedt een efficiënte en slipvrije krachtsoverdracht, wat essentieel is voor een stabiele werking. Kettingaandrijvingen worden vaak toegepast in de agrarische sector, logistiek en zware industrie. Figuur 5.21 geeft een opstelling weer van een motorreductor met kettingaandrijving.

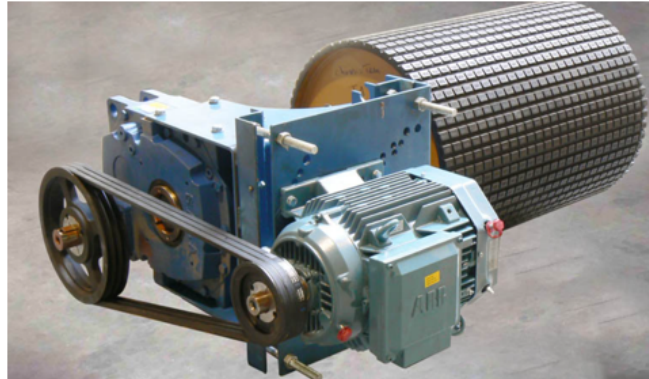


Figuur 5.21: Motorreductor met kettingaandrijving [43]

- Voordelen:
 - Geen slip, wat zorgt voor constante en betrouwbare overbrenging.
 - Energieverlies is minimaal, zelfs bij zware belasting.
 - Presteert goed onder zware omstandigheden zoals vocht/vuil.
- Nadelen:
 - Regelmatig onderhoud (smering, aanpassingen ketting) nodig om slijtage te minimaliseren.
 - Kan trillingen veroorzaken, die het systeem beïnvloeden.
 - Bij intensief gebruik kan de ketting uitrekken, slijten en zelfs breken.

3. Motorreductor met riemaandrijving [40], [44]

Een riemaandrijving maakt gebruik van een riem en poelies om kracht over te brengen. Dit systeem is stil en flexibel, waardoor het populair is in toepassingen waar geluidsreductie en onderhoudsarme werking gewenst zijn. Riemaandrijvingen worden gebruikt in lichtere toepassingen en waar grotere afstanden moeten worden overbrugd tussen de motor en het aangedreven systeem. Figuur 5.22 geeft een opstelling weer van een motorreductor met riemaandrijving.



Figuur 5.22: Motorreductor met riemaandrijving [45]

- Voordelen:
 - Stille werking, ideaal voor toepassingen in geluidsgevoelige omgevingen.
 - Vereist weinig onderhoud in vergelijking met kettingen.
 - Kan uitlijningsfouten tussen de assen opvangen.
 - Geschikt voor aandrijvingen over langere afstanden.
- Nadelen:
 - Kan slippen, hierdoor vermindert de precisie in kritieke toepassingen.
 - Minder geschikt voor zware lasten of hoge koppeloverdracht.
 - Presteert minder goed bij extreme hoge of lage temperaturen.

5.4 Schroottransportsysteem

Het schroottransport bestaat uit een railsysteem, een aandrijving en de schrootbak die vervoerd wordt. Het railsysteem en de aandrijving zijn de belangrijkste onderdelen, omdat zij zorgen voor de beweging en stabiliteit van het transport.

5.4.1 Onderzoek naar verschillende soorten railsystemen

Voor het railsysteem wordt onderzoek gedaan naar een systeem waarbij de schrootbakken enkel naar voor en achter moeten bewegen, ook moet meegegeven worden dat de implementatie hiervan op de grond moet gebeuren, op die manier vallen mogelijke railsystemen zoals hangende monorails of luchtsproren weg. De verschillende mogelijke transportsystemen zijn hieronder opgelijst [46], [47].

1. Enkel conventioneel spoor

Een conventioneel spoor in de industrie is een railsysteem dat bestaat uit twee parallelle rails waarop ladingen, vaak aangeduid als wagons of bakken, rijden. Dit systeem wordt veelvuldig gebruikt voor het transporteren van goederen binnen fabrieken, havens, en andere industriële omgevingen. De rails, meestal van staal, liggen parallel op een vastgestelde afstand van elkaar en vormen een pad waarop de wielen van de voertuigen zich kunnen bewegen. Dergelijke systemen zijn meestal te vinden in toepassingen waar grote hoeveelheden materiaal over relatief korte afstanden moeten worden verplaatst, bijvoorbeeld binnen fabrieken, magazijnen of spoorwegovergangen.

- Voordelen:
 - Stabiel transport door vastgelegde rails.
 - Geschikt voor vervoeren van zware ladingen.
 - Lange levensduur en lage onderhoudskosten.
- Nadelen:
 - Moeilijk aan te passen bij veranderende fabriekslay-outs.
 - Het spoor moet op vlak, stevig terrein liggen, wat de installatie kan beperken.

2. Vlak of ingegoten spoor [48]

Vlakke vloerrails zijn rails die verzonken liggen in de vloer of gelijk liggen met het vloeroppervlak. Dit systeem voorkomt obstakels voor voertuigen of voetgangers en is daarom ideaal voor industriële omgevingen, zoals magazijnen of fabrieken, waar zware voertuigen vaak rijden. Deze rails zorgen ervoor dat er geen uitschot van rails is, waardoor de vloer mooi vlak blijft en het risico op beschadigingen of ongelukken wordt geminimaliseerd.

- Voordelen:
 - Ruimtebesparing.
 - Veiligheid omtrent struikelgevaar.
 - Vlakke sporen bieden stabiele en betrouwbare geleiding voor voertuigen die zware lasten vervoeren.
- Nadelen:
 - Moeilijk aan te passen doordat railsysteem in vloer is geïntegreerd.
 - Vloerproblemen (zoals scheuren) kunnen de werking van het systeem beïnvloeden.

3. Dubbel railsysteem [49]

Dubbele parallelle sporen zijn een veelvoorkomende configuratie in industriële railsystemen, waarbij twee rails parallel aan elkaar lopen om ladingen te ondersteunen die over deze rails rijden. Dit systeem wordt veel gebruikt voor het transport van zware lasten, zoals kranen of rolwagens in fabrieken en magazijnen, waar betrouwbare en constante beweging vereist is. Het komt overeen met het enkelrailsysteem of conventioneel spoor, maar biedt extra capaciteit door twee sporen per zijde te installeren. Dit maakt het mogelijk om grotere ladingen of bakken te vervoeren, wat essentieel is voor industriële toepassingen waar zwaardere en grotere ladingen efficiënt moeten kunnen bewegen.

- Voordelen:

- De dubbele rails bieden een stevig platform, wat belangrijk is voor het transport van zware ladingen over lange afstanden.
- Het is ideaal voor zware industriële toepassingen omdat de belasting over beide rails wordt verdeeld, wat zorgt voor een hogere draagcapaciteit.
- De parallelle rails maken het mogelijk om voertuigen efficiënt en zonder onderbreking te verplaatsen.

- Nadelen:

- Duurder dan enkel railsystemen.
- Het aanpassen van de route of het toevoegen van extra functionaliteiten kan complex zijn, omdat de rails permanent zijn.
- Dubbele rails nemen meer ruimte in beslag, wat problematisch kan zijn in beperkte ruimtes

4. Tandheugelrails [50]

Tandheugelrails zijn een type railsysteem waarin een tandheugel grijpt in een rondsel of tandwiel om roterende beweging om te zetten in lineaire beweging. Dit systeem wordt veel gebruikt in toepassingen waarbij precisie en krachtoverdracht belangrijk zijn, zoals bij lineaire actuatoren in industriële machines of transportsystemen.

- Voordelen:
 - Hoge nauwkeurigheid, ideaal voor toepassingen die hoge precisie vereisen.
 - Tandheugelrails kunnen zware ladingen ondersteunen, ideaal voor zware industriële toepassingen.
 - Duurzaam, zelfs bij intensief gebruik.
- Nadelen:
 - Beperkte snelheid door veel wrijving.
 - Vereist grondig onderhoud om werking met veel belasting soepel te houden.

5. Modulair railsysteem [51]

Modulaire railsystemen bieden een flexibele en efficiënte oplossing voor transport- en montagesystemen. Deze systemen bestaan uit gestandaardiseerde componenten die eenvoudig kunnen worden gemonteerd en aangepast, afhankelijk van de specifieke behoeften van een project. Door het gebruik van modulaire systemen kunnen bedrijven snel inspelen op veranderingen en uitbreidingen, zonder de noodzaak voor complexe aanpassingen of laswerk. Dit maakt modulaire railsystemen ideaal voor toepassingen waar flexibiliteit en snelheid essentieel zijn.

- Voordelen:
 - Snel aan te passen en uit te breiden zonder laswerk.
 - Lagere arbeidskosten door gebruik van bouten in plaats van lassen.
 - Makkelijk te installeren en modificeren.
- Nadelen:
 - Niet geschikt voor zware lasten.
 - Vereist nauwkeurige controle bij assemblage om juiste verbindingen te waarborgen.

5.4.2 Onderzoek naar verschillende soorten aandrijfsystemen

In dit onderzoek worden verschillende soorten aandrijfsystemen voor schroottransport onderzocht. De nadruk ligt op elektrische aandrijvingssystemen, waarbij de aandrijving rechtstreeks via elektromotoren plaatsvindt en mechanische aandrijvingssystemen, die gebruikmaken van aanvullende mechanische componenten. De verschillende mogelijke aandrijfsystemen zijn hieronder opgelijst [52], [53].

1. Directe elektromotor

Bij deze optie drijft een enkele elektromotor direct de wielen van de transportbak aan. Dit is een eenvoudige en betrouwbare oplossing, ideaal voor rechttoe-rechtaan transport zonder complexe trajecten.

- Voordelen:
 - Eenvoudig ontwerp met weinig mechanische onderdelen, wat resulteert in lagere onderhoudskosten.
 - Hoge betrouwbaarheid voor constante transporttaken.
- Nadelen:
 - Minder efficiënt bij lange afstanden vanwege het directe energieverbruik.
 - Minder geschikt voor hellingen.

2. Tandheugelaandrijving

Hierbij draait een elektromotor een tandwiel dat grijpt in een tandheugel, die langs de rails is bevestigd. Dit systeem biedt een stabiele en gecontroleerde aandrijving, vooral geschikt voor transport met steile hellingen of zware ladingen.

- Voordelen:
 - Biedt uitstekende controle, zelfs op hellingen of bij zware belastingen.
 - Stabiele en gelijkmatige beweging, ongeacht de omstandigheden.
- Nadelen:
 - Complexer en duurder in installatie door de extra mechanische onderdelen.
 - Vereist regelmatig onderhoud en nauwkeurige uitlijning om slijtage te minimaliseren.

3. Riem- of kettingaandrijving

Een riem- of kettingaandrijving is een mechanisme waarbij een riem of ketting langs de rails wordt gespannen en gekoppeld aan een aandrijfmotor. Dit systeem is ontworpen om een enkele bak consistent voort te bewegen via een riem of ketting, afhankelijk van de belasting.

- Voordelen:

- Zowel riem- als kettingaandrijvingen zijn eenvoudig te installeren en te onderhouden.
- Riemen bieden een stille werking en zijn geschikt voor lichtere toepassingen, terwijl kettingen beter bestand zijn tegen zware belastingen.
- Beiden bieden een efficiënte overbrenging van kracht over lange afstanden.
- Riemen zijn goedkoper en lichter, ideaal voor lichtere taken.

- Nadelen:

- Riemen slijten sneller en kunnen minder zware lasten dragen dan kettingen.
- Kettingen vereisen smering en nauwkeurige uitlijning om slijtage en inefficiëntie te voorkomen.
- Kettingaandrijvingen kunnen aanzienlijk luidruchtiger zijn dan riemen.
- Beide systemen vereisen periodieke inspectie om breuk of falen te voorkomen.

5.4.3 Onderzoek naar verschillende soorten wielen voor schroottransportstelsel

Bij het transport van schrootbakken zijn de wielen onder de bakken een cruciale factor voor een efficiënt en stabiel systeem. In dit onderzoek worden twee veelgebruikte soorten wielen besproken: het wiel met een rechthoekige groef en het gietijzeren wiel met opstaande rand. De keuze van het type wiel is echter afhankelijk van het gebruikte railsysteem, omdat verschillende railsystemen specifieke vereisten stellen voor de wielen en hun prestaties. Hieronder zijn de twee verschillende soorten mogelijke wielen opgelijst [54].

1. Transportwiel met rechthoekige groef

Wielen met een rechthoekige groef worden veel gebruikt in railsystemen, vooral voor toepassingen waarbij een robuust en stabiel transport vereist is. Deze groef helpt bij het nauwkeurig en veilig geleiden van het wiel over de rails, waardoor slijtage wordt verminderd en de levensduur van het systeem wordt verlengd. De rechthoekige vorm biedt meer grip en zorgt ervoor dat het wiel stevig in de rails zit, wat het mogelijk maakt om zware lasten efficiënt te vervoeren zonder dat het wiel uit de rail kan springen. Dit soort wielen komen vaak voor in industriële toepassingen, zoals het transport van zware materialen of schroot in fabrieken, waar zowel kracht als stabiliteit cruciaal zijn. Figuur 5.23 stelt een transportwiel met rechthoekige groef voor.



Figuur 5.23: Transportwiel met rechthoekige groef [55].

2. Gietijzeren transportwiel met opstaande rand

Gietijzeren wielen met een rand worden veel gebruikt in railsystemen vanwege hun robuustheid en duurzaamheid. Deze wielen zijn vaak vervaardigd uit gietijzer, wat ze sterk maakt en bestand tegen zware belastingen en slijtage. De rand rondom het wiel biedt extra stabiliteit door te voorkomen dat het wiel uit de rail kan lopen, wat de veiligheid van het systeem vergroot. Bovendien helpt de rand om het wiel te beschermen tegen beschadiging, wat de levensduur van het systeem verlengt. Gietijzeren wielen met een rand worden vaak toegepast in industriële omgevingen waar zware materialen en bakken over railsystemen moeten worden vervoerd. Dit type wiel is ideaal voor toepassingen waar zowel kracht als lange levensduur vereist zijn. Figuur 5.24 stelt een gietijzeren transportwiel met opstaande rand voor.



Figuur 5.24: Gietijzeren transportwiel met opstaande rand [56].

5.5 Labelingssysteem

Het labelingssysteem is essentieel voor het registreren van coilnummers en andere gegevens op de testplaten, die door de robot in het mechanisch labo verwerkt worden. De onderdelen van het systeem, zoals de scanner, printer, stickers en het bevestigingsmechanisme van de stickers op de testplaat, spelen hierbij een centrale rol.

5.5.1 Onderzoek naar verschillende soorten stickers

Bij het labelen van de testplaten is de keuze van stickers cruciaal vanwege de extreme omstandigheden waaraan deze worden blootgesteld. De stickers moeten bestand zijn tegen mechanische bewerkingen zoals knippen en frezen, waarbij ze in contact komen met vloeistoffen en aan hoge krachten worden blootgesteld. Bovendien worden ze blootgesteld aan perslucht tijdens het schoonmaken, wat hun hechting verder op de proef stelt. Daarnaast mogen de stickers niet loslaten door wrijving wanneer teststroken op elkaar liggen en verschuiven. Deze vereisten stellen hoge eisen aan de duurzaamheid, kleefkracht en materiaalsamenstelling van de stickers, waardoor een zorgvuldige selectie van materialen essentieel is.

Hieronder volgt een overzicht van de verschillende soorten stickers die binnen het labelingssysteem gebruikt kunnen worden, elk met een specifieke functie en inhoud [57], [58].

1. Papieren stickers

Papieren stickers worden vaak gebruikt voor tijdelijke toepassingen zoals marketingcampagnes en voedselverpakkingen. Ze zijn voordelig en biologisch afbreekbaar, maar minder geschikt voor langdurig gebruik of buitenomstandigheden. Deze stickers worden vaak toegepast in de detailhandel en voor korte termijn productverpakkingen.

- Voordelen:
 - Kostenefficiënt.
 - Gemakkelijk te bedrukken met standaard printers.
 - Milieuvriendelijk en gemakkelijk te verwijderen.
- Nadelen:
 - Niet waterbestendig.
 - Slecht bestand tegen hitte.
 - Slecht bestand tegen mechanische belasting.

2. Vinylstickers

Vinylstickers zijn bekend om hun duurzaamheid en weerbestendigheid. Ze worden veel gebruikt voor buitenreclame, voertuigstickers en industriële toepassingen, waar ze bestand moeten zijn tegen weersomstandigheden zoals regen, zonlicht en temperatuurvariaties.

- Voordelen:
 - Duurzaam.
 - Bestand tegen water.
 - Bestand tegen UV-straling.
 - Lange levensduur (tot 11 jaar).
- Nadelen:
 - Productiecomplexiteit.
 - Duurder.

3. Polyesterstickers

Polyesterstickers zijn bestand tegen extreme temperaturen, chemicaliën en slijtage. Ze worden vaak gebruikt in veeleisende industriële omgevingen, zoals voor het labelen van apparatuur en controlepanelen in fabrieken of laboratoria, waar de stickers langdurig moeten blijven zitten onder zware omstandigheden.

- Voordelen:
 - Bestand tegen chemicaliën.
 - Bestand tegen wrijving.
 - Bestand tegen extreme temperaturen.
 - Glanzende of gemetalliseerde afwerkingen beschikbaar.
- Nadelen:
 - Duurder dan papieren stickers.
 - Moeilijk te verwijderen.

4. Polypropyleenstickers

Polypropyleenstickers bieden goede helderheid en weerstand tegen oplosmiddelen. Ze worden vaak gebruikt voor productetiketten in de voedselindustrie of voor verpakkingen die in contact komen met vloeistoffen, waar duurzaamheid binnen een beperkte tijd nodig is.

- Voordelen:
 - Bestand tegen oplosmiddelen.
 - Bestand tegen water.
 - Bestand tegen chemicaliën.
 - Bestand tegen hoge temperaturen.
 - Bestand tegen oplosmiddelen.
 - Scheurbestendig.
- Nadelen:
 - Minder duurzaam dan polyester

5. Holografische stickers

Holografische stickers hebben een opvallende, glinsterende afwerking die ze ideaal maakt voor premium branding en beveiliging. Ze worden veel gebruikt in de mode-industrie, voor luxe productverpakkingen en als beveiligingslabels voor waardevolle goederen.

- Voordelen:
 - Reflecterend & kleurrijk, waardoor geschikt voor decoratie of beveiliging.
- Nadelen:
 - Hoge productiekosten.

6. Domed stickers

Domed stickers hebben een 3D-effect door een transparante harscoating, die ze niet alleen visueel aantrekkelijk maakt, maar ook beschermt tegen krassen en slijtage. Ze worden veel gebruikt voor branding op producten zoals elektronica, auto-onderdelen en voor promotionele doeleinden.

- Voordelen:
 - 3D-effect met beschermde harscoating.
 - Zeer duurzaam.
 - Esthetisch aantrekkelijk.
- Nadelen:
 - Beperkt tot specifieke toepassingen, vooral branding.

5.5.2 Onderzoek naar verschillende soorten scanners

Het labelingssysteem is essentieel voor de verwerking van testplaatgegevens. Aan het einde van de productielijn wordt elke testplaat voorzien van een sticker met cruciale informatie, zoals het coilnummer en andere specificaties. De scanner in het atelier leest deze informatie voor de aanmaak van nieuwe stickers, waarop het coilnummer en andere relevante gegevens worden vermeld.

Hieronder volgt een overzicht van de verschillende soorten scanners die binnen het labelingssysteem gebruikt kunnen worden, elk met een specifieke functie en inhoud. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen barcodescanners en tekstscanners. De laserscanner en de CCD-scanner zijn barcodescanners en de OCR-scanner is een tekstscanner.

1. Laserscanner [59]

Laserscanners gebruiken een laserstraal om gegevens zoals barcodes te lezen en worden vaak gebruikt in industriële toepassingen. Ze zijn snel, efficiënt, en presteren goed in uitdagende omgevingen zoals lage verlichting.

- Voordelen:
 - Hoge werkingssnelheid.
 - Geschikt voor lange scanafstanden.
 - Geschikt voor ruwe industriële omgevingen.
- Nadelen:
 - Alleen geschikt voor 1D-barcodes.

2. Charge-Coupled Device scanners (CCD-scanner) [60]

CCD - scanners werken met sensoren die licht opvangen om gedetailleerde beelden te produceren. Deze scanners zijn geschikt voor het scannen van barcodes op grotere oppervlakken en bieden hoge resolutie, wat ze ideaal maakt voor complexe beeld- en teksttoepassingen.

- Voordelen:
 - Hoge resolutie.
 - Kan grote en kleine oppervlakken scannen.
- Nadelen:
 - Kortere scanafstanden.
 - Groter & zwaarder dan laserscanners.
 - Duurder in aanschaf en onderhoud.

3. Optical Character Recognition (OCR-scanner) [61]

OCR-scanners zijn ontworpen om tekst te herkennen en te digitaliseren, wat ze geschikt maakt voor documentbeheer en archivering. Ze zijn effectief bij goed geformatteerde tekst, maar hebben moeite met onduidelijke documenten.

- Voordelen:
 - Kan tekst & cijfers lezen.
 - Geschikt voor complexere labelinformatie (meerdere lettertype, talen,...).
- Nadelen:
 - Beperkte barcodefunctionaliteit.
 - Vereist geavanceerde software.
 - Minder snel dan barcodescanners.
 - Fouten bij onduidelijke of slecht geformatteerde teksten.

5.5.3 Onderzoek naar verschillende soorten printers

De printer vormt een cruciaal onderdeel van het labelingssysteem. Het is verantwoordelijk voor het nauwkeurig en snel afdrukken van de stickers die voorzien zijn van essentiële informatie, zoals het coilnummer en technische specificaties. Deze stickers worden in de volgende stap bevestigd op de testplaten. De kwaliteit en precisie van de printer zijn van groot belang om ervoor te zorgen dat de gegevens duidelijk leesbaar zijn, wat essentieel is voor een efficiënte verwerking en verdere automatisering binnen het flowproces.

De twee belangrijkste soorten printers die hiervoor gebruikt kunnen worden, zijn laserprinters en thermische printers. Thermisch printen is een techniek waarbij warmte wordt gebruikt om afdrukken te maken. Het is vooral populair vanwege de snelheid, nauwkeurigheid en lage onderhoudsbehoefte. Thermisch printen is onderverdeeld in twee hoofdcategorieën: direct thermisch en thermisch transfer [62].

1. Direct thermische printer

Direct thermische printers gebruiken warmte om tekst en afbeeldingen direct op een thermisch gevoelige label te printen. Deze technologie vereist geen inkt of linten, wat het proces eenvoudig en kosteneffectief maakt.

- Voordelen:
 - Eenvoudig en onderhoudsarm door ontbreken van inkt of linten.
 - Milieuvriendelijk door minder afval van verbruiksmaterialen.
- Nadelen:
 - Afdrukken vervagen snel bij hitte, krassen, etc.
 - Niet geschikt voor labels die lang moeten meegaan of onder zware omstandigheden worden gebruikt.
 - Enkel geschikt voor papierstickers.
 - Printer slijt snel bij intensief gebruik door direct contact met het bedrukken van het papier.

Afdrukken vervagen snel bij hitte, krassen, etc. Niet geschikt voor labels die lang moeten meegaan of onder zware omstandigheden worden gebruikt. Enkel geschikt voor papierstickers. Printer slijt snel bij intensief gebruik door direct contact met het bedrukken van het papier.

2. Thermische transfer printer

Thermische transfer printers gebruiken een lint dat door warmte smelt en inkt overbrengt op het label. Dit resulteert in duurzame, slijtvaste afdrukken die bestand zijn tegen zware omstandigheden.

- Voordelen:
 - Stickers blijven veel langer leesbaar, in vergelijking met direct thermisch printen.
 - Printer kan veel verschillende soorten stickers bedrukken, waaronder synthetische labels.
 - Bestand tegen extreme omgevingen, zoals hoge temperaturen en chemicaliën.
- Nadelen:
 - Meer kosten en afval door meer verbruiksmaterialen, zoals linten.
 - Complexer onderhoud in vergelijking met direct thermisch printen.

3. Laserprinters [63]

Een laserprinter is een type printer dat lasertechnologie gebruikt om tekst en afbeeldingen nauwkeurig op papier af te drukken. Het werkt door een laserstraal een elektrisch geladen trommel te belichten, waarna tonerpoeder wordt aangetrokken en met warmte en druk op het papier wordt gefixeerd. Dit resulteert in scherpe, duurzame afdrukken.

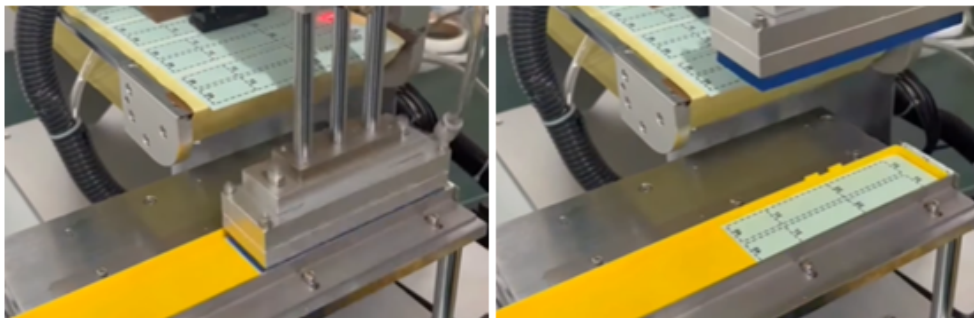
- Voordelen:
 - Hoge printsnelheid, wat ideaal is voor productieomgeving met hoge volumes.
 - Hoge nauwkeurigheid en duidelijkheid.
 - Duurzaamheid van prints, doordat toner snel droogt en smudge-bestendig is.
- Nadelen:
 - Laserprinters zijn hittegevoelig en presteren minder goed op dik printpapier.
 - Hoge aanschaf- en onderhoudskosten.

5.5.4 Onderzoek naar verschillende soorten bevestiging van stickers op testplaat

Als laatste stap in het labelingssysteem wordt de sticker op de testplaat bevestigd. Dit proces is essentieel voor een correcte identificatie en verwerking van de platen. Er zijn twee gangbare technieken om de stickers te bevestigen op de testplaten: mechanisch drukken en het gebruik van een wrijfband [64], [65].

1. Mechanisch drukken van sticker

Bij mechanisch drukken wordt er een stempel of pluiner gebruikt die de sticker naar beneden drukt op de testplaat. Vaak wordt de sticker op een vacuümhouder geplaatst en nauwkeurig gepositioneerd voordat deze wordt aangebracht. Deze methode biedt een hoge precisie en is geschikt voor verschillende oppervlakken. Figuur 5.25 geeft de werking van een mechanische drukker weer.



Figuur 5.25: Mechanische drukker [66]

- Voordelen:
 - Zeer nauwkeurige positionering van stickers.
 - Geschikt voor harde oppervlakken.
 - Consistente prestaties bij hoge productievolumes.
- Nadelen:
 - Vereist nauwkeurige afstelling.
 - Mechanische slijtage vereist regelmatig onderhoud.
 - Minder geschikt voor kwetsbare of flexibele materialen.

2. Wrijfband

Een wrijfband is een techniek die wordt gebruikt om stickers op testplaten aan te brengen door middel van een wrijvende beweging. In plaats van een stempel of drukmechanisme, beweegt een bandje of rol langzaam over de sticker, waardoor deze stevig en gelijkmatig op het oppervlak wordt bevestigd. Figuur 5.26 geeft de werking van een wrijfband weer.



Figuur 5.26: Wrijfband [67]

- Voordelen:
 - Snelle en vloeiende werking.
 - Geschikt voor diverse oppervlaktekrommingen.
 - Minder mechanisch intensief, wat slijtage vermindert.
- Nadelen:
 - Mogelijks minder nauwkeurig dan mechanische stempel.
 - Niet ideaal voor oppervlakken met textuur of onregelmatigheden.
 - Vereist onderhoud om slijtage van de band te voorkomen.

Hoofdstuk 6

Gedetailleerd Mechanisch Ontwerp

6.1 Inleiding

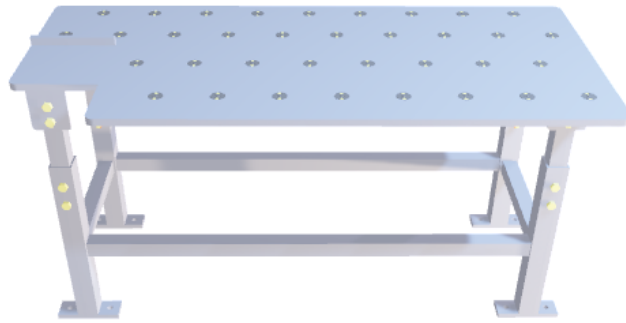
In dit hoofdstuk wordt het mechanisch ontwerp in grote lijnen besproken. De focus ligt op de vier hoofdonderdelen van het systeem: het aanvoersysteem, het schrootscheidingssysteem, het schroottransportsysteem en het labelingssysteem. Van elk systeem wordt de opbouw toegelicht en worden de cruciale componenten besproken.

Dit hoofdstuk biedt een beknopt overzicht van het volledige optimalisatieproces. Voor een gedetailleerde beschrijving van de systemen wordt verwezen naar Bijlage A. Deze bijlage maakt geen deel uit van de thesistekst en bevat het volledige mechanische dossier, waaronder de aanmaak- en aankooplijsten, 2D-tekeningen van alle assemblies en maakdelen, evenals de datasheets van de aangeschafte componenten.

6.2 Aanvoersysteem

Om de ergonomie op de werkvloer te verbeteren, is gekozen voor de implementatie van een kogeltafel als aanvoertafel (zie Fig. 6.1). Deze voorziening vergemakkelijkt het manipuleren van zowel de aanvoerplaten als de testplaten richting de schaar.

Dankzij de kogeltafel kunnen zware platen met minimale fysieke inspanning verplaatst en gepositioneerd worden. Dit vermindert de belasting op de rug, schouders en armen van de operator en draagt bij aan een veiligere en efficiëntere werkomgeving. Bovendien zorgt de soepele verplaatsing van de platen voor een snellere doorlooptijd en een verhoogde nauwkeurigheid bij het positioneren van het materiaal.



Figuur 6.1: Aanvoertafel

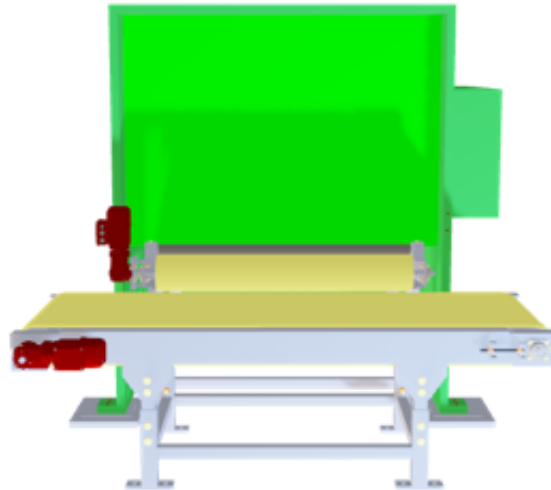
De aanvoertafel bestaat uit een onderstel, een tafelblad en meerdere kogelunits. De kogelunits worden aangekocht bij Omnitrack en zijn geschikt voor zwaardere toepassingen. Specifiek is gekozen voor de kogelunit type 9601, die een draagcapaciteit heeft van 12 kg per unit. In figuur 6.2 is de kogelunit 9601 van Omnitrack afgebeeld.



Figuur 6.2: Kogelunit Omnitrack

6.3 Schrootscheidingssysteem

Voor de schrootscheiding wordt gebruikgemaakt van twee transportbanden die haaks op elkaar staan opgesteld. De eerste transportband transporteert het materiaal van onder het mes naar de achterzijde van de schaar. De tweede, haaks opgestelde transportband ontvangt het materiaal van de eerste band en voert het vervolgens af naar links of rechts, afhankelijk van of het gaat om goed materiaal of schroot. De opstelling van deze transportbanden is weergegeven in figuur 6.3.



Figuur 6.3: Het schrootscheidingssysteem

Beide transportbanden zijn identiek in opbouw, met als enige verschillen de lengte, breedte en de positionering onder een hoek bij de eerste band. Transportband 1 is onder een helling geplaatst en voert het materiaal van onder het mes naar het uiteinde van de schaar.

De keuze om deze band schuin te plaatsen is bewust gemaakt: dit voorkomt dat het materiaal na de overloop naar transportband 2 te laag komt te liggen. Hierdoor vallen de materialen van een voldoende hoogte in de opvangbakken, waardoor deze niet te snel vol raken en de ledigingsfrequentie wordt beperkt.

Het frame van de transportbanden bestaat uit een onderstel op poten met een bevestigingsplaat. Hierop worden twee U-profielen gelast, die zodanig bewerkt zijn dat de aandrijfrol en keerrol eenvoudig in het chassis kunnen worden geschoven. Deze constructie zorgt voor een robuuste en onderhoudsvriendelijke opbouw.

Naast het frame en de rollen zijn er nog enkele cruciale componenten die essentieel zijn voor de volledige opbouw en werking van de transportband. Deze onderdelen worden besproken in de volgende sectie

6.3.1 Cruciale onderdelen

1. Bandkeuze

Voor de transportband is gekozen voor een rubberen uitvoering met stuursnaren. Deze stuursnaren bevinden zich aan de onderzijde van de band en hebben een trapeziumvorm met een hoogte van 8 mm en een breedte van 13 mm. Ze dienen om de band nauwkeurig te geleiden en zijn zo gepositioneerd dat ze exact over de aandrijf- en keerrollen lopen. Hierdoor wordt de band aan beide zijden opgesloten tussen de zijkanten van de rollen, wat zorgt voor een stabiele en betrouwbare geleiding.

Het materiaal rubber is bewust gekozen vanwege zijn hoge slijtvastheid en weerstand tegen intensieve belasting. Dit is essentieel, aangezien er regelmatig zware platen op de band vallen tijdens het transportproces.

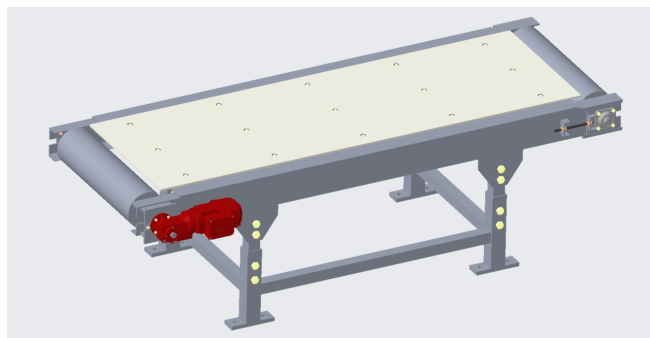
2. Draagplaat

In de meeste toepassingen wordt het gewicht van het materiaal op de transportband, tussen de aandrijfrol en de keerrol, ondersteund door meerdere draagrollen. In dit ontwerp is echter gekozen voor een alternatief: een combinatie van een stalen en een kunststof draagplaat.

Deze constructie dient om de belasting tussen de twee rollen op te vangen en doorbuiging van de transportband te voorkomen. De stalen plaat fungeert als dragend element en neemt het gewicht van het vallende materiaal op. Daarbovenop ligt een kunststof plaat die dient als glijvlak voor de rubberen band.

De kunststof plaat is vervaardigd uit HDPE 1000, een materiaal dat bekendstaat om zijn zeer lage wrijvingscoëfficiënt. Hierdoor kan de band vlot en met minimale weerstand over het oppervlak glijden, wat slijtage vermindert en de efficiëntie verhoogt.

De opstelling van deze combinatie van draagplaten is weergegeven in figuur 6.4.



Figuur 6.4: Opstelling combinatie van draagplaten bij transportband

3. Lagerkeuze

Voor de transportbanden is gekozen voor het gebruik van kogellagers, vanwege hun betrouwbaarheid en brede inzetbaarheid in dynamische toepassingen. Concreet is gekozen voor een insteeklager met een verbrede binnenring en borging via een stelschroef.

Deze lagers zijn geschikt voor toepassingen waarbij de draairichting constant of wisselend is, wat perfect aansluit bij de werking van de transportbanden in dit systeem. De verbrede binnenring zorgt voor een stabiele montage op de as, terwijl de stelschroef borging biedt tegen verschuiving tijdens bedrijf.

De lagerset FY 30 TR werd als meest geschikte keuze beschouwd, gezien de combinatie van belastbaarheid, montagegemak en beschikbaarheid.

In figuur 6.5 is de volledige lagerunit afgebeeld, met daarnaast een detailweergave van het lager waarin de borging met de stelschroef duidelijk zichtbaar is.



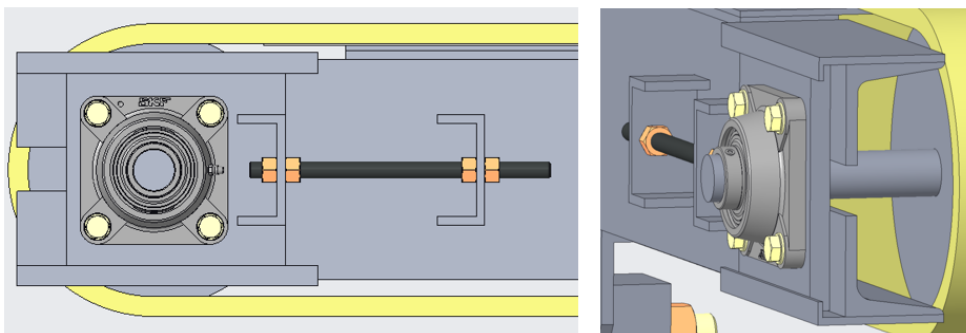
Figuur 6.5: Lagerkeuze voor de transportbanden

4. Spansysteem

Een van de cruciale componenten van de transportband is het spansysteem. Dit systeem maakt het mogelijk om de keerrol in positie te verstellen, zodat deze dichterbij of verder van de aandrijfrol geplaatst kan worden.

Het correct aanspannen van de band is essentieel voor een betrouwbare werking. Zonder een effectief spansysteem kan de band niet op de juiste spanning worden gebracht, wat ertoe leidt dat de transportband niet functioneert en het materiaaltransport stilvalt.

Het toegepaste spansysteem, zoals weergegeven in figuur 6.6, zorgt ervoor dat de band voortdurend op de juiste spanning blijft, wat slippen voorkomt en de levensduur van de band verlengt.



Figuur 6.6: Spansysteem voor transportbanden

Het spansysteem is als volgt opgebouwd: het lagerhuis is gemonteerd op een bevestigingsplaat waarop een U-vormige spanningsbeugel is gelast. Deze plaat is vrij beweegbaar dankzij twee gleufplaten die boven en onder op het U-profiel zijn aangebracht. Hierdoor zit de bevestigingsplaat opgesloten tussen de gleufplaten, wat toelaat dat ze horizontaal kan bewegen, maar toch voldoende geleiding behoudt.

Een draadstang loopt door de spanningsbeugel, waarbij aan beide zijden moeren zijn bevestigd. Iets verderop is een tweede spanningsbeugel gelast, waar de draadstang eveneens doorheen loopt. Ook hier zijn aan weerszijden moeren geplaatst. Door deze moeren aan te draaien of los te zetten, kan de bevestigingsplaat naar voren of naar achteren worden bewogen.

Door dit systeem aan beide zijden van de keerrol toe te passen, kan de positie van de keerrol nauwkeurig worden aangepast. Op die manier kan de transportband aangespannen of juist ontspannen worden, afhankelijk van de gewenste bandspanning.

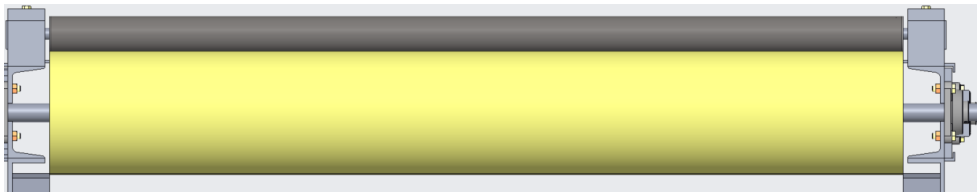
5. Aandrukrol

Verder is er aan het uiteinde van transportband 1 een aandrukrol voorzien, uitgerust met een veersysteem. Dit systeem zorgt ervoor dat de plaat, wanneer deze zich op het einde van de band bevindt, stevig aangedrukt blijft tegen de transportband.

Het voorkomt dat de plaat ongecontroleerd en onder een hoek met hoge impact op transportband 2 terechtkomt. Hierdoor wordt de valbeweging gecontroleerd en wordt de plaat met minimale impact overgedragen naar de tweede transportband.

Deze oplossing verlengt de levensduur van transportband 2 aanzienlijk, doordat schokken en mechanische belasting op het bandoppervlak sterk worden gereduceerd. Het draagt zo bij aan een efficiënter en onderhoudsvriendelijker transportsysteem.

De aandrukrol met veersysteem is weergegeven in figuur 6.7.

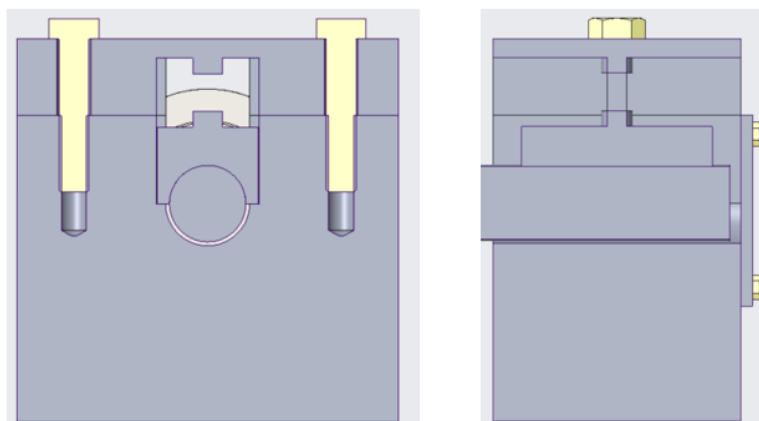


Figuur 6.7: Voorstelling van aandrukrol op transportband 1

Het aandrukrolsysteem bestaat uit een gelagerde rol die vrij kan ronddraaien wanneer de platen eronder passeren. Door middel van een klemsysteem en een veer wordt de gelagerde rol richting de band gedrukt. Wanneer er een plaat passeert die dikker is dan de opening tussen de rol en de band, kan deze de aandrukrol naar boven duwen doordat de veer ingedrukt kan worden.

De afstand tussen de rol en de band is verstelbaar tussen 1 en 15 mm, zodat alle soorten diktes van plaatmateriaal probleemloos kunnen passeren. Het spansysteem is in detail weergegeven in figuur 6.8. De linkerzijde toont het systeem vanuit de kop, waarbij de as volledig naar beneden wordt gedrukt door het aanspanblokje, dat door middel van geleidingen in de basis en de deksel in verticale richting kan bewegen. Aan de rechterzijde van deze figuur, is te zien hoe het aanspanblokje de as naar beneden drukt. Tevens is hier de gleuf in de deksel zichtbaar, waardoor het aanspanblokje verticaal kan bewegen.

Normaliter is de drukveer rondom de cilindrische uitsteeksels geplaatst, maar deze is niet zichtbaar in de tekening vanwege de beperkingen van het CAD-programma, waardoor implementatie lastig was. De veer dient hier dus denkbeeldig te worden voorgesteld.



Figuur 6.8: Detail van aandrukrolsysteem

6. Aandrijving

Tot slot moeten de transportbanden nog aangedreven worden. Hiervoor was het noodzakelijk om eerst te berekenen welke output snelheid de aandrijving nodig heeft en welke statische en maximale vermogens de motorreductor moet leveren om de transportband mét last aan te drijven. Voor deze berekeningen is gebruikgemaakt van de SEW Drive Selection Tool [68]. Deze software voert op basis van ingevoerde gegevens automatisch de nodige berekeningen uit, waarna er een selectie van geschikte motorreductoren wordt voorgesteld.

Voor transportband 1 is gerekend met een totale belasting van 170 kg, waarvan 120 kg afkomstig is van de massa van de band zelf. De aandrijving vindt plaats via inverter operation, wat betekent dat de motorreductor gestuurd wordt via een frequentieregelaar (inverter), PLC of een combinatie hiervan.

De specificaties voor de berekening zijn als volgt:

- Gewenste bandsnelheid: 0,25 m/s
- Overbrenging: Directe koppeling van motor op de aandrijfrol
- Diameter aandrijfrol: 200 mm
- Wrijvingscoëfficiënt: 0,25 (rubber op staal)

Met deze gegevens berekent de SEW-tool automatisch de benodigde uitvoersnelheid van de motorreductor, alsook de benodigde aandrijfkrachten en het bijbehorende vermogensverbruik onder statische en dynamische omstandigheden.

Figuur 6.9 toont de ingevoerde applicatiegegevens en de door de tool berekende resultaten.

Your application data	
Application	Belt conveyor
Operating Mode	Inverter operation
Country/area of use	Europe (CE 50 Hz)
Mass	170 kg
Driving roller diameter	200 mm
Velocity	0.25 m/s
Acceleration time	5 s
Friction factor	0.25
Additional gear ratio	1
System efficiency	90 %
Calculated load data	
Static power	0.116 kW
Dynamic power	0.00236 kW
Max. power	0.118 kW
Static application torque	46.3 Nm
Dynamic application torque	0.944 Nm
Max. application torque	47.3 Nm
External inertia	1.7 kgm ²
Output speed	23.9 1/min

Figuur 6.9: Berekeningen van motorreductor voor transportbanden

Na het uitvoeren van de berekeningen stelt de SEW Drive Selection Tool automatisch een selectie voor van geschikte motorreductoren voor deze toepassing. De tool geeft daarbij steeds een aanbevolen optie, gebaseerd op een optimale balans tussen benutting van de tandwielkast, motorbenutting en snelheidsafwijking.

Op basis van deze criteria is gekozen voor de helical-bevel gearmotor type *KAF19DRN71MS4/BE03/TF*. Deze motorreductor biedt een efficiënte en betrouwbare aandrijving binnen de gestelde eisen.

De technische specificaties van deze motorreductor zijn weergegeven in figuur 6.10.



Illustration similar

Helical-bevel gearmotor KAF19DRN71MS4/BE03/TF	
Catalog designation	KAF19DRN71MS4/BE03/TF
Rated motor speed	1440 1/min
Output speed	25 1/min
Overall gear ratio	58.68
Output torque	70 Nm
Maximum permitted output torque	70 Nm
Service factor SEW	1
Permitted output overhung load with n=1400	4500 N
Motor power	0.18 kW
Braking torque	2.7 Nm

Figuur 6.10: Geselecteerde motor voor transportbanden 1 & 2

Voor transportband 2 is dezelfde motorreductor geselecteerd als voor transportband 1, namelijk de helical-bevel gearmotor *KAF19DRN71MS4/BE03/TF*. Ook voor deze band zijn de berekeningen uitgevoerd met behulp van de SEW Drive Selection Tool, waarbij wederom gekeken is naar de benutting van de tandwielkast, motorbelasting en snelheidsafwijking.

Het enige verschil in de uitgangsgegevens ten opzichte van transportband 1 is de te dragen massa. In dit geval bedraagt de totale massa 120 kg, bestaande uit de eigen massa van de band (70 kg) en een materiaalbelasting van 50 kg.

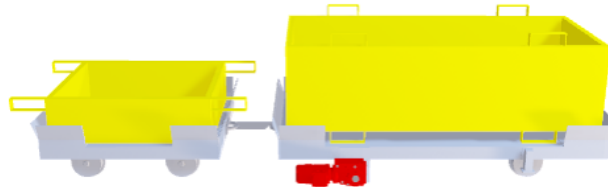
De resultaten van de tool bevestigen dat dezelfde motorreductor ook in deze situatie geschikt is, met een veilige marge qua belasting en nauwkeurige snelheidsregeling.

6.4 Schroottransportsysteem

Het schroottransportsysteem is zodanig ontworpen dat enkel de grote kar actief wordt aangedreven. Wanneer ook de kleine kar geleegd moet worden, moet deze mee naar de ingang van het atelier kunnen worden verplaatst.

Dit gebeurt via een eenvoudige aanhangbeugel, waarmee de kleine kar handmatig gekoppeld wordt aan de aangedreven kar. Dit betekent dat de aandrijving voldoende krachtig moet zijn om beide karren met hun bijkomende last te kunnen verplaatsen.

Figuur 6.11 toont het schroottransportsysteem, bestaande uit twee transportkarren en twee schrootbakken.



Figuur 6.11: Het schroottransportsysteem

Beide schroottransportkarren zijn identiek van opbouw, met uitzondering van de lengte van de tweede kar. Het frame is opgebouwd uit U-profielen, die in verstek gezaagd en vervolgens gelast worden tot een stevig kader.

Aan de onderzijde van het frame worden twee bodemplaten aangebracht, waarop de lagerhuizen worden gemonteerd. Bovenop het frame wordt een draagplaat gelast waarop de schrootbak geplaatst kan worden.

Daarnaast zijn er opstaande randen op de kar voorzien, die fungeren als inschuifranden om de schrootbak correct te centreren bij het plaatsen. Mocht de bak toch niet volledig in het midden worden geplaatst, dan zorgt de afschuining van de randen ervoor dat de bak automatisch in de juiste positie wordt geleid.

De tweede transportkar is qua constructie identiek aan de eerste, met als enige verschil de lengte van het frame. Ook in deze kar worden dezelfde lagersamenstellingen en assen toegepast, met uitzondering van de aangedreven as, die alleen aanwezig is in transportkar 1. De niet-aangedreven as van transportkar 1 is identiek aan beide assen van transportkar 2, aangezien deze kar volledig vrijlopend is.

Figuur 6.12 toont transportkar 1, waarin de opbouw en structuur van het systeem duidelijk zichtbaar worden.



Figuur 6.12: Opbouw van transportkar

6.4.1 Cruciale onderdelen

1. Lagerkeuze

Voor de ondersteuning van de assen van de schrootkarren is gekozen voor dubbelrijige tonlagers, meer bepaald het type 22211 EK. Deze lagers zijn uitermate geschikt voor toepassingen met zware belasting en schokbelasting. Dergelijke belastingen treden op bij het vertrekken en stoppen van de transportkar, het ophalen van de schrootbakken met een heftruck, of het abrupt inwerpen van schrootmateriaal. Deze situaties veroorzaken plotselinge krachten die via de assen op de lagers worden overgedragen.

De lagers worden gemonteerd in lagerhuizen SNL 511-609, die speciaal ontworpen zijn om onderhoud te vergemakkelijken. De lagers worden op de as bevestigd met behulp van een trekbus (H 311).

Voor afdichting wordt gebruikgemaakt van TXL 511 lip seals, die een interne gap-type afdichting hebben om het binnendringen van vuil of metaaldeeltjes te voorkomen.

Er worden twee lageringselementen per transportkar toegepast:

- Een vaste lageringseenheid
- Een losse lageringseenheid

Deze configuratie zorgt ervoor dat axiale uitzetting of speling als gevolg van temperatuurwisselingen of buiging van de as opgevangen kan worden. De losse lagering laat axiale beweging van de as toe, terwijl de vaste lagering de axiale positie bepaalt.

Het verschil tussen deze twee zit in de aanwezigheid van 2 borgringen (FRB 9.5/100), die enkel in de vaste lagering aanwezig is en de axiale verplaatsing verhindert. In dit ontwerp is ervoor gekozen om de vaste lagering aan de motorzijde te monteren. Beide lageringseenheden worden telkens aan dezelfde kant van de kar geplaatst voor een symmetrische en stabiele ondersteuning van de as.

Figuur 6.13 geeft nog eens de materiaallijst weer met de componenten die nodig zijn voor zowel de opbouw van de vaste als de losse lageringseenheid.



Figuur 6.13: Lagerkeuze voor transportkarren

2. Transportwielen

Ook de transportwielen vormen een cruciaal onderdeel binnen het ontwerp van het schroottransportsysteem. Er is bewust gekozen voor een spoorkranswiel, ook wel flenswiel genoemd. Deze wieltypes zorgen voor een betrouwbare geleiding op de rails en voorkomen ongewenst zijdelings verschuiven van de kar.

De wielen zijn gelagerd en vervaardigd uit hoogwaardig speciaalstaal, waardoor ze geschikt zijn voor zware industriële toepassingen. Elk wiel heeft een dynamische draagcapaciteit van 2.500 kg en een statische draagcapaciteit van maar liefst 6.250 kg, wat ruim voldoende is voor de belasting die in deze toepassing voorkomt.

De wielen worden aangekocht bij Blickle, een leverancier van industriële wielsystemen [69].

Figuur 6.14 geeft een overzicht van de technische specificaties van het gekozen wieltype.

Wielen:

- speciaal staal, gedraaid, hardheid 190–230 HB
- licht met olie ingestreken oppervlak
- loopvlakken naar as 3° oplopend
- zeer lage rolweerstand
- bijzonder hoog statisch en dynamisch draagvermogen

Verdere eigenschappen

- chemische bestendigheid tegen vele agressieve stoffen
- temperatuurbestendigheid:
 - kogellagerversie: -20 °C tot +120 °C
 - hittebestendige kogellager versie: -30 °C tot +300 °C, 50 % lager draagvermogen bij +300 °C
- de in de tabel aangegeven draagvermogens hebben betrekking op de onderstaande volgorde van de spoorkranswielen betreffende de railprofielen conform DIN 536 (kransrailnorm):
 - SPKVS 50K–SPKVS 200K: A45
 - SPKVS 250K: A55
 - SPKVS 300K–SPKVS 400K: A65
- elektrische geleidbaarheid (ohmse weerstand) $\leq 10^4 \Omega$



Figuur 6.14: Gekozen transportwielen [69]

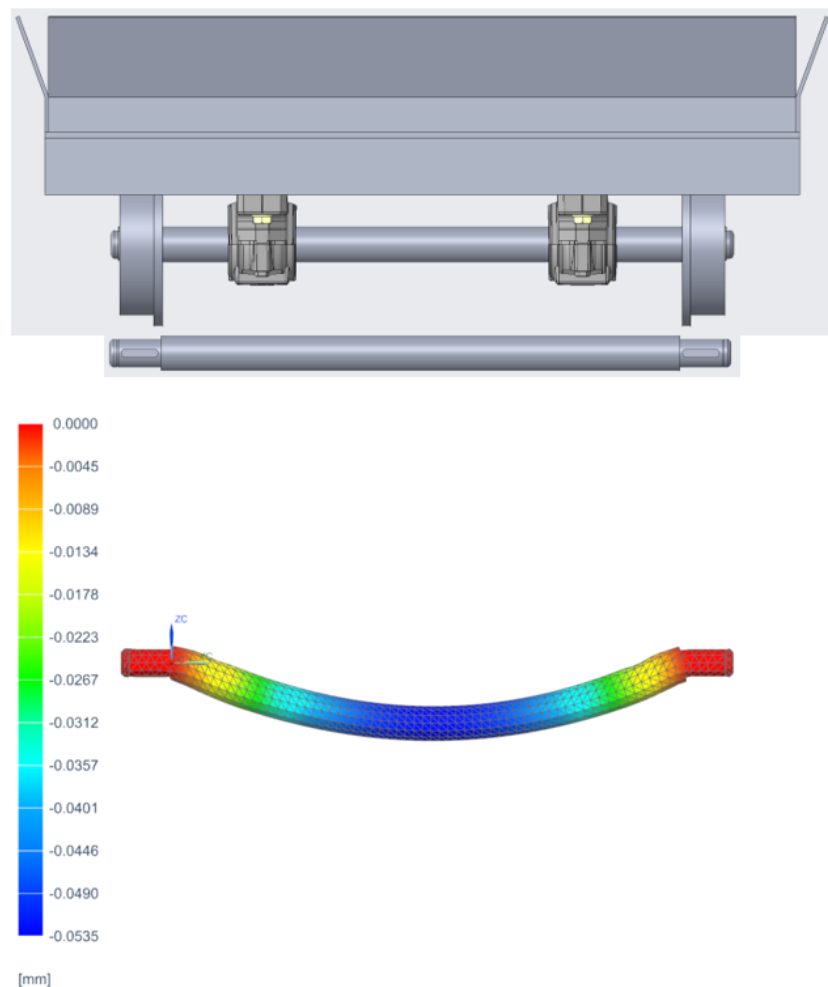
3. Dikte van assen

Een ander cruciaal onderdeel van beide transportkarren zijn de assen. De assen dragen namelijk het volledige gewicht, waarbij op de lagerpunten de kracht naar beneden wordt uitgeoefend. De wielen ondersteunen de assen daarbij verticaal.

Gezien het feit dat transportkar 1 de grootste draaglast heeft, is een analyse van de asdikte voor beide karren voldoende wanneer deze voldoet voor transportkar 1. Voor deze analyse is gebruikgemaakt van bekende gegevens, met een ruime veiligheidsmarge. De transportkar heeft een gewicht van ongeveer 400 kg, de schrootbak zelf weegt eveneens circa 400 kg, en de maximale inhoud van de schrootbak bedraagt volgens specificaties ongeveer 1000 kg. Dit leidt tot een totale massa van 1800 kg. Om een extra marge te waarborgen, wordt in de berekening uitgegaan van een totale massa van 2000 kg.

Hoewel het gewicht in werkelijkheid als een verdeelde belasting werkt, wordt het ter vereenvoudiging beschouwd als twee puntbelastingen telkens in het midden van de laging. Voor een totale massa van 2000 kg resulteert dit in een kracht van 19.620 N, wat neerkomt op een belasting van 9.810 N per puntlast.

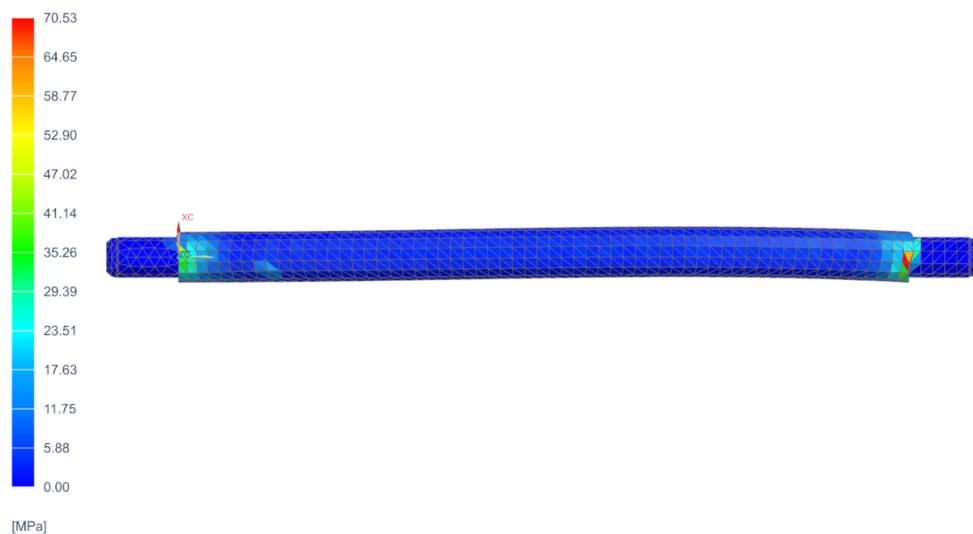
Deze analyse is uitgevoerd met behulp van het softwareprogramma Siemens NX. Figuur 6.15 toont de doorbuiging van de as in de weergegeven richting.



Figuur 6.15: Doorbuiging as transportkar

Uit de figuur blijkt dat de as met een grootste diameter van 50 mm en een kleinste diameter van 40 mm ruim voldoende sterk is. De as, vervaardigd uit 42CrMo4, vertoont in het midden de grootste doorbuiging van slechts 0,0535 mm. Deze doorbuiging is dus vrijwel niet waarneembaar. Daarnaast zijn ook de maximale spanningen geanalyseerd, welke ruim onder de maximaal toelaatbare spanningen liggen.

Wat wel opvalt, is dat de hoogste spanning gelokaliseerd is aan de rand van de overgangsradius, dit is het punt aan de onderkant van de as waar de diameter overgaat van 50 mm naar 40 mm. Figuur 6.16 toont dit duidelijk. Let op: de figuur is zo opgesteld dat de as op dat moment is doorgebogen in de richting uit het vlak van het blad, wat betekent dat de doorbuiging verloopt van in het blad naar uit het blad. De grootste spanningen bevinden zich dus aan de onderkant van de as.



Figuur 6.16: Maximale spanningen in de as

Figuur 6.16 toont de spanningsverdeling in de as. De hoogste spanningen treden op aan de onderzijde van de overgangsradius, waar de diameter van 50 mm overgaat naar 40 mm. Op dit punt bereikt de maximale spanning een waarde van 70,53 MPa.

Op de rest van de as worden spanningswaarden van nul weergegeven omdat deze figuur de spanningen in een specifieke richting weergeeft. In andere richtingen zijn er wel spanningen aanwezig, maar deze worden hier niet getoond.

Hoewel er zich ook een buigspanning in het midden van de as voordoet, is deze van een aanzienlijk kleinere orde dan de spanningen aan de overgang.

De spanning van 70,53 MPa aan het uiteinde is op zich niet alarmerend, maar vormt wel een kritisch punt dat onderhevig is aan knik en mogelijk scheurvorming op langere termijn. Het is dan ook aan te raden om dit punt regelmatig te inspecteren in de praktijktoepassing.

4. Aandrijving

Tot slot moeten de transportkarren nog aangedreven worden. Hiervoor was het noodzakelijk om eerst te berekenen welke output snelheid de aandrijving nodig heeft en welke statische en maximale vermogens de motorreductor moet leveren om de transportkarren mét last aan te drijven.

Voor deze berekeningen is gebruikgemaakt van de SEW Drive Selection Tool [68]. Deze software voert op basis van ingevoerde gegevens automatisch de nodige berekeningen uit, waarna er een selectie van geschikte motorreductoren wordt voorgesteld.

Voor het transpotsysteem is gerekend met een totale belasting van 3500 kg, dit is het totaal geschat gewicht van de 2 transportkarren met hun last. De aandrijving vindt plaats via mains operation, wat betekent dat de motorreductor rechtstreeks op het elektriciteitsnet (netspanning) wordt aangesloten, zonder tussenkomst van een inverter of andere regeling. Voor de selectie van de motor wordt gebruikgemaakt van de configurator van SEW Eurodrive. Deze tool vraagt toepassingsgegevens op en stelt op basis daarvan een geschikte motor voor.

De specificaties voor de berekening zijn als volgt:

- Gewenste transportsnelheid: 0,25 m/s
- Overbrenging: Directe koppeling van motor op de aandrijfrol
- Diameter transportwiel: 200 mm
- Wrijvingscoëfficiënt: 0,5 (stalen transportwielen op stalen sporen)

Met deze gegevens berekent de SEW-tool automatisch de benodigde uitvoersnelheid van de motorreductor, alsook de benodigde aandrijfkrachten en het bijbehorende vermogensverbruik onder statische en dynamische omstandigheden.

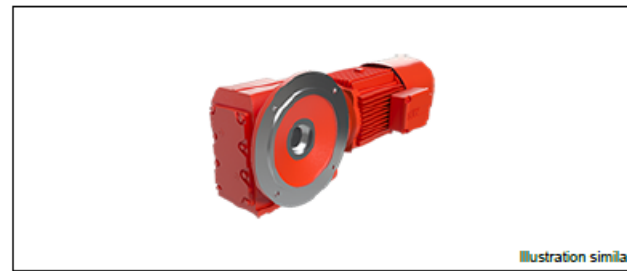
Figuur 6.17 geeft de berekeningen weer die uitgevoerd zijn voor de toepassing met schroot.

Your application data	
Application	Trolley
Operating Mode	Mains operation
Country/area of use	Europe (CE 50 Hz)
Mass	3500 kg
Carrying wheel diameter	200 mm
Velocity	0.25 m/s
Rolling friction	0.5 mm
Additional gear ratio	1
System efficiency	90 %
Calculated load data	
Static power	0.0858 kW
Static application torque	34.3 Nm
External inertia	35 kgm ²
Output speed	23.9 1/min

Figuur 6.17: Berekeningen van motorreductor voor schroottransport

Na het uitvoeren van de berekeningen stelt de SEW Drive Selection Tool automatisch een selectie voor van geschikte motorreductoren voor deze toepassing. De tool geeft daarbij steeds een aanbevolen optie, gebaseerd op een optimale balans tussen benutting van de tandwielkast, motorbenutting en snelheidsafwijking.

Op basis van deze criteria is gekozen voor de helical-bevel gearmotor type *KAF37DRN63MS4/BE03*. Deze motorreductor biedt een efficiënte en betrouwbare aandrijving binnen de gestelde eisen. De technische specificaties van deze motorreductor zijn weergegeven in figuur 6.18



Helical-bevel gearmotor KAF37DRN63MS4/BE03

Catalog designation	KAF37DRN63MS4/BE03
Rated motor speed	1380 1/min
Output speed	24 1/min
Overall gear ratio	58.6
Output torque	49 Nm
Maximum permitted output torque	230 Nm
Service factor SEW	4.7
Permitted output overhung load with n=1400	7000 N
Motor power	0.12 kW
Braking torque	1.7 Nm

Figuur 6.18: Geselecteerde motor voor transportkar 1

6.5 labelingssysteem

Voor het labelingssysteem wordt gebruikgemaakt van een labelmodule die automatisch een sticker genereert met drie afzonderlijke barcodes. Deze barcodes zijn bedoeld voor het identificeren van twee teststrookjes en één kastplaatje per plaat. De sticker wordt aangebracht in de rechterbovenhoek van de plaat, zodat alle barcodes goed zichtbaar en eenvoudig scanbaar zijn tijdens de verdere verwerking.

De drie barcodes staan op één sticker, maar zijn zodanig gepositioneerd dat ze overeenkomen met de afmetingen van de onderdelen waarop ze worden aangebracht.

- De eerste barcode is gepositioneerd over een breedte van 20 mm, wat overeenkomt met de breedte van het eerste teststrookje.
- De tweede barcode is eveneens over een breedte van 20 mm geplaatst, bedoeld voor het tweede teststrookje.
- De derde barcode is breder gepositioneerd, namelijk over 40 mm, en is bestemd voor het kastplaatje.

Deze opstelling maakt het mogelijk om met één enkele sticker drie onderdelen nauwkeurig en efficiënt te labelen, met een exacte positionering die aansluit bij de fysieke afmetingen van de teststrookjes en het kastplaatje. Hierdoor wordt een consistente en foutloze identificatie binnen het productieproces gegarandeerd.

Figuur 6.19 toont het volledige labelingssysteem inclusief de werktafel.

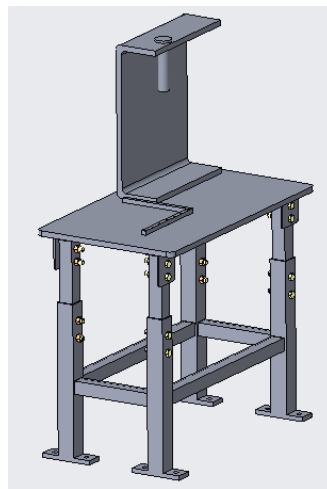


Figuur 6.19: Het volledige labelingssysteem

De opbouw van het labelingssysteem bestaat uit een werktafel waarop zowel de labelmodule als de stempelmodule zijn gemonteerd. Deze werktafel vervult twee belangrijke functies binnen het systeem.

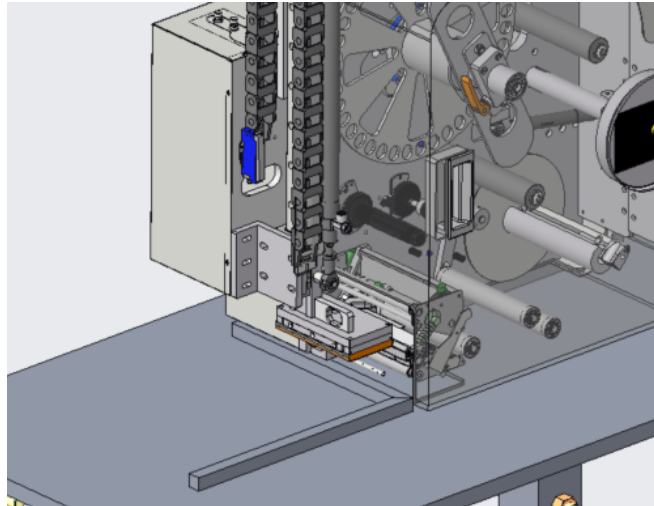
Ten eerste dient de tafel als dragende structuur voor de ophanging van de labelmodule. Deze module is stevig bevestigd aan de tafel om een nauwkeurige en stabiele labeling te garanderen. Ten tweede is op het tafelloppervlak een aanslaghoek geïntegreerd. Deze aanslaghoek is strategisch gepositioneerd net onder de stempelmodule. Hierdoor kan een testplaat eenvoudig en nauwkeurig gepositioneerd worden door deze tegen de twee aanslagen te duwen. Wanneer de plaat op deze manier wordt uitgelijnd, komt de rechterbovenhoek van de testplaat exact onder de stempel te liggen. Dit maakt het mogelijk om de sticker correct en herhaalbaar in de rechterbovenhoek van de testplaat aan te brengen.

Figuur 6.20 toont een overzicht van de werktafel van het labelingssysteem, inclusief de bevestiging van de labelmodule en de aanslagen die zorgen voor een precieze positionering van de testplaten.



Figuur 6.20: De werktafel van het labelingssysteem

Om een beter beeld te krijgen van de positionering van de aanslaghoek ten opzichte van de stempel, is figuur 6.21 bijgevoegd. In deze figuur is duidelijk te zien dat de aanslagen zodanig zijn gepositioneerd dat zij zich precies onder de stempel bevinden. Door deze nauwkeurige plaatsing kan de testplaat exact in de juiste positie worden gebracht door deze tegen de aanslagen aan te duwen. Hierdoor valt de rechterbovenhoek van de plaat recht onder de stempel, waardoor de sticker met hoge precisie in de aanslaghoek kan worden aangebracht.



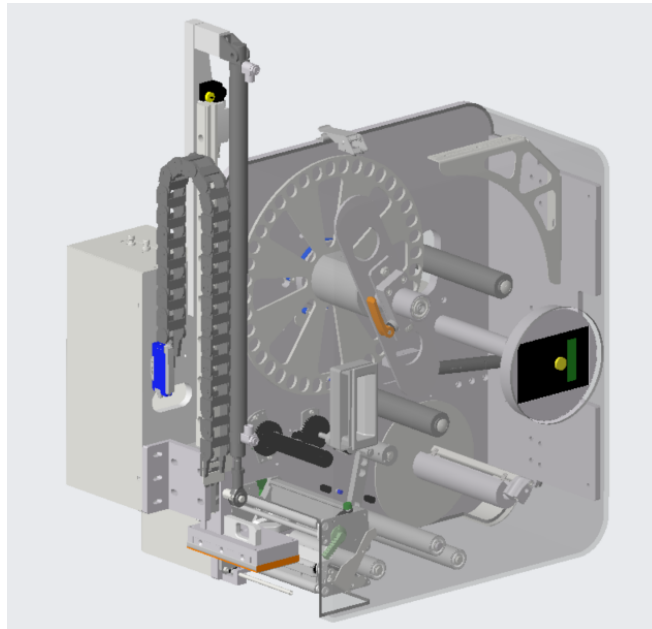
Figuur 6.21: Aanslaghoek met stempel

6.5.1 Cruciale onderdelen

1. Labelingmodule

Het centrale onderdeel van het labelingssysteem is de Pick-and-Apply (P&A) module, die instaat voor het automatisch aanbrengen van labels op testplaten. Deze module bestaat uit verschillende functionele componenten die samen zorgen voor een nauwkeurige en efficiënte werking. Een belangrijk onderdeel binnen deze module is de tractie-unit, die het labelmateriaal gecontroleerd aanvoert en op spanning houdt. Hierdoor worden de labels steeds correct gepositioneerd voor applicatie, wat essentieel is om afwijkingen tijdens het labelproces te voorkomen. Daarnaast bevat de module een EventManager met een 7-inch kleurendisplay, die fungeert als het besturingssysteem van de installatie. Via deze gebruiksvriendelijke interface kunnen operators de werking van het systeem opvolgen, instellingen aanpassen en foutmeldingen raadplegen. Dankzij deze centrale bediening is het mogelijk om snel en doeltreffend in te grijpen bij eventuele afwijkingen. Andere essentiële componenten van het labelingssysteem, zoals de printer en de stempelmodule, worden apart besproken.

Figuur 6.22 stelt de labingmodule in zijn geheel voor.



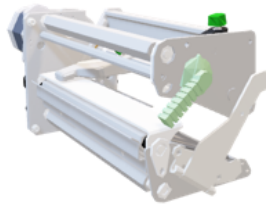
Figuur 6.22: Totaal Labelingmodule

2. Printmodule

Voor de printmodule wordt gebruikgemaakt van de Zebra TT printer ZE511.

De Zebra ZE511 is een industriële thermische transfer labelprinter die wordt ingezet in automatische labelapplicaties. Deze printer ondersteunt een maximale labelbreedte van 4 inch en print met een hoge resolutie van 300 dpi, wat hem geschikt maakt voor het afdrukken van gedetailleerde barcodes en tekst. De ZE511 beschikt over diverse aansluitmogelijkheden zoals USB, seriële poort, Ethernet en Bluetooth 4.1, en bevat bovendien een kleurentouchscreen voor eenvoudige bediening. Dankzij de Zebra Programming Language (ZPL) kan de printer eenvoudig worden geïntegreerd in bestaande automatiseringssystemen. Dit maakt de ZE511 uitermate geschikt voor gebruik in veeleisende productieomgevingen.

Figuur 6.23 stelt de printmodule simplistisch voor zonder de kleurentouchscreen.



Figuur 6.23: Simplistische voorstelling printmodule

3. Stempelmodule

Tot slot is er de stempelmodule, die een cruciale rol speelt in het aanbrengen van het label op de testplaat. Deze module is uitgerust met een lineaire aandruk- en blaasapplicator, waarmee het label nauwkeurig op het oppervlak van het teststuk wordt aangebracht. De aandrijving gebeurt via een pneumatische cilinder met externe geleiding, wat zorgt voor een stabiele en gecontroleerde lineaire beweging. De cilinder beschikt over een slag van 155 mm buiten de machine, waardoor voldoende bewegingsruimte wordt voorzien om het labelproces ook bij variaties in plaatpositie correct uit te voeren.

Verder is de stempel voorzien van een vacuümplaat op veren, die het label tijdens het transport vasthoudt via vacuümkracht. Dankzij de aanraakdetectie op deze vacuümplaat kan het systeem automatisch herkennen wanneer het oppervlak van de testplaat is bereikt, wat bijdraagt aan een precieze en veilige plaatsing van het label.

Figuur 6.24 stelt de stempelmodule van het labelingssysteem voor.



Figuur 6.24: De stempelmodule

6.6 Het totale optimalisatiesysteem

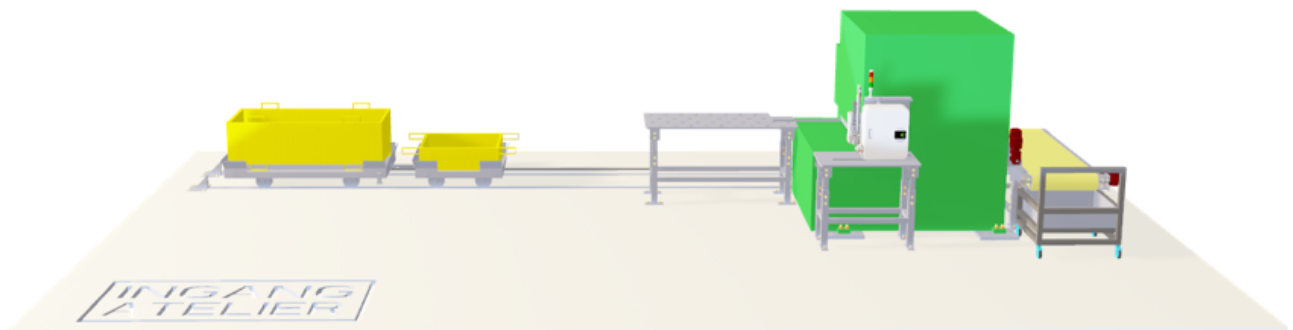
Uiteindelijk zijn alle deelsystemen samengebracht tot één volledig geïntegreerd optimalisatiesysteem. In dit totaalbeeld werd ook de schaar opgenomen, evenals de vloerstructuur, onder andere om de ingegoten rails van het schroottransport realistisch te kunnen voorstellen.

De implementatie van de schaar was essentieel om een correct en compleet overzicht te verkrijgen van het gehele optimalisatiesysteem.

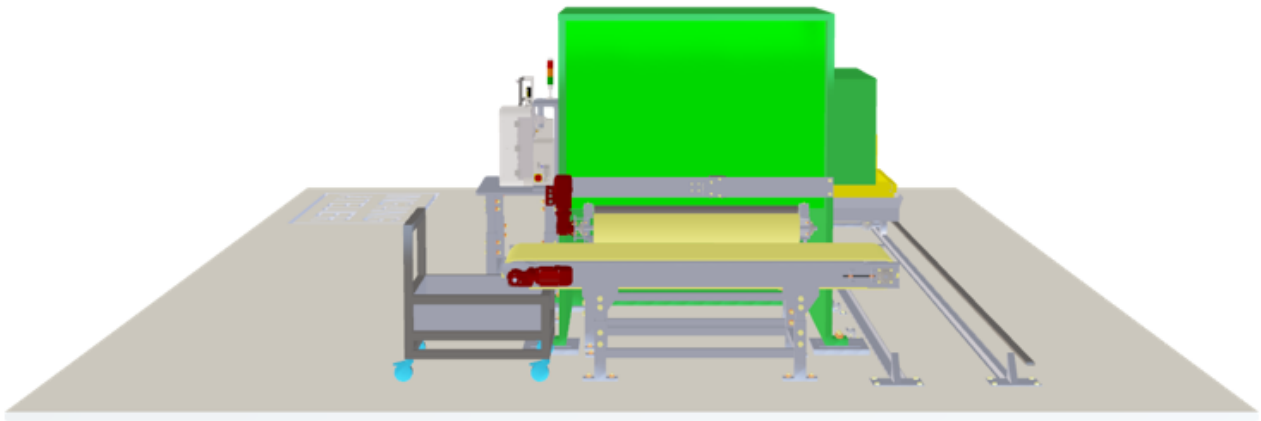
Figuren 6.25, 6.26, 6.27 en 6.28 tonen respectievelijk het volledige optimalisatiesysteem in voor-aanzicht, rechterzijaanzicht, achteraan- en linkerzijaanzicht.



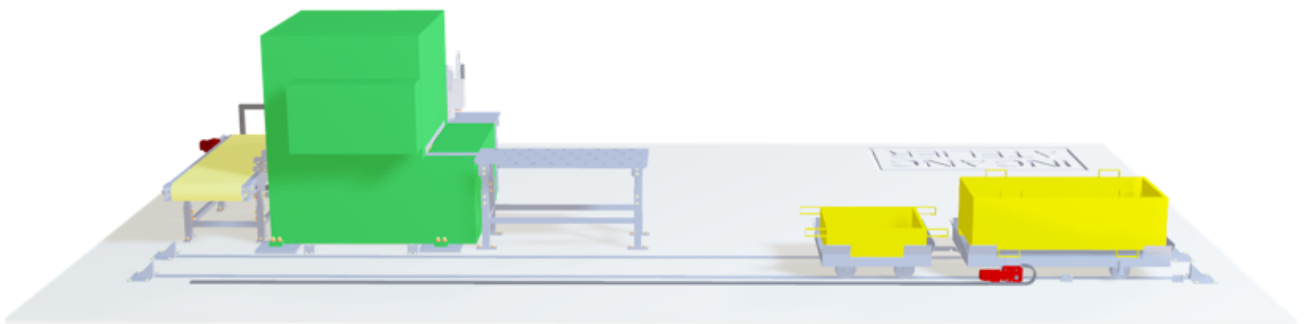
Figuur 6.25: Optimalisatiesysteem in een 3D (Vooraanzicht)



Figuur 6.26: Optimalisatiesysteem in een 3D (Rechterzijaanzicht)



Figuur 6.27: Optimalisatiesysteem in een 3D (Achteraanzicht)



Figuur 6.28: Optimalisatiesysteem in een 3D (Linkerzij aanzicht)

6.6.1 Augmented Reality

Het volledige optimalisatiesysteem is tevens beschikbaar in de vorm van een Augmented Reality-model. Door het scannen van de QR-code (Fig. 6.29) kan het volledige systeem in 3D worden weergegeven op een smartphone. Deze toepassing maakt het mogelijk om de volledige installatie virtueel te visualiseren en te verkennen, inclusief alle belangrijke componenten en hun onderlinge samenhang.



Figuur 6.29: QR-code voor weergave van het volledige optimalisatiesysteem in Augmented Reality

Hoofdstuk 7

Aansturing van de installatie

7.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een uitgebreide beschrijving van de werking en aansturing van alle betrokken systemen binnen het proces. De volledige werking van elk onderdeel is stapsgewijs uitgeschreven, met duidelijke toelichting over de onderlinge samenwerking en de gebruikte besturingscomponenten. Elk proces is beschreven in functie van de logica, veiligheid en betrouwbaarheid van het systeem.

Aangezien er bij de opmaak van dit hoofdstuk geen diepgaande kennis aanwezig was om elektrische schema's uit te tekenen, zijn deze nog niet bijgevoegd. Het is dan ook expliciet de bedoeling dat dit hoofdstuk bij de implementatie wordt overgedragen aan een elektrisch ingenieur. Die kan, op basis van de gedetailleerde beschrijving van de werking en de vermelde componenten, zonder problemen de bijbehorende elektrische schema's uitwerken.

Ter ondersteuning is in Bijlage G een volledig overzicht opgenomen van alle relevante besturingscomponenten die in het systeem gebruikt worden. Dit overzicht bevat alle componenten, zoals kabels, bedieningskasten, drives, hoofdbeveiligingselementen, motorbeveiligingen, veiligheidscomponenten en alle andere elektrische onderdelen die een rol spelen in de correcte en veilige werking van het geheel.

7.2 Schrootscheidingssysteem

Het schrootscheidingssysteem is opgebouwd uit twee transportbanden die instaan voor het scheiden en afvoeren van goed- en schrootmateriaal. Beide transportbanden functioneren onafhankelijk van elkaar en kunnen afzonderlijk worden aangestuurd. Deze opbouw zorgt voor een flexibele en nauwkeurige verwerking van de materiaalstromen, wat bijdraagt aan een efficiënte en veilige werking van het systeem.

7.2.1 Transportband 1

Transportband 1 heeft als specifieke functie het materiaal dat onder het mes vandaan komt, te transporteren naar het einde van de schaar, waar de scheiding plaatsvindt. De bediening van transportband 1 is eenvoudig gehouden, met een duidelijke focus op veiligheid en betrouwbaarheid. De band is in normale werking ontworpen om uitsluitend vooruit te draaien en blijft dit doen zolang transportband 2 actief is. Dit voorkomt ongecoördineerde bewegingen en waarborgt een correcte werking binnen het schroottransportsysteem. Daarnaast is transportband 1 voorzien van een jog-schakelaar waarmee de band handmatig kortstondig in achterwaartse richting kan bewegen. Deze functie is uitsluitend bedoeld voor uitzonderlijke situaties, zoals het losmaken van vastzittende platen of verstoppingen. De jogger kan pas bediend worden als de sleutelschakelaar actief is, op deze manier voorkomt het dat voorbijgangers de installaties kunnen bedienen zonder sleutel. Uiteraard is er een stopknop aanwezig waarmee de transportband op elk moment veilig kan worden stilgezet. Tot slot is het belangrijk dat transportband 1 pas kan draaien wanneer transportband 2 draait, dit is een essentiële beveiliging die voorkomt dat de band onbedoeld in werking treedt. Deze opstelling biedt een veilige, gecontroleerde en doelgerichte werking van transportband 1 binnen het totale schroottransportsysteem.

7.2.2 Transportband 2

Transportband 2 werkt volgens een ander principe dan transportband 1 en vereist een meer geavanceerde aansturing. Deze band moet bidirectioneel functioneren, aangezien het materiaal in twee richtingen moet worden afgevoerd: de ene richting voor goed materiaal, de andere voor schrootmateriaal. Omdat het schrootmateriaal geen grote massa heeft, volstaat het om de transportband met één motor aan te drijven. In dit systeem wordt de band getrokken voor het goed materiaal en geduwd voor het schrootmateriaal. Er zijn twee bedieningsmogelijkheden voorzien voor transportband 2.

De eerste optie is de handmatige bediening die ingesteld kan worden met behulp van een sleutelschakelaar. Deze is bedoeld om de transportband rechtstreeks te kunnen bedienen bij eventuele problemen of afwijkingen in het proces. Via het bedieningspaneel kan de operator de transportband zowel vooruit als achteruit aansturen door middel van een jog-schakelaar. Daarnaast is het paneel uitgerust met een stopknop en een noodstop. Aangezien beide transportbanden gebruik maken van één gedeeld bedieningspaneel, is de noodstop gemeenschappelijk. Dit betekent dat bij het activeren van de noodstop zowel transportband 1 als transportband 2 onmiddellijk worden uitgeschakeld, wat bijdraagt aan de veiligheid van de installatie.

De tweede optie is de volautomatische sturing van transportband 2. In deze configuratie wordt de draairichting van de band automatisch bepaald door een vision-systeem, bestaande uit een line scan camera en een vision controller van Keyence. Dit systeem herkent stickers op het materiaal en stuurt op basis daarvan de juiste richting aan via een frequentieregelaar (drive). Binnen het optimalisatieproces geldt de regel: goed materiaal is altijd voorzien van een sticker, terwijl schrootmateriaal geen sticker bevat. De camera wordt geprogrammeerd om verschillende stickerformaten te herkennen, zoals die op aanvoerplaten, teststrookjes en kastplaatjes.

Daarnaast is transportband 2 uitgerust met twee veiligheidssensoren aan het uiteinde van de band: één aan de schrootzijde en één aan de zijde van het goede materiaal. Deze sensoren detecteren de aanwezigheid van respectievelijk de schrootbak en het mobiele karretje voor goed materiaal. Transportband 2 en dus ook transportband 1 mogen pas in werking treden wanneer beide sensoren bekrachtigd zijn. Dit betekent dat zowel de bak voor schroot als het karretje voor goed materiaal correct gepositioneerd moeten zijn.

Deze beveiliging voorkomt dat materiaal op de grond terechtkomt in het geval dat er geen opvangvoorziening aanwezig is. Alleen wanneer beide opvangsystemen aanwezig én correct geplaatst zijn, wordt de aandrijving van transportband 2 en 1 vrijgegeven en kan het automatisch sorteerproces plaatsvinden.

De line scan camera is boven transportband 1 gemonteerd en scant het materiaal over de volledige breedte voordat het op transportband 2 terechtkomt. Op basis van de cameradetectie stuurt de vision controller transportband 2 aan: wanneer een sticker wordt gedetecteerd, draait de band in de richting van het goed materiaal; wordt er geen sticker herkend, dan draait de band naar de schrootzijde. Ook in automatische modus blijft de noodstopfunctie actief zodat de transportband op elk moment veilig kan worden stilgelegd, zowel in handmatige als in volautomatische werking.

7.2.3 Stickerdetectie voor aansturing van Transportband 2 [70]

Voor het betrouwbaar scheiden van goed materiaal en schroot op basis van stickerherkenning is gekozen voor een geavanceerde vision-oplossing. Dit systeem bestaat uit een Keyence CA-HL02MX line scan camera in combinatie met een Keyence XG-8700 vision controller. Deze keuze werd gemaakt op basis van de vereiste nauwkeurigheid, de eenvoudige integratie en de mogelijkheid om in real-time te scannen over de volledige breedte (1,5 meter) van het einde van transportband 1, waar het materiaal richting transportband 2 wordt afgevoerd.

Line Scan Camera: Keyence CA-HL02MX

De Keyence CA-HL02MX is een line scan camera die lijn per lijn beelden opneemt. In tegenstelling tot traditionele matrixcamera's, wordt hier het volledige beeld opgebouwd terwijl het object zich voortbeweegt over de transportband. Dit maakt de technologie uiterst geschikt voor continue inspectie van brede oppervlakken.

Met een resolutie van 2000 pixels per lijn en een lens die een beeldbreedte van 1,5 meter bestrijkt, is het mogelijk om stickers op een bepaalde snelheid betrouwbaar te detecteren. De camera maakt gebruik van een monochrome CCD-sensor, wat zorgt voor een hoog contrast tussen sticker en achtergrond. Hierdoor kan met grote zekerheid worden vastgesteld of een object als goed of schroot moet worden geklasseerd.

Vision Controller: Keyence XG-8700

De beelden van de camera worden in real-time doorgestuurd naar de Keyence XG-8700 vision controller. Deze controller verwerkt de lijnbeelden, voert analyses uit en genereert uitvoersignalen naar het besturingssysteem. Dankzij encoder-gestuurde triggering wordt elk beeldsegment exact gesynchroniseerd met de beweging van de transportband, wat essentieel is om vervormingen of dubbele detecties te vermijden.

De XG-8700 levert betrouwbare prestaties en is uitgerust met een intuïtieve, visueel gebaseerde programmeeromgeving, wat toelaat om inspectieparameters eenvoudig aan te passen zonder enige programmeerkennis.

Programmatie & Stickerherkenning

Voor de detectie van stickers wordt de controller geprogrammeerd om te zoeken naar specifieke vormen, afmetingen en contrastverschillen. Stickers die aanwezig zijn op goed materiaal (zoals teststrookjes, kastplaatjes of aanvoerplaten) worden op basis van ingestelde parameters herkend. De camera kan hierbij o.a. de afmetingen van de sticker controleren, evenals de plaatsing op het oppervlak.

Wanneer een sticker wordt herkend, zal de visioncontroller een digitaal signaal uitzenden waarbij output 1 wordt geactiveerd. Dit signaal wordt doorgestuurd naar de drive die verbonden is met de motor van de tweede transportband. De motor draait vervolgens in de richting van het goede materiaal. Wordt er daarentegen geen sticker gedetecteerd op plaatmateriaal, dan geeft de controller output 0, wat de drive aanstuurt om de motor in de tegenovergestelde richting te laten draaien (richting schrootafvoer). Dankzij deze eenvoudige maar doeltreffende aansturing ontstaat een volledig geautomatiseerde sortering, nog voor het materiaal effectief op de tweede transportband terechtkomt.

7.3 Schroottransportsysteem

Het schroottransportsysteem is uitgerust met twee transportkarren die worden aangedreven door één gemeenschappelijke, bidirectionele elektromotor. Deze motor kan in beide richtingen draaien, waarbij de draairichting bepaalt of de karren invaren (naar de schaar) of uitvaren (naar de ingang van het atelier).

De bediening van het systeem verloopt via een bedieningskast die zich bevindt aan het einde van het spoor, ter hoogte van de ingang van het atelier. Dankzij deze strategische locatie heeft de operator volledig zicht op het gehele spoortraject, wat de veiligheid en controle tijdens de bediening aanzienlijk verhoogt. De bedieningskast is uitgerust met vijf hoofdknoppen: een dodemansknop (veiligheidsknop), een invaar-knop, een uitvaar-knop, een stopknop en een noodstop. Voor een veilige werking moeten de operatoren altijd de dodemansknop gelijktijdig met de gewenste bewegingsknop (invaar of uitvaar) ingedrukt houden. Dit voorkomt ongewenste of onbedoelde bewegingen van de transportkarren. Verder is er ook een sleutelschakelaar voorzien zodat voorbijgangers niet zomaar het systeem kunnen bedienen.

Bij een invaarbeweging, in de richting van de schaar, zorgt het gelijktijdig indrukken van de invaar-knop en de dodemansknop ervoor dat de motor in de juiste richting begint te draaien. Terwijl de kar beweegt, detecteert de eerste inductieve sensor de naderende kar, waarna automatisch de snelheid wordt verlaagd. Zodra de tweede sensor wordt geactiveerd, stopt de motor volledig, nog voordat de kar de eindbuffer bereikt. Dit voorkomt doorschieten en zorgt ervoor dat de kar veilig en nauwkeurig tot stilstand komt.

De uitvaarbeweging, waarbij de transportkarren naar de ingang van het atelier worden getransporteerd, verloopt op gelijkaardige wijze. De operator moet zowel de uitvaar-knop als de dodemansknop gelijktijdig ingedrukt houden. De motor draait dan in de juiste richting om de karren uit het schaargebied weg te sturen. Net als bij de invaarbeweging zorgen twee inductieve sensoren ervoor dat de snelheid eerst wordt verlaagd en dat de karren uiteindelijk veilig en nauwkeurig tot stilstand komen op de correcte positie.

De vier inductieve sensoren zijn verdeeld over beide uiteinden van het spoor. De twee sensoren die verantwoordelijk zijn voor het invaarproces bevinden zich aan de zijde van de schaar, terwijl de twee sensoren die instaan voor het uitvaarproces aan de kant van het atelier zijn geplaatst. Deze positionering zorgt ervoor dat elke set sensoren enkel functioneert binnen de context van de bijbehorende rijrichting. De aansturing van het systeem is dan ook zo opgebouwd dat enkel de twee relevante inductieve sensoren actief (bekrachtigd) kunnen worden tijdens de overeenkomstige beweging: de sensoren voor het uitvaren worden enkel geactiveerd wanneer de karren daadwerkelijk aan het uitvaren zijn, en omgekeerd geldt hetzelfde voor de invaarsensoren. Dit voorkomt foutieve detecties en garandeert een betrouwbare en veilige werking van het systeem.

De operator kan de beweging op elk moment onderbreken door de stopknop in te drukken. In geval van noodsituaties biedt de noodstop een directe onderbreking van de volledige voeding van het systeem, waardoor alle bewegingen onmiddellijk stilvallen.

Dankzij deze combinatie van mechanische beveiliging en sensorsturing wordt het risico op ontsporing of botsingen met de buffers aanzienlijk verminderd. De transportkarren stoppen steeds tijdig en gecontroleerd, wat niet alleen bijdraagt aan de veiligheid van de operator, maar ook de

levensduur van de installatie ten goede komt.

7.4 Labelingssysteem

De labelingsmodule is een zelfstandig functionerende eenheid die instaat voor de detectie van het coilnummer op de testplaat en het aanbrengen van een sticker met drie barcodes op specifieke, vooraf bepaalde posities op de testplaat. De module werkt op een voedingsspanning van 240 VAC, 50 Hz, wat voldoende is voor de volledige werking van het systeem, inclusief scanner, printer en besturing.

7.4.1 Procesverloop

Zodra een testplaat gecentreerd wordt op de labelingstafel met behulp van mechanische aanslagen, activeert een scanner automatisch het scanproces. Deze scanner leest het coilnummer af van de testplaat. Op basis van dit coilnummer raadpleegt het systeem een intern programma, genaamd "Receptie Teststukken", waarin de testinstructies en configuraties voor elk coilnummer gedefinieerd zijn.

Dit programma is geschreven binnen de .NET Framework 2.0-omgeving en draagt de naam `Stainless.TestPieces.Ui`. Het opstartformulier is `frmMain`, en het programma is ontworpen als een single-instance Windows applicatie met XP-visual styles en bewaarfunctie voor instellingen bij afsluiten. De toepassing maakt gebruik van Windows-authenticatie en sluit af zodra het hoofdformulier wordt gesloten.

7.4.2 Receptieprogramma: verwerking en interactie

Binnen het receptieprogramma wordt nagegaan welke testen aan de desbetreffende coil gekoppeld zijn. Indien er meerdere deelnummers beschikbaar zijn (bijvoorbeeld wanneer een klant wenst dat er aan het begin en het einde van de coil getest wordt), verschijnt er een melding op het bedienings-scherm. De operator dient dan handmatig via het touchscreen aan te geven op welk deelnummer de labeling betrekking heeft. Indien er slechts één deelnummer is, gaat het proces automatisch verder.

Vervolgens haalt het systeem de bijhorende labeltemplate op voor dat specifieke deelnummer en coilnummer. Deze template bevat informatie die ook later door de robot in het mechanisch labo gebruikt wordt bij de uitvoering van de testen.

7.4.3 Printen en aanbrengen van het label

De module drukt het gegenereerde label af en bevestigt dit automatisch op een vacüümstempel, klaar voor bevestiging op de testplaat. Zodra deze handeling afgerond is, geeft de module via het systeem een melding dat ze klaar is voor het aanbrengen van het label.

Het effectief aanbrengen van de sticker op de plaat gebeurt enkel op instructie van de operator. Deze moet via een knop op de bedieningskast aangeven dat het juiste moment is aangebroken om het label te bevestigen op de testplaat. Dit laat de operator toe de timing van het labelen af te stemmen op het volledige testproces.

Uiteraard bevat de bedieningskast ook een noodstop, zodat in geval van fout of gevaar de volledige werking van de module onmiddellijk onderbroken kan worden. Deze voorziening draagt bij aan de algemene veiligheid van de operator en het testmateriaal.

Hoofdstuk 8

Risico-analyse

8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een uitgebreide risicoanalyse uitgevoerd voor de volledige installatie. Het doel van deze analyse is om potentiële risico's te identificeren die de veiligheid in gevaar kunnen brengen, met bijzondere aandacht voor de veiligheid van personen die met de installatie werken of zich in de omgeving ervan bevinden. Door deze risico's systematisch in kaart te brengen, kunnen gerichte maatregelen worden genomen om onveilige situaties te voorkomen en een veilige werkomgeving te waarborgen. De risicoanalyse wordt uitgevoerd volgens de geldende richtlijnen en het voorgeschreven template van Aperam Genk (zie bijlage B). Deze gestructureerde aanpak maakt het mogelijk om zowel technische als menselijke risico's nauwkeurig te beoordelen en aan te pakken. Tabel 8.1 stelt de template omtrent risico-analyse van Aperam Genk voor.

Tabel 8.1: Template risico-analyse Aperam Genk

RISICOANALYSE Aperam Genk	Bereik	Afdeling	Machine	Deelnemers aan opstellen TRA				
	SITE	Atelier (Mechanisch Labo)	Optimalisatie Systeem Atelier (Mechanisch Labo)	Beulen Mattice				
Betreft: Taakrisicoanalyse (TRA) Werkpostanalyse (WPA)	Taakrisicoanalyse (TRA)	Omschrijving Taak / Werkpost	Optimalisatie van het voorbereidingsproces van RVS teststukken voor het mechanisch labo.					
Activiteit	Vastgesteld risico		Risico-inschatting en evaluatie		Maatregelen en inschatting restrisico			
	Aard risico (selectie uit drop down list)	Omschrijving	Startrisico		Te nemen maatregelen		Risico-inschatting en evaluatie	
							Restrisico	
			E	B	W	R	E	B

8.2 Methodologie van de risico-analyse

De risico-analyse wordt opgesteld in de vorm van een takenrisico-analyse. Dit betekent dat alle uit te voeren taken worden opgelijst en onderverdeeld in afzonderlijke stappen. Voor elke stap wordt vervolgens onderzocht welke mogelijke gevaren zich kunnen voordoen. Deze fase vormt de inventarisatie van de potentiële gevaren, waarbij de aard van elk risico grondig wordt omschreven.

Na deze inventarisatie wordt een risico-inschatting gemaakt. Hierbij worden drie factoren beoordeeld: de ernst van het risico, de frequentie van blootstelling en de waarschijnlijkheid dat het risico zich voordoet. Deze inschatting gebeurt volgens de normen van Aperam, zoals toegelicht in de sectie "Inschatting van de grootte van het risico."

Op basis van deze inschatting wordt een lijst opgesteld van de risicoreductiemaatregelen. Dit zijn de maatregelen die nodig zijn om het risico te verkleinen. Daarna volgt een evaluatie van deze maatregelen, waarbij opnieuw de grootte van het risico wordt beoordeeld. Het risico dat overblijft na het treffen van de risicoreductiemaatregelen wordt het restrisico genoemd.

Wanneer dit restrisico zich binnen een aanvaardbaar niveau bevindt, wordt de risico-analyse als afgerond beschouwd.

8.3 Inschatting van de grootte van het risico

De grootte van het risico (R) wordt bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$R = E * B * W$$

waarbij:

- Ernst (E): Inschatting van de ernst van het letsel dat kan worden veroorzaakt tijdens de beschouwde activiteit.
- Blootstelling (B): Inschatting van de frequentie en duur van de activiteit
- Waarschijnlijkheid (W): Inschatting van de mogelijkheid op letsel in de beschouwde omstandigheden

De waarden voor E, B en W worden bepaald op basis van vastgelegde criteria volgens de normen van Aperam. Deze criteria worden in onderstaande tabel (of sectie) toegelicht en vormen de basis voor een objectieve en gestructureerde risico-inschatting.

Door deze methode toe te passen, wordt het risico op een uniforme manier geëvalueerd, wat toelaat om gerichte risicobeheersmaatregelen te nemen.

8.3.1 Ernst (E)

Om de ernst van het letsel dat kan worden veroorzaakt in te schatten, wordt gekeken naar de lichamelijke gevolgen die door een ongeval kunnen worden veroorzaakt.

Tabel 8.2 geeft de verschillende groottes van de risicofactor E weer, met bijhorende omschrijving

Tabel 8.2: Risicofactor E met bijhorende gevolgen

Risicofactor E	Omschrijving	Ernst
0,5	Verwaarloosbaar	Ongemak
1	Mineur	Eerste hulp
3	Matig	Omkeerbare schade
7	Groot	Onomkeerbaar schade
30	Kritisch	Dodelijk

8.3.2 Blootstelling (B)

De blootstelling is een parameter die zowel met de duur van de activiteit als met de frequentie waarmee de activiteit wordt uitgevoerd rekening houdt.

Tabel 8.3 geeft de verschillende groottes van de risicofactor B weer, op basis van de frequentie en duur per shift.

Tabel 8.3: Risicofactor B op basis van frequentie en duur per shift

	<1 h/shift	1 – 4h shift	$\geq$ 4h shift
Jaarlijks	1	2	3
Maandelijks	3	4	5
Iedere 2 weken	5	6	7
Wekelijks	6	7	8
Dagelijks	8	9	10

8.3.3 Waarschijnlijkheid (W)

De waarschijnlijkheid is de inschatting van de mogelijkheid dat het vernoemde letsel zich zal voordoen. Hierbij wordt rekening gehouden met de preventiehiërarchie: hoe hoger de maatregel staat in de preventiehiërarchie, des te meer wordt het risico gereduceerd.

Tabel 8.4 geeft de verschillende groottes van de risicofactor W weer, met bijhorende maatregelen.

Tabel 8.4: Risicofactor W met bijhorende maatregelen

Risicofactor W	Maatregelen
0,1	CBM - Niet te omzeilen
0,2	CBM - Eenvoudig te omzeilen & Opgeleid personeel
0,5	CBM - Eenvoudig te omzeilen
3	PBM & Opgeleid personeel
7	Uitsluitend PBM
10	Geen beschermingsmaatregelen

8.3.4 Risicoscore (R)

De risicoscore is een indicatie van de grootte van het risico. Deze wordt berekend als het product van de ernst, blootstelling en waarschijnlijkheid. Zie onderstaande formule.

$$\Rightarrow R = E * B * W$$

De risicograad met de bijhorende kleurcodes en conclusies zijn weergegeven in tabel 8.5.

Tabel 8.5: Indeling aanvaardbaarheid volgens de risicograad

RISICOGRAAD	CONCLUSIE
$R < 20$	Aanvaardbaar, Aandacht vereist.
$20 < R < 200$	Significant, De nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen.
$200 < R < 400$	Zeer hoog, Onmiddellijk maatregelen treffen om het risico te reduceren!
$R > 400$	Extreem hoog, Activiteiten meteen stopzetten!

8.4 Praktische uitvoering van de taakanalyses

8.4.1 Inventarisatie van de potentiële gevaren

Als eerste stap wordt een systematische inventarisatie opgesteld van de potentiële gevaren binnen en rond de installatie. Deze inventarisatie vormt een essentiële eerste stap binnen het risicobeheersingsproces en dient als fundament voor de daaropvolgende risico-analyse. Alle mogelijke gevaren die een impact kunnen hebben op de veiligheid van personen, installaties en het milieu worden in kaart gebracht. Hierbij wordt rekening gehouden met zowel normale bedrijfsomstandigheden als afwijkende of noodsituaties. De inventarisatie wordt uitgevoerd volgens de geldende richtlijnen en het voorgeschreven template van Aperam Genk, om een gestructureerde en volledige benadering te garanderen.

Activiteit 1: Manipulatie van testplaten naar schaar met behulp van kogeltafel

Tabel 8.6 bevat de inventarisatie van alle potentiële gevaren die kunnen optreden tijdens activiteit 1.

Tabel 8.6: Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 1

Activiteit	Aard Risico	Omschrijving
Manipulatie van testplaten naar schaar mbv kogeltafel	Slagen / Stoten / Vallende voorwerpen	Testplaten die van kogeltafel afschuiven en vallen
	Slagen / Stoten / Vallende voorwerpen	Stoten aan (scherpe) randen van kogeltafelblad
	Klemmen (manipulatie lasten / klemmen machine / ...)	Blijven hangen met vingers tussen rollende kogels met als gevolg inklemming, schuren, wrijven of schaven van de vingers

Activiteit 2: Knippen van testplaten met bijkomende schrootscheiding met behulp van schrootscheidingssysteem

Tabel 8.7 bevat de inventarisatie van alle potentiële gevaren die kunnen optreden tijdens activiteit 2.

Tabel 8.7: Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 2

Activiteit	Aard Risico	Omschrijving
Knippen van Testplaten met bijkomende schrootscheiding mbv schrootscheidingssysteem (1 TB die materiaal onder het mes vandaan haalt; en 1 TB die links en rechtsom kan draaien afhankelijk van schroot of goed materiaal)	Slagen / Stoten / Vallende voorwerpen	Stoten aan uitstekende delen van transportbanden achter de schaar
	Klemmen (manipulatie lasten / klemmen machine / ...)	Rollen/banden van de transportbanden in bedrijf
	Overige risico's	Testplaten/Schroot/Teststrookjes/kastplaatjes die weg schieten
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Hete lagerhuizen door lagerschade wat kan leiden tot verbrandingen en brandwonden
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Motoren die heet lopen in bedrijf wat kan leiden tot verbrandingen en brandwonden
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Banden die warm lopen door bedrijf of wrijving met rollen en testplaten wat kan leiden tot verbrandingen en brandwonden
	Energie (elektrisch / hydraulisch / pneumatisch / ..)	Direct contact met spanningsvoerende onderdelen
	Energie (elektrisch / hydraulisch / pneumatisch / ..)	Elektrocucie gevaar door beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen
	Energie (elektrisch / hydraulisch / pneumatisch / ..)	Vonkvorming wat kan leiden tot brandgevaar
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Langdurig en luid geluid door onbalans of (lager)schade wat kan leiden tot gehoorschade

Activiteit 3: Wegvoeren van schroot met behulp van schroottransportsysteem

Tabel 8.8 bevat de inventarisatie van alle potentiële gevaren die kunnen optreden tijdens activiteit 3.

Tabel 8.8: Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 3

Activiteit	Aard Risico	Omschrijving
Wegvoeren van schroot met behulp van schroottransportsysteem	Uitgliden / Struikelen	Eind buffers van transportsysteem die in open ruimte staan
	Slagen / Stoten / Vallende voorwerpen	Stoten aan de transportkarren of transportbakken
	Klemmen (manipulatie lasten / klemmen machine / ...)	Assen van de karren, kans op vast raken, naar binnen trekken met verbrijzeling/afrukken/... als gevolg
	Klemmen (manipulatie lasten / klemmen machine / ...)	Geklemd zitten tussen 2 karren
	Klemmen (manipulatie lasten / klemmen machine / ...)	Geklemd geraken onder de kar met voer, been, arm,...
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Hete lagerhuizen door lagerschade wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Motoren die heet lopen in bedrijf wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes
	Energie (elektrisch / hydraulisch / pneumatisch / ...)	Direct contact met spanningsvoerende onderdelen
	Energie (elektrisch / hydraulisch / pneumatisch / ...)	Beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen
	Energie (elektrisch / hydraulisch / pneumatisch / ...)	Vonkvorming wat kan leiden tot brandgevaar
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Langdurig en luid geluid door onbalans

Activiteit 4: Weghalen van het goede materiaal met behulp van karretje onder transportband

Tabel 8.9 bevat de inventarisatie van alle potentiële gevaren die kunnen optreden tijdens activiteit 4.

Tabel 8.9: Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 4

Activiteit	Aard Risico	Omschrijving
Weghalen van het goede materiaal (Testplaten/Teststrookjes/Kastplaatjes) mbv karretje onder transportband	Slagen / Stoten / Vallende voorwerpen	Afvallen van goed materiaal van het karretje
	Slagen / Stoten / Vallende voorwerpen	Bij circulatie rond transportband voor ophaling, stootgevaar met uitstekende delen van transportband
	Klemmen (manipulatie lasten / klemmen machine / ...)	Rollen/banden van de transportbanden in bedrijf
	Slagen / Stoten / Vallende voorwerpen	Eventuele nieuwe lading ondanks ophaling van materiaal, waardoor arbeider in gevaar
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Bij ophaling en transportbanden in bedrijf kans op langdurig en luid geluid door onbalans of (lager)schade

Activiteit 5: Labelen van testplaten met behulp van labelingssysteem

Tabel 8.10 bevat de inventarisatie van alle potentiële gevaren die kunnen optreden tijdens activiteit 5.

Tabel 8.10: Inventarisatie potentiële gevaren van activiteit 5

Activiteit	Aard Risico	Omschrijving
Labelen van testplaten met behulp van labelingssysteem	Slagen / Stoten / Vallende voorwerpen	Vallen van testplaten van labelingssysteem tafel
	Slagen / Stoten / Vallende voorwerpen	Labelingssysteem met tafel staat rechts van schaar en kan aan gestoten worden
	Klemmen (manipulatie lasten / klemmen machine / ...)	Stempel mechanisme voor bevestiging van stickers op testplaat, vastgeraken, verbrijzelen/ kneuzen van hand
	Energie (elektrisch / hydraulisch / pneumatisch / ...)	Direct contact met spanningsvoerende onderdelen
	Energie (elektrisch / hydraulisch / pneumatisch / ...)	Beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen
	Energie (elektrisch / hydraulisch / pneumatisch / ...)	Angstreactie, effecten op huid/ogen door perslucht lek
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Scanner met IR straling, langdurig gebruik, effect op huid
	Geluid / Trilling / Straling / Temperatuur	Scanner met IR straling, langdurig gebruik, effect op ogen (reflectie van scanner)

8.4.2 Risico-inschatting en evaluatie

Nu alle risico's zijn geïdentificeerd en hun omschrijvingen duidelijk zijn vastgelegd, kan worden overgegaan tot de risico-inschatting en evaluatie. In deze fase wordt voor elk risico een inschatting gemaakt van de ernst, de blootstelling en de waarschijnlijkheid. Op basis van deze drie parameters wordt de risicogrootte berekend. Dit laat toe om elk risico te classificeren als laag, matig, hoog of extreem. Deze indeling biedt een overzichtelijk en gestructureerd beeld van de risicoverdeling en vormt een cruciale basis voor het bepalen van de prioriteit en de noodzaak van risicobeperkende maatregelen.

Activiteit 1: Manipulatie van testplaten naar schaar met behulp van kogeltafel

Tabel 8.11 geeft de ingeschatte ernst, blootstelling en waarschijnlijkheid weer, samen met de grootte van het startrisiko voor alle potentiële gevaren van activiteit 1.

Tabel 8.11: Startrisiko's van activiteit 1

Activiteit	Omschrijving	Startrisiko			
		E	B	W	R
Manipulatie van testplaten naar schaar mbv kogeltafel	Testplaten die van kogeltafel afschuiven en vallen	7	9	10	630
	Stoten aan (scherpe) randen van kogeltafelblad	3	9	10	270
	Blijven hangen met vingers tussen rollende kogels met als gevolg inklemming, schuren, wrijven of schaven van de vingers	3	9	10	270

Uit activiteit 1 blijkt dat twee risico's als hoog worden beoordeeld en één zelfs als extreem. Ondanks deze classificatie liggen de risicowaarden relatief laag, wat aangeeft dat deze risico's met gerichte maatregelen waarschijnlijk eenvoudig te reduceren zijn.

Activiteit 2: Knippen van testplaten met bijkomende schrootscheiding met behulp van schrootscheidingssysteem

Tabel 8.12 geeft de ingeschatte ernst, blootstelling en waarschijnlijkheid weer, samen met de grootte van het startrisiko voor alle potentiële gevaren van activiteit 2.

Tabel 8.12: Startrisiko's van activiteit 2

Activiteit	Omschrijving	Startrisiko			
		E	B	W	R
Knippen van Testplaten met bijkomende schrootscheiding mbv schrootscheidingssysteem (1 TB die materiaal onder het mes vandaan haalt; en 1 TB die links en rechtsom kan draaien afhankelijk van schroot of goed materiaal)	Stoten aan uitstekende delen van transportbanden achter de schaar	7	10	10	700
	Rollen/banden van de transportbanden in bedrijf	30	9	10	2700
	Testplaten/Schroot/Teststrookjes/kastplaatjes die weg schieten	7	10	10	700
	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding	7	10	10	700
	Hete lagerhuizen door lagerschade wat kan leiden tot verbrandingen en brandwonden	3	9	10	270
	Motoren die heet lopen in bedrijf wat kan leiden tot verbrandingen en brandwonden	3	9	10	270
	Banden die warm lopen door bedrijf of wrijving met rollen en testplaten wat kan leiden tot verbrandingen en brandwonden	3	9	10	270
	Direct contact met spanningsvoerende	30	10	10	3000
	Elektrocutie gevaar door beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen	30	10	10	3000
	Vonkvorming wat kan leiden tot brandgevaar	30	10	10	3000
	Langdurig en luid geluid door onbalans of (lager)schade wat kan leiden tot gehoorschade	7	10	10	700

Uit activiteit 2 blijkt dat er drie risico's als hoog worden beoordeeld en acht als extreem. Van deze acht extreme risico's vertonen vier een relatief lage risicogrootte, waardoor ze samen met de drie hoge risico's vermoedelijk vrij eenvoudig gereduceerd kunnen worden. De overige vier extreme risico's hebben echter een risicogrootte van minstens 2700, wat maar liefst 2300 boven de grenswaarde voor een extreem risico ligt. Deze risico's vormen een ernstig gevaar en kunnen zelfs dodelijk zijn. Het is daarom van cruciaal belang dat voor deze risico's doeltreffende en verregaande maatregelen worden genomen, zodat de risicogrootte substantieel wordt verlaagd tot een aanvaardbaar niveau.

Activiteit 3: Wegvoeren van schroot met behulp van schroottransportsysteem

Tabel 8.13 geeft de ingeschatte ernst, blootstelling en waarschijnlijkheid weer, samen met de grootte van het startrisiko voor alle potentiële gevaren van activiteit 3.

Tabel 8.13: Startrisiko's van activiteit 3

Activiteit	Omschrijving	Startrisiko			
		E	B	W	R
Wegvoeren van schroot met behulp van schroottransportsysteem	Eind buffers van transportsysteem die in open ruimte staan	3	8	10	240
	Stoten aan de transportkarren of transportbakken	3	8	10	240
	Assen van de karren, kans op vast raken, naar binnen trekken met verbrijzeling/afrukken/... als gevolg	30	8	10	2400
	Geklemd zitten tussen 2 karren	7	8	10	560
	Geklemd geraken onder de kar met voer, been, arm,...	7	8	10	560
	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding	7	8	10	560
	Hete lagerhuizen door lagerschade wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	3	8	10	240
	Motoren die heet lopen in bedrijf wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	3	8	10	240
	Direct contact met spanningsvoerende	30	8	10	2400
	Beschadigingen van kabels of slechte	30	8	10	2400
	Vonkvorming wat kan leiden tot brandgevaar	30	8	10	2400
	Langdurig en luid geluid door onbalans	7	8	10	560

Uit activiteit 3 blijkt dat er vier risico's als hoog en acht als extreem worden geclassificeerd. Van deze acht extreme risico's vertonen er vier een relatief lage risicogrootte. Dit betekent dat deze vier, samen met de vier hoge risico's, vermoedelijk vrij eenvoudig te reduceren zijn tot een aanvaardbaar niveau. De andere vier extreme risico's hebben echter een risicogrootte van 2400, wat 2000 boven de grenswaarde voor een extreem risico ligt. Deze risico's zijn dus extreem ernstig en kunnen potentieel dodelijk zijn. Het is daarom van cruciaal belang dat voor deze risico's doeltreffende en ingrijpende maatregelen worden genomen, zodat de risicogrootte aanzienlijk wordt verlaagd tot een veilig en aanvaardbaar niveau.

Activiteit 4: Weghalen van het goede materiaal met behulp van karretje onder transportband

Tabel 8.14 geeft de ingeschatte ernst, blootstelling en waarschijnlijkheid weer, samen met de grootte van het startrisiko voor alle potentiële gevaren van activiteit 4.

Tabel 8.14: Startrisiko's van activiteit 4

Activiteit	Omschrijving	Startrisiko			
		E	B	W	R
Weghalen van het goede materiaal (Testplaten/Teststrookjes/Kastplaatjes) mbv karretje onder transportband	Afvallen van goed materiaal van het karretje	3	9	10	270
	Bij circulatie rond transportband voor ophaling, stootgevaar met uitstekende delen van transportband	7	9	10	630
	Rollen/banden van de transportbanden in bedrijf	30	9	10	2700
	Eventuele nieuwe lading ondanks ophaling van materiaal, waardoor arbeider in gevaar	7	9	10	630
	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding	7	9	10	630
	Bij ophaling en transportbanden in bedrijf kans op langdurig en luid geluid door onbalans of (lager)schade	7	9	10	630

Uit activiteit 4 blijkt dat één risico als hoog wordt beoordeeld en de overige vijf als extreem. Van deze vijf extreme risico's vertonen er vier een relatief lage risicogrootte. Deze vier, samen met het hoge risico, kunnen waarschijnlijk vrij eenvoudig worden gereduceerd tot een aanvaardbaar niveau. Het vijfde extreme risico heeft echter een risicogrootte van 2700, wat maar liefst 2300 boven de grens voor een extreem risico ligt. Dit wijst op een zeer ernstig en mogelijk dodelijk gevaar. Voor dit risico is het essentieel dat er krachtige en gerichte maatregelen worden genomen om de risicogrootte substantieel te verlagen tot een veilig en aanvaardbaar niveau.

Activiteit 5: Labelen van testplaten met behulp van labelingsysteem

Tabel 8.15 geeft de ingeschatte ernst, blootstelling en waarschijnlijkheid weer, samen met de grootte van het startrisiko voor alle potentiële gevaren van activiteit 5.

Tabel 8.15: Startrisiko's van activiteit 5

Activiteit	Omschrijving	Startrisiko			
		E	B	W	R
Labelen van testplaten met behulp van labelingsysteem	Vallen van testplaten van labelingsysteem tafel	7	9	10	630
	Labelingsysteem met tafel staat rechts van schaar en kan aan gestoten worden	3	9	10	270
	Stempel mechanisme voor bevestiging van stickers op testplaat, vastgeraken, verbrijzelen/kneuzen van hand	7	9	10	630
	Direct contact met spanningsvoerende	30	9	10	2700
	Beschadigingen van kabels of slechte	30	9	10	2700
	Angstreacie, effecten op huid/ogen door perslucht lek	30	9	10	2700
	Scanner met IR straling, langdurig gebruik, effect op huid	3	9	10	270
	Scanner met IR straling, langdurig gebruik, effect op ogen (reflectie van scanner)	7	9	10	630

Uit activiteit 5 blijkt dat twee risico's als hoog en zes als extreem worden geclassificeerd. Van deze zes extreme risico's hebben er drie een relatief lage risicogrootte. Deze kunnen, samen met de twee hoge risico's, vermoedelijk vrij eenvoudig worden gereduceerd tot een aanvaardbaar niveau. De overige drie extreme risico's hebben echter een risicogrootte van 2700, wat 2300 boven de grenswaarde voor een extreem risico ligt. Deze risico's zijn dus uitermate ernstig en kunnen zelfs dodelijk zijn. Het is daarom essentieel dat voor deze risico's krachtige en gerichte maatregelen worden genomen, zodat de risicogrootte substantieel wordt verlaagd tot een veilig en aanvaardbaar niveau.

8.4.3 Inventarisatie van de risicoreductiemaatregelen

Voor elk geïdentificeerd risico uit de vorige sectie worden gerichte risicoreductiemaatregelen geïnventariseerd. Deze maatregelen zijn erop gericht de ernst, blootstelling of waarschijnlijkheid van de risico's te verlagen. Per risico wordt nagegaan welke technische, organisatorische of gedragsmatige interventies kunnen bijdragen aan een veiliger werkomgeving. De voorgestelde maatregelen worden gestructureerd opgelijst en gekoppeld aan de bijbehorende risico's, zodat duidelijk is hoe elk risico wordt aangepakt. Deze inventarisatie vormt de basis voor de verdere evaluatie van het restrisico en de doeltreffendheid van de risicobeheersing.

Activiteit 1: Manipulatie van testplaten naar schaar met behulp van kogeltafel

Tabel 8.16: Risicoreductiemaatregelen van activiteit 1

Activiteit	Omschrijving	Te nemen maatregelen
Manipulatie van testplaten naar schaar mbv kogeltafel	Testplaten die van kogeltafel afschuiven en	PBM's (schoenen) + opgeleid personeel
	Stoten aan (scherpe) randen van kogeltafelblad	PBM's (kledij, handschoenen) + opgeleid personeel, design aanpassen door afrondingen
	Blijven hangen met vingers tussen rollende kogels met als gevolg inklemming, schuren, wrijven of schaven van de vingers	PBM's (handschoenen, soepel met hoge snijweerstand F) + opgeleid personeel

Activiteit 2: Knippen van testplaten met bijkomende schrootscheiding met behulp van schrootscheidingssysteem

Tabel 8.17: Risicoreductiemaatregelen van activiteit 2

Activiteit	Omschrijving	Te nemen maatregelen
Knippen van Testplaten met bijkomende schrootscheiding mbv schrootscheidingssysteem (1 TB die materiaal onder het mes vandaan haalt; en 1 TB die links en rechtsom kan draaien afhankelijk van schroot of goed materiaal)	Stoten aan uitstekende delen van transportbanden achter de schaar	Uitstekende delen afbakenen met hekwerk, vloermarkeringen of signalering op de uitstekende delen zelf, om circulerende personen hierop attent te maken
	Rollen/banden van de transportbanden in bedrijf	Roterende onderdelen afschermen met veiligheidsschermen (de gehele Transportband achter de schaar beveiligen met veiligheidsomheining)
	Testplaten/Schroot/Teststrookjes/kastplaatjes die weg schieten	De gehele transportband achter de schaar afschermen met veiligheidsschermen, zodat indien materiaal zou wegschieten het wegschiet tegen de omheining
	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding	PBM, Gehoorbescherming wanneer schaar en transportbanden in bedrijf zijn.
	Hete lagerhuizen door lagerschade wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	Lagerhuizen afschermen (omheining van vorige puntjes) zodat rechtstreeks contact met mogelijke hete oppervlakken niet mogelijk is
	Motoren die heet lopen in bedrijf wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	Motoren afschermen (omheining van vorige puntjes) zodat rechtstreeks contact met mogelijke hete oppervlakken niet mogelijk is
	Banden die warm lopen door bedrijf of wrijving met rollen en testplaten wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	Banden afschermen (omheining van vorige puntjes) zodat rechtstreeks contact met mogelijke hete oppervlakken niet mogelijk is
	Direct contact met spanningsvoerende onderdelen	Installatie afschermen, PBM gebruiken, alleen opgeleid personeel toelaten, lock-out/tag-out toepassen, periodiek keuren.
	Elektrocute gevaar door beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen	Kabels visueel controleren, beschadigde kabels direct vervangen, degelijke aansluitingen, personeel opleiden, regelmatig inspecteren
	Vonkvorming die vonken/explosie veroorzaken	Geen open verbindingen, aarding toepassen, blusmiddelen voorzien, personeel opleiden
	Langdurig en luid geluid door onbalans of (lager)schade wat kan leiden tot gehoorschade	PBM, Gehoorbescherming wanneer schaar en transportbanden in bedrijf zijn.

Activiteit 3: Wegvoeren van schroot met behulp van schroottransportsysteem

Tabel 8.18: Risicoreductiemaatregelen van activiteit 3

Activiteit	Omschrijving	Te nemen maatregelen
Wegvoeren van schroot met behulp van schroottransportsysteem	Eind buffers van transportsysteem die in open ruimte staan	Aan de ene zijde hekwerk plaatsen (buffers langs de transportband), en aan de andere zijde markeringen aanbrengen zodat de buffers voldoende opvallen voor circulerende personen. Daarnaast zorgen voor opgeleid personeel.
	Stoten aan de transportkarren of transportbakken	PBM's (kledij, handschoenen) + opgeleid personeel, design aanpassen door afrondingen
	Assen van de karren, kans op vast raken, naar binnen trekken met verbrijzeling/afrukken/... als gevolg	Voor de bediening van het schroottransportsysteem dient gebruik te worden gemaakt van een dode-mansknop. De bedieningspost moet zodanig gepositioneerd zijn dat het volledige transportsysteem zichtbaar is. Hierdoor mag de operator het systeem alleen bedienen wanneer er geen circulerend personeel in de nabijheid van het schroottransportsysteem aanwezig is. + opleiding personeel [1]
	Geklemd zitten tussen 2 karren	Zie [1] , puntje hierboven
	Verstrickt geraken onder de kar met voer, been, arm,...	Zie [1] , puntje hierboven
	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding	PBM, Gehoorbescherming wanneer schroottransport in bedrijf is.
	Hete lagerhuizen door lagerschade wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	Het gebied waar het schroottransport plaatsvindt, moet worden afgezet met waarschuwingsslint. Dit bevindt zich aan de muurzijde, waar normaliter niemand moet komen. Alleen opgeleid personeel heeft toegang tot dit gebied.
	Motoren die heet lopen in bedrijf wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	Het gebied waar het schroottransport plaatsvindt, moet worden afgezet met waarschuwingsslint. Dit bevindt zich aan de muurzijde, waar normaliter niemand moet komen. Alleen opgeleid personeel heeft toegang tot dit gebied.
	Direct contact met spanningsvoerende onderdelen	Installatie afschermen, PBM gebruiken, alleen opgeleid personeel toelaten, lock-out/tag-out toepassen, periodiek keuren.
	Beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen	Kabels visueel controleren, beschadigde kabels direct vervangen, degelijke aansluitingen, personeel opleiden, regelmatig inspecteren
	Vonkvorming die vonken/explosie veroorzaken	Geen open verbindingen, aarding toepassen, blusmiddelen voorzien, personeel opleiden
	Langdurig en luid geluid door onbalans	PBM, Gehoorbescherming wanneer schroottransport in bedrijf is.

Activiteit 4: Weghalen van het goede materiaal met behulp van karretje onder transportband

Tabel 8.19: Risicoreductiemaatregelen van activiteit 4

Activiteit	Omschrijving	Te nemen maatregelen
Weghalen van het goede materiaal (Testplaten/Teststrookjes/Kastplaatjes) mbv karretje onder transportband	Afvallen van goed materiaal van het karretje	PBM's (schoenen) + opgeleid personeel
	Bij circulatie rond transportband voor ophaling, stootgevaar met uitstekende delen van transportband	Uitstekende delen afbakenen met hekwerk, vloermarkeringen of signalering op de uitstekende delen zelf, om circulerende personen hierop attent te maken
	Rollen/banden van de transportbanden in bedrijf	Roterende onderdelen afschermen met veiligheidsschermen (de gehele Transportband achter de schaar beveiligen met omheining)
	Eventuele nieuwe lading ondanks ophaling van materiaal, waardoor arbeider in gevaar	De transportband moet volledig worden afgeschermd met een veiligheidsscherm, waarbij alleen het ophaalkarretje toegang heeft tot het scherm om een nieuwe lading materiaal op te
	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding	PBM, Gehoorbescherming wanneer schroottransport in bedrijf is.
	Bij ophaling en transportbanden in bedrijf kans op langdurig en luid geluid door onbalans of (lager)schade	PBM, Gehoorbescherming wanneer transportbanden in bedrijf zijn.

Activiteit 5: Labelen van testplaten met behulp van labelingsysteem

Tabel 8.20: Risicoreductiemaatregelen van activiteit 5

Activiteit	Omschrijving	Te nemen maatregelen
Labelen van testplaten met behulp van labelingsysteem	Vallen van testplaten van labelingsysteem	PBM's (schoenen) + opgeleid personeel
	Labelingsysteem met tafel staat rechts van schaar en kan aan gestoten worden	PBM's (kledij, handschoenen) + opgeleid personeel, design aanpassen door afrondingen
	Stempel mechanisme voor bevestiging van stickers op testplaat, vastgeraken, verbrijzelen/kneuzen van hand	Operator dient zelf de stempel te bedienen met eventuele dodemansknop + opgeleid personeel
	Direct contact met spanningsvoerende onderdelen	Installatie afschermen, PBM gebruiken, alleen opgeleid personeel toelaten, lock-out/tag-out toepassen, periodiek keuren.
	Beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen	Kabels visueel controleren, beschadigde kabels direct vervangen, degelijke aansluitingen, personeel opleiden, regelmatig inspecteren
	Angstreactie, effecten op huid/ogen door perslucht	Geen open verbindingen, aarding toepassen, blusmiddelen voorzien, personeel opleiden
	Scanner met IR straling, langdurig gebruik, effect op huid	PBMs (Dragen van stralingswerende stoffen als kledij met lange mouwen) + opgeleid personeel
	Scanner met IR straling, langdurig gebruik, effect op ogen (reflectie van scanner)	PBMs (Dragen van IR-werende oogbescherming bijv. veiligheidsbril met IR-filter volgens EN 171-normering) + opgeleid personeel

8.4.4 Evaluatie van de risicoreductiemaatregelen

Nadat de risicoreductiemaatregelen zijn uitgevoerd, wordt per activiteit en per risico beoordeeld wat het restrisico is. Dit gebeurt door de ernst, blootstelling en waarschijnlijkheid van de risico's opnieuw te evalueren, rekening houdend met de genomen maatregelen. Op deze manier kan worden vastgesteld of de getroffen maatregelen voldoende zijn om een veilige werking te waarborgen.

Activiteit 1: Manipulatie van testplaten naar schaar met behulp van kogeltafel

Tabel 8.21 presenteert de restrisico's van activiteit 1 na het doorvoeren van de risicoreductiemaatregelen.

Tabel 8.21: Restrisico's van activiteit 1

Activiteit	Omschrijving	Restrisico na genomen maatregelen			
		E	B	W	R
Manipulatie van testplaten naar schaar mbv kogeltafel	Testplaten die van kogeltafel afschuiven en vallen	3	9	3	81
	Stoten aan (scherpe) randen van kogeltafelblad	1	9	3	27
	Blijven hangen met vingers tussen rollende kogels met als gevolg inklemming, schuren, wrijven of schaven van de vingers	1	9	3	27

Bij deze activiteit bevinden alle restrisico's zich boven de drempelwaarde van 20, maar onder de drempelwaarde van 200. Dit betekent dat alle restrisico's als matig worden beoordeeld. Het is aan de afdelingsingenieur om te bepalen hoe hiermee wordt omgegaan.

Wanneer restrisico's in de matige risicocategorie vallen, ligt de eindbeslissing bij de afdelingsingenieur. Die beoordeelt of de werkzaamheden kunnen worden hervat of dat er toch nog aanvullende maatregelen nodig zijn. In dit geval is ervoor gekozen om de werken voort te zetten, aangezien de restrisico's niet van een dusdanige omvang zijn dat ze een ernstig gevolg hebben dat het stopzetten van de werkzaamheden zou rechtvaardigen.

Activiteit 2: Knippen van testplaten met bijkomende schrootscheiding met behulp van schrootscheidingssysteem

Tabel 8.22 presenteert de restrisico's van activiteit 2 na het doorvoeren van de risicoreductiemaatregelen.

Tabel 8.22: Restrisico's van activiteit 2

Activiteit	Omschrijving	Restrisico na genomen maatregelen			
		E	B	W	R
Knippen van Testplaten met bijkomende schrootscheiding mbv schrootscheidingssysteem (1 TB die materiaal onder het mes vandaan haalt; en 1 TB die links en rechtsom kan draaien afhankelijk van schroot of goed materiaal)	Stoten aan uitstekende delen van transportbanden achter de schaar	1	10	0.5	5
	Rollen/banden van de transportbanden in	1	9	0.1	0.9
	Testplaten/Schroot/Teststrookjes/kastplaatjes die weg schieten	1	10	0.1	1
	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding	0.5	10	3	15
	Hete lagerhuizen door lagerschade wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	1	9	0.1	0.9
	Motoren die heet lopen in bedrijf wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	1	9	0.1	0.9
	Banden die warm lopen door bedrijf of wrijving met rollen en testplaten wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	1	9	0.1	0.9
	Direct contact met spanningsvoerende onderdelen	3	10	0.2	6
	Elektrocutie gevaar door beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen	1	10	0.2	2
	Vonkvorming die vonken/explosie veroorzaken	3	10	0.2	6
	Langdurig en luid geluid door onbalans of (lager)schade wat kan leiden tot gehoorschade	0.5	10	3	15

Bij deze activiteit liggen alle resterende risico's na de toegepaste reductiemaatregelen onder de drempelwaarde van 20. Dit wordt beschouwd als een ideale situatie. De activiteit kan bijgevolg worden voortgezet, al blijft waakzaamheid vereist met betrekking tot mogelijke nieuwe of opkomende risico's.

Activiteit 3: Wegvoeren van schroot met behulp van schroottransportsysteem

Tabel 8.23 presenteert de restrisico's van activiteit 3 na het doorvoeren van de risicoreductiemaatregelen.

Tabel 8.23: Restrisico's van activiteit 3

Activiteit	Omschrijving	Restrisico na genomen maatregelen			
		E	B	W	R
Wegvoeren van schroot met behulp van schroottransportsysteem	Eind buffers van transportsysteem die in open ruimte staan	1	8	0.2	1.6
	Stoten aan de transportkarren of	1	8	3	24
	Assen van de karren, kans op vast raken, naar binnen trekken met verbrijzeling/afrukken/... als gevolg	7	8	0.2	11.2
	Geklemd zitten tussen 2 karren	7	8	0.2	11.2
	Verstrict geraken onder de kar met voer, been, arm,...	7	8	0.2	11.2
	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding	0.5	8	3	12
	Hete lagerhuizen door lagerschade wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	1	8	0.2	1.6
	Motoren die heet lopen in bedrijf wat kan leiden tot verbrandingen en brandwondes	1	8	0.2	1.6
	Direct contact met spanningsvoerende onderdelen	3	8	0.2	4.8
	Beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen	1	8	0.2	1.6
	Vonkvorming die vonken/explosie veroorzaken	3	8	0.2	4.8
	Langdurig en luid geluid door onbalans	0.5	8	3	12

Bij deze activiteit liggen alle restrisico's onder de drempelwaarde van 20, met uitzondering van één risico. Dit betreft het risico op stoten tegen transportkarren of transportbakken. Ook in dit geval is het aan de afdelingsingenieur om te bepalen hoe hier mee om wordt gegaan.

Er is besloten om de werkzaamheden voort te zetten. Om dit specifieke risico verder te beperken, wordt het veiligheidshekwerk zodanig uitgebreid dat niemand toegang heeft tot de karren of bakken, behalve wanneer er zich een probleem voordoet bij een installatie.

Daarnaast is ervoor gekozen om het bedieningspaneel van het schroottransportsysteem te plaatsen aan het spoor bij de ingang van het atelier. Hierdoor heeft de operator die het systeem bedient volledig zicht op de spoorweg. Dit zorgt ervoor dat er zich niemand meer in het werkgebied kan bevinden tijdens de werking van het systeem, waardoor het risico op stoten tegen karren of bakken aanzienlijk wordt verminderd.

Activiteit 4: Weghalen van het goede materiaal met behulp van karretje onder transportband

Tabel 8.24 presenteert de restrisico's van activiteit 4 na het doorvoeren van de risicoreductiemaatregelen.

Tabel 8.24: Restriscio's van activiteit 4

Activiteit	Omschrijving	Restriscio na genomen maatregelen			
		E	B	W	R
Weghalen van het goede materiaal (Testplaten/Teststrookjes/Kastplaatjes) mbv karretje onder transportband	Afvallen van goed materiaal van het karretje	1	9	3	27
	Bij circulatie rond transportband voor ophaling, stootgevaar met uitstekende delen van transportband	1	9	0.5	4.5
	Rollen/banden van de transportbanden in	1	9	0.1	0.9
	Eventuele nieuwe lading ondanks ophaling van materiaal, waardoor arbeider in gevaar	1	9	0.1	0.9
	Trillingen door onbalans of schade die zich uiten in geluidsgrensoverschrijding	0.5	9	3	13,5
	Bij ophaling en transportbanden in bedrijf kans op langdurig en luid geluid door onbalans of (lager)schade	0.5	9	3	13,5

Bij deze activiteit liggen alle restriscio's onder de drempelwaarde van 20, met uitzondering van één risico. Dit betreft het risico op afvallen van plaatmateriaal van het karretje. Ook in dit geval is het aan de afdelingsingenieur om te bepalen hoe hier mee om wordt gegaan.

In dit geval is ervoor gekozen om de werken voort te zetten, aangezien het restriscio niet van een dusdanige omvang is dat ze een ernstig gevolg heeft dat het stopzetten van de werkzaamheden zou rechtvaardigen.

Activiteit 5: Labelen van testplaten met behulp van labelingssysteem

Tabel 8.25 presenteert de restrisico's van activiteit 5 na het doorvoeren van de risicoreductiemaatregelen.

Tabel 8.25: Restrisico's van activiteit 5

Activiteit	Omschrijving	Restrisico na genomen maatregelen			
		E	B	W	R
Labelen van testplaten met behulp van labelingssysteem	Vallen van testplaten van labelingssysteem	3	9	3	81
	Labelingssysteem met tafel staat rechts van schaar en kan aan gestoten worden	1	9	3	27
	Stempel mechanisme voor bevestiging van stickers op testplaat, vastgeraken, verbrijzelen/kneuzen van hand	3	9	0.2	5.4
	Direct contact met spanningsvoerende onderdelen	3	9	0.2	5.4
	Beschadigingen van kabels of slechte aansluitingen	1	9	0.2	1.8
	Angstreactie, effecten op huid/ogen door perslucht lek	3	9	0.2	5.4
	Scanner met IR straling, langdurig gebruik, effect op huid?	1	9	3	27
	Scanner met IR straling, langdurig gebruik, effect op ogen (reflectie van scanner)	1	9	3	27

Bij deze activiteit ligt de helft van de restrisico's onder de drempelwaarde van 20. De andere helft bevindt zich onder de drempelwaarde van 200. Dit betekent dat deze laatste groep een matig risico vormt. Zoals gebruikelijk is het aan de afdelingsingenieur om te bepalen hoe met deze matige risico's wordt omgegaan en of aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn.

In dit geval zijn de restrisico's van een lage orde en wordt ervoor gekozen om de werkzaamheden voort te zetten.

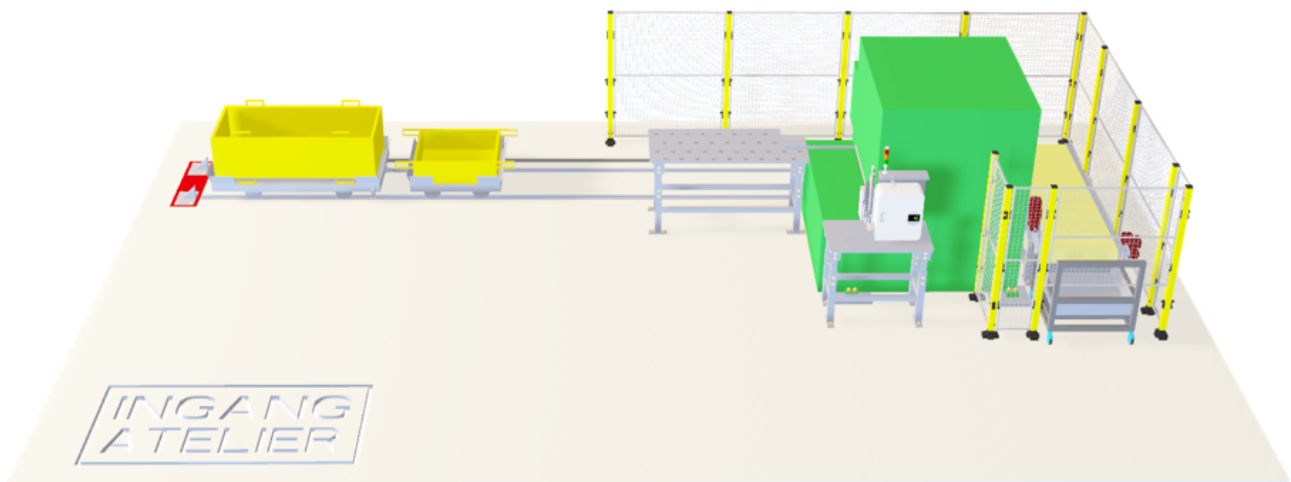
8.5 Conclusie

Uit de volledige risicoanalyse blijkt dat de risico's aanzienlijk worden gereduceerd wanneer er op regelmatige basis (visuele) inspecties worden uitgevoerd en strikt wordt toegezien op het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals veiligheidsschoenen, een veiligheidsbril met IR-filter, veiligheidshandschoenen en een snijwerend vest. Daarnaast is het essentieel dat personeel een gepaste opleiding volgt voordat zij werkzaamheden uitvoeren binnen het atelier van het mechanisch labo.

Het implementeren van een veiligheidsscherm blijkt eveneens een effectieve maatregel, aangezien het een aanzienlijk deel van de risico's wegneemt. Wanneer de resterende risico's met een score hoger dan 20 (de zogeheten 'gele risico's') worden goedgekeurd door de afdelingsingenieur, kan worden overgegaan tot het hervatten van de activiteiten.

Door de recente toevoeging van veiligheidshekwerk is er bovendien een nieuwe eindsituatie ontstaan voor het volledige optimalisatiesysteem.

Figuur 8.1 geeft een overzicht van dit geoptimaliseerd systeem, inclusief de collectieve beschermingsmiddelen zoals het veiligheidshekwerk en gemarkeerde buffers.



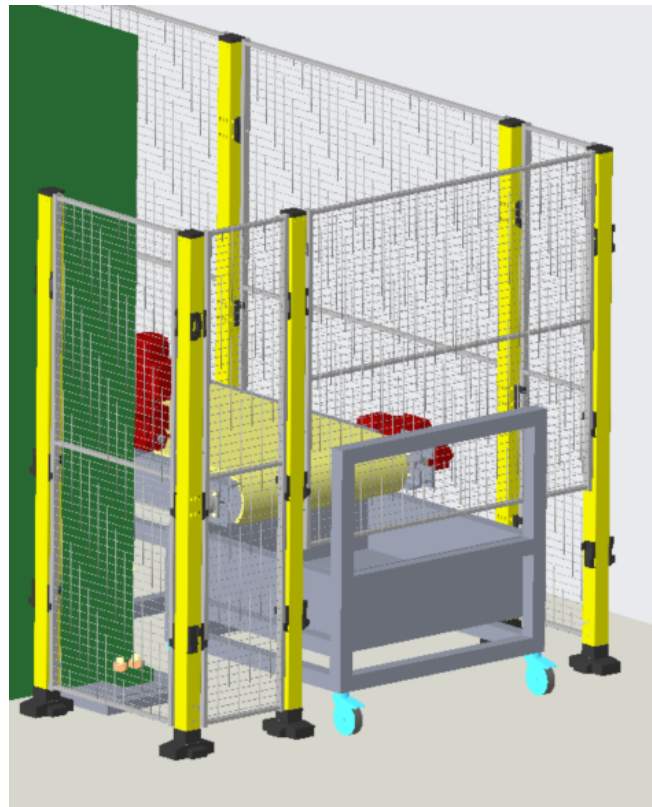
Figuur 8.1: Geoptimaliseerd labelingsysteem na risico-analyse

Het enige knelpunt met betrekking tot het veiligheidshekwerk betreft de ophaling van het goede materiaal na de schrootscheiding. De afvoer van het schroot gebeurt via het schroottransport-systeem, dat zich binnen het afgeschermd gebied van het veiligheidshekwerk bevindt. Voor de ophaling van het goede materiaal is dit echter niet mogelijk.

Hiervoor is een alternatieve oplossing uitgewerkt. Aan het uiteinde van de transportband, waar het goede materiaal wordt opgehaald, is geen gebruik gemaakt van een standaard hekwerk van 1,90 meter hoog, maar van een hekwerk van 1,30 meter. Aangezien de ophanging aan de bovenzijde ongewijzigd blijft, ontstaat er onderaan een opening van 60 cm.

Deze opening is ideaal: de aandrijfrol van de transportband blijft volledig afgeschermd door het veiligheidshekwerk, terwijl het mobiele karretje dat wordt gebruikt voor de ophaling van het goede materiaal onder het hekwerk kan rijden. Zo kan het karretje tot onder de transportband gepositioneerd worden, precies aan het uiteinde van de band, zodat het goede materiaal rechtstreeks in het karretje valt.

Figuur 8.2 toont duidelijk hoe deze oplossing in de praktijk is gerealiseerd.



Figuur 8.2: Ophaling van goed materiaal via opening in verlaagd veiligheidshekwerk

8.5.1 Augmented Reality

Na aanpassing van het optimalisatiesysteem op basis van de collectieve beschermingsmaatregelen die uit de risicoanalyse voortkwamen, is dit ook weer beschikbaar in de vorm van een Augmented Reality-model. Door het scannen van de QR-code (Fig. 8.3) kan het volledige systeem in 3D worden weergegeven op een smartphone. Deze toepassing maakt het mogelijk om de volledige installatie virtueel te visualiseren en te verkennen, inclusief alle belangrijke componenten en hun onderlinge samenhang.



Figuur 8.3: QR-code voor weergave van het finale optimalisatiesysteem in Augmented Reality

Hoofdstuk 9

Onderhoudsvoorschriften

9.1 Inleiding

In de hedendaagse industriële omgeving is onderhoud uitgegroeid tot een cruciale factor voor het waarborgen van de betrouwbaarheid, veiligheid en efficiëntie van installaties. Goed uitgevoerde onderhoudsprocedures dragen rechtstreeks bij aan het beperken van stilstanden, het verlengen van de levensduur van machines en het optimaliseren van de productieprocessen. Door het volgen van duidelijke onderhoudsvoorschriften blijven installaties soepel en doelmatig functioneren, wat essentieel is in een competitieve en continu evoluerende markt.

In dit hoofdstuk worden de onderhoudsrichtlijnen gedetailleerd toegelicht, waarbij gebruik wordt gemaakt van Bijlage C om aan alle normen voor de componenten te voldoen.

9.2 Algemene richtlijnen

De toestellen worden geleverd in optimale staat. Voor het behoud van de maximale levensduur van de installatie is periodiek onderhoud essentieel. Voorafgaand aan enig onderhoud dienen de bijbehorende handleidingen zorgvuldig te worden bestudeerd.

9.2.1 Deskundig personeel

Bediening, service, onderhoud en herstelwerkzaamheden aan de installatie dienen uitsluitend te worden uitgevoerd door daartoe opgeleid of geïnstrueerd personeel. Dit personeel moet ook de nodige kennis over de veiligheid- en preventievoorschriften hebben en deze kunnen toepassen.

Personen in opleiding of personen die deelnemen aan een opleidings- of instructieprogramma mogen uitsluitend werkzaamheden aan de machine verrichten onder direct toezicht van een ervaren en bevoegd persoon.

Werkzaamheden aan de elektrische componenten van de installatie zijn voorbehouden aan gekwalificeerde elektriciens, en dienen te worden uitgevoerd conform de geldende elektrotechnische regelgeving.

9.3 Veiligheidsrichtlijnen voor personeel

Voor het uitvoeren van onderhoudswerken aan de machine dienen enkele belangrijke voorschriften strikt nageleefd te worden.

- Controleer voor aanvang van de werken altijd eerst of de netspanning van de machine werd uitgeschakeld door middel van een scheidingsschakelaar (Inbeslagname procedure Aperam).
- De persoon die het onderhoud gaat uitvoeren moet hiervoor bevoegd zijn en op de hoogte zijn van de werking van het toestel.
- Het dragen van aangepaste kledij.
- Laat na de uitvoering van de onderhoudsbeurt geen gereedschap liggen.
- Plaats na de onderhoudsbeurt steeds de afschermingen terug zoals het hoort te zijn.
- Voor verdere veiligheidspunten raadpleeg steeds de risico-analyse (zie hoofdstuk 8 p.125).

9.4 Preventief onderhoud

Preventief onderhoud is essentieel om de goede werking, veiligheid en levensduur van de machine te waarborgen. Door regelmatig en systematisch onderhoud uit te voeren, kunnen slijtage, defecten en ongeplande stilstanden tot een minimum worden beperkt. Binnen dit onderdeel worden vier belangrijke aspecten van preventief onderhoud besproken.

9.4.1 Visuele inspecties

Tijdens het bedrijf van de machine wordt een inspectie op veilige afstand uitgevoerd, waarbij gebruik wordt gemaakt van de menselijke zintuigen om de actuele toestand van de installatie te observeren en te beoordelen. Op deze manier kunnen eventuele afwijkingen of storingen tijdig worden opgemerkt.

Daarnaast worden aanvullende maatregelen genomen, zoals metingen, tests en diagnostische analyses. Deze zijn gericht op het vaststellen van oorzaken van slijtage of schade, en op basis daarvan kunnen de nodige acties worden afgeleid voor het verdere, veilige gebruik van de machine. Deze vorm van inspectie valt niet onder zogenaamde "stripinspecties", waarbij de machine deels of volledig wordt gedemonteerd.

9.4.2 Service / Reiniging

Een maatregel om de nominale toestand van de installatie te behouden, bestaat erin regelmatig onderhoud uit te voeren zonder dat daarvoor demontage van essentiële onderdelen nodig is. Dit kan onder meer door het reinigen en smeren van werkuitrusting, het bijvullen of vervangen van verbruiksmaterialen, of het vervangen van gereedschappen zoals rollen, messen of transportbanden. Op die manier blijft de installatie in optimale conditie en worden storingen voorkomen.

9.4.3 Reconditionering

Wanneer slijtage of veroudering de werking van een onderdeel beïnvloedt, moeten passende herstelmaatregelen worden getroffen om de machine terug te brengen naar haar nominale toestand. Dit omvat het vervangen van versleten componenten of onderdelen waarvan de verwachte levensduur is verstreken. In sommige gevallen kan hiervoor (gedeeltelijke) demontage van de installatie noodzakelijk zijn. Alle vervangende onderdelen moeten voldoen aan de originele specificaties van de fabrikant om de veiligheid en prestaties van de installatie te garanderen.

9.4.4 Functionele test

Na het vervangen of herstellen van onderdelen moet een functionele controle onder bedrijfsomstandigheden worden uitgevoerd. Dit houdt in dat de machine of installatie kortstondig in werking wordt gesteld om na te gaan of het onderdeel correct functioneert binnen het totale proces. Tijdens deze test wordt gecontroleerd of er geen afwijkingen, storingen of abnormale geluiden optreden, en of de prestaties voldoen aan de verwachte normen. Deze stap is cruciaal om de veiligheid, betrouwbaarheid en continuïteit van de installatie te waarborgen voordat deze volledig opnieuw in gebruik wordt genomen.

9.5 Smeerinstructies

9.5.1 Smeervet

Het smeervet dat gebruikt moet worden voor de smering van de lagers voldoet aan DIN 51502 met de classificatie KP2N-20. Het betreft een zacht vet op basis van een synthetische olie, geschikt voor multifunctionele toepassingen zoals rollagers. Dit gestandaardiseerde vet is verkrijgbaar in diverse hoeveelheden en varianten, zoals weergegeven in figuur 9.1.



Figuur 9.1: Smeervet KP2N-20 [71]

Het KP2N-20 smeervet staat voor:

K → Lagervet volgens DIN.

P → Geschikt voor hoge druk.

2 → Consistentie nummer NLGI 2.

N → Hoogste toepassingstemperatuur (+140°C).

-20 → Laagste toepassingstemperatuur (-20°C).

De overige specificaties van het smeervet KP2N-20 zijn opgelijst in tabel 9.1.

Tabel 9.1: Specificaties smeervet KP2N-20

Consistentie Nummer volgens DIN 51818	NLGI 2
Walk Penetratie	265 - 295 mm $\times 10^{-1}$
Kinematische viscositeit (basisolie- viscositeit) bij 40°C	150 - 220 mm ² /sec
Druppelpunt	180°C - 220°C
Gebruikstemperatuur	-20°C tot +120°C
Vet- verdikkingsmiddel	Lithium-zeep

Toepassing smeervet Aperam

Voorgesteld vet: Shell Gadus S2 V220/2 (Patroon 400gr.)

- Lagerhuizen Schroottransportsysteem (Transportkar 1)
 - Lagerhuis vulling (traagdraaiend) 80% → 180 gr.
 - Smeerhoeveelheid van 60 gr/6 mnd
- Lagerhuizen Schrootscheidingssysteem (Transportband 1 & 2)
 - SKF LGMT 2 (levensduur gesmeerd, geen verdere smering nodig)

9.5.2 Tandwielolie

Instructies met betrekking tot het onderhoud van de motorreductor, waaronder de vereiste olie-kwaliteit en -hoeveelheid, zijn terug te vinden in de gebruikershandleiding van de fabrikant. Voor deze toepassing is een synthetische tandwielolie voorgeschreven. Conform de Aperam-standaard wordt hiervoor Shell Omala S4 GXV 220 aanbevolen. Deze olie biedt een uitstekende slijtagebescherming en thermische stabiliteit, en is geschikt voor zwaarbelaste tandwielaandrijvingen.

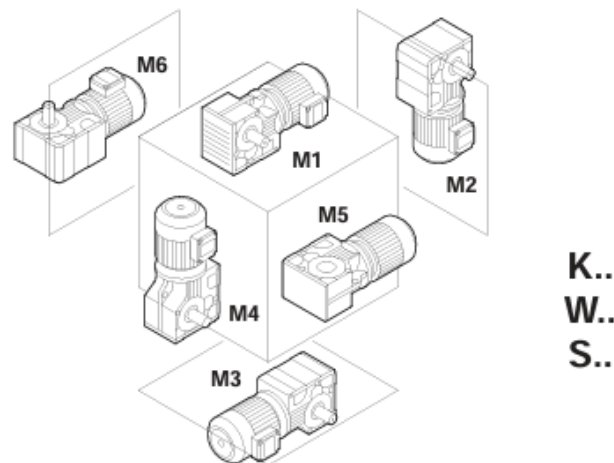
Toepassing tandwielolie Aperam

De smeerinstructies, die afhankelijk zijn van de bouwvorm van de motorreductor, evenals de bijbehorende oliehoeveelheden, zijn samengevat in tabel 9.2. Deze tabel biedt per bouwvorm een duidelijk overzicht van de vereiste smering en dient als leidraad voor een correcte en efficiënte onderhoudsprocedure.

Tabel 9.2: Smeerinstructies tandwielonderdelen

Onderdeel	Bouwvorm (SEW)*	Vulhoeveelheid
Motorreductor Transportband 1	M4	0.45 liter
Motorreductor Transportband 2	M1	0.4 liter
Motorreductor Transportkar 1	M3	1 liter

De verschillende soorten bouwvormen (*) zijn weergegeven in figuur 9.2.



Figuur 9.2: Verschillende bouwvormen voor K-, W- en S-series volgens SEW [72]

9.6 Onderhoudsschema's

Om de betrouwbaarheid en levensduur van installaties te garanderen, is het essentieel om regelmatig en gestructureerd onderhoud uit te voeren. De onderstaande onderhoudsschema's bieden een overzicht van de voorgeschreven onderhoudsfrequenties en -handelingen per onderdeel. Ze vormen een praktische leidraad voor het tijdig uitvoeren van inspecties, smeringen en eventuele vervangingen. Hierdoor zal stilstand tot een minimum beperkt blijven en de werking van de installatie optimaal blijven verlopen.

9.6.1 Aanvoersysteem

Tabel 9.3 geeft het onderhoudsschema van de kogeltafel weer.

Tabel 9.3: Onderhoudsschema van de kogeltafel

Installatie	Onderdeel	Beschrijving	Onderhoud	Frequentie						Status Installatie	Uitvoerder
				1W	1M	3M	6M	1J	3J		
Aanvoer	Kogeltafel	Reinigen tafel en kogels en hun zitting	Reiniging	x						Stilstand	Operator
Aanvoer	Kogeltafel	Controle kogels op werking (eventueel slechtwerkende kogels vervangen)	Service		x					Stilstand	Operator
Aanvoer	Kogeltafel	Controle chasis kogeltafel (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator

9.6.2 Schrootscheidingssysteem

Tabel 9.4 geeft het onderhoudsschema van transportband 1 weer.

Tabel 9.4: Onderhoudsschema van transportband 1

Installatie	Onderdeel	Beschrijving	Onderhoud	Frequentie						Status Installatie	Uitvoerder
				1W	1M	3M	6M	1J	3J		
Schrootscheiding	Transportband 1	Algemene visuele controle tijdens de werking van de installatie (abnormale geluiden; trillingen; schokken; ; ...)	Visuele Inspectie	x						Installatie in dienst	Operator
Schrootscheiding	Transportband 1	Visuele Controle uitlijning band tijdens werking (schuin lopen; tegen de kant aan lopen; slippen;...)	Visuele Inspectie	x						Installatie in dienst	Operator
Schrootscheiding	Transportband 1	Schrootdeeltjes/afval in de omgeving van de transportband verwijderen indien aanwezig	Reiniging	x						Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 1	Controle transportband loopvlak en verbinding (beschadiging; scheuren; slijtage; ...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 1	Controle chasis (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 1	Controle rollen (beschadiging; slijtage loopvlak; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 1	Controle bandaanspan systeem (beschadiging; loskomende bouten;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 1	Controle lagerhuizen rollen (Slijtage; beschadiging; loskomende bouten;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 1	Controle lagers en dichtingen lagerhuizen (eventuele versleten onderdelen vervangen)	Service						x	Stilstand	Techniker
Schrootscheiding	Transportband 1	Controle Motorreductor (beschadiging; slijtage; loskomende delen; elektrificatie; ...)	Service					x		Stilstand	Techniker
Schrootscheiding	Transportband 1	Motorreductor: Trillingsmeting & Analyse (predictief inwendige schade detecteren)	Service				x			Installatie in dienst	Specialist
Schrootscheiding	Transportband 1	Motorreductor momentsteun bouten aantrekken op ± 35 Nm	Service						x	Stilstand	Techniker
Schrootscheiding	Transportband 1	Controle oliepeil reductor in montage positie M4 (bevat 0.45L)	Service					x		Stilstand	Techniker
Schrootscheiding	Transportband 1	Vervangen olie reductor (Shell Omala S4 GXV 220 (0.45L))	Service						x	Stilstand	Techniker

Tabel 9.5 geeft het onderhoudsschema van transportband 2 weer.

Tabel 9.5: Onderhoudsschema van transportband 2

Installatie	Onderdeel	Beschrijving	Onderhoud	Frequentie						Status Installatie	Uitvoerder
				1W	1M	3M	6M	1J	3J		
Schrootscheiding	Transportband 2	Visuele Controle uitlijning band tijdens werking (schuin lopen; tegen de kant aan lopen; slippen;...)	Visuele Inspectie	x						Installatie in dienst	Operator
Schrootscheiding	Transportband 2	Schrootdeeltjes/afval in de omgeving van de transportband verwijderen indien aanwezig	Reiniging	x						Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 2	Controle transportband loopvlak en verbinding (beschadiging; scheuren; slijtage;)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 2	Controle chasis (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 2	Controle rollen (beschadiging; slijtage loopvlak; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 2	Controle bandaanspan systeem (beschadiging; loskomende bouten;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 2	Controle lagerhuizen rollen (Slijtage; beschadiging; loskomende bouten;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schrootscheiding	Transportband 2	Controle lagers en dichtingen lagerhuizen (eventuele versleten onderdelen vervangen!)	Service						x	Stilstand	Techniker
Schrootscheiding	Transportband 2	Controle Motorreductor (beschadiging; slijtage; loskomende delen; elektrificatie; ...)	Service					x		Stilstand	Techniker
Schrootscheiding	Transportband 2	Motorreductor: Trillingsmeting & Analyse (predictief inwendige schade detecteren)	Service				x			Installatie in dienst	Specialist
Schrootscheiding	Transportband 2	Motorreductor momentsteun bouten aantrekken op ± 35 Nm	Service						x	Stilstand	Techniker
Schrootscheiding	Transportband 2	Controle oliepeil reductor in montage positie M1 (bevat 0.4L)	Service					x		Stilstand	Techniker
Schrootscheiding	Transportband 2	Vervangen olie reductor (Shell Omala S4 GXV 220 (0.4L))	Service						x	Stilstand	Techniker

9.6.3 Schroottransportsysteem

Tabel 9.6 geeft het onderhoudsschema van de losse schroottransportonderdelen weer.

Tabel 9.6: Onderhoudsschema van losse schroottransportonderdelen

Installatie	Onderdeel	Beschrijving	Onderhoud	Frequentie						Status Installatie	Uitvoerder
				1W	1M	3M	6M	1J	3J		
Schroottransport	Sporen	Controle sporen met buffers (beschadiging; slijtage loopvlak; loskomende delen;...)	Visuele Inspectie		x					Stilstand	Operator
Schroottransport	Sporen	Controle buffers (beschadiging; slijtage loopvlak; loskomende delen;...)	Visuele Inspectie		x					Stilstand	Operator
Schroottransport	Inductieve sensoren	Controle sensoren (vervuiling; beschadiging; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Energieketting	Algemene visuele controle tijdens de werking van de installatie (abnormale geluiden; trillingen; schokken;)	Visuele Inspectie	x						Installatie in dienst	Operator
Schroottransport	Energieketting	Controle energieketting & wagenverbinding (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service					x		Stilstand	Techniker

Tabel 9.7 geeft het onderhoudsschema van transportkar 1 weer.

Tabel 9.7: Onderhoudsschema van transportkar 1

Installatie	Onderdeel	Beschrijving	Onderhoud	Frequentie						Status Installatie	Uitvoerder
				1W	1M	3M	6M	1J	3J		
Schroottransport	Transportkar 1	Controle wagenchassis & verbindingbuis (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 1	Controle wielen (beschadiging; slijtage loopvlak; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 1	Controle asborgveren wielen (beschadiging; borging;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 1	Controle lagerhuizen assen (beschadiging; loskomende bouten;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 1	Controle Smeerinstelling lagerhuizen (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 1	Smeren lagers	Service				(60gr)			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 1	Controle lagers en dichtingen lagerhuizen (eventuele versleten onderdelen vervangen!)	Reconditionering						x	Atelier	Technieker
Schroottransport	Transportkar 1	Vernieuwen vet in lagerhuizen	Reconditionering						(180gr)	Atelier	Technieker
Schroottransport	Transportkar 1	Controle wagen assen (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service						x	Atelier	Technieker
Schroottransport	Transportkar 1	Controle Motorreductor (beschadiging; slijtage; loskomende delen; elektrificatie; ...)	Service					x		Stilstand	Technieker
Schroottransport	Transportkar 1	Motorreductor: Trillingsmeting & Analyse (predictief inwendige schade detecteren)	Service				x			Installatie in dienst	Specialist
Schroottransport	Transportkar 1	Motorreductor momentsteun bouten (M8) aantrekken op ± 35 Nm	Service						x	Atelier	Technieker
Schroottransport	Transportkar 1	Controle oliepeil reductor in montage positie M3 (bevat 1L)	Service					x		Stilstand	Technieker
Schroottransport	Transportkar 1	Vervangen olie reductor (Shell Omala S4 GXV 220 (1Liter))	Reconditionering						x	Atelier	Technieker

Tabel 9.8 geeft het onderhoudsschema van transportkar 2 weer.

Tabel 9.8: Onderhoudsschema van transportkar 2

Installatie	Onderdeel	Beschrijving	Onderhoud	Frequentie						Status Installatie	Uitvoerder
				1W	1M	3M	6M	1J	3J		
Schroottransport	Transportkar 2	Controle wagenchassis & verbindingbuis (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 2	Controle wielen (beschadiging; slijtage loopvlak; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 2	Controle asborgveren wielen (beschadiging; borging;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 2	Controle lagerhuizen assen (beschadiging; loskomende bouten;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 2	Controle Smeerinstelling lagerhuizen (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service				x			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 2	Smeren lagers	Service				(60gr)			Stilstand	Operator
Schroottransport	Transportkar 2	Controle lagers en dichtingen lagerhuizen (eventuele versleten onderdelen vervangen!)	Reconditionering						x	Atelier	Technieker
Schroottransport	Transportkar 2	Vernieuwen vet in lagerhuizen	Reconditionering						(180gr)	Atelier	Technieker
Schroottransport	Transportkar 2	Controle wagen assen (beschadiging; slijtage; loskomende delen;...)	Service						x	Atelier	Technieker

9.6.4 Labelingssysteem

Tabel 9.9 geeft het onderhoudsschema van het labelingssysteem weer.

Tabel 9.9: Onderhoudsschema van labelingssysteem

Installatie	Onderdeel	Beschrijving	Onderhoud	Frequentie						Status Installatie	Uitvoerder
				1W	1M	3M	6M	1J	3J		
Labelingssysteem	Persluchtcilinder	Controle cilinder (Lekken, beschadiging, slijtage;...)	Service					x		Stilstand	Operator
Labelingssysteem	Fotocellen	Reinigen: stofvrij en vetvrij gemaakt worden, dit kan met een droge doek of met perslucht	Reiniging			x				Stilstand	Operator
Labelingssysteem	Printer	Reiniging en service volgens handleiding Zetes	Service		x					Stilstand	Operator
Labelingssysteem	Printer	Een test label afdrucken om na te gaan of er beschadigingen aan de printkop zijn (eventueel printkop)	Functionele test		x					Installatie in dienst	Operator
Labelingssysteem	Scanner	Het leesvenster dient stof- en vetvrij te zijn, reiniging	Reiniging			x				Stilstand	Operator
Labelingssysteem	Vacuümplaat	Deze moet vrij blijven van lijm en etiketresten. Reinigen met een vochtige doek volgens handleiding Zetes	Reiniging		x					Stilstand	Operator
Labelingssysteem	Vacuümsysteem	Reinigen van het venturi systeem, het systeem volledig	Reiniging		x					Stilstand	Operator
Labelingssysteem	Perslucht Conditionering	Aflaten water in het waterafscheidingsreservoir.	Service			x				Stilstand	Operator

Hoofdstuk 10

Investeringsanalyse

10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de economische haalbaarheid van de voorgestelde installatie grondig geanalyseerd. De installatie is ontworpen om het voorbereidingsproces van RVS-teststukken voor het mechanisch labo aanzienlijk efficiënter, veiliger en ergonomischer te maken. Door (gedeeltelijke) automatisering van verschillende processtappen wordt niet alleen beoogd de werklast voor operatoren te verlagen, maar ook het aantal benodigde personeelsleden te reduceren.

Er wordt onderzocht wat de installatie in de praktijk zal opleveren: in welke mate de efficiëntie toeneemt, welke tijdswinst wordt geboekt, en of deze winst zich vertaalt in lagere operationele kosten. Een belangrijk onderdeel van deze analyse is het inschatten van de impact op de personeelsbezetting.

De investeringsanalyse omvat een overzicht van de investerings- en operationele kosten, waarbij zowel de eenmalige als terugkerende uitgaven in kaart worden gebracht. Vervolgens worden de baten van het project gekwantificeerd, met aandacht voor onder andere tijdswinst, personeelsbesparing en verhoogde efficiëntie. Daarna volgt een vergelijking tussen het huidige manuele scenario en het voorgestelde geautomatiseerde proces, waarbij onder meer verwerkingstijd en personeelsinzet worden tegenover elkaar geplaatst. De economische evaluatie gebeurt aan de hand van drie kernindicatoren: de terugverdientijd (Payback Periode), het rendement op investering (Return On Investment), en de netto contante waarde (Net Present Value). Tot slot wordt een grafische voorstelling toegevoegd om de economische resultaten visueel en overzichtelijk weer te geven.

10.2 Investerings- en operationele kosten

10.2.1 Kostprijs van aanmaakdelen

Een volledig overzicht van alle aanmaakdelen is opgenomen in bijlage D, inclusief de bijhorende aantallen en prijzen. Onder aanmaakdelen wordt al het materiaal verstaan dat wordt aangekocht maar binnen Aperam nog verdere bewerking vereist door de mechanikers. Dit omvat onder andere plaatmateriaal, U-profielen, holle profielen en gelijkaardige constructiematerialen. Alle plaatmaterialen zijn verrekend op basis van de kostprijs per kilogram, waardoor een nauwkeurige inschatting van de materiaalkosten mogelijk is. Voor alle profielen, zoals U-profielen, holle profielen en andere lineaire onderdelen, is de kostprijs berekend per meter. Op deze manier zijn alle materiaalcomponenten op een consistente en transparante wijze opgenomen in de totale kostencalculatie. De totale kostprijs van alle aanmaakstukken samen bedraagt €6.786.

10.2.2 Kostprijs van koopdelen

Een overzicht van alle koopdelen is opgenomen in bijlage F inclusief aantallen en bijhorende prijzen. Onder koopdelen verstaan we alle onderdelen die aangekocht worden bij externe leveranciers en die niet verder bewerkt hoeven te worden binnen Aperam. Het betreft alle componenten waarvoor offertes zijn opgesteld (zie bijlage E), aangevuld met kleinere aankopen zoals bevestigingsmateriaal, etc. Voor sommige koopdelen ontbreken nog officiële offertes, doordat deze laattijdig werden doorgestuurd. Om toch een volledige inschatting van de kosten te kunnen maken, is voor deze onderdelen een schatting gemaakt op basis van eerdere offertes of richtprijzen die online beschikbaar zijn. Hoewel deze benadering een zekere marge van onzekerheid met zich meebrengt, biedt ze wel een realistische indicatie van de verwachte kostprijs. De totale kostprijs van deze koopdelen bedraagt €57.762.

10.2.3 Kostprijs van bewerking materiaal en assemblage

Nu zowel de aankoopdelen als de aanmaakdelen geleverd zijn, kunnen de verschillende installaties worden opgebouwd. Dit omvat zowel de bewerking van het plaatmateriaal (zoals frezen, zagen, boren, tappen en draaien) als de assemblage (bout-moer verbindingen, lassen) van de installaties zelf. Deze werkzaamheden worden uitgevoerd door de mechanikers van Aperam. Zij werken onder looncode 24, wat overeenkomt met een bruto uurloon van €31. Hierop moet Aperam nog 25% sociale lasten (zoals RSZ, vakantiegeld, eindejaarspremie, verzekeringen, enzovoort) bijtellen, wat resulteert in een totaal uurloon van €38,75.

Er wordt geschat dat de bewerking van het materiaal en de assemblage samen twee volledige werkweken in beslag nemen, waarbij twee mechanikers voltijds aan het project werken. Dit betekent in totaal 10 werkdagen van 8 uur per dag voor 2 personen, ofwel 160 werkuren. De totale loonkost bedraagt dan €6.200

10.2.4 Kostprijs van besturingscomponenten

Een gedetailleerd overzicht van de besturingscomponenten is terug te vinden in bijlage G. Deze bijlage bevat een opsomming van alle elektrische onderdelen, waaronder schakelaars, relais, beveiligingscomponenten, de frequentieregelaar (drive), voedingen, elektrische bekabeling, de bedieningskast en andere toebehoren. Zowel de aantallen als de bijhorende prijzen zijn in de bijlage opgenomen. De totale kostprijs voor alle besturingscomponenten bedraagt €8.194.

10.2.5 Kostprijs van installatie in het atelier van het mechanisch labo

Nadat de verschillende installaties zijn geassembleerd, is het tijd om deze te installeren in het atelier van het mechanisch labo. Deze werkzaamheden worden uitgevoerd door verschillende teams.

In eerste instantie zullen de betonwerken worden uitgevoerd door een externe firma. Deze werkzaamheden omvatten onder andere het slijpen van de gleuven voor de sporen, het voorzien van ankers voor de bevestiging van de systemen, en andere voorbereidende taken.

Er wordt geschat dat deze werken uitgevoerd zullen worden door twee arbeiders, die hier fulltime gedurende twee dagen aan werken. Dit komt overeen met een raming van 16 werkuren per persoon, ofwel 32 werkuren in totaal. Met een gehanteerd uurloon van €40 per uur, wordt de loonkost geraamd op €1.280.

Daarnaast wordt ook rekening gehouden met materiaalkosten voor onder andere de ankers, slijpmaterialen en aanverwante benodigdheden. Deze worden momenteel geraamd op €1720, zodat de totale kost hier €3000 bedraagt

Hierna worden de systemen ter plaatse gepositioneerd en verankerd. Deze taak wordt uitgevoerd door twee mechanici die eerder ook de bewerkingen en assemblages hebben gedaan. Zij vallen onder looncode 24 en hebben een bruto-uurloon van €31. Wanneer de sociale lasten (zoals RSZ, vakantiegeld, eindejaarspremie, verzekeringen, enzovoort) van 25% worden meegerekend, komt het totale uurloon uit op €38,75. Voor deze plaatsingswerken wordt geschat op een werkweek van 40 uur per persoon, dus 80 werkuren in totaal. Dit resulteert in een kost van €3.100.

Daarnaast wordt geschat dat de mechanici nog drie werkdagen nodig zullen hebben om in het atelier de elektrische kabels te trekken en de persluchtleidingen te leggen. Dit komt overeen met 24 werkuren per persoon, oftewel 48 uur in totaal. Tegen hetzelfde uurloon van €38,75 resulteert dit in een bijkomende kost van €1.860.

De elektrische aansluitingen worden uitgevoerd door elektriciens die onder looncode 28 vallen, met een bruto-uurloon van €35. Inclusief 25% sociale lasten bedraagt hun totaal uurloon €43,75. Er wordt geschat dat voor het aansluiten van motoren en sensoren twee elektriciens gedurende twee werkdagen nodig zullen zijn. Dit komt overeen met 16 uur per persoon, ofwel 32 uur in totaal, wat neerkomt op een kost van €1.400.

Ook voor het plaatsen van de bedieningskasten wordt geschat dat twee elektriciens gedurende twee werkdagen fulltime aan het werk zullen zijn. Dit komt neer op 16 uur per persoon, dus 32 werkuren in totaal, wat resulteert in een bijkomende kost van €1.400.

Tot slot wordt geschat dat het volledig aansluiten van de kasten met knoppen, schakelaars, noodstoppen en andere componenten vijf werkdagen in beslag zal nemen, met twee elektriciens die fulltime aan de slag zijn. Dit betekent 40 uur per persoon, ofwel 80 werkuren in totaal, wat neerkomt op een kost van €3.500.

De installatie en aansluiting van het labelingssysteem wordt uitgevoerd door Zetes en is gedetailleerd terug te vinden in de offerte van Zetes (bijlage E). De totale prijs hiervoor bedraagt €4.574.

De programmatie van het cameradetectiesysteem en het labelingssysteem, evenals de integratie met de software van Aperam voor de receptie van de teststukken, is in deze analyse buiten beschouwing gelaten. Dit is omdat er momenteel onvoldoende inzicht is in de complexiteit van de benodigde software en aansturingen, waardoor het niet mogelijk is om hier een correcte en onderbouwde inschatting van te maken.

Nu alle verschillende kosten met betrekking tot de installatie gekend zijn, wordt er een overzicht opgesteld om een volledig beeld te krijgen van de totale kost van de installatie. Tabel 10.1 geeft een samenvattend overzicht van al deze installatiekosten.

Tabel 10.1: Overzicht van de installatiekosten

Soort Kost	Totale Prijs
Betonwerken & materiaal	€3.000
Plaatsing systemen	€3.100
Kabels & leidingen leggen	€1.860
Elektrische aansluitingen	€1.400
Plaatsing bedieningskasten	€1.400
Aansluiting bedieningskasten	€3.500
Aansluiting & installatie Zetes	€4.574
Totale Kost	€18.834

10.2.6 Kostprijs van de opleidingen

De opleidingskosten zijn verwaarloosbaar. De bedieningskasten zijn duidelijk opgebouwd en eenvoudig in gebruik, waardoor geen bijkomende opleiding voor het interne personeel nodig wordt geacht.

De opleiding voor het labelingssysteem wordt verzorgd door Zetes en is volledig inbegrepen in de aankoopprijs, waardoor hiervoor geen bijkomende kosten in rekening worden gebracht.

10.2.7 Totaal kostenplaatje

Nu alle kostprijzen gekend zijn, kan een samenvattende tabel worden opgesteld om een duidelijk overzicht van het totale kostenplaatje te verkrijgen. In deze berekening wordt ook een onvoorziene kost van 10% meegenomen, om rekening te houden met mogelijke extra uitgaven. Dergelijke kosten kunnen bijvoorbeeld ontstaan door onverwachte problemen tijdens de implementatie, maar ook door bijkomend stroomverbruik bij het lassen of andere niet vooraf ingeschatte uitgaven. Tabel 10.2 geeft een overzicht van alle kosten en het totale kostenplaatje.

Tabel 10.2: Overzicht van de totale kost

Soort Kost	Totale Prijs (Excl. BTW)
Aanmaakdelen	€6.786
Aankoopdelen	€57.762
Bewerking & assemblage	€6.200
Besturingscomponenten	€8.194
Installatie in het atelier	€18.834
Totale Kost	€97.776
Onvoorziene kosten (10%)	€9.778
Gecorrigeerde Totale Kost	€107.554

Naast de investeringskosten moeten ook jaarlijkse exploitatiekosten worden meegerekend. Deze bedragen naar schatting €1.500 per jaar en zijn bestemd voor onderhoud, updates en periodieke inspecties.

10.3 Batenanalyse

10.3.1 Productiviteitswinst

Een van de belangrijkste voordelen is de aanzienlijke toename van de efficiëntie. Door de installatie te implementeren, worden bepaalde stappen volledig geautomatiseerd, wat leidt tot een flinke tijdsbesparing. Omdat het optimalisatiesysteem nog niet beschikbaar is, is er een schatting gemaakt van de tijdsreductie per stap. Tabel 10.3 geeft een overzicht van de tijdsregistratie tijdens een werkdag waarop 160 testplaten werden verwerkt. De totale tijd per stap is omgerekend naar de tijd per testplaat. Op basis daarvan is een extra tijdsschatting toegevoegd: de totale duur per testplaat met het nieuwe systeem.

Tabel 10.3: Tijdsregistratie huisig systeem vs geoptimaliseerd systeem

TAAK	TOTALE DUUR (MIN) (voor 160 teststukken)	TOTALE DUUR PER TESTPLAAT (SEC)	TOTALE DUUR PER TESTPLAAT VOOR NIEUW SYSTEEM (SEC)
1) Knippen tot testplaat	62	23	19
2) Scheiding schroot en testplaat	40	15	0
3) Coilnummers ingeven, extra info, noteren van coilnummers op plaat, ...	190	71	10
4) Knippen van teststrookjes, kastplaatjes	91	34	34
5) Uitsorteren van schrootstukjes (evt), teststrookjes en kastplaatjes	38	14	6
6) Verzamelen van teststrookjes en het "plooiën" voor freesmachine	28	11	11
7) Frezen & luchtpersen van olie, snijmelk, loshangend braam	95	36	36
8) Ontbramen van teststrookjes & in volgorde leggen van teststrookjes	52	20	5
9) Bestickeren van de teststrookjes	30	11	0
Totaal	626 MIN	235 SEC	121 SEC
Nieuw Systeem = 1'54" Sneller/Testplaat			

Het knippen tot testplaat wordt geschat op 19 seconden per testplaat, wat neerkomt op ongeveer 80% van de tijd die dit proces momenteel in beslag neemt. Deze tijdsreductie is te danken aan de toevoeging van een kogeltafel, die zorgt voor een betere ergonomie en een vlottere werkmethode.

De scheiding van schroot en testplaat is volledig geautomatiseerd dankzij het schrootscheidings-systeem. Terwijl de operator knipt, wordt het schroot automatisch gescheiden, waardoor dit geen extra tijd of handeling vereist van de operator.

Het manueel ingeven van coilnummers en het handmatig noteren ervan op de testplaten wordt vervangen door een geautomatiseerd labelingsysteem. De operator legt de plaat tegen de aanslagen, waarna het coilnummer automatisch gescand wordt. Vervolgens wordt een label geprint en op de testplaat aangebracht. Dit proces neemt naar schatting slechts 10 seconden per testplaat in beslag en maakt manuele registratie overbodig.

De volgende stap die efficiënter verloopt, is de scheiding tussen schroot, kastplaatjes en teststrookjes. Hoewel deze stap deels geautomatiseerd is, blijft er een handmatige handeling nodig voor de scheiding tussen kastplaatjes en teststrookjes. Hiervoor wordt nog een tijd van ongeveer 6 seconden per testplaat gerekend.

De daaropvolgende stap die efficiënter verloopt, is het ontbramen van de teststrookjes en het leggen ervan in de juiste volgorde. Voorheen werden de teststrookjes manueel in volgorde gelegd om het latere labelen te vergemakkelijken. Aangezien de strookjes nu tijdens het proces reeds gelabeld zijn, is het sorteren overbodig geworden en hoeven de strookjes enkel nog ontbraamd te worden. Voor het ontbramen wordt een nieuwe tijdsinschatting gemaakt van 5 seconden per teststrookje, in plaats van de oorspronkelijke 20 seconden.

Tot slot kan de laatste stap, het aanbrengen van stickers op de teststrookjes, volledig geschrapt worden. Omdat de strookjes nu al voorzien zijn van labels, is deze handeling niet langer nodig.

De belangrijkste conclusie die uit Tabel 10.3 kan worden getrokken, is de aanzienlijke tijdswinst per testplaat in het nieuwe geautomatiseerde proces ten opzichte van het huidige manuele proces. Waar het huidige proces gemiddeld 235 seconden per testplaat in beslag neemt, is dit in het nieuwe scenario teruggebracht tot 121 seconden. Dit betekent een besparing van 1 minuut en 54 seconden per testplaat. Er kan dus worden gesteld dat het nieuwe systeem gemiddeld 2 minuten efficiënter is per testplaat dan de huidige werkwijze.

10.3.2 Personeelskostenreductie

Een van de belangrijkste baten is de aanzienlijke toename in efficiëntie. Doordat het proces sneller en vlotter verloopt, kan worden geconcludeerd dat er een daling in de personeelskosten zal optreden, aangezien minder operatoren nodig zijn. Om de totale besparing te berekenen, wordt eerst het jaarlijkse loon van een operator in het Atelier bij Aperam bepaald. Vervolgens wordt gekeken naar het huidige aantal operatoren en vergeleken met het aantal dat nodig is in de nieuwe, geoptimaliseerde situatie.

Allereerst wordt het bedrag voor één FTE (*Full-Time Equivalent*) bepaald. Een FTE is een eenheid die aangeeft hoeveel voltijdse werkkrachten een organisatie inzet. Het personeel dat verantwoordelijk is voor de voorbereiding van teststukken valt onder loonschaal 14 bij Aperam, wat neerkomt op een bruto-uurloon van € 21. Hierop moet Aperam nog 25% aan sociale lasten (zoals RSZ, vakantiegeld, eindejaarspremie, verzekeringen, enz.) bijtellen. Dit resulteert in een totaal uurloon van € 26,25.

De werknemers presteren 8 uur per dag, 5 dagen per week, wat neerkomt op een weekloon van € 1.050. Gemiddeld telt een maand 4,35 weken, wat resulteert in een maandloon van € 4.567,50. Het jaarlijkse loon per FTE in het Atelier bedraagt dus € 54.810.

Momenteel wordt er gewerkt met maximaal drie personeelsleden. Op drukke dagen (maandag en dinsdag) zijn er gemiddeld drie medewerkers aanwezig, terwijl er op rustigere dagen (woensdag, donderdag en vrijdag) twee medewerkers actief zijn. In de geoptimaliseerde situatie wordt beoogd dit terug te brengen naar twee medewerkers op drukke dagen en één op rustige dagen, dankzij het efficiëntere proces. Dit betekent een vermindering van één FTE.

- Reductie van 1 FTE: jaarlijkse besparing = €54.810

10.3.3 Kwalitatieve baten

Naast de kwantificeerbare besparingen zijn er ook kwalitatieve voordelen die een belangrijke rol spelen:

- **Ergonomie:** Minder repetitieve fysieke handelingen.
- **Veiligheid:** Verminderde kans op arbeidsongevallen.
- **Motivatie:** Hogere tevredenheid bij het personeel.
- **Consistentie:** Levert een meer uniforme en betrouwbare kwaliteit op bij de voorbereiding van teststrookjes en kastplaatjes.

10.4 Vergelijking huidig versus nieuw scenario

Nu alle kosten en baten in kaart zijn gebracht, kan er een beknopt overzicht worden gegeven van de belangrijkste verschillen tussen het huidige en het nieuwe scenario. Tabel 10.4 biedt een duidelijk vergelijkend overzicht tussen de huidige manuele werkwijze en het nieuwe, geautomatiseerde systeem. Deze vergelijking toont op overzichtelijke wijze de efficiëntiewinst, kostenbesparing en procesoptimalisatie die met de automatisering gerealiseerd kunnen worden.

Tabel 10.4: Vergelijking tussen huidig en geautomatiseerd scenario

Categorie	Huidige situatie	Geautomatiseerd
Aantal werknemers	2 à 3 per shift	1 à 2 per shift
Gemiddelde tijd per teststuk	4 minuten	2 minuten
Arbidsongevallen per jaar	2 lichte letsels	Verwacht 0–1
Ergonomische beoordeling	Matig	Goed
Jaarlijkse personeelskost	€109.620 - €164.430	€54.810 - €109.620

10.5 Economische evaluatie

10.5.1 Situatie

Jaarlijks besparing

Zoals eerder besproken resulteert de automatisering van het systeem in een besparing van 1 fulltime equivalent (FTE). Dit betekent dat er jaarlijks één voltijdse medewerker minder nodig is voor de uitvoering van deze taken. Deze personeelsbesparing komt overeen met een geschatte jaarlijkse kostenbesparing van €54.810.

Jaarlijkse exploitatiekost

Zoals eerder besproken bedragen de jaarlijkse exploitatiekosten €1.500. Dit is het bedrag dat Aperam jaarlijks dient uit te geven om de installatie efficiënt en betrouwbaar operationeel te houden. Deze kosten omvatten onder andere onderhoudswerkzaamheden, software-updates en periodieke inspecties.

Discontovoet

Voor de economische evaluatie van het project wordt een discontovoet van 5% gehanteerd. Deze waarde weerspiegelt een realistisch rendement dat een investeerder minimaal zou verwachten, rekening houdend met de tijdswaarde van geld en het relatief lage risico verbonden aan dit type industriële installatie.

Gemiddelde looptijd (Lifecycle)

Op basis van de technische eigenschappen en typische gebruiksduur van de gebruikte componenten kan een inschatting gemaakt worden van de gemiddelde levensduur van de volledige installatie. De transportbanden en transportkar hebben een verwachte levensduur van ongeveer 10 tot 15 jaar, dankzij hun robuuste mechanische opbouw. Sensoren en het camera-detectiesysteem gaan gemiddeld 7 tot 10 jaar mee, afhankelijk van onderhoud. Het labelingsysteem heeft eveneens een geschatte levensduur van 10 jaar.

Wanneer deze waarden in rekening worden gebracht en er wordt uitgegaan van een gelijkmatige invloed van alle subsystemen op het geheel, wordt de gemiddelde levensduur van de volledige installatie geschat op circa 10 tot 11 jaar. Deze periode biedt een realistische verwachting voordat grote vervangingen of structurele vernieuwingen noodzakelijk worden.

Samenvattend

- Initiële investering: €107.554
- Jaarlijkse besparing: €54.810
- Jaarlijkse exploitatiekost: €1.500
- Discontovoet: 5%
- Gemiddelde looptijd (Lifecycle): 10 jaar

10.5.2 Payback Periode (Terugverdientijd)

Terugverdientijd (PP) is de periode die nodig is om de initiële investering volledig terug te verdienen via de gerealiseerde besparingen of opbrengsten. Hoe korter de terugverdientijd, hoe sneller het project zichzelf financiert. De PP wordt berekend met:

$$\text{Terugverdientijd (PP)} = \frac{\text{Initiële Investering}}{\text{Totale jaarlijkse besparing}} = \frac{107.554}{54.810 - 1.500} \approx 2,02 \text{ jaar}$$

De terugverdientijd van de volledig geoptimaliseerde installatie bedraagt 2,02 jaar. Dit betekent dat de initiële investering in iets meer dan twee jaar wordt terugverdiend dankzij de gerealiseerde besparingen, wat wijst op een economisch rendabele ingreep.

10.5.3 Return On Investment (Investeringsrendement)

Return on Investment (ROI) geeft het rendement van een investering weer, uitgedrukt als percentage van de oorspronkelijke investering. Het toont hoeveel winst een project oplevert ten opzichte van de kosten. In dit geval wordt de ROI berekend over de volledige looptijd van de installatie, die 10 jaar bedraagt. De ROI wordt berekend met:

$$\text{Return on Investment (ROI)} = \frac{\text{Totale besparingen} - \text{Totale kosten}}{\text{Initiële investering}} \times 100\%$$

De totale besparingen bedragen, in dit geval tienmaal de jaarlijkse besparing van €54.810 wat resulteert in €548.100 over de volledige looptijd. De totale exploitatiekosten bedragen tienmaal €1.500, oftewel €15.000. Dit leidt tot de volgende berekening:

$$\text{Return on Investment (ROI)} = \frac{548.100 - 15.000}{107.554} \times 100\% = 496\%$$

Een ROI van 496% houdt in dat de investering over de volledige levensduur van het systeem een netto-opbrengst genereert die bijna vijf keer zo hoog is als het oorspronkelijk geïnvesteerde bedrag. Met andere woorden, voor elke euro die werd geïnvesteerd, wordt er op termijn ongeveer €4,96 aan nettowinst gerealiseerd. Dit duidt op een zeer rendabele investering.

10.5.4 Netto Present Value (Netto contante waarde)

Netto Contante Waarde (NPV) is de som van alle toekomstige opbrengsten en kosten van een project, verrekend naar hun huidige waarde met behulp van een discontovoet. Een positieve NPV betekent dat het project financieel voordelig is. De NPV wordt berekend met:

$$\text{Netto Present Value (NPV)} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - I$$

Hierbij zijn:

- n = Gemiddelde looptijd (Lifecycle) = 10 jaar
- C_t = Netto kasstroom in jaar t (jaarlijkse besparing - jaarlijkse kosten) = €53.310
- r = Discontovoet (rentevoet) = 5%
- I = Initiële Investering = €107.554

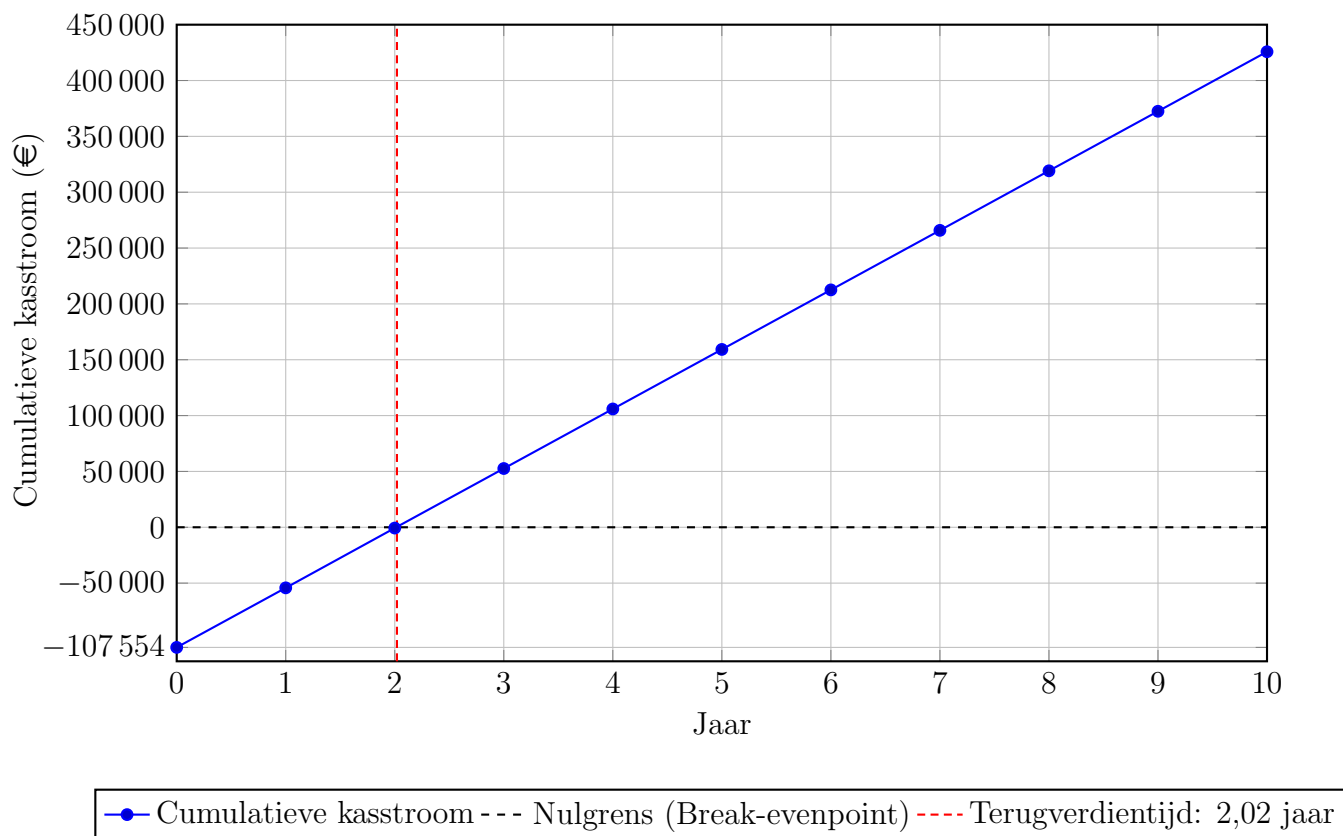
Deze gegevens invullen in de formule geeft:

$$\text{Netto Present Value (NPV)} = \sum_{t=1}^{10} \frac{53.310}{(1+0,05)^t} - 107.554 = 304.092$$

Een netto contante waarde (NPV) van €304.092 betekent dat, wanneer je de toekomstige kasstromen van dit project tegen een rentevoet van 5% vandaag waardeert, het project ruim €304.092 meer oplevert dan je initiële investering van €107.554. Dit geeft aan dat het project financieel zeer aantrekkelijk is en een positieve winst oplevert bovenop wat je geïnvesteerd hebt, rekening houdend met de tijdswaarde van geld. Met andere woorden, door dit project uit te voeren, verdien je ruim €300.000 extra aan waarde. Omdat de NPV positief is, is het in principe een goed idee om het project te starten, als de NPV negatief zou zijn, zou het betekenen dat je geld verliest in termen van de contante waarde.

10.6 Grafische voorstelling

Tot slot wordt de economische evaluatie grafisch voorgesteld in figuur 10.1. In deze grafiek is duidelijk te zien waar het break-evenpunt zich bevindt en wordt de terugverdientijd visueel weergegeven. Daarnaast worden ook de jaarlijkse besparingen en exploitatiekosten in rekening gebracht, zodat een volledig beeld ontstaat van de evolutie van de cumulatieve kasstroom over de jaren heen.



Figuur 10.1: Cumulatieve kasstroom inclusief jaarlijkse besparingen en exploitatiekosten

De grafiek maakt duidelijk dat de terugverdientijd wordt bepaald door het moment waarop de cumulatieve kasstroom de breakeven-lijn kruist. Dit gebeurt bij iets meer dan 2 jaar.

Daarnaast is goed zichtbaar dat na een looptijd van 10 jaar de cumulatieve kasstroom uitkomt op ongeveer €420.000. Dit bedrag komt overeen met de som van de netto contante waarde (NPV) van €304.092 en de initiële investeringskost van €107.554.

Verder valt op dat de investering na een looptijd van 10 jaar ongeveer vijf keer zoveel oplevert, wat overeenkomt met een ROI van 496%.

Hoofdstuk 11

Conclusie & suggesties voor bijkomende optimalisaties

11.1 Conclusie

In deze masterproef werden de bestaande problemen binnen het voorbereidingsproces van roestvast stalen teststukken voor het mechanisch labo van Aperam in kaart gebracht. Dit werd gedaan door een grondige analyse van het flowproces en het uitvoeren van tijdsregistraties. Deze aanpak maakte het mogelijk om knelpunten nauwkeurig te identificeren en te begrijpen waar de inefficiënties zich voordeden.

Een eerste aanpassing werd uitgevoerd op vlak van veiligheid en ergonomie, waaronder het draaien van de schaar. Hoewel dit het werk veiliger maakte, ontstond hierdoor een nieuw knelpunt: de heftruckchauffeur kon de schrootbakken niet langer ophalen. Dit bracht een bijkomend probleem aan het licht en leidde tot de ontwikkeling van een aanvullende oplossing.

Via brainstormsessies, schetsen, en het aftoetsen van noden en eisen bij personeel en experts werd een eerste ontwerp opgesteld om het inefficiënte proces te optimaliseren. De voorgestelde oplossing bestaat uit vier grote onderdelen: een schrootscheidingssysteem, een schroottransport-systeem, een labelingsysteem en de implementatie van een kogeltafel.

Op basis van maktonderzoeken werd een eindoplossing uitgewerkt in het CAD-programma PTC Creo. Het resultaat hiervan is een schroottransportsysteem dat schrootbakken transporteert van de schaar naar de ingang van het atelier en omgekeerd. Het schrootscheidingssysteem scheidt automatisch het goede materiaal van het schroot na het knippen met behulp van transportbanden en een cameradetectiesysteem. Het labelingsysteem voorziet automatisch elke testplaat van een label met bijbehorende barcodes, geschikt voor twee teststrookjes en één kastplaatje. Voor ergonomische verbeteringen werd een kogeltafel toegevoegd, zodat grote aanvoerplaten gemakkelijker gemanipuleerd kunnen worden tijdens het knipproces.

Aan de hand van het mechanisch ontwerp werd ook de aansturing uitgewerkt. Hierbij werd aangegeven welke besturingscomponenten gebruikt worden en hoe de installatie effectief werkt, met behulp van cameravisiesystemen, sensoren en andere technologieën.

Nadat het volledige ontwerp was uitgewerkt, werd een uitgebreide risicoanalyse uitgevoerd. Hieruit bleek onder andere dat er een reëel ingrijpgevaar bestond bij roterende onderdelen. Om dit risico te beperken, werd een veiligheidshekwerk rond de volledige installatie voorzien. Daarnaast kwamen er tijdens de analyse ook andere veiligheidsrisico's aan het licht. Deze konden adequaat worden aangepakt door het voorzien van duidelijke signalisatie, aangepaste opleidingen en het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, zodat een veilige werkomgeving gegarandeerd blijft.

Verder werd er een onderhoudsplan opgesteld waarin duidelijk wordt aangegeven waar operatoren en/of mechanikers op moeten letten en welke acties ze moeten ondernemen bij het onderhoud van de installatie. Aanvullend werden onderhoudsschema's uitgewerkt voor de verschillende onderdelen, met concrete aanduidingen van onderhoudspunten en frequenties.

Tot slot werd een investeringsanalyse uitgevoerd waarin het huidig systeem vergeleken werd met het nieuwe ontwerp. De totale investering voor de volledige optimalisatie bedraagt €107.554. De verwerking van een aanvoerplaat tot twee teststrookjes en één kastplaatje nam oorspronkelijk 4 minuten in beslag. Dankzij het nieuwe systeem wordt deze tijd gehalveerd tot 2 minuten per testplaat. Door deze aanzienlijke tijdsreductie en de daarmee gepaard gaande efficiëntiewinst kan gesteld worden dat er een equivalent van 1 FTE bespaard kan worden, wat neerkomt op een jaarlijkse kostenbesparing van €54.810.

De installatie zorgt voor een significante daling van personeelskosten, en levert bijkomende voordelen op het vlak van ergonomie, veiligheid en efficiëntie. De terugverdientijd bedraagt iets meer dan twee jaar. De netto contante waarde (NPV) na een gemiddelde looptijd van tien jaar bedraagt €304.092. De investering is daarmee niet alleen financieel rendabel, maar ook strategisch verantwoord voor Aperam.

Een eventuele uitvoering van dit project kan een aanzienlijke meerwaarde creëren voor het bedrijf, zowel in termen van directe besparingen als in het vrijmaken van middelen voor toekomstige strategische of innovatieve projecten.

11.2 Suggesties voor bijkomende optimalisatie

Hoewel deze masterproef geleid heeft tot een grondige optimalisatie van het voorbereidingsproces van roestvast stalen teststukken, zijn er daarnaast nog enkele aanvullende verbeterpunten geïdentificeerd. Deze maken geen deel uit van de kern van het uitgewerkte project, maar zouden in de toekomst kunnen bijdragen aan een nog efficiëntere en rendabelere werking. Het betreft hier optimalisaties die inspelen op resterende kleine knelpunten of op kansen tot verdere automatisering en procesverbetering. Door ook deze elementen in overweging te nemen, kan de continuïteit en competitiviteit van het productieproces nog verder versterkt worden.

1. Integratie van QR-codes op stickers van aanvoerplaten

Een mogelijke verbetering is het toevoegen van QR-codes op de stickers van de aanvoerplaten, waarin het juiste deelnummer van de bijbehorende coil is opgenomen. Momenteel geeft het labelingsysteem per coilnummer aan welke deelnummers mogelijk zijn, waarna de operator handmatig het correcte deelnummer moet selecteren. Dit is tijdrovend en foutgevoelig.

Door de aanvoerplaten te voorzien van een QR-code waarin het juiste deelnummer gecodeerd is, kan het labelingsysteem deze informatie automatisch uitlezen. Zo wordt het labelproces volledig geautomatiseerd: het systeem herkent bij het scannen direct het juiste deelnummer, zonder tussenkomst van de operator. Dit verhoogt de efficiëntie, reduceert het risico op fouten en verbetert de traceerbaarheid en betrouwbaarheid van het proces.

2. Automatische instelling van het mes van de schaar

Op dit moment wordt het mes van de schaar handmatig ingesteld op basis van het type plaatmateriaal, waarbij een snijbreedte van 20 mm wordt gebruikt voor teststrookjes en 40 mm voor kastplaatjes. Een verdere automatiseringsslag kan gerealiseerd worden door de schaar uit te rusten met een barcodescanner. Wanneer het label met barcode op een plaat gescand wordt, kan het systeem herkennen of het gaat om een teststrookje of een kastplaatje. Door die informatie te koppelen aan vooraf ingestelde knipbreedtes, zou het mes van de schaar automatisch kunnen worden afgesteld. Dit zou de omsteltijd verder reduceren en het risico op menselijke fouten minimaliseren.

3. Transportband 1 voorzien van railsysteem

Transportband 1 is momenteel integraal onderdeel van de installatie en kan bij defecten of onderhoud niet eenvoudig verplaatst worden. Een praktische verbetering is om deze transportband op een railsysteem te monteren, zodat de transportband eenvoudig van onder de schaar vandaan gereden kan worden. Hierdoor kan de transportband snel opzij worden geschoven bij storingen of herstellingen, wat de toegankelijkheid en het onderhoudsgemak aanzienlijk verbetert. Dit verhoogt de beschikbaarheid van de installatie, vermindert stilstandtijd en verbetert daarmee de totale procesbetrouwbaarheid.

Literatuurlijst

- [1] OpenAI, “ChatGPT.” 10 April 2025. [Online]. Beschikbaar: <https://chat.openai.com/chat>.
- [2] C. Lecomte, “Genk, Belgium.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.aperam.com/genk-belgium/>. [Geraadpleegd op 25 februari 2025].
- [3] “Home | Aperam Genk | Roestvast staal.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.aperamgenk.be>. [Geraadpleegd op 25 februari 2025].
- [4] “Autodesk Inventor Software | Get Prices & Buy Official Inventor 2025.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [5] “Global Leader in Product Lifecycle Management Software | PTC.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.ptc.com/en>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [6] “Vibrating Screens - Its Uses, Types, Benefits & More!.” [Online]. Beschikbaar: <https://dphengg.com/blogs/top-3-things-about-vibrating-screens/>. [Geraadpleegd op 4 april 2025].
- [7] “The Benefits of Using Robotic Vision for Automation Applications.” [Online]. Beschikbaar: <https://dreamvu.com/the-benefits-of-using-robotic-vision-for-automation-applications/>. [Geraadpleegd op 4 april 2025].
- [8] “Automated Guided Vehicles (AGV) | Meaning, Types & Use-Cases.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.autostoresystem.com/insights/what-is-an-automated-guided-vehicle-agv>. [Geraadpleegd op 4 april 2025].
- [9] “Autonomous Mobile Robot (AMR) Overview: Types and Use Cases.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.intel.com/content/www/us/en/robotics/autonomous-mobile-robots/overview.html>. [Geraadpleegd op 4 april 2025].
- [10] “Wat is lasergraveren? Werken, Voordelen, En nadelen.” [Online]. Beschikbaar: <https://commarker.com/nl/what-is-laser-engraving-working-advantages-and-disadvantages/>. [Geraadpleegd op 4 april 2025].
- [11] “Inkjet Printing: Advantages & Disadvantages | Helloprint.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.helloprint.co.uk/blog/what-is-inkjet-printing/>. [Geraadpleegd op 4 april 2025].
- [12] “What are RFID Tags, What are They Used for? - Camcode.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.camcode.com/blog/what-are-rfid-tags/>. [Geraadpleegd op 3 april 2025].
- [13] “The Ball Transfer Units Original Manufacturer | Omnitrack.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.omnitrack.com/>. [Geraadpleegd op 13 maart 2025].

- [14] “Types, Production and Uses of Conveyor Belts.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.iqsdirectory.com/articles/conveyor-belts.html>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [15] J. Smith, “Uses And Types of Conveyor Belt Material.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.gramconveyor.com/types-of-conveyor-belt-material/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [16] “Standaard transportbanden.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.acb-transportbanden.nl/transportbanden/rubber-transportbanden/standaard-transportbanden/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [17] “PVC transportbanden.” [Online]. Beschikbaar: <https://nk-technics.nl/transportbanden/pvc-transportbanden>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [18] C. v. d. Meer, “PU-transportbanden van 3 meter breed • AT-Aandrijftechniek.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.at-aandrijftechniek.nl/nieuws/pu-transportbanden-van-3-meter-breed/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [19] “Textile Fabric Drying Belts.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.techbelt.com/textile-fabric-drying-belts/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [20] J. Smith, “Essential Belt Conveyor Details: Components and Functions.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.gramconveyor.com/belt-conveyor-details/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [21] “Platenband voor heavy duty toepassingen.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.heiligbv.com/nl/producten/transportsystemen/platenband/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [22] J. Smith, “Steps and Tips on How to Design Belt Conveyor.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.gramconveyor.com/how-to-design-belt-conveyor/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [23] “EUROBELT a.s. | Profiled Conveyor Belts.” [Online]. Beschikbaar: https://www.eurobelt.eu/conv_belts/sectional-belts. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [24] “Geprofileerde rubber banden - Belting Transportbanden.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.belting.be/nl/transportband/transportbanden-rubber/geprofileerde-rubber-banden/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [25] “Trogband - Douw Transportbanden en Transportsystemen.” [Online]. Beschikbaar: <https://douw-transportbanden.nl/transportbanden/trogband>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [26] “Kunststof schakelbanden.” [Online]. Beschikbaar: <https://intocon.be/product/transportsystemen-nl/kunststof-schakelbanden/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [27] “Motor Driven Rollers | Motor Power Company.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.motorpowerco.com/motor-driven-rollers>. [Geraadpleegd op 31 maart 2025].
- [28] “Positive Drive banden - Transportbandaandrijving.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.transportbandaandrijving.nl/toepassingen/positive-drive-banden/>. [Geraadpleegd op 31 maart 2025].

- [29] “Driven rollers with sprocket.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.ros.eu/en/single-sprocket-rollers>. [Geraadpleegd op 31 maart 2025].
- [30] “Rollers with double sprocket.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.ros.eu/en/double-sprocket-rollers>. [Geraadpleegd op 31 maart 2025].
- [31] “Rollers with tooth belt sprocket.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.ros.eu/en/rollers-with-tooth-belt-sprocket>. [Geraadpleegd op 31 maart 2025].
- [32] “Keertrommels / keerrollen | ACB Transportbanden.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.acb-transportbanden.nl/rollen/transportrollen/keertrommels-keerrollen/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [33] “Rolbekleding | Betrouwbare kennispartner.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.acb-transportbanden.nl/rollen/rolbekleding-trommelbekleding/>. [Geraadpleegd op 20 februari 2025].
- [34] “Narviflex-Rollen für schwere Anwendungen.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.narviflex.be/rollen-heavy-duty>. [Geraadpleegd op 22 februari 2025].
- [35] “Mc-Idler Composite.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.narviflex.be/rollen-heavy-duty-1/mc-idler-composite>. [Geraadpleegd op 22 februari 2025].
- [36] “Mc-Idler PU.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.narviflex.be/rollen-heavy-duty-1/mc-idler-pu>. [Geraadpleegd op 22 februari 2025].
- [37] “NBL-Draagrol (Staal Gecoat).” [Online]. Beschikbaar: [https://www.narviflex.be/rollen-heavy-duty-1/nbl-draagrol-\(staal-gecoat\)](https://www.narviflex.be/rollen-heavy-duty-1/nbl-draagrol-(staal-gecoat)). [Geraadpleegd op 22 februari 2025].
- [38] “NBL MC DISC.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.narviflex.be/rollen-heavy-duty-1/nbl-mc-disc>. [Geraadpleegd op 22 februari 2025].
- [39] “Trommels en Rollen.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.narviflex.be/trommels-rollen>. [Geraadpleegd op 22 februari 2025].
- [40] “Industriële tandwielen en transmissies | oxida.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.oxida.be/nl/nieuws/industriële-tandwielen-en-transmissies>. [Geraadpleegd op 23 februari 2025].
- [41] “Aandrijfrol transportband - mk Technology Group.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.mk-transportssystemen.be/aandrijfrol-transportband/>. [Geraadpleegd op 23 februari 2025].
- [42] “Afdichting bij roterende toepassing | Hoe werkt een oliekeerring?.” [Online]. Beschikbaar: <https://techniekgids.nl/aandrijftechniek-mechanisch/>. [Geraadpleegd op 23 februari 2025].
- [43] “Chain-Driven Drives.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.westriverconveyors.com/products/terminal-equipment/belt-drives/chain-driven-drives/>. [Geraadpleegd op 23 februari 2025].
- [44] “SITI – Motorreductor – Motoraandrijving – Wormwielreductor – RP Techniek.” [Online]. Beschikbaar: <https://rpttechniek.nl/industriële-machinebouw/motorreductor/>. [Geraadpleegd op 23 februari 2025].
- [45] “Mechanische assemblage en plaatconstructie.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.abm-tecna.be/nl/mechanische-assemblage-en-plaatconstructie/>. [Geraadpleegd op 23 februari 2025].

- [46] “De voordelen en nadelen van verschillende railsystemen: een uitgebreide vergelijking..” [Online]. Beschikbaar: <https://maurikssolutions.com/de-voordelen-en-nadelen-van-verschillende-railsystemen>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [47] “Spoorwegnormen begrijpen: een uitgebreide gids - KSCRANE.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.kscranegroup.com/nl/posts/understanding-rail-standards-a-comprehensive-guide/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [48] “Railsystemen.” [Online]. Beschikbaar: <https://bemorail.nl/railtechniek/railsystemen/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [49] “Soorten EOT-kranen: bovenlopende en onderhangende kranen (met infographic).” [Online]. Beschikbaar: <https://www.dgcrane.com/nl/posts/types-of-eot-cranes-top-running-and-underhung-cranes-with-infographic/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [50] “Lineaire actuatoren met tandheugel en rondsel.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.rollon.com/nld/nl/familie/actuatoren/lineaire-actuatoren-met-tandheugel-en-rondsel/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [51] HILTI, “Modulaire railsystemen.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.hilti.nl/content/hilti/E3/NL/nl/engineering/design-center/modular-support-systems.html>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [52] D. Collins, “Linear actuators: belt driven vs. rack and pinion driven.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.linearmotiontips.com/linear-actuators-belt-driven-vs-rack-and-pinion-driven/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [53] “Belt, Chain, and Gear Drives: Which Is Better For You? - MROSupply.com.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.mrosupply.com/blog/belt-chain-and-gear-drives-which-is-better-for-you/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [54] “Geleidingswielen voor elke toepassing | Blickle.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.blickle.be/nl-be/raadgever/geleidingswielen>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [55] “Verzint stalen wiel met rechthoekige groef - Draagvermogen 150 tot 425 kg | Manutan.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.manutan.be/nl/mab/wiel-van-verzinkt-staal-met-rechthoekige-groef-draagv-150-tot-425-kg-a068089>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [56] “Gietijzeren wiel voor spoorrails - Draagvermogen 400 tot 3500 kg - Kogellager | Blickle | Manutan.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.manutan.be/nl/mab/nl-gietijzeren-wiel-voor-wagen-draagvermogen-400-tot-3500-kg-kogellager-a008283>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [57] Plusprinters, “Selecting the Best Sticker Material: A Practical Guide.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.plusprinters.com/blog/best-sticker-material/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [58] B. L. Packaging, “Different types of label materials and facestocks: Pros and cons.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.bluelabelpackaging.com/blog/pros-cons-different-label-materials/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [59] “Understanding Laser Scanners.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.faro.com/en/Resource-Library/Article/understanding-laser-scanners>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].

- [60] U. Optics, “Barcode Scanner Technology | Custom Lens Design.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.universeoptics.com/barcode-scanner-technology-explained/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [61] “What is OCR? - Optical Character Recognition Explained - AWS.” [Online]. Beschikbaar: <https://aws.amazon.com/what-is/ocr/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [62] “Het verschil tussen Direct Thermisch en Thermisch Transfer.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.euro-label.nl/blogs/alle-blogs/het-verschil-tussen-direct-thermisch-en-thermisch/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [63] “Advantages and Disadvantages of Laser Printer.” [Online]. Beschikbaar: <https://aspiringyouths.com/advantages-disadvantages/laser-printer/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [64] I. Technologies, “What are the Different Types of Labeling Machines? -.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.interpacktechnologies.com/what-are-the-different-types-of-labeling-machines/>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [65] “Labeling Systems Explained: Videojet Label, Print, and Apply.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.videojet.com/us/homepage/resources/glossary/product-coding/labeling-systems.html>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [66] “Semi-automatic high-precision labeling machine, can be labeled with a variety of flat products.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.youtube.com/shorts/SJ-4MmNtnU>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [67] ALTECH, “Label Applicator Machine - ALTECH.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.youtube.com/watch?v=M44GjK5oS9s>. [Geraadpleegd op 24 februari 2025].
- [68] “SEW-EURODRIVE drive selection - application selection.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.sew-eurodrive.de/os/ds/>. [Geraadpleegd op 25 maart 2025].
- [69] “Blickle wielen en zwenkwielen.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.blickle.be/nl-be/product/-w,->. [Geraadpleegd op 18 februari 2025].
- [70] “KEYENCE INTERNATIONAL (BELGIUM) NV/SA.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.keyence.eu/>. [Geraadpleegd op 5 mei 2025].
- [71] SEW Eurodrive, “High load, high temperature, high viscosity grease | SKF.” [Online]. Beschikbaar: <https://www.skf.com/ph/products/lubrication-management/lubricants/high-load-high-temperature-high-viscosity>. [Geraadpleegd op 18 mei 2025].
- [72] SEW Eurodrive, “Mounting Positions.” [Online]. Beschikbaar: <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11234512G04.pdf>. [Geraadpleegd op 18 mei 2025].

Bijlage A

Technische dossier (Externe bijlage)

De fysieke map met het volledige dossier bevat onder andere technische 2D-tekeningen, maakdelen, koopdelen en datasheets. Deze map is als bijlage toegevoegd bij de ingediende thesis en kan geraadpleegd worden ter ondersteuning van de beschreven onderdelen in dit rapport.

Bijlage B

HSSE VEI PRC Risico-analyse Aperam Genk

HSSE VEI PRC Risico-analyse Aperam Genk

Uit Aperam Wiki

Inhoud

- 1 Bestemming
- 2 Doel
- 3 Algemeen
- 4 Inschatting van de grootte van het risico
 - 4.1 Ernst (E)
 - 4.2 Blootstelling (B)
 - 4.3 Waarschijnlijkheid (W)
 - 4.4 Risicoscore (R)
- 5 Praktische uitvoering van de taakanalyses
- 6 Selectie van het vereiste Performance Level

1 Bestemming

Alle personeelsleden van Aperam Genk.

2 Doel

Een risicoanalyse heeft als doel om gevaren die zich kunnen voordoen tijdens de uitvoering van het werk op voorhand te identificeren, zodat tijdig de nodige maatregelen genomen kunnen worden om het werk veilig te kunnen uitvoeren.

3 Algemeen

Er zijn meerdere methodes om een risicoanalyse uit te voeren; de volgende aspecten komen hierbij steeds aan bod:

- Identificatie van de risico's;
- Inschatting van de grootte van het risico;
- Beoordeling of er maatregelen genomen moeten worden;
- Voorstellen van maatregelen;
- Beoordeling of de maatregelen het risico voldoende reduceren.

Risicoanalyses worden bij voorkeur uitgevoerd in groep; de betrokkenen zijn op de hoogte van de activiteit die wordt geanalyseerd en van de manier waarop een risicoanalyse wordt uitgevoerd. Voor ondersteuning bij het uitvoeren van risicoanalyses kan de dienst HSE-support of HSSE worden gecontacteerd.

De risicoanalyse die Aperam gebruikt en in deze procedure wordt beschreven houdt rekening met de 'preventiehiërarchie' ^[1]. Dit principe helpt in de keuze van de maatregelen: hoe hoger de maatregel in de hiërarchie staat, hoe efficiënter het risico wordt gereduceerd:

- Eliminatie/reductie van het risico
- Maatregelen die moeilijk te omzeilen zijn (bv muur, hekwerk dat niet kan worden verwijderd) of functionele beveiligingen
- Collectieve beschermingsmaatregelen, niet beveiligd
- Opleiding/procedures
- Persoonlijke beschermingsmiddelen/signalisatie

Het is niet steeds mogelijk en/of nodig om de maatregel die het hoogste in de hiërarchie staat toe te passen. Het kan ook nodig zijn om meerdere maatregelen te nemen om een veilige werkmethode te bereiken.

De Risicoanalyse Aperam Genk kan worden gebruikt om de risico's die zich voordoen bij het uitvoeren van een specifiek taak (= taakrisicoanalyse, TRA) te evalueren, en kan eveneens gebruikt worden om de risico's die aanwezig zijn op een specifieke werkpost (= werkpostanalyse, WPA) te evalueren.

Een werkpostanalyse kan worden uitgevoerd wanneer:

- het een specifieke werkpost/zone betreft, en,
- er voor de repetitieve taken in deze zone een geschreven instructie wordt opgesteld (werkkaart, werkvoorschrift,).

Er kunnen derhalve verschillende geschreven instructie gekoppeld worden aan één WPA.

4 Inschatting van de grootte van het risico

De grootte van een risico wordt beoordeeld op basis van 3 factoren:

- **Ernst (E):** inschatting van de ernst van het letsel dat kan worden veroorzaakt tijdens de beschouwde activiteit
- **Blootstelling (B):** inschatting van de frequentie en duur van de activiteit van de activiteit
- **Waarschijnlijkheid (W):** inschatting van de mogelijkheid op letsel in de beschouwde omstandigheden

Op basis van de inschatting wordt aan iedere factor een cijfer toegekend (zie verder). De grootte van het risico wordt berekend door de drie factoren te vermenigvuldigen ($E \times B \times W$). Onderstaand worden de 3 factoren besproken.

4.1 Ernst (E)

Om de ernst van het letsel dat kan worden veroorzaakt in te schatten, wordt gekeken naar de lichamelijke gevolgen die door een ongeval kunnen worden veroorzaakt.

Gevolg	Symptoom	factor E	Voorbeelden
Verwaarloosbaar	Ongemak	0.5	Medische verzorging is niet nodig
Klein	Eerste hulp	1	Lichte schaafwonde, blauwe plek, ..
Matig	Omkeerbaar letsel	3	Snijwonde, breuk, brandwonde ...
Groot	Onomkeerbaar letsel	7	Amputatie, blind, ...
Kritisch	Dodelijk ongeval	30	

4.2 Blootstelling (B)

De blootstelling is een parameter die zowel met de duur van de activiteit als met de frequentie waarmee de activiteit wordt uitgevoerd rekening houdt.

	Max 1h per post	1h tot 4h per post	Meer dan 4h per post
1x per jaar of minder	1	2	3
Maandelijks	3	4	5
Iedere 2 weken	5	6	7
Wekelijks	6	7	8
Dagelijks	8	9	10

4.3 Waarschijnlijkheid (W)

De waarschijnlijkheid is de inschatting van de mogelijkheid dat het vernoemde letsel zich zal voordoen. Hierbij wordt rekening gehouden met de preventiehiërarchie: hoe hoger de maatregel staat in de preventiehiërarchie, des te meer wordt het risico gereduceerd.

Waarschijnlijkheid	Beoordeelde maatregel	Factor	Voorbeeld
Zeer waarschijnlijk	Geen beschermingsmaatregelen toegepast	10	
Waarschijnlijk	Uitsluitend PBM	7	Dragen van een valharnas, dragen van een persoonlijke gasdetectie; ...
Mogelijk	PBM in combinatie met aangepaste opleiding, training, werkinstructie ...	3	Dragen van een valharnas en procedure ivm werken op hoogte is gekend; ...
Onwaarschijnlijk	CBM die eenvoudig kan omzeild worden	0.5	Hekwerken met niet beveiligde poortjes
Erg Onwaarschijnlijk	CBM die eenvoudig kan omzeild worden in combinatie met opleiding	0.2	Hekwerken met niet beveiligde poortjes + werknemers kennen de procedures; inbeslagname met labels; ...
Vrijwel onmogelijk	CBM die niet kan omzeild worden	0.1	Hekwerken met functioneel beveiligde poortjes; inbeslagname volgens Rimses safety in combinatie met LOTOTO; ...

4.4 Risicoscore (R)

De risicoscore (R) is een indicatie van de grootte van het risico. Deze wordt als volgt berekend: $R = E \times B \times W$

Risicoscore	Classificatie	Maatregelen
< 20	Laag risico	Activiteit kan worden uitgevoerd
$20 \leq R < 200$	Matig risico	Activiteit kan onder voorbehoud worden uitgevoerd (#)
$200 \leq R \leq 400$	Hoog risico	Activiteit mag enkel worden voortgezet na het nemen van (tijdelijke) maatregelen die het risico reduceren tot niveau 'Matig risico' (*)
$R > 400$	Extreem risico	Activiteit wordt gestopt en gerapporteerd aan de aan de afdelingsingenieur. Verdere actie onder beheer van de afdelingsingenieur (^)

(#) Matig risico:

Onderzoek om de maatregelen verder te reduceren tot niveau < 20 dient binnen één maand afgerond te zijn. Indien er geen haalbare maatregelen (technisch / organisatorisch / financieel) kunnen worden voorgesteld om het risico verder te reduceren kan de activiteit worden uitgevoerd mits formele goedkeuring van de risicoanalyse door de afdelingsingenieur.

(*) Hoog risico:

De activiteit wordt onderbroken en pas hervat als uit de risicoanalyse blijkt dat de beschreven maatregel het risico voldoende reduceert ($R < 200$). Indien de voorgestelde maatregel tijdelijk is, wordt voor de permanente maatregel de streefdatum, de verantwoordelijke en de status aangeduid in de risicoanalyse. Indien er geen haalbare maatregelen (technisch / organisatorisch / financieel) kunnen worden voorgesteld om het risico verder te reduceren kan de activiteit worden uitgevoerd mits formele goedkeuring van de risicoanalyse door de afdelingsmanager (KW / SFA / Projecten).

(^) Extreem risico:

De activiteit wordt stopgezet en gerapporteerd aan de afdelingsingenieur. In overleg met de afdelingsingenieur worden verdere acties afgesproken. De afdelingsingenieur zal eveneens evalueren of er op de site nog gelijkaardige activiteiten plaatsvinden en zal dit desgevallend bespreken met de afdelingsmanager.

5 Praktische uitvoering van de taakanalyses

Het moederdocument kan je openen via deze link [HSSE VEI FRM Risico-analyse Aperam Genk](#). Dit document kan je zelf niet bewerken. Je dient hiervan een kopie te nemen en na het uitvoeren van de risico-analyse kan je deze lokaal bewaren.

In het document geef je volgende gegevens in. Geef in de hoofding het bereik, de afdeling en de machine in. Het bereik en de afdeling selecteer je uit een drop-down lijst. Indien jouw afdeling of bereik niet zijn vermeld, contacteer dan de dienst HSSE).

Geef de namen in van degene die hebben meegewerkt aan de risicoanalyse en de datum waarop dit is gebeurd. Selecteer of het gaat om een taakrisicoanalyse of een werkpostanalyse, en geef hiervan een beknopte omschrijving.

Omschrijf vervolgens de activiteiten die je wil beoordelen bij de TRA of WPA. Vervolgens selecteer je de aard van het risico (uit de drop-down lijst) die gekoppeld is aan het uitvoeren van de activiteiten. Indien er meerder risico's gekoppeld kunnen worden aan één activiteit, wordt dit op een nieuwe rij aangeduid.

Als de aard van het risico niet is opgenomen in de drop-down lijst, contacteer dan de dienst HSSE. In de kolom 'omschrijving' kan er vrij tekst worden toegevoegd indien dit nodig is. Vervolgens worden de ernst, blootstelling en waarschijnlijkheid ingevuld conform de toelichting in de vorige sectie. Eerst wordt de beoordeling gemaakt zonder bijkomende maatregelen ('Startrisiko'). De risicogrootte hiervan wordt automatisch berekend op basis van de ernst, blootstelling en waarschijnlijkheid.

Indien nodig worden er maatregelen gedefinieerd om het risico te reduceren. De risicogrootte wordt vervolgens opnieuw beoordeeld, rekening houdend met de beschreven maatregel. Voor tijdelijke maatregelen wordt de verantwoordelijke voor de uitvoering, de streefdatum en de status opgenomen in de risicoanalyse.

RIBICODANALYSE Aparam Genk		Bereik	Afdeling	Machine	Deelnemers aan opstellen TRA	Goedgekeurd door	Datum laatste update							
Betreft: Taakrisicoanalyse (TRA) Werkpostanalyse (WPA)			Omschrijving Taak / Werkpost											
Activiteit	Voorgesteld risico		Risico-inschaffing en evaluatie				Maatregelen en inschaffing risico's				Omschrijving acties			
	Aard risico (selectie uit drop down list)	Omschrijving	Startrisico				Te nemen maatregelen	Risico-inschaffing en evaluatie				Verantwoordelijke uitvoerder	Streefdatum realisatie	Actie uitgevoerd (OK)
								Risico's						
			E	B	W	H		E	B	W	H			
1						0					0			
2						0					0			
3						0					0			
4						0					0			
5						0					0			
6						0					0			
8						0					0			
7						0					0			
8						0					0			
9						0					0			
10						0					0			
11						0					0			
12						0					0			
13						0					0			
14						0					0			
15						0					0			
16						0					0			
17						0					0			
18						0					0			
19						0					0			

Berekening PL op basis van Ernst en Blootstelling

E	B	
		S1 F1

Voorgesteld PL bij functionele beveiliging

	PLB
--	-----

Bij het uitvoeren van een risicoanalyse is het belangrijk om rekening te houden met zo veel mogelijk aspecten. Betrek daarom steeds de uitvoerders van het werk bij het opstellen van de risicoanalyse.

Als de voorgestelde maatregel betrekking heeft op een functionele beveiliging, kan het Performance Level worden berekend op basis van de mogelijke ernst van het letsel en de blootstelling aan het gevaar (zie sectie 4). Neem daarvoor de ernst en blootstelling het 'startrisico', en vul deze in in de berekeningstabel van het performance level. Neem het voorgestelde Performance Level over bij de te nemen maatregel (bijvoorbeeld: 'Functionele beveiliging hekwerk Pld').

6 Selectie van het vereiste Performance Level

Machines of installatie kunnen worden uitgerust met veiligheidsfuncties (bijvoorbeeld vergrendelingen op een hekwerk, lichtgordijnen, ... die bij activatie de werking van de machine sturen). Veiligheidsfuncties dienen voldoende betrouwbaar te zijn om de veiligheidsrisico's afdoende te reduceren.

Deze analyse is de bepaling van het performance level. EN 13849-1 beschrijft de veiligheidseisen en geeft adviezen om de veiligheidsfuncties te realiseren.

Omdat de definities in EN 13849-1 voor blootstelling en ernst verschillen van de definities die worden gebruikt in de risicoanalyse, wordt het vereiste performance level niet bepaald aan de hand van de risicograaf die in annex van de norm is opgenomen, maar wel aan de hand van een berekeningsmodule die is opgenomen in google sheet HSSE VEI FRM Risico-analyse Aperam Genk.

Het Performance Level wordt berekend door ernst en blootstelling in te vullen in google sheet HSSE VEI FRM Risico-analyse Aperam Genk.

Het voorgesteld PL wordt automatisch weergegeven.

<u>Berekening PL op basis van Ernst en Blootstelling</u>	E	B			Voorgesteld PL bij functionele beveiliging
	▼	▼	S1	F1	PLb

Ref:

1. Andere types van risicoanalyse (bv Taakanalyse gebaseerd op risicograaf en EN 13849-1, HAZOP, Kinney,) mogen eveneens gebruikt worden bij het uitvoeren van risicoanalyses.

Bijlage C

Technische documentatie – Onderhoud

Helical-bevel (K) gear units

INFORMATION



All K..19 and K..29 gear units have a universal mounting position, which means that K..19 and K..29 gear units of the same design are filled with the same oil quantity independent of the mounting position. An exception to this is the M4 mounting position.

K., KA..B, KH..B, KV..B

Gear unit	Fill quantity in liters					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
K..19	0.40			0.45	0.40	
K..29	0.70			0.85	0.70	
K..39	0.90	1.70	1.55	1.9	1.55	1.30
K..49	1.70	3.40	2.80	4.20	3.15	2.80
K..37	0.50	1.00		1.25	0.95	
K..47	0.80	1.30	1.50	2.00	1.60	
K..57	1.10	2.20		2.80	2.30	2.10
K..67	1.10	2.40	2.60	3.45	2.60	
K..77	2.20	4.10	4.40	5.80	4.20	4.40
K..87	3.70	8.0	8.70	10.90	8.0	
K..97	7.0	14.0	15.70	20.0	15.70	15.50
K..107	10.0	21.0	25.50	33.50	24.0	
K..127	21.0	41.50	44.0	54.0	40.0	41.0
K..157	31.0	65.0	68.0	90.0	62.0	63.0
K..167	33.0	97.0	109.0	127.0	89.0	86.0
K..187	53.0	156.0	174.0	207.0	150.0	147.0

Draai de aangegeven motorreductoren met flensuitvoering vast met de volgende verhoogde aanhaalmomenten:

Flens	Reductor	Bout/moer	Aanhaalmoment bout/moer Sterkteklasse 10.9 [Nm]
120	RF37	M6	14
140	RF37, RF47	M8	35
160	RF57	M8	35
60ZR	RZ37	M8	35
70ZR	RZ47	M8	35
80ZR	RZ57	M10	69
95ZR	RZ67	M10	69
110ZR	RZ77	M12	120
130ZR	RZ87	M12	120
250	FF77, KF77, FAF77, KAF77	M12	120

5.1.1 Toleranties bij montagewerkzaamheden

Aseinde	Flens
Diametertolerantie volgens DIN 748 • ISO k6 bij volle assen met $\varnothing \leq 50$ mm • ISO m6 bij volle assen met $\varnothing > 50$ mm • ISO H7 bij holle assen; • centreerboring volgens DIN 332, uitvoering DR	Centreerrandtolerantie volgens DIN 42948 • ISO j6 bij $b1 \leq 230$ mm • ISO h6 bij $b1 > 230$ mm

7.1 Voorbereiding van inspectie-/onderhoudswerkzaamheden aan de reductor

Let op de volgende aanwijzingen voor u met de inspectie-/onderhoudswerkzaamheden aan de reductor begint.



⚠ WAARSCHUWING!

Gevaar voor beknelling door onbedoeld aanlopen van de aandrijving.

Dood of zwaar letsel.

- Schakel de motorreductor spanningsloos, voordat u met de werkzaamheden begint en borg deze tegen onbedoelde herinschakeling!



⚠ WAARSCHUWING!

Verbrandingsgevaar door hete reductor en hete reductorolie.

Zwaar letsel.

- Laat de reductor voor de werkzaamheden afkoelen!
- Oliepeilschroef en olieaftapschroef voorzichtig eruit draaien.



LET OP!

Door verkeerde reductorolie bij te vullen veranderen de eigenschappen van het smeermiddel.

Mogelijke materiële schade!

- Synthetische smeermiddelen niet onderling en niet met minerale smeermiddelen mengen!
- Als smeermiddel wordt standaard een minerale olie toegepast.



LET OP!

Door ondeskundig onderhoud kan de reductor beschadigd raken.

Mogelijk materiële schade:

- Let op de aanwijzingen in dit hoofdstuk.



AANWIJZING

De positie van de oliepeilschroef, de olieaftapschroef en het ontluchtingsventiel is afhankelijk van de uitvoering en staat vermeld in de bladen voor de ruimtelijke positie. Zie hoofdstuk "Ruimtelijke posities" (→ pag. 110).

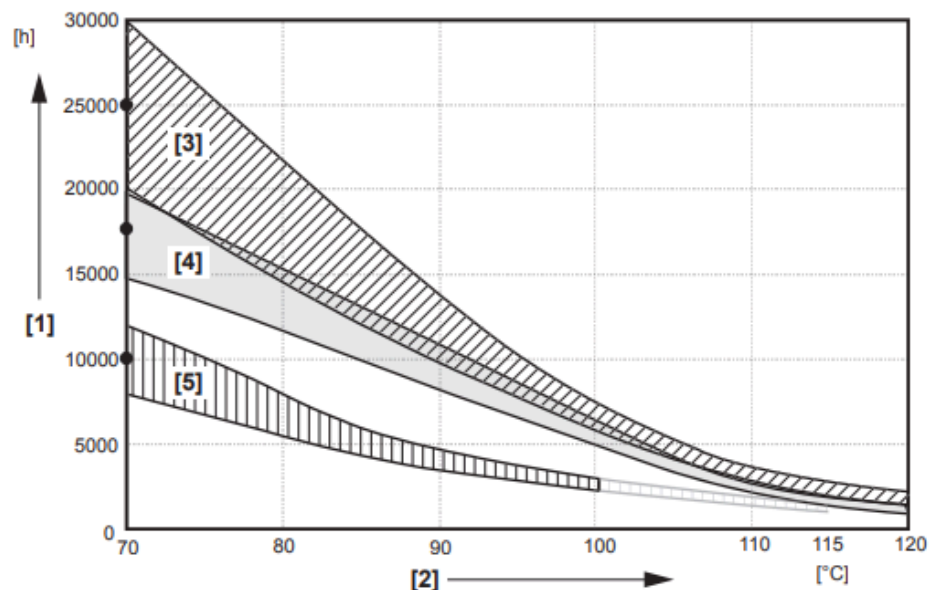
7.2 Inspectie-intervallen/onderhoudsintervallen

De volgende tabel laat de inspectie- en onderhoudsintervallen zien:

Tijdsinterval	Vereiste actie
Om de 3000 bedrijfsuren, minstens elk half jaar	- Loopgeluid controleren op mogelijke lagerbeschadiging - Visuele controle van de afdichtingen op lekkage. Bij tekens van lekkages olie en oliepeil controleren. - Bij reductoren met reactiearm: rubberen buffer controleren, evt. vervangen
Om de 10.000 bedrijfsuren	Olie en oliepeil controleren
Afhankelijk van de bedrijfs- en omgevingscondities (zie volgende grafiek), uiterlijk om de drie jaar	Ontluchtingsventiel vervangen
- Afhankelijk van de bedrijfs- en omgevingscondities (zie volgende grafiek), uiterlijk om de vijf jaar - Conform olietemperatuur	- Synthetische olie verversen - Afdichting van het montagegedeksel vervangen - Wentellagervet verversen (advies) - Lipseal-afdichting vervangen (niet weer op hetzelfde spoor monteren)
Verschillend (afhankelijk van externe factoren)	Aflak-/corrosiewerende verf bijwerken of opnieuw aanbrengen

7.3 Verversingsintervallen van de smeermiddelen

De volgende afbeelding laat de verversingsintervallen voor standaardreductoren onder normale bedrijfsomstandigheden zien. Bij speciale uitvoeringen onder zware/agressieve bedrijfsomstandigheden dient de olie vaker te worden ververs!



[1] Bedrijfsuren

[2] Gestabiliseerde oliebadtemperatuur

- Gemiddelde waarde per type olie bij 70°C

[3] CLP PG

[4] CLP HC / HCE

[5] CLP / HLP / E



7.7 Inspectie-/onderhoudswerkzaamheden aan de reductor

7.7.1 Oliepeilcontrole en olieversing

De procedure voor de oliepeilcontrole en olieversing hangt af van de volgende criteria:

- Reductortype
- Bouwgrootte
- Ruimtelijke positie

Let hierbij op de verwijzingen naar de betreffende hoofdstukken en op onderstaande tabel. Aanwijzingen voor de ruimtelijke posities vindt u in het hoofdstuk Ruimtelijke posities (→ pag. 110).

Kenletter	Hoofdstuk "Oliepeilcontrole en olieversing"	Verwijzing
A:	• Rechte reductor... • Vlakke reductor... • Kegewielreductor... • Wormwielreductor... met oliepeilschroef	(→ pag. 94)
B:	• Rechte reductor... • Vlakke reductor... • SPIROPLAN®-reductoren... zonder oliepeilschroef met montagedeksel	(→ pag. 97)
C:	• Wormwielreductor S37... zonder oliepeilschroef en montagedeksel	(→ pag. 101)
D:	• SPIROPLAN® W37 / W47... in ruimtelijke positie M1, M2, M3, M5, M6 met oliepeilschroef	(→ pag. 104)
E:	• SPIROPLAN® W37 / W47... in ruimtelijke positie M4 zonder oliepeilschroef en montagedeksel	(→ pag. 107)

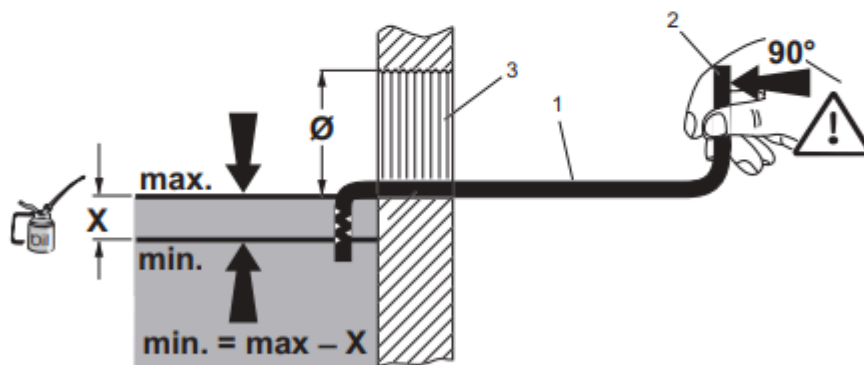
Serie	Reductor	Kenletter voor hoofdstuk "Oliepeilcontrole en olieversing"					
		M1	M2	M3	M4	M5	M6
R	R07...R27	B					
	R37 / R67	A					
	R47 / R57	A				B	A
	R77...R167	A					
	RX57...R107	A					
F	F27	B					
	F37...F157	A					
K	K37...K187	A					
S	S37	C					
	S47...S97	A					
W	W10...W30	B					
	W37...W47	D			E	D	

7.7.2 A: Rechte, vlakke, kegewiel- en wormwielreductor met oliepeilschroef

*Oliepeil
controleren met de
oliepeilschroef*

Ga als volgt te werk om het oliepeil van de reductor te controleren:

- Let op de aanwijzingen in het hoofdstuk "Voorbereiding van inspectie-/onderhoudswerkzaamheden aan de reductor" (→ pag. 85).
- Bepaal de posities van de oliepeilschroef en het ontluchtungsventiel met behulp van de ruimtelijke-positiebladen. Zie hoofdstuk "Ruimtelijke posities" (→ pag. 110).
- Plaats een vat onder de oliepeilschroef.
- Draai de oliepeilschroef er langzaam uit. Hierbij kunnen kleine hoeveelheden olie uit-treden.
- Controleer de vulhoogte aan de oliepeilboring met behulp van de bij de technische handleiding meegeleverde oliepeilstok (1).
- Let er bij het meten op dat de **hulpbeugel (2)** van de oliepeilstok (1) **altijd verticaal naar boven** wijst (zie volgende afbeelding).



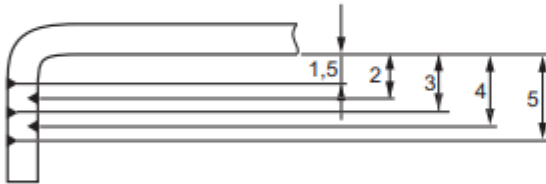
18634635

Maximale vulhoogte (max.): onderkant van de oliepeilboring (3).

Minimale vulhoogte (min.): maximale vulhoogte (max.) verminderd met de waarde "x" die afhangt van de diameter (Ø) van de oliepeilboring (3) (zie volgende tabel).

Ø oliepeilboring	Minimale vulhoogte = x [mm] = markering op de oliepeilstok
M10 x 1	1,5
M12 x 1.5	2
M22 x 1.5	3
M33 x 2	4
M42 x 2	5

De juiste minimale vulhoogte overeenkomstig de tabel (waarde "x") correspondeert met de markeringen op de oliepeilstok (zie volgende afbeelding).



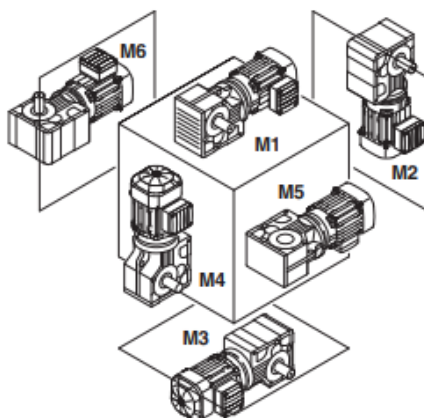
18637707

- Ga als volgt te werk als het oliepeil te laag is:
 - Draai het ontluuchtingsventiel eruit.
 - Vul nieuwe olie van dezelfde soort bij via de ontluuchtingsboring.
 - Draai het ontluuchtingsventiel er weer in.
- Draai de oliepeilschroef er weer in.

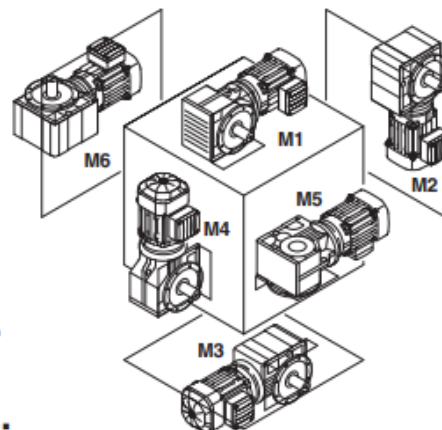
8 Ruimtelijke posities

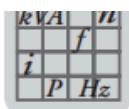
8.1 Aanduiding van de ruimtelijke posities

SEW maakt bij reductoren onderscheid tussen de zes uitvoeringen M1 tot M6. De volgende afbeelding laat de ruimtelijke positie van de motorreductor bij de uitvoeringen M1 tot M6 zien.



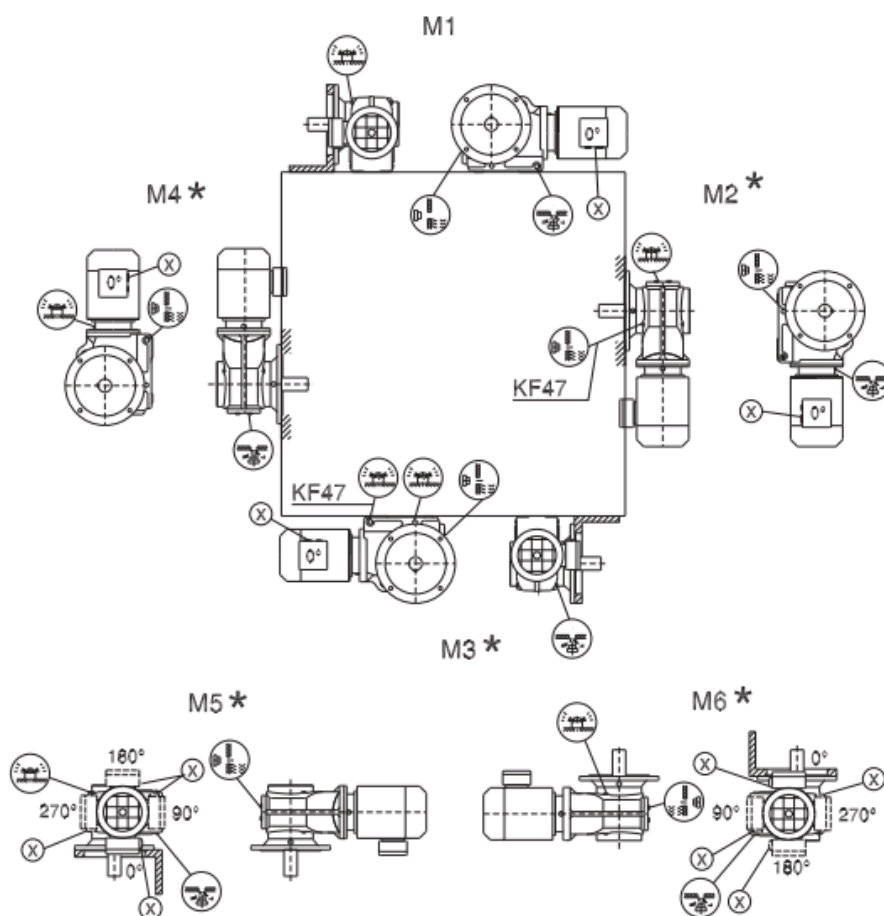
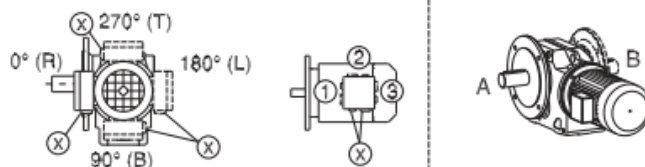
K..
S..
W..





8.8.3 KF37 ... KF157 / KAF37 ... KAF157 / KHF37 ... KHF157 / KAZ37 ... KAZ157 / KHZ37 ... KHZ157 / KVF37 ... KVF107 / KVZ37 ... KVZ107

34 027 03 00





9.2 Smeermiddelen

Indien niet anders overeengekomen, levert SEW-EURODRIVE de aandrijvingen met een reductor- en bouwvormspecifiek smeermiddel. Bepalend hiervoor is de opgegeven uitvoering (M1 tot M6, zie hoofdstuk "Ruimtelijke posities") bij de bestelling van de aandrijving. Bij latere wijzigingen van de ruimtelijke positie dient u de smeermiddevulling aan te passen aan de gewijzigde uitvoering.



AANWIJZING VOOR DE EXPLOSIEBEVEILIGING

Als de bouwvorm later wordt gewijzigd, is het absoluut noodzakelijk dat u met SEW-EURODRIVE B.V. overlegt. Zonder voorafgaand overleg vervalt de ATEX-toelating!

9.2.1 wentellagervetten

De wentellagers van de reductoren en motoren worden af fabriek met de volgende smeermiddelen gevuld. Bij het ververset van de olie in wentellagers adviseert SEW-EURODRIVE ook de vetvulling te verversen.

	Omgevingstemperatuur	Fabrikant	Type
Reductorwentellager	-40°C tot +80°C	Fuchs	Renolit CX-TOM 15
	-40°C tot +80°C	Klüber	Petamo GHY 133 N
	-40°C tot +40°C	Castrol	Oberen FS 2
	-20°C tot +40°C	Fuchs	Plantagen 2S



AANWIJZING

De volgende hoeveelheden zijn nodig:

- **Bij snel draaiende lagers (ingaaende-aszijde van de reductor):**
een derde deel van de vrije ruimte tussen de wentellichamen vullen met vet.
- **Bij langzaam draaiende lagers (uitgaende-aszijde van de reductor):**
twee derde deel van de vrije ruimte tussen de wentellichamen vullen met vet.

9.2.2 Smeermiddelentabel

De smeermiddelentabel op de volgende bladzijde geeft de toegelaten smeermiddelen weer voor de explosiebeveiligde reductoren van SEW-EURODRIVE. Raadpleeg de volgende legenda bij de smeermiddelentabel.

Legenda bij de smeermiddelen-tabel

Gebruikte afkortingen, betekenis van de schaduwmarkering en aanwijzingen:

CLP PG	= polyglycol (W-reductor voldoet aan USDA-H1)
CLP HC	= synthetische koolwaterstoffen
E	= esterolie (vervuilingsklasse oppervlaktewater WGK 1)
HCE	= synthetische koolwaterstoffen + esterolie (goedkeuring USDA-H1)
HLP	= hydraulische olie
	= synthetisch smeermiddel (= wentellagervet op synthetische basis)

- 1) Wormwielreductor met PG-olie: afstemmen met SEW-EURODRIVE
- 2) Speciaal smeermiddel uitsluitend voor SPIROPLAN®-reductoren
- 3) Aanbeveling: SEW $f_B \geq 1,2$ kiezen
- 4) Let op kritisch aanloopgedrag bij lage temperaturen!
- 5) Vloeibaar vet
- 6) Omgevingstemperatuur
- 7) Vet



Smeermiddel voor de levensmiddelenindustrie (geschikt voor levensmiddelen)



Biologische olie (smeermiddel voor landbouw, bosbouw en waterhuishouding)

			ISO, NLGI	Mobil®	Shell	KLÜBER LUBRICANTS	TEXACO	Castrol	FUCHS	TOTAL
	°C -50 0 +50 +100	CLP HC	VG 220	Mobil SHC 630	Shell Omala S4 GX 220	Klüber-synth GEM 4-220 N	Pinnacle EP 220	Optigear Synthetic X 220	Renolin Unisyn CLP 220	
R... K...	Standard -20 +60	CLP HC	VG 150	Mobil SHC 629	Shell Omala S4 GX 150	Klüber-synth GEM 4-150 N	Pinnacle EP 150	Optigear Synthetic X 150	Renolin Unisyn CLP 150	Carter SH 150
F...	4) -40 +20	CLP HC	VG 68	Mobil SHC 626	Shell Omala S4 GX 68				Renolin Unisyn CLP 68	
S...(HS...)	4) -40 0	CLP HC	VG 32	Mobil SHC 624		Klüber-Summit HySyn FG-32	Cetus PAO 46	Optileb HY 32	Renolin Unisyn QL 32	Dacnis SH 32
	Standard -20 +60	CLP HC	VG 460	Mobil SHC 634	Shell Omala S4 GX 460	Klüber-synth GEM 4-460 N	Pinnacle EP 460	Optigear Synthetic X 460	Renolin Unisyn CLP 460	
	4) -40 +30	CLP HC	VG 150	Mobil SHC 629	Shell Omala S4 GX 150	Klüber-synth GEM 4-150 N	Pinnacle EP 150	Optigear Synthetic X 150	Renolin Unisyn CLP 150	Carter SH 150
	4) -40 +20	CLP HC	VG 68	Mobil SHC 626	Shell Omala S4 GX 68				Renolin Unisyn CLP 68	
	4) -40 0	CLP HC	VG 32	Mobil SHC 624		Klüber-Summit HySyn FG-32	Cetus PAO 46	Optileb HY 32	Renolin Unisyn QL 32	Dacnis SH 32
R...K...(HK...), F...S...(HS...)	Standard -10 -40	CLP HC NSF H1	VG 460			Klüberoil 4UH1-460 N		Optileb GT 460	Casilda Fluid GL 460	
	-20 +30		VG 220			Klüberoil 4UH1-220 N		Optileb GT 220	Casilda Fluid GL 220	
	4) -40 0		VG 68			Klüberoil 4UH1-68 N		Optileb HY 68	Casilda Fluid HF 68	
	-20 +40		VG 460		Shell Naturelle Gear Fluid EP 460	Klüberbio CA2-460			Plantogear 460 S	
W...(HW...)	Standard -20 -40	SEW PG	VG 460 ¹⁾			Klüber SEW HT-460-5				
	-40 +10	API GL5	SAE 75W/90 (-VG 100)	Mobil Synth Gear Oil 75 W90						
	-20 +60	CLP PG NSF H1	VG 460 ²⁾			Klüber-synth UH1 6-460				
PS.F..	Standard -20 +60	CLP PG	VG 220			Klüber-synth GH-6-220				
	-20 +60	CLP PG NSF H1	VG 460 ²⁾ VG 460 ³⁾			Klüber-synth UH1 6-460				
	4) -40 0	CLP HC	VG 32	Mobil SHC 624						
BS.F..	Standard -20 +60	CLP PG	VG 220			Klüber-synth GH 6-220				
	-20 +60	CLP PG NSF H1	VG 460 ²⁾ VG 460 ³⁾			Klüber-synth UH1 6-460				



Shell Omala S4 GXV 220

- *Uitstekende bescherming en een verlengde levensduur*
- *Veeleisende toepassingen*

Geavanceerde Synthetische Industriële Tandwielkastolie

Shell Omala S4 GXV 220 is een geavanceerde synthetische tandwielkastolie voor zwaar belaste toepassingen goedgekeurd door Siemens AG. Het biedt uitstekende smeereigenschappen onder zware omstandigheden, dankzij een hoge weerstand tegen micro-pitting voor een optimale bescherming van de tandwielen, een verlengde oliebadlevensduur, verlaagde wrijvingscoëfficiënt en uitstekende compatibiliteit met elastomeren.

DESIGNED TO MEET CHALLENGES

Prestaties, Kenmerken & Voordelen

■ Verlengde olielevensduur - besparing op onderhoud

Shell Omala S4 GXV 220 is geformuleerd op basis van speciaal geselecteerde synthetische basisoliën in combinatie met een geavanceerd additievenpakket, om een langdurige en hoogwaardige bescherming te verzekeren onder de meest extreme omstandigheden.

Shell Omala S4 GXV 220 kan succesvol ingezet worden bij oliebadtemperaturen tot 120°C. Shell Omala S4 GXV 220 levert de mogelijkheid tot het significant verlengen van de olieverseringsintervallen in vergelijking met conventionele industriële tandwielkastoliën.

■ Uitstekende bescherming tegen corrosie en tegen slijtage

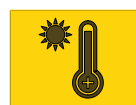
Shell Omala S4 GXV 220 is samengesteld om een uitstekende bescherming tegen micro-pitting te bieden, zelfs onder schokbelasting. Deze eigenschappen leveren een verlengde levensduur van de verschillende componenten, zoals tandwielen en lagers, in vergelijking met conventionele minerale oliën.

Shell Omala S4 GXV 220 biedt een uitstekende bescherming tegen corrosie, zelfs in de aanwezigheid van vervuiling door water of vaste deeltjes.

■ Behoud van systeemefficiëntie

Shell Omala S4 GXV 220 helpt om de systeemefficiëntie te verhogen door een lage viscositeit bij lage temperatuur (opstart) en het behouden van een betere en sterkere oliesmeerfilm bij bedrijfstemperatuur. Dit wordt o.a. verwezenlijkt door de lagere wrijvingsweerstand van de opgebouwde oliefilm.

Toepassingen



■ Aandrijvingssystemen en andere ontoegankelijke installaties

Shell Omala S4 GXV 220 is uitstekend geschikt voor installaties die een extra lange oliebadlevensduur vereisen en/of waar onregelmatig onderhoud voorkomt als gevolg van de moeilijke bereikbaarheid van de installatie.

■ Uitstekende compatibiliteit met elastomeren, verf en afdichtingsmiddelen

Compatibel met een breed gamma van afdichtingen zoals in industriële systemen voorkomen; zoals bvb nitrilrubber en fluor-elastomeren. Gehomologeerd tegen de strenge eisen van Siemens voor Flender tandwieloverbrengingen en motorreductoren.

■ Industriële tandwieloverbrengingen met gesloten carter

Aanbevolen voor industriële tandwieloverbrengingen onder zware bedrijfsomstandigheden zoals hoge piek- of schokbelasting en/of lage, hoge of sterk wisselende oliebadtemperaturen.

■ Andere toepassingen

Shell Omala S4 GXV 220 kan gebruikt worden voor de smering van lagers en andere onderdelen in systemen met omloop- of oliespatsmering.

Voor het smeren van zwaar belaste wormwieloverbrengingen wordt het gebruik van Shell Omala "W" smeeroliën aanbevolen. Voor hypoïdoverbrengingen in voertuigen wordt het gebruik van de geschikte Shell Spirax geadviseerd.

Specificaties, Goedkeuringen & Aanbevelingen

- ISO 12925-1 Type CKD
- ANSI/AGMA 9005-F16
- Shell Omala S4 GXV ISO 150 – 680 zijn goedgekeurd door Siemens AG voor gebruik in Flender tandwieloverbrengingen en motorreductoren.
- DIN 51517-3 (CLP)

- China National Standard GB 5903-2011 CKD

- AIST (US Steel) Req. No. 224

Voor een volledig overzicht van goedkeuringen en aanbevelingen verzoeken wij u contact op te nemen met uw locale Shell Technical Helpdesk.

Analysecijfers

Eigenschappen			Methode	Shell Omala S4 GXV 220
Kinematische viscositeit	@40°C	mm ² /s	ASTM D445	220
Kinematische viscositeit	@100°C	mm ² /s	ASTM D445	30
Viscositeitsindex (VI)			ASTM D2270	171
Viampunt, open kroes		°C minimum	ASTM D92	240
Stolpunt		°C	ASTM D97	-42
Dichtheid	@15°C	kg/m ³	ASTM D4052	864
Four Ball EP Weld load		kg minimum	ASTM D2783	250
FZG Load Carrying Test		failure load stage minimum	A/8,3/90	14

Bovenstaande waarden zijn “typical” waarden voor huidige productie. Hoewel toekomstige productie volledig binnen Shell's specificaties zal plaatsvinden kunnen afwijkingen in deze waarden voorkomen.

Gezondheid, Veiligheid en Milieu

▪ Gezondheid en Veiligheid

Indien toegepast volgens onze voorschriften in de daarvoor bestemde toepassingen en indien goede industriële- en persoonlijke hygiëne in acht wordt genomen is het onwaarschijnlijk dat Shell Omala S4 GXV 220 enige significante gezondheids- en/of veiligheidsrisico's met zich meebrengt.

Vermijd huidcontact. Draag oliedichte handschoenen bij gebruikte olie. Na huidcontact, direct wassen met zeep en water.

Extra Veiligheids- en Gezondheidsinformatie is beschikbaar op het betreffende Product Veiligheidsblad. Dit kan worden verkregen via uw Shell vertegenwoordiger of worden gedownload via www.epc.shell.com

▪ Bescherm het Milieu

Verwijder afgewerkte olie via een geautoriseerd verwerkingsbedrijf. Voorkom lekkage naar riool, bodem of oppervlakte water.

Aanvullende informatie

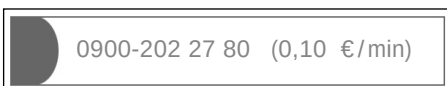
▪ Change over procedure

Omala S4 GXV 220 is gebaseerd op gesynthetiseerde koolwaterstofvloeistoffen en is verenigbaar met smeermiddelen op mineral basis voor de smering van industriële tandwielen - een speciale change-over procedure is niet nodig. Voor de goede werking van Shell Omala S4 GXV 220 te verzekeren is het echter aangeraden om deze niet te mengen met andere oliën.

Het is eveneens aangeraden om het systeem proper en contaminatievrij te houden.

▪ Advies

Advies over toepassingen die niet in dit informatieblad worden beschreven, is verkrijgbaar via uw locale Shell vertegenwoordiger.



Shell Nederland Verkoopmaatschappij BV
Weena 70 3012 CM Rotterdam

e-mail: TIC@shell.com

Bijlage D

Totale kost van de aanmaakdelen

Stuknr_	Aant_	BENAMING	MATER.	Ruwmaten	VOL (mm3)	DICHTH. (kg/m^3)	MASSA (kg)	€/kg	€/STUK	TOT. €
4124	1	LS_MONTAGE_PILAAR	S235JR	Ø75x235	1037672	7850	8,14572	1,9	15,4769	15,4769
4123	1	LS_BEVESTIGINGSPLAAT_MODULE	S235JR	1200x550x25	16500000	7850	129,525	1,9	246,098	246,098
4122	1	LS_TAFEL_AANSLAG_ZIJDE_2	S235JR	350x20x20	100000	7850	0,785	1,9	1,4915	1,4915
4121	1	LS_TAFEL_AANSLAG_ZIJDE_1	S235JR	400x20x20	160000	7850	1,256	1,9	2,3864	2,3864
4120	1	LS_TAFEL_TAFELBLAD	S235JR	1200x700x25	21000000	7850	164,85	1,9	313,215	313,215
4115	4	LS_TAFEL_ONDERSTEL_BEVEST	S235JR	130x150x(75)	1462500	7850	11,4806	1,9	21,8132	87,2528
4114	2	LS_TAFEL_ONDERSTEL_TUSSENSTEUN_K	S355J0	380x60x60	418000	7850	3,2813	1,9	6,23447	12,4689
4113	2	LS_TAFEL_ONDERSTEL_TUSSENSTEUN_L	S355J0	955x60x60	1050500	7850	8,24643	1,9	15,6682	31,3364
4112	4	LS_TAFEL_ONDERSTEL_VOLLE_POOT	S235JR	700x65x65	2957500	7850	23,2164	1,9	44,1111	176,444
4111	4	LS_TAFEL_ONDERSTEL_HOLLE_POOT	S355J0	720x240x80	1080000	7850	8,478	1,9	16,1082	64,4328
3502	1	SS_CAMERADetectie_BEVST_CAMERA	S235JR	200x100x5	100000	7850	0,785	1,9	1,4915	1,4915
3501	1	SS_CAMERADetectie_BEVST_SCHAAR	S235JR	2020x150x5	1515000	7850	11,8928	1,9	22,5962	22,5962
3242	2	SS_TB12_MB_MONTAGEPLAAT	S235JR	160x60x10	96000	7850	0,7536	1,9	1,43184	2,86368
3241	1	SS_TB12_MB_BEVESTIGINGSPLAAT	S235JR	190x180x10	342000	7850	2,6847	1,9	5,10093	5,10093
3235	4	SS_TB12_BEVESTIGINGS_POTEN	S235JR	250x180x65	2925000	7850	22,9613	1,9	43,6264	174,506
3234	2	SS_TB2_TUSSENSTEUN_K	S355J0	785x60x60	863500	7850	6,77848	1,9	12,8791	25,7582
3233	2	SS_TB2_TUSSENSTEUN_L	S355J0	1300x60x60	1430000	7850	11,2255	1,9	21,3285	42,6569
3232	4	SS_TB2_VOLLE_POOT	S235JR	550x65x65	2323750	7850	18,2414	1,9	34,6587	138,635
3231	4	SS_TB12_HOLLE_POOT	S235JR	420x240x80	630000	7850	4,9455	1,9	9,39645	37,5858
3221	2	SS_TB12_SPANNINGSBEUGEL2	S235JR	35x80x(45)	126000	7850	0,9891	1,9	1,87929	3,75858
3220	4	SS_TB12_GLEUFPLAAT	S235JR	220x(85)x15	280500	7850	2,20193	1,9	4,18366	16,7346
3212	2	SS_TB12_SM_SPANNINGSBEUGEL1	S235JR	35x80x30	84000	7850	0,6594	1,9	1,25286	2,50572
3211	2	SS_TB12_SM_BEVESTIGING_LAGERHUIS	S235JR	160x(160)x15	384000	7850	3,0144	1,9	5,72736	11,4547
3206	1	SS_TB2_DRAAGPLAAT_STAAL	S235JR	2250x(950)x(5)	10687500	7850	83,8969	1,9	159,404	159,404
3205	2	SS_TB2_OPVULPLAATJE_DRAAGPLAAT	S235JR	2250x65x(10)	1462500	7850	11,4806	1,9	21,8132	43,6264
3201	2	SS_TB2_UPROF	S235JR	(2750)x160x65				75/m	210	420
3155	2	SS_TB1_AR_DEKSEL2	S235JR	50x40x(5)	10000	7850	0,0785	1,9	0,14915	0,2983
3154	2	SS_TB1_AR_DEKSEL1	S235JR	100x65x20	130000	7850	1,0205	1,9	1,93895	3,8779
3153	2	SS_TB1_AR_SPANNINGSBLOKJE	S235JR	50x(30)x(25)	37500	7850	0,29438	1,9	0,55931	1,11863
3151	2	SS_TB1_AR_BASIS	S235JR	100x80x65	520000	7850	4,082	1,9	7,7558	15,5116
3142	2	SS_TB12_MB_MONTAGEPLAAT	S235JR	160x60x10	96000	7850	0,7536	1,9	1,43184	2,86368
3141	1	SS_TB12_MB_BEVESTIGINGSPLAAT	S235JR	190x180x10	171000	7850	1,34235	1,9	2,55047	2,55047
3135	4	SS_TB12_BEVESTIGINGS_POTEN	S235JR	250x180x65	2925000	7850	22,9613	1,9	43,6264	174,506
3134	2	SS_TB_TUSSENSTEUN_R	S355J0	(1130)x60x60	1243000	7850	9,75755	1,9	18,5393	37,0787
3133	2	SS_TB1_TUSSENSTEUN_L	S355J0	1485x60x60	1633500	7850	12,823	1,9	24,3637	48,7273
3132	4	SS_TB1_VOLLE_POOT	S235JR	600x65x65	2535000	7850	19,8998	1,9	37,8095	151,238
3131	4	SS_TB12_HOLLE_POOT	S235JR	420x240x80	630000	7850	4,9455	1,9	9,39645	37,5858
3121	2	SS_TB12_SPANNINGSBEUGEL2	S235JR	35x80x(45)	126000	7850	0,9891	1,9	1,87929	3,75858
3120	4	SS_TB12_GLEUFPLAAT	S235JR	220x(85)x15	280500	7850	2,20193	1,9	4,18366	16,7346
3112	2	SS_TB12_SM_SPANNINGSBEUGEL1	S235JR	35x80x30	84000	7850	0,6594	1,9	1,25286	2,50572
3111	2	SS_TB12_SM_BEVESTIGING_LAGERHUIS	S235JR	160x(160)x15	384000	7850	3,0144	1,9	5,72736	11,4547
3106	1	SS_TB1_DRAAGPLAAT_STAAL	S235JR	(1650)x1520x(5)	12540000	7850	98,439	1,9	187,034	187,034
3105	2	SS_TB1_OPVULPLAATJE_DRAAGPLAAT	S235JR	1520x65x(10)	988000	7850	7,7558	1,9	14,736	29,472
3101	2	SS_TB1_UPROF	S235JR	2000x160x65				75/m	150	300
2121	1	AV_KT_TAFELAANSLAG	S235JR	300x20x30	180000	7850	1,413	1,9	2,6847	2,6847
2120	1	AV_KT_TAFELBLAD	S235JR	2000x900x25	45000000	7850	353,25	1,9	671,175	671,175
2115	4	AV_KT_OS_BEVESTINGSPLAAT	S235JR	130x150x(75)	1462500	7850	11,4806	1,9	21,8132	87,2528
2114	2	AV_KT_OS_TUSSENSTEUN_K	S355J0	(510)x60x60	1836000	7850	14,4126	0,67	9,65644	19,3129
2113	2	AV_KT_OS_TUSSENSTEUN_L	S355J0	1680x60x60	6048000	7850	47,4768	0,67	31,8095	63,6189
2112	4	AV_KT_OS_VOLLE_POOT	S235JR	700x65x65	2957500	7850	23,2164	1,9	44,1111	176,444
2111	4	AV_KT_OS_HOLLE_POOT	S235JR	720x240x80	1080000	7850	8,478	1,9	16,1082	64,4328
1253	1	ST_TK2_AANHANGBEUGEL_KLEM	S235JR	300x50x20	300000	7850	2,355	1,9	4,4745	4,4745
1252	1	ST_TK12_AANHANGBEUGEL_BEUGEL	S235JR	150x75x25	281250	7850	2,20781	1,9	4,19484	4,19484
1251	1	ST_TK12_AANHANGBEUGEL_PLAAT	S235JR	200x60x10	120000	7850	0,942	1,9	1,7898	1,7898
1243	2	ST_TK12_OPSTAANDERAND_HOEK_K2	S235JR	300x(180)x160	540000	7850	4,239	1,9	8,0541	16,1082
1242	2	ST_TK12_OPSTAANDERAND_HOEK_K1	S235JR	300x(180)x160	540000	7850	4,239	1,9	8,0541	16,1082
1241	2	ST_TK12_OPSTAANDERAND_HOEK_G	S235JR	1050x(180)x160	1890000	7850	14,8365	1,9	28,1894	56,3787
1233	4	ST_TK12_SPIE_WIEL	C45K	(15)x40x(10)	6000	7850	0,0471	2,25	0,10598	0,4239
1232	2	ST_TK12_AS	42CrMo4	Ø50 x 900	1766250	7850	13,8651	3	41,5952	83,1904
1231	1	ST_TK2_BOVENPLAAT	S235JR	1060x1180x(10)	12508000	7850	98,1878	1,9	186,557	186,557
1213	2	ST_TK2_BEVESTIGINGSPLAAT_LAGERH	S235JR	970x450x(10)	4365000	7850	34,2653	1,9	65,104	130,208
1212	2	ST_TK12_KADER_KORT	S235JR	1060x80x45				38/m	40,28	80,56
1211	2	ST_TK2_KADER_LANG	S235JR	1180x80x45				38/m	45,6	91,2
1162	2	SS_TK1_INDUC_SENS_IND_STAAF	S235JR	50x50x140	350000	7850	2,7475	1,9	5,22025	10,4405
1161	4	SS_TK1_INDUC_SENS_IND_BLOK	S235JR	80x80x(10)	64000	7850	0,5024	1,9	0,95456	3,81824
1152	1	ST_TK12_AANHANGBEUGEL_BEUGEL	S235JR	150x75x25	281250	7850	2,20781	1,9	4,19484	4,19484
1151	1	ST_TK12_AANHANGBEUGEL_PLAAT	S235JR	200x60x10	120000	7850	0,942	1,9	1,7898	1,7898
1143	2	ST_TK12_OPSTAANDERAND_HOEK_K2	S235JR	300x(180)x160	540000	7850	4,239	1,9	8,0541	16,1082
1142	2	ST_TK12_OPSTAANDERAND_HOEK_K1	S235JR	300x(180)x160	540000	7850	4,239	1,9	8,0541	16,1082
1141	2	ST_TK12_OPSTAANDERAND_HOEK_G	S235JR	1050x(180)x160	1890000	7850	14,8365	1,9	28,1894	56,3787
1136	1	ST_TK1_SPIE_MOTOR	C45K	(10)x(10)x105	10500	7850	0,08243	2,25	0,18546	0,18546

1135	1	ST_TK1_MOTORBEVESTIGING	S235JR	250x200x15	750000	7850	5,8875	1,9	11,1863	11,1863
1134	4	ST_TK12_SPIE_WIEL	C45K	(15)x40x(10)	6000	7850	0,0471	2,25	0,10598	0,4239
1133	1	ST_TK1_AANGEDREVEN_AS	42CrMo4	Ø50x(1115)	2188188	7850	17,1773	3	51,5318	51,5318
1132	1	ST_TK12_AS	42CrMo4	Ø50 x 900	1766250	7850	13,8651	3	41,5952	41,5952
1131	1	ST_TK1_BOVENPLAAT	S235JR	(2200)x(1100)x(10)	24200000	7850	189,97	1,9	360,943	360,943
1113	2	ST_TK1_BEVESTIGINGSPLAAT_LAGERH	S235JR	980x(600)x10	5880000	7850	46,158	1,9	87,7002	175,4
1112	2	ST_TK12_KADER_KORT	S235JR	1060x80x45				38/m	41,8	83,6
1111	2	ST_TK1_KADER_LANG	S235JR	2180x80x45				38/m	83,6	167,2
1012	4	ST_BS_DRIEHOEK	S235JR	180x180x(50)	1620000	7850	12,717	1,9	24,1623	96,6492
1011	4	ST_BS_ONDERPLAAT	S235JR	350x250x5	437500	7850	3,43438	1,9	6,52531	26,1013
1004	4	ST_TK12_HOUDER_INDUCTIEVE_SENSOR	S235JR	(200)x120x5	120000	7850	0,942	1,9	1,7898	7,1592
1002	2	ST_RAILSPOOR	S235JR	(11350)x(50)x(50)	28375000	7850	222,744	1,9	423,213	846,426
1001	2	ST_UPROFIEL	S235JR	11700x120x60				58/m	696	1392
Stuknr_	Aant_	BENAMING	MATER.	Ruwmaten	VOL (mm3)	DICHTH. (kg/m^3)	MASSA (kg)	€/kg	€/STUK	TOT. €
TOTALE PRIJS VAN ALLE MAAKDELEN (INCL. BTW)									€	8211
TOTALE PRIJS VAN ALLE MAAKDELEN (EXCL. BTW)									€	6785,9

Bijlage E

Offertes (aankoopdelen)



Narviflex NV, Liesdonk 7, B-2440 GEEL

Systeem Code Ugine &GENK2201	Uw BTW nr. BE0401277914
Uw Ref	
Uw Contact Mattice Beulen Rechtstr. Tel : 089/30 29 68 Fax Rechtstr. : 089/30 29 05 E-Mail Rechtstr : mattice.beulen@student.uhasselt.be	
Contactpersoon Narviflex Kathleen Peys	
Verslag 248117	

Administratief Adres :

Aperam Stainless Belgium NV/SA
Genk-Zuid Zone 6A, Swinnenwijerweg 5
3600 GENK
BELGIUM

Alg. tel. : 089/30 21 11 Fax Alg : 089/30 21 06
E-Mail Alg :

Afleveradres:

Aperam Ingang 3
Swinnenwijerweg 5
3600 GENK-ZUID ZONE 6A
BELGIUM

Wij danken u voor uw aanvraag. Wij hebben het genoegen u vrijblijvend aan te bieden:

Omschrijving	Hoef.	Eénheid	Prijs per Eenh.	Totaal EUR
1 UWR 12/2 TR 15, 2-laags super-slijtvaste transparante pu band met dikke deklaag	1	st/pc	EUR 2.476,00	EUR 2.476,00

Product code: UWR 12/2 TR 15

Uw Ref:

Levertijd : 2-3 weken

Afm. 3.880 x 1.500 mm

Vzv 2 stuursnaren 13x8 mm, PUR 60° Sh A transparant, geplaatst op beide zijkant van de band

Eindloos gelast

2 Rota Slide RX 400/3 3+0, Premium slijtvaste RotaCure rubber glijband, 3-laags 400 N/mm	1	st/pc	EUR 2.710,26	EUR 2.710,26
---	---	-------	--------------	--------------

Product code: RX 400/3 3+0 GLIJ

Uw Ref:

Levertijd : 2-3 weken

/// ALTERNATIEF ///

Afm. 3.880 x 1.500 mm

Vzv 2 stuursnaren 13x8 mm, PUR 60° Sh A transparant, geplaatst op beide zijkant van de band

Eindloos gelast

3 UWR 12/2 TR 15, 2-laags super-slijtvaste transparante pu band met dikke deklaag	1	st/pc	EUR 2.835,72	EUR 2.835,72
--	---	-------	--------------	--------------

Product code: UWR 12/2 TR 15

Uw Ref:

Levertijd : 2-3 weken

Narviflex NV
Liesdonk 7
B-2440 GEEL
Belgium

Tel : +32 (0)14 59 11 31
Fax : +32 (0)14 59 10 76
E-Mail : info@narviflex.be
BTW/TVA/VAT : BE0454005332

Website : www.narviflex.be
Service in Geel(B) - Gent(B)
Grâce-Hollogne(B) - Venlo(NL)
24/24h Service !

Narviflex

BLACK BELT IN BELTING!



TRANSPORTBANDEN RUBBER & PLASTICS AANDRIJFCOMPONENTEN



Verslag
248117

Omschrijving	Hoef.	Eénheid	Prijs per Eenh.	Totaal EUR
--------------	-------	---------	-----------------	------------

Afm. 4.565 x 1.500 mm
Vzv 2 stuursnaren 13x8 mm, PUR 60° Sh A transparant, geplaatst op beide zijkant van de band
Eindloos gelast

4	Rota Slide RX 400/3 3+0, Premium slijtvaste RotaCure rubber glijband, 3-laags 400 N/mm	1	st/pc	EUR 2.982,58	EUR 2.982,58
---	---	---	-------	--------------	--------------

Product code: RX 400/3 3+0 GLIJ

Uw Ref:

Levertijd : 2-3 weken

/// ALTERNATIEF ///

Afm. 4.565 x 1.500 mm
Vzv 2 stuursnaren 13x8 mm, PUR 60° Sh A transparant, geplaatst op beide zijkant van de band
Eindloos gelast

5	Verpakt op grote Pallet 200x80 cm, incl. aflevering tegen pallettarief	1	st/pc	EUR 106,52	EUR 106,52
---	---	---	-------	------------	------------

Product code: LOG PAL 200x80 BEL

Uw Ref:

Levertijd : .

Met vriendelijke groeten,

Kathleen Peys

Als u akkoord gaat met de offerte, teken hier om te bestellen :

Narviflex NV
Liesdonk 7
B-2440 GEEL
Belgium

Tel : +32 (0)14 59 11 31
Fax : +32 (0)14 59 10 76
E-Mail : info@narviflex.be
BTW/TVA/VAT : BE0454005332

Website : www.narviflex.be
Service in Geel(B) - Gent(B)
Grâce-Hollogne(B) - Venlo(NL)
24/24h Service !

Narviflex

**BLACK
BELT IN
BELTING!**



**TRANSPORTBANDEN
RUBBER & PLASTICS
AANDRIJFCOMPONENTEN**

Offerte



Offertenummer: 424124614
Van: 02.06.2025
Klantnummer: 91126405

Pagina 1 / 7

SEW-EURODRIVE n.v., Evenementenlaan 7, 3001 Leuven
 University
 UNIVERSITEIT HASSELT
 Industriële Ingenieurswetenschappen
 heer Mattice Beulen
 MARTELARENLAAN 42
 3500 HASSELT

Uw contactpersoon
heer Lichtert

BE WEST

Tel. 016 38 - 6346

Fax 016 386336

rudi.lichtert@sew-eurodrive.be

Uw aanvraag: Masterproef
Datum aanvraag: 02.06.2025

Geachte heer Beulen,

Hartelijk dank voor uw belangstelling in onze producten.
 Graag sturen wij u onze offerte die gebaseerd is op uw aanvraag.

Voor bestellingen van 25.000 Euro of hoger, behouden wij het recht een voorschot te vragen.

Pos.	Aantal	Omschrijving Artikelnummer Uw productnummer:	Prijs/stuk Netto EUR	Totaalprijs Netto EUR
Functiegroep schroottransport				
01	1 ST	SEW kegelwielmotorreductor KAF37 DRN63MS4/BE03/TF	1.019,78	1.019,78
Functiegroep transportbanden				
02	2 ST	SEW kegelwielmotorreductor KAF19 DRN71MS4/BE03/TF	718,30	1.436,60
Totaal posities exclusief BTW				2.456,38
Vracht / verpakkingskosten				98,12
Totaalbedrag exclusief BTW				2.554,50
Totaalwaarde EUR				2.554,50

Voor gedetailleerde informatie over de aangeboden producten en diensten en de orderafwikkeling verwijzen wij u naar de volgende bladzijden.
 Onze berekeningen zijn afgestemd op de door u verstrekte gegevens gebaseerd. Wij gaan ervan uit dat deze gegevens correct en volledig zijn.

Betalingsconditie: 30 dagen factuurdatum

SEW-Eurodrive n.v./s.a.

SEW HQ Belgium and Luxembourg
 Romeinsestraat 16
 BE-3001 Leuven
 Tel : +32(0)16.386.311
 info@sew-eurodrive.be
 BTW/TVA: BE0 402.197.929

SEW-Eurodrive n.v./s.a.

SEW IG Competence Center
 Rue du Parc Industriel 31
 BE-6900 Marche en Famenne
 Tel : +32(0)84.21.98.78
 mf@sew-eurodrive.be

SEW-Eurodrive n.v./s.a.

SEW Innovation Hall
 Oudenaardestraat 84
 BE- 8570 Vichte
 Tel : +32(0)16.386.355
 west@sew-eurodrive.be

Dexis Belgium NV
Vestiging : LIMBURG
VOOGDIJSTRAAT 33
3500 HASSELT

Tel : 011/28.82.88

Belfius : Iban : BE27 0689 5073 0773 Bic : GKCC BE BB
 BNP : Iban : BE08 2350 2247 5013 Bic : GEBA BE BB

KBC : Iban : BE83 4500 5650 8115 Bic : KRED BE BB

Offerte

Pagina

1/1

Ter attentie van : BEULEN Mattice
mattice.beulen@student.uhasselt.be
 TEL :

Uw referentie	FW: SPOORWIELEN
Onze referentie	557227
Uw contactpersoon	Dominique leurs info.limburg@imes-dexis.be

16 APERAM

SWINNENWIJERWEG 5

B - 3600 GENK
 Tel :

HASSELT, 13/03/25

Beste klant,

Wij danken u voor deze offerte aanvraag en hebben het genoegen u het volgende aan te bieden:

ONS ARTNR.	OMSCHRIJVING	Levertijd	STUKPRIJS	AANTAL	EH	NETTOPRIJS	AFBEELDING
03225281	SPOORWEGWIEL SPKVSN 200/40H7 BLICKLE	8 dag(en)	560,660	4,00	EA	2.242,64	
Totaal EUR :						2.242,64	

Prijzen excl. BTW in EUR

Geldigheidsduur van deze offerte is 3 weken

Betaling : ZESTIG DAGEN FAKTUURDATUM

Leveradres:

APERAM
SWINNENWIJERWEG 5
B 3600 GENK

Levertermijnen van artikelen in voorraad zijn, behoudens verkoop, steeds informatief en niet bindend. Artikelen in voorraad zijn enkel leverbaar vanuit ons centraal magazijn te Hasselt. Aarzel niet ons te contacteren, indien een levertermijn niet past in uw planning.

Gelieve bij bestelling ons referentienummer en artikelnummer(s) te vermelden.

Steeds tot uw dienst,

Met vriendelijke groeten

Rein Evers

ALGEMENE VERKOOPSVOORWAARDEN

ARTIKEL 1 : ALGEMEEN

De onderhavige algemene voorwaarden zijn, behoudens schriftelijke, uitdrukkelijke door de DEXIS BELGIUM GROEP (Imes Dexis, Van den Broeck -Prolans en Central Auto) aanvaarde afwijkingen, van toepassing op alle overeenkomsten gesloten door de DEXIS BELGIUM GROEP. Deze voorwaarden gelden met uitsluiting van alle andere voorwaarden en documenten en in het bijzonder van de algemene voorwaarden van de klant. De toepassing van deze voorwaarden is voor de DEXIS BELGIUM GROEP een essentiële voorwaarde voor de totstandkoming van de overeenkomst. Telefonische en mondelinge afspraken zijn van rechtswege ongeldig, en zullen enkel op uitdrukkelijke vraag van de klant, vóór de eigenlijke overeenkomst, schriftelijk door de DEXIS BELGIUM GROEP bevestigd worden. De klant erkent de algemene voorwaarden te hebben ontvangen en deze te aanvaarden. Stilzwijgende aanvaarding door de klant van onze orderbevestiging, wordt aanzien als een aanvaarding van onze algemene verkoopvoorwaarden.

ARTIKEL 2 : PRIJZEN

De prijsoffertes zijn vrijblijvend en hebben een uitdrukkelijk bepaalde geldigheidsduur. Na verstrijken van de geldigheidsduur maakt deze prijsofferte geen aanbod meer uit. Een offerte vervalt ook indien de zaak waarop de offerte betrekking heeft in tussentijd niet meer beschikbaar is.

Bij een aanbieding verstrekte prijslijsten, brochures en andere gegevens zijn zo nauwkeurig mogelijk opgegeven, maar dienen slechts ter indicatie en er kunnen geen rechten aan worden ontleend.

De prijzen worden opgegeven in euro en zijn steeds exclusief B.T.W.

De verkoper behoudt zich uitdrukkelijk het recht voor om de prijzen voorafgaande aan een bestelling te wijzigen op grond van wetswijzigingen of prijswijzigingen van zijn toeleveranciers.

ARTIKEL 3 : BESTELLINGEN

Een bestelling is slechts bindend indien ze door de DEXIS BELGIUM GROEP uitdrukkelijk en schriftelijk wordt aanvaard.

Het plaatsen van bestellingen via de bij de klant gangbare centrale inkoopprocedure gebeurt louter om administratieve redenen en doet geenszins afbreuk aan de algemene verkoopvoorwaarden van de DEXIS BELGIUM GROEP.

Indien de klant de goedgekeurde bestelling van een voorraad artikel annuleert bij wijze van een schriftelijke communicatie, is de verkoper gerechtigd een schadevergoeding te vragen van 25 % van de koopsom, met een minimum van 100 EUR. Een bestelling van niet-voorraad artikelen kan na onze orderbevestiging niet meer geannuleerd worden, deze is onherroepelijk. Bij niet-acceptatie van de goederen door de klant worden deze alsnog voor 100% aangerekend.

ARTIKEL 4 : LEVERING / KLACHTEN

Tenzij anders schriftelijk is overeengekomen, gebeuren alle leveringen op risico van de klant. Leveringen in België gebeuren "Franco" vanaf 5.000€ omzet over 12 maanden voortschrijdend en vanaf 350€ excl. BTW. De klant dient de goederen bij levering onmiddellijk te controleren. Eventuele zichtbare gebreken dienen zo snel mogelijk en ten laatste binnen de 5 kalenderdagen na levering schriftelijk aan de verkoper worden

gemeld. Na die termijn staat de verkoper enkel nog in voor verborgen gebreken die de goederen ongeschikt maken voor het gebruik waartoe ze bestemd zijn, voor zover de goederen inmiddels niet werden verwerkt en voor zover de verkoper de gebreken kende of behoorde te kennen. De klant verwittigt de verkoper uiterlijk binnen de 10 kalenderdagen van het bestaan van het verborgen gebrek door middel van een aangetekend schrijven. De garantietermijn voor verborgen gebreken is beperkt tot 3 maanden. Een klacht levert geen opschorting van betaaltermijn op.

ARTIKEL 5: EIGENDOMSVOORBEHOUD

De geleverde goederen blijven eigendom van de verkoper tot na volledige betaling van hoofdsom, kosten en eventuele interesten. In geval van onvolledige betaling door de klant behouden wij ons in elk geval het recht voor om, op kosten en risico van die klant, op elk ogenblik de betrokken goederen terug op te halen zonder recht op schadevergoeding voor de klant. In het geval dat de in gebreke gebleven klant failliet gaat, de toepassing vraagt van de wet op de continuïteit van ondernemingen of op enigerlei andere wijze zijn activiteiten gestaakt heeft, behoudt de verkoper zich het recht voor de verkochte goederen op te eisen middels eenvoudig verzoek gericht aan degene die de kwestieuze goederen onder zich heeft.

ARTIKEL 6 : AANSPRAKELIJKHEID

De DEXIS BELGIUM GROEP kan geenszins aansprakelijk gesteld worden wegens het niet uitvoeren van deze verbintenis tot levering of vertraging in de uitvoering ervan wanneer er sprake is van overmacht, en dit volgens de bepalingen in artikel 1147 en 1148 van het Burgerlijk wetboek.

De verkoper is nimmer aansprakelijk voor indirecte schade, daaronder begrepen vertragingsschade, omzet- en winstderving, gevolgschade en schade door bedrijfsstagnatie. De verkoper zal niet aansprakelijk gesteld kunnen worden voor de gevolgen van een lichte, gewone en/of zware fout vanwege haarzelf en/of haar aangestelden. De verkoper is enkel aansprakelijk in geval van opzet.

De aansprakelijkheid van de verkoper is in ieder geval beperkt tot het bedrag (de prijs) opgenomen in de tussen partijen gesloten overeenkomst.

In geen geval kan de verkoper aansprakelijk gesteld worden voor schade dewelke ontstond of veroorzaakt werd door een onzorgvuldig of ondeskundig gebruik van het geleverde.

De klant is te allen tijde zelf verplicht de deugdelijkheid van informatie en van de zaken te onderzoeken voor de hem voor ogen staande toepassing. De verkoper is nimmer aansprakelijk voor schade, van welke aard ook, ontstaan doordat de verkoper is uitgegaan van door de klant verstrekte onjuiste en/of onvolledige gegevens.

ARTIKEL 7 : RETOURPROCEDURE

Terugname van voorraadartikelen kan pas na onze voorafgaande goedkeuring, na opmaak van ons genummerd afhaaldocument en geldt enkel voor voorraadartikelen. Indien wij niet aan de oorzaak liggen van de terugname, wordt een schadevergoeding in rekening gebracht ten belope van 10% van de waarde van de goederen, met een minimum schadevergoeding van 50€. Dit bedrag wordt afgetrokken van de creditnota. Niet-voorraadartikelen die speciaal voor

de klanten werden besteld, kunnen niet worden teruggenomen.

ARTIKEL 8 : GARANTIE

De garantievoorzieningen van de producent van de goederen zijn van toepassing voor zover deze niet strijdig zijn met de bepalingen van art 4 die alleszins primeren. Deze voorwaarden verbinden ons zowel als de klant, met uitsluiting van afwijkende afspraken die vooraf schriftelijk overeengekomen werden.

Iedere vorm van garantie komt te vervallen indien er sprake is van een gebrek dat ontstaan is als gevolg van of voortvloeit uit:

- a. onjuist of onzorgvuldig gebruik van de goederen, waaronder gebruik van de goederen in strijd met de gebruiksaanwijzing of een andere relevante aanwijzing;
- b. niet normaal gebruik van de goederen, waardoor de zaak abnormale en/of buitensporige slijtagekenmerken vertoont;
- c. onoordeelkundig of oneigenlijk gebruik van de goederen, onjuiste opslag of onderhoud daaraan door de klant.

ARTIKEL 9 : BETALING

Onze facturen zijn betaalbaar op onze maatschappelijke zetel en dit ten laatste op de vervaldag.

Elke betwisting i.v.m. de toegezonden factuur moet binnen de 10 werkdagen na factuurdatum schriftelijk meegedeeld worden. Bij gebreke daaraan, is er een onweerlegbaar vermoeden dat de factuur aanvaard werd. Protest ontslaat de klant daarenboven niet van zijn betalingsverplichting.

In geval van wanbetaling van het geheel of een gedeelte van de prijs, zal het openstaande bedrag van rechtswege en zonder dat enige ingebrekestelling nodig is, worden verhoogd met een jaarlijkse intrest van 12% en een forfaitaire vergoeding van 10%, met een minimum van 70€. Elke wanbetaling brengt de opeisbaarheid mee van de openstaande facturen en geeft de verkoper het recht, na ingebrekestelling, hetzij eventuele toekomstige leveringen op te schorten, hetzij de overeenkomst te ontbinden, onverminderd het recht op schadevergoeding.

Voor niet elektronische facturen met een waarde kleiner dan 30€ excl. BTW, wordt 25€ administratiekosten aangerekend. Behoudens uw uitdrukkelijk weigering binnen 8 dagen na ontvangst van de eerstvolgende factuur, behouden wij ons het recht voor om uw facturen voortaan via elektronische weg aan te bieden.

ARTIKEL 10: DEELBAARHEID

Indien een bepaling of een deel van een bepaling van huidige voorwaarden, of van een offerte, bestelbon of overeenkomst tussen de verkoper en de klant, nietig, ongeldig en/of niet-afdwingbaar zou zijn dan brengt dit de geldigheid en/of afdwingbaarheid van de overige bepalingen of delen van bepalingen van huidige voorwaarden, of van een offerte, bestelbon of overeenkomst tussen de verkoper en klant niet in het gedrang

ARTIKEL 11: TOEPASSELIJK RECHT

Al onze overeenkomsten worden beheerst door het Belgisch recht. Eventuele geschillen die in het kader van deze overeenkomst rijzen, kunnen enkel voor de rechtbanken van het arrondissement Hasselt gebracht worden.

Offerte Labelingsmodule

APERAM	
Aanbrengen etiketten op staalname platen	
Product description	Qty
H-frame voor montage verticale buis. Massief gelast buisframedeel 100x50mm, 4 verstelbare poten, bereik 100mm (optioneel om aan de vloer te bouten).	1
RVS zuil voor montage op H-frame. Rechthoekige buis, doorsnede 100x100mm, lengte 2m, gemonteerd op een voetplaat 200x200mm om met 4 bouten M20 te monteren op H-frame.	1
Montage om de applicator op het basisframe te monteren, verticale en horizontale verstelling met klemmen.	1
Camera voor het lezen v/d groot gedrukte getallen op de etiketten (zie vb. boven in de omschrijving) + Configureren met de verschillende etiketformaten en karaktergroottes.	1
MD4000 P&A applicator voor module printer met afwikkelaar 350mm, tractie unit, EventManager met 7 " kleurendisplay. Lineaire aandruk- en blaasapplicator, pneumatische cilinder met externe geleiding, slag 155 mm buiten de machine.	1
Vacuümplaat op veren met aanraakdetectie.	1
Barcodescanner Sick CLV620 met Ethernet-interface, gemonteerd op applicatorarm, integratie inbegrepen.	1
ZEBRA TT Printer ZE511; 4", 300 dpi, Euro and UK Cord, USB, Serial, Ethernet, Bluetooth 4.1, Dual USB Host, Color Touch, ZPL	1
Noodstopcircuit met luchtservice-eenheid, drukregelaar, noodstopklep en handmatige waterafvoer.	1
Lichtbaken rood, oranje en groen	1
Drukknop als startsignaal aanbrengen etiket (los, ingebouwd in drukknopkastje, mee te leveren).	1
TOTAAL	€ 28.114

Omschrijving	Dagprijs	Aantal (d)	TOTAAL
246606 - P&A Infra Consultancy	€ 1.024		€
246607 - P&A Infra Analyse	€ 1.024		€
246601 - P&A Infra Project Management	€ 1.152	1	€ 1.152
246605 - P&A Infra Documentatie	€ 1.024		€
Verpakking (bij transport buiten BE)	€		€
Transport (binnen BE)	€ 350		€ 350
Transport (buiten BE)	€		€
		Ingeschat	Ingeschat
284687 - Infra Reistijd	€ 128/uur		€
284684 - Infra Verblijfkosten	€ 250		€
246602 - P&A Infra Installatie	€ 1.024	3	€ 3.072
246602 - P&A Infra Opvolging	€ 1.024		€
246603 - P&A Infra Training	€ 1.024		€
TOTAAL			€ 4.574

Totaalprijs van € 32688 (Excl.BTW)

Bijlage F

Totale kost van de aankoopdelen

Koopnr.	Aantal	Benaming	Norm / Fabrikant-Code	Kosprijs (excl.BTW)	Totale Kostprijs (excl.BTW)
86	1	AXELENT-X322 PANEEL-1300x1400 mm	AXELENT	150	150
85	1	AXELENT-X322 PANEEL-1900x700 mm	AXELENT	130	130
84	1	AXELENT-X322 PANEEL-1900x1000 mm	AXELENT	140	140
83	2	AXELENT-X322 PANEEL-1900x400 mm	AXELENT	115	230
82	6	AXELENT-X322 PANEEL-1900x1500 mm	AXELENT	160	960
81	12	AXELENT-P13-2100 (MET VERGRENDELING)	AXELENT	120	1440
80	1	LS_MODULE	Zetes	28.114	28114
79	14	DINENISO7092_10		0,9	12,6
78	14	ISO4017 M10x40		0,25	3,5
77	16	ISO4032 M20		3,5	56
76	16	ISO4017 M20x110		9	144
75	1	XG-8700	KEYENCE	1500	1500
74	1	CA-HL02MX_04MX_1	KEYENCE	2000	2000
73	4	ISO4017 M12x25		0,25	1
72	4	ISO4017 M3X12		0,05	0,2
71	4	ISO4032 M8		0,08	0,32
70	4	ISO4017 M8x20		0,1	0,4
69	4	ISO4032 M8		0,08	0,32
68	4	DINENISO7090_8		0,5	2
67	4	ISO4017 M8X30		0,12	0,48
66	1	KAF19DRN71MS4_BE03_TF	SEW	718,3	718,3
65	8	ISO4017 M24X110		9,5	76
64	16	ISO4032 M24		5,5	88
63	8	ISO4017 M24X120		10,2	81,6
62	8	ISO4032 M12		0,4	3,2
61	2	Draadstan M12 x 220		8	16
60	8	DINENISO7090_10		1	8
59	8	ISO4017 M10x25		0,18	1,44
58	8	DINENISO7090_10		1	8
57	8	ISO4032M10		0,15	1,2
56	8	ISO 4017 M10x35		0,2	1,6
55	4	SKF FY 30 TR	SKF	40	160
54	15	ISO4032 M10		0,15	2,25
53	15	ISO4017 M10x20		0,18	2,7
52	1	SS_TB2_DRAAGPLAAT_KUNSTSTOF	NARVIFLEX (Prijs HDPE1000=9,23 euro/kg	160	160
51	1	SS_TB2_BAND	NARVIFLEX (Schatting obv oude offerte)	2134,7	2134,7
50	1	SS_TB2_KEERROL	NARVIFLEX (Schatting obv oude offerte)	450	450
49	1	SS_TB2_AANDRIJFROL	NARVIFLEX (Schatting obv oude offerte)	665	665
48	4	ISO4032 M8		0,08	0,32
47	4	DINENISO7090_8		0,5	2
46	4	ISO4017 M8X30		0,12	0,48
45	1	KAF19DRN71MS4_BE03_TF	SEW	718,3	718,3
44	8	ISO4017 M3x8		0,04	0,32
43	4	ISO4017 M8x40		0,14	0,56
42	1	Aandrukrol	Igus	300	300
41	2	Drukveer	Ø8x30	3,5	7
40	4	ISO4017 M24X110		9,5	38
39	12	ISO4032 M24		5,5	66
38	8	ISO4017 M24X120		10,2	81,6
37	8	ISO4032 M12		0,4	3,2
36	2	Draadstan M12 x 220		8	16
35	8	DINENISO7090_10		1	8

34	8	ISO4017 M10x25		0,18	1,44
33	8	DINENISO7090 _10		1	8
32	8	ISO4032M10		0,15	1,2
31	8	ISO 4017 M10x35		0,2	0,8
30	4	SKF FY 30 TR	SKF	40	160
29	16	ISO4032 M8		0,08	1,28
28	16	ISO 4017 M8x16		0,09	1,44
27	1	SS_TB1_DRAAGPLAAT_KUNSTSTOF	NARVIFLEX (Prijs HDPE1000=9,23 euro/kg	206,3	206,3
26	1	SS_TB1_BAND	NARVIFLEX (Schatting obv oude offerte)	2982,1	2982,1
25	1	SS_TB1_KEERROL	NARVIFLEX (Schatting obv oude offerte)	600	600
24	1	SS_TB1_AANDRIJFROL	NARVIFLEX (Schatting obv oude offerte)	1000	1000
23	70	ISO 10642 M5X20		0,6	42
22	35	SPRING LOADED FLANGE BALL 9601	OMNITACK	20	700
21	4	DIN EN ISO 7090 - 12		0,8	3,2
20	4	ISO 4014 M12x50		0,4	1,6
19	16	ISO 4032 M20		3,5	56
18	8	ISO 4017 M20X110		9	72
17	8	ISO 4017 M20X100		8,3	66,4
16	4	ISO 4032 M8		0,08	0,32
15	4	ISO 4017 M8		0,1	0,4
14	1	SEW KAF37DRN63MS4		1019,78	1019,78
13	8	DIN 471 - 40		0,3	2,4
12	16	ISO4032 M16		0,8	12,8
12	16	DIN EN ISO 7090 - 16		1,1	17,6
11	16	ISO4017-M16X60		1,5	24
10	8	ST_TK12_TRANSPORTWIEL	BLICKLE	560,6	4484,8
9	4	ST_TK12_LOS_LAGERINGSEENHEID	SKF	300	1200
8	4	ST_TK12_VAST_LAGERINGSEENHEID	SKF	307	1228
7	1	Energieketting Igus	IGUS	2000	2000
6	4	ST_INDUCTIEVE_SENSOR	OMRON	133	532
5	4	ISO4017-M16X45		1,2	4,8
4	8	ISO4032 M16		0,8	6,4
3	52	ISO4032 M20		3,5	182
2	12	DIN 975 M16		4	48
1	52	DIN 975 M20		7,5	390
Koopnr.	Aantal	Benaming	Norm / Fabrikant-Code	Kosprijs (excl.BTW)	Totale Kostprijs (excl.BTW)
Stuklijst van de aankoopdelen			TOT. PRIJS (Excl. BTW) €		57761,65
Student:	Naam : Beulen Mattice		Groep: M-OP1 (EM)		Datum: 20/06/2025
FIIW		Optimalisatieproces voor de voorbereiding van RVS teststukken voor het mechanisch labo van Aperam Genk			

Bijlage G

Totale kost van de besturingscomponenten

Benodigdheden voor 1 sturingskast (Excl. BTW)				
Component		Aantal	Eenheidsprijs (€)	Totale Prijs (€)
Hoofdcomponent	Contactora 3 Polig	1	30	30
	Motorbeveiliging 3 Polig	1	30	30
	Zekering (24V)	1	200	200
	Werkschakelaar 3 Polig	1	40	40
	Veiligheidsrelais 3Polig	1	90	90
	Drive (Frequentieregelaar)	1	720	720
	Transfo 240VAC/24VDC	1	160	160
	Leidingbeveiligingsschakelaar	2	60	120
	Motorbeveiliging Koelingcircuit	1	35	35
	Transfo 24DC/10VDC	1	125	125
	Contactora (Hoofdrelais)	1	75	75
	Relais koelingcircuit	1	50	50
	Voeding puls 3 Polig	1	265	265
Klein materiaal	Sleutelschakelaar	1	25	25
	Jog schakelaar (3 standen)	1	5	5
	Drukknop	1	3	3
	Noodstop	1	25	25
	Klemmen, rails (kastmateriaal)	1	200	200
Totale kostprijs voor 1 sturingskast			€	2198
Totale kost voor 3 sturingskasten (Schroottransport, TB1, TB2)			€	6594

Extra Benodigdheden voor de 3 sturingskasten				
Component		Aantal	Eenheidsprijs (€)	Totale Prijs (€)
Grote bedieningskast		1	100	100
Kleine bedieningskast		2	50	100
Elektrische kabel		200 meter	7/meter	1400
Totale kostprijs voor de 3 sturingskasten			€	1600

Totale prijs voor alle besturingscomponenten	
Totale kost voor 3 sturingskasten (Schroottransport, TB1, TB2)	€ 6.594
Totale kostprijs extra benodigdheden voor de 3 sturingskasten	€ 1.600
Finale totale kost	€ 8.194