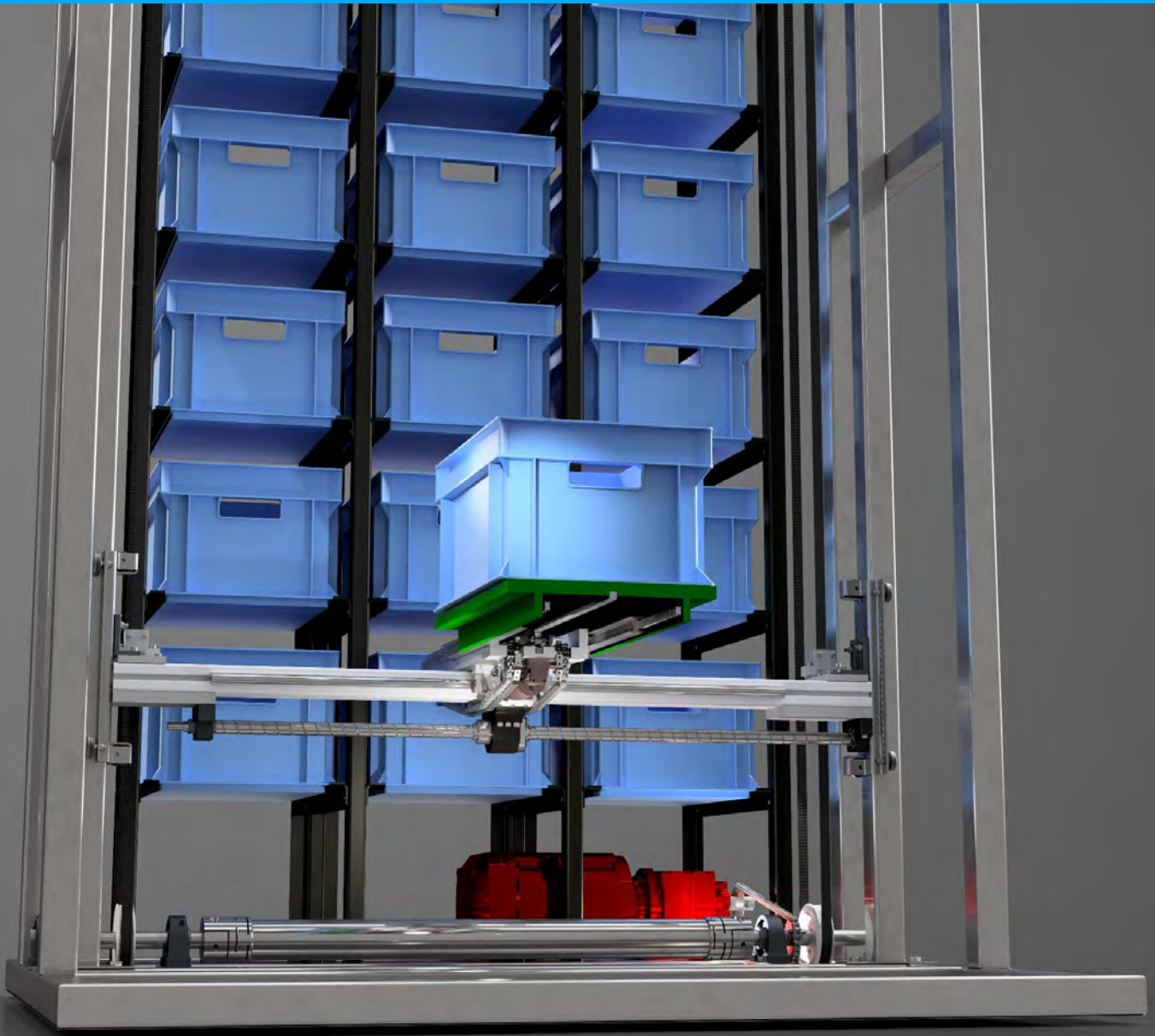


Click & Collect

*Concept ontwerp voor een geautomatiseerd
ondergronds opslag- & ophaalsysteem voor e-
commerce pakketten.*

K.A.A. Kohabir



DE HAAGSE
HOGESCHOOL

BSc Werktuigbouwkunde
Studentnummer: 17068045
04-06-21
Delft

Eindverslag: Click & Collect

Concept ontwerp voor een geautomatiseerd ondergronds opslag- & ophaalsysteem voor e-commerce pakketten.

Project begeleider: R. De Hoog, Ing.

Email: r.dehoog@owmachinebouw.nl

Tutor: S. Panahkhahi, MSc.

Opleiding: Werktuigbouwkunde

Module: Afstuderen

Product: Eindverslag

Auteur: Karan Kohabir

Studentnummer: 17068045

Email: 17068045@student.hhs.nl

Datum: 04-06-21

Plaats: Delft

Voorwoord

Dit rapport behoort tot de documentatie ter voltooiing van het curriculum van de opleiding Werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool Delft. Deze afstudeeropdracht is uitgevoerd in opdracht van O.W. Machinebouw B.V. (OWM B.V.). De inhoud van dit rapport is gecontroleerd door de begeleidster MSc. S. Panahkhahi en de hoofdingenieur van OWM B.V, Ing. R. De Hoog. De opdracht en dit verslag zijn tijdens de COVID-19 pandemie uitgevoerd en zijn daardoor grotendeels online en vanuit een thuishkantoor tot stand gekomen.

Ondanks deze pandemie en de logistieke beperkingen wil ik Ing. R. De Hoog bedanken voor zijn advies bij het ontwerpproces en MSc. S. Panahkhahi voor haar flexibiliteit met opdrachten en begeleiding van het project vanuit de HHS.

Ik wil Ir. MSc. K.A.V. Kohabir en J. Schoonhoven bedanken voor het controleren van mijn scriptie en het leveren van feedback ter verbetering.

Delft, 4 juni 2021

Inhoud

Voorwoord	III
Samenvatting	VI
Verklarende woordenlijst	VII
Symbolenlijst.....	VII
Leeswijzer.....	VIII
1. Inleiding.....	1
2. Probleemanalyse.....	2
2.1 Opdrachtbeschrijving	2
2.2 Huidige situatie: 5WH2-analyse.....	3
2.3 Probleemstelling	5
2.4 Doelstelling	5
2.5 Projectafbakening/scope	6
2.6 Deliverables.....	6
3. Analyseren	7
3.1 Procesanalyse.....	7
3.2 Hoofdvraag & deelvragen	7
4. Literatuurstudie	8
4.2 Onderzoek naar eigenschappen van afvalcontainers	8
4.3 Pakketformaat.....	10
4.4 Ergonomie	12
5. Ontwerpen	13
5.1 Ontwerpcriteria.....	13
5.2 Morfologisch overzicht	15
5.3 De concepten	16
5.4 Conceptkeuze.....	20
6 Detailleren.....	22
6.1 Het eindconcept.....	22
6 Conclusie	46
8 Advies.....	47
9 Competenties.....	48
Bijlage 0. Figuren- en tabellenlijst	51
Figurenlijst.....	51

Tabellenlijst	56
Lijst met afkortingen	60
Bijlage I. Bibliografie	61
Bijlage II. Het bedrijf	68
Bijlage III. Theoretisch kader & methode	69
Bijlage IV. Competentieverantwoording	70
Bijlage V. Procesanalyse; volledige functieboom & functieblokschema	79
Bijlage VI. Volledig PvE&W	82
Bijlage VII. Bronvermelding morfologisch overzicht.....	87
Bijlage VIII. Toetsing aan ontwerpcriteria & eisen.....	88
Bijlage IX. Literatuurstudies	92
Concurrentieonderzoek	92
Ergonomie	92
Wateroverlast	93
Hijsc constructie	94
Bijlage X. Van Dijk Beton B.V. betonbak 5 m ³ werktekening.....	95
Bijlage XI. E-commerce pakketformaat onderzoek	96
Bijlage XII. Materiaalonderzoek.....	100
Materiaalonderzoek opslagconstructie	100
Materiaalonderzoek popnagel.....	104
Materiaalonderzoek verzinken	106
Materiaalkeuze opslagconstructie.....	106
Materiaalkeuze frame.....	107
Materiaalkeuze verticale loopvlak staanders	107
Bijlage XIII. Componentkeuzes en berekeningen	108
Opslagconstructie	108
Frame	109
Verticaal transport	116
Ligger.....	129
Uitschuifbaar platform.....	134
Bijlage XIV. Onderdelenlijst.....	147
Bijlage XV. Overige werkzaamheden tijdens de afstudeerperiode	150
Bijlage XVI. Planning.....	162

Samenvatting

In dit onderzoek is er gekeken naar hoe een ondergronds pakketopslag het beste ontworpen kan worden binnen een ontwerptraject van 17 weken. Binnen dit onderzoek vallen een probleemanalyse over de huidige situatie, literatuurstudies naar bruikbare bronnen, wettelijke eisen en uitgangspunten voor het ontwerpen en een ontwerpfase waarin het product gedetailleerd ontworpen wordt.

Met de vergaarde informatie uit de probleemanalyse is de volgende **probleemstelling** geformuleerd:

“Pakketbezorgers rijden heen en weer naar huizen waar de ontvangers niet altijd aanwezig zijn. Dit is niet alleen verspilling van tijd en geld maar ook slecht voor het milieu. Daarnaast vindt men het oncomfortabel om thuis te moeten blijven voor de bezorging.”

Met behulp van de probleemstelling, projectafbakening en procesanalyse wordt de hoofdvraag van het onderzoek geformuleerd. Deze **hoofdvraag** luidt als volgt:

“Hoe wordt de mechaniek van een ondergrondse opslag voor bezorgpakketjes binnen 17 weken ontworpen die automatisch pakketjes ondergronds opslaat en geautomatiseerd het juiste pakket boven de grond, in bereik van de gebruiker brengt?”

Het antwoord op de hoofdvraag wordt beantwoord met de resultaten voor de deelvragen.

Uit de literatuurstudies is er een formaat betonbak bepaald van 5 m³ omdat deze het meest voorkomt. Daarnaast is er met behulp van een steekproef een maximale pakketgrootte bepaald van 350 × 250 × 200 mm die de opslag hanteert. Tot slot is er uit een ergonomie onderzoek gebleken dat 1200 mm de optimale opleghoogte van pakketten is waarbij er ook rekening gehouden is met invaliden.

Met een productanalyse en functieanalyse zijn er voor de benodigde deelfuncties deeloplossingen bedacht in de divergerende ontwerpfase. Met deze deeloplossingen zijn er vier concepten samengesteld. Deze concepten zijn getoetst aan opgestelde ontwerpcriteria en succescriteria om uiteindelijk het meest geschikte ontwerp te bepalen.

Uit de toetsing is een ontwerp gekomen dat gebruik maakt van een platformlift die de pakketten van onderen pakt en plaatst in stellingen met behulp van een uitschuifbaar platform. De pakketten worden gehanteerd in Euronorm kratten. De stellingen bieden plek voor 48 opslageenheden.

Het platform beweegt horizontaal op een aluminium ligger, die zich in het midden van twee stellingen bevindt. De ligger wordt verticaal verplaatst met een tandriem overbrenging. Het platform wordt over de ligger verplaatst met een spindel aandrijving. Bij het pakken en plaatsen van een krat schuift het platform 91.1% van de lengte in rustpositie uit door een telescopisch systeem bestaande uit twee tandheugels en daartussen een lopend tandwiel. Naast de componentbepaling zijn de materialen van de onderdelen bepaald naar weersomstandigheden en belastingen.

Tot slot is het concept in gedetailleerde fase kritisch onderzocht en is er waar nodig een advies geformuleerd voor de stappen die het bedrijf in volgende stadia kan zetten. Er moet extra aandacht besteed worden aan de bescherming tegen regenwater en de ontwikkeling van het conceptuele uitschuivende platform.

Verklarende woordenlijst

Tabel 0.1 Verklarende woordenlijst.

Woordenlijst	Definitie
"Last mile"	De laatste transportfase bij bezorging van online bestelde producten die het pakket aflevert aan de ontvanger.
ACM - Autoriteit Consument & Markt	De ACM is een Nederlandse toezichthouder die zich erop richt dat bedrijven de wettelijke regels volgen (Rijksoverheid, sd).
Anode	De term van de anode wordt alleen beschouwd in context van galvanische corrosie. De anode is de corroderende pool, met een negatiever galvanisch potentiaal dan de kathode, waarvan het fysieke materiaal oplost in ionen en elektronen. Onder een potentiaalverschil met de kathode verplaatsen elektronen zich naar de kathode en creëren zo een elektrische stroom. De elektronen en ionen kunnen alleen ontstaan als de anode en kathode in contact staan met een elektrolyt.
E-commerce	E-commerce (Electronic commerce) is de term voor online handelen. Webshops behoren tot de E-commerce sector.
Elektrolyt	Een stroom geleidende vloeistof die de twee polen van een cel met elkaar verbindt, waarin een chemische verbinding is opgelost tot ionen of in gesmolten toestand verkeerd.
Kathode	De term van de kathode wordt alleen beschouwd in context van galvanische corrosie. De kathode heeft een positiever galvanisch potentiaal ten opzichte van de anode. Elektronen stromen van de anode (corroderende) pool naar de kathode in een elektrolyt. Aan de kathode slaan de ionen in de elektrolyt neer met de elektronen van de anode.

Symbolenlijst

Tabel 0.1 De symbolenlijst.

Symbool	Betekenis	Eenheid
F_z	Zwaartekracht	N
v_{max}	Maximale doorbuiging	m
B	Breedte	m
D	Diameter	m
E	Elasticiteitsmodulus	GPa
H	Hoogte	m
I	Oppervlaktetraagheidsmoment	m^4
L	Lengte	m
M	Moment	Nm
P	Vermogen	kW
a	Versnelling	m/s^2
d	Dikte	m
m	Massa	Kg
v	Snelheid	m/s
σ	Trek-/drukspanning	MPa
τ	Afschuifspanning	MPa

Leeswijzer

In dit rapport wordt het ontwerptraject van een ondergrondse pakketopslag beschreven. Binnen dit ontwerptraject worden de werkzaamheden die uitgevoerd zijn in een periode van 17 weken in drie hoofdfases onderverdeeld, de analysefase, ontwerpfase en detailleringsfase. In *Tabel 0.1* zijn de verschillende activiteiten binnen de hoofdfases beschreven en toegelicht.

Tabel 0.1 De verschillende onderwerpen die te pas komen in het verslag.

Hoofdfase	Sub fase	Beschrijving van de activiteiten
Analysefase	Probleemanalyse	In de probleemanalyse wordt de huidige markt onderzocht en wordt er onderzocht welke problemen zich voortdoen.
	Productanalyse	De productanalyse gaat kort in op het onderzoeken van de functies die het ontwerp moet vervullen. Dit wordt met behulp van een black-box model, een functieboom en functieblokschema gedaan.
	Literatuurstudie	De literatuurstudie gaat inhoudelijk in op een concurrentieonderzoek, een onderzoek naar bruikbare informatie van ondergrondse afvalcontainers en de hanteerbare pakketformaten. Er wordt ook een kort onderzoek gedaan naar ergonomie voor een comfortabele opleghoogte voor (invalide) mensen.
Ontwerpfase	Eisen in kaart brengen	De eisen en wensen worden opgesteld aan de hand van overleg met de opdrachtgever en worden aangevuld na literatuurstudies en nadat ontwerpeisen bepaald zijn.
	Divergerend ontwerpen	Met behulp van de productanalyse en een morfologisch overzicht worden er deeloplossingen bedacht voor de deelfuncties. Deze deelfuncties worden samengesteld tot vier concepten.
	Ontwerp toetsing	De samengestelde concepten worden getoetst aan ontwerp- en succescriteria om het meest succesvolle concept te bepalen.
Detaileringsfase	Concept uitwerken	Het bepaalde concept wordt uitgewerkt tot een werkend concept. Er wordt een ontwerp gemaakt van het concept en vervolgens wordt er bepaald hoe de onderdelen geplaatst worden in het concept.
	Convergerend ontwerpen	Tot slot worden de onderdelen bepaald. Dit wordt gedaan door componentkeuzes te maken op basis van berekeningen, werkingsprincipe en materiaalonderzoek. De componenten worden geplaatst in een 3D-model met behulp van CAD-software.

1. Inleiding

De opkomst en wereldwijde toegankelijkheid tot het internet heeft een revolutie van online winkelen met zich meegebracht. In 2020 zijn er in Nederland door PostNL 337 miljoen pakketten bezorgd (Weerd, 2021). Deze pakketten worden verzonden door de koerierdienst met bestelbusjes en worden tot aan de deur van de ontvanger geleverd. Dit wordt de “last mile” genoemd. Bij de bezorging moet de ontvanger op het bestemmingsadres aanwezig zijn om het pakket te ontvangen ter voltooiing van het zogeheten “last mile” traject van de bezorging. Als de ontvanger niet aanwezig is, gaat het pakket retour naar de koerierdienst of wordt het bij de burens bezorgd.

Momenteel rijden pakketbezorgers veelal heen en weer naar adressen waar ontvangers niet aanwezig zijn om verzendingen aan te nemen. Dit onnodige energieverbruik is slecht voor het milieu, en kost de koerierdienst bovendien tijd en geld. Ook voor mensen die een pakket besteld hebben, is het niet fijn om thuis te moeten wachten op de pakketbezorger. Het bieden van lokale opslag voor pakketten in wijken kan ervoor zorgen dat de ontvanger niet meer thuis hoeft te wachten op het pakketje en dat de bezorger niet bij ieder huis hoeft te stoppen.

Deze problemen die bij het huidige systeem van pakketbezorging optreden kunnen worden aangepakt door geautomatiseerde opslag- & ophaalsystemen voor e-commerce pakketten in woonwijken te plaatsen. OWM B.V. ziet een oplossing voor zich die (bestaande) infrastructuur benut voor pakketopslag in woonwijken. De betonbakken die bestemd zijn voor ondergrondse afvalcontainers kunnen benut worden voor het opslagsysteem van pakketten. De containers onder de grond worden gevuld met pakketten die door de bezorger geleverd worden aan ontvangers van een woonwijk. Vervolgens kunnen de pakketten opgehaald worden door de ontvanger wanneer de tijd goed uitkomt. Zo kan er voorkomen worden dat de ontvanger aanwezig moet zijn tijdens de “last mile” en loopt de pakketbezorging efficiënter en milieuvriendelijker.

In dit rapport wordt het vooronderzoek samen met het ontwerpproces tot een theoretisch concept (inclusief 3D-model) beschreven. Het probleem is in context gebracht met een 5W2H-analyse en er is een doelstelling geformuleerd (Hoofdstuk 2 Probleemanalyse). Het proces en de functies zijn geanalyseerd in de analyse fase van het onderzoek (Hoofdstuk 3 Analyseren). Vervolgens is er een vooronderzoek gedaan naar afmetingen van de betonbak, afmetingen van de pakketjes, een ergonomische opleghoogte en overige bruikbare informatie die benut kan worden bij het ontwerpen (Hoofdstuk 4 Literatuurstudie). De ontwerpfase beschrijft de keuzes van het tot stand gekomen concept met behulp van opgestelde ontwerpcriteria (PvE&W), een morfologisch overzicht, conceptgeneratie en toetsing aan de ontwerp- en succescriteria (Hoofdstuk 5 Ontwerpen). In de detailleringsfase wordt het gekozen concept beknopt uitgewerkt en worden de materiaalkeuzes en componenten toegelicht (Hoofdstuk 6 Detailleren). De materiaalkeuzes, berekeningen en componenten worden in Bijlage XII(materiaalonderzoek) en Bijlage XIII(componentkeuzes en berekeningen) volledig verantwoord. Tot slot wordt er een conclusie getrokken uit eerdergenoemde onderzoeken en is er een advies geformuleerd dat het bedrijf in het volgende stadium helpt met de eerste stappen zetten. (Hoofdstuk 7 Conclusie & Hoofdstuk 8 Advies). De verantwoording van werkzaamheden worden toegelicht aan de hand van competenties. (Hoofdstuk 9 Competenties).

2. Probleemanalyse

De voorafgaande probleemanalyse brengt het probleem in kaart. Vervolgens kan er vanuit het probleem een probleemstelling en een doelstelling geformuleerd worden. Hiermee zijn de hoofdvraag en deelvragen van het onderzoek opgesteld. Bij het vaststellen van het probleem is er ook een scope toegelicht om de opdracht af te bakenen en om duidelijk te maken wat wel en niet onder de werkzaamheden valt. De gehanteerde methoden en het theoretisch kader achter de opdracht bevinden zich in *Bijlage III*.

2.1 Opdrachtbeschrijving

De beknopte **opdrachtbeschrijving** luidt als volgt: *Ontwerp een totaaloplossing voor het geautomatiseerd, ophalen en ondergronds opslaan van bezorgpakketten. De totaaloplossing moet geplaatst kunnen worden in (bestaande) ondergrondse betonbakken die bestemd zijn voor ondergrondse afvalcontainers.*

De opdracht richt zich op een totaalontwerp van de container. Dit betreft alle mechanische onderdelen die nodig zijn voor een werkend concept. Er wordt eerst een onderzoek gedaan naar de eisen. Vervolgens worden de containerbehuizing, de opslagconstructie voor de pakketjes en het mechanisme dat de pakketjes plaatst en pakt ontworpen.

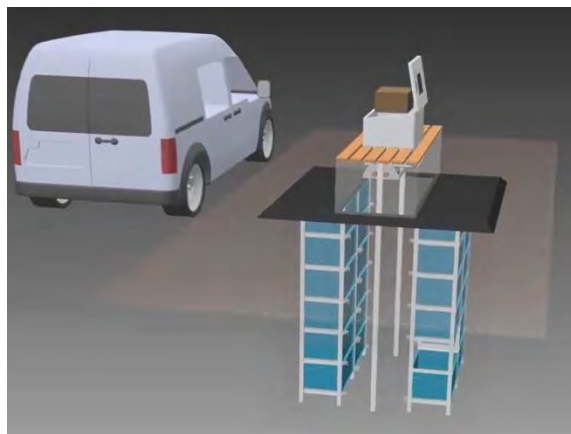
Het is de bedoeling dat de ontworpen toepassing geïnstalleerd kan worden in woonwijken. Bestaande ondergrondse afvalcontainers, zie *Figuur 2.1*, gebruiken ruimte onder de grond voor opslag van afval. Deze containers worden geplaatst in een betonbak onder de grond.

De pakketcontainer kan op een nieuwe plek geplaatst worden in de wijk maar kan ook gebruikt worden in betonbakken die al in de woonwijk aanwezig is van een vorige afvalcontainer. Voor het gebruik van de pakketcontainer moet dan de afvalcontainer verwijderd worden. Dit betekent dat de pakketcontainers moeten voldoen aan de afmetingen van de betonbakken. In *Figuur 2.2* is het eerste idee van OWM B.V. gevisualiseerd. In de ruimte onder de grond worden stellages geplaatst met een lift mechanisme voor de pakketjes.

Uit opdracht van OWM B.V. wordt er een concept ontworpen van een ondergrondse pakketcontainer. De opdracht focust zich op de mechaniek, materiaalonderzoek, berekening en componentbepaling in conceptfase.



Figuur 2.1 afvalcontainer met ondergrondse laadbak (Waste Vision, sd).



Figuur 2.2 Het eerste idee van OWM B.V. voor het concept (Hoog, 2021).

2.2 Huidige situatie: 5WH2-analyse

Met behulp van de 5W2H-vragen wordt het probleem in context gebracht van de opdracht. De vragen brengen verheldering van de opdracht.

2.2.1 Wat

Wat is het probleem?

De huidige pakketbezorging is gebaseerd op een systeem waarbij de ontvanger van het pakket overdag op het bezorgadres aanwezig moet zijn tot de bezorger aan de deur het pakket aflevert. De ontvanger moet idealiter overdag of in de vroege avond beschikbaar zijn om het pakketje te kunnen ontvangen, wat door gangbare werktijden niet altijd mogelijk is. De bezorger beschikt dus niet over de zekerheid of de ontvanger thuis is en loopt daarmee het risico dat die het pakket weer mee terug moet nemen en een andere dag moet bezorgen. Soms worden pakketten overdag bij de burens afgeleverd als de ontvanger niet thuis is. Het verlies aan tijd en geld dat in dergelijke bezorgdiensten wordt gestopt streeft naar verbetering.

2.2.2 Wie

Wie zijn er betrokken?

De belanghebbenden bij het probleem zijn de pakketontvangers, de pakketbezorgers, leveranciersbedrijven, de betrokkenen bij het ontwerpproces van het product, assemblagemedewerkers en OWM B.V. De pakketontvangers kunnen profiteren van een oplossing doordat ze niet meer op een bezorger hoeven te wachten. De pakketbezorgers hoeven niet elke deur meer langs te gaan maar kunnen meerdere pakketjes op een centraal punt afleveren. De leveranciersbedrijven kunnen tijd en kosten besparen doordat een bezorger meer pakketjes op één dag zou kunnen leveren. Dat komt doordat de bezorger minder tijd kwijt is aan alle deuren langs te gaan. Daarnaast bespaart de leverancier ook transportkosten door efficiëntere transport. De betrokkenen bij het ontwerpproces storten zich op de aanpak van het probleem en ontwerpen een oplossing. De assemblagemedewerkers moeten het ontwerp in elkaar zetten. Om hun werk minder tijdrovend en onhandig te maken kan het ontwerpsteam het ontwerp slimmer ontwerpen door rekening te houden met assemblage mogelijkheden. OWM B.V. wil de oplossing op de markt krijgen om te helpen met het verminderen van de wereldwijde CO₂-uitstoot en om het comfort te verbeteren van pakketbezorging en -ontvangst.

2.2.3 Waar

Waar bevindt het probleem zich?

De bezorging aan huis is de plek waar het probleem zich afspeelt. De ontvanger kan niet thuis zijn, de bezorger kan te laat of te vroeg zijn waardoor beide partijen elkaar mislopen en overdracht niet plaatsvindt. Daarnaast kunnen menselijke handelingen en communicatie voor problemen zorgen.

2.2.4 Waarom

Waarom is er een probleem?

Duurzaamheid en verantwoorde consumptie staan centraal in de huidige maatschappij. De veranderingen van het milieu door overmatige CO₂-uitstoot zorgt wereldwijd voor grote gevolgen voor ecosystemen door opwarming van de aarde. Om drastische veranderingen van leefomstandigheden te voorkomen zijn er door het VN-klimaatakkoord van Parijs doelen geformuleerd om in 2030 de CO₂-uitstoot met minimaal

40% te verminderen. Nederland heeft als doel om 49% van de uitstoot ten opzichte van 1990 te verminderen (Rijksoverheid, 2019).

Met het klimaatakkoord wordt er dringend actie ondernomen voor de zogenoemde “Sustainable Development Goals” (SDG) 13 Klimaatactie, zie *Figuur 2.3* (SDG Nederland, 2015)

De logistieke e-commerce sector zorgt naar schatting voor 252.000 ton CO₂ uitstoot per jaar en is wereldwijd nog steeds aan het groeien (Seijlhouwer, 2020). Uit onderzoek van TNO blijkt dat de CO₂-uitstoot van deze sector met 17% verminderd als 50% van de bezorgbusjes de pakketjes op centrale plekken bezorgen (Seijlhouwer, 2020). Door meer gebruik te maken van centrale afleveringspunten kan er gewerkt worden aan het CO₂ probleem.



Figuur 2.3 SDG Doel 13 Klimaatactie, een van de 17 doelen om wereldwijd de leefomstandigheden te verbeteren voor zowel de mens maar ook de natuur (SDG Nederland, 2015).

2.2.5 Wanneer

Wanneer doet het probleem zich voor?

De pakketjes worden overdag, in de ochtend tot in de avond bezorgd. Dit is de periode waarin de ontvanger de bezorger kan mislopen.

2.2.6 Hoe

Hoe ziet de oplossing voor het probleem eruit?

De conceptoplossing van OWM B.V. maakt gebruik van ondergrondse opslag in woonwijken. Hierdoor wordt er een minimale ruimte boven de grond gebruikt.

De bezorger brengt de pakketten naar de locatie van de pakketcontainer. Er moet rekening mee gehouden worden dat niet alle pakketten in het systeem zullen passen. De pakketten moeten automatisch verplaatst worden van boven de grond naar onder de grond en *vice versa*. Vervolgens kan de ontvanger het pakket ophalen wanneer het die goed uitkomt.

Door gebruik te maken van betonbakken waar afvalcontainers in geplaatst worden kan de oplossing breed worden ingezet. Bestaande afvalcontainers kunnen ingeruild worden voor een pakketopslag maar er kunnen ook nieuwe gaten gemaakt worden voor de plaatsing van een pakketopslag.

2.2.7 Hoeveel

Hoe vaak doet het probleem zich voor?

Het probleem tussen de bezorger en ontvanger van elkaar mislopen doet zich vaak voor. Zo is er door de Consumentenbond in 2020, tijdens de COVID-19 pandemie, een onderzoek gedaan naar de ervaringen van pakketbezorging over een tijdsbestek van 6 maanden. Van de ruim 12.000 panelleden beweert 27% dat er wel iets mis is gegaan met de bezorging. 58% van deze groep die ervaring heeft met het misgaan beweert dat de bezorger ten onrechte aan heeft gegeven dat de ontvanger niet thuis was (Consumentenbond, 2021).

2.3 Probleemstelling

OWM B.V. heeft een concept om de logistiek van pakketbezorging te verbeteren. In de 21^{ste} eeuw wordt er wereldwijd veel gebruik gemaakt van online bestellingen plaatsen en aan huis bezorging van de bestellingen. Een bezorger brengt de pakketten rond met een bus en brengt deze tot aan de voordeur van de ontvanger. Als de ontvanger van het pakket niet op het bestemmingsadres is dan zorgt dat ervoor dat het pakket terug meegaat met de bezorger. Vervolgens probeert de leverancier het pakket een andere dag te bezorgen. Daarnaast vindt men het oncomfortabel om thuis te moeten blijven voor de bezorging. Met deze informatie is de volgende **probleemstelling** geformuleerd:

Pakketbezorgers rijden heen en weer naar huizen waar de ontvangers niet altijd aanwezig zijn. Dit is niet alleen verspilling van tijd en geld maar ook slecht voor het milieu. Daarnaast vindt men het oncomfortabel om thuis te moeten blijven voor de bezorging.

2.4 Doelstelling

2.4.1 Doelstelling van de opdracht

Het onderzoek richt zich op het mechanisch ontwerp van de stellages en het mechanisme voor pakken en plaatsen van de pakketten. De **doelstelling** van de opdracht luidt als volgt:

Het doel van deze opdracht is om binnen 17 weken met een totaaloplossing te komen voor het probleem en deze oplossing te documenteren. Dit wordt gedaan door een concept te ontwerpen dat met deeloplossingen voor het probleem samengesteld is. Met de deeloplossingen wordt er ook inzicht verkregen in verschillende mechanieken voor het pakken en plaatsen van de pakketten en de interactie tussen mens en machine. Vervolgens worden hiervan de beste opties bepaald met behulp van toetsing aan gestelde criteria. Het gekozen concept wordt gedetailleerd en uitgewerkt (met 3D-model) per component met berekeningen, materiaalkeuzes en ontwerpkeuzes.

Uit de conclusie van de resultaten wordt een advies geformuleerd voor het bedrijf.

Het ontwerpen van het concept is gedaan conform de ontwerpmethodiek die gehanteerd wordt in de literatuur van Ontwerpen Van Technische Innovaties (Souren, 2012).

2.4.2 Doelstelling van de student

Vanuit het oogpunt van de student is het primaire doel om ervaring op te doen met een opdracht in vakgebied op afstudeerniveau en om bezig te zijn met een uitdagend educatief project. Daarnaast is het belangrijk voor de student om een verhoogd competentieniveau van Professionaliseren (van niveau 2 naar niveau 3) tijdens het afstuderen te bereiken en dat aan te kunnen tonen met de werkzaamheden. Dit wordt bereikt door bezigheden uit te voeren van het project in bedrijfskader. Naast de competentie Professionaliseren worden de behaalde competenties Analyseren en Ontwerpen ook op dezelfde wijze aangetoond op niveau 3. De student heeft ervoor gekozen om de competentie Adviseren te verhogen naar niveau 3 voor eigen ontwikkeling. De student wil zich verdiepen in de benodigde stof voor het ontwerpen van constructies. Enige verdieping van krachtberekening, materiaalkeuze en bevestigingsmethoden is van toepassing. De resultaten van het onderzoek worden gedocumenteerd voor het afstuderen. Daarbij wordt er van het geleverde werk aangegeven wat de bijdrage is bij het behaalde competentieniveau. Er wordt een conclusie gegeven over het ontwerp en onderzoek. Voor de afronding van de stage wordt er een advies over verdere mogelijk onderzoek geleverd aan het bedrijf.

2.5 Projectafbakening/scope

Bij de opdracht zijn duidelijke grenzen gesteld over wat wel en niet bij de werkzaamheden hoort. De opdracht wordt uitgevoerd in de periode van 8 februari tot en met 4 juni 2021. Binnen deze tijd wordt er gewerkt aan het pakken en plaatsen van het pakket door de bezorger, het mechanisme om het pakket te plaatsen in de opslag en het pakket uit de opslag te halen en in bereik van de gebruiker te brengen.

De elektronische aansturing van de componenten wordt buiten beschouwing gelaten. Er wordt niet gewerkt aan stroomvoorziening en besturingstechniek. Programmeren van de componenten valt buiten de opdracht.

Omdat er geen vooronderzoek heeft plaatsgevonden vanuit het bedrijf, worden de gestelde eisen gedurende het ontwerpproces bijgesteld. De eisen worden door de opdrachtgever voorgelegd en in overleg kan de ontwerper voorstellen leveren voor eisen met redelijke argumentatie.

Het ontworpen concept wordt gebaseerd op ondergrondse afvalcontainers in Nederland. Daarbij komt ook kijken dat het ontwerp ook in de grond past waar de ondergrondse afvalcontainers zich bevinden. Door gelimiteerde vrijgegeven informatie en tijd wordt het concept gebaseerd op de afmetingen van de betonbak die door betonbedrijf Van Dijk Beton B.V. beschikbaar gesteld zijn.

De opdracht begint met een onderzoek naar afmetingen van pakketjes en de betonbakken in de grond om een geraamte te maken voor het ontwerp. Vervolgens wordt er met behulp van de ontwerpmethodiek uit Ontwerpen van technische innovaties (Souren, 2012) een detailontwerp van het geautomatiseerde mechanisme gemaakt.

2.6 Deliverables

2.6.1 Deliverables voor het bedrijf

De concrete producten die geleverd worden bevatten een verslaglegging van het ontwerptraject, detailontwerpen met 3D-model, resultaten en een conclusie met advies.

Er wordt een literatuuronderzoek gedaan naar de gegevens die vastgesteld moeten worden over de betonbakken, pakketjes en normen. De prioriteit van de opdracht ligt sterk bij het ontwerpen van de mechaniek.

Naast de opdracht over de ondergrondse pakketopslag, is er een octrooi onderzoek gedaan naar de vorige opdracht die in de eerste week geannuleerd is. Dit octrooi onderzoek is ter advies en ter info over het bedrijf Attabotics. Daarnaast draagt dit onderzoek bij aan de ontwikkeling van de student op het gebied van kennis over octrooien. De resultaten van dit octrooi onderzoek bevinden zich in *Bijlage XV*.

2.6.2 Deliverables voor het afstuderen

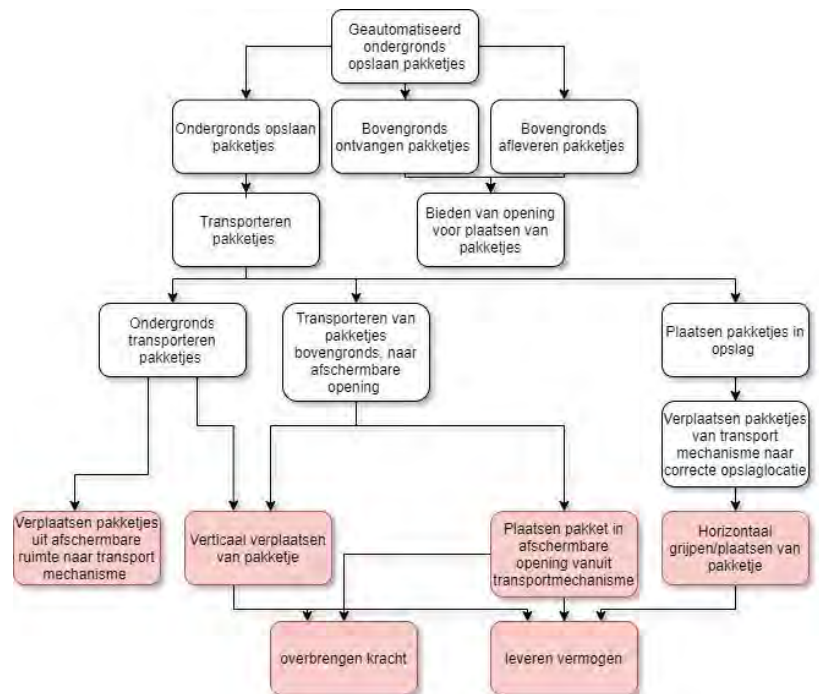
De student dient naast de documentatie en resultaten voor het bedrijf ook aandacht te besteden aan het leveren van vereisten voor het afstuderen. Onder deze vereisten valt het volgende: Een PvA (Plan van Aanpak), planning, tussenverslagen, tussenpresentaties, een afstudeerverslag en posterpresentatie. Bij het inleveren van het afstudeerverslag is het belangrijk dat daar ook een uitgebreide competentieverantwoording toegelicht wordt. De competenties zijn een indicatie in hoeverre de student de competenties heeft behaald.

3. Analyseren

In de analysefase worden de functies van het product vastgesteld. Met de procesanalyse, functieanalyse en functieboom (zie *Bijlage V*) wordt er een totaal systeem in kaart gebracht. Het onderzoek wordt in gang gezet met resultaten van de proces- en functieanalyse door een hoofdvraag met deelvragen te formuleren.

3.1 Procesanalyse

De hoofdfunctie van het proces is het geautomatiseerd ondergronds pakketjes opslaan. Deze hoofdfunctie wordt vervuld door deelfuncties die roze gekleurd zijn in *Figuur 3.1*. De volledige functieboom met deelfuncties en hulpfuncties samen met de functieblokschema's bevinden zich in *Bijlage V*. Met de deelfuncties en hulpfuncties die in bijlage beschreven zijn worden er een hoofdvraag geformuleerd met deelvragen.



Figuur 3.1 Functieboom met de hoofdfunctie en de vervullende deelfuncties.

3.2 Hoofdvraag & deelvragen

Met behulp van de hoofdvraag en deelvragen wordt de complex samengestelde opdracht verdeeld worden in kleinere verwerkbare problemen. De opdrachtbeschrijving wordt gebruikt om de hoofdvraag te formuleren.

Hoofdvraag: *Hoe wordt de mechaniek van een ondergrondse opslag voor bezorgpakketjes binnen 17 weken ontworpen die automatisch pakketjes ondergronds opslaat en geautomatiseerd het juiste pakket boven de grond, in bereik van de gebruiker brengt?*

De volgende deelvragen geven antwoord op de complex samengestelde hoofdvraag.

Deelvragen:

- Hoe wordt de ondergrondse container ontworpen, zodat deze geplaatst kan worden in (reeds bestaande en voor afvaldiensten gebruikte) betonbakken? (Zie *H4.2.1 Betonbak*).
- Welk formaat pakketjes is geschikt voor de ondergrondse opslag? (Zie *H4.3 Pakketformaat*)
- Hoe wordt ervoor gezorgd dat de gebruiker het pakket bovengronds kan pakken en inladen? (Zie *H6.1.4 Verticaal transport van de ligger* & *H6.1.9 Bovengrondse laadbak*).
- Welke constructie dient voor de opslag van pakketjes? (Zie *H6.1.1 Kratten* & *H6.1.2 Opslagconstructie*).
- Welke mechanische constructie zorgt dat de bovengronds geplaatste pakketjes verplaatst worden naar de opslag en *vice versa*? (Zie *H6.1.4 Verticaal transport van de ligger* & *H6.1.5 Ligger*).
- Hoe werkt het grijp mechanisme dat de pakketten ondergronds in de opslag plaatst en eruit pakt? (Zie *H6.1.6 Uitschuifbaar platform*).

4. Literatuurstudie

In de analysefase is er vooronderzoek gedaan naar de huidige markt, pakketafmetingen, afvalcontainers, betonbakken en normen. Dit hoofdstuk behandelt de literatuurstudie naar afmetingen van betonbakken, het bepalen van een geschikt e-commerce pakketformaat en de ergonomie van de gebruiker. In *Bijlage IX* is er een onderzoek naar de huidige markt gedaan. Het concurrentieonderzoek schetst een beeld van soortgelijke totaaloplossingen en waarom deze niet in grote mate succesvol zijn. In *Bijlage IX* bevindt zich ook een onderzoek naar het los- en laadsysteem van een afvalcontainer plaatsen met behulp van de EN 13071-3:2019 norm.

4.2 Onderzoek naar eigenschappen van afvalcontainers

Hoe wordt de ondergrondse container ontworpen, zodat deze geplaatst kan worden in (reeds bestaande en voor afvaldiensten gebruikte) betonbakken?

De ondergrondse opslag voor pakketjes wordt gebaseerd op de ondergrondse afvalcontainers in woonwijken. Door het ontwerp en idee te baseren op relevante eigenschappen van de ondergrondse containers kan er makkelijker afgeleid worden aan welke eisen de pakketopslag aan moet voldoen.

In *Figuur 4.1* is de doorsnede van een ondergrondse afvalcontainer weergegeven. Deze bestaat uit een bovengrondse stortbak (1), ondergrondse container (2) en een betonbak behuizing (3). De betonbak dient als fundering en bescherming tegen invloeden van het milieu voor de stortbak. De ondergrondse opslag is een metalen bak waar het afval in opgeslagen wordt met een lossingsfunctie aan de onderzijde. De bovengrondse stortbak fungeert als de opening waar het afval boven de grond gestort wordt.



Figuur 4.1 Gebruikelijke ondergrondse afvalsystemen bestaan doorgaans uit (1)bovengrondse stortbak, (2)ondergrondse container en (3)een betonbak (Waste Vision, sd).

De formaten van de afvalcontainers kan verschillen tussen 2 m³ en 7 m³. Er is geen standaard vastgesteld binnen Nederland. Hierdoor is elke gemeente vrij om te bepalen door welke leverancier de afvalcontainers en betonbakken geplaatst worden. De producenten bepalen de dimensies zelf van hun producten. De combinatie van de juiste afvalcontainer en betonbak is dan ook belangrijk vanwege verschillen in dimensies.

4.2.1 Betonbak

De betonbakken zijn variërend in afmetingen per leverancier. De bakken worden ontworpen op basis van de afvalcontainers waar de desbetreffende leverancier mee samenwerkt. Dit zorgt voor verschillende formaten en afmetingen. De meest gebruikte afmetingen van de betonbakken zijn 5 m³ en 7 m³. In *Tabel 4.1* zijn de formaten te zien van enkele grote betonbedrijven. Een betonbak van 5 m³ wordt vaak ingezet voor afvalcontainers die een kleinere inhoud hebben dan 5 m³ (Ouden, 2021).

Tabel 4.1 Betonbak formaten bestemd voor afvalcontainers die gehanteerd worden door grote producenten.

Beton bedrijf	Betonbak (binnen)formaat	Hanteerbare afvalcontainers
Bammens ¹	5 m ³ en 7 m ³	3 m ³ t/m 7 m ³
DVL Milieuservice ²	5 m ³	3 m ³ t/m 5 m ³
Engels logistiek ³	4 m ³ en 5 m ³	3 m ³ t/m 5 m ³
Van Dijk Beton B.V. ⁴	5 m ³ en 7 m ³	3 m ³ t/m 7 m ³

De ondergrondse pakketopslag wordt gebaseerd op het meest voorkomende formaat. De 5 m³ betonbak is het meest voorkomend omdat deze breed inzetbaar is voor meerdere volumes van afvalcontainers.

Van Dijk Beton B.V. betonbakken worden breed ingezet in dichtbevolkte stedelijke gebieden. Voor de gemeente Rotterdam wordt de 7 m³ variant ingezet, de gemeente Den Haag gebruikt de 5 m³ variant. Door het beschikbaar stellen van de afmetingen is het mogelijk om de pakketopslag passend te ontwerpen op de Van Dijk Beton B.V. betonbakken. De werktekeningen van de 5 m³ betonbak bevinden zich in *Bijlage X*. De hoofdafmetingen van de binnenzijde zijn 1425 mm x 1425 mm x 2680 mm (L x B x H). Bij de pakketopslag worden de afmetingen van de 5 m³ betonbak gebruikt om de dimensies te bepalen van ontwerp. Daarbij wordt er rekening gehouden met eventuele uitbreiding van het ontwerp op verschillende formaten betonbakken.

4.2.3 Belangrijke (wettelijke) eisen

In de Nederlandse norm NEN-EN 13071 staan vereisten en richtlijnen voor stationaire afvalcontainers met een inhoud tot 5000L (aan de bovenkant gehesen en van onderen gelost). Een aantal van deze richtlijnen kunnen gebruikt worden in het ontwerp voor de ondergrondse pakketopslag. In de onderstaande *Tabel 4.2* zijn de richtlijnen weergegeven die gehanteerd worden bij het ontwerpen.

Tabel 4.2 Belangrijke richtlijnen die gebruikt kunnen worden voor het ontwerp van de ondergrondse pakketopslag (NEN, 2019).

Richtlijn	Toelichting	Norm
4.4 Totale hoogte	De totale hoogte is maximaal 6000 mm.	NEN-EN 13071-1:2019
4.5 Externe oppervlaktes/randen	Elke rand waar de gebruiker mee in contact staat mag niet scherp zijn. Deze randen moeten minimaal een radius van 1.4 mm hebben.	NEN-EN 13071-1:2019
4.6 Hijsconnectie positie	Het hijsmechanisme van de container moet zodanig geplaatst worden dat de container bij het hijsen verticaal hangt.	NEN-EN 13071-1:2019
4.3.2 voetgangers platform	Het voetgangersplatform moet een belasting van 500 kg/m ² verdragen. Het platform moet uitglijden voorkomen.	NEN-EN 13071-2:2019

¹ Interview project coordinator M. Godefroy, Bammens (Godefroy, 2021).

² Gebaseerd op vermelde informatie op website (DVL Milieu, sd).

³ Gebaseerd op vermelde informatie op website (Engels logistiek).

⁴ Interview productmanager H. Den Ouden, Van Dijk Beton (Ouden, 2021).

4.3 Pakketformaat

Welk formaat pakketjes zijn geschikt voor de ondergrondse containers?

Er zijn veel verschillende pakketgrootten en de pakketopslag is gebonden aan een gelimiteerd volume. Om de ruimte efficiënt te benutten moet er een grens vastgesteld worden van de grootste afmetingen pakketjes die toegelaten worden. Extra grote pakketten zorgen voor een lagere efficiëntie van opslag doordat er een kleiner aantal opgeslagen kan worden. Het standaardiseren van de opslagplekken kan bovendien het liftmechanisme eenvoudiger maken.

Met behulp van een marktonderzoek van e-commerce pakketten kan er gekeken worden naar veel voorkomende afmetingen en kan er een inschatting en afweging gemaakt worden om de maximale pakketgrootte vast te stellen. Voor de afweging worden de lengte, breedte en hoogte van verschillende pakketjes van meerdere grote leveranciers vastgesteld in de vorm van een steekproef met populatie van 205 stuks. 20% van de metingen voor de steekproef zijn verkregen door e-commerce verpakkingen van grote leveranciers handmatig op te meten. De resterende 80% is verkregen door online marktonderzoek van e-commerce verpakkingen. Er wordt geen normaalverdeling opgesteld omdat er niet vanuit kan worden gegaan dat de pakketgrootte normaal verdeeld is. Iedere verpakking heeft zijn eigen afmetingen ($L \times B \times H$), zie *Figuur 4.2*. Van elke dimensie is er gekeken wat de meest voorkomende afmetingen zijn. Dit is gedaan door de afmetingen te groeperen per 50 mm. Vervolgens is er per 50 mm gekeken hoeveel dozen zich in dat bereik vinden, over een totaalbereik van 0 tot 800 mm.

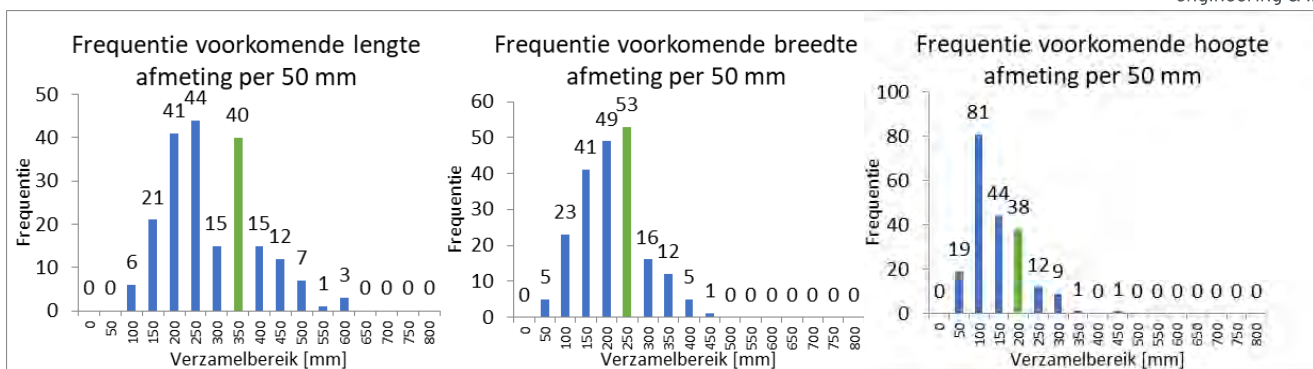


Figuur 4.2 De afmetingen van de verpakking zoals deze gehanteerd is in de steekproef (Berekenen.info, sd).

Tot slot is er gekeken bij welke afmeting er 80-90% van de steekproeven kleiner of gelijk is aan die lengte. Deze afmeting wordt dan gehanteerd als één van de dimensies van pakketten die in de opslag passen. *Tabel 4.3* geeft de resultaten weer van het onderzoek weer. De metingen worden in een histogram weergegeven in *Figuur 4.3*. Deze afmetingen zijn vervolgens gebruikt als uitgangspunt van de maximale pakketgrootte. In *Bijlage XI* staan de metingen en de uitgewerkte resultaten.

Tabel 4.3 De maximale afmetingen ($L \times B \times H$) van de pakketten met het bijbehorende percentage (80% - 90%), de frequentie van het gekozen verzamelbereik ten opzichte van de totale frequentie.

Dimensie	Verzamelbereik [mm]	Bijbehorende percentage [%]
Lengte	350	81,5
Breedte	250	83,4
Hoogte	200	88,8



Figuur 4.3 De metingen van de steekproeven voor elke dimensie per stappen van 50 mm gegroepeerd. De groen gekleurde staven indiceren de bepaalde afmeting als resultaat. (Dozen.nl, sd), (Kortpack, sd), (Pelikaan verpakkingen, sd), (Rajapack, sd), (Rd4 Bedrijvenservice, sd), (Variapack, sd) en (Youpack, sd).

Met de steekproef is er een maximum volume van de pakketten bepaald. De pakketten moeten in de ondergrondse opslag getransporteerd worden. Om de pakketten te hanteren wordt er gebruik gemaakt van een standaardisatie met behulp van kratten.

4.4 Ergonomie

De reikhoogte van de opening van de machine komt tot stand met behulp van ergonomie normen. De pakketten die door de gebruiker worden geplaatst en gepakt moeten op een comfortabele reikhoogte zijn, ook voor mensen met lichamelijke beperkingen. De norm NEN 1814:2001 voor toegankelijkheid van buitenruimten, gebouwen en woningen schrijft voor rolstoelgebruikers een opleghoogte tussen 400 mm en 1350 mm, zie *Tabel 4.4*.

Tabel 4.4 De aangeschreven hoogte voor rolstoelgebruikers bij verschillende omstandigheden (NEN, 2001) De voetnoten 1, 2 en 3 staan respectievelijk voor minimale eis, basiseis en aanvullende eis. Zie Bijlage IX voor verdere toelichting.

		A ¹⁾	B ²⁾	C ³⁾
5.6.5	Zitelementen	Zithoogte ≥ 450 mm en ≤ 500 mm boven de grond.		x
5.6.6	Werkbladhoogte	Voor schriftelijk werk ≥ 750 mm en ≤ 800 mm en onderhoogte ≥ 700 mm over een breedte ≥ 600 mm voor beenruimte. Voor afgifte van kleine goederen ≤ 800 mm. Voor mondelinge informatie ≤ 1000 mm (= overkijkbaar).		x x x
5.6.7	Opleghoogte	≥ 400 mm en ≤ 1350 mm (kasten, garderobes e.d.).		x
5.6.8	Vloerroosters	Maaswijdte ≤ 20 mm	x	
5.6.9	Opstelruimte rolstoel	≥ 1500 mm x 900 mm, gelegen aan de verkeersruimte.		x
5.6.10	Zitplaatsen voor rolstoelgebruikers	Bij toeschouwersaccommodaties ≥ 2 % op het totaal aantal zitplaatsen, maar ten minste twee.		x

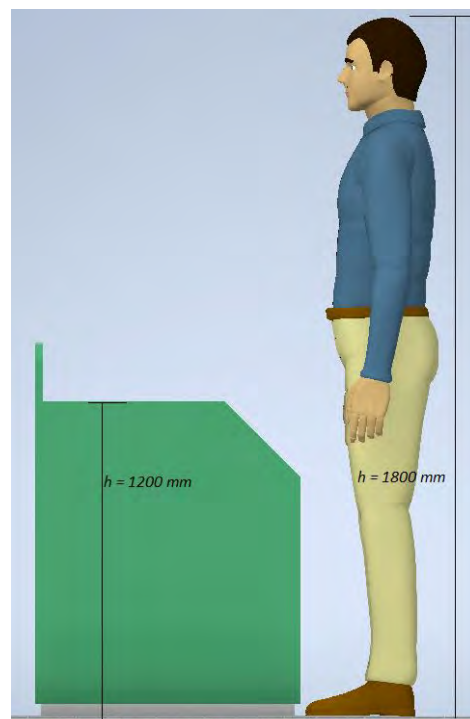
De inleg opening wordt geplaatst ter heuphoogte van een staand mens, 1200 mm hoog. Deze hoogte valt binnen de gewenste opleghoogte voor rolstoelgebruikers. Met de EN 1005-4:2005+A1:2008 norm wordt er bepaald hoever de torso naar voren gebogen mag worden. In *Figuur 4.4* is een mens met een lengte van $h = 1800$ mm hoog naast een schets van de laadbak getekend. De laadback is op 1200 mm hoogte.

In *Tabel 4.5* is de keuzetabel weergegeven. De schematische zones van het torso zijn in *Figuur 4.5* aangegeven. Naar inschatting buigt de man bij het plaatsen van een pakketje in zone 2.

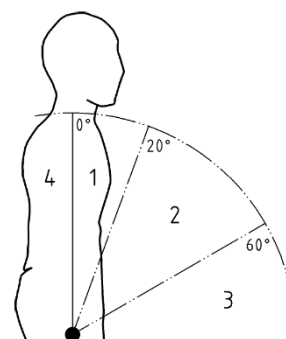
Tabel 4.5 Evaluatie van het torso buigen (NEN, 2008).

Zone	Static posture	Movement	
		Low frequency (< 2/min)	High frequency (≥ 2 /min)
1 ^a	Acceptable	ACCEPTABLE	Acceptable
2	Conditionally acceptable (Step 2a)	Acceptable	Not acceptable
3	Not acceptable	Conditionally acceptable (Step 2c))	Not acceptable
4	Conditionally acceptable (Step 2b)	Conditionally acceptable (Step 2c))	Not acceptable

^a It is recommended that working postures with an upright trunk be achieved, in particular if the machine may be used for long durations by the same person, requiring static posture without adequate recovery time or body support being provided, or high frequency movements.



Figuur 4.4 Een mens met een lengte van 1,80 m is naast de laadbak van de container geplaatst om vast te stellen hoever de man voorover moet buigen.



Figuur 4.5 De vier aangegeven zones in Tabel 4.5 van het torso buigen (NEN, 2008).

De beweging van het pakketjes inladen is minder dan 2 bewegingen per minuut. Hiermee is bewezen dat de hoogte van 1200 mm acceptabel is voor staande mensen en rolstoelgebruikers.

5. Ontwerpen

In de ontwerpfase divergeert de creativiteit om concepten te genereren. In dit hoofdstuk zijn enkele belangrijke eisen opgesomd en zijn de succescriteria opgesteld. Het volledige PvE&W bevindt zich in *Bijlage VI*. Met het morfologisch overzicht worden er concepten gegenereerd. De concepten die voldoen aan de ontwerpcriteria worden getoetst aan de succescriteria. Met deze methode wordt het beste concept bepaald.

5.1 Ontwerpcriteria

In het voorlopig Programma van Eisen en Wensen (PvE&W) worden de eisen en wensen benoemd waar rekening mee gehouden wordt bij de opdracht. De eisen en wensen worden toegevoegd naar mate er meer informatie beschikbaar komt. Het PvE is met behulp van de SMART-methode geformuleerd en ontwikkeld naar ontwerpcriteria. De belangrijkste eisen zijn in de onderstaande *Tabel 5.1* te vinden.

Tabel 5.1 Een aantal belangrijke eisen zijn in de onderste tabel weergegeven. Het volledige PvE&W bevindt zich in Bijlage VI.

Nr.	Eis	Bron	Toets methode	Vaste eis	Variabele eis
1	Algemene eisen				
1.1	De opslagruimte van de container moet zich ondergronds bevinden	Opdracht gever	CAD Model	X	
1.5	Er moet een constructie aan het bovengrondse deel zijn waarmee de gehele container uit de grond getrokken wordt met een kraanwagen. Deze constructie moet overeenkomen met één van de vijf constructies in NEN-EN 13071-3:2019.	NEN-EN 13071-3:2019	CAD Model		X
1.10	De container is dusdanig uitgevoerd dat deze in bestaande betonbakken kan worden geplaatst van 1425 mm x 1425 mm [breedte x diepte] (waarbij er geen aanpassingen aan de betonbakken of containers dienen te worden uitgevoerd).	Opdracht gever	CAD Model	X	
1.12	Er moet binnen 17 weken een concept ontworpen zijn.	Opdracht gever	Succescriteria	X	
2.6	De ligger met het uitschuifbaar platform mag maximaal 2 mm doorbuigen.	Ontwerp eis	(Hand)berekening & simulatie	X	
3.2	De pakketten moeten geautomatiseerd in de opslag geplaatst worden.	Opdracht gever	CAD Model	X	
7.2	Er dient rekening te worden gehouden met rolstoel- en rollatorgebruikers.	Opdracht gever	Succescriteria		X

De variabele eisen hebben geen vaste waarden en kunnen in verschillende vormen terugkomen in het ontwerp. In de ontwerpfase is er onderzocht welke oplossingen het beste ervoor zorgen dat de gestelde eisen behaald worden.

5.1.1 Succescriteria

De succescriteria zijn opgesteld met de variabele eisen. Ze zijn gebruikt om de haalbare concepten te rangschikken en zo vervolgens de beste oplossing te bepalen (Souren, 2012). Van de variabele eisen wordt er bepaald welke van de eisen gebruikt kunnen worden voor om de concepten te beoordelen. In *Tabel 5.2* zijn de succescriteria opgesteld van de eisen die erbij horen. Daarnaast is er ook een weegfactor die een bepaalde succescriteria zwaarder laat meetellen.

Tabel 5.2 De geformuleerde succescriteria op basis van variabele eisen.

Eis nr.	Eis	Succescriteria	Weegfactor
4.4	Het product moet zo robuust mogelijk zijn.	De constructie moet zo min mogelijk onderdelen bevatten.	2
4.2	Bovengrondse en ondergrondse onderdelen dienen gemakkelijk (met gebruik van eenvoudige gereedschappen) vervangen te kunnen worden.	De onderdelen moeten zo eenvoudig mogelijk geassembleerd en gerepareerd kunnen worden.	3
7.2	Er dient rekening te worden gehouden met rolstoel- en rollatorgebruikers.	De inwerpvoorziening moet zo ergonomisch mogelijk zijn ontworpen.	1
1.7	De ondergrondse opslag, stellages, mechanisme en omhulsel dienen schaalbaar te zijn in hoogte voor andere formaten betonbakken.	De opslag moet makkelijk uit te breiden zijn naar een groter formaat betonbak.	2
1.10	Er moet binnen 17 weken een concept ontworpen zijn.	Het ontwerp moet de complexiteit bevatten van een binnen 12 weken uit te werken concept.	3
Wens nr.	Wens	Succescriteria	
W.1	De constructies moeten zo licht mogelijk gemaakt worden.	De hele constructie moet zo licht mogelijk zijn.	2
W.3	Er moet zoveel mogelijk rekening worden gehouden met vandalisme en diefstal beperking bij het ontwerpen.	De gebruiker kan één pakket tegelijk ontvangen en plaatsen doordat er maar één pakket zich boven de grond bevindt.	2

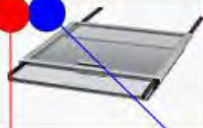
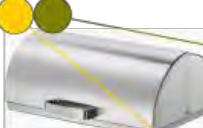
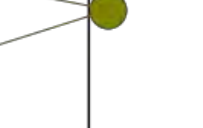
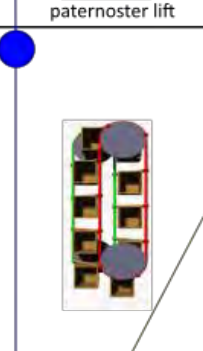
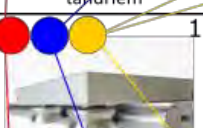
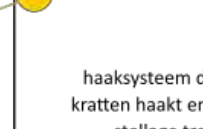
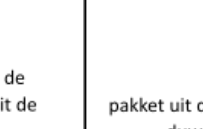
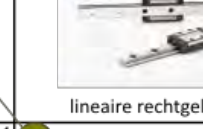
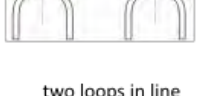
5.1.2 Toets methode

De concepten in de ontwerpfase worden getoetst aan het PvE via de methoden die in Ontwerpen van technische innovaties (Souren, 2012) is genoemd. De criteria voor toetsing is afhankelijk van de SMART-geformuleerde eisen. Een concept voldoet aan de verwachtingen van het ontwerp als het aan alle ontwerpcriteria voldoet. Vervolgens worden de haalbare concepten vergeleken met elkaar. Dit wordt gedaan met een toetsing aan succescriteria. Elk acceptabel concept krijgt een score toegekend van één tot en met vijf, voor elke succescriteria. Daarnaast is er nog een weegfactor die belangrijkere ontwerpcriteria zwaarder laat meetellen. Deze weegfactor wordt toegepast op tijdsafwegingen, bedrijfseisen. Het concept met de hoogste score wordt het uiteindelijke concept dat verder uitgewerkt wordt.

5.2 Morfologisch overzicht

Het morfologisch overzicht geeft de deeloplossingen weer voor elke deelfunctie. Met de deeloplossingen in *Tabel 5.3* zijn er vier concepten samengesteld. Elk concept wordt weergegeven in één kleur en bestaat uit deeloplossingen die door die gekleurde lijn met elkaar verbonden zijn.

Tabel 5.3 Het volledig morfologisch overzicht met verschillende deeloplossingen voor elke deelfunctie. De deelfuncties van Concept 1 zijn gemarkeerd met rood, concept 2 met blauw, Concept 3 met oranje en Concept 4 met donkergroen. De bronvermelding van de gebruikte afbeeldingen bevindt zich in Bijlage VII.

Functies	deeloplossing 1	deeloplossing 2	deeloplossing 3	deeloplossing 4	deeloplossing 5	deeloplossing 6	deeloplossing 7
1 afschermbare place/pick-up opening	 automatische schuifluik met vergrendeling	 ruimte met rolluik					
2 vorm van opslag bieden	 rijen met pakketjes met lift in het midden	 paternoster lift	 tunnelsysteem met lift	 ronde stelling met individuele roterende schijven	 ronde spiraal opslag	 torens van stellingen die individueel omhoog kunnen	
3 stellingen	 stellingen met lipjes waar kratten op rusten. Er is ruimte om de kratten te grijpen aan onderzijde	 pater noster lades, horizontale bakken waar meerdere kratten in passen	 stellingen met rekken waar de kratten met het hele oppervlak op rusten.				
4 Pakkethandeling	 in een euronorm krat vervoeren	 compartimenten in de opslag geïntegreerd	 Sluitbare klep bij open geen toegang tot opslag (afvalcontainer idee)	 organiser bak om met grijp mechanisme aan de voorkant erin te haken			
5 verticaal transporteren	 tandriem	 kettingsysteem	 AGV robot	 tandwiel en heugel	 spindel	 haspel met kabel	
6 verticaal rechtgeleiding	 loopwielgeleiding	 kogelbus en as	 telescopische rails	 lineaire rechtgeleider			
7 horizontaal aandrijving	 spindel	 kettingsysteem	 hydraulische actuator	 tandwiel en heugel	 tandriem	 haspel met kabel	
8 horizontale rechtgeleiding	 kogelbus en as	 telescopische rails	 loopwielgeleiding	 lineaire rechtgeleider			
9 pakketjes uit opslag grijpen	 Met platform van onderen optillen	 handmatig uit opslag pakkendoor gebruiker	 elektromagneet	 haaksysteem dat de kratten haakt en uit de stellage trekt	 pakket uit de opslag duwen		
10 krat grijpen aandrijving	 tandwiel en heugel	 hydraulische actuator	 kettingsysteem	 tandriem	 spindel	 haspel met kabel	
11 krat grijpen rechtgeleiding	 telescopische rails	 kogelbus en as	 loopwielgeleiding	 lineaire rechtgeleider			
12 hijsvoorziening bieden	 one loop	 two loops in line	 two loops parallel	 three loops in line	 mushroom		

5.3 De concepten

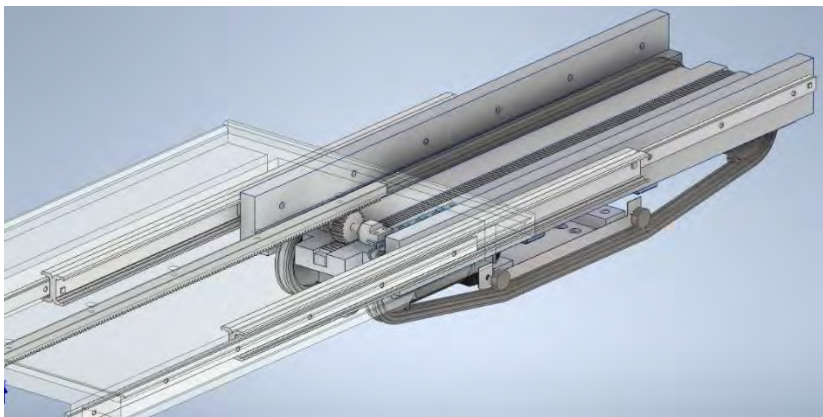
Met het bovenstaand morfologisch overzicht zijn er vier concepten gegenereerd. Concept 1 & 2 zijn behandeld in *hoofdstuk 5.3.1 en 5.3.2*. Concept 3 & 4 voldoen niet aan alle ontwerpcriteria en zijn daarom bondig toegelicht in *Hoofdstuk 5.3.3 De overige concepten 3 & 4*.

5.3.1 Concept 1: ● Stellingen met een drie-assen lineaire platformlift

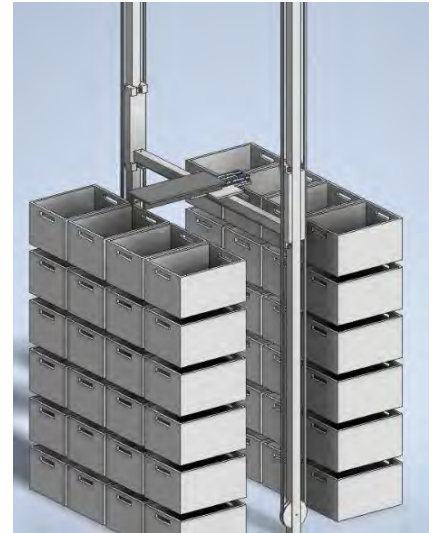
Het concept is simpel weergegeven in *Figuur 5.1*. De werking van het concept is gebaseerd op een uitschuifbaar platform dat op een verticaal bewegende ligger geplaatst is. De pakketten worden in opslageenheden geplaatst en vervoerd. Door de pakketten te hanteren in kratten kan het systeem ontworpen worden op de vaste eigenschappen van het krat. De kratten worden geplaatst in stellingen met lipjes waar de krat op rust, zie *Figuur 5.2*.

De kratten worden per stuk met een uitschuifbaar platform uit de stellingen gehaald. Het platform kan horizontaal bewegen op de ligger om bij de verschillende kolommen van kratten te komen. Het platform kan een krat in de stelling van onderen optillen, verplaatsen naar de ligger en deze vervolgens naar boven de grond transporteren. De verticale beweging wordt voorzien met een elektromotor, katrollen en tandriemen en wordt met loopwielen op een loopvlak recht geleid.

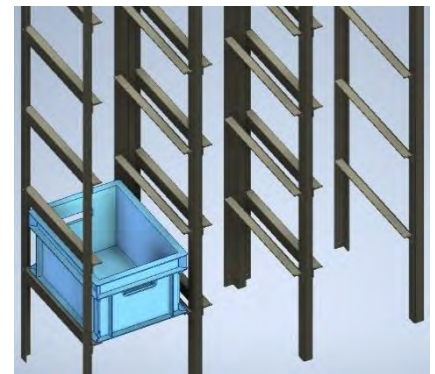
De verplaatsing van het platform op de ligger gebeurt met een elektromotor en een spindelaandrijving en wordt met kogel bussen en een as recht geleid, zie *Figuur 5.3*. Het uitschuifmechanisme moet bij aan beide kanten minimaal 100% kunnen uitschuiven om volledig onder de kratten te komen. Het platform bestaat uit twee tandheugels met een lopend, aangedreven tandwiel ertussen. Het tandwiel wordt door een ketting getrokken. De uitschuifbeweging wordt recht geleid door één paar telescopische rails. De rails dienen daarnaast ook voor de bevestiging van de twee platen met elkaar.



Figuur 5.3 Het uitschuifprincipe met het tandwiel en heugelsysteem. De bovenplaat (doorzichtig) is bevestigd aan de onderplaat met lineaire telescopische rails. Het lopende tandwiel is via een as bevestigd aan kettingen die aangedreven worden door een elektromotor.

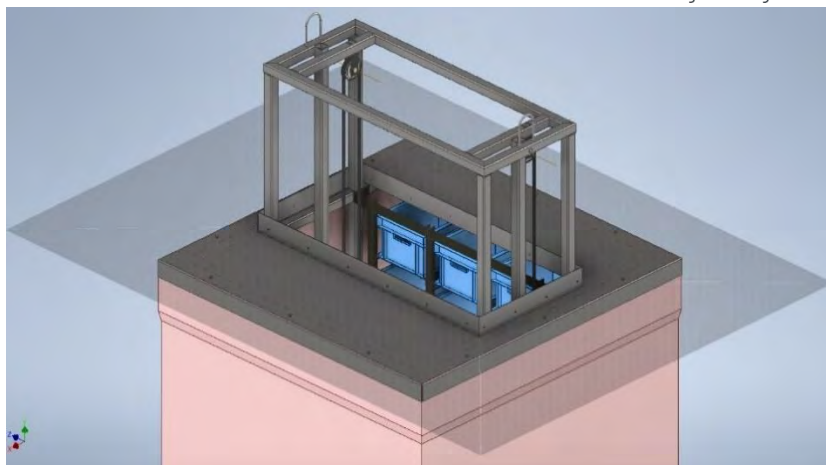


Figuur 5.1 Eenvoudig model van concept 1. Tussen de stellingen in bevindt zich een mechanisme dat op en neer transporteert om de kratten verticaal te verplaatsen.



Figuur 5.2 De pakketten worden geplaatst in kratten als opslageenheden om het hanteren van de pakketten universeel en betrouwbaarder te maken. Deze kratten worden geplaatst in de stellingen op

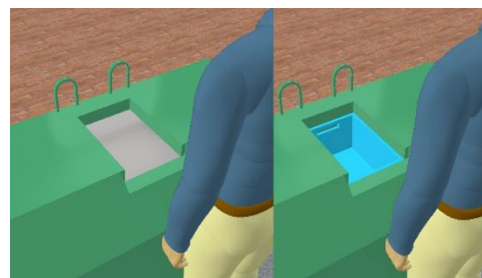
Om de inhoud van de opslag te beschermen tegen regenwater wordt er gebruik gemaakt van plaatwerk die de inhoud volledig afsluit. Dit plaatwerk leidt het regenwater buiten de betonbak om naar de grond. Daar bovenop wordt een groter voetgangersplatform geplaatst die onder een hoek het water afvoert naar de omliggende grond. De platen zijn weergegeven in *Figuur 5.4*. Hierdoor blijft er geen water liggen op de plaat en weerhoudt het bovendien contact van een grote hoeveelheid regenwater en viezigheid met het plaatwerk voor de waterbescherming.



Figuur 5.4 Het plaatmateriaal voor de waterbescherming wordt bevestigd aan de betonbak en vormt zich over de randen van de betonbak heen. Het voetgangersplatform (transparant) bedekt een groter oppervlak dan de waterbescherming en zorgt dat het meeste water er afstroomt.

Alle componenten worden bevestigd aan een frame. Dit frame dient om de krachten op te vangen en wordt daarnaast gebruikt om alle onderdelen die zich in de betonbak begeven in één keer te kunnen plaatsen of verwijderen. Dit wordt gedaan met behulp van hijs lussen die aan de bovenzijde van het frame bevestigd zijn, zie *Figuur 5.4*.

De opening beschikt over een schuivende een afschermende plaat tegen regenwater en interne vandalisme. De plaat wordt pas ontgrendeld als er een krat klaar staat om een pakket uit te pakken of te plaatsen zodat de gebruiker niet bij de ondergrondse pakketjes kan komen, zie *Figuur 5.5*.



Figuur 5.5 De beschermende plaat ontgrendelt alleen als er een krat aanwezig is.

Tabel 5.4 Voor- en nadelen tabel van Concept 1.

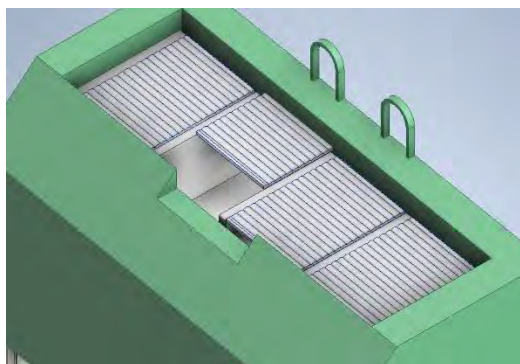
Voordelen	Nadelen
Eenvoudige methode voor het pakken en plaatsen van de krat.	De krat wordt niet vastgegrepen en wordt niet beperkt in beweging van vrijheidsgraden. Hierdoor kan de krat verschuiven, kantelen of vallen.
Samengesteld systeem met eenvoudige lineaire bewegingen.	Minder robuust door meerdere aangedreven onderdelen.
Onderhoud en assemblage mogelijk met standaard en eenvoudig gereedschap.	

5.3.2 Concept 2: ● Paternoster lift

Het concept in *Figuur 5.6* is een simplistische weergave van het ontwerp. De stellingen zijn verwerkt in een bewegend mechanisme die volledig rond kan draaien, gebaseerd op een paternoster lift. De pakketten worden in kratten geplaatst. De laden worden aangedreven als een carroussel systeem met kettingaandrijving. Elke lade bevat elk vier plaatsen voor opslag.

De laden mogen niet ronddraaien om hun eigen as, daarom worden ze met een mechanisme aan een baangeleiding bevestigd waarmee de oriëntatie behouden wordt, zie *Figuur 5.7*. De laden moeten scharnierend bevestigd worden aan een baangeleiding. Daarmee kunnen ze hun oriëntatie behouden tijdens het roteren.

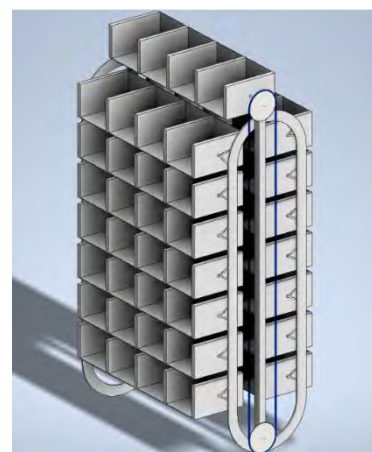
Als er een pakket opgevraagd wordt dan draaien de lades totdat de juiste lade bovenaan staat. Vervolgens kan het pakket uit de opslageenheid gehaald worden door het rolluik handmatig te openen dat bij het compartiment hoort met het pakket erin. Het systeem beschikt over vier rolluiken die individueel vergrendeld zijn. Het luik wordt ontgrendeld als er een pakket geplaatst of gepakt moet worden. Het luik voor het pakket gaat alleen open als de juiste krat onder dat luik zit, zie *Figuur 5.8*. Er bevindt zich altijd een aantal laden met opslageenheden boven de grond. Dit betekent dat er soms pakketten bovengronds opgeslagen kunnen zijn. De hele constructie wordt door twee hijslussen naast elkaar opgetild (zie *Figuur 5.8*).



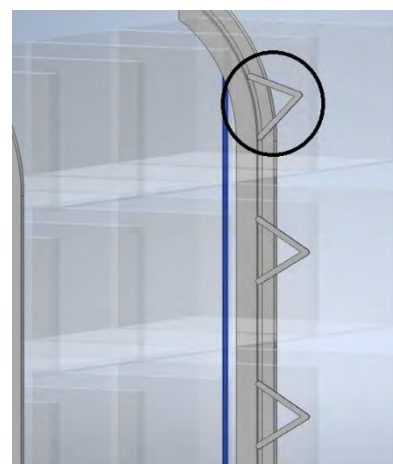
Figuur 5.8 Er zijn vier luiken die individueel open kunnen. Het luik wordt alleen voor één pakket tegelijk ontgrendeld.

Tabel 5.5 Voor- en nadelen tabel van Concept 2.

Voordelen	Nadelen
Robuust door enkelvoudig aandrijfsysteem.	De laden moeten rechtop blijven staan bij rotatie van de lift.
Minder verschillende onderdelen.	Gelimiteerde rotatiesnelheid.
	Meerdere pakketten bevinden zich tegelijkertijd bovengronds; gevoeliger voor diefstal.
	Gelimiteerde ontwerpmogelijkheden.
	Complexe deelsystemen.



Figuur 5.6 Eenvoudig model van concept 2. De stellingen zijn verwerkt in een verticaal draaibare carroussel.



Figuur 5.7. De bevestiging aan de loopbaan geleiding wordt met onderdeel dat uit twee pinnen in de loopbaan aan beide zijden geplaatst en één scharnierende pin aan de laden bestaat. Het onderdeel is omcirkeld in de figuur.

5.3.3 De overige concepten 3 ● & 4 ●

Concept 3: ● AGV-robot

In *Figuur 5.9* is een schets weergegeven van het concept. De AGV wordt gebruikt om pakketten op te halen uit de stellingen. De AGV kan in tunnels zichzelf verticaal transporteren en kan om zich heen uit de vier omringende stellingen een opslageenheid pakken. De opslageenheden waar gebruik van gemaakt wordt zijn kratten. De stellingen zijn in een patroon geplaatst waarbij er optimaal gebruik gemaakt wordt van de ruimte (zie *Figuur 5.10*). De AGV met een opslageenheid transporteert pakketten naar ondergrondse opslag en naar boven. De AGV grijpt de kratten uit de stelling en trekt deze in de tunnel, boven op de AGV. Zo kan de AGV vervolgens de krat verticaal transporteren.

Tabel 5.6 Nadelen tabel van Concept 3.

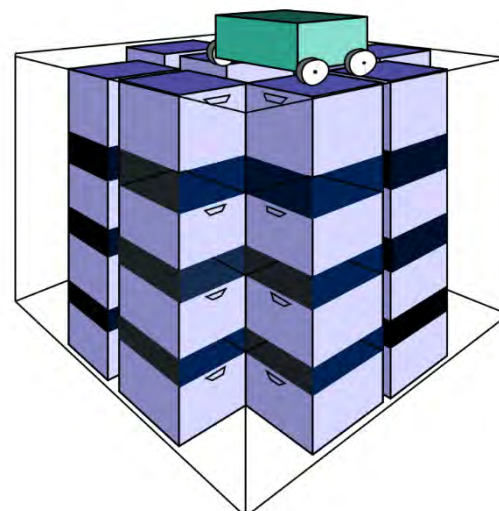
Nadelen
Te weinig ruimte om efficiënt toe te kunnen passen.
AGV-robot is duur.
AGV-robot neemt veel ruimte in beslag.
Complexiteit is niet te bevatten in een ontwerp binnen 17 weken.

Concept 4: ● Verticaal transporterende stellingen

Het systeem is gebaseerd op een stellingen met pakketten die individueel boven de grond kunnen worden getransporteerd. Het idee is dat de hele constructie met stellingen onder de grond geplaatst is en volledig omhoog kan komen. De stelling bestaat uit staanders en afgesloten compartimenten, kluisjes. De bezorgers en ontvangers kunnen alleen de kluis openen met het pakket wat opgehaald of geplaatst moet worden, echter komt wel de hele stelling omhoog. Met deze oplossing kan de ruimte in de grond grotendeels gebruikt worden voor opslag.

Tabel 5.7 Nadelen tabel van Concept 4.

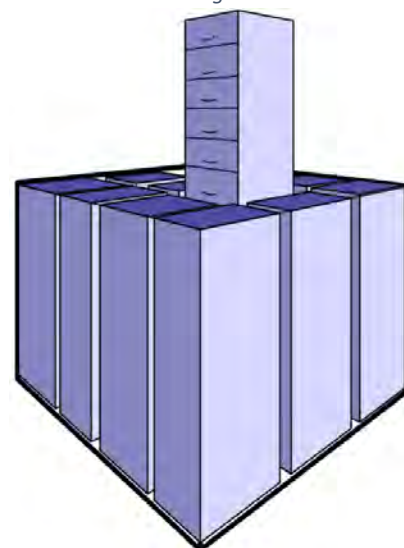
Nadelen
Gevoelig voor diefstal doordat er veel pakketten tegelijk bovengronds
Individuele aandrijving voor elke stelling nodig
Onhandig en niet ergonomisch verantwoord plaatsen van onderste pakketten
Complexiteit is niet te bevatten in een ontwerp binnen 17 weken.



Figuur 5.9 Schets van het concept waarbij de AGV tussen de stellingen in kan bewegen.



Figuur 5.10 Bovenaanzicht van de opslag. De witgekleurde vakken zijn tunnels waar de robot zich op en neer in kan bewegen. De groene vakken zijn de locaties waar de stellingen staan.



Figuur 5.11 Schets van het concept. De stellingen, genummerd 1 t/m 12, kunnen elk bovengronds verplaatst worden.

5.4 Conceptkeuze

Uit de gegenereerde concepten wordt één concept gekozen. Het uiteindelijke concept wordt bepaald door toetsing van alle concepten aan de gestelde eisen. Vanuit deze toetsing zullen de acceptabele concepten komen. Tot slot worden de acceptabele concepten getoetst aan de succescriteria. Deze concepten krijgen een score toegekend per succescriteria. Het concept dat het beste scoort wordt gebruikt als het eindconcept.

Ontwerpcriteria toetsing

De concepten die benoemd zijn in *hoofdstuk 5.3 De concepten* worden getoetst aan de ontwerpcriteria. Alleen de concepten die voldoen aan alle eisen zijn acceptabel voor een eindconcept. De volledige toetsing van de vier concepten staat in bijlage 5. Het resultaat van de toetsing is in *Tabel 5.8* weergegeven. Uit de resultaten zijn concept 1 en concept 2 als acceptabele concepten door te voldoen aan de eisen.

Tabel 5.8 De resultaten van de toetsing aan ontwerpcriteria (Bijlage VIII) is in de onderstaande tabel weergegeven.

Concept	Omschrijving	Acceptabel concept na toetsing ontwerpcriteria
Concept 1 ●	Stellingen met een drie-assen platformlift	✓
Concept 2 ●	Paternoster lift	✓
Concept 3 ●	AGV-robot	✗
Concept 4 ●	Verticaal transporterende stellingen	✗

De twee acceptabele concepten worden getoetst aan de opgestelde succescriteria van *Tabel 5.1*.

Tabel 5.9 Concept 1 ● en Concept 2 ● zijn getoetst aan de succescriteria. Concept 1 heeft de hoogste score. Dit concept scoort beter op de haalbaarheid en eenvoudigheid.

Eis nr	Succescriteria	Weegfactor	Score concept 1	Score concept 1 met weegfactor	Score concept 2	Score concept 2 met weegfactor
4.4	De constructie moet zo min mogelijk onderdelen bevatten.	2	4	8	5	10
4.2	De onderdelen moeten zo eenvoudig mogelijk geassembleerd en gerepareerd kunnen worden.	3	5	15	3	9
7.2	De inwerpvoorziening moet zo ergonomisch mogelijk zijn ontworpen.	1	5	5	4	4
1.7	De opslag moet makkelijk uit te breiden zijn naar een groter formaat betonbak.	2	5	10	4	8
1.1	Het ontwerp moet de complexiteit bevatten van een binnen 12 weken uit te werken concept.	3	5	15	4	12
Wens nr	Succescriteria					
W.1	De hele constructie moet zo licht mogelijk zijn.	2	4	8	5	10
W.3	De gebruiker kan één pakket tegelijk ontvangen en plaatsen doordat er maar één pakket zich boven de grond bevindt.	2	5	10	1	2
Totaalscore:			33	71	26	55

Uit de scoretabel in *Tabel 5.9* is *Concept 1: ● Stellingen met een drie-assen lineaire platformlift* het beste concept volgens de gekozen succescriteria. Dit concept scoort goed op de eenvoudigheds- en de haalbaarheidseisen. Daarnaast zorgt dit concept ervoor dat er één pakket wordt verplaatst naar boven de grond. Dit voorkomt dat er bij plofkraak acties meerdere pakketten in bereik zijn voor de diefstal.

Concept 1 bestaat uit eenvoudige onderdelen en wordt met eenvoudige gereedschap geassembleerd. Dit zorgt ervoor dat de assemblage vlot kan lopen en dat er geen nieuwe, dure apparatuur en gereedschap aangeschaft hoeft te worden. Naast de functionele voordelen sluit Concept 1 ook goed aan bij de visie van het bedrijf.

6 Detailleren

In de detailleringsfase wordt het gekozen concept, *Concept 1: ● Stellingen met een drie-assen lineaire platformlift*, uitgewerkt tot een werkend systeem. Het concept is verdeeld in kleinere deelsystemen die elk apart in detail ontworpen worden. In *Bijlage XII* bevindt zich het materiaalonderzoek voor diverse hoofdcomponenten. In *Bijlage XIII* zijn alle componentkeuzes verantwoord met berekeningen en overwegingen.

6.1 Het eindconcept

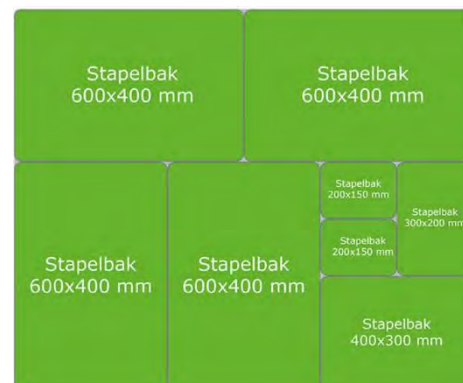
Het eindconcept bestaat uit de onderdelen die in de onderdelenlijst in *Bijlage XIV* benoemd worden. De onderdelen worden gegroepeerd op de subassemblages die in dit hoofdstuk behandeld worden. Het onderzoek naar deze deelsystemen en de resultaten daarvan worden toegelicht en uitgewerkt in *H6.1.1 Kratten* tot en met *H6.1.9 Bovengrondse laadbak*.



Figuur 6.1 Euronorm krat met handvaten (Korput Trading, sd).

6.1.1 Kratten

De kratkeuze is gebaseerd op de resultaten van het onderzoek naar de maximale afmetingen van de pakketjes (zie *H4.3 Pakketformaat*). Uit dit onderzoek is er een maximale pakketafmeting van $350\text{ mm} \times 250\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ ($L \times B \times H$) bepaald. Om de pakketten makkelijk en robuust te hanteren wordt er gebruik gemaakt van kratten. De pakketten worden in de kratten geplaatst en vervolgens worden de kratten geplaatst in de stellingen.



Figuur 6.2 De Euronorm bakken zijn op elkaar afgestemd zodat ze gestapeld kunnen worden (Schiphorst, sd).

Binnen Europa wordt er gebruik gemaakt van kratten met standaardafmetingen. Deze kratten, zie *Figuur 6.1*, worden geproduceerd met het label Euronorm en hebben vaak de basisafmeting van $400 \times 300\text{ mm}$ of $600 \times 400\text{ mm}$ ($L \times B$). Deze Euronorm afmetingen zijn gebaseerd op vastgestelde afmetingen die in de gehele Europese transportsector gebruikt wordt (Schiphorst, sd). De brede verkrijgbaarheid (zie *Figuur 6.2*) en inzet van deze kratten geeft het de voorkeur als keuze voor de opslageenheid om pakketten in te hanteren.

De Euronorm krat met de binnenmaten die gebaseerd wordt op de pakketafmetingen is de euronorm krat van het formaat(buitenmaat) $400\text{ mm} \times 300\text{ mm} \times 220\text{ mm}$ ($L \times B \times H$). De gegevens van de krat staan in *Tabel 6.1*.

Tabel 6.1 Specificaties van de Euronorm krat (Palletplaza, sd).

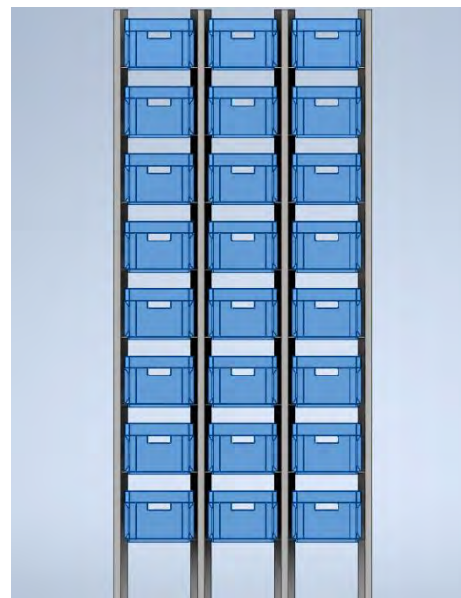
Euronorm krat	Variabelen	Eenheid
Prijs per stuk	6,95	Euro
Buitenmaat ($L \times B \times H$)	$400 \times 300 \times 220$	mm
Binnenmaat ($L \times B \times H$)	$370 \times 270 \times 215$	mm
Gewicht	1,3	kg
Materiaal	Polypropyleen	—
Uitvoering	Open handvaten	—
Productnummer	0302022	—
Leverancier	Palletplaza	—

6.1.2 Opslagconstructie

De stellingen worden gemaakt met hoekprofielen. Hoekprofielen nemen weinig ruimte in beslag, zijn makkelijk te monteren en breed verkrijgbaar. In de opslag is er ruimte voor 6 kolommen van 8 kratten, zie *Figuur 6.3*. De kratten worden met een verticale afstand van 70 mm ten opzichte van elkaar geplaatst zodat er ruimte is om de krat van onderen op te tillen. De kratten bepalen ook de afstand tussen de profielen. De krat is 300 mm breed. Om de krat er soepel in te stoppen en eruit te halen komen de stellingen op een afstand van 330 mm ten opzichte van elkaar te staan. De hoekprofielen aan de achterzijde worden gebruikt om te voorkomen dat de krat te ver naar achteren valt en onbereikbaar wordt voor het platform, zie *Figuur 6.4*.



Figuur 6.4 De achterkant van de stelling. De flenzen van het hoekprofiel voorkomen dat een krat te ver naar achteren valt.

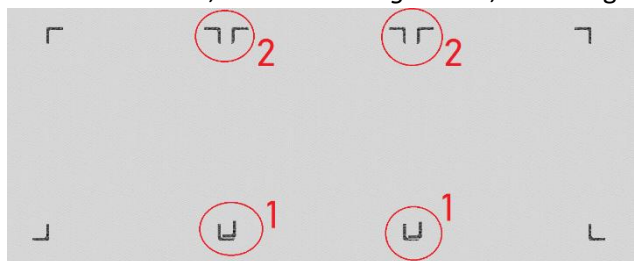


Figuur 6.3 Het ontwerp van de stellingen aan één kant van de lift. Drie kolommen met elk acht kratten.

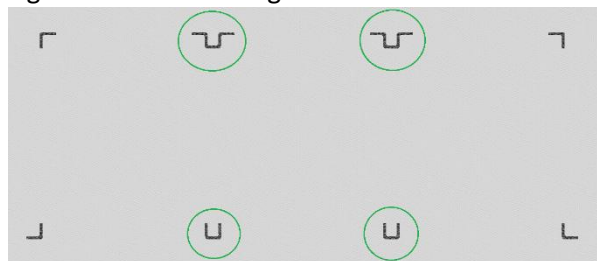
De berekening in *Bijlage XIII* laat zien dat er minimaal een doorsnede oppervlak van $A_{min} = 7,18 \text{ mm}^2$ nodig is om de optredende trekspanning onder de rekgrens te behouden bij een VF (veiligheidsfactor) van $VF = 1,5$. Deze kleine oppervlakedoorsnede wordt niet gehanteerd bij hoekprofielen vanwege de zeer beperkte mogelijkheid tot het buigen of rol profileren van kleine flenzen. Voor de bevestiging van deze profielen aan de andere onderdelen moeten er ook rekening gehouden worden met een minimale dikte van het verbindingsmiddel. Er wordt daarom gekomen om het profiel te dimensioneren op de bevestigingsmethode.

Met het materiaalonderzoek in *Bijlage XII* wordt er gekozen voor een koolstofstaal AISI 1015 hoekprofiel van $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$. Dit materiaal is goedkoper dan aluminium en rvs en kan met behulp van elektrolyse een verzinkt oppervlak verkrijgen om het materiaal weerstand tegen corrosie te geven. Daarna kan er met een poedercoat een extra laag tegen corrosie worden aangebracht en een kleur aan het toegekend worden. De hoekprofielen worden niet thermisch verzinkt door het risico op buigen groot is bij dun plaatmateriaal. Voor de 6 kolommen van stellingen zijn er 24 hoekprofielen nodig die individueel bevestigd worden.

Met behulp van Design For Assembly wordt de assemblagetijd verkleint. Door de profielen met elkaar te combineren kan er een kortere assemblagetijd gerealiseerd worden. De acht middelste staanders van de middelste kolom, omcirkelt in *Figuur 6.5*, worden geconfigureerd naar samengestelde onderdelen.



Figuur 6.5 Boveenaanzicht van één stelling met 12 van dezelfde hoekprofielen.



Figuur 6.6 Boveenaanzicht van één stelling met maar 8 profielen. Minder profielen assembleren resulteert in een toename van assemblagesnelheid.

De samengevoegde component van de paren staanders wordt gebaseerd op het bepaalde hoekprofiel. De omcirkelde profielen gemarkeerd met nummer 1 worden gecombineerd tot een u-profiel. Het u-profiel is gebaseerd op het hoekprofiel en heeft slechts een extra flens. De profielen in de cirkels gemarkeerd met nummer 2 worden samengevoegd tot een onderdeel, gebaseerd op het u- profiel met twee extra flenzen ter bevestiging. In *Figuur 6.6* is het boveenaanzicht van een stelling te zien na het samenvoegen van onderdelen. Voor de 6 kolommen van stellingen zijn er nu nog maar 16 hoekprofielen nodig die individueel bevestigd worden. In de onderstaande *Tabel 6.2* de gegevens van de bepaalde profielen weergegeven.

Tabel 6.2 Specificaties van de stellingprofielen.

Stellingprofiel	Variabelen	Eenheid
Profielafmetingen (L x B x d)	30 × 30 × 3	mm
Lengte	2600	mm
Aantal hoekprofielen	8	Stuks
Aantal U profielen	4	Stuks
Aantal U profielen met flenzen	4	Stuks
Materiaal	Poedercoat aanbrengen en galvanisch verzinkt koolstofstaal AISI 1015	-

Lipjesontwerp

De hoekprofielen waar de kratten op komen te staan worden van hetzelfde hoekprofiel gemaakt die gebruikt worden voor de staanders, met dezelfde oppervlaktebehandelingen. Deze profielen hebben een gebogen rand om te voorkomen dat kratten uit de opslag vallen bij het hijsen en plaatsen van de container, zie *Figuur 6.7*.



Figuur 6.7 De kratten worden geplaatst op hoekprofielen (liggers) die bevestigd zijn aan de verticale hoekprofielen (staanders). Het gebogen uiteinde van het profiel voorkomt dat een krat uit de stelling kan schuiven.



Figuur 6.8 De speling tussen de krat en het profiel zorgt ervoor dat de krat makkelijk gepakt en geplaatst kan worden.

De kratten hebben twee flenzen aan de onderzijde waarmee de krat op de lipjes rust. Deze flenzen zijn hoger geplaatst dan de onderkant van de krat zoals in *Figuur 6.8* te zien is. Er wordt aan beide zijden 3 mm speling genomen tussen de lip en de onderzijde van de krat, zodat deze makkelijk geplaatst kan worden. In de onderste *Tabel 6.3* zijn de specificaties van het lipjesprofiel weergegeven.

Tabel 6.3 Specificaties van het lipjesprofiel.

Lipjesprofiel	Variabelen	Eenheid
Afmetingen (L x B x d)	30 × 30 × 2	mm
Lengte	420	mm
Aantal hoekprofiel	96	Stuks
Materiaal	Poedercoat aanbrengen en galvanisch verzinkt koolstofstaal AISI 1015	-

Design For Assembly

De lipjes worden bevestigd aan de stellingen met popnagels. De geassembleerde stellingen worden vastgezet met popnagels aan het frame. Door de stellingen vast te zetten met popnagels in plaats van schroefverbindingen kan het product sneller geassembleerd worden. Als de stellingen eenmaal geplaatst en verbonden zijn hoeven ze namelijk niet snel voor reparaties verwijderd te worden doordat er ruimte tussen de stellingen in is. Als de stellingen vervangen moeten worden of verwijderd moeten worden, dan kan de popnagel eenvoudig verwijderd worden door het eraf te slijpen.

Het gewicht van de krat wordt opgevangen door vier bevestigingspunten. De popnagels van deze bevestigingspunten dragen elk een kwart van de het gewicht. Elke popnagel moet $F = 61,3 \text{ N}$ kunnen dragen, een krat oefent een zwaartekracht uit van $F_z \approx 245 \text{ N}$ op de vier bevestigingspunten.

Bevestiging

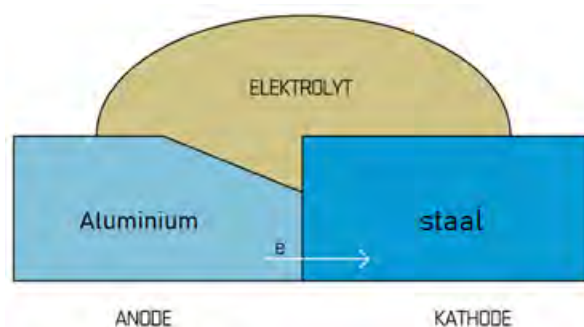
De lipjes worden bevestigd aan de staanders met verzinkte popnagels. De stellingen hoeven niet uit elkaar gehaald te worden bij onderhoud. Alleen bij vervanging van de stellingen kan een staander worden verwijderd. Er hoeven geen bouten en moeren gebruikt te worden bij de assemblage, daardoor kunnen de stellingen sneller geassembleerd worden met deze verbindingstechniek.

Het materiaal van de popnagels en de profielen komt overeen om galvanische corrosie te vermijden (zie *Bijlage XII*). Galvanische corrosie kan optreden wanneer regenwater, de elektrolyt, in contact komt met minstens twee metalen met een verschillend galvanisch potentiaal. De verzinkte popnagels worden verzinkt ingekocht. In *Figuur 6.9* is een schematisch voorbeeld geschetst van de elektronenstroom van anode (aluminium) naar kathode (staal) via de elektrolyt waarbij er corrosievorming optreedt bij de anode en een neerslag van ionen en elektronen bij de kathode.

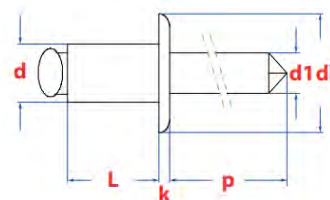
Uit de berekening en materiaalbepaling van *Bijlage XII* is er gekozen voor een verzinkte Aluminium/staal blindklinknagel met een extra bescherming tegen corrosie door toevoeging van chroomelementen. Beide onderdelen van de popnagel zijn verzinkt. Hierdoor treedt er geen galvanische corrosie op tussen de hoekprofielen en de popnagel. De specificaties van de popnagel staan in *Tabel 6.4*.

Tabel 6.4 Specificaties van de popnagel (DIN 7337A).

Popnagel	Variabelen	Eenheid
Afmetingen d x l x d1 (zie <i>Figuur 6.10</i>)	$3 \times 6 \times 1,78$	mm
Aantal	224	Stuks
Materiaal	Aluminium (AlMg3/5)/Staal	-
Oppervlaktebehandeling	Verzinkt oppervlak met toegevoegde chroomelementen	-
Productnummer	07337AR01003000063	-
Leverancier	PGB-Europe	-



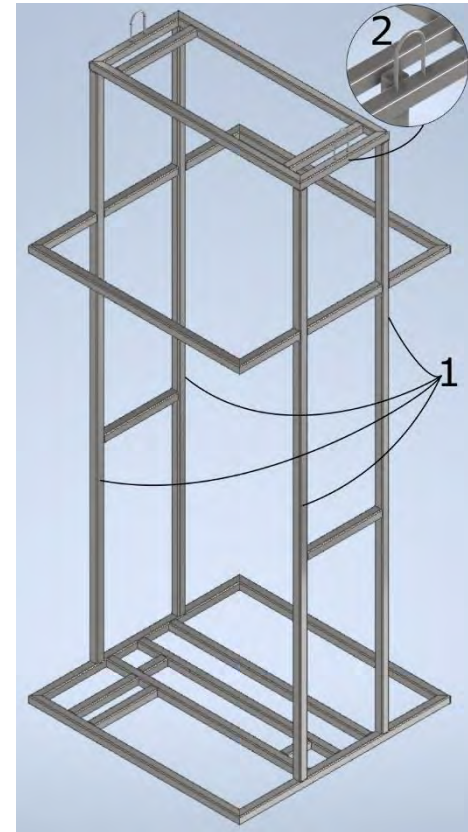
Figuur 6.9 Galvanische corrosie tussen aluminium en staal schematisch weergegeven waarbij (zure) regen als elektrolyt fungeert (Teising, sd).



Figuur 6.10 afmetingen van de popnagel (DIN 7337A).

6.1.3 Frame

Het frame in *Figuur 6.11* draagt het gewicht van alle componenten en loopt door boven de grond. Aan dit frame zijn de onderdelen bevestigd. Het frame bestaat uit één soort profiel met aan de bovenzijde twee lussen (gelabeld met 2, zie *Figuur 6.11*) om de container met inhoud uit de grond te tillen of in de betonbak te plaatsen. De plaatsing en vorm van de lussen zijn tot stand gekomen met de NEN-EN 13071-1:2019 norm (zie *Bijlage IX*). In *Bijlage XIII* is er een inschatting gemaakt van het totale gewicht dat de constructie moet kunnen dragen bij het hijsen van de container. Met dit gewicht en een veiligheidsfactor zijn er berekeningen in *Bijlage XIII* uitgevoerd om het balkprofiel te bepalen en de lussen te dimensioneren. De veiligheidsfactor heeft een waarde van $VF = 1,5$ doordat er in de ontwerpfase van het frame onvoldoende informatie bekend was over het gewicht van alle componenten. De resultaten van de berekeningen dienen dan ook niet als minimum maar als grof overschatte richtlijn. De diameter van de lussen en het materiaal wordt bepaald met de berekening in *Bijlage XIII*. Elke lus draagt de helft van het gewicht. De minimale diameter van het stafmateriaal van de lus is bepaald met de berekening op $D = 4,88 \text{ mm}$ en de lengte van het stafmateriaal is $L = 485 \text{ mm}$. De diameter wordt afgerond naar $D = 5 \text{ mm}$ door aanbod en inkoopbeperkingen.



Figuur 6.11 het volledige frame met de vier staanders(1) en de hijslussen aan de bovenzijde(2).

De vier staanders (gelabeld met 1, zie *Figuur 6.11*) worden gedimensioneerd op de trekspanning ten gevolge van het gewicht. Het materiaal en de oppervlaktebehandeling van de lussen wordt ook gebruikt bij de profielen van het frame omdat de lussen en het frame aan elkaar gelast worden en aan dezelfde milieuomstandigheden blootgesteld worden. Met de doorsnede-berekening in *Bijlage XIII* is de minimale doorsnede $A_{min} = 36,5 \text{ mm}^2$ bepaald. Vervolgens is er van de bovenste liggers waar de lussen aan bevestigd worden, zie *Figuur 6.11*, een doorbuigingsberekening gedaan om het minimale oppervlaktetraagheidsmoment van het profiel te bepalen. Uit de berekening komt een minimaal oppervlaktetraagheidsmoment van $I_{min} = 20,0 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ bij een maximale doorbuiging van $v_{max} = 2 \text{ mm}$. Door de verwerking van de veiligheidsfactor van $VF = 1,5$ wordt de berekening gezien als richtlijn en niet als ondergrens.

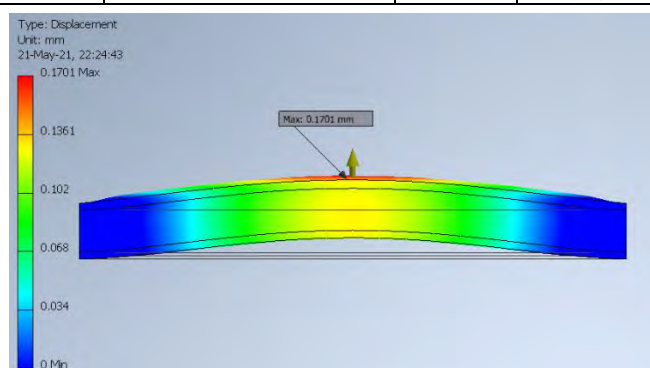
De profielen worden gekozen uit de standaardprofielen die in ISO 10799-2 beschreven zijn. De profielen in deze standaard zijn koud vervaardigde gelaste buisprofielen voor constructiedoeleinden van ongelegeerde en fijnkorrelige staalsoorten (constructiestaal). De bepaalde materiaalsoort is voor zowel het frame als de hijs lussen constructiestaal S275 vanwege de overeenkomst van de rekgrens met de berekeningen in *Bijlage XIII*. Binnen de standaard zijn er drie verschillende profielen, een cirkeldoornede, vierkante doorsnede en rechthoekige doorsnede. Van deze profielen is er gekozen voor een vierkant profiel boven rechthoekige en ronde buisprofielen. De ronde buisprofielen zijn nadelig voor bevestigingsdoeleinden. De vierkante profielen zijn bij de assemblage niet axiaal aan een oriëntatie gebonden. Dit maakt het assembleren in tegenstelling tot rechthoekige profielen sneller en zorgt bovendien voor geen fouten bij de assemblage wat de oriëntatie betreft.

Van de vierkante buisprofielen uit de ISO 10799-2 standaard wordt er gekozen voor het profiel $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ ($H \times B \times d$) met de volgende specificaties in *Tabel 6.5*. De doorsnede en het oppervlaktetraagheidsmoment worden vergeleken met de resultaten die uit de berekeningen gekomen zijn.

Tabel 6.5 In de tabel wordt er gecontroleerd of het gekozen vierkante buisprofiel de juiste doorsnedeoppervlak en oppervlaktetraagheidsmoment heeft (ISO, 2011).

Vierkant buisprofiel ISO 10799-2	Profiel eigenschappen	Vereiste eigenschappen volgens berekening <i>Bijlage XIII</i>	Eenheid	Voldoet?
Profiel afmetingen ($H \times B \times d$)	$50 \times 50 \times 3$	-	mm	-
Doorsnedeoppervlak	541	36,5	mm^2	✓
Oppervlaktetraagheidsmoment	19,5	20,0	cm^2	✗

Het oppervlaktetraagheidsmoment voldoet niet aan de minimumwaarde die berekend is in *Bijlage XIII*. Ter controle wordt er een handberekening (zie *Bijlage XIII*) en simulatie van de doorbuiging, zie *Figuur 6.12*, gemaakt om de doorbuiging te bepalen en om vast te stellen of het profiel acceptabel is of niet. Het gekozen profiel mag niet meer doorbuigen dan $v_{\max} = 2\text{ mm}$.



Figuur 6.12 De gesimuleerde doorbuiging van de ligger waar de container mee wordt opgetild. De simulatie geeft een overdreven doorbuiging van de realiteit weer. De maximale doorbuiging met de simulatie is 0,170 mm bij een belasting van 1.25 kN.

Tabel 6.6 Validatie of de resultaten uit beide controleberekeningen voldoen aan de maximale doorbuiging van 2 mm.

Controle bereken methode	Berekende doorbuiging $v_{\max}$	Eenheid	Voldoet?
Maximale doorbuiging handberekening	1,37	mm	✓
Maximale doorbuiging Inventor simulatie	0,170	mm	✓

De maximale doorbuiging is in beide controleberekeningen kleiner dan $v_{\max} = 2\text{ mm}$ in bovenstaande *Tabel 6.6*, daarmee voldoet het ISO 10799-2 $50 \times 50 \times 3$ profiel aan de eisen. Het verschil in waarden van de handberekening controle en simulatie controle is te verklaren doordat er bij de handberekening wordt uitgegaan van een balk die scharnierend is aan het ene uiteinde en opgelegd is aan het andere uiteinde. De simulatie berekent de doorbuiging met een balk die aan beide kanten is ingeklemd en limiteert daardoor alle bewegingsvrijheidsgraden van de balk. De ingeklemde balk is rigider en buigt daardoor minder door.

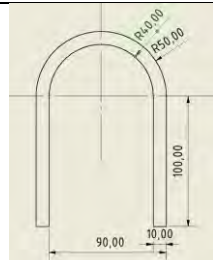
De individuele profielbuizen en de lussen worden aan elkaar gelast om de assemblagetijd te verminderen en om de balken rigide te verbinden. Het is van belang dat het materiaal van deze constructie een goede lasbaarheid heeft. Constructiestaal S275 heeft een goede lasbaarheid (Granta Design Limited, 2019) en wordt aan elkaar gelast met behulp van MAG-lassen (Kals, et al., 2011). Naast de lasbaarheid moet het

materiaal bestendig zijn tegen de weersomstandigheden. Regen kan invloed hebben op onbeschermde staalsoorten en kan het materiaal sneller laten corroderen. Galvanische corrosie kan optreden bij zure regen en twee verschillende metalen met een galvanisch potentiaalverschil (zie *Bijlage XII*) en moet voorkomen worden bij het frame. De hijs lussen worden aan het frame gelast en zijn daarom van hetzelfde materiaal.

Om het frame te beschermen tegen corrosie wordt het frame na het lassen en bewerken (gaten voor bevestiging van componenten) thermisch verzinkt. Het frame wordt niet beschermd met een poedercoat laag of verf. Deze lagen zijn namelijk dun en niet krasbestendig. Thermisch verzinken wordt verkozen boven elektrolytisch verzinken doordat er een legering ontstaat tussen de ijzerelementen en zinkelementen wat een sterk hechtende en dikkere bescherm laag geeft. Holle ruimtes worden ook verzinkt en verminderen daardoor kans op corrosie inwendig van de profielen. Elektrolytisch verzinken geeft slechts een dek laag die dun en gevoelig is voor krassen. Het hele frame wordt in een bad van zink gedompeld van circa 450 °C waarbij er een zink-ijzer legering ontstaat met een dikte tussen 30 – 200 μm (TOSEC, 2021). Het verkregen oppervlak na de thermische verzinking is matte en ruw. Bij het ontwerpen moet er rekening gehouden worden met het aanslaan van de legering op boorgaten en schroefdraden.

De totale benodigde lengte van de buisprofielen samen is met behulp van Autodesk Inventor 2020 bepaald op $L_{tot} = 35,4 \text{ m}$. De eigenschappen van het frame en de lussen zijn in *Tabel 6.7* weergegeven.

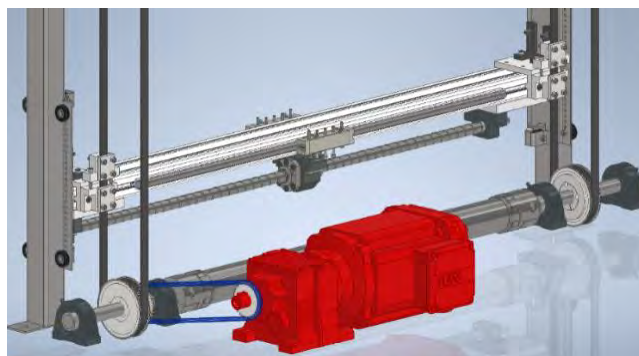
Tabel 6.7 Specificaties van het buisprofiel en de hijs lus.

Component	Definitie	Variabelen	Eenheid
Vierkant buisprofiel ISO 10799-2	Profiel afmetingen (H x B x d)	50 × 50 × 3	mm
	Doorsnedeoppervlak	541	mm ²
	Oppervlaktetraagheidsmoment	19,5	cm ⁴
	Materiaal	Constructiestaal S275	—
	Totaal benodigde lengte aan profielen	35406	mm
	Assembleren	MAG-lassen	—
	Oppervlaktebehandeling	Thermisch verzinkt oppervlak (na assemblage)	—
Hijs lus	Afmetingen onbewerkt stafmateriaal (D x L)	5 × 458	mm
	Afmetingen na buigen		mm
	Aantal	2	Stuks
	Materiaal	Constructiestaal S275	-
	Assembleren	MAG-lassen	-
	Oppervlaktebehandeling	Thermisch verzinkt oppervlak (na assemblage)	-

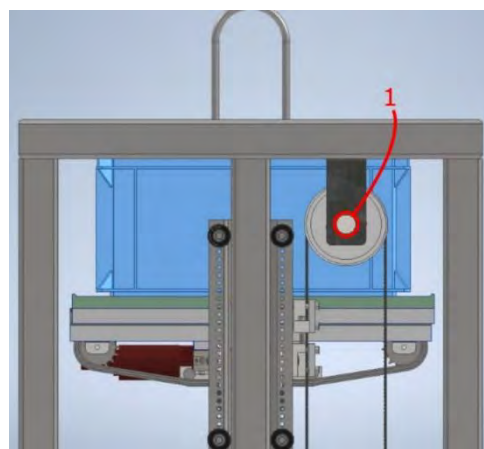
6.1.4 Verticaal transport van de ligger

Het verticale transport van het pakketje wordt gerealiseerd door een systeem dat een aluminium ligger op en neer verplaatst met daarop een platform en het pakket. Het mechanisme moet het gewicht van de geassembleerde aluminium ligger kunnen verplaatsen met een snelheid van $v = 1 \text{ m/s}$. Deze snelheid wordt gehanteerd als richtlijn. Daarnaast wordt er gezorgd dat ligger recht geleid wordt bij deze beweging (zie H6.1.5 Ligger).

De aandrijving van het systeem wordt gerealiseerd met behulp van twee tandriemsystemen. Een elektromotor is met een kettingoverbrenging via een as verbonden aan twee getande katrollen en drijft daarmee de riemen aan, zie *Figuur 6.13*. De elektromotor wordt op de bodem van het systeem gemonteerd. Aan de bovenkant is er te weinig ruimte voor de elektromotor. Daarnaast kan de motor bij de assemblage makkelijk geplaatst worden en bij onderhoud verwijderd worden als de opslag uit de grond gehaald wordt. Tevens kan er bij de bovenste katrollen ook geen doorlopende aangedreven as tussen de katrollen geplaatst worden doordat ligger met krat zich hiertussen moet kunnen bevinden, zie *Figuur 6.14*. De katrollen zijn daarom voorzien van een eigen as. Er is geen ruimte om de motor aan de buitenzijde van de katrollen te plaatsen. De motor kan niet voorzien zijn van een holle as om de katrollen aan te drijven, de motor is namelijk te hoog en belemmert het platform om bij de kratten te komen (zie *Figuur XIII.10* in *Bijlage XIII*). Er is gekozen om een motor met een kettingoverbrenging te plaatsen onder de stellingen. De kettingoverbrenging heeft als nadeel dat deze periodiek onderhouden moet worden.



Figuur 6.13 De ligger wordt verplaatst met een tandriem. De katrollen zijn verbonden aan een as en worden aangedreven door een elektromotor door een kettingoverbrenging.



Figuur 6.14 De plaatsing van een doorlopende as(1) wordt geblokkeerd doordat de krat zich op de hoogte van de as moet bevinden.

De elektromotor voor deze lift toepassing wordt gedimensioneerd op de massa van de geassembleerde ligger, de snelheid van de verticale verplaatsing en de diameter van de katrollen. Met de berekening in *Bijlage XIII* wordt het toerental van de motor, het vermogen en het koppelmoment bepaald. Met de gegevens in *Tabel 6.8* wordt er een AC elektromotor bepaald. De motorkeuze komt tot stand met de online motor configuratie van SEW-Eurodrives (SEW-Eurodrives, sd).

Tabel 6.8 De gegevens die gebruikt zijn om een elektromotor te selecteren. De berekening en uitwerking bevindt zich in Bijlage XIII.

Definitie	Symbol	Grootheid	Eenheid
Maximaal koppel	T_{max}	93,8	Nm
Maximaal vermogen	P_{max}	1,25	kW
Toerental (uit vertragsingskast as)	n	127,3	min^{-1}

De bepaalde elektromotor van SEW- Eurodrives wordt gecombineerd met een vertragsingskast(reductor) door het lage benodigde toerental. De motor heeft daarom een helische tandwieloverbrenging als reductor. In de onderstaande *Tabel 6.9* zijn de specificaties van de elektromotor weergegeven.

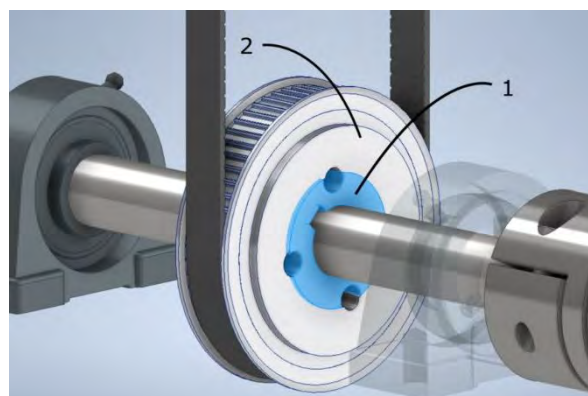
Tabel 6.9 Specificaties van de SEW-Eurodrives wisselstroom elektromotor (SEW-Eurodrives, sd).

Component	Definitie	Variabelen	Eenheid
SEW-wisselstroom elektromotor	Leverend koppel	116	Nm
	Leverend vermogen	1,5	kW
	Toerental uit elektromotor	1.461	min ⁻¹
	Toerental met vertragsingskast	124	min ⁻¹
	Afmetingen aandrijvende as (D x L)	25 x 50	mm
	IP score	IP55	—
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer	SA47DRN90L4	—
	Leverancier	SEW-Eurodrives	—

De IP (*International Protection Rating*) score geeft aan hoe goed het elektronisch apparaat beschermd is tegen schadelijke stoffen en omstandigheden. De elektromotor heeft een behuizing die een IP55 score toegekend heeft. Deze score geeft aan dat de elektronische apparatuur binnen de behuizing gelimiteerd beschermd is tegen het binnendringen van stof en beschermd is tegen lagedrukwaterstralen vanuit elke richting (DSM&T, sd).

Tandriem en katrollen

Het systeem dat de ligger verticaal verplaatst maakt gebruik van open tandriemen en katrollen. De riemen lopen van onder naar boven om het pakketje over de hele hoogte van het frame te transporteren. De riem die de ligger verticaal verplaatst wordt gedimensioneerd in *Bijlage XIII* met de selectieprocedure die voorgeschreven is in MEGALINEAR-datasheet van Megadyne (Megadyne, 2020). Met de voorgeschreven procedure worden de tandriem en katrolgrootte bepaald. Vervolgens worden deze componenten met een controleberekening geverifieerd. Naast het bepalen van de componenten wordt ook de voorspanning en de uitrekking onder de belasting bepaald in *Bijlage XIII*.



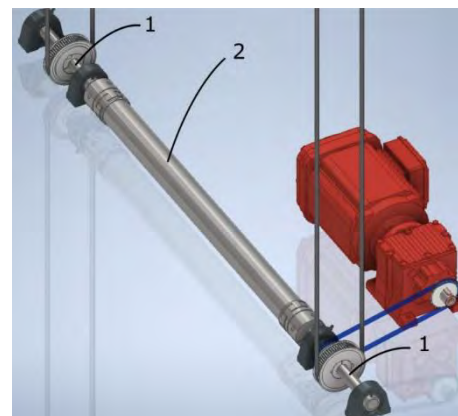
Figuur 6.15 De klem bus(1) en de katrol(2) worden verbonden met elkaar met boutverbindingen die in de gaten gedraaid worden. De klem bus kan naast het klemmechanisme door het vastbouten ook bevestigd worden met een spieverbinding voor hogere koppelmomenten.

De bepaalde katrollen bestaan uit twee componenten, zie *Figuur 6.15*. Een klem bus wordt (met een spieverbinding) bevestigd aan de aangedreven as. De getande katrol wordt op de klem bus bevestigd met drie bouten. De specificaties van de bepaalde tandriem, klem bus en getande katrollen zijn weergegeven in *Tabel 6.10*. De volledige uitwerking en bepaling van de componenten is beschreven in *Bijlage XIII*.

Tabel 6.10 Component specificaties van de tandriem, katrol en klem bus (Maedler). De componenten zijn bepaald met behulp van de MEGALINEAR-datasheet van Megadyne (Megadyne, 2020) in Bijlage XIII.

Component	Definitie	Variabelen	Eenheid
Tandriem	Profiel	AT5	—
	Breedte	16	mm
	Materiaal	Thermoplastisch polyurethaan (TPU) met stalen draden kern	—
	Lengte (open)	6826	mm
	Aantal	2	Stuks
	Productnummer	16677364	—
	Leverancier	Maedler	—
Riemklem	Profiel	AT5	—
	Breedte profiel	16	mm
	Totale breedte	35	mm
	Materiaal	Aluminium (EN AW2017A)	—
	Aantal	4	Stuks
	Productnummer	16679900	—
	Leverancier	Maedler	—
Katrol	Diameter	100,64	mm
	Flens diameter	106	mm
	Breedte	22	mm
	Aantal tanden	64	—
	Klem bus type	1210	—
	Materiaal	Gefosfateerd staal	—
	Aantal	4	Stuks
	Productnummer	16677364	—
	Leverancier	Maedler	—
Klem bus	Boring diameter	25	mm
	Diameter	47,5	mm
	Klem bus type	1210	—
	Breedte	25,4	mm
	Materiaal	Gietijzer GG25	—
	Aantal	4	Stuks
	Productnummer	62250325	—
	Leverancier	Maedler	—

De elektromotor heeft een aandrijf-as uit de reductor met een diameter van $D = 25 \text{ mm}$. De as uit de reductor en de aangedreven as met daaraan de katrollen bevestigd worden met elkaar verbonden door een kettinaandrijving. Beide assen worden voorzien van een tandwiel, bevestigd met een spieverbinding. De as wordt bevestigd aan het frame met behulp van lagerhuizen. Om te voorkomen dat as door de bewegingsbeperkingen van de lagers kinematisch overbepaald wordt, wordt de as gesplitst in drie aparte componenten. Als de as kinematisch overbepaald is, dan slijt de as veel sneller doordat het onmogelijk is om de lagerhuizen perfect uit te lijnen. De drie componenten waar de aandrijving van de katrollen uit bestaat zijn twee korte rvs-assen met een diameter van $D = 25 \text{ mm}$ en een rvs-koppelingsas die de twee assen met elkaar verbindt, zie *Figuur 6.16*. De koppelingsas compenseert voor de afwijking die in uitlijning van de lagerhuizen zit. De bekken van de koppeling verschaffen flexibiliteit. Hierdoor verbeterd de levensduur van as (R+W Couplings, sd). De twee korte rvs-assen waar de katrollen op bevestigd zijn worden bevestigd tussen twee lagerhuizen. Eén van deze assen wordt aangedreven door de elektromotor. De specificaties van de lagerhuizen, assen en koppelingsas zijn in *Tabel 6.11* weergegeven.



Figuur 6.16 De katrollen zijn bevestigd op de korte rvs assen(1) tussen twee lagerhuizen. De korte assen zijn met elkaar verbonden door koppelingsas(2).

Tabel 6.11 Specificaties van de lagerhuizen, assen en de koppelingsas 1. (Maedler), 2. (R+W Couplings, sd).

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Lagerhuis¹	Diameter	25	mm
	Materiaal	RVS AISI 304 lagerhuis met rvs 1.4125 (X105CrMo17, AISI 440 C) lager	—
	Aantal	4	Stuks
	Productnummer (Maedler)	62599325	—
As	Diameter	25	mm
	Materiaal	Rvs	—
	Lengte	300,8	mm
	Aantal	4	Stuks
Koppelingsas²	Binnendiameter	25	mm
	Maximale Buitendiameter	68	mm
	Maximaal koppelmoment	200	Nm
	Materiaal	Rvs	
	Lengte	870	mm
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer (R+W Couplings)	EZ2-150-25-25-1	—

6.1.5 Ligger

De ligger wordt gebruikt om het platform dat de kratten grijpt horizontaal te bewegen om bij de verschillende kolommen kratten te komen. De assemblage van de ligger zonder het platform en toebehoren is in *Figuur 6.17* te zien.



Figuur 6.17 De geassembleerde ligger zonder het platform dat de kratten pakt.



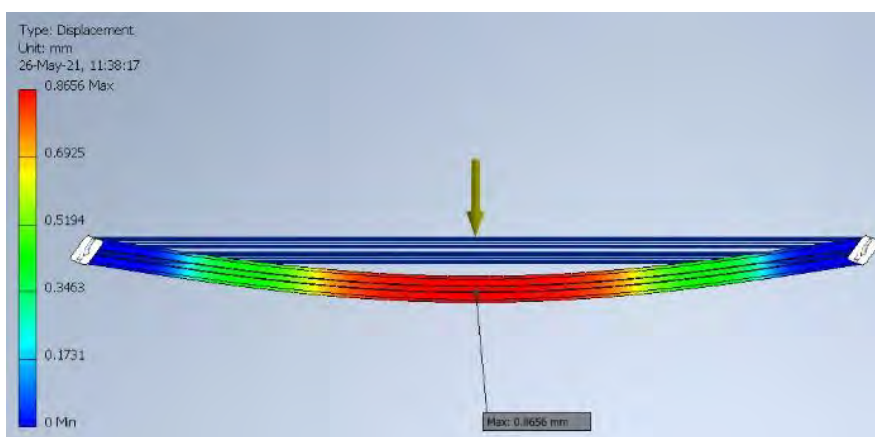
Figuur 6.18 De aluminium profielen zijn in verschillende standaard series verkrijgbaar met verschillende diktes, en afmetingen (Item24, sd).

Daarnaast is de ligger verbonden met het verticale transportmechanisme om de krat verticaal te transporteren. De ligger moet ruimte en bevestigingsplek bieden voor de onderdelen die nodig zijn om het platform aan te drijven en de onderdelen die de ligger recht geleiden bij verticale verplaatsing. Bij de keuze van de ligger is het belangrijk dat de ligger over de lengte minimaal doorbuigt. De ligger wordt ontworpen op een maximale doorbuiging van $v_{max} = 2 \text{ mm}$ bij een platform massa van $m_{platform} = 50 \text{ kg}$. Doordat het gewicht van de ligger geminimaliseerd wordt, nemen de riemen en elektromotor die het gewicht van de ligger verplaatsen maar beperkte ruimte in. Door de eenvoud van assemblage en gewichtsbesparing wordt er gekozen om de ligger te ontwerpen vanuit een aluminium extrusie profiel als basis, zie *Figuur 6.18*. Aluminium extrusie profielen hebben het voordeel dat ze makkelijk te assembleren zijn door de sleuven die zich aan de lange zijden bevinden. Onderdelen kunnen in deze sleuven vastgezet worden met T-bouten en -moeren.

Uit de handberekeningen en selectie van *Bijlage XIII* is er gekozen voor de PS4080-8 standaard aluminium extrusie. Het materiaal van de extrusie is Aluminium 6063-T5 (Ultraxis, sd). De doorbuiging is in de *Bijlage XIII* gecontroleerd en resulteerde in een doorbuiging van $v_{max} = 1,30 \text{ mm}$.

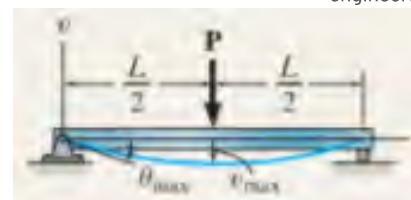
Ter controle is de maximale doorbuiging van het PS4080-8 profiel gesimuleerd in Inventor. In *Figuur 6.19* is de gesimuleerde doorbuiging weergegeven.

De berekende maximale doorbuiging van de simulatie is $v_{max} = 0,866 \text{ mm}$. Deze waarde komt niet overeen met de



Figuur 6.19 De gesimuleerde doorbuiging van de PS4080-8 aluminium ligger in Autodesk Inventor 2020. De simulatie geeft aan dat de maximale doorbuiging 0,866 mm is.

waarde van de handberekening. Dit komt door een aantal factoren. De handberekening is uitgegaan van een balk met aan de ene zijde een scharnierend uiteinde en aan de andere zijde een oplegging zie *Figuur 6.20*.

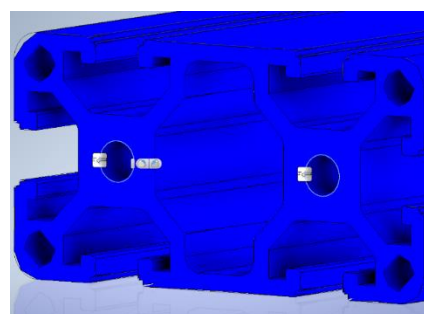


Figuur 6.20 Het VLS dat gebruikt is voor de handberekening om de maximale doorbuiging van de ligger te bepalen. De balk is links scharnierend en rechts opgelegd (Hibbeler, 2013).

De simulatie heeft de berekening gedaan door de bevestigingspunten (de gaten aan de uiteinden, zie *Figuur 6.21*) te fixeren. De verschillen in de fixatie aan de uiteinden verklaren ook de verschillen in de maximale doorbuiging. Bij de handberekening is de opgelegde zijde niet ingeklemd en kan daardoor in de richting van de doorbuiging meebewegen en resulteren in een grotere verplaatsing. Bij de gefixeerde bevestigingspunten van de simulatie is dit niet mogelijk, deze punten zijn star gefixeerd. *Tabel 6.12* weergeeft de eigenschappen van de aluminium extrusie en de berekende doorbuiging bij $m_{platform} = 50 \text{ kg}$.

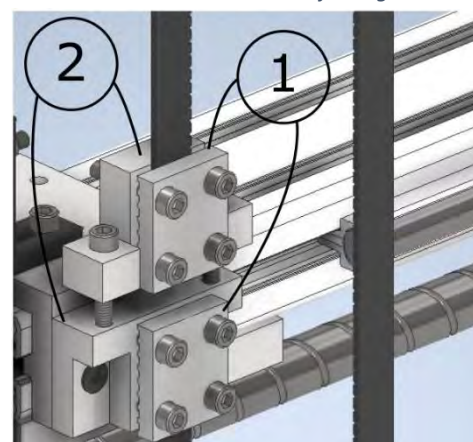
Tabel 6.12 Specificaties van de ligger (Item24, sd).

PS4080-8	Variabelen	Eenheid
Afmetingen (H x B x D)	40 x 8 x 1186	mm
Aantal	1	Stuks
Materiaal	Aluminium 6063-T5 (Ultraxis, sd)	—
Oppervlaktetraagheidsmoment (x-as)	19,1	cm ⁴
Maximale doorbuiging handberekening	1,30	mm
Maximale doorbuiging Inventor simulatie	0,866	mm
Productnummer	PS4080-8	—
Leverancier	Item24	—



Figuur 6.21 De doorbuigingssimulatie in Inventor gebruikt de gearceerde gaten als opgelegde bewegingsbeperkingen van de punten. Deze beperkingen zijn gefixeerd en limiteren de balk in elke vrijheidsgraden.

De riemen die de ligger verticaal transporteren worden bevestigd met aluminium gefreesde blokjes (zie *Figuur 6.22*, gelabeld met 2) en een aluminium riemklem (zie *Figuur 6.22*, gelabeld met 1), die bij AT5 het riemprofiel aansluit (zie 6.1.4 *Verticaal transport van de ligger*). De aluminium blokken zijn in *Figuur 6.22* in geassembleerde vorm weergegeven. Het blok wordt in de groeven van de ligger vastgezet met T-moeren. De (open) riem wordt aan de twee uiteinden bevestigd met de riem klemmen aan het aluminiumblok. Een van de bevestigingspunten is star verbonden met het aluminiumblok. De andere verbinding is met afstelbare bouten verbonden zodat er een voorspanning aangebracht kan worden van $F_p = 405 \text{ N}$ op de riem (zie *Bijlage XIII*).



Figuur 6.22 De aluminium riemklemassemblage bestaat uit drie gefreesde onderdelen om de riem te bevestigen aan de ligger. De drie blokken zijn geassembleerd weergegeven met de tandriem geklemd op de twee uiteinden van de riem. De ge riem wordt bevestigd tussen een gefreesd aluminium blok(2) en de aluminium riemklem(1).

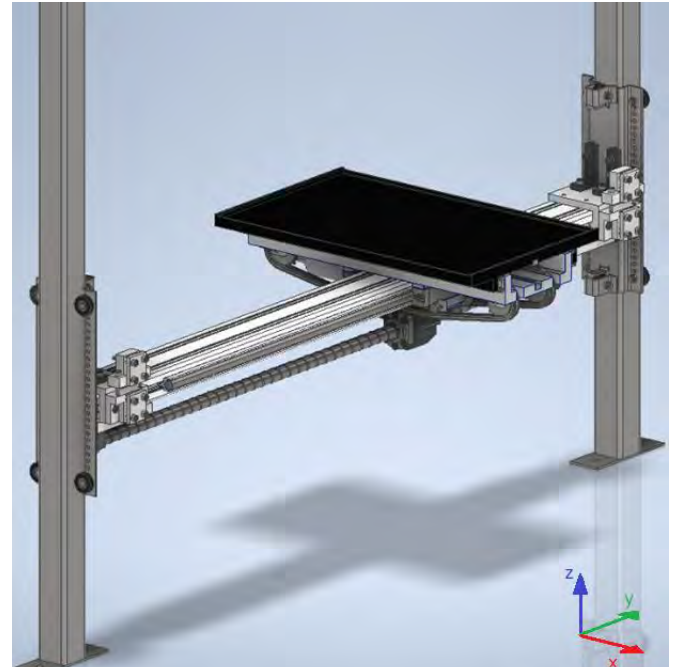
Bij het verticaal verplaatsen van de ligger wordt er gebruik gemaakt van recht geleiding. De recht geleiding zorgt ervoor dat de ligger alleen in de bewegingsrichting van de verticale aandrijving kan bewegen. Er is gekozen voor een recht geleiding met behulp van een loopvlak en wielen. Voor deze oplossing wordt er gebruik gemaakt van staanders die als loopvlak dienen. In *Figuur 6.23* is te zien dat de staanders zich bevinden aan de kopsen kanten van de ligger. Er wordt gebruik gemaakt van drie loopvlakken op elke staander. De beweging in de X- en Y-richting wordt hierdoor beperkt.

De lineaire geleiding wordt voorzien door de loopwielen die bevestigd zijn aan de Sendzimir stalen platen met dikte $d = 3\text{mm}$, zie *Figuur 6.24*. De extra gaten in de plaat zijn ter gewichtsbesparing geplaatst. De staalplaten worden bevestigd met hoekstukken zoals in *Figuur 6.25* weergegeven is.

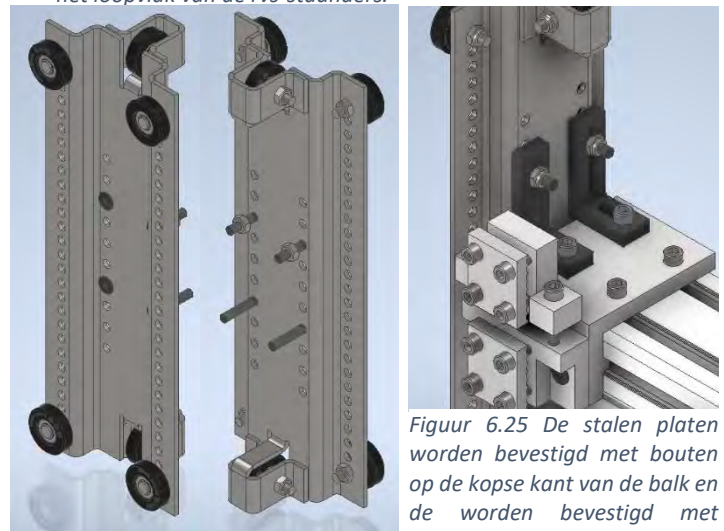
De staanders met loopvlak lopen van de onderkant tot de bovenkant door van het frame omdat de hele verticale beweging recht geleid moet worden. Het profiel van het frame, vierkant buisprofiel $50 \times 50 \times 3\text{mm}$ van ISO 10799-2, wordt ook gebruikt voor de verticale palen omdat deze bij bevestiging ook de krachten moeten weerstaan bij lichte vervormingen van het frame onder het gewicht.

Het materiaal van de staanders met het loopvlak verschilt met het materiaal van het frame. Het is van belang dat deze staanders niet corroderende onder de weersomstandigheden. Tevens is het belangrijk dat het loopvlak voor de wielen glad is. Doordat de oppervlaktelaag bij thermisch verzinken ruw en oneffen wordt, wordt er gekozen voor een rvs AISI 440A vierkant buisprofiel (zie *Bijlage XII*). Het oppervlak van de rvs AISI 440A heeft een glad oppervlak door de chroomelementen, daarnaast kan de koker nog gepolijst afgewerkt worden. Door deze toepassingen wordt de levensduur van de loopwielen aanzienlijk vergroot. De staanders worden met boutverbindingen bevestigd aan het frame. Bij de assemblage kan er dan ruimte gemaakt worden om componenten gemakkelijk in het frame te plaatsen en voor onderhoud. Op deze wijze kunnen andere onderdelen makkelijker gemaneuvreerd en gemonteerd worden bij de assemblage.

De gekozen loopwielen hebben een gebold oppervlak. Een loopwiel met een plat contactoppervlak slijt sneller doordat het vlak nooit perfect uit te lijnen is met het loopvlak. De kracht concentreert zich dan op



Figuur 6.23 De platen met wielen aan de uiteindes van de ligger zorgen ervoor dat de ligger alleen in de Z-richting kan bewegen door het loopvlak van de rvs-staanders.



Figuur 6.24 Voorkant en achterkant van de stalen plaat. De metalen plaat is ontworpen de constructie uit één plaat gevouwen kan worden.

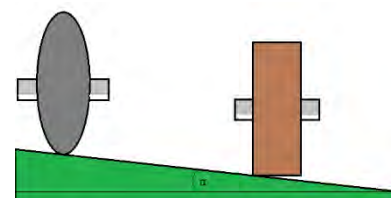
Figuur 6.25 De stalen platen worden bevestigd met bouten op de kopsen kant van de balk en de worden bevestigd met hoekprofielen op een aluminium blok van de riemklemmen.

één hoekpunt. Bij een wiel met een bol contactoppervlak is er altijd een constante hoeveelheid contact tussen het loopvlak en het wiel, zie *Figuur 6.26*.

Met behulp van de berekening in *Bijlage XIII* is er een loopwiel met een diameter van $D = 30 \text{ mm}$ bepaald. Het wiel wordt bevestigd aan het plaatmateriaal met een gedraaide as als perspassing met een stop, schroefdraad en een Seegerring. Het wiel wordt geklemd tussen de stop en een Seegerring (DIN 471), zie *Figuur 6.27*. De as wordt bevestigd aan de plaat met een borgmoer (DIN 985). De specificaties van het loopwiel (*Figuur 6.28*), stalen platen en de staanders zijn weergegeven in *Tabel 6.13*. De staanders zijn verder beschreven in *Bijlage XII*.

Tabel 6.13 Specificaties van het loopwiel en de bevestigingsonderdelen (Blickle, sd).

Component	Definitie	Variabelen	Eenheid
Loopwiel	Afmetingen (D x B)	30×8	mm
	Aantal	10	Stuks
	Materiaal	Thermoplastisch polyurethaan	—
	As gat van inwendige kogellager	6	mm
	Productnummer	FPU 30x8/6-6K	—
	Leverancier	Blickle	—
Bevestiging as (gedraaid)	Afmetingen as (D x L)	6×26	mm
	Aantal	10	Stuks
	Materiaal	Rvs	—
	Leverancier	Blickle	—
Bevestiging Seegerring (DIN 471)	Aantal	10	Stuks
Bevestiging borgmoer (DIN 985)	Aantal	10	Stuks
Loopvlak staanders	Profiel afmetingen (H x B x d)	$50 \times 50 \times 3$	mm
	Doorsnedeoppervlak	541	mm ²
	Oppervlaktetraagheidsmoment	19,5	cm ⁴
	Materiaal	RVS 304	—
	Totaal benodigde lengte aan profielen	6844	mm
	Assembleren	Boutverbindingen	—
	Oppervlaktebehandeling	Thermisch verzinkt oppervlak (na assemblage)	—



Figuur 6.26 Schematische weergave van het contact bij een loopvlak met een helling van α , haaks op de bewegingsrichting van het wiel met een bolling en het wiel met een plat loopvlak.



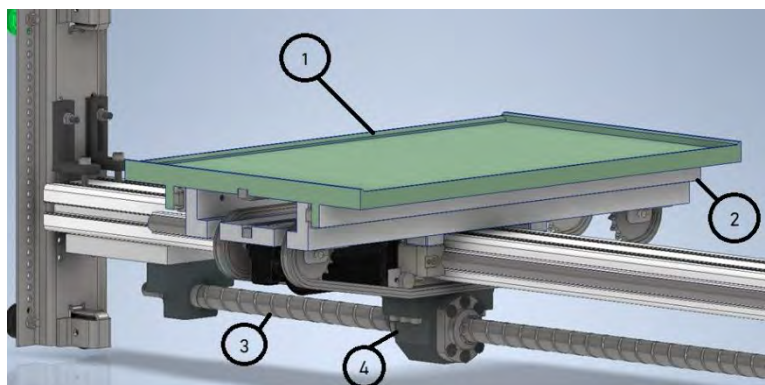
Figuur 6.27 de gedraaide as met schroefdraad en Seegerring waarmee het wiel bevestigd wordt.



Figuur 6.28 Het gekozen loopwiel met en lichtelijk bol lopend oppervlak (Blickle, sd).

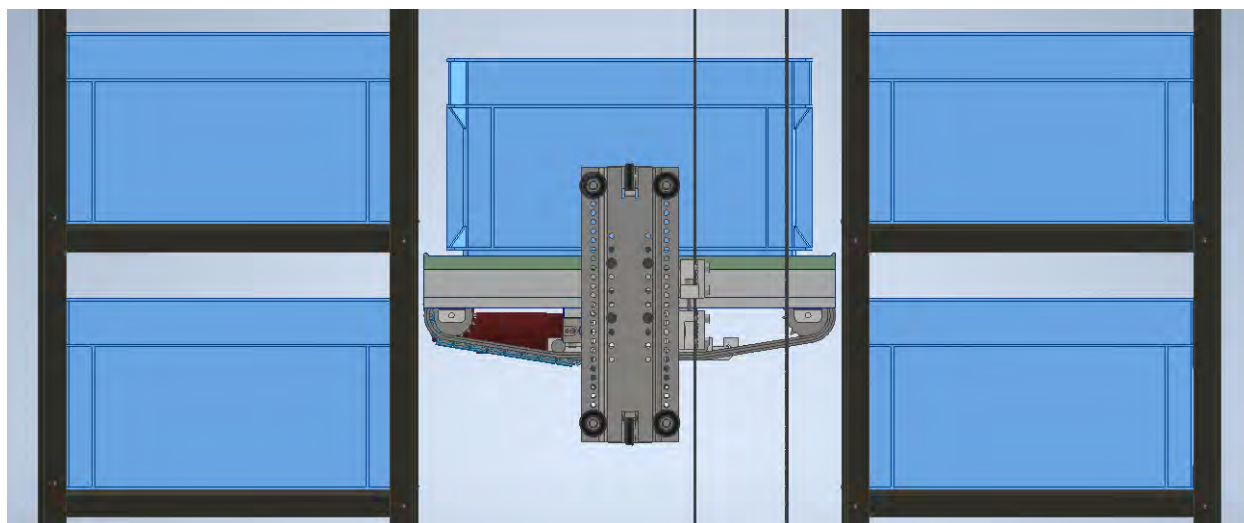
6.1.6 Uitschuifbaar platform

De kratten worden door het uitschuifbare platform van onderen opgetild. Er wordt geen gebruik gemaakt van mechanismen die de krat vastklemmen of grijpen. Op het platform zijn er aan elke zijde randen aanwezig zodat de krat er niet vanaf kan schuiven. In de bewegingsrichting van het platform is een rand aangebracht die eventueel aan de krat haakt om deze uit de stelling te trekken. De krat blijft op het platform staan door statische wrijving. In *Figuur 6.29* is de volledige assemblage van het platform te zien. Het platform wordt aangedreven door een spindel en wordt recht geleid door twee lineaire geleiders over twee assen.



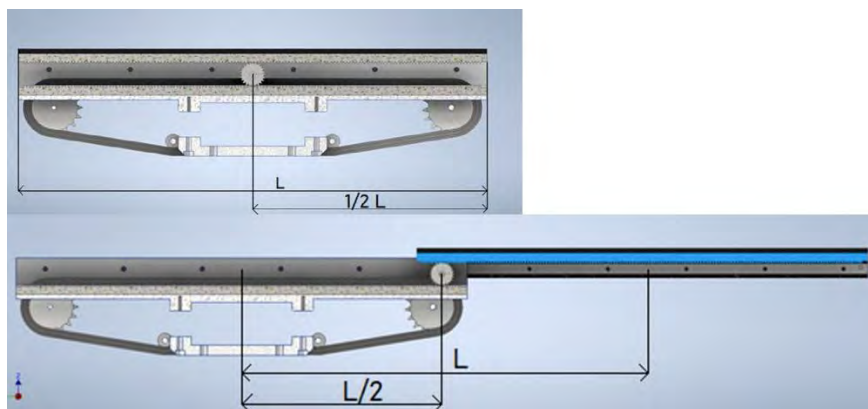
Figuur 6.29 De bovenplaat (1), onderplaat (2), spindel (3) en omloopmoer behuizing (4) bevestigd aan de aluminium ligger.

Het ontwerp is een conceptstelsel voor kratten pakken en plaatsen. Door de complexiteit van deze subassemblage en de gelimiteerde beschikbare tijd voor het ontwerpen is er ruimte voor verbetering aan het ontwerp. De afstand tussen het platform en de staanders van de stellingen is krap ontworpen (zie *Figuur 6.30*). Er bevindt zich 7 mm speling aan beide zijden tussen het platform en de stelling. Het is van belang dat er met nader onderzoek en conceptfasen een concept wordt uitgewerkt dat rekening houdt met een minimale afstand tussen de stellingen en het platform.



Figuur 6.30 De afstand tussen de stellingen en platform is 7 mm. Dit is naar verwachting een te kleine speling.

Om het uitschuivende platform volledig onder de krat te kunnen plaatsen bij beide stellingen wordt er gebruik gemaakt van een tandwiel en dubbele heugel aandrijving. De aandrijving is weergegeven in *Figuur 6.31* in rustpositie(boven) en uiterste positie(onder).



Figuur 6.31 De aandrijving van het uitschuivend platform.

Bij het tandwiel-heugel systeem wordt het lopende tandwiel aangedreven aan een as. Het tandwiel loopt over de onderste tandheugel heen met één keer de horizontale snelheid in de bewegingsrichting. Tijdens deze beweging wordt de tandheugel aan de bovenzijde aangedreven door dit roterende en translerende tandwiel. De bovenste tandheugel beweegt met één keer de horizontale snelheid ten opzichte van het tandwiel. Doordat het tandwiel meebeweegt, is de translatie van de tandheugels ten opzichte van elkaar twee keer de horizontale snelheid van het lopende tandwiel ten opzichte van een van de tandheugels. Met deze aandrijving kan het uitschuivende platform twee keer de afstand afleggen ten opzichte van het tandwiel (zie *Figuur 6.31*). Met deze aandrijving wordt er gerealiseerd dat het platform de volledige lengte aan beide kanten kan uitschuiven. Het tandwiel is gefixeerd aan een as waarvan beide uiteinden bevestigd zijn aan een ketting met glijlagers. De kettingen worden recht geleid door lineaire ketting geleiders om te voorkomen dat het tandwiel van de tandheugel afloopt. Een elektromotor drijft de kettingen aan met een tandwiel.

Spindel

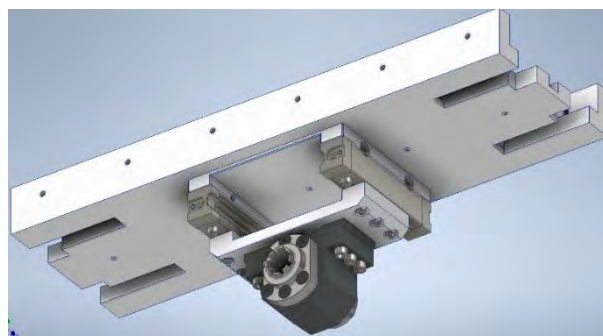
Het platform verplaatst zich over de ligger met een spindelaandrijving. De spindel (gelabeld met 3 in *Figuur 6.29*) wordt onder de ligger geplaatst om ruimte te besparen en wordt zwevend – gefixeerd in lagers bevestigd (zie *Bijlage XIII* voor uitleg). Met een servomotor wordt de spindel aangedreven waarbij het platform een maximale snelheid van $v = 1 \text{ m/s}$ kan behalen. De spindel wordt bepaald met de keuzetool die omschreven is in *Bijlage XIII*. De gekozen spindel heeft de specificaties en bijbehorende componenten gegeven in *Tabel 6.14*.

Tabel 6.14 Specificaties van de spindel en omloopmoer (HIWIN, sd).

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Spindel	Type spindel	Gedraaid	—
	Diameter	20	mm
	Spoed	20	mm
	Maximale omwentelsnelheid	900	min^{-1}
	Materiaal	Rvs	—
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer	R20-20K2-DEB-N	—
	Leverancier	HIWIN	—

Omloopmoer (gelabeld met 4 in <i>Figuur 6.29</i>)	Type omloopmoer	Met flens	—
	Interne diameter	20	mm
	Spoed	20	mm
	Type veger	F (absorbeert vocht en houdt stof en viezigheid buiten de kogellagers)	—
	Materiaal	Rvs	—
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer	R20-20K2-DEB-F	—
	Leverancier	HIWIN	—

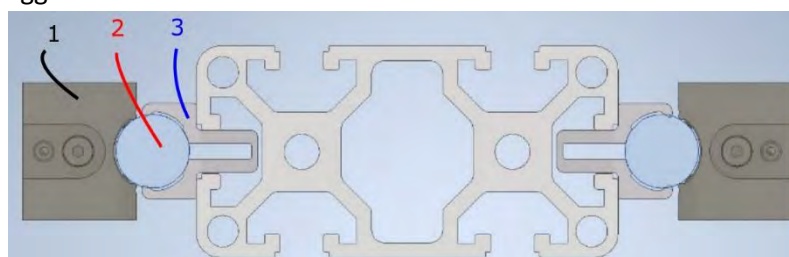
De omloopmoer wordt met een gefreesd aluminium blok bevestigd aan het platform met daartussen de kogelbussen voor recht geleiding op de ligger, zie *Figuur 6.32*.



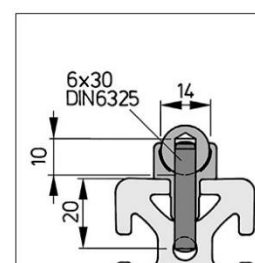
Figuur 6.32 Bevestiging van de omloopmoer en kogelbussen aan het platform.

Recht geleiding op de ligger

De beweging van het platform op de ligger wordt recht geleid met behulp van twee assen die bevestigd worden aan de ligger met klemprofielen. In *Figuur 6.33* is een doorsnede van de ligger te zien met de klemprofielen (3) die de assen (2) bevestigen aan de ligger.



Figuur 6.33 De figuur illustreert de doorsnede van de ligger. De kogel bussen(1) glijden over de assen(2) en zijn niet in contact met het hele oppervlak van de assen. De assen worden bevestigd aan de ligger met aluminium klemprofielen(3).

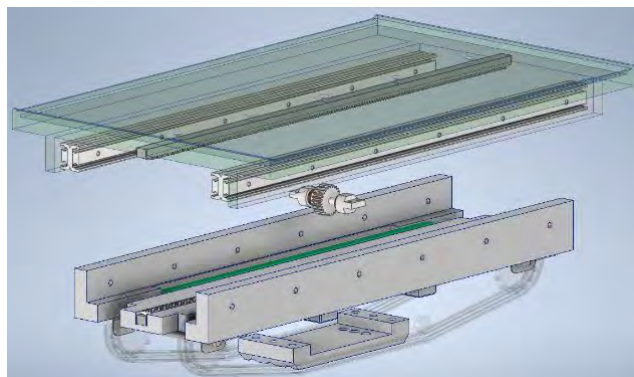


Figuur 6.34 Het klemprofiel en de as wordt bevestigd aan de ligger met een pin om schuiven in de sleuf te voorkomen (Item24).

De kogelbussen (1) zijn behuizingen met kogellagers erin die in contact staan met de as. Het platform en de spindelaandrijving zijn bevestigd aan de kogelbussen. De beweging van assen (en klemprofielen) in radiale richting wordt gefixeerd met behulp van een DIN 6325 pin, zie *Figuur 6.34*.

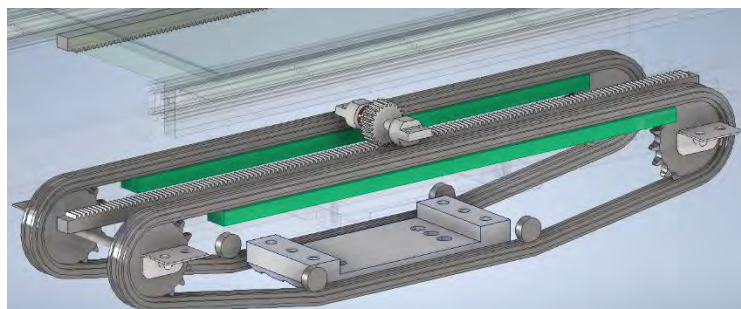
Aluminium platform delen

Het platform bestaat uit twee platen. De onderste plaat (gelabeld met 2 in *Figuur 6.29*) met alle mechaniek is bevestigd aan de omloopmoer van de spindel met behulp van een moerbeuizing. De bovenste plaat (gelabeld met 1 in *Figuur 6.29*) wordt aangedreven en dient als het platform waar de krat op rust. Beide platen worden met een freesbewerking uit aluminium vervaardigd. De bovenste plaat beschikt over randen waardoor de krat gegarandeerd uit de stelling getrokken wordt en dat de krat op het plateau blijft staan. De randen verzekeren dat de krat niet van het platform schuift en valt.



Figuur 6.35 geëxplodeerde view van de assemblage met mechaniek.

De onderste plaat biedt bevestiging van de tandheugel, tandwielen voor het kettingsysteem, ketting recht geleiders, de omloopmoer en de telescopische rails (zie *Figuur 6.35*). Aan de onderzijde wordt het aluminium blok bevestigd aan kogelbussen voor de recht geleiding op de ligger (zie *Figuur 6.32*). De gekozen tandheugel en tandwielen zijn gebaseerd op de beschikbare ruimte en krachten die werken bij het verplaatsen van een platform massa van $m_{platform} = 50 \text{ kg}$. De berekeningen staan in *Bijlage XIII*. De gekozen componenten zijn te vinden in de onderste *Tabel 6.15*. Het tandwiel wordt bevestigd aan een as. De as wordt gemonteerd op een ketting en wordt daarmee aangedreven.



Figuur 6.36 De aandrijfcomponenten van het lopende tandwiel bestaan uit twee kettingaandrijvingen die verbonden zijn met de as van het tandwiel. De ketting wordt onder de ligger geleid met twee geleidingswielen die tevens ook de ketting opspannen.

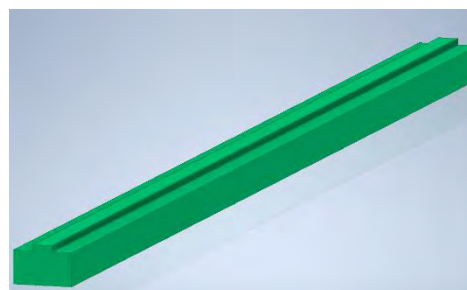
*Tabel 6.15 Specificaties van het tandwiel en de tandheugels
1. (Maedler, sd), 2. (Maedler, sd).*

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Tandheugel¹	Type tandheugel	Module 1	—
	Materiaal	Rvs AISI 303	—
	Aantal	2	Stuks
	Productnummer	22499605	—
	Leverancier	Maedler	—
Tandwiel²	Type tandwiel	Module 1	—
	Interne diameter	6	mm
	Materiaal	Rvs AISI 303	—
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer	21499024	—
	Leverancier	Maedler	—

De as van het tandwiel wordt bevestigd aan een kettingschakel met flens, zie *Figuur 6.37*. De kettingschakel is bepaald met de Maedler-datasheet (Maedler) voor kettingkeuze. De ketting is in *Bijlage XIII* bepaald met berekeningen en heeft als resultaat de ketting DIN ISO 06B 9.525x5.72. In het midden van de onder- en bovenplaat worden twee banen gefreesd voor de tandheugel. In de gefreesde sleuven naast de tandheugelbaan worden kettinggeleiders geplaatst zodat de ketting zo laag mogelijk, en op de juiste hoogte van het lopende tandwiel ligt. Hierdoor kunnen de platen dicht bij elkaar geplaatst worden en kan het platform bij de laagste kratten komen. De kettinggeleiders zorgen ervoor dat de ketting op de juiste hoogte zit ten opzichte van het tandheugelsysteem en dat de ketting recht geleid wordt. Daarnaast zorgt de ketting geleider er ook voor dat het aangedreven tandwiel in een rechte baan blijft lopen. Dit voorkomt dat het tandwiel van de heugelbaan afloopt.



Figuur 6.37 DIN ISO 06B 9.525x5.72 met schakels die gebogen plaatjes hebben waar de as aan gemonteerd wordt.



Figuur 6.38 De recht geleider voor de ketting wordt gebruikt om het aangedreven tandwiel in een rechte lijn te houden.

Tabel 6.16 Specificaties van de ketting en recht geleider (Maedler).

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Ketting	Type ketting	DIN ISO 06B 9.525x5.72	—
	Toevoegingen	K2 schakels met gebogen flens	—
	Materiaal	Speciaal kettingstaal	—
	Aantal kettingen	2	Stuks
	Productnummer	10100021	—
	Leverancier	Maedler	—
Ketting recht geleider	Type geleider	06 B-1	—
	Materiaal	Ultra-hoog-moleculair polyethyleen PE-UHMW	—
	Aantal	2	Stuks
	Productnummer	14100100	—
	Leverancier	Maedler	—

Om de tandheugels parallel en op dezelfde afstand van elkaar te houden worden de twee platformen aan elkaar verbonden met lineaire recht geleiders. De lineaire geleiding wordt voorzien door twee telescopische rails omdat het platform beide kanten uit moet kunnen schuiven. De rails zijn te zien in *Figuur 6.39*. Het platform moet minimaal 91.1% uitschuiven bij een lengte van $L = 450 \text{ mm}$ om de kratten te kunnen pakken met een extra marge van 10 mm . Er wordt daarom gekozen voor telescopische rails die 100% kunnen verlengen vanuit rustpositie. De rails bestaat uit 3 componenten met een dubbele telescopische werking. Hierdoor kan de rail 100% uitschuiven in beide richtingen. Daarnaast moeten de rails zo klein mogelijk zijn om het platform compact te maken.



Figuur 6.39 De telescopische rails bestaan uit drie onderdelen, waardoor de extensie meer dan 100% behaald kan worden (Rollon GmbH, sd).

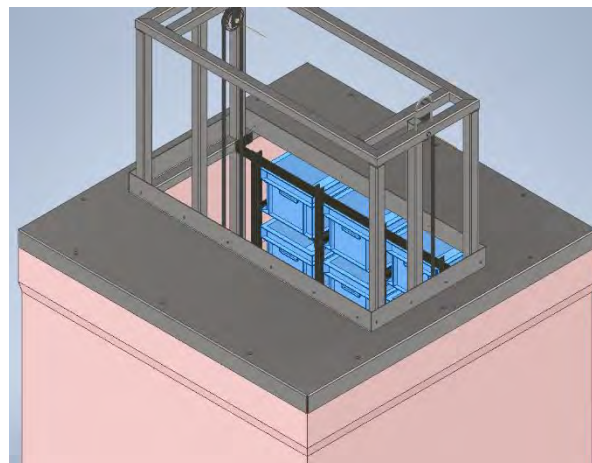
De volgende specificaties zijn van de gekozen rails voor de recht geleiding, zie *Tabel 6.17*.

Tabel 6.17 Specificaties van de geleider rails (Rollon GmbH, sd).

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Recht geleiding rails	Type rails	Telescopisch	—
	Lengte	450	mm
	Breedte	22	mm
	Maximale belasting (beide rails samen)	1348	N
	Materiaal	Koolstofstaal, elektrolytisch verzinkt	—
	Aantal	2	Stuks
	Productnummer	DEF-22-450	—
	Leverancier	ROLLON	—

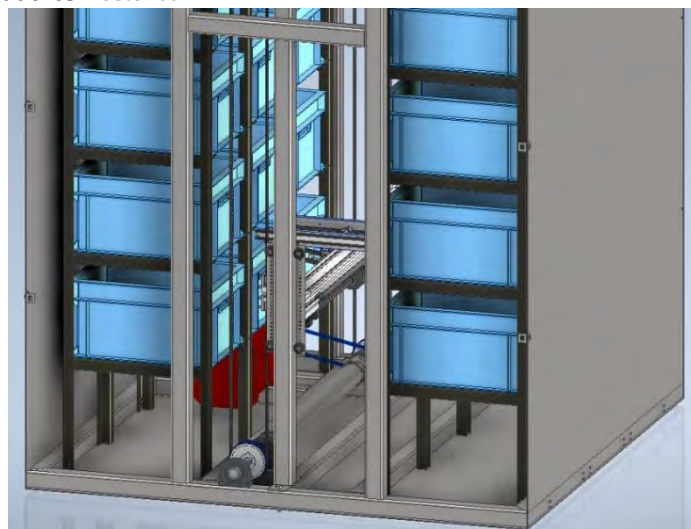
6.1.7 Bescherming tegen weersomstandigheden

Het is belangrijk dat de componenten en pakketten zoveel mogelijk beschermd worden tegen weersomstandigheden. De container wordt geplaatst in een betonnen bak. Het frame is voorzien van 1,5 mm staal Sendzimir beplating (Zie *Bijlage IX* voor verdere toelichting). De inhoud van de container wordt beschermd door het plaatwerk boven te plaatsen en te bevestigen aan de betonnen bak. De plaat loopt over de randen van het beton om ervoor te zorgen dat het water over de plaat stroomt en niet in een spleet terecht kan komen (zie *Figuur 6.40*).



Figuur 6.40 De Sendzimir plaat wordt boven de container geplaatst. De plaat wordt bevestigd aan het frame en de betonnen bak.

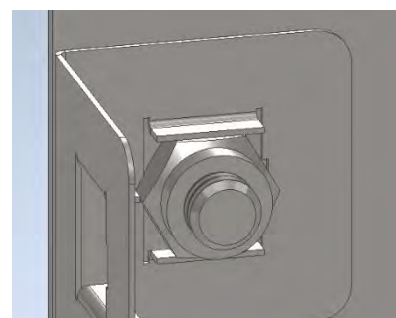
Het plaatwerk bestaat uit drie onderdelen. De hoofdplaat en twee lipjes worden met een lasverbinding aan elkaar verbonden. Deze lipjes worden gebruikt om de plaat te bevestigen aan het frame en om het plaatwerk van de behuizing bovengronds te bevestigen. De Sendzimir plaat wordt vastgezet met boutverbindingen aan de betonnen bak en het frame.



Figuur 6.41 De Sendzimir beplating wordt aan elke zijkant en onderkant geplaatst ter bescherming van viezigheid en regenwater. De platen worden aan elkaar bevestigd met hoekprofielen.

De inhoud van de opslag wordt aan de zijkanten en onderkant beschermd met plaatmateriaal. Aan elke zijde wordt er een Sendzimir plaat bevestigd om de inhoud te beschermen tegen viezigheid en regenwater. De platen zijn 1,5 mm dik en worden aan het frame bevestigd met boutverbindingen. De platen worden individueel bevestigd zodat er bij reparatie en onderhoud eenvoudig een plaat verwijderd kan worden om toegang te verkrijgen tot de inhoud van de opslag. Aan de onderzijde van de bak is er rekening gehouden met waterophoping. Elektrische componenten zitten op minimaal 50 mm hoogte ten opzichte van de bodem. Om het ophopende water te verwijderen moet er een waterpomp toegevoegd worden aan het ontwerp. Hiermee kan het inkomende water uit de constructie gepompt worden.

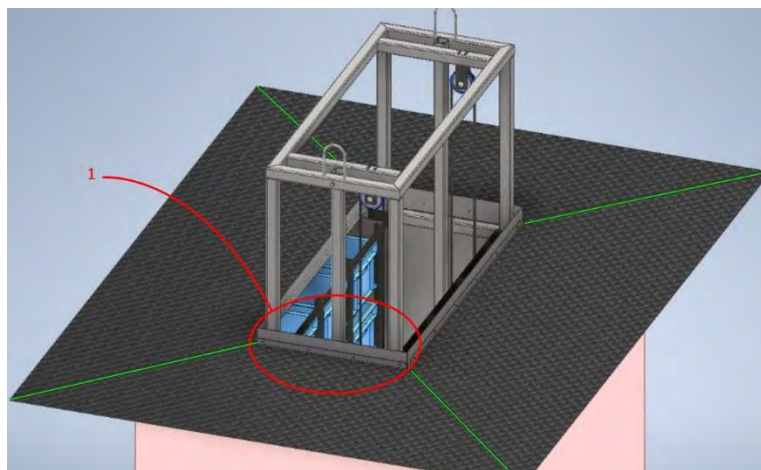
De platen worden bevestigd aan elkaar met hoekprofielen aan de binnenzijde van het de plaatbehuizing. Met speciale hoekprofielen kunnen de bouten en moeren vanaf de buitenkant losgedraaid worden. De lipjes in *Figuur 6.42* zorgen ervoor dat de moer vastgeklemd zit en dat de bout vanaf de buitenkant losgedraaid kan worden. Twee aangrenzende platen worden met vier hoekprofielen aan elkaar bevestigd.



Figuur 6.42 De moeren worden geklemd tussen twee lipjes waardoor de bout aan de buitenkant makkelijk losgedraaid kan worden.

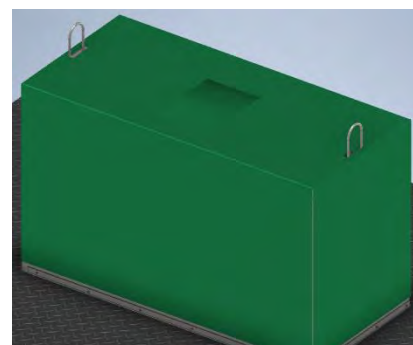
6.1.8 Voetgangersplatform

Boven op de componenten, die tegen wateroverlast geplaatst zijn, wordt er een voetgangersplatform geplaatst, die tevens ook extra bescherming biedt tegen regenwater. Het platform is gemaakt van een verzinkt constructiestaal tranenplaat. De plaat dient als het oppervlak waar de gebruiker op staat tijdens het bedienen van het pakketsysteem. Met het tranenreliëf wordt er een oppervlak verkregen dat gevaar van slippen wegneemt. Zo wordt het oplopen van verwondingen voorkomen. De plaat wordt vastgezet met boutverbindingen aan de lipjes van de onderliggende Sendzimir plaat tegen waterbescherming (zie gemarkeerde rode cirkel 1 in *Figuur 6.43*).



Figuur 6.43 De verzinkte tranenplaat wordt bevestigd met boutverbindingen(1) aan de onderliggende Sendzimir plaat. De groene naden zijn aan elkaar gelast, zodanig dat de hoek van elk vlak 1 graden is, met het hoogste punt tegen het frame aan.

Ter extra bescherming van (ophopend) regenwater wordt de plaat bewerkt zodat elk vlak onder een hoek van 1 graden komt te staan met het hoogste punt bij de bevestigingsplek. Deze hoek wordt toegepast op elk vlak van het voetgangersplatform zodat het regenwater van de plaat afstroomt. De groen gemarkeerde naden in *Figuur 6.43* worden uit een vlakke tranenplaat gesneden. Vervolgens worden de vier vlakken naar beneden gevouwen tot een hoek van 1 graden en vervolgens worden de vlakken bij de naden aan elkaar gelast.



Figuur 6.44 Het bovengrondse plaatwerk voor de laadbak.

6.1.9 Bovengrondse laadbak

De interface (zie *Figuur 6.44*) is versimpeld ontworpen met de belangrijkste functionaliteiten. De uitstraling en vormgeving wordt bepaald door OWM B.V. in later stadia van het ontwerp. De bovengrondse interface bestaat uit stalen plaatwerk met een dikte van $d = 3 \text{ mm}$ over de opening van de opslag heen. In het midden bevindt zich een gat op een hoogte van $h = 1200 \text{ mm}$ waar de pakketten in de krat geplaatst en gepakt kunnen worden. De randen van de opening sluiten aan op de binnen afmetingen van de krat. Hierdoor wordt er voorkomen dat een krat uit het systeem kan worden verwijderd door de gebruiker. Met een automatisch schuivend luik die onder een hoek staat voor waterafvoer wordt er voorkomen dat regenwater en eigendommen van de gebruiker in de opslag kan komen en dat er diefstal kan plaatsvinden, zie *Figuur 6.45*. Het plaatwerk wordt gemonteerd aan het frame en biedt ook gaten voor de hijslussen. Alle randen van het plaatwerk waar de gebruiker mee in contact kan komen hebben een radius van $r = 1.4 \text{ mm}$ om verwondingen te voorkomen.



Figuur 6.45 In het figuur is links de gesloten laadbak te zien tijdens transport en rust en rechts is de opening met krat te zien tijdens het pakken en plaatsen van een pakket.

6 Conclusie

In de analysefase van dit concept is de hoofdvraag “*Hoe wordt de mechaniek van een ondergrondse opslag voor bezorgpakketjes ontworpen die automatisch pakketjes ondergronds opslaat en geautomatiseerd het juiste pakket boven de grond, in bereik van de ontvanger brengt?*” opgesteld aan de hand van de opdrachtbeschrijving geleverd door OWM B.V. en de probleem- en productanalyse. De antwoorden op de deelvragen geven gezamenlijk antwoord op de hoofdvraag. Met behulp van literatuurstudies, marktonderzoek, materialenonderzoek en berekeningen binnen het ontwerptraject van 17 weken zijn er resultaten geformuleerd die de deelvragen en hoofdvraag beantwoorden.

Het ontwerponderzoek heeft van de ontwikkelde concepten met behulp van toetsing aan ontwerp- en succescriteria geleid tot het concept met de stellingen en de drie assen platformlift.

Met behulp van een literatuurstudie naar desbetreffende normen en marktonderzoek is er onderzocht dat afvalcontainers en de daar toebehorende betonbakken met een volume van 5 m^3 het meest toegepast worden. Het concept is daarom ontworpen op werktekeningen van een 5 m^3 betonbak, beschikbaar gesteld door Van Dijk Beton B.V. Uit de resultaten van het onderzoek naar de maximale pakketgrootte in de vorm van een steekproef is gebleken dat de pakketgrootten van $350\text{ mm} \times 250\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ ($L \times B \times H$) en kleiner de meest voorkomende afmetingen zijn.

Uit de resultaten van het materialenonderzoek is er voor de stellingen, het frame, de componenten voor waterbescherming en kleinere onderdelen bepaald wat de meest gunstige materialen zijn op basis van (galvanische) corrosiebestendigheid, sterkte, vervorming en kosten. De stellingen worden gemaakt van elektrolytisch verzinkt koolstofstaal AISI 1015 met een poedercoat laag, het frame, bestaande uit $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ ($L \times B \times d$) vierkante buisprofielen (van ISO 10799-2), wordt vervaardigd uit thermisch verzinkt koolstofstaal AISI 1015. De plaatstaal componenten voor waterbescherming worden gemaakt van Sendzimir plaatstaal.

Het ontwerponderzoek heeft vier concepten met elkaar vergeleken en het beste concept, *Concept 1: ● Stellingen met een drie-assen lineaire platformlift*, op basis van succescriteria bepaald. Met een verticaal transporterende ligger die tot op een ergonomische hoogte van $h = 1200\text{ mm}$ boven de grond komt kunnen gebruikers het pakket plaatsen in de Euronorm krat. De verplaatsing van de ligger wordt gerealiseerd met twee tandriemen en een elektromotor die de tandriemen aandrijft. De kratten worden van onderen gepakt en geplaatst met een platform dat zich tussen de twee stellingen met elk 24 opbergplaatsen in bevindt. Het platform kan horizontaal over de ligger transporteren met een spindelaandrijving. Dit platform bestaat uit twee platen en is bevestigd met de onderste plaat aan de ligger en de spindel. Het platform heeft een uitschuifmechanisme, aangedreven door een lopend tandwiel en twee tandheugels op de twee platen, waarbij de uitschuivende plaat 91.1% van de lengte in beide richtingen van de stellingen kan bewegen om onder de kratten te komen.

8 Advies

Met het materiaalonderzoek wordt er geadviseerd om het frame samen te stellen met standaard vierkante buisprofielen, beschreven in de ISO 10799-2 norm. Er wordt geadviseerd om een vierkant profiel te kiezen boven een rechthoekig profiel. Hierdoor hoeft er geen rekening met de axiale oriëntatie van de rechthoekige buis gehouden te worden. De profielen worden gemaakt van constructiestaal en zijn daarom niet resistent tegen corrosie. Door het oppervlak van het frame na het assembleren thermisch te verzinken kan er een corrosiebestendige oppervlaktelaag verkregen worden door de zink-ijzer legering en de zinklaag aan het oppervlak. Bij het ontwerpen van het frame moet er nader onderzoek gedaan worden naar de toleranties voor gat bewerkingen. De zinklaag slaat namelijk ook neer op de gaten en verkleint daardoor de diameter van de gaten. De buisprofielen kunnen aan elkaar gelast worden met MAG-lassen. Er wordt geadviseerd om de profielen eerst te voorzien van gat bewerkingen en vervolgens te assembleren door te lassen. Als het frame eenmaal geassembleerd is, kan de hele constructie thermisch verzinkt worden.

Voor de standers en de lip profielen van de stellingen wordt er juist geadviseerd om deze elektrolytisch te verzinken. Het dunne plaatmateriaal kan niet thermisch verzinkt worden zonder te voorkomen dat deze componenten verbuigen en kromtrekken door de temperatuur en de kleine dikte van het plaatmateriaal. Nadat de stellingen elektrolytisch zijn verzinkt, kunnen ze door krassen nog steeds gevoelig worden voor corrosie. Er wordt daarom ook aangeraden om het oppervlak van een eventuele poedercoat laag te voorzien.

Het uitschuivende platform is een werkend conceptontwerp voor het pakken van de kratten. Door de beperkte tijd van 17 weken is het ontwerp zo eenvoudig mogelijk uitgewerkt wat geresulteerd heeft in nauwe tolerantie van 7 mm aan weerszijden tussen de stellingen en het platform. Naar inschatting moet er een vervolg ontwerp ontwikkeld worden op basis van het beschreven ontwerp in dit rapport. Er wordt geadviseerd om onderzoek te doen naar een dubbel telescopisch platform. Hierdoor kan het platform korter gemaakt worden en is er meer ruimte tussen de stellingen en het platform wat een kleiner klem en schuur gevaar oplevert.

De berekeningen en simulaties van doorbuiging zijn in deze conceptfase met simplistische weergaven van de realiteit uitgevoerd. Voor de dimensionering van het totale ontwerp heeft dit gefunctioneerd als fundering om op te ontwerpen. Voor verder onderzoek moet de kritische onderdelen, zoals motoren en overbrengingen nog goed gedimensioneerd worden. De berekeningen met betrekking tot belastingen moeten gecontroleerd worden en gedetailleerder uitgevoerd worden om een realistischer beeld te krijgen van de daadwerkelijke krachten die spelen.

Tot slot wordt er sterk geadviseerd om nader onderzoek te doen naar het ontwerp beschermen tegen regenwater. Nadrukkelijk wordt er geadviseerd om het ontwerp te voorzien van een waterpomp, -afvoer en een water opvangend reservoir aan de onderzijde. Hiermee kan er voorkomen worden dat water zich ophoopt in de ondergrondse opslag en dat pakketjes waterschade oplopen.

9 Competenties

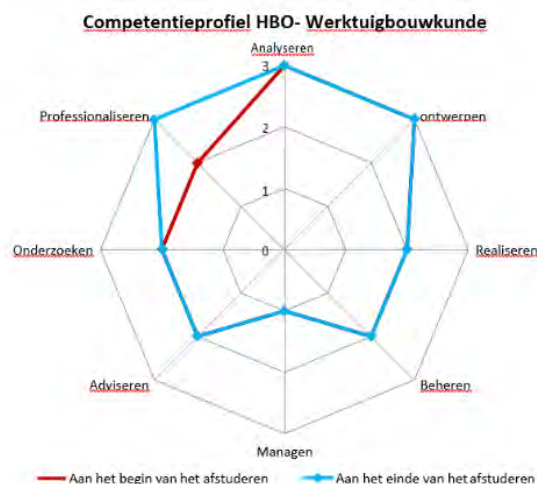
De werkzaamheden die binnen de opdracht zijn uitgevoerd zijn te koppelen aan het voorgeschreven profiel van het domein Engineering. Bij de laatste fase van de Bachelor Werktuigbouwkunde aan De Haagse Hogeschool Delft is er vereist dat de student voldoet aan het profiel dat weergegeven is in *Figuur 9.1* aan het einde van het afstuderen.

De opdracht is uitgevoerd met het doel om de competentie Professionaliseren van niveau 2 naar niveau 3 te brengen. Daarnaast wordt er aangetoond dat de student de competenties Analyseren en Ontwerpen op niveau 3 door de werkzaamheden te verantwoorden per (deel)competentie.

De competentie Adviseren is door de student zelf van niveau 2 naar niveau 3 gebracht. De competentie Adviseren moet minimaal op niveau 2 behaald zijn aan het eind van de bachelor. De adviezen die meegegeven worden aan het bedrijf zijn volledig zelfstandig opgesteld met een zelfstandig onderzoek. Deze prestatie heeft dan ook een hogere bewijslast (van niveau 3) dan voorgeschreven staat in het competentieprofiel (niveau 2) van de Bachelor Werktuigbouwkunde.

De beheersing van het competentieniveau wordt aangetoond door per deelcompetentie naar de werkzaamheden te verwijzen binnen de context van dit verslag. In *Tabel 9.1* wordt de beknopte competentieverantwoording weergegeven. In *Bijlage IV* is de volledige competentieverantwoording weergegeven. In deze bijlage is er bij elke deelcompetentie de situatie concreter geschetst met behulp van de STARR-methode.

Tabel 9.1 De deelcompetenties van de kerncompetenties Analyseren (niveau 3), Ontwerpen (niveau 3), Adviseren (niveau 3) en Professionaliseren (niveau 3) uit de Bachelor of Engineering voor de bachelor Werktuigbouwkunde aan De Haagse Hogeschool Delft worden aangetoond met behulp van verwijzingen naar de werkzaamheden in context van de opdracht en de documentatie in dit verslag.



Figuur 9.1 Het Competentieprofiel(BoKS) van de Bachelor Werktuigbouwkunde na het afstuderen (Leeuwen, sd).

Deelcompetentie	Beschrijving	Bewijslast
	Analyseren niveau 3	
1a	Zelfstandig selecteren van relevante complexe en onbekende aspecten uit een ongestructureerde context met betrekking tot de complexe vraagstelling	Uit de beknopte opdrachtomschrijving geleverd door de begeleider is er zelfstandig een vraagstelling geformuleerd in de vorm van hoofdvragen en deelvragen, zie H3.2. <i>Hoofdvragen & deelvragen</i> .
1b	Zelfstandig aangeven wat de mogelijke invloed is op complexe en onbekende bedrijfseconomische, maatschappelijke en vakgebied gerelateerde aspecten in een multidisciplinaire context	In het marktonderzoek in <i>bijlage IX</i> wordt er aangegeven dat er een aantal concurrenten op de markt zijn waar het bedrijf rekening mee kan houden. De invloed van het ontwerp kan op maatschappelijk niveau een groot deel bijdragen aan de grote hoeveelheid CO2 uitstoot van de e-commerce logistiek (zie H2.2.4 <i>Waarom</i>).

1c	Zelfstandig formuleren van een heldere probleemstelling, doelstelling en opdracht aan de hand van onbekende, complexe en ongestructureerde wensen van de klant in een multidisciplinaire context	In H2.2 is de huidige situatie met de problemen in kaart gebracht met een 5W2H-analyse. In H2.3 en H2.4 zijn respectievelijk de probleemstelling en doelstelling geformuleerd uit de probleemanalyse (H2.2) en opdracht (H2.1). De opdracht is afgebakend in H2.5 en de deliverables zijn bepaald in H2.6.
1d	Zelfstandig opstellen van een programma van (onbekende en complexe technische & niet technische) eisen in een multidisciplinaire context en dit vast kunnen leggen	In <i>bijlage VI</i> is een overzicht van de eisen en wensen geplaatst. Deze eisen zijn opgesteld met eisen van de opdrachtgever, klantwensen, literatuurstudies en criteria die van belang zijn bij het ontwerpen. Zwaarwegende eisen worden meegeteld als succescriteria in H5.1.1.
1e	Zelfstandig modelleren van een bestaand onbekend(e) en complex(e) product, proces of dienst in een multidisciplinaire context	Van het gekozen concept zijn er met berekeningen, materiaalonderzoek en dimensionering (respectievelijk in <i>bijlage XIII</i> en <i>Bijlage XII</i>) componenten ontworpen. Met het CAD-programma Autodesk Inventor 2020 zijn deze gemodelleerde componenten tot stand gekomen. Alle gemodelleerde onderdelen zijn in H6.1.1 tot en met H6.1.9 toegelicht met illustratie van het component/subassemblage.
Ontwerpen niveau 3		
2a	Zelfstandig in staat zijn om vanuit de opgestelde eisen een onbekende en complexe concept-oplossing (architectuur) te bedenken en te kiezen in een multidisciplinaire context	Met de opgestelde eisen is er een morfologisch overzicht opgesteld in H5.2. Met het morfologisch overzicht zijn er vier concepten ontwikkeld (H5.3). De concepten zijn getoetst aan de ontwerpcriteria (<i>bijlage VIII</i>). De acceptabele concepten die voldoen aan alle eisen zijn vervolgens getoetst aan de succescriteria in H5.1.1 om het beste concept te bepalen.
2b	Maken van gedetailleerde complexe ontwerpen aan de hand van de gekozen onbekende en complexe en concept-oplossing (architectuur) in een multidisciplinaire context	In het morfologisch overzicht in H5.2 zijn de concepten gekozen aan de hand van de deelfuncties (bepaald in <i>bijlage V</i>) en de hiervoor bedachte deeloplossingen. Vanuit de deeloplossingen zijn er meerdere concepten samengesteld tot complexe ontwerpen in H5.3.
2c	Zelfstandig rekening kunnen houden met de onbekende en complexe maakbaarheid en testbaarheid van het ontwerp in een multidisciplinaire context	In <i>bijlage XII</i> en <i>Bijlage XIII</i> zijn er respectievelijk materiaalonderzoeken en berekeningen voor de componenten gedaan. Verbindingstechnieken en milieuumstandigheden zijn meegenomen bij de maakbaarheid en testbaarheid van de onderdelen in H6.
2d	Het zelfstandig verifiëren van het complexe ontwerp aan de hand van het complexe programma van eisen in multidisciplinaire context	De ontwikkelde ontwerpen worden getoetst aan het PvE&W (zie <i>Bijlage VI</i>) om te controleren dat het ontwerp voldoet aan alle eisen in <i>bijlage VI</i> . Alleen de concepten die aan alle eisen voldoen worden verder uitgewerkt en getoetst aan de succescriteria in H5.1.1.
2e	Zelfstandig selecteren van de juiste onbekende en complexe ontwerp-hulpmiddelen in een multidisciplinaire context	Het CAD-programma Autodesk Inventor 2020, CES Edupack, frame generator, stress analysis zijn door de student beschouwd als benodigde ontwerp-middelen en komen terug in het verslag als illustraties van de gemodelleerde onderdelen (H6) als deel van het materiaalonderzoek in <i>Bijlage XII</i> .
2f	Zelfstandig opstellen van de documentatie ten behoeve van het complexe product, de complexe dienst of het complexe proces in een onbekende of multidisciplinaire context	Het uiteindelijke concept is in H6 gedocumenteerd. Waar nodig is er een verwijzing naar bijlagen voor berekeningen, materiaalbepalingen of uitgebreide selectieprocedure. De componenten die ingekocht worden zijn voorzien van info over het serienummer, fabrikant, afmetingen en materiaal.
Adviseren niveau 3		
6a	Zich zelfstandig inleven in de onbekende en complexe positie van de (interne of externe) klant in een multidisciplinaire omgeving	Ergonomie voor bezorgers bij vaak inladen van pakketten en een comfortabele opleghoogte voor rolstoelgebruikers is door de student ingeschat als een meewegende factor bij het ontwerpen (zie H4.4). Daarnaast heeft de student zelf ook rekening gehouden met de waterlast die in de buitenomgeving aanwezig kan zijn (H6.1.7 & <i>Bijlage IX</i>).
6b	Zelfstandig verhelderen van de onbekende en complexe behoefte van de opdrachtgever in een multidisciplinaire omgeving	Zelfstandig voorstellen en ideeën opperen aan de opdrachtgever met uitleg waarom dit van belang kan zijn. Eisen in het PvE (zie <i>Bijlage VI</i>) zijn hierdoor tot stand gekomen samen met een materiaalonderzoek.

6c	Zelfstandig in overleg met relevante partijen de onbekende en complexe klantbehoefte vertalen naar technisch & economisch haalbare oplossingen in een multidisciplinaire omgeving	Er is onderzoek gedaan en contact gelegd met betonbak fabrikanten voor toekomstige samenwerking/recycling van betonbakken. Als resultaat is er informatie beschikbaar gesteld door Van Dijk Beton B.V. (zie <i>Bijlage X</i>).
6d	Zelfstandig kunnen onderbouwen van een onbekend en complex advies en de klant hiervan overtuigen in een multidisciplinaire omgeving	Er is op basis van de resultaten van het ontwerp onderzoek een advies geformuleerd voor de opdrachtgever (zie <i>H8</i>). Dit advies wordt op meerdere vlakken gegeven. Het advies betreft materiaaladviezen, ontwerpadviezen en advies naar de volgende stappen die ondernomen kunnen worden.
6e	Zelfstandig onbekende en complexe relaties met klanten op een adequate wijze onderhouden in een multidisciplinaire context	Het contact is zelf opgezet met Van Dijk Beton B.V. om informatie in te winnen over het bedrijf en mogelijke toekomstige samenwerking (Zie <i>H4.2.1 Betonbak & Bijlage X</i>). Daarnaast is er ook contact gelegd met een aantal andere betonfabrikanten om daar informatie over in te winnen en gegevens te verzamelen voor verder onderzoek. De resultaten van dit contact en onderzoek bevinden zich in ook in <i>H4.2.1 Betonbak</i> .
Professionaliseren niveau 3		
8a	Op zelfstandige wijze een onbekend en complex leerdoel en leerstrategie bepalen en uitvoeren in een multidisciplinaire context en het resultaat terugkoppelen naar het leerdoel	Het leerdoel is in het Plan van Aanpak als eerste versie geformuleerd. Het leerdoel bevindt zich in <i>H2.4</i> . De leerstrategie is met een planning (<i>Bijlage XVI</i>) en binnen het theoretisch kader & methode beschreven in <i>Bijlage III</i> .
8b	Zich zelfstandig flexibel opstellen in uiteenlopende onbekende en complexe beroepssituaties in een multidisciplinaire context	Tijdens de COVID-19 pandemie heeft flexibiliteit een grote rol gespeeld met verschaffing van kantoorruimten. Er is voornamelijk thuis gewerkt door wisselende COVID-19 situaties en beperkte kantoorruimte. Ook is er naast de hoofdpdracht een octrooi onderzoek gedaan naar de geannuleerde opdracht over het ontwerpen van een AGV-robot. Het octrooi onderzoek bevindt zich in <i>Bijlage XV</i> .
8c	Bij onbekende en complexe beroepsmatige en ethische dilemma's een afweging maken en een besluit nemen, rekening houdend met geaccepteerde normen en waarden in een multidisciplinaire context	Er is een onderzoek gedaan naar comfortabele opleghoogte om het product ook voor invaliden geschikt te maken. De opdrachtgever heeft daarnaast verzocht om een octrooi onderzoek van de geannuleerde opdracht in week 9 te starten en binnen een dag af te ronden. De student heeft de met een afweging besloten om zich te focussen op de huidige opdracht en in later stadium het octrooi onderzoek te doen. De opdrachtgever is akkoord gegaan en het octrooi onderzoek is verplaatst naar wens van de student.
8d	Op constructieve wijze zelfstandig onbekende en complexe feedback kunnen geven en ontvangen, zowel op gedrag als inhoud in een multidisciplinaire context	Er is wekelijks een vergadering gehouden om de voortgang van de student bij te houden. De student formuleert van tevoren zelfstandig vragen en levert feedback over het geleverde werk. De begeleider geeft feedback over het werk en dat wordt verwerkt in het onderzoek.
8e	Zelfstandig kunnen reflecteren op eigen onbekende en complexe handelen, denken en resultaten in een multidisciplinaire context	Het gegeven advies is gebaseerd op een zelfreflectie die uit de geleverde resultaten voortkomt. De resultaten zijn kritisch geanalyseerd. Vervolgens is er gekeken naar belangrijke aspecten die voor het bedrijf belangrijk zijn om mee te wegen bij het volgend onderzoek.
8f	Zelfstandig kunnen gebruiken van diverse onbekende en complexe communicatievormen en -middelen om effectief te kunnen communiceren in het Nederlands en Engels in een multidisciplinaire context	Binnen het moederbedrijf van OW Machinebouw B.V. is er met andere zusterbedrijven contact gelegd en kennisgemaakt. Voor het pakketonderzoek in <i>H4.3 Pakketformaat</i> is er contact gelegd met onbekenden om metingen te doen aan e-commerce verpakkingen. Er is gecommuniceerd met begeleiders en collegae, zowel op formele als sociale wijze. Hierbij is er ervaring opgedaan met vakinhoudelijke conversaties en sociaal mengen met het bedrijf.

Bijlage 0. Figuren- en tabellenlijst

Figurenlijst

Figuur 2.1 afvalcontainer met ondergrondse laadbak (Waste Vision, sd).....	2
Figuur 2.2 Het eerste idee van OWM B.V. voor het concept (Hoog, 2021).....	2
Figuur 2.3 SDG Doel 13 Klimaatactie, een van de 17 doelen om wereldwijd de leefomstandigheden te verbeteren voor zowel de mens maar ook de natuur (SDG Nederland, 2015).	4
Figuur 3.1 Functieboom met de hoofdfunctie en de vervullende deelfuncties.	7
Figuur 4.1 Gebruikelijke ondergrondse afvalsystemen bestaan doorgaans uit (1)bovengrondse stortbak, (2)ondergrondse container en (3)een betonbak (Waste Vision, sd).	8
Figuur 4.2 De afmetingen van de verpakking zoals deze gehanteerd is in de steekproef (Berekenen.info, sd).....	10
Figuur 4.3 De metingen van de steekproeven voor elke dimensie per stappen van 50 mm gegroepeerd. De groen gekleurde staven indiceren de bepaalde afmeting als resultaat. (Dozen.nl, sd), (Kortpack, sd), (Pelikaan verpakkingen, sd), (Rajapack, sd), (Rd4 Bedrijvenservice, sd), (Variapack, sd) en (Youpack, sd).	11
Figuur 4.4 Een mens met een lengte van 1,80 m is naast de laadbak van de container geplaatst om vast te stellen hoever de man voorover moet buigen.	12
Figuur 4.5 De vier aangegeven zones in Tabel 4.5 van het torso buigen (NEN, 2008).	12
Figuur 5.1 Eenvoudig model van concept 1. Tussen de stellingen in bevindt zich een mechanisme dat op en neer transporteert om de kratten verticaal te verplaatsen.	16
Figuur 5.2 De pakketten worden geplaatst in kratten als opslageenheden om het hanteren van de pakketten universeel en betrouwbaarder te maken. Deze kratten worden geplaatst in de stellingen op hoekprofielen.....	16
Figuur 5.3 Het uitschuifprincipe met het tandwiel en heugelsysteem. De bovenplaat (doorzichtig) is bevestigd aan de onderplaat met lineaire telescopische rails. Het lopende tandwiel is via een as bevestigd aan kettingen die aangedreven worden door een elektromotor.	16
Figuur 5.4 Het plaatmateriaal voor de waterbescherming wordt bevestigd aan de betonbak en vormt zich over de randen van de betonbak heen. Het voetgangersplatform (transparant) bedekt een groter oppervlak dan de waterbescherming en zorgt dat het meeste water er afstroomt.....	17
Figuur 5.5 De beschermende plaat ontgrendelt alleen als er een krat aanwezig is.....	17
Figuur 5.6 Eenvoudig model van concept 2. De stellingen zijn verwerkt in een verticaal draaibare carrousel.	18
Figuur 5.7. De bevestiging aan de loopbaan geleiding wordt met onderdeel dat uit twee pinnen in de loopbaan aan beide zijden geplaatst en één scharnierende pin aan de laden bestaat. Het onderdeel is omcirkeld in de figuur.	18
Figuur 5.8 Er zijn vier luiken die individueel open kunnen. Het luik wordt alleen voor één pakket tegelijk ontgrendeld.	18
Figuur 5.9 Schets van het concept waarbij de AGV tussen de stellingen in kan bewegen.....	19
Figuur 5.10 Bovenanzicht van de opslag. De witgekleurde vakken zijn tunnels waar de robot zich op en neer in kan bewegen. De groene vakken zijn de locaties waar de stellingen staan.....	19
Figuur 5.11 Schets van het concept. De stellingen, genummerd 1 t/m 12, kunnen elk bovengronds verplaatst worden.....	19
Figuur 6.1 Euronorm krat met handvaten (Korput Trading, sd).	22

Figuur 6.2 De Euronorm bakken zijn op elkaar afgestemd zodat ze gestapeld kunnen worden (Schiphorst, sd).....	22
Figuur 6.3 Het ontwerp van de stellingen aan één kant van de lift. Drie kolommen met elk acht kratten.	23
Figuur 6.4 De achterkant van de stelling. De flenzen van het hoekprofiel voorkomen dat een krat te ver naar achteren valt.	23
Figuur 6.5 Bovenaanzicht van één stelling met 12 van dezelfde hoekprofielen.	24
Figuur 6.6 Bovenaanzicht van één stelling met maar 8 profielen. Minder profielen assembleren resulteert in een toename van assemblagesnelheid.	24
Figuur 6.7 De kratten worden geplaatst op hoekprofielen(liggers) die bevestigd zijn aan de verticale hoekprofielen (staanders). Het gebogen uiteinde van het profiel voorkomt dat een krat uit de stelling kan schuiven.	25
Figuur 6.8 De speling tussen de krat en het profiel zorgt ervoor dat de krat makkelijk gepakt en geplaatst kan worden.	25
Figuur 6.9 Galvanische corrosie tussen aluminium en staal schematisch weergegeven waarbij (zure) regen als elektrolyt fungeert (Teasing, sd).	26
Figuur 6.10 afmetingen van de popnagel (DIN 7337A).	26
Figuur 6.11 het volledige frame met de vier staanders(1) en de hijslussen aan de bovenzijde(2).	27
Figuur 6.12 De gesimuleerde doorbuiging van de ligger waar de container mee wordt opgetild. De simulatie geeft een overdreven doorbuiging van de realiteit weer. De maximale doorbuiging met de simulatie is 0,170 mm bij een belasting van 1.25 kN.....	28
Figuur 6.13 De ligger wordt verplaatst met een tandriem. De katrollen zijn verbonden aan een as en worden aangedreven door een elektromotor door een kettingoverbrenging.	30
Figuur 6.14 De plaatsing van een doorlopende as(1) wordt geblokkeerd doordat de krat zich op de hoogte van de as moet bevinden.	30
Figuur 6.15 De klem bus(1) en de katrol(2) worden verbonden met elkaar met boutverbindingen die in de gaten gedraaid worden. De klem bus kan naast het klemmechanisme door het vastbouten ook bevestigd worden met een spieverbinding voor hogere koppelmomenten.....	31
Figuur 6.16 De katrollen zijn bevestigd op de korte rvs assen(1) tussen twee lagerhuizen. De korte assen zijn met elkaar verbonden door koppelingsas(2).	33
Figuur 6.17 De geassembleerde ligger zonder het platform dat de kratten pakt.	34
Figuur 6.18 De aluminium profielen zijn in verschillende standaard series verkrijgbaar met verschillende diktes, en afmetingen (Item24, sd).....	34
Figuur 6.19 De gesimuleerde doorbuiging van de PS4080-8 aluminium ligger in Autodesk Inventor 2020. De simulatie geeft aan dat de maximale doorbuiging 0,866 mm is.	34
Figuur 6.20 Het VLS dat gebruikt is voor de handberekening om de maximale doorbuiging van de ligger te bepalen. De balk is links scharnierend en rechts opgelegd (Hibbeler, 2013).....	35
Figuur 6.21 De doorbuigingssimulatie in Inventor gebruikt de gearceerde gaten als opgelegde bewegingsbeperkingen van de punten. Deze beperkingen zijn gefixeerd en limiteren de balk in elke vrijheidsgraden.	35
Figuur 6.22 De aluminium riemklemassemblage bestaat uit drie gefreesde onderdelen om de riem te bevestigen aan de ligger. De drie blokken zijn geassembleerd weergegeven met de tandriem geklemd op de twee uiteinden van de riem. De ge riem wordt bevestigd tussen een gefreesd aluminium blok(2) en de aluminium riemklem(1).	35

Figuur 6.23 De platen met wielen aan de uiteindes van de ligger zorgen ervoor dat de ligger alleen in de Z-richting kan bewegen door het loopvlak van de rvs-standers.....	36
Figuur 6.24 Voorkant en achterkant van de stalen plaat. De metalen plaat is ontworpen de constructie uit één plaat gevouwen kan worden.	36
Figuur 6.25 De stalen platen worden bevestigd met bouten op de kopse kant van de balk en de worden bevestigd met hoekprofielen op een aluminium blok van de riemklemmen.	36
Figuur 6.26 Schematische weergave van het contact bij een loopvlak met een helling van α , haaks op de bewegingsrichting van het wiel met een bolling en het wiel met een plat loopvlak.	37
Figuur 6.27 de gedraaide as met schroefdraad en Seegerring waarmee het wiel bevestigd wordt.....	37
Figuur 6.28 Het gekozen loopwiel met en lichtelijk bol lopend oppervlak (Blickle, sd).	37
Figuur 6.29 De bovenplaat (1), onderplaat (2), spindel (3) en omloopmoer behuizing (4) bevestigd aan de aluminium ligger.	38
Figuur 6.30 De afstand tussen de stellingen en platform is 7 mm. Dit is naar verwachting een te kleine speling.	38
Figuur 6.31 De aandrijving van het uitschuivend platform.	39
Figuur 6.32 Bevestiging van de omloopmoer en kogelbussen aan het platform.	40
Figuur 6.33 De figuur illustreert de doorsnede van de ligger. De kogel bussen(1) glijden over de assen(2) en zijn niet in contact met het hele oppervlak van de assen. De assen worden bevestigd aan de ligger met aluminium klemprofielen(3).....	40
Figuur 6.34 Het klemprofiel en de as wordt bevestigd aan de ligger met een pin om schuiven in de sleuf te voorkomen (Item24).....	40
Figuur 6.35 geëxplodeerde view van de assemblage met mechaniek.	41
Figuur 6.36 De aandrijfcomponenten van het lopende tandwiel bestaan uit twee kettingaandrijvingen die verbonden zijn met de as van het tandwiel. De ketting wordt onder de ligger geleid met twee geleidingswielen die tevens ook de ketting opspannen.	41
Figuur 6.37 DIN ISO 06B 9.525x5.72 met schakels die gebogen plaatjes hebben waar de as aan gemonteerd wordt.....	42
Figuur 6.38 De recht geleider voor de ketting wordt gebruikt om het aangedreven tandwiel in een rechte lijn te houden.	42
Figuur 6.39 De telescopische rails bestaan uit drie onderdelen, waardoor de extensie meer dan 100% behaald kan worden (Rollon GmbH, sd).	43
Figuur 6.40 De Sendzimir plaat wordt boven de container geplaatst. De plaat wordt bevestigd aan het frame en de betonbak.	44
Figuur 6.41 De Sendzimir beplating wordt aan elke zijkant en onderkant geplaatst ter bescherming van viezigheid en regenwater. De platen worden aan elkaar bevestigd met hoekprofielen.	44
Figuur 6.42 De moeren worden geklemd tussen twee lipjes waardoor de bout aan de buitenkant makkelijk losgedraaid kan worden.	44
Figuur 6.43 De verzinkte tranenplaat wordt bevestigd met boutverbindingen(1) aan de onderliggende Sendzimir plaat. De groene naden zijn aan elkaar gelast, zodanig dat de hoek van elk vlak 1 graden is, met het hoogste punt tegen het frame aan.	45
Figuur 6.44 Het bovengrondse plaatwerk voor de laadbak.....	45
Figuur 6.45 In het figuur is links de gesloten laadbak te zien tijdens transport en rust en rechts is de opening met krat te zien tijdens het pakken en plaatsen van een pakket.	45

Figuur 9.1 Het Competentieprofiel(BoKS) van de Bachelor Werktuigbouwkunde na het afstuderen (Leeuwen, sd).....	48
Figuur II.1 het organogram van het bedrijf.....	68
Figuur V.1 Het black box-model bij het opslaan van een pakketje.....	79
Figuur V.2 Functieboom met hoofdfuncties.....	79
Figuur V.3 De hulpfuncties worden weergegeven in een aparte functieboom.	80
Figuur V.4 Het functieblokschema bij het plaatsen van een pakket.	80
Figuur V.5 Het functieblokschema bij het opvragen van een pakket.	81
Figuur IX.1 Een pakketkluis van PostNL waar klanten hun pakket kunnen ophalen (Postnl, sd).	92
Figuur IX.2 Het proces van Sendzimir-plaatstaal produceren (Industriebouwen, sd).....	93
Figuur X.1 Het ontwerp is gebaseerd op de 5 m ³ betonbak van betonproducent Van Dijk B.V. In de werktekening zijn de dimensies genoteerd (Ouden, 2021).	95
Figuur XI.1 De metingen van de steekproeven voor elke dimensie zijn per stappen van 50 mm gegroepeerd. De groen gekleurde staven indiceren de bepaalde afmeting als resultaat.	99
Figuur XII.1 De materialen die door de selectie zijn gekomen voor de hoekprofielen (Granta Design Limited, 2019). In het figuur is te zien dat de rvs-staalsoorten(grijs) een breed variërende rekgrens hebben.	101
Figuur XII.2 De materialen die door de versoepelde selectie zijn gekomen voor de hoekprofielen (Granta Design Limited, 2019). In het figuur is te zien dat de koolstofstaalsoorten veel goedkoper zijn dan rvs-staalsoorten en aluminium. De rekgrens van de koolstofstalen zit in hetzelfde spectrum van de rvs-staalsoorten.	103
Figuur XII.3 Galvanische potentialen van aluminium en staalsoorten (Granta Design Limited, 2019). ...	104
Figuur XII.4 schematische weergave van de galvanische corrosie die optreedt bij aluminium en rvs 304 (Teasing, sd)).....	105
Figuur XII.5 Het VLS van de popnagel met de doorsnede rechtsboven geïllustreerd.	105
Figuur XII.6 Dimensies van de popnagel, zie Tabel XII.6.....	105
Figuur XIII.1 Het VLS van één staander die aan beide kanten belastingen ondervindt van kratten.	108
Figuur XIII.2 De lussen waarmee het frame wordt opgetild worden op de korte liggers bevestigd.	109
Figuur XIII.3 het VLS van de bovenkant van het frame.....	110
Figuur XIII.4 Het VLS van de hijs lus.	111
Figuur XIII.5 VLS van de ligger waar de hijs lus. De situatie in het VLS is ondersteboven weergegeven.	111
Figuur XIII.6 Doorsnede van het vierkante buisprofiel met afmetingen (ISO, 2011).....	113
Figuur XIII.7 Doorbuiging simulatie van het vierkante buisprofiel ISO 10799-2 als ligger in Autodesk Inventor 2020. De balk buigt 0,170 mm door bij een belasting van 1.25 kN.	114
Figuur XIII.8 De verschillende onderdelen van de lasapparatuur bij MAG-lassen (Kals, et al., 2011)	115
Figuur XIII.9 Links is de volledige krachtsituatie weergegeven van het katrolsysteem. Rechts is het VLS te zien van de aangedreven katrol.....	116
Figuur XIII.10 De elektromotor kan niet verbonden worden met een holle as aan de aangedreven as. Het platform kan dan niet meer bij de onderste kratten komen.....	117
Figuur XIII.11 De gekozen elektromotor heeft een uitgaande as uit een reductor van 25 mm met spieverbinding (SEW-Eurodrives, sd).	118
Figuur XIII.12 Specificaties van de elektromotor (SEW-Eurodrives, sd).	118
Figuur XIII.13 De symbolen die gebruikt worden met hun definities en de formules die gebruikt worden om de componenten te dimensioneren (Megadyne, 2020).....	119

Figuur XIII.14 Grafiek die gebruikt wordt om het profieltype te bepalen (Megadyne, 2020).....	120
Figuur XIII.15 De afmetingen van het AT5 profiel (Maedler).....	120
Figuur XIII.16 Bij het gekozen profiel is er een diameter gekozen van $D_p = 100,64$ mm (Maedler).	120
Figuur XIII.17 De formule die gebruikt wordt om de breedte van de riem te bepalen (Megadyne, 2020).	120
Figuur XIII.18 Het liftsysteem is er verticaal liftsysteem, daarom wordt de formule voor de belasting gebruikt voor verticale systemen.	121
Figuur XIII.19 Grafiek om de riembreedte te bepalen met de belastingkracht F_u en het gekozen riemprofiel (Megadyne, 2020)	121
Figuur XIII.20 De tandweerstand wordt bepaald met de omwentelsnelheid (Megadyne, 2020).	122
Figuur XIII.21 de veiligheidsfactor C_s is afhankelijk van de toepassing (Megadyne, 2020).....	122
Figuur XIII.22 De formule om het aantal tanden te bepalen die in contact staan met de katrol (Megadyne, 2020).	122
Figuur XIII.23 De voorspanning wordt bepaald met formules die kenmerkend zijn voor de soort applicatie (Megadyne, 2020).	123
Figuur XIII.24 Met deze formule wordt er gecontroleerd of de belasting de maximale belasting van de riem overschrijdt (Megadyne, 2020).	123
Figuur XIII.25 Een aantal eigenschappen van de AT5 riem bij verschillende riembreedtes (Megadyne, 2020).	123
Figuur XIII.26 DE formule om de rek te bepalen bij de belasting.	124
Figuur XIII.27 Riemprofiel AT5 (Maedler).	124
Figuur XIII.28 Aluminium klemprofiel voor een riem met AT5 profiel (Maedler).	124
Figuur XIII.29 Riem en riemklemmen bevestigd aan de ligger.	124
Figuur XIII.30 De tapslopende klem bus die bevestigd wordt op de assen (Maedler).	125
Figuur XIII.31 De katrol wordt bevestigd met bouten aan de klem bus (Maedler).	125
Figuur XIII.32 Aandrijving van de as met tandwielen en ketting. De tandwielen zijn bevestigd met een spieverbinding om het hoge koppel door te kunnen geven aan de aandrijfas.	126
Figuur XIII.33 Met een koppelingsas worden de twee korte rvs-assen met elkaar verbonden.	126
Figuur XIII.34 VLS aangedreven as en momentendiagram.	128
Figuur XIII.35 Bij de handberekening wordt er van een balk uitgegaan die aan de ene zijde scharnierend gefixeerd is en aan de andere zijde is opgelegd (Hibbeler, 2013).	129
Figuur XIII.36 De oriëntatie van de balk en kracht bepaald de doorbuiging doordat het oppervlaktetraagheidsmoment verschilt per buiging-as. Het oppervlaktetraagheidsmoment wordt berekend in de situatie dat de belasting een doorbuiging op de X-as veroorzaakt.	130
Figuur XIII.37 VLS van de ligger.	130
Figuur XIII.38 De loopwielen worden bevestigd aan een plaat die de gemonteerd wordt aan de ligger.	132
Figuur XIII.39 de vier loopwielen zorgen ervoor dat de as niet axiaal kan roteren en dat de balk alleen in verticale richting kan bewegen.	132
Figuur XIII.40 Het VLS voor de loopwielen met een belasting van $F_z = 255$ N bij een maximaal uitgeschoven platform.	132
Figuur XIII.41 Het uitschuifbaar platform, in geassembleerde toestand.	134
Figuur XIII.42 Met de HIWIN-spindelkeuze tool is er de optie om te kiezen uit een spindel met een enkelvoudige moer(links), dubbele moer(midden) en een aangedreven moer (rechts) (HIWIN, sd).....	134

Figuur XIII.43 een dubbele moer kan een voorspanning aanbrengen op de kogels zodat er minder speling is door loszittende kogels (Collins, 2015).	135
Figuur XIII.44 De spindel met aangegeven dimensies van Tabel XIII.18.	135
Figuur XIII.45 De EK15 lager fixeert de spindel in axiale en radiale richting (HIWIN, sd).	136
Figuur XIII.46 De EF15 fixeert de spindel alleen in radiale richting (HIWIN, sd).	136
Figuur XIII.47 De omloopmoer wordt bevestigd aan een behuizing. De behuizing wordt bevestigd aan de onderste plaat van het platform (HIWIN, sd).	137
Figuur XIII.48 Het klemprofiel wordt in de sleuf geplaatst en klem de as (Item24).	137
Figuur XIII.49 Het klemprofiel en de as wordt bevestigd aan de ligger met een pin om schuiven in de sleuf te voorkomen (Item24).	138
Figuur XIII.50 De figuur illustreert de doorsnede van de ligger. De kogel bussen glijden over de assen en zijn niet in contact met het hele oppervlak van de assen.	138
Figuur XIII.51 De kogel bussen worden tussen de onderste plaat van het platform en de flensmoer behuizing bevestigd.	139
Figuur XIII.52 De flensmoer behuizing wordt bevestigd aan een aluminium blok dat vastgezet wordt aan de kogelbussen en het uitschuivend platform.	139
Figuur XIII.53 Het uitschuivende platform moet onder de kratten komen om deze op te tillen.	140
Figuur XIII.54 Het VLS (dynamisch) van het bewegende platform waarbij er net geen slip optreedt.	140
Figuur XIII.55 Het tandwiel en heugelsysteem wordt aangedreven door twee kettingen. Er is maar beperkt ruimte beschikbaar tussen de twee platen van het uitschuifbaar platform.	142
Figuur XIII.56 hartafstand p van een schakel (zie Tabel XIII.27).	143
Figuur XIII.57 Keuzegrafiek voor de soort ketting. Op de Y-as wordt het vermogen (kW) tegen de omwentelsnelheid van het kleinste tandwiel (min^{-1}) gezet. De ketting wordt bepaald met de "single" kolom, omdat de ketting enkelvoudig wordt aangedreven.	144
Figuur XIII.58 DIN ISO 06B 9.525x5.72 met schakels die gebogen plaatjes hebben waar de as aan gemonteerd wordt.	144
Figuur XIII.59 De bovenste plaat moet 405 mm uitschuiven om de krat te grijpen.	145
Figuur XIII.60 De maximale doorbuiging van het plateau is $v_{\max} = 1.62$ mm. Bij de doorbuiging zijn de stalen platen waarmee de ligger recht geleid wordt beschouwd als gefixeerde vlakken.	146
Figuur XVI.1 algemene planning deel 1	162
Figuur XVI.2 algemene planning deel 2XVIXVI.3	163

Tabellenlijst

Tabel 0.1 Verklarende woordenlijst.	VII
Tabel 0.1 De symbolenlijst.	VII
Tabel 0.1 De verschillende onderwerpen die te pas komen in het verslag.	VIII
Tabel 4.1 Betonbak formaten bestemd voor afvalcontainers die gehanteerd worden door grote producenten.	9
Tabel 4.2 Belangrijke richtlijnen die gebruikt kunnen worden voor het ontwerp van de ondergrondse pakketopslag (NEN, 2019).	9
Tabel 4.3 De maximale afmetingen (L x B x H) van de pakketten met het bijbehorende percentage (80% - 90%), de frequentie van het gekozen verzamelbereik ten opzichte van de totale frequentie.	10

Tabel 4.4 De aangeschreven hoogte voor rolstoelgebruikers bij verschillende omstandigheden (NEN, 2001) De voetnoten 1, 2 en 3 staan respectievelijk voor minimale eis, basiseis en aanvullende eis. Zie Bijlage IX voor verdere toelichting.	12
Tabel 4.5 Evaluatie van het torso buigen (NEN, 2008).	12
Tabel 5.1 Een aantal belangrijke eisen zijn in de onderste tabel weergegeven. Het volledige PvE&W bevindt zich in Bijlage VI.	13
Tabel 5.2 De geformuleerde succescriteria op basis van variabele eisen.	14
Tabel 5.3 Het volledig morfologisch overzicht met verschillende deeloplossingen voor elke deelfunctie. De deelfuncties van Concept 1 zijn gemarkeerd met rood, concept 2 met blauw, Concept 3 met oranje en Concept 4 met donkergroen. De bronvermelding van de gebruikte afbeeldingen bevindt zich in Bijlage VII.	15
Tabel 5.4 Voor- en nadelen tabel van Concept 1.	17
Tabel 5.5 Voor- en nadelen tabel van Concept 2.	18
Tabel 5.6 Nadelen tabel van Concept 3.	19
Tabel 5.7 Nadelen tabel van Concept 4.	19
Tabel 5.8 De resultaten van de toetsing aan ontwerpcriteria (Bijlage VIII) is in de onderstaande tabel weergegeven.	20
Tabel 5.9 Concept 1 ● en Concept 2 ● zijn getoetst aan de succescriteria. Concept 1 heeft de hoogste score. Dit concept scoort beter op de haalbaarheid en eenvoudigheid.	20
Tabel 6.1 Specificaties van de Euronorm krat (Palletplaza, sd).	22
Tabel 6.2 Specificaties van de stellingprofielen.	24
Tabel 6.3 Specificaties van het lipjesprofiel.	25
Tabel 6.4 Specificaties van de popnagel (DIN 7337A).	26
Tabel 6.5 In de tabel wordt er gecontroleerd of het gekozen vierkante buisprofiel de juiste doorsnedeoppervlak en oppervlaktetraagheidsmoment heeft (ISO, 2011).	28
Tabel 6.6 Validatie of de resultaten uit beide controleberekeningen voldoen aan de maximale doorbuiging van 2 mm.	28
Tabel 6.7 Specificaties van het buisprofiel en de hijs lus.	29
Tabel 6.8 De gegevens die gebruikt zijn om een elektromotor te selecteren. De berekening en uitwerking bevindt zich in Bijlage XIII.	30
Tabel 6.9 Specificaties van de SEW-Eurodrives wisselstroom elektromotor (SEW-Eurodrives, sd).	31
Tabel 6.10 Component specificaties van de tandriem, katrol en klem bus (Maedler). De componenten zijn bepaald met behulp van de MEGALINEAR-datasheet van Megadyne (Megadyne, 2020) in Bijlage XIII.	32
Tabel 6.11 Specificaties van de lagerhuizen, assen en de koppelingsas 1. (Maedler), 2. (R+W Couplings, sd).	33
Tabel 6.12 Specificaties van de ligger (Item24, sd).	35
Tabel 6.13 Specificaties van het loopwiel en de bevestigingsonderdelen (Blickle, sd).	37
Tabel 6.14 Specificaties van de spindel en omloopmoer (HIWIN, sd).	39
Tabel 6.15 Specificaties van het tandwiel en de tandheugels 1. (Maedler, sd), 2. (Maedler, sd).	41
Tabel 6.16 Specificaties van de ketting en recht geleider (Maedler).	42
Tabel 6.17 Specificaties van de geleider rails (Rollon GmbH, sd).	43
Tabel 9.1 De deelcompetenties van de kerncompetenties Analyseren (niveau 3), Ontwerpen (niveau 3), Adviseren (niveau 3) en Professionaliseren (niveau 3) uit de Bachelor of Engineering voor de bachelor	

Werktuigbouwkunde aan De Haagse Hogeschool Delft worden aangetoond met behulp van verwijzingen naar de werkzaamheden in context van de opdracht en de documentatie in dit verslag.	48
Tabel 0.1 Lijst met afkortingen	60
Tabel IV.1 Competentieverantwoording met behulp van de STARR-methode.....	70
Tabel VIII.1 Toetsing van de concepten aan de ontwerpcriteria.	88
Tabel VIII.2 Toetsen van de eisen in latere ontwerpfases van Concept 1.	91
Tabel IX.1 Het aantal pakket servicepunten die door de grootste pakketvervoerders in Nederland aangeboden worden (Autoriteit Consument & Markt, 2019).	92
Tabel IX.2 De vijf aangeraden hijsconstructies volgens de NEN - EN 13071-3-2019 norm (NEN, 2019)....	94
Tabel XI.1 De metingen die gebruikt zijn in de steekproef zijn van kartonnen dozen van de grootste leveranciers binnen Europa.	96
Tabel XI.2 De resultaten van het onderzoek geeft de subgroep grootte aan die voldoetaan het percentage tussen de 80 - 90%.....	99
Tabel XII.1 Criteria voor materiaalkeuze van de staanders (Granta Design Limited, 2019).	100
Tabel XII.2 De beoordeling en de betekenis die gehanteerd worden bij de materiaalselectie procedure bij CES Edupack 2019 (Granta Design Limited, 2019).	100
Tabel XII.3 De belangrijke specificaties van RVS AISI 440A (martensiet) (Granta Design Limited, 2019).	101
Tabel XII.4 Versoepelde criteria voor materiaalkeuze van de staanders waarbij er rekening wordt gehouden met mogelijkheden zoals oppervlaktebehandelingen (Granta Design Limited, 2019).	102
Tabel XII.5 De belangrijke specificaties van koolstofstaal AISI 1015 zijn in de tabel weergegeven (Granta Design Limited, 2019)	103
Tabel XII.6 Gegevens van de gekozen popnagel (DIN 7337A).	105
Tabel XIII.1 uitgangswaarde waar de berekening op gebaseerd wordt.	108
Tabel XIII.2 Het gewicht waar de krachtberekeningen in gebruikt wordt, wordt bepaald door de massa van de grote componenten in te schatten.	109
Tabel XIII.3 Eigenschappen van het bepaalde vierkante buisprofiel (ISO, 2011).	113
Tabel XIII.4 Er is een inschatting gemaakt van het totale gewicht dat het verticale transport moet verplaatsen. Van de grote onderdelen is er een inschatting van de massa's gemaakt. Er wordt van een straal van de katrollen uitgegaan om de berekeningen uit te voeren.	116
Tabel XIII.5 De berekende gegevens in deze tabel worden gebruikt om de motor te bepalen.	117
Tabel XIII.6 De gegevens in de tabel worden als bekend beschouwd. De gegevens komen van berekeningen en ontwerpeigenschappen.	119
Tabel XIII.7 Gegeven die gebruikt worden bij het bepalen van het tandriem profiel.	119
Tabel XIII.8 De gegevens in de tabel zijn bepaald met de bovenstaande hulptabellen. De gegevens worden gebruikt om de riembreedte te bepalen.	122
Tabel XIII.9 Component specificaties van de tandriem (Maedler).	124
Tabel XIII.10 Componentspecificaties van de riemklem (Maedler).	124
Tabel XIII.11 Component specificaties van de katrol en klem bus (Maedler).	125
Tabel XIII.12 Componentspecificaties van de lagerhuizen, assen en de koppelingsas 1. (Maedler), 2. (R+W Couplings, sd).	127
Tabel XIII.13 De gegevens om de maximale torsiespanning te bepalen	127
Tabel XIII.14 Vastgestelde variabelen die als bekend beschouwd worden voor de doorbuigingsberekening 1. (Granta Design Limited, 2019).	129

Tabel XIII.15 De aluminiumprofielen in de tabel hebben een oppervlaktetraagheid die het dichtst bij de berekende waarde in de buurt komt (PBA Leader Motion, 2015). Bij de profielen is er aangegeven om welke as de buiging plaatsvindt, zie Figuur XIII.36.	130
Tabel XIII.16 Specificaties van de PS4080-8 ligger (Item24, sd).....	131
Tabel XIII.17 Specificaties van het loopwiel (Blickle, sd).....	133
Tabel XIII.18 De gegevens voor het bepalen van de spindel.	135
Tabel XIII.19 De vier mogelijkheden om een roterende as en spindel te fixeren (Linear Motion Tips, sd).	135
Tabel XIII.20 Specificaties van de spindel en omloopmoer (HIWIN B.V., sd).....	136
Tabel XIII.21 Specificaties van de lagers en flensmoer behuizing (HIWIN B.V., sd).....	137
Tabel XIII.22 Componentspecificaties van het klemprofiel, de recht geleid as, bevestigingspin en kogel bus (Item24).	138
Tabel XIII.23 Statische en dynamische wrijvingscoëfficiënten bij verschillende combinaties van materialen (Engineering-abc, sd).....	140
Tabel XIII.24 Specificaties van het tandwiel en de tandheugels (Maedler, sd).	142
Tabel XIII.25 Factor K1 die rekening houdt met het aantal tanden van het kleinste tandwiel (Maedler).	143
Tabel XIII.26 Factor K2 houdt rekening met de overbrengingsverhouding (Maedler).	143
Tabel XIII.27 Factor K3 houdt rekening met de hartafstand van de tandwielen. P is de hartafstand tussen de bevestigingspunten van de schakel (Maedler).	143
Tabel XIII.28 Factor K4 houdt rekening met de soort aangebrachte belasting (Maedler).	143
Tabel XIII.29 Specificaties van de geleider rails (Rollon GmbH, sd).	145
Tabel XIV.1 De onderdelenlijst is geordend op deelsystemen.	147

Lijst met afkortingen

Tabel 0.1 Lijst met afkortingen

Afkorting	Definitie
5W2H	Wat, Wie, Waar, Waarom, Wanneer, Hoe, Hoeveel
AGV	Automated Guided Vehicle
BoKS	Body of Knowledge & Skills
IP	International Protection Rating
PvA	Plan van Aanpak
PvE&W	Pakket van Eisen en Wensen
R&D	Research & Development
Rvs	Roestvast staal
SDG	Sustainable Development Goals
SMART	Specifiek, Meetbaar, Acceptabel, Realistisch en Tijdsgebonden
STARR	Situatie, Taak, Actie, Resultaat en Reflectie
VF	Veiligheidsfactor
VLS	Vrij lichaamsschema

Bijlage I. Bibliografie

- AGV, Industry 4.0, Inteligencia Artificial, Visión Artificial. (2018, november 13). *What are AGVs?* Opgehaald van Atria Innovation: <https://www.atriainnovation.com/en/what-are-agvs/>
- Allegro Archiwum. (sd). *Ikea Ordering*. Opgehaald van Allegro Archiwum: <https://archiwum.allegro.pl/oferta/ikea-ordning-chlebak-stal-nierdzewna-i8995267664.html>
- Almotion. (sd). *Kogelbus asondersteuning*. Opgehaald van Lineaire geleiding: <https://www.lineairegeleiding.nl/lineaire-geleiding-met-profielrail/kogelbus-geleiding/kogelbus-asondersteuning/>
- Almotion. (sd). *LINEAIRE GELEIDING MET LOOPWIELEN*. Opgehaald van Lineaire geleiding: <https://www.lineairegeleiding.nl/lineaire-geleiding-met-loopwielen/>
- Autoriteit Consument & Markt. (2019). *Post- en Pakkettenmonitor 2019*.
- Bauer GmbH. (sd). *Inwerpzuilen*. Opgehaald van Geotainer: <https://www.geotainer.com/nl/ondergrondse-systemen/inwerpzuilen.html>
- Berekenen.info. (sd). *Volume berekenen*. Opgehaald van Berekenen.info: <http://www.berekenen.info/tag/volume-uitrekenen/>
- Blickle. (sd). *FPU 30x8/6-6K*. Opgehaald van Blickle: <https://www.blickle.nl/product/FPU-30x8-6-6K-760835>
- C+W Couplings. (sd). *PRODUCTS*. Opgehaald van C+W Kupplungen: <https://www.cad.rw-kupplungen.de/?laid=100&ArtNr=EZ2%20150>
- Collins, D. (2015, oktober 2). *What's the purpose of a double ball nut?* Opgehaald van Linear motion tips: <https://www.linearmotiontips.com/whats-the-purpose-of-a-double-ball-nut/>
- Consumentenbond. (2021, februari 23). *Test problemen bij pakketbezorging*. Opgehaald van Consumentenbond: <https://www.consumentenbond.nl/online-kopen/pakketbezorging>
- DIN 7337A. (sd). *Blind rivet DIN 7337A Ø3x6 A2/A2*. Opgehaald van Europe PGB: <https://www.pgb-europe.com/files/importfiles/fast/j/t doc/7337a.pdf>
- Dozen.nl. (sd). *Dozen met plakstrip*. Opgehaald van Dozen: <https://www.dozen.nl/kartonnen-dozen/dozen-met-plakstrip.html>
- DSM&T. (sd). *IP Rating Chart*. Opgehaald van DSM&T: <https://www.dsmt.com/resources/ip-rating-chart/>
- DVL Milieu. (sd). *Betonnen buitenbakken*. Opgehaald van DVL Milieu, slimmer in afval: <https://www.dvlmilieu.nl/producten-en-diensten/producten/betonnen-buitenbakken/>
- Engels logistiek. (sd). *Apyra: Keuze uit diverse volumes, opnamesystemen en andere opties*. Opgehaald van Engels logistiek: https://www.engelslogistiek.nl/pub/media/wysiwyg/Brochures/Ondergrondse_afvalcontainer_Apyra.pdf

- Engineering-abc. (sd). *Coefficient of friction, Rolling resistance and Aerodynamics*. Opgehaald van Tribology-abc: <https://www.tribology-abc.com/abc/cof.htm>
- European Patent Office. (2018, augustus 26). *Common patent classification*. Opgehaald van Espace net: https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=de_EP#!/CPC=B65G1/04
- Fastenright. (sd). *A2 & A4 Stainless Steel Screws, Fasteners and Fixings*. Opgehaald van Fastenright: <https://www.fastenright.com/specials/materials-and-finishes/a2-and-a4-stainless-steel>
- Flevoscheepsbeglazing. (sd). *Schuifluiken voor boten*. Opgehaald van Flevo scheepsbeglazing: <https://www.flevoscheepsbeglazing.nl/schuifluiken>
- GAD. (2015, september 16). *GAD_ondergrondse_containers_eisen_definitief.xls*. Opgehaald van Tederned: <https://www.tederned.nl/tederned-web/aankondiging/detail/documenten/document/10cd9e285e57f921bfb9317d44eff30a/pageld/D909C/huidigemenu/aankondigingen/map/a07276e21d21f0aa1f17d8c8878733d0/akid/c2842bebf4a8579d59918182643f73a5/da/false/actie/aa274b487977>
- Gallagher. (sd). *Getwijd staal draad (400 meter)*. Opgehaald van Gallagher: https://www.gallagher.eu/nl_nl/getwijd-staal-draad-400-meter
- Godefroy, M. (2021, maart 30). Product coordinator. (K. Kohabir, Interviewer)
- Granta Design Limited. (2019). CES Edupack. Cambridge, Verenigd Koninkrijk.
- HBM Machines. (sd). *HBM Bakkenkast, Opbergsysteem, Stelling met 24 Opbergbakken*. Opgehaald van HBM Machines: <https://www.hbm-machines.com/producten/hbm-opbergsysteem-stelling-met-24-opbergbakken>
- Het Koninklijk Nederlands Normalisatie-instituut. (2019). *NEN-EN 13071-1 Stationaire afvalcontainers met een inhoud tot 5000 l, aan de bovenkant gehesen, onderlossend - Deel 1: Algemene eisen*. NEN.
- Het Koninklijk Nederlands Normalisatie-instituut. (2019). *NEN-EN 13071-2 Stationaire afvalcontainers met een inhoud tot 5000 l, aan de bovenkant gehesen, onderlossend - Deel 2: Aanvullende eisen voor ondergrondse of gedeeltelijk ondergrondse systemen*. NEN.
- Het Koninklijk Nederlands Normalisatie-instituut. (2019). *NEN-EN 13071-3 Stationaire afvalcontainers met een inhoud tot 5000 l, aan de bovenkant gehesen, onderlossend - Deel 3: Aanbevolen voorzieningen*. NEN.
- Hibbeler, R. C. (2013). *Mechanics of Materials*. Singapore: Pearson.
- HIWIN B.V. (sd). *Kogelomloopspindels*. Opgehaald van HIWIN: <https://www.hiwin.nl/nl/Producten/Kogelomloopspindels/c/4355>
- HIWIN. (sd). *Sizing tool*. Opgehaald van HIWIN: <https://www.hiwin.nl/en/projects/newSizingProject/BS>
- Hoog, R. D. (2021, februari 11). Head Engineer. (K. Kohabir, Interviewer)

- Industriebouwen. (sd). *Industriebouwen*. Opgehaald van Het Sendzimirproces: <https://industriebouwen.be/industriebouw/verklarende-lijst/sendzimirproces-continu-verzinken/>
- ISO. (2011). *ISO 10799:2011 en; Cold-formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - part 2: Dimensions and sectional properties*. NEN.
- Item24. (sd). *Alu-constructieprofiel: Modulaire item-oplossingen*. Opgehaald van Item24: <https://be.item24.com/nl/productwereld/mb-systeemmodule/item-profielen/>
- Item24. (sd). *Shaft-Clamp Profile 8 D14, natural*. Opgehaald van Item: <https://nl-product.item24.com/nl/gegevens/products/shaft-clamp-profiles-1001042917/shaft-clamp-profile-8-d14-natural-29434/>
- Kals, H., Buiting-Csikós, C., Luttervelt, C. V., Moulijn, K., Ponsen, J., & Streppel, A. (2011). *Industriële productie*. Amsterdam: Boom uitgevers Amsterdam.
- Korput Trading. (sd). *Euronorm bakken*. Opgehaald van Korput Trading: <https://www.korputtrading.nl/opslagmateriaal/euronorm-bakken/>
- Kortpack. (sd). *Postdozen*. Opgehaald van Kortpack: <https://www.kortpack.nl/nl/kartonnen-dozen/postdozen-online-bestellen>
- Leeuwen, G. D. (sd). *STUDIEWIJZER afstuderen 2020-2021*. Opgehaald van https://blackboard.hhs.nl/bbcswebdav/pid-2956556-dt-content-rid-27382489_2/courses/W-AFSTUD1-15-2020/Studiewijzer%20afstuderen%20Werktuigbouwkunde%202020-2021%20v5.pdf
- Linear Motion Tips. (sd). *How to improve ball screw rigidity (with support-bearing selection and more)*. Opgehaald van Linear Motion Tips: <https://www.linearmotiontips.com/how-to-improve-ball-screw-rigidity/>
- Maas & Haagoort. (sd). *Wat is een IP Klasse, en wat houdt deze in?* Opgehaald van Maas & Haagoort: <https://www.maashagoort.nl/kennisbank/ip-klasse/>
- Maedler. (sd). *Ball Pillow Block Bearings SSUCPA, Stainless Steel*. Opgehaald van Maedler: <https://www.maedler.de/product/1643/3475/kugel-stehlager-ssucpa-edelstahl>
- Maedler. (sd). *Clamping Plates for Timing Belts Profile AT, Ready-to-install*. Opgehaald van Maedler: <https://www.maedler.de/product/1643/3523/1126/3068/950/klemmplatten-profil-at-einbaufertig?result=16679900>
- Maedler. (sd). *Gear Racks, Stainless Steel, Module 1 to 4*. Opgehaald van Maedler: <https://www.maedler.de/product/1643/1618/2130/zahnstangen-edelstahl-14305-modul-1-bis-4>
- Maedler. (sd). *Open-Length Timing Belts, PU, Profile AT*. Opgehaald van Maedler: <https://www.maedler.de/product/1643/1616/945/zahnriemen-meterware-pu-profil-at>

- Maedler. (sd). *Pulleys AT5, Belt width 16mm for Taper Bushes*. Opgehaald van Maedler:
<https://www.maedler.de/product/1643/3523/1126/3068/996/zahnriemenraeder-at5-taper-fuer-riemenbreite-16-mm?result=16677364>
- Maedler. (sd). *Roller Chains DIN ISO 606 (ex DIN 8187) - Description*. Opgehaald van Maedler:
http://smarthost.maedler.de/datenblaetter/rollenkettten_EN.pdf
- Maedler. (sd). *Spur Gears, Stainless Steel, Straigth Teeth, Module 1*. Opgehaald van Maedler:
<https://www.maedler.de/product/1643/2593/1035/stirnzahnraeder-aus-edelstahl-gerade-verzahnt-modul-1>
- Maedler. (sd). *Taper bushes 1210*. Opgehaald van Maedler:
<https://www.maedler.de/product/1643/3523/1126/3477/1001/1983/taper-spannbuchsen-1210?result=62250325,6225032540>
- MCA Linear motion robotics. (sd). *Tandheugels*. Opgehaald van Stamhuislineair:
<https://www.stamhuislineair.nl/producten/tandheugels>
- Megadyne. (2020, november 26). *Resources*. Opgehaald van Megadyne Group:
<https://megadynegroup.com/en/resources>
- Milieu Service Nederland. (sd). *Milieu Service Nederland*. Opgehaald van ONDERGRONDSE CONTAINERS:
<https://www.milieuservicenederland.nl/afvalcontainers/ondergrondse-container/>
- NEN. (2001). *NEN 1814:2001 nl; Toegankelijkheid van buitenruimten, gebouwen en woningen*. NEN.
- NEN. (2008). *NEN-EN 1005-4+A1; Safety of machinery - Human physical performance - Part 4: Evaluation of working postures and movements in relation to machinery*. NEN.
- NEN. (2019). *NEN-EN 13071; Stationaire afvalcontainers met een inhoud tot*. NEN.
- Norah B.V. (sd). *RVS wagens*. Opgehaald van RS krattenwagens:
<https://www.plastickratten.eu/indexT2.php?nsc=RVS+krattenwagens+&nc=RVS+wagens&subcat=206&cat=33>
- Ondergrondse Containers*. (sd). Opgehaald van Milieu service Nederland:
<https://www.milieuservicenederland.nl/afvalcontainers/ondergrondse-container/>
- Ouden, H. d. (2021, februari 19). Productmanager Van Dijk Beton. (K. Kohabir, Interviewer)
- Palletplaza B.V. (sd). *EURONORM BAK 40X30X22CM OPEN HANDVAT*. Opgehaald van Palletplaza:
<https://www.palletplaza.nl/euronorm-bak-40x30x22cm-open/>
- Palletplaza. (sd). *EURONORM BAK 40X30X22CM OPEN HANDVAT*. Opgehaald van Palletplaza:
<https://www.palletplaza.nl/euronorm-bak-40x30x22cm-open/>
- PBA Leader Motion. (2015). *Calculation Of Allowable Load Of Profile*. Opgehaald van Pbalm:
<http://www.pbalm.com/calculation-of-allowable-load-of-profile.php>
- Pelikaan Verpakkingen B.V. (sd). *BRIEVENBUSDOZEN WIT MASSIEF KARTON*. Opgehaald van Pelikaan:
<https://www.pelikaan.nl/brievenbusdozen-wit-massief-karton?c=1041>

Pelikaan Verpakkingen B.V. (sd). *Fastboxen*. Opgehaald van Pelikaan:

<https://www.pelikaan.nl/fastboxen?c=1042>

Pelikaan Verpakkingen B.V. (sd). *KARTONNEN DOZEN ENKEL GOLF BRUIN 10-25CM*. Opgehaald van

Pelikaan: <https://www.pelikaan.nl/kartonnen-dozen-enkel-golf-bruin-10-25cm>

Pelikaan Verpakkingen B.V. (sd). *Postdozen wit*. Opgehaald van Pelikaan:

<https://www.pelikaan.nl/postdozen-wit?c=1040>

Pelikaan verpakkingen. (sd). *BRIEVENBUSDOZEN WIT MASSIEF KARTON*. Opgehaald van Pelikaan

verpakkingen: <https://www.pelikaan.nl/brievenbusdozen-wit-massief-karton?c=1041>

Pelikaan verpakkingen. (sd). *FASTBOXEN*. Opgehaald van Pelikaan verpakkingen:

<https://www.pelikaan.nl/fastboxen?c=1042>

Pelikaan verpakkingen. (sd). *KARTONNEN DOZEN ENKEL GOLF BRUIN 10-25CM*. Opgehaald van Pelikaan

verpakkingen: <https://www.pelikaan.nl/kartonnen-dozen-enkel-golf-bruin-10-25cm>

Pelikaan verpakkingen. (sd). *POSTDOZEN WIT*. Opgehaald van Pelikaan verpakkingen:

<https://www.pelikaan.nl/postdozen-wit?c=1040>

Postnl. (sd). *Pakket- en briefautomaat*. Opgehaald van Postnl:

<https://www.postnl.nl/campagnes/pakket-en-briefautomaat/>

R+W Couplings. (sd). *SIMPLER, FASTER AND MORE EFFICIENT: LINE SHAFTS FROM R+W*. Opgehaald van

R+W: <https://www.rw-couplings.com/products/precision-couplings/line-shafts/>

Rajapack. (sd). *Enkelgolfdoos met variabele vulhoogte en automatische bodem Raja*. Opgehaald van

Rajapack: https://www.rajapack.nl/kartonnen-dozen-verzenddozen-exportcontainers/dozen-met-speciale-afmetingen/kartonnen-enkelgolfdozen-variabele-vulhoogte_PDT01532.html

Rajapack. (sd). *Postdoos met automatische bodem en bovenklep*. Opgehaald van Rajapack:

https://www.rajapack.nl/kartonnen-dozen-verzenddozen-exportcontainers/postdozen-verzenddozen/postdoos-automatische-bodem_PDT01977.html

Rajapack. (sd). *Postdoos met versterkte sluiting*. Opgehaald van Rajapack:

https://www.rajapack.nl/kartonnen-dozen-verzenddozen-exportcontainers/postdozen-verzenddozen/kartonnen-dozen-rigibox_PDT00572.html

Rajapack. (sd). *Schokwerende postdoos met beveiligde zelfklevende sluiting Raja*. Opgehaald van

Rajapack: https://www.rajapack.nl/kartonnen-dozen-verzenddozen-exportcontainers/postdozen-verzenddozen/versterkte-postdoos-met-zelfklevende-sluiting_PDT00457.html

Rajapack. (sd). *Witte postdoos Rajapost*. Opgehaald van Rajapack: https://www.rajapack.nl/kartonnen-dozen-verzenddozen-exportcontainers/postdozen-verzenddozen/witte-postdoos-beschermende-zijflappen-sluitklep_PDT00395.html

Rd4 Bedrijvenservice. (sd). *Papier en karton*. Opgehaald van Rd4 Bedrijvenservice:

<https://bedrijvenservice.rd4.nl/bedrijven/afvalstromen/papier-en-karton>

Rijksdienst voor ondernemend Nederland. (2016, juni 22). *Bibliografische gegevens: AU2020289823 (A1)*

— 2021-01-21. Opgehaald van Espacenet:

https://nl.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=nl_NL&FT=D&date=20210121&CC=AU&NR=2020289823A1&KC=A1

Rijksoverheid. (2019, juni). *Klimaatbeleid*. Opgehaald van Rijksoverheid:

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid>

Rijksoverheid. (sd). *Autoriteit Consument en Markt (ACM)*. Opgehaald van Rijksoverheid:

<https://www.rijksoverheid.nl/contact/contactgids/autoriteit-consument-markt-acm>

Rollon GmbH. (sd). *Telescopic rail*. Opgehaald van Designworld-embedded part community:

https://designworld-embedded.partcommunity.com/3d-cad-models/FileService/File/rollon/pdf/telescopic_line_english.pdf

Rollon GmbH. (sd). *Telescopische lineaire lagers voor hoge belastbaarheid*. Opgehaald van Rollon:

<https://www.rollon.com/NL/nl/producten/telescopic-line/6-telescopic-rail/>

Schiphorst. (sd). *Euronorm afmetingen*. Opgehaald van Schiphorst:

<https://www.schiphorstbv.nl/nieuws/euronorm-afmetingen/>

Schiphorst. (sd). *Euronorm stapelbakken 600x400 mm*. Opgehaald van Schiphorst BV:

<https://www.schiphorstbv.nl/opslag-en-transportmiddelen/600x400-mm-stapelbakken/#:~:text=600%C3%97400%20mm%20kratten,binnen%20de%20logistiek%20in%20Europa.>

SDG Nederland. (2015). *SDG Nederland*. Opgehaald van Doel 13. Klimaatactie:

<https://www.sdgnerland.nl/sdgs-2/doel-13-klimaatverandering-aanpakken/>

Seijlhouwer, M. (2020, september 03). *Pakketjes bezorgen bij ophaalpunten kan veel CO2 schelen*.

Opgehaald van Change Inc.: <https://www.change.inc/mobiliteit/co2-pakket-34583>

SEW-Eurodrives. (sd). *DriveConfigurator*. Opgehaald van SEW-Eurodrive: [https://www.sew-](https://www.sew-eurodrive.nl/os/catalog/products/drives/acgearmotor/default.aspx?language=en_US&country=NL)

[eurodrive.nl/os/catalog/products/drives/acgearmotor/default.aspx?language=en_US&country=NL](https://www.sew-eurodrive.nl/os/catalog/products/drives/acgearmotor/default.aspx?language=en_US&country=NL)

Schiphorst B.V. (sd). *Mini magazijnbak 500/465x315x200 mm*. Opgehaald van

<https://www.schiphorstshop.nl/artikel/3906/mini-magazijnbak-500-465x315x200-mm.html>

Souren, I. O. (2012). *Ontwerpen van technische innovaties*. Noordhoff.

TB142E. (2016, Mei 12). *Industriële uitstoot van zwavel- en stikstofverbindingen*. Opgehaald van Tu Delft

- TB142E: <http://eduweb.eeni.tbm.tudelft.nl/TB142E/?zwaveluitstoot-industrie>

Techniekkids. (sd). *Tandriemaandrijving*. Opgehaald van Techniekkids:

<https://techniekgids.nl/riemaandrijvingen/tandriemaandrijving/>

Teasing. (sd). *GALVANISCHE CORROSIE IN KOELSYSTEMEN*. Opgehaald van Teasing:

<https://www.teasing.com/nl/page/application-stories/serto-aluminium-koppelingen>

- Tevel Techniek B.V. (sd). *RECHTGELEIDING*. Opgehaald van Tevel:
<https://www.tevel.nl/aandrijfoplossingen/rechtgeleiding/>
- tom19275. (2017, kaart 23). *Cogwheel with chain*. Opgehaald van Depositphotos:
<https://www.dreamstime.com/stock-photo-cogwheel-chain-gear-isolated-white-background-d-rendering-image89155652>
- TOSEC. (2021, januari 15). *Thermisch of elektrolytisch verzinken?* Opgehaald van Tosec:
<https://www.tosec.nl/wiki/thermisch-en-elektrolytisch-verzinken/>
- Ultraxis. (sd). *PS4080-8,2N*. Opgehaald van Ultraxis: <http://ultraxis.com.sg/aluminium-profiles/40-series/ps4080-8-2n.php>
- Variapack. (sd). *E-commerce verpakkingen*. Opgehaald van Variapack:
<https://www.variapack.be/nl/ecommerce-verpakkingen>
- Vree, J. D. (sd). *sendzimir*. Opgehaald van Joostdevree:
<https://www.joostdevree.nl/shtmls/sendzimir.shtml>
- Waste Vision. (sd). *Inzamel-*. Opgehaald van Waste Vision:
<https://wastevision.com/producten/inzamelsystemen/>
- Weerd, P. D. (2021, maart 2). *Pakketbezorging groeit 103 procent in 2020*. Opgehaald van Logistiek:
<https://www.logistiek.nl/supply-chain/nieuws/2021/03/pakketbezorging-groeit-103-procent-groei-in-2020-101177259>
- Wikipedia. (2021, april 8). *Paternosterlift*. Opgehaald van Wikipedia:
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Paternosterlift>
- WIPO IP Portal. (2021, januari). *IPC Publication*. Opgehaald van WIPO:
<https://www.wipo.int/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20210101&symbol=none&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipcp=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>
- Youpack. (sd). *Verzenddozen*. Opgehaald van Youpack: <https://www.youpack.nl/verzenddozen.html>

Bijlage II. Het bedrijf



OWM B.V. is een kleinschalig ingenieursbureau, die diensten uitvoert in opdracht van derden en valt onder de OBS Groep. In *Figuur II.1* zijn de bedrijfstakken te zien. Het bedrijf is gevestigd in Pijnacker en specialiseert zich in de machinebouw voor logistieke doeleinden met daarnaast oog voor automatisering. Naast het ontwerpen en leveren van gehele projecten/functieervullers biedt OWM B.V. ook hun specialisatie aan voor het “out-of-the-box” meedenken met klanten binnen Research en Development(R&D) trajecten voor nieuwe machinebouw. Dit doen ze veelal voor fabrikanten van logistieke systemen. Naast de logistieke sector wordt er ook gewerkt aan bijvoorbeeld het automatiseren van productielijnen met “pick-and-place” units.

Onder begeleiding van de hoofd engineer Ing. R. De Hoog wordt een geautomatiseerde ondergrondse container voor pakketbezorging als nieuw project gestart.



Figuur II.1 het organogram van het bedrijf

Bijlage III. Theoretisch kader & methode

In de opleiding werktuigbouwkunde is er veel kennis wat toegepast kan worden tijdens het verwerken van de opdracht. Binnen de opleiding is er met name aandacht besteed aan analyseren, ontwerpen en professionaliseren. Deze competenties bevinden zich momenteel op niveau twee en zullen na de opdracht naar niveau drie gestegen zijn. De vaardigheid die opgestoken is in de opleiding om in groepsverband of met studenten en collega's te werken, is nodig bij het uitvoeren van de afstudeeropdracht. Het onderzoek berust zich voornamelijk op de huidige situatie, marktonderzoek en deeloplossingsgericht onderzoek.

In de analyse fase wordt het probleem en de context geanalyseerd. Het probleem wordt met behulp van de 5W2H-vragen in kaart gebracht. Met een helder probleem kunnen de probleem- en doelstelling en de hoofdvraag en deelvragen geformuleerd worden. Met een functieanalyse wordt er in kaart gebracht aan welke functies het ontwerp moet voldoen. Vervolgens worden het PvE en de succescriteria met de SMART-methode geformuleerd. De ontwerpcriteria wordt vastgesteld en wordt gebruikt om later de concepten mee te toetsen. Het kwalitatieve onderzoek richt zich grotendeels op deskresearch.

De opdrachttuitvoering hanteert de ontwerpmethode beschreven in de literatuur van Ontwerpen van Technische Innovaties (Souren, 2012). Er wordt ook rekening gehouden met onderzoek naar normen. Tot slot wordt er met de ontwerpmethodiek concepten gegenereerd en getoetst om het beste concept te bepalen om vervolgens uit te werken tot het uiteindelijke ontwerp.

De soort onderzoeken die uitgevoerd worden zijn een literatuurstudie, octrooionderzoek, normenonderzoek en marktonderzoek. De literatuurstudie wordt toegepast bij elk onderzoek door beperkte kantoor situatie ten gevolge van de COVID-19 pandemie. Het octrooi onderzoek wordt ingezet bij het onderzoek naar de eerste opdracht over het ontwerpen van een AGV-lift. Deze opdracht is geannuleerd doordat er in de eerste week van de stage een patent van Attabotics met hetzelfde idee van OWM B.V. ontdekt is.

Normenonderzoek is toegepast bij bruikbare informatie vergaren van huidige ondergrondse afvalcontainers en ergonomie voor het plaatsen en grijpen van een pakketje. Er is ook gekeken naar normen voor openbare ruimtes en opleghoogte voor rolstoelgebruikers.

Het marktonderzoek heeft de concurrentie in kaart gebracht en gekeken naar de problemen die de huidige e-commerce sector heeft. De CO₂ – uitstoot van de huidige bezorging is onderzocht. Uit het marktonderzoek blijkt ook dat er nog geen soortgelijke producten bestaan.

Bijlage IV. Competentieverantwoording

Tabel IV.1 Competentieverantwoording met behulp van de STARR-methode.

Deelcompetentie	Beschrijving	Bewijslast
	Analyseren niveau 3	
1a	Zelfstandig selecteren van relevante complexe en onbekende aspecten uit een ongestructureerde context met betrekking tot de complexe vraagstelling	Uit de beknopte opdrachtomschrijving geleverd door de begeleider is er zelfstandig een vraagstelling geformuleerd in de vorm van hoofdvragen en deelvragen, zie H3.2. <i>Hoofdvragen & deelvragen</i>. S: De beginfase van het afstuderen waar de student een opdrachtomschrijving gekregen heeft van het bedrijf. T: Baken de opdracht af en interpreteer deze volgens de wensen van het bedrijf. A: Vragen stellen, doelstelling formuleren, project afbakenen en vervolgens een onderzoeksvraag met deelvragen formuleren. R: Een afgebakende opdracht die met een hoofdvraag en deelvragen een gewenst resultaat voor het bedrijf verzorgd. R: De opdracht is duidelijk in kaart gebracht, ondanks vertraging door de verandering van opdracht en daarmee is de student tevreden en zelfverzekerd begonnen met de opdracht.
1b	Zelfstandig aangeven wat de mogelijke invloed is op complexe en onbekende bedrijfseconomische, maatschappelijke en vakgebied gerelateerde aspecten in een multidisciplinaire context	In het marktonderzoek in <i>bijlage IX</i> wordt er aangegeven dat er een aantal concurrenten op de markt zijn waar het bedrijf rekening mee kan houden. De invloed van het ontwerp kan op maatschappelijk niveau een groot deel bijdragen aan de grote hoeveelheid CO₂ uitstoot van de e-commerce logistiek (zie H2.2.4 <i>Waarom</i>). S: In de beginfase van het project was er nog geen tot weinig informatie over huidige toepassingen van lokale opslagunits. T: Doe onderzoek naar de huidige markt, welke soortgelijke producten bestaan al en wat is de maatschappelijke impact van de huidige logistieke sector. A: Met behulp van een literatuurstudie is er gekeken naar concurrerende producten en de maatschappelijke impact van de logistieke sector. R: Een overzicht met soortgelijke producten en argumentatie waarom deze producten het (nog) niet goed genoeg doen. Daarnaast is er bekend geworden dat de CO₂-uitstoot verminderd kan worden met inzet van lokale opslageenheden van pakketten. R: De student is tevreden met de informatie die door hem is opgezocht. De inhoud van de analysefase is groter dan in eerste instantie verwacht maar bevat veel bruikbare informatie voor het bedrijf.
1c	Zelfstandig formuleren van een heldere probleemstelling, doelstelling en opdracht aan de hand van onbekende, complexe en ongestructureerde wensen van de klant in een multidisciplinaire context	In H2.2 is de huidige situatie met de problemen in kaart gebracht met een 5W2H-analyse. In H2.3 en H2.4 zijn respectievelijk de probleemstelling en doelstelling geformuleerd uit de probleemanalyse (H.2.2) en opdracht (H2.1). De opdracht is afgebakend in H2.5 en de deliverables zijn bepaald in H2.6.

		S: De gegeven opdrachtomschrijving is complex en niet duidelijk afgebakend geleverd door de opdrachtgever. T: Doe onderzoek naar het huidige probleem, wat het product moet oplossen. Overleg met de opdrachtgever wat het uiteindelijke opgeleverde werk zal zijn. A: Met een onderzoek wordt het probleem door een 5W2H-analyse in kaart gebracht. De doelstelling is in overleg met het bedrijf opgesteld en de doelstelling van de student is aan de hand van de te behalen competenties bepaald. R: Met de probleemanalyse is er een probleemstelling geformuleerd. De wensen van het bedrijf voor de opdracht zijn verwerkt in de doelstelling en de doelstellingen van de student komen overeen met de werkzaamheden die binnen de opdracht vallen. R: De student is tevreden met de resultaten van de 5W2H-analyse. De antwoorden op de vragen hebben het huidige probleem goed in kaart gebracht.
1d	Zelfstandig opstellen van een programma van (onbekende en complexe technische & niet-technische) eisen in een multidisciplinaire context en dit vast kunnen leggen	In <i>bijlage VI</i> is een overzicht van de eisen en wensen geplaatst. Deze eisen zijn opgesteld met eisen van de opdrachtgever, klantwensen, literatuurstudies en criteria die van belang zijn bij het ontwerpen. Zwaarwegende eisen worden meegeteld als succescriteria in <i>H5.1.1</i>. S: Er is weinig informatie beschikbaar over de eisen vanuit het bedrijf. T: Doe onderzoek naar bruikbare (wettelijke) eisen die gesteld worden aan afvalcontainers. Doe een onderzoek naar mogelijke klantwensen en ergonomie. Overleg met de begeleider welke eigenschappen en eisen er gesteld kunnen worden aan het ontwerp. A: Met literatuurstudies zijn er uit bronnen eisen vastgesteld. Deze eisen komen uit normen, eisen van gemeenten voor afvalcontainers. Er is ook overlegd met de begeleider over eisen waar het ontwerp aan moet voldoen. R: Met de onderzoeken is er een PvE&W, opgesteld en zijn er succescriteria opgesteld. R: Vanuit het perspectief van de student is het heel lastig om te beginnen met een ontwerp en een PvE&W op te stellen, zonder enige houvast van eerdere onderzoek en informatie. Er is veel tijd gestopt in het uitbreiden van de eisen door onderzoek te doen en te overleggen met de bedrijfsbegeleider.
1e	Zelfstandig modelleren van een bestaand onbekend(e) en complex(e) product, proces of dienst in een multidisciplinaire context	Van het gekozen concept zijn er met berekeningen, materiaalonderzoek en dimensionering (respectievelijk in <i>bijlage XIII</i> en <i>Bijlage XII</i>) componenten ontworpen. Met het CAD-programma Autodesk Inventor 2020 zijn deze gemodelleerde componenten tot stand gekomen. Alle gemodelleerde onderdelen zijn in <i>H6.1.1 tot en met H6.1.9</i> toegelicht met illustratie van het component/subassemblage. S: Het gekozen concept is gekozen en de werking van de componenten is uitgewerkt. T: Ontwerp en modelleer de componenten in (sub)assemblage(s) om het product te visualiseren en onderdelen met elkaar te laten samenhangen. A: De onderdelen zijn gedimensioneerd met berekeningen en materiaalkeuzes zijn verantwoord. Vervolgens zijn de onderdelen in Autodesk Inventor 2020 gemodelleerd. R: Uit het ontwerpproces is er een 3D-model ontworpen van het systeem met Autodesk Inventor 2020. In dit model bevinden zich originele complexe onderdelen, geïmporteerde CAD-modellen van producten in één assemblage.

		R: De student is zeer tevreden over het 3D-model resultaat. Het model geeft een compleet gedetailleerd product weer en heeft een professionele uitstraling. Daarnaast is de student tevreden over het toepassen van zijn materialenkennis met behulp van CES Edupack.
	Ontwerpen niveau 3	
2a	Zelfstandig in staat zijn om vanuit de opgestelde eisen een onbekende en complexe concept-oplossing (architectuur) te bedenken en te kiezen in een multidisciplinaire context	Met de opgestelde eisen is er een morfologisch overzicht opgesteld in <i>H5.2</i>. Met het morfologisch overzicht zijn er vier concepten ontwikkeld (<i>H5.3</i>). De concepten zijn getoetst aan de ontwerpcriteria (<i>bijlage VIII</i>). De acceptabele concepten die voldoen aan alle eisen zijn vervolgens getoetst aan de succescriteria in <i>H5.1.1</i> om het beste concept te bepalen. S: De eisen zijn grotendeels opgesteld en de deelfuncties zijn bekend. Voor de deelfuncties worden er deeloplossingen bedacht. T: Genereer deeloplossingen in een morfologisch overzicht en werk deze uit tot concepten. A: De deeloplossingen zijn bedacht door oplossingen te bedenken om elke functie te vervullen op verschillende manieren. R: Er is een morfologisch overzicht opgezet met de deeloplossingen. Met het morfologisch overzicht zijn er vier concepten gegenereerd. R: De student had graag nog een systeemmodel willen maken van het proces op basis van het black-box model. Door tijdsgebrek is dit niet uitgevoerd.
2b	Maken van gedetailleerde complexe ontwerpen aan de hand van de gekozen onbekende en complexe en concept-oplossing (architectuur) in een multidisciplinaire context	In het morfologisch overzicht in <i>H5.2</i> zijn de concepten gekozen aan de hand van de deelfuncties (bepaald in <i>bijlage V</i>) en de hiervoor bedachte deeloplossingen. Vanuit de deeloplossingen zijn er meerdere concepten samengesteld tot complexe ontwerpen in <i>H5.3</i>. S: De deeloplossingen zijn bedacht en in een morfologisch overzicht gezet. T: Vorm concepten uit samengestelde deeloplossingen A: De deeloplossingen voor elke deelfunctie zijn samengevoegd tot vier concepten. De concepten zijn vervolgens getoetst aan de ontwerpcriteria en succescriteria om het beste concept te bepalen. R: Uit de concepten is er met ontwerp- en succescriteria bepaald dat Concept 1 het beste voldoet aan de gestelde eisen. R: Het bedrijf gaf van de concepten 1 & 2 aan dat deze de voorkeur hadden en op een lijn zaten met hun eigen idee over het ontwerp.
2c	Zelfstandig rekening kunnen houden met de onbekende en complexe maakbaarheid en testbaarheid van het ontwerp in een multidisciplinaire context	In <i>bijlage XII</i> en <i>Bijlage XIII</i> zijn er respectievelijk materiaalonderzoeken en berekeningen voor de componenten gedaan. Verbindingstechnieken en milieuomstandigheden zijn meegenomen bij de maakbaarheid en testbaarheid van de onderdelen in <i>H6</i>. S: De ontworpen componenten worden belast op krachten en moeten correct functioneren in bepaalde (weer)omstandigheden. De onderdelen moeten geassembleerd kunnen worden met eenvoudige gereedschappen en er moet toegang zijn voor onderhoud. T: Ontwerp onderdelen die rekening houden met bevestigingsmethoden, assemblage, materiaal en belastingen.

		A: Er is onderzoek gedaan naar de weersomstandigheden en belastingen. Daarnaast is er gekeken welke onderdelen verwijderd kunnen worden voor assemblage en onderhoud. R: De belangrijkste componenten zijn berekend op belastingen en hebben een materiaal toegewezen gekregen op basis van een materialenonderzoek. De onderdelen worden bevestigd met optie tot de-assembleren bij componenten die toegang bieden tot onderhoud. R: De onderzoeken naar weersomstandigheden en het betrekken van deze componenten heeft een goede indruk achtergelaten bij het bedrijf. Daarnaast geeft het ook aan dat de student verder doordenkt en rekening houdt met deze componenten in het ontwerp.
2d	Het zelfstandig verifiëren van het complexe ontwerp aan de hand van het complexe programma van eisen in multidisciplinaire context	De ontwikkelde ontwerpen worden getoetst aan het PvE&W (zie <i>Bijlage VI</i>) om te controleren dat het ontwerp voldoet aan alle eisen in <i>bijlage VI</i>. Alleen de concepten die aan alle eisen voldoen worden verder uitgewerkt en getoetst aan de succescriteria in <i>H5.1.1</i>. S: De concepten zijn samengesteld met de deeloplossingen uit het morfologisch overzicht. T: Verifieer de concepten, of ze voldoen aan de gestelde eisen en bepaal van de acceptabele concepten welk concept het meest geschikt is. A: De concepten worden getoetst aan de ontwerpcriteria, de concepten die niet voldoen aan de eisen zijn niet geschikt voor het product. Er wordt een score gegeven aan de acceptabele concepten en het concept met de hoogste score wordt gekozen als eindconcept. R: De vier concepten uit het morfologisch overzicht zijn getoetst aan de ontwerpcriteria. Concept 3 en Concept 4 voldoen niet aan alle eisen en zijn daarbij niet geschikt voor het ontwerp. Concept 1 en 2 zijn getoetst aan de succescriteria en hebben een score toegekend gekregen. R: De student is tevreden met het resultaat uit de concept selectieprocedure.
2e	Zelfstandig selecteren van de juiste onbekende en complexe ontwerp-hulpmiddelen in een multidisciplinaire context	Het CAD-programma Autodesk Inventor 2020, CES Edupack, frame generator, stress analysis zijn door de student beschouwd als benodigde ontwerp-middelen en komen terug in het verslag als illustraties van de gemodelleerde onderdelen (<i>H6.1.1 t/m H6.1.9</i>) als deel van het materiaalonderzoek in <i>Bijlage XII</i>. S: De componenten zijn bekend. De materialen moeten bepaald worden en de componenten moeten doorgerekend en gemodelleerd worden. T: Bepaal het materiaal van de componenten, modelleer de componenten en visualiseer doorbuigingen ten gevolge van belastingen. A: Met de materialendatabase van CES Edupack is er met selectiecriteria een materiaal gekozen voor de componenten. De Componenten zijn in Autodesk Inventor 2020 gemodelleerd. Hierbij is er ook gebruik gemaakt van de Frame Generator functie om een frame uit buisprofielen samen te stellen. R: Er zijn materialen bepaald voor de componenten, specifiek voor de stellingen en het frame is er uitbundig onderzoek naar de materialen gedaan. Alle onderdelen zijn in een 3D-model geassembleerd. Het frame is met behulp van de Frame Generator functie tot stand gekomen. R: De student heeft veel tijd gestopt in het modelleren en samenhangend ontwerpen van de componenten. Hierbij zijn er ook nieuwe functies gebruikt in zowel Autodesk Inventor 2020 als in CES Edupack om het resultaat professioneler te maken. De student heeft hiermee ook meer ervaring en kennis opgedaan van de mogelijkheden in beide programma's.

2f	Zelfstandig opstellen van de documentatie ten behoeve van het complexe product, de complexe dienst of het complexe proces in een onbekende of multidisciplinaire context	Het uiteindelijke concept is in <i>H6</i> gedocumenteerd. Waar nodig is er een verwijzing naar bijlagen voor berekeningen, materiaalbepalingen of uitgebreide selectieprocedure. De componenten die ingekocht worden zijn voorzien van info over het serienummer, fabrikant, afmetingen en materiaal. S: De componenten zijn tot stand gekomen met berekeningen en materiaalonderzoeken. Vervolgens zijn de onderdelen gemodelleerd. T: Documenteer de berekeningen, materiaalonderzoeken en een beschrijving van de onderdelen. A: De berekeningen zijn uitgeschreven en hebben een VLS om de berekening duidelijk te maken. De materiaalonderzoeken zijn gedocumenteerd met bronnen en grafieken ter referentie. De onderdelen zijn beschreven in grote lijnen. R: De berekeningen en het materialenonderzoek zijn in Bijlage XII en Bijlage XIII volledig gedocumenteerd. In het hoofdverslag zijn de belangrijkste keuzes en de resultaten gedocumenteerd met verwijzingen naar de bijlagen. De subassemblages zijn in het hoofdverslag toegelicht. R: De student is zeer tevreden met de complexiteit en de samenhang van de componenten dat in korte tijd gerealiseerd is.
	Adviseren niveau 3	
6a	Zich zelfstandig inleven in de onbekende en complexe positie van de (interne of externe) klant in een multidisciplinaire omgeving	Ergonomie voor bezorgers bij vaak inladen van pakketten en een comfortabele opleghoogte voor rolstoelgebruikers is door de student ingeschat als een meewegende factor bij het ontwerpen (zie <i>H4.4</i>). Daarnaast heeft de student zelf ook rekening gehouden met de waterlast die in de buitenomgeving aanwezig kan zijn (<i>H6.1.7 & Bijlage IX</i>). S: Het concept is ontwikkeld en gedocumenteerd. Uit de werkzaamheden kan er een conclusie getrokken worden en een advies geformuleerd worden. T: Formuleer adviezen op basis van de resultaten van de verschillende onderzoeken. A: Met de documentatie wordt er kritisch gekeken naar het eigen geleverde werk. Er wordt bepaald welke onderdelen extra aandacht vereisen en er wordt gekeken wat de eerstvolgende stappen kunnen zijn voor het bedrijf. R: Er is een advies geformuleerd voor het bedrijf. Dit advies geeft aan wat het huidige ontwerp ontbreekt en welke stappen niet voltooid of compleet uitgevoerd zijn. Het bedrijf kan de gedocumenteerde informatie gebruiken om de volgende stappen te zetten. R: De student is tevreden met zijn eigen inzet om het bedrijf met informatie te voorzien, die deels buiten de scope valt maar wel een grote bijdrage heeft bij het ontwerp.
6b	Zelfstandig verhelderen van de onbekende en complexe behoefte van de opdrachtgever in een multidisciplinaire omgeving	Zelfstandig voorstellen en ideeën opperen aan de opdrachtgever met uitleg waarom dit van belang kan zijn. Eisen in het PvE (zie <i>Bijlage VI</i>) zijn hierdoor tot stand gekomen samen met een materiaalonderzoek. S: Er is geen vooronderzoek door het bedrijf uitgevoerd voor de opdracht. T: Stel zelfstandig eisen op uit onderzoeken.

		A: Er is op eigen initiatief een onderzoek gedaan naar betonbakformaten en bruikbare eisen waar ondergrondse afvalcontainers aan moeten voldoen. R: Met de resultaten uit de onderzoeken zijn er eisen opgesteld voor bijvoorbeeld het betonbakformaat en eisen voor veiligheid. Deze eisen zijn met toelichting voorgelegd aan de bedrijfsbegeleider en goedgekeurd. R: De student vond het lastig om in de beginfase de complexiteit van onbekende elementen uit te zoeken. Er is hier ook veel tijd in gestopt.
6c	Zelfstandig in overleg met relevante partijen de onbekende en complexe klantbehoefte vertalen naar technisch & economisch haalbare oplossingen in een multidisciplinaire omgeving	Er is onderzoek gedaan en contact gelegd met betonbak fabrikanten voor toekomstige samenwerking/recycling van betonbakken. Als resultaat is er informatie beschikbaar gesteld door Van Dijk Beton B.V. (zie <i>Bijlage X</i>). S: Er is geen informatie beschikbaar over betonbakken en of de toepassing gebruik kan maken van de betonbakken. T: Leg zelfstandig contact met betonfabrikanten. A: Onderzoek of de betonbakken gebruikt kunnen worden voor de toepassing, zo ja, onderzoek hoe ze ingezet kunnen worden. R: Doordat de informatie over betonbakken beperkt beschikbaar is, is er veel telefonisch contact gelegd met verschillende bedrijven. Er is geïnventariseerd wat de bedrijven aanbieden voor formaten betonbakken. Vervolgens is er aan de bedrijfsbegeleider geadviseerd om het concept te baseren op het meest voorkomende formaat betonbak. R: De student heeft contact gelegd met meerdere bedrijven om zelf meer informatie en duidelijkheid te krijgen over het onderwerp.
6d	Zelfstandig kunnen onderbouwen van een onbekend en complex advies en de klant hiervan overtuigen in een multidisciplinaire omgeving	Er is op basis van de resultaten van het ontwerponderzoek een advies geformuleerd voor de opdrachtgever (zie <i>H8</i>). Dit advies wordt op meerdere vlakken gegeven. Het advies betreft materiaaladviezen, ontwerpadviezen en advies naar de volgende stappen die ondernomen kunnen worden. S: De onderzoeken en studies zijn gedocumenteerd. Uit de resultaten is een conclusie getrokken. T: Formuleer een advies op basis van de resultaten van het onderzoek. A: Reflecteer op het geleverde werk en formuleer een advies. R: Uit de reflectie van het geleverde werk is een advies opgesteld over belangrijke stappen die aangeraden worden om het ontwerp te verbeteren. Ook wordt er vermeldt waar er verder onderzoek naar gedaan moet worden en welke onderdelen niet volledig uitgewerkt zijn. R: Uit het geleverde werk blijkt dat sommige componenten voldoende afgerond zijn maar wel verbeterd kunnen worden. Dit geldt ook voor sommige onderzoeken. De student heeft dit vermeldt in het advies voor het bedrijf.
6e	Zelfstandig onbekende en complexe relaties met klanten op een adequate wijze onderhouden in een multidisciplinaire context	Het contact is zelf opgezet met Van Dijk Beton B.V. om informatie in te winnen over het bedrijf en mogelijke toekomstige samenwerking (Zie <i>H4.2.1 Betonbak & Bijlage X</i>). Daarnaast is er ook contact gelegd met een aantal andere betonfabrikanten om daar informatie over in te winnen en gegevens te verzamelen voor verder onderzoek. De resultaten van dit contact en onderzoek bevinden zich in ook in <i>H4.2.1 Betonbak</i>. S: Tijdens het ontwerpproces worden er gewerkt aan aanpassingen en nieuwe onderdelen, gebaseerd op de beschikbare informatie van de betonbak.

		T: Onderhoudt contact en stel vragen aan de leverancier van de betonbak. A: Stel vragen bij onduidelijke verschafte informatie. R: Uit het contact is er bekend geworden welk formaat betonbak het meeste voorkomt. Daarnaast is er ook vaker contact geweest om vragen te stellen en om informatie te vergaren. Zo zijn er werktekeningen met dimensies van de betonbak beschikbaar gesteld door Beton bedrijf Van Dijk Beton B.V. R: De student heeft zelf meerdere keren contact gelegd met het bedrijf dat de informatie heeft geleverd.
	Professionaliseren niveau 3	
8a	Op zelfstandige wijze een onbekend en complex leerdoel en leerstrategie bepalen en uitvoeren in een multidisciplinaire context en het resultaat terugkoppelen naar het leerdoel	Het leerdoel is in het Plan van Aanpak als eerste versie geformuleerd. Het leerdoel bevindt zich in <i>H2.4</i>. De leerstrategie is met een planning (<i>Bijlage XVI</i>) en binnen het theoretisch kader & methode beschreven in <i>Bijlage III</i>. S: De opdrachtschrijving is geleverd door het bedrijf. T: Bedenk een stappenplan voor het uitvoeren van de opdracht en bedenk daarbij welke doelen bereikt moeten worden, zowel voor het bedrijf als voor de student zelf. A: Met een Plan van Aanpak wordt er de opdracht en de doelen duidelijk afgebakend. R: In het Plan van Aanpak zijn er met de opdrachtschrijving een hoofdvraag en deelvragen geformuleerd. De opdracht is afgebakend, er zijn onderzoekstrategieën en methoden benoemd die gevolgd worden bij het ontwerpproces. Daarnaast zijn de leerdoelen aan de hand van competenties toegelicht en is de doelstelling van het bedrijf en de student geformuleerd. R: De student is tevreden hoe de complexiteit van de onbekende opdracht is omgezet tot een duidelijk afgebakend doel en opdracht.
8b	Zich zelfstandig flexibel opstellen in uiteenlopende onbekende en complexe beroepssituaties in een multidisciplinaire context	Tijdens de COVID-19 pandemie heeft flexibiliteit een grote rol gespeeld met verschaffing van kantoorruimten. Er is voornamelijk thuis gewerkt door wisselende COVID-19 situaties en beperkte kantoorruimte. Ook is er naast de hoofdpdracht een octrooi onderzoek gedaan naar de geannuleerde opdracht over het ontwerpen van een AGV-robot. Het octrooi onderzoek bevindt zich in <i>Bijlage XV</i>. S: Door de COVID-19 pandemie is er te weinig kantoorruimte en weinig tot geen fysiek contact. T: Probeer flexibel te zijn met werkruimtes, zowel op kantoor als thuissituatie. A: Voornamelijk thuis werken en online meeting bijwonen. R: Er is voornamelijk vanuit huis gewerkt. In de laatste weken is er vaker één dag op kantoor gewerkt om makkelijker te communiceren met de begeleider. R: De student vond het jammer dat hij niet op kantoor heeft kunnen werken. Helaas heeft dit ook invloed gehad op de motivatie, geleverde werk en welzijn tijdens de opdracht. Toch is de student tevreden met het uiteindelijke resultaat.

8c	Bij onbekende en complexe beroepsmatige en ethische dilemma's een afweging maken en een besluit nemen, rekening houdend met geaccepteerde normen en waarden in een multidisciplinaire context	Er is een onderzoek gedaan naar comfortabele opleghoogte om het product ook voor invaliden geschikt te maken. De opdrachtgever heeft verzocht daarnaast om een octrooi onderzoek van de geannuleerde opdracht in week 9 te starten en binnen een dag af te ronden. De student heeft de met een afweging besloten om zich te focussen op de huidige opdracht en in later stadium het octrooi onderzoek te doen. De opdrachtgever is akkoord gegaan en het octrooionderzoek is verplaatst naar wens van de student. S: Er is uit de student zelf besloten om het gebruikt van het product toegankelijk te maken voor invaliden. De bedrijfsleider heeft de student verzocht om een octrooi onderzoek van de vervallen opdracht uit te voeren. T: Doe onderzoek naar de huidige octrooi status van Attabotics en voer een onderzoek uit naar de ideale opleghoogte voor invaliden. A: Er is een onderzoek uitgevoerd naar normen die de ideale opleghoogte voor invaliden beschrijft. Het octrooionderzoek is uitgevoerd en gedocumenteerd. R: Uit het onderzoek naar de opleghoogte voor invaliden hoogte bepaald voor het inladen en pakken van pakketjes. Het octrooi onderzoek heeft een beeld geschetst welke octrooien Attabotics bemachtigd heeft en wat deze octrooien inhouden. R: De student vond het tijdrovend om het octrooi onderzoek uit te voeren en daarom is dit uitgesteld naar een later moment waar duidelijker werd of er genoeg tijd was om dit aparte onderzoek uit te voeren naast de hoofdopdracht.
8d	Op constructieve wijze zelfstandig onbekende en complexe feedback kunnen geven en ontvangen, zowel op gedrag als inhoud in een multidisciplinaire context	Er is wekelijks een vergadering gehouden om de voortgang van de student bij te houden. De student formuleert van tevoren zelfstandig vragen en levert feedback over het geleverde werk. De begeleider geeft feedback over het werk en dat wordt verwerkt in het onderzoek. S: Elke week is er een meeting met de bedrijfsbegeleider. T: Breng elke meeting informatie en vragen over de werkzaamheden die in die week zijn uitgevoerd. A: De werkzaamheden zijn elke week voorgelegd bij de begeleider en de vragen zijn gesteld aan de begeleider. Vervolgens wordt er feedback gegeven op het geleverde werk en wordt dit verwerkt in de documentatie en het ontwerp. R: De feedback over vragen zijn verwerkt in het onderzoek. Zo is er bijvoorbeeld informatie gevraagd aan de begeleider over materialen voor bepaalde componenten. R: De online meetings zijn volgens de student wel effectief geweest maar miste soms wel diepgang en concentratie van beide kanten. Een fysieke meeting gaat makkelijker af dan online, daarom is er op gegeven moment aangevraagd om wekelijks één meeting op kantoor te kunnen doen. Dit heeft positief bijgedragen aan de opdracht.
8e	Zelfstandig kunnen reflecteren op eigen onbekende en complexe handelen, denken en resultaten in een multidisciplinaire context	Het gegeven advies is gebaseerd op een zelfreflectie die uit de geleverde resultaten voortkomt. De resultaten zijn kritisch geanalyseerd. Vervolgens is er gekeken naar belangrijke aspecten die voor het bedrijf belangrijk zijn om mee te wegen bij het volgend onderzoek. S: De werkzaamheden zijn gedocumenteerd en worden kritisch bekeken door de student en waar nodig verbeterd. T: Controleer het geleverde werk en reflecteer op de werkwijze, documentatie, onderzoek, argumentatie en het ontwerp.

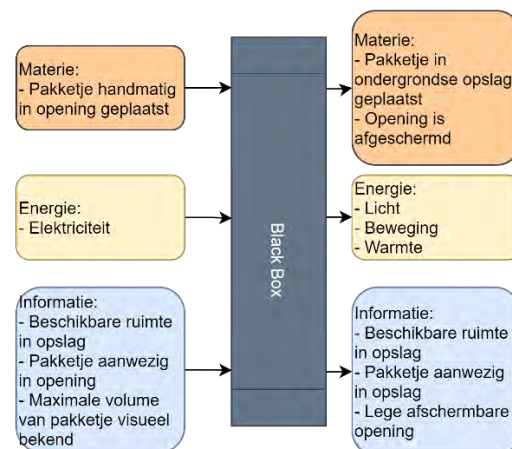
		A: De gedocumenteerde onderzoeken zijn zorgvuldig doorgelezen en aangepast waar nodig. De onderwerpen die niet zorgvuldig zijn afgesloten door tijdsgebrek of door de beginfase van het concept worden in een advies verwerkt, zodat het bedrijf hier rekening mee kan houden bij volgend onderzoek. R: In een advies zijn de tekortkomingen van het ontwerp en het geleverde werk geformuleerd. R: Het advies is veelzijdig en het bedrijf is zeer tevreden met het geformuleerde advies en documentatie
8f	Zelfstandig kunnen gebruiken van diverse onbekende en complexe communicatievormen en -middelen om effectief te kunnen communiceren in het Nederlands en Engels in een multidisciplinaire context	Binnen het moederbedrijf van OW Machinebouw B.V. is er met andere zusterbedrijven contact gelegd en kennisgemaakt. Voor het pakketonderzoek in <i>H4.3 Pakketformaat</i> is er contact gelegd met onbekenden om metingen te doen aan e-commerce verpakkingen. Er is gecommuniceerd met begeleiders en collegae, zowel op formele als sociale wijze. Hierbij is er ervaring opgedaan met vakinhoudelijke conversaties en sociaal mengen met het bedrijf. S: Binnen het bedrijf wordt er sociaal gecommuniceerd en wordt er bij meetings inhoudelijk over vak en opdracht gerelateerde onderwerpen gesproken. T: Communiceer met de collegae, opdrachtgever, schoolbegeleider en klanten. A: Er is actief met de begeleider en collegae contact benaderd over vraagstukken. R: Door actief contact op te zoeken is er meer geleerd en is er een sociale connectie ontstaan naast het werk. R: De begeleider, collegae en de student zelf zijn tevreden over contact en communicatie tijdens het project.

Bijlage V. Procesanalyse; volledige functieboom & functieblokschema

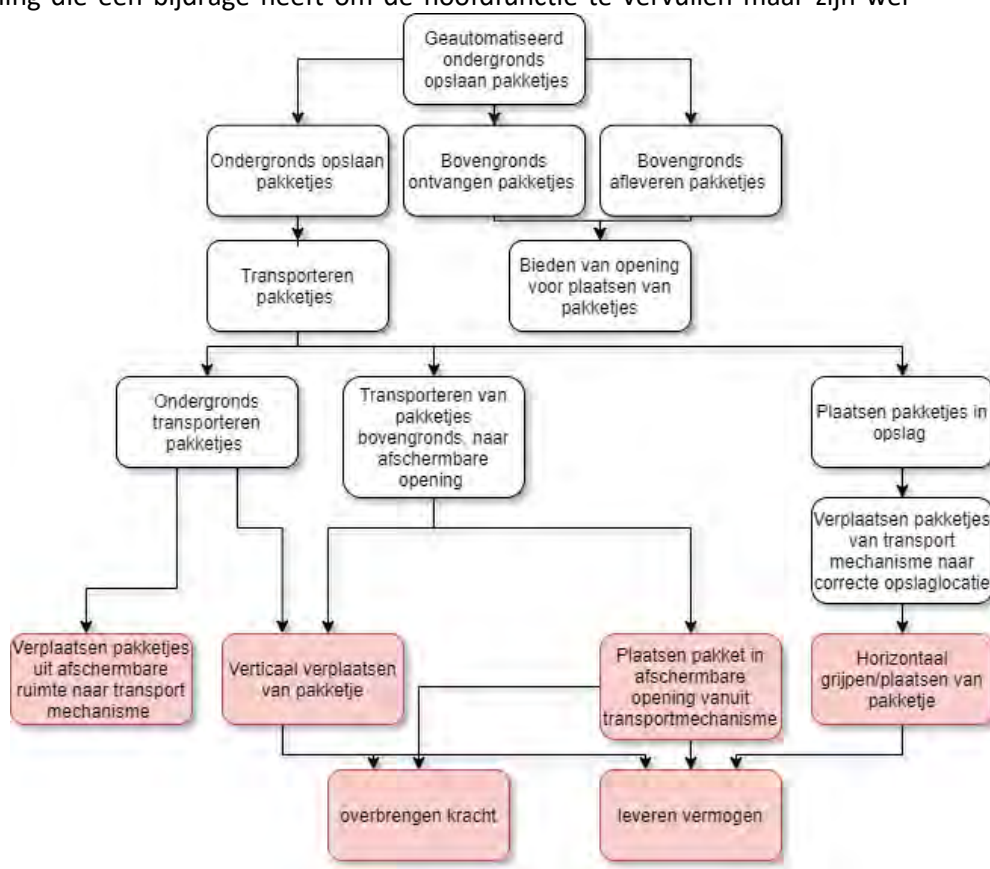
In de analysefase wordt er gekeken naar de functies van het concept. De functies worden geanalyseerd en zullen inleidend en aangevend zijn voor de ontwerpfase. Eerst wordt het proces bekeken als een simpel systeem. Door het systeem te benaderen met een “Black box”-model kan er gekeken worden wat de materie-, energie- en informatiestromen zijn vóórdat het pakketje door het systeem ondergronds in de opslag is geplaatst en nadat het pakketje opgeslagen is. Een schematische weergave van dit systeem is in *Figuur V.1* weergegeven.

Functieboom

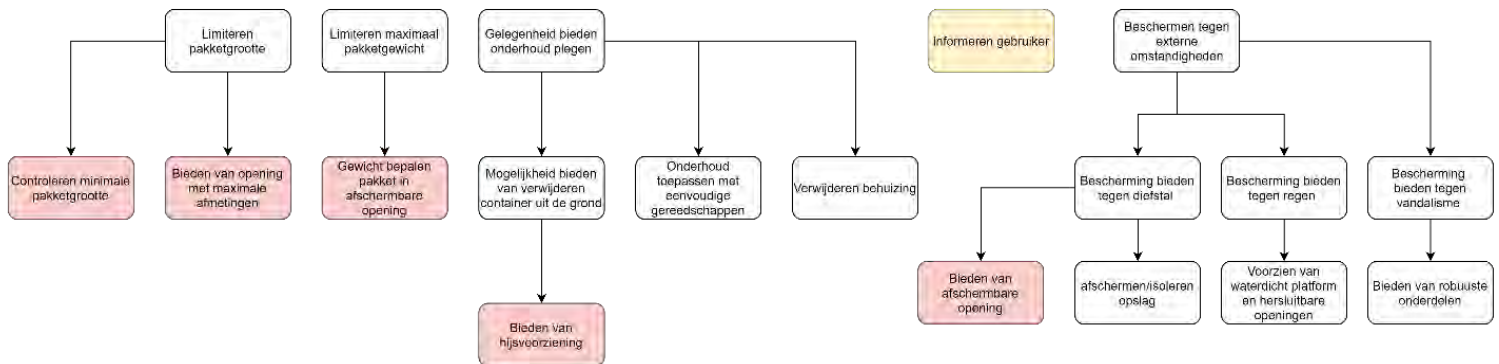
De verschillende functies die het ontwerp moet gaan vervullen staan in de functieboom van *Figuur V.2*. De hoofdfunctie staat boven aan en vertakt zich naar de uiteindelijke deelfuncties. Naast de deelfuncties zijn er ook hulpfuncties, deze functies hebben geen directe vervulling die een bijdrage heeft om de hoofdfunctie te vervullen maar zijn wel nuttig, zie *Figuur V.3*.



Figuur V.1 Het black box-model bij het opslaan van een pakketje.



Figuur V.2 Functieboom met hoofdfuncties.



Figuur V.3 De hulpfuncties worden weergegeven in een aparte functieboom.

Functieblokschema

Een functieblokschema laat zien welke functies worden vervuld in verloop van de tijd. In de afbeelding van *Figuur V.4* is het verloop van de handelingen te zien als het pakket door de bezorger geplaatst wordt. In *Figuur V.5* zijn de handelingen te zien als het pakket opgevraagd wordt door de ontvanger.

bezorger functie: Tijd: [stappen]	1	2	3	4	5	6	7
Materie:	Openen afsluitbare ruimte	Handmatig plaatsen pakket in afsluitbare ruimte	Sluiten afsluitbare ruimte	verplaatsen pakket naar hijsmechanisme	verticaal verplaatsen van hijsmechanisme + pakket	horizontaal verplaatsen van pakket in opslagstelling	verplaatsen naar rustpositie
					horizontaal verplaatsen van hijsmechanisme + pakket		verplaatsen naar afsluitbare ruimte
							openen afsluitbare opening
Info:	weergeven openen ruimte	weergeven correcte afmetingen en gewicht van pakket	geluid van bewegende onderdelen	geluid van bewegende onderdelen	geluid van bewegende onderdelen	vragen of nog een pakket geplaatst moet worden	weergeven pakket is geplaatst
			weergeven pakket wordt in opslag geplaatst	weergeven pakket wordt in opslag geplaatst	weergeven pakket wordt in opslag geplaatst		
Energie:	spierkracht/elekt rische energie	spierkracht	elektrische energie naar beweging	elektrische energie naar beweging	elektrische energie naar beweging	elektrische energie naar beweging	elektrische energie naar beweging

Figuur V.4 Het functieblokschema bij het plaatsen van een pakket.

ontvanger functie:								
Tijd: [stappen]	1	2	3	4	5	6	7	8
Materie:	Pakket aanvragen	verticaal verplaatsen hijsmechanisme van rustpositie naar locatie pakket	grijpen van pakket	plaatsen van pakket op hijsmechanisme	verplaatsen hijsmechanisme naar afsluitbare opening	plaatsen pakket in afschermbare ruimte	Openen van afschermbare ruimte	pakken van pakket door ontvanger
		horizontaal verplaatsen hijsmechanisme van rustpositie naar locatie pakket						
Info:	weergeven QR code gekoppeld aan ontvanger	geluid van bewegende onderdelen	geluid van bewegende onderdelen	geluid van bewegende onderdelen	geluid van bewegende onderdelen	geluid van bewegende onderdelen	pakket is binnen handbereik	pakket kan uit afsluitbare ruimte gepakt worden
	afsluitbare ruimte is afgesloten	weergeven pakket wordt gepakt	weergeven pakket wordt gepakt	weergeven pakket wordt gepakt	weergeven pakket wordt gepakt	weergeven pakket wordt gepakt		
Energie:	elektrisch naar licht	elektrische energie naar beweging	elektrische energie naar beweging	elektrische energie naar beweging	elektrische energie naar beweging	elektrische energie naar beweging	elektrische energie naar beweging	spierkracht naar beweging

Figuur V.5 Het functieblokschema bij het opvragen van een pakket.

Bijlage VI. Volledig PvE&W

Binnen de eisen en wensen die gesteld zijn, kan er onderscheid gemaakt worden tussen verschillende soorten criteria; (klant)eisen en -wensen, ontwerpeisen en specificaties. Bij het onderzoek komen er grotendeels specificaties en ontwerpeisen te pas omdat het ontwerp geen voorganger kent.

- (Klant)eisen en -wensen: De eisen en wensen van de (eind)gebruiker.
- Ontwerpeisen: De randvoorwaarden die door de opdrachtgever gesteld zijn.
- Specificaties: Eisen waaraan het product moet voldoen.

Nummer	Eis	Bron	Toets methode, controle met behulp van:	Vaste eis	Variabele eis
1	Algemene eisen				
1.1	De opslagruimte van de container moet zich ondergronds bevinden	Opdrachtgever	CAD Model	X	
1.2	De opslagruimte moet automatisch afgesloten kunnen worden van de plek waar pakketjes worden aangeleverd.	Opdrachtgever	CAD Model	X	
1.3	Het oppervlak boven de grond waar de gebruikers op staan moet voorzien zijn van een antislip oppervlak zonder scherpe randen.	Opdrachtgever	CAD Model		X
1.4	Het antislip oppervlak moet minimaal de afmetingen hebben van de betonbak.	Opdrachtgever	CAD Model		X
1.5	Er moet een constructie aan het bovengrondse deel zijn waarmee de gehele container uit de grond getrokken wordt met een kraanwagen. Deze constructie moet overeenkomen met één van de vijf constructies in NEN-EN 13071-3:2019.	NEN-EN 13071-3:2019	CAD Model		X
1.6	Het mechanisme moet een pakket binnen 10 seconden kunnen ontvangen en in de opslag plaatsen.	Opdrachtgever	Berekening	X	

1.7	Het mechanisme moet elke 15 seconden een nieuw pakket kunnen aanleveren voor de ontvanger	Opdrachtgever	Berekening	X	
1.8	De totale hoogte van de container (inclusief hijsvoorziening) is maximaal 6000 mm.	NEN-EN 13071-1:2019	CAD Model	X	
1.9	De ondergrondse opslag, stellages, mechanisme en omhulsel dienen schaalbaar te zijn in lengte, breedte en hoogte voor andere formaten betonbakken.	Opdrachtgever	Succescriteria		X
1.10	De container is dusdanig uitgevoerd dat deze in bestaande betonbakken kan worden geplaatst van 1425 mm x 1425 mm [breedte x diepte] (waarbij er geen aanpassingen aan de betonbakken of containers dienen te worden uitgevoerd).	Opdrachtgever	CAD Model	X	
1.11	De container mag niet hangen aan het voetgangersplatform. Het moet op de fundering rustten van het trottoir of op de betonbak rusten.	Ontwerp eis	CAD Model	X	
1.12	Er moet binnen 17 weken een concept ontworpen zijn.	Opdrachtgever	Succescriteria	X	
2	Pakket opname/afgifte systeem				
2.1	De maximale afmetingen van het pakket is 350mm x 250mm x 200 mm [L x B x H].	Opdrachtgever	CAD Model	X	
2.2	Het gewicht van het pakket is maximaal 20 kg.	Opdrachtgever	-	X	
2.3	De bezorger moet het pakket in een afsluitbare ruimte kunnen plaatsen.	Opdrachtgever	CAD Model	X	
2.4	De ontvanger moet het pakket uit een afsluitbare ruimte kunnen halen.	Opdrachtgever	CAD Model	X	

2.5	De bovengrondse inwerp- en afhaalvoorziening moet zodanig geconstrueerd zijn dat er geen regenwater erop blijft liggen.	(GAD, 2015)	CAD Model/testopstelling		X
2.6	De ligger met het uitschuifbaar platform mag maximaal 2 mm doorbuigen.	Ontwerp eis	(Hand)berekening & simulatie	X	
2.7	De bovengrondse inwerp- en afhaalvoorziening moet gemaakt zijn van 3 mm dik plaatstaal (tegen vandalisme)	Opdrachtgever	CAD Model	X	
2.8	De minimale statische wrijvingscoëfficiënt tussen de grijpende plaat en de krat is 0.25.	Ontwerp eis	Handberekening	X	
2.9					
3	Pakket plaatsen in opslag				
3.1	Het pakket moet uit de afsluitbare ruimte gehaald worden en in de opslag geplaatst worden.	Opdrachtgever	CAD Model	X	
3.2	De pakketten moeten geautomatiseerd in de opslag geplaatst worden.	Opdrachtgever	CAD Model	X	
3.3	De gehele container dient bestand te zijn tegen inwerking van weeromstandigheden.	Opdrachtgever	Literatuuronderzoek		X
3.4	De opslag moet bevestigd worden aan de bovengrondse delen van de container.	Ontwerp eis	CAD Model		X
3.5	De opslag dient aan alle zijden voorzien te zijn van een beschermende, afsluitende behuizing.	Ontwerp eis	CAD Model	X	
3.6	De stellages moeten tussen de "gestapelde" kratten een ruimte van 70 mm laten om de krat van onderen op te tillen met het uitschuifbare platform.	Ontwerp eis	CAD Model	X	
4	Reparatie en onderhoud				
4.1	De behuizing rondom de ondergrondse opslag moet los te halen zijn voor onderhoud.	Opdrachtgever	CAD Model	X	

4.2	Bovengrondse en ondergrondse onderdelen dienen gemakkelijk (met gebruik van eenvoudige gereedschappen) vervangen te kunnen worden.	(GAD, 2015)	Succescriteria		X
4.3	Er moet ruimte zijn voor een waterpomp in de opslag voor wateroverlast.	Opdrachtgever	CAD Model	X	
4.4	Het product moet zo robuust mogelijk zijn.	Ontwerp eis	Succescriteria		X
4.5					
5	Ondergrondse opslag				
5.1	De ondergrondse opslag moet in een afgesloten beschermend omhulsel te zitten.	(Ouden, 2021)	CAD Model	X	
5.2	De ruimte tussen de betonblok en het beschermende omhulsel moet rondom minimaal 10 mm zijn.	Ontwerp eis	CAD Model	X	
5.3	Het omhulsel dient bovengronds met eenvoudige gereedschappen los te koppelen zijn.	Opdrachtgever	CAD Model	X	
6	Omgeving en veiligheid				
6.1	De container moet minimaal 3 cm boven de grond uitsteken om inwateren te voorkomen.	(GAD, 2015)	CAD Model		X
6.2	Elk oppervlak waar gebruikers mee in contact kunnen komen mogen geen scherpe randen bezitten. De randen moeten minimaal een radius van 1.4 mm hebben.	NEN-EN 13071-1:2019	CAD Model	X	
6.3	Er mag geen klemgevaar zijn voor de gebruikers bij de afschermbare ruimte bij het plaatsen en afnemen van de pakketjes.	Ontwerp eis	CAD Model	X	
6.4					
7	Ergonomie				

7.1	De bediening en de afsluitbare ruimte dienen op de acceptabele hoogte van te zijn volgens NEN-EN 1005-4.	NEN-EN 1005-4	CAD Model	X	
7.2	Er dient rekening te worden gehouden met rolstoel- en rollatorgebruikers.	Opdrachtgever	Succescriteria		X
Nummer	Wens	Bron	Toets methode, controle met behulp van:		
W	Algemene wensen				
W.1	De constructies moeten zo licht mogelijk gemaakt worden.	Opdrachtgever	Succescriteria		
W.2	Wenselijk om opslagvolume aan te passen op volume van het pakket, dynamisch omgaan met de beschikbare ruimte.	Opdrachtgever	-		
W.3	Er moet zoveel mogelijk rekening worden gehouden met vandalisme en diefstal beperking bij het ontwerpen	Opdrachtgever	Succescriteria		
W.4	De bovengrondse interface moet er zo aantrekkelijk mogelijk uitzien.	Ontwerp eis	-		
W.5	De kast bovengronds moet hinderlijke reflectie voor verkeer zoveel mogelijk vermijden.	Ontwerp eis	-		

Bijlage VII. Bronvermelding morfologisch overzicht

1. (Flevoscheepsbeglazing, sd),
2. (Allegro Archiwum, sd),
3. (Wikipedia, 2021),
4. (Norah B.V., sd),
5. (HBM Machines, sd),
6. (Palletplaza B.V., sd),
7. (Bauer GmbH, sd),
8. (Shiphorst B.V., sd),
9. (Techniekkids, sd),
10. (tom19275, 2017),
11. (AGV, Industry 4.0, Inteligencia Artifical, Visión Artificial, 2018),
12. (MCA Linear motion robotics, sd),
13. (HIWIN B.V., sd),
14. (Gallagher, sd),
15. (Almotion, sd),
16. (Almotion, sd),
17. (Rollon GmbH, sd),
18. (Tevel Techniek B.V., sd),
19. (NEN, 2019),
20. (NEN, 2019),
21. (NEN, 2019),
22. (NEN, 2019),
23. (NEN, 2019)

Bijlage VIII.Toetsing aan ontwerpcriteria & eisen

Concept 1 tot en met 4 zijn getoetst aan de opgestelde ontwerpcriteria. In de huidige fase kunnen niet alle gestelde eisen geverifieerd worden. Er wordt in de onderstaande tabel aangegeven welke eisen het concept aan voldoet met een groene vink. De eisen waaraan een concept niet voldoet wordt aangegeven met een rood kruis. De eisen die niet geverifieerd kunnen worden, worden aangegeven met nader te bepalen. Vervolgens wordt er per eis toegelicht waarom deze niet op dit moment geverifieerd kunnen worden. Er wordt tot slot aangegeven hoe de eisen getest en geverifieerd moeten worden in volgende stadia.

Tabel VIII.1 Toetsing van de concepten aan de ontwerpcriteria.

Nummer	Eis	Concept 1: XYZ-platform lift	Concept 2: Paternoster lift	Concept 3: AGV lift	Concept 4: Verticaal transporterende stellingen
1	Algemene eisen				
1.1	De opslagruimte van de container moet zich ondergronds bevinden	✓	✓	✓	✓
1.2	De opslagruimte moet automatisch afgesloten kunnen worden van de plek waar pakketjes worden aangeleverd.	✓	✓	✓	✓
1.3	Het oppervlak boven de grond waar de gebruikers op staan moet voorzien zijn van een antislip oppervlak zonder scherpe randen.	✓	✓	✓	✓
1.4	Het antislip oppervlak moet minimaal de afmetingen hebben van de betonbak (bovenaanzicht).	✓	✓	✓	✓
1.5	Er moet een constructie aan het bovengrondse deel zijn waarmee de gehele container uit de grond getrokken wordt met een kraanwagen. Deze constructie moet overeenkomen met één van de vijf constructies in NEN-EN 13071-3:2019.	✓	✓	✓	✓
1.6	Het mechanisme moet een pakket binnen 10 seconden kunnen ontvangen en in de opslag plaatsen.	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen
1.7	Het mechanisme moet elke 15 seconden een nieuw pakket kunnen aanleveren voor de ontvanger	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen
1.8	De totale hoogte van de container (inclusief hijsvoorziening) is maximaal 6000 mm.	✓	✓	✓	✓
1.9	De ondergrondse opslag, stellages, mechanisme en omhulsel dienen schaalbaar te zijn in lengte, breedte en hoogte voor andere formaten betonbakken.	Nader te bepalen	✓	✓	✓

1.10	De container is dusdanig uitgevoerd dat deze in bestaande betonbakken kan worden geplaatst van 1425 mm x 1425 mm [breedte x diepte] (waarbij er geen aanpassingen aan de betonbakken of containers dienen te worden uitgevoerd).	✓	✓	✓	✓
1.11	De container mag niet hangen aan het voetgangersplatform. Het moet op de fundering rusten van het trottoir of op de betonbak rusten.	✓	✓	✓	✓
1.12	Er moet binnen 17 weken een concept ontworpen zijn.	✓	✓	✗	✗
2	Pakket opname/afgifte systeem				
2.1	De maximale afmetingen van het pakket is 350mm x 250mm x 200 mm [L x B x H].	✓	✓	✓	✓
2.2	Het gewicht van het pakket is maximaal 20 kg.	✓	✓	✓	✓
2.3	De bezorger moet het pakket in een afsluitbare ruimte kunnen plaatsen.	✓	✓	✓	✓
2.4	De ontvanger moet het pakket uit een afsluitbare ruimte kunnen halen.	✓	✓	✓	✓
2.5	De bovengrondse inwerp- en afhaalvoorziening moet zodanig geconstrueerd zijn dat er geen regenwater erop blijft liggen.	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen
2.6	De ligger met het uitschuifbaar platform mag maximaal 2 mm doorbuigen.	✓	✓	✓	✓
2.7	De bovengrondse inwerp- en afhaalvoorziening moet gemaakt zijn van 3 mm dik plaatstaal (tegen vandalisme)	✓	✓	✓	✓
2.8	De minimale statische wrijvingscoëfficiënt tussen de grijpende plaat en de krat is 0.25.	Nader te bepalen	-	-	-
3	Pakket plaatsen in opslag				
3.1	Het pakket moet uit de afsluitbare ruimte gehaald worden en in de opslag geplaatst worden.	✓	-	✓	-
3.2	De pakketten moeten geautomatiseerd in de opslag geplaatst worden.	✓	✓	✓	✓
3.3	De gehele container dient bestand te zijn tegen inwerking van weeromstandigheden.	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen
3.4	De opslag moet bevestigd worden aan de bovengrondse delen van de container.	✓	✓	✓	✓
3.5	De opslag dient aan alle zijden voorzien te zijn van een beschermende, afsluitende behuizing.	✓	✓	✓	✓

3.6	De stellages moeten tussen de "gestapelde" kratten een ruimte van 70 mm laten om de krat van onderen op te tillen met het uitschuifbare platform.	✓	-	-	-
4	Reparatie en onderhoud				
4.1	De behuizing rondom de ondergrondse opslag moet los te halen zijn voor onderhoud.	✓	✓	✓	✓
4.2	Bovengrondse en ondergrondse onderdelen dienen gemakkelijk (met gebruik van eenvoudige gereedschappen) vervangen te kunnen worden.	✓	✓	✓	✓
4.3	Er moet ruimte zijn voor een waterpomp in de opslag voor wateroverlast.	✓	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen
4.4	Het product moet zo robuust mogelijk zijn.	✓	✓	✓	✓
5	Ondergrondse opslag				
5.1	De ondergrondse opslag moet in een afgesloten beschermend omhulsel te zitten.	✓	✓	✓	✓
5.2	De ruimte tussen de betonblok en het beschermende omhulsel moet rondom minimaal 10 mm zijn.	✓	✓	✓	✓
5.3	Het omhulsel dient bovengronds met eenvoudige gereedschappen los te koppelen zijn.	✓	✓	✓	✓
6	Omgeving en veiligheid				
6.1	De container moet minimaal 3 cm boven de grond uitsteken om inwateren te voorkomen.	Nader te bepalen	✓	✓	✓
6.2	Elk oppervlak waar gebruikers mee in contact kunnen komen mogen geen scherpe randen bezitten. De randen moeten minimaal een radius van 1.4 mm hebben.	✓	✓	✓	✓
6.3	Er mag geen klemgevaar zijn voor de gebruikers bij de afschermbare ruimte bij het plaatsen en afnemen van de pakketjes.	Nader te bepalen	✓	✓	✓
7	Ergonomie				
7.1	De bediening en de afsluitbare ruimte dienen op de acceptabele hoogte van te zijn volgens NEN-EN 1005-4.	✓	✓	✓	✗
7.2	Er dient rekening te worden gehouden met rolstoel- en rollatorgebruikers.	✓	✓	✓	✗

Uit de toetsing volgt dat Concept 1 en Concept 2 voldoen aan eisen (met uitzondering van nader te bepalen eis verificaties). In *H5.1.2 Toets methode* hebben deze concepten een score toegekend met behulp van de succescriteria. Uit deze toetsing is Concept 1 het beste concept. Concept 1 voldoet (nog)

niet aan alle eisen. In de huidige ontwerpfase kan er vastgesteld worden dat Concept voldoet aan een groot deel van de eisen. De eisen die op dit moment niet geverifieerd kunnen worden zijn weergegeven in de onderstaande tabel. Er is ook aangegeven hoe dit concept getoetst moet worden om te bepalen of het voldoet aan deze eisen.

Tabel VIII.2 Toetsen van de eisen in latere ontwerpfasen van Concept 1.

Nummer	Eis	Toets methode in latere stadia
1.6	Het mechanisme moet een pakket binnen 10 seconden kunnen ontvangen en in de opslag plaatsen.	Met verdere berekeningen en vaststellen van onderdelen kan de snelheid bepaald worden. Vervolgens wordt de eis geverifieerd met een testopstelling en prototype.
1.7	Het mechanisme moet elke 15 seconden een nieuw pakket kunnen aanleveren voor de ontvanger	Met verdere berekeningen en vaststellen van onderdelen kan de snelheid bepaald worden. Vervolgens wordt de eis geverifieerd met een testopstelling en prototype.
1.9	De ondergrondse opslag, stellages, mechanisme en omhulsel dienen schaalbaar te zijn in lengte, breedte en hoogte voor andere formaten betonbakken.	Met verder onderzoek naar betonbakken (en duidelijke werktekeningen van andere formaten en leveranciers) wordt de eis met het 3D-model geverifieerd.
2.5	De bovengrondse inwerp- en afhaalvoorziening moet zodanig geconstrueerd zijn dat er geen regenwater erop blijft liggen.	Het 3D-model garandeert geen zekerheid over de waterafvoer van het regenwater. Het ontwerp moet verder uitgewerkt worden. Vervolgens moet er met een testopstelling geverifieerd worden of de constructie ervoor zorgt dat er geen water blijft liggen.
2.8	De minimale statische wrijvingscoëfficiënt tussen de grijpende plaat en de krat is 0.25.	Er moet een materialenonderzoek gedaan worden om de bovenplaat te voorzien van een materiaal met minimaal 0.25 als statische wrijvingscoëfficiënt. Vervolgens kan de eis geverifieerd worden aan de materiaal- en oppervlakte eigenschappen.
3.3	De gehele container dient bestand te zijn tegen inwerking van weeromstandigheden.	Met een testopstelling van een prototype en een omstandigheden simulatie kan er geverifieerd worden of de container bestand is tegen inwerking van weersomstandigheden
6.1	De container moet minimaal 3 cm boven de grond uitsteken om inwateren te voorkomen.	Met een testopstelling en plaatsing, afhankelijk van de omgeving moet er bepaald worden of het concept voldoet aan deze eis.
6.3	Er mag geen klemgevaar zijn voor de gebruikers bij de afschermbare ruimte bij het plaatsen en afnemen van de pakketjes.	Met een onderzoek naar machinerichtlijnen en -veiligheid kan er onderzocht worden of er klemgevaar voor de gebruiker is. Vervolgens kan er met een testopstelling gecontroleerd worden op klemgevaar.

Bijlage IX. Literatuurstudies

Concurrentieonderzoek

In Nederland wordt er al gebruik gemaakt van alternatieven bij pakketbezorging. Zo zijn er afhaalpunten in supermarkten en (onbemande) pakketkluizen, zie *Figuur IX.1*, waar pakketjes gebracht worden wanneer de ontvanger niet thuis is bij de bezorging.

In *Tabel IX.1* is een overzicht te zien van de grote pakketvervoerders in Nederland. De grootste bedrijven van pakketbezorging zijn PostNL en DHL Parcel. Samen met de bedrijven DPD, UPS en GLS beschikken de bedrijven over 9.584 servicepunten in 2019 waar pakketten opgehaald kunnen worden.

Tabel IX.1 Het aantal pakket servicepunten die door de grootste pakketvervoerders in Nederland aangeboden worden (Autoriteit Consument & Markt, 2019).



Figuur IX.1 Een pakketkluis van PostNL waar klanten hun pakket kunnen ophalen (Postnl, sd).

Pakketvervoerder Nederland	Aantal servicepunten 2018 ⁵	Aantal servicepunten 2019 ⁶
PostNL	3.307	3.502
DHL Parcel	2.697	3.338
DPD	805	950
GLS	706	717
UPS	1.039	1.077
Totaal	8.559	9.584

Van de afgeleverde pakketten is er bij slechts 7% van de bestellingen aangegeven om het pakket te laten bezorgen bij een servicepunt. Een reden voor het kleine aantal bezorgde pakketjes bij servicepunten kan komen doordat maar 16% tot 52% van de huishoudens beschikt over minimaal één servicepunt of pakketkluis op loopafstand (Autoriteit Consument & Markt, 2019). Daarnaast is het nog niet voor iedereen bekend dat servicepunten bestaan en dat het beter is voor het milieu om je pakket daar te laten bezorgen. Hierdoor worden er minder pakketjes besteld bij deze servicepunten.

Ergonomie

In *Tabel 4.4* van *H4.4 Ergonomie*, afkomstig van de norm NEN 1814:2001, wordt er vermeldt dat de ideale opleghoogte voor rolstoelgebruikers zich tussen 400 mm en 1350 mm bevindt. In de tabel wordt er met een letter (en bijbehorende voetnoot) aangegeven of het gaat om een minimale eis, basiseis of een aanvullende eis. De definities zijn als volgt.

Minimale eis (A): Eis waaraan voor gebruik bestemde onderdelen van een gebouwde voorziening moeten voldoen opdat ze voor iedereen (op voorhand) bruikbaar zijn of met kleine of relatief eenvoudige

⁵ Op basis van de aangeleverde cijfers bij ACM door pakketvervoerders.

⁶ Op basis van de aangeleverde cijfers bij ACM door pakketvervoerders.

bouwkundige ingrepen en/of additionele voorzieningen zijn aan te passen aan individuele toegankelijkheidsbehoeften (NEN, 2001).

Basiseis (B): Eis waaraan voor gebruik bestemde onderdelen van een gebouwde voorziening moeten voldoen opdat ze voor iedereen (op voorhand) bruikbaar zijn of eenvoudig zijn aan te passen aan individuele toegankelijkheidsbehoeften, zonder dat daarvoor bouwkundige ingrepen en/of dure, complexe additionele voorzieningen nodig zijn (NEN, 2001).

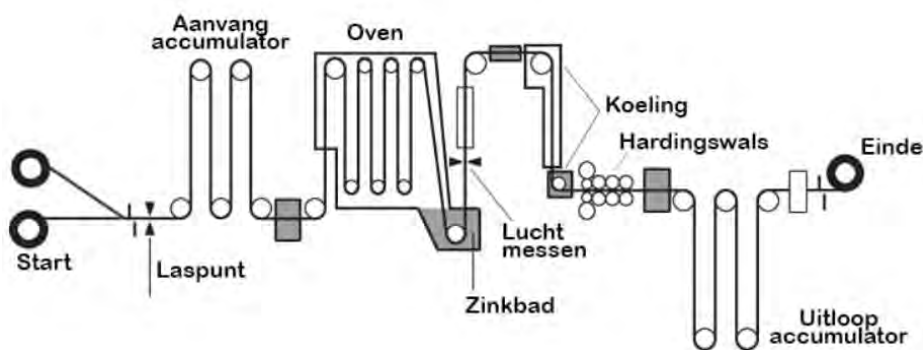
Aanvullende eis (C): Eis waaraan voor gebruik bestemde onderdelen van een gebouwde voorziening in aanvulling op de minimale eisen en basiseisen moeten voldoen opdat ze op voorhand voor iedereen bruikbaar zijn, zodat er achteraf geen bouwkundige ingrepen of additionele voorzieningen nodig zijn (NEN, 2001).

De opleghoogte die uit deze bron gebruikt wordt voor het onderzoek is een **Aanvullende eis (C)**. Deze eis schrijft voor dat het een aanvullende eis is op de minimale eisen, waaraan voldoen moet worden. De minimale eisen die in deze norm gesteld worden hebben grotendeels betrekking op ruimte in gebouwen. De minimale eisen die betrekking hebben op het project zijn de eisen over de omgeving van de pakketopslag, met het oog op genoeg ruimte voor de gebruikers en rekening houdend met hellingen.

Wateroverlast

Elke ondergrondse container heeft een veiligheidssysteem tegen invallen. Dit veiligheidssysteem wordt toegepast omdat de container wekelijks geleegd wordt. Bij het legen kunnen voetgangers in het gat vallen als de container verwijderd is. De veiligheidsvoorziening beschikt ook over een waterafscherming zodat er geen water in de container komt.

Bij de opslag van de pakketjes is het belangrijk dat de elektrische componenten niet in aanraking komen met water. Daarnaast mogen de pakketjes ook niet nat worden. Er moet een systeem worden ontworpen dat rekening met het regenwater houdt. Bij deze opdracht wordt er een versimpeld ontwerp voor de waterbescherming ontwikkeld. Dit onderdeel bestaat uit een Sendzimir-stalen plaat die over de opening van betonbak wordt geplaatst. De Sendzimir-stalen platen worden bij productie na het walsen van plaatstaal door een verhit zinkbad gestuurd om ze thermisch te verzinken (Vree, sd), zie Figuur IX.2.

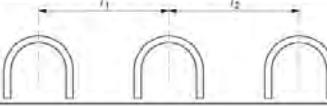
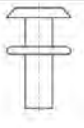
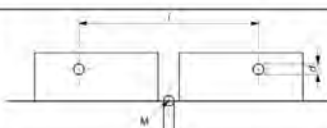


Figuur IX.2 Het proces van Sendzimir-plaatstaal produceren (Industriebouwen, sd).

Hijbsconstructie

Naast deze specifieke richtlijnen wordt er ook rekening gehouden met de hijbsconstructie. Volgens de richtlijnen in EN 13071-3:2019 zijn er vijf verschillende constructies om de container te hijsen. De hijbsconstructies worden gebruikt om een ontwerp van af te leiden voor het hijsen van de pakketcontainer. De volgende vijf vormen worden gebruikt als hijbsconstructie in *Tabel IX.2*.

Tabel IX.2 De vijf aangeraden hijbsconstructies volgens de NEN - EN 13071-3-2019 norm (NEN, 2019).

Family	Shape
Single loop	
Two loops parallel	
Three loops in line	
Mushroom	
Twin lifting bars	

Van deze vijf verschillende soorten valt “mushroom” hijbsconstructie af. Deze hijbsconstructie heeft een geïmplementeerd systeem waarmee de afvalcontainer gelegeerd kan worden met de kraan. Het ligt niet voor de hand om dit systeem te kiezen. Bij het plaatsen van de hijs lussen moet er rekening worden gehouden met het evenwicht van de container. De container moet zoveel mogelijk verticaal blijven hangen aan de lussen en niet onder een hoek draaien. Dit voorkomt dat loszittende componenten gaan verschuiven en dat hun locatie verandert.



Bijlage XI. E-commerce pakketformaat onderzoek

Het onderzoek naar het pakketformaat wordt gedaan aan de hand van een steekproef. De steekproef wordt gebaseerd op een aantal metingen van e-commerce kartonnen dozen en web research naar de producten van grote fabrikanten van e-commerce verpakkingen. Met 205 metingen wordt elke dimensie van de balkvormige dozen (met hoofdafmetingen L x B x H) gegroepeerd per hoofdafmeting. In *Tabel XI.1* zijn alle metingen die gebruikt zijn weergegeven.

Tabel XI.1 De metingen die gebruikt zijn in de steekproef zijn van kartonnen dozen van de grootste leveranciers binnen Europa.

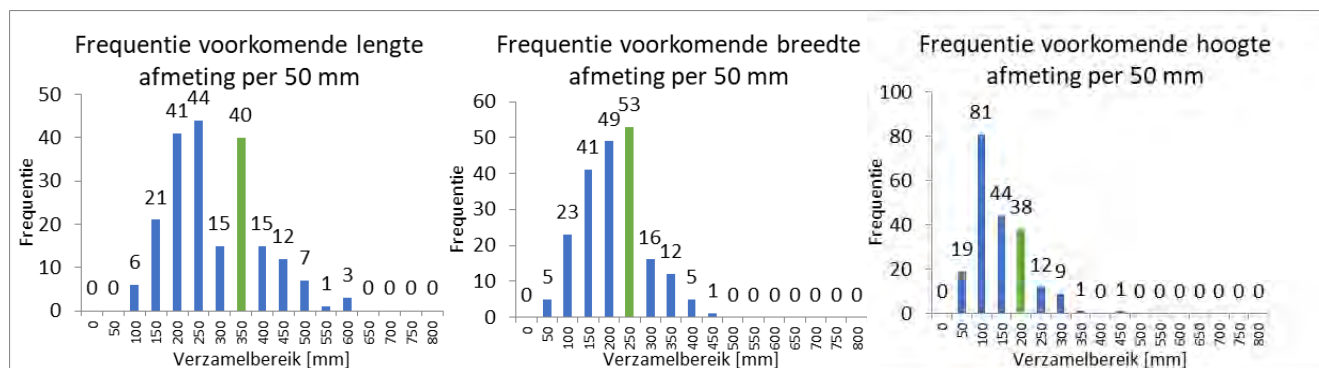
Leverancier	Bron	L (Langste maat) [mm]	B (korte maat) [mm]	H (hoogte) [mm]
Meting op kantoorlocatie	Meting op kantoorlocatie	180	160	160
		200	150	160
		305	210	185
		305	220	230
		385	235	155
		225	205	85
		290	200	110
		395	295	145
		225	175	80
		365	135	175
		385	75	75
		310	215	220
		205	205	120
		215	135	110
		310	225	180
		250	150	115
		200	150	160
		270	190	155
		395	295	120
		350	230	140
		210	180	60
		210	210	220
		300	220	260
		190	130	95
		200	155	160
		210	160	80
		390	260	270
		210	180	90
		290	180	170
		350	250	295
		350	250	170
		385	250	180
		385	235	155
		495	350	125
		585	410	250
		200	200	170
		430	305	235
		305	225	260
		310	300	170
Pelikaan verpakkingen B.V.	(Pelikaan verpakkingen, sd)	100	100	100
		110	110	180
		150	110	110
		150	150	150
		160	160	90
		200	165	130
		200	200	150
		200	200	200
		215	155	85
		230	190	160
		186	124	88
		200	150	150
		250	150	140

Pelikaan verpakkingen B.V.	(Pelikaan Verpakkingen B.V., sd)	150	100	40
		150	100	80
		230	150	50
		230	150	100
		230	200	50
		310	220	50
		390	300	70
Pelikaan verpakkingen B.V.	(Pelikaan Verpakkingen B.V., sd)	120	27	165
		160	30	250
		220	30	300
	(Pelikaan verpakkingen, sd)	160	130	70
		213	153	109
		260	200	160
		370	280	173
Rajapack	(Rajapack, sd)	120	100	80
		200	140	75
		240	170	50
		250	150	100
		310	215	70
		350	220	130
		430	300	120
		100	80	60
		120	70	40
		145	130	55
		150	100	70
		150	150	60
		180	100	50
		185	105	30
		195	135	90
		200	100	100
		210	210	90
		215	155	100
		250	250	100
		280	220	80
		300	240	100
		310	215	50
		310	215	100
		310	220	150
		330	250	80
		330	250	150
		430	200	180
		430	300	180
Rajapack	(Rajapack, sd)	215	155	100
		430	310	100
		145	130	110
		335	165	80
		190	190	50
		200	100	100
		250	150	100
		310	220	100
		330	250	100
		520	250	80
Rajapack	(Rajapack, sd)	110	80	60
		145	130	70
		165	110	80
		200	100	100
		220	155	60
		225	225	75
		250	150	100
		250	200	100
		305	215	80
		430	305	115
Rajapack	(Rajapack, sd)	145	130	55
		200	100	100
		250	150	100
		270	190	120
		310	220	100
		310	220	150
		350	220	140
		430	300	120
		430	350	200

Rajapack	(Rajapack, sd)	250	190	80
		305	215	215
		160	120	50
		215	155	40
		215	55	100
		220	180	150
		300	250	160
		305	215	80
		305	215	130
		325	240	210
		340	260	80
		350	250	280
		375	320	180
		400	250	220
		430	305	180
		500	300	200
		200	200	125
		250	250	100
		300	200	125
		300	250	225
		300	300	150
		310	220	100
		350	250	200
		400	300	200
		430	310	175
		500	400	200
		430	310	175
		500	400	200
		500	400	300
		600	400	225
		600	400	350
		305	215	80
		305	215	220
		430	305	180
Youpack	(Youpack, sd)	160	130	70
		230	160	80
		310	220	130
		310	230	160
		400	260	260
		460	310	300
Variapack	(Variapack, sd)	400	220	135
		218	163	119
		500	340	25
		344	290	32
		344	290	132
		74	74	96
		130	33	130
		164	100	68
		120	21	80
Dozen.nl	(Dozen.nl, sd)	160	130	70
		200	155	85
		180	120	100
		215	155	140
		215	150	80
		213	153	109
		200	180	60
		70	70	430
		180	120	120
		240	155	130
		100	100	100
		186	124	88
		144	94	94
		120	120	100
		240	140	110
		200	150	90
		160	160	90
		200	160	130
		150	135	105
		194	94	144
Kortpack	(Kortpack, sd)	310	230	160
		260	200	160

		270	200	100
		230	160	80
		213	153	109
		160	130	70
		100	100	40
		137	90	34
		162	154	52
		199	121	45
		235	185	46
		262	190	60
		315	220	48

De metingen zijn vervolgens per subgroep met stappen van 50 mm gecategoriseerd. In de onderstaande *Figuur XI.1* is de frequentie van hoe vaak een afmeting voorkomt (Y-as) tegen de subgroepen met stapgrootte van 50 mm (X-as) gezet.



Figuur XI.1 De metingen van de steekproeven voor elke dimensie zijn per stappen van 50 mm gegroepeerd. De groen gekleurde staven indiceren de bepaalde afmeting als resultaat.

Van elke hoofddimensie is er vervolgens berekend welke subgroep groter dan of gelijk is aan 80 - 90% van de metingen in alle subgroepen van de desbetreffende hoofdgroep. Er wordt van deze werkwijze uitgegaan omdat kleinere pakketten ook in de afmetingen van grotere pakketten passen.

De steekproef heeft met de 205 metingen in *Tabel XI.1* het resultaat verkregen in *Tabel XI.2*.

Tabel XI.2 De resultaten van het onderzoek geeft de subgroep grootte aan die voldoet aan het percentage tussen de 80 - 90%

Dimensie	Verzamelbereik [mm]	Bijbehorende percentage [%]
Lengte	350	81,5
Breedte	250	83,4
Hoogte	200	88,8

Bijlage XII. Materiaalonderzoek

Materiaalonderzoek opslagconstructie

Materiaalkeuze

Er moet rekening gehouden worden met een vochtige omgeving. De stellages mogen niet aangetast worden door weersomstandigheden. Met behulp van de materialendatabase CES Edupack (Granta Design Limited, 2019) wordt er een materiaalselectie gemaakt. De selectie wordt bepaald door de criteria in *Tabel XII.1*:

Tabel XII.1 Criteria voor materiaalkeuze van de staanders (Granta Design Limited, 2019).

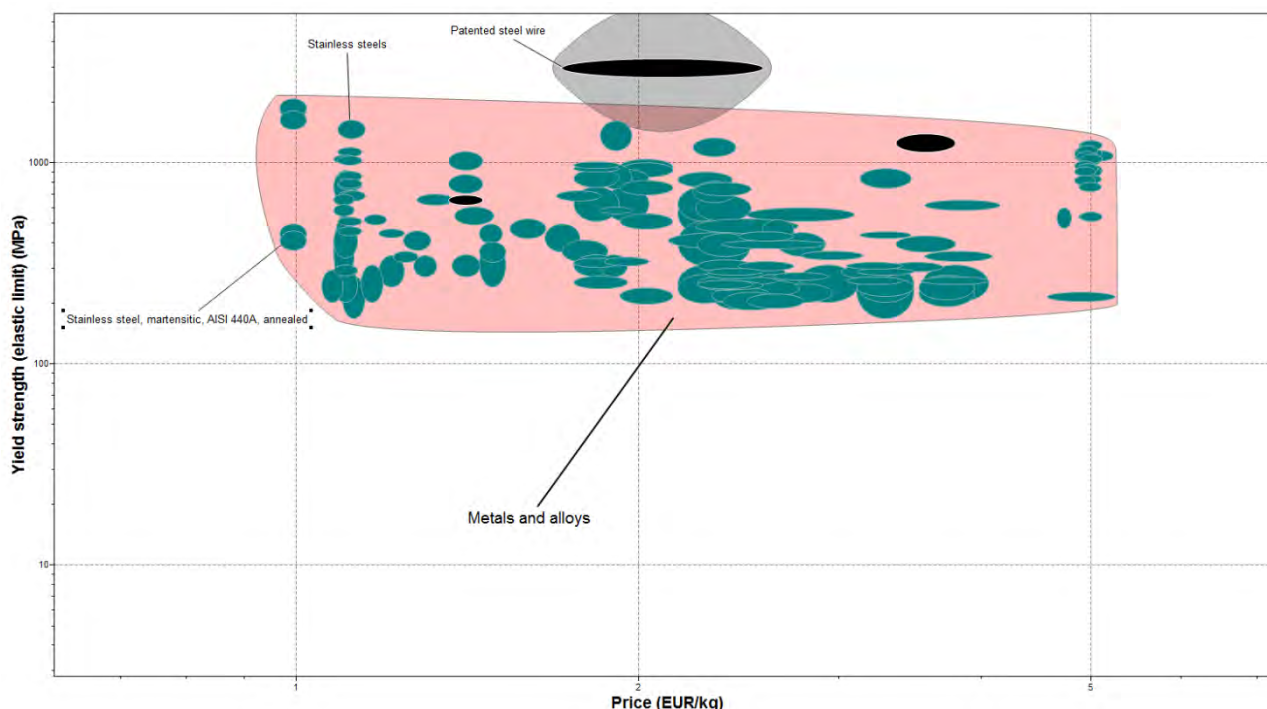
Thermische eigenschappen	Waarde	Eenheid
Maximum werk temperatuur	30	°C
Minimum werk temperatuur	-20	°C
Duurzaamheid		
Regenwater	Excellent	-
Zoutwater	Excellent	-
Zwakke zuren	Excellent	-
Sterke zuren	Gelimiteerd gebruik, acceptabel en excellent	-
Zwakke basen	Excellent	-
Sterke basen	Gelimiteerd gebruik, acceptabel en excellent	-
Kosten		
Maximale prijs	5	EUR/kg

Bij het opstellen van de bovenstaande criteria is er bij de zuren rekening gehouden met zuur regenwater. Regenwater heeft een ph van 6 maar kan ook in extremere gevallen een ph hebben van 4 of lager door invloed van industrieën (TB142E, 2016). In CES Edupack wordt er bij de sterke zuren (PH < 4) nadrukkelijk gekozen om materialen met minimaal gelimiteerd gebruik, acceptabel en excellent te selecteren. In *Tabel XII.2* is een overzicht gegeven met de beoordeling en betekenis van een materiaal in zure en basische omgevingen.

Tabel XII.2 De beoordeling en de betekenis die gehanteerd worden bij de materiaalselectie procedure bij CES Edupack 2019 (Granta Design Limited, 2019).

Beoordeling	Betekenis
Onacceptabel	Niet gebruiken in onbeschermd toestand.
Gelimiteerd gebruik	Niet aanbevolen, hoewel het mogelijk geschikt is voor toepassingen op korte termijn.
Acceptabel	Materiaal heeft mogelijk extra bescherming nodig.
Excellent	Geen aantasting van de materiaalprestaties verwacht na langdurige blootstelling.

Uit deze selectie zijn 151 van de 4026 materialen gekomen als geschikt, 149 roestvaste staalsoorten (rvs), en twee overige ijzerhoudende materialen. Van deze materialen is een grafiek in *Figuur XII.1* getekend die de rekgrens op de y-as heeft en de prijs op de x-as.



Figuur XII.1 De materialen die door de selectie zijn gekomen voor de hoekprofielen (Granta Design Limited, 2019). In het figuur is te zien dat de rvs-staalsoorten(grijs) een breed variërende rekgrens hebben.

De belangrijke specificaties van RVS AISI 440A (martensiet) zijn in *Tabel XII.3* weergegeven.

Met deze optimale selectiecriteria, is de rvs staalsoort AISI 440A (martensiet) het meeste geschikt. Volgens de berekening in *Bijlage XIII* is er een rekgrens nodig is van 205 MPa bij een oppervlak $A = 7,18 \text{ mm}^2$. In de praktijk is dit oppervlak niet mogelijk doordat de bevestiging gelimiteerd wordt door het kleine oppervlak. Voor de materiaalbepaling wordt er eerst profiel ontworpen dat geschikt is voor bevestiging en de passende dimensies. De gekozen profielen zijn in *Tabel 6.2, Hoofdstuk 6.1.2 Opslagconstructie* te vinden.

Naast de rvs AISI 440A uit de optimale eisen wordt er ook gekeken naar opties die buiten de selectieprocedure van CES Edupack 2019 vallen. De opties wordt gebaseerd op criteria die niet direct overeenkomen met de gestelde eisen. Zo wordt er gekeken naar materialen die goedkoper zijn, een lagere rekgrens hebben en een oppervlaktebehandeling nodig hebben. In de onderstaande *Tabel XII.4* zijn de versoepelde criteria aangegeven. De criteria houden

Tabel XII.3 De belangrijke specificaties van RVS AISI 440A (martensiet) (Granta Design Limited, 2019).

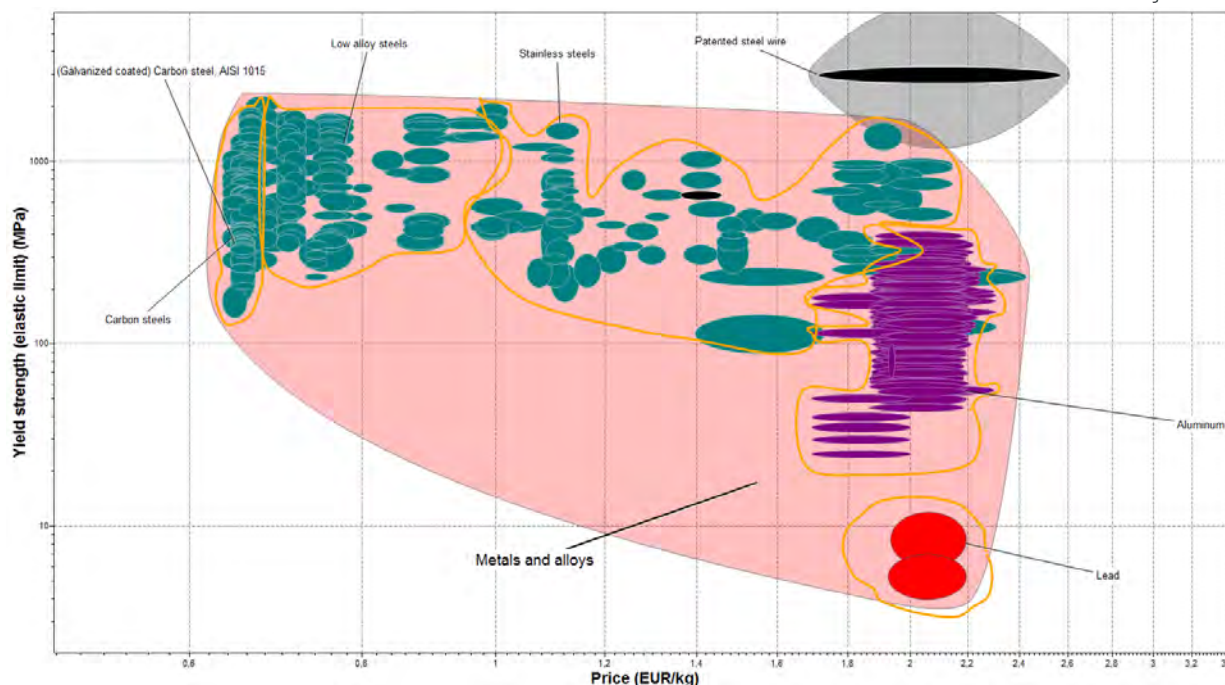
Price	①	* 0,968	- 1,02	EUR/kg
Yield strength (elastic limit)	①	370	- 460	MPa
Processing properties				
Metal casting	①	Unsuitable		
Metal cold forming	①	Unsuitable		
Metal hot forming	①	Acceptable		
Metal press forming	①	Limited use		
Metal deep drawing	①	Unsuitable		
Machining speed	①	21	m/min	
Weldability	①	Poor		
Notes		Preheating and post weld heat treatments are required		
Weldability - MIG	①	Not recommended		
Weldability - plasma	①	Not recommended		
Weldability - SAW	①	Not recommended		
Weldability - TIG	①	Not recommended		
Brazeability	①	Good		
Carbon equivalency	①	3,8	- 4,67	
Durability				
Water (fresh)	①	Excellent		
Water (salt)	①	Excellent		
Weak acids	①	Excellent		
Strong acids	①	Acceptable		
Weak alkalis	①	Excellent		
Strong alkalis	①	Limited use		
Organic solvents	①	Excellent		
Oxidation at 500C	①	Excellent		
UV radiation (sunlight)	①	Excellent		
Galling resistance (adhesive wear)	①	Acceptable		

geen rekening meer met de eerder gestelde eisen aan zuren en basen omdat oppervlaktebehandeling van materialen niet worden meegenomen in de selectie van CES Edupack 2019.

Tabel XII.4 Versoepelde criteria voor materiaalkeuze van de staanders waarbij er rekening wordt gehouden met mogelijkheden zoals oppervlaktebehandelingen (Granta Design Limited, 2019).

Thermische eigenschappen	Waarde	Eenheid
Maximum werk temperatuur	30	°C
Minimum werk temperatuur	-20	°C
Duurzaamheid		
Regenwater	Excellent, acceptabel	-
Zoutwater	Excellent, acceptabel, gelimiteerd gebruik	-
Zwakke zuren	Excellent, acceptabel, gelimiteerd gebruik	-
Sterke zuren	Onacceptabel, gelimiteerd gebruik, acceptabel en excellent	-
Zwakke basen	Excellent, acceptabel	-
Sterke basen	Onacceptabel, gelimiteerd gebruik, acceptabel en excellent	-
Kosten		
Maximale prijs	5	EUR/kg

In de onderstaande afbeelding *Figuur XII.2* is te zien dat er meer materialen met deze selectiecriteria komen. De metaalsoorten zijn gegroepeerd en gelabeld in de afbeelding. Koolstofstaal en laag gelegeerd staal zijn de goedkopere materialen, gevolgd door rvs, aluminium en lood.



Figuur XII.2 De materialen die door de versoepelde selectie zijn gekomen voor de hoekprofielen (Granta Design Limited, 2019). In het figuur is te zien dat de koolstofstaalsoorten veel goedkoper zijn dan rvs-staalsoorten en aluminium. De rekgrens van de koolstofstalen zit in hetzelfde spectrum van de rvs-staalsoorten.

In de grafiek is er specifiek gegalvaniseerd koolstofstaal AISI 1015 gelabeld. Dit materiaal wordt gekozen voor de stellingprofielen doordat het goedkoop is ten opzichte van de andere materialen, galvanisch verzinkt kan worden en van een poedercoat laag voorzien kan worden en voldoet aan de gestelde selectiecriteria.

De belangrijke specificaties van koolstofstaal AISI 1015 gegalvaniseerd verzinkt zijn in de onderstaande Tabel XII.5 weergegeven.

Er wordt gekozen voor hoekprofielen van het materiaal AISI 1015 die gegalvaniseerd verzinkt (zie Bijlage XII) worden met een poedercoat laag ter bescherming tegen corrosie.

Tabel XII.5 De belangrijke specificaties van koolstofstaal AISI 1015 zijn in de tabel weergegeven (Granta Design Limited, 2019)

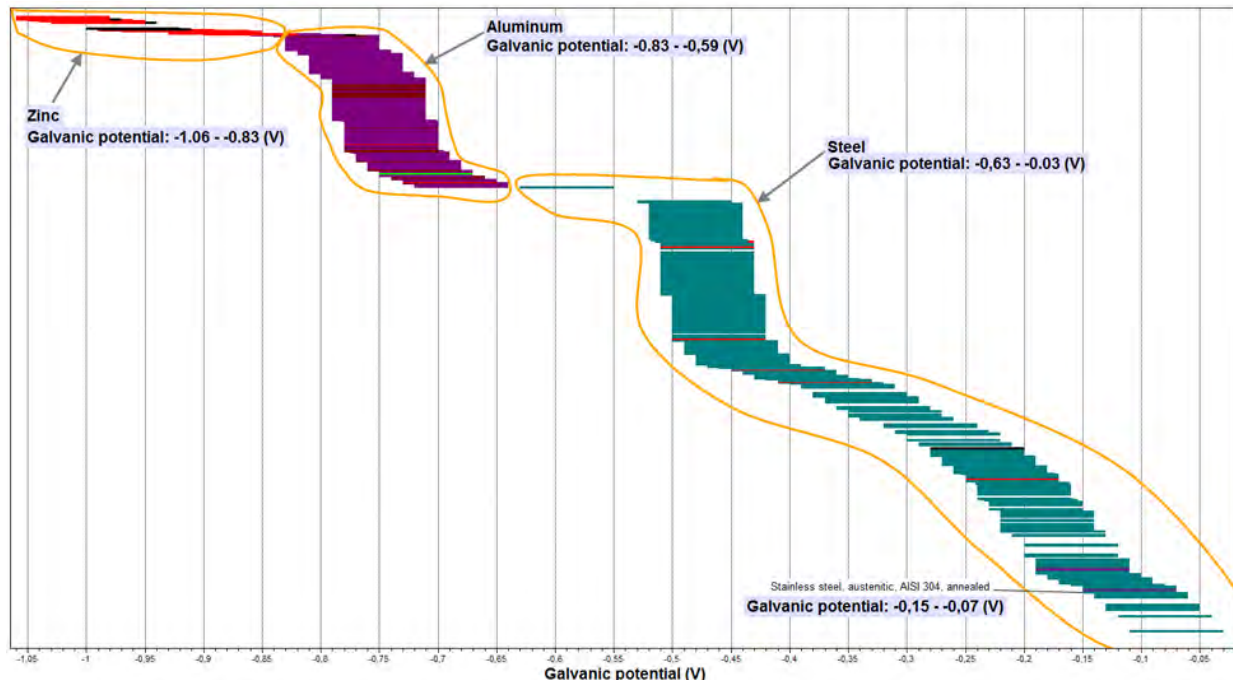
Price	①	* 0,642	- 0,668	EUR/kg
Mechanical properties				
Young's modulus	①	205	- 215	GPa
Processing properties				
Metal casting	①	Unsuitable		
Metal cold forming	①	Acceptable		
Metal hot forming	①	Excellent		
Metal press forming	①	Excellent		
Metal deep drawing	①	Acceptable		
Machining speed	①	45,7	m/min	
Weldability	①	Excellent		
Notes		Preheating and post weld heat treatments may be required		
Carbon equivalency	①	0,18	- 0,28	
Durability				
Water (fresh)	①	Acceptable		
Water (salt)	①	Limited use		
Weak acids	①	Limited use		
Strong acids	①	Unacceptable		
Weak alkalis	①	Acceptable		
Strong alkalis	①	Limited use		
Organic solvents	①	Excellent		
Oxidation at 500C	①	Acceptable		
UV radiation (sunlight)	①	Excellent		
Galling resistance (adhesive wear)	①	Acceptable		
Notes		Aluminum bronze is the most suitable mating material to minimize galling.		

Materiaalonderzoek popnagel

Om galvanische corrosie tussen 2 verschillende metalen te voorkomen, is het gewenst dat de popnagel van rvs is gemaakt, of hetzelfde materiaal van de hoekprofielen. Als er (zure) regen in de container lekt en tussen de popnagel en stellingen komt te zitten dan kan deze vloeistof werken als een elektrolyt met de metalen als kathode en anode.

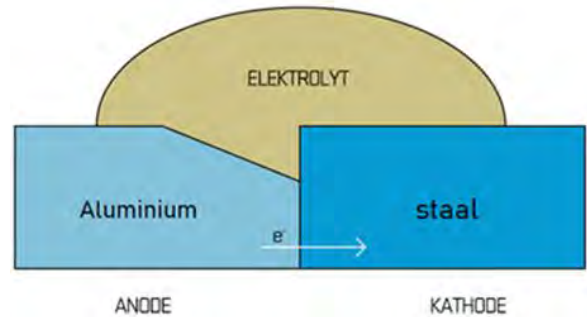
Popnagels kunnen bestaan uit verschillende materialen, ook combinaties tussen materialen. De meest voorkomende materialen zijn aluminium, rvs-staalsoorten (A2, A4, SS) maar ook nylon. Rvs A2 is een alternatieve benaming voor rvs 304 (Fastenright, sd). Sommige materiaalcombinaties worden voorzien van een verzinkt oppervlak om galvanische corrosie te vermijden, zoals een combinatie staal en aluminium. De verzinkte popnagels hebben een dunne chroom laag op het oppervlak voor extra resistentie tegen corrosie. Dit geeft ook een glimmende uitstraling. (DIN 7337A).

De voor de hand liggende materialen voor de popnagel zijn aluminium, rvs en verzinkt staal. Deze materialen zijn beschermd tegen corrosie. Verzinkt staal, rvs en aluminium hebben verschillende galvanische potentialen. In *Figuur XII.3* is te zien dat de aluminiumsoorten een potentiaal tussen de -0,83 V en -0,64 V hebben. De staalsoorten variëren tussen -0,52 V en -0,06 V. Rvs 304 heeft een galvanisch potentiaal tussen -0,15 V en -0,07 V. Zonder een oppervlaktebehandeling treedt er bij aluminium en (roestvast) staal een elektrolyse reactie op. De combinatie verzinkt staal en verzinkt aluminium heeft daarentegen geen potentiaalverschil. Door de oppervlaktebehandeling hebben beide materialen een contactoppervlak van zink. Hierdoor is er geen galvanisch potentiaalverschil ten opzichte van elkaar.



Figuur XII.3 Galvanische potentialen van aluminium en staalsoorten (Granta Design Limited, 2019).

Bij de materialencombinatie van een aluminiumsoort en staal kan er galvanische corrosie ontstaan doordat regenwater een elektrolyt werking krijgt als het in contact is met beide materialen. Aluminium heeft een groter negatief potentiaal en werkt als een anode. Staalsoorten hebben ten opzichte van de aluminiumsoorten een positief potentiaal en werken als een kathode. De elektronen van het aluminium verplaatsen zich naar het staal om het potentiaalverschil tot een evenwicht, naar nul, te brengen, zie *Figuur XII.4*.



Figuur XII.4 schematische weergave van de galvanische corrosie die optreedt bij aluminium en rvs 304 (Teasing, sd)).

De materiaalkeuze van de popnagels is de aluminium/staal combinatie. Doordat het staal en aluminium van de popnagel gegalvaniseerd verzinkt is, is er weinig tot geen invloed van galvanische corrosie op de onderdelen. De onderdelen hebben namelijk hetzelfde oppervlaktemateriaal, zink. De popnagel moet de belasting van de krat, $m = 20 \text{ kg}$ kunnen dragen.

$$F = 61.3 \text{ N}$$

$$d_1 = 0.003 \text{ m}$$

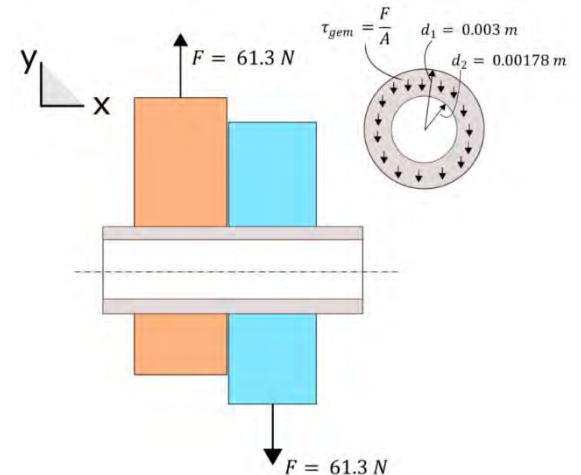
$$d_2 = 0.00178 \text{ m}$$

$$A = \pi \left(\left(\frac{d_1}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 \right)$$

$$A = \pi * \left(\left(\frac{0.003}{2} \right)^2 - \left(\frac{0.00178}{2} \right)^2 \right) = 4,58 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{gem} = \frac{F}{A}$$

$$\tau_{gem} = \frac{61.3 \text{ N}}{4,58 \text{ mm}^2} = 13,4 \text{ MPa}$$



Figuur XII.5 Het VLS van de popnagel met de doorsnede rechtsboven geïllustreerd.

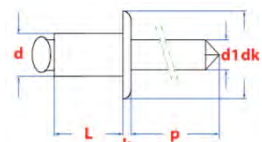
De gekozen popnagel (blindklinknagel platbolkop) van DIN7337A heeft een diameter van 3 mm en lengte van 6 mm. Deze popnagel heeft een maximale afschuifkracht van 620 N. In de handberekening met VLS in *Figuur XII.5* is te zien dat de gemiddelde afschuifspanning die optreedt in de popnagel bij 61,3 N, 13,4 MPa is. De toelaatbare afschuifkracht is 620N van de DIN 7337A 3X6 ALU/staal, verzinkt popnagel (DIN 7337A). De gekozen popnagel voldoet aan de gestelde eisen. De specificaties van de popnagel staan in *Tabel XII.6*.

Tabel XII.6 Gegevens van de gekozen popnagel (DIN 7337A).

ALU

STEEL

material: Aluminium(AlMg3/5)/ steel		materiaal: Aluminium(AlMg3/5)/ staal		matière: Aluminium(AlMg3/5)/ acier		Werkstoff: Aluminium(AlMg3/5)/ Stahl					
type: Standard		type: Standaard		type: Standard		Typ: Normalmaß					
surface: zinc plated Cr3+		oppervlak: verzinkt Cr3+		surface: zingue Cr3+		Oberfläche: verzinkt Cr3+					
d x l	ART.CODE	EAN	BOX	dk	d0	d1	k	p	tfx	tension load	shear load
3 x 6	07337AR01003000063	5410439189941	500	6,0	3,1	1,78	0,9	>27	1,5-3,5	810N	620N



Figuur XII.6 Dimensies van de popnagel, zie Tabel XII.6

Materiaalonderzoek verzinken

Om het constructiestaal S275 te beschermen tegen corrosie wordt het frame na het assembleren verzinkt. De beschermende zinklaag kan op twee manieren worden aangebracht op het staal. Thermisch verzinken en galvanisch(elektrolytisch) verzinken brengen op andere wijze de zinklaag op het oppervlak.

Bij thermisch verzinken wordt de constructie in een bad van zink met een temperatuur van ± 450 °C gedompeld. De voorbehandeling van het materiaal begint met het ontvetten. Daarna wordt er met zoutzuur enige roestvorming en de walshuid verwijderd. Tot slot wordt het staal gefluxt. Fluxen brengt een tijdelijke beschermende laag op het materiaal, verwijderd de laatste roestplekken en voorkomt zinkoxide vorming aan de oppervlakte van het zinkbad. Het verbetert ook de neerslag van zink op staal.

Er vormt zich een legering tussen staal en zink. Deze legering vormt zich over het hele oppervlak dat blootgesteld is aan het verwarmde zink. De toplaag is van puur zink en heeft een oplopende concentratie ijzer verder naar binnen toe. Bij randen en punten bouwt de laag dikker op. De dikte van de hele laag is vaak tussen 30 – 200 μm en is afhankelijk van de temperatuur, materiaaldikte, chemische samenstelling van het staal en hoe snel het staal uit het bad gehaald wordt. Het verkregen oppervlak is ruw en matte. Bij de behandeling van materiaal met boorgaten en schroefdraden moet er een nabewerking gedaan worden en bij het ontwerpen rekening gehouden worden met de aanslag op gaten en schroefdraden. (TOSEC, 2021).

Door de hoge temperatuur is er kans op vervorming van het verzinkte materiaal. Er wordt aangeraden om verzinken toe te passen op plaatstaal met een minimale dikte van 5 mm.

Bij elektrolytisch verzinken wordt het laag zink gerealiseerd met galvanotechniek. Het is hier ook van belang om dezelfde voorbewerkingen te doen aan het staal. Het staal wordt geplaatst in een zinkbad met een temperatuur van $\pm 30 - 70$ °C. Het materiaal wordt in contact gebracht met de positieve pool van een stroombron en het bad wordt voorzien van een negatieve pool. Door een potentiaalverschil aan te brengen tussen het zinkbad en het staal loopt er een stroom tussen de polen waardoor er zink-ionen uit het bad neerslaan op de kathode (het staal). De deklaag die ontstaat is van afhankelijk van de stroomsterkte en hoelang het materiaal zich in het bad bevindt. De laag is dunner dan bij thermisch verzinken en is tussen 5 – 40 μm . Nadat de zinklaag is ontstaan is het gebruikelijk dat het materiaal nog gepassiveerd wordt. Passiveren is het aanbrengen van een chromaatconversie-laag. Deze laag geeft het materiaal een mooie glans en biedt een extra corrosiebescherming. Daarnaast is het ook mogelijk om het materiaal te voorzien van een poedercoat laag voor optimale bescherming tegen corrosie. (TOSEC, 2021)

Door de lagere temperatuur is er geen last van vervorming. Door de dunnere oppervlaktelaag is er een slechtere bescherming tegen corrosie ten opzichte van thermisch verzinken. Er hoeft door de dunnere laag geen rekening worden gehouden bij het ontwerpen en nabehandelen van gaten en schroefdraden.

Materiaalkeuze opslagconstructie

Omdat de stellingen en lipjes gemaakt worden van plaatmateriaal is er veel kans op vervorming bij het thermisch verzinken van de profielen. Het is mogelijk om de hoekprofielen te maken van rvs of van

elektrolytisch verzinkt constructiestaal met eventueel een poedercoat laag. Echter is rvs duurder (zie prijs rvs AISI 440A in *Tabel XII.3* en koolstofstaal AISI 1015 in *Tabel XII.5*). Rvs is bijna twee keer zo duur als koolstofstaal. Er wordt daarom gekozen om de staanders en de lipjes te produceren van koolstofstaal AISI 1015 met elektrolytisch verzinken als oppervlaktelaag en een eventuele poedercoat laag ter extra bescherming.

Materiaalkeuze frame

Het frame geassembleerd door vierkante buisprofielen van constructiestaal aan elkaar te lassen. Constructiestaal is gevoelig voor roest en moet behandeld worden met een oppervlaktelaag. Doordat de buisprofielen eerst geassembleerd moeten worden met lasverbindingen wordt er een oppervlaktelaag na de assemblage aangebracht. Verzinkt staal is lastig te lassen. De assemblage wordt volledig thermisch verzinkt. Thermisch verzinken biedt een goede beschermende laag tegen corrosie door de zinklaag aan het oppervlak en een ijzer-zink-legering als onderliggende oppervlaktelaag. Bij het ontwerpen moet er rekening gehouden worden met passingen en gat- en tapbewerkingen. De dikke oppervlaktelaag die gecreëerd wordt bij het verzinken slaat ook neer op passingen en gat- en tapbewerkingen en zorgt voor kleinere diameter van deze bewerkingen. Voor eventuele uitstralingswensen kan het oppervlak voorzien worden van een poedercoat laag.

Materiaalkeuze verticale loopvlak staanders

De staanders voor het loopvlak van de loopwielen wordt gebaseerd op hetzelfde ISO 10799-2 vierkante buisprofiel van het frame. Dit profiel zal echter niet gemaakt worden van koolstofstaal met een thermisch verzinkt oppervlak. Een thermisch verzinkt oppervlak is niet egaal en heeft een ruwheid wat de levensduur van de loopwielen verkort. Deze staanders worden ook niet elektrolytisch verzinkt doordat er bij gebruik van het loopvlak slijtage op zal treden. De dunne elektrolytisch verzinkte oppervlaktelaag zal door slijtage op gegeven moment het koolstofstaal blootstellen aan zuurstof en vochtige omstandigheden met als gevolg corrosievorming. De staanders zullen van Rvs AISI 440A vervaardigd worden en vastgezet worden met boutverbindingen aan het frame. Rvs heeft een verhoogde resistentie tegen corrosie, ook als het oppervlak beschadigd raakt. Daarnaast is het verchromde oppervlak glad en kan het eventueel nog gepolijst worden om de levensduur van de loopwielen te maximaliseren.

Bijlage XIII. Componentkeuzes en berekeningen

Opslagconstructie

In *Figuur XII.1 in Bijlage XII* is te zien dat de staalsoorten een uiteenlopende rekgrens hebben. Bij de berekening wordt er aangenomen dat de staander alleen van de bovenkant wordt ondersteund. De staander wordt belast in de ongunstigste situatie, dit zijn de staanders tussen twee kratkolommen in. Het gewicht van één krat wordt opgevangen door vier staanders aan elk hoekpunt. Dat betekent dat één staander een kwart van het gewicht van de krat draagt. De staanders tussen twee kolommen van kratten vangen de kracht op van beide kolommen.

Tabel XIII.1 uitgangswaarde waar de berekening op gebaseerd wordt.

Beschrijving	Symbool	Grootheid	Eenheid
Aantal kratten	n	8	Stuks
Gewicht per krat	m	25	kg
Gravitatieversnelling	g	9,81	m/s^2
Veiligheidsfactor	VF	1,5	-
Rekgrens koolstofstaal AISI 1015	σ	205	MPa

De grootste optredende kracht per staander wordt berekend met het VLS in *Figuur XIII.1*. In de figuur zijn 16 aangrijpende krachten F_z getekend. Elk van deze krachten zijn een kwart van de zwaartekracht van een krat.

$$F_z = \frac{1}{4} * 25 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 61,3 \text{ N}$$

$$VF = 1,5$$

$$\sigma_{rek} = 205 \text{ MPa (Granta Design Limited, 2019)}$$

$$\sum F_z = 0$$

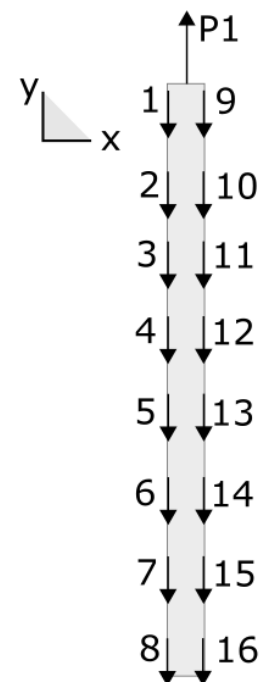
$$P_1 = 16 * F_z = 16 * 61,3 = 981 \text{ N}$$

$$P_1 * VF = 981 * 1,5 = 1,47 \text{ kN}$$

$$\sigma_{rek} = \frac{P_{1,VF}}{A_{min}}$$

$$A_{min} = \frac{P_{1,VF}}{\sigma_{rek}} = \frac{1,47 * 10^3}{205 * 10^6} = 7,18 \text{ mm}^2$$

Het minimale benodigde doorsnede oppervlak is $7,18 \text{ mm}^2$. Deze kleine oppervlakte doorsnede wordt niet gehanteerd bij hoekprofielen vanwege de zeer beperkte mogelijkheid tot het buigen of rol profileren van kleine flenzen. Voor de bevestiging van de gehele assemblage aan de andere onderdelen moeten er rekening gehouden worden met de dikte van het verbindingsmiddel.



Figuur XIII.1 Het VLS van één staander die aan beide kanten belastingen ondervindt van kratten.

Frame

Het frame wordt opgetild aan twee lussen bij het verwijderen van de container uit de betonbak. De lussen zijn aan de bovenkant bevestigd en in het midden geplaatst van de korte liggers aan de bovenzijde, zie *Figuur XIII.2*. De container blijft verticaal hangen bij het verwijderen door de lussen in het midden te plaatsen.



Figuur XIII.2 De lussen waarmee het frame wordt opgetild worden op de korte liggers bevestigd.

Het totaalgewicht van de componenten is geschat met de volgende gegevens.

Tabel XIII.2 Het gewicht waar de krachtberekeningen in gebruikt wordt, wordt bepaald door de massa van de grote componenten in te schatten.

Gewicht	Ingeschatte massa [kg]	Gewicht [N]
Gewicht van kratten	1200	11772
Plaatmateriaal	60	588,6
Motor voor verticaal transport	28	274,68
Hefconstructie staanders en liggers	1189	11664,09
Horizontale transport ligger	5	49,05
Bovengronds staalplaat, waterbescherming en laadbak	60	588,6
Totaal	2542	24937,02

De hefconstructie moet totaal $F_z = 25 \text{ kN}$ dragen. De draagkracht van het frame is met versimpelde berekeningen vastgesteld. Er wordt aangenomen dat het gewicht aan vier standers komt te hangen. Voor de berekeningen wordt er aangenomen dat het materiaal van de standers van verzinkt constructie staal is. Deze aanname wordt gebruikt om met de rekgrens het minimale doorsnede oppervlak te bepalen. In *Figuur XIII.3* zijn de krachten getekend die op het bovengrondse gedeelte werken van de hefconstructie. De standers dragen elk een kwart van het gewicht.

$$F_z = 24937,02 \text{ N}$$

$$\frac{1}{4} * F_z = 6234,26 \text{ N}$$

$$\sigma_{rek} = 250 \text{ MPa (Granta Design Limited, 2019)}$$

$$VF = 1,5$$

De minimale doorsnede van de standers wordt bepaald met de volgende berekening.

$$\sum F_y = 0$$

$$P_1 + P_2 = \frac{1}{4}F_z + \frac{1}{4}F_z + \frac{1}{4}F_z + \frac{1}{4}F_z = F_z$$

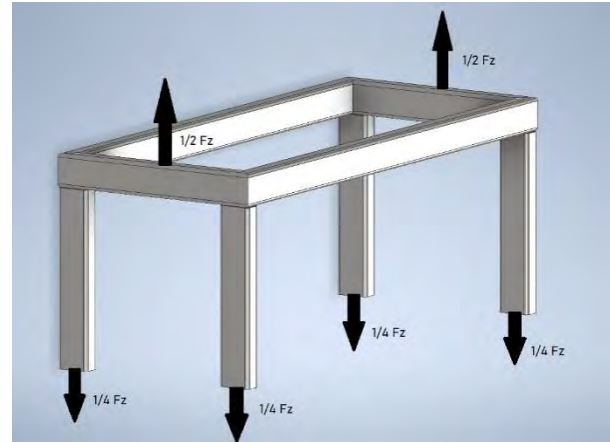
$$P_1 = P_2$$

$$F_z = 9,81 \text{ m/s}^2 * 2542 \text{ N} = 24937,02 \text{ N}$$

$$P_1 = P_2 = \frac{1}{2}F_z = \frac{1}{2} * 24937,02 \text{ N} = 12468,5 \text{ N}$$

$$\sigma_{rek} = \frac{\frac{1}{4}F_z * VF}{A_{min}}$$

$$A_{min} = \frac{\frac{1}{4}F_z * VF}{\sigma_{rek}} = 36,5 \text{ mm}^2$$



Figuur XIII.3 het VLS van de bovenkant van het frame.

Uit de berekening van trekspanning in de standers moet het doorsnede oppervlak minimaal $A = 36,5 \text{ mm}^2$ zijn.

Het frame met de inhoud wordt getild met twee lussen, bevestigd aan het frame. De lussen moeten doorgerekend worden op de krachten die spelen bij het hijsen van de hele constructie. Dezelfde krachten uit *Tabel XIII.2* gelden bij de lussen. In de onderstaande berekening wordt de minimale diameter bepaald van de staf die gebruikt wordt voor één lus om de constructie mee op te hijsen.

$$P_1 = 12468,5 \text{ N}$$

$$\sigma_{rek} = \frac{P_1 * VF}{A_{min}}$$

$$A_{min} = \frac{P_1 * VF}{\sigma_{rek}} = 74,8 \text{ mm}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A_{min}}{\pi}} = \sqrt{\frac{74,8}{\pi}} = 4,88 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

De minimale straal van de lussen is $r_{min} = 4.88 \text{ mm}$

bij een zwaartekracht van $F_z = 24937.02 \text{ N}$ en

$VF = 1.5$. De hijslussen worden vervaardigd van stafmateriaal. Het

materiaal van de lussen is hetzelfde materiaal van het frame zodat er geen problemen optreden bij het lassen van de lussen. De lengte van het stafmateriaal wordt als volgt berekend.

$$L = 100 \text{ mm} + 100 \text{ mm} + \frac{1}{2} * 2 * \pi * 45 \text{ mm} = 483 \text{ mm} \approx 485 \text{ mm}$$

De liggers waar de hele constructie mee opgetild wordt om in de grond te plaatsen en te verwijderen wordt doorgerekend op doorbuiging. Bij deze doorbuiging wordt er aangenomen dat de ligger maximaal

2 mm mag doorbuigen bij optillen. Dezelfde krachten in

Figuur XIII.3 worden gehanteerd bij de berekening voor doorbuiging. De twee liggers hebben een lengte van 590

mm en hebben het VLS in *Figuur XIII.5*. Het getekende VLS

weergeeft de belasting situatie ondersteboven weer. Er

wordt vanuit gegaan dat de maximale doorbuiging in de

situatie berekend kan worden door de belasting als een

kracht in de negatieve Y-richting te laten werken.

De berekening verdeelt de kracht over het hijslocaties, de

middelpunten van de liggers. De zwaartekracht werkt in de

negatieve y-richting op de kopse kanten van de twee

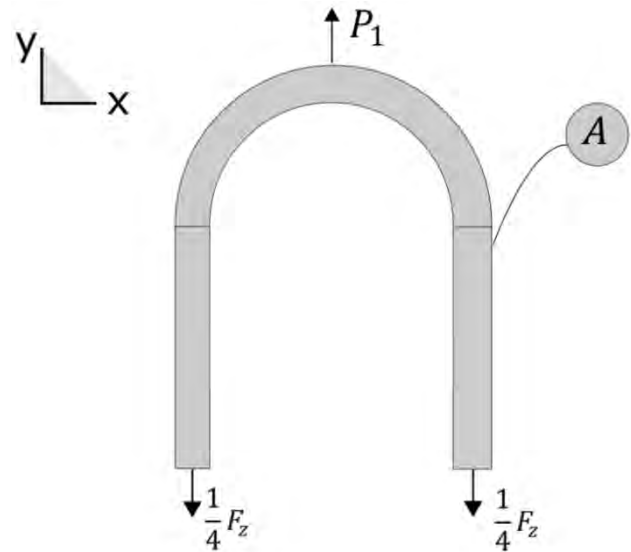
liggers.

$$\sum F_x = 0$$

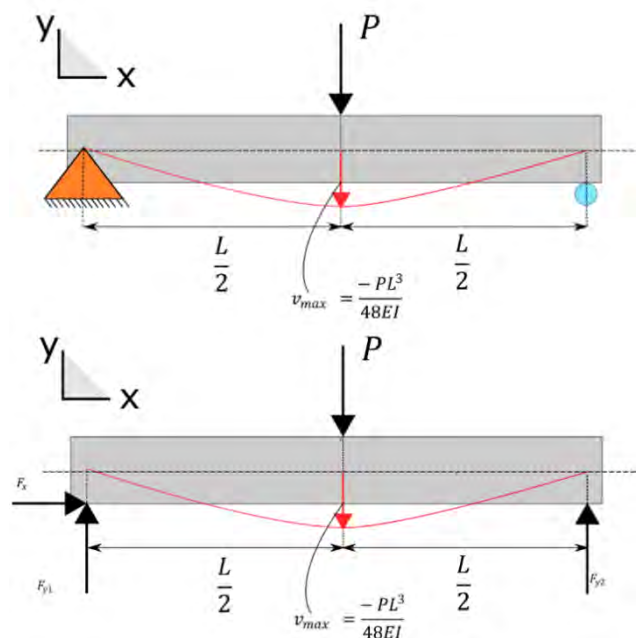
$$F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$P_1 = \frac{1}{4} F_z + \frac{1}{4} F_z = \frac{1}{2} F_z$$



Figuur XIII.4 Het VLS van de hijs lus.



Figuur XIII.5 VLS van de ligger waar de hijs lus. De situatie in het VLS is ondersteboven weergegeven.

$$v_{max} = \frac{-PL^3}{48EI} * VF$$

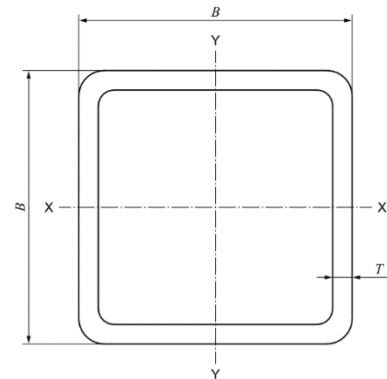
$$I_{min} = \frac{\left(\frac{1}{2} F_z * L^3\right)}{48E * v_{max}} * VF = \frac{\frac{1}{2} * 24937,02 * (0,590)^3}{48 * 200 * 10^9 * 0,002} * 1,5 = 20,0 * 10^4 \text{ mm}^4$$

Uit de handberekening volgt dat de liggers een (doorsnede)oppervlakte traagheidsmoment van $I_{min} = 20,0 * 10^4 \text{ mm}^4$ moeten hebben bij een maximale doorbuiging van $v_{max} = 2 \text{ mm}$. De berekening is uitgevoerd met een veiligheidsfactor van $VF = 1,5$. De grootte van de veiligheidsfactor wordt gekozen door de onzekerheid van het totale gewicht waar het frame aan belast wordt. Het resultaat van de berekening wordt daarom niet beschouwd als een minimale eis maar als een richtlijn.

Profielkeuze

Het frame wordt gebruikt om onderdelen aan te monteren. Er wordt gekozen voor een profiel met een vierkante doorsnede. Een cirkelvormig profiel is onhandig om onderdelen met een boutverbinding aan te monteren. De keuze tussen een rechthoekig en vierkant profiel wordt gekozen op basis van assembleren en het ontwerp. Een vierkant profiel benut de ruimte in het ontwerp efficiënter. Daarnaast hoeft er bij de assemblage geen rekening gehouden te worden met de oriëntatie van een vierkante balk.

De afmetingen van de balkdoorsnede die voor het ontwerp gekozen is bevinden zich in *Tabel XIII.3*. Het oppervlakte traagheidsmoment is $I = 19,5 \text{ cm}^4$. Dit is traagheidsmoment is $0,5 \text{ cm}^4$ kleiner dan uit de berekende oppervlakte traagheidsmoment van $I_{min} = 20,0 \text{ cm}^4$. De doorsnede heeft een oppervlak van $A = 5,41 \text{ mm}^2$ en is daarbij 15 keer groter dan de benodigde doorsnede van $A = 36,5 \text{ mm}^2$ uit de berekening van



Figuur XIII.6 Doorsnede van het vierkante buisprofiel met afmetingen (ISO, 2011).

Tabel XIII.3 Eigenschappen van het bepaalde vierkante buisprofiel (ISO, 2011).

Size	Thickness	Mass per unit length	Cross-sectional area	Second moment of area	Radius of gyration	Elastic section modulus	Plastic section modulus	Torsional inertia constant	Torsional modulus constant	Surface area per metre length	Nominal length per tonne
B	T	M	A	I	r	W _{el}	W _p	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
50	3.0	4.25	5.41	19,5	1,90	7,79	9,39	32,1	11,8	0,190	236

Controleberekeningen

Handberekening

Het oppervlakte traagheidsmoment van het gekozen profiel wordt gecontroleerd met de onderstaande handberekening. De ligger mag maximaal 2 mm doorbuigen. Voor een realistisch resultaat wordt de veiligheidsfactor van 1,5 buiten weging gelaten. De handberekening gaat uit van een ligger die aan het ene uiteinde scharnierend gefixeerd is en aan het andere uiteinde opgelegd is.

$$P = \frac{1}{2} F_z = 12468,5 \text{ N}$$

$$E = 200 \text{ GPa}$$

$$I_{50 \times 50 \times 3} = 19,5 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$L = 0,590 \text{ m}$$

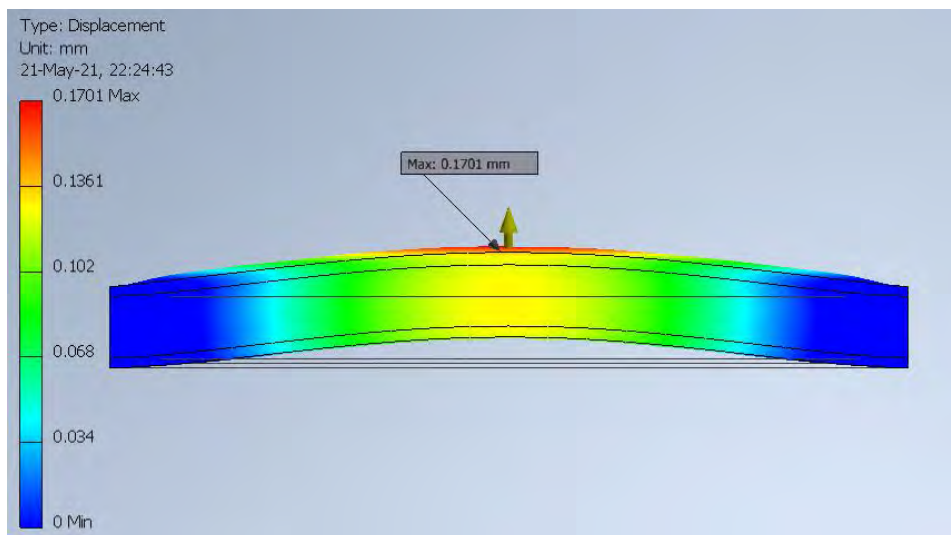
$$v_{max} = \frac{-PL^3}{48EI} * VF$$

$$v_{max} = \frac{\left(\frac{1}{2} F_z * L^3\right)}{48E * I} = \frac{12468,5 * (0,590)^3}{48 * 200 * 10^9 * 19,5 * 10^4} = 1,37 \text{ mm}$$

Simulatie

De profielkeuze, materiaalkeuze en handberekening van de doorbuiging bij het optillen van de constructie worden gecontroleerd met een simulatie en spanningsberekening van Autodesk Inventor 2020. Net als bij de handberekening wordt één van de korte liggers belast met de helft van de zwaartekracht. Bij deze berekening wordt ervan uitgegaan dat de balk ingeklemd en gefixeerd is aan de uiteinden en dat de trekkracht van de lus bij het optillen, één kracht is die in het midden van de balk optreedt.

In de onderstaande afbeelding is de doorbuiging gesimuleerd in Autodesk Inventor 2020. De maximale doorbuiging is 0,1701 mm bij een kracht van $F_z = \frac{24937,02 \text{ N}}{2} = 1,25 \text{ kN}$.



Figuur XIII.7 Doorbuiging simulatie van het vierkante buisprofiel ISO 10799-2 als ligger in Autodesk Inventor 2020. De balk buigt 0,170 mm door bij een belasting van 1.25 kN.

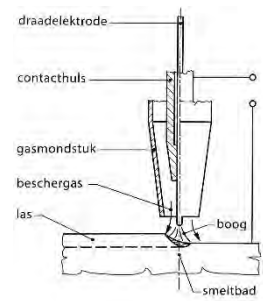
De waarde van de doorbuiging is veel kleiner dan de berekende doorbuiging en voldoet dus aan de eisen. Het verschil in waarden is te verklaren doordat er bij de handberekening wordt uitgegaan van een balk die scharnierend is aan het ene uiteinde en opgelegd is aan het andere uiteinde. De simulatie berekent de doorbuiging met een balk die aan beide kanten is ingeklemd en limiteert daardoor alle bewegingsvrijheidsgraden van de balk.

Materiaalkeuze

Het gekozen profiel van de ISO 10799-2 norm schrijft voor dat constructiestalen gebruikt worden voor dit profiel. Het materiaal van de profielen wordt gebaseerd op constructiestaal S275N. Dit materiaal heeft een rekgrens van $\sigma_{rek} = 205 - 275 \text{ MPa}$ (Granta Design Limited, 2019) en is geschikt voor constructiedoeleinden en kan aan elkaar gelast worden (Granta Design Limited, 2019). Deze materiaalkeuze (met oppervlaktebehandelingen) wordt ook toegepast voor de lussen waarmee de container wordt gehesen. Het materiaal wordt thermisch verzinkt na het lassen.

Assemblage

De profielen worden met lasverbindingen aan elkaar bevestigd. Deze methode van verbinden wordt toegepast door de kortere assemblagetijd en omdat de constructie eenmalig in elkaar gezet hoeft te worden. Met de lasverbinding kan er tevens een hoge stijfheid bereikt worden. Bij de assemblage wordt er gebruik gemaakt van MAG (Metal Active Gas) -smeltlassen. Deze vorm van lassen wordt gebruikt voor het verbinden van constructiestaal. Bij MAG-lassen spuit rondom een aangevoerde draadelektrode een gas met kleine hoeveelheden O_2 en CO_2 (Kals, et al., 2011). Bij booglassen wordt er een beschermgas gebruikt om te voorkomen dat het gesmolten materiaal verbrandt. In *Figuur XIII.8* is te zien hoe het gas en de draad geleverd worden aan het werkstuk.



Figuur XIII.8 De verschillende onderdelen van de lasapparatuur bij MAG-lassen (Kals, et al., 2011).

Het constructiestaal kan in aanraking komen met regenwater. Het is van belang dat het staal niet aangetast wordt door deze omstandigheden, daarom wordt er gekozen om de constructie te verzinken. Het constructiestaal kan verzinkt worden door middel van thermisch verzinken volgens het verzink onderzoek in *Bijlage XII*. De zinklaag die op het oppervlak hecht beschermt het staal tegen roesten. De gehele constructie wordt na de bewerkingen en het lassen thermisch verzinkt. Door het thermisch verzinken ontstaat er een legering tussen de ijzerelementen en de zinkelementen onder de oppervlakte zinklaag.

Verticaal transport

Motor

Met een handberekening wordt er bepaald wat het koppel moet zijn om het gewicht van de ligger te dragen en transporteren. De handberekening wordt gebaseerd op het VLS in *Figuur XIII.9*. Het VLS bestaat één van de twee tandriemsystemen met twee katrollen. De onderste katrol wordt aangedreven door de elektromotor met een as. De resultaten uit de berekening hebben beiden tandriemsystemen in de berekening meegenomen. Verder wordt er bij de berekening de volgende waarden gehanteerd. De massa's zijn hoog ingeschat met daarbij een hoge veiligheidsfactor van $VF = 1,5$.

Tabel XIII.4 Er is een inschatting gemaakt van het totale gewicht dat het verticale transport moet verplaatsen. Van de grote onderdelen is er een inschatting van de massa's gemaakt. Er wordt van een straal van de katrollen uitgegaan om de berekeningen uit te voeren.

Definitie	Symbool	Grootheid	Eenheid
Massa van het krat	m_{krat}	5	kg
Massa van het pakket	m_{pakket}	20	kg
Massa van de ligger	m_{ligger}	25	kg
Massa van het uitschuivend platform	$m_{platform}$	25	kg
Massa van de motor aan het uitschuivend platform	$m_{motor\ van\ platform}$	10	kg
Verticale transportsnelheid	v	1	m/s
Straal van de katrollen	r_1, r_2	0,075	m
Veiligheidsfactor	VF	1,5	—

$$\begin{aligned}
 F_z &= (m_{krat} + m_{pakket} + m_{ligger} + m_{platform} \\
 &\quad + m_{platform\ motor}) * 9,81\ m/s^2 \\
 &= (5 + 20 + 25 + 10) * 9,81 \\
 &= 833,9\ N
 \end{aligned}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_z = P_2 = 833,9\ N$$

$$\sum M_2 = 0$$

$$M_{motor} - (F_z * r_2) = 0$$

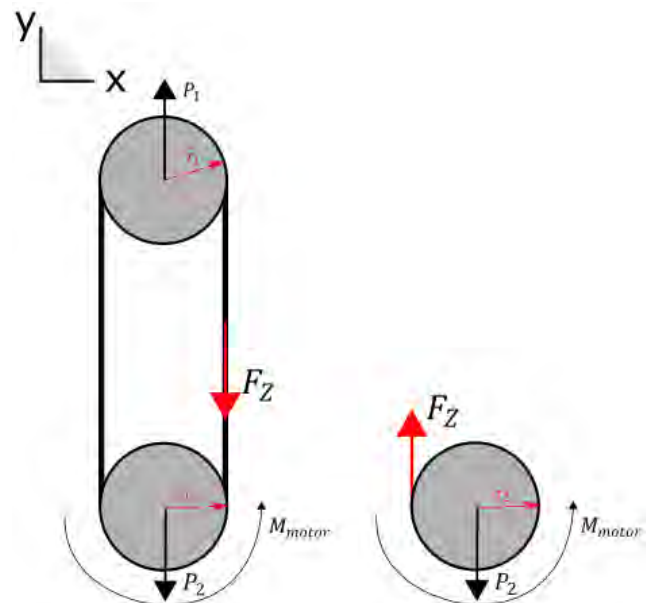
$$M_{motor} = 62,5\ Nm$$

$$T_{motor, VF} = M_{motor} * VF = 93,8\ Nm$$

$$n = \frac{v * 60}{2\pi r_2} = \frac{1 * 60}{2\pi * 0,075} = 127,3\ min^{-1}$$

$$P_{motor, VF} = F_z * v * VF$$

$$P_{motor, VF} = 833,9 * 1 * 1,5 = 1,25\ kW$$



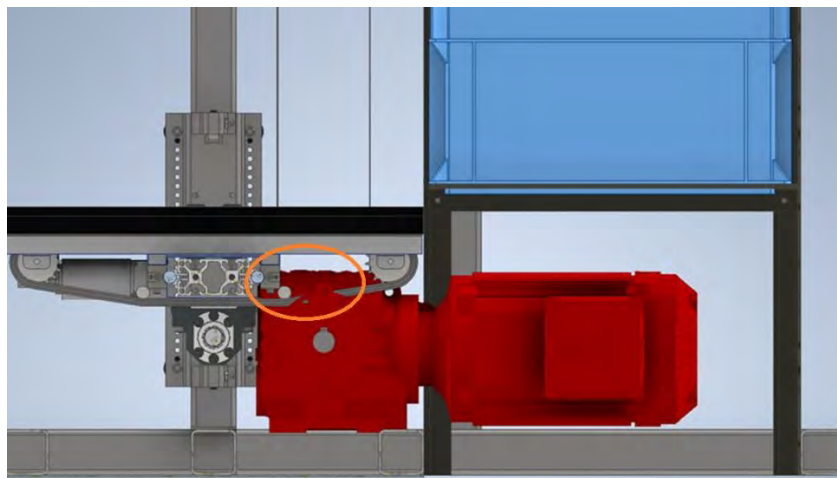
Figuur XIII.9 Links is de volledige krachtsituatie weergegeven van het katrolsysteem. Rechts is het VLS te zien van de aangedreven katrol.

Controleberekening voor vermogen

$$P_{motor,VF} = \frac{T_{motor,VF} * n}{9550} = \frac{93,8 * 127,3}{9550} = 1,25 \text{ kW}$$

Uit de handberekening volgt dat de motor minimaal een koppel van $T = 93,8 \text{ Nm}$ moet hebben. Het toerental moet minimaal $n = 127,3 \text{ min}^{-1}$ zijn bij katrollen met een straal van $r_1 = r_2 = 75 \text{ mm}$. De motor moet een vermogen van $P = 1,25 \text{ kW}$ leveren bij een snelheid van $v = 1 \text{ m/s}$.

De elektromotor wordt geplaatst aan de onderkant van de opslag. Hierdoor kan de aandrijving van beide katrollen plaatsvinden door middel van één doorlopende as. Bij een holle as motor wordt loopt de as door de motor heen en kan er gebruik gemaakt worden van één doorlopende as om de katrollen aan te drijven. De voorkeur licht bij aandrijving met een holle as verbinding echter is er te weinig ruimte voor het platform om de onderste kratten te grijpen als de motor direct verbonden is met de as (zie *Figuur XIII.10*).



Figuur XIII.10 De elektromotor kan niet verbonden worden met een holle as aan de aangedreven as. Het platform kan dan niet meer bij de onderste kratten komen.

De motor wordt onder de kratten geplaatst met een overbrenging naar de aandrijfas toe vanwege het gebrek aan ruimte. De aandrijving moet met een kettingoverbrenging gedaan worden. Bij een kettingoverbrenging komt er extra onderhoud kijken om de ketting te smeren. De motor wordt bepaald met de volgende gegevens in *Tabel XIII.5*. Met de motordatabase van SEW-eurodrive wordt er een selectie gemaakt van motoren. Vanwege het lage toerental is het vereist dat de elektromotor een vertragingskast heeft.

Tabel XIII.5 De berekende gegevens in deze tabel worden gebruikt om de motor te bepalen.

Gegeven		Grootheid	Eenheid
Maximaal koppel	T_{max}	93,8	Nm
Maximaal vermogen	P_{max}	1,25	kW
Toerental (uit vertragingskast as)	n	127,3	min^{-1}

Met de bovenstaande waarden is er een motorkeuze gedaan. De motoren zijn gefilterd op AC motoren met vertragskast(reductor). Met de online keuzetool, Drive Configuratie (SEW-Eurodrives, sd) van SEW-eurodrives wordt er met de gegevens in *Tabel XIII.5* een elektromotor gekozen die voldoet aan de vereisten.

Motor keuze

Uit de selectie is de meest geschikte AC motor de SA47DRN90L4 met een helische tandwieloverbrenging als reductor van SEW-Eurodrive. De motor (zie *Figuur XIII.11*) heeft de volgende specificaties in *Figuur XIII.12*.

Rated motor speed	[1/min] : 1461
Output speed	[1/min] : 124
Overall gear ratio	: 11.86
Output torque	[Nm] : 116
Service factor SEW-FB	: 1.10
Mounting position	: M1
Base / top coat	: 3020 Traffic red (52930200)
Position of connector/terminal box	[°] : 0
Cable entry/connector position	: X
Output shaft	[mm] : 25x50
Permitted output overhung load with n=1400	[N] : 2070
Lubricant quantity 1st gear unit	[Liter] : 0.25
Motor power	[kW] : 1.5
Duration factor	: S1-100%
Efficiency class	: IE3
Efficiency (50/75/100% Pn)	[%] : 84.6 / 86.1 / 85.6
CE mark	: Yes
Motor voltage	[V] : 230/400
Wiring diagram	: R13
Frequency	[Hz] : 50
Rated current	[A] : 5.9 / 3.4
Cos Phi	: 0.74
Thermal class	: 155(F)
Motor protection type	: IP55
Design requirement	: Europe (CE)
Motor mass moment of inertia	[10 ⁻⁴ kgm ²] : 67.00
Weight	[kg] : 26.00
Additional feature	
Output shaft: 25x50 mm	
Thermal class 155(F)	
Degree of protection IP 55	



Figuur XIII.11 De gekozen elektromotor heeft een uitgaande as uit een reductor van 25 mm met spieverbinding (SEW-Eurodrives, sd).

Figuur XIII.12 Specificaties van de elektromotor (SEW-Eurodrives, sd).

De behuizing van de motor heeft een bescherming van IP55 en is hiermee spuitwaterdicht (Maas & Haagoort, sd). De vertragskast van de motor brengt het toerental van 1461 min⁻¹ naar 124 min⁻¹.

Tandriem en katrollen

Het systeem dat de ligger verticaal verplaatst maakt gebruik van open tandriemen en katrollen. De riem die de ligger verticaal verplaatst wordt gedimensioneerd met de selectieprocedure die voorgeschreven is in MEGALINEAR-datasheet van Megadyne (Megadyne, 2020). Met voorgeschreven procedure worden de tandriem en katrolgrootte bepaald en vervolgens worden deze componenten met een controleberekening geverifieerd. Naast het bepalen van de componenten wordt ook de voorspanning en de uitrekking onder de belasting bepaald.

In de onderstaande *Figuur XIII.13* zijn de symbolen, eenheden definities gegeven die gebruikt worden in de formules en berekeningen.

Het verticaal systeem wordt gebaseerd op de volgende vastgestelde variabelen. Er wordt een veiligheidsfactor van 1,5 toegepast door de onzekerheid van krachten en gewicht in dynamische situaties. *Tabel XIII.6*.

Symbol	Unit	Definition	Symbol	Unit	Definition
a	m/s ²	acceleration	g	m/s ²	gravity (9,81)
b	mm	belt width	μ	–	friction coefficient
C	–	safety factor	m	Kg	conveyed mass
Δl/l₀₀	%	elongation	M_t	Nm	drive torque
d	mm	idler pitch diameters	n₁	1/min	revs/min (RPM) of drive sprocket 1
d₁	mm	sprocket pitch diameter	P	KW	drive power
F_p	N	pretension	Q	N	force exerted by mass (m)
F_u	N	peripheral force	V	m/s	belt speed
F_{t spec}	N/cm	transmittable force per tooth per unit width	Z₁	–	number of teeth of sprocket
MTL	N	max traction load	Z_m	–	number of teeth in mesh on driver sprocket (12)
BS	N	breaking strength	Z_L	–	number of teeth of large pulley
c	mm	centre distance	Z_s	–	number of teeth of small pulley
			p	–	belt pitch

Max traction load is maximum acceptable traction on cords.
Breaking strength is necessary load to break belt cords.
Elongation is belt elongation under load.

USEFUL FORMULAE AND CONVERSION FACTORS

$V = \frac{d_1 \cdot n_1}{19100}$	$n_1 = \frac{V \cdot 19100}{d_1}$	$d_1 = \frac{V \cdot 19100}{n_1}$	$Q = m \cdot g$
$P = \frac{M_t \cdot n_1}{9550}$	$M_t = \frac{9550 \cdot P}{n_1}$	$M_t = \frac{F_u \cdot d_1}{2000}$	

Figuur XIII.13 De symbolen die gebruikt worden met hun definities en de formules die gebruikt worden om de componenten te dimensioneren (Megadyne, 2020).

Definitie	Symbol	Grootheid	Eenheid
Hartafstand	<i>C</i>	3255	mm
Diameter van katrol	<i>D_p</i>	50,32	mm
Toerental	<i>n</i>	127,3	min ⁻¹
Vermogen (per katrol)	<i>P</i>	1,25/2 = 0,625	kW
Massa ligger	<i>m</i>	50	kg
Max versnelling	<i>a</i>	1	m/s ²
Veiligheidsfactor	<i>VF</i>	1,5	-

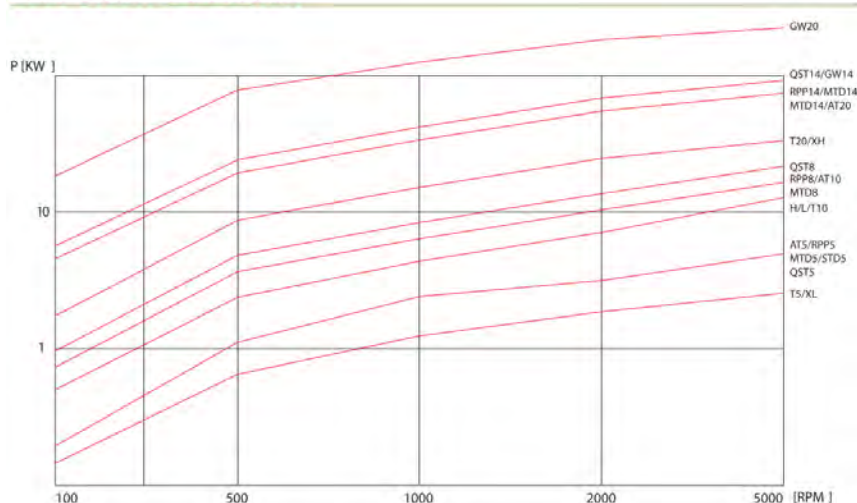
Tandriembreedte en profiel bepalen

Het profiel van de tandriem wordt bepaald met het vermogen en het toerental in *Tabel XIII.7* en de grafiek in *Figuur XIII.14*.

Tabel XIII.7 Gegeven die gebruikt worden bij het bepalen van het tandriem profiel.

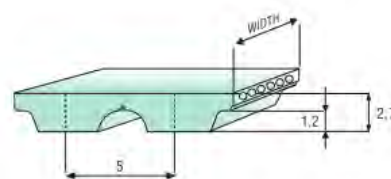
Definitie	Symbol	Grootheid	Eenheid
Toerental	<i>n</i>	127,3	min ⁻¹
Vermogen (per katrol)	<i>P</i>	1,25/2 = 0,625	kW

BELT PITCH SELECTION



Figuur XIII.14 Grafiek die gebruikt wordt om het profieltype te bepalen (Megadyne, 2020).

Bij een vermogen van $P = 0,625 \text{ kW}$ en een toerental van $n = 127 \text{ min}^{-1}$ zijn de riemprofielen AT5, RPP5, MTD5, STD5 en QST5 mogelijk. Er wordt gekozen voor een AT5 belt vanwege beschikbaarheid bij de leverancier van OWM B.V. Het profiel van AT5 is te zien in Figuur XIII.15.



Figuur XIII.15 De afmetingen van het AT5 profiel (Maedler).

De diameter van de katrollen is gebonden aan de profielsoort. Voor de profielsoort AT5 wordt er gekozen voor een katrol die het dichtst bij de ontworpen katrol in de buurt komt. De katrol die gekozen is heeft een diameter van $D_p = 100,64 \text{ mm}$ (zie Figuur XIII.16) met $z = 64$ tanden.

De breedte van de tandriem wordt bepaald op twee manieren. De eerste manier is het selecteren van een riembreedte op basis van een het profiel en de kracht die op de riem staat. Vervolgens wordt er een controleberekening en inschatting gemaakt van de riembreedte met de formule in Figuur XIII.17. Bij de breedtebepaling wordt er van een standaard riem met stalen draden uitgegaan.

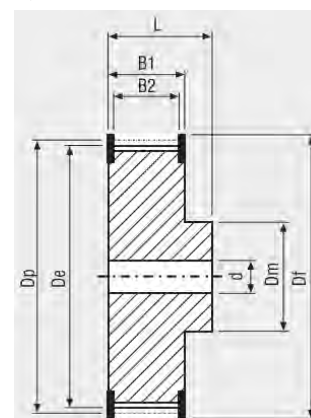
BELT WIDTH AND PROFILE ESTIMATION

The belt width b should be calculated using the following formula

$$b = (F_a \cdot C_s \cdot 10) / (F_{t, \text{std}} \cdot Z_m)$$

C_s = safety factor from page 11 table 4
 F_a = from above calculation
 Z_m = number of teeth in mesh on driver sprocket
 $Z_m = (0,5 - \frac{4 \cdot p}{79 \cdot c} (Z_1 - Z_2)) \cdot Z_1$
 = (if calculated $Z_m > 12$ for an open-end application use $Z_m = 12$)
 = (if calculated $Z_m > 6$ for a joined application use $Z_m = 6$)
 $F_{t, \text{std}}$ = transmittable force per tooth per unit width (see table on belt data pages)

Figuur XIII.17 De formule die gebruikt wordt om de breedte van de riem te bepalen (Megadyne, 2020).



Figuur XIII.16 Bij het gekozen profiel is er een diameter gekozen van $D_p = 100,64 \text{ mm}$ (Maedler).

F_u is de kracht die in de richting van belasting in dynamische situatie werkt. F_u wordt berekend met de onderstaande formule met de massa en versnelling in de bewegingsrichting. Het systeem verplaatst de massa in verticale richting.

CHOICE OF BELT PITCH AND SPROCKETS

For optimum belt pitch see tables on page 10.

For optimum choice of sprocket size, it is desirable to have as near to 12 teeth in mesh as possible.

Knowing mass	→ For horizontal & conveying drives	$F_u = (m \cdot a) + (m \cdot g \cdot \mu)$ (Note: values of μ can be found in table 1 on page 11).
	→ For vertical drives	$F_u = (m \cdot a) + (m \cdot g)$
Knowing drive torque		$F_u = 2000 M / d_s$
Knowing drive power		$F_u = 19.1 \cdot 10^6 \cdot P / (d_s \cdot n_s)$

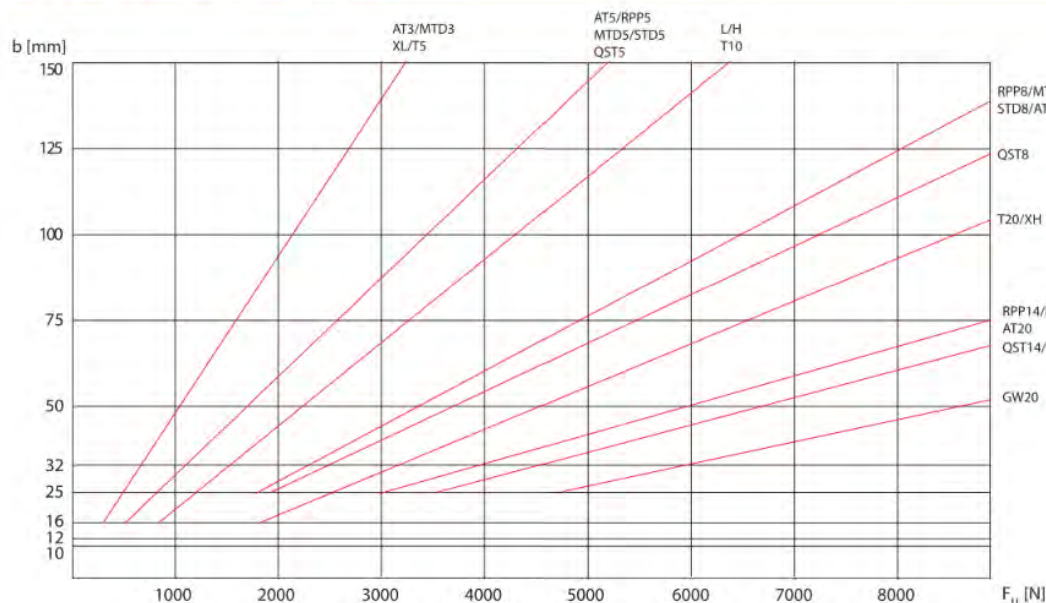
Figuur XIII.18 Het liftstelsel is er verticaal liftstelsel, daarom wordt de formule voor de belasting gebruikt voor verticale systemen.

Bij deze berekening wordt een veiligheidsfactor van 1.5 gebruikt. De kracht die berekend wordt is de kracht die per tandriem aanwezig is, de effectieve riemspanning.

$$F_u = VF * \frac{(m * a) + (m * g)}{2} = 1,5 * \frac{(50 \text{ kg} * 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) + (50 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{2} = 405 \text{ N}$$

Vervolgens wordt er met *Figuur XIII.19* en de berekende kracht $F_u = 405 \text{ N}$ en het gekozen profiel een riembreedte bepaald. Uit de grafiek wordt er verkregen dat de er bij het AT5 profiel een bandbreedte van $b = 16 \text{ mm}$ nodig is.

BELT WIDTH SELECTION



Figuur XIII.19 Grafiek om de riembreedte te bepalen met de belastingkracht F_u en het gekozen riemprofiel (Megadyne, 2020).

Met de inschattingberekening in *Figuur XIII.17* wordt de riembreedte bepaald met een berekening. De veiligheidsfactor C_s wordt bepaald met tabel x. Het systeem is een transbordband-hijs applicatie (conveyor & hoists applicatie in *Figuur XIII.21* geeft $C_s = 1,3$).

De weerstand van de tanden $F_{p,spec}$ wordt bepaald met *Figuur XIII.20* en het toerental. Uit de tabel volgt dat de weerstand $F_{p,spec} = 32$ bij een toerental van $n = 127 \text{ min}^{-1}$.

TOOTH RESISTANCE

RPM (1/min)	0	20	40	60	80	100	200	300	400	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	5000	8000
$F_{p,spec}$ (N/cm)	35	35	35	34	34	34	32	31	30	29	27	26	24	22	19	18	16	13

Figuur XIII.20 De tandweerstand wordt bepaald met de omwentelsnelheid (Megadyne, 2020).

Het aantal tanden dat in contact staat met de tanden van de riem wordt bepaald met de diameters van de katrollen en de onderstaande formule. In de formule zijn Z_l en Z_s hetzelfde, de katrollen zijn identiek en zijn gelijk aan het aantal tanden van de katrollen, $z = Z_s = 64$ tanden.

$$Z_m = \text{number of teeth in mesh on driver sprocket}$$

$$Z_m = \left[0,5 - \frac{4 \cdot p}{79 \cdot c} (Z_l - Z_s) \right] \cdot Z_s$$

= (if calculated $Z_m > 12$ for an open-end application use $Z_m = 12$)
 = (if calculated $Z_m > 6$ for a joined application use $Z_m = 6$)

Figuur XIII.22 De formule om het aantal tanden te bepalen die in contact staan met de katrol (Megadyne, 2020).

$$Z_m = \left(0,5 - \frac{4 \cdot p}{79 \cdot c} (Z_l - Z_s) \right) \cdot Z_s = (0,5 - 0) \cdot 64 = 32 \text{ tanden}$$

Het berekende aantal tanden in contact is 32. Het systeem is een open einde applicatie doordat er geen loop in de riem zit. Volgens *Figuur XIII.22* is de waarde van $Z_m = 12$. De volgende gegevens zijn opgesomd voor de berekening van de breedte van het profiel in *Tabel XIII.8*.

Tabel XIII.8 De gegevens in de tabel zijn bepaald met de bovenstaande hulptabellen. De gegevens worden gebruikt om de riembreedte te bepalen.

Definitie	Symbool	Grootheid	Eenheid
Veiligheidsfactor (zie tabel x)	C_s	1.3	—
Kracht in dynamische situatie	F_u	405	N
Aantal tanden in contact met aangedreven katrol	Z_m	12	—
Doorgeefbare kracht per tand per breedte-eenheid	F_{spec}	32	N/cm

Table n. 4 - Safety factor
 The choice of the Safety factor's, depends on the operating conditions.
 The following table shows the value to be used:

Steady Load	Low	1
Shock Load	Average	1,4
	High	1,7
		2
Elevators, hoists		1,8
Line shafts		1,6
Paper machines:		
agitators, calenders, driers, winding frames,		1,6
willows, Jordan machines, pumps, slicers, grinders		1,8
Machines for pottery and earthenware:		
cutters, granulators,		1,7
pulping machines		2,0
Laundry machines: general		1,6
extractors, washers		1,8
Machines for rubber processing		1,8
Woodworking machines:		
lathes, band saws, cutters,		1,7
circular saws, planers, jointer		1,7
Printing machinery:		
rotary, newspaper, linotype, cutters, folders, magazine		1,6
Textile machines:		
warping machines, winders,		1,7
spinners, twisting frames, looms		1,8
Machines tools: drilling machines, lathes,		
tread cutting machines, gears cutters, boring machines		1,6
millers, planers,		1,7
grinding machines		1,7
Conveyors:		
hoists, light package		1,3
oven screw flight		1,8

Figuur XIII.21 de veiligheidsfactor C_s is afhankelijk van de toepassing (Megadyne, 2020).

In de onderstaande berekening wordt de bandbreedte berekend. De waarde van de berekende breedte is 13.7 mm. Deze breedte van de band wordt afgerond naar boven naar een standaardbreedte van de riem. Dit is 16 mm.

$$B = \frac{F_u * C_s * 10}{F_{p, spec} * Z_m} = \frac{405 * 1,3 * 10}{32 * 12} = 13,7 \text{ mm}$$

Met het profiel, materiaal en bandbreedte wordt de voorspanning van de riem bepaald. Volgens *Figuur XIII.23* is de voorspanningskracht $F_p = F_u$ Voor hijs applicaties.

PRE-TENSIONING

The suggested installation tension: $F_p = 2 * F_u$ for linear and omega linear movement applications
 $F_o = F_u$ for conveyor applications

Figuur XIII.23 De voorspanning wordt bepaald met formules die kenmerkend zijn voor de soort applicatie (Megadyne, 2020).

$$F_p = F_u = 405 \text{ N}$$

Vervolgens wordt de riem gecontroleerd op de maximale belasting met de formule in *Figuur XIII.24*.

CORD CHECK

The maximum allowable tensile load of the belt pitch/width combination selected (see tables on belt data pages):

$$\text{max traction load of choosen belt} > \frac{F_p}{2} + (F_u * C_s)$$

Figuur XIII.24 Met deze formule wordt er gecontroleerd of de belasting de maximale belasting van de riem overschrijdt (Megadyne, 2020).

TRACTION RESISTANCE

	Belt width (mm)	6	10	16	25	32	50	75	100
Steel	Max Traction Load (N)	400	670	1070	1805	2275	3750	5145	6910
	Breaking Strength (N)	1605	2680	4285	7235	9110	15005	19560	26260
	Elongation at MTL (mm/m)	4	4	4	4	4	4	4	4
Kevlar	Max Traction Load (N)	395	665	1060	1795	2260	3720	5110	6860
	Breaking Strength (N)	1595	2660	4255	7180	9040	14895	19415	26065
	Elongation at MTL (mm/m)	8	8	8	8	8	8	8	8
HP	Max Traction Load (N)	—	840	1470	2415	3045	5040	—	—
	Breaking Strength (N)	—	3360	5880	9660	12180	20160	—	—
	Elongation at MTL (mm/m)	—	4	4	4	4	4	—	—
HF	Max Traction Load (N)	—	685	1100	1855	2335	3850	—	—
	Breaking Strength (N)	—	2750	4400	7425	9350	15400	—	—
	Elongation at MTL (mm/m)	—	5	5	5	5	5	—	—
HPF	Max Traction Load (N)	—	880	1540	2530	3190	5280	—	—
	Breaking Strength (N)	—	3520	6160	10120	12760	21120	—	—
	Elongation at MTL (mm/m)	—	5	5	5	5	5	—	—
Stainless	Max Traction Load (N)	310	520	835	1410	—	—	—	—
	Breaking Strength (N)	1250	2090	3340	5640	—	—	—	—
	Elongation at MTL (mm/m)	3,8	3,8	3,8	3,8	—	—	—	—

Figuur XIII.25 Een aantal eigenschappen van de AT5 riem bij verschillende riembreedtes (Megadyne, 2020).

Uit *Figuur XIII.25* volgt bij een beltbreedte van 16 mm en inwendige stalen kabels een maximale trekkracht $F_{traction load} = 1070 \text{ N}$. De voorspanning en de belasting moeten kleiner zijn dan de maximale trekkracht.

$$\text{Max traction load: } F_{traction load} > F_p + (F_u * C_s)$$

$$F_p + (F_u * C_s) = 730 \text{ N}$$

De belasting is 730 N en is kleiner dan de maximale trekkracht en voldoet daardoor aan de controle.

De uitrekking van de riem onder de belasting wordt bepaald met de maximale trekkracht en de belasting.

ELONGATION

When the belt is operating there will be an elongation proportional to max traction load:

$$\Delta l / l_0 = (F_u \cdot 4) / \text{max traction load}$$

Figuur XIII.26 DE formule om de rek te bepalen bij de belasting.

$$\Delta l = F_u \cdot \frac{4}{F_{\text{traction load}}} = \frac{405 \cdot 4}{1070} = 1,52 \text{ mm/m}$$

De riem rekt 1.52 mm uit per meter lengte onder de belasting.

Componentkeuze riem en katrol en toebehoren

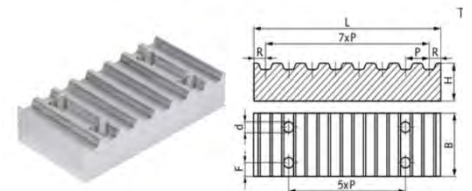
De gegevens van de riem zijn in de onderstaande Tabel XIII.9 geplaatst.

Tabel XIII.9 Component specificaties van de tandriem (Maedler).

Definitie	Waarde	Eenheid
Profiel	AT5	-
Breedte	16	mm
Materiaal	Thermoplastisch polyurethaan (TPU) met stalen draden	-
Lengte (open)	6826	mm
Aantal	2	Stuks
Productnummer (Maedler)	16677364	-



Figuur XIII.27 Riemprefiel AT5 (Maedler).

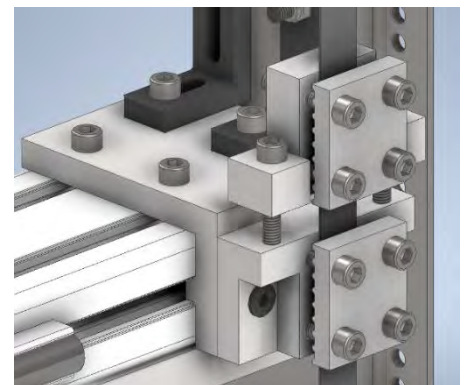


Figuur XIII.28 Aluminium klemprofiel voor een riem met AT5 profiel (Maedler).

Bij de gekozen riem hoort een riemklem waarmee de riem bevestigd en opgespannen kan worden. De riemklem is in Figuur XIII.28 weergegeven en in Tabel XIII.10 zijn de eigenschappen opgesomd.

Tabel XIII.10 Componentspecificaties van de riemklem (Maedler).

Definitie	Waarde	Eenheid
Profiel	AT5	-
Breedte profiel	16	mm
Totale breedte	35	mm
Materiaal	Aluminium (EN AW2017A)	-
Aantal	4	Stuks
Productnummer (Maedler)	16679900	-



Figuur XIII.29 Riem en riemklemmen bevestigd aan de ligger.

De voorspanning en het bevestigen van de riemen wordt gedaan aan de ligger. Op de ligger wordt een bevestiging voor de riem gemonteerd aan elke zijde. Aan deze bevestiging zit een afstel mechanisme zodat de voorspanning bepaald kan worden. De riem wordt geklemd tussen een aluminium blok en het getande aluminium klemprofiel. De aluminium constructie is te zien in *Figuur XIII.29*. De riem wordt op de gewenste voorspanning gebracht door het afstelbare blok met de bovenste klemplaat vaster te draaien.



De katrol voor de tandriemen moet voorzien zijn van flenzen om te voorkomen dat de riem van de katrol kan afkomen. De gekozen katrol bestaat uit twee onderdelen, een tapslopende klem bus (*Figuur XIII.30*) die op de as geklemd wordt (of met spieverbinding voor hogere koppelmomenten) en de katrol (*Figuur XIII.31*) die bevestigd wordt aan de klem bus.

Figuur XIII.30 De tapslopende klem bus die bevestigd wordt op de assen (Maedler). *Figuur XIII.31 De katrol wordt bevestigd met bouten aan de klem bus (Maedler).*

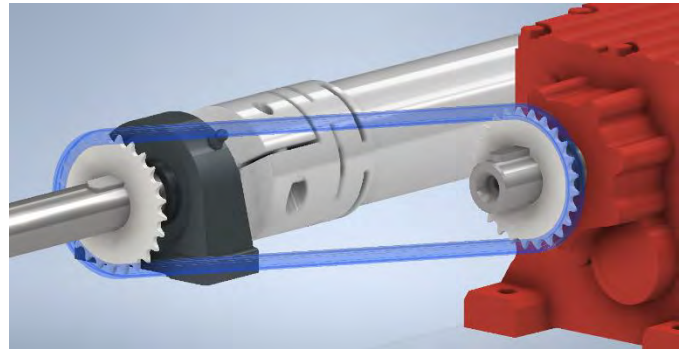
De gegevens van de componenten zijn in onderstaande *Tabel XIII.11* opgesomd.

Tabel XIII.11 Component specificaties van de katrol en klem bus (Maedler).

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Katrol	Diameter	100,64	mm
	Flens diameter	106	mm
	Breedte	22	mm
	Aantal tanden	64	—
	Type klem bus	1210	—
	Materiaal	Gefosfateerd staal	—
	Aantal	4	Stuks
	Productnummer (Maedler)	16677364	-
Klem bus	Boring diameter	25	mm
	Diameter	47,5	mm
	Klem bus type	1210	—
	Breedte	25,4	mm
	Materiaal	GG25	—
	Aantal	4	Stuks
	Productnummer (Maedler)	62250325	—

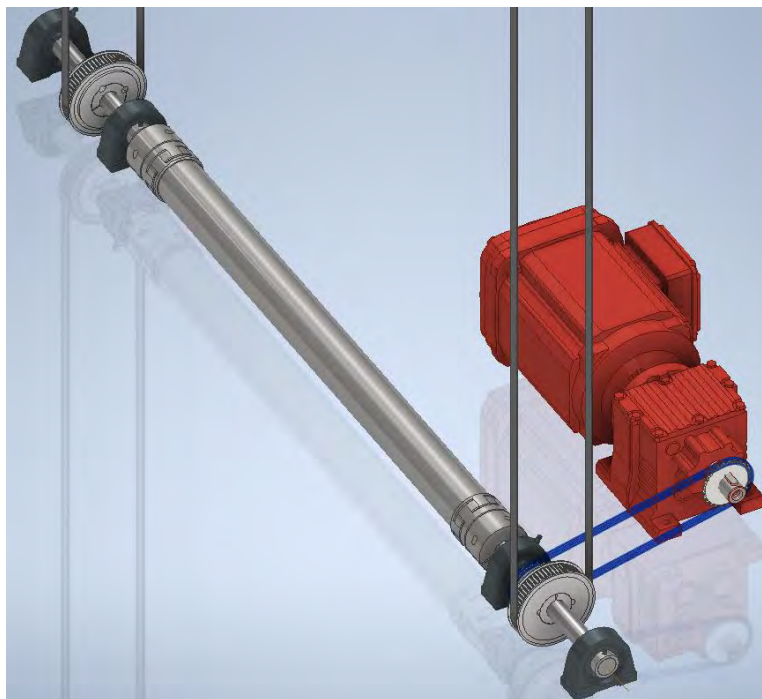
De aangedreven as

De elektromotor heeft een aangedreven as uit de reductor met een diameter van $D = 25 \text{ mm}$. Deze diameter wordt ook gebruikt voor de as die de katrollen aandrijft. De twee assen worden met elkaar verbonden door een ketting. Beide assen worden voorzien van een tandwiel, bevestigd met een spieverbinding, zie *Figuur XIII.32*. De as wordt bevestigd aan het frame met behulp van lagerhuizen. Om te voorkomen dat de as door de bewegingsbeperkingen van de lagers kinematisch overbepaald wordt, wordt de as gesplitst in drie aparte componenten. Als de as kinematisch overbepaald is, dan slijt de as veel sneller doordat het onmogelijk is om de lagerhuizen perfect uit te lijnen.



Figuur XIII.32 Aandrijving van de as met tandwielen en ketting. De tandwielen zijn bevestigd met een spieverbinding om het hoge koppel door te kunnen geven aan de aandrijf-as.

De drie componenten waar de aandrijving van de katrollen uit bestaat zijn twee korte rvs-assen met een diameter van $D = 25 \text{ mm}$ en een rvs-koppelingssas die de twee assen met elkaar verbindt, zie *Figuur XIII.33*. De koppelingssas compenseert voor de afwijking die in uitlijning van de lagerhuizen zit. De bekken van de koppeling verschaffen flexibiliteit. Hierdoor verbeterd de levensduur van de as (R+W Couplings, sd). Beide assen worden bevestigd tussen twee lagerhuizen. Eén van deze assen wordt aangedreven door de elektromotor.



Figuur XIII.33 Met een koppelingssas worden de twee korte rvs-assen met elkaar verbonden.

De gekozen lagerhuizen en de koppeling zijn beschreven in onderstaande *Tabel XIII.12*.

Tabel XIII.12 Componentspecificaties van de lagerhuizen, assen en de koppelingsas 1. (Maedler), 2. (R+W Couplings, sd).

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Lagerhuis¹	Diameter	25	mm
	Materiaal	RVS AISI 304 lagerhuis met rvs 1.4125 (X105CrMo17, AISI 440 C) lager	—
	Aantal	4	Stuks
	Productnummer (Maedler)	62599325	—
As	Diameter	25	mm
	Materiaal	RVS	—
	Lengte	300,8	mm
	Aantal	2	Stuks
Koppelingsas²	Binnendiameter	25	mm
	Maximale Buitendiameter	68	mm
	Maximaal koppelmoment	200	Nm
	Materiaal	Staal	—
	Lengte	870	mm
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer (R+W Couplings)	EZ2-150-25-25-1	—

Maximale optredende torsiespanning

De maximale torsiespanning treedt op bij de verste afstand van het middelpunt van de as bij de piek momentbelasting. De berekening gaat van een uniforme ononderbroken massieve as uit met een diameter van $D = 25 \text{ mm}$. De aangedreven momentbelasting is $T_{motor,VF} = 93,8 \text{ Nm}$. Deze belasting is het tweede torsiemoment van links volgens het VLS. Het momentdiagram in *Figuur XIII.34* en de momentvergelijking geeft aan dat de overige momenten gelijk zijn aan 46.9 Nm. De straal en dus ook de verste afstand tot het middelpunt zijn $r = 12,5 \text{ mm}$. Met deze gegevens wordt de maximale torsiespanning berekend.

Tabel XIII.13 De gegevens om de maximale torsiespanning te bepalen

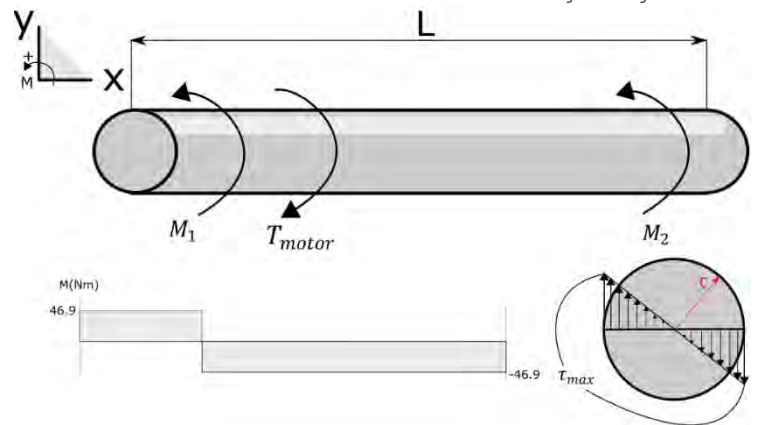
Definitie	Symbool	Grootheid	Eenheid
Aangedreven torsiemoment	$T_{motor,VF}$	93,8	Nm
Moment 1 (tegenmoment van katrol)	M_1	46,9	Nm
Moment 3 (tegenmoment van katrol)	M_2	46,9	Nm
Maximale afstand van middelpunt tot omtrek (straal)	c	0,0125	m

$$\tau_{max} = \frac{T * c}{J}$$

$$J = \frac{\pi}{2} * c^4 = \frac{\pi}{2} * (0,0125^4) = 3,83 * 10^{-8} m^4$$

$$\tau_{max} = \frac{46,9 * 0,0125}{3,83 * 10^{-8}} = 15,3 MPa$$

De maximale optredende torsiespanning τ_{max} is 15,3 MPa bij een maximaal moment van 46,9 Nm.



Figuur XIII.34 VLS aangedreven as en momentendiagram.

Ligger

De ligger wordt gedimensioneerd met een doorbuigingsberekening. De berekening wordt gedaan met een aanname van de bevestigingspunten van de balk. Er wordt aangenomen dat de ligger scharnierend is aan het ene uiteinde en een oplegging is aan de andere zijde. De handberekening wordt gebaseerd op de situatie in *Figuur XIII.35*. De maximale doorbuiging bevindt zich in het midden van de balk en wordt bepaald met de volgende formule.

$$v_{max} = \frac{-PL^3}{48EI}$$

Beam	Slope	Deflection	Elastic Curve
	$\theta_{max} = \frac{-PL^2}{16EI}$	$v_{max} = \frac{-PL^3}{48EI}$	$v = \frac{-Px}{48EI}(3L^2 - 4x^2)$ $0 \leq x \leq L/2$

Figuur XIII.35 Bij de handberekening wordt er van een balk uitgegaan die aan de ene zijde scharnierend gefixeerd is en aan de andere zijde is opgelegd (Hibbeler, 2013).

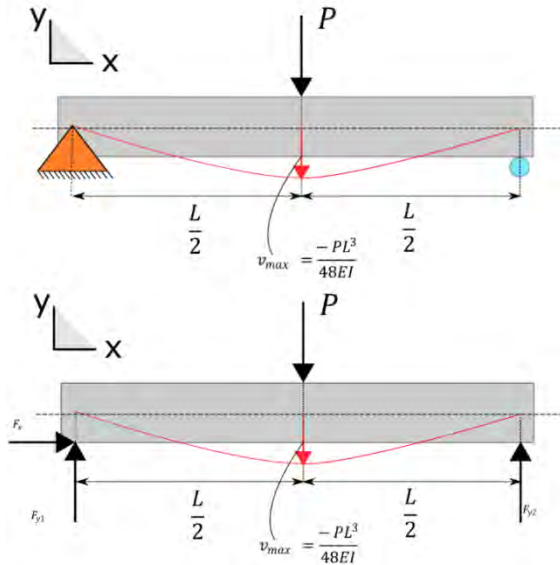
Met deze berekening wordt het minimale oppervlakte traagheidsmoment bepaald. Daarnaast kan er over de gehele lengte van de balk de doorbuiging bepaald worden met de elastische lijn vergelijking, zie *Figuur XIII.35*.

Voor de berekening worden de volgende variabelen in *Tabel XIII.14* als bekend beschouwd.

Tabel XIII.14 Vastgestelde variabelen die als bekend beschouwd worden voor de doorbuigingsberekening 1. (Granta Design Limited, 2019).

Definitie	Symbool	Grootheid	Eenheid
Massa van krat en pakket	$m_{krat+pakket}$	25	Nm
Massa van het platform	$m_{platform}$	25	Nm
Lengte van de ligger	L	1,195	m
Maximale doorbuiging	v_{max}	2	mm
Werkende kracht op de ligger (ten gevolge van zwaartekracht op massa van krat en pakket)	P	490	N
Veiligheidsfactor	VF	1,2	-
Elasticiteitsmodulus	E	70 ¹	GPa

De veiligheidsfactor is klein omdat het maximale gewicht van de krat met pakket erin bekend is. Daarnaast is het gewicht van het platform met alle componenten in geschat op een waarde van $m = 25 \text{ kg}$.



Figuur XIII.37 VLS van de ligger.

$$v_{max} = \frac{-PL^3}{48EI} * VF$$

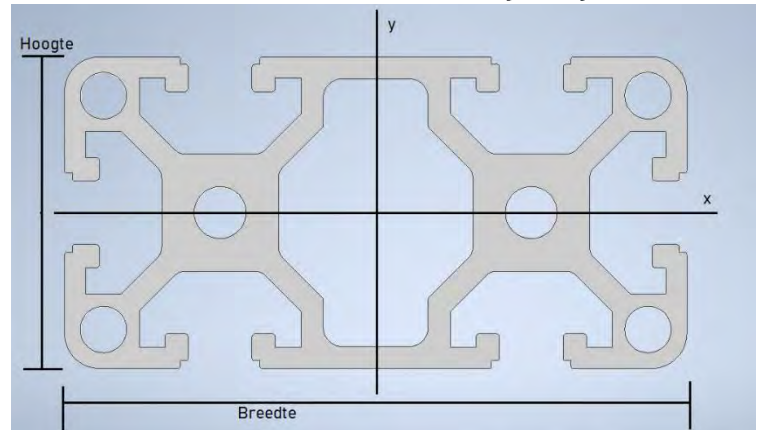
$$I_{min} = \frac{-PL^3}{48E v_{max}} * VF = \frac{490 * (1,195^3)^3}{48 * 70 * 10^9 * 0,002} = 14,9 * 10^4 \text{ mm}^4$$

Uit de bovenstaande berekening volgt dat de ligger minimaal een oppervlakte traagheidsmoment van $I = 14,9 * 10^4 \text{ mm}^4$. Met dit gegeven wordt er gekeken naar de database van standaardprofielen.

De profielen PS4080-8, PS4080L-8 en PS3060-8 hebben een oppervlakte traagheid die het dichtst bij de berekening komt, zie Tabel XIII.15. De profielen zijn rechthoekig en hebben een verschillend traagheidsmoment over de verschillende assen. De aangegeven neutrale as waar de buiging omheen optreedt is aangegeven bij de waarde van het traagheidsmoment en correspondeert met de aangegeven assen in Figuur XIII.36.

Tabel XIII.15 De aluminiumprofielen in de tabel hebben een oppervlakte traagheid die het dichtst bij de berekende waarde in de buurt komt (PBA Leader Motion, 2015). Bij de profielen is er aangegeven om welke as de buiging plaatsvindt, zie Figuur XIII.36.

	Hoogte x breedte (mm)	Oppervlakte traagheidsmoment (cm ⁴)	Neutrale as (zie figuur x)
Berekening	-	14,9	-
PS3060-8	60 x 30	23,3	Y-as
PS4080L-8	40 x 80	17	X-as
PS-4080-8	40 x 80	19,1	X-as



Figuur XIII.36 De oriëntatie van de balk en kracht bepaald de doorbuiging doordat het oppervlakte traagheidsmoment verschilt per buiging-as. Het oppervlakte traagheidsmoment wordt berekend in de situatie dat de belasting een doorbuiging op de X-as veroorzaakt.

De PS3060 heeft een grotere hoogte en een kleinere breedte dan de PS4080. Dit resulteert in een ligger die meer ruimte inneemt in de hoogte en minder in de breedte. Daarnaast komt er bij de PS3060 een

groter torsiemoment komen te staan op de ligger omdat de afstand groter is tot de balk bij de belasting van het krat in de uitgeschoven positie van het platform. Er wordt gekozen voor PS4080 ligger omdat de grotere breedte voor minder torsiebelasting zorgt.

De gekozen ligger heeft de specificaties die in *Tabel XIII.16* vermeld zijn.

Controle handberekening

De doorbuiging van de PS4080-8 ligger wordt berekend om te bepalen wat de maximale verplaatsing in werkelijkheid is. In de onderstaande berekening te zien waaruit een maximale doorbuiging van 1,30 mm blijkt. Deze berekening is gebaseerd op het VLS in *Figuur XIII.37* en neemt geen veiligheidsfactor mee en rekent met een belasting van 50 kg van de gevulde krat en het platform.

$$v_{max} = \frac{-PL^3}{48EI} = \frac{-490 * (1,195)^3}{48 * 70 * 10^9 * 19,5 * 10^4} = -1,30 \text{ mm}$$

De maximale doorbuiging is $v_{max} = 1,30 \text{ mm}$.

Ter controle is er naast de handberekening een controle aan de hand van een Inventor simulatie gedaan. Deze controleberekening is omschreven in Hoofdstuk 6.1.5 Ligger.

De gegevens van het PS4080-8 aluminium extrusie profiel zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Tabel XIII.16 Specificaties van de PS4080-8 ligger (Item24, sd).

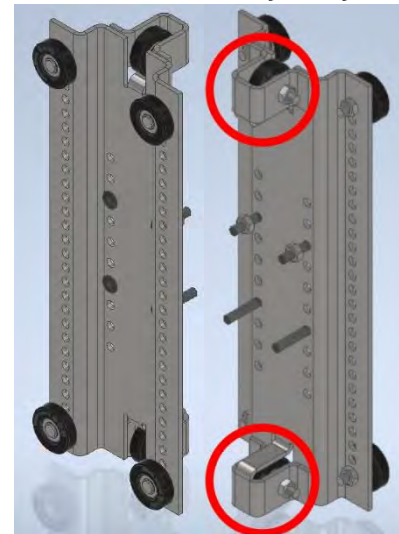
PS4080-8	Variabelen	Eenheid
Afmetingen (H x B x D)	40 x 80 x 1186	mm
Aantal	1	Stuks
Materiaal	Aluminium 6063-T5	—
Oppervlaktetraagheidsmoment (x-as)	19,1	cm ⁴
Maximale doorbuiging handberekening	1,30	mm
Maximale doorbuiging Inventor simulatie	0,866	mm
Productnummer	PS4080-8	—
Leverancier	Item24	—

Loopwielen

De loopwielen worden bevestigd aan stalen platen uit *Figuur XIII.38*. De bevestigingspunten van de plaat (omcirkeld in rood) worden uit dezelfde plaat gevouwen zodat er minder onderdelen en assemblage hoeft te gebeuren.

De ligger wordt recht geleid met zes loopwielen aan beide uiteinden van de balk. Deze loopwielen zijn bevestigd aan plaatwerk met boutverbindingen. De recht geleiding zorgt ervoor dat er de ligger niet axiaal verdraaid en dat de ligger horizontaal blijft liggen. Daarnaast zijn de bewegingen beperkt tot alleen verticaal transport van de ligger.

De vier loopwielen die in *Figuur XIII.39* weergegeven zijn moeten het moment opvangen ten gevolge van de belasting als het platform uitgeschoven is. De loopwielen zijn gedimensioneerd met de volgende berekening en het VLS in *Figuur XIII.40*.



Figuur XIII.38 De loopwielen worden bevestigd aan een plaat die de gemonteerd wordt aan de ligger.

$$F_z = F_{z,krat} + F_{z,platform} = 245 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{wiel1} - F_{wiel2} = 0$$

$$F_{wiel1} = F_{wiel2}$$

$$\sum F_y = 0$$

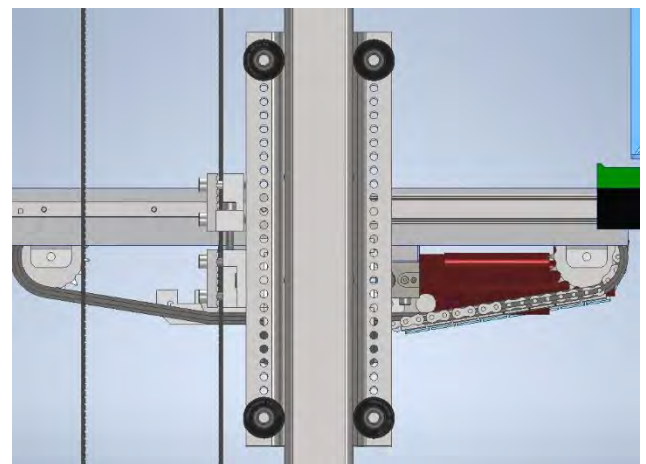
$$F_z - F_{tandriem} = 0$$

$$F_z = F_{tandriem} = 245 \text{ N}$$

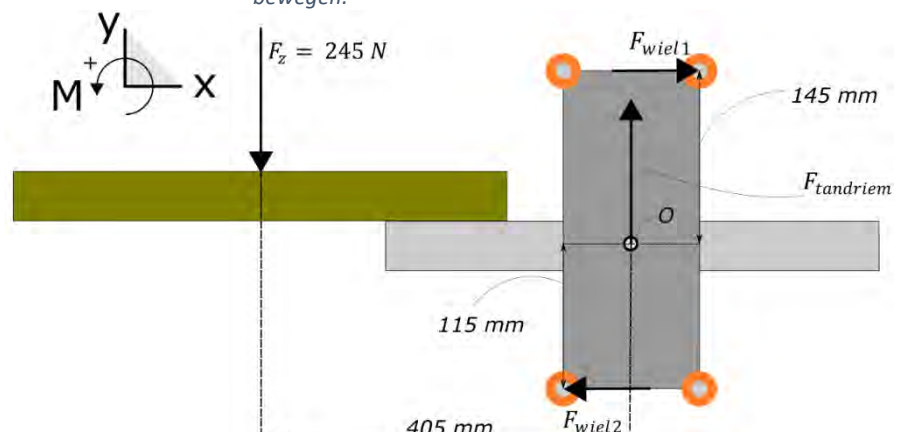
$$\sum M_o = 0$$

$$F_z * 0.405 - F_{wiel1} * 0.145 - F_{wiel2} * 0.115 = 0$$

$$245 \text{ N} * 0.405 - F_{wiel1} * 0.145 - F_{wiel2} * 0.115 = 0$$



Figuur XIII.39 de vier loopwielen zorgen ervoor dat de as niet axiaal kan roteren en dat de balk alleen in verticale richting kan bewegen.



Figuur XIII.40 Het VLS voor de loopwielen met een belasting van $F_z = 255 \text{ N}$ bij een maximaal uitgeschoven platform.

$$F_{wiel1} = F_{wiel2} = \frac{245N * 0.405}{0.260} = 382 N$$

De krachten die berekend zijn worden verdeeld over twee wielen, aan elke zijde van de ligger. De kracht die elk wiel moet opvangen is $\frac{397N}{2} = 191 N$.

Omdat loopwielen vaak gebruikt worden bij toepassingen waarop ze direct de zwaartekracht van de massa opvangen wordt er gebruik gemaakt van dimensionering op basis van de massa van de belasting. De wielen worden daarom gedimensioneerd op $m = \frac{191 N}{9.81 m/s^2} = 19.5 kg$. Het is van belang dat de wielen een boloppervlak hebben om slijtage zo veel mogelijk te verminderen.

De bepaalde wielen zijn in onderstaande *Tabel XIII.17* weergegeven.

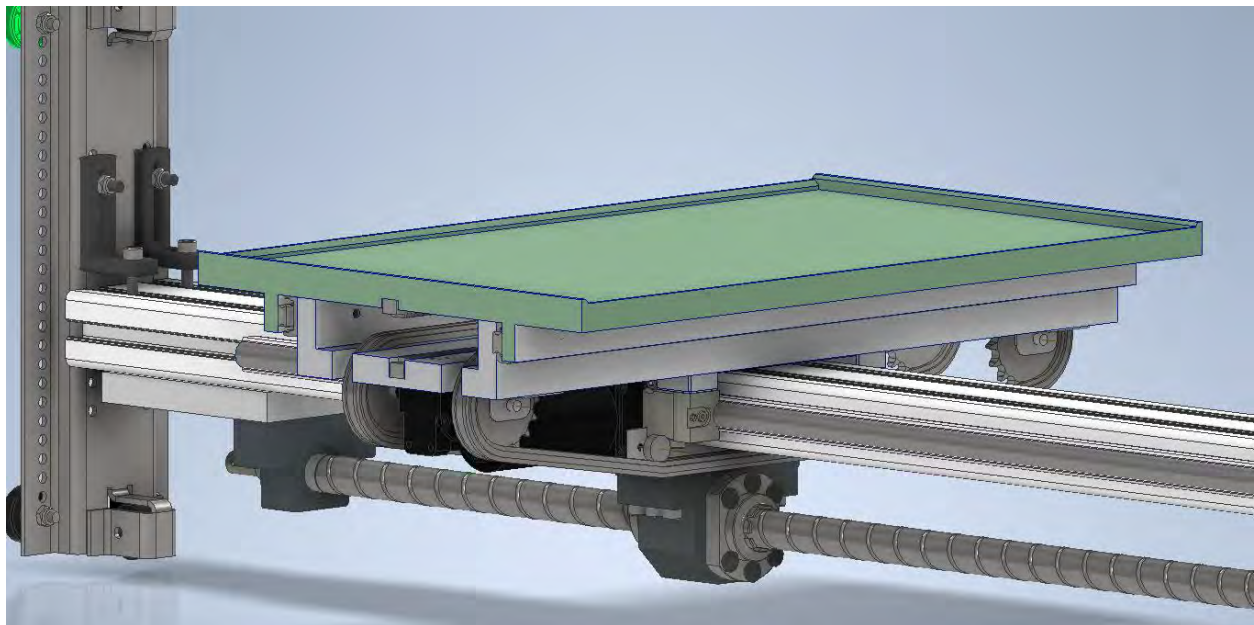
Tabel XIII.17 Specificaties van het loopwiel (Blickle, sd).

Component	Definitie	Variabelen	Eenheid
Loopwiel	Afmetingen (D x B)	30 x 8	mm
	Aantal	10	Stuks
	Maximale belasting	20	kg
	Materiaal	Thermoplastisch polyurethaan	—
	As gat van inwendige kogellager	6	mm
	Productnummer	FPU 30x8/6-6K	—
	Leverancier	Blickle	—

Uitschuifbaar platform

De krat wordt opgetild door het uitschuifbaar platform. Er wordt primair geen gebruik gemaakt van een mechanisme dat de krat vastklemt of grijpt. Op het platform zijn er wel aan elke zijde randen zodat de krat er niet vanaf kan schuiven. In de bewegingsrichting van het platform is een rand aangebracht die eventueel aan de krat haakt om deze uit de stelling te trekken. De krat blijft op het platform staan door statische wrijving. De materialen van de krat en het platform die in contact staan met elkaar bepalen de maximale wrijvingskracht die optreedt samen met het gewicht van de krat.

In *Figuur XIII.41* is de volledige assemblage van het platform te zien. Het platform wordt aangedreven door een spindel en wordt recht geleid door twee lineaire geleiders over twee assen.



Figuur XIII.41 Het uitschuifbaar platform, in geassembleerde toestand.

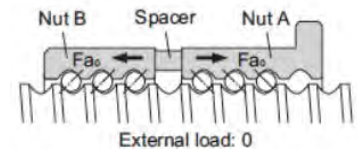
De spindel is bevestigd aan de ligger en drijft het platform aan door de roteren. De spindel wordt gekozen met de HIWIN-spindelkeuze tool (HIWIN, sd). In deze dimensioneringstool worden een aantal stappen doorgelopen om tot een selectie van spindels te komen die geschikt zijn voor de toepassing. Bij de selectie van spindels wordt er een keuze gemaakt door te letten op de kleinste dimensies.

De eerste stap is het kiezen van soort kogelomloop moer. Er zijn drie soorten moeren die gebruikt kunnen worden. Een enkele moer, een dubbele moer en een aangedreven moer.



Figuur XIII.42 Met de HIWIN-spindelkeuze tool is er de optie om te kiezen uit een spindel met een enkelvoudige moer(links), dubbele moer(midden) en een aangedreven moer (rechts) (HIWIN, sd).

De standaard, enkele moer wordt het breedst toegepast voor applicaties. De dubbele moer wordt ingezet om een kracht tussen de twee moeren aan te brengen zie *Figuur XIII.43*. De kracht klemt de kogels tegen de spindel aan om zo verplaatsingen te voorkomen als er een externe axiale kracht op wordt uitgeoefend. Door deze voorspanning aan te brengen is de speling tussen de moer en de spindel geminimaliseerd (Collins, 2015).

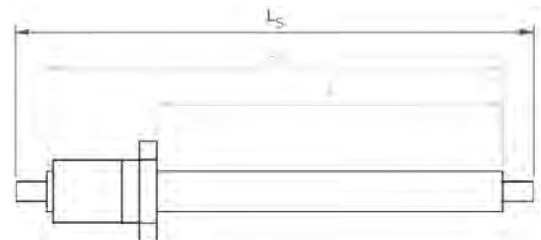


Figuur XIII.43 een dubbele moer kan een voorspanning aanbrengen op de kogels zodat er minder speling is door loszittende kogels (Collins, 2015).

De aangedreven moer zorgt ervoor dat de spindel niet hoeft te roteren. Deze moer wordt extern aangedreven en draait zelf om de spindel heen. Deze moeren worden gebruikt voor toepassingen waar de moer een grote afstand moet afleggen. Door de moer aan te drijven wordt er voorkomen dat de grote massa draagheid van de spindel in gang gezet hoeft te worden. De lengte van de spindel wordt niet langer dan 1300 mm. Voor deze afstand wordt er gekozen voor een enkelvoudige moer vanwege de simpele applicatie. De nauwkeurigheid van de dubbele moer is onnodig. De spindel wordt vervolgens gedimensioneerd met de volgende gegevens.

Tabel XIII.18 De gegevens voor het bepalen van de spindel.

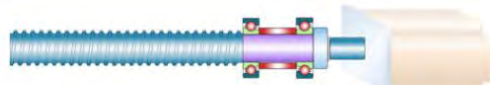
Definitie	Symbool	Grootheid	Eenheid
Totale lengte van de spindel	L_S	1000	mm
Bruikbare lengte waar schroefdraad aanwezig is	L_B	930	mm
Maximale afstand die de omloopmoer aflegt (afhankelijk van platform breedte)	X	720	mm
Massa van de te verplaatsen componenten	m	50	kg
Maximale spoed	P	20	mm
Maximale diameter spindel	D	20	mm
Omloopmoer type	-	Flensmoer	-

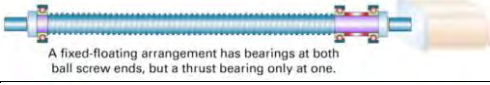


Figuur XIII.44 De spindel met aangegeven dimensies van Tabel XIII.18.

Daarnaast wordt er aangenomen dat de spindel aan de aangedreven kant gefixeerd gelagerd is en aan het andere uiteinde zwevend is. Er zijn vier manieren om een spindel te lagere. Deze vier mogelijkheden zijn in *Tabel XIII.19* weergegeven.

Tabel XIII.19 De vier mogelijkheden om een roterende as en spindel te fixeren (Linear Motion Tips, sd).

Gefixeerd – vrij	 Fixed-free arrangements provide the least rigidity.
Zwevend – zwevend	 Floating-floating support includes a simple radial bearing at each end.

Gefixeerd – zwevend	
Gefixeerd - gefixeerd	

Met deze gegevens wordt de spindelkeuze gemaakt en heeft de volgende spindel in *Tabel XIII.20* opgeleverd.

Tabel XIII.20 Specificaties van de spindel en omloopmoer (HIWIN B.V., sd).

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Spindel	Type spindel	Gedraaid	—
	Diameter	20	mm
	Spoed	20	mm
	Maximale omwentelsnelheid	900	min – 1
	Materiaal	Rvs	—
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer	R20-20K2-DEB-N	—
	Leverancier	HIWIN	—
Omloopmoer	Type omloopmoer	Met flens	—
	Interne diameter	20	mm
	Spoed	20	mm
	Type vegeer	F (absorbeert vocht en houdt stof en viezigheid buiten de kogellagers)	—
	Materiaal	Rvs	—
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer	R20-20K2-DEB-F	—
	Leverancier	HIWIN	—

EK15



Figuur XIII.45 De EK15 lager fixeert de spindel in axiale en radiale richting (HIWIN, sd).

EF15



Figuur XIII.46 De EF15 fixeert de spindel alleen in radiale richting (HIWIN, sd).

Omdat de lengte van de spindel bij benadering 1000 mm moet zijn, is er gekozen om de spindel aan de aangedreven kant gefixeerd te lagere en aan het uiteinde zwevend te lagere. Met deze bevestiging is spindel redelijk rigide en wordt er weinig ruimte in beslag genomen door de lagerhuizen.

De spindel wordt aan de uiteinden gelagerd. De lagers worden bevestigd aan de onderzijde van de aluminium ligger. Voor de spindel met een diameter van 20 mm heeft HIWIN een gefixeerde en zwevende lager. De aangedreven zijde heeft de lager (EK15) die aangegeven is *Figuur XIII.45*. Deze lager zorgt ervoor dat de spindel ook gefixeerd is in axiale richting. De zwevende lager (EF15 in *Figuur XIII.46*) wordt aan het andere uiteinde bevestigd van de spindel en limiteert beweging in de radiale richting.

Naast de spindelkeuze moet er gekeken worden naar compatibele omloop moeren. Bij de spindel wordt er gekozen voor een flensmoer voor de bevestiging aan het platform. Bij de flensmoer is er de optie om een voorbelasting van 5% aan te brengen om speling te minimaliseren. De flensuitvoering heeft als standaard een afstrijker die de spindel afveegt zodat er geen vuil in de kogels van de moer komt.



Figuur XIII.47 De omloopmoer wordt bevestigd aan een behuizing. De behuizing wordt bevestigd aan de onderste plaat van het platform (HIWIN, sd).

De flensmoer biedt een flens waar een moerbehuizing op bevestigd kan worden. De passende behuizing van deze flensmoer is in *Figuur XIII.47* weergegeven. Deze behuizing wordt vervolgens bevestigd aan de onderzijde van het platform zoals te zien is in *Figuur XIII.41* (begin van dit hoofdstuk).

Tabel XIII.21 Specificaties van de lagers en flensmoer behuizing (HIWIN B.V., sd).

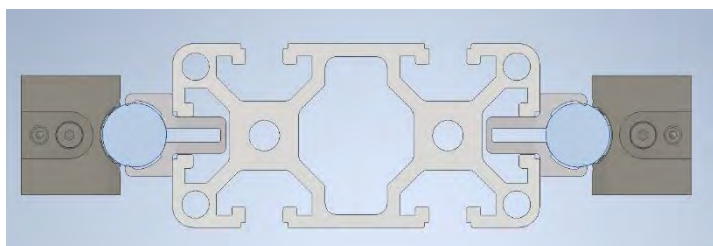
Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Gefixeerde lager (axiaal en radiaal gefixeerd)	Diameter	20	mm
	Maximale axiale belasting	2400	N
	Maximale omwentelsnelheid	19000	min – 1
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer	EK15	–
Zwevende lager (radiaal gefixeerd)	Leverancier	HIWIN	–
	Maximale axiale belasting	64	mm
	Maximale omwentelsnelheid	1210	N
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer	EF15	–
Flensmoer behuizing	Leverancier	HIWIN	–
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer	GFD20	–
	Leverancier	HIWIN	–

De beweging van het platform die door de spindel wordt aangedreven moet recht geleid worden om het platform recht te houden. De recht geleiding wordt voorzien door een gelagerde bus die over een as rolt. De as wordt bevestigd aan de aluminium ligger en de gelagerde bussen worden bevestigd aan het platform, zie *Figuur XIII.48*. De assen worden bevestigd aan de ligger met een aluminium klemprofiel. Dit klemsysteem is specifiek voor standaard aluminiumprofielen geschikt en is eenvoudig te assembleren door het kliksysteem.

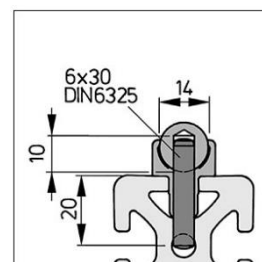


Figuur XIII.48 Het klemprofiel wordt in de sleuf geplaatst en klemt de as (Item24).

De as wordt vervolgens geklemd in het profiel. De as wordt gefixeerd door een DIN 6325 pin zoals aangegeven is in *Figuur XIII.49*. Dit weerhoudt de as van beweging in de axiale richting. Er worden twee assen geplaatst aan de korte zijden van het profiel. De gelagerde recht geleiders zijn als inkoop onderdelen van Item geschikt voor de recht geleiding bij rvs-staf materiaal met een diameter van $d = 14 \text{ mm}$.



Figuur XIII.50 De figuur illustreert de doorsnede van de ligter. De kogel bussen glijden over de assen en zijn niet in contact met het hele oppervlak van de assen.



Figuur XIII.49 Het klemprofiel en de as wordt bevestigd aan de ligter met een pin om schuiven in de sleuf te voorkomen (Item24).

In *Tabel XIII.22* zijn de componenten opgesomd.

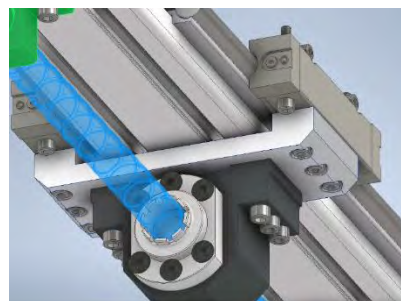
Tabel XIII.22 Componentspecificaties van het klemprofiel, de recht geleid as, bevestigingspin en kogel bus (Item24).

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Klemprofiel as	Diameter	14	mm
	Compatibel met aluminiumprofiel sleufmaat grootte	(Profiel) 8	mm
	Lengte	900	mm
	Materiaal	Aluminium, geanodiseerd	—
	Aantal	2	Stuks
	Productnummer	0.0.294.34	—
	Leverancier	Item24	—
Recht geleid as	Diameter	14	mm
	Lengte	900	mm
	Materiaal	Rvs (St, X 46 Cr 13, gehard, gepolijst)	—
	Aantal	2	Stuks
	Productnummer	0.0.472.30	—
	Leverancier	Item24	—
Bevestigingspin DIN 6325	Afmetingen (D x L)	6 x 30	mm
	Materiaal	Staal	—
	Aantal	2	Stuks
Kogel bus	Diameter	14	mm
	Lengte	120	mm
	Materiaal (behuizing)	Staal (verzinkt)	—
	Aantal	1 (set van 2)	Set
	Productnummer	0.0.634.63	—
	Leverancier	Item24	—

De lineaire geleiders worden bevestigd aan een platform dat verbonden is met de moerbehuizing, zie *Figuur XIII.51*. De verbinding tussen de lineaire geleiders en de moerbehuizing is een gefreesd onderdeel uit aluminium. Dit onderdeel wordt bevestigd aan de lineaire geleiders en het gefreesde aluminiumblok van *Figuur XIII.52*.



Figuur XIII.51 De kogel bussen worden tussen de onderste plaat van het platform en de flensmoer behuizing bevestigd.



Figuur XIII.52 De flensmoer behuizing wordt bevestigd aan een aluminium blok dat vastgezet wordt aan de kogelbussen en het uitschuivend platform.

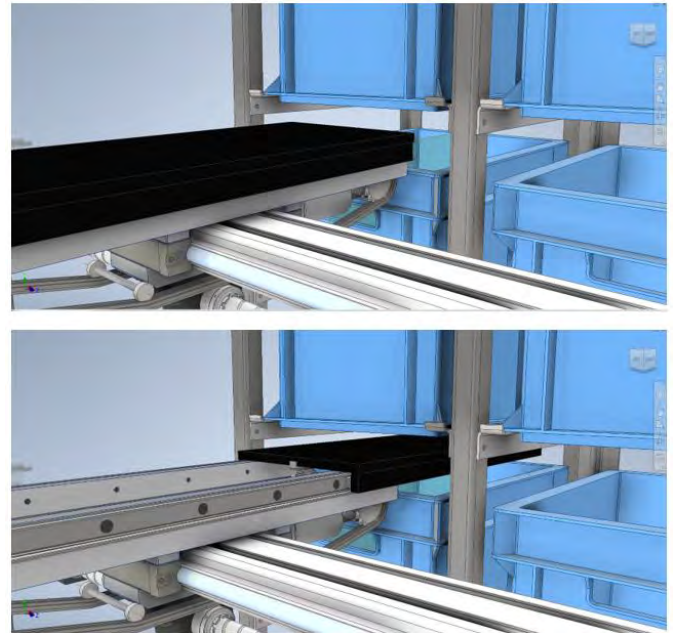
Doordat er beperkt ruimte beschikbaar is tussen de stellingen is er een platform ontworpen dat tussen de stellingen past en de kratten aan beide kanten kan pakken. Het platform heeft een uitschuifbaar gedeelte dat zich onder de krat kan plaatsen, zie *Figuur XIII.53*. Vervolgens wordt de ligger omhoog verplaatst en wordt de opslageenheid opgetild. Het platform schuift dan samen met de krat terug in de rustpositie om de krat boven de grond te transporteren.

Om de maximale versnelling te bepalen waarmee de krat uit de stelling wordt getrokken, wordt er een berekening gedaan om de maximale wrijvingskracht te bepalen. Bij deze berekening wordt er aangenomen dat de materialen die met elkaar in contact staan plastic en metaal zijn om de wrijvingscoëfficiënt te bepalen. De statische wrijvingscoëfficiënt van het plastic op metaal heeft een waarde van $\mu_s = 0.25 - 0.4$, zie *Tabel XIII.23* (Engineering-abc, sd). Bij berekening wordt er van de kleinste wrijvingscoëfficiënt uit gegaan om de maximale versnelling te bepalen waarbij er geen slip optreedt.

Tabel XIII.23 Statische en dynamische wrijvingscoëfficiënten bij verschillende combinaties van materialen (Engineering-abc, sd).

combination	Static dry	lubricated	Dynamic dry	lubricated
steel-steel	0.5...0.6	0.15	0.4...0.6	0.15
copper-steel	-	-	0.5...0.8	0.15
steel-cast iron	0.2	0.1	0.2	0.05
cast iron - cast iron	0.25	0.15	0.2	0.15
friction material - steel	-	-	0.5-0.8	-
steel-ice	0.03	-	0.015	-
steel-wood	0.5-0.6	0.1	0.2-0.5	0.05
wood-wood	0.4-0.6	0.15...0.2	0.2...0.4	0.15
leather-metal	0.6	0.2	0.2...0.25	0.12
rubber-metal	1	-	0.5	-
plastic-metal	0.25...0.4	-	0.1...0.3	0.04...0.1
plastic-plastic	0.3-0.4	-	0.2...0.4	0.04...0.1

The coefficient of friction between two materials in relative sliding may depend on contact pressure, surface roughness of the relative harder contact surface, temperature, sliding velocity and the type of lubricant whether the level of contamination. It's the reason that the data found in the many reference tables available may show a large variation



Figuur XIII.53 Het uitschuifende platform moet onder de kratten komen om deze op te tillen.

Bij de onderstaande berekening (met VLS in *Figuur XIII.54*) wordt er gebruik gemaakt van de statische wrijvingscoëfficiënt tussen metaal en plastic, $\mu_s = 0.25 - 0.4$ uit *Tabel XIII.23*.

$$m_{min} = 1 \text{ kg}$$

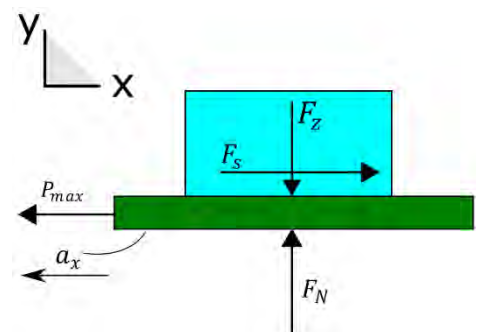
$$\mu_s = 0.25$$

$$F_z = 9.81 \text{ m/s}^2 * 1 \text{ kg} = 9.81 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_z = F_N = 9.81 \text{ N}$$

$$F_s = F_N * \mu_s = 9.81 \text{ N} * 0.25 = 2.45 \text{ N}$$



Figuur XIII.54 Het VLS (dynamisch) van het bewegende platform waarbij er net geen slip optreedt.

$$\sum F_x = 0$$

$$P_{max} = F_s = 2,45 \text{ N}$$

$$\sum F_x = m_x * a_x$$

$$P_{max} = m_x * a_x$$

$$a_x = \frac{P_{max}}{m_x} = \frac{2,45 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 2,45 \text{ m/s}^2$$

De maximale versnelling is $a_{max} = 2,45 \text{ m/s}^2$.

Met deze versnelling en de berekende kracht bij het maximale gewicht, wordt er een tandwiel en tandheugels gekozen. De maximale kracht waar geen slip optreedt (bij een gevulde krat van $m = 25 \text{ kg}$) wordt gebruikt om de tandwiel en tandheugels te dimensioneren. De maximale kracht die nodig is om de massa met $a = 2,45 \text{ m/s}^2$ te versnellen is $F = 61,3 \text{ N}$. Met de straal van het tandwiel is er te bepalen welk moment wordt uitgeoefend op de één tand.

De straal van het tandwiel wordt afgeleid van de maximaal beschikbare ruimte die het tandwiel kan innemen in het ontwerp. Dit is een straal van $r = 12 \text{ mm}$. Bij de berekening wordt er aangenomen dat de kracht wordt verdeeld over twee tanden.

Het tandwiel en tandheugelsysteem moet zo klein mogelijk gedimensioneerd worden. Door het platform zo klein mogelijk te maken kan het platform de onderste kratten bereiken.

$$F_{s,max} = F_N * \mu_s = 9,81 * 25 \text{ kg} * 0,25 = 61,3 \text{ N}$$

$$F_s = 61,3 \text{ N}$$

$$r_1 = 12 \text{ mm}$$

$$VF = 1,3$$

$$\sum M_0 = 0$$

$$r_1 * \frac{F_s}{2} = r_1 * \frac{F_{tandheugel}}{2}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$P_1 = F_s + F_{tandheugel}$$

$$F_s = F_{\text{tandheugel}} = 61,3 \text{ N}$$

$$P_1 = 61,3 + 61,3 = 123 \text{ N}$$

$$M_{\text{tand}} = \frac{F_{\text{tandheugel}}}{2} * r_1 = \frac{61,3}{2} * 0,012$$

$$= 0,367 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{tand, VF}} = 0,367 * VF = 0,478 \text{ Nm}$$



Met het berekende moment op één tand wordt het tandwiel bepaald. Tandwielen hebben een grootte gebaseerd op modules waarbij module 1 het kleinste formaat tandwielen is. Het tandwiel moet corrosiebestendig zijn en moet minimaal 0,478 Nm meter kunnen verdragen op één tand. Met de tandwielmodule wordt ook de daarmee corresponderende tandheugel bepaald. Het tandwiel wordt bevestigd aan een as die met gefreesde blokjes bevestigd wordt aan de ketting. In de gefreesde blokjes zitten glijlagers voor de as, zie *Figuur XIII.55*.

Figuur XIII.55 Het tandwiel en heugelsysteem wordt aangedreven door twee kettingen. Er is maar beperkt ruimte beschikbaar tussen de twee platen van het

Tabel XIII.24 Specificaties van het tandwiel en de tandheugels (Maedler, sd).

Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Tandwiel	Type tandwiel	Module 1	—
	Toelaatbaar moment	0,51	Nm
	Interne diameter	6	mm
	Materiaal	Rvs AISI 303	—
	Aantal	1	Stuks
	Productnummer (Maedler)	21499024	—
	Leverancier	Maedler	—
Tandheugel	Type tandheugel	Module 1	—
	Materiaal	Rvs AISI 303	—
	Aantal	2	Stuks
	Productnummer (Maedler)	22499605	—
	Leverancier	Maedler	—
Lager (DIN 127A)	Type lager	Glijlager	—
	Binnendiameter	6	mm
	Buitendiameter	8	mm
	Materiaal	Gehard 1.0718 koolstofstaal	—
	Aantal	2	Stuks
	Productnummer (Maedler)	62210610	—
	Leverancier	Maedler	—

Kettingkeuze

Voor de aandrijving van het tandwiel wordt een ketting gebruikt die aangedreven wordt door een elektromotor. De elektromotor drijft tandwielen aan met een ketting daaraan verbonden. De as van het lopende tandwiel moet bevestigd worden aan de ketting. De bevestiging wordt gedaan op een kettingstuk met een gebogen flens waar de as op gemonteerd kan worden met de gefreesde blokjes.

Met de Maedler-datasheet (Maedler) van kettingen met plaat wordt er bepaald welke ketting gebruikt wordt met het toerental en het overgebrachte vermogen.

Om het toegeleverde vermogen te bepalen wordt de volgende formule gebruikt.

$$P_B = P_N * K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

Met:

P_N = Aangedreven vermogen van elektromotor.

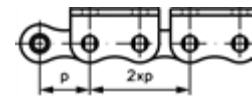
K_1 = Factor die rekening houdt met het aantal tanden (zie Tabel XIII.25).

K_2 = Factor die rekening houdt met de overbrenging (zie Tabel XIII.26).

K_3 = Factor die rekening houdt met de hartafstand (zie Tabel XIII.27).

K_4 = Factor die rekening houdt met de soort belasting (zie Tabel XIII.28).

De kettingaandrijving zal worden met twee tandwielen gedaan hebben een transmissie overbrengingsverhouding van 1:1.



Tabel XIII.25 Factor K_1 die rekening houdt met het aantal tanden van het kleinste tandwiel (Maedler).

Number of Teeth	11	13	15	17	19	21	23	25	31	37
Factor K_1	2.5	2.0	1.75	1.55	1.35	1.2	1.1	1.0	0.78	0.64

Tabel XIII.26 Factor K_2 houdt rekening met de overbrengingsverhouding (Maedler).

Transmission Ratio	1 : 1	2 : 1	3 : 1	5 : 1
Factor K_2	1.22	1.08	1	0.92

Tabel XIII.27 Factor K_3 houdt rekening met de hartafstand van de tandwielen. P is de hartafstand tussen de bevestigingspunten van de schakel (Maedler).

Center Distance	10 x p	20 x p	40 x p	80 x p
Factor K_3	1,3	1,15	1	0,85

aangebrachte belasting (Maedler).

Input	Output (Type of Load of Driven Machine)		
	Uniform	Medium Shocks	Strong Shocks
Uniform	1.0	1.4	1.8
Light Shocks	1.1	1.5	1.9
Medium Shocks	1.3	1.7	2.1

Tabel XIII.28 Factor K_4 houdt rekening met de soort

Uit de tabellen volgen de volgende waarden voor de variabelen:

$$K_1 = 1.55$$

$$K_2 = 1.22$$

$$K_3 = 1$$

$$K_4 = 1.4$$

Het aangedreven vermogen wordt berekend met de krachten die spelen tussen de tandheugels en het tandwiel.

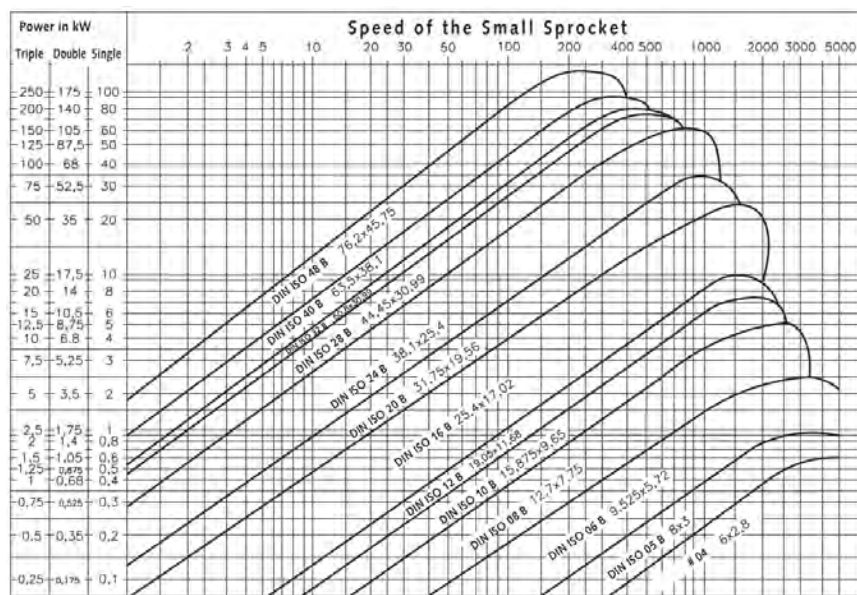
$$P_n = F * v$$

$$P_n = 123 \text{ N} * 1 \text{ m/s} = 0.123 \text{ kW}$$

$$P_B = P_N * K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

$$P_B = 0.123 * 1.55 * 1.22 * 1 * 1.4 = 0.326 \text{ kW}$$

Met de grafiek in *Figuur XIII.57* wordt de kettingsoort bepaald. Er wordt gekozen voor een enkelvoudige kettingaandrijving doordat één tandwiel aangedreven wordt.



Figuur XIII.57 Keuzegrafiek voor de soort ketting. Op de Y-as wordt het vermogen (kW) tegen de omwentelsnelheid van het kleinste tandwiel (min^{-1}) gezet. De ketting wordt bepaald met de "single" kolom, omdat de ketting enkelvoudig wordt aangedreven.

Met de grafiek is de kettingsoort DIN ISO 06B 9.525x5.72 bepaald. De schakel van de gebruikte ketting is te zien in *Figuur XIII.58*. Aan de gebogen beplating wordt de as bevestigd met een gefreesd aluminiumblokje.



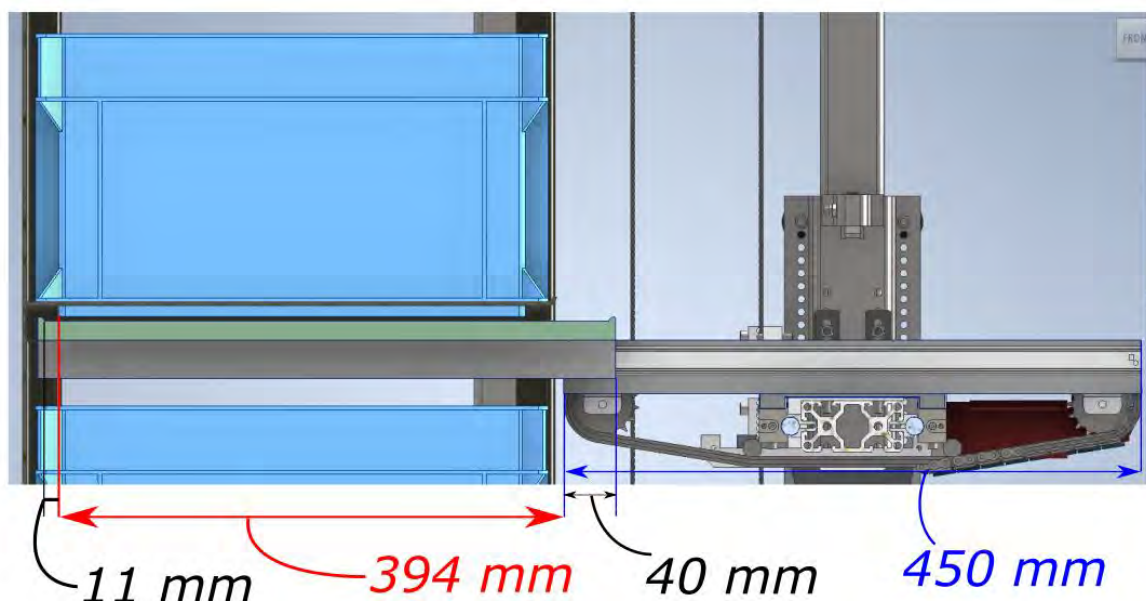
Figuur XIII.58 DIN ISO 06B 9.525x5.72 met schakels die gebogen plaatjes hebben waar de as aan gemonteerd wordt.

Telescopische rails

De telescopische rails die gebruikt worden voor het recht verplaatsen van de bovenste plaat moeten meer dan 91.1% uitschuiven aan beide kanten vanuit rustpositie om bij de kratten te kunnen komen met een lengte van 450 mm. Er wordt een speling van 11 mm gehanteerd.

$$\frac{(394 \text{ mm} + 11 \text{ mm})}{450 \text{ mm}} * 100\% \approx 91.1\%$$

De bovenste plaat moet 405 mm uitschuiven om de krat met een speling van 11 mm te grijpen. Bij het volledig uitschuiven is er nog 40 mm overlappend om de bovenste plaat aan te drijven met het lopende tandwiel.



Figuur XIII.59 De bovenste plaat moet 405 mm uitschuiven om de krat te grijpen.

De achterkant van de kratten staan op een afstand van $L = 394 \text{ mm} + \left(\frac{450 \text{ mm}}{2}\right) = 619 \text{ mm}$ van het middelpunt van de plaat. Doordat de ligger 91.1% moet uitschuiven zal er rekening gehouden worden met een telescopische lineaire recht geleider die 100% kan uitschuiven naar beide kanten. De gekozen recht geleiders houden de afstand tussen de platen constant zodat het tandwiel en heugelsysteem zijn werking kan doen. De gekozen recht geleider heeft dezelfde lengte als het platform. De maximale belasting van $F_z = 1348 \text{ N}$ wordt verdragen door twee geleiders in deze applicatie.

De specificaties van de geleider staan in de onderstaande Tabel XIII.29.

Tabel XIII.29 Specificaties van de geleider rails (Rollon GmbH, sd).

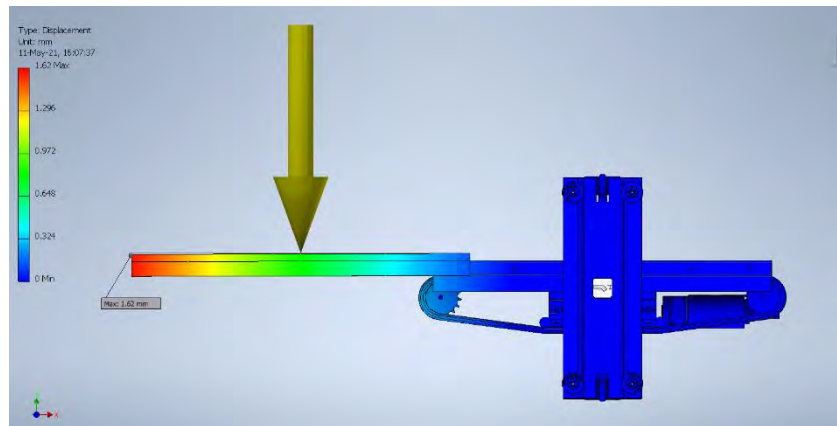
Component	Definitie	Waarde	Eenheid
Recht geleiding rails	Type rails	Telescopisch	—
	Lengte	450	mm
	Breedte	22	mm

	Maximale belasting (beide rails samen)	1348	N
	Materiaal	Koolstofstaal, elektrolytisch verzinkt	—
	Aantal	2	Stuks
	Productnummer	DEF-22-450	—
	Leverancier	ROLLON	—

Controle doorbuiging van uitschuivend platform

Naast de doorbuigingssimulatie van de ligger in *Figuur 6.19* van *H6.1.5 Ligger*, is het belangrijk om te onderzoeken wat de torsie van de ligger ten gevolge van de belasting bij een volledig uitgeschoven platform met gevulde krat is. In *Figuur XIII.60* is te zien dat de torsie van de balk gevolgen heeft voor de uiteindelijke verplaatsing van het uitgeschoven platform. In Inventor is de assemblage van de ligger en platform gesimuleerd en de torsie gebruikt om de doorbuiging te bepalen.

Het uiterste punt van het platform heeft een doorbuiging van $v = 1.62 \text{ mm}$ bij een belasting van $F_z = 245 \text{ N}$. Bij deze doorbuigingssimulatie wordt vrijheidsbeperkingen opgelegd bij de stalen platen aan de kopse kant van de ligger. Deze worden voor de berekening van de simulatie gefixeerd.



Figuur XIII.60 De maximale doorbuiging van het plateau is $v_{max} = 1.62 \text{ mm}$. Bij de doorbuiging zijn de stalen platen waarmee de ligger recht geleid wordt beschouwd als gefixeerde vlakken.

Bijlage XIV.Onderdelenlijst

Een overzicht van de deelsystemen en de componenten die de deelsystemen vormen zijn in *Tabel XIV.1* weergegeven. De onderdelenlijst is zo compleet mogelijk. In de periode van ontwerpen is er minder aandacht besteed aan concrete invulling van bevestigingsmateriaal. Waar bevestigingsmateriaal bekend is, wordt het vermeld.

Tabel XIV.1 De onderdelenlijst is geordend op deelsystemen.

Deelsysteem	Component	(Hoofd)materiaal	(Hoofd)Afmetingen [mm]	Aantal	
Opslageenheden					
	Euronorm krat	Polypropyleen	Buitenmaat (L x B x H) 400 x 300 x 220	48	
Opslagconstructie					
	Hoekprofiel	Koolstofstaal ANSI 1015, galvanisch verzinkt oppervlak met poedercoat laag	Profiel (H x B x d) 30 x 30 x 2 Lengte 2600	8	
	U-profiel	Koolstofstaal ANSI 1015, galvanisch verzinkt oppervlak met poedercoat laag	Profiel (H x B x d) 30 x 30 x 2 Lengte 2600	4	
	U-profiel met flenzen	Koolstofstaal ANSI 1015, galvanisch verzinkt oppervlak met poedercoat laag	Profiel (H x B x d) 30 x 30 x 2 Lengte 2600	4	
	Lipjes profiel (R)	Koolstofstaal ANSI 1015, galvanisch verzinkt oppervlak met poedercoat laag	Profiel (H x B x d) 30 x 30 x 2 Lengte 420	48	
	Lipjes profiel (L)	Koolstofstaal ANSI 1015, galvanisch verzinkt oppervlak met poedercoat laag	Profiel (H x B x d) 30 x 30 x 2 Lengte 420	48	
	Popnagel	Aluminium (AlMg3/5)/Staal	(d x L) 3 x 6	224	
Frame					
	Frameprofielen ISO 10799-2 50 x 50 x 3 mm (H x B x d)	Constructiestaal S275, Thermisch verzinkt na assemblage (MAG-lassen)	Totale lengte benodigd materiaal (L) 35406	1	
	Bevestigingstrips voor stellingen	Koolstofstaal ANSI 1015, galvanisch verzinkt oppervlak met poedercoat laag	Lente x dikte (L x b) 1292 x 1.5	2	
	Hijs lus	Constructiestaal S275, Thermisch verzinkt na assemblage (MAG-lassen)	(D x L) 5 x 458	2	
	Bevestigingsmateriaal bevestigingstrips	DIN 933 + DIN 985	M6 x 60	8	
Verticaal transport van de ligger					
	SEW-elektromotor SA47DRN90L4 met spie	-	Aandrijvende as (D x L) 25 x 50	1	
	Ketting	Speciaal kettingstaal	-	1	
	Tandwiel (met spieverbinding)	Rvs	Aantal tanden (z) 25	2	
	Aangedreven as	Rvs	(D x L) 25 x 300,8	2	
	Koppelingsas	Rvs	(D x L) 25 x 870	1	
	Lagerhuis	RVS AISI 304 lagerhuis met rvs 1.4125 (X105CrMo17, AISI 440 C)	Inwendige diameter (D) 25	4	
	Lagerhuis bevestiging	DIN 933 + DIN 985	M8 x 60	8	
	Tandriem AT5 met b = 16 mm	Thermoplastisch polyurethaan (TPU) met stalen draden kern	Breedte (b) 16	2	
	Riemklem	Aluminium (EN AW2017A)	Breedte (b) 35	4	
	Katrol bevestigingsplaat bovenkant	Nader te bepalen	Nader te bepalen	2	
	Bevestiging bevestigingsplaat boven katrollen	DIN 933 + DIN 985	M6 x 60	8	
	Katrol	Gefosfateerd staal	Diameter x breedte (D x b) 100,64 x 22	4	
	Klem bus	Gietijzer GG25	Binnendiameter x buitendiameter x breedte (D _{Binnen} x D _{Buiten} x b) 25 x 47,5 x 25,4	4	
	Bevestiging klem bus en katrol	-	1210 bout	12	
	Riem klem plaat	EN AW2017A	Breedte (b) 35 mm	4	
	Aluminium vlak blok met T-vorm	Aluminium	Breedte (b) 70 mm	4	
	Bevestiging riemklem plaat en T-blok	DIN 912	M6 x 35	16	
	Opspan bouten	DIN 912	M6 x 40	4	
	Aluminium blok voor bevestiging van riemklemsysteem	Aluminium	Nader te bepalen	2	

	Bevestiging riemklem blok aan bevestigingsplaat	DIN EN ISO 10642 + T-moer	M6 x 30	4	
Recht geleiding verticaal transport					
	Stalen plaat voor bevestiging loopwielen	Sendzimir plaatmateriaal	Nader te bepalen	2	
	Bevestiging stalen platen aan ligger	DIN 933 + DIN 985	M6 x 25	4	
	Loopvlak staanders	Rvs AISI 440A	Lengte (L) 3422	2	
	Flenzen staanders	Rvs AISI 440A	(L x B x d) 150 x 50 x 3	2	
	Bevestiging staanders aan frame	DIN 933 + DIN 985	M10 x 65	10	
	Loopwielen	Thermoplastisch polyurethaan	(D x b) 30x8	10	
	Bevestiging as loopwiel	Rvs	(D x L) 6 x 26	10	
	Seegerring (DIN 471)	Rvs	-	10	
	Borgmoer (DIN 985)	Rvs	-	10	
	Hoekstukken bevestiging stalen platen	Rvs	(L x b) 40 x 80	4	
	Bevestiging hoekprofiel aan ligger	DIN 912 + T-moer	M6 x 20	4	
Ligger					
	PS4080-8 aluminium extrusie profiel	Aluminium 6063-T5	Profiel (H x B x L) 40 x 80 x 1186		
	Spindel	Rvs	Diameter x spoed (D x p) 20 x 20	1	
	Lager (zwevend)	Rvs	Inwendige diameter (D) 20	1	
	Lager (gefixeerd)	Rvs	Inwendige diameter (D) 20	1	
	Omloopmoer met flens	Rvs	Inwendige diameter (D) 20	1	
	Omloopmoerbehuizing	Rvs	-	1	
	Servomotor	Nader te bepalen	Nader te bepalen	1	
	Motor en lager bevestigingsplaat	Aluminium	Nader te bepalen	2	
Recht geleiding verplaatsing uitschuifbaar platform over ligger					
	Klem profiel	Rvs	Lengte (L) 895	2	
	Geleider as	Aluminium	(L x D) 895 x 14	2	
	Fixeren as en klemprofiel	DIN 6325	(D x L) 6 x 30	2	
	Kogel bus	-	-	2	
Uitschuifbaar platform					
	Bovenplaat	Aluminium	(L x B) 450 x 284	1	
	Onderplaat	Aluminium	(L x B) 450 x 147,2	1	
	Verbindingsblok onderplaat met omloopmoerbehuizing	Aluminium	-	1	
	Bevestiging onderplaat, kogel bussen en verbindingsblok omloopmoer	DIN 912	M5 x 60	6	
	Bevestiging/uitlijnen onderplaat en kogel bussen	DIN 912	M5 x 16	4	
	Bevestiging onderplaat met omloopmoer	DIN 912	M6 x 30	6	
	Tandheugel	Rvs AISI 303	(L x B x H) 450 x 10 x 10 (module 1)	2	
	Lopend tandwiel	Rvs AISI 303	Diameter (D) 6 (module 1)	1	
	As	Rvs	(L x D) 21,4 x 6	1	
	Glijlager	1.0718 DIN 172 A	(L x D) 10 x 6	2	
	Glijlager behuizing	Aluminium	-	2	
	Ketting DIN ISO 06B	Speciaal kettingstaal	9.525x5.72	2	
	Ketting recht geleider	Ultra-hoog-moleculair polyethyleen PE-UHMW	(L x B x H) 450 x 15 x 10	2	
	Tandwiel	Rvs	Aantal tanden (z) 17	4	
	Elektromotor	-	Nader te bepalen	1	
	Ketting geleider wielen	Rvs	Diameter (D) 15	4	
Recht geleiding uitschuiven					
	Telescopische rails	Rvs	Lengte (L) 450	2	
	Bevestiging (1)	DIN 7991 countersunk	M8	12	
	Bevestiging (2)	DIN 7991 countersunk	M6	12	
Bescherming tegen weersomstandigheden	Waterbescherming over betonbak heen	Sendzimir plaatmateriaal	Nader te bepalen	1	

	Bevestiging waterbescherming aan betonbak	DIN 933	M8 x 50	12	
	Sendzimir plaatmateriaal zijkanten	Sendzimir plaatmateriaal	(L x B x d) 2625 x 1394 x 1.5	4	
	Bevestiging hoekprofielen zijplaten	Sendzimir plaatmateriaal	Nader te bepalen	16	
	Bevestiging zijplaten aan frame	DIN 933 + DIN 985	M6 x 60	16	
	Bevestiging zijplaten aan elkaar	DIN 933 + DIN 985	M6 x 10	16	
	Sendzimir plaatmateriaal onderzijde	Sendzimir plaatmateriaal	(L x B x d) 1394 x 1394	1	
	Bevestigen onderplaat	DIN 933 + DIN 985	M6 x 60	8	
Voetgangersplatform					
	Voetgangersplatform	Sendzimir plaatmateriaal		1	
	Bevestiging tranenplaat	DIN 933 + DIN 985	M4 x 10	16	
Bovengrondse laadbak					
	Gevouwen plaatmateriaal	Nader te bepalen	Dikte (d) 3	1	
	Afluitluik	Nader te bepalen	Nader te bepalen	1	

Bijlage XV. Overige werkzaamheden tijdens de afstudeerperiode

Naast de werkzaamheden van de ontwerpopdracht, is de student gevraagd om een octrooi onderzoek te doen. De relevantie van dit onderzoek is gebaseerd op de originele afstudeeropdracht die verstrekt was aan de student. Deze opdracht is in de eerste week van de stage komen te vervallen doordat het bedrijf Attabotics het concept van de originele opdracht al verwerkt had in een systeem. Door de onbekende factoren en status van octrooi aanvragen is deze opdracht komen te vervallen. De student is toen verzocht om een octrooionderzoek te doen zodat OWM B.V. kan beslissen of zij hun concept en idee kunnen bewapenen tegen de uitgeleverde patenten aan Attabotics.

Patentonderzoek Attabotics

Dit beknopte onderzoek betreft de huidige stand van zaken over de patenten waar Attabotics over beschikt. Het onderzoek is tot stand gekomen door een literatuurstudie en wordt in opdracht van OWM B.V. uitgevoerd. Van elk aangevraagd octrooi wordt aangegeven wanneer de octrooi aanvraag is ingediend en wanneer een octrooi is uitgegeven en in welk land dit is uitgegeven. De classificatie van de octrooien wordt weergegeven met IPC (Internationale patent classificatie) codering.

Attabotics is een beginnend bedrijf gevestigd in Calgary, Canada. Het bedrijf is in 2015 opgericht door Scott Gravelle, Tony Woolf en Rob Cowley en Jacques LaPointe.

27 april 2015 – publicatie AU2020289823 (A1) (2021-01-21)

Attabotics heeft 27 april 2015 hun eerste octrooi aangevraagd over hun 'storage and retrieval system'. Met aanvraag nummer AU20200289823 20201217. Deze aanvraag bevatte de globale omschrijving van hun idee.

☐ 1. STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM

★	Uitvinder: GRAVELLE SCOTT COWLEY ROBERT GUY (+1)	Aanvrager: ATTABOTICS INC [CA]	CPC: B65G1/04 B65G1/0464 B65G1/0478	IPC: B65G1/04	Publicatie: AU2020289823 (A1) 2021-01-21	Prioriteitsdatum: 2015-04-27
---	--	---	---	-------------------------	---	--

In deze omschrijving staat het volgende:

"Bins or other storage units contained within a three-dimensional grid structure are arranged in cells, each of which has multiple storage units surrounding a central void or space on different sides thereof. This void space is slightly larger than each storage unit, enabling the unit to be pulled into the void by mechanical means, and allowing access to the bins on all sides of the void. The storage units are stacked within the three-dimensional grid structure, which can be built or expanded to a predetermined footprint. The aligned voids of stacked cells create vertical shafts spanning between upper and lower tracks of the grid structure on which robotic retrieval vehicles can horizontally travel to and from any given shaft. The robotic retrieval vehicles can directly access any storage unit via the vertical shafts." (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2016).

De opslagfaciliteit betreft een warehouse opslag met tunnelsysteem waar robots bewegen in de tunnels bins kunnen pakken in de rondom aangrenzende vier torens met bins. De robots kunnen boven op de stellages horizontaal bewegen naar elke tunnel en vervolgens in de tunnel gaan.

De publicatie van de aanvraag is op 21 januari 2021 geaccepteerd met identificatie aanduiding van A1 in Australië. De A1 code geeft aan dat de gepubliceerde tekst van de octrooiaanvraag de eerste publicatie is.

De IPC (Internationale patent classificatie) heeft de publicatie geclassificeerd als B65G1/04. Deze classificatie duidt op een werk uitvoerend mechanisch transport. (European Patent Office, 2018).

In 2018 is er één nieuw octrooi aangevraagd. Daarnaast zijn er twee aanvullende publicaties gekomen.

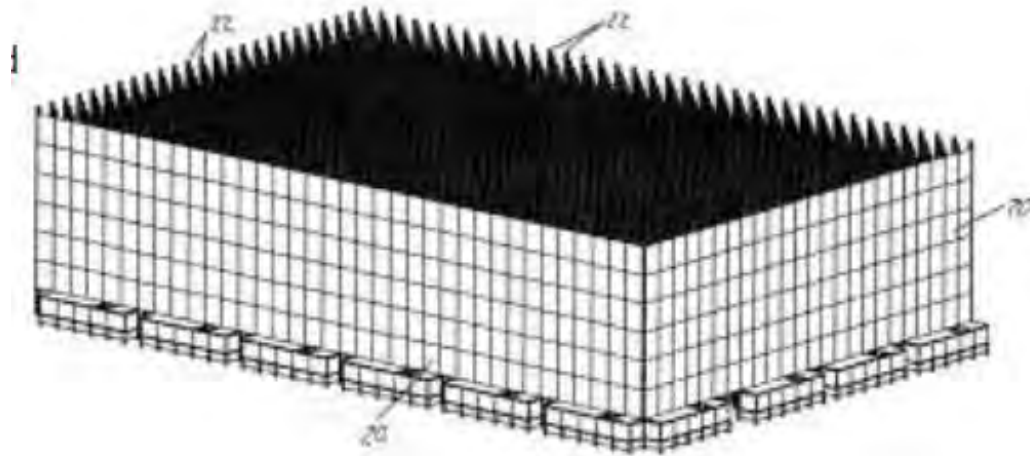
juni 2018 – publicatie BR112020024747 (A2)

☐ 2. Storage and Retrieval Systems Performing Internal Sortation by Orchestrated Navigation of Storage Grid Robots to Workstation Intake Points

★	Uitvinder: DARIN ROUSSEAU [CA] SCOTT GRAVELLE [CA] (+1)	Aanvrager: ATTABOTICS INC [CA]	CPC: B65G1/04 B65G1/0464 B65G1/0471	IPC: B65G1/02 B65G1/04	Publicatie: BR112020024747 (A2) 2021-03-23	Prioriteitsdatum: 2018-06-08
---	---	---	---	-------------------------------------	---	--

In dit document wordt er benoemd dat de logistiek van de opslageenheden bij de ingang van het systeem wordt uitgevoerd binnen het grondoppervlak van de opslagstructuur. De vloot van robots

wordt bediend om de opslageenheden op te halen en te plaatsen waardoor er geen sorteerapparatuur nog is.



De publicatie van de aanvraag is op 23 maart 2020 geaccepteerd met identificatie aanduiding van A2 in Brazilië. De A2 code geeft aan dat de gepubliceerde tekst een toevoeging is van de eerste publicatie is.

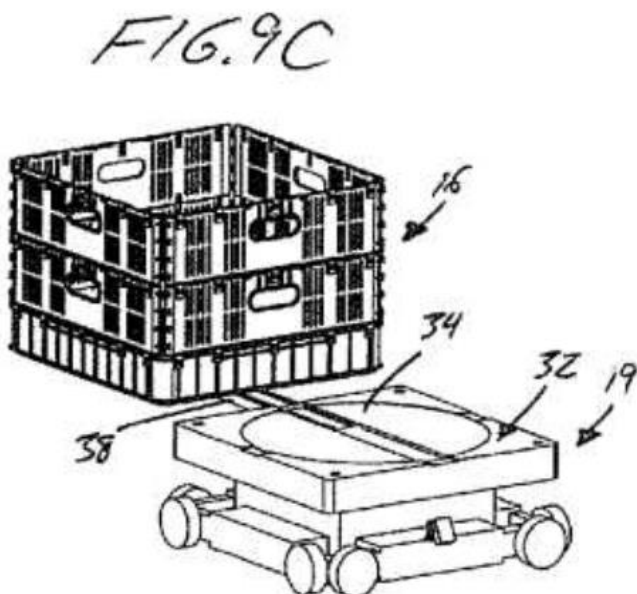
De IPC (Internationale patent classificatie) heeft de publicaties geclassificeerd als B65G1/04 en B65G1/02. Deze classificaties duiden respectievelijk op een werk uitvoerend mechanisch transport en een opslag apparaat. (European Patent Office, 2018)

8 juni 2018 – publicatie BR112020024755 (A2) (2021-03-23)

3. **IMPROVED STORAGE UNITS AND ROBOTIC STORAGE/RETRIEVAL VEHICLES FOR A THREE-DIMENSIONAL STORAGE SYSTEM**

★ Uitvinder: JOHN EARL [CA] SCOTT GRAVELLE [CA] (+2)	Aanvrager: ATTABOTICS INC [CA]	CPC: B65G1/04 B65G1/0471	IPC: B65G1/02 B65G1/04	Publicatie: BR112020024755 (A2) 2021-03-23	Prioriteitsdatum: 2018-06-08
--	---	---------------------------------------	-------------------------------------	---	--

Het nieuwe octrooi dat aangevraagd is betreft een verbetering van de stellingen en het introduceren van de AGV-robot. In dit document wordt er gesproken over een navigerend voertuig dat zich in de stellages driedimensionaal kan bewegen. Daarnaast kan het voertuig opgeslagen en opgevraagd worden. Het voertuig bestaat uit een frame dat zich in het 3d opslagsysteem kan verplaatsten met daarboven plek om de krat te plaatsen en een mechanisme om de krat te pakken en plaatsen aan elk van de vier aangrenzende stellingen. Het mechanisme kan de lading in de vier verschillende richtingen verplaatsen, onafhankelijk van de laatste positie/richting waarin de AGV de krat gepakt heeft.



De publicatie van de aanvraag is op 23 maart 2020 geaccepteerd met identificatie aanduiding van A2 in Brazilië. De A2 code geeft aan dat de gepubliceerde tekst een toevoeging is van de eerste publicatie is.

De IPC (Internationale patent classificatie) heeft de publicaties geclassificeerd als B65G1/04 en B65G1/02. Deze classificaties duiden respectievelijk op een werk uitvoerend mechanisch transport en een opslag apparaat. (European Patent Office, 2018)

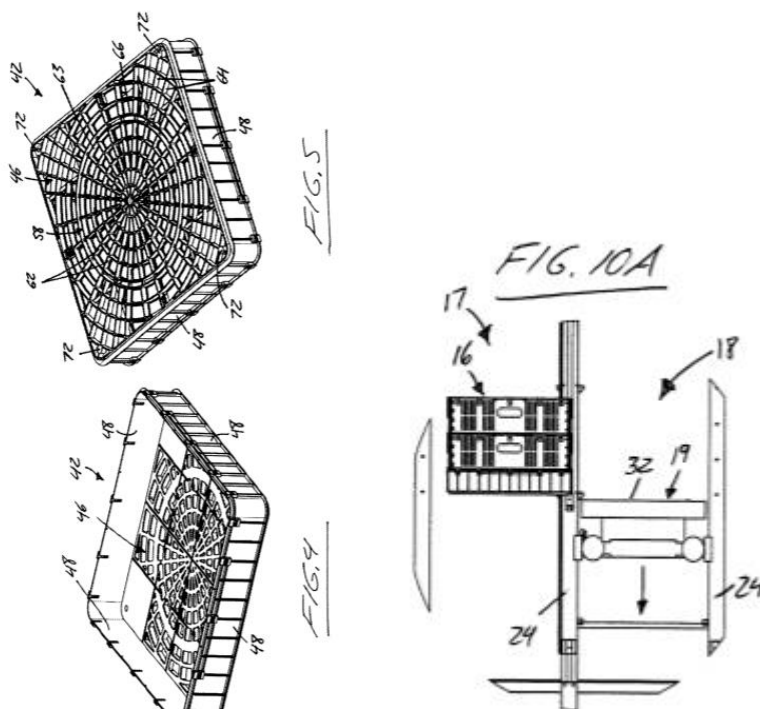
8 juni 2018 – publicatie US2020216298 (A1) (2020-07-09) & US10913641 (B2) (2021-02-09)

4. **Storage Units and Robotic Storage/Retrieval Vehicles for a Three-Dimensional Storage System**

★ Uitvinder: GRAVELLE SCOTT [CA] LOMAS SIMON [CA] (+2)	Aanvrager: ATTABOTICS INC [CA]	CPC: B66F9/063 B66F9/122 E04H6/12 (+2)	IPC: B65D6/02 B65D6/16 B66F9/06 (+2)	Publicatie: US2020216298 (A1) 2020-07-09 US10913641 (B2) 2021-02-09	Prioriteitsdatum: 2018-06-08
--	---	---	---	--	--

Deze publicatie bevat een nieuw gepubliceerd octrooi(A1) en een aanvullende “uitvinding” (B2), beide in de VS aangevraagd.

De nieuwe uitvinding betreft het element hoe de AGV door de stellingen verplaatst en hoe de opslageenheid eruitziet, geplaatst worden en hoe de robot de opslageenheid in de vier omliggende kolommen met opslagruimte kan plaatsen.



De publicatie van de aanvraag is op 9 juli 2020 geaccepteerd met identificatie aanduiding van A1. De A1 code geeft aan dat de gepubliceerde tekst van de octrooiaanvraag de eerste publicatie is. Daarnaast is er ook een aanvullend octrooi gegeven aan de toevoeging van een uitvinding met identificatie B2. In dit geval is de AGV de aanvullende “uitvinding” voor het totale concept idee.

De IPC (Internationale patent classificatie) heeft de publicaties geclassificeerd als B65D6/02, B65D6/16, B66F9/06, B66F9/07 en B66F9/12.

B65D 6/00	Containers having bodies formed by interconnecting or uniting two or more rigid, or substantially rigid, components made wholly or mainly of metal, plastics, wood or substitutes therefor
B65D6/02	characterized by shape
B65D6/16	Collapsible
B66F 9/00	Devices for lifting or lowering bulky or heavy goods for loading or unloading purposes
B66F9/06	movable, with their loads, on wheels or the like, e.g., fork-lift trucks (vehicle aspects B60-B62; vehicles predominantly for transporting loads and modified to facilitate loading or unloading B60P 1/00; low-lift hand trucks for transporting goods B62B 3/06)
B66F9/07	Floor-to-roof stacking devices, e.g., stacker cranes, retrievers
B66F9/12	Platforms; Forks; Other load-supporting or load-gripping members

(WIPO IP Portal, 2021)

1 maart 2019 – publicatie WO2020178692 (A1) (2020-09-10)

5. MULTI-NODAL SUPPLY CHAIN SYSTEM AND METHOD FOR SUPPLY CHAIN WORKFLOW EXECUTION USING TRANSPORTABLE AND CONTINUOUSLY TRACKABLE STORAGE BINS

★ Uitvinder: GRAVELLE SCOTT [CA] LANGEN DOUGLAS [CA] (+1)	Aanvrager: ATTABOTICS INC [CA]	CPC: B65G1/1373 G06Q10/06316 G06Q10/0833 (+10)	IPC: G06Q10/08 G06Q50/30	Publicatie: WO2020178692 (A1) 2020-09-10	Prioriteitsdatum: 2019-03-01
--	---	---	---------------------------------------	---	--

De publicatie bevat een nieuw octrooi aanvraag over multi-nodaal transport, aangevraagd bij het WIPO (World Intellectual Property Organization). **Een octrooi aanvraag bij het WIPO is internationaal aangevraagd octrooi.**

De logistiek die gebruikt wordt voor de robots is een multi-nodaal systeem. Meerdere AGV's transporteren tegelijk opslageenheden die continu getrackt worden. Er wordt gebruikt gemaakt van inter-nodal transport vehicles (INTV's). De logistiek wordt bijgehouden en aangestuurd via een computersysteem. Hierdoor kunnen opgeslagen artikelen getrackt worden.

De publicatie van de aanvraag is op 10 september 2019 geaccepteerd met identificatie aanduiding van A1. De A1 code geeft aan dat de gepubliceerde tekst van de octrooiaanvraag de eerste publicatie is.

De IPC (Internationale patent classificatie) heeft de publicatie geclassificeerd als G06Q10/08 en G06Q50/30.

G06Q 10/00	Administration; Management
G06Q10/08	Logistics, e.g., warehousing, loading, distribution or shipping; Inventory or stock management, e.g. order filling, procurement or balancing against orders
G06Q50/00	Systems or methods specially adapted for specific business sectors, e.g., utilities or tourism
G06Q50/30	Transportation; Communications

14 maart 2019 – publicatie WO2020183427 (A1) (2020-09-17)

6. **MULTI-ENTITY INVENTORY MANAGEMENT USING STORAGE BIN AND INVENTORY REASSIGNMENT**

★ Uitvinder: GRAVELLE SCOTT [CA] LANGEN DOUGLAS [CA] (+1)	Aanvrager: ATTABOTICS INC [CA]	CPC: G06Q10/08	IPC: G06Q10/08	Publicatie: WO2020183427 (A1) 2020-09-17	Prioriteitsdatum: 2019-03-14
---	--	----------------------------------	----------------------------------	--	--

De publicatie bevat een nieuw octrooi aanvraag over de monitoring, sturing en regeling van het systeem met aanvraag bij WIPO.

Het totale systeem dat geleverd wordt is een warehouse met robots die computer gestuurd worden. De producten die in de warehouse geplaatst worden, worden bijgehouden met een computersysteem (A computerized inventory management system (CIMS)). Dit systeem slaat data op over de locatie van de opslageenheden, hoeveel producten erin zitten, hoeveel producten er in totaal nog van zijn en of deze voorraad aangevuld moet worden of niet. Het systeem reserveert dan ook nieuwe orders als de voorraad aangevuld moet worden.

De publicatie van de aanvraag is op 17 september 2019 geaccepteerd met identificatie aanduiding van A1. De A1 code geeft aan dat de gepubliceerde tekst van de octrooiaanvraag de eerste publicatie is.

De IPC (Internationale patent classificatie) heeft de publicatie geclassificeerd als G06Q10/08.

G06Q 10/00	Administration; Management
G06Q10/08	Logistics, e.g. warehousing, loading, distribution or shipping; Inventory or stock management, e.g. order filling, procurement or balancing against orders

10 mei 2019 – publicatie WO2020229973 (A1) (2020-11-19)

7. SPACE-EFFICIENT ORDER FULFILLMENT SYSTEM FOR WORKFLOW BETWEEN SERVICE AREAS

★	Uitvinder: GRAVELLE SCOTT [CA] LANGEN DOUGLAS [CA] (+1)	Aanvrager: ATTABOTICS INC [CA]	CPC: B60P1/38 B65G1/0492 B65G1/137 (+1)	IPC: B25J5/00 B25J9/18 B60P1/38 (+1)	Publicatie: WO2020229973 (A1) 2020-11-19	Prioriteitsdatum: 2019-05-10
---	--	---	--	---	---	--

De publicatie bevat een nieuw octrooi aanvraag bij WIPO over de monitoring, sturing en regeling van het totaalsysteem. De internationale aanvraag doelt op de omschrijving van het totale ASRS-systeem.

“An order fulfillment system including an automated storage and retrieval system (ASRS) structure, robotic vehicles, storage bins, and different service areas in a continuous arrangement positioned adjacent to an outer perimeter of the ASRS structure at one or more service levels of the ASRS structure, is provided. The robotic vehicles are navigable within the ASRS structure at the service level(s) positioned above and/or below storage levels of the ASRS structure. The robotic vehicles carry the storage bins within the ASRS structure during transfer of the storage bins to and from storage locations of the ASRS structure. Each service area includes one or more workstations of a type configured for one or more tasks different from one or more workstations at another service area. Each service area receives a drop-off of the storage bins at and/or a travel of the storage bins through each service area by the robotic vehicles.”

De publicatie van de aanvraag is op 19 november 2019 geaccepteerd met identificatie aanduiding van A1. De A1 code geeft aan dat de gepubliceerde tekst van de octrooiaanvraag de eerste publicatie is.

De IPC (Internationale patent classificatie) heeft de publicatie geclassificeerd als B25J5/00, B25J9/18 en B60P1/38.

B25J	MANIPULATORS; CHAMBERS PROVIDED WITH MANIPULATION DEVICES
B25J5/00	Manipulators mounted on wheels or on carriages
B25J9/18	Programme-controlled manipulators; electric
B60P	VEHICLES ADAPTED FOR LOAD TRANSPORTATION OR TO TRANSPORT, TO CARRY, OR TO COMPRISE SPECIAL LOADS OR OBJECTS
B60P1/38	Vehicles predominantly for transporting loads and modified to facilitate loading, consolidating the load, or unloading; forming the main load supporting or containing element or part thereof

11 juni 2019 – publicatie WO2020250166 (A1) (2020-12-17)

8. **MANUFACTURING SYSTEM WITH AN INTERCONNECTED STORAGE STRUCTURE AND MANUFACTURING CELLS SHARING A COMMON ROBOTIC FLEET**

★ Uitvinder: GRAVELLE SCOTT [CA]	Aanvrager: ATTABOTICS INC [CA]	CPC: <u>B25H3/00</u> <u>B25J5/02</u> <u>B65G1/02</u>	IPC: B25H3/00 B25J5/02 B65G1/02	Publicatie: WO2020250166 (A1) 2020-12-17	Prioriteitsdatum: 2019-06-11
--	---	--	---	---	--

De publicatie bevat een nieuw octrooi aanvraag bij WIPO over de tracks waar de AGV's zich op bewegen van het totaalsysteem. De internationale aanvraag doelt op de omschrijving van het totale ASRS-systeem.

"A manufacturing system including an automated storage and retrieval system (ASRS) structure with a three-dimensional array of storage locations distributed throughout a two- dimensional footprint of the ASRS structure at multiple storage levels; workpieces stored within the storage locations of the ASRS structure; robotic storage/retrieval vehicles (RSRVs) navigable within the ASRS structure in three dimensions to access the storage locations, and multiple manufacturing cells positioned outside the ASRS structure, is provided. The manufacturing system includes a track structure attached to the ASRS structure and defining one or more travel paths traversable by the RSRVs from the ASRS structure. The same fleet of RSRVs that is navigable within the ASRS structure is operable to deliver the workpieces to the manufacturing cells. One or more of the manufacturing cells are positioned along the track structure, thereby receiving convenient access to the workpieces along with associated toolpieces and workpiece supports for manufacturing goods."

De publicatie van de aanvraag is op 17 december 2020 geaccepteerd met identificatie aanduiding van A1. De A1 code geeft aan dat de gepubliceerde tekst van de octrooiaanvraag de eerste publicatie is.

De IPC (Internationale patent classificatie) heeft de publicatie geclassificeerd als B25H3/00, B25J5/02 en B65G1/02.

B25H3/00	Storage means or arrangements for workshops facilitating access to, or handling of, work, tools or instruments
B25J5/02	Manipulators mounted on wheels or on carriages; travelling along a guideway
B65G	TRANSPORT OR STORAGE DEVICES, e.g. CONVEYORS FOR LOADING OR TIPPING, SHOP CONVEYOR SYSTEMS OR PNEUMATIC TUBE CONVEYORS
B65G1/02	Storing articles, individually or in orderly arrangement, in warehouses or magazines; Storage devices

26 augustus 2019 – publicatie WO2021038437 (A1) (2021-03-04)

9. MULTI-ZONE AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM

★ Uitvinder: GRAVELLE SCOTT [CA] HOPE WINSTON [CA] (+3)	Aanvrager: ATTABOTICS INC [CA]	CPC: B65G1/0464 B65G1/0485 F25D25/02 (+1)	IPC: B65G1/02	Publicatie: WO2021038437 (A1) 2021-03-04	Prioriteitsdatum: 2019-08-26
--	--------------------------------------	---	------------------	--	---------------------------------

De publicatie bevat een nieuw octrooi aanvraag bij WIPO over de lay-out van het systeem. Er zijn twee zones die geïsoleerd zijn van elkaar met ten minste één barrière. De internationale aanvraag (A1) doelt op de lay-out van de banen die de AGV's kunnen volgen van het totale ASRS-systeem.

“A multi-zone automated storage and retrieval system (ASRS) and a method for controlling operation of robotic storage/retrieval vehicles (RSRVs) therein are provided. The multi-zone ASRS includes first and second storage zones isolated by at least one barrier and including first and second groups of storage locations respectively for accommodating storage units therein. The multi-zone ASRS includes one or more portals opening through the barrier(s) between the storage zones, and at least one track layout. The track layout(s) includes first and second track areas occupying the first and second storage zones respectively, and one or more connective track segments interconnecting the first and second track areas through the portal(s). The RSRVs deposit and retrieve the storage units to and from the storage locations and travel on the first and second track areas via the connective track segment(s) to respectively access the first and second groups of storage locations therefrom.”

De publicatie van de aanvraag is op 4 maart 2021 geaccepteerd met identificatie aanduiding van A1. De A1 code geeft aan dat de gepubliceerde tekst van de octrooiaanvraag de eerste publicatie is.

De IPC (Internationale patent classificatie) heeft de publicatie geclassificeerd als B65G1/02.

B65G	TRANSPORT OR STORAGE DEVICES, e.g. CONVEYORS FOR LOADING OR TIPPING, SHOP CONVEYOR SYSTEMS OR PNEUMATIC TUBE CONVEYORS
B65G1/02	Storing articles, individually or in orderly arrangement, in warehouses or magazines; Storage devices

Bibliografie octrooionderzoek

European Patent Office. (2018, augustus 26). *Common patent classification*. Retrieved from Espace net:
https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=de_EP#!/CPC=B65G1/04

Rijksdienst voor ondernemend Nederland. (2016, juni 22). *Bibliografische gegevens: AU2020289823 (A1) — 2021-01-21*. Retrieved from Espacenet:
https://nl.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=nl_NL&FT=D&date=20210121&CC=AU&NR=2020289823A1&KC=A1

WIPO IP Portal. (2021, januari). *IPC Publication*. Retrieved from WIPO:
<https://www.wipo.int/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20210101&symbol=none&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipccpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>

Bijlage XVI.Planning

werkzaamheden		Deadline	afstudere																		
			n	week 1	week 2	week 3	week 4	week 5	week 6	week 7	week 8	week 9	week 10	week 11	week 12	week 13	week 14	week 15	week 16	week 17	
Orientatie Fase																					
initiatie - Plan van Aanpak		15-02-21																			
Context bedrijf en informatie huidige toestand verkrijgen	15-02-21																				
Probleemstelling	15-02-21																				
Doelstelling	15-02-21																				
Hoofdvraag & deelvragen	15-02-21																				
Opdracht	15-02-21																				
Theoretisch kader	15-02-21																				
Competenties	15-02-21																				
Grove planning	15-02-21																				
Rapport opmaken	15-02-21																				
Opdracht																					
Analyse Fase																					
Definitieve probleemstelling																					
PvE opstellen en aanvullen en succescriteria bepalen																					
Hoofdvraag & deelvragen definitief																					
Input + output																					
Funcatieboom analyse en functieblokschema																					
Ontwerpcriteria bepalen																					
Eisen herformuleren SMART																					
Onderzoek Fase																					
Marktonderzoek																					
Onderzoek naar eisen (pakketgrootte bijv)																					
Productanalyse																					
Octrooi onderzoek																					
Normen/richtlijnen onderzoek																					
Doelgroep onderzoek																					
Ergonomie																					

Figuur XVI.1 algemene planning deel 1

Pagina 163 van 171