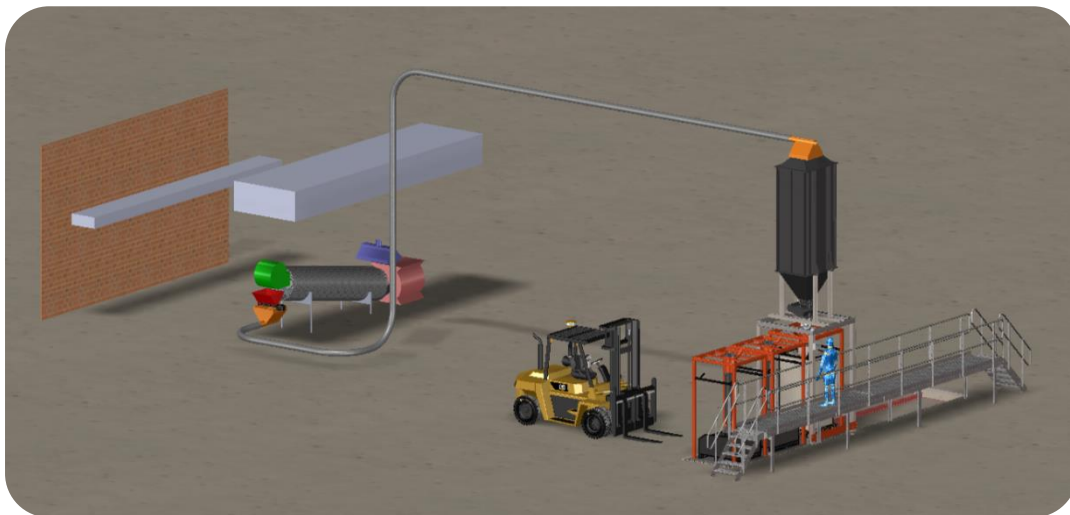


KEN engineering B.V. - Rapport

Pre-engineering van het rubber-compound granulaat traject na extruder



Rapportnr.: RAP31813P12 - CBR01
Revisie: -
Datum: 28-5-2014
Opdrachtgever: Pysmian Netherlands BV - Emmen
Auteur(s): C.L. Brussaard
Module: Afstudeerstage Februari tot Juni 2014
Schoolcoach: G.P. van Gils
Afstudeer-coach: Ing. M.B. van den Hoek
Projectmanager: A. Stuije



KEN engineering B.V.
Alexander Bellstraat 14
3261 LX • Oud-Beijerland
Postbus 1609
3260 BC • Oud-Beijerland
T +31(0)186-642444
F +31(0)186-642443
info@ken.nl • www.ken.nl

Bankrelatie Rabo Bank
Rekening nr. 013.10.82.728
G-Rek. nr. 99.02.03.735
IBAN NL39RABO 0131 0827 28
BIC RABONL2U
Handelsregister nr. 23080935
BTW nr. NL005673665B01

Officiële afstudeeropdracht omschrijving

Bedrijfsomschrijving Prysmian Group, Draka

Prysmian group heeft bij KEN special products een aanvraag gedaan betreffende de Pre-engineering van een droogmachine voor halffabricaat-extrusieproducten. Dit bedrijf ontwikkelt, ontwerpt, produceert, levert en installeert een breed assortiment aan kabels voor uiteenlopende toepassingen in de energie- en telecom-industrieën.

Een benodigd halffabricaat voor deze kabels en leidingen is rubber granulaat. Deze cilindrische rubberachtige stukjes worden gebruikt voor het extrusieproces bij het produceren kabel isolatie mantels. Dit granulaat wordt geproduceerd door voor de uitdraagschroef van de extruder een granulaatkop, bestaande uit een strainplaat, te plaatsen. Tijdens het granuleren wordt er een emulsie van water en scheidingsmiddel via de granulaatkop op de korrels gespoten. Deze emulsie dient om het granulaat te koelen en een hoeveelheid scheidingsmiddel op het granulaat achter te laten. Het achtergebleven scheidingsmiddel wordt gebruikt om onderlinge verkleefing van het granulaat tijdens verpakking tegen te gaan.

Na het granuleren wordt het product over een relatief korte afstand getransporteerd waarna de verpakking plaatsvindt in kratten of bigbags.

Een belangrijk aspect bij het verpakken in big bags of kratten is dat dit op kamertemperatuur en onder droge omstandigheden moet plaatsvinden. De kogeltjes zijn echter na het produceren warm en vochtig. Bovendien kan de productiemachine verschillende soorten granulaat produceren.

Probleemstelling

Met behulp van de huidige granulaat lijn is alleen verpakking in bakken mogelijk, door de groeiende vraag naar bigbag verpakking worden er bakken in bigbags gelegegd wat zorgt voor onvolledige vulling van de bigbags en extra handelingen.

De open structuur van de transportbanden is nodig voor het afwateren en drogen van het granulaat, maar heeft als nadeel dat er veel restproducten achter blijven in de banden. Bij een productwissel zorgt dit voor een relatief lange schoonmaaktijd.

Opdracht voor pre-engineering van een droogmachine voor halffabricaat-extrusieproducten

De vraag van Prysmian aan KEN special products is om een machine te ontwikkelen welke ingezet kan worden om het granulaat te drogen, af te koelen en te vervoeren naar de verpakkingsplaats. Op de verpakkingsplaats moet de mogelijkheid geboden worden om het granulaat te kunnen verpakken in zowel bakken als bigbags.

De voorwaarde hierbij is dat dit met de gegeven productiesnelheid van de granulaat-extruder mogelijk is.

namens KEN special products

student WTB

ing M.B. van den Hoek

C.L. Brussaard



Samenvatting

In dit onderzoek is er gekeken naar de mogelijke machinale oplossingen voor het afwateren, drogen, koelen en verpakken van rubber-compound granulaat wat met behulp van een continu productie proces vervaardigd wordt.

Op verzoek van de opdrachtgever is er onderzoek gedaan in twee richtingen; een onderzoek naar de mogelijkheden voor het optimaliseren van het huidige systeem, en een onderzoek naar de mogelijkheden voor het ontwerp van een geheel nieuw systeem.

Via een verdiepend onderzoek is nagegaan welke factoren van invloed zijn op de functionele processen die het systeem moet doorlopen. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen het afwateren, drogen en koelen van het rubber granulaat.

Na het opstellen van de eisen en wensen en functionaliteiten waaraan het te ontwerpen systeem moet voldoen werden er met behulp van een morfologisch overzicht verschillende concepten, bestaande uit op elkaar afgestemde machines en systemen, opgesteld. Vervolgens werden de concepten beoordeeld, met behulp van een keuzematrix, op basis van het Pakket Van Eisen en wensen.

De voornaamste conclusie van de ontwerpfase is dat het derde concept de hoogste waardering behaald heeft en daardoor de meeste geschikte oplossing biedt wordt voor het afwateren, drogen, koelen en verpakken van het granulaat. Dit concept verbindt de module van afwatering met de verpakkingsmodule via een druktransportsysteem, waarna het granulaat via een gesloten plaatkoelsysteem en een geautomatiseerd Lineair-Wissel-Systeem in de geselecteerde verpakkingsvorm terecht komt.

Tenslotte is de verpakkingsmodule uit het gekozen concept vertaald naar een gedetailleerd ontwerp door het toepassen van sterkte- en stijfheidsberekeningen, het uitwerken van de aandrijving en het opstellen van een 3D model. Verder zijn de gegevens en typenummers van de standaardonderdelen opgenomen en zijn er voor de specifieke onderdelen zijn enkele werktekeningen gemaakt.

Ook is er een opzet voor het besturingsprogramma geschreven waarin de uiteenlopende mogelijkheden van verpakkingssysteem beschreven zijn. Op deze manier is een basis gelegd wordt voor de uiteindelijke vormgeving van het besturingsprogramma. Waarbij verschillende randvoorwaardes in achtgenomen worden welke de veiligheid en effectiviteit van de productielijn vergroten.

Een mogelijke kanttekening is dat, gezien het formaat van het onderzoek, niet alle componenten van het gekozen concept tot een gedetailleerd ontwerp uitgewerkt konden worden. Om deze reden zijn er een aantal aanbevelingen opgesteld voor het eventuele vervolg op dit ontwerptraject.

Verklarende woordenlijst

Bigbag	Een bigbag is een grote zakverpakking gemaakt uit kunststof. Standaard bigbags hebben een volume van 1 [m ³]
Classifiser/Classificeermachine	Een systeem om restproducten systematisch in te delen in verschillende groepen of categorieën volgens vastgestelde criteria
Cycloon	Benodigd component om producten of materialen, die met behulp van onder-of overdruktransport worden vervoerd, af te scheiden uit de heersende onder- overdruk.
Druktransport	Transport van kleine producten of materialen in poeder of granulaatvorm door middel van overdruk of onderdruk.
Free-flowing	Een eigenschap voor een product of stof wat aanduidt dat deze kan bewegen zonder door iets gestopt te worden. Deze continue beweging gebeurt op een natuurlijke en vloeiende manier.
H.o.h.	Afstandsmaat tussen een tweetal hartlijnen
L.w.s.	Lineair-Wissel-Systeem om verschillende verpakkingen onder het granulaat stortpunt te brengen door het rechtlijnig bewegen van een onderstel met daarop verschillende verpakkingen
Strainplaat	Plaat aan de uitgang van de extrusie-machine die het geproduceerde materiaal de gewenste vorm geeft

Inhoudsopgave

Officiële afstudeeropdracht omschrijving	2
Samenvatting	3
Verklarende woordenlijst.....	4
Voorwoord	7
1 Inleiding	8
1.1 Korte beschrijving afstudeerbedrijf	8
1.2 Opdracht omschrijving	9
1.3 Opbouw van het rapport	10
2 Oriëntatie van achtergronden	11
2.1 Literatuurstudie granulaatproducten	11
2.2 Bezoek bij Prysman Emmen	12
2.3 Huidige situatie	13
2.3.1 Transportband 1	13
2.3.2 Afzuigkap	14
2.3.3 Vloeistofbuffer	14
2.3.4 Transportband 2	15
2.3.5 Transportband 3	16
2.3.6 Weeg-units 1 & 2	16
2.4 Aankoop componenten	16
2.5 Plaats binnen productiehal	17
3 Verdieping	18
3.1 Brainstormsessie	18
3.2 Analyse opdracht	18
3.3 Markt gerelateerd onderzoek	19
3.3.1 Transportsystemen voor granulaat	19
3.3.2 Weegsystemen	22
3.4 Achtergrondonderzoek	23
3.4.1 Afwatering	23
3.4.2 Drogen	23
3.4.3 Afkoelen	24
3.4.4 Producten op de markt	25
3.5 Product analyse granulaat	28
3.5.1 Die-swell	28
3.5.2 Afmetingen	28
3.5.3 Dichtheid van het granulaat	28
3.5.4 Pakkingsgraad	29
3.6 Gebruiksanalyse	30
3.7 Functieoverzicht	31
3.8 Pakket van Eisen	32
3.8.1 Functionele eisen	32
3.8.2 Fabricage eisen	32
3.8.3 Technische eisen	32
3.8.4 Wensen	32

4	Ontwerp	33
4.1	Morfologisch overzicht	34
4.2	Concept 1 Wervelbed met verpakkingwisselsysteem	35
4.2.1	Mogelijke varianten van concept 1	36
4.2.2	Plaats binnen productiehal	36
4.3	Concept 2 Optimalisatie van de huidige opstelling	37
4.3.1	Mogelijke varianten op concept 2	38
4.3.2	Plaats binnen productiehal	38
4.3.3	Hoogteprofiel productiehal	39
4.4	Concept 3	40
4.4.1	Mogelijke varianten op concept 3	41
4.4.2	Plaats binnen productiehal	41
4.5	Onderbouwing van enkele componenten	42
4.6	Keuze voorlopig ontwerp	43
4.7	Toelichting keuze	44
4.8	Kosten	44
5	Detailering Linear-Wissel-Systeem	45
5.1	Analyse massa's en vultijden	45
5.1.1	Massa's van verpakkingen, vulframe en pallets	45
5.1.2	Totale massa variant 1	45
5.1.3	Totale massa variant 2	45
5.1.4	Totale massa variant 3	45
5.2	Vultijd berekening	46
5.3	Selectie aandrijvingsvorm	47
5.3.1	Aandrijvingsvormen	47
5.3.2	Keuze aandrijvingsvorm	47
5.4	Ontwerpberekeningen	48
5.4.1	Ontwerpberekening hoofd-frame	48
5.4.2	Ontwerpberekening aandrijving l.w.s. (reductor en elektromotor)	48
5.4.3	Ontwerpberekening rondsel en tandheugel	48
5.4.4	Ontwerpberekening l.w.s.	49
5.5	Specificaties standaard onderdelen	51
5.6	Specificaties specifieke onderdelen	52
5.7	Besturingsprogramma	54
5.8	3D Model en 2D tekeningenuitwerking	56
6	Conclusies en aanbevelingen	57
7	Bronnenlijst	58
8	Verdere vervolg van de opdracht	60

Voorwoord

Dit verslag is geschreven met betrekking tot het afstuderen voor de opleiding Werktuigbouwkunde en opgesteld voor de Haagse Hogeschool te Delft. Het primaire doel van het afstuderen is om de kennis, die tijdens de lessen en projecten opgedaan is, in de praktijk toe te passen. In dit rapport is het werk van de afstudeerder vastgelegd zodat de afstudeercommissie in staat wordt gesteld het kennisniveau van afstudeerder en de toepassing daarvan te toetsen.

De begeleiding die verzorgd is door dhr. G.P. van Gils, ing. M.B. van den Hoek en A. Stuije was toereikend en van zeer goede kwaliteit waarvoor namens ondergetekende hartelijk dank.

Student Werktuigbouwkunde

C.L. Brussaard

.....

1 Inleiding

De afstudeeropdracht is via KEN engineering bij Prysmian Netherlands B.V. te Emmen is verworven. In dit hoofdstuk wordt het afstudeerbedrijf, de opdracht en de opbouw van het verslag kort beschreven.

1.1 Korte beschrijving afstudeerbedrijf

Ontstaan van de KEN group

De KEN group kent een rijke historie, die terug gaat tot 1979. In dat jaar is gestart onder de naam Neitraco-Gevo Engineering. Inmiddels bestaat de "KEN group" uit 3 gespecialiseerde Bv's: KEN engineering BV, KEN construction BV en KEN repair BV. In totaal heeft de KEN group zo'n 85 medewerkers. De KEN Group kenmerkt zich door een open organisatie, met persoonlijke aandacht voor zowel opdrachtgevers als medewerkers. Door het toepassen van "Integrating Know-How" worden krachten gebundeld waardoor indrukwekkende technische projecten gerealiseerd kunnen worden.

Afdeling KEN special products

KEN special products is de machinebouw / werktuigbouwkundige afdeling binnen de KEN group. Op de afdeling werken zo'n 15 mensen aan zeer uiteenlopende projecten: van voedingsmiddelenmachines, speciaal machines en gereedschappen, tot zware constructies, systemen en installaties voor de offshore industrie.

De opgeleverde producten lopen uiteen van een eerste idee tot een ontwerp voor een compleet werkende machine. Deze opleveringen geschieden volgens het uitwerken van conceptfase waarna een uitgebreide detaillering volgt, inclusief werktekeningenpakket en alle denkbare FEM berekeningen. In samenwerking met KEN construction is bovendien fabricage en in bedrijfstelling mogelijk. Wij bieden een totaaloplossing voor uw werktuigbouwkundige problemen.

Programma's als SolidWorks, SolidEdge en Inventor zijn als 3D tekenpakket beschikbaar en SolidWorks Simulation (FEM) en MathCad als rekenpakketen.

Totaaloplossingen

De basis van know-how en succes is gelegen in de synergie van de KEN group, met eigen productiefaciliteiten (KEN construction) is de KEN group in staat om complete machinebouw projecten te realiseren: Turn-Key projecten.

1.2 Opdracht omschrijving

Bedrijfsomschrijving Prysmian Netherlands B.V. Emmen

Prysmian Netherlands B.V. heeft aan KEN special products een aanvraag gedaan betreffende een pre-engineering van een droog-transport-opslag-traject voor rubber-compound granulaat.

Huidige situatie

Het granulaat wordt geproduceerd door een extruder met granulaatkop. Tijdens het granuleren wordt er een emulsie van water en scheidingsmiddel (koelvloeistof) via de granulaatkop op de korrels gespoten. Deze emulsie dient om het granulaat te koelen en verkleefing te voorkomen door een hoeveelheid scheidingsmiddel op het granulaat achter te laten.

Na het granuleren wordt het product over een relatief korte afstand getransporteerd waarna de verpakking plaatsvindt in stalen bakken.

Een belangrijk aspect bij het verpakken is dat dit op kamertemperatuur en onder droge omstandigheden moet plaatsvinden. Het granulaat is echter na het produceren warm en vochtig. Bovendien kan de productiemachine verschillende soorten granulaat produceren.

Probleemstelling

1. Met behulp van de huidige granulaatlijn is alleen verpakking in bakken mogelijk, door de groeiende vraag naar bigbag verpakking worden de stalen bakken in bigbags geleegd wat zorgt voor onvolledige vulling van de bigbags en een aantal extra handelingen
2. De huidige drogingsinstallatie is soms niet effectief genoeg zodat het granulaat te nat en te warm wordt verpakt
3. De open structuur van de transportbanden is nodig voor het afwateren en drogen van het granulaat, maar heeft als nadeel dat er veel restproducten achter blijven in het loopvlak van de banden. Het komt het voor dat de warme en viskeuze granulaatkorrels verdrongen worden en daardoor tussen de spijlen van de transportband geduwd worden (versmering). Bij een productwissel zorgt dit voor een relatief lange schoonmaaktijd
4. Het weegsysteem wat gebruikt wordt om het vulgewicht van de verpakkingen te bepalen is verouderd

Opdracht voor pre-engineering van een droogmachine voor halffabricaat-extrusieproducten

De vraag van Prysmian aan KEN special products is om een opstelling te ontwikkelen welke ingezet kan worden om het granulaat af te wateren, te drogen, te koelen en te vervoeren naar de verpakkingsplaats. Op de verpakkingsplaats moet de mogelijkheid geboden worden om het granulaat te kunnen verpakken in zowel de (huidige) stalen bakken, als in een extra verpakkingsvorm, bigbags.

Voor de pre-engineering van de granulaatlijn wenst Prysmian de volgende richtingen uitgewerkt te zien:

1. Een optimalisatie voorstel voor het aanpassen van het huidige droog-en koeltraject;
2. Een voorstel voor de ontwikkeling van een nieuwe machine, voor het afwateren, drogen, koelen en verpakken van rubber-compound granulaat.

Randvoorwaardes hierbij zijn dat de opstelling op de productiesnelheid van de granulaat-extruder afgesteld kan worden, en dat het systeem past binnen de beschikbare vrije ruimte van de productiehal.

Afstudeeropdracht

De opdracht zoals hierboven omschreven is tevens de afstudeeropdracht voor de afstudeerder. Aangezien de omschreven opdracht enkel de pre-engineering bevat wordt ervanuit gegaan dat deze fase gevolgd zal worden door een detailleringsfase zodat de opdracht niet alleen beperkt is tot het opstellen van concepten maar dat ook het detailleren van een ontwerp een onderdeel is.

1.3 Opbouw van het rapport

Dit rapport wordt opgeleverd om de opdrachtgever inzicht te geven in de mogelijke oplossingsrichtingen die onderzocht zijn met betrekking tot bovenstaande probleemstelling en opdracht. Tevens worden door middel van dit rapport de werkzaamheden van de afstudeerder inzichtelijk gemaakt voor de docenten van de opleiding Werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool te Delft.

Methoden

Bij de opbouw van dit rapport worden verschillende fasen doorlopen. Deze fasen worden ingericht op basis van de werkwijze "methodisch ontwerpen". Via de fasen oriëntatie, verdieping en verdiepingsonderzoek wordt een basis gelegd voor het opstellen van concepten die als oplossingsrichtingen voor de beschreven opdracht kunnen dienen (ontwerpfase). Na het kiezen van een concept wordt, in overleg en na akkoord van de opdrachtgever, dit uitgewerkt tot een definitief ontwerp in de detailleringfase. Tussendoor wordt waar nodig, met behulp van onderzoek en kleine testen, extra inzicht verkregen.

Korte omschrijving van de inhoud per hoofdstuk:

Hoofdstuk 1 en 2

Na een korte inleiding en een omschrijving van de opdracht worden in het tweede hoofdstuk, "Oriëntatie van achtergronden" de achtergronden van de opdracht onderzocht met als doel om inzicht te verkrijgen in het productieproces van granulaat. Tijdens het oriënteren en onderzoeken wordt een lijst met onderzoeksvragen opgesteld en bijgehouden. Deze vragen vormen later de leidraad voor het hoofdstuk "Verdieping", hoofdstuk 3.

Hoofdstuk 3

Na de oriëntatie volgt een hoofdstuk waarin de opdracht, zoals omschreven in het eerste hoofdstuk, verder verdiept wordt. Het doel van deze verdieping is om met behulp van een bredere omschrijving, verdiepend onderzoek en een functieanalyse de opdracht inzichtelijk te maken en een basis te vormen voor de ontwerpfase.

Door middel van een brainstormsessie worden verschillende oplossingsrichtingen aangedragen en wordt de lijst met onderzoeksvragen waar nodig verder aangevuld. Vervolgens is er onderzoek gedaan in de volgende richtingen;

- een markt gerelateerd onderzoek;
- een analyse van het product;
- en een achtergrondonderzoek.

Op deze manier zijn kennis van invloedrijke factoren, standaard producten en componenten die van belang zijn voor het ontwerp verzameld.

Tenslotte is een functieanalyse en vervolgens een Pakket Van Eisen opgesteld. De informatie die hierbij benodigd was, is voortgekomen uit gesprekken met de opdrachtgever en de analyse van het huidige systeem.

Hoofdstuk 4

In dit hoofdstuk worden op basis van de functieanalyse in hoofdstuk 3 verschillende concepten opgesteld. Per concept wordt een korte omschrijving van de werking en de voor- en nadelen gegeven. Deze concepten worden vervolgens met behulp van een keuzematrix beoordeeld, de keuze wordt uitvoerig beargumenteerd, en de werking en haalbaarheid van enkele componenten wordt met behulp van berekeningen onderbouwd.

Hoofdstuk 5

Vervolgens worden de componenten van het verpakkingssysteem gedetailleerd met behulp van sterkte en stijfheidsberekeningen, 3D modellen, onderdeelspecificaties en 2D werktekeningen.

Hoofdstuk 6 en 7

Deze hoofdstukken bevatten de conclusies en aanbevelingen op het project en een bronnenlijst.

2 Oriëntatie van achtergronden

In dit hoofdstuk worden de achtergronden van het granulaatproduct, het daarbij behorende productieproces geanalyseerd. Ook wordt huidige systeem waarmee het granulaat getransporteerd en gekoeld wordt in kaart gebracht.

2.1 Literatuurstudie granulaatproducten

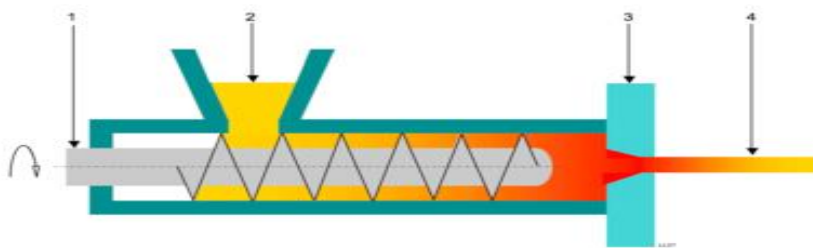
Granulaat is een materiaal in korrelvorm, of in de vorm van korrelig poeder. Deze vorm wordt veel gebruikt voor kunststoffen. Kunststofgranulaat wordt gebruikt als grondstof voor spuitgietmachines en extrusie. Grondstoffen zijn in granulaatvorm eenvoudig te hanteren en te vervoeren. Bovendien kan het benodigde volume voor een vervolgproces op een goede manier afgestemd worden.

Het granulaat dat door de opdrachtgever wordt toegepast is een rubbersamenstelling waarbij alle ingrediënten vermengd zijn. Dit granulaat wordt verkregen door een continu extrusieproces. Extruderen is een vormgevingstechniek waarbij één of meerdere verschillende vervormbare materialen door een matrijs geperst worden. In de matrijs zitten meerdere complex gevormde gaten die het uiteindelijk gevormde staafmateriaal, het extrusieprofiel, zijn vorm geeft.

De schroef (zie figuur 1 item 1) drukt de ingrediënten (item 2), door een extrusiematrijs (item 3). Het samendrukken van het materiaal gebeurt met hoge druk zodat de ingrediënten smelten en zich onderling vermengen. Aan het uiteinde van de extruder wordt bij granuleren een extrusiematrijs geplaatst zodat het materiaal door een geperforeerde plaat wordt geperst. De afmeting van de extrusiematrijs bepaald de diameter van het granulaat.

Het extrusieprofiel (item 4) wordt gekoeld door een water-talkoplossing. Een roterend mes snijdt het geëxtrudeerde product na de extrusiematrijs op de gewenste lengte af.

In figuur 2 is het door continue extrusie verkregen granulaat weergegeven.



Figuur 1 Schematische weergave continu extrusieproces



Figuur 2 Rubber granulaat

Onderzoeksvragen

Om het onderzoek dat tijdens deze fase nodig is gestructureerd te laten verlopen is er een lijst van vragen opgesteld en bijgehouden, deze werd aangevuld met vragen die tijdens het vooronderzoek naar boven kwamen. Deze onderzoeksvragen (zie bijlage V) zijn voor de indeling en invulling van de onderzoeken in hoofdstuk 3 gebruikt.

2.2 Bezoek bij Prysmian Emmen

Tijdens de twee bezoeken aan de productiehal in Emmen is het huidige systeem en de omgeving binnen de productiehal in kaart gebracht.

Het eerste bezoek was vooral ingericht om het huidige systeem met zijn beperkingen te analyseren, en een opzet te maken van de eisen en wensen van de opdrachtgever. Op basis van deze oriëntatie is aan de opdrachtgever het voorstel gedaan om een pre-engineeringsfase te starten met als doel om het probleem uitvoeriger te onderzoeken en verschillende concepten aan te dragen die als oplossing van de eisen en wensen van de opdrachtgever kunnen dienen.

Deze eisen en wensen zijn opgenomen in paragraaf 3.8.

Nadat er opdracht gegeven was om met de pre-engineeringsfase te starten is het onderzoek gestart en werd er een vervolfbezoek gepland. Dit bezoek had als doel om een kick-off te geven en de werkwijze voor de pre-engineering vast te stellen. Ook werden enkele componenten van het huidige systeem breder geanalyseerd en werden voor verschillende componenten specifieke eisen en wensen verder besproken. Het besprekingsverslag van het tweede bezoek is opgenomen in bijlage X.

2.3 Huidige situatie

Deze paragraaf gaat in op de onderdelen en modules die voor het drogen en koelen van granulaat in de huidige opstelling worden gebruikt. De functies zijn per module kort beschreven in de onderstaande tabel 1. Ook zal per onderdeel een korte beschrijving van de werking en de voor- en nadelen die ervaren zijn bij het gebruik van dit systeem gegeven worden.

Tabel 1 Modules uit huidige situatie

Item	Module naam:	Functie(s)
1	Transportband 1 Effectief koeloppervlak: 4000x400mm (lengte x breedte)	- Het transporteren van het granulaat naar een droogband - Onderweg ruimte geven voor afwatering van het granulaat
2	Afzuigkap	Afzuigen van proceslucht boven transportband 1
3	Vloeistofbuffer	- Buffer bieden voor afgewaterd koelvloeistof - Wegpompen koelvloeistof onder transportbanden en transporteren naar mengbak
4	Transportband 2 Effectief koeloppervlak: 7000 x 400mm (lengte x breedte)	- Drogen van granulaat door middel van luchtstroom veroorzaakt door 5 ventilatoren aan bovenzijde - Drogen van granulaat door middel van luchtstroom veroorzaakt door buisventilatie aan onderzijde - Transporteren van het granulaat naar verpakkingsplaats
5	Transportband 3	- Gelijkmatig verdelen van granulaat in de verpakkingsbakken - Vullen van twee bakken, mogelijk door het omdraaien van de draairichting van de band
6	Weeg-unit bak 1	Wegen van stalen verpakkingsbak 1
7	Weeg-unit bak 2	Wegen van stalen verpakkingsbak 2

2.3.1 Transportband 1

Het loopvlak van de transportband bestaat uit gaasband met kettingkanten, zie figuur 3. De transportband bestaat uit 3 delen; een vlakke ontvangst, omhoogvoerend deel en een vlakke uittrede.

De transportband is onder de uitgang van de extruder geplaatst en vervoert het granulaat naar transportband 2 (item 4). Tijdens het vervoeren loopt de koelvloeistof door het gaasband weg naar de vloeistof buffer (item 3).

Voordelen

- Transportband kan verplaatst worden zodat extruder goed bereikbaar is voor service;
- Transportband sluit aan op het debiet van de extruder.

Nadelen

- Versleten onderdelen;
- Beluchting vanaf onderzijde is niet geforceerd;
- Rondom de transportband vormen zich plassen koelvloeistof door lekkende onderdelen;
- Versmering van granulaat in de spijlen van de gaasband door zijn warme en viskeuze toestand;
- Transportband is zeer vervuilingsgevoelig, vooral voor kleinere schilfers, resulterend in lange schoonmaaktijd.



Figuur 3 Gaasband

2.3.2 Afzuigkap

Boven transportband 1 (item 1) is een afzuigkap geplaatst om de vrijkomende dampen, die ontstaan door het verdampen van koelvloeistof op het warme oppervlak van het granulaat, af te zuigen. De kap is door middel van lamellen aangesloten op de transportband, zie figuur 4.

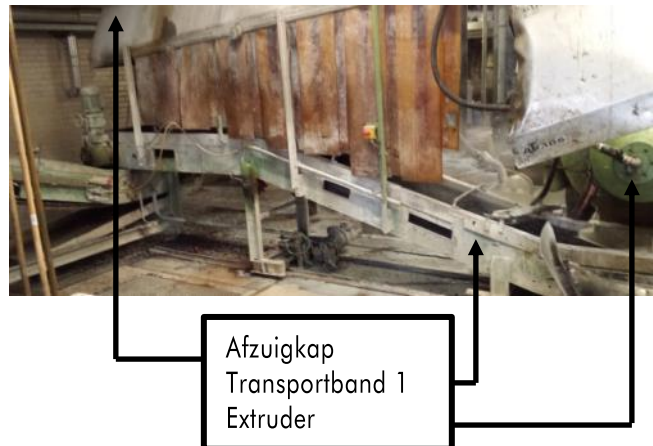
Het debiet van afzuiging in de huidige opstelling is niet bekend.

Voordeel

- Zuigt dampen voldoende af.

Nadeel

- Door groot hoogte verschil zijn lange flappen nodig om afzuiging effectief te maken.



Figuur 4 Afzuigmodule

2.3.3 Vloeistofbuffer

Naast transportband 1 is een losse vloeistofbuffer geplaatst. Deze buffer wordt via een buis gevuld met koelvloeistof dat afkomstig is uit een bak die tussen het opvoerdeel en het retourdeel van transportband 1 is geplaatst, (zie figuur 5). In de vloeistofbuffer is een pomp aanwezig, die de koelvloeistof wegpompt. Het huidige systeem voor de opvang en het verpompen van koelvloeistof is erg lekgevoelig.

Voordelen

- Koelvloeistof wordt weggepompt;
- Bufferbak is eenvoudig te bereiken.

Nadelen

- Lekken van koelvloeistof;
- Losse bufferbak neemt ruimte in beslag.



Figuur 5
Koelvloeistof lekkage rond transportband 1



Vloeistofbuffer met pomp

2.3.4 Transportband 2

Het loopvlak van transportband 2 bestaat eveneens uit gaasband. De transportband bestaat uit 3 delen; een vlakke ontvangst, omhoogvoerend deel en een vlakke uittrede. De transportband is onder de uitgang van de transportband 1 (item 1) geplaatst en vervoert het granulaat naar transportband 3 (item 5). In figuur 6 is een overzicht van de opstelling weergegeven.

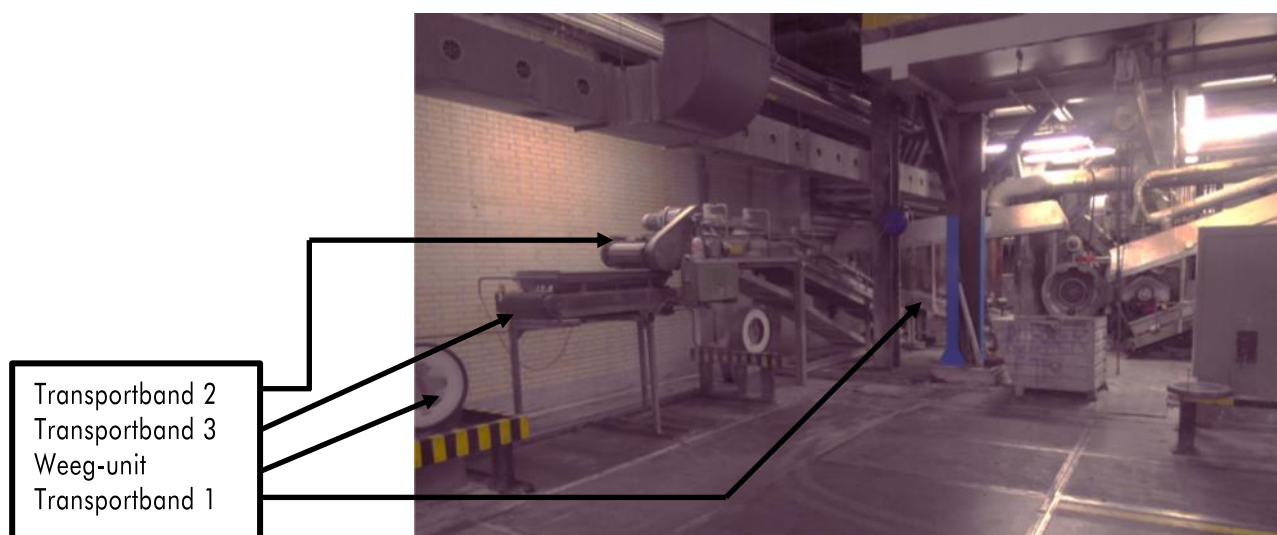
Tijdens het transporteren wordt van boven- en onderaf met behulp van ventilatoren en blaaspijpen een luchtstroom toegevoerd welke het granulaat droogt en koelt, zie figuur 7.

Voordeel

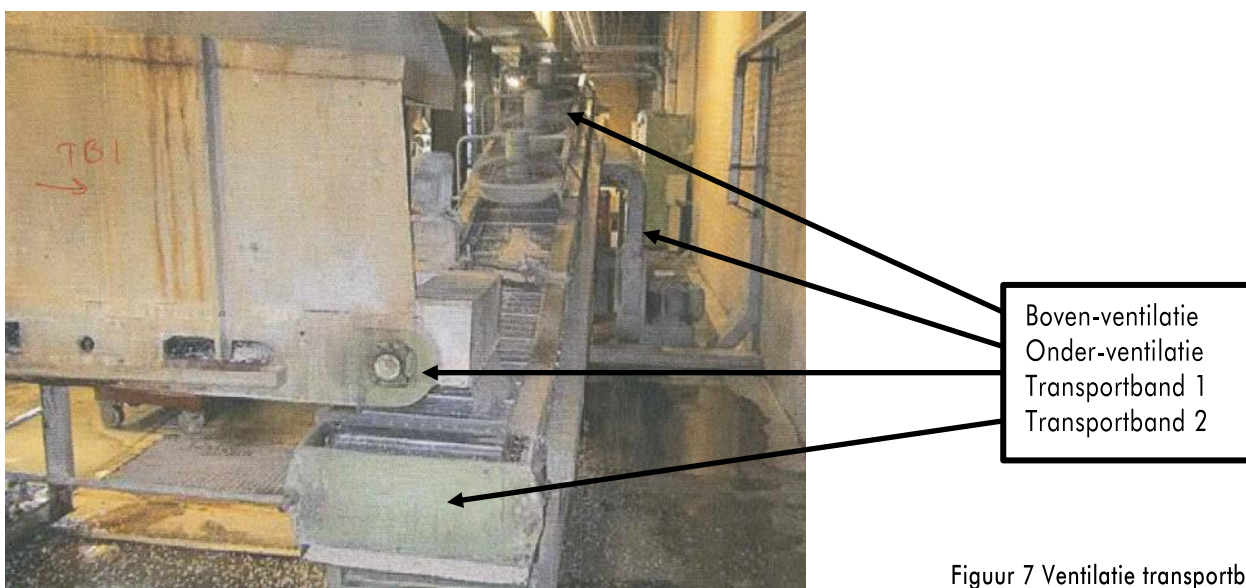
- Transportband sluit aan op het debiet van de extruder.

Nadelen

- Slecht rendement van koellucht aan boven- en onderzijde kan resulteren in onvoldoende koeling en droging van het granulaat.
- Versmering van granulaat in de spijlen van de gaasband door zijn warme en viskeuze toestand;
- Vervuilingsgevoelig resulterend in lange schoonmaaktijd.



Figuur 6 Opstelling transportbanden en weeg-units



Figuur 7 Ventilatie transportband 2

2.3.5 Transportband 3

Het loopvlak van transportband 3 bestaat uit een vlakke dichte band. De transportband wordt gebruikt om twee naast elkaar geplaatste bakken te vullen met granulaat. De draairichting bepaald welke bak er gevuld wordt, en met behulp van een verschuivingsmechanisme wordt de gehele transportband bovendien verschoven om de bakken enigszins gelijkmatig af te vullen, zie figuur 8.

Voordelen

- Granulaat wordt goed verdeeld in verpakkingsvorm;
- Effectieve omschakeling tussen twee verpakkingen.

Nadelen

- Alleen verpakking in stalen bakken mogelijk, verpakking in bigbags in huidige situatie niet mogelijk, hoogte van transportband 3 is beperkende factor;
- Afvoering van een volle bak moet snel gebeuren om de continue productie niet te verstoren.



Figuur 8 Transportband 3 en weeg-units

2.3.6 Weeg-units 1 & 2

Onder de stalen bakken zijn weeg-units geplaatst welke het vulgewicht van de verpakking bepalen. De weeg-units zijn niet digitaal.

Voordeel

- Robuust systeem.

Nadelen

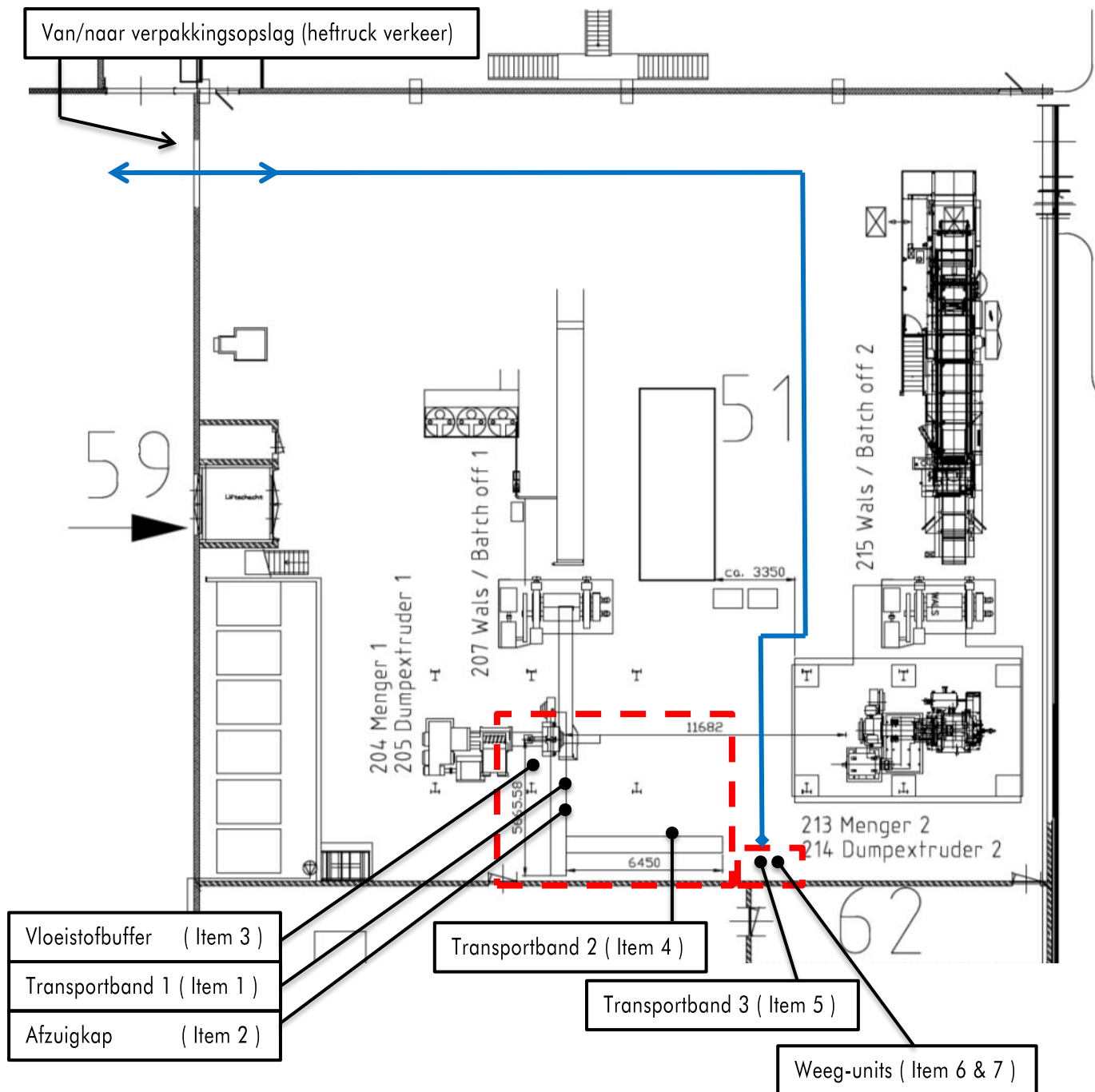
- Weeg-unit met analoog afleesscherf;
- Weeg-units zijn out of service;
- Locatie achterin productie hal is niet optimaal voor logistieke af- en aanvoer van stalen bakken van en naar de opslagruimte.

2.4 Aankoop componenten

In week 10 van 2014 zijn door Prysmian Netherlands B.V. enkele componenten aangeschaft, deze componenten hebben relatie met het droog en koeltraject. Verdere informatie is nog niet bekend.

2.5 Plaats binnen productiehal

In figuur 9 is de plaats van de componenten binnen de productiehal weergegeven.



Figuur 9 Opstelling binnen de productiehal

3 Verdieping

In dit hoofdstuk wordt de opdracht, zoals omschreven in hoofdstuk 1, verder uitgewerkt. Aan de hand van een brainstormsessie worden eventuele oplossingen en oplossingsrichtingen in kaart gebracht. Daarna wordt op basis van onderzoeksvragen gericht onderzoek gedaan. Tenslotte wordt aan de hand van een functie-analyse een uitgebreid Pakket Van Eisen en wensen opgesteld wat als basis voor het ontwerp dient.

3.1 Brainstormsessie

In de bijlage, hoofdstuk XI, is een overzicht gegeven van schetsen en ideeën welke, tijdens het brainstormen over componenten voor het drogen en koelen van granulaat, naar voren kwamen. Per idee zijn voor- en nadelen gegeven. Deze informatie is verwerkt in de concepten die verderop in dit rapport aan de orde zullen komen.

3.2 Analyse opdracht

Na de oriëntatie op de achtergronden van het productieproces en het huidige systeem is een complete lijst ontstaan van onderzoeksvragen die beantwoord moeten worden alvorens tot een goed ontwerp te kunnen komen. In de volgende paragrafen wordt onderzoek verricht op verschillende niveaus:

- Markt gerelateerd onderzoek, over standaard producten en of systemen op de markt;
- Product analyse, specificaties aangaande het granulaat;
- Achtergrondonderzoek, over verdampen afwateren, drogen en koelen;
- Gebruiksanalyse, specificaties over verschillende componenten binnen het granulaatproces.

In de bijlage (bijlage V) is een opzet gegeven van onderzoeksvragen die tijdens de verdiepingsfase opkwamen en voor de indeling en invulling van dit onderzoek gebruikt zijn.

3.3 Markt gerelateerd onderzoek

In deze paragraaf wordt onderzoek gedaan naar standaard onderdelen, machines en systemen die op de markt aanwezig zijn en een relatie hebben met verwerkingsprocessen van granulaat.

3.3.1 Transportsystemen voor granulaat

Gezien de noodzaak om het vochtige en hete granulaat af te koelen, te drogen en te transporteren zijn bijpassende transportsystemen op de markt onderzocht. Mogelijkheid tot voldoende lengte van koeltraject en afwatering, evenals temperatuurbestendigheid, versmering en reinigbaarheid van de componenten zijn van groot belang bij dit specifieke geval.

Transportsystemen die in het algemeen voor granulaat gebruikt worden in verwerkingsprocessen zijn divers. Globaal kan onderscheid gemaakt worden op basis van het bereik.

Transport over relatief grote afstand

Grote afstanden worden veelal afgelegd met behulp van onderdruk- of overdruktransportsystemen. Deze systemen zuigen of blazen het product door een leiding en maken zo zeer flexibel transport mogelijk:

- Vacuüm systemen zijn vooral voor kleine product hoeveelheden geschikt, kunnen gemakkelijk uit een open verpakking worden opgezogen, worden veel toegepast voor producten waarbij factoren als samenstelling en zuiverheid belangrijk zijn omdat deze systemen zeer goed afgesloten zijn van de omgeving en een goede lektheid hebben.
- Blaassystemen zijn efficiënter dan onderdrukssystemen en kunnen een grotere transportafstand aan.

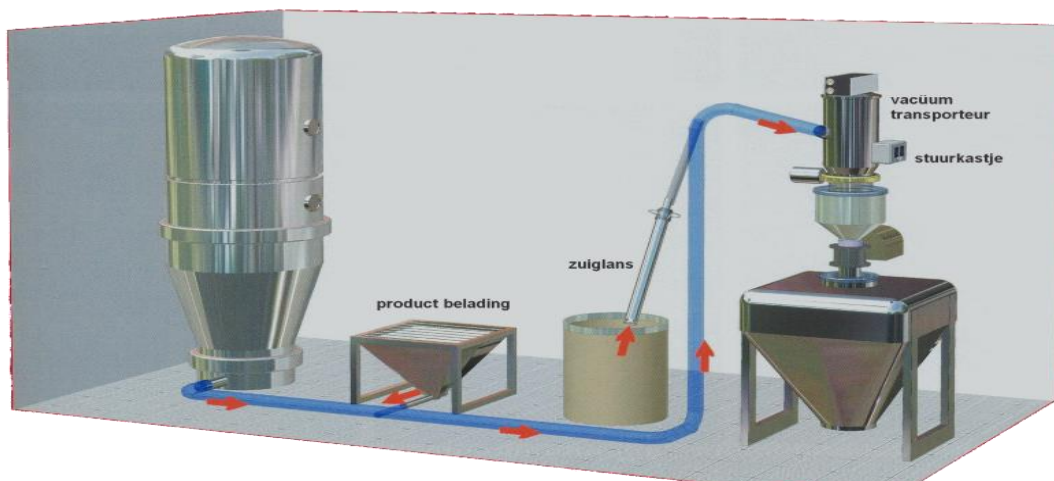
In **figuur 10** is het werkingsprincipe van onder- en overdruktransport weergegeven. Het voordeel van dit systeem is dat de granulaat korrel flexibel door de productiehal kan worden geleid zonder het risico op versmering. Zie bijlage IX.1 voor meer informatie over druktransportsystemen.

Voordelen

- Geen versmering;
- Flexibel transport;
- Stortplaats kan eenvoudig verder van fabricageplaats weg staan.

Nadelen

- Condensvorming;
- Gescheiden houden van omgevings- en systeemdruk;
- Bij vacuümtransport is het scheiden van omgevings- en systeemdruk complex bij het ontvangstation.



Figuur 10 onderdruktransport

Transport over relatief kleine afstand

Kleine afstanden tussen bijvoorbeeld twee nabij gelegen verwerkingsmachines worden veelal afgelegd met behulp van dichte transportbanden.

Bekende leveranciers leveren verschillende transportbanden waarbij afwatering door de band mogelijk is. Zie bronnenlijst, hoofdstuk 7 en bijlage IX.4 voor transportbanden van verschillende leveranciers. Onderstaand is een overzicht gegeven van transportsystemen die mogelijkheden bieden op het gebied van het afwateren van granulaat.

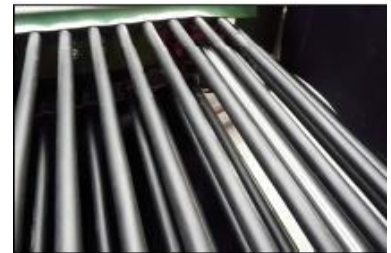
Figuur 11 toont een spijlenband

Voordelen

- Veel afwateringsruimte door brede openingen;
- Granulaat kan in beweging gebracht worden door de spijlen te laten draaien; (bijvoorbeeld door aan de onderzijde een aanloopplaat te plaatsen waar de buizen overheen rollen)
- Door middel van een kettingaandrijving is er een S- of L-bandvorm mogelijk;
- Lange stand tijd.

Nadeel

- Spijl bevindt zich niet op neutrale lijn van de aandrijfband, kans is op versmering.



Figuur 11 Spijlenband

Figuur 12 toont een scharnierplatenband met gatenpatroon.

Voordelen

- Vormgevingsvrijheid is groot (afmetingen, gatenpatronen, meenemers, enz.);
- Lange stand tijd.

Nadelen

- Kans op versmering tussen de scharnierende delen en aan de randen;
- Granulaat op de band beweegt nauwelijks;
- Schoonmaken tussen scharnieren vereist veel tijd.



Figuur 12 Scharnierplaten band

Figuur 13 toont flight-bars welke door middel van kettingen voortgetrokken kunnen worden over een (geperforeerde) plaat en zo het materiaal kunnen transporteren.

Voordelen

- Sterke constructie;
- Kan gecombineerd worden met stilstaande tafel (eventueel met compartimenten met geforceerde koellucht vanaf onderzijde);
- Lange stand tijd;
- Ononderbroken aandrijving.

Nadeel

- Kans op versmering bij contact met ondergrond.



Figuur 13 Flight-bars

Figuur 14 toont een borstelband

Voordeel

-Geen versmering.

Nadelen

- Granulaat kan verstrikt raken;
- Vervuiling van de borstelharen;
- Korte standtijd.



Figuur 14 Schakelband met borstel

Figuur 15 toont een sponsband

Voordeel

-Spons heeft zuigende werking.

Nadelen

- Levensduur van de spons en vervuiling/verkalking;
- Korte standtijd.



Figuur 15 Sponsband

Figuur 16 toont een egel-band

Voordeel

-Geen versmering.

Nadelen

- Granulaat kan verstrikt raken, vervuiling van de band;
- Korte standtijd.



Figuur 16 Egel-band

3.3.2 Weegsystemen

Weegsystemen zijn onder te verdelen in vaste of mobiele opstellingen. In dit hoofdstuk worden beide varianten en het algemene werkingsprincipe besproken

Mobiele weegsystemen

Er zijn verschillende mobiele weegsystemen op de markt aanwezig. Meeste toepassingen zijn op basis van meetinstrumenten welke op de lepels van heftrucks of palletwagens geïnstalleerd worden.

Het nadeel van mobiele weegsystemen is dat er onnauwkeurigheid optreedt wanneer er gemeten wordt op een vloeroppervlak wat niet waterpas is. Ook kleine hoeveelheden brengen problemen met zich mee.

Zie figuur 17 voor verschillende oplossingen voor mobiel wegen.



Figuur 17 Mobiele weegsystemen

Vaste weegsystemen

Vaste weegplaatsen zijn te verkrijgen uiteenlopende uitvoeringen. Losstaande plateaus waarop het te meten product moet worden neergezet, tot complete plateaus waar de heftruck of palletwagen op en afgereden kan worden. Ook gelijkvloerse weegbruggen behoren tot de mogelijkheden. Zie figuren 18 en 19.



Figuur 18 Verzonken weegbrug



Figuur 19 Doorrijdweegschaal

Werkingsprincipe

Weegsystemen zijn veelal uitgerust met digitale drukkracht opnemers, ook wel "Loadcells" genoemd. Deze sensoren zijn bij de vaste opstellingen tussen de meetplaat en de ondersteuningsconstructie aangebracht. Met behulp van rekstroken wordt de mate van indrukking, als gevolg van het gewicht op de meetplaat, aan de hand van de weerstand door het rekstrookje omgezet tot een elektrisch signaal. Dit signaal kan worden omgevormd naar een gewenste eenheid voor massa. Zie figuur 20 voor een standaard drukkrachtopnemer.



Figuur 20 Krachtopnemer

3.4 Achtergrondonderzoek

Om in het ontwerp rekening te kunnen houden met factoren die van belang zijn voor het afwateren, drogen en afkoelen van het granulaat zijn deze onderwerpen verder onderzocht.

Het granulaat komt met een temperatuur van maximaal 90 °C op de transportband en is daarbij omgeven door de koelvloeistof die deze temperatuur heeft. Ten tijde van het verpakken is de gewenste temperatuur ongeveer 35 °C.

3.4.1 Afwatering

Wanneer het granulaat op een ondergrond met een open structuur wordt gelegd zal een groot deel van de koelvloeistof zal zich als gevolg van de zwaartekracht afwateren. Door het aanbrengen van andere krachten, zoals middelpuntvliedende of opwaartse krachten kan er nog meer vloeistof afgedreven worden.

Een ander deel van de vloeistof zal zich tussen en aan de granulaatkorrels als gevolg van adhesie en opsluiting. De laagdikte en pakingsgraad van het granulaat op bijvoorbeeld een transportband zal de hoeveelheid resterende koelvloeistof tussen de korrels beïnvloeden.

Concluderend kan gezegd worden dat het gelijkmatig verdelen, en in beweging brengen van granulaat een positief effect zal hebben voor de afwatering van koelvloeistof.

3.4.2 Drogen

Het drogen van granulaat kan op verschillende wijzen beïnvloed worden;

- Gebruik maken van de eigenwarmte in de granulaatkorrel. Dit werkt dubbel omdat ook de temperatuur door dit proces afneemt;
- De temperatuur verhogen of de druk verlagen bijvoorbeeld met behulp van een warmtebron;
- Een drogere stof toevoegen bijvoorbeeld door ventileren met droge lucht, of het toevoegen van droogmiddelen.

Wanneer er voldoende warmte (thermische energie) wordt toegevoegd aan een vloeistof ontstaat er damp, de vloeistof ondergaat een overgang van vloeistof- naar de gasfase. Dit verdampingsproces is toepasbaar bij het drogen van het granulaat, omdat het granulaat bij uitrede van de extruder thermische energie bevat.

Relevante factoren om het verdampingsproces effectief te laten verlopen zijn hieronder gegeven:

1. Wanneer er meer thermische energie toegevoerd of aanwezig is, zal er netto meer verdamping optreden;
2. Hoe hoger de dichtheid van de vloeistof, hoe geringer de verdamping;
3. Hoe groter het oppervlak, hoe groter de verdamping;
4. Als in de omgeving al veel moleculen in de gasfase aanwezig is, raakt de omgeving verzadigd, en zal er minder netto verdamping optreden;
5. Met behulp van luchtstroming kan deze verzadiging op worden geheven (afvoeren van lucht met hoge relatieve vochtigheid);
6. Wanneer er tussen de moleculen in vloeistof grote intermoleculaire krachten aanwezig zijn, kost de verdamping meer energie;
7. Een lage omgevingsdruk resulteert in een effectiever verdampingsproces, de moleculen kunnen gemakkelijker ontsnappen aan het oppervlak.

3.4.3 Afkoelen

De thermische energie die het granulaat bevat moet afgegeven worden om de temperatuur van het granulaat naar beneden te krijgen. Door verdampen wordt een deel van de energie onttrokken en direct gebruikt om de koelvloeistof op het oppervlak te verdampen, zoals hierboven beschreven. Wanneer de energie-inhoud van de granulaatkorrel echter een bepaalde ondergrens passeert zal er nauwelijks verdamping meer optreden en gaat het verdampingsproces teveel tijd in beslag nemen. De warmtestroom zal dan voornamelijk door conductie (geleiding), straling en convectie (stroming) geschieden.

Straling is warmtetransport door middel van elektronische golven en ontstaat wanneer de warmte bevattende stof niet in direct contact staat met een andere stof of gas.

Conductie is een warmtestroom die binnen de stof (het granulaat) zelf of tussen verschillende stoffen kan optreden, waarbij warmte stroomt van deeltjes met een hogere mate van energie (temperatuur) naar minder energierijke (koudere) deeltjes. De vorm van de stof bepaalt in sterke mate de afkoelsnelheid, bij gelijk volume kan de oppervlakte sterk verschillen.

Een cilindrische vorm kan namelijk met gelijkblijvend volume een groot oppervlak (door een kleine diameter en een grote hoogte) of een klein oppervlak hebben (door een grote diameter met een beperkte hoogte).

Een groot oppervlak resulteert in een effectievere warmtestroom binnen de stof, (de warme deeltjes bereiken sneller de oppervlakte) en is bovendien zeer positief voor de warmte afgifte aan de luchtstroom door middel van convectie.

Convectie is een combinatie van stroming en conductie en ontstaat wanneer er langs de warme stof een stroom van gas of vloeistof stroomt.

De belangrijkste factor is het debiet aan luchtstroom.

Deze gegevens resulteren in de volgende relevante factoren voor het afkoelen van granulaat:

- Luchtstromingsdebiet en de richting van luchtstroom (wanneer deze goed door het granulaat zelf en de onderliggende constructie heen stroomt, zal er meer ruimte zijn voor warmtetransport via straling en convectie);
- Temperatuur en relatieve vochtigheid van langsstromende lucht;
- Warmtegeleidingscoëfficiënt van langsstromende lucht;
- Warmtegeleidingscoëfficiënt van het granulaat;
- Oppervlak van het granulaat;
- Mate van turbulentie van de luchtstroom.

3.4.4 Producten op de markt

Op de markt zijn verschillende producten aanwezig waarmee granulaat producten te drogen zijn. Op basis van de manier van warmteoverdracht naar het te drogen materiaal kan de volgende indeling in droergroepen worden gemaakt:

- Convectiedrogers;
- Conductiedrogers;
- Stralingsdrogers.

Van elke groep drogers bestaan in het algemeen verschillende uitvoeringen. Omdat er sprake is van een debiet van ongeveer 4 ton per uur wordt er alleen onderzoek gedaan naar continu drogers.

In de bronnenlijst, hoofdstuk 7, is een onderzoeksrapport opgenomen waarin onderzoek verricht is naar de voor- en nadelen van verschillende droogmachines. Drogers welke in aanmerking komen voor het drogen van granulaat zijn: fluid-bed drogers, trommeldrogers, plaatkoelers, en infrarooddrogers.

Het werkingsprincipe en de voor-en nadelen zijn hieronder kort omschreven.

Fluid-bed drogers (convectie droger)

Bij dit type droger wordt het te drogen materiaal toegevoerd aan de bovenzijde van een verticaal opgestelde cilindervormige droogkamer. Deze kamer is aan de onderzijde voorzien van een geperforeerde bodemplaat waar door de drooggasstroom toegevoerd wordt. De deeltjes die zich in de droger bevinden, worden door deze gasstroom gefluidiseerd. Droge deeltjes worden continu met de gasstroom uit de droogkamer afgevoerd of apart afgevoerd via een afvoerkanaal in de droger. Naast deze uitvoeringsvorm van de wervelbeddroger, waarin de drogende deeltjes ook het gefluidiseerde bed vormen, bestaat er een uitvoeringsvorm waarbij de droger uit een gefluidiseerd bed van zanddeeltjes bestaat. Het te drogen materiaal wordt aan dit zandbed toegevoerd. De droge deeltjes worden met de drooggasstroom afgevoerd. De warmte benodigd voor het droogproces wordt toegevoerd via de het drooggas en/of via een warmtewisselaar die in het wervelbed is geplaatst.

Voordeel

- Intensief contact tussen de deeltjes en het drooggas waardoor een relatief snelle droging.

Nadelen

- Relatief complexe en dure installatie;
- Grote verblijftijdspreiding van de deeltjes in het bed;
- Spreiding in deeltjesafmetingen mag niet te groot zijn;
- Relatief groot verschil in eindvochtgehalte van de deeltjes;
- Relatief groot verschil in temperatuurtijdverloop van de deeltjes;
- Sturing van het droogproces wat betreft deeltjesgrootte, toevoer van deeltjes aan de droger en drooggasdebiet is gevoelig/complex;
- Als het te drogen product te nat is en te kleverig is, is het noodzakelijk om een deel van het gedroogde materiaal te recirculeren en te mengen met nat product waardoor de free-flowing eigenschappen van het in te voeren materiaal verbeteren;
- Relatief veel elektrische energie nodig voor toevoer drooggasdebiet.

Nederlandse leveranciers van wervelbeddrogers zijn o.a. Ebbens engineering ingenieursbureau BV, Broere--Lether BV, Ventilex BV, IP Handling Nederland BV en GEA-Process Engineering Nederland BV.

Trommeldrogers (convectie droger)

Hierbij wordt het te drogen materiaal in een roterende trommel met schoepen gebracht en de hete drooggasstroom in tegenstroom of in gelijkstroom met het product door de trommel geleid. Tegenstroom heeft als voordeel dat de hete drooggassen in direct contact komen met de deeltjes die al in een vergevorderd droogstadium verkeren en waarvan het resterend vocht, dat zich nog in het inwendige van de deeltjes bevindt, moeilijk te verwijderen is. Het nadeel van de toepassing van tegenstroom is dat de hete drooggassen in direct contact komen met gedroogde organische stof bevattende deeltjes waardoor gevaar voor explosie of brand ontstaat. De droogtijd hangt af van de grootte van de te drogen deeltjes, de snelheid van de langs stromende drooggasstroom en van de temperatuur en het vochtgehalte van het drooggas.

Voordelen

- Simpele uitvoering;
- Goed warmtecontact tussen drooglucht en drogende deeltjes;
- Alle drogende deeltjes hebben dezelfde verblijftijd en min of meer het zelfde temperatuurverloop. Dit geldt natuurlijk alleen als de deeltjes min of meer dezelfde grootte hebben;
- Simpele sturing van het droogproces;
- Ook relatief lage drooggastemperaturen zijn mogelijk, maar dat betekent wel dat de droger (langere verblijftijd) en het debiet van de drooggassen groter worden;
- Robuust, niet erg gevoelig voor de grootte van de te drogen deeltjes;
- Veel praktijkervaring.

Nadelen

- Groot drooggasdebiet vereist dat na uittreding uit de droger moet worden behandeld;
- Kleine droge deeltjes worden met de gasstroom meegevoerd;
- Grote omvang droger;
- Relatief hoog energiegebruik;
- Als het te drogen product te nat en te kleverig is, is het noodzakelijk om een deel van het gedroogde product te recirculeren en te mengen met nat product, waardoor de free-flowing eigenschappen van het in te voeren product verbeteren.

Nederlandse leveranciers van trommeldrogers zijn o.a. Ebbens engineering ingenieursbureau BV, Broere-Lether BV, IP Handling Nederland BV en Vandenbroek International BV.

Plaatkoelers (conductie droger)

Bij dit type drogers wordt de benodigde energie voor het droogproces indirect aan het te drogen materiaal toegevoerd via een heet contact oppervlak (warmtewisselaar). Het warmte overdragend medium kan daarbij een hete vloeistof of gasstroom zijn of een koude als vooral afkoeling van belang is. Dit medium komt tijdens het droogproces niet in direct contact met het te drogen. Vergeleken met convectiedrogers hebben contactdrogers in het algemeen het voordeel dat ze compacter zijn, een betrekkelijk gering debiet aan proceslucht produceren waardoor de drooggasbehandeling en de terugwinning van energie uit de drooggasstroom efficiënter en goedkoper kunnen plaatsvinden en vaak wat efficiënter zijn in energieverbruik. Ze kunnen ook worden toegepast onder vacuüm waardoor het droogproces sneller verloopt en of bij lagere temperatuur kan worden toegepast.

De van de omgeving afgesloten plaatpakketten zijn voorzien van een dubbele wand waardoor een koele vloeistof stroomt. Door het contact van het granulaat met de koelplaten ontstaat een warmtestroom. De deeltjes hebben ongeveer een gelijke verblijftijd en het systeem is goed toepasbaar in combinatie met pneumatische druktransportsystemen.

Voordelen

- Redelijk robuuste uitvoering;
- Droogproces is minder gevoelig voor deeltjesgrootte en deeltjesgrootteverdeling;
- Gering drooggasdebiet dat moet worden behandeld;
- Relatief eenvoudige behandeling van de afgewerkte drooggassen.

Nadelen

- Complexe en dure drooginstallatie;
- Relatief lage droogsnelheid.

Infrarooddrogers (stralingdroger)

De warmte die nodig is voor het droogproces wordt hierbij door infraroodstraling contactloos toegevoerd aan het te drogen materiaal. Het te drogen product bevindt zich, al of niet in granulaire vorm, op een transportband. Het verdampte water wordt afgevoerd met een kleine stripgasstroom. Er bestaan, gebaseerd op de wijze waarop de infraroodstraling wordt opgewekt, drie typen infrarooddrogers:

1. Drogers op basis van gasgestookte keramische branderplaten;
2. Drogers op basis van elektrisch verhitte stralingsplaten;
3. Drogers op basis van warme platen of buizen die met heet water, olie of stoom verhit worden.

Voordelen

- Klein debiet aan proceslucht benodigd;
- Effectieve en snelle warmteoverdracht;
- De afmetingen van de drogers zijn relatief klein.

Nadelen

- Droger is gecompliceerder en daardoor duurder;
- Bij gebruik van elektrische energie relatief hoge energiekosten;
- Bij gasgestookte keramische branderplaten worden de drooggassen gemengd met rookgassen;
- Niet geschikt voor het drogen van grotere deeltjes of het drogen van relatief dikke lagen;
- Te sterke stijging van de temperatuur aan het oppervlak van het te drogen materiaal is mogelijk;
- Kans op explosiegevaar;
- Altijd warmte-inbreng nodig.

Nederlandse leveranciers van infrarooddrogers zijn o.a. Energie en Milieutechniek BV, ECO Ceramics BV en Polow energy systems BV.

3.5 Product analyse granulaat

In deze paragraaf worden de afmetingen en verdere specificaties van het granulaat, zoals het door Prysmian wordt geproduceerd, vastgelegd.

3.5.1 Die-swell

Als gevolg van verschillen in stroomsnelheid van het materiaal in de extruder, de extrusiematrijs (ookwel die-plate of strainplaat genoemd) en aan de uitgang van de matrijs, treed er een zekere zwelling op. De mate van deze zwelling hangt af van het soort materiaal, het verschil in stroomsnelheden en de mate waarin de lange polymeerketens zich opnieuw gaan positioneren.

3.5.2 Afmetingen

De verschillende typen granulaat die door Prysmian worden geproduceerd nemen na het produceren in de huidige situatie drie verschillende afmetingen aan; (zie figuur 21)

Klein	Ø5,3 x 3 tot 7 mm lang
Middel	Ø6,3 x 4 tot 8 mm lang
Groot	Ø 8 x 5 tot 10 mm lang

De intentie is om het granulaat in de toekomst in slechts 1 maat te extruderen en om het extrusie proces te optimaliseren. De optimalisatie gaat plaatsvinden door de druk op de strainplaat homogener te verdelen. Hierdoor wordt de lengte van de granulaat maatvaster ($\pm \text{Ø}5,3 \times 6 \text{ mm}$) en zullen er minder restproducten (schilfers) ontstaan.



Figuur 21 Rubber granulaat "kleine" en "grote" variant

Het nadeel is dat door het kleinere eigenvolume er ook minder warmte inhoud is. Daardoor neemt de mate van verdamping af. Een bijkomend voordeel is echter dat de interne warmte sneller de oppervlakte bereikt. Het interne warmtetransport verloopt sneller.

3.5.3 Dichtheid van het granulaat

De dichtheid ρ in $[\text{kg}/\text{m}^3]$ geeft de massa per volume-eenheid weer:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Waarin:

ρ	= dichtheid in $[\text{kg}/\text{dm}^3]$
m	= massa in $[\text{kg}]$
V	= volume in $[\text{dm}^3]$

De dichtheid van vast rubber (Nitrile Butadiene Rubber) ligt rond de $1,4 \text{ kg}/\text{dm}^3 (\pm 0,2)$. Omdat granulaatvormige producten veel lucht bevatten is zijn deze waardes niet bruikbaar. De dichtheid van het granulaat is onbekend en zal aan de hand van testen bepaald moeten worden.

Met behulp van een maatbeker en een weegschaal wordt het granulaat zowel droog als nat gemeten zodat de pakkingsgraden en dichtheden voor vochtige en droge condities kunnen worden bepaald.

Een maatbeker met daarin ongeveer 200 ml aan droog granulaat weegt 194 gram. Omgerekend weegt 1 liter dus 970 gram, de dichtheid ligt dus ongeveer op $0,97 \text{ kg}/\text{dm}^3$.

Voor vochtig bevattend granulaat (ondergedompeld in water en daarna grof afgegoten) werd een dichtheid van $1,05 \text{ kg}/\text{dm}^3$ bepaald, dit is een toename van ongeveer 8% aan gewicht door het vocht.

3.5.4 Pakkingsgraad

De pakkingsgraad is de procentuele verdeling tussen de hoeveelheid aanwezige lucht en materiaal binnen een gestapeld product.

Gemeten dichtheid van **droog granulaat** (kleine variant) vergeleken met dichtheid vaste stof rubber:
 $0,97 \text{ kg/dm}^3$ vergeleken met $1,4 \text{ kg/dm}^3$ (= 100%) geeft een pakkingsgraad van **69%**

Gemeten dichtheid van **vochtig granulaat** (kleine variant) vergeleken met dichtheid vaste stof rubber:
 $1,05 \text{ kg/dm}^3$ vergeleken met $1,4 \text{ kg/dm}^3$ (= 100%) geeft een pakkingsgraad van **75%**

3.6 Gebruiksanalyse

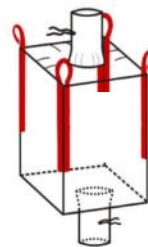
De opstelling van de granulaatlijn functioneert binnen een grote productiehal, verschillende aspecten over verpakkingsvormen, transportvormen en aanrijroutes, afzuigingsinstallaties en dergelijke worden in deze paragraaf besproken.

Verpakkingsvormen

Het granulaat wordt verpakt in stalen bakken en de intentie is om met de nieuwe opstelling ook de mogelijkheid te bieden tot het vullen van bigbags.

De specificaties zijn hieronder vermeld:

Bigbag	Vorm	Los slurf onder en boven, Type BB6
	Leverancier	bigbagmarkt.nl
	Afmetingen	= 1000x1000x1900 mm
	Volume	= 1,9 m ³
	Maximaal gewicht	= 1250 kg
	Palletmaat (CP9)	= 1140x1140x156 mm
	Massa Pallet	= 23kg
	Zie figuur 22	
Stalen bak	Vorm	Type MB
	Leverancier	indapp.nl
	Afmetingen	= 1200x800x845 mm
	Volume	= 0,8 m ³
	Laadgewicht	= 1000 kg
	Massa bak	= 200 kg
	Zie figuur 22	



Figuur 22 Verpakkingsvormen

Vloer in de productiehal

De vloer in de productiehal bestaat uit stelconplaten van 2 x 2meter (1995x1995x160 mm).

Voor eventuele plaatsing van een gelijkvloerse weeg-unit zou er dus een stelconplaat kunnen worden verwijderd.

Afzuiginstallatie

Voor het afzuigen van proceslucht is al een systeem aanwezig (zie § 2.3.2), om te bepalen of deze installatie gebruikt kan worden voor de nieuwe opstelling zal voor het ontwerp eerst een afzuigdebiet moeten worden bepaald.

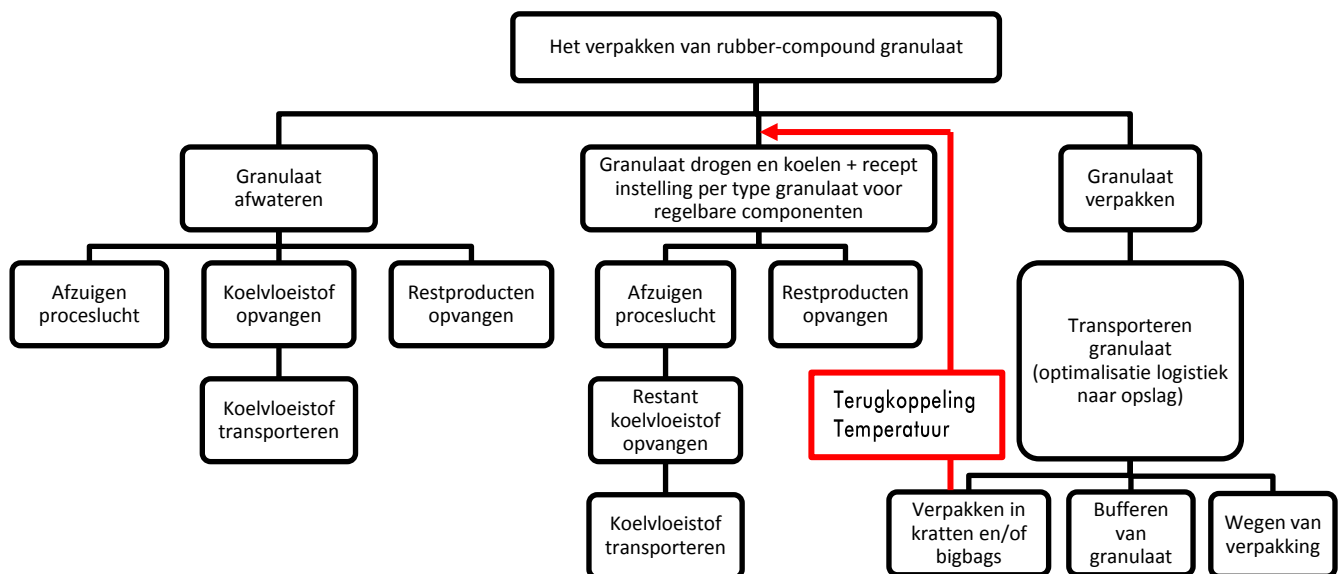
Omgeving

In bijlage IV is een tekening van de productiehal bijgevoegd waarop de naaste omgeving van de opstelling weergegeven is. Het hoogteprofiel van de productiehal is in §4.3.3 te vinden.

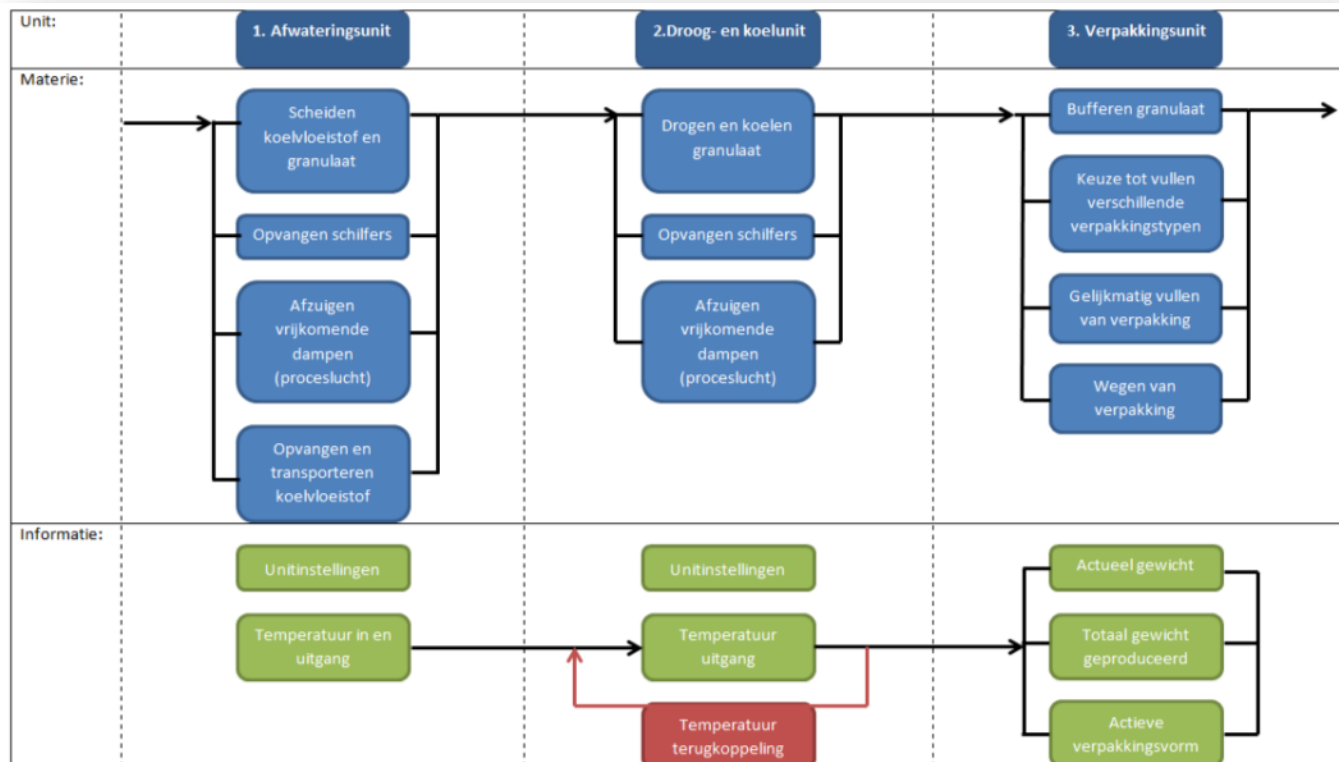
3.7 Functieoverzicht

Dit hoofdstuk beschrijft de functies die door het te ontwerpen systeem uitgevoerd moeten kunnen worden. Deze functies zijn met behulp van een uitgebreide analyse van het huidige systeem tot stand gekomen. Ook de eisen en wensen, die naar boven kwamen tijdens de gesprekken met Prysmian, zijn in het overzicht opgenomen.

In figuur 23 zijn de onderling verbonden functies van het systeem weergegeven in boomstructuur, te beginnen bij de hoofdfunctie bovenaan, en alle deel- en nevenfuncties eronder. Figuur 24 toont het functieblokschema waarbij de functies van rechts naar links in de volgorde van de tijd opgesteld staan.



Figuur 23 Functieboom granulaat traject



Figuur 24 Functieblokschema granulaat traject

3.8 Pakket van Eisen

Dit hoofdstuk beschrijft eisen en wensen op verschillende niveaus die van toepassing zijn op het ontwerpproces. Deze eisen en wensen zijn voortgekomen uit gesprekken met de opdrachtgever en de analyse van het huidige systeem.

3.8.1 Functionele eisen

1. Het systeem biedt mogelijkheid tot het vullen van zowel bigbags als bakken;
2. Transportbanden, ventilatoren en verdere elektronische componenten zijn regelbaar uitgevoerd, de uittrede temperatuur van het granulaat wordt binnen het systeem teruggekoppeld;
3. Gedwongen afzuiging van gebruikte lucht voor processen (Proceslucht);
4. Eenvoudige en simpele bediening van de machine / het systeem;
5. Het systeem vereist een minimum aan reinigingstijd;
6. Het systeem biedt mogelijkheid tot receptinstelling en monitoring, zodat systeeminstellingen per type product geselecteerd kunnen worden.

3.8.2 Fabricage eisen

1. Het systeem dient robuust te worden uitgevoerd met het oog op heftruckverkeer, aanrijbeveiligingen voor kritische delen van de constructie worden meegenomen in het ontwerpproces;
2. Kritische plaatsen aangaande vervuiling en of reparatie zijn voldoende bereikbaar;
3. De opstelling is verrijdbaar of wegdraaibaar om de extruderkop vrij te maken wanneer er andere producten dan granulaat geproduceerd worden of wanneer de extrusiematrijs gewisseld moet worden.

3.8.3 Technische eisen

1. Debiet van maximaal 4 ton granulaat per uur;
2. De temperatuur van het granulaat is vlak voor het verpakkingsproces $\pm 35^{\circ}\text{C}$;
3. De vochtigheid van het granulaat, vlak voor het verpakkingsproces, ligt onder de kritische vochtigheidsgraad voor verkleven (relatieve vochtigheid % op te geven door Prysmian);
4. De delen die in direct contact staan met granulaat en of wateremulsie worden in RVS 304 uitgevoerd;
5. Het verpakkingssysteem bestaat uit een buffer van tenminste 1 m^3 en bevat sensor welke aan een zwaailamp is gekoppeld zodat de operator tijdig gewaarschuwd wordt;
6. Het afwateringssysteem bestaat uit pomp die wateremulsie terug pompt naar het bestaande reservoir, deze pomp dient niveau beveiligd uitgevoerd te worden en is geïntegreerd in de afwateringsunit.

3.8.4 Wensen

1. Het verrichten van pre-engineering onderzoek in twee richtingen:
 - a. Een optimalisatie voorstel voor aanpassen van de huidige machine voor het drogen, koelen en verpakken van rubber-compound granulaat;
 - b. Een voorstel voor de ontwikkeling van een nieuwe machine voor het drogen, koelen en verpakken van rubber-compound granulaat;
2. Het systeem reinigt zichzelf door middel van draaien zonder product (met uitzondering van de opvangbakken en het afwateringssysteem);
3. De processen die het systeem doorloopt zijn zoveel mogelijk controleerbaar;
4. Opbouw van extra systemen zoals een systeem voor talktoevoeging (strooier) is mogelijk;
5. Betrouwbaar droog- en koelproces;
6. Het weegsysteem is betrouwbaar uitgevoerd en vervuiling heeft geen invloed, dit wordt bijvoorbeeld vermeden door het gebruiken van een verzonken plaat in het vloeroppervlak met afgeschermd naden;
7. Korte schoonmaaktijd en lage kans op versmering voor de overgang naar ander product;
8. Waar mogelijk worden standaard componenten of systemen opgenomen in het ontwerp;
9. Lage kosten in aanschaf, onderhoud en energieverbruik;
10. Operationele kosten zijn laag;
11. Druk op de operator is laag.

4 Ontwerp

In dit hoofdstuk worden, met behulp van een morfologisch overzicht, verschillende concepten opgesteld om via deze (deel)oplossingen en conceptoplossingen tot een voorlopig ontwerp te komen. Per concept wordt de plaats in de productiehal, en de beschrijving van de werking en de bijbehorende voor- en nadelen, per component gegeven. Ook worden mogelijke varianten per concept aangedragen.

In paragraaf 4.6 worden de voorlopige ontwerpen op basis van het pakket van eisen en wensen aan de hand van een keuzematrix beoordeeld.

4.1 Morfologisch overzicht

In het volgende overzicht, zie tabel 2, zijn voor elke functie van het systeem verschillende oplossingen opgesomd, een overzicht van de functies is gegeven in paragraaf 3.7. Om tot een aantal verschillende concepten te komen zijn 3 lijnen door de morfologische kaart getrokken. Elke lijn verbindt bij elkaar passende oplossingen met elkaar. In de volgende hoofdstukken worden deze concepten verder uitgewerkt en zal er met behulp van een keuzematrix een beargumenteerde keuze voor een bepaald concept worden gemaakt.

Tabel 2 Morfologisch overzicht

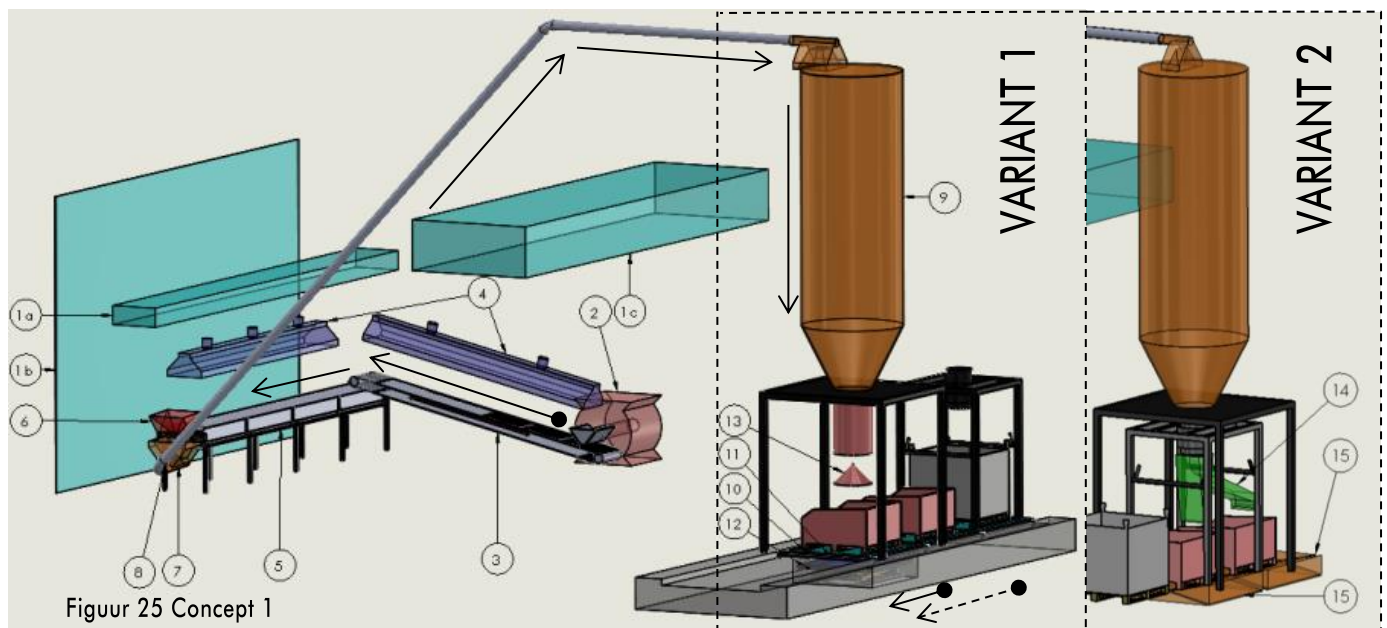
Module naam en functies:	Huidige situatie	Concept 1	Concept 2	Concept 3
AFWATERMODULE				
Afwateren en granulaat transporteren	Draad-ogen-band	Scharnierplatenband RVS	Spijlenbaan	Afwateringstrommel
Koelvloeistof opvangen en transporteren	Opvangbak onder de band met losse pompbak	Losse pompbak met ingebouwde pomp	Lange aanzuigleiding vanaf koelvloeistof mengbak	Pompbak onder transportband met pomp
Afzuiging dampen	Afzuigkap aangesloten op bestaand afzuigingsysteem	Nieuwe afzuigkap aangesloten op bestaand afzuigingsysteem	Separate pomp met cyclofilter	Separate pomp zonder filter
Schilfers opvangen	Dichte plaat onder de band met bak	Uitneembare bak	Afzuiging	
DROOGMODULE				
Drogen, koelen	Ventilatoren boven blaaspijpen onder	Wervelbed modulair	Ventilatoren onder lopende band	Platenkoeler
Transporteren granulaat	Draad-ogen-band	Flight-bars	Trommelschoepen	Scharnierplatenband RVS
Afzuiging dampen	Geen afzuiging	Nieuwe afzuig unit aangesloten op bestaand afzuigingsysteem	Separate pomp met cyclofilter	Separate pomp zonder filter
Schilfers opvangen	Dichte plaat onder de band met bak	Uitneembare bak	Afzuiging	Geen opvang
VERPAKKINGSMODULE				
Transporteren granulaat	Dichte transportband	Onder- of overdruk- transportsysteem		
Bufferen	Geen buffer	Cycloon		
Verpakkingsvormen	Stalen bakken	Bigbags en bakken		
		Variant 1 ● ● ●	Variant 2 ● ● ●	Variant 3 ●
Vullen van meerdere verpakkingen	Transportband	Verpakkingswisselsysteem	Broekstuk	Transportband met 2 draairichtingen
Aantal verpakkingsposities	2 posities	3 tot 4 posities	2 posities	2 posities
Invulling van posities	Alleen bakken	Posities vrij te bezetten met zowel bakken als bigbags	Alleen 2 bigbags of 2 stalen bakken tegelijkertijd	Posities vrij te bezetten met zowel bakken als bigbags
Gelijkmatige verdeling van granulaat in verpakking	Translerende transportband	Chinees hat	Bewegend uiteinde aan broekstuk	Translerende transportband
Aantal benodigde weeg-units	2 weeg-units	1 weeg-unit	2 weeg-units	2 weeg-units

4.2 Concept 1 Wervelbed met verpakkingssystem

In dit hoofdstuk wordt een korte omschrijving van de opbouw van het eerste concept voor de granulaatlijn omschreven. In dit concept is uitgegaan van een compleet nieuwe situatie waarbij de functies en de eisen en wensen, als omschreven in paragraaf 3.8, in acht genomen zijn.

De onderdelen die in dit concept gebruikt worden zijn aangegeven in figuur 25. In tabel 3 is per onderdeel de naam, functie en prijsindicatie weergegeven. Eventueel benodigde civiele werkzaamheden zijn bij de prijsindicaties buiten beschouwing gelaten.

Per component is een uitgebreide omschrijving van de werking en de voor-en nadelen gegeven in bijlage I.



Figuur 25 Concept 1

Tabel 3 Overzicht van componenten concept 1

Item	Unit	Functie	Prijs indicatie
1a	In ruimte aanwezige luchtkoker	N.v.t.	N.v.t.
1b	In ruimte aanwezige muur	N.v.t.	N.v.t.
1c	In ruimte aanwezige balustrade	N.v.t.	N.v.t.
2	Extruder met granulaatkop	Produceren granulaat	N.v.t.
3	Transportsysteem spijlenbaan	Afwateren, koelen en transporteren	20K
4	Afzuigkappen	Afzuigen proceslucht	6K
5	Wervelbed met flight-bars (4 modulen á 1,5 m)	Drogen en koelen	25K
6	Talkstrooier	Verkleefing voorkomen	5K
7	Vultrechter onder- of overdruktransportsysteem	Transporteren	2K
8	Transportbuis excl. compressor	Transporteren	3K
9	Cycloon met frame en afsluiter	Transporteren en bufferen	10K
Verpakkingvariant 1			
10	*Traverseerunit + bigbag frames	Vullen van zowel stalen bakken als bigbags	n.o.t.k.
11	*Losse inlegplaat	Wegen van verpakkingen mogelijk maken	n.o.t.k.
12	*Hefmechanisme met weeg-unit	Wegen verpakking	n.o.t.k.
13	*Kegel verdeelsysteem (zgn. Chinese hat)	Gelijkmatig vullen van stalen bakken	n.o.t.k.
Verpakkingvariant 2			
14	*Broekstuk met automatische wisselklep	Mogelijkheid bieden tot vullen van 2 bakken	n.o.t.k.
15	*Tweetal separate weeg-units + bigbag frames	Wegen verpakking	n.o.t.k.

4.2.1 Mogelijke varianten van concept 1

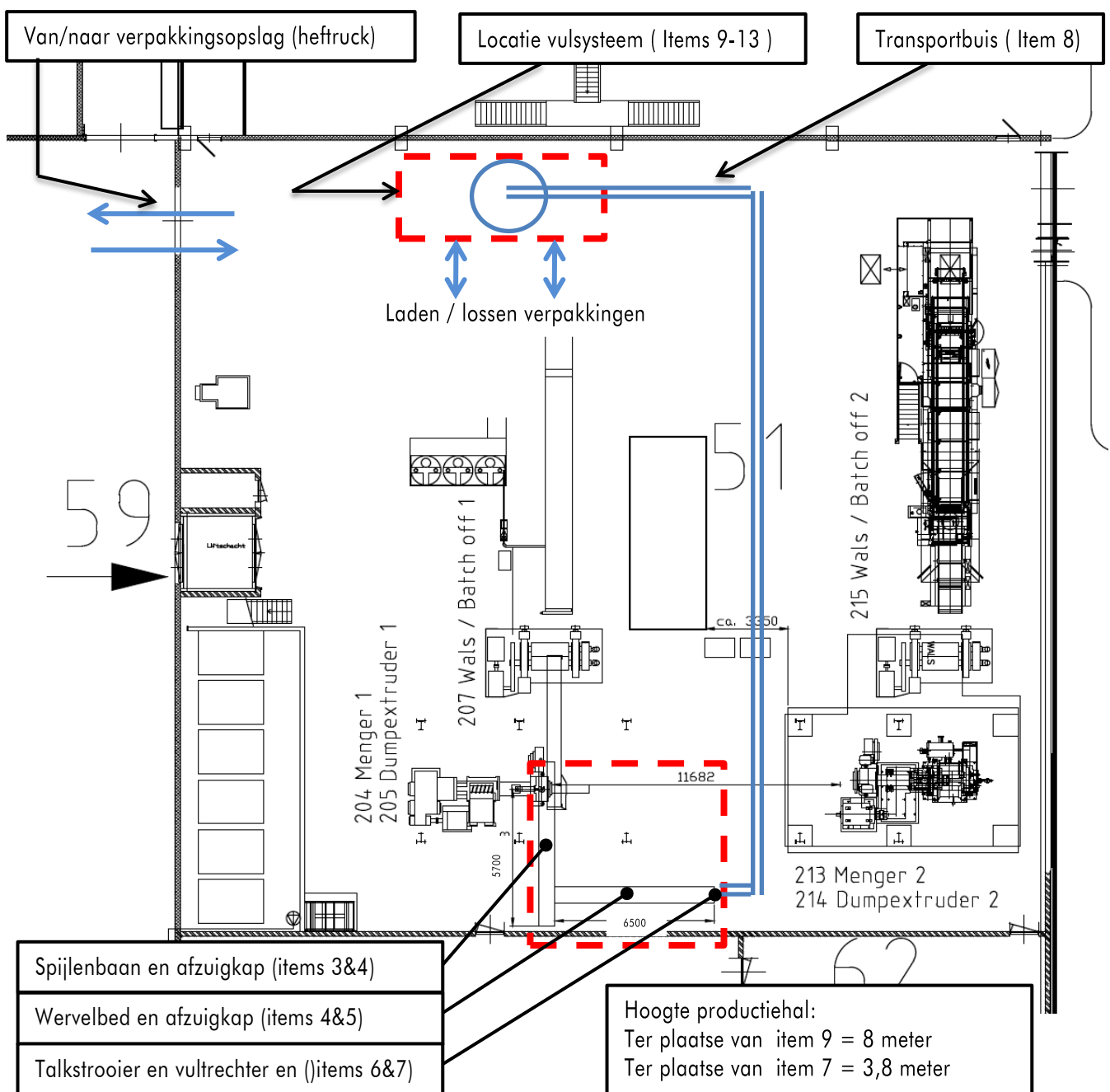
Zoals weergegeven in figuur 25 en tabel 3 bestaat concept 1 uit twee verpakkingsvarianten:

1. Variant 1 geeft een uitwerking waarbij de verpakkingen volledig automatisch gewisseld worden met behulp van een Lineair-Wissel-Systeem (l.w.s.) en gewogen worden met behulp van 1 weeg-unit;
2. Variant 2 omvat een opstelling met een automatische wisselklep, waarbij er ruimte is voor 1 bigbag of 2 stalen kratten, en er gewogen wordt met een tweetal separate weeg-units.

Een uitwerking voor deze varianten is evenals de componentomschrijvingen te vinden in bijlage I.

4.2.2 Plaats binnen productiehal

In figuur 26 is de plaats van de componenten binnen de productiehal weergegeven.



Figuur 26 Opstelling binnen de productiehal

4.3 Concept 2 Optimalisatie van de huidige opstelling

In dit concept wordt een handreiking gedaan voor de optimalisatie van het huidige systeem, zie hoofdstuk 2.3. Dit concept wordt op dezelfde wijze beschreven als het eerste concept. De tabel uit hoofdstuk 2, met daarin het overzicht van componenten van de huidige situatie, is hieronder in tabel 4 nogmaals weergegeven.

Tabel 4 Overzicht componenten huidige situatie

Item	Module naam:	Functie(s)
1	Transportband 1 Effectief koeloppervlak: 4000x400mm (l x b)	- Het transporteren van het granulaat naar transportband 2 - Onderweg ruimte geven voor afwatering van het granulaat
2	Afzuigkap	Afzuigen van proceslucht boven transportband 1
3	Vloeistofbuffer	- Bufferbieden voor afgewaterd koelvloeistof - Wegpompen koelvloeistof onder transportbanden en transporteren naar mengbak
4	Transportband 2 Effectief koeloppervlak: 7000 x 400mm (l x b)	- Drogen van granulaat door middel van luchtstroom veroorzaakt door 5 ventilatoren aan bovenzijde en buisventilatie aan onderzijde - Transporteren van het granulaat naar verpakkingsplaats
5	Transportband 3	- Gelijkmatig verdelen van granulaat in de verpakkingsbakken - Vullen van twee bakken, mogelijk door het omdraaien van draairichting band
6&7	Twee Weeg-unit s	Wegen van stalen verpakkingsbak 1 en verpakkingsbak 2

Hoe deze componenten in dit concept aangepast worden is aangegeven in tabel 5. Per onderdeel is de naam, functie en prijsindicatie weergegeven. Een uitgebreide omschrijving van de zaken die volgens dit concept gemodificeerd moeten worden om opnieuw een optimale werking te realiseren, is te vinden in bijlage II.

Tabel 5 Overzicht van componenten en hun aanpassing volgens concept 2

Item	Unit	Aanpassing
1	Transportband 1	Optimalisatie
2	Afzuigkap	Hergebruik
3	Vloeistof buffer	Optimalisatie
4	Transportband 2	Optimalisatie
Verpakkingsvariant 1		
V1	*Talkstrooier	Nieuw
V1	*Vultrechter onder- of overdruktransportsysteem	Nieuw
V1	*Transportbuis excl. compressor	Nieuw
V1	*Cycloon met frame en afsluiter	Nieuw
V1	*Traverseerunit + bigbag frames	Nieuw
V1	*Losse inlegplaat	Nieuw
V1	*Hefmechanisme met weeg-unit	Nieuw
V1	*Kegel verdeelsysteem (zgn. Chinese hat)	Nieuw
Verpakkingsvariant 2		
V2	*Talkstrooier	Nieuw
V2	*Vultrechter onder- of overdruktransportsysteem	Nieuw
V2	*Transportbuis excl. compressor	Nieuw
V2	*Cycloon met frame en afsluiter	Nieuw
V2	*Broekstuk met automatische wisselklep	Nieuw
V2	*Tweetal separate Weeg-units + bigbag frames	Nieuw
Verpakkingsvariant 3		
5	Transportband 3	Optimalisatie
6 & 7	Twee weeg-units	Nieuw

4.3.1 Mogelijke varianten op concept 2

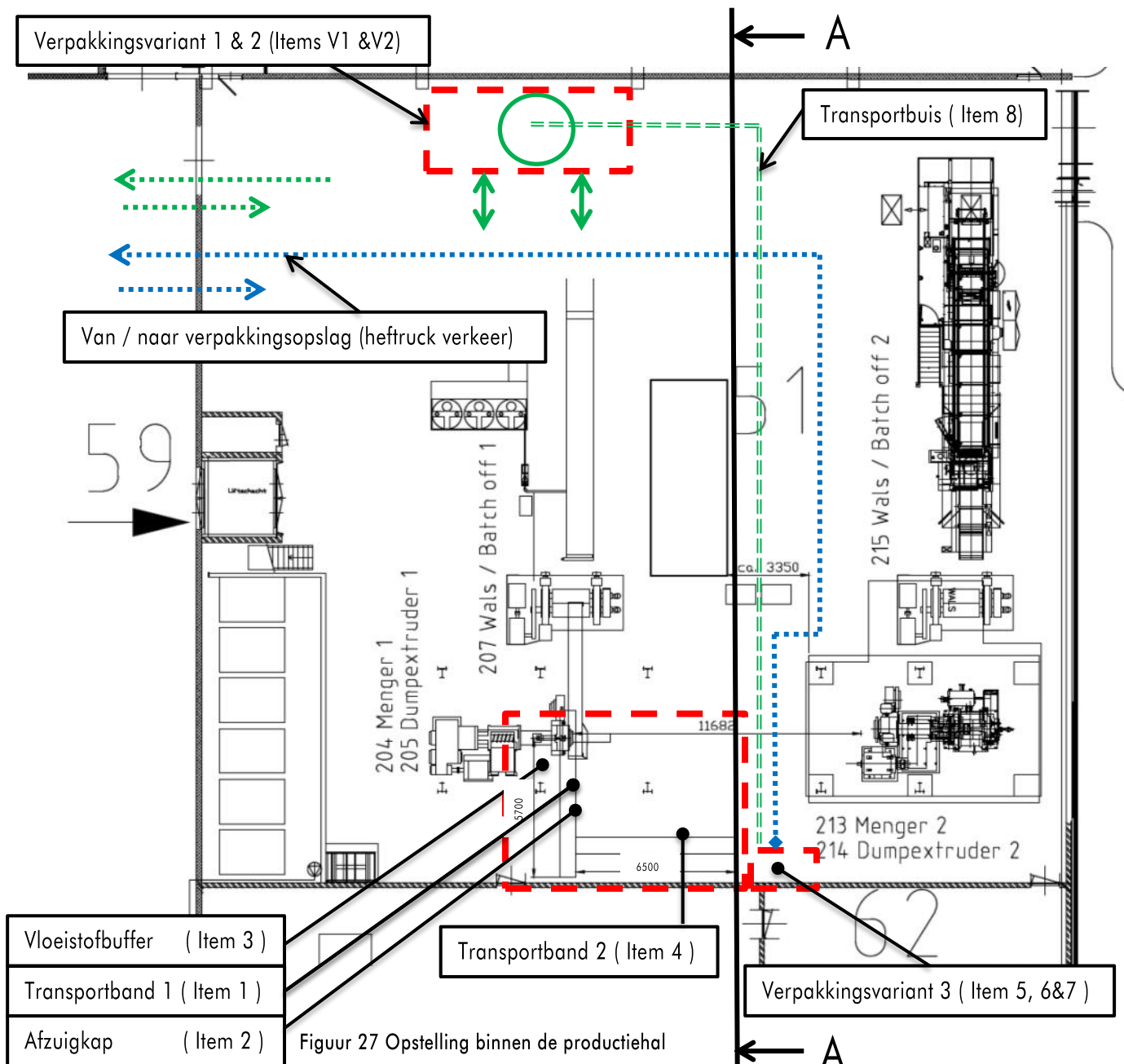
Zoals weergegeven tabel 5 bestaat concept 2 uit drie verpakkingsvarianten:

1. Variant 1 geeft een uitwerking waarbij de verpakkingen volledig automatisch gewisseld worden met behulp van een Lineair-Wissel-Systeem (l.w.s.) en gewogen worden met behulp van 1 weeg-unit;
2. Variant 2 omvat een opstelling met een automatische wisselklep, waarbij er ruimte is voor 1 bigbag of 2 stalen kratten, en er gewogen wordt met een tweetal separate weeg-units;
3. Variant 3 bestaat uit een opstelling waarbij de huidige positie van verpakken gehandhaafd blijft, er aanpassingen aan de transportbanden nodig zijn en er ruimte is voor het vullen van 2 bigbags of 2 stalen kratten, die gewogen worden met een tweetal separate weeg-units.

Een uitwerking voor deze varianten is evenals de componentomschrijvingen te vinden in bijlage II.

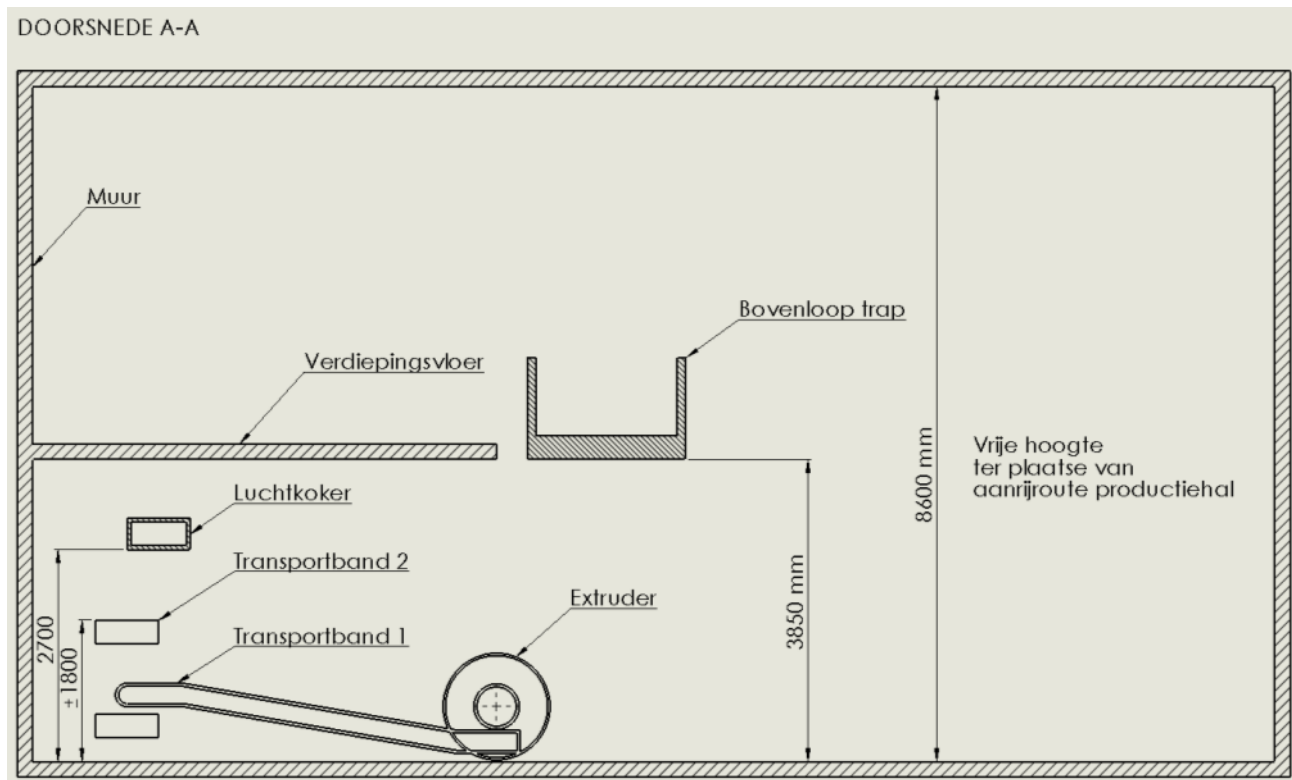
4.3.2 Plaats binnen productiehal

In figuur 27 is de plaats van de componenten binnen de productiehal weergegeven.



4.3.3 Hoogteprofiel productiehal

In figuur 28 is het hoogte profiel van de productiehal weergegeven (doorsnede A-A uit figuur 27).



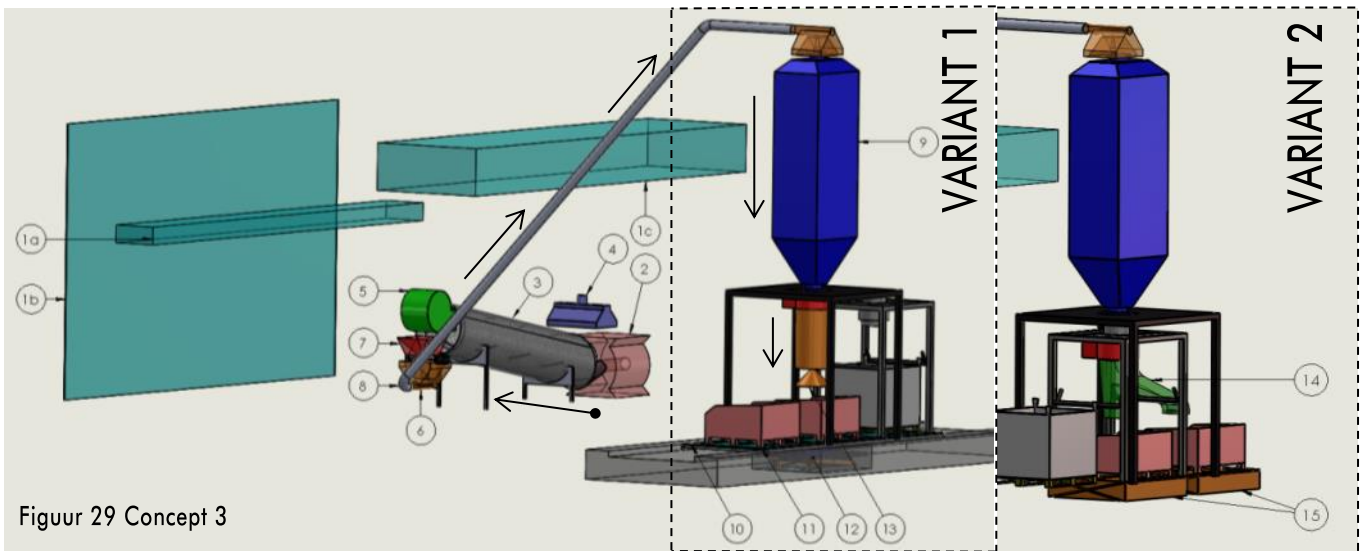
Figuur 28 Doorsnede A-A

4.4 Concept 3

In dit hoofdstuk wordt een korte omschrijving van de opbouw van het eerste concept voor de granulaatlijn omschreven. In dit concept is uitgegaan van een compleet nieuwe situatie waarbij de functies en de eisen en wensen, als omschreven in paragraaf 3.8, in acht genomen zijn.

De onderdelen die in dit concept gebruikt worden zijn aangegeven in figuur 29. In tabel 6 is per onderdeel de naam, functie en prijsindicatie weergegeven. Eventueel benodigde civiele werkzaamheden zijn bij de prijsindicaties buiten beschouwing gelaten.

Per component is een uitgebreide omschrijving van de werking en de voor-en nadelen gegeven in bijlage III.



Figuur 29 Concept 3

Tabel 6 Overzicht van componenten concept 3

Item	Unit	Functie	Prijs indicatie
1a	In ruimte aanwezige luchtkoker	N.v.t.	N.v.t.
1b	In ruimte aanwezige muur	N.v.t.	N.v.t.
1c	In ruimte aanwezige balustrade	N.v.t.	N.v.t.
2	Extruder met granulaatkop	Produceren granulaat	N.v.t.
3	Afwateringstroommel	Afwateren, koelen en transporteren	25K
4	Afzuigings-unit	Afzuigen proceslucht	2K
5	Ventilator	Drogen, koelen en transporteren	2K
6	Vultrechter onder- of overdruktransportsysteem	Transporteren	2K
7	Talkstrooier	Verkleving voorkomen	5K
8	Transportbuis excl. compressor	Transporteren	3K
9	Plaatkoeler	Koelen en bufferen	25K
Verpakkingsvariant 1			
10	*Verpakkingswisselsysteem + bigbag frames	Mogelijkheid bieden tot vullen van 2 bakken	n.o.t.k.
11	*Losse inlegplaat	Wegen verpakking	n.o.t.k.
12	*Hefmechanisme	Wegen verpakking	n.o.t.k.
13	*Kegel verdeelsysteem	Gelijkmatig vullen van stalen bakken	n.o.t.k.
Verpakkingsvariant 2			
14	*Broekstuk met automatische wisselklep	Mogelijkheid bieden tot vullen van 2 bakken	n.o.t.k.
15	*Tweetal separate Weeg-units + bigbag frames	Wegen verpakking	n.o.t.k.

4.4.1 Mogelijke varianten op concept 3

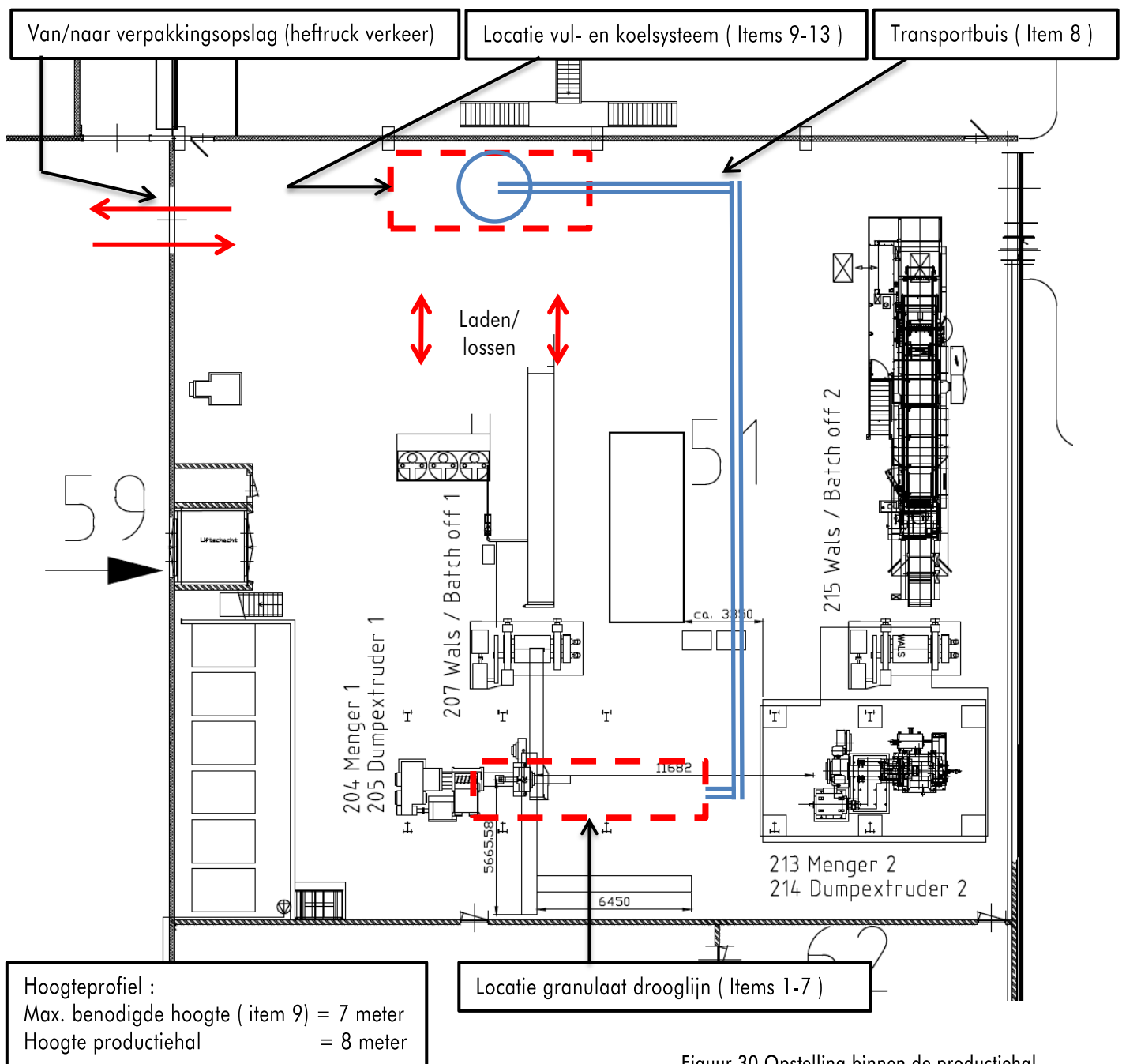
Zoals weergegeven in figuur 29 en tabel 6 bestaat concept 3 uit twee verpakkingsvarianten:

1. Variant 1 geeft een uitwerking waarbij de verpakkingen volledig automatisch gewisseld worden met behulp van een lineair wisselsysteem (l.w.s.) en gewogen worden met behulp van 1 weeg-unit;
2. Variant 2 omvat een opstelling met een automatische wisselklep, waarbij er ruimte is voor 1 bigbag of 2 stalen kratten, en er gewogen wordt met een tweetal separate weeg-units.

Een uitwerking voor deze varianten is evenals de componentomschrijvingen te vinden in bijlage III.

4.4.2 Plaats binnen productiehal

In figuur 30 is de plaats van de componenten binnen de productiehal weergegeven.



Figuur 30 Opstelling binnen de productiehal

4.5 Onderbouwing van enkele componenten

In deze paragraaf worden enkele componenten door middel van berekeningen doorgelicht met als doel inzicht te verwerven in de werking en haalbaarheid van de componenten, zoals deze in de concepten zijn omschreven. Bovendien worden door deze berekeningen enkele gegevens verzameld voor de eerste opzet van het ontwerp, en kan de haalbaarheid van de componenten enigszins getoetst worden.

In de bijlage VI is een uitwerking voor de volgende componenten gegeven:

- Een berekening voor de ventilator van het wervelbed
- Een berekening van de luchtstroom die nodig is voor het volledig meevoeren van granulaat
- Een berekening en opzet voor de snelheid en afmetingen van een transportband
- Een berekening van het druktransportsysteem voor het kiezen van een geschikte compressor, en een opzet voor de globale afmetingen van het leidingwerk

Conclusie wervelbed berekening §VI.1

Omdat de weerstand van de installatie van veel factoren afhangt zal de beste uitkomst verkregen worden door een testopstelling te maken.

Conclusie van de wervelbed testopstelling § VI.2

Aangezien beide ventilatoren zijn ontworpen om puur luchtstroom op gang te brengen en nauwelijks druk kunnen leveren zijn de testgegevens niet representatief. Wel heeft de test laten zien dat het granulaat bij relatief kleine vermogens al danst en is er inzicht verkregen in de wijze waarop de plaatselijke laagdikte en oppervlakte een rol spelen. De vaststelling van het pluksgewijs dansen heeft een nieuw risico aan het licht gebracht. Op plaatsen waar de lucht eenvoudig kan ontsnappen gaat de lucht extra hard stromen en ontstaan er hoge sprongen van het granulaat, op andere plaatsen zal het granulaat op de geperforeerde plaat blijven liggen waardoor de kans op versmering toeneemt.

Aanbeveling wervelbed testopstelling §VI.2

De resultaten van deze testen geven een beeld van hoe een wervelbed moet functioneren maar zijn niet bruikbaar voor het selecteren van een ventilator. Als er een wervelbed gedimensioneerd gaat worden zal er een uitgebreidere test uitgevoerd moeten worden met een traploos regelbare ventilator waarbij tenminste de opbrengstcurve van de ventilator bekend is. Met behulp van een toerentalmeter kan dan de toegeleverde luchtstroom en druk worden bepaald.

Conclusie snelheden en afmetingen van een geschikte transportband §VI.3

De benodigde snelheid bij debiet en deze afmetingen is 5 tot 8 [m/min]. Deze snelheid ligt in het normale gebied (4 meter per minuut is standaard) en is acceptabel voor stabiele condities.

Conclusie druktransportsysteem §VI.4

Het systeem voor druktransport is in staat om het debiet aan rubber granulaat, zoals gespecificeerd in de rekensheet, te vervoeren. Voor het vervoer is volgens de berekening een lagedruk compressor nodig met een werkdruk van tenminste 0,1 bar bij een luchtdebiet (airflow) van 1900 m³ per uur.

In bijlage XI.1 en XI.2 zijn specificaties opgenomen van compressoren die aan deze eisen voldoen.

4.6 Keuze voorlopig ontwerp

De concepten zoals bovenstaand omschreven worden aan de hand van een keuzematrix (zie tabel 7) beoordeeld op basis van het Pakket Van Eisen en wensen, zie paragraaf 3.8. Elke eis en wens krijgt een weegfactor, zodat er onderscheid kan worden gemaakt tussen zaken die van verschillend belang zijn. De waarde van de weegfactoren zijn aan de hand van de gesprekken en de eisen en wensen van de opdrachtgever tot stand gekomen.

Tabel 7 Keuzematrix

Functionele eisen	Weeg factor	Bestaande situatie § 2.1	Concept 1 L.w.s. §4.2 & Bijlage I.10	Concept 1 Broekstuk §4.2 & Bijlage I.14	Concept 2 L.w.s. §4.3 & Bijlage II.6	Concept 2 Broekstuk §4.3 & Bijlage II.7	Concept 2 Oude positie §4.3 & Bijlage II.8	Concept 3 I.w.s. §4.3 & Bijlage III.10	Concept 3 Broekstuk §4.3 & Bijlage III.10	Ideaal
Verpakken verschillende verpakkingen	3	1 (3)	5 (15)	-	5 (15)	-	-	5 (15)	-	15
Regelbaarheid systeem	2	1 (2)	5 (10)	-	3 (6)	-	-	5 (10)	-	10
Mate van afzaging proceslucht	1	3	5	-	3	-	-	5	-	5
Eenvoudigheid in bediening	2	5 (10)	3 (6)	4 (8)	4 (8)	5 (10)	5 (10)	4 (8)	5 (10)	10
Reinigingsrijd	3	1 (3)	3 (9)	2 (6)	4 (12)	3 (9)	3 (9)	3 (9)	2 (6)	15
Mate van invulling receptinstelling	1	1	4	-	3	-	-	4	-	5
Fabricage eisen										
Robuustheid	3	3 (9)	3 (9)	4 (12)	3 (9)	4 (12)	4 (12)	3 (9)	4 (12)	15
Bereikbaarheid bij reiniging en reparatie	2	2 (4)	4 (8)	2 (4)	3 (6)	2 (4)	2 (4)	3 (6)	2 (4)	10
Flexibiliteit binnen productiehal	2	1 (2)	5 (10)	-	5 (10)	4 (8)	3 (6)	5 (10)	-	10
Wensen										
Zelf-reinigbaarheid	2	2 (4)	3 (6)	-	2 (6)	-	-	4 (8)	-	10
Controleerbaarheid	3	4 (12)	3 (9)	4 (12)	2 (6)	3 (9)	3 (9)	4 (12)	5 (15)	15
Uitbreidingsmogelijkheden	2	1 (2)	4 (8)	3 (6)	3 (6)	2 (4)	2 (4)	4 (8)	3 (6)	10
Betrouwbaarheid droog- en koelproces	4	3 (12)	4 (16)	-	3 (12)	-	-	5 (20)	-	20
Effectiviteit/capaciteit droog- en koelproces	4	2 (8)	4 (16)	4 (16)	3 (12)	3 (12)	1 (4)	4 (16)	4 (16)	20
Betrouwbaarheid weegstelsysteem	4	2 (8)	4 (16)	3 (12)	4 (16)	3 (12)	3 (12)	4 (16)	3 (12)	20
Kans op vervuiling weegstelsysteem	2	4 (8)	2 (4)	3 (6)	2 (4)	3 (6)	3 (6)	2 (4)	3 (6)	10
Kans op versmering	3	3 (9)	3 (9)	-	3 (9)	-	-	4 (12)	-	15
Verhouding standaard-speciaal onderdelen	2	5 (10)	3 (6)	4 (8)	3 (6)	4 (8)	5 (10)	3 (6)	4 (8)	10
Geschatte kosten	2	5 (10)	3 (6)	4 (8)	3 (6)	4 (8)	2 (4)	3 (6)	4 (8)	10
Operationele kosten	1	3 (3)	3	4	3	4	4	4	5	5
Druk op operator	1	1 (1)	4	3	4	3	2	4	3	5
Score som		124	179	180	162	161	150	192	195	245
Relative score		51 %	73 %	73 %	66 %	66 %	61 %	78 %	80 %	100 %

Beoordeling van 1 tot 5 (1.Slecht 2.Matig 3.Gemiddeld 4.Voldoende 5.Goed)

4.7 Toelichting keuze

Uit tabel 7 blijkt dat concept 3 in combinatie met het l.w.s. het beste aan de gestelde ontwerpcriteria voldoet. Deze hoge waardering is vooral terug te voeren naar de hoge mate van flexibiliteit, regelbaarheid en betrouwbaarheid van het proces. De componenten zijn regelbaar uitgevoerd waardoor er veel flexibiliteit ontstaat, en het proces beter te beïnvloeden is.

Concept 3

Het derde concept staat in combinatie met de afwateringstroommel, de platenkoeler en het l.w.s. voor veel controleer- en regelbaarheid van het droog- en koelproces heeft veel uitbreidingsmogelijkheden. In combinatie met de tweede variant staat concept 1 voor een eenvoudiger verpakkingssysteem waardoor de flexibiliteit van het verpakken terugloopt.

Nadeel bij concept 3 is vooral dat er wanneer het granulaat na de afwateringmodule teveel vocht bevat er droge lucht geïnjecteerd zal moeten worden.

Concept 3 voldoet in combinatie met het l.w.s. het beste aan het Pakket Van Eisen en wensen volgens de keuzematrix (§4.6) en vormt daarmee het beste voorlopig ontwerp. Deze hoge waardering is terug te voeren naar de hoge mate van flexibiliteit, regelbaarheid en betrouwbaarheid van het koel- en droogproces.

4.8 Kosten

Bij verschillende componenten van de concepten zijn prijsindicaties weergegeven op basis van ingeschatte engineeringsuren, fabricage en implementatie kosten, hierbij zijn wel de eventuele civiele werkzaamheden buiten beschouwing gelaten.

Voor sommige componenten was dit echter niet mogelijk aangezien deze componenten op veel verschillende manieren ingevuld kunnen worden, met verschillende opties of uitvoeringsvarianten. Op basis van de mening en voorkeur van de klant zal voor deze componenten een richting moeten worden bepaald zodat het afgeven van een toereikende prijsindicatie mogelijk wordt.

5 Detaillering Lineair-Wissel-Systeem

Op basis van het pre-engineeringsonderzoek en de conceptkeuze in de voorgaande hoofdstukken, wordt er in afwachting op de reactie van Prysmian, in dit hoofdstuk door gegaan met de detaillering van enkele componenten uit het gekozen ontwerp (concept 3).

Naar aanleiding van het gegeven dat Prysmian in week 10 van 2014 al enkele onbekende droog- en of koelsystemen heeft aangeschaft (zie §2.4) is besloten om te starten met het detailleren van de verpakkingmodule. De behoefte aan een verpakkingssysteem zal waarschijnlijk, ondanks de reeds aangeschafte systemen, noodzakelijk blijven.

Voor de start met de detaillering van de overige componenten wordt gewacht tot een reactie van Prysmian op het pre-engineeringsonderzoek, hoofdstukken 1 tot en met 4. Om de afstudeeropdracht compleet te maken wordt het l.w.s. in dit hoofdstuk uitgewerkt.

5.1 Analyse massa's en vultijden

Allereerst worden de massa's en vultijden van de verpakkingen per l.w.s. variant in kaart gebracht. Met behulp van deze analyse kan in een later stadium het frame en de aandrijving worden gedimensioneerd.

5.1.1 Massa's van verpakkingen, vulframe en pallets

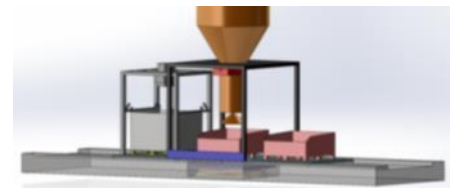
Bigbag maximaal vulgewicht	: 1250 [kg]
Gewicht pallet en vulframe t.b.v. bigbags	: ± 300 [kg]
Stalen bakken maximaal vulgewicht	: 1000 [kg]
Stalen bakken eigengewicht	: 100 [kg]

Zie § 3.6 voor specificaties van de bigbags en stalen bakken.

5.1.2 Totale massa variant 1

Zie figuur 31, L.w.s. frame bevat 3 posities met daarop 1 bigbag met bigbag-frame en 2 stalen bakken:

Massa op wisselsysteem	: $1250 + 300 + 2200 = 3750$ [kg]
Massa wisselsysteem	: 900 [kg]
Massa totaal	: 4650 [kg]

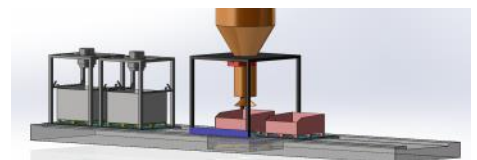


Figuur 31 L.w.s. variant 1

5.1.3 Totale massa variant 2

Zie figuur 32, Storage systeem, frame 1 bevat 2 bigbags, frame 2 bevat 2 stalen bakken. Maximale massa wordt bereikt bij het frame met de twee bigbags:

Massa op wisselsysteem	: $2500 + 600 = 3100$ [kg]
Massa wisselsysteem	: 900 [kg]
Massa totaal	: 4000 [kg]

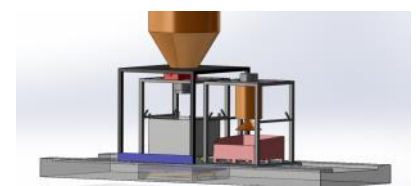


Figuur 32 L.w.s. variant 2

5.1.4 Totale massa variant 3

Zie figuur 33, L.w.s. frame bevat 2 posities met 2 bigbag-frames, binnen deze frames is zowel plaats voor bigbags als voor stalen bakken. Maximale massa wordt bereikt als er twee bigbags in staan:

Massa op wisselsysteem	: $2500 + 600 = 3100$ [kg]
Massa wisselsysteem	: 900 [kg]
Massa totaal	: 4000 [kg]



Figuur 33 L.w.s. variant 3

5.2 Vultijd berekening

Omdat het maximale productiedebiet van granulaat en de maximale vulgewichten van de verpakkingen bekend zijn kunnen de vultijden per verpakking berekend worden.

Maximaal debiet granulaat productielijn : 4000 [kg/hr.]

Vultijd:

Bigbags	: 1250 [kg]	$60 / (4000/1250) = 19$ [min.]
Stalen bakken	: 1000 [kg]	$60 / (4000/1000) = 15$ [min.]

In de separatiecycloon boven de verpakkingseen worden de granulaatdeeltjes aan de transporteerlucht onttrokken. Het granulaat valt dan door de platenkoeler naar beneden. In de platenkoeler tot ongeveer [1 m³] aan bufferruimte aanwezig, deze buffer zorgt ervoor dat de productie continu doorgang kan vinden, zelfs wanneer er een bepaalde tijd geen lege verpakking aanwezig is.

Van belang is dat een volle verpakking zo snel mogelijk gewisseld wordt. Op deze manier blijft de vultijd steeds ongeveer gelijk. Om zo min mogelijk aanspraak te maken op de buffer, en daardoor deze beschikbaar te houden voor noodsituaties, is het aan te bevelen een bigbag of krat eerst uit te nemen, vervolgens een nieuwe verpakking te plaatsen, en daarna pas de volle verpakking naar de opslag te brengen.

5.3 Selectie aandrijvingsvorm

Uit paragraaf 5.1 blijkt dat variant 1 de zwaarst belaste variant is. In deze paragraaf wordt een geschikte aandrijvingsvorm voor het l.w.s. geselecteerd. Eerst wordt de totaal benodigde arbeidsslag per variant bekeken. De arbeidsslag is de afstand die het l.w.s. moet verschuiven om van verpakking te wisselen. De tussenafstand tussen de hartlijnen van twee verpakkingen (h.o.h. maat) is 1,8 [m].

Benodigde arbeidsslag per variant:

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Slag variant 1 | 3 verpakkingen = $2 \times 1,8 = 3,6$ [m]; |
| 2. Slag variant 2 | 4 verpakkingen = $3 \times 1,8 = 5,4$ [m]; |
| 3. Slag variant 3 | 2 verpakkingen = 1,8 [m]. |

5.3.1 Aandrijvingsvormen

Wiel aandrijving m.b.v. ketting of reductor

Een mogelijke aandrijvingsvariant is het aandrijven van de wielen die zich onder het l.w.s. frame bevinden. Doordat deze wielen relatief klein zijn is er weinig ruimte voor een ketting aandrijving. Een reductorkast aan de bovenzijde van het l.w.s. is eveneens ongewenst.

Tandheugel aandrijving

Aandrijving door middel van het plaatsen van een tandheugel in de vloer is mogelijk maar erg gevoelig voor vuil. Door het opstellen van de tandheugel onder een hoek van bijvoorbeeld 90° (tanden verticaal) kan vervuiling worden voorkomen. Deze aandrijving is eenvoudig en de slaglengte is onbeperkt. Nauwkeurige positionering kan worden gerealiseerd door het toepassen van een servomotor. Ook is een hoge levensduur eenvoudig te bereiken zonder complexe onderhoudswerkzaamheden.

Lier of ketting aandrijving

Ook is een aandrijving met behulp van een lierkabel of ketting mogelijk. De liertrommel of het kettingwiel moet dan twee kanten op kunnen draaien. Positionering is te realiseren door het aantal omwentelingen van de liertrommel of het kettingwiel te meten. Door dat de diameter van een liertrommel steeds veranderd is het toepassen van een lier onnauwkeuriger dan een tandheugelaandrijving ook is een kabel of ketting spelingsgevoeliger dan een tandheugel.

Hydraulische of pneumatische cilinder aandrijving

Met behulp van een hydraulische cilinder kan het l.w.s. heen en weer geschoven worden. De slag zal in variant 2 wel hoog oplopen. Positionering is te realiseren door verschillende cilinders met juiste slaglengtes in serie te schakelen.

Aandrijving door een lineaire motor

Ook met behulp van een lineaire motor kan de l.w.s. heen en weer geschoven worden. De slag zal in variant 2 wel hoog oplopen waardoor de lineaire aandrijving opmaat gemaakt moet worden. Positionering is door middel van servomotoren goed te realiseren.

Spindel aandrijving

Goed toepasbaar, 4 meter is wel lang, gevaren zijn torsie en doorbuiging van de spindel.

5.3.2 Keuze aandrijvingsvorm

Om het systeem zo eenvoudig mogelijk te houden, en eventuele uitbreidingen mogelijk te maken wordt er gekozen voor het toepassen van een tandheugel met servomotor. Deze aandrijving heeft als voordeel dat er relatief weinig componenten nodig zijn om de aandrijving te kunnen realiseren. Bovendien is deze toepassing veel voorkomend en zijn deze componenten standaard leverbaar.

5.4 Ontwerpberekeningen

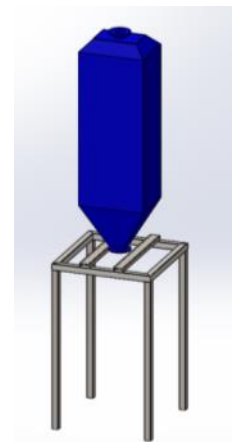
In deze paragraaf worden voor de volgende componenten van het l.w.s. ontwerpberekeningen uitgevoerd:

1. Ontwerpberekening van het hoofd-frame t.b.v. de plaatkoeler
2. Ontwerpberekening aandrijving l.w.s. (reductor en elektromotor) t.b.v. tandheugel aandrijving
3. Ontwerpberekening van rondsel en tandheugel
4. Ontwerpberekening van het l.w.s. frame, inclusief assen, losse inlegplaat en bigbag-frame

5.4.1 Ontwerpberekening hoofd-frame

Het hoofd-frame biedt ondersteuning aan de plaatkoeler en de doseersluis. In figuur 34 is het frame en de plaatkoeler weergegeven. In hoofdstuk 4.4, figuur 29 en bijlage I.9 is een verdere omschrijving van de componenten gegeven.

Het frame maakt aansluiting op zowel bigbag verpakkingen als stalen bakken mogelijk. De plaatkoeler wordt bevestigd aan twee bovenliggers welke zich bovenop het frame bevinden. Als profiel voor deze liggers wordt een U-profiel gekozen zodat het frame eenvoudig met behulp van een heftruck te plaatsen is. De steunpoten en dwarsbalken van het frame bestaan uit kokerprofielen.



Figuur 34 Frame plaatkoeler

Om de afmetingen van deze profielen te bepalen worden de volgende berekeningen uitgevoerd:

- Eerst wordt de belasting op het frame in kaart gebracht;
- Met behulp van een vrij lichaamsschema worden daarna de reactiekrachten en de dwarskrachten- en buigmomentenlijn bepaald;
- Vervolgens wordt het vereiste weerstandsmoment bepaald met behulp van de buigingsformule, en wordt er een geschikt profiel gekozen;
- Na selectie van een U-profiel en een geschikte koker wordt de doorbuiging van de profielen gecontroleerd;
- Tenslotte worden de krachten in de steunpoten worden nog gecontroleerd op knik met behulp van de kniklastformule van Euler.

Bijbehorende berekeningen en selecties zijn te vinden in bijlage VII.1.

5.4.2 Ontwerpberekening aandrijving l.w.s. (reductor en elektromotor)

Zoals in §5.3.2 omschreven wordt het l.w.s. aangedreven door middel van een tandheugel. Bij de uitwerking van de aandrijving is uitgegaan van het l.w.s. uit variant 1. Op deze constructie passen de meeste verpakkingen waardoor deze constructie onderhevig is aan de grootste belastingen.

In de ontwerpberekening worden allereerst de benodigde gegevens opgesomd. Daarna worden de krachten en koppels voor de bewegingen in kaart gebracht, en tenslotte wordt een geschikte reductor, elektromotor en aansturingssysteem voor de tandheugelaandrijving geselecteerd met behulp van de berekeningsnormen van SEW Eurodrive, marktleider op het gebied van aandrijftechnologie. Bijbehorende berekeningen en selecties zijn te vinden in bijlage VII.2.

5.4.3 Ontwerpberekening rondsel en tandheugel

Aansluitend op de berekening en selectie van de reductor en de aandrijfmotor worden de afmetingen van het rondsel en de tandheugel gedimensioneerd en worden de spanningen in de tandflank en tandvoet gecontroleerd.

In de ontwerpberekening worden eerst de afmetingen voor het eerst ontwerp gekozen, met deze afmetingen worden vervolgens de krachtsverhoudingen en belastingsinvloeden berekend. Met behulp van deze gegevens worden de optredende spanningen in de flanken en voeten van de tanden berekend. Op basis van deze gegevens wordt tenslotte een materiaal voor het rondsel en de tandheugel geselecteerd, dat deze spanningen kan verdragen.

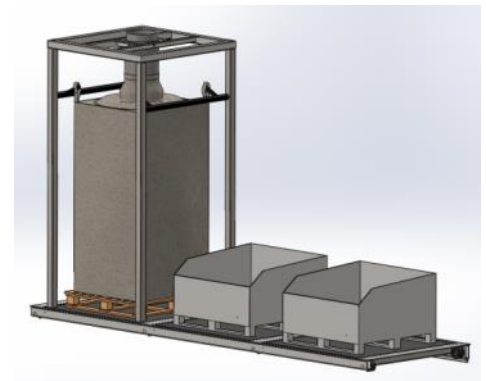
Bijbehorende berekeningen en selecties zijn te vinden in bijlage VII.3.

5.4.4 Ontwerpberekening l.w.s.

Het lineaire wielsysteem (l.w.s.) heeft drie posities waarop zowel bigbags als stalen bakken passen. Deze verpakkingen worden op een verrijdbaar onderstel geplaatst. Dit onderstel wordt voor het eerste ontwerp opgebouwd uit twee langsliggers (kokerprofielen) en meerdere dwarsbalken (L-profielen). Aan elke langsligger worden vier wielen bevestigd, zodat elke verpakking kan steunen op twee wielen. Zie figuur 35 en 36 voor de uitvoering van het frame. In bijlage I.10 is een verdere omschrijving van de componenten gegeven.

Om de afmetingen van deze profielen te bepalen worden de volgende berekeningen uitgevoerd:

- Eerst wordt de belasting op het onderstel in kaart gebracht;
- Met behulp van een vrij lichaamsschema worden daarna de reactiekrachten en de dwarskrachten- en buigmomentenlijn bepaald;
- Vervolgens wordt het vereiste weerstandsmoment bepaald met behulp van de buigingsformule, en wordt er een geschikt profiel gekozen;
- Na selectie van een L-profiel en een geschikte koker wordt de doorbuiging van de profielen gecontroleerd;
- Tenslotte worden de assen op afschuiving gecontroleerd en worden er geschikte wielen geselecteerd.



Figuur 35 L.w.s. frame met verpakkingen

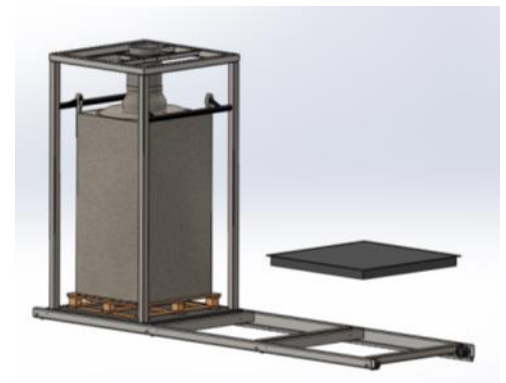
Bijbehorende berekeningen en selecties zijn te vinden in bijlage VII.4.

Na deze selecties en berekeningen liggen de afmetingen en de vormgeving van het onderstel vast en kunnen de componenten bovenop het onderstel doorgerekend worden. Dit betreft de losse inlegplaten en het bigbag-frame, zie figuur 36. Voor een uitgebreide omschrijving van deze componenten zie bijlage I.11.

Bigbag-frame

De bigbags worden aan de pennen van het frame gehangen, maar nadat een gedeelte van het granulaat erin gevallen is vangt de pallet het gewicht op. De bigbag hangt overwegend niet aan de frame maar het gewicht staat op de pallet. Volledige doorrekening van het frame is gezien de gekozen afmetingen overbodig.

Zie bijlage VII.4.3 voor de gekozen afmetingen.



Figuur 36 L.w.s. met losse inlegplaat en bigbag-frame

Losse inlegplaat

De losse inlegplaat die in het frame wordt geplaatst draagt het gehele gewicht van de verpakking die erop staat en draagt deze, aan vier randen, over aan het frame, zie figuur 36.

De optredende afschuifspanning aan de randen wordt eerst berekend. Daarna wordt gecontroleerd of de optredende spanning onder de waarde van maximaal toelaatbare spanning van het gekozen materiaal ligt.

Doorbuiging van de inlegplaat is ongewenst en daarom wordt vervolgens eerst het traagheidsmoment van de losse inlegplaat berekend. Via een formule wordt daarna een waarde voor de doorbuiging in het midden van de plaat verkregen.

Deze doorbuiging wordt vervolgens met behulp van een FEM simulatie verder ondersteund.

Bijbehorende berekeningen en selecties zijn te vinden in bijlage VII.4.4.

5.5 Specificaties standaard onderdelen

De volgende onderdelen zijn standaard en kunnen ingekocht worden. In tabel 8 tot 10 wordt een overzicht gegeven van het typenummer, de leverancier en eventueel een opmerking bij het standaard onderdeel.

Tabel 8 Bevestigingsdelen

Benaming	Typenummer	Leverancier	Opmerking	Voorbeeld
Lagerhuis	SKF-FYTB25-WF	SKF Group	Binnen diameter Ø25mm	
Vlakke inlegspie	DIN 6885-A8x7x28	Mädler	As diameter Ø25mm	
Flexibele buis	32AL03051000	FlexibeleSlangen.nl	Volgens FDA norm	
Buisklem	90ZX0300	FlexibeleSlangen.nl	Snelsluitklem	

Tabel 9 Elektronische componenten

Benaming	Typenummer	Leverancier	Opmerking	Voorbeeld
Servomotor	CFM 71M	SEW Eurodrive		
Reductor	PSKC 322 i=15	SEW Eurodrive	Uitgaande as Ø22mm	
Aandrijf-elektronica	MDX60/61B 005-5A3-4-0	SEW Eurodrive		
Heftafel	ELS 2-8-2	Liftforce	Elektromotor en oliereservoir ingebouwd	
Loadcell	VISHAY PSD 2,5 ton	Farnell	Ø105mm x 35mm hoogte	
Inductiesensor	Balluff BES M18EG1- PSC10Z-S04G- S11	Farnell	M18 x 63,5 mm lang	
Aanrijbeveiliging	RRW-107	Inrato International	Personen en obstakels worden door scanner waargenomen	

Tabel 10 Aandrijvingscomponenten

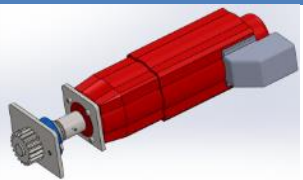
Benaming	Typenummer	Leverancier	Opmerking	Voorbeeld
Tandheugel	Moduul 3, $\alpha = 20^\circ$ Materiaal 16MnCr5 QT	Mädler	Lengte x breedte 2000 x 30mm (2x) 1000 x 30mm (1x)	
Rondsel	Moduul 3, $\alpha = 20^\circ$ Materiaal 16MnCr5 QT	Mädler	Breedte 30mm 17 tanden	
Dubbelflens-wielen	DF698-M20	Richmond	Binnendiameter Ø20mm Draagvermogen 1300kg Flensdiameter Ø150mm Loopvlak Ø125mm	

5.6 Specificaties specifieke onderdelen

Onder specifieke onderdelen worden de componenten verstaan welke speciaal gefabriceerd moeten worden voor het l.w.s. deze zijn hieronder per subcategorie aangegeven (zie tabel 11 tot 16).

In bijlage VIII zijn de gemaakte 2D werktekeningen opgenomen.

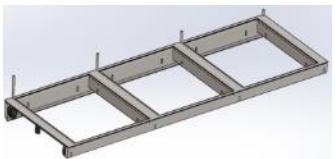
Tabel 11 aandrijving

Benaming	Tekening nummer	Voorbeeld
Las- en samenstellingstekening	318-13P12-00	
Bevestigingsplaat motor	318-13P12-02	
Bevestigingsplaat lager	318-13P12-06	
Verloop as Ø22 & Ø25	318-13P12-09	
H-Profiel HEA 100 A	318-13P12-11	

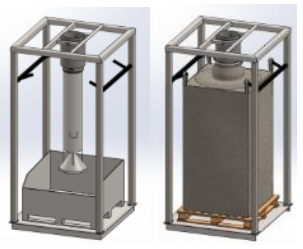
Tabel 12 Bordes

Benaming	Tekening nummer	Voorbeeld
Las- en samenstellingstekening compleet bordes	3D modellen aanwezig 2D nog te genereren	
Las- en samenstellingstekening bordes frame		
Las- en samenstellingstekening bordes ondersteuning		
Schetsplaat ondersteuning boven		
Schetsplaat ondersteuning onder		
Las- en samenstellingstekening bordes leuning en schoprand		
Schetsplaat leuning		
Las- en samenstellingstekening bordes trapbomen		
Schetsplaat trap		
Las- en samenstellingstekening bordes trapleuning		
Schetsplaat trapleuning		

Tabel 13 Onderstel L.W.S.

Benaming	Tekening nummer	Voorbeeld
Las- en samenstellingstekening frame	3D modellen aanwezig 2D nog te genereren	
Bovenplaat		
Glijplaat		
Stelring		
Wiel as		

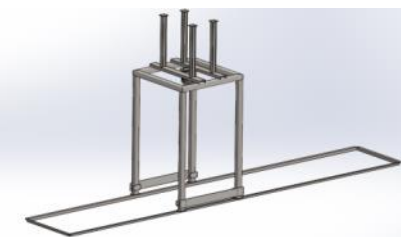
Tabel 14 Verpakkingsonderdelen

Benaming	Tekening nummer	Voorbeeld
Las- en samenstellingstekening Bigbag-frame	3D modellen aanwezig 2D nog te genereren	
Schetsplaat bigbag vulframe		
Beluchttingsbuis		
Vul-buis		
Afstand-bus		
Vul-buis bakken		
Chinese hat		
Rubberafdichting vul-buis		
Klem bigbag		
Las- en samenstellingstekening inlegplaat		

Tabel 15 Rails

Benaming	Tekening nummer	Voorbeeld
Las- en samenstellingstekening	3D modellen aanwezig 2D nog te genereren	
Kraanprofiel		
Schetsplaat		

Tabel 16 Samenstellingsonderdelen

Benaming	Tekening nummer	Voorbeeld
Las- en samenstellingstekening frame	3D modellen aanwezig 2D nog te genereren	
Antipakplaat		
Schetsplaten platenkoeler en kokers (2 stuks)		
Buisflens		
Uittredeflens		
Klem flex-pijp		
Schuifplaat flex-pijp		

5.7 Besturingsprogramma

In deze paragraaf is een opzet gedaan voor het besturingsprogramma voor het verpakkingswisselsysteem. In tabel 17 zijn de in- en outputs met hun benaming, functie en posities weergegeven.

Tabel 17 Componenten van het besturingssysteem

Benaming	Functie	Positie
INPUT schakelaars		
Keuze schakelaars	Keuzeknoppen op l.w.s. bedieningsinterface	Bedieningsinterface
Start schakelaar	Starten van het systeem	Bedieningsinterface
Noodschakelaar	Stoppen van alle activiteiten	Bedieningsinterface en vulframe
Reset schakelaar	Resetten van het systeem	Bedieningsinterface
Massaschakelaar	Verbreken van verbinding elektrisch circuit	Bedieningsinterface
Service schakelaar	Handbediening servomotor en hefmotor	Bedieningsinterface
Override schakelaar	Initieert maximaal vulgewicht zodat het vullen stopt en het systeem wisselt	Bedieningsinterface
INPUT sensoren		
Loadcell	Weegt gehesen verpakking digitaal	Gemonteerd op heftafel
Niveau sensor 1	Aanduiding van omhoog gehesen verpakking	Gemonteerd op heftafel
Niveau sensor 2	Aanduiding van volledig gezakte heftafel	Gemonteerd op heftafel
Inductie sensor 1	Positieaanduiding van begin tandheugel en verpakkingspositie 1	Gemonteerd op l.w.s.
Inductie sensor 2	Positieaanduiding verpakkingspositie 2	Gemonteerd op l.w.s.
Inductie sensor 3	Positieaanduiding verpakkingspositie 3	Gemonteerd op l.w.s.
Inductie sensor 4	Positieaanduiding van einde tandheugel	Gemonteerd op l.w.s.
Aanrijbeveiligingssensor	Extra veiligheid voor objecten op rails	Gemonteerd op l.w.s.
OUTPUTS		
Servomotor	Aandrijven van lineaire beweging l.w.s.	Gemonteerd op l.w.s.
Doseersluis	Openen of afsluiten granulaat toevoer	Gemonteerd onder cycloon
Hefmotor	Aandrijven van verticale beweging heftafel	Gemonteerd op heftafel
Zwaailamp	Waarschuwen operator	Bedieningsinterface
Laag-geluidssignaal	Aangeven van verpakkingswissel	Bedieningsinterface
Hoog-geluidssignaal	Waarschuwen operator	Bedieningsinterface

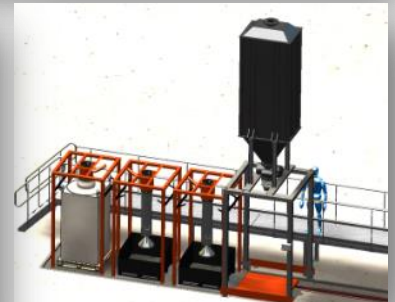
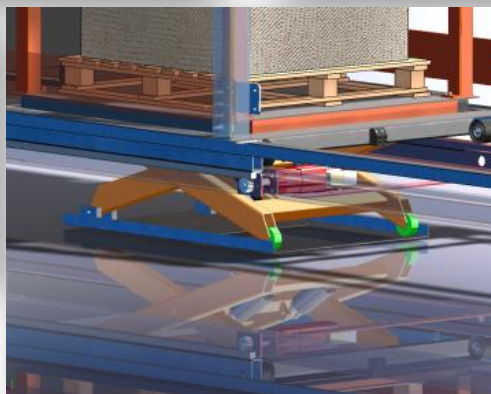
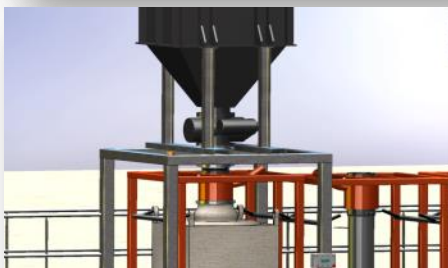
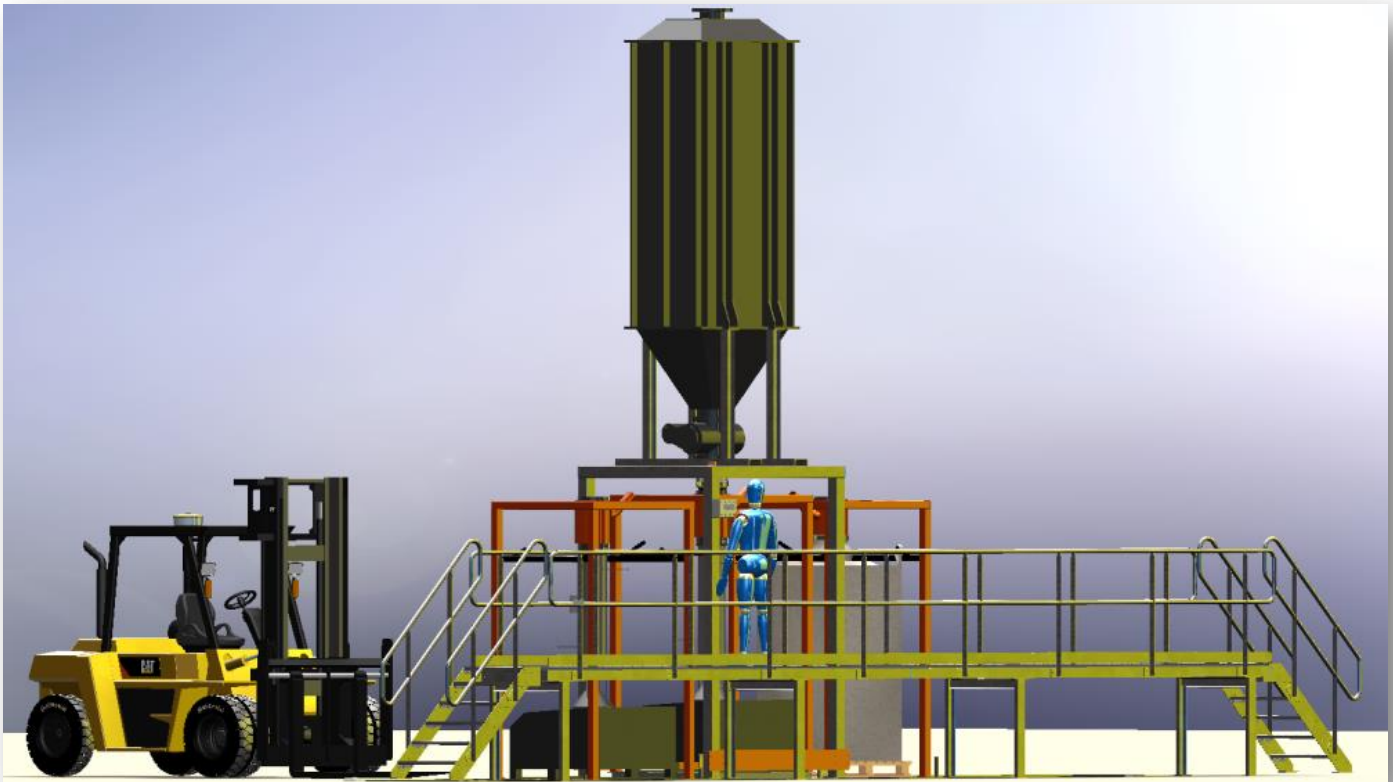
In tabel 18 is zijn de meest voordehand liggende situatie de besturingsvolgorde weergegeven. Per stap is weergegeven welke handelingen aan welke input en outputs gekoppeld zijn. Ook zijn enkele afwijkende situaties met bijbehorende mogelijkheden weergegeven.

Tabel 18 Besturingsvolgorde

Stap nr.	Handeling	INPUT / OUTPUT
Initialisatie verpakkingen en posities		
1	Operator start systeem	Start schakelaar
2	Kiest vervolgens bigbag - , stalenbak of mixverpakkingsvulling en welke posities gebruikt mogen worden	Keuze schakelaars
3		
	<i>Bij bigbag-vulling wordt aangenomen dat alle posities bigbags bevatten</i>	
	<i>Bij stalenbak-vulling wordt aangenomen dat alle posities bakken bevatten</i>	
	<i>Bij mixvulling moet de operator per positie de verpakking ingeven</i>	
4	Als vorige proces goed is afgesloten heeft systeem een inductiesignaal	Inductiesensor 1-4
5	Zo niet dan draait servomotor linksom tot eerstvolgend inductie signaal Na vinden van een inductiesensor gaat l.w.s. naar juiste positie	Servomotor en inductiesensor 1-4
Vul- en weegproces		
6	Verpakking optillen tot niveausensor 1 signaal geeft	Hefmotor heffen en niveausensor 1
7	Verpakking wegen en leeggewicht beoordelen	Loadcell
8	Leeggewicht vergelijken met standaard leeggewicht van het type verpakking	Besturingssysteem
9	Gewicht op nul zetten (Tare gewicht)	Besturingssysteem
10	Granulaat toevoer open	Doseersluis
11	Als gewicht verpakking gelijk is aan Max. gewicht of initiatie Max. gewicht, dan doseersluis dicht	Loadcell, bedieningsinterface en Doseersluis
12	Gewicht opslaan en printen	Besturingssysteem
13	Verpakking laten zakken tot niveausensor 2 signaal geeft	Hefmotor zakken en niveausensor 2
14	Positioneren naar volgende verpakking met laag geluidsignaal	Bedieningsinterface, servomotor en inductiesensor 1-4
Eventuele afwijkende situaties		
STAP 6	Als hoogteniveau sensor na 5 seconden geen signaal geeft dan zwaailamp aan, opnieuw zakken en opnieuw heffen	
STAP 8	Als er een verschil in gewicht is tussen in geprogrammeerde verpakking en aanwezige verpakking dan is er geen verpakking, een verkeerde of een gedeeltelijk gevulde verpakking ingezet. Operator wordt met zwaailamp en geluidssignaal gewaarschuwd. De operator beslist doorgang of reset van werkzaamheden met start of resetknop.	Zwaailamp, hoog-geluidssignaal, reset of startknop
STAP 14	Als aanrijdbeveiligingssensor een signaal geeft bewegingen direct omkeren voor 0,5 seconden, en zwaailamp en hoog-geluidssignaal afgeven	Zwaailamp, hoog-geluidssignaal, servomotor
Service	Met de handbediening is het l.w.s. naar het einde van de tandheugel te rijden. Met de handbediening van de heftafel is deze naar de bovenste stand te heffen zodat schoonmaak en of service eenvoudig mogelijk is.	Handbediening servomotor en heftafel

5.8 3D Model en 2D tekeningenuitwerking

In dit hoofdstuk zijn enkele afbeeldingen van het gecreëerde 3D model opgenomen. Dit model is gemaakt met behulp van SOLIDWORKS 2013 en de bijbehorende "tool box" voor kleine onderdelen zoals bevestigingsdelen en standaard profielen. Op basis van dit model zijn enkele 2D werktekeningen gemaakt, zie bijlage VIII.



6 Conclusies en aanbevelingen

De opdracht van dit project was om via een pre-engineeringsonderzoek verschillende concepten op te stellen voor systemen die het afwateren, drogen, koelen en verpakken van rubber-compound granulaat op een effectieve manier mogelijk maken.

Op verzoek van de opdrachtgever is er onderzoek gedaan in twee richtingen en zijn de mogelijkheden succesvol getransformeerd naar een tweetal concepten met verschillende varianten inzake de verpakkingsmethode.

Het derde concept voldoet volgens het Pakket Van Eisen het beste voor de probleemstelling van de klant. Dit concept is opgebouwd uit de volgende componenten:

- Een afwateringstrommel waar er door de vele bewegingen van het granulaat, met behulp van zwaartekracht, een effectieve afwatering gerealiseerd wordt;
- Een druktransportsysteem wat het granulaat vervoert naar de andere zijde van de productiehal;
- Een plaatkoeler waarin op een effectieve manier warmte wordt uitgewisseld tussen het granulaat en een koelmedium dat door warmtegeleidende koelplaten stroomt;
- En een geautomatiseerd Lineair Wissel Systeem waardoor het granulaat in de geselecteerde verpakkingsvorm terecht komt.

In de detailleringsfase van het verpakkingssysteem is een tandheugel als aandrijvingsvorm gekozen. Op deze manier is een betrouwbare en onderhoudsvrije aandrijving voor het verrijdbare onderstel gedimensioneerd. In combinatie met de selectie van motor, reductor en de aandrijfelektronica is de aandrijving compleet gemaakt.

Voor de onderstellen en verschillende frames van het verpakkingssysteem, zijn sterkte- en stijfheidsberekeningen uitgevoerd. Op basis van deze berekeningen voldoen de ontworpen constructies bij de opgelegde belastingen.

In een 3D model zijn alle onderdelen samengevoegd en zijn 2D werktekeningen gegenereerd waardoor een groot deel van het verpakkingssysteem klaar is voor productie. Ook is een stuk besturingsprogramma uitgewerkt wat een eenduidig inzicht geeft in de mogelijkheden van het systeem en tegelijk de basis vormt voor het besturingssysteem.

Op deze manier is een geschikte oplossing gevonden voor het effectief afwateren, drogen, koelen en verpakken van rubber-compound granulaat, en is het verpakkingssysteem al voor een groot deel naar een volledig ontwerp omgezet.

Aanbevelingen

Gezien het formaat van het onderzoek zijn er een aantal aanbevelingen voor het eventuele vervolg op dit ontwerptraject. Wel is uit verschillende oogpunten aangetoond dat de componenten uit het gekozen concept uitvoerbaar zijn.

Bij eventuele doorontwikkeling is het aan te bevelen om aandacht te blijven besteden aan het voorkomen van kansen op versmering, en per component voldoende capaciteit en regelbaarheid in te bouwen zodat bij een andere samenstelling van het granulaat toch een effectieve werking gewaarborgd blijft. Dit kan bijvoorbeeld door de mate van ventilatielucht en doorloopsnelheid van een bepaalde module regelbaar uit te voeren.

Het is aan te bevelen om tijdens het uitwerken van de plaatkoeler rekening te houden met brugvorming van het granulaat tussen de koelplaten. Met behulp van enkele testen zal de juiste afstand tussen de platen bepaald moeten worden.

Bij het detailleren van de spijlenbaan moet rekening worden gehouden met het assemblage proces. De veelheid van losse buizen in de spijlenbaan vereist extra aandacht zodat deze op een effectieve manier op de ketting kunnen worden bevestigd.

7 Bronnenlijst

Informatie betreffende standaard en speciaal componenten

Algemene Transportsystemen

MTF Kurval transportbanden	http://www.kurval.nl/mtf.html
Esfo transportbanden	http://www.esfo.nl/
MB transportbanden	http://www.mbconveyors.com/eng_mlb_intro.asp
Bulkonline bulk verzamel site	http://www.bulkonline.nl/
Matec bulkgoederen transport	http://www.matec.nl/

Speciale transportbanden

Wellwaj banden op maat	http://wellwaj.com/pages/nl/content.php?page=14
Hepparts zeefbanden	http://www.hepparts.nl/index.php
Broekema spijlenbanden	http://www.broekema.nl/NL/spijlenbanden.php
Vecoplan smartscreening	http://www.vecoplan.de/nl_030301starscreeningmachine60.htm#bc
Internorm zeeftechniek	http://www.pur-walzen.de/sitesnl/0601311019310.html

Flight-bars

Thiele kettingtransporteurs	http://www.thiele.de/index.php?site=kratzer
-----------------------------	---

Ventilatoren/afzuigers

Ventinet ventilatoren	http://www.ventinet.nl/
Airfan professionele luchttechniek	http://www.airfan.nu/home
Plymovent afzuigsystemen	http://www.plymovent.nl/nl/producten/afzuigkappen.aspx

Geperforeerde plaat producten

Kabel metaal	http://www.kabelzaandam.nl/
RMIg geperforeerde producten	http://rmig.com/nl/

Druktransportsystemen

Flexicon bulkhandling	http://www.flexicon.com/
Sjerp jongeneel compressoren	http://www.sjerp.nl/
VDL Industrial products	http://www.vdlandustrialproducts.com
Le Blansch wisselkleppen	http://www.leblansch.com/

Weegsystemen

Stimag weegsystemen	http://www.weegtechniek.nl/pages/product_LE_pop.php
Ravas mobiel wegen	http://www.ravas.com/nl/nl/
Mettler toledo vloerweegschalen	http://nl.mt.com/nl/nl/home.html

Koelsystemen

Dimple-t plate-coolers	http://www.dimple-t.com/
Hoopman wervelbeddrogers	http://www.hoopman-equipment.nl

Verpakkingen

Indapp verpakkingen	http://indapp.nl/producten/stapelbakken/mb/
Bigbag verpakkingen	http://www.bigbags.com/big-bag-wijzer/

Elektronische componenten

Fanell inductie en loadcellen	http://nl.farnell.com
Indumex B.V. elektromotoren	http://www.indumex.nl/winkel/elektromotoren
SEW eurodrive elektromotoren	http://www.sew-eurodrive.com/produkt/index.php
Optris infrarode sensortechniek	http://www.optris.com/optris-ct-lt
Lineaire aandrijvingen	http://www.parker-origa.com/OSP-E-BHD.905.0.html?&L=1

Metaal leveranciers

MCB Nederland	http://www.mcb.nl/
---------------	---

Overige componenten

Richmond Wheel makers	http://www.richmondau.com
Inrato voertuigveiligheid	http://www.voertuigveiligheid.nl/
Tandheugels, rondsels spieën	http://www.maedler.nl/
Lagerblokken skf	http://www.wentellagers.nl

Informatieve rapporten

Druktransport berekening

"A design program for dilute phase pneumatic conveyors" door K.H.K. Wodrich and T.W. von Backström (Final version May 1995)
<http://www.saimeche.org.za>

Druktransport berekening

"PNEUMATIC CONVEYING SYSTEMS" door A. Bhatia
www.cedengineering.com/upload/Pneumatic%20Conveying%20Systems.pdf

Korte inventarisatie naar het perspectief van het drogen van digestaat bij biogasinstallaties

Wageningen UR Livestock Research
ISSN 1570-8616, Rapport 289, December 2009
M.Timmerman en W.Rukens (emeritus hoogleraar WUR Milieutechnologie)

Literatuur:

- Beer, J.C.F. (1998). *Methodisch ontwerpen*. Den Haag : Sdu Uitgevers bv.
- Mills, D. (2003). *Pneumatic Conveying Design Guide*. Butterworth-Heinemann.
- Klinzing, G.F. & Marcus, R.D. & Rizk, F. & Leung, L.S. (1997). *Pneumatic Conveying of Solids: A Theoretical and Practical Approach*. Springer.
- Fortuin, J.B. (2006). *Polytechnisch zakboek*. Doetichem: Reed Business Information.
- Hibbeler, R.C. (2006). *Sterkteleer*. Amsterdam: Pearson Education Benelux.
- Taal, A.C. (2005). *Toegepaste energieleer*. Den Haag : Sdu Uitgevers.
- Gemeren, van J. & Verkaik, W. (2010). *Technische informatie voor werktuigbouwkundigen*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers bv
- Breedveld, A. (2008). *Producttekenen en – documenteren van 3D naar 2D*. Den Haag : Sdu Uitgevers bv.
- Muhns, D. & Wittel, H. & Becker, M. & Jannasch, D. (2003). *Roloff/Matek machine onderdelen (theorie en tabellenboek)* Den Haag: Academic Service

8 Verdere vervolg van de opdracht

Ten einde van de afstudeerperiode is tijdens het derde en laatste bezoek met de klant het pre-engineeringsonderzoek doorgesproken. Het rapport werd goed ontvangen en gaf op veel punten een verbreed inzicht en bevestiging op de denkrichting van Prysmian. Ook werd tijdens het gesprek duidelijk welke componenten aangekocht waren (zie §2.4). In de tweede helft van dit gesprek is overlegd op welke manieren aangekochte componenten (fluid-bed, druktransportsysteem, classifieer en filter) geïmplementeerd konden worden in de opgestelde concepten uit de pre-engineering.

Tenslotte is het concept ontstaan waarbij de componenten boven elkaar geplaatst worden in een grote torenconstructie, waarbij het granulaat na de extruder, via de spijlenbaan door het druktransportsysteem, helemaal bovenin de toren het fluid-bed ingeblazen wordt. Met behulp van de toegevoerde lucht wordt het granulaat gekoeld en het overblijfsel van vocht weggeblazen. Deze lucht wordt in een groot filter geblazen waar alle partikels worden afgescheiden op basis van deeltjesgrootte. Na het fluid-bed valt het granulaat een verdieping naar beneden en komt het in de classificeermachine terecht. Hier wordt het granulaat gescheiden van kleine deeltjes (talk en schilfers). Na het classificeren valt het granulaat via een buis in de juiste verpakking. De verpakkingen worden gewisseld door het ontworpen lineaire-wissel-systeem (l.w.s.).

Voordat begonnen wordt aan de detaillering en uitvoering van dit concept wordt een prijsopgave aan Prysmian gedaan door KEN special products waarin de kosten voor de engineering, het materiaal en de fabricage per component zal worden opgegeven. Eventuele civiel werkzaamheden zullen buiten beschouwing gelaten worden.