

VERBETEREN VAN DE DROOGRUIMTE BIJ KONINKLIJKE
VERPAKKINGSINDUSTRIE STEMPTHER B.V.
TECHNISCHE BEDRIJFSKUNDE BACHELOR THESIS



Borger, E.J.R. (Ellen, Student B-TBK)

Auteur

Ellen Borger
S1532049
e.j.r.borger@student.utwente.nl

Opleiding

Bachelor Technische Bedrijfskunde
Faculteit behavioural management, and social sciences

Universiteit Twente

Drienerlolaan 5
7522NB, Enschede
Nederland
+31 534 899 111

Koninklijke verpakingsindustrie Stempher B.V.

Morsweg 22
7460 AE, Rijssen
Nederland
+31 548 530 530

Begeleiding Universiteit Twente

Dr. P.C. Schuur
Dep. Industrial Engineering and Business Information Systems

Begeleider koninklijke verpakingsindustrie Stempher B.V.

J.H. Immink-Paalman
Planner papier

Foto voorkant

Een pallet AB zakken staand in de droogruimte in zone 1

Voorwoord

Voor u ligt mijn bachelor thesis: 'Verbeteren van de droogruimte bij koninklijke verpakkingindustrie Stempther B.V.'. Deze thesis is geschreven ter afronding van mijn bachelor Technische bedrijfskunde aan de universiteit Twente. Deze thesis is tot stand gekomen met de hulp van de universiteit Twente en koninklijke verpakkingindustrie Stempther B.V.. Ik vond het leerzaam om elementen uit mijn studie toe te passen binnen een bedrijf.

Ik wil in het bijzonder Annemieke Immink-Paalman en Peter Schuur bedanken voor hun begeleiding, hulp en enthousiasme tijdens het maken van deze bachelor thesis. Daarnaast wil ik Alexandra, Jan en Tom bedanken voor hun gezelligheid tijdens mijn periode bij Stempther. De open en behulpzame houding van alle werknemers van Stempther, heeft mij veel geholpen in het succesvol afronden van mijn bachelor Technische bedrijfskunde, bedankt hiervoor.

Ik wens u veel plezier tijdens het lezen van deze thesis!

Ellen Borger, Juli 2018

Managementsamenvatting

Koninklijke verpakingsindustrie Stempher, hierna Stempher genoemd, is een onafhankelijke Europese producent van verpakkingen. De aanleiding voor deze thesis is een klacht van een klant omtrent schimmelvorming in papieren zakken. Deze schimmel kan meerdere oorzaken hebben, maar de onderzochte oorzaak in deze bachelor thesis is, een te hoge vochtigheid van de zakken. Er is onderzocht hoe de droogruimte verbeterd kan worden zodat papieren verpakkingen kunnen drogen, totdat ze droog genoeg zijn om ingebaald worden. De centrale onderzoeksvraag, die is opgesteld aan de hand van de aanleiding luidt:

Wat is een geschikte manier om de droogruimte bij Stempher in te richten?

Door middel van het IST-SOLL model is deze centrale onderzoeksvraag beantwoord. Hierbij zijn eerst de beginsituaties en bottlenecks vastgesteld. De verschillende methodieken gebruikt om deze vast te stellen zijn expertinterviews en eigen observaties. Vervolgens is gekeken naar mogelijke oplossingen middels literatuuronderzoek, expertinterviews en zelf uitgevoerde metingen.

De IST situatie is de beginsituatie bij Stempher van de drie onderzochte gebieden zijnde de droogmethode, de meetmethode en de droogruimte:

- De droogmethode die gehanteerd wordt, is drogen zonder machinale ondersteuning of klimaatbeheersing.
- De meetmethode is het meten van de relatieve luchtvochtigheid van de laatste geproduceerde pallet van de batch. Zodra de relatieve luchtvochtigheid lager dan 80% is, wordt de batch ingebaald.
- De droogruimte is een magazijnontwerp van enkellaags block stacking met een opslagcapaciteit van 306 pallets.

De bottlenecks behorende bij deze beginsituaties zijn in kaart gebracht en zijn:

- Bij de meetmethode en droogmethode ontbreekt kennis omtrent deze methoden. Hierdoor worden beslissingen gemaakt die niet onderbouwd kunnen worden, wat de kans op een foute beslissing vergroot.
- Bij de droogruimte is dit de ondercapaciteit. Door deze ondercapaciteit worden pallets ook op andere plekken opgeslagen. Dit zorgt voor verspilling van transport en beweging en het wijkt af van het standaardproces.

In deze bachelor thesis is onderzocht hoe deze bottlenecks geminimaliseerd en geëlimineerd kunnen worden.

De mogelijke oplossingen voor de probleemgebieden worden de SOLL-situaties genoemd en deze zijn opgesteld aan de hand van theoretisch en praktijkonderzoek.

Allereerst is gekeken naar de huidige meetmethode. Door het ontbreken van kennis omtrent de meetmethode, maakt Stempher beslissingen aan de hand van een aantal aannames. Bij de meetmethode is onderzocht of de 80% relatieve vochtigheid als grenswaarde een juiste aanname is en of de meetmethode goed is.

Het gekozen meetinstrument, de Rotronic GTS-hygrometer is een correct gekozen meetinstrument. Echter de gehanteerde meetmethode is niet betrouwbaar en valide omdat alleen de relatieve luchtvochtigheid wordt gemeten en niet de temperatuur en druk. In de randvoorwaarden die de meting van de relatieve luchtvochtigheid beïnvloeden, wordt in zijn algemeenheid gesteld dat de variabelen temperatuur en druk belangrijk zijn en gemeten moeten worden.

Verder is in de toekomst een calculator nodig om de metingen te operationaliseren. De twee onderzochte calculators zijn Lenntech en Rotronic.

Daarna is gekeken naar het huidige droogpatroon. Hieruit bleek dat dit met veel schommelingen verloopt en na vijf en een halve week nog niet onder de 50 % relatieve luchtvochtigheid zit. Het is wenselijk dit proces te standaardiseren en te versnellen, aangezien het droogproces een bottleneck in de productie is.

Vervolgens is onderzocht of het droogproces versneld kan worden, waarbij gefocust is op drogen door middel van ventilatiesystemen en machinaal drogen. Er zijn drie soorten ventilatie onderzocht: natuurlijke, mechanische (onderverdeeld in mechanische afzuiging en mechanische toe- en afvoer) en hybride:

- Natuurlijke ventilatie heeft lage aanschaf- en onderhoudskosten maar is moeilijk te reguleren.
- Mechanische afzuiging heeft lage onderhoudskosten maar evenwichtige spreiding van de lucht is moeilijk. Mechanische toe- en afvoer heeft een constante toe- en afvoer van lucht, maar vergt veel onderhoud doordat buitenlucht gefilterd moet worden. Dit filteren moet gebeuren zodat er geen straatvuil in zone 1 kan komen.
- Hybride ventilatie is energiezuiniger dan mechanische toe-en afvoer, doordat ventilatoren alleen in werking treden bij een minimale snelheid, maar vergt net als mechanische toe-en afvoer veel onderhoud, doordat het filter

Bij machinale drogers is onderzocht of de meest voorkomende droogmachines toepasbaar zijn binnen Stempher. Hierbij zijn 7 drogers onderzocht: through-air dryer, gasgestookt infrarooddrogen, magnetron ondersteund geïndustrialiseerd bed drogen, sproeidrogen, lopende band drogen, industrieel droogkast drogen en condensatiedrogen. De eerste zes methoden verhitten het product, de laatste methode droogt de omringende lucht. De eerste zes methoden kunnen niet direct geïmplementeerd worden zonder verder onderzoek, omdat geen onderzoek gepubliceerd is naar de gedragingen van papieren verpakkingen met eventuele plastic binnenkant, wanneer deze verhit worden. De laatste methode is al tijdelijk geïntroduceerd binnen Stempher, dus deze methode kan wel direct geïmplementeerd worden.

De capaciteit van de huidige droogruimte kan op twee manier vergroot worden. Allereerst door de huidige ruimte te optimaliseren. Bij het optimaliseren van de huidige droogruimte is rekening gehouden met de volgende restricties; de niet uniforme palletmaat, de niet uniforme paltheogte, het ontbreken van de mogelijkheid om pallets te stapelen en de gegeven afmetingen van de droogruimte. De droogruimte gedeeltelijk te vullen met inschuifstellingen met rollerbodem, is een oplossing waarbij de restricties meegenomen worden en de capaciteit toeneemt. Een andere mogelijkheid is het verplaatsen van de inbaalstraat. Hierdoor neemt de capaciteit toe, maar zal geïnvesteerd moeten worden in het herinrichten van het gereed product magazijn zodat deze van een zone 2, low-care zone, naar een zone 1, high-care zone, zonering gaat. Deze twee zoneringen hebben te maken met de HACCP-eisen geldend binnen Stempher, waarbij zone 1, high-care zone, de strengste eisen omtrent voedselveiligheid heeft.

Voor een betrouwbare meetmethode is het raadzaam de relatieve vochtigheid en de temperatuur te meten om deze vervolgens in de calculator van Lenntech in te voeren. De output is de absolute vochtigheid in gram water per kilogram lucht. Dit is een operationele variabele aan de hand waarvan correcte beslissingen gemaakt kunnen worden. Een juiste grenswaarde behorende bij deze variabele

is nog niet bepaald. Een expert op het gebied van luchtvochtigheid zal deze waarde het beste kunnen bepalen.

Om het droogproces te versnellen is het van belang dat het klimaat in zone 1 beheersbaar wordt. Dit kan het beste door middel van of mechanische toe- en afvoer of hybride ventilatie in combinatie met permanent condensatiedrogen.

Mochten al deze aanbevelingen doorgevoerd worden zal de droogruimte geschikter zijn voor haar functies als magazijn en deelproces.

Onderstaand stappenplan met verantwoordelijken en tijdsplanning, geeft aan welke acties ondernomen moeten worden, zodat de aanbevelingen correct geïmplementeerd kunnen worden.

Tijd	Actie(s)	Actor
Voor week 40 van 2018	• Een expert omtrent vochtigheidsmetingen van papier inschakelen, om een juiste grenswaarde te bepalen. • De meetmethode aanpassen aan de opgestelde randvoorwaarden.	QHSE-manager
Voor week 1 van 2019	Het aanschaffen en installeren van een ventilatiesysteem en condensatiedrogers.	Productiemanager
Voor week 27 van 2019	Het aanschaffen van inschuifstellingen om de capaciteit van de droogruimte te vergroten.	Productiemanager

Begrippenlijst

5x waarom methode:	Deze methode wordt gebruikt om de daadwerkelijke oorzaak van een probleem te achterhalen. Vaak is vijf keer doorvragen voldoende om de daadwerkelijke oorzaak van het probleem te achterhalen. Deze methode zorgt voor doeltreffende oplossingen.
Block stacking:	Een opslagmethode waarbij geen opslagapparatuur nodig is. Pallets worden op de grond geplaatst en gestapeld tot een maximale stabiele hoogte. Bij deze methode geldt LIFO.
Bottleneck:	Een knelpunt in het proces, die bepalend is voor de gehele procescapaciteit.
HACCP:	Hazard Analysis and Critical Control Points. Een risico-inventarisatie omtrent voedselveiligheid. Een HACCP-risico-inventarisatie met bijbehorend plan is verplicht in elk bedrijf dat een onderdeel is in de voedselverwerkingsketen.
Inbalen:	Het in folie wikkelen van pallets. Dit gebeurt in de inbaalstraat.
KPI:	Kritieke prestatie-indicator helpen het management van een bedrijf om hun prestaties te monitoren.
LIFO:	Last in first out is een manier van voorraadbeheer, waarbij het item dat het laatste binnengekomen is, het eerste weg zal gaan.
MCA:	Multicriteria-analyse, is een wetenschappelijke meetmethode om tussen diverse discrete alternatieven een rationele keuze te maken op basis van meer dan één onderscheidingscriterium.
Order picking:	Bestellingen in een magazijn verzamelen en gereedmaken.
Relatieve vochtigheid:	De verhouding tussen de aanwezige waterdamp in de lucht en de maximale waterdamp. De maximale waterdamp is afhankelijk van de temperatuur en de druk.
Spaghetti diagram:	Een visueel hulpmiddel waarbij de getekende lijnen, beweging van mensen, data of spullen uitdrukken.
Stakeholder:	Belanghebbende partij.

Inhoud

Voorwoord	iii
Managementsamenvatting	iv
Begrippenlijst.....	vii
1. Introductie en probleemidentificatie	2
1.1 Productspecificaties	2
1.2 Procesbeschrijving.....	2
1.2.1 Drukken	3
1.2.2 Hulzen maken.....	3
1.2.3 Bodems leggen	5
1.2.4 Palletiseren.....	6
1.2.5 Drogen	6
1.2.6 Inbalen.....	6
1.3 Aanleiding.....	6
1.4 Probleemidentificatie	6
1.5 Stakeholders	9
1.6 Onderzoeksdoel.....	10
1.7 Onderzoeksvragen.....	10
1.8 Afbakening.....	11
2. Beginsituatie.....	12
2.1 IST-SOLL model	12
2.2 Huidige meetmethode	12
2.3 Huidige droogmethode	12
2.4 Huidige indeling en capaciteit van de droogruimte	12
3. Bottlenecks.....	14
3.1 Bottlenecks meetmethode.....	14
3.2 Bottlenecks droogmethode.....	14
3.3 Bottlenecks droogruimte.....	14
3.4 Conclusie	15
4. Bepalen van de juiste meetmethode	16
4.1 Standaard meetmethode	16
4.2 Randvoorwaarden meetmethode.....	16
4.3 Mogelijke oplossingen.....	18
4.4 Conclusie	21
5. Droogpatroon	22
5.1 Onderzoek naar het droogpatroon	22

5.1.1 Onderzoeksopzet.....	22
5.1.2 Resultaten van de metingen.....	24
5.1.3 Conclusie en discussie	27
5.2 Methoden ter versnelling van het droogpatroon	28
5.2.1 Ventilatie	28
5.2.2 Machinale droogprocessen	29
5.2.3 Mogelijke toepassingen binnen Stempher.....	34
6. De droogruimte als magazijn.....	38
6.1 Magazijnontwerp	38
6.1.1 Theoretisch magazijnontwerp.....	38
6.1.2 Mogelijke toepassing binnen Stempher.....	39
6.2 Deelprocessen verplaatsen	40
6.2.1 Inbaalstraat verplaatsen.....	40
7. Conclusie en aanbevelingen	42
7.1 Conclusie	42
7.2 Aanbevelingen.....	43
7.3 Discussie	45
Bibliografie	46
Appendix.....	48
Appendix A: Controleformulier oude versie	48
Appendix B: Excel tabellen meetmethode	49
Appendix C: Controleformulier nieuwe versie	50
Appendix D: Onderzoeksresultaten	51

1. Introductie en probleemidentificatie

In het kader van het afronden van mijn bachelor Technische bedrijfskunde aan de universiteit Twente, doe ik een onderzoek bij Koninklijke verpakkingindustrie Stempheer (hierna Stempheer genoemd), te Rijssen Overijssel, betreffende het verbeteren van een droogruimte. Stempheer is een onafhankelijke Europese producent van verpakkingen. Haar klanten bevinden zich over de hele wereld en zijn werkzaam in verschillende industrieën zoals voedingsmiddelen, hout, chemie en bouwmaterialen.

In paragrafen 1.1 en 1.2 worden de producten en processen van Stempheer beschreven. Vervolgens wordt het doel van deze bachelor thesis uitgelegd middels het beschrijven van de aanleiding, de probleem identificatie, de stakeholders, het onderzoeksdoel en de onderzoeksvragen. Tenslotte wordt in paragraaf 1.8 deze bachelor thesis afgebakend.

1.1 Productspecificaties

Stempheer produceert verschillende typen verpakkingen:

- Papieren verpakkingen
- Polyethyleen verpakkingen

Elk type wordt op een andere locatie gemaakt. Tijdens mijn bacheloropdracht focus ik mij op de papieren verpakkingen. Klanten kunnen verschillende keuzes maken bij het kiezen van een papieren verpakking. Deze zijn:

- Het toevoegen van een plastic binnenkant.
 - Als de verpakkingen bestemd zijn voor producten die niet in contact mogen komen met water, zal er een plastic binnenkant toegevoegd worden.
- Het type papier en bedrukking.
 - Gebleekt of ongebleekt papier.
 - Bedrukking tot maximaal 8 verschillende kleuren.
- Type bovenkant:
 - AA met eventuele Xsluiting.
 - AB zakken.

Figuren 1, 2 en 3 laten de verschillende soorten verpakkingen zien die geproduceerd worden op de papier locatie.

Figuur 1: AB zak

Figuur 2: AA zak

Figuur 3: AA zak met Xsluiting

1.2 Procesbeschrijving

De processen die plaats vinden in zone 1, high-care zone, van de papierlocatie zijn in chronologische volgorde:

- Drukken
- Hulzen maken
- Bodems leggen
- Palletiseren
- Drogen
- Inbalen

1.2.1 Drukken

Klanten hebben de keuze om de buitenste laag van de zakken te bedrukken. Dit bedrukken gebeurt middels cilindrische rollen. Elke rol correspondeert met een kleur en een patroon passend bij de kleur. Deze kleuren worden na elkaar op het papier gedrukt, op deze manier wordt de bedrukking opgebouwd. Indien een klant een bedrukking wenst wordt de gehele papierrol gedrukt.



Figuur 4: Een foto van de drukmachine

1.2.2 Hulzen maken

Stempheer heeft twee hulzenmachines, waarop na eventuele bedrukking van de buitenwand de hulzen gemaakt worden. De hoeveelheid rollen papier op de hulzenmachine is afhankelijk van de gewenste hoeveelheid papierlagen (zie figuur 5).



Figuur 5: Een foto van het begin van de hulzenmachine



Figuur 6: Een foto van de hulzenmachine

Deze papierlagen worden onderling gelijmd doormiddel van puntlijming. Over de breedte van het papier worden lijmdots aangebracht door de machine (zie figuur 7).



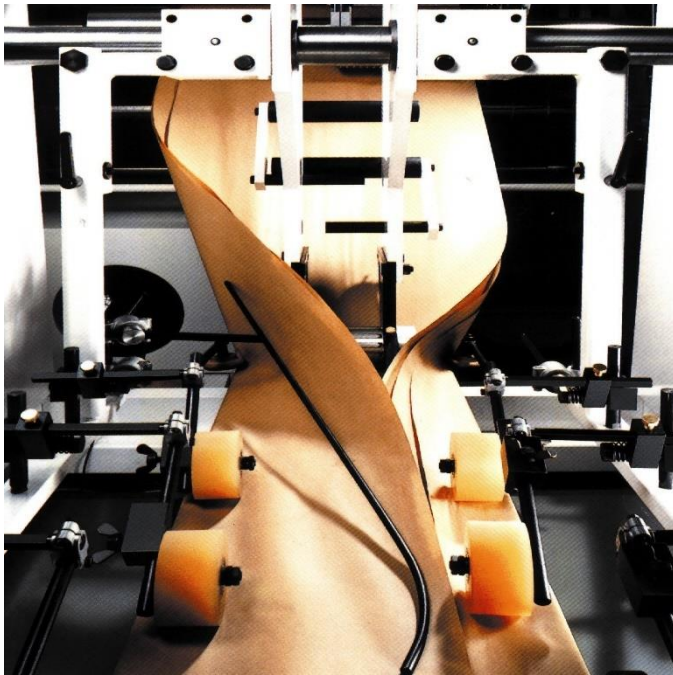
Figuur 7: Een foto van de lijmkop die lijmdots aanbrengt



Figuur 8: Een foto van de langsnaadverlijming op de hulzenmachine

Vervolgens worden over de gehele lengte lijfstroken aangebracht. Deze langsnaadverlijming gebeurt met behulp van het draaiwiel (zie figuur 8).

Zodra de langsnaadverlijming is aangebracht wordt de huls in vorm gevouwen (zie figuur 9). Hierna wordt de continue strook verdeeld in losse hulzen. Zodra de losse hulzen gevormd zijn, worden ze gestapeld en worden deze stapels opgeslagen in een vol geautomatiseerde tussenopslag.



Figuur 9: Een foto van het samenvouwen tot huls

1.2.3 Bodems leggen

Stempher heeft twee bodemleggers. Op deze machines worden van de hulzen zakken gemaakt. Allereerst worden vouwlijnen en insnijdingen aangebracht. Vervolgens wordt belijming aangebracht en wordt de zak in vorm gelijmd. Als laatste wordt een bodemdekblad en eventuele kopdekblad aangebracht.

De belijming op de zakken verschilt omdat de lijmmethoden van de twee bodemleggers verschillen. Stempher heeft twee bodemleggermachines; bodemlegger 3 en bodemlegger 4. Bodemlegger 3 lijmt door middel van lijmmatjes en bodemlegger 4 lijmt door middel van puntlijming. Zakken die op bodemlegger 4 worden gemaakt hebben doorgaans meer lijm dan zakken die op bodemlegger 3 worden gemaakt (zie figuur 10).



Figuur 10: Een foto van de bodemvorming

1.2.4 Palletiseren

Na het bodems leggen zijn de zakken gereed en over een transportband met aandrukbanden gaan ze via een droogwals naar het telstation. Na het tellen worden de zakken gecontroleerd door een metaaldetector waarna ze op pallets worden gelegd.

1.2.5 Drogen

Nadat de zakken op de pallets zijn gelegd worden deze pallets neergezet in de droogruimte in zone 1. Hier zullen de pallets voor ongeveer 7 dagen opgeslagen worden. De droogruimte heeft twee functies; opslag en drogen van producten. Het is dus zowel een magazijn als een onderdeel van het productieproces.

1.2.6 Inbalen

Zodra de pallets een relatieve vochtigheid lager dan 80% hebben, worden ze vervoerd naar de inbaalstraat. Hier worden de pallets voorzien van plastic banden, waarna ze in plasticfolie verpakt worden. Zodra de pallets ingebaald zijn, worden ze verplaatst naar het gereed product magazijn. Dit magazijn bevindt zich in zone 2.

1.3 Aanleiding

Stempher produceert voor de voedingsmiddelenindustrie. Deze industrie heeft strenge eisen wat betreft voedselveiligheid. Om aan deze eisen te voldoen heeft Stempher meerdere acties ondernomen. Toch betekent dit niet dat alle producten voldoen aan de eisen. Enige tijd geleden heeft Stempher een klacht ontvangen van een klant uit de babypoedermelkindindustrie. In een verpakking was schimmel ontdekt. Schimmels kunnen de gezondheid van mensen negatief beïnvloeden en daarom diende de klant een klacht in.

Om te voorkomen dat Stempher eenzelfde type klacht in de toekomst weer ontvangt, heeft Stempher maatregelen genomen. Zo is de houdbaarheid van de lijm die gebruikt wordt in het productieproces verlaagd van vier dagen naar drie dagen. Ook is gekeken naar mogelijke andere oorzaken voor de schimmelvorming namelijk naar de manier van drogen van de pallets met het gereed product. Betreffende dit deelproces in het productieproces is vrij weinig onderzoek gedaan en met behulp van dit onderzoek zal er meer inzicht komen in dit deelproces.

1.4 Probleemidentificatie

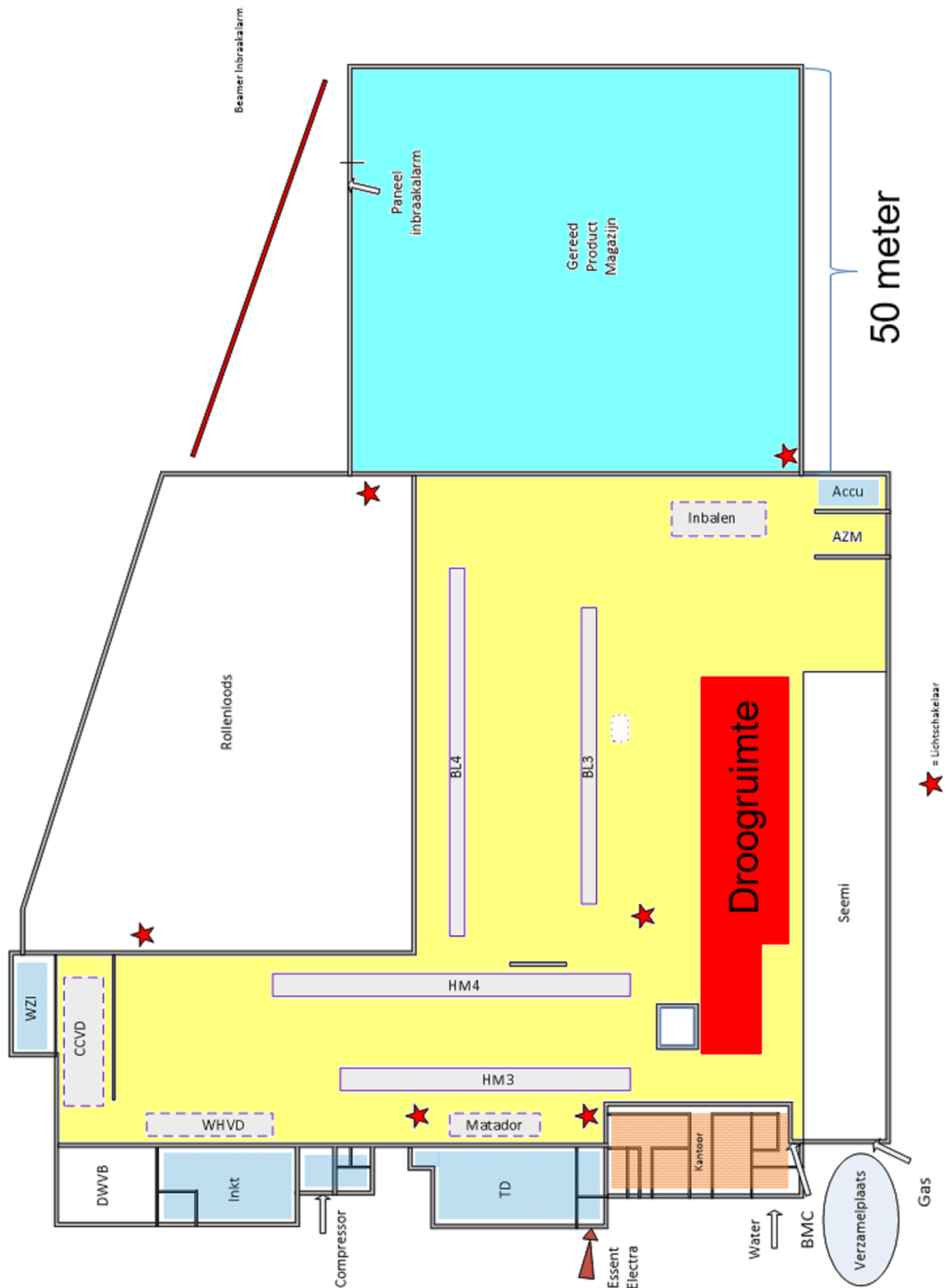
In het eerste gesprek gaf Stempher aan dat het onderzoek zou draaien om de gevonden schimmel, maar in het door Stempher opgestelde onderzoeksvoorstel stond niets over schimmelvorming. In overleg met de opdrachtgever binnen Stempher, heb ik uiteindelijk besloten mij te richten op de ondercapaciteit van de droogruimte in zone 1.

HACCP stelt dat bedrijven die producten produceren voor de voedingsmiddelenindustrie moeten werken met verschillende zones. Stempher werkt met verschillende HACCP-zones te weten de high-care zone en de low-care zone, ook wel zone 1 en zone 2 genoemd.

In de high-care zone, zone 1, mag het product niet in aanraking komen met straatvuil. Daarom moeten mensen die deze zone betreden een haarnet op en eventueel een baardnet om, een schone werkjas aan, hun handen desinfecteren en schone werkschoenen aan. In het kader van arbeidsomstandigheden moeten de werkschoenen ook gedragen worden evenals gehoorbescherming.

In de low-care zone, zone 2, kan het product in aanraking komen met straatvuil. Omdat de producten gestapeld en gebaald op pallets liggen, kan het straatvuil niet op plekken komen waar het een gevaar zou opleveren, zoals de binnenkant van de zakken.

Stempher produceert in zone 1, ook worden verpakkingen in deze zone tijdelijk opgeslagen. Zodra de verpakkingen droog genoeg zijn, worden ze ingebaald en gestald in zone 2. De tijdelijke opslag van de verpakkingen gebeurt in een aangewezen gebied in zone 1, verder in deze thesis de droogruimte genoemd. De opslag gebeurt door enkellaags block stacking, waarbij de pallets via *class-based storage* opgeslagen worden. Op dit moment is dit gebied te klein voor de hoeveelheid pallets die gemaakt worden. Daarom staan op dit moment door de hele zone 1 pallets met verpakkingen die moeten drogen.



Geel	Zone 1
Blauw	Zone 2

Figuur 11: Plattegrond zone 1

Om de oorzaken van het kernprobleem, ondercapaciteit in de droogruimte in zone 1, in kaart te brengen is gebruik gemaakt van een probleemkluwen. Om ervoor te zorgen dat deze kluwen compleet is, wordt gebruik gemaakt van de 5x waarom methode, een tool gekoppeld aan Lean (zie figuur 12).



Figuur 12: probleemkluwen kernprobleem

Hieruit wordt duidelijk dat de oorzaken van het kernprobleem die aangepakt moeten worden zijn:

- Het ontbreken van een onderzoek naar de juistheid van de meetmethode.
- Het ontbreken van een onderzoek naar het droogpatroon.
- Het ontbreken van palletuniformiteit in de droogruimte.

1.5 Stakeholders

Het is belangrijk om te weten wie de belanghebbenden zijn, waarmee ik rekening moet houden. Daarom heb ik eerst onderzocht wie de *stakeholders* van Stempher zijn en daarna wie de *stakeholders* van deze bachelor thesis zijn.

Stempher heeft in 2015 een stakeholdersanalyse uitgevoerd. Hierbij hebben het bestuur en het managementteam verschillende stakeholdergroepen geïdentificeerd die belangrijk zijn voor Stempher. Deze groepen zijn:

- Werknemers van Stempher
- Aandeelhouders van Stempher
- Klanten van Stempher
- Leveranciers van Stempher
- De gemeente Rijssen-Holten
- De omgeving (buren en bedrijven)
- Brancheorganisaties (Kartoflex/ NRK/ Verbond P&K/ Eurosac)

Mijn bachelor thesis heeft ook verschillende stakeholdergroepen. Deze groepen hebben deels overlap met Stempheer's stakeholdergroepen. Deze groepen zijn:

- Universiteit Twente
De universiteit Twente vereist dat een bacheloropleiding afgesloten wordt met een bacheloropdracht. Deze opdracht moet voldoen aan de opgestelde eisen van de universiteit Twente.
- Het management van Stempheer
Stempheer maakt deze opdracht mogelijk en hecht waarde aan het oplossen van het probleem. Het droogproces kan verbeterd worden er hoeft minder tijd in klantenklachten gestoken te worden. Daarnaast kan de winst toenemen, door onder andere het afnemen van klantenklachten.
- Klanten van Stempheer
De aanleiding van het onderzoek was een klacht van een klant. Mocht deze klacht in de toekomst voorkomen worden, dan hebben de klanten hier profijt van. De klanttevredenheid zal dan stijgen.
- Aandeelhouders van Stempheer
Het is mogelijk dat aanbevolen oplossingen investeringen vereisen. Mocht er geïnvesteerd worden in een oplossing betekent dit, dat aandeelhouders minder dividend ontvangen.
- Werknemers van Stempheer
De werknemers zijn betrokken bij de te onderzoeken processen. Mogelijkerwijze veranderen deze processen door deze thesis. Als dit het geval is zullen de medewerkers te maken krijgen met nieuwe taken behorende bij deze nieuwe processen.

1.6 Onderzoeksdoel

Het doel van het onderzoek is de droogruimte in zone 1 binnen Stempheer te verbeteren. Uit figuur 12 blijkt dat om dit doel te bereiken drie oorzaken aangepakt moeten worden. Het eindproduct zal opgebouwd zijn uit verschillende delen, te weten:

- Een geschikte meetmethode met de benodigde randvoorwaarden.
- Meer inzicht in het droogpatroon van papieren verpakkingen binnen Stempheer.
- Manieren om het droogpatroon te versnellen.
- Capaciteitsberekeningen en mogelijke verbeteringen van de droogruimte.

1.7 Onderzoeksvragen

Om het bovengenoemde onderzoeksdoel te behalen zal er antwoord gegeven moeten worden op de centrale onderzoeksvraag.

Wat is een geschikte manier om de droogruimte bij Stempheer in te richten?

Om een doeltreffend antwoord op de centrale onderzoeksvraag te geven, zal het onderzoek gestuurd worden door meerdere onderzoeksvragen. Deze vragen worden per hoofdstuk behandeld; zie tabel 1 voor deze vragen en de bij behorende methodieken om deze vragen te beantwoorden.

Tabel 1: Plan van aanpak

Hoofdstuk	Onderzoeksvraag
2. Beginsituatie	Welke methodologie zal voor het onderzoek gebruikt worden? <i>Literatuuronderzoek en expertinterviews</i>
	Wat is de huidige meetmethode? <i>Expertinterviews en observaties</i>
	Wat is de huidige droogmethode? <i>Expertinterviews en observaties</i>
	Wat is de huidige indeling en capaciteit van de droogruimte? <i>Expertinterviews en bepalingen</i>
	Wat zijn de bottlenecks van de huidige droogmethode? <i>Literatuuronderzoek en observaties</i>
	Wat zijn de bottlenecks van de huidige meetmethode? <i>Literatuuronderzoek en observaties</i>
3. Bottlenecks	Wat zijn de bottlenecks van de huidige droogruimte? <i>Literatuuronderzoek en observaties</i>
	Wat zijn de bottlenecks van de huidige meetmethode? <i>Literatuuronderzoek en observaties</i>
	Wat zijn de bottlenecks van de huidige droogruimte? <i>Literatuuronderzoek en observaties</i>
4. Bepalen van de juiste meetmethode	Wat is de standaard meetmethode? <i>Literatuuronderzoek</i>
	Welke randvoorwaarden horen bij de meetmethode? <i>Literatuuronderzoek</i>
	Welke mogelijke meetmethode oplossingen zijn er? <i>Literatuuronderzoek en bepalingen aan de hand van de AHP-methode</i>
	Wat is bekend over het droogpatroon van papieren zakken? <i>Literatuuronderzoek en expertinterviews</i>
	Hoe zet je een correct onderzoek op naar het droogpatroon van papieren zakken? <i>Expertinterviews</i>
5. Droogpatroon	Hoe verloopt het droogpatroon van papieren zakken binnen Stempheer? <i>Praktijkonderzoek</i>
	Hoe kan het droogpatroon versneld worden? <i>Literatuuronderzoek</i>
	Wat zijn mogelijke manieren voor het verbeteren van het droogruimtegebruik? <i>Literatuuronderzoek en expertinterviews</i>
	Welke theorie is er bekend over magazijnontwerp? <i>Literatuuronderzoek</i>
	Hoe kunnen magazijnontwerptheorieën toegepast worden binnen Stempheer? <i>Literatuuronderzoek, expertinterviews en observaties</i>
6. De droogruimte als magazijn	Kunnen deelprocessen verplaatst worden? <i>Expertinterviews en observaties</i>

1.8 Afbakening

De Universiteit Twente heeft vastgelegd dat voor een bachelor thesis 420 studie-uren nodig zijn. Deze richtlijn vanuit de Universiteit Twente neem ik over voor mijn bacheloronderzoek. Met inachtneming van nationale feestdagen die plaats vinden tijdens dit onderzoek betekent dit dat het onderzoek tussen de 10 en 15 weken lang zal duren. Daarom is de thesis begrensd tot beginsituatie en bottlenecks vaststellen, mogelijke oplossingen onderzoeken en aanbeveling wat betreft de mogelijke oplossingen. De implementatie en de reflectie op de implementatie zullen door de tijdsbeperking niet behandeld worden in deze bachelor thesis.

2. Beginsituatie

In dit hoofdstuk wordt de beginsituatie van de drie te onderzoeken gebieden bepaald. Deze te onderzoeken gebieden zijn bepaald in paragraaf 1.6. Deze worden behandeld in de paragrafen 2.2 tot en met 2.4. In paragraaf 2.1 wordt het IST-SOLL model behandeld, dit is de methodologie die gebruikt wordt voor deze bachelor thesis.

2.1 IST-SOLL model

Het onderzoek wordt benaderd via het IST-SOLL model. Het IST-SOLL model draagt bij aan het duidelijk in kaart brengen van projectdoelen, in dit geval het onderzoeksdoel. Bij de IST wordt gekeken naar de huidige situatie, ook worden de aanwezige *bottlenecks* in kaart gebracht. Vervolgens wordt de SOLL vastgesteld, de gewenste situatie. Bij de SOLL worden oplossingen die mogelijk leiden tot de gewenste situatie in kaart gebracht. Hierbij moet altijd de nuloptie, niets veranderen, meegenomen worden. Om tot een uiteindelijke keuze te komen kan gebruik worden gemaakt van een MCA.

2.2 Huidige meetmethode

Om de vochtigheid te bepalen gebruikt Stempher momenteel een relatieve vochtigheid hygrometer, de Rotronic GTS. Deze is speciaal ontworpen om papieren stapels te meten. Een van de redenen dat papier een eigen type hygrometer heeft is, omdat papier hygroscopisch is. Hygroscopische materialen zijn materialen die een evenwicht willen bereiken betreffende vochtigheid met de rest van hun omgeving. Zodra dit evenwicht is bereikt, is de relatieve vochtigheid van de omgeving gelijk aan de relatieve vochtigheid van het papier. De hygrometer meet daarom niet de vochtigheid in het papier maar de vochtigheid van de direct omringende lucht, aangezien deze gelijk zijn. Naast de relatieve vochtigheid meet de hygrometer ook de temperatuur.

Zodra de productiemedewerkers gaan inbalen, meten ze de relatieve vochtigheid van de laatst geproduceerde pallet van de batch. Als deze volgens de hygrometer onder de 80% relatieve vochtigheid zit, is de batch klaar om ingebaald te worden. Het meten gebeurt op diverse hoogtes; in het midden van de pallet, op de bodem van de zakken en bij de AA zakken. De bodem van papieren zakken is het vochtigste omdat daar de meeste lijm op zit. Bij AB zakken wordt gemeten op het ventiel; bij dit type zakken is dit het vochtigste gebied.

De metingen worden door de medewerkers genoteerd op een controleformulier (zie appendix A).

Zodra een pallet niet droog genoeg is op het moment dat deze ingebaald wordt, kunnen twee problemen ontstaan; ten eerste schimmelvorming in de zak en ten tweede moeilijk uit te klappen bodems tijdens het afvulproces bij de klant. Deze tweede klacht komt vooral voor bij klanten die lichte producten afvullen in de zakken.

2.3 Huidige droogmethode

Momenteel dient de droogruimte als droogmethode voor de papieren zakken. Nadat de bodem van de zakken gemaakt is, worden de papieren zakken op pallets gelegd en neergezet in de droogruimte. Hier blijven de papieren zakken staan, totdat ze ingebaald worden. De droogruimte is een aangewezen gebied in zone 1 en in dit gebied is geen sprake van klimaatbeheersing. Ook zijn er geen middelen ter ondersteuning van het droogproces.

2.4 Huidige indeling en capaciteit van de droogruimte

Zoals beschreven in paragraaf 2.2 wordt alleen de laatst geproduceerde pallet van een batch gemeten. Pallets worden naast elkaar opgeslagen en zijn niet elk toegankelijk om te meten, oftewel tussen de rijen zijn geen gangpaden. De pallets worden opgeslagen middels enkellaags block stacking

opgeslagen en stellingen ontbreken. Om toch een duidelijke aanduiding te hebben waar de rijen opgeslagen moeten worden, zijn lijnen met verf op de vloer gemarkeerd. Aangezien de huidige methode enkellaags block stacking is, is de hoogte van de pallets of de hoeveelheid zakken op een pallet niet van belang.

Stempher heeft niet de huidige capaciteit van de droogruimte gemeten en vastgelegd. Om een inzicht in deze capaciteit te krijgen, heb ik geteld hoeveel pallets maximaal in een rij kunnen staan en hoeveel rijen er zijn. Deze capaciteit is geregistreerd in tabel 2, dus 306 pallets.

Tabel 2: Capaciteitsbepaling van de droogruimte

	Aantal rijen	Aantal pallets per rij	Totaalaantal pallets
Smalle gedeelte	6	7	42
Brede gedeelte	24	11	264
Totale hoeveelheid			306

3. Bottlenecks

In dit hoofdstuk wordt de tweede fase van het IST-SOLL model beschreven, de bottlenecks in de beginsituatie. Om een proces te verbeteren is het van belang om de bottlenecks in kaart te brengen. Door bottlenecks te elimineren of te verminderen, wordt het proces verbeterd.

Per paragraaf worden de bottlenecks voor de drie te onderzoeken gebieden bepaald. Deze bottlenecks zijn bepaald met behulp van werknemers binnen Stempher, theorie uit de bachelor technische bedrijfskunde en theorie uit papers uit verschillende databases.

3.1 Bottlenecks meetmethode

Stempher heeft aangegeven geen inzicht te hebben in de nauwkeurigheid van haar meetmethode. Om de meetmethode en haar mogelijke bottlenecks in kaart te brengen, heb ik in week 11 met de verantwoordelijke voor de logistiek door gebouw gelopen. We hebben verschillende pallets gemeten en deden hierbij een aantal opmerkelijke ontdekkingen.

De belangrijkste ontdekking voor de meetmethode was dat er veel verschil in relatieve vochtigheid is in een gemeten pallet. Een pallet hebben we op dezelfde hoogte links en rechts gemeten en we vonden 50% relatieve vochtigheid links en 85% relatieve vochtigheid rechts. Dit betekent dat er te snel de conclusie getrokken kan worden dat een batch ingebaald kan worden. Er zal onderzocht moeten worden waardoor dit ontstaat en of de meetmethode aangepast moet worden.

3.2 Bottlenecks droogmethode

Momenteel heeft Stempher geen duidelijk inzicht in het droogpatroon. Ze veronderstellen dat de totale droogtijd vijf weken is maar door de beperkte capaciteit van de droogruimte worden de producten maar één week opgeslagen in de droogruimte. Door het ontbreken van informatie heeft Stempher geen idee of deze veronderstelling overeenkomt met de werkelijkheid. Het exacte verloop van het droogpatroon is ook niet bekend. Eén van de ontdekkingen bij het meten in week 11 was dat een zojuist geproduceerde en geplaatste pallet droger was dan een pallet die al een week in de droogruimte stond, respectievelijk 50% en 80% relatieve vochtigheid.

Het door Stempher veronderstelde droogpatroon zal onderzocht worden evenals een mogelijke versnelling van het droogproces.

De huidige droogruimte is niet speciaal ontworpen en bevat geen machines om het droogproces te ondersteunen. Als het droogproces wel ondersteund wordt, kan de droogtijd mogelijk verkort worden.

3.3 Bottlenecks droogruimte

De aangewezen droogruimte in zone 1 heeft momenteel een te kleine capaciteit. Om de bottlenecks van de droogruimte weer te geven gebruik ik de managementfilosofie Lean. Lean heeft als doel verspilling te elimineren, niet waarde toevoegende handelingen te reduceren en waarde toevoegende handelingen te standaardiseren.

Om verspillingen te identificeren zijn er 7 groepen van verspilling vastgelegd:

- Correctie/ defecten
- Transport
- Beweging
- Wachten
- Overbewerking
- Overproductie
- Voorraad

Bij de droogruimte is sprake van verspilling in de categorieën transport en beweging. Beide ontstaan doordat de pallets niet in het aangewezen gebied staan.

De pallets zelf ondergaan extra transport. De droogruimte staat dicht bij de inbaalstraat en de bodemlegger. Zodra de pallets elders in zone 1 worden opgeslagen neemt de afstand van de bodemlegger tot opslagplaats en de afstand van de opslagplaats tot inbaalstraat toe. Deze twee toenames betekent onnodige toename van transport.

De medewerkers die de pallets wegzetten en tussentijds meten moeten vervolgens ook extra bewegen. Allereerst ondervinden zij dezelfde afstandstoename als de pallets tijdens het wegzetten en ophalen van de pallets en vervolgens bij het meten van de pallets.

Naast verspilling van beweging en transport is er ook sprake van een afwijking van het standaard proces. Het standaard proces voor medewerkers is geproduceerde pallets in de droogruimte plaatsen. Is deze vol, dan moeten de pallets ergens anders opgeslagen, dit is een afwijking ten opzichte van de standaard. Afwijken van het standaard proces vergroot de kans op fouten en moet indien mogelijk ontweken worden.

3.4 Conclusie

Per paragraaf zijn er een of meerdere bottlenecks naar voren gekomen. Dit zijn:

- Een onnauwkeurige meetmethode, die leidt tot mogelijk te lange opslag van pallets.
- Geen inzicht in het droogpatroon waardoor pallets mogelijk te lang opgeslagen worden. Geen inzicht in het ondersteunen van het droogpatroon waardoor pallets niet zo efficiënt mogelijk drogen.
- Te weinig opslagcapaciteit in de droogruimte, waardoor er verspilling van transport en beweging ontstaat.

4. Bepalen van de juiste meetmethode

In de beginsituatie wordt het duidelijk dat niet bekend is of de meetmethode accuraat is. Aangezien de meetmethode gebruikt wordt om te bepalen of pallets ingebaald kunnen worden, is het van belang dat de gebruikte meetmethode klopt. In paragraaf 4.1 wordt de standaard meetmethode vastgesteld, hierdoor kan bepaald worden of Stempher's meetmethode overeenkomt. In paragraaf 4.2 worden de randvoorwaarden vastgesteld voor de meetmethode. Randvoorwaarden zorgen voor de betrouwbaarheid en validiteit van een meting. In paragraaf 4.3 worden mogelijke oplossingen aangedragen en afgewogen. Om uiteindelijk in paragraaf 4.4 tot een aanbeveling te komen.

4.1 Standaard meetmethode

Om te ontdekken of Stempher's meetmethode accuraat is, moet eerst vastgesteld worden of Stempher aan de norm voldoet. De norm in deze context is de meest gebruikte meetmethode, volgens het IST-SOLL model de SOLL.

Om de SOLL te bepalen, wordt gebruik gemaakt van artikelen van de National Physical Laboratory (NPL), het nationale meetinstituut van Groot-Brittannië. Uit National Physical Laboratory (2011) ^[1] blijkt dat de meest voorkomende manier om vochtigheid te meten een hygrometer is. Er zijn verschillende hygrometers op de markt. Deze zijn in twee grote groepen in te delen, hygrometers die relatieve vochtigheid meten en hygrometers die absolute vochtigheid meten. Binnen deze twee groepen zijn er keuze uit verschillende soorten hygrometers, afhankelijk van de benodigde specificaties.

Zoals in paragraaf 2.1 beschreven gebruikt Stempher een relatieve vochtigheidsmeter. Stempher's meetinstrument voldoet dus aan de norm. Of Stempher's meetmethode voldoet aan de norm zal verder in dit hoofdstuk onderzocht worden.

4.2 Randvoorwaarden meetmethode

Het gebruik van het juiste meetinstrument verzekert niet een goede meting. Om er zeker van te zijn dat een meting valide en betrouwbaar is, hebben meetinstrumenten vaak randvoorwaarden. Deze worden opgesteld aan de hand van factoren die metingen kunnen beïnvloeden.

Hygrometermetingen hebben algemene randvoorwaarden. In het artikel *guide to humidity*^[2] staat beschreven welke externe verschijnselen invloed hebben op vochtigheid en op het meten van vochtigheid.

De twee externe verschijnselen die de meeste invloed hebben op vochtigheid en het meten hiervan, zijn temperatuur en druk. Deze twee hebben beide invloed op de hoeveelheid water die de lucht kan opnemen. Bij relatieve vochtigheid wordt de verzadigingsgraad gemeten, waarbij 100% betekent dat er sprake is van totale verzadiging. Bij een stijgende temperatuur of een dalende druk, stijgt de absolute hoeveelheid waterdamp die opgenomen kan worden. Twee metingen van relatieve vochtigheid zijn dus niet vergelijkbaar als de bijbehorende druk en temperatuur onbekend zijn. Hieronder worden deze aspecten verder uitgewerkt.

In het artikel van de NPL(1996) staat: 'The effect of temperature on humidity is highly significant. Failure to take this into account can sometimes lead to errors so large that the measurement is meaningless.' Ook stellen ze dat de effecten van temperatuur op voornamelijk relatieve vochtigheidsmetingen nooit overschat kunnen worden. Mocht de temperatuur van 20°C naar 21°C stijgen bij een relatieve vochtigheid van 50%, dan daalt de relatieve vochtigheid met 3,2% naar 46,8%. Tabel 3 laat dit zien bij verschillende temperaturen en verschillende relatieve vochtigheid

waarden. Hierin wordt duidelijk waarom temperatuur zo'n belangrijk aspect is bij relatieve vochtigheidsmetingen.

Tabel 3^[13]: Het effect op de relatieve vochtigheid bij een stijging van 1 °C

Effect of a temperature change of 1 °C at various levels of temperature and relative humidity. The change in the relative humidity levels is not symmetric.

Relative humidity	Temperature				
	10 °C	20 °C	30 °C	50 °C	70 °C
10 %rh	±0.7 %rh	±0.6 %rh	±0.6 %rh	±0.5 %rh	±0.5 %rh
50 %rh	±3.5 %rh	±3.2 %rh	±3.0 %rh	±2.6 %rh	±2.3 %rh
90 %rh	±6.3 %rh	±5.7 %rh	±5.4 %rh	±4.6 %rh	±4.1 %rh

Bron: National Physical Laboratory (1996)

Als in een gesloten systeem de totale druk verdubbelt, zal de druk per component ook verdubbelen. Dit leidt tot de verdubbeling van de relatieve vochtigheid. Omdat de druk in een open ruimte niet snel verdubbelt maar vaak tussen de 990 hPa en 1040 hPa schommelt, zal de relatieve vochtigheid maximaal 5% toe- of afnemen afhankelijk van de druk. De invloed van druk op de meting is dus significant kleiner dan de invloed van de temperatuur.

Naast algemene randvoorwaarden hebben producten vaak product specifieke randvoorwaarden. Momenteel gebruikt Stempfer een hygrometer, de Rotronic GTS. In de handleiding^[3] behorend bij deze hygrometer staat beschreven hoe de hygrometer gebruikt dient te worden. Deze handleiding stelt dus product specifieke randvoorwaarden op.

De GT -serie heeft verschillende types hygrometer met een paar overeenkomstige en een paar unieke eisen. Allereerst zullen de overeenkomstige eisen benoemd worden vervolgens de unieke eisen.

GT-serie algemene eisen:

- Voorafgaand aan een meting, moeten eerst de sonde en het te meten medium in evenwicht met de vochtigheid de temperatuur zijn.
- Bewaar het te meten product en de sonde in een ruimte vrij van luchtstroming.
- Ontwijk product- en sonde blootstelling aan de zon. Blootstelling zorgt voor temperatuurvariatie, wat de meting beïnvloedt.
- Ontwijk metingen bij waternevel, stoom of druipend water.
- Gebruik de sonde niet zonder stoffilter in een vieze en/of stoffige omgeving.
- Reinig de stoffilter nooit met behulp van perslucht.
- Indien je hand over de sensor geplaatst is, zal het langer duren voordat het evenwicht weer bereikt wordt tussen de sonde en de omgeving.

De Rotronic GTS is een hygrometer gespecialiseerd op het meten van stapels papier, daarom heeft deze hygrometer een paar unieke eisen.

- Door het ontwerp van de sonde kan deze niet met geweld in een stapel van papier geplaatst worden, zonder dat de sonde zal verbuigen.
- Voor een betrouwbare meting, moet tijdens het plaatsen van de sonde het papier opgetild worden. Vermijd hierbij frictie, om onnodige hitevorming te voorkomen. Het is aan te raden

om de sonde een paar millimeter ter verplaatsen nadat er 30 seconden gemeten is. Hierdoor ontstaat contact met nieuw papier wat zorgt voor acceleratie van de meting.

- Om de goede waarde te meten, moet het aflezen van de meting pas gebeuren als de sonde gestabiliseerd is.

4.3 Mogelijke oplossingen

Er zijn meerdere opties wat betreft de meetmethode;

- De nuloptie, alleen de relatieve vochtigheid meten.
- Het meten van de temperatuur of de druk of beide.
De temperatuur kan met de bij Stempher aanwezige hygrometers gemeten worden, de druk niet.
- Het gebruik van een calculator: door middel van deze calculator kunnen metingen vergeleken worden.

Er zijn twee soorten calculators. De eerste van Lenntech vereist de temperatuur en de relatieve vochtigheid. Met deze twee variabelen berekent de calculator de absolute vochtigheid, deze is gelijk aan het aantal gram water per kilogram lucht.

De tweede calculator is van Rotronic, de voorwaarde voor deze calculator is dat de relatieve vochtigheid, de temperatuur en de druk gemeten worden. De output van deze calculator zijn natteboltemperatuur (°C), psychometrisch verschil (°C), dauwpunt (°C), vriespunt (°C), dampconcentratie (g/m³), specifieke vochtigheid (g/kg), mengratio (g/kg), partiele druk van damp (hPa), verzadigingsdruk van damp (hPa), dampconcentratie bij verzadiging (g/m³), enthalpie (kJ/kg), volume mengratio (PPM) en elevatie (m).

In tabel 4 staan de verschillende meetmethode opties schematisch uitgewerkt.

Tabel 4: Verschillende meetmethoden voor de pallets in de droogruimte

	Relatieve vochtigheid	Temperatuur	Druk	Calculator
Optie 1	X			
Optie 2	X	X		
Optie 3	X	X		X
Optie 4	X		X	
Optie 5	X	X	X	
Optie 6	X	X	X	X

De X geeft aan wat gemeten/ gebruikt wordt, per optie.

Deze opties worden vergeleken door middel van MCA. Voor een MCA moeten criteria opgesteld worden, gewichten aan deze criteria gehangen worden en scores per optie gegeven worden. De keuzes worden hieronder beschreven.

Er zijn drie criteria geselecteerd:

- Betrouwbaarheid, dus de uitkomst van de meting is niet toevallig; aan de hand van de metingen worden beslissingen genomen. Betrouwbare metingen leiden tot betere beslissingen.
- Complexiteit; de metingen worden handmatig door productiemedewerkers uitgevoerd, daarom is het wenselijk om de complexiteit zo laag mogelijk te houden. Een lage complexiteit resulteert in een lage kans op meetfouten veroorzaakt door de werknemer.
- Kosten; opties kunnen investeringen vereisen. Er zal besloten moeten worden waarin Stempher investeert, omdat Stempher niet oneindig kan investeren.

Niet alle criteria zijn even belangrijk, toch worden ze allemaal op dezelfde schaal gescoord, namelijk 1-10. Om ervoor te zorgen dat de relevantie per criterium zichtbaar wordt, krijgt ieder criterium een gewicht. Hoe hoger het gewicht, des te belangrijker is het criterium. Door middel van de AHP-methode (Zie appendix B) hebben de verschillende criteria gewichten gekregen en is gecontroleerd dat er geen sprake is van data inconsistentie (zie Tabel 5). Tijdens de AHP worden paarsgewijs scores gegeven, die de mate van de belangrijkheid van de criteria tegen elkaar afweegt. Deze scores zijn door mij bepaald. Werknemers van Stempher konden mij weinig zeggen over de meetmethode en haar randvoorwaarden. Na meerdere artikelen gelezen te hebben kon ik enkele medewerkers beter uitleggen hoe de methode in elkaar zat, dan dat zij mij in het begin konden uitleggen. Daarom beschouw ik mij, bij het scoren van de criteria, als de expert binnen Stempher.

Tabel 5: Gewichten per criterium

Criterium	Betekenis score (Hoe hoger de score des te...)	Gewicht
Betrouwbaarheid	Betrouwbaarder	0,6806
Complexiteit	Eenvoudiger de benodigde handelingen	0,2014
Kosten	Goedkoper	0,1179

Het gewicht van betrouwbaarheid is significant groter dan de andere gewichten. Dit is omdat aan de hand van de metingen beslissingen worden gemaakt. Mocht de meetmethode onbetrouwbaar zijn, dan zullen de beslissingen mogelijkerwijze ook onbetrouwbaar zijn. Dit kan grote gevolgen hebben.

Om de score van elk criterium per optie te bepalen, wordt eerst de scoringsschaal bepaald. Deze zal voor ieder criterium 1-10 zijn. De door mij gekozen scores en de daarbij behorende onderbouwing is zichtbaar in tabel 6.

Tabel 6: Onderbouwing van de score per criterium per optie

Optie	Criterium	Score	Onderbouwing
1	Betrouwbaarheid	1	Relatieve vochtigheid is afhankelijk van een aantal factoren. Meet je alleen de relatieve vochtigheid, dan negeer je deze factoren. Hierdoor zal de meting niet relevant zijn bij besluiten en zal het geen toevoeging zijn aan het proces.
	Complexiteit	9	Bij deze optie is maar één meting vereist. De meetmethode hierbij passend is relatief simpel en al routine op dit moment, daarom is de complexiteit voor Stempher laag.
	Kosten	10	Stempher heeft al twee hygrometers, deze optie vereist geen extra investeringen.
2	Betrouwbaarheid	1	Relatieve vochtigheid is afhankelijk van een aantal factoren. Meet je alleen de relatieve vochtigheid en de temperatuur, dan negeer je een deel van de factoren. Hierdoor zal de meting niet relevant zijn bij besluiten en zal het geen toevoeging zijn aan het proces.
	Complexiteit	9	Bij deze optie is maar één meting vereist. De meetmethode hierbij passend is relatief simpel en al routine op dit moment, daarom is de complexiteit voor Stempher laag.
	Kosten	10	Stempher heeft al twee hygrometers, deze optie vereist geen extra investeringen.
3	Betrouwbaarheid	8	Met de temperatuur, de relatieve vochtigheid en de calculator van Lenntech, is het mogelijk de absolute vochtigheid te bepalen. Hierdoor zullen de resultaten vergelijkbaar zijn.

4	Complexiteit	8	Naast de al bestaande meetmethode, zal bij deze optie nog een handeling vereist zijn. Na het meten zullen de getallen ingevoerd worden, waarna een beslissing wordt gemaakt. Dit zorgt voor een complexere taak.
	Kosten	10	Stempher heeft al twee hygrometers, deze optie vereist geen extra investeringen.
	Betrouwbaarheid	1	Relatieve vochtigheid is afhankelijk van een aantal factoren. Meet je alleen de relatieve vochtigheid en de druk, dan negeer je een deel van de factoren. Hierdoor zal de meting niet relevant zijn bij besluiten en zal het geen toevoeging zijn aan het proces.
	Complexiteit	8	Naast de al bestaande meetmethode, zal bij deze optie een tweede meetmethode toegepast worden. Dit zorgt voor een complexere taak.
	Kosten	7	Stempher heeft al twee hygrometers, maar nog geen drukmeter. Als deze optie gekozen wordt, zal een drukmeter aangeschaft moeten worden. Deze optie vereist dus een kleine investering.
	Betrouwbaarheid	4	Relatieve vochtigheid is afhankelijk van een aantal factoren. Als je deze meet, kun je betere beslissingen maken. Echter, deze beslissingen zullen niet optimaal zijn, omdat de factoren niet omgerekend worden tot een standaard die te vergelijken is.
	Complexiteit	8	Naast de al bestaande meetmethode, zal bij deze optie een tweede meetmethode toegepast worden. Dit zorgt voor een complexere taak.
	Kosten	7	Stempher heeft al twee hygrometers maar nog geen drukmeter. Als deze optie gekozen wordt, zal er een drukmeter aangeschaft worden. Deze optie vereist dus een kleine investering.
	Betrouwbaarheid	9	Relatieve vochtigheid is afhankelijk van een aantal factoren. Als je deze meet, kun je betere beslissingen maken. Om een betrouwbare beslissing te maken zal er een gestandaardiseerd antwoord moeten komen, die te vergelijken is. Een calculator zorgt voor een gestandaardiseerd antwoord.
6	Complexiteit	6	Naast de al bestaande meting, zal bij deze optie een tweede meetmethode toegepast worden. Ook zullen de resultaten van de metingen verwerkt worden in een online calculator. Dit maakt het proces van optie 5 de meest complexe van alle opties.
	Kosten	5	Stempher heeft al twee hygrometers, maar nog geen drukmeter en calculator. Deze optie zal de grootste investering vereisen.

De uiteindelijke totaalscores zijn zichtbaar in tabel 7. In appendix B is de berekening zichtbaar.

Tabel 7: Totaalscore per optie

Optie	Totaalscore
1	3,67
2	3,67
3	8,24
4	3,12
5	5,16
6	7,92

Optie 3 scoort het beste volgens de AHP-methode.

4.4 Conclusie

In paragraaf 4.3 scoort Optie 3, het meten van de relatieve vochtigheid en temperatuur en deze omrekenen, het beste.

De aanbeveling voor Stempher is om deze oplossing te implementeren. Stempher's huidige meetmethode is onbetrouwbaar en beslissingen maken aan de hand van deze uitkomsten is zinloos. Er moet dus sowieso een nieuwe meetmethode gekozen worden. Ondanks dat optie 3 als beste uit de MCA komt, is het aan te raden om een expert op het gebied van vochtigheidsmetingen te laten kijken naar het verschil tussen optie 3 en optie 6, het meten van de relatieve vochtigheid, temperatuur en druk en deze omrekenen. Ik ga er met mijn kennis vanuit dat optie 3 de beste is voor Stempher, maar een expert heeft misschien een andere invalshoek. Aangezien optie 3 mijns inziens de beste optie is, beveel ik deze optie aan. Deze zal ook gebruikt worden bij de metingen die ik heb uitgevoerd binnen Stempher, deze zullen behandeld worden in hoofdstuk 5.

Voordat optie 3 geïmplementeerd kan worden, moet eerst nog gekeken worden naar de grenswaarde waarbij een beslissing gemaakt wordt. De grenswaarde die Stempher momenteel hanteert wordt nergens onderbouwd, dus of deze correct is zal onderzocht moeten worden. Door de korte periode is het in deze bachelor thesis niet gelukt een juiste grenswaarde vast te stellen. Om een goede grenswaarde te bepalen raad ik Stempher aan advies te vragen van een expert. Mocht hierdoor een nieuwe grenswaarde vastgesteld worden, is het belangrijk dat de totstandkoming van deze grenswaarde goed gedocumenteerd wordt, zodat men in de toekomst weet waarom deze grenswaarde gehanteerd wordt.

Het huidige meetformulier waarop alles genoteerd wordt is aangepast aan optie 3. Dit formulier is terug te vinden in appendix C.

5. Droogpatroon

In dit hoofdstuk wordt de SOLL voor het droogpatroon uitgewerkt. In paragraaf 5.1 wordt het droogpatroon binnen Stempher uitgezocht, hierbij wordt gebruik gemaakt van de verkregen meetmethode uit hoofdstuk 4. Vervolgens wordt in paragraaf 5.2 gekeken naar manieren om het droogproces te ondersteunen.

Het droogpatroon van de papieren zakken, is van belang bij de invulling van de droogruimte. Dit patroon bepaalt namelijk hoelang pallets moeten worden opgeslagen in de droogruimte.

5.1 Onderzoek naar het droogpatroon

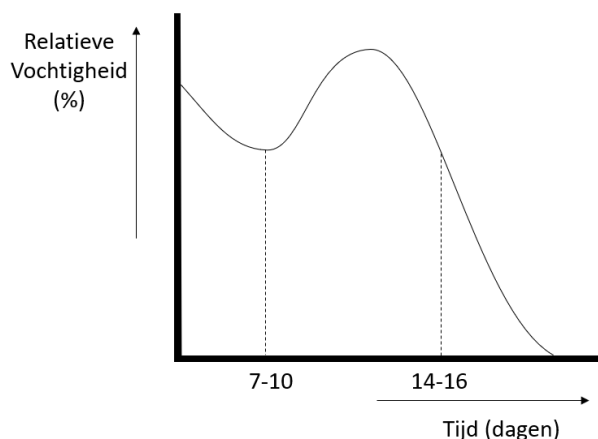
Er is weinig beschikbare theorie over het droogpatroon van papieren zakken. Daarnaast is de beschikbare theorie vaak niet toegespitst op papieren zakken maar alleen op papier. Om de optimale verblijftijd in de droogruimte te bepalen, is het van belang dat het droogpatroon wel bekend is. Door middel van een vijf weken durend onderzoek, zal meer inzicht in het droogpatroon van papieren zakken verkregen worden.

5.1.1 Onderzoekopzet

Zoals hierboven te lezen, is er weinig beschikbare theorie over het droogpatroon in online databases. Om toch meer informatie over het droogproces van papieren zakken te werven, heb ik gesproken met een consultant binnen Stempher. Deze consultant heeft bij andere bedrijven in dezelfde branche, onderzoek gedaan naar het droogpatroon van papieren verpakkingen. Deze consultant is binnen Stempher de expert wat betreft dit droogproces en hij heeft mij geholpen met de opzet van het onderzoek.

Hypothese

Deze consultant beschikt o.a. over informatie van een concullega van Stempher. Bij deze concullega uit Europa heeft hij een gelijksoortig onderzoek uitgevoerd. Aan de hand van de uitkomsten van dit onderzoek, heeft de concullega de schematische weergave van het droogpatroon binnen zijn fabriek bepaald. Deze schematische weergave van het droogpatroon is te zien in figuur 13.



Figuur 13: schematische weergave van de hypothese. (Bron: externe consultant)

De consultant gaf aan dat hij verwachtte dat binnen Stempher sprake is van een gelijksoortig droogpatroon. Daarom zal dit de hypothese voor mijn onderzoek worden.

Opstelling

Om een goed beeld te krijgen van het droogproces binnen Stempher worden 18 pallets gemeten. Deze pallets verschillen in zaksoort, opslagruimte en verpakking. De palletspecificaties zijn hieronder zichtbaar.

De drie soorten zakken:

- AA zakken (AA)
- AA zakken met plastic binnenkant (AA+PE)

Figuur 14: AA zak

- AB zakken (AB)

Figuur 15: AB zak

De drie soorten verpakkingsmanieren:

- Losse pallets, zonder verpakking

Figuur 16: Foto van AB zakken los op een pallet

- Plat gedrukte pallets met banden

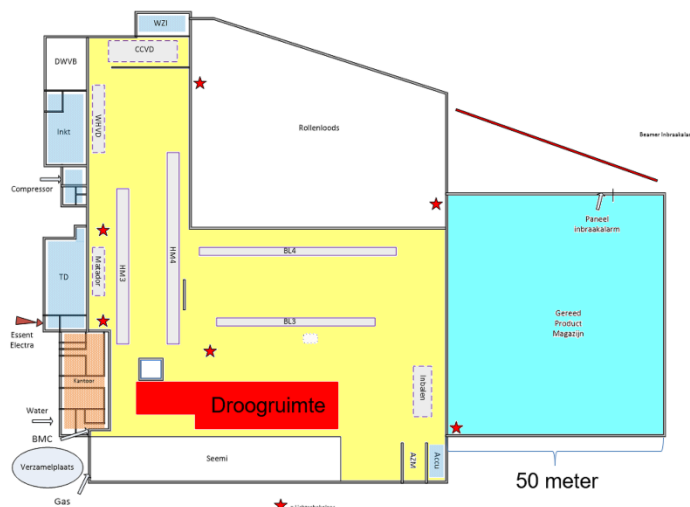
Figuur 17: Foto van AB zakken op een pallet met een dekplaat, plastic waarna deze vastgebonden zijn

- Plat gedrukte pallets met banden en folie

Figuur 18: Foto van AB zakken op een pallet met een dekplaat, plastic, banden en folie ter afdichting

De twee opslaglocaties:

- De droogruimte in zone 1 (D)
- Het gereed product magazijn (G)



Figuur 19: Plattegrond droogruimte en gereed product magazijn (blauw)

Meetmethode

Om de metingen te reguleren wordt iedere ochtend vanaf 09:45 uur gemeten en zal per pallet bovenop de 11^e laag van boven gezien gemeten worden. Het is belangrijk om het tijdstip van meten en de plek van meten consistent te houden, zodat dit geen variabelen zijn die de resultaten beïnvloeden. De plek waar gemeten wordt (11^e laag) geldt alleen voor alle losse en gebonden pallets. De gebaalde pallets hebben allen een luik (zie figuur 20) waarin gemeten wordt, waardoor deze ook op steeds dezelfde hoogte gemeten worden. Per pallet wordt de relatieve vochtigheid en de temperatuur gemeten, zoals bepaald in hoofdstuk 4. De temperatuur en relatieve vochtigheid van de lucht worden ook op beide locaties gemeten. De metingen stoppen zodra er 20 seconden achtereenvolgend dezelfde waarde wordt gemeten. Dit heb ik de eerste dag bepaald. Toen ben ik gaan klokken hoelang dezelfde waarde achtereenvolgens gemeten werd. Na 20 seconden

veranderde de zichtbare waarde niet meer tussen 15-20 seconden veranderde de waarde vaak wel nog en daarom is gekozen voor 20 seconden meten.

Figuur 20: Foto van een afgedicht luik bij een ingebaalde pallet

Tabel 8: Specificaties van de gemeten orders

Productiedatum	Order nummer	Specificaties	Palletnummer los DR	Palletnummer los GPM	Palletnummer gebonden DR	Palletnummer gebonden GPM	Palletnummer gebaald DR	Palletnummer gebaald GPM
XX-XX-2018	XXXXXX	AB	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
XX-XX-2018	XXXXXX	AA	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
XX-XX-2018	XXXXXX	AA+ PE	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX



Figuur 21: Foto van de opstelling in het gereed product magazijn

5.1.2 Resultaten van de metingen

In appendix D staan alle metingen. Deze waarden en grafieken zijn geanalyseerd.

Allereerst is gekeken naar het verschil tussen de droogruimte en het gereed product magazijn. Hierbij is gekeken naar het verschil in de temperatuur, relatieve vochtigheid en absolute vochtigheid van de lucht.

Tabel 9: verschillen van de twee verschillende ruimtes

	Temperatuur [°C]	Relatieve vochtigheid [%]	Absolute vochtigheid [g/kg]
Droogruimte	25,74	48,96	10,22
Gereed product magazijn	19,87	63,74	9,31
Vershil (D-GPM)	5,87	-14,78	0,91

De temperatuur in de droogruimte is consequent hoger dan de temperatuur in het gereed product magazijn. Daarentegen is de relatieve vochtigheid consequent lager in de droogruimte. Dit is te verklaren door het feit dat warme lucht meer water vast kan houden. Zou de hoeveelheid water in een ruimte niet veranderen maar de temperatuur wel, dan neemt de relatieve vochtigheid af. Dat er uiteindelijk meer waterdamp in de droogruimte zit in vergelijking met het gereed product magazijn is goed zichtbaar bij de absolute vochtigheid. De pallets gedragen zich hetzelfde als de lucht. De pallets in de droogruimte hebben consequent hogere temperaturen, lagere relatieve vochtigheden en hogere absolute vochtigheden in vergelijking met de pallets in het gereed product magazijn.

Vervolgens is gekeken naar het verschil in verpakkingsmanieren. Uit de grafieken blijkt dat de manier van verpakken geen invloed heeft op de temperatuur van de pallet. Echter, de manier van verpakken heeft wel invloed op de relatieve en absolute vochtigheid. Bij de onderzochte AA zakken is de

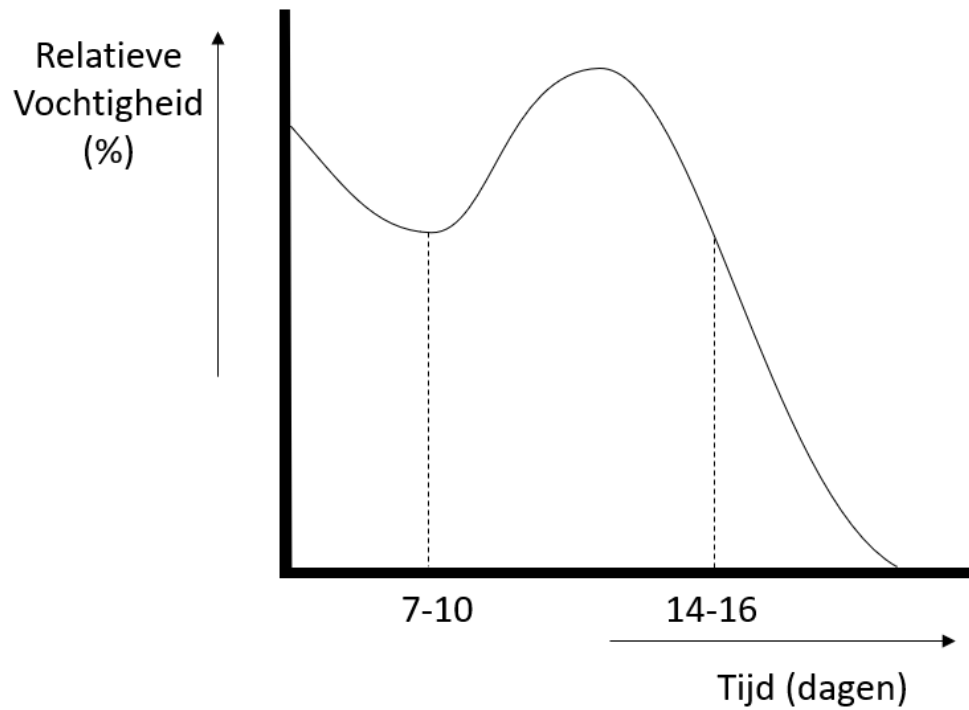
relatieve en absolute vochtigheid van de ingebaalde pallets significant hoger dan die van de losse en vastgebonden pallets. Naast dat de vochtigheid hoger is, heeft de relatieve vochtigheid van de ingebaalde pallets minder schommelingen.

De consequent hogere vochtigheid ontstaat waarschijnlijk omdat de ingebaalde pallets hun vocht moeilijker kwijt kunnen aan de omgeving. Het plastic zorgt ervoor dat bijna alle contact met de omgevingslucht weg is en dit contact is van belang voor het afstaan van vocht. Het ontbreken van hevige schommelingen bij de ingebaalde pallet komt ook door het wegnemen van omgevingscontact. Papier is een hygroscopisch materiaal, dit betekent dat papier steeds opzoek is naar een evenwicht met haar omgeving. Komt er meer waterdamp in de omgevingslucht, dan zal het papier ook meer water opnemen totdat de hoeveelheid waterdamp in de lucht gelijk is aan dat van het papier. Als het papier niet in aanraking komt met de omgevingslucht hoeft het papier zich niet constant aan te passen aan de alsmaar veranderende luchtvochtigheid. Hierdoor zijn er minder schommelingen in de relatieve vochtigheid. Het verschil tussen de losse pallets en vastgebonden pallets is significant kleiner dan het verschil tussen deze groepen en de ingebaalde pallets. Wel hebben de vastgebonden pallets vaak een iets hogere relatieve en absolute vochtigheid.

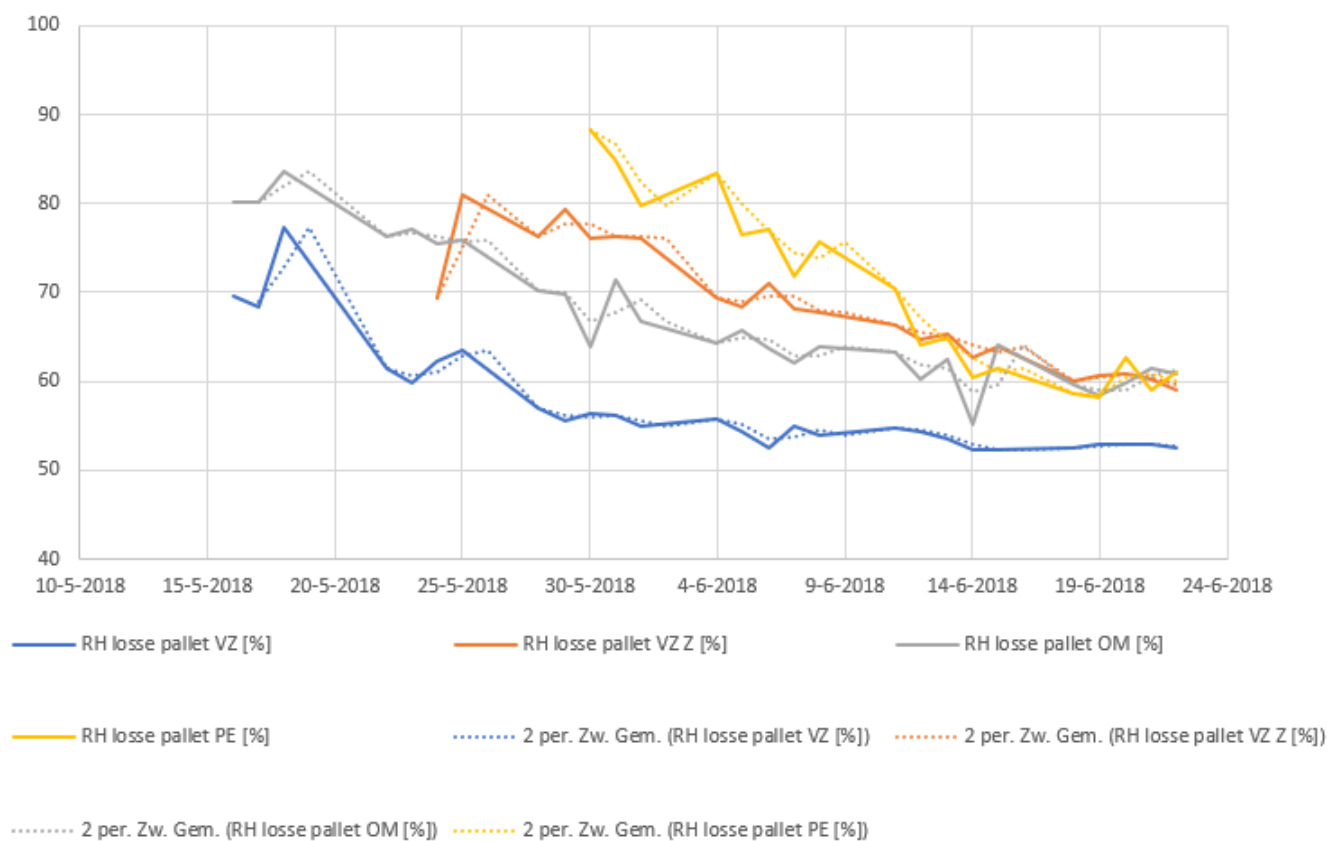
Vervolgens is gekeken naar het verschil tussen de verschillende soorten zakken. Bij alle soorten zakken (AA, ventiel en AA zakken met plastic) daalt de relatieve vochtigheid in de loop van de tijd. Van dag tot dag gekeken, vindt er soms een stijging plaats maar over de totale gemeten periode daalt de relatieve vochtigheid. De snelheid van de afname is afhankelijk van de soort zak. De relatieve vochtigheid van AA zakken neemt ten opzichte van AB zakken sneller af. De meting van de AA zakken met plastic korter heeft geduurd dan de andere twee metingen en kan daarom niet goed vergeleken worden.

De mogelijke verklaring voor het verschil tussen de twee soorten zakken is de opbouw van de zakken; AB zakken hebben meer lijm nodig tijdens het productieproces. Bij open mondzakken worden de wanden aan elkaar gelijmd en de bodem en de bodemlegger verlijmd. Bij AB zakken vindt er naast deze twee verlijmingen ook nog de verlijming van het ventiel en van de kop plaats. Hierdoor zit door het gehele product meer lijm en dit zorgt voor meer vocht in de zak waardoor het langer duurt voordat alle vocht is uitgetreden.

Tot slot is gekeken of de hypothese klopt met de werkelijkheid. De hypothese was gericht op de huidige manier van drogen in de droogruimte dus middels losse pallets. Dit is de reden dat in onderstaande grafiek alleen het droogpatroon van de losse pallets in de droogruimte zichtbaar is.



Figuur 22: Hypothese van het droogpatroon



Figuur 23: Gemeten relatieve vochtigheid

In figuur 23 is het zichtbaar dat de hypothese niet overeenkomt met de gemeten relatieve vochtigheid. Allereerst is het patroon daling, stijging, daling, niet zichtbaar in de gemeten waarden. Er zijn dalingen en stijgingen maar deze verlopen niet zoals de hypothese. Daarnaast voorspelde de hypothese dat zakken na 4 tot 5 weken droog zouden zijn. Dit is sowieso niet realistisch door de hygroscopische kenmerken van papier. Echter na vijf en een halve week meten voldoen de zakken nog altijd niet aan de eisen die Stempher haar klanten oplegt. Stempher's eisen stellen dat zakkenopslag gebeurt bij een maximale relatieve vochtigheid van 50%. Na vijf en een halve week zit geen van de gemeten pallets onder deze grenswaarde.

5.1.3 Conclusie en discussie

Conclusie

De aannames van Stempher wat betreft de droogtijd en het droogpatroon zijn niet correct. Er is een daling in de relatieve vochtigheid maar deze gaat trager dan verwacht. Omdat de omgevingstemperatuur en vochtigheid invloed hebben op de temperatuur en vochtigheid van losse zakken, is het raadzaam om te onderzoeken wat het droogpatroon in de winter is. In de winter zijn de temperatuur en de relatieve vochtigheid gemiddeld genomen lager dan in de zomer, mogelijk beïnvloedt dit de tijd en het patroon van het drogen.

Discussie

Bij dit onderzoek horen een aantal kanttekeningen die in acht genomen moeten worden, kijkend naar de resultaten.

Allereerst was ik alleen doordeweeks bij Stempher, dus hebben geen metingen plaats gevonden in de weekenden en tijdens feestdagen. Het ontbreken van deze dagen heeft invloed op de grafieken die opgesteld zijn aan de hand van de metingen.

Ten tweede zijn de AB zakken de eerste dagen niet correct gemeten. Zoals zichtbaar in de Excelfile worden er vanaf 24-05-2018 2 metingen per dag genoteerd bij de pallets met losse AB zakken en pallets met de AB zakken met banden. Voor 24-05-2018 mat ik iedere dag de bodem van de AB zakken omdat dit de manier was zoals de productiemedewerker het mij toonde op de eerste dag van de metingen. Op 24-05-2018 werd ik erop gewezen dat het meeste vocht in AB zakken bij het ventiel zelf zat. Vanaf dat moment heb ik twee metingen per pallet per dag uitgevoerd, één meting bij de bodem van de zakken en één bij het ventiel van de zakken. De metingen van de AB zakken van de eerste paar dagen zijn dus niet representatief. Dit moet meegenomen worden bij het evalueren van de resultaten. Om de beginperiode niet verloren te laten gaan is gekozen om vanaf dat moment, de AB zakken op twee punten te meten; op de bodem en bij het ventiel. De grafieken met de naam VZ D en VZ GPM zijn de resultaten van de bodemmeting en de grafieken met de naam VZ D Z en VZ GPM Z zijn de resultaten van de ventielmetingen.

Ten derde heeft het weer invloed op het droogproces, zodra er sprake is van extreem weer zal het droogproces anders verlopen. Tijdens de laatste twee weken van mei was er sprake van extreme weersomstandigheden. Er waren hoge temperaturen met een hoge luchtvochtigheid. Dit is in Nederland extreem in deze periode van het jaar. Echter, door de opwarming van de aarde veranderd ons klimaat en wordt dit mogelijk wel de standaard in de toekomst. Of het hier om een eenmalige uitschieter gaat of om een blijvende verandering is niet bekend. Daardoor is het mogelijk dat deze twee weken niet de standaard zijn qua meetresultaten, dus niet representatief.

Ten vierde heeft Stempher op 01-06-2018 industriële ventilatoren en condensatiedrogers gehuurd en geplaatst in zone 1. De aanleiding hiervoor was de hoge temperatuur in de weken daarvoor. Deze

apparatuur stond deels in de droogruimte van zone 1. De dichtstbijzijnde machine stond hemelsbreed ongeveer 15 meter van de te meten pallet vandaan. Ook al stonden de machines niet in de buurt van de te meten pallets, ze hebben invloed gehad op de luchtvochtigheid. Aangezien de luchtvochtigheid invloed heeft op de relatieve vochtigheid van de zakken, hebben deze machines invloed gehad op de droogsnelheid van de zakken. Het is alleen lastig vast te stellen wat de exacte invloed van deze machines is geweest.

Ten vijfde is het vanwege het tijdsgebrek niet mogelijk geweest de pallets te meten totdat deze volledig droog waren. Hierdoor is de analyse niet compleet.

Alle bovenstaande aspecten hebben mogelijkerwijs invloed gehad op de metingen en de bijbehorende resultaten. Mocht dit onderzoek herhaald worden, kan het ontbreken van deze aspecten invloed hebben op het mogelijke afwijkende resultaat.

5.2 Methoden ter versnelling van het droogpatroon

Op dit moment wordt niets gedaan ter ondersteuning van het droogpatroon. In deze paragraaf wordt gekeken naar mogelijke manieren om het droogpatroon te versnellen.

5.2.1 Ventilatie

Ventilatie heeft invloed op de relatieve vochtigheid in een gebouw. Hoe lager de relatieve luchtvochtigheid, des te meer vocht kan het papier afstaan aan de omgeving. Het is daarom van belang om naar de ventilatie in een gebouw te kijken. Er zijn verschillende soorten ventilatie, Seppänen & Kurnitski (2009)^[4]; natuurlijke ventilatie, mechanische ventilatie en hybride ventilatie.

Natuurlijke ventilatie betekent doorgaans ventilatie zonder hulp van apparaten. Dit ontstaat door lekkage, door barsten en poreuze materialen en ramen in gebouwen. Door deze lekkages en ramen probeert de lucht een evenwicht te bereiken. De voordelen van natuurlijke ventilatie zijn de lage kosten wat betreft aanschaf en onderhoud, gemakkelijke toepasbaarheid en de afwezigheid van geluidsoverlast. De nadelen van natuurlijke ventilatie zijn de oncontroleerbaarheid van de luchtstroomrichting, snelheid en luchtkwaliteit en de onbruikbaarheid als ventilatiemethode in grote ruimtes. Door het ontbreken van controle is het moeilijk om natuurlijke ventilatie te gebruiken als ondersteuning van het in toom houden van de relatieve vochtigheid.

Om natuurlijke ventilatie beter te controleren kan men bij het ontwerpen van het gebouw rekening houden met aspecten die ventilatie veroorzaken. Door bijvoorbeeld ramen tegenover elkaar te plaatsen kan ventilatie door de hele ruimte afgedwongen worden. Het bewust creëren van natuurlijke ventilatie in gebouwen is vooral toepasbaar in gematigde klimaten.

Een ventilatiesysteem is mechanisch zodra de ventilatiesnelheid constant is ongeacht de weersomstandigheden en zonder dat er mensen aan te pas komen. De voordelen van mechanische ventilatie zijn dat het gebouw luchtdicht kan zijn, de mogelijkheid om lucht te filtreren en het reguleren van drukverschillen. Nadelen van mechanische ventilatie zijn de extra kosten omtrent aanschaf, onderhoud en gebruik, de grote ruimte inname en geluidsoverlast van het ventilatiesysteem. Er zijn twee soorten mechanische ventilatie, mechanische afzuiging en mechanische toevoer en uitlaat ventilatie.

Bij mechanische afzuiging wordt lucht van lage kwaliteit afgezogen met een constante afvoersnelheid. Door de kleine onderdruk die ontstaat in de ruimte waar afzuiging plaats vindt, wordt plaatselijke condensatie voorkomen. Door mechanische afzuiging te gebruiken wordt de kans op tocht in de winter vergroot, ook vindt deze vorm van ventilatie niet evenwichtig gespreid plaats.

Bij mechanische toevoer en uitlaat ventilatie wordt de lucht toegevoerd via schachten of ventilatoren en afgevoerd via schachten en afzuigingen. Voordelen hier van zijn de grote toevoer van verse lucht, de constante werking ongeacht de weersomstandigheden en de energiezuinigheid ten opzichte van mechanische afzuiging. Het grootste nadeel is het vele benodigde onderhoud omdat het ventilatiesysteem vervuild raakt.

Hybride ventilatie zijn systemen die natuurlijke en mechanische ventilatie combineren. Vaak bestaan hybride ventilaties uit energiezuinige ventilatoren en schachten waardoor de lucht op een natuurlijke wijze stroomt. Zodra de luchtdoorstroming te laag is, worden de ventilatoren ingeschakeld.

Door de combinatie zijn hybride systemen kosten- en energie-efficiënter dan mechanische ventilatoren en niet afhankelijk van het klimaat in tegenstelling tot natuurlijke ventilatoren.

Bij het kiezen van een ventilatiesysteem, moet rekening gehouden worden met het feit dat Stempher werkt met strenge hygiënische eisen. Aangezien buitenlucht een bron van vervuiling kan zijn, zullen niet alle systemen toepasbaar zijn voor Stempher.

Tabel 10 vat bovengenoemde opties samen.

Tabel 10: Toepassingen van de soorten ventilatie.

Soort ventilatie	Toepassing
Natuurlijke ventilatie	Ventilatie ontstaat door gericht plaatsen van ramen en gaten. Natuurlijke ventilatie is niet beïnvloedbaar.
Mechanische ventilatie	Ventilatie wordt geleid door schachten. Lucht wordt mechanisch afgezogen en optioneel mechanisch toegevoerd. Mechanische ventilatie moet actief onderhouden worden.
Hybride ventilatie	Ventilatie wordt geleid door schachten. De lucht verplaatst natuurlijk, maar wordt indien gewenst ondersteund door mechanische ventilatoren. Deze ventilatoren moeten actief onderhouden worden.

5.2.2 Machinale droogprocessen

Met behulp van machines kan het droogproces van papieren verpakkingen versneld worden. De hieronder benoemde methoden zijn allen machinale droogprocessen. Vele van de artikelen behorende bij de droogprocessen waren niet toegespitst op papieren delen drogen, maar op het algemene droogpatroon of het drogen van recent geproduceerd papier. Dit moet in acht genomen worden bij het kiezen van een droogmethode.

Drogen is een proces waarbij een materiaal vrij wordt gemaakt van vloeistoffen. Bij industriële droogpatronen wordt vaak gebruik gemaakt van warmte. Zodra een vochtig vast product bloot wordt gesteld aan warmte ontstaan twee processen;

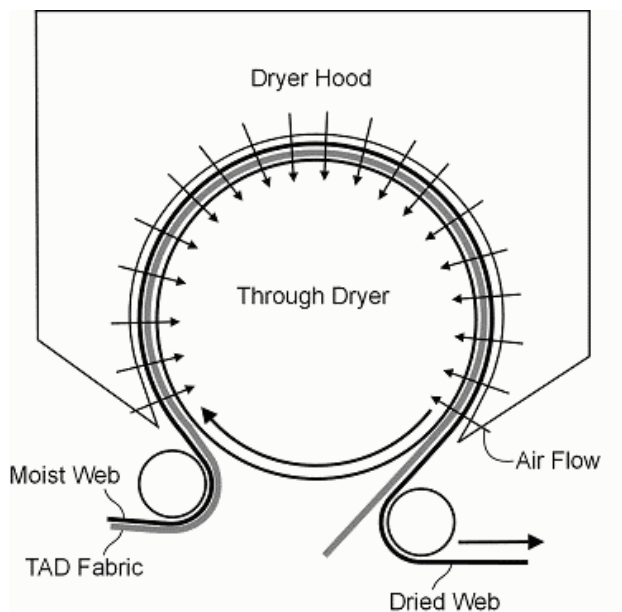
- Energieverplaatsing, voornamelijk in de vorm van warmte van de omgeving, waardoor het oppervlakkige vocht verdampst.
- Interne vochtigheid verplaatst naar de oppervlakte.

Deze processen verlopen gelijktijdig, de droogsnelheid wordt bepaald door de snelheid van bovenstaande processen. Aangezien alleen het eerste proces beïnvloedt kan worden door externe factoren zijn de meeste industriële drogers erop gericht om dit proces te versnellen.

Er zijn meer dan 100 verschillende soorten industriële drogers. Deze grote keuze komt doordat industriële drogers al een lange tijd bestaan. Niet alle varianten zijn geschikt voor het drogen van papier. Wordt de foute variant toegepast, kan dit onomkeerbare schade opleveren.

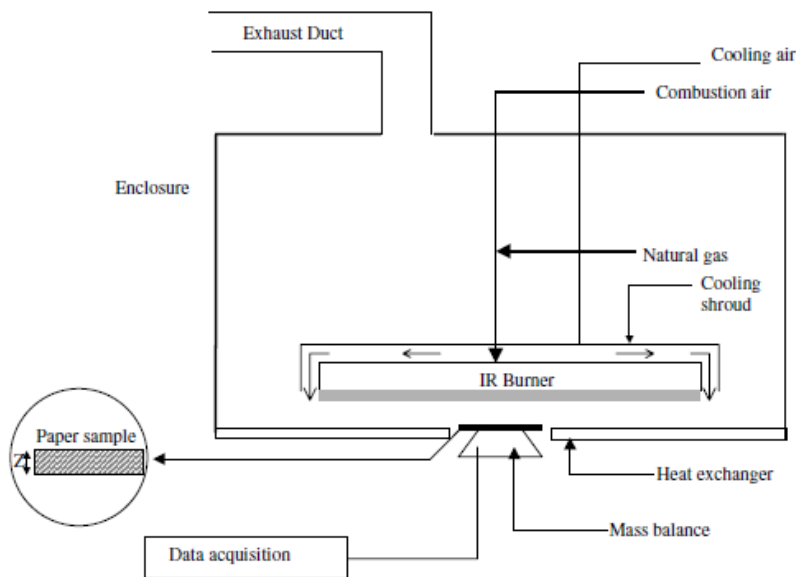
De onderstaand genoemde droogmethoden zijn gekozen omdat ze òf geschikt zijn voor het drogen papier en pulp òf omdat het een veel voorkomende droogtechniek is.

Through-air dryers (TAD)^[5] zijn cilindrische permeabele drogers, waarbij het te drogen materiaal over de cilinders wordt geleid (zie figuur 24). Zodra het materiaal over een cilinder gaat, wordt er lucht tegen aangeblazen, waardoor het materiaal in de cilinder wordt gedrukt. Hierdoor ontstaat een blijvende afdruk op het materiaal. De droogcapaciteit van de droger wordt bepaald door de hoeveelheid cilinders en de kracht van de ventilator. Deze manier van drogen is bedoeld voor een continue aanvoer van papier.



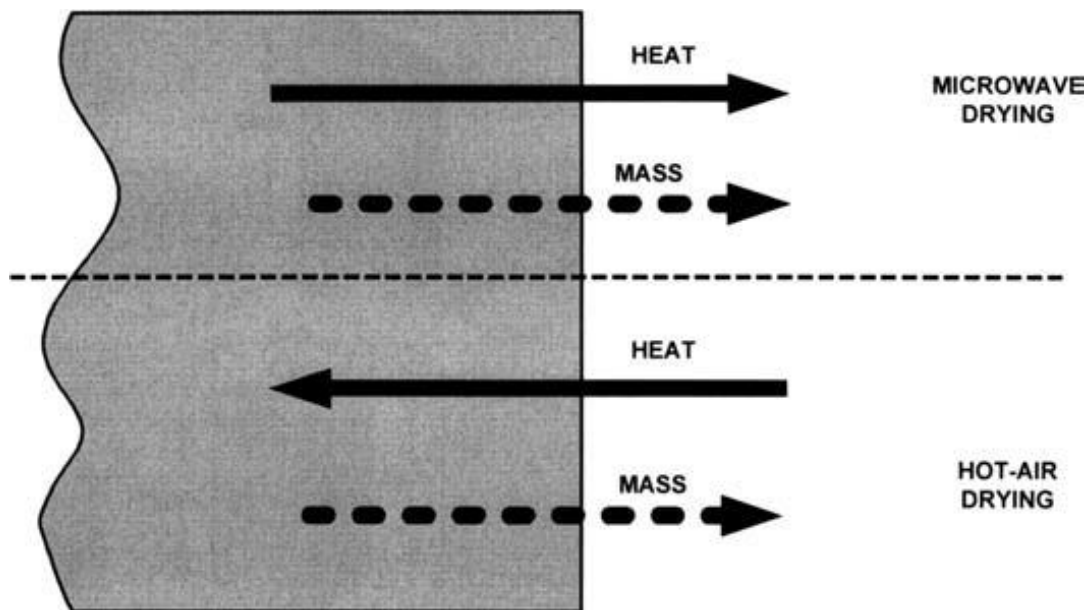
Figuur 24^[6]: Schematische weergave TAD. (Bron: Lindsay et al. (2003))

Gasgestookt infrarood drogen, is een methode waarbij het papier van boven af bestraald wordt door infrarood (zie figuur 25). Deze manier van drogen duurt bij papier slechts enkele seconden. Duurt dit droogproces te lang dan kan het papier verkleuren of zelfs in brand vliegen. Deze manier van drogen is toepasbaar op losse zakken papier en of het toepasbaar is op de combinatie papier en plastic is onbekend.



Figuur 25^[7]: Schematische weergave gasgestookt infrarood drogen. (Bron: Yagoobi et al. (2007))

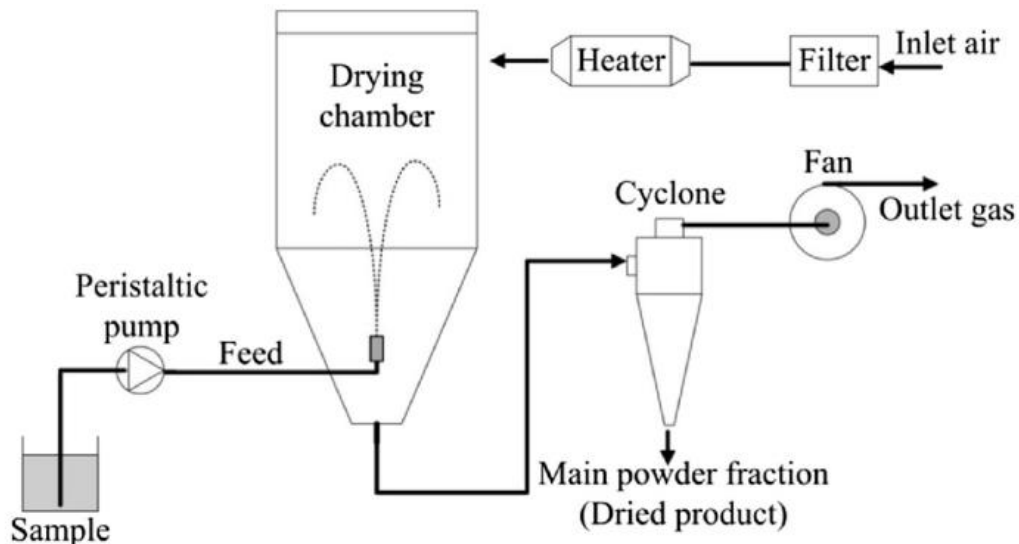
Gefluidiseerd bed drogen wordt ondersteund door middel van een magnetron en dit is anders dan drogen door conventionele warmtebronnen. Bij conventionele warmtebronnen gaat de warmte naar binnen en de verdampte watermassa naar buiten. Bij magnetron drogen gaan zowel de warmte als de watermassa naar buiten (zie figuur 26). Hierdoor is de kans dat een (theoretisch gezien) droog voorwerp daadwerkelijk droog is, aanzienlijk groter. Daarnaast verkleint deze vorm van warmteverplaatsing de kans op krimp en schade aan de buitenkant van het voorwerp.



Figuur 26^[8]: Schematische weergave hitte en massa verplaatsing. (Bron: Araszkievicz et al. (2006))

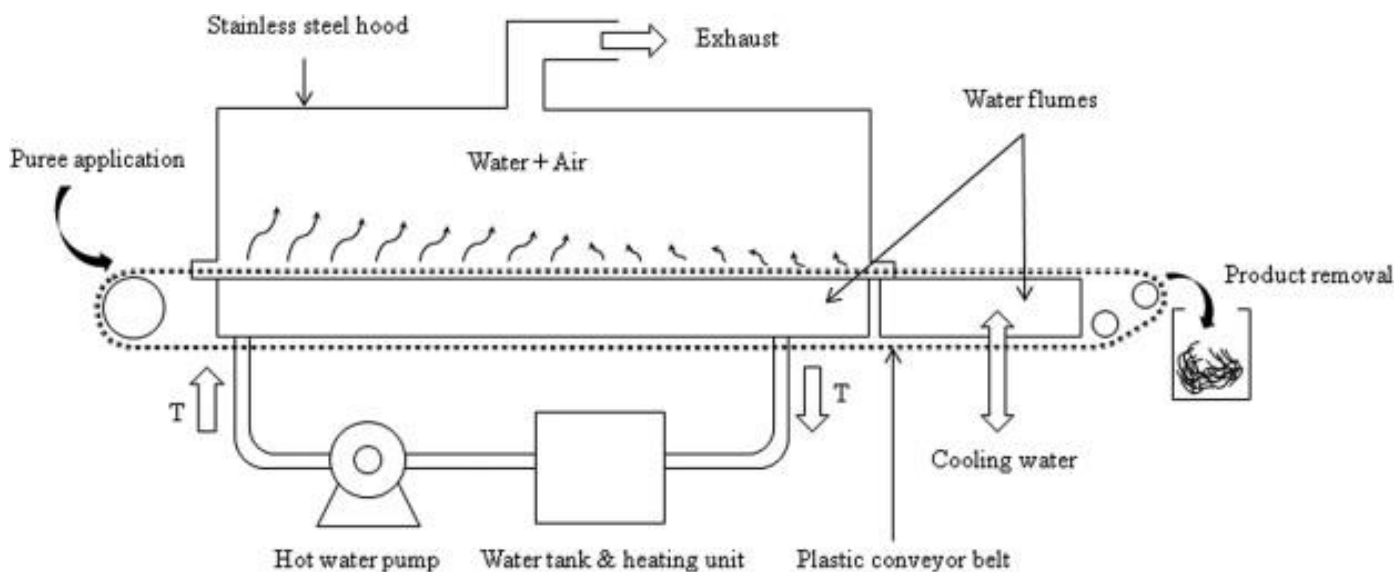
De droogsnelheid van magnetron ondersteund gefluidiseerd drogen is substantieel sneller dan de droogsnelheid van conventionele warmtebronnen, maar er is nog niet voldoende onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid van deze droogmethode op papierdroging met een eventuele plastic binnenzak. Het drogen van alleen papier kan in theorie via deze methode maar of het plastic niet deformeert door deze manier van drogen is onbekend.

Sproeidrogen^[9] is een proces waarbij druppels gedroogd worden (zie figuur 27). Hierbij is de droogsnelheid afhankelijk van de druppelgrote. Sproeidrogen zorgt voor het drogen van het product en voor het behouden van de ronde vorm van het product. Sproeidrogen is niet geschikt voor papieren verpakkingen, omdat sproeidrogen vooral gericht is op kleine eindproducten, zoals gedroogde kaas.



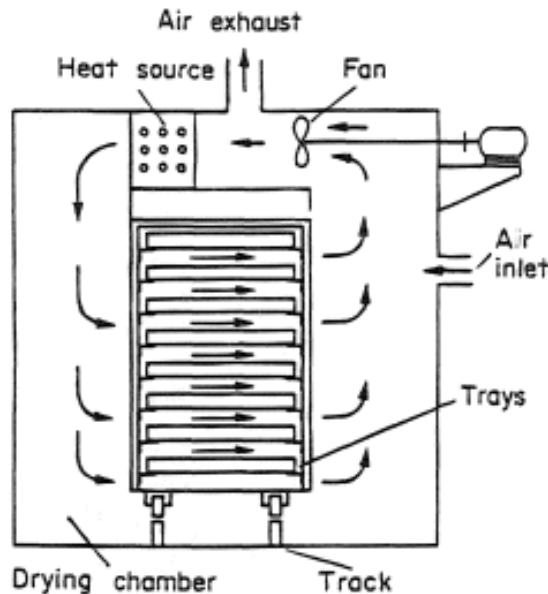
Figuur 27^[10]: Schematische Sproeidrogen. (Bron: Khuenpet et al. (2016))

Een lopende band droger is een droogoven waar de producten op een permeabele lopende band liggen (zie figuur 28). Het drogen bij lopende band drogen kan door middel van hete lucht of door middel van heet water gebeuren. Bij hete lucht drogen wordt bovenop de lopende band hete lucht toegediend en onderop wordt deze lucht weggezogen. Op deze manier gaat de hete lucht door het materiaal. Bij heet water drogen loopt heet water onder de band en boven de band wordt een combinatie van water en lucht afgezogen. Lopende band drogen wordt veel gebruikt in de voedselindustrie. Het is ook toepasbaar op pulp maar of het toepasbaar is op papieren verpakkingen met eventuele plastic binnenkant is onbekend.



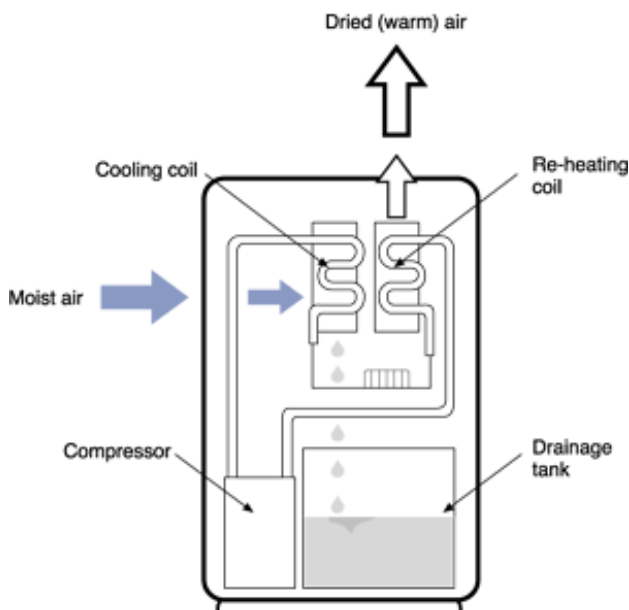
Figuur 28^[11]: Schematische lopende band droger. (Bron: Caparino et al. (2012))

Industriële droogkasten zijn grote kasten waarin lades geplaatst kunnen worden (zie figuur 29). De producten verblijven in deze kast totdat ze droog zijn. Het drogen gebeurt door warme lucht aan de ene kant van de kast in te pompen en aan de andere kant van de kast de inmiddels afgekoelde lucht eruit te zuigen. Het nadeel van deze droogkasten is de niet gelijke distributie van de warmte. Deze kasten zijn voor vele industrieën bruikbaar waaronder de verpakkingindustrie.



Figuur 29^[12]: Schematische weergave van een droogkast. (Bron: Sloan (1964))

Bij condensatiedrogen wordt de omringende lucht gedroogd in plaats van de zakken zelf. Vochtige hete lucht komt in de droger. Hier wordt de lucht afgekoeld. Koude lucht kan minder water bevatten dan warme lucht, daarom zal een deel van het water condenseren. Deze condens wordt opgevangen in een tank waarna de afgekoelde, gedroogde lucht de ruimte ingeblazen wordt (zie figuur 30). Deze methode heeft Stempher tijdens mijn verblijf al eens tijdelijk toegepast. Het is dus toepasbaar binnen Stempher.



Figuur 30^[13]: Schematische weergave van een condensatiedroger. (Bron: Mitsubishi electric (z.d.))

Tabel 11: Samenvatting van alle machinale droogmethoden

Droogmethode	Toepassing
TAD	Drogen gebeurt over permeabele cilindrische rollen, deze rollen zuigen de lucht op die door het papier heen geduwd is. Hiermee worden producten met een continue aanvoer gedroogd.
Gasgestookt infrarood drogen	Drogen gebeurt door infraroodstraling. Producten worden van bovenaf bestraald.
Magnetron ondersteund geïnduseerd bed drogen	Door middel van elektromagnetische straling worden producten gedroogd. Bij deze manier van drogen wordt eerst de kern droog en daarna de buitenkant. Hierdoor is de kans op krimp en schade aan de buitenkant klein.
Sproeidrogen	Tijdens het drogen worden door middel van hitte de kleine eindproducten gescheiden van de vloeistof. Het eindproduct dat overblijft is in poedervorm.
Lopende band drogen	Het product beweegt over een transportband van de ingang van de oven naar de uitgang. Ondertussen wordt vanuit de boven- of onderkant hitte toegediend. Nadat dit door het product is gegaan wordt het aan de andere kant weggezogen.
Industrieel droogkast drogen	Elk product wordt op een eigen lade gelegd. Deze lades gaan in droogkasten en worden door middel van warme lucht gedroogd.
Condensatie drogen	De lucht in een ruimte wordt gedroogd. Warme lucht wordt in de droger gezogen en afgekoeld. Door de afkoeling geeft de lucht water af en is de lucht die uit de droger komt droger dan voorheen.

5.2.3 Mogelijke toepassingen binnen Stempheer

Momenteel is geen sprake van klimaatbeheersing in zone 1. Er is wel natuurlijke ventilatie, maar deze is niet beheersbaar. Daarom is er gekeken naar het mogelijk verbeteren van dit proces. Hieronder is gekeken naar de realiseerbaarheid van de in paragraaf 5.2.1 beschreven alternatieven.

Natuurlijke ventilatie kan door het opzettelijk plaatsen van ramen of kieren deels gestuurd worden. Echter, natuurlijke ventilatie blijft afhankelijk van het weer, waardoor een groot verschil van de hoeveelheid ventilatie per dag kan optreden. Om deze reden is het niet aan te raden natuurlijke ventilatie als droogmethode voor de droogruimte te gebruiken.

Er zijn twee deelgroepen binnen mechanische ventilatie. Ventilatie waarbij alleen de afvoer geregeld wordt en ventilatie waarbij de toe- en afvoer geregeld wordt.

Ventilatie waarbij alleen de afvoer geregeld wordt, zorgt voor een constante afvoer van lucht. De nadelen van deze methode is de kans op tocht in de winter en het niet evenwichtig verspreiden van de af te voeren lucht. Het ontbreken van evenwichtigheid bij de verspreiding van lucht heeft invloed op het verschil in droogtijd per pallet. Om het deelproces zo standaard mogelijk te houden, is het aan te raden de droogverschillen per pallet te minimaliseren. Dit is de reden dat deze meetmethode niet geschikt is voor Stempheer.

Bij mechanische toe- en afvoer wordt een constante hoeveelheid verse lucht toegevoerd en een constante hoeveelheid lucht van lage kwaliteit afgevoerd. Dit gebeurt evenwichtig. Stempheer's strenge eisen in zone 1 stellen dat er geen vuil van buiten in zone 1 mag komen. Voor mechanische toe- en afvoer zou dit betekenen dat een luchtfilter nodig is. Dit maakt deze methode onderhoudsintensief.

Hybride ventilatie is een combinatie van natuurlijke en mechanische ventilatie, waarbij natuurlijke ventilatie de basis is. Komt de natuurlijke ventilatie onder een grenswaarde wordt deze ondersteund

door mechanische ventilatoren. Deze manier van ventilatie verloopt via schachten. Hierdoor kan het stromingspatroon van de lucht beter gecontroleerd worden dan bij natuurlijke ventilatie en is dit een mogelijke oplossing. Wel moet bij deze methode net als bij mechanische toe- en afvoer rekening gehouden worden met het toevoegen van een luchtfilter, om aan de HACCP-eisen te voldoen.

Naast ventilatie om het droogproces te ondersteunen kan ook gekozen worden voor machinaal drogen. In paragraaf 5.2.2 worden verschillende droogprocessen beschreven. Hieruit wordt duidelijk dat TAD en sproeidrogen niet toepasbaar zijn op papieren verpakkingen. In droogkasten krijgt elke zak een eigen tray. Door de grote hoeveelheid zakken (Stempher produceert honderdduizenden per week) is het niet realistisch om droogkasten toe te passen.

De droogprocessen die overblijven zijn gasgestookt infrarood drogen, Magnetron ondersteund gefluïdiseerd bed drogen, lopende band drogen en condensatiedrogen.

Gasgestookt infrarood drogen is toepasbaar op papier. Of deze manier van drogen geschikt is voor Stempher zal onderzocht moeten worden. Een manier om dit te onderzoeken is door middel van testen met producten van Stempher. Wat bij deze testen belangrijk is, is het inschatten van het risico dat het drogen fout gaat. Gasgestookt infrarood drogen duurt maar enkele seconden. Ligt het product te lang in de droger dan kan dit in brand vliegen. Enkele seconden kan het verschil maken tussen droge, natte of verbrande producten. Het risico op mislukking is bij gasgestookt infrarooddrogen dus groter dan het risico op mislukking bij de andere methoden.

Magnetron ondersteund gefluïdiseerd bed drogen is een methode die toepasbaar is op papier. Een nadeel is dat het onbekend is, of deze methode toepasbaar is op papieren zakken en plastic. Dit zal eerst verder onderzocht moeten worden. Mocht deze methode toepasbaar zijn voor Stempher is het te overwegen deze te kiezen boven andere methoden. De aanschaf van deze optie is vaak duurder dan de aanschaf van conventionele opties, maar de gebruikskosten zijn over het algemeen lager. Waardoor het op lange termijn loont om voor deze optie te kiezen.

Lopende band drogen wordt voornamelijk toegepast op pureeachtige materialen zoals papieren pulp. Papieren zakken bevatten significant minder water dan pulp. Er is niets te vinden over lopende band drogen in combinatie met verpakkingen of het eindproduct papier. Net als bovenstaande opties zal Stempher deze methode eerst moeten onderzoeken voordat het geïmplementeerd wordt.

De invloed van machinaal drogen op plastic is bij alle methoden onbekend. Stempher gebruikt dun plastic als binnenlaag. Van plastic is bekend dat het kan deformeren door hitte. Voordat de toepasbaarheid binnen Stempher van bovenstaande drogers onderzocht wordt, moet eerst de invloed van drogen op het plastic onderzocht worden. Mocht het plastic door deze manieren van drogen deformeren, is het niet aan te raden deze manieren toe te passen binnen Stempher.

Bij condensatiedrogen neemt de relatieve luchtvochtigheid af. Zoals in paragraaf 5.2.2. is beschreven, is deze methode al gebruikt door Stempher voor een periode van een week. Het is dus toepasbaar binnen Stempher. Wel moet rekening gehouden worden met het feit dat de luchtvochtigheid invloed heeft op de mens. Is de luchtvochtigheid te laag krijgen mensen last van lichamelijke klachten zoals droge ogen, Wolkoff (2018)^[14]. Mocht condensatiedrogen ingezet worden om de papieren verpakkingen sneller te drogen, dient goed in de gaten gehouden te worden dat de relatieve luchtvochtigheid niet onder de 40% komt, om te voorkomen dat werknemers in zone 1 ongemakken ervaren door deze lage luchtvochtigheid.

Tabel 12: Samenvatting van de mogelijke toepasbaarheid van de methoden

Methode	Toepasbaarheid binnen Stempheer
Natuurlijke ventilatie	Niet toepasbaar binnen Stempheer.
Mechanische ventilatie	Mechanische afvoer is niet toepasbaar binnen Stempheer. Mechanische toe- en afvoer is toepasbaar mits er aan de HACCP-eisen voldaan wordt.
Hybride ventilatie	Toepasbaar mits er aan de HACCP-eisen voldaan wordt.
TAD	Niet toepasbaar binnen Stempheer.
Gasgestookt infrarood drogen	Mogelijk toepasbaar binnen Stempheer. Verder onderzoek is nodig.
Magnetron ondersteund geïnduceerd bed drogen	Mogelijk toepasbaar binnen Stempheer. Verder onderzoek is nodig.
Sproeidrogen	Niet toepasbaar binnen Stempheer.
Lopende band drogen	Mogelijk toepasbaar binnen Stempheer. Verder onderzoek is nodig.
Industrieel droogkast drogen	Niet toepasbaar binnen Stempheer.
Condensatiedrogen	Toepasbaar binnen Stempheer.

6. De droogruimte als magazijn

De droogruimte kan op meerdere manieren verbeterd worden. Paragraaf 6.1 focust op het ruimtegebruik verbeteren. Naast het ruimtegebruik te verbeteren kan deelproces verplaatsing de ondercapaciteit ook opvangen, dit wordt onderzocht in paragraaf 6.2.

6.1 Magazijnontwerp

Om het ruimtegebruik van de droogruimte te verbeteren, heb ik deze benaderd als een magazijn. Een van de functies van de droogruimte is namelijk tijdelijke opslag.

6.1.1 Theoretisch magazijnontwerp

Onderzoek naar magazijnontwerp kan helpen bij het verbeteren van de droogruimte. De vraag die centraal staat in deze paragraaf is: Wat zijn de aspecten van magazijnontwerp?

Naar magazijnontwerp is beperkt onderzoek gedaan. Dit komt doordat de meeste onderzoeken binnen bedrijven plaats vindt en niet openbaar is. Dit moet in acht genomen worden.

Om een goed ontwerp te maken dienen eerst de functies van een magazijn vastgesteld worden. Volgens Larson, March & Kusiak (1997)^[15] heeft een magazijn vier functies. Deze zijn in chronologische volgorde: product ontvangen, product opslaan, order picking en verzending van het product. Waarbij de eerste drie functies plaats vinden in het magazijn en de vierde daarbuiten.

De functies die plaats vinden in het magazijn zijn belangrijk bij het ontwerpen van de magazijn lay-out. De magazijn lay-out bestaat uit verschillende lagen. Gu & Goetschlackx (2010)^[16] definiëren drie soorten lagen. De eerste laag is de globale lay-out, de beslissingen hierbij zijn: de plaats waar de invoer en uitvoer van producten plaats vindt, hoe de palletplaatsen zijn gestationeerd en hoe de gangpaden gestationeerd zijn. De tweede laag is de stellingen lay-out. Beslissingen hierbij zijn de stellingen grootte hiervan en deze zijn: $n \times m$. Waarbij n de diepte van de stellingen is, dus hoeveel pallets diep is de stelling en m de hoogte van de stellingen, dus hoeveel pallets de stelling hoog is. De derde laag is de productopslag Hierbij is de keuze uit drie manieren van opslag. Randomized storage; producten worden in de dichtstbijzijnde stelling beschikbaar geplaatst. Dedicated storage; vooraf is bepaald waar elk product gestationeerd wordt. Class-based storage; vooraf is bepaald in welk gebied het product gestationeerd wordt. De exacte opslagplek in dit gebied zal de dichtstbijzijnde beschikbare stelling zijn.

Er zijn vele andere beslissingen die gemaakt moeten worden. Alle beslissingen kunnen onderverdeeld worden. Rouwenhorst et al. (2000)^[17] verdeelt deze onder in drie beslissingstypen: strategische, tactische en operationele beslissingen.

Strategische beslissingen zijn langetermijn beslissingen die vaak een hoge investering vergen en voorbeelden zijn magazijn lay-out en dimensionering. Tactische beslissingen zijn middellange termijn beslissingen die vaak een kleine investering vergen en voorbeelden zijn afdeling lay-out en materiaalselectie. Operationele beslissingen zijn korte termijn beslissingen die vaak geen investering vergen en voorbeelden zijn batching en routing.

Baker & Canessa (2009)^[18] stellen dat een beslissing betreffende één aspect van het magazijnontwerp, invloed heeft op alle andere aspecten van het magazijnontwerp ook wel synthese genoemd. Tevens stellen ze dat, in de meeste wetenschappelijke artikelen, de specifieke magazijnproblemen vaak als een individueel iets gezien wordt, in plaats van een probleem door de gehele structuur van het magazijn.

Kritieke prestatie indicatoren (KPI's) helpen bij het meetbaar maken van het functioneren van het magazijn. Deze KPI's zijn volgens Cormier & Gunn (1992)^[19] verwerkingscapaciteit, opslagcapaciteit en magazijnontwerp modellen. Gu & Goetschlackx (2010) voegen hier kosten, service en ruimte bezetting aan toe.

Om deze KPI's te analyseren zijn verschillende meetmethoden mogelijk. Ashayeri & Gelders (1985)^[20] onderscheiden deze meetmethoden in analytische modellen en heuristieken. Analytische modellen zijn de meest precieze manier om de KPI's te meten, maar ze zijn moeilijk te implementeren door de vele verschillende variabelen. Heuristieken zijn minder precies dan analytische modellen, maar gemakkelijker en sneller te implementeren. Het is mogelijk om beide methoden te combineren. Op deze manier kunnen de sterke kanten van beide manieren benut worden. Bij het beslissen welke meetmethode te gebruiken, is het belangrijk om mee te nemen of de beslissingstype lange, middellange of korte termijn is. Hoe langer de termijn, des te nuttiger is het om geld en tijd te investeren in een zo precies mogelijke meetmethode.

6.1.2 Mogelijke toepassing binnen Stempher

Op dit moment wordt de hoogte in de droogruimte niet volledig benut doordat de pallets niet gestapeld kunnen worden en palletstellingen ontbreken. De pallets worden niet gestapeld omdat ze te instabiel zijn om te stapelen zolang ze niet ingebaald zijn. Tevens zorgen de niet uniforme maten (breedte, hoogte, diepte) van pallets voor problemen bij het gebruik van stellingen.

De niet uniforme palletmaat kan verholpen worden door gebruik te maken van stellingen met een bodem zoals de inschuifstelling. Dit soort stelling heeft een rollerbodem waarover de pallets rollen. Een voordeel van dit inschuifprincipe is, dat er naast de nu al bestaande paden, geen extra paden nodig zijn voor het neerzetten van de pallets. Hierdoor wordt de vloer zo optimaal mogelijk benut. Indien stellingen gebruikt worden, wordt opslag in de hoogte ook mogelijk.

Omdat de zakken los op de pallets kunnen liggen zijn de mogelijkheden betreffende het model van de inschuifstelling beperkt. Deze dient een automatische rollerbodem te hebben zodat de zakken niet van de pallet afvallen. Dit nadeel kan voorholpen worden door de pallets vast te binden voordat ze opgeslagen worden.

In een uitzonderlijk geval willen klanten pallets die hoger zijn dan de standaardmaat. Als deze zeer hoge pallets in een standaard stelling opgeslagen worden, zal dit leiden tot ruimteverlies omdat de hoogste pallet de norm moet zijn. Voor deze gevallen zal dus een deel van het magazijn vrij moeten zijn van stellingen. Daarom raad ik Stempher aan alleen de lange rijen te voorzien van tweehoog inschuifstellingen. Door de beperkte hoogte van de droogruimte is het niet mogelijk inschuifstellingen te plaatsen die hoger zijn dan tweehoog. Hierdoor blijft genoeg ruimte voor pallets die te hoog zijn om in deze stellingen te passen. De nieuwe capaciteit behorende bij deze oplossing is als volgt:

Tabel 13: Nieuwe capaciteit bij implementatie van de oplossing

	Aantal rijen	Aantal pallets per rij	Totaal aantal pallets
Smalle gedeelte	6	7	42
Brede gedeelte	24	11*2	528
Totale hoeveelheid			570

De totale capaciteitstoename is:

$$\frac{570 - 306}{306} * 100\% = 43,56\%$$

6.2 Deelprocessen verplaatsen

De belangrijkste restrictie gesteld aan het begin van deze bacheloropdracht is het ontbreken van uitbreidingsmogelijkheden. De buitenmuren van de bestaande ruimtes kunnen namelijk niet aangepast worden en het pand kan niet uitgebreid worden. Dit betekent dat zone 1 qua oppervlakte niet uitgebreid kan worden en daarom is het raadzaam om te kijken naar deelprocessen die mogelijk verplaatst kunnen worden. Op deze manier kan de capaciteit van de droogruimte toenemen.

6.2.1 Inbaalstraat verplaatsen

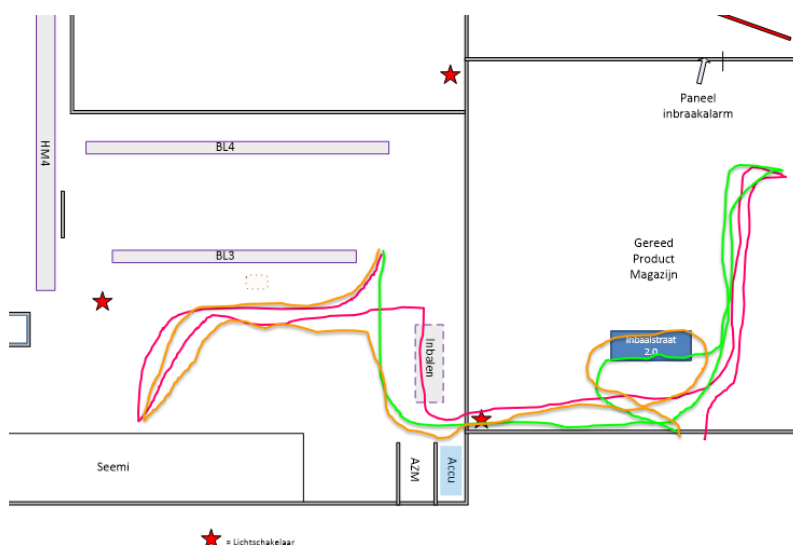
Als de inbaalstraat verplaatst wordt naar het gereed product magazijn zal de capaciteit van het drooggebied volgens onderstaande formule toenemen:

$$\text{Capaciteit drooggebied} = \text{Capaciteit droogruimte} + \text{Capaciteit gereed product magazijn}$$

De nieuwe situatie die ontstaat zodra de inbaalstraat verplaatst is, wordt: Pallets worden na het produceren direct in het gereed product magazijn of droogruimte opgeslagen. Hier kunnen ze zonder belemmering van banden en plasticfolie drogen. Vlak voordat de pallets naar de klant gaan, worden ze ingebaald en ingeladen in de vrachtwagen.

De voordelen hiervan zijn de vergroting van de capaciteit en het minimaliseren van intern transport. Momenteel wordt een pallet op twee plekken opgeslagen; eerst op een plek in de droogruimte en vervolgens op een plek in het gereed product magazijn. Met het verplaatsen van de inbaalstraat valt een tijdelijke opslagplek weg. De pallets worden dan nog maar op één plek opgeslagen dus òf in de droogruimte òf in het gereed product magazijn.

In zone 2, low-care zone is momenteel een ruimte bepaald voor de opslag van pallets. Hier staan geen stellingen. Op deze plek zou de inbaalstraat kunnen staan. In figuur 31 is een spaghetti diagram gemaakt van een route die momenteel wordt doorlopen (roze) en twee mogelijke routes bij deze oplossing (groen en oranje). Hierbij is zichtbaar dat de afgelegde afstand afneemt hetgeen zorgt voor minder verspilling door transport.



Figuur 31: Schematisch spaghetti diagram van het transport van de pallets.

Het grote nadeel van deze oplossing is dat de verplaatsing geld kost. Allereerst zal het gereed product magazijn omgebouwd moeten worden zodat deze voldoet aan de HACCP-eisen. Het gereed product magazijn zal dan in plaats van een zone 2, low-care zone, een zone 1, high-care zone moeten worden, aangezien pallets alleen volledig ingebaald opgeslagen mogen worden in een zone 2, low-care zone.

7. Conclusie en aanbevelingen

Dit hoofdstuk behandelt de conclusie van de centrale onderzoeksvraag, aanbevelingen voor Stempher en een discussie omtrent dit onderzoek.

7.1 Conclusie

In deze bachelor thesis is met behulp van het IST-SOLL model en deelvragen gezocht naar een antwoord op de centrale onderzoeksvraag.

De centrale onderzoeksvraag van dit onderzoek was: *Wat is een geschikte manier om de droogruimte bij Stempher in te richten?*

Allereerst is de beginsituatie vastgesteld voor de drie te onderzoeken gebieden, de droogmethode, de meetmethode en de droogruimte. Het drogen van de papieren zakken vindt plaats in de droogruimte. Hier worden de zakken opgeslagen en zonder ondersteuning gedroogd, dit wil zeggen zonder klimaatbeheersing, ventilatie of machinale drogers. De meetmethode die gehanteerd wordt, is het meten van de relatieve vochtigheid van de laatste pallet van een batch. Ligt de relatieve vochtigheid onder de 80% wordt de batch ingebaald. De huidige droogruimte is een aangewezen gebied in zone 1, waar door middel van tape, rijen gemarkeerd zijn. In deze rijen staan de pallets enkellaags opgeslagen. De berekende capaciteit van de droogruimte is 306 pallets.

Nadat de beginsituatie is vastgesteld, zijn de bottlenecks behorende bij de beginsituatie in kaart gebracht. Stempher heeft geen inzicht in het droogpatroon van de zakken in de droogruimte. Ze veronderstellen dat de totale droogtijd 5 weken bedraagt maar of dit correct is en hoe het droogpatroon verloopt weten ze niet. De bottleneck bij het droogpatroon is het ontbreken van kennis, waardoor beslissingen niet onderbouwd worden. Bij de meetmethode is ook sprake van gebrek aan kennis en onderbouwing. Stempher meet de relatieve vochtigheid en zodra deze onder de 80% komt, wordt ingebaald. Waarom de relatieve vochtigheid als beslisvariabele is gekozen en waarom 80% relatieve vochtigheid de grenswaarde is, is onbekend bij de huidige werknemers. Bij de droogruimte is momenteel de grootste bottleneck de ondercapaciteit. Hierdoor staan pallets door geheel zone 1 opgeslagen wat leidt tot verspilling van transport en beweging.

Er is onderzocht hoe deze bottlenecks verminderd of geëlimineerd kunnen worden. Allereerst is gekeken naar de meetmethode.

Bij het in kaart brengen van de bottlenecks wordt duidelijk dat er weinig kennis over de meetmethode is. De beslissing inbalen of niet wordt gemaakt aan de hand van verschillende aannames. Een van deze aannames is, dat als de relatieve luchtvochtigheid lager dan 80% is, dan zijn de producten droog genoeg. Uit onderzoek blijkt dat Stempher het juiste meetinstrument gebruikt, een Rotronic GTS-hygrometer. Echter, Stempher gebruikt een incorrecte meetmethode. De relatieve luchtvochtigheid is een percentage van de volledige verzadiging (hoeveelheid gram water kan de lucht maximaal opnemen). Deze totaal hoeveelheid is afhankelijk van de temperatuur en druk. Twee relatieve luchtvochtigheden zijn dus niet vergelijkbaar met elkaar. Om tot een operationele variabele te komen, kunnen verschillende calculators gebruikt worden.

Vervolgens is gekeken naar het droogpatroon. Het droogpatroon binnen Stempher verloopt met veel schommelingen. Dit hangt samen met de schommelingen van de temperatuur en vochtigheid van de omgevingslucht van de verpakkingen. De geschatte droogtijd van 5 weken is niet correct. Daarnaast is het zeer moeilijk voor pallets om vocht te verliezen als deze ingebaald worden. Dit betekent dat zodra pallets na een week worden ingebaald het moeilijker is om nog verder te drogen.

Nadat het droogpatroon binnen Stempher onderzocht is, is er gekeken naar methoden om het droogproces te versnellen. Deze methoden zijn te verdelen in twee groepen. Drogen door middel van ventilatie en drogen door middel van machines.

Volgens Seppänen & Kurnitski (2009) zijn er verschillende soorten ventilatie; natuurlijke ventilatie, mechanische afvoer, mechanische toe-en afvoer en hybride ventilatie. Ik heb onderzocht welke toepasbaar zijn binnen Stempher. Doordat natuurlijke ventilatie en mechanische afvoer niet evenwichtig te verspreiden zijn en niet beheersbaar zijn, zijn deze methoden niet toepasbaar binnen Stempher. Daarentegen zijn mechanische toe-en afvoer en hybride ventilatie wel beheersbaar en verspreiden evenwichtig de lucht. Beide manieren zorgen voor een constante luchttoevoer met buitenlucht. De HACCP schrijft voor dat zone 1 niet in aanraking mag komen met vuil van buiten. Om aan deze eis te voldoen, zal bij beide soorten ventilatie een filter nodig zijn die dit vuil eruit filtert.

Naast de verschillende ventilatie systemen is ook gekeken naar machinaal drogen. Hierbij zijn verschillende typen drogers onderzocht die de verpakkingen drogen of die de lucht drogen. Alle methoden die verpakkingen drogen maken gebruik van hitte. Deze methoden kunnen niet direct geïmplementeerd worden binnen Stempher door het ontbreken van kennis omtrent toepasbaarheid op verpakkingen bestaand uit papier en plastic. De condensatiedroger, die waterdamp uit de lucht haalt, is tijdens het onderzoek kortstondig toegepast. Deze is direct toepasbaar binnen Stempher.

Er zijn twee manieren gevonden om het droogruimtegebruik te verbeteren. Bij de eerste oplossing is gekeken naar het optimaliseren van de bestaande droogruimte, bij de tweede oplossing is gekeken naar het verplaatsen van deelprocessen.

Voor het optimaliseren van de huidige droogruimte zijn een paar restricties, de niet uniforme palletmaat, de niet uniforme pallethoogte, het ontbreken van de mogelijkheid om pallets te stapelen en de gegeven afmetingen van de droogruimte die vaststaan. Door het plaatsen van inschuifstellingen met rollerbodem, kunnen pallets van verschillende maten op dezelfde manier opgeslagen worden. Pallets kunnen dan ook boven elkaar geplaatst worden en dit leidt tot een betere benutting van de ruimte. Om zeker te zijn dat pallets van alle hoogtes opgeslagen kunnen worden zal een deel van de droogruimte onveranderd blijven. De nieuwe capaciteit bij deze oplossing is 570 pallets. Dit is een capaciteitstoename van 43,56%.

Een deelproces dat verplaatst kan worden is de inbaalstraat. Mocht dit proces verplaatst worden naar het gereed product magazijn ontstaan twee voordelen. Allereerst neemt de capaciteit van het drooggebied toe:

$$\text{Capaciteit drooggebied} = \text{Capaciteit droogruimte} + \text{Capaciteit gereed product magazijn}$$

Daarnaast neemt de benodigde transportbewegingen af, doordat een pallet maar op een plek wordt opgeslagen in plaats van op twee plekken. Het nadeel van deze oplossing is dat het gereed product magazijn omgebouwd moet worden. Zodra pallets zonder bescherming opgeslagen worden in een ruimte, zal deze ruimte moeten voldoen aan de strenge HACCP eisen behorende bij een zone 1. Momenteel is het gereed product magazijn een zone 2, deze zal dus zodanig omgebouwd moeten worden dat deze een zone 1 wordt.

7.2 Aanbevelingen

Aan de hand van bovenstaande conclusie worden aanbevelingen gedaan voor Stempher.

Om de betrouwbaarheid en de validiteit van de meting te handhaven zijn twee dingen belangrijk. Allereerst moet de meting voldoen aan de opgestelde randvoorwaarden beschreven in de handleiding van de Rotronic GTS-hygrometer. Daarnaast is het door afgebakende periode van 10 – 15

weken niet gelukt een betrouwbare grenswaarde te bepalen, welke nodig is voor een betrouwbare en valide meting. Om een betrouwbare grenswaarde te bepalen of een batch ingebaald mag worden, is het raadzaam een expert op het gebied van luchtvochtigheid in te schakelen. Mocht deze expert een grenswaarde bepalen is het belangrijk dat de totstandkoming van deze grenswaarde gedocumenteerd wordt. Zodat men in de toekomst nog steeds weet waarom deze grenswaarde gehanteerd wordt.

De aanbeveling wat betreft het versnellen van het droogpatroon is tweeledig. Ten eerste adviseer ik Stempher om gebruik te maken van of mechanische toe-en afvoer ventilatie of van hybride ventilatie, zodat de lucht continue ververscht wordt. Ten tweede adviseer ik permanent condensatiedrogers te plaatsen. Op deze manier blijft de luchtvochtigheid laag, waardoor de verpakkingen meer vocht kwijt kunnen aan de lucht. Deze twee oplossingen zorgen ervoor dat het klimaat in zone 1 beheersbaar wordt. Mocht Stempher deze aanbeveling implementeren, is de begeleiding van een expert omtrent klimaatbeheersing raadzaam.

Om te achterhalen of klimaatbeheersing daadwerkelijk invloed heeft op het droogpatroon zal een volgend onderzoek uitgevoerd moeten worden. De resultaten van dat onderzoek kunnen dan vergeleken worden met de resultaten van dit onderzoek in deze bachelor thesis.

De aanbeveling wat betreft een betrouwbare meetmethode is het implementeren van optie 3 uit hoofdstuk 5. Deze optie bestaat uit het meten van de relatieve vochtigheid en de temperatuur en deze gegevens vervolgens in te voeren in een calculator van Lenntech. Deze calculator berekent de absolute vochtigheid in gram water per kilogram lucht. Deze calculator operationaliseert de variabelen.

De aanbeveling voor het vergroten van de capaciteit van de droogruimte is het toevoegen van inschuifstellingen. Hierdoor zal de capaciteit met 43,56% toenemen, zodat pallets niet meer door heel zone 1 opgeslagen hoeven worden op piekmomenten.

Het antwoord op de centrale onderzoeksvraag, *‘Wat is een geschikte manier om de droogruimte bij Stempher in te richten?’*, bestaat uit meerdere aspecten. Allereerst zal de beslissing of een batch ingebaald mag worden, gemaakt dienen te worden aan de hand van de absolute vochtigheid in plaats van de relatieve vochtigheid, aangezien dit een meer correcte meetmethode is. Daarnaast zal klimaatbeheersing door middel van een hybride of mechanisch toe- en afvoer ventilatiesysteem in combinatie met condensatiedrogers zorgen voor een constante temperatuur en vochtigheid in zone 1. Als laatste zullen inschuifstellingen in de droogruimte zorgen voor een toename van de capaciteit van de droogruimte.

Bovenstaande leidt tot een gestandaardiseerde droogtijd, een gestandaardiseerde beslissing en een vergrote capaciteit, waardoor geen pallets foutief opgeslagen worden, gemaakte beslissingen correct zijn en de droogtijd voor iedere pallet gelijk is, wat uiteindelijk leidt tot een beter ingerichte droogruimte in zone 1.

Om Stempher te ondersteunen bij het implementeren van de aanbeveling is in tabel 14 een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan geeft de tijd waarin de aanbevelingen geïmplementeerd kunnen worden weer, evenals de actie(s) die hiervoor ondernomen moet worden en de actor die de actie(s) moet uitvoeren.

Tabel 14: Stappenplan van aanbevelingen

Tijd	Actie(s)	Actor
Voor week 40 van 2018	• Een expert omtrent vochtigheidsmetingen van papier inschakelen, om een juiste grenswaarde te bepalen. • De meetmethode aanpassen aan de opgestelde randvoorwaarden.	QHSE-manager
Voor week 1 van 2019	Het aanschaffen en installeren van een ventilatiesysteem en condensatiedrogers.	Productiemanager
Voor week 27 van 2019	Het aanschaffen van inschuifstellingen om de capaciteit van de droogruimte te vergroten.	Productiemanager

7.3 Discussie

Doordat weinig theorie beschikbaar was over droogprocessen van papier, zijn de aanbevelingen indicaties. Zoals al in paragraaf 7.2 vermeld is verder onderzoek naar de verschillende oplossingen nog nodig voordat deze oplossingen geïmplementeerd kunnen worden.

Bibliografie

- [1] National Physical Laboratory (2011). *A beginner's guide to humidity measurement*. Londen: The institute of measurement and control.
- [2] National Physical Laboratory (1996). *A guide to the measurement of humidity*. Londen: The institute of measurement and control.
- [3] Rotronic (z.d.). *Instruction Manual For Rotronic GT-Series of Portable Indicators*. geraadpleegd op 30-04-2018 van <http://southeastern-automation.com/PDF/Rotronic/Manuals/gt-series-im.pdf>
- [4] Seppänen, O. & Kurnitski, J. (2009) Moisture control and ventilation. In WHO Guidelines for Indoor Air Quality, *Dampness and Mould*. Geneva: World Health Organization(pp. 31-61). Geraadpleegd op 08-05-2018, van <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143947>
- [5] Watzl, A. & Rückert, M. (1998). *Industrial through-air drying of nonwovens and paper basic principles and applications*. Texas: Drying technology 16(6)
- [6] Lindsay, J.D., Chen, F.J. & Bednarz, J. (2003) *Tissue web being dried on a through dryer* [foto]. Geraadpleegd op 08-05-2018, van <https://www.jefflindsay.com/gif/laminates/3.gif>
- [7] Yagoobi, J. & W. Wirtz, Jefferson. (2007). *An experimental study of gas-fired infrared drying of paper*. Texas: Drying technology 19(6).
- [8] Araszkievicz, M., Koziol, A., Lupinska, A., et al. (2006). *Microwave drying of various shape particles suspended in an air stream*. Dordrecht: Kluwer academic publisher 66(173)
- [9] Oakley, D.E. (2004) *Spray dryer modeling in theory and practice*. Texas: Drying technology 22(6)
- [10] Khuenpet, K., Charoenjarasrerk, n., Jaijit, S. & Arayapoonpon S. (2016) *Microwave Investigation of suitable spray drying conditions for sugarcane juice powder production with an energy consumption study*. Bangkok: Agriculture and natural resources 50(139)
- [11] Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C.I., Sablani, S.S, Powers, J.R. & Fellman, J.K. (2012) *Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango powder*. Californië: Journal of food engineering 111(135)
- [12] Sloan, C.E., Wheelock, T.D. en Tsao, G.T. (1967). Drying. *Chemical engineering*.
- [13] Mitsubishi Electric (z.d.). *How does a dehumidifier work*. Geraadpleegd op 18 juni 2018, van <http://www.mitsubishi-electric.co.nz/dehumidifier/how.aspx>
- [14] Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health. An overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(3), 376-390.
- [15] Larson, N.T. , March H. , Kusiak, A. (1997). A heuristic approach of warehouse layout with class-based storage. *IIE Transactions*, 29(4), 337-348.
- [16] Gu, J. , Goetschlackx, M. , McGinnis, L.F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: a comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203(3), 539-549.

- [17] Rouwenhorst, B. , Reuter, B. , Stockrahm, V. , Houtum, G.J. van , Mantel, R.J. , Zijm, W.H.M. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122(3), 515-533.
- [18] Baker, P. , Canessa, M. (2009). Warehouse design: A structured approach. *European Journal of Operational Research*, 193(2), 425-436.
- [19] Cormier, G., Gunn, E.A. (1992). A review of warehouse models. *European Journal of Operational Research*, 58(1), 3-13.
- [20] Ashayeri, J. , Gelders, L.F. (1985). Warehouse design optimization. *European Journal of Operational Research*, 21 (3), 285-294.

Appendix A: Controleformulier oude versie

		CONTROLEFORMULIER PAPIERZAKKEN EXPEDITIE		AUTEUR : TLPA	
REF.NO. : RF-809-1		REV.NR. : 05		DATUM: 23-02-2017	
Orde nummer :		BLAD: 1/			
Juiste pallets gebruikt.					
Juiste afdekvelen op de pallet gebruikt.					
Pallet stapeling recht					
Aantal zakken op de pallet correct					
Afwerking bovenzijde pallet (raam / plaat / lat)					
Etiketten op de juiste plaats geplakt					
Zakken binnen de pallet					
Hoogte pallet max 1,20 m na aanpersen					
Zijn de pallets stapelbaar? (waarom niet?)					
Relatieve vochtigheid		%		Aantal pallets:	
Vrij voor verzending (datum / paraaf)		Aantal pallets:			
Omschrijving interne klacht:					
Bijzonderheden:					

Appendix B: Excel tabellen meetmethode

AHP Meetmethode

Criteria matrix	Betrouwbaarheid	Complexiteit	Kosten
Betrouwbaarheid	1,0000	4,0000	5,0000
Complexiteit	0,2500	1,0000	2,0000
Kosten	0,2000	0,5000	1,0000
Kolomsom	1,4500	5,5000	8,0000

Max. eigenvector	3,0383
CI	0,0191
CR	0,0330
Consistent	WAAR

Genormaliseerde matrix	Betrouwbaarheid	Complexiteit	Kosten	Rijsom	Rijsom / 3	H in % uitgedrukt
Betrouwbaarheid	0,6897	0,7273	0,6250	2,0419	0,6806	68,06%
Complexiteit	0,1724	0,1818	0,2500	0,6042	0,2014	20,14%
Kosten	0,1379	0,0909	0,1250	0,3538	0,1179	11,79%

MCA Meetmethode

	Betrouwbaarheid	Complexiteit	Kosten		Totaal score
Optie 1	0,6806	1,8127	1,1795		3,6728
Optie 2	0,6806	1,8127	1,1795		3,6728
Optie 3	5,4451	1,6113	1,1795		8,2359
Optie 4	0,6806	1,6113	0,8256		3,1176
Optie 5	2,7226	1,6113	0,8256		5,1595
Optie 6	6,125783699	1,2084639	0,59		7,923981

Appendix C: Controleformulier nieuwe versie

		CONTROLEFORMULIER PAPIERZAKKEN EXPEDITIE					AUTEUR : TLPA	
REF.NO.: RF-809-1		REV.NR.: 05	DATUM: 23-02-2017		BLAD: 1/	Ordernummer :		
Juiste pallets gebruikt.								
juiste afdekvelen op de pallet gebruikt.								
pallet stapeling recht								
aantal zakken op de pallet correct								
afwerking bovenzijde pallet (raam / plaat / lat)								
etiketten op de juiste plaats geplakt								
zakken binnen de pallet								
Hoogte pallet max 1,20 m na aanpersen		(tenzij anders op orderbon staat)						
Zijn de pallets stapelbaar? (waarom niet?)								
Relative vochtigheid			%	Temperatuur		°C	Absolute vochtigheid	g/kg
Vrij voor verzending (datum / paraaf)		Aantal pallets:						
Omschrijving interne klacht:								
Bijzonderheden:								

Appendix D: Onderzoeksresultaten

Droogruimte

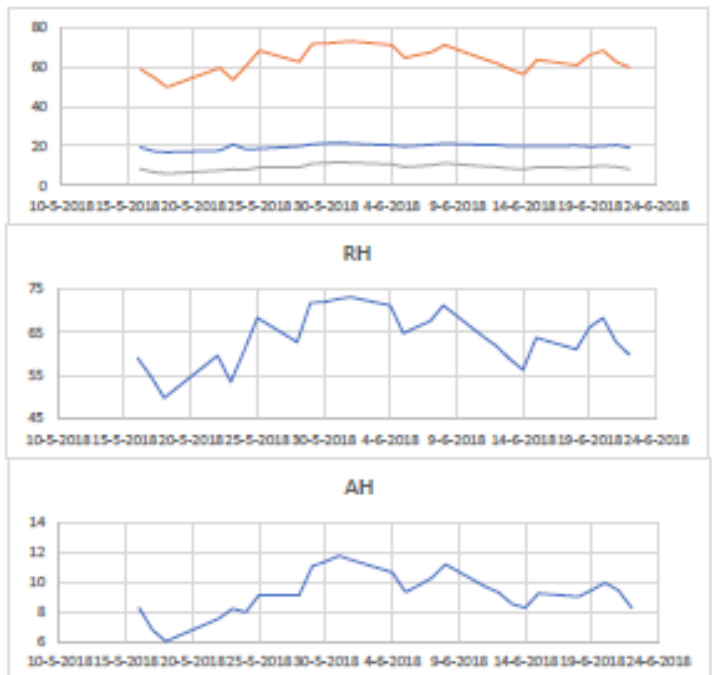
Datum [dd-mm-jj]	T lucht [°C]	RH lucht [%]	AH lucht [g/kg]
16-5-2018	25,5	46,4	9,56
17-5-2018	24,7	38,9	7,62
18-5-2018	24,1	37,7	7,12
19-5-2018			
20-5-2018			
21-5-2018			
22-5-2018	23,9	45,4	8,46
23-5-2018	23,6	48,7	8,91
24-5-2018	23,6	43,7	9,06
25-5-2018	25,4	50,7	10,38
26-5-2018			
27-5-2018			
28-5-2018	26,1	49,3	10,54
29-5-2018	27,5	52,5	12,25
30-5-2018	26,9	55,7	12,52
31-5-2018	28,4	52,2	12,88
1-6-2018	27,8	52,6	12,5
2-6-2018			
3-6-2018			
4-6-2018	25,5	54,1	11,14
5-6-2018	25,4	50,3	10,3
6-6-2018	25,5	50,2	10,34
7-6-2018	26,3	51,5	11,15
8-6-2018	27	52,8	11,94
9-6-2018			
10-6-2018			
11-6-2018	25,7	47,6	9,93
12-6-2018	25,7	44,8	9,34
13-6-2018	25,1	48,6	9,76
14-6-2018	26	43,1	9,16
15-6-2018	25,5	50,2	10,34
16-6-2018			
17-6-2018			
18-6-2018	25	48,7	9,72
19-6-2018	25,5	60,2	10,34
20-6-2018	26,1	51,8	11,08
21-6-2018	26,2	50,4	10,84
22-6-2018	25,1	43,8	8,8



Datum [dd-mm-jj]	RH lucht [%]	Datum [dd-mm-jj]	AH lucht [g/kg]
16-5-2018	46,4	16-5-2018	9,56
17-5-2018	38,9	17-5-2018	7,62
18-5-2018	37,7	18-5-2018	7,12
19-5-2018		19-5-2018	
20-5-2018		20-5-2018	
21-5-2018		21-5-2018	
22-5-2018	45,4	22-5-2018	8,46
23-5-2018	48,7	23-5-2018	8,91
24-5-2018	43,7	24-5-2018	9,06
25-5-2018	50,7	25-5-2018	10,38
26-5-2018		26-5-2018	
27-5-2018		27-5-2018	
28-5-2018	49,3	28-5-2018	10,54
29-5-2018	52,5	29-5-2018	12,25
30-5-2018	55,7	30-5-2018	12,52
31-5-2018	52,2	31-5-2018	12,88
1-6-2018	52,6	1-6-2018	12,5
2-6-2018		2-6-2018	
3-6-2018		3-6-2018	
4-6-2018	54,1	4-6-2018	11,14
5-6-2018	50,3	5-6-2018	10,3
6-6-2018	50,2	6-6-2018	10,34
7-6-2018	51,5	7-6-2018	11,15
8-6-2018	52,8	8-6-2018	11,94
9-6-2018		9-6-2018	
10-6-2018		10-6-2018	
11-6-2018	47,6	11-6-2018	9,93
12-6-2018	44,8	12-6-2018	9,34
13-6-2018	48,6	13-6-2018	9,76
14-6-2018	43,1	14-6-2018	9,16
15-6-2018	50,2	15-6-2018	10,34
16-6-2018		16-6-2018	
17-6-2018		17-6-2018	
18-6-2018	48,7	18-6-2018	9,72
19-6-2018	60,2	19-6-2018	10,34
20-6-2018	51,8	20-6-2018	11,08
21-6-2018	50,4	21-6-2018	10,84
22-6-2018	43,8	22-6-2018	8,8

Gereed product magazijn

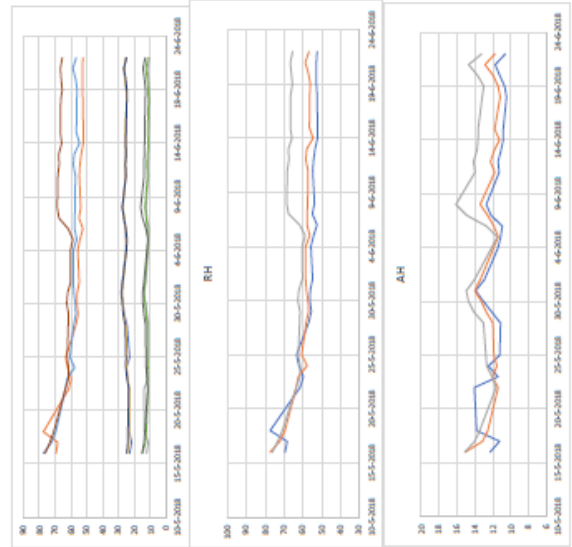
Datum [dd-mm-jj]	T lucht [°C]	RH lucht [%]	AH lucht [g/kg]
16-5-2018	19,3	59	8,26
17-5-2018	17,3	54,8	6,77
18-5-2018	16,9	49,8	6
19-5-2018			
20-5-2018			
21-5-2018			
22-5-2018	17,7	59,6	7,55
23-5-2018	20,8	53,5	8,22
24-5-2018	18,3	60,7	7,98
25-5-2018	18,6	68,3	9,15
26-5-2018			
27-5-2018			
28-5-2018	19,9	62,7	9,11
29-5-2018	20,9	71,8	11,1
30-5-2018	21,3	71,9	11,4
31-5-2018	21,7	72,6	11,8
1-6-2018	21,2	73,1	11,51
2-6-2018			
3-6-2018			
4-6-2018	20,4	71,2	10,67
5-6-2018	19,8	64,7	9,34
6-6-2018	20,2	66,2	9,8
7-6-2018	20,7	67,5	10,31
8-6-2018	21,2	71,2	11,22
9-6-2018			
10-6-2018			
11-6-2018	20,6	64	9,71
12-6-2018	20,5	61,8	9,32
13-6-2018	19,9	58,8	8,54
14-6-2018	20,1	56,3	8,28
15-6-2018	19,9	63,7	9,25
16-6-2018			
17-6-2018			
18-6-2018	20,2	61	9,03
19-6-2018	19,7	66,1	9,48
20-6-2018	20	68,3	9,98
21-6-2018	20,5	62,7	9,45
22-6-2018	19,1	59,8	8,26



Datum [dd-mm-jj]	RH lucht [%]	Datum [dd-mm-jj]	AH lucht [g/kg]
16-5-2018	59	16-5-2018	8,26
17-5-2018	54,8	17-5-2018	6,77
18-5-2018	49,8	18-5-2018	6
19-5-2018		19-5-2018	
20-5-2018		20-5-2018	
21-5-2018		21-5-2018	
22-5-2018	59,6	22-5-2018	7,55
23-5-2018	53,5	23-5-2018	8,22
24-5-2018	60,7	24-5-2018	7,98
25-5-2018	68,3	25-5-2018	9,15
26-5-2018		26-5-2018	
27-5-2018		27-5-2018	
28-5-2018	62,7	28-5-2018	9,11
29-5-2018	71,8	29-5-2018	11,1
30-5-2018	71,9	30-5-2018	11,4
31-5-2018	72,6	31-5-2018	11,8
1-6-2018	73,1	1-6-2018	11,51
2-6-2018		2-6-2018	
3-6-2018		3-6-2018	
4-6-2018	71,2	4-6-2018	10,67
5-6-2018	64,7	5-6-2018	9,34
6-6-2018	66,2	6-6-2018	9,8
7-6-2018	67,5	7-6-2018	10,31
8-6-2018	71,2	8-6-2018	11,22
9-6-2018		9-6-2018	
10-6-2018		10-6-2018	
11-6-2018	64	11-6-2018	9,71
12-6-2018	61,8	12-6-2018	9,32
13-6-2018	58,8	13-6-2018	8,54
14-6-2018	56,3	14-6-2018	8,28
15-6-2018	63,7	15-6-2018	9,25
16-6-2018		16-6-2018	
17-6-2018		17-6-2018	
18-6-2018	61	18-6-2018	9,03
19-6-2018	66,1	19-6-2018	9,48
20-6-2018	68,3	20-6-2018	9,98
21-6-2018	62,7	21-6-2018	9,45
22-6-2018	59,8	22-6-2018	8,26

Datum [dd-mm-jl]	T loose pallet [°C]	RH loose pallet [%]	Air loose pallet [g/kg]	T vastgebonden pallet [°C]	RH vastgebonden pallet [%]	Air vastgebonden pallet [g/kg]	T ingeslaalde pallet [°C]	RH ingeslaalde pallet [%]	Air ingeslaalde pallet [g/kg]
16-4-2018	23,3	69,5	12,92	24,6	77,5	15,09	24,9	76,3	15,14
17-4-2018	21,9	68,4	11,96	23,4	72,3	13,15	24,3	75,4	14,09
18-4-2018	23,5	77,4	13,61	25,4	69,6	12,53	24,2	70,9	13,47
19-4-2018	23,5								
20-4-2018	23,5								
21-4-2018	23,5								
22-4-2018	23,5	61,5	14,07	23,3	43,6	11,42	23,6	63,6	11,66
23-4-2018	24,3	59,8	11,43	24,5	62,4	12,08	24,7	61,6	12,07
24-4-2018	24,3	62,7	12,5	25	57,8	11,54	25,5	61,6	12,49
25-4-2018	23,1	65,4	11,34	24,7	60,7	11,89	25,4	62,5	12,78
26-4-2018									
27-4-2018	24,7	56,9	11,15	25,5	54,3	12,02	25,9	61,8	12,26
28-4-2018	26,4	53,6	12,11	28,8	57	12,73	27,2	63,8	14,11
29-4-2018	26,4	53,6	12,11	28,8	57	12,73	27,2	63,8	14,11
30-4-2018	26,4	53,6	12,11	28,8	57	12,73	27,2	63,8	14,11
31-4-2018	26,4	53,6	12,11	28,8	57	12,73	27,2	63,8	14,11
1-5-2018	27,7	54,9	12,87	27,2	54,6	13,42	27,5	65,3	14,07
2-5-2018									
3-5-2018									
4-5-2018	25,4	56,6	11,42	25,3	56,6	11,92	25,1	60,4	12,13
5-5-2018	25,4	54,4	11,13	25,2	55,4	11,4	24,7	56,8	11,52
6-5-2018	25,7	52,5	10,96	25,5	57,8	11,9	25,5	61,8	12,73
7-5-2018	26,7	55	12,21	26,4	57,8	12,58	26,6	67,8	14,91
8-5-2018	27,7	53,6	12,73	27,5	57,5	13,42	27,6	68,7	16,13
9-5-2018									
10-5-2018									
11-5-2018	24,5	54,4	11,29	25,2	57,5	11,8	25,4	68,3	13,86
12-5-2018	28,9	54,4	11,42	29,8	56,5	12,38	29,8	67,5	14,17
13-5-2018	28,9	53,6	11,11	29,4	58	11,87	29,3	67,2	13,77
14-5-2018	28,6	52,5	10,84	29,5	51,27	11,59	29,6	65,9	13,65
15-5-2018	28,6	52,5	10,84	29,5	51,27	11,59	29,6	65,9	13,65
16-5-2018									
17-5-2018									
18-5-2018	25	52,5	10,48	24,9	56,4	11,19	24,9	66,5	13,19
19-5-2018	25,2	52,9	10,69	25,3	51,41	11,41	24,8	65,8	13,02
20-5-2018	26	52,9	11,34	25,8	57,1	11,98	25,6	66,2	13,72
21-5-2018	26,7	52,9	11,94	26,5	52,9	12,89	26,3	66,2	14,71
22-5-2018	25,3	52,1	10,61	25,6	56,1	11,77	25,2	65,2	13,24

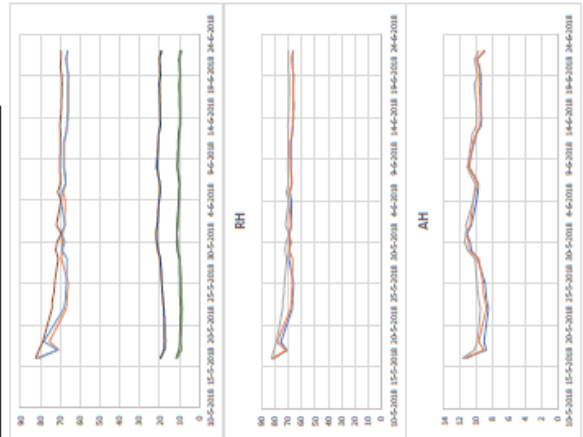
Datum [dd-mm-jl]	RH loose pallet [%]	RH ingeslaalde pallet [%]	Datum [dd-mm-jl]	Air loose pallet [g/kg]	Air vastgebonden pallet [g/kg]	Air ingeslaalde pallet [g/kg]
16-4-2018	69,5	77,5	16-5-2018	12,92	15,09	15,14
17-4-2018	68,4	72,3	17-5-2018	11,96	13,15	14,09
18-4-2018	77,4	70,9	18-5-2018	13,61	12,53	13,47
19-4-2018			19-5-2018			
20-4-2018			20-5-2018			
21-4-2018			21-5-2018			
22-4-2018	61,5	63,6	22-5-2018	14,07	11,42	11,66
23-4-2018	59,8	62,4	23-5-2018	11,43	12,08	12,07
24-4-2018	62,7	57,8	24-5-2018	12,5	11,54	12,49
25-4-2018	65,4	60,7	25-5-2018	11,34	11,89	12,78
26-4-2018			26-5-2018			
27-4-2018			27-5-2018			
28-4-2018	56,9	54,3	28-5-2018	11,15	12,02	12,26
29-4-2018	53,6	57	29-5-2018	12,11	12,73	14,11
30-4-2018	53,6	57,1	30-5-2018	12,11	12,73	14,11
31-4-2018	53,6	57,1	31-5-2018	12,11	12,73	14,11
1-5-2018	54,9	54,6	1-6-2018	12,87	13,42	14,07
2-5-2018			2-6-2018			
3-5-2018			3-6-2018			
4-5-2018	54,4	60,4	4-6-2018	11,42	11,92	12,13
5-5-2018	54,4	54,4	5-6-2018	11,13	11,4	11,52
6-5-2018	52,5	57,8	6-6-2018	10,96	11,9	12,73
7-5-2018	55	67,8	7-6-2018	12,21	12,59	14,91
8-5-2018	53,6	60,7	8-6-2018	12,73	13,42	16,13
9-5-2018			9-6-2018			
10-5-2018			10-6-2018			
11-5-2018	54,4	63,6	11-6-2018	11,29	11,8	13,02
12-5-2018	54,4	62,4	12-6-2018	12,11	12,08	12,26
13-5-2018	54,4	57,1	13-6-2018	12,11	12,08	12,26
14-5-2018	54,4	57,1	14-6-2018	12,11	12,08	12,26
15-5-2018	54,9	60,7	15-6-2018	12,87	13,42	14,07
16-5-2018			16-6-2018			
17-5-2018			17-6-2018			
18-5-2018	56,4	66,5	18-6-2018	10,48	11,19	13,19
19-5-2018	56,4	65,8	19-6-2018	10,69	11,41	13,02
20-5-2018	52,9	66,2	20-6-2018	11,34	11,89	13,72
21-5-2018	52,9	66,2	21-6-2018	11,94	12,89	14,71
22-5-2018	52,1	65,2	22-6-2018	10,61	11,77	13,24



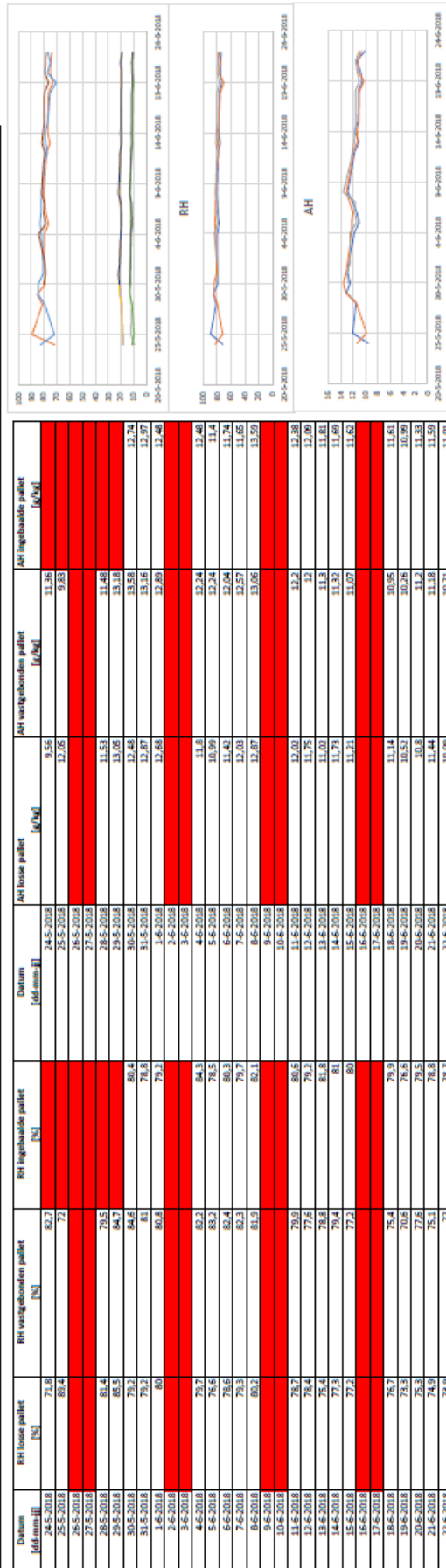
Datum [dd-mm-ii]	Troos pallet [G]	RH troos pallet [%]	AH troos pallet [g/kg]	Troosgebonden pallet [G]	RH troosgebonden pallet [%]	AH troosgebonden pallet [g/kg]	Tingebonden pallet [G]	RH ingebonden pallet [%]	AH ingebonden pallet [g/kg]
24-5-2018	23.1	69.3	13.92	23.1	23.1	13.92			
25-5-2018	24.4	80.9	15.56	23.1	23.1	17.65			
26-5-2018									
27-5-2018									
28-5-2018	24.9	76.3	15.14	25.7	76.3	16.33			
29-5-2018	26.6	79.3	17.49	27.1	78.5	17.82			
30-5-2018	27.4	76.1	17.65	27.5	79.4	18.53	27.8	72.8	17.31
31-5-2018	28.3		18.71	28.1	77.1	18.67	27.9	18.67	16.32
1-6-2018	27.7	76.1	17.98	27.4	72.6	16.83	27.6	69	12.36
2-6-2018									
3-6-2018	23.4	69.4	14.2	23.3	70.9	14.42	23.3	70.7	14.38
4-6-2018	23.5	68.4	14.09	23.3	73.4	14.93	23	69.1	13.9
5-6-2018	23.7	70.9	14.79	23.7	75.1	15.66	23.6	71.7	14.86
6-6-2018	23.8	68.2	13.23	23.8	73.3	16.17	23.3	72.3	13.85
7-6-2018	27.8	67.8	14.12	27.5	73.7	17.2	27.4	72	16.69
8-6-2018									
9-6-2018									
10-6-2018	23.7	66.3	13.82	23.7	73.9	13.41	23.7	73.6	13.25
11-6-2018	26.5	64.7	14.12	23.8	71.6	15.24	23.8	74.8	14.73
12-6-2018	26.7	62.4	13.04	23.4	71.9	14.92	23.4	70.2	14.73
13-6-2018	26.1	62.8	13.38	23.6	72.1	14.84	23.4	70.2	14.49
14-6-2018	23.7	63.3	13.31	23.7	71.3	14.87	23.4	72.6	14.86
15-6-2018									
16-6-2018									
17-6-2018	23.4	60	12.28	23	69.4	13.86	23.1	69.9	14.04
18-6-2018	23.4	60.7	12.42	23.6	68.1	14.32	23	71.4	14.09
19-6-2018	26.2	60.8	13.08	23.9	68.1	14.38	23.7	71.4	14.89
20-6-2018	26.8	60.2	12.49	26.7	66.8	15.27	26.3	71.2	15.41
21-6-2018	23.6	59	12.33	23.8	68.1	14.39	23.7	71.3	14.87
22-6-2018									
23-6-2018									
24-6-2018									
25-6-2018									
26-6-2018									
27-6-2018									
28-6-2018									
29-6-2018									
30-6-2018									
1-7-2018									
2-7-2018									
3-7-2018									
4-7-2018									
5-7-2018									
6-7-2018									
7-7-2018									
8-7-2018									
9-7-2018									
10-7-2018									
11-7-2018									
12-7-2018									
13-7-2018									
14-7-2018									
15-7-2018									
16-7-2018									
17-7-2018									
18-7-2018									
19-7-2018									
20-7-2018									
21-7-2018									
22-7-2018									
23-7-2018									
24-7-2018									
25-7-2018									
26-7-2018									
27-7-2018									
28-7-2018									
29-7-2018									
30-7-2018									
31-7-2018									
1-8-2018									
2-8-2018									
3-8-2018									
4-8-2018									
5-8-2018									
6-8-2018									
7-8-2018									
8-8-2018									
9-8-2018									
10-8-2018									
11-8-2018									
12-8-2018									
13-8-2018									
14-8-2018									
15-8-2018									
16-8-2018									
17-8-2018									
18-8-2018									
19-8-2018									
20-8-2018									
21-8-2018									
22-8-2018									
23-8-2018									
24-8-2018									
25-8-2018									
26-8-2018									
27-8-2018									
28-8-2018									
29-8-2018									
30-8-2018									
31-8-2018									
1-9-2018									
2-9-2018									
3-9-2018									
4-9-2018									
5-9-2018									
6-9-2018									
7-9-2018									
8-9-2018									
9-9-2018									
10-9-2018									
11-9-2018									
12-9-2018									
13-9-2018									
14-9-2018									
15-9-2018									
16-9-2018									
17-9-2018									
18-9-2018									
19-9-2018									
20-9-2018									
21-9-2018									
22-9-2018									
23-9-2018									
24-9-2018									
25-9-2018									
26-9-2018									
27-9-2018									
28-9-2018									
29-9-2018									
30-9-2018									
1-10-2018									
2-10-2018									
3-10-2018									
4-10-2018									
5-10-2018									
6-10-2018									
7-10-2018									
8-10-2018									
9-10-2018									
10-10-2018									
11-10-2018									
12-10-2018									
13-10-2018									
14-10-2018									
15-10-2018									
16-10-2018									
17-10-2018									
18-10-2018									
19-10-2018									
20-10-2018									
21-10-2018									
22-10-2018									
23-10-2018									
24-10-2018									
25-10-2018									
26-10-2018									
27-10-2018									
28-10-2018									
29-10-2018									
30-10-2018									
31-10-2018									
1-11-2018									
2-11-2018									
3-11-2018									
4-11-2018									
5-11-2018									
6-11-2018									
7-11-2018									
8-11-2018									
9-11-2018									
10-11-2018									
11-11-2018									
12-11-2018									
13-11-2018									
14-11-2018									
15-11-2018									
16-11-2018									
17-11-2018									
18-11-2018									
19-11-2018									
20-11-2018									
21-11-2018									
22-11-2018									
23-11-2018									
24-11-2018									
25-11-2018									
26-11-2018									
27-11-2018									
28-11-2018									
29-11-2018									
30-11-2018									
1-12-2018									
2-12-2018									
3-12-2018									
4-12-2018									
5-12-2018									
6-12-2018									
7-12-2018									
8-12-2018									
9-12-2018									
10-12-2018									
11-12-2018									
12-12-2018									
13-12-2018									
14-12-2018									
15-12-2018									
16-12-2018									
17-12-2018									
18-12-2018									

Datum [dd-mm-ii]	T loose pallet [°C]	RH loose pallet [%]	Air loose pallet [g/kg]	T vriesgebonden pallet [°C]	RH vriesgebonden pallet [%]	Air vriesgebonden pallet [g/kg]	T ingevroren pallet [°C]	RH ingevroren pallet [%]	Air ingevroren pallet [g/kg]
16-5-2018	19,6	81,9	11,68	19,2	80,2	11,22	19,6	81,3	11,72
17-5-2018	20,8	79,8	9,1	19,8	79,2	9,1	20,2	80,2	20,22
18-5-2018	19,5	75,4	9,08	17,4	75,2	9,12	17,9	75,2	9,12
20-5-2018									
21-5-2018	17,8	66,9	8,33	18	68,1	8,79	17,9	74,1	8,5
23-5-2018	18,3	66,2	8,76	18,5	67,3	8,96	18,3	73,9	9,72
24-5-2018	18,6	66,2	8,67	18,9	67,2	8,8	18,7	73	9,84
25-5-2018	18,8	65,9	8,84	19	66,9	9,19	18,9	72,8	9,84
26-5-2018									
27-5-2018	19,6	69,3	9,08	20	66,6	9,71	19,7	71	10,19
28-5-2018	20,9	69,8	10,64	21,3	70,9	10,95	20,8	72,3	11,09
29-5-2018	21,1	68,9	10,79	21,6	67,6	10,92	21,3	71,3	11,48
31-5-2018	21,7	68,8	11,18	21,8	69,4	11,35	21,7	69,4	11,28
1-6-2018	21,2	67,7	10,65	21,4	67,5	10,78	21,2	71,5	11,13
2-6-2018									
3-6-2018									
4-6-2018	20,2	67,5	8,99	20,4	68,6	10,43	20,3	69,4	10,17
5-6-2018	19,7	68,5	8,83	20,1	69,3	10,16	19,8	71,2	10,28
6-6-2018	19,9	67,2	9,76	20	67,3	9,62	19,9	69,3	10,34
7-6-2018	20,7	67,8	10,35	20,7	67,3	10,28	20,7	70	10,69
8-6-2018	21,8	67,8	11,09	21,4	68,2	10,88	21,3	70,2	11,13
9-6-2018									
10-6-2018									
11-6-2018	20,6	67,8	10,29	20,7	68,3	10,43	20,7	69,9	10,67
12-6-2018	20,4	67,1	10,06	20,4	67	10,04	20,5	69,3	10,53
13-6-2018	19,6	69,2	9,44	19,7	66,7	9,57	19,6	70,2	10,02
14-6-2018	19,5	69,1	9,37	19,7	66,4	9,53	19,7	69,7	10
15-6-2018	19,8	65,3	9,5	19,1	65,2	9,5	19,7	69,4	9,96
16-6-2018									
17-6-2018									
18-6-2018	65,9	66,2	69						
19-6-2018	66	65,8	69,2						
20-6-2018	66,5	66,5	69,3						
21-6-2018	66,7	66,7	69,5						
22-6-2018	66,2	66,2	69,6						

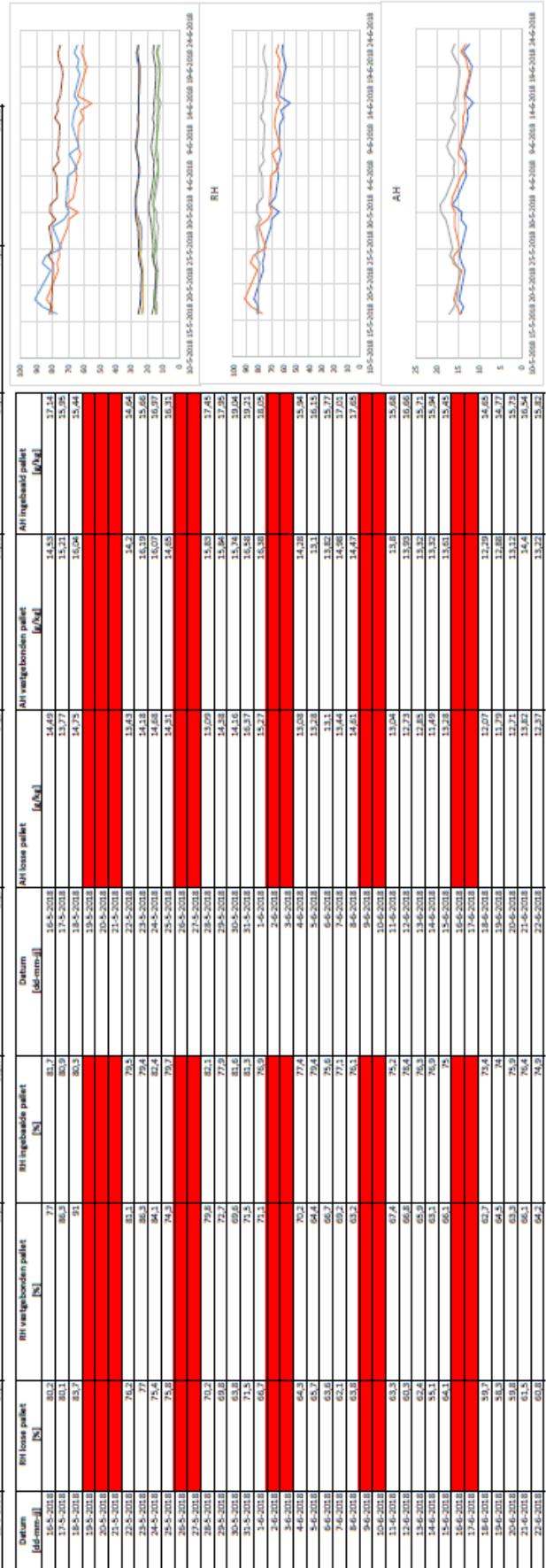
Datum [dd-mm-ii]	RH loose pallet [%]	Air loose pallet [g/kg]	Datum [dd-mm-ii]	Air vriesgebonden pallet [g/kg]	Air ingevroren pallet [g/kg]
16-5-2018	80,7	82,3	16-5-2018	11,48	11,23
17-5-2018	78,8	80,6	17-5-2018	9,1	10,27
18-5-2018	79,2	78,7	18-5-2018	9,08	9,9
20-5-2018			20-5-2018		
21-5-2018	68,1	76,1	21-5-2018	8,12	8,5
22-5-2018	68,5	76,3	22-5-2018	8,36	8,73
23-5-2018	67,2	79,1	23-5-2018	8,37	9,14
24-5-2018	66,9	72,8	24-5-2018	8,84	9,94
26-5-2018			26-5-2018		
27-5-2018	68,3	71	27-5-2018	9,88	10,19
28-5-2018	68,8	72,2	28-5-2018	10,44	11,09
29-5-2018	69,1	68,9	29-5-2018	10,79	11,48
30-5-2018	68,9	73,5	30-5-2018	10,92	11,28
31-5-2018	68,8	69,4	31-5-2018	11,18	11,28
1-6-2018	67,7	73,9	1-6-2018	10,85	11,33
2-6-2018			2-6-2018		
3-6-2018	67,5	69,6	3-6-2018	9,99	10,27
4-6-2018	69,1	72,1	4-6-2018	10,43	10,28
5-6-2018	67,2	72,2	5-6-2018	10,16	10,28
6-6-2018	67,2	69,2	6-6-2018	10,78	10,28
7-6-2018	67,2	70,2	7-6-2018	10,28	10,28
8-6-2018	66,2	70,2	8-6-2018	11,09	11,13
9-6-2018			9-6-2018		
10-6-2018	68,3	69,9	10-6-2018	10,43	10,67
11-6-2018	67,1	69,8	11-6-2018	10,06	10,53
12-6-2018	67	67	12-6-2018	9,57	10,02
13-6-2018	66,7	66,7	13-6-2018	9,17	10
14-6-2018	66,1	66,4	14-6-2018	9,5	9,96
15-6-2018	65,9	66,2	15-6-2018	9,5	9,96
16-6-2018			16-6-2018		
17-6-2018			17-6-2018		
18-6-2018	65,9	66,2	18-6-2018	9,45	10,28
19-6-2018	66	65,8	19-6-2018	9,47	10,28
20-6-2018	66,5	66,5	20-6-2018	9,6	10,28
21-6-2018	66,7	67,2	21-6-2018	9,93	10,28
22-6-2018	66,2	66,6	22-6-2018	9,11	9,94



Datum [dd-mm-ij]	T losse pallet [°C]	RH losse pallet [%]	AH losse pallet [g/kg]	T vastgebonden pallet [°C]	RH vastgebonden pallet [%]	AH vastgebonden pallet [g/kg]	T ingeblaaide pallet [°C]	RH ingeblaaide pallet [%]	AH ingeblaaide pallet [g/kg]
24-5-2018	18,5	71,8	9,56	19	82,7	11,36			
25-5-2018	18,7	89,4	12,05	18,9	72	9,83			
26-5-2018									
27-5-2018									
28-5-2018	19,5	81,4	11,53	19,8	79,5	11,40			
29-5-2018	20,7	85,5	13,05	21	84,7	13,18			
30-5-2018	21,2	79,2	12,48	21,5	84,5	13,58			
31-5-2018	21,7	79,2	12,87	21,7	81	13,16			12,74
1-6-2018	21,3	80	12,68	21,4	80,5	12,89			12,48
2-6-2018									
3-6-2018	20,2	79,7	11,8	20,3	82,2	12,24			
4-6-2018	19,7	76,6	10,99	20,1	83,2	12,24			12,45
5-6-2018	19,8	78,8	11,42	20	82,4	12,04			11,4
6-6-2018	20,6	79,3	12,03	20,7	82,3	12,57			11,74
7-6-2018	21,5	80,2	12,87	21,4	81,5	13,06			11,65
8-6-2018									
9-6-2018									
10-6-2018									
11-6-2018	20,7	78,2	12,02	20,7	79,9	12,2			12,38
12-6-2018	20,9	78,5	12,05	20,9	79,5	12,24			12,38
13-6-2018	20,4	75,4	11,03	20,5	78,8	11,32			11,81
14-6-2018	20,5	77,5	11,29	20,6	79,4	11,58			11,81
15-6-2018	19,9	77,2	11,21	19,7	77,2	11,07			11,62
16-6-2018									
17-6-2018									
18-6-2018	76,7	75,4	79,9	18,6-2018	11,14	10,95			11,61
19-6-2018	76,3	70,6	76,6	19-6-2018	10,52	10,26			10,99
20-6-2018	75,3	77,5	79,5	20-6-2018	10,8	11,2			11,33
21-6-2018	74,9	75,1	74,9	21-6-2018	11,44	11,59			11,59
22-6-2018	73,9	77	78,7	22-6-2018	10,09	10,71			11,01



Datum [dd-mm-ii]	T loose pallet [C]	RH loose pallet [%]	Alt loose pallet [hPa]	T vastgebonden pallet [C]	RH vastgebonden pallet [%]	Alt vastgebonden pallet [hPa]	T ingeschaalde pallet [C]	RH ingeschaalde pallet [%]	Alt ingeschaalde pallet [hPa]
16-5-2018	23,6	80,2	14,69	24,1	23,7	14,55	23,6	23,7	14,54
17-5-2018	22,6	80,3	13,77	23	24,8	15,21	24,8	80,9	15,95
18-5-2018	23	83,7	14,75	23	81	15,04	24,4	80,3	15,41
19-5-2018									
20-5-2018									
21-5-2018									
22-5-2018	22	76,2	13,43	22,3	81,1	14,2	23,7	79,5	14,66
23-5-2018	23,2	77	14,18	24	86,3	14,19	24,8	79,4	15,05
24-5-2018	24,2	78,1	14,48	24,3	84,1	14,18	24,8	79,4	15,05
25-5-2018	24,3	75,8	14,52	24,3	74,2	14,65	25,4	79,2	15,12
26-5-2018									
27-5-2018									
28-5-2018	23,9	76,2	13,10	24,3	79,8	13,85	26	82,1	13,43
29-5-2018	25,5	69,8	14,38	26,4	72,7	15,94	27,3	77,9	17,66
30-5-2018	26,7	63,8	14,16	27	69,6	15,34	27,5	81,6	19,04
31-5-2018	27,2	71,5	14,37	27,4	71,5	14,58	27,7	81,3	19,21
1-6-2018	27,2	66,7	13,27	27,3	71,1	14,38	27,6	76,9	18,08
2-6-2018									
3-6-2018									
4-6-2018	25,3	64,3	13,08	25,3	70,2	14,18	25,5	77,4	15,94
5-6-2018	25,2	65,7	13,28	25,3	64,4	13,1	25,3	79,4	16,15
6-6-2018	25,5	63,6	13,1	25,6	66,7	13,85	25,7	79,6	15,77
7-6-2018	26,3	62,1	13,44	26,3	69,2	14,98	26,6	77,2	17,01
8-6-2018	27,2	63,1	14,61	27,2	63,2	14,47	27,4	76,1	17,03
9-6-2018									
10-6-2018									
11-6-2018	25,5	63,3	13,14	24,4	67,4	13,8	25,3	78,2	15,88
12-6-2018	25,9	60,3	12,73	25,7	66,8	13,95	26	78,4	16,06
13-6-2018	25,5	62,4	12,86	25,2	65,9	13,82	25,5	76,3	15,71
14-6-2018	25,7	55,1	11,49	25,9	63,1	13,32	25,6	76,9	15,94
15-6-2018	25,6	64,1	13,28	25,3	66,1	13,61	25,5	75	15,45
16-6-2018									
17-6-2018	25,2	59,7	12,07	24,7	62,7	12,29	25	73,4	14,65
18-6-2018	25,2	58,3	11,79	25	64,5	12,88	25	74	14,77
19-6-2018	26,5	59,8	12,71	26,6	63,3	13,17	26,6	79,9	15,71
20-6-2018	26,9	61,5	13,62	26,4	66,1	14,4	26,3	76,4	16,54
21-6-2018	25,3	60,8	13,27	25,3	64,2	13,27	25,9	74,9	15,82
22-6-2018									



[illegible]

Datum [dd-mm-ii]	T losse pallet [°C]	RH losse pallet [%]	AH losse pallet [kJ/kg]	T vastgebonden pallet [°C]	RH vastgebonden pallet [%]	AH vastgebonden pallet [kJ/kg]	T ingeboude pallet [°C]	RH ingeboude pallet [%]	AH ingeboude pallet [kJ/kg]
30-5-2018	26,4	88,3	19,34	26,3	92,3	19,98	27,14	91,6	20,9
31-5-2018	27,8	84,9	20,18	27,3	86,6	19,95	28,1	89,2	21,61
1-6-2018	26,8	79,7	17,8	26,5	86,1	18,87	27,4	88,8	20,59
2-6-2018									
3-6-2018									
4-6-2018	24,9	83,3	16,53	24,8	80,9	15,95	25,4	89,7	18,36
5-6-2018	24,8	76,5	15,08	24,8	78,9	15,56	25,2	89,6	18,11
6-6-2018	25	77,1	15,39	25,1	79,6	15,99	25,5	88,7	18,27
7-6-2018	25,7	71,9	14,99	25,6	78,1	16,19	26,4	88,6	19,3
8-6-2018	26,6	75,6	16,68	26,9	75,1	16,88	26,8	87,3	19,5
9-6-2018									
10-6-2018									
11-6-2018	24,8	70,3	13,86	25,1	73,6	14,79	24,9	86,1	17,08
12-6-2018	25,3	64,1	13,04	25,4	72,1	14,76	25,3	86,4	17,57
13-6-2018	24,9	65	12,09	25,3	68,4	13,91	24,8	84,5	16,66
14-6-2018	25,2	60,4	12,21	25,3	70,2	14,28	25,1	82,8	16,63
15-6-2018	25,3	61,5	12,51	25,1	71,1	14,28	24,9	84,4	16,74
16-6-2018									
17-6-2018									
18-6-2018	25,4	58,7	12,01	24,7	65,7	12,87	24,5	82	15,87
19-6-2018	25	58,2	11,62	24,7	62,1	12,17	24,5	82,5	15,96
20-6-2018	25,9	62,6	13,22	25,6	64,1	13,28	25,3	82,2	16,72
21-6-2018	26,5	59,1	12,96	26,1	65,5	14,36	25,6	82,4	17,08
22-6-2018	24,9	61,1	12,12	25	61,4	12,26	24,6	81,9	15,95

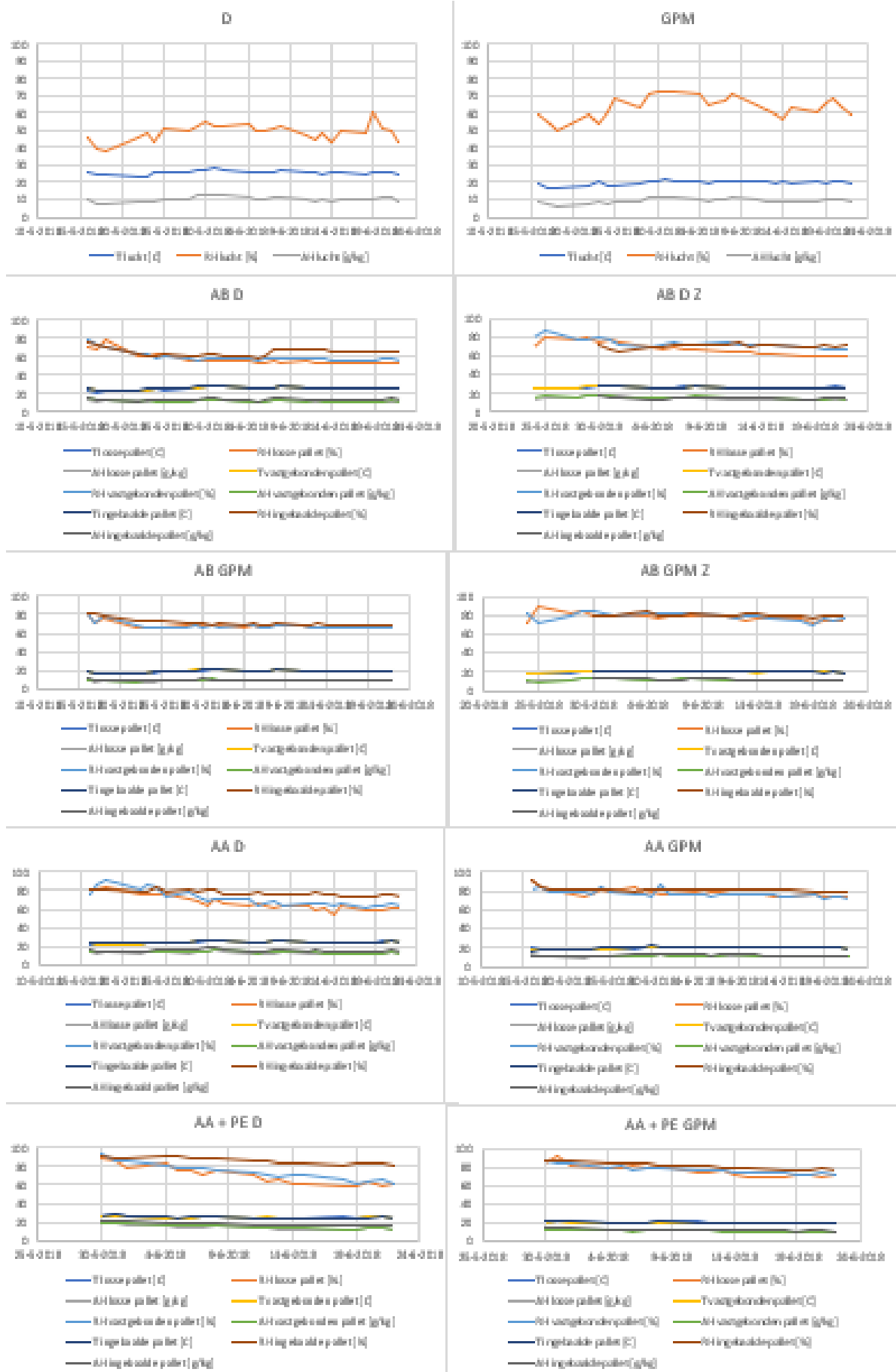
Datum [dd-mm-ii]	RH losse pallet [%]	RH vastgebonden pallet [%]	RH ingeboude pallet [%]
30-5-2018	88,3	92,3	91,6
31-5-2018	84,9	86,6	89,2
1-6-2018	79,7	86,1	88,8
2-6-2018			
3-6-2018			
4-6-2018	83,3	80,9	89,7
5-6-2018	76,5	78,9	89,6
6-6-2018	77,1	79,6	88,7
7-6-2018	71,9	78,1	88,6
8-6-2018	75,6	75,1	87,3
9-6-2018			
10-6-2018			
11-6-2018	70,3	73,6	86,1
12-6-2018	64,1	72,1	86,4
13-6-2018	65	68,4	84,5
14-6-2018	60,4	70,2	82,8
15-6-2018	61,5	71,1	84,4
16-6-2018			
17-6-2018			
18-6-2018	58,7	65,7	82
19-6-2018	58,2	62,1	82,5
20-6-2018	62,6	64,1	82,2
21-6-2018	59,1	65,5	82,4
22-6-2018	61,1	61,4	81,9

Datum [dd-mm-ii]	T loose pallet [°C]	RH loose pallet [%]	AH loose pallet [g/kg]	T vastgebonden pallet [°C]	RH vastgebonden pallet [%]	AH vastgebonden pallet [g/kg]	T ingebladerde pallet [°C]	RH ingebladerde pallet [%]	AH ingebladerde pallet [g/kg]
30-5-2018	21	86.4	13.29	20.9	88.5	13.68	21.7	88.4	14.37
31-5-2018	23.5	81.2	15.66	21.7	85.3	13.86	21.5	86.2	14.78
1-6-2018	22.4	82.8	14.06	21.3	84.1	13.33	22.2	86.5	14.85
2-6-2018									
3-6-2018									
4-6-2018	21.2	80.9	12.74	20.2	81.4	12.05	20.8	86.4	13.27
5-6-2018	20.5	79.1	11.92	19.9	82.3	11.05	20.4	85.2	12.64
6-6-2018	20.5	83.1	12.82	19.7	78	11.19	20.5	84.4	12.79
7-6-2018	21.5	81.4	13.02	20.5	81.4	12.27	21.2	84.4	13.28
8-6-2018	21.8	81.3	13.29	21	80.9	12.59	21.5	82.2	13.32
9-6-2018									
10-6-2018									
11-6-2018	21.6	76.5	12.85	20.5	78.9	11.9	21.2	81.7	12.27
12-6-2018	21.2	75.6	11.91	20.3	77.9	11.6	21	81.6	12.74
13-6-2018	20.5	77.6	11.7	20	76.9	11.24	20.4	81.4	12.7
14-6-2018	20.9	71	11.29	20	75.1	10.98	20.5	81	12.21
15-6-2018	20.3	71.1	10.59	19.6	76.2	10.66	20.2	80.3	11.86
16-6-2018									
17-6-2018									
18-6-2018	20.6	71.4	10.83	20.1	74.1	10.3	20.3	78.4	11.21
19-6-2018	20.2	72.1	10.87	19.5	73.1	10.36	20	78.3	11.43
20-6-2018	20.7	72.2	11.1	19.8	73.5	10.61	20.5	78.6	11.9
21-6-2018	20.8	71.3	10.95	20.2	74.1	10.97	20.6	79.1	12
22-6-2018	20.3	71.2	10.68	19.2	73	10.15	19.9	78.5	11.4

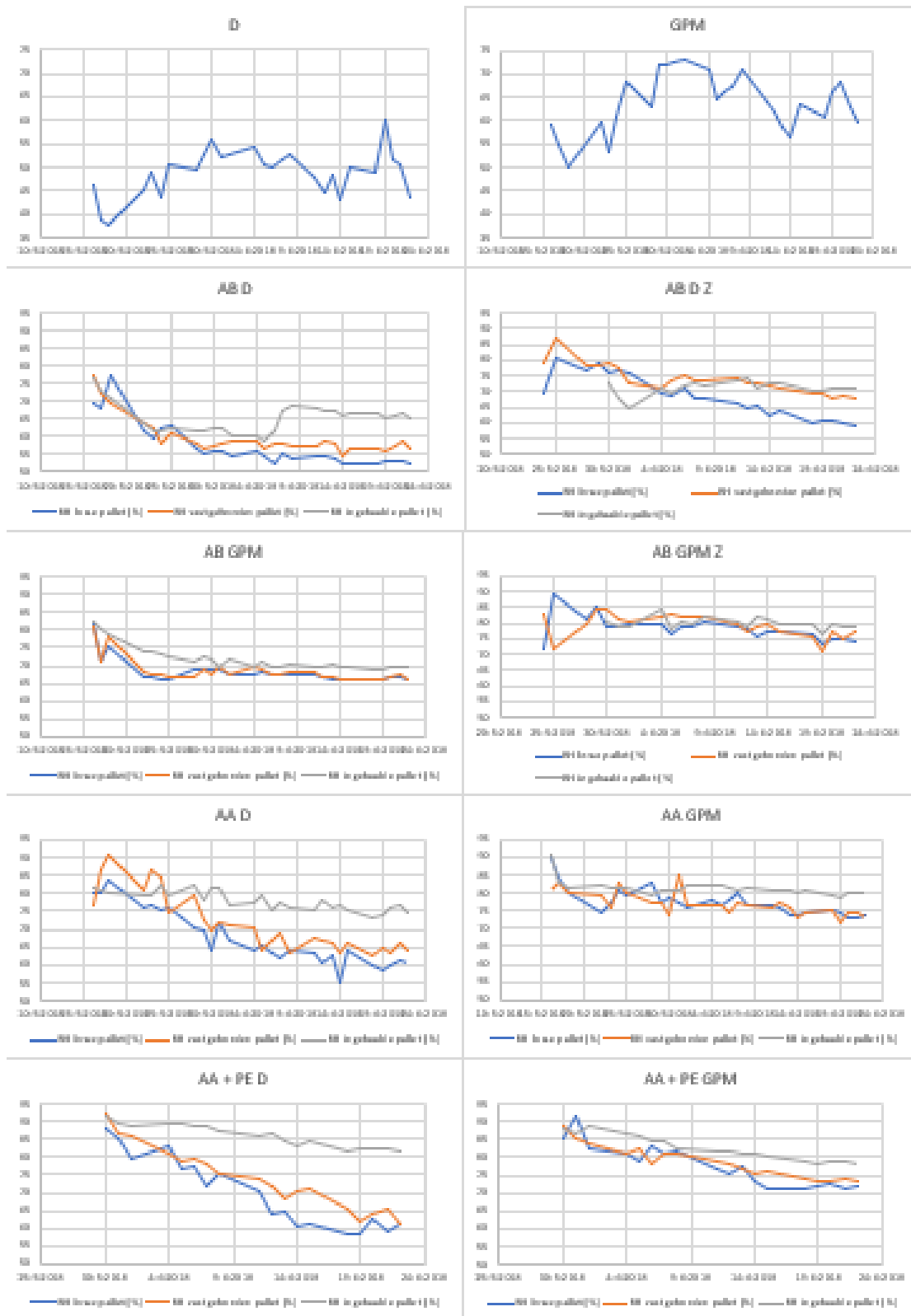
Datum [dd-mm-ii]	RH loose pallet [%]	RH vastgebonden pallet [%]	RH ingebladerde pallet [%]	Datum [dd-mm-ii]	AH loose pallet [g/kg]	AH vastgebonden pallet [g/kg]	AH ingebladerde pallet [g/kg]
30-5-2018	85.4	88.5	88.4	30-5-2018	13.29	13.29	13.68
31-5-2018	91.7	85.3	85.5	31-5-2018	15.66	15.66	13.86
1-6-2018	82.8	84.1	88.6	1-6-2018	14.06	14.06	13.33
2-6-2018				2-6-2018			
3-6-2018				3-6-2018			
4-6-2018	80.9	81.4	86.4	4-6-2018	12.74	12.74	12.05
5-6-2018	79.1	82.3	85.7	5-6-2018	11.92	11.92	11.05
6-6-2018	83.2	78	84.4	6-6-2018	12.82	12.82	11.19
7-6-2018	81.1	81.4	84.3	7-6-2018	13.02	13.02	12.27
8-6-2018	81.9	80.9	82.5	8-6-2018	13.29	13.29	12.59
9-6-2018				9-6-2018			
10-6-2018				10-6-2018			
11-6-2018	76.5	78.9	81.7	11-6-2018	12.85	12.85	11.9
12-6-2018	75.6	77.9	81.9	12-6-2018	11.91	11.91	11.6
13-6-2018	77.6	76.9	81.4	13-6-2018	11.7	11.7	11.24
14-6-2018	73	75.1	81	14-6-2018	10.98	10.98	10.61
15-6-2018	71.1	76.2	80.3	15-6-2018	10.59	10.59	10.66
16-6-2018				16-6-2018			
17-6-2018				17-6-2018			
18-6-2018	71.4	74.1	78.6	18-6-2018	10.83	10.83	10.3
19-6-2018	72.1	73.1	78.2	19-6-2018	10.87	10.87	10.36
20-6-2018	72.2	73.5	78.9	20-6-2018	11.1	11.1	10.61
21-6-2018	71.3	74.1	79.1	21-6-2018	10.95	10.95	10.97
22-6-2018	71.2	73	78.5	22-6-2018	10.68	10.68	10.15

RH

AH



**Grafieken om relatieve moeilijkheid
[X]**



**Grasfiebrensmateriaal absolute vochtgehalte
[g/kg]**

