

2013•2014
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: energie

Masterproef

Optimalisatie van een energie-efficient droogstelsel van
polyethyleengranulaat

Promotor :
ing. Joseph THEUNISSEN

Promotor :
Dhr. PETER NARINX

Tom Gijbels , Maarten Reuskens

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële
wetenschappen: energie*

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2013•2014
Faculteit Industriële
ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: energie

Masterproef

Optimalisatie van een energie-efficient droogsysteem van
polyethyleengranulaat

Promotor :
ing. Joseph THEUNISSEN

Promotor :
Dhr. PETER NARINX

Tom Gijbels , Maarten Reuskens

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële
wetenschappen: energie*

Voorwoord

Met deze masterproef sluiten wij onze opleiding Industriële Ingenieurswetenschappen Automatisering aan de universiteit Hasselt af. Voor het verwezenlijken van deze masterproef hebben we hulp gekregen van enkele personen die we via deze weg graag willen bedanken.

Eerst willen we de promotor van DYKA, Peter Narinx, bedanken voor zijn begeleiding, tips en steun gedurende het academiejaar. Daarnaast bedanken we ook de projectingenieur, Nico Pellens. Hij stond altijd klaar om ons direct te helpen op de werkvloer. Nico heeft een brede technische achtergrond die hij met veel enthousiasme met ons deelde om zo onze masterproef tot een goed einde te brengen.

Ook willen we de promotor van de universiteit, Jos Theunissen, bedanken voor zijn tips, aanmoediging en begeleiding. Aan de hand van onze verslagen gaf hij de juiste richtlijnen om op schema te blijven en goed te evolueren.

Ten slotte een laatste dankwoord aan onze ouders en vriendinnen die ons doorheen het academiejaar gesteund en aangemoedigd hebben.

Inhoudsopgave

VOORWOORD	1
LIJST VAN FIGUREN.....	5
LIJST VAN TABELLEN.....	7
ABSTRACT	9
ABSTRACT IN ENGLISH	11
INLEIDING.....	13
1 HUIDIGE SITUATIE DYKA.....	15
1.1 SITUATIESCHETS	15
1.2 PROBLEEMSTELLING.....	16
1.3 DOELSTELLING	16
1.4 DE GRONDSTOF PE/PP.....	17
1.5 MATERIAAL	19
1.6 METHODE	19
2 HUIDIGE DROGERS.....	21
2.1 DROGELUCHTDROGERS.....	21
2.2 WARMELUCHTDROGERS.....	24
2.3 TECHNISCHE GEGEVENS.....	25
3 ENERGIESTUDIE.....	27
3.1 INLEIDING	27
3.2 DE MEETOPSTELLING.....	28
3.3 DROGELUCHTDROGER	30
3.3.1 Meetresultaten.....	30
3.3.2 Analyse.....	36
3.4 WARMELUCHTDROGER.....	40
3.4.1 Meetresultaten.....	40
3.4.2 Analyse.....	46
3.5 VERGELIJKING	48
4 ANALYSE MODERNE DROOGTECHNIEKEN	49
4.1 DE PERSLUCHTDROGER	50
4.1.1 Dauwpunt.....	50
4.1.2 Algemeen principe.....	52
4.1.3 Voordelen.....	54
4.1.4 Nadelen.....	54
4.2 INFRAROODDROGER.....	55
4.2.1 Infrarood algemeen.....	55
4.2.2 Algemeen principe.....	56
4.2.3 Voordelen.....	56
4.2.4 Nadelen.....	56
4.3 DE ROTERENDE HONINGGRAATDROGER.....	57
4.3.1 Algemeen principe.....	57
4.3.2 Voordelen.....	59
4.3.3 Nadelen.....	59
4.4 DE VACUÛMDROGER	60
4.4.1 Algemeen principe.....	60
4.4.2 Voordelen.....	61
4.4.3 Nadelen.....	61

4.5	DE TROMMELDROGER.....	62
4.5.1	<i>Algemeen principe.....</i>	62
4.5.2	<i>Voordelen.....</i>	63
4.5.3	<i>Nadelen.....</i>	63
4.6	OVERZICHT	64
5	LEVERANCIERS.....	65
5.1	MORETEC.....	65
5.2	AJ SOLUTIONS	65
5.3	KOTRACO.....	66
5.3.1	<i>Warmeluchtdroger.....</i>	66
5.3.2	<i>Nieuwe technologie trechter.....</i>	67
5.4	AZO	70
6	VERGELIJKING	73
6.1	ALGEMEEN.....	73
6.2	AJ SOLUTIONS	74
6.2.1	<i>Drogeluchtdroger.....</i>	74
6.2.2	<i>Warmeluchtdroger.....</i>	74
6.3	MORETEC.....	75
6.3.1	<i>Drogeluchtdroger.....</i>	75
6.3.2	<i>Warmeluchtdroger.....</i>	75
6.4	KOTRACO.....	76
6.4.1	<i>Warmeluchtdroger.....</i>	76
6.5	OVERZICHT	76
7	CONCLUSIE	77
8	BRONNEN.....	79
	BIJLAGE	81

Lijst van figuren

FIGUUR 1: SITUATIESCHETS	15
FIGUUR 2: GRONDSTOF KORRELS.....	17
FIGUUR 3: EINDPRODUCT MET VOCHT.....	18
FIGUUR 4: DROGELUCHTDROGER.....	21
FIGUUR 5: SCHEMA MDC-TYPE	22
FIGUUR 6: SCHEMA MD-TYPE.....	23
FIGUUR 7: WARMELUCHTDROGER.....	24
FIGUUR 8: SCHEMA WARMELUCHTDROGER	24
FIGUUR 9: FLUKE 434.....	27
FIGUUR 10: VERMOGEN MEETOPSTELLING.....	28
FIGUUR 11: PRAKTISCHE MEETOPSTELLING.....	28
FIGUUR 12: TEMPERATUURLOGGER.....	29
FIGUUR 13: LUCHTVOCHTIGHEID FEBRUARI.....	36
FIGUUR 14: DROGELUCHTDROGER ENERGIEVERBRUIK	36
FIGUUR 15: DROGELUCHTDROGER OUTPUT EN ENERGIEVERBRUIK	37
FIGUUR 16: DROGELUCHTDROGER TEMPERATUREN EN ENERGIEVERBRUIK	39
FIGUUR 17: LUCHTVOCHTIGHEID MAART	45
FIGUUR 18: WARMELUCHTDROGER OUTPUT EN ENERGIEVERBRUIK.....	46
FIGUUR 19: WARMELUCHTDROGER TEMPERATUREN EN ENERGIEVERBRUIK.....	47
FIGUUR 20: VERGELIJKING DROGELUCHTDROGER EN WARMELUCHTDROGER	48
FIGUUR 21: OVERZICHT DROGERS.....	49
FIGUUR 22: MOLLIER-DIAGRAM	50
FIGUUR 23: VERZADIGINGSCURVEN	51
FIGUUR 24: PERSLUCHTDROGER	52
FIGUUR 25: VERZADIGINGSCURVE TOEGEPAST.....	53
FIGUUR 26: LICHTSPECTRUM INFRAROOD	55
FIGUUR 27: INFRAROODDROGER	56
FIGUUR 28: ROTERENDE HONINGGRAATDROGER.....	57
FIGUUR 29: CONSTANT DAUWPUNT ROTERENDE HONINGGRAATDROGER.....	57
FIGUUR 30: SCHEMA ROTERENDE HONINGGRAATDROGER.....	58
FIGUUR 31: VACUÛMDROGER	60
FIGUUR 32: TROMMELDROGER.....	62
FIGUUR 33: BINNENKANT TROMMELDROGER	62
FIGUUR 34: KOTRACO WARMELUCHTDROGER.....	66
FIGUUR 35: TRADITIONELE TRECHTER	67
FIGUUR 36: MODERNE TRECHTER.....	68
FIGUUR 37: MODERNE TRECHTER KEGELVORM	69
FIGUUR 38: DROOGHEID AZO.....	70

Lijst van tabellen

TABEL 1: GEGEVENS DROGELUCHTDROGERS	25
TABEL 2: GEGEVENS WARMELUCHTDROGERS.....	25
TABEL 3: DROGELUCHTDROGER OUTPUT.....	30
TABEL 4: DROGELUCHTDROGER ENERGIEVERBRUIK.....	31
TABEL 5: DROGELUCHTDROGER REGENERATIETEMPERATUUR	32
TABEL 6: DROGELUCHTDROGER INGAANDE TEMPERATUUR	33
TABEL 7: DROGELUCHTDROGER UITGAANDE TEMPERATUUR	34
TABEL 8: DROGELUCHTDROGER OMGEVINGSTEMPERATUUR	35
TABEL 9: DROGELUCHTDROGER VOCHTMETING.....	35
TABEL 10: STORTGEWICHT.....	37
TABEL 11: DROOGEIGENSCHAPPEN KUNSTSTOFFEN	38
TABEL 12: WARMELUCHTDROGER OUTPUT	40
TABEL 13: WARMELUCHTDROGER ENERGIEVERBRUIK	41
TABEL 14: WARMELUCHTDROGER INGAANDE TEMPERATUUR	42
TABEL 15: WARMELUCHTDROGER UITGAANDE TEMPERATUUR	43
TABEL 16: WARMELUCHTDROGER OMGEVINGSTEMPERATUUR.....	44
TABEL 17: WARMELUCHTDROGER VOCHTMETING	45
TABEL 18: OVERZICHT VOOR- EN NADELEN	64
TABEL 19: OVERZICHT PAYBACK.....	76

Abstract

DYKA Plastics, te Overpelt, produceert kunststofleidingen. In de PE/PP-afdeling moet de grondstof gedroogd worden om een kwalitatief hoogstaande buis te produceren. Het doel van onze masterproef is de optimalisatie van de droogsystemen in de PE/PP-afdeling van het bedrijf.

Er zijn vier hoofdproblemen bij de huidige drogers. Een eerste probleem is dat ze verouderd zijn, waardoor er geen onderdelen meer beschikbaar zijn. Daarnaast is het systeem niet energie-efficiënt: er zijn tegenwoordig andere energievriendelijkere droogtechnieken op de markt. Als derde wordt er gebruik gemaakt van een drogeluchtdroger, het toepassingsgebied van deze droger ligt buiten de PE- en PP-grondstoffen. Ten slotte zijn de drogers overgedimensioneerd.

De energiekost van de drogeluchtdroger vergelijken met deze van een moderne warmeluchtdroger is een belangrijk aspect van dit onderzoek. Is er een daling van de energiekost als de drogeluchtdroger vervangen wordt door een moderne warmeluchtdroger, en zo ja verantwoordt die daling de investering?

Aan de hand van een energie –en temperatuurlogger is er een periode van een werkweek het energieverbruik gemeten van de huidige drogeluchtdroger. Daarna is het huidige systeem omgebouwd naar een warmeluchtdroger en is er over eenzelfde periode gelogd. Hieruit is te zien dat er een vermindering van 30% in energieverbruik waarneembaar is met een warmeluchtdroger. De paybackperiode van drie jaar wordt bij twee van de drie leveranciers behaald.

Abstract in English

DYKA Plastics, a company in Overpelt, produces plastic pipes. In order to deliver a highly qualitative pipe, the raw material must be dried in the PE/PP unit. The goal of this thesis is the optimisation of the drying system in the company's PE/PP unit.

There are four main problems with the current drying system. The first problem is that it is out-dated. Therefore, there are no parts available anymore at the distributor. A second problem is that the system is not energy-efficient: nowadays other more energy-efficient drying techniques are available on the market. The third problem is the use of a dry air dryer: the field of application of which is being located outside the PE/PP materials sector. Moreover, the dryers are overdimensioned.

Comparing the energy cost of the dry air dryer with the energy cost of a modern hot air dryer is an important aspect of this research. Can there be a reduction of energy costs if the dry air dryers are replaced with a modern hot air dryer? And if so, will the payback be achieved?

By using an energy and temperature logger, the energy consumption of a week has been measured on the current dry air dryer. After those measurements, we have carried out the same measurements on a hot air dryer over the same period. The latter measurements have shown an energy reduction of 30% in the usage of a hot air dryer. The payback of three years is achieved among two of the three suppliers.

Inleiding

Deze masterproef vindt plaats bij het bedrijf DYKA Plastic Pipe Systems. DYKA is gelegen te Overpelt in België en produceert kunststof leidingsystemen. Al meer dan 50 jaar is DYKA een onderdeel van de Belgische Tessenderlo Group en samen met zijn zusterbedrijven is DYKA gegroepeerd in de business unit Plastic Pipe Systems. Het toepassingsgebied van hun systemen is vooral in de bouwsector en infrastructuur zoals:

- Rioleringsystemen,
- Regenwaterafvoersystemen,
- Drainagesystemen,
- Gastransport,
- Waterleidingen,
- Filtratie van regenwater.

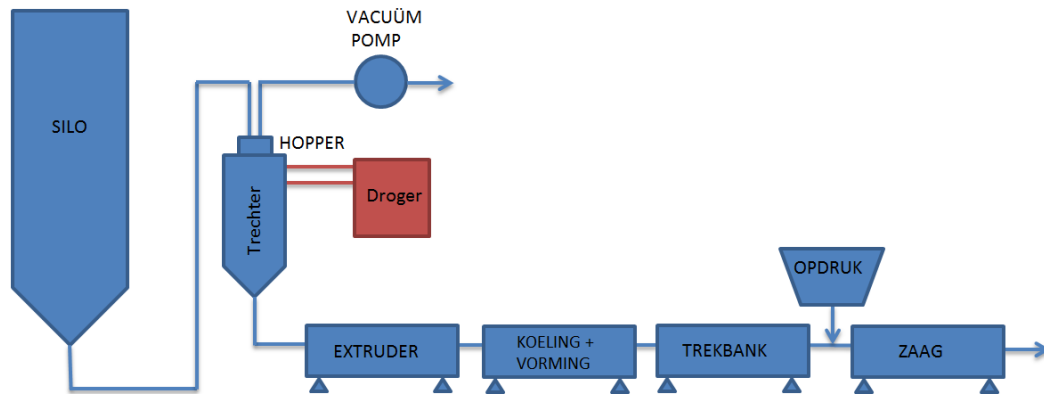


(DYKA, 2013)

1 Huidige situatie DYKA

1.1 Situatieschets

Figuur 1 geeft een schets van de opbouw van een PE/PP-productielijn bij DYKA.



Figuur 1: Situatieschets (Eigen creatie)

De grondstof wordt geleverd door een transportwagen en wordt opgeslagen in de opslagsilo. De verschillende soorten grondstoffen zijn HDPE, LDPE, PP en PVC.

Vanuit de silo wordt de grondstof door middel van een vacuümpomp via een hopper naar de trechter getransporteerd. De grondstof kan vocht bevatten ten gevolge van condensatie door temperatuurverschillen enerzijds, en anderzijds door het reeds aanwezige vocht bij de levering. Om dit vocht te verwijderen wordt de grondstof gedroogd in deze trechter.

Na het droogproces vallen de gedroogde korrels uit de silo in de extruder, de korrels worden gesmolten en verder gebracht naar de vormeenheid. Hierin wordt door middel van vacuüm de grondstof tegen een ronde mal gezogen waardoor het de vorm van een buis krijgt. De mal kan veranderd worden afhankelijk van de diameter die geproduceerd wordt. Vervolgens wordt gekoeld door middel van water waardoor de kunststof stolt tot een vast product.

Achter de extruder en koeler staat een trekbank die er voor zorgt dat de buis door de vormeenheid getrokken wordt, wat resulteert in een continu proces. Na de trekbank staat een drukmachine om de gegevens van de buis zoals diameter, bedrijfsnaam, materiaalsoort,... op te drukken. Ten slotte wordt de buis op een bepaalde lengte afgezaagd en is het product klaar voor de consument.

1.2 Probleemstelling

Het droogstelsysteem bij DYKA is een verouderd, overgedimensioneerd, energieonvriendelijk systeem dat vervangen moet worden door een nieuw droogstelsysteem. Het systeem is minder energie-efficiënt omdat er continu gedroogd wordt, ook al is de grondstof voldoende droog. Er is geen terugkoppeling aanwezig van de toestand van de grondstof, ervaring leert dat 80% van het granulaat niet gedroogd moet worden. Doordat het systeem verouderd is, zijn er geen onderdelen meer beschikbaar. Hierdoor wordt onderhoud en herstelling moeilijk en duurder.

1.3 Doelstelling

De doelstelling van deze masterproef is een beslissing maken welk type droogstelsysteem optimaal is voor DYKA. Dit wordt gedaan aan de hand van een vergelijking die rekening houdt met de volgende eisen:

- De investeringskost moet zichzelf terugbetalen door de energiebesparing op maximaal drie jaar;
- De grondstof moet een vochtigheid onder 250 mg/kg hebben, omgerekend naar vluchtige stoffen is dit 350 mg/kg;
- De output van de huidige drogers moet behouden worden (zie tabel 1 & 2);
- Er moet niet gedroogd worden als de grondstof een vochtigheid onder 250 mg/kg bevat.

De investeringskost drukken door het hergebruiken van de huidige trechters is een pluspunt maar geen verplichting.

1.4 De grondstof PE/PP

In de industrie zijn veel constructiekunststoffen beschikbaar waarvan de meest gebruikte: PVC, PE, PP, PS, Hydroclick, PVDF,... In deze thesis werkt men enkel met LDPE, HDPE en PP. De grondstof wordt bij DYKA geleverd in de vorm van korrels zoals in figuur 2.



Figuur 2: Grondstof korrels (Eigen creatie)

Kunststoffen worden bij het drogen opgedeeld in twee soorten: hygroscopische kunststoffen en niet-hygroscopische kunststoffen. Een voorbeeld van hygroscopische kunststoffen zijn PA(nylon), PC en PET. Deze materialen adsorberen vocht uit de omgevingslucht en houden deze vast tussen de moleculaire ketens. Het vocht kan terug afgegeven worden aan droge warme lucht. De hoeveelheid vocht dat een kunststof kan adsorberen is afhankelijk van het type kunststof. De niet-hygroscopische kunststoffen adsorberen geen vocht, voorbeelden hiervan zijn PE, PP en PVC. Enkel indien er bijvoorbeeld roet aan de grondstof wordt toegevoegd kan PE/PP vocht adsorberen, maar dit aandeel vocht is miniem. Roet wordt gebruikt als kleurstof en UV-stabilisator.

Naast vocht dat vastgehouden wordt tussen de moleculaire ketens is er nog een tweede probleem dat optreedt, namelijk oppervlaktevocht. Oppervlaktevocht is vocht dat op de oppervlakte van de korrel blijft liggen. Als de silo van de PE/PP-grondstoffen gevuld wordt tijdens de wintermaanden zal de oppervlaktevochtigheid groter zijn dan als deze gevuld wordt tijdens de zomermaanden. Dit omdat de buitenlucht in de zomer minder vocht bevat.

De reden dat er gedroogd moet worden is een overmaat aan vocht op het granulaat. Dit vocht veroorzaakt:

- holtes in de buis waardoor de buis niet meer binnen de maattoleranties ligt in diameter en dikte van de wand;
- een vermindering van de mechanische eigenschappen waardoor de buis minder sterk wordt;
- een vermindering van de optische kwaliteit zoals melkachtige strepen op de buitenwand van de buizen.

Het is dus noodzakelijk om de grondstof voldoende te drogen zodat de gewenste kwaliteit bereikt wordt. In figuur 3 zijn de voorgenoemde problemen door vocht te zien.



Figuur 3: Eindproduct met vocht (Eigen creatie)

1.5 Materiaal

Voor het realiseren van de masterproef zijn volgende materialen noodzakelijk:

- Energielogger,
- Laptop,
- Temperatuurlogger,
- Vochtmetr,
- Hermetisch afgesloten potjes,
- Gereedschapspakket.

Voor de energiestudie van de huidige drogers wordt gebruik gemaakt van een energilogger, om de gegevens van de logger uit te lezen is er een laptop nodig. Daarnaast worden ook de temperaturen bijgehouden door middel van een temperatuurlogger. Het vocht van het granulaat in de trechter wordt gemeten met een vochtmetr die beschikbaar is in het labo van DYKA. Om staaltjes te nemen van het granulaat zijn er hermetisch afgesloten potjes nodig, deze zijn ook beschikbaar in het bedrijf. Ten slotte moet er gereedschap aanwezig zijn voor het plaatsen van de thermokoppels tussen de buizen van de ingaande lucht en uitgaande lucht en voor het ombouwen van de droger.

1.6 Methode

Om de kennis over droogsystemen te verbreden worden eerst de huidige drogers op DYKA bestudeerd aan de hand van de documentatie die terug te vinden is in het archief van het bedrijf. Nadat deze bestudeerd zijn wordt er overgegaan op de energiestudie van de huidige drogers, dit wordt gedaan aan de hand van een energilogger. Na deze studie is alle informatie beschikbaar van de huidige situatie van de drogers en kan er overgegaan worden op de literatuurstudie.

De literatuurstudie wordt vooral gedaan via documentatie die op het bedrijf aanwezig is en via online bronnen. Over droogsystemen van kunststof is maar een geringe hoeveelheid nuttige informatie online terug te vinden. Om dit probleem op te lossen wordt een bezoek gepland aan de kunststofbeurs in Veldhoven. Hier kunnen ook de eerste contacten gelegd worden met de leveranciers van kunststofmachines zodat zij hun droogprincipes kunnen verhelderen. Het doel is om drie potentiële leveranciers aan te trekken zodat hun systemen uitgewerkt kunnen worden.

Als de verschillende droogprincipes onderzocht zijn kan er overgegaan worden op het selecteren van het juiste droogprincipe voor de toepassing bij DYKA. Hierna worden de leveranciers gecontacteerd om zo de datasheets en prijsoffertes van hun drogers te ontvangen, waarna er een energievergelijking gemaakt kan worden.

Ten slotte wordt er een conclusie gemaakt waarin het advies staat voor DYKA voor het optimaliseren van hun droogsystemen.

2 Huidige Drogers

2.1 Drogeluchtdrogers

De eerste soort drogers binnen DYKA zijn drogeluchtdrogers, ook wel torendrogers genoemd. Hiervan zijn twee types aanwezig, de MDC en MD, van het merk Motan. Deze variëren ook naarmate de output van de extrusielijn, zo heeft bijvoorbeeld een MDC-800 een output van 800 kg/h. Het MDC-type, weergegeven in figuur 4, is een recenter toestel ten opzichte van het MD-type.

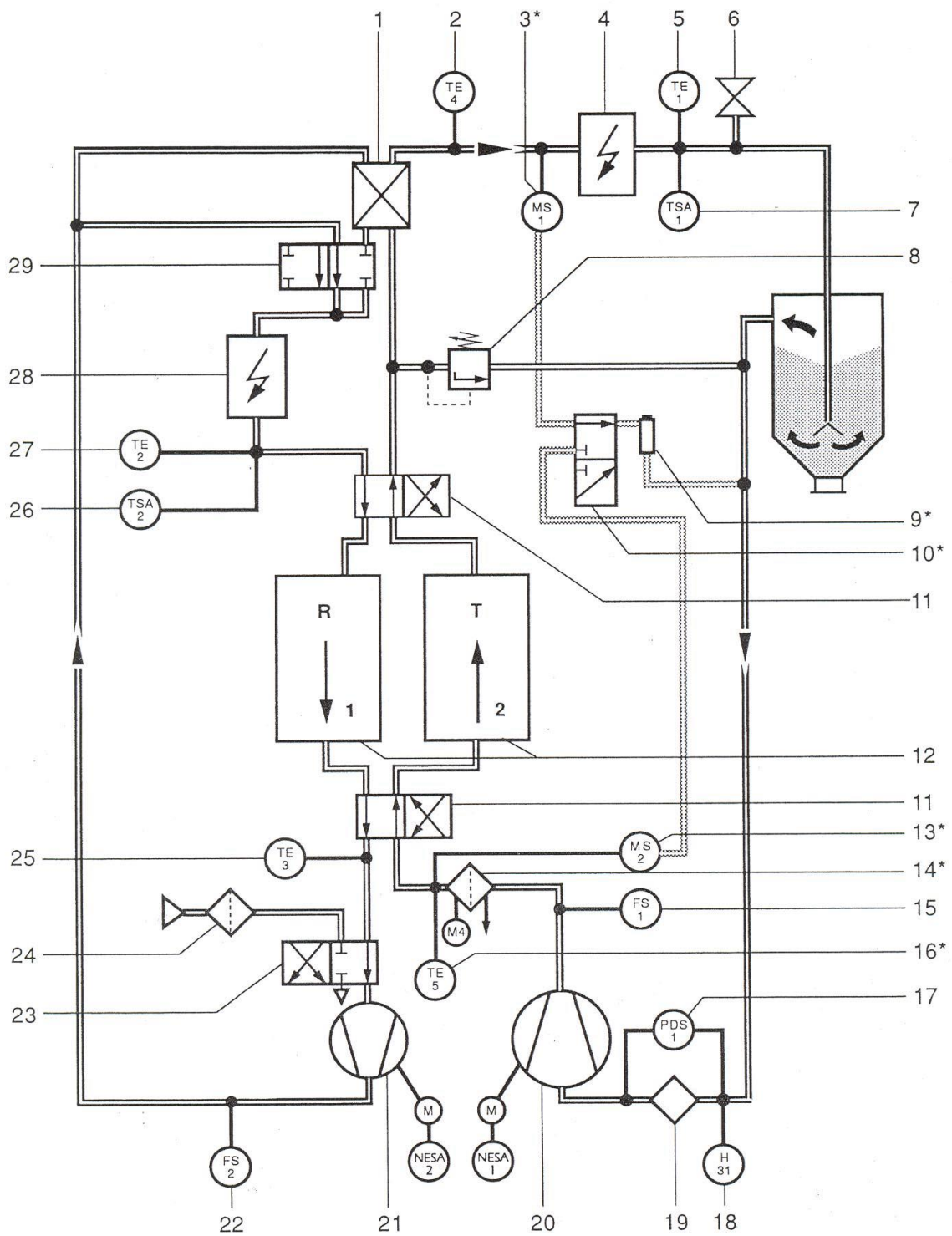


Figuur 4: Drogeluchtdroger (Eigen creatie)

De werking van het MDC-type wordt uitgelegd aan de hand van het schema in figuur 5. Rechts op het schema is de trechter te zien waar het granulaat zich bevindt. De lucht wordt langs onder door het granulaat gestuurd en verlaat de trechter linksboven. Onderaan verlaat het granulaat de trechter om daarna geëxtrudeerd te worden tot een buis.

De lucht die bovenaan de trechter verlaat is vochtige lucht. Indien het granulaat droog is, dan is deze lucht niet vochtig. De vochtigheid van de lucht wordt niet bijgehouden door het systeem. Er wordt dus continu gedroogd ook al is het granulaat droog genoeg. De vochtige lucht wordt aangezogen door een ventilator (20) en gaat daarna door een kleppensysteem naar het droogpatroon (12). Het droogstelsel is opgedeeld in twee delen: het actieve deel (12.2) waarbij het vocht wordt opgenomen door droogkorrels en het non-actieve deel (12.1) waar de regeneratie plaatsvindt.

Als de droge lucht uit het actieve deel (12.2) komt wordt deze eerst voorverwarmd door een warmtewisselaar (1) die zijn warmte uit het regeneratieproces haalt. Daarna wordt deze door een verwarmelement (4) gestuurd waardoor de lucht verder opwarmt tot de juiste settemperatuur.

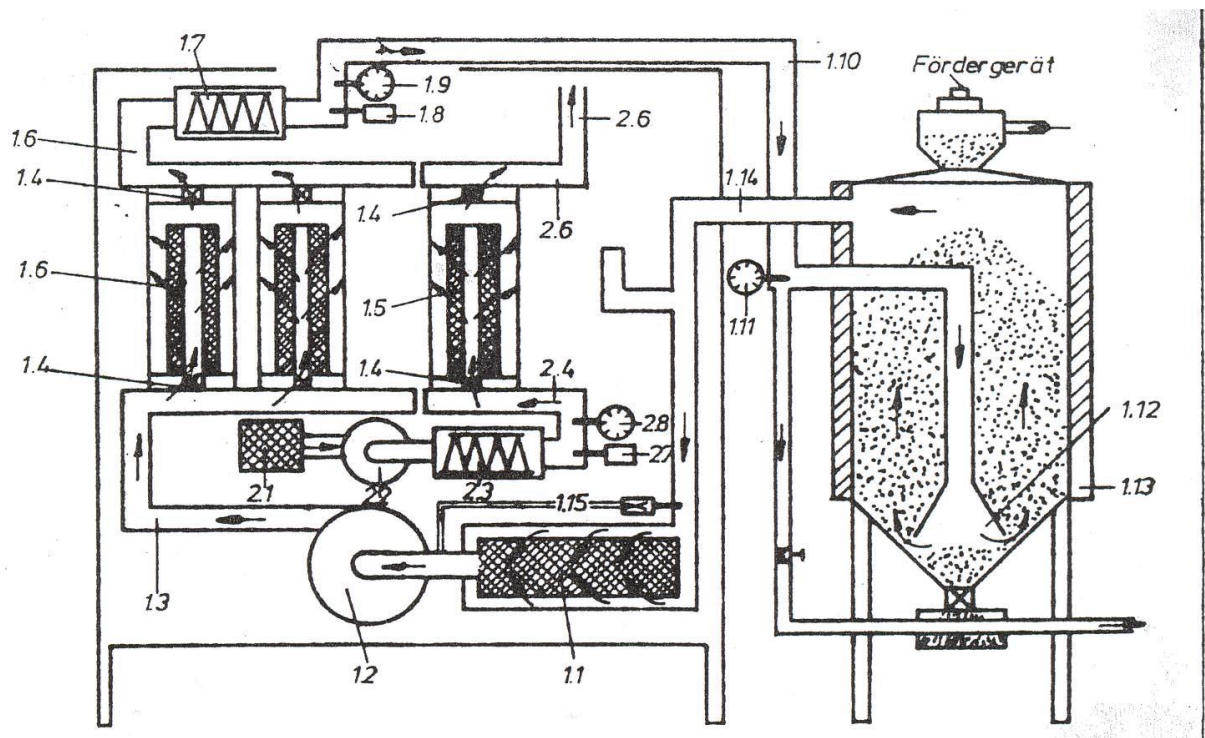


Figuur 5: Schema MDC-type (Motan, Betriebsanleitung trockenluftheizer MDC-1200, 1992)

Als de droogkorrels verzadigd zijn moeten deze geregenereerd worden, het kleppensysteem (11) zorgt ervoor dat het verzadigde patroon non-actief wordt.

Het regeneratieproces werkt als volgt: door middel van een ventilator (21) wordt de lucht van 120 °C (verwarmer 28) door de vochtige droogkorrels gestuurd. Als de regeneratielucht verzadigd is, wordt deze door de klep (23) naar buiten gestuurd en verse lucht wordt aangezogen. Omdat er nog lucht van 120° in het systeem zit, wordt deze via de klep (29) langs de warmtewisselaar (1) gestuurd waardoor de warmte aan het voorverwarmproces wordt afgegeven.

Zoals eerder vermeld is er naast het MDC-type ook de oudere versie, MD-type, aanwezig. Figuur 6 geeft de werking van een drooginstallatie van het MD-type weer.



Figuur 6: Schema MD-type (Motan, Bedienungsanleitung trockenluftheizer MD-44, 1986)

Het verschil met het MDC-type is dat er geen gebruik gemaakt wordt van een warmtewisselaar. De lucht zal dus niet eerst voorverwarmd worden vooraleer het naar de verwarmers gaat. Hierdoor zal de verwarmers meer energie verbruiken en is het MD-type minder energie-efficiënt ten opzichte van het MDC-type.

Drogeluchtdrogers worden het meest toegepast bij hygroscopisch granulaat. Deze drogers moeten tot in de kern van de korrel drogen. Toch zijn deze aanwezig bij DYKA omdat ze zeker willen zijn dat de korrel droog is en er voldaan wordt aan de kwaliteitseisen.

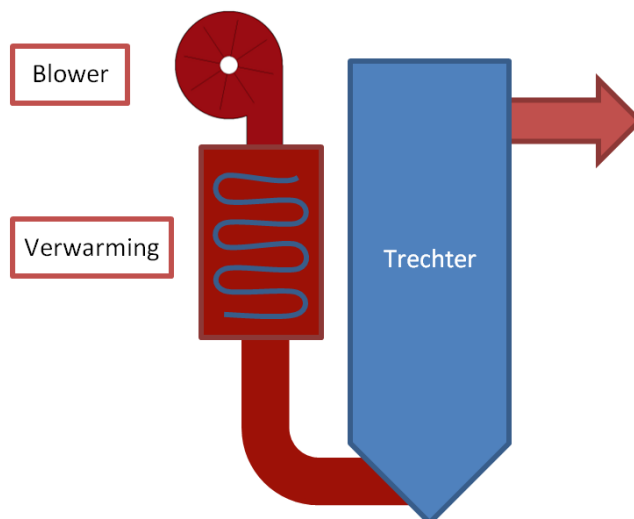
2.2 Warmeluchtdrogers

Naast drogeluchtdrogers zijn er ook twee warmeluchtdrogers zoals in figuur 7.



Figuur 7: Warmeluchtdroger (Eigen creatie)

Figuur 8 geeft de werking weer van een warmeluchtdroger.



Figuur 8: Schema warmeluchtdroger (Eigen creatie)

Het werkingsprincipe van dit soort droger is eenvoudig. De blower neemt lucht uit de omgeving en stuurt deze door de verwarming. De warme lucht wordt daarna langs onder in de trechter geblazen en droogt zo het granulaat. Daarna gaat de lucht terug naar de omgeving door de uitlaat.

Nadelen ten opzichte van drogeluchtdrogers:

- Geen warmtewisselaar waardoor er geen voorverwarming is. Als de uitgaande luchtstroom warm genoeg is kan er eventueel een warmtewisselaar geplaatst worden om de ingaande luchtstroom voor te verwarmen;
- Vochtige/warme lucht wordt in de omgeving geblazen.

Warmeluchtdrogers worden toegepast bij niet-hygroscopisch granulaat zoals PE en PP.

2.3 Technische gegevens

Tabel 1 geeft de technische eigenschappen van de huidige drogers van de PE/PP-productielijnen weer. Deze vijf drogers zijn van het type drogeluchtdrogers.

Tabel 1: Gegevens drogeluchtdrogers (Eigen verwerking uit datasheets)

Type	Operating Voltage	Power Consumption	Connected Load	Debiet lucht	Warmte	Control Voltage
MDC-800	3 x 400V (50Hz)	70A	46kW	800m ³ /h	42kW	230V (50Hz)
MD-44	3 x 380V (50Hz)	42A	25,1kW	400m ³ /h	21,6kW	220V (50Hz)
MDC-1200	3 x 380V (50Hz)	105,5A	72kW	1200m ³ /h	63kW	220V (50Hz)
MD-84/1	3 x 380V (50Hz)	78A	47,8kW	1000m ³ /h	40,5kW	220V (50Hz)
MD-84/2	3 x 380V (50Hz)	78A	47,8kW	2 x 800m ³ /h	40,5kW	220V (50Hz)

Tabel 2 geeft de technische eigenschappen van de twee warmeluchtdrogers. Deze twee drogers werken op een productielijn voor corrugatorbuizen, omdat deze buizen nog niet veelgevraagd zijn op de Belgische markt is deze productielijn nauwelijks actief.

Tabel 2: Gegevens warmeluchtdrogers (Eigen verwerking uit datasheets)

Type	Operating Voltage	Total Power	Volume	Fan
GZ148	3 x 380V (50Hz)	18kW	300kg	750W
GZ132	3 x 380V (50Hz)	9kW	200kg	750W

De bovenstaande informatie komt van het kentekenplaatje van de drogers.

3 Energiestudie

3.1 Inleiding

Na overleg met DYKA wordt de Motan MDC-1200 als referentie gebruikt om het energieverbruik te meten. Op deze lijn wordt PE100 als granulaat gebruikt. Dit type droger is gekozen als referentie omwille van volgende redenen:

- De MDC-1200 wordt het meest gebruikt om PE-leidingsystemen te produceren;
- De droger heeft de grootste trechter, 3000 liter;
- Deze droger heeft de grootste outputcapaciteit, 800 kg/h;
- Het systeem staat een volledige werkweek aan vanaf de ochtendshift op maandag tot en met zaterdag 06:00 waardoor er aan één stuk gelogd kan worden;
- Hoe langer het loggen, hoe realistischer de meetresultaten.

Voor de energiestudie is een logger nodig die de data zoals spanning, stromen maar hoofdzakelijk vermogen opslaat. Het is noodzakelijk om een driefase-logger te gebruiken omdat het droogstelsel werkt op een driefasennet. Om dit te realiseren wordt gebruik gemaakt van de Fluke 434 die in figuur 9 afgebeeld staat.

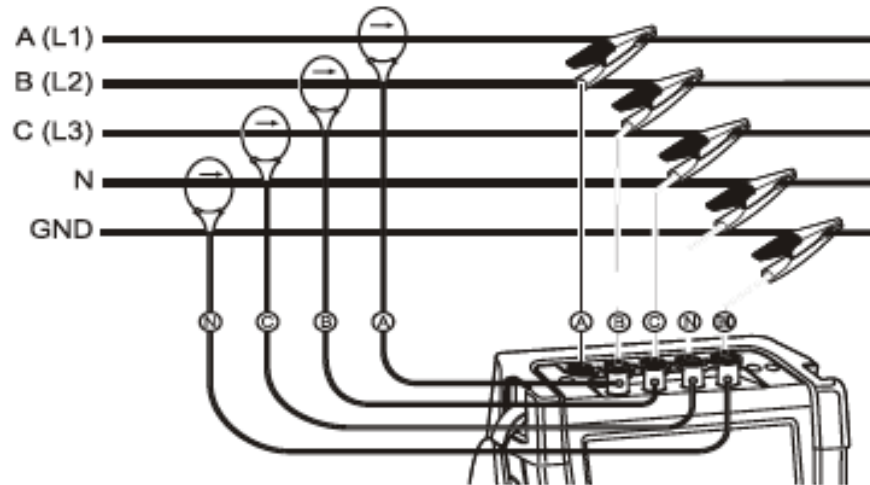


Figuur 9: Fluke 434 (Fluke Corporation, 2008)

Het toestel zelf kan één dag loggen maar via de FlukeView-software kan er een hele week gelogd worden zodat het gemiddelde energieverbruik van de droger bepaald kan worden. Op het kentekenplaatje van de droger staat een vermogen van 72 kW weergegeven maar volgens een eerste meting gaat deze droger nauwelijks over de 50 kW. Afgaan op het kentekenplaatje is dus geen goede benadering om het exacte vermogen van het droogstelsel te kennen.

3.2 De meetopstelling

De Fluke 434 heeft drie ingangen voor de fasen spanningen en één voor de neutrale geleider. Daarnaast zijn er ook vier ingangen voor de stroom en één ingang voor de PE-geleider. De stroom wordt gemeten met behulp van een stroomtang, de Fluke i400S. Op deze tang moet de schakelaar op de stand “400 A, 1 mV/A” gezet worden omdat er gewerkt wordt met stromen boven 100 A. In figuur 10 is de schematische basisopstelling weergegeven en in figuur 11 de realisatie van deze opstelling.



Figuur 10: Vermogen meetopstelling (Fluke Corporation, 2008)



Figuur 11: Praktische meetopstelling (Eigen creatie)

De Fluke 434 wordt aan de laptop gekoppeld via USB en op deze manier kan er een week gelogd worden, de meetresultaten worden opgeslagen in een Excel-file. Naast de spanningen, stromen en vermogens die de Fluke meet, moet ook de temperatuur van de ingaande luchtstroom, de uitgaande luchtstroom en de regeneratielucht gemeten worden met een temperatuurlogger afgebeeld in figuur 12.

De temperaturen worden gemeten aan de hand van thermokoppels die in de installatie ingebouwd worden. De datum en tijd van de Fluke en de temperatuurlogger zijn op elkaar afgestemd zodat de meetresultaten met elkaar overeenkomen.



Figuur 12: Temperatuurlogger (Eigen creatie)

Naast deze twee meetopstellingen gaan de werknemers van DYKA de werkelijke output per uur bijhouden. De waarden hiervan zijn terug te vinden op een display bij de extruder. Door de meetresultaten van deze drie meetopstellingen te combineren wordt er een goed beeld gevormd van het energieverbruik van de MDC-1200.

3.3 Drogeluchtdroger

3.3.1 Meetresultaten

De output van droger MDC-1200 is gedurende de week van 24 februari bijgehouden, de resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Drogeluchtdroger output (Eigen verwerking)

Ma 24/02/2014		Di 25/02/2014		Wo 26/02/2014		Do 27/02/2014		Vr 28/02/2014		Za 1/03/2014	
tijdstip	kg/h	tijdstip	kg/h	tijdstip	kg/h	tijdstip	kg/h	tijdstip	kg/h	tijdstip	kg/h
0:00		0:00	710	0:00	325	0:00	710	0:00	0	0:00	0
1:00		1:00	710	1:00	325	1:00	710	1:00	0	1:00	0
2:00		2:00	710	2:00	325	2:00	710	2:00	0	2:00	0
3:00		3:00	710	3:00	325	3:00	710	3:00	0	3:00	0
4:00		4:00	710	4:00	325	4:00	710	4:00	0	4:00	0
5:00		5:00	710	5:00	325	5:00	710	5:00	0	5:00	0
6:00		6:00	710	6:00	325	6:00	710	6:00	0	6:00	
7:00		7:00	710	7:00	325	7:00	710	7:00	0	7:00	
8:00	700	8:00	710	8:00	325	8:00	710	8:00	0	8:00	
9:00	700	9:00	710	9:00	325	9:00	710	9:00	0	9:00	
10:00	700	10:00	710	10:00	705	10:00	700	10:00	0	10:00	
11:00	700	11:00	710	11:00	705	11:00	700	11:00	0	11:00	
12:00	700	12:00	710	12:00	705	12:00	735	12:00	0	12:00	
13:00	700	13:00	710	13:00	705	13:00	735	13:00	0	13:00	
14:00	700	14:00	400	14:00	710	14:00	735	14:00	0	14:00	
15:00	700	15:00	400	15:00	710	15:00	735	15:00	0	15:00	
16:00	700	16:00	325	16:00	710	16:00	735	16:00	0	16:00	
17:00	700	17:00	325	17:00	710	17:00	735	17:00	0	17:00	
18:00	710	18:00	325	18:00	710	18:00	735	18:00	0	18:00	
19:00	710	19:00	325	19:00	710	19:00	735	19:00	0	19:00	
20:00	710	20:00	325	20:00	710	20:00	735	20:00	0	20:00	
21:00	710	21:00	325	21:00	710	21:00	0	21:00	0	21:00	
22:00	710	22:00	325	22:00	710	22:00	0	22:00	0	22:00	
23:00	710	23:00	325	23:00	710	23:00	0	23:00	0	23:00	

De productie van PE-leidingsystemen begint op maandag vanaf 8:00, de output draait bijna op maximale capaciteit tot en met dinsdag 14:00. Tijdens deze periode zijn er buizen op vaste lengte geproduceerd. Daarna zakt de output naar halve capaciteit, dit omdat de buizen op een haspel gewikkeld worden. De output van ongeveer 325 kg/h wordt behouden tot en met woensdag 10:00, hierna wordt er weer op bijna maximale capaciteit geproduceerd. Vanaf donderdag 20:00 wordt de productie stopgezet omdat de bestelling afgerond is.

De resultaten van het energieverbruik wordt weergegeven in tabel 4. Deze komen uit het Excel-bestand van de energielogger. De Fluke 434 logt de waarden van het energieverbruik per seconde, hierdoor zijn er 3600 metingen per uur. Van deze 3600 metingen is het gemiddelde weergegeven.

Tabel 4: Drogeluchtdroger energieverbruik (Eigen verwerking)

Ma 24/02/2014		Di 25/02/2014		Wo 26/02/2014		Do 27/02/2014		Vr 28/02/2014		Za 1/03/2014	
tijdstip	kW/h	tijdstip	kW/h	tijdstip	kW/h	tijdstip	kW/h	tijdstip	kW/h	tijdstip	kW/h
0:00		0:00	#	0:00	24,459	0:00	29,722	0:00	/	0:00	/
1:00		1:00	#	1:00	23,990	1:00	31,343	1:00	/	1:00	/
2:00		2:00	#	2:00	29,964	2:00	29,060	2:00	/	2:00	/
3:00		3:00	#	3:00	29,862	3:00	*	3:00	/	3:00	/
4:00		4:00	#	4:00	12,924	4:00	*	4:00	/	4:00	/
5:00		5:00	#	5:00	10,757	5:00	31,904	5:00	/	5:00	/
6:00		6:00	#	6:00	19,449	6:00	*	6:00	/	6:00	
7:00		7:00	#	7:00	22,981	7:00	*	7:00	/	7:00	
8:00	#	8:00	#	8:00	22,343	8:00	24,916	8:00	/	8:00	
9:00	#	9:00	#	9:00	30,967	9:00	31,645	9:00	/	9:00	
10:00	#	10:00	#	10:00	33,247	10:00	33,371	10:00	/	10:00	
11:00	#	11:00	#	11:00	33,978	11:00	33,413	11:00	/	11:00	
12:00	#	12:00	#	12:00	25,464	12:00	25,383	12:00	/	12:00	
13:00	#	13:00	10,083	13:00	25,890	13:00	10,555	13:00	/	13:00	
14:00	#	14:00	9,962	14:00	23,983	14:00	18,296	14:00	/	14:00	
15:00	#	15:00	23,712	15:00	22,633	15:00	26,568	15:00	/	15:00	
16:00	#	16:00	21,498	16:00	22,102	16:00	24,134	16:00	/	16:00	
17:00	#	17:00	25,431	17:00	29,064	17:00	32,315	17:00	/	17:00	
18:00	#	18:00	30,751	18:00	28,631	18:00	31,744	18:00	/	18:00	
19:00	#	19:00	31,798	19:00	24,424	19:00	31,258	19:00	/	19:00	
20:00	#	20:00	31,371	20:00	20,793	20:00	20,154	20:00	/	20:00	
21:00	#	21:00	9,204	21:00	19,244	21:00	/	21:00	/	21:00	
22:00	#	22:00	9,261	22:00	20,058	22:00	/	22:00	/	22:00	
23:00	#	23:00	17,465	23:00	20,349	23:00	/	23:00	/	23:00	
* = storing machine # = mislukt meetresultaat / = geen productie											

De eerste meetresultaten zijn verloren gegaan doordat de laptop in stand-by-modus is gevallen. Vanaf dinsdag 13:00 zijn de instellingen van de laptop aangepast en is de logging van start gegaan tot en met donderdag 20:00, hier is de productie stopgezet. Door een storing aan de machine op donderdag zijn er enkele meetresultaten niet relevant, deze worden dan ook niet opgenomen in de energiestudie.

De temperatuurlogger heeft de temperaturen van de regeneratie, ingaande luchtstroom, uitgaande luchtstroom en omgeving gemeten. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 5 tot en met tabel 8.

Tabel 5: Drogeluchtdroger regeneratietemperatuur (Eigen verwerking)

Ma 24/02/2014		Di 25/02/2014		Wo 26/02/2014		Do 27/02/2014		Vr 28/02/2014		Za 1/03/2014	
tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C
0:00		0:00	#	0:00	38,5	0:00	38,8	0:00	/	0:00	/
1:00		1:00	#	1:00	38,3	1:00	113,3	1:00	/	1:00	/
2:00		2:00	#	2:00	38,5	2:00	74,8	2:00	/	2:00	/
3:00		3:00	#	3:00	117,4	3:00	28,5	3:00	/	3:00	/
4:00		4:00	#	4:00	78,7	4:00	25,9	4:00	/	4:00	/
5:00		5:00	#	5:00	53,7	5:00	32,3	5:00	/	5:00	/
6:00		6:00	#	6:00	80,2	6:00	21,2	6:00	/	6:00	
7:00		7:00	#	7:00	74,3	7:00	22,9	7:00	/	7:00	
8:00	#	8:00	#	8:00	38,6	8:00	35,9	8:00	/	8:00	
9:00	#	9:00	#	9:00	38,8	9:00	33,4	9:00	/	9:00	
10:00	#	10:00	#	10:00	107,9	10:00	35,4	10:00	/	10:00	
11:00	#	11:00	#	11:00	86,9	11:00	36,2	11:00	/	11:00	
12:00	#	12:00	#	12:00	53,4	12:00	42,6	12:00	/	12:00	
13:00	#	13:00	28,3	13:00	75,1	13:00	32	13:00	/	13:00	
14:00	#	14:00	32	14:00	81,6	14:00	34,4	14:00	/	14:00	
15:00	#	15:00	33,4	15:00	39,1	15:00	36,4	15:00	/	15:00	
16:00	#	16:00	49,8	16:00	34,5	16:00	61,9	16:00	/	16:00	
17:00	#	17:00	67,5	17:00	32	17:00	104,4	17:00	/	17:00	
18:00	#	18:00	90,1	18:00	54	18:00	52,9	18:00	/	18:00	
19:00	#	19:00	111,4	19:00	112,2	19:00	58,9	19:00	/	19:00	
20:00	#	20:00	66,2	20:00	52,3	20:00	71,1	20:00	/	20:00	
21:00	#	21:00	68	21:00	77,4	21:00	/	21:00	/	21:00	
22:00	#	22:00	89,4	22:00	81,5	22:00	/	22:00	/	22:00	
23:00	#	23:00	65,6	23:00	33,4	23:00	/	23:00	/	23:00	
* = storing machine # = mislukt meetresultaat / = geen productie											

Tabel 6: Drogeluchtdroger ingaande temperatuur (Eigen verwerking)

Ma 24/02/2014		Di 25/02/2014		Wo 26/02/2014		Do 27/02/2014		Vr 28/02/2014		Za 1/03/2014	
tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C
0:00		0:00	#	0:00	59,8	0:00	59,6	0:00	/	0:00	/
1:00		1:00	#	1:00	59,2	1:00	48,4	1:00	/	1:00	/
2:00		2:00	#	2:00	59,9	2:00	53,8	2:00	/	2:00	/
3:00		3:00	#	3:00	59,9	3:00	28,5	3:00	/	3:00	/
4:00		4:00	#	4:00	59,2	4:00	26,3	4:00	/	4:00	/
5:00		5:00	#	5:00	58,8	5:00	46,1	5:00	/	5:00	/
6:00		6:00	#	6:00	55,6	6:00	23,9	6:00	/	6:00	
7:00		7:00	#	7:00	58,7	7:00	26,8	7:00	/	7:00	
8:00	#	8:00	#	8:00	58,3	8:00	69,7	8:00	/	8:00	
9:00	#	9:00	#	9:00	59	9:00	59,9	9:00	/	9:00	
10:00	#	10:00	#	10:00	59,2	10:00	59,4	10:00	/	10:00	
11:00	#	11:00	#	11:00	59,1	11:00	59	11:00	/	11:00	
12:00	#	12:00	#	12:00	59,8	12:00	58,9	12:00	/	12:00	
13:00	#	13:00	60,9	13:00	60,4	13:00	48,6	13:00	/	13:00	
14:00	#	14:00	56	14:00	58,9	14:00	56,6	14:00	/	14:00	
15:00	#	15:00	59,8	15:00	59,3	15:00	56,7	15:00	/	15:00	
16:00	#	16:00	60,3	16:00	59,5	16:00	56,9	16:00	/	16:00	
17:00	#	17:00	60,2	17:00	59,7	17:00	55,4	17:00	/	17:00	
18:00	#	18:00	60,6	18:00	60	18:00	58,8	18:00	/	18:00	
19:00	#	19:00	71,5	19:00	59,2	19:00	58,7	19:00	/	19:00	
20:00	#	20:00	60,8	20:00	59,8	20:00	58,1	20:00	/	20:00	
21:00	#	21:00	60,4	21:00	55,1	21:00	/	21:00	/	21:00	
22:00	#	22:00	57	22:00	59,5	22:00	/	22:00	/	22:00	
23:00	#	23:00	56,9	23:00	59,4	23:00	/	23:00	/	23:00	
* = storing machine # = mislukt meetresultaat / = geen productie											

Tabel 7: Drogeluchtdroger uitgaande temperatuur (Eigen verwerking)

Ma 24/02/2014		Di 25/02/2014		Wo 26/02/2014		Do 27/02/2014		Vr 28/02/2014		Za 1/03/2014	
tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C
0:00		0:00	#	0:00	26	0:00	31,4	0:00	/	0:00	/
1:00		1:00	#	1:00	25,8	1:00	25,5	1:00	/	1:00	/
2:00		2:00	#	2:00	26,1	2:00	20,6	2:00	/	2:00	/
3:00		3:00	#	3:00	26	3:00	22,3	3:00	/	3:00	/
4:00		4:00	#	4:00	25,3	4:00	21,6	4:00	/	4:00	/
5:00		5:00	#	5:00	24,4	5:00	19,1	5:00	/	5:00	/
6:00		6:00	#	6:00	24,1	6:00	22,1	6:00	/	6:00	
7:00		7:00	#	7:00	23,7	7:00	20,8	7:00	/	7:00	
8:00	#	8:00	#	8:00	23,1	8:00	17,6	8:00	/	8:00	
9:00	#	9:00	#	9:00	23	9:00	17,4	9:00	/	9:00	
10:00	#	10:00	#	10:00	21,3	10:00	17,8	10:00	/	10:00	
11:00	#	11:00	#	11:00	19,6	11:00	18,1	11:00	/	11:00	
12:00	#	12:00	#	12:00	18	12:00	18,4	12:00	/	12:00	
13:00	#	13:00	25,5	13:00	17,5	13:00	20,5	13:00	/	13:00	
14:00	#	14:00	25,6	14:00	22,1	14:00	20	14:00	/	14:00	
15:00	#	15:00	26,5	15:00	27,3	15:00	19,4	15:00	/	15:00	
16:00	#	16:00	27,4	16:00	29	16:00	20,5	16:00	/	16:00	
17:00	#	17:00	27,7	17:00	29,8	17:00	20,9	17:00	/	17:00	
18:00	#	18:00	27,7	18:00	30,5	18:00	21,1	18:00	/	18:00	
19:00	#	19:00	27,4	19:00	30,2	19:00	21,1	19:00	/	19:00	
20:00	#	20:00	27,2	20:00	29,9	20:00	21,2	20:00	/	20:00	
21:00	#	21:00	26,6	21:00	30,2	21:00	/	21:00	/	21:00	
22:00	#	22:00	26,3	22:00	30,2	22:00	/	22:00	/	22:00	
23:00	#	23:00	26,2	23:00	30,9	23:00	/	23:00	/	23:00	
* = storing machine # = mislukt meetresultaat / = geen productie											

Tabel 8: Drogeluchtdroger omgevingstemperatuur (Eigen verwerking)

Ma 24/02/2014		Di 25/02/2014		Wo 26/02/2014		Do 27/02/2014		Vr 28/02/2014		Za 1/03/2014	
tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C
0:00		0:00	#	0:00	24,5	0:00	25,8	0:00	/	0:00	/
1:00		1:00	#	1:00	24,3	1:00	25,1	1:00	/	1:00	/
2:00		2:00	#	2:00	24,5	2:00	24	2:00	/	2:00	/
3:00		3:00	#	3:00	23,5	3:00	22,9	3:00	/	3:00	/
4:00		4:00	#	4:00	23,8	4:00	22,3	4:00	/	4:00	/
5:00		5:00	#	5:00	23	5:00	22,6	5:00	/	5:00	/
6:00		6:00	#	6:00	23,3	6:00	22	6:00	/	6:00	
7:00		7:00	#	7:00	23,4	7:00	21,1	7:00	/	7:00	
8:00	#	8:00	#	8:00	23,3	8:00	21,6	8:00	/	8:00	
9:00	#	9:00	#	9:00	24,9	9:00	20,8	9:00	/	9:00	
10:00	#	10:00	#	10:00	24,4	10:00	21,6	10:00	/	10:00	
11:00	#	11:00	#	11:00	22,9	11:00	22,1	11:00	/	11:00	
12:00	#	12:00	#	12:00	22,2	12:00	22,5	12:00	/	12:00	
13:00	#	13:00	22,1	13:00	22,7	13:00	22,6	13:00	/	13:00	
14:00	#	14:00	24,2	14:00	23,6	14:00	21,8	14:00	/	14:00	
15:00	#	15:00	24,1	15:00	24,2	15:00	21,1	15:00	/	15:00	
16:00	#	16:00	25,5	16:00	25,6	16:00	22,9	16:00	/	16:00	
17:00	#	17:00	27	17:00	25,2	17:00	24,9	17:00	/	17:00	
18:00	#	18:00	28,7	18:00	25,1	18:00	25,6	18:00	/	18:00	
19:00	#	19:00	28,6	19:00	24,9	19:00	25,8	19:00	/	19:00	
20:00	#	20:00	27,7	20:00	24,8	20:00	25,4	20:00	/	20:00	
21:00	#	21:00	25,8	21:00	24,7	21:00	/	21:00	/	21:00	
22:00	#	22:00	25,2	22:00	24,5	22:00	/	22:00	/	22:00	
23:00	#	23:00	24,8	23:00	24,1	23:00	/	23:00	/	23:00	

* = storing machine # = mislukt meetresultaat / = geen productie

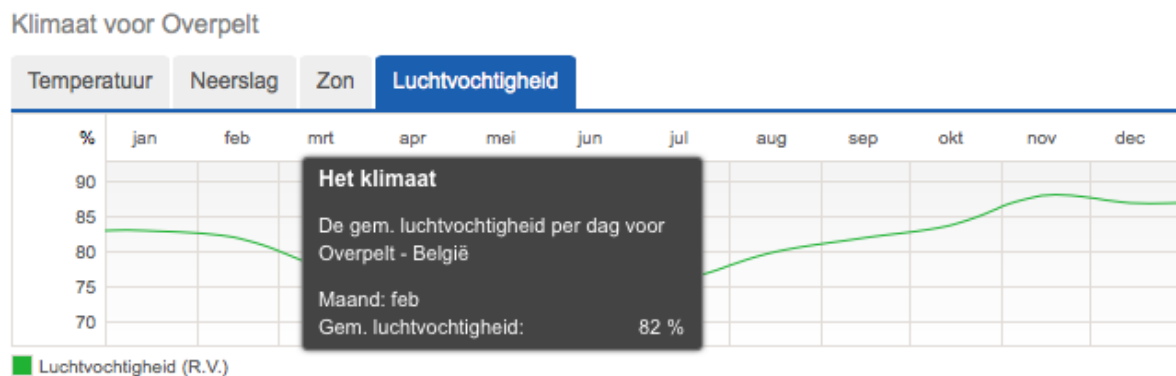
Ten slotte is ook de vochtigheid dagelijks opgemeten van staaltjes granulaat. Deze zijn opgenomen boven en onder de trechter. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 9, de labo-etiquetten zijn terug te vinden in bijlage A.

Tabel 9: Drogeluchtdroger vochtmeting (Eigen verwerking)

datum	bovenaan de trechter				onderaan de trechter				verschil l ppm mg/kg
	initial weight	dry weight	verschil	ppm	initial weight	dry weight	verschil	ppm	
	g	g	mg	mg/kg	g	g	mg	mg/kg	
Wo 26/02/2014	25,112	25,105	7	278,75	25,456	25,452	4	157,13	121,62
Do 27/02/2014	25,337	25,333	4	157,87	25,522	25,519	3	117,55	40,33
Vr 28/02/2014	25,164	25,159	5	198,70	26,151	26,146	5	191,20	7,50

De grondstof onderaan de trechter is droger dan bovenaan, dus de droger haalt het vocht uit het granulaat. De vochtmeter meet eerst het gewicht van het staaltje en gaat daarna het vocht en de aanwezige vluchtige stoffen verdampen, het verschil in gewicht wordt daarna omgezet in parts per milion (ppm). Opvallend is dat het granulaat altijd onder de 350 ppm zit bovenaan de trechter, dit is onder de toegelaten grens dus het droogproces was gedurende deze week overbodig.

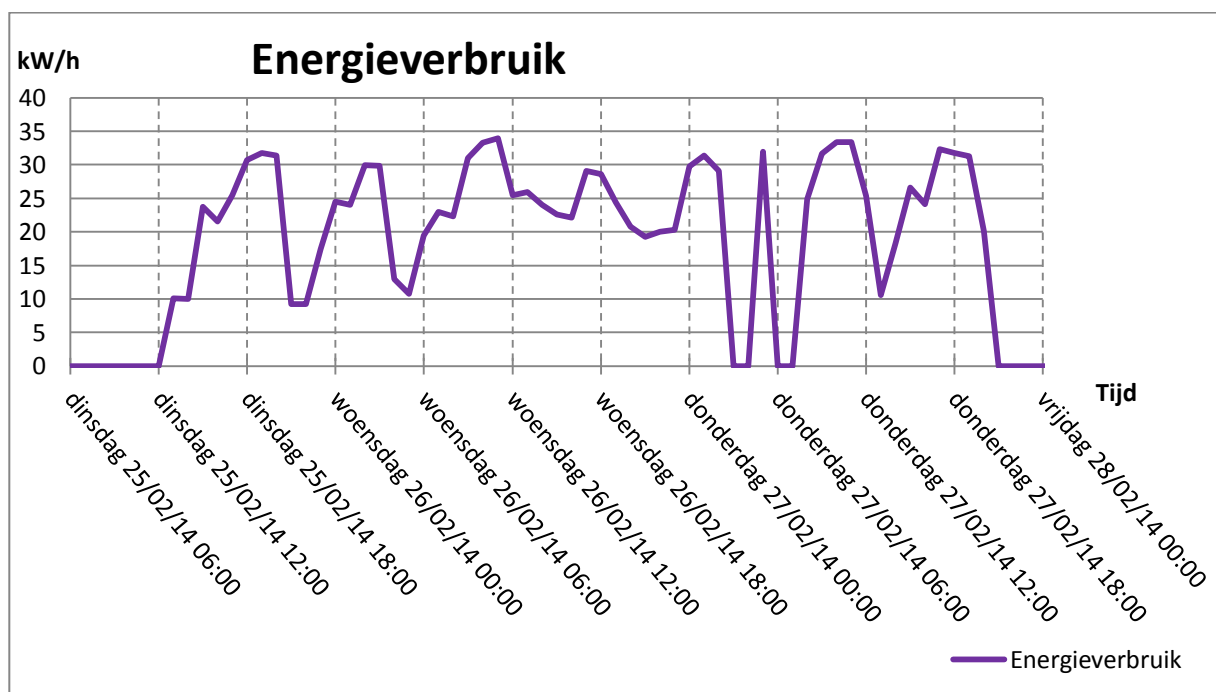
In figuur 13 is de vochtigheid van de omgevingslucht afgebeeld. De metingen op de drogeluchtdroger zijn gebeurd eind februari, de gemiddelde vochtigheid in deze periode is 82%. De maximale hoeveelheid vocht in de lucht is ongeveer 88% in de maand november, hier zal de droger een hoger energieverbruik hebben omdat hier het granulaat vochtiger is.



Figuur 13: Luchtvochtigheid februari (Meteovista, 2014)

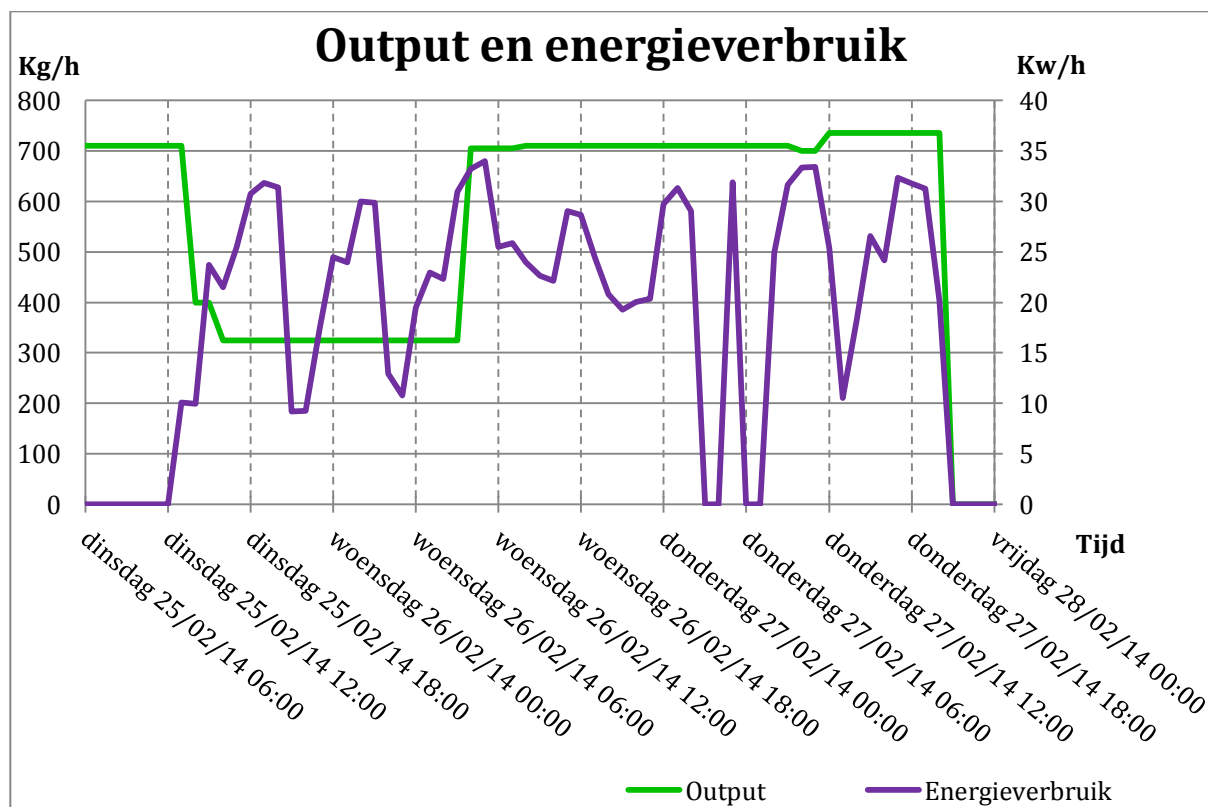
3.3.2 Analyse

In figuur 14 is het energieverbruik in functie van de tijd weergegeven. Er zijn twee momenten van storing aan de machine aanwezig, dit zijn de momenten waar de curve naar 0 kW/h daalt. Het energieverbruik overschrijdt de grens van 35 kW/h niet, hieruit kan geconcludeerd worden dat de droger 22 jaar geleden overgedimensioneerd is, want deze kan 72 kW/h leveren. Dit is een typisch fenomeen bij oudere installaties, vroeger werden installaties vaker overgedimensioneerd.



Figuur 14: Drogeluchtdroger energieverbruik (Eigen verwerking)

In figuur 15 is de relatie tussen het energieverbruik en de output weergegeven.



Figuur 15: Drogeluchtdroger output en energieverbruik (Eigen verwerking)

Op het eerste zicht is het opmerkelijk dat het energieverbruik weinig fluctueert in functie van de output van de extruder. Bij een stijging van de output wordt een stijging van het energieverbruik verwacht maar dit klopt niet. Omdat er gewerkt wordt met een trechter waarin het granulaat zich bevindt is het energieverbruik onafhankelijk van de output. Als de output kleiner is dan de maximale output van de droger met zijn respectievelijke trechter, zal het energieverbruik onafhankelijk zijn van de output. In het andere geval, als de output groter is dan de maximale output moet de droger meer drogen om het granulaat onderaan de trechter op juiste temperatuur (40 °C) te krijgen waardoor het energieverbruik wel zal stijgen. Voor de maximale output te berekenen is het stortgewicht van het granulaat nodig, deze is eenvoudig te bepalen door een maatbeker van één liter te vullen met granulaat, de resultaten ervan zijn in tabel 10 afgebeeld.

Tabel 10: Stortgewicht (Eigen verwerking)

kg/l	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Gemiddelde
PE 40	0,5695	0,5745	0,57	0,5713
PE 80	0,616	0,6115	0,61625	0,6146
PE 100	0,60875	0,6045	0,60375	0,6057
PP	0,5445	0,548	0,54675	0,5464

Omdat er op de productielijn van de MDC-1200 gewerkt wordt met PE100 granulaat is het stortgewicht 0,6057 kg/l. Uit dit gegeven kan het gewicht van een trechter van 3000 liter bepaald worden, enkel de droogtijd is nog onbekend. De droogtijd wordt uit tabellen gehaald met droogeigenschappen van kunststoffen zoals weergegeven in tabel 11.

Tabel 11: Droogeigenschappen kunststoffen
(AZO, Air Dehumidifier LE Energy-saving and efficient drying systems, z.d.)

**Performance data for
dehumidified air drying**

Product name	Initial humidity %	Residual moisture %	Drying temperature °C	Residence time hrs.	Drying output for 100 Nm³/h kg/h
ABS	0,4	0,02	80	2-3	62
PA 6	1,0	0,02	75	4-5	44
PA 6	2,0	0,02	75	5-6	40
PA 6.6	1,0	0,02	80	4-5	50
PA 6.6	2,0	0,02	80	5-6	43
PA 6.10	1,0	0,02	85	4-5	50
PA 6.10	2,0	0,02	85	5-6	43
PA 11	1,0	0,03	100	4-5	44
PA 12	1,0	0,03	100	5-6	47
PAEK	0,1	0,05	150	3-4	70
PBTP	0,3	0,002	130	2-3	60
PC	0,2	0,01	120	2-3	75
PE	0,2	0,01	85	2	80 *
PE (sw)	1,0	0,01	90	3	40
PEEK	0,5	0,05	150	2-3	50
PET	0,3	0,002	160	3-4	62
PETG	0,4	0,05	65	4	40
PI	0,1	0,02	130	2-3	85
PMMA	0,4	0,02	80	3	60
POM	0,2	0,02	100	2-3	60
PP	0,2	0,01	80	2	80 *
PPO	1,0	0,01	110	2	70
PPS	0,1	0,01	150	3-4	75
PS	0,1	0,02	80	1	120 *
PSU	0,2	0,02	120	2-3	80
PUR	0,2	0,02	90	2-3	65
PVC	0,4	0,02	65	1	80
SAN	0,1	0,02	80	2	75
SB	0,4	0,02	80	1-2	72

* Sufficient for drying but not for heating up to the drying temperature

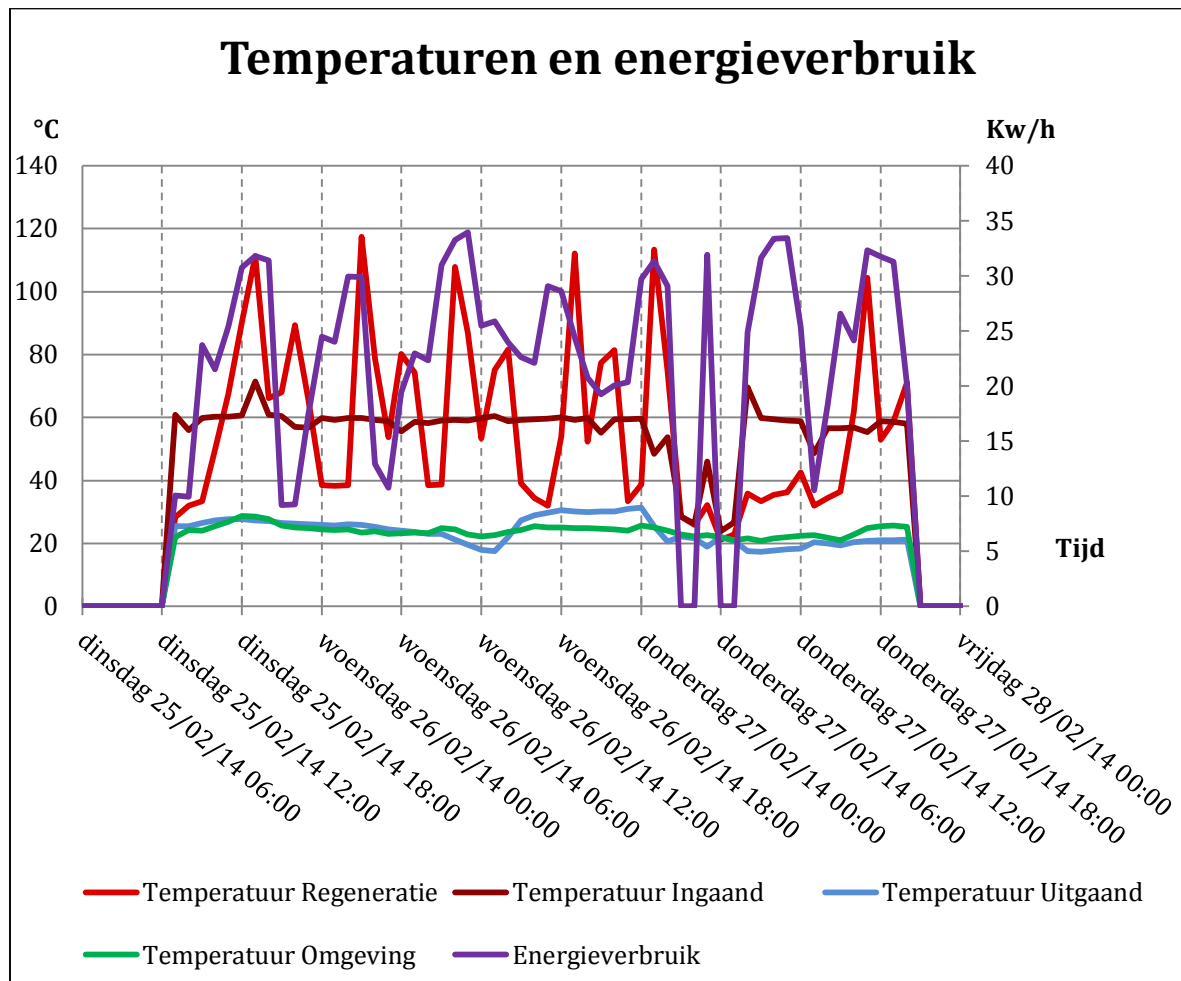
De droogtijd voor PE bedraagt twee uur. Uit deze gegevens kan de maximale output bepaald worden:

$$m_{PE100} = \text{stortgewicht} * V_{trechter} = 0,6057 \frac{kg}{l} * 3000 l = 1817,1 kg \quad (1)$$

$$\text{output}_{max} = \frac{m_{PE100}}{\text{droogtijd}} = \frac{1817,1 kg}{2 h} = 908,55 \frac{kg}{h} \quad (2)$$

De extruder heeft een maximale output van 800 kg/h, de grens van 908,55 kg/h zal nooit overschreden worden. Er is dus geen relatie tussen energieverbruik en output. In de grafiek zijn twee momenten van storing te zien, hierbij daalt de output niet tot nul maar blijft de productielijn extruderen omdat er nog droge granulaat in de trechter aanwezig is.

Figuur 16 geeft het verband tussen de temperaturen van de in- en uitgaande luchtstroom, de regeneratietemperatuur en de omgevingstemperatuur samen met het energieverbruik weer.



Figuur 16: Drogeluchtdroger temperaturen en energieverbruik (Eigen verwerking)

De temperaturen van de uitgaande luchtstroom en de omgeving blijft nagenoeg de volledige week constant. De uitgaande temperatuur heeft een gemiddelde waarde van 25 °C en de omgeving van 24 °C. De ingaande luchtstroom is nagenoeg constant, enkel op donderdag is de machine tweemaal in storing gevallen, zoals te zien in de grafiek. De gemiddelde temperatuur van de ingaande luchtstroom, exclusief de resultaten tijdens de storing, is 60 °C.

De regeneratiecyclus is duidelijk te zien in de grafiek doordat de temperatuur gaat stijgen tot een maximale waarde van 120 °C. Als de regeneratie uitstaat is de temperatuur hiervan naar schatting 40 °C. Op de momenten van regenereren is het logisch dat het energieverbruik gaat stijgen omdat in het regeneratieproces lucht verwarmd wordt tot 120 °C zodat deze het vocht uit het silicagelpatroon kan halen. Als de temperatuur van de regeneratie daalt, zal ook het energieverbruik terug dalen. Op donderdag is er een energiepiek waarneembaar zonder een stijging van de regeneratietemperatuur, dit is te verklaren doordat de machine in storing is gevallen. Bij een nieuwe opstart van de machine is het energieverbruik hoger om de settemperaturen te behalen.

3.4 Warmeluchtdroger

3.4.1 Meetresultaten

De tweede week wordt de huidige droger omgebouwd. De buis van de uitgaande luchtstroom wordt losgekoppeld waardoor de lucht niet gedroogd wordt maar naar de omgeving wordt geblazen. Er wordt nu omgevingslucht aangezogen, verwarmd en door het granulaat gestuurd, met andere woorden dit is de opstelling van een warmeluchtdroger. Omdat het silicagelpatroon niet uit de cyclus verwijderd kan worden, zal pas na verzadiging van het silicagelpatroon de droger werken als een warmeluchtdroger.

In tabel 12 is de output weergegeven, deze blijft nagenoeg de hele week constant.

Tabel 12: Warmeluchtdroger output (Eigen verwerking)

Di 04/03/2014		Wo 05/03/2014		Do 06/03/2014		Vr 07/03/2014	
tijdstip	kg/h	tijdstip	kg/h	tijdstip	kg/h	tijdstip	kg/h
0:00		0:00	750	0:00	710	0:00	708
1:00		1:00	750	1:00	710	1:00	708
2:00		2:00	750	2:00	710	2:00	708
3:00		3:00	750	3:00	710	3:00	708
4:00		4:00	750	4:00	710	4:00	708
5:00		5:00	750	5:00	710	5:00	708
6:00		6:00	750	6:00	710	6:00	708
7:00		7:00	750	7:00	710	7:00	708
8:00		8:00	750	8:00	710	8:00	708
9:00		9:00	750	9:00	710	9:00	708
10:00		10:00	725	10:00	710	10:00	708
11:00		11:00	725	11:00	710	11:00	708
12:00	750	12:00	725	12:00	710	12:00	
13:00	750	13:00	725	13:00	710	13:00	
14:00	750	14:00	725	14:00	710	14:00	
15:00	750	15:00	710	15:00	708	15:00	
16:00	750	16:00	710	16:00	708	16:00	
17:00	750	17:00	710	17:00	708	17:00	
18:00	750	18:00	710	18:00	708	18:00	
19:00	750	19:00	710	19:00	708	19:00	
20:00	750	20:00	710	20:00	708	20:00	
21:00	750	21:00	710	21:00	708	21:00	
22:00	750	22:00	710	22:00	708	22:00	
23:00	750	23:00	710	23:00	708	23:00	

Het energieverbruik van de warmeluchtdroger wordt in tabel 13 weergegeven. Op vrijdag is er een storing van 1:00 tot en met 6:00, hierdoor zijn er geen meetresultaten in deze periode.

Tabel 13: Warmeluchtdroger energieverbruik (Eigen verwerking)

Di 04/03/2014		Wo 05/03/2014		Do 06/03/2014		Vr 07/03/2014	
tijdstip	kW/h	tijdstip	kW/h	tijdstip	kW/h	tijdstip	kW/h
0:00		0:00	15,836	0:00	17,588	0:00	17,623
1:00		1:00	15,689	1:00	17,614	1:00	*
2:00		2:00	16,415	2:00	17,457	2:00	*
3:00		3:00	16,293	3:00	17,475	3:00	*
4:00		4:00	15,959	4:00	17,437	4:00	*
5:00		5:00	16,271	5:00	17,498	5:00	*
6:00		6:00	16,551	6:00	17,712	6:00	*
7:00		7:00	16,721	7:00	17,745	7:00	22,272
8:00		8:00	16,580	8:00	17,635	8:00	9,936
9:00		9:00	16,508	9:00	17,541	9:00	10,157
10:00		10:00	16,773	10:00	17,642	10:00	9,022
11:00		11:00	16,860	11:00	17,574	11:00	8,958
12:00	8,581	12:00	16,675	12:00	17,369	12:00	8,579
13:00	9,166	13:00	16,427	13:00	16,994	13:00	9,654
14:00	9,117	14:00	15,776	14:00	16,926	14:00	
15:00	9,302	15:00	17,018	15:00	16,880	15:00	
16:00	9,901	16:00	17,242	16:00	17,020	16:00	
17:00	10,566	17:00	17,395	17:00	16,299	17:00	
18:00	11,275	18:00	17,440	18:00	16,949	18:00	
19:00	11,825	19:00	17,567	19:00	17,231	19:00	
20:00	12,393	20:00	18,508	20:00	17,008	20:00	
21:00	11,321	21:00	18,014	21:00	17,490	21:00	
22:00	12,814	22:00	17,622	22:00	17,673	22:00	
23:00	14,958	23:00	17,504	23:00	17,647	23:00	
* = storing machine # = mislukt meetresultaat / = geen productie							

De temperaturen van de omgeving, in- en uitgaande luchtstroom zijn zichtbaar in tabel 14 tot en met tabel 16. De regeneratietemperatuur wordt niet weergegeven omdat er gewerkt wordt met een warmeluchtdroger en het regeneratieproces uitgeschakeld is.

Tabel 14: Warmeluchtdroger ingaande temperatuur (Eigen verwerking)

Di 04/03/2014		Wo 05/03/2014		Do 06/03/2014		Vr 07/03/2014	
tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C
0:00		0:00	77,5	0:00	76,5	0:00	74
1:00		1:00	77,7	1:00	76,6	1:00	27,4
2:00		2:00	77,4	2:00	76,6	2:00	21,7
3:00		3:00	77,3	3:00	76,5	3:00	21,6
4:00		4:00	77	4:00	76,4	4:00	21,3
5:00		5:00	76,7	5:00	76,5	5:00	21,8
6:00		6:00	76,5	6:00	76,4	6:00	20,9
7:00		7:00	76,7	7:00	76,5	7:00	21,2
8:00		8:00	76,9	8:00	76,6	8:00	46,9
9:00		9:00	77,4	9:00	76,8	9:00	46,3
10:00		10:00	77,2	10:00	76,6	10:00	46,8
11:00		11:00	76,9	11:00	76,7	11:00	46,9
12:00	51,3	12:00	76,7	12:00	76,7	12:00	47,2
13:00	52,2	13:00	76,8	13:00	77	13:00	
14:00	52,6	14:00	77,3	14:00	77	14:00	
15:00	51,6	15:00	76,5	15:00	76,8	15:00	
16:00	59,9	16:00	76,8	16:00	76,6	16:00	
17:00	52,7	17:00	76,7	17:00	77,2	17:00	
18:00	53,4	18:00	76,6	18:00	76,5	18:00	
19:00	54	19:00	76,5	19:00	76,6	19:00	
20:00	54,5	20:00	75,9	20:00	76,8	20:00	
21:00	54,9	21:00	76,4	21:00	76,5	21:00	
22:00	62,7	22:00	76,6	22:00	76,5	22:00	
23:00	78,4	23:00	76,5	23:00	76,6	23:00	
* = storing machine # = mislukt meetresultaat / = geen productie							

Tabel 15: Warmeluchtdroger uitgaande temperatuur (Eigen verwerking)

Di 04/03/2014		Wo 05/03/2014		Do 06/03/2014		Vr 07/03/2014	
tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C
0:00		0:00	13,4	0:00	18,3	0:00	18,2
1:00		1:00	17,5	1:00	18,7	1:00	21,3
2:00		2:00	20,8	2:00	18,4	2:00	21,4
3:00		3:00	22,4	3:00	18,2	3:00	21,4
4:00		4:00	22,8	4:00	18,2	4:00	21,2
5:00		5:00	22,6	5:00	18	5:00	20,7
6:00		6:00	20,5	6:00	18	6:00	20,9
7:00		7:00	18,6	7:00	18	7:00	21,2
8:00		8:00	15,5	8:00	18,2	8:00	19,4
9:00		9:00	20,7	9:00	18,7	9:00	19,8
10:00		10:00	20	10:00	19,1	10:00	20,3
11:00		11:00	20,5	11:00	19,4	11:00	20,6
12:00	13,7	12:00	19,5	12:00	19,7	12:00	20,7
13:00	13,8	13:00	19,7	13:00	20,1	13:00	
14:00	14	14:00	19,8	14:00	20,4	14:00	
15:00	13,5	15:00	19,6	15:00	21,1	15:00	
16:00	13,2	16:00	20,1	16:00	21,4	16:00	
17:00	13,1	17:00	20,3	17:00	21,9	17:00	
18:00	12,8	18:00	20,1	18:00	21,8	18:00	
19:00	12,7	19:00	19,7	19:00	21,5	19:00	
20:00	12,7	20:00	18,8	20:00	20,8	20:00	
21:00	12,5	21:00	17,4	21:00	18,5	21:00	
22:00	12,4	22:00	16,5	22:00	16,9	22:00	
23:00	12,4	23:00	17	23:00	17,2	23:00	
* = storing machine # = mislukt meetresultaat / = geen productie							

Tabel 16: Warmeluchtdroger omgevingstemperatuur (Eigen verwerking)

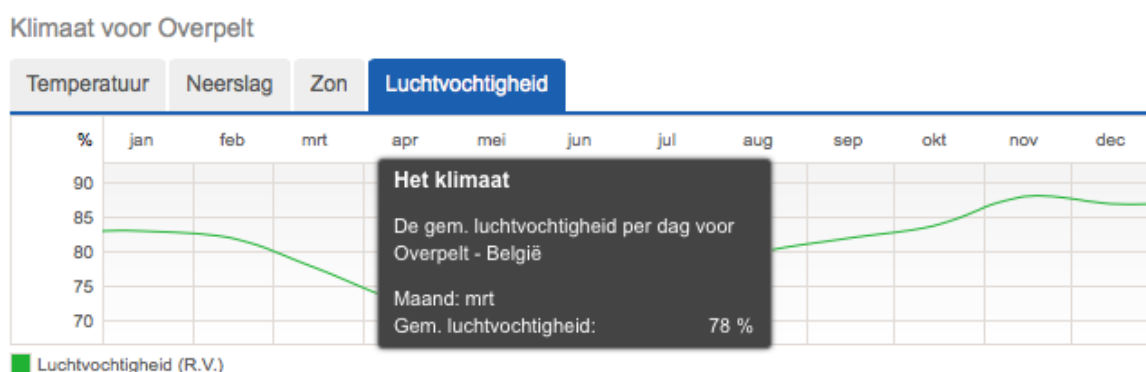
Di 04/03/2014		Wo 05/03/2014		Do 06/03/2014		Vr 07/03/2014	
tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C	tijdstip	°C
0:00		0:00	23,1	0:00	21,9	0:00	21
1:00		1:00	23,2	1:00	22	1:00	22
2:00		2:00	23,6	2:00	22	2:00	22,4
3:00		3:00	23,8	3:00	22	3:00	22,4
4:00		4:00	23,8	4:00	22,1	4:00	21,9
5:00		5:00	23,9	5:00	21,7	5:00	21,2
6:00		6:00	24	6:00	21	6:00	21,4
7:00		7:00	23,8	7:00	20,6	7:00	21,7
8:00		8:00	23,9	8:00	20,9	8:00	21,4
9:00		9:00	24,3	9:00	21,9	9:00	22,2
10:00		10:00	24	10:00	21,9	10:00	23,8
11:00		11:00	24,8	11:00	22,4	11:00	25,1
12:00	25	12:00	26,3	12:00	24	12:00	25,8
13:00	25,8	13:00	27,8	13:00	24,1	13:00	
14:00	26,5	14:00	26,9	14:00	23,6	14:00	
15:00	24,6	15:00	23,5	15:00	25	15:00	
16:00	23	16:00	23	16:00	24,5	16:00	
17:00	22,6	17:00	22,6	17:00	25	17:00	
18:00	21,7	18:00	21,9	18:00	24,3	18:00	
19:00	21	19:00	20,5	19:00	23,3	19:00	
20:00	20,7	20:00	19,3	20:00	22,1	20:00	
21:00	20	21:00	19,6	21:00	21,2	21:00	
22:00	20,7	22:00	21,3	22:00	20,8	22:00	
23:00	22,6	23:00	21,7	23:00	20,6	23:00	
* = storing machine # = mislukt meetresultaat / = geen productie							

Ten slotte is de vochtigheid in de tweede week gemeten boven en onder de trechter, dit is weergegeven in tabel 17, de labo-etiketten zijn terug te vinden in bijlage A. Er is één opvallend resultaat op dinsdag 4 maart omdat het granulaat onderaan de trechter vochtiger is als bovenaan, dit is te wijten aan het ombouwen van de droger. De droger heeft tijdens het ombouwen niet gedroogd, daardoor deze afwijking in het meetresultaat.

Tabel 17: Warmeluchtdroger vochtmeting (Eigen verwerking)

datum	bovenaan de trechter				onderaan de trechter				verschil l ppm
	initial weight	dry weight	verschil	ppm	initial weight	dry weight	verschil	ppm	
	g	g	mg	mg/kg	g	g	mg	mg/kg	
Di 4/03/2014	25,131	25,126	5	198,96	25,073	25,068	5	199,42	-0,46
Wo 5/03/2014	25,395	25,390	5	196,89	25,106	25,103	3	119,49	77,40
Do 6/03/2014	25,160	25,155	5	198,73	25,380	25,375	5	197,01	1,72
Vr 7/03/2014	25,053	25,048	5	199,58	25,393	25,388	5	196,90	2,67

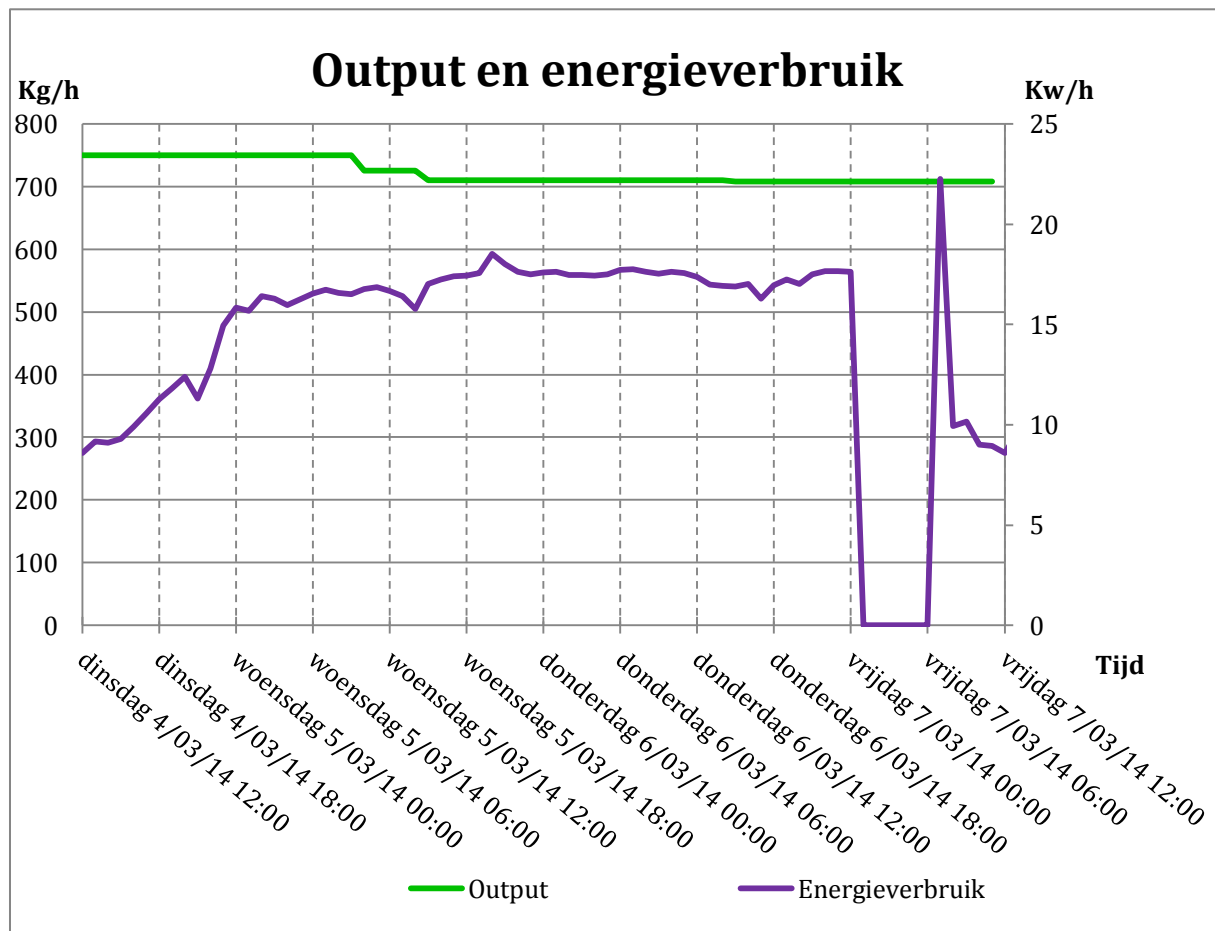
In figuur 17 wordt de vochtigheid afgebeeld van de omgevingslucht in de periode dat de omgebouwde droger gewerkt heeft. De metingen hiervan hebben plaatsgevonden in de eerste week van maart. De gemiddelde vochtigheid is 78%, het energieverbruik zal hoger zijn in de maand november omdat de lucht vochtiger is.



Figuur 17: Luchtvochtigheid maart (Meteovista, 2014)

3.4.2 Analyse

In figuur 18 is de relatie tussen de output en energieverbruik gegeven van de omgebouwde drooginstallatie ofwel de warmeluchtdroger.



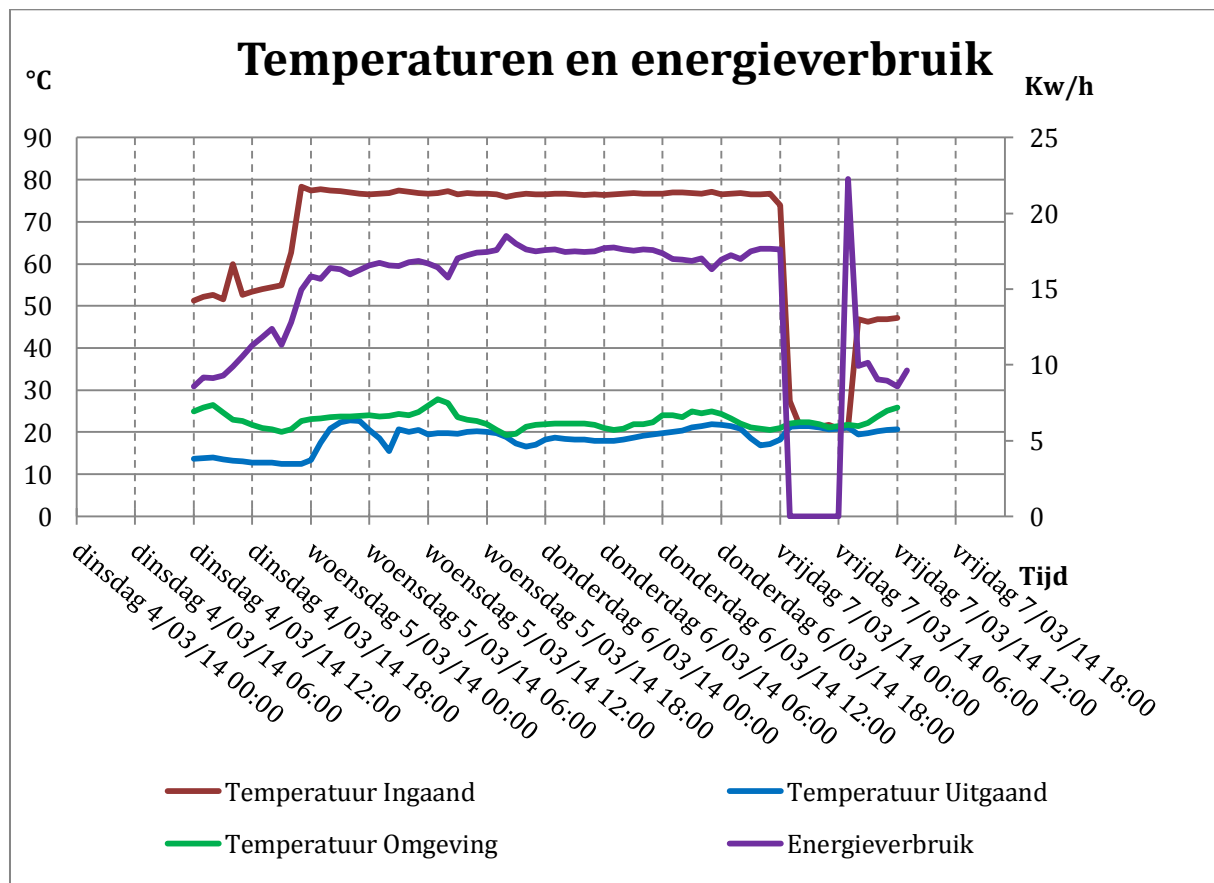
Figuur 18: Warmeluchtdroger output en energieverbruik (Eigen verwerking)

Er is geen verband tussen de output en het energieverbruik, hier is dezelfde uitleg van toepassing als bij de drogeluchtdroger. Omdat de output van de extruder gelimiteerd is tot 800 kg/h zal de maximale output van 908,55 kg/h wat de droger aankan nooit overschreden worden.

Als er enkel gekeken wordt naar het energieverbruik wordt er gemiddeld 17 kW/h verbruikt. Dit gemiddelde ligt lager dan bij een drogeluchtdroger, hieruit kan geconcludeerd worden dat het energie-efficiënter is als er gedroogd wordt met een warmeluchtdroger. Warmeluchtdrogers worden vaak toegepast bij niet-hygroscopische materialen, zoals PE en PP.

De stijgende lijn op dinsdag is te wijten aan het omschakelen van de installatie van een drogeluchtdroger naar een warmeluchtdroger en specifiek doordat de silicagelpatronen nog niet verzadigd waren. Vanaf woensdag blijft het energieverbruik nagenoeg constant. Door een storing op vrijdag daalt het energieverbruik naar nul en krijgt het een piek bij het heropstarten van het droogstelsel om zijn temperaturen te behalen.

In figuur 19 is het energieverbruik in relatie met de temperaturen afgebeeld.

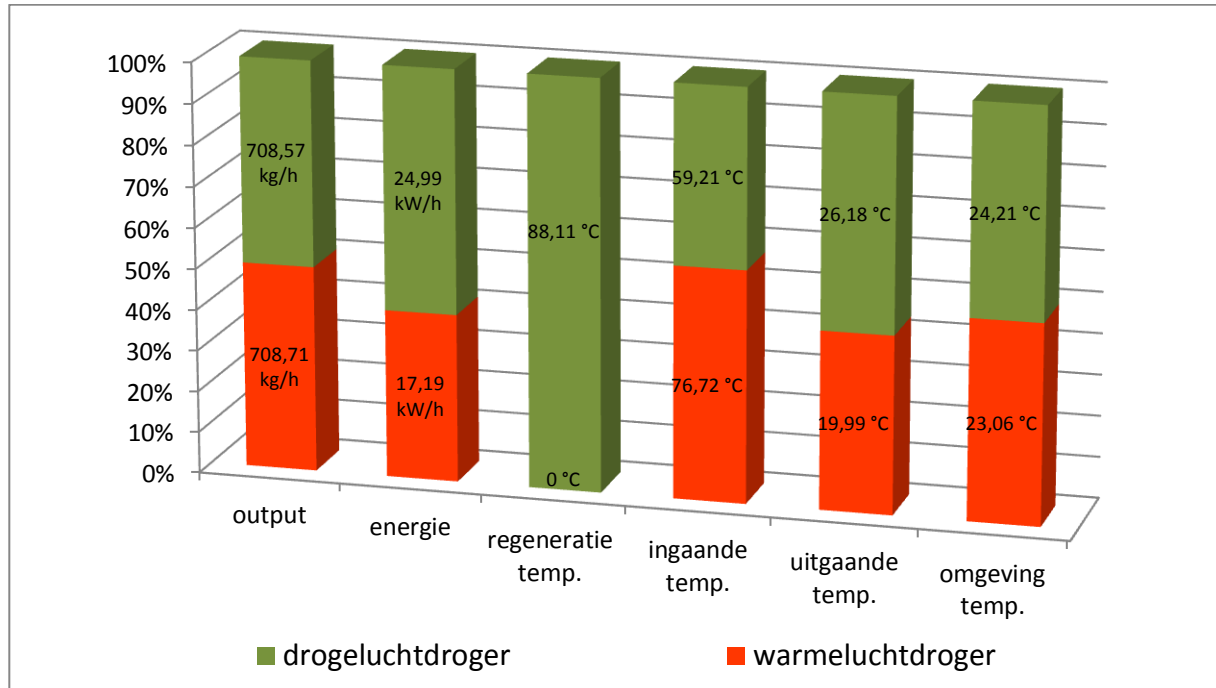


Figuur 19: Warmeluchtdroger temperaturen en energieverbruik (Eigen verwerking)

De temperaturen op dinsdag bouwen stilaan op, dit is te wijten aan het ombouwen van het systeem. De temperatuur van de ingaande luchtstroom is gemiddeld 76 °C, deze ligt hoger dan bij de drogeluchtdroger omdat er meer energie toegevoegd moet worden met een warmeluchtdroger om het vocht uit het granulaat op te nemen. De temperatuur van de uitgaande luchtstroom is gemiddeld 20 °C en deze van de omgeving is 23 °C. De storing op vrijdag is ook in deze grafiek zichtbaar doordat het energieverbruik zakt tot 0 kW/h.

3.5 Vergelijking

In figuur 20 is de vergelijking tussen een drogeluchtdroger en een warmeluchtdroger weergegeven over een periode van 14 uren. In deze periode is de output nagenoeg gelijk voor beide drogers waardoor de vergelijkingen in overeenstemming zijn met elkaar. De figuur vergelijkt het energieverbruik en de temperaturen.



Figuur 20: Vergelijking drogeluchtdroger en warmeluchtdroger (Eigen verwerking)

Uit de figuur kan de energiewinst met een warmeluchtdroger ten opzichte van een drogeluchtdroger bepaald worden:

$$\text{energiewinst}(\%) = \frac{24,99 \text{ kW/h} - 17,19 \text{ kW/h}}{24,99 \text{ kW/h}} * 100\% = 31,21\% \quad (3)$$

Er is een energiewinst van 31,21% ten opzichte van de huidige installatie op DYKA als de machine omgebouwd wordt tot een warmeluchtdroger. Uit deze gegevens kan ook de energiekost en besparingen berekend worden. Er wordt vanuit gegaan dat er vijf werkdagen per week zijn en dat er 45 weken per jaar geproduceerd wordt.

$$\text{Energiekost}_{\text{droge-lucht}} = 24,99 \text{ kW/h} * 0,11 \text{ €/kWh} * 24 \text{ h} * 5 \text{ d} * 45 \text{ w} = \text{€}14\,844 \quad (4)$$

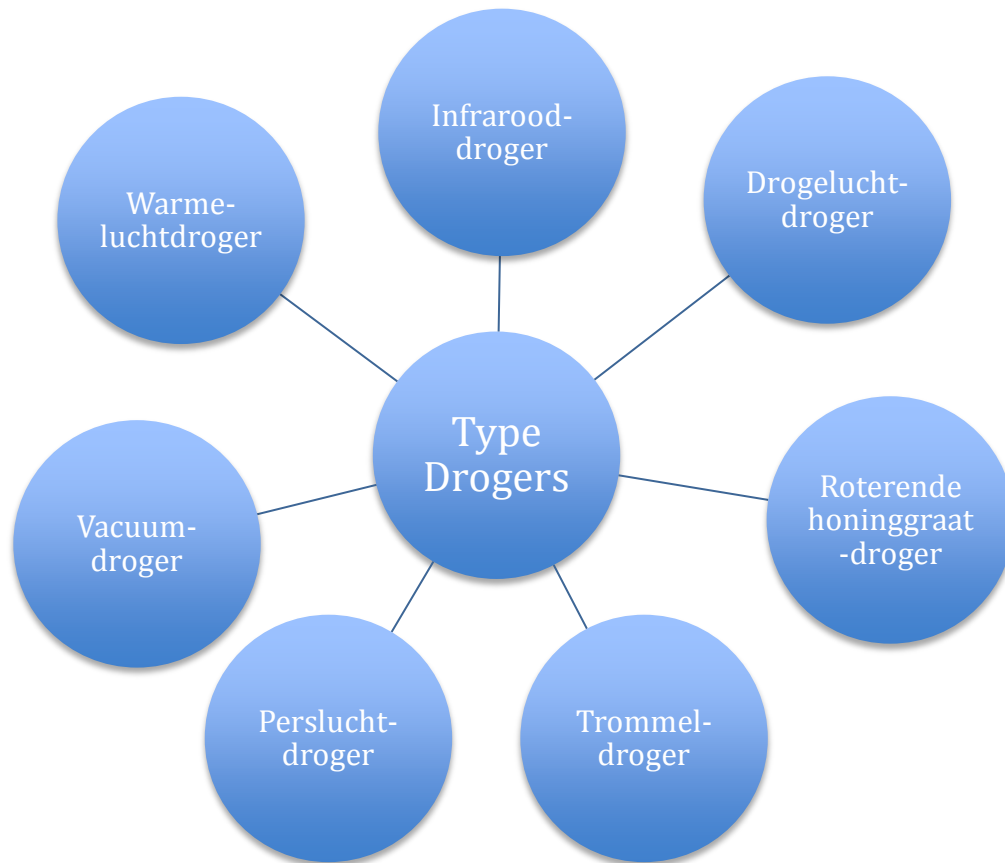
$$\text{Energiekost}_{\text{warme-lucht}} = 17,19 \text{ kW/h} * 0,11 \text{ €/kWh} * 24 \text{ h} * 5 \text{ d} * 45 \text{ w} = \text{€}10\,212 \quad (5)$$

$$\text{Besparing} = \text{€}14\,844 - \text{€}10\,212 = \text{€}4631 \quad (6)$$

Op deze lijn van de MDC-1200 kan er per jaar €4631 bespaard worden door de installatie om te bouwen. Met een nieuwe warmeluchtdroger zal deze besparing hoger liggen, bij de omgebouwde installatie zijn er namelijk enkele verliezen omdat het geen zuivere warmeluchtdroger is.

4 Analyse moderne droogtechnieken

Onderstaande smartgrid, figuur 21, geeft een overzicht van de modernere droogtechnieken die in deze thesis onderzocht worden. In volgende punten worden deze technieken van drogen uitgelegd op basis van hun algemeen principe, voor –en nadelen die toepasbaar zijn bij DYKA.



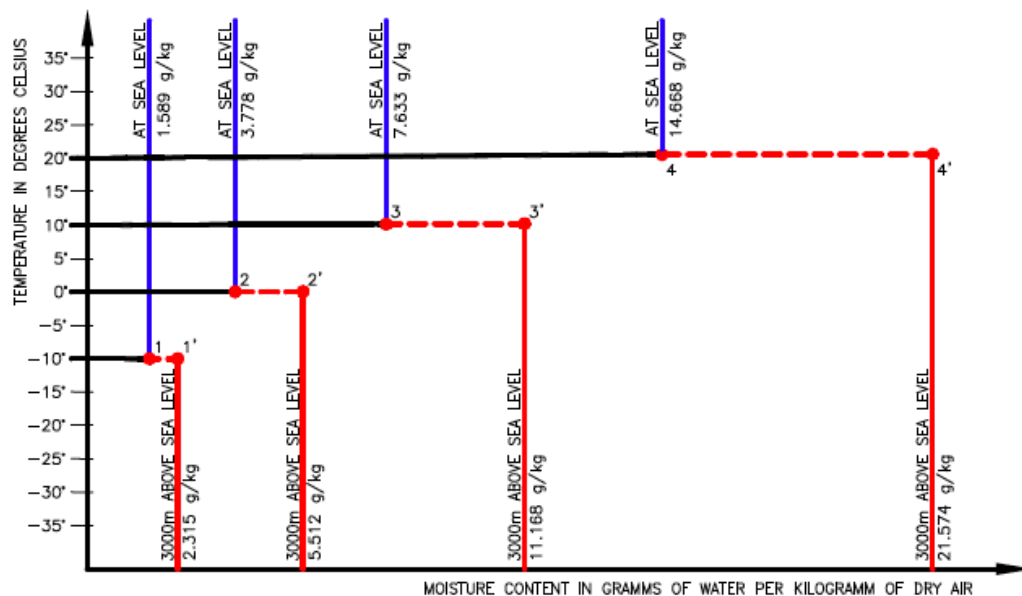
Figuur 21: Overzicht drogers (Eigen creatie)

Het principe van warme- en drogeluchtdrogers is in voorgaande hoofdstukken voldoende besproken. Echter zijn er wel verschillen afhankelijk van de leverancier, deze worden aangehaald in puntje 5.

4.1 De persluchtdroger

4.1.1 Dauwpunt

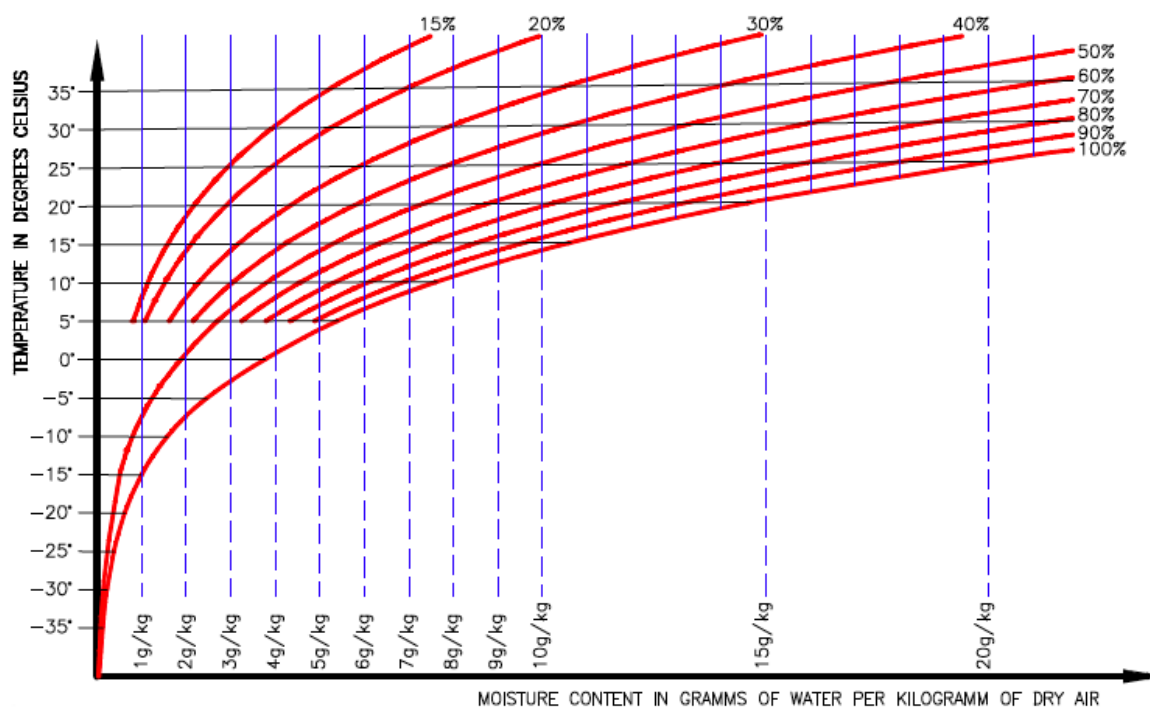
Voor het principe van de persluchtdroger wordt er gewerkt met het begrip dauwpunt. Lucht kan een hoeveelheid vocht dragen op een bepaalde druk en temperatuur. Figuur 22 geeft de hoeveelheid vocht voor 1 kilo droge lucht op zeeniveau weer bij een bepaalde temperatuur. Bij 10 °C spreekt men over droge lucht die verzadigd kan worden met 7,633 gram vocht.



Figuur 22: Mollier-diagram (AJ Solutions, z.d.)

De blauwe lijnen geven de verzadiging van droge lucht op zeeniveau weer terwijl de rode lijnen de verzadiging van droge lucht op 3000 meter boven zeeniveau geven. Er is duidelijk een verschil van het vochtgehalte bij eenzelfde temperatuur maar een verschillende hoogte (druk). Als door de punten een lijn wordt getrokken, wordt de saturatiecurve op zeeniveau van de lucht bekomen.

Dit is natuurlijk op theoretisch vlak gezien, praktisch zal de omgevingslucht niet verzadigd zijn met vocht. Stel dat de lucht 50% van het verzadigde vocht bevat op een bepaalde temperatuur en druk, dan is de lucht voor 50% verzadigd en wordt er gewerkt met de 50%-relatieve-vochtigheidscurve zoals in figuur 23. (AJ Solutions, z.d.)

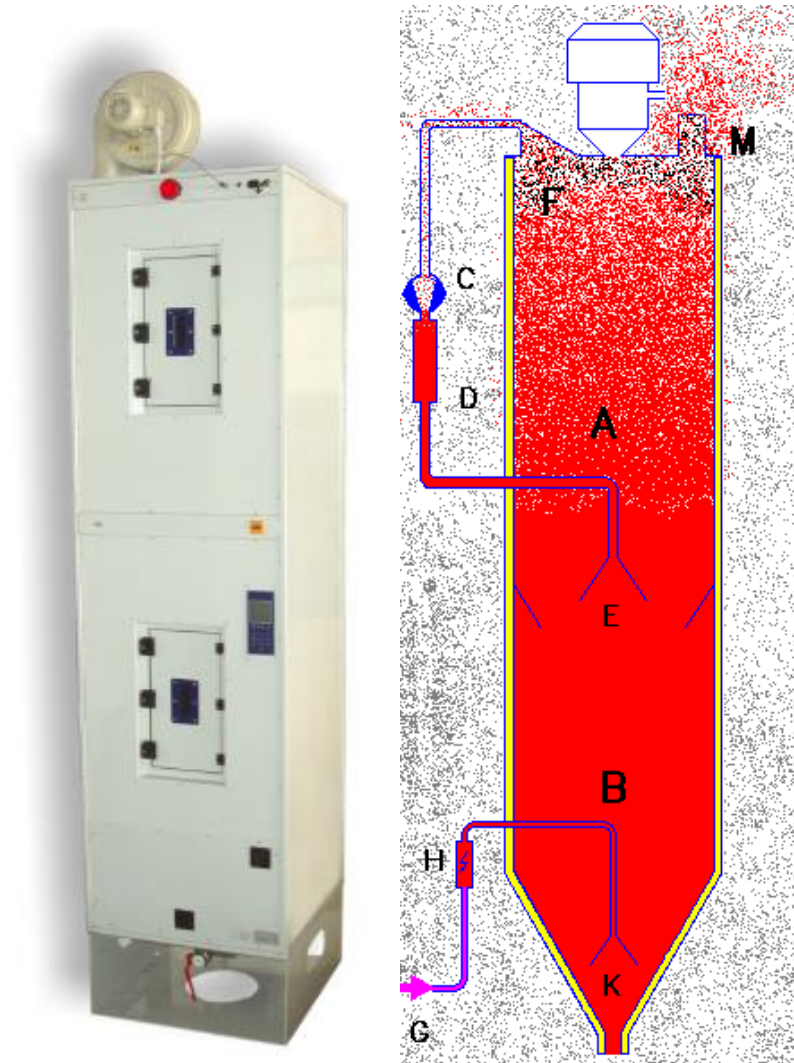


Figuur 23: Verzendigingscurven (AJ Solutions, z.d.)

Als de temperatuur van de lucht daalt bij kleine hoeveelheid vocht zal de relatieve vochtigheid stijgen tot dat deze de 100% bereikt. Bij een verdere temperatuurdaling zal de lucht oververzadigd worden en zal de overtollige hoeveelheid vocht zichtbaar zijn als dauw. Het dauwpunt wordt gedefinieerd als het punt waar de lucht verzadigd is met vocht. Hoe droger de lucht, hoe lager het dauwpunt, maar in de kunststofindustrie is een dauwpunt van -20°C voldoende. Lucht kan maar een bepaalde hoeveelheid vocht dragen bij een bepaalde temperatuur en druk, als de temperatuur dan daalt tot onder het dauwpunt zal de overmaat aan vocht condenseren. (AJ Solutions, z.d.)

4.1.2 Algemeen principe

De persluchtdroger maakt gebruik van perslucht om de granulaatkorrels te drogen in de trechter. Perslucht is samengeperste lucht die verkregen wordt door middel van een compressor. Het verschil met de huidige drogers bij DYKA is dat de persluchtdroger gebruikt maakt van droge perslucht in plaats van door het silicagel gedroogde lucht.

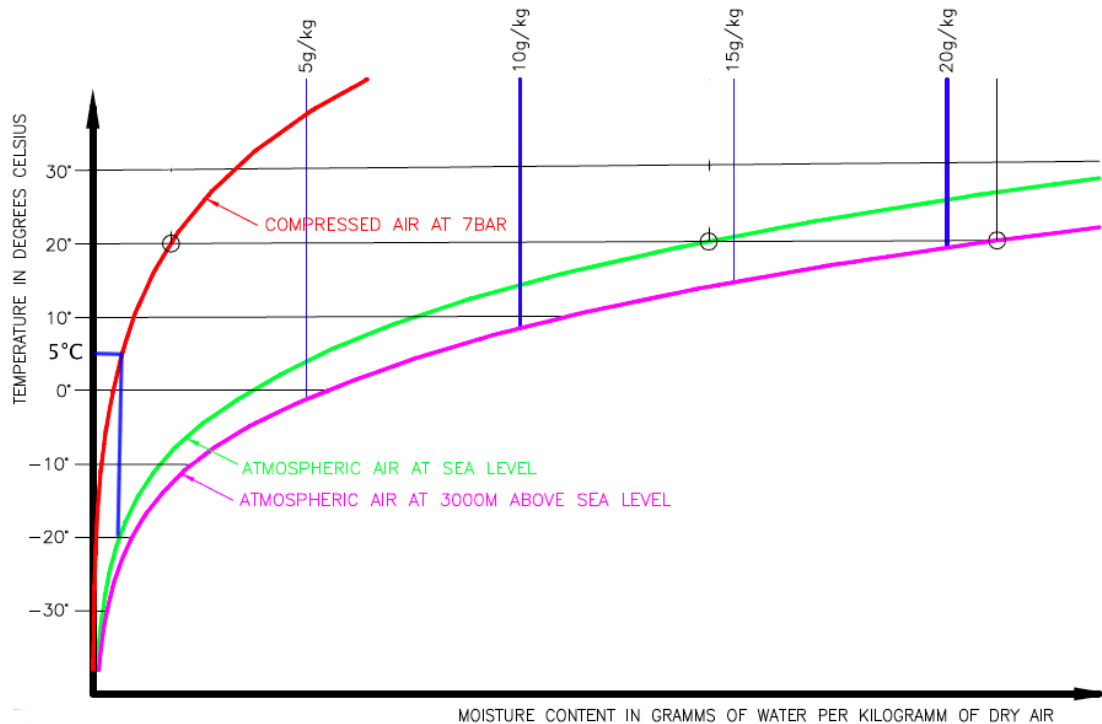


Figuur 24: Persluchtdroger (AJ Solutions, z.d.)

Zoals in bovenstaande figuur 24 te zien is wordt er gebruik gemaakt van twee cyclussen ofwel twee trechters. De principes van deze cyclussen gaan als volgt:

- **Cyclus A:** in deze cyclus wordt warme lucht, opgewekt door verwarming D, rondgecicleerd door middel van de blazer C die deze lucht door de eerste trechter laat stromen door middel van de verdeler E. Hierdoor wordt het granulaat verwarmd en zal de druk stijgen. Door dit effect zal het vocht aanwezig bij het granulaat verwijderd worden. Via de ingang F gaat de lucht terug en kan de cyclus opnieuw beginnen.

- Cyclus B:** in deze cyclus wordt er gebruik gemaakt van een kleine hoeveelheid droge warme lucht om het resterend vocht uit het granulaat te halen. De cyclus wordt ook wel de persluchttrap genoemd omdat hier gewerkt wordt met perslucht aan ingangszijde G. In de kunststofindustrie wordt met 7 bar en dauwpunt 5°C gewerkt. Daarna wordt deze lucht verwarmd door middel van verwarming H. Verder wordt deze lucht doorheen de korrels geleid door de verdeler K. De lucht wordt hier geëxpandeerd waardoor het een dauwpunt van ongeveer -20°C krijgt. Deze lucht gaat dan door de granulaatkorrels naar boven stromen en verwijderd zo het vocht. De lucht afkomstig van trechter B zal ook doorheen trechter A stromen en zal deze verlaten langs filter M.



Figuur 25: Verzadigingscurve toegepast (AJ Solutions, z.d.)

In bovenstaande figuur 25 is de rode lijn de saturatielijn van de gecomprimeerde lucht van 7 bar. Als we deze gaan bekijken bij een dauwpunt van 5°C en we gaan expanderen naar atmosferische druk ofwel de groene lijn zien we dat het dauwpunt zakt naar -20°C. Voor de kunststofindustrie is een dauwpunt van -20°C voldoende voor een goed droogresultaat. (AJ Solutions, z.d.)

4.1.3 Voordelen

De persluchtdroger heeft volgende voordelen:

- Constante droogresultaten,
- Geen rendementsverlies,
- Compact,
- Zo goed als onderhoudsvrij.

4.1.4 Nadelen

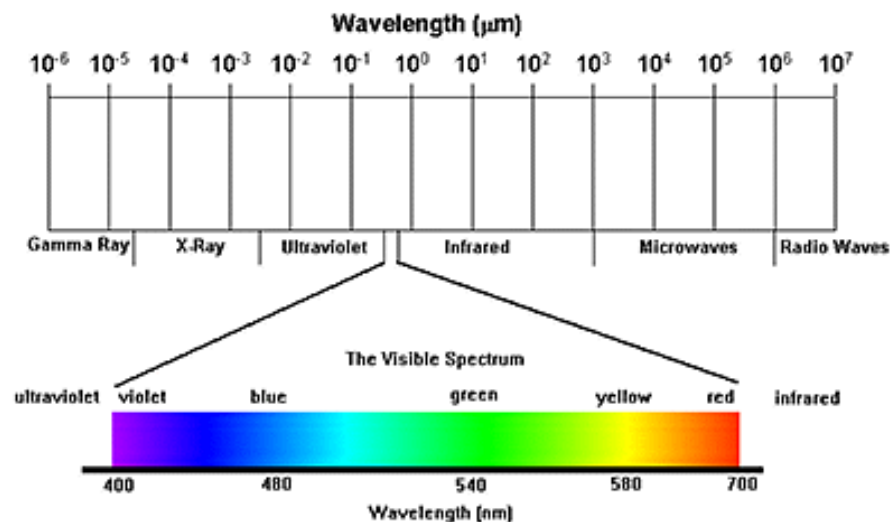
Naast de voorgaande voordelen heeft de persluchtdroger ook enkele nadelen:

- Het opwekken van perslucht is relatief duur,
- Plaatsen van compressoren,
- Plaatsen van persluchtleidingen,
- Trechter ingedeeld in twee cyclussen wat ervoor gaat zorgen dat de huidige trechters vervangen moeten worden;
- Niet toepasbaar bij grote debieten omdat er gewerkt wordt met twee cyclussen.

4.2 Infrarooddroger

4.2.1 Infrarood algemeen

Infraroodstraling is een elektromagnetische straling en kan niet met het oog waargenomen worden. Infrarood heeft een golflengte gelegen tussen 1 μm en 1000 μm zoals te zien in figuur 26. Infraroodstraling, ook warmtestraling genoemd, wordt door elk materiaal of voorwerp afgegeven afhankelijk van zijn temperatuur.

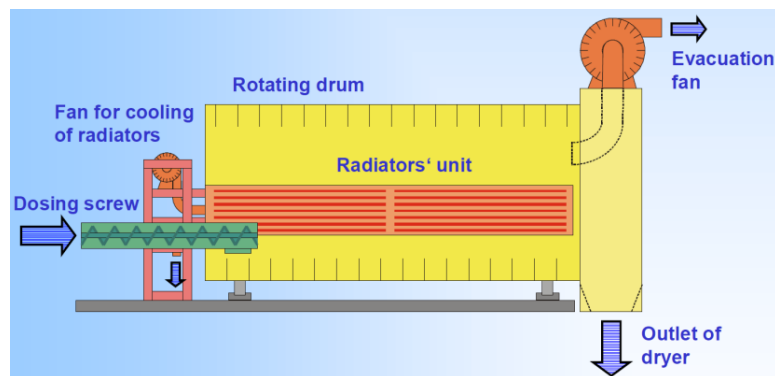


Figuur 26: Lichtspectrum infrarood (CRISP, 2001)

Door infraroodstraling te richten op een materiaal zal het materiaal gaan opwarmen afhankelijk van drie eigenschappen, namelijk: reflecteren, absorberen en transmitteren. Het materiaal moet zo weinig mogelijk straling reflecteren om goed op te warmen. Kunststof zal de straling goed opnemen en weinig reflecteren.

4.2.2 Algemeen principe

In figuur 27 is het principe schema van een infrarooddroger weergegeven.



Figuur 27: Infrarooddroger (Kreyenborg, 2002)

Het granulaat wordt via een doseerschroef in de droogtrommel getransporteerd. Door dat de trommel een spiraalvormig patroon heeft zal het granulaat geleidelijk aan opschuiven waardoor het debiet van de uitstroom kan geregeld worden. In de trommel bevindt zich een infraroodstraler, deze straler zal er voor zorgen dat het oppervlaktevocht van het granulaat zal verdampen. Men kan de intensiteit van de stralers regelen om een optimale droging te realiseren. De vochtige dampen worden afgevoerd door een ventilator. Op het einde van de trommel zullen de granulaten in een trechter vallen en zo naar de extrusielijn gaan.

Bij infrarooddrogen wordt de warmte contactloos toegevoerd aan het oppervlak van de granulaten. Hierdoor wordt alleen het oppervlak en het daarop aanwezige vocht verwarmd, dat vervolgens zal verdampen. Om het energieverbruik te beperken kan het spectrum van de infraroodstralers aangepast worden aan de granulaten. (Vito, 2012)

4.2.3 Voordelen

- Minder verliezen doordat de energie direct aan het granulaat word toegevoegd en niet door leidingen moet;
- Beter te controleren proces doordat de verblijftijd van de granulaten geregeld kan worden d.m.v. de draaisnelheid van de trommel;
- Doordat in korte tijd grote vermogens aan het product toegevoerd kan worden, kan de droogsnelheid relatief hoog zijn.

4.2.4 Nadelen

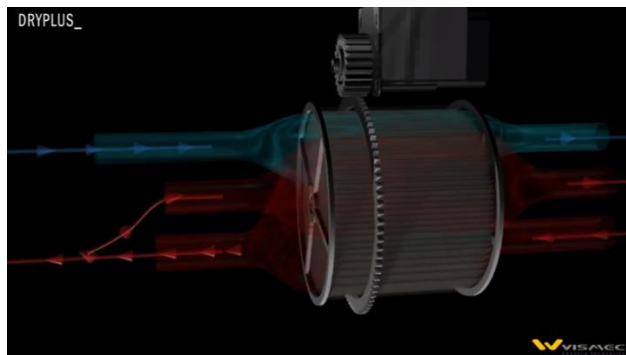
- De trechter kan niet behouden worden doordat er wordt gewerkt met een trommel die de plaats inneemt van de trechter;
- Bij een te lage doorlooptijd van het granulaat kan deze smelten doordat de straling te lang gefixeerd blijft op een bepaald deel.

4.3 De roterende honinggraatdroger

4.3.1 Algemeen principe

Deze droger werkt op basis van een honinggraatpatroon waarop moleculair droogmiddel bevestigd is. Dit patroon is in vier compartimenten opgedeeld zoals te zien in figuur 28, elk deel heeft een bepaalde functie, namelijk:

- Het voorverwarmen van het patroon,
- Het drogen van de proceslucht,
- Het regenereren van het patroon,
- Het koelen van het patroon.



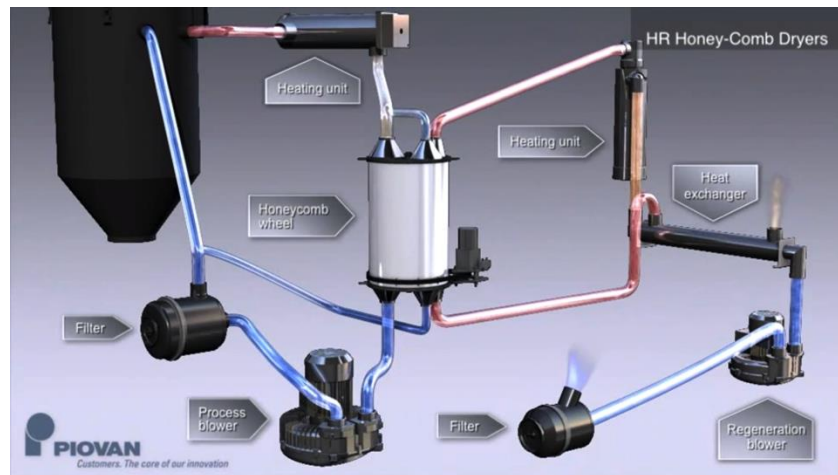
Figuur 28: Roterende honinggraatdroger (Moretec, 2013)

De vier voorgaande stappen worden continu doorlopen doordat het patroon voortdurend draait. Het drogen van de lucht gebeurt telkens door een onverzadigd deel van het patroon waardoor een constant dauwpunt gerealiseerd kan worden zoals te zien in figuur 29. Er wordt constant geregenereerd, waardoor dit op een relatief lage temperatuur kan gebeuren.



Figuur 29: Constant dauwpunt roterende honinggraatdroger (Moretec, 2013)

In figuur 30 is het principe schema van de honinggraatdroger weergegeven.



Figuur 30: Schema roterende honinggraatdroger (Moretec, 2013)

Drogen

Er wordt vochtige lucht aangezogen uit de trechter, deze gaat door een filter naar de “proces blower”. De lucht wordt door het drooggedeelte geblazen, hier wordt het vocht uit de lucht geabsorbeerd door het droogmiddel in de honinggraatstructuur. Vervolgens gaat de gedroogde lucht naar de verwarmingsunit, hier wordt de lucht opgewarmd tot de gewenste temperatuur. Als laatste wordt de lucht onder in de trechter geblazen om het vocht tussen het granulaat te adsorberen. Nu wordt deze lucht weer aangezogen en wordt de cyclus herhaald.

Voorverwarmen

Het patroon wordt voorverwarmd via proceslucht om ervoor te zorgen dat het regenereren efficiënter gebeurt.

Regenereren

Er wordt omgevingslucht aangezogen door een filter naar de “regeneration blower”. Na deze blower wordt de lucht voorverwarmd in de warmtewisselaar. Vervolgens gaat de lucht naar de verwarmingsunit, hier wordt de lucht verder verwarmd tot de gewenste temperatuur. Als de gewenste temperatuur bereikt is gaat de hete lucht in tegenstroom door het honinggraatpatroon, hierdoor zal het vocht in het droogmiddel verdampen en afgevoerd worden. Ten slotte geeft de lucht zijn warmte af in de eerder besproken warmtewisselaar en wordt terug in de omgeving geblazen.

Koelen

Het koelen gebeurt na de regeneratie om er voor te zorgen dat het patroon terug op de gewenste temperatuur is om optimaal vocht te adsorberen en er voor te zorgen dat de procestemperatuur niet te hoog oploopt. Het koelen neemt droge lucht af boven aan het honinggraatpatroon en zuigt deze terug in tegenstroom door het patroon, na het patroon zal deze lucht terug net voor de filter in de droogcyclus komen.

De droger kan in twee modes werken, manueel en automatisch. In de manuele mode kan de operator niet alleen de droogparameters instellen maar ook het gewenste dauwpunt. In de automatische mode zal de droger zelf de meest efficiënte instellingen kiezen. Hier moet de operator enkel de doorvoer als parameter ingeven.

Een temperatuursensor controleert de luchttemperatuur van de retourlucht en stuurt automatisch de ventilator aan. In het regeneratiecircuit wordt voortdurend gecontroleerd door twee temperatuursensoren in het honinggraatpatroon, de luchtstroom wordt hieraan aangepast.

Om te voorkomen dat er onnodig gedroogd wordt of de eigenschappen van het te drogen materiaal worden gewijzigd, bezit de honinggraatdroger een SLS en MPM systeem:

- SLS (Safety Loading System) zorgt ervoor dat het materiaal de trechter niet vochtig verlaat, er staat een timer op het display dat weergeeft wanneer het materiaal compleet droog is. Als het materiaal droog is wordt er een signaal naar de extruders gestuurd.
- MPM (Material Protection Management) volgt continu de doorzet van het materiaal op, wanneer er een fout bij de extruders gebeurt en dus de afname van het materiaal stil valt, dan zal MPM dit detecteren en de droger in stand-by zetten. Wanneer de fout opgelost is zal de droger automatisch weer starten. (Moretec, 2013)

4.3.2 Voordelen

De voordelen van de honinggraatdroger zijn:

- Constant en instelbaar dauwpunt van 0 tot -55°C;
- Prijs honinggraatpatroon is lager dan silicagelkorrels;
- Afmetingen honinggraatpatroon is kleiner.

4.3.3 Nadelen

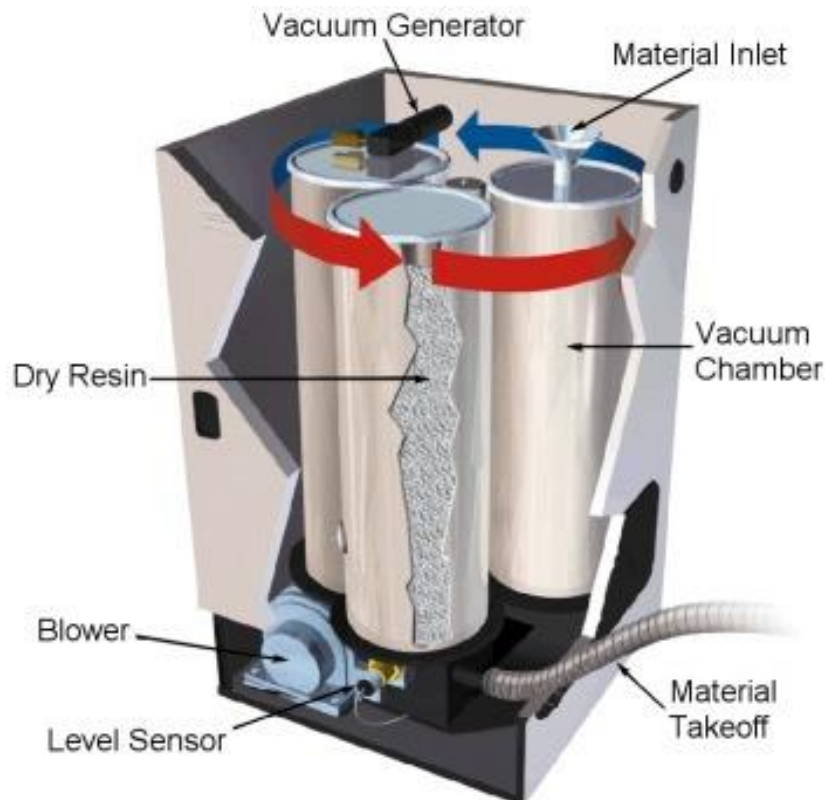
Elk systeem gaat gepaard met zijn nadelen, de nadelen van de honinggraatdroger zijn:

- Slijtage van de afdichtingen door het gebruik van een ronddraaiend patroon;
- Luchtlekken tussen de verschillende kamers;
- De honinggraatdroger is een nieuw systeem op de markt waardoor zijn kwaliteit nog niet bewezen is op lange termijn.

4.4 De vacuümdroger

4.4.1 Algemeen principe

De vacuümdroger, zoals afgebeeld in figuur 31, is een manier van drogen waarbij gewerkt wordt met een vacuüm. Vacuüm wil zeggen dat er een onderdruk gecreëerd wordt, dit zorgt voor een drukverschil. Door het drukverschil wordt het oppervlaktevocht uit het granulaat onttrokken.



Figuur 31: Vacuümdroger (AJ Solutions, z.d.)

Er wordt gebruik gemaakt van een carrousel die drie compartimenten bevat. Eerst wordt het granulaat in het eerste compartiment ingebracht en wordt dan opgewarmd door middel van warme lucht. Na het opwarmen zal de carrousel draaien naar het vacuümcompartiment met zijn vacuümgenerator. Hierin zal het opgewarmde granulaat onderworpen worden aan een vacuüm waardoor het materiaal gedroogd wordt. Daarna zal de carrousel weer een stap verder draaien naar het derde en laatste compartiment waar het materiaal wordt verwijderd. Als er gewerkt wordt in compartiment twee zal er materiaal bijgevoerd worden in compartiment 1 om zo een continu proces te realiseren. (AJ Solutions, z.d.)

4.4.2 Voordelen

Er zijn maar enkele voordelen van dit type droger. Het systeem wordt niet vaak toegepast in de kunststofindustrie omdat er meer nadelen zijn dan voordelen. De hoofdzakelijke voordelen zijn:

- Een kleiner vloeroppervlakte omdat het systeem compact is;
- Korte drogingstijd haalbaar door middel van de kleine compartimenten.

4.4.3 Nadelen

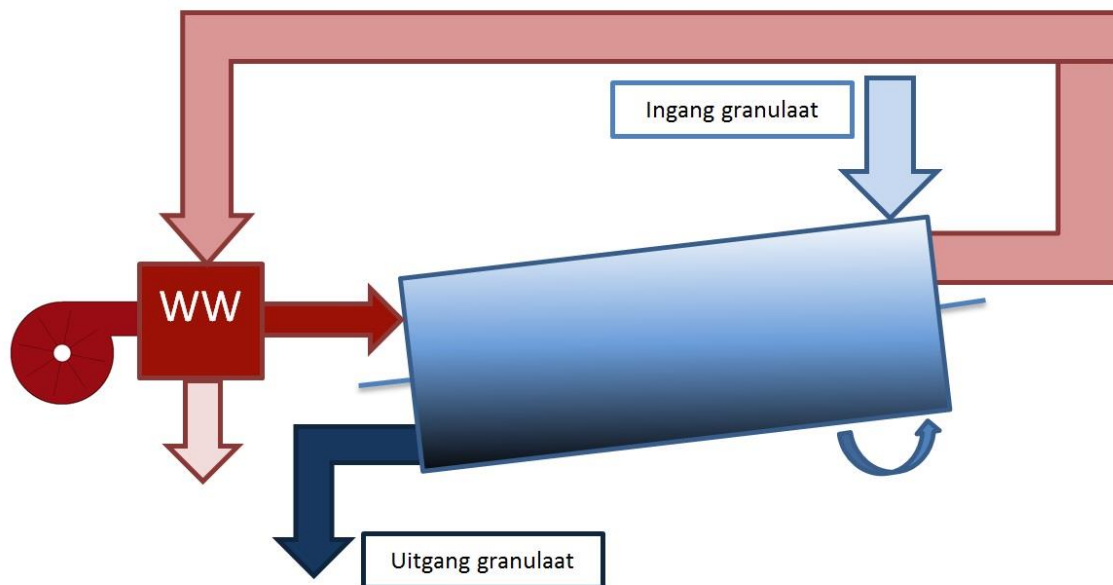
De hoofdzakelijke nadelen van dit systeem zijn:

- Niet praktisch bij gebruik bovenop een extruder omdat bij een vacuümdroger slechts een kleine hoeveelheid in de compartimenten gaat. De extruder moet een continue aanvoer hebben van granulaat en dat is niet realiseerbaar bij het gebruik van dit systeem;
- Huidig droogsysteem moet volledig vervangen worden inclusief de trechters omdat er gewerkt wordt met een systeem met drie compartimenten;
- Veel onderhoud door slijtage van de bewegende delen bij het ronddraaien van de compartimenten;
- Vastzitten van de granulaatkorrels tussen de compartimenten kan voor vacuümvermindering zorgen;
- Onstabiele droging.

4.5 De trommeldroger

4.5.1 Algemeen principe

Bij een trommeldroger wordt gewerkt met een lange cilindrische buis die ook wel de trommel wordt genoemd, daarom ook de benaming trommeldroger. De trommel staat onder een bepaalde hoek ten opzichte van het grondvlak waardoor het helpt om het granulaat te verplaatsen samen met de draaibeweging van de trommel zelf. Figuur 32 geeft een schematische voorstelling van een trommeldroger.



Figuur 32: Trommeldroger (Eigen creatie)

Links van de trommel staat een ventilator en een verwarmelement opgesteld die de warme lucht in tegenstroom door de trommel stuurt. Deze warme lucht zal het vocht opnemen uit het granulaat en zal de trommel bovenaan verlaten. De granulaat wordt rechtsboven de trommel toegevoerd en verlaat de trommel linksonder. De trommel heeft een grote lengte en zijn vinnen zijn zo opgesteld dat de roterende beweging het granulaat naar onder doet bewegen tijdens het droogproces, de binnenkant van de trommeldroger is te zien in figuur 33.



Figuur 33: Binnenkant trommeldroger (BulkWiki, 2013)

4.5.2 Voordelen

Enkele voordelen van de trommeldroger zijn:

- Grote output realiseerbaar, dit is noodzakelijk bij DYKA omdat hier gewerkt wordt met grote outputvolumes;
- Continu droogproces,
- Eenvoudig droogprincipe.

4.5.3 Nadelen

De nadelen van dit droogstelsel:

- Er is geen plaats voor de lange trommel, het is eenvoudiger om in de hoogte te werken bij DYKA;
- De trechter kan niet behouden worden,
- Hoge investeringskosten.

4.6 Overzicht

Onderstaande tabel geeft een beeld van de voordelen en nadelen van de voorafgaand besproken droogprincipes die van toepassing zijn bij DYKA.

Tabel 18: Overzicht voor- en nadelen (Eigen creatie)

Droogprincipe	Voordelen	Nadelen
Perslucht	▪ Compact ▪ Geen rendementsverlies ▪ Onderhoudsvrij	▪ Perslucht opwekken = duur ▪ Compressoren plaatsen ▪ Nieuwe trechter of huidige aanpassen
Infrarood	▪ Geen verliezen door leidingen, warmte direct op materiaal ▪ Hoge droogtijd	▪ Trechter vervangen door trommel ▪ Investeringskost
Roterende Honinggraat	▪ Constant, instelbaar dauwpunt ▪ Goedkoper en kleiner droogpatroon	▪ Slijtage ▪ Luchtlekken ▪ Nieuw op de markt
Vacuüm	▪ Compact ▪ Korte drogingstijd	▪ Trechter vervangen door volledig nieuw systeem ▪ Sneller slijtage door ronddraaiende onderdelen ▪ Kan niet geplaatst worden boven extruder ▪ Onstabiele droging ▪ Onderhoud
Trommel	▪ Grote output ▪ Continu droogproces ▪ Eenvoudig principe	▪ Trechter vervangen door trommel ▪ Investeringskost
Droge-lucht	▪ Efficiënt droogprincipe ▪ Dauwpuntregeling	▪ Toegepast bij hygroscopische materialen ▪ Hoog energieverbruik ▪ Duurder
Warme-lucht	▪ Goedkoop systeem ▪ Eenvoudig principe ▪ Weinig tot geen onderhoud	▪ Enkel voor niet-hygroscopische stoffen ▪ Afhankelijk van omgevingslucht

5 Leveranciers

5.1 Moretec

Moretec is leverancier van honinggraatdrogers, dit principe is in voorgaand puntje uitgelegd en wordt dus niet dieper op ingegaan.

Naast hun drogeluchtdroger, de honinggraatdroger, hebben ze ook een warmeluchtdroger. Het principe van dit soort drogers is eenvoudig en bij elke leverancier hetzelfde, enkel de componenten kunnen verschillen van kwaliteit. Ook de sturelektronica kan verschillen van leverancier tot leverancier. Moretec maakt gebruik van eigen elektronica, dit kan in de toekomst een nadeel zijn in onderhoud.

5.2 AJ Solutions

AJ Solutions levert zowel drogeluchtdrogers als warmeluchtdrogers en is gespecialiseerd in het automatiseren van processen in de kunststofindustrie. Ook hier wordt niet dieper op het principe ingegaan omdat dit eerder in de bundel besproken is. De systemen die deze firma gebruiken zijn van het merk Koch. De sturelektronica bij AJ Solutions is van Siemens, dit maakt het onderhoud van de drogers makkelijker ten opzichte van de huidige drogers omdat onderdelen van Siemens eenvoudig aan te kopen en te vervangen zijn. Ook wordt het droogproces visueel afgebeeld op een scherm dat langs de drooginstallatie staat.

5.3 Kotraco

5.3.1 Warmeluchtdroger

In figuur 34 is een compleet droogstelsel afgebeeld van Kotraco, dit is de Moretto EH Serie. Links van de trechter is de warmeluchtdroger, deze is zeer compact en kan op elke bestaande trechter gemonteerd worden. Via een thermokoppel wordt de temperatuur onderaan de trechter teruggekoppeld en kan de droger meer of minder drogen afhankelijk van de waarde van het thermokoppel.

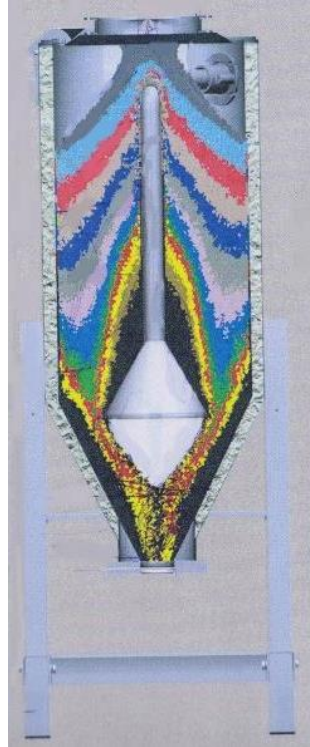


Figuur 34: Kotraco warmeluchtdroger (Kotraco, 2007)

Temperaturen kunnen elektronisch ingesteld worden voor een optimaal droogproces. Het grootste voordeel van dit type droger is dat er praktisch geen onderhoud is en als er onderdelen defect zijn is het makkelijk om nieuwe onderdelen te vinden ten opzichte van de huidige droogsystemen. Moretto werkt ook met Siemens onderdelen voor de elektronica van de drogers.

5.3.2 Nieuwe technologie trechter

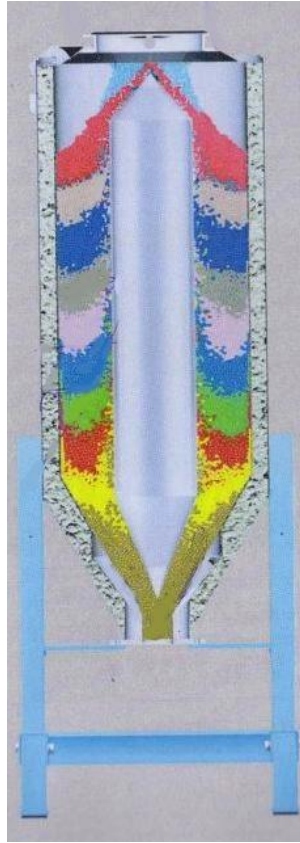
Niet enkel de technologie van droogsystemen wordt geoptimaliseerd maar ook de trechters waarin het granulaat wordt gedroogd is vernieuwd. De grootste verandering ten opzichte van de traditionele trechter is de opbouw binnenin, extern zal de trechter enkel kleiner zijn. In figuur 35 is een traditionele trechter afgebeeld zoals deze nu bij DYKA staat.



Figuur 35: Traditionele trechter (Kotraco, 2007)

Bovenaan de trechter wordt het granulaat toegevoerd zodat het gedroogd kan worden. Het granulaat zal ongeveer twee uur in de droogtrechter blijven. De kleuren in bovenstaande afbeelding geven de lagen van het granulaat weer die op hetzelfde tijdstip in de trechter zijn getransporteerd. Het is goed waarneembaar dat de lagen scheef in de trechter liggen waardoor een deel van de granulaatkorrels al redelijk onderaan in de trechter zit terwijl een andere deel op een hoger niveau in de trechter zit.

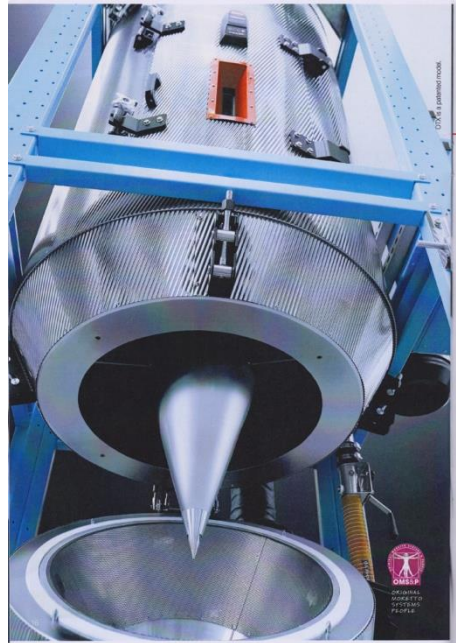
In figuur 36 is een modernere trechter van de firma Kotraco afgebeeld. In het midden werken ze met een dikkere kern met een kegelvormig uiteinde dat bijna helemaal tot aan de afvoer van de trechter komt. Door het ontwerp van een dikkere kern kunnen de lagen granulaat meer gecontroleerd verdeeld worden, hiermee wordt bedoeld dat de lagen niet meer onder een grote helling liggen. De granulaatlagen zakken gelijkmatig waardoor er een vermindering van droogtijd is.



Figuur 36: Moderne trechter (Kotraco, 2007)

De droogtijd bij een traditionele trechter wordt op ervaring geschat op twee uur, bij de modernere trechters wordt deze gereduceerd tot 1,5 uur. Dit is dus een groot voordeel omdat met deze trechter op dezelfde tijd meer granulaat verwerkt kan worden. Een ander voordeel bij de moderne trechter is dat de kern een kegelvormige punt heeft die bijna helemaal tot de afvoer van de trechter gaat. Na een heropstart van de installatie zal bij een traditionele trechter het granulaat onderaan in de trechter niet gedroogd zijn. Hierdoor zal de kwaliteit van de eerste meters buis onvoldoende zijn. Door het kegelvormige uiteinde van de moderne trechter gaat er ook onderaan gedroogd worden en zal er minder afval gedraaid worden bij het opstarten.

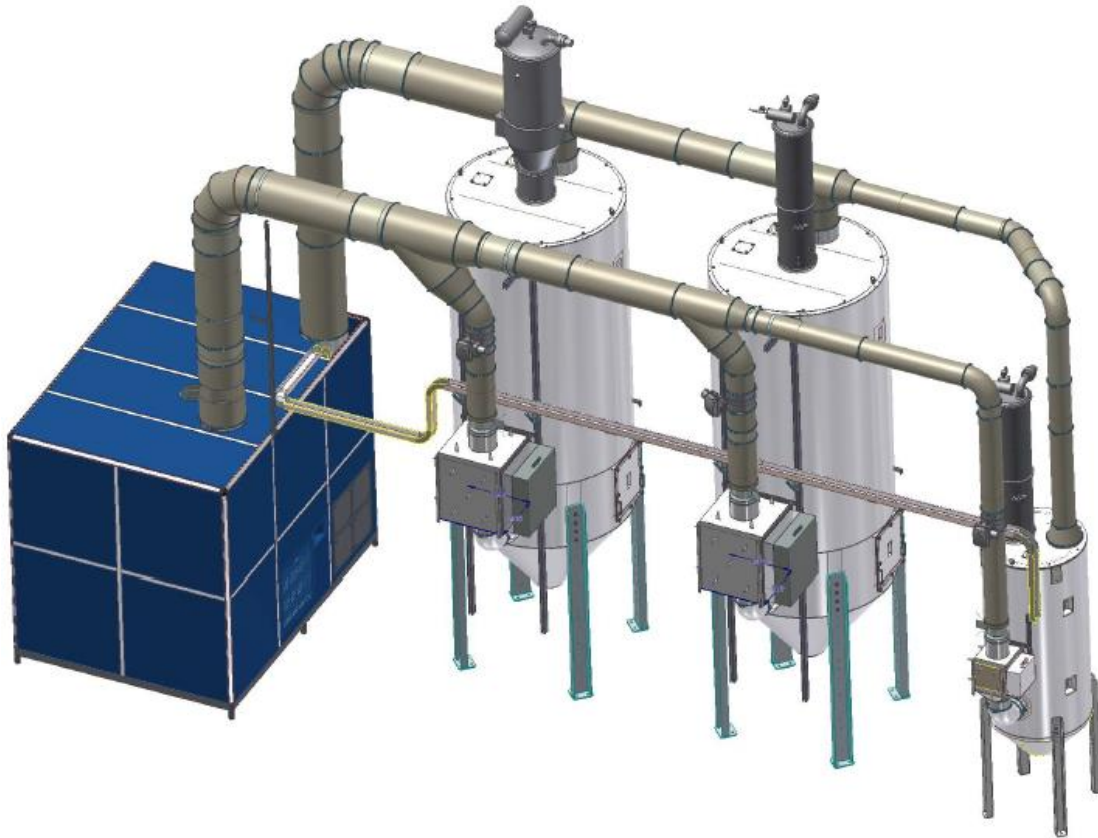
Onderaan in figuur 37 wordt het kegelvormige uiteinde van de kern weergegeven. Hierin is duidelijk te zien dat de kegel de onderkant van de trechter bereikt waardoor het granulaat ook vanonder gedroogd wordt.



Figuur 37: Moderne trechter kegelvorm (Kotraco, 2007)

5.4 AZO

AZO is een bedrijf dat gespecialiseerd is in het automatiseren van grote droogprocessen door het samensmelten van alle droogsystemen naar één droogkamer. Het samensmelten van de afzonderlijke drogers bij elke trechter naar één droogeenheid zou een mogelijke oplossing zijn. Echter brengt dit principe meer nadelen dan voordelen met zich mee. In figuur 38 is een droogeenheid afgebeeld.



Figuur 38: Droogeenheid AZO (AZO, Dry air dry-unit, z.d.)

De blauwe eenheid, links op de afbeelding, wordt de droogeenheid of ook wel de droogkamer genoemd. Binnenin de droogkamer is een grote drogeluchtdroger en ventilator geplaatst, deze is zo gedimensioneerd dat alle lijnen tegelijk kunnen produceren. Vanuit de droogkamer vertrekt links de luchtstroom van de ingaande lucht van de trechters en komt rechts de luchtstroom van de uitgaande lucht terug aan. De droger droogt de uitgaande luchtstroom van de trechters en de ventilator blaast deze droge lucht opnieuw naar de trechter. Voordat deze lucht de trechter ingeblazen wordt zal deze verwarmd worden door de verwarmingseenheden, deze zijn ook te zien in figuur 38.

Er kan geen gemeenschappelijke verwarmingseenheid in de droogkamer geplaatst worden omdat:

- de lijnen niet allemaal vanuit hetzelfde granulaat produceren, zo is er: PE100, PE80, PE40 en PP. Er zijn verschillende droogtemperaturen tussen deze soorten granulaat, door de verwarming bij elke trechter afzonderlijk te plaatsen kan op deze manier verschillende soorten granulaat gebruikt worden;
- de twee uiterste trechters van de productielijnen zich ongeveer 45 meter van elkaar bevinden wat zorgt voor warmteverlies doorheen de buis van de ingaande luchtstroom.

Om dit systeem te onderzoeken op vlak van energie moeten eerst de voordelen en nadelen afgewogen worden als het ook wel voordelig is binnen de toepassing bij DYKA. De voordelen van een gemeenschappelijke droogeenheid zijn:

- Een gemeenschappelijke sturing voor alle drogers waarbij gebruik gemaakt wordt van een Siemens PLC. Siemens is één van de grootste leveranciers van PLC en automatiseringsonderdelen waardoor er gemakkelijk aan nieuwe onderdelen geraakt kan worden;
- Onderhoud van het systeem is efficiënter. Bij de huidige drogers duurt het een dag om het regeneratiepatroon te vervangen van één droger. Voor alle productielijnen samen moet er een week gewerkt worden voor de vervanging van het silicagelpatroon. Door de reductie naar één gemeenschappelijke droger wordt er minder tijd verloren met het vervangen van het patroon;
- De huidige trechters kunnen behouden worden.

Echter heeft dit systeem meer nadelen dan voordelen, namelijk:

- Doordat bijna nooit alle productielijnen tegelijkertijd produceren wordt er gewerkt met een kleppensysteem zodat de luchtstroom enkel circuleert door de trechters die in productie zijn. Zo een dergelijk kleppensysteem in combinatie met het extra buizen netwerk is zeer duur;
- Bij onderhoud aan de drooginstallatie ligt in het geval van een gemeenschappelijk droogeenheid de volledige productie van PE en PP stil. Als elke trechter apart zijn drooginstallatie heeft kan er altijd verder geproduceerd worden op een andere productielijn;
- De drooginstallatie wordt gedimensioneerd op alle productielijnen. Het gebeurt echter zelden dat alle productielijnen produceren dus is de droger overgedimensioneerd.

Omdat de nadelen fel doorwegen op de voordelen wordt er verder niet dieper ingegaan op een energiestudie van dit systeem. Dergelijke systemen worden vaak geplaatst in landen met hoge vochtigheid waar het granulaat altijd vocht bevat. Ook bij hygroscopisch granulaat wordt vaak met dit systeem gewerkt.

6 Vergelijking

6.1 Algemeen

Alle investeringen van DYKA moeten zichzelf binnen drie jaar terugbetalen.

Indien de drogers vervangen worden door drogeluchtdrogers kunnen deze vergeleken worden met het gemiddelde energieverbruik van de MDC-1200 (24,99kWh).

Voor de warmeluchtdrogers bestaat er geen energie vergelijking. Daarom wordt de energiebesparing van de omgebouwde drogeluchtdroger gebruikt, deze is 4631€. Hieruit wordt de maximale aankoopprijs berekend.

$$Aankoopprijs = 3jaar * \frac{€4631}{jaar} = €13\ 893 \quad (7)$$

Bij een zuivere warmeluchtdroger zal de energiebesparing hoger liggen waardoor de maximale aankoopprijs voor een nieuwe droger ook hoger komt te liggen.

Alle leverancier maken hun vergelijking en prijsofferte aan de hand van volgende gegevens voor een drogeluchtdroger:

- Trechter van 3000 liter,
- Output van 800kg/h,
- Drogeluchttemperatuur van 60°C,
- Materiaal PE100.

Hetzelfde wordt gedaan voor een warmeluchtdroger:

- Trechter van 3000 liter,
- Output van 800kg/h,
- Warmeluchttemperatuur van 75°C,
- Materiaal PE100.

6.2 AJ Solutions

6.2.1 Drogeluchtdroger

In bijlage B.1 is de prijsofferte van de drogeluchtdroger bij AJ Solutions weergegeven. Vroeger was de droger op DYKA overgedimensioneerd, zoals eerder vermeld heeft de MDC-1200 een aansluitwaarde van 72kW terwijl de droger bij AJ Solutions een aansluitwaarde van 40,4 kW. Het gemiddelde verbruik van deze nieuwe droger is 13 kW/h, hieruit kan de paybackperiode berekend worden.

$$Energiekost_{DYKA} = 24,99kW/h * 0,11 €/kWh * 24h * 5d * 45w = €14\,844/jaar \quad (8)$$

$$Energiekost_{AJ\,Solutions} = 13kW/h * 0,11 €/kWh * 24h * 5d * 45w = €7722/jaar \quad (9)$$

$$Energiebesparing/jaar = €14\,844 - €7722 = €7122 \quad (10)$$

$$Aankoopprijs_{AJ\,Solutions} = €30\,850 \quad (11)$$

$$Payback = \frac{Aankoopprijs_{AJ\,Solutions}}{Energiebesparing/jaar} = \frac{€30\,850}{€7122} = 4,33\,jaar \quad (12)$$

6.2.2 Warmeluchtdroger

In bijlage B.2 is de prijsofferte gegeven voor de warmeluchtdroger van AJ Solutions. Deze warmeluchtdroger heeft een verwarmelement met een maximaal vermogen van 30 kW. De aankoopprijs van de nieuwe warmeluchtdroger bij AJ Solutions is €8859, deze ligt onder de maximale aankoopprijs. Hieruit kan de payback berekend worden als er een energiebesparing van €4631 per jaar geschat wordt. Met een nieuw systeem zal de energiebesparing hoger zijn dus onderstaande payback zal lager liggen.

$$Payback = \frac{Aankoopprijs_{AJ\,Solutions}}{Energiebesparing/jaar} = \frac{€8859}{€4631} = 1,91\,jaar \quad (13)$$

6.3 Moretec

6.3.1 Drogeluchtdroger

In bijlage C.1 en C.2 zit de prijsofferte en energiestudie van de drogeluchtdroger van Moretec, de honinggraaddroger, deze heeft een gemiddeld energieverbruik van 17,96 kW/h. Hieruit kan de energiekost en paybackperiode berekend worden.

$$Energiekost_{DYKA} = 24,99kW/h * 0,11 €/kWh * 24h * 5d * 45w = €14\,844 \quad (14)$$

$$Energiekost_{Moretec} = 17,96kW/h * 0,11 €/kWh * 24h * 5d * 45w = €10668 \quad (15)$$

$$Energiebesparing/jaar = €14\,844 - €10668 = €4176 \quad (16)$$

$$Aankoopprijs_{Moretec\ DP1200} = €27\,885 \quad (17)$$

$$Payback = \frac{Aankoopprijs_{Moretec\ DP1200}}{Energiebesparing/jaar} = \frac{€27\,885}{€4176} = 6,68\,jaar \quad (18)$$

Hieruit kan geconcludeerd worden dat de energiebesparing veel te miniem is voor een paybackperiode van drie jaar te halen.

6.3.2 Warmeluchtdroger

In bijlage C.3 is de prijsofferte gegeven van de warmeluchtdroger van Moretec, ook hier moet de prijs lager zijn de maximale aankoopprijs van €13893. In de bijlage is te zien dat Moretec €19448 vraagt voor hun warmeluchtdroger, type HD1200. De payback van 3 jaar is dus niet haalbaar bij deze leverancier.

$$Payback = \frac{Aankoopprijs_{HD\ 1200}}{Energiebesparing/jaar} = \frac{€19\,448}{€4631} = 4,20\,jaar \quad (19)$$

6.4 Kotraco

6.4.1 Warmeluchtdroger

Kotraco heeft een prijsofferte opgesteld voor een warmeluchtdroger die te zien is in bijlage D.1. Voor een nieuwe droger op de lijn van de MDC-1200 zal deze €22285 kosten, deze prijs is inclusief een nieuwe trechter. Vermits DYKA hun huidige trechters wil behouden kan de kost van een nieuwe trechter van de totaalprijs afgetrokken worden, het nieuw systeem zal dan €12649 kosten. Deze aankoopprijs ligt onder de maximale aankoopprijs van €13893. De payback voor deze droger is:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Aankoopprijs}_{\text{Kotraco}}}{\text{Energiebesparing/jaar}} = \frac{€11\,637}{€4631} = 2,51 \text{ jaar} \quad (20)$$

Ook hierbij de opmerking dat de energiebesparing bij deze droger hoger zal liggen waardoor de payback kleiner wordt.

6.5 Overzicht

In bijlage E zijn de businesskaartjes weergegeven van alle gecontacteerde leveranciers. Hieruit zijn Moretec, AJ Solutions en Kotraco de leveranciers die tijd wouden steken in onze masterproef, de andere leveranciers konden geen extra tijd vinden. Na het berekenen van de payback zijn er twee leveranciers die een payback kleiner dan drie jaar kunnen garanderen met een warmeluchtdroger namelijk AJ Solutions en Kotraco.

De drogeluchtdrogers hebben bij Moretec en AJ Solutions een hoge payback, vermits drogeluchtdrogers enkel toegepast worden bij hygroscopische kunststoffen is het niet van toepassing om deze aan te kopen in de PE/PP-afdeling van DYKA. Tabel 19 geeft een overzicht over de payback van de drogers bij alle leveranciers.

Tabel 19: Overzicht payback (Eigen creatie)

Payback	AJ Solutions	Moretec	Kotraco
Warmeluchtdroger	1,91 jaar	4,20 jaar	2,51 jaar
Drogeluchtdroger	4,33 jaar	6,68 jaar	/

7 Conclusie

Het is duidelijk dat de drogeluchtdrogers vervangen moeten worden. De drogers zijn verouderd en er zijn geen nieuwe onderdelen beschikbaar wat onderhoud moeilijk maakt. In de energiestudie is een overdimensionering waargenomen, met een gemiddeld gemeten waarde die bijna 50 kW/h lager ligt dan de waarde op het kentekenplaatje van de droger. Dit is ook te wijten aan de ouderdom van de machine, vroeger was energie namelijk geen belangrijke kwestie en was overdimensionering een garandering dat de machine zeker zijn resultaat behaalt.

Uit de resultaten van de warmeluchtdroger, omgebouwd vanuit de drogeluchtdroger, is duidelijk te zien dat er met minder energie gedroogd kan worden. Het energieverbruik daalt met meer dan 30% en zorgt voor een besparing van €4631 per jaar op de MDC-1200. Uit proeven in het labo van DYKA is er geen vermindering van kwaliteit waarneembaar, hieruit kan geconcludeerd worden dat een warmeluchtdroger voldoet voor deze toepassing.

Advies voor DYKA:

- Tijdens de herfst- en winterperiode alle drogers in de PE/PP-afdeling ombouwen naar een warmeluchtdroger zoals bij de metingen op de MDC-1200. De metingen zijn uitgevoerd in de winterperiode maar omdat er dit jaar geen strenge winter was is er ook minder vocht in het granulaat aanwezig. Omwille van deze reden kan DYKA het komende jaar verder testen in andere klimaatomstandigheden.
- Op basis van ervaring met leveranciers kan DYKA zelf kiezen met wie ze willen samenwerken. De maximale prijs voor de vervanging van een MDC-1200 is naar schatting €13893. Als de aankoopprijs van de droger bij een bepaalde leverancier lager ligt, zal deze droger in de PE/PP-afdeling een payback van minder dan drie jaar hebben.
- DYKA kan een bepaalde periode de drogers omgebouwd laten functioneren maar naar verloop van tijd zouden deze zeker vervangen moeten worden. Het werken met een omgebouwde droger is minder efficiënt dan met een zuivere warmeluchtdroger.

De warmeluchtdroger is niet alleen de goedkoopste aankoop maar is ook zeer efficiënt en betrouwbaar voor het verwijderen van oppervlaktevocht. Bij de energiestudie zijn uitgangstemperaturen van 23°C waarneembaar, als deze bij een nieuwe warmeluchtdroger hoger liggen kan de uitgaande lucht gebruikt worden voor andere toepassingen. Een warmtewisselaar is overbodig omdat de temperatuur van de uitgaande luchtstroom te laag is om warmte te recupereren.

Op vlak van onderhoud zal er geen silicagelpatroon meer zijn dat om de vier jaar vervangen moet worden. Bij de huidige drogers moeten de filters zuiver gemaakt worden, dit moet nog steeds gebeuren bij de nieuwe warmeluchtdrogers.

De technologie van vochtmeters moet opgevolgd worden. Op dit moment bestaan er nog geen vochtmeters die nauwkeurig genoeg zijn om tijdens het droogproces continu het vochtgehalte van het granulaat te meten. Bij een drogeluchtdroger kan via een dauwpuntsensor gecontroleerd worden als de retourlucht nog vocht bevat, deze optie kost €1200 per droger. Samen met de hogere aankoopprijs van de drogeluchtdroger kan een payback van drie jaar niet behaald worden.

8 Bronnen

AJ Solutions. (z.d.). Drogen van materiaal in de kunststofindustrie. Farragtech.

AZO. (z.d.). Air Dehumidifier LE Energy-saving and efficient drying systems.

AZO. (z.d.). Dry air dry-unit .

BulkWiki. (2013, juli). Opgehaald van BulkWiki:
<http://bulkwiki.nl/index.php?title=Trommeldrogers>

CRISP. (2001). Opgehaald van Electromagnetic Radiation:
<http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/em.htm#irbands>

DYKA. (2013, september). Opgeroepen op oktober 2013, van DYKA: <http://www.dyka.be/>

Fluke Corporation. (2008, december). Fluke 434/435 users manual.

Kotraco. (2007). Hot air dryers EH serie. Moretto.

Kreyenborg. (2002). Infrared rapid dryer.

Meteovista. (2014). Opgeroepen op april 2014, van Meteovista: www.meteovista.be

Moretec. (2013). Dryplus series. Vismec.

Motan. (1986). Bedienungsanleitung trockenluftheizger MD-44.

Motan. (1992, April). Betriebsanleitung trockenluftheizger MDC-1200.

Vito. (2012). Opgehaald van Emis:
<http://emis.vito.be/techniekfiche/drogen-met-straling-plaats-van-drogen-met-hete-lucht>

Bijlage

BIJLAGE A: VOCHTMETINGEN	83
BIJLAGE B: AJ SOLUTIONS	87
B.1 PRIJSOFFERTE DROGELUCHTDROGER	87
B.2 PRIJSOFFERTE WARMELUCHTDROGER	88
BIJLAGE C: MORETEC	89
C.1 PRIJSOFFERTE DROGELUCHTDROGER	89
C.2 ENERGIE-ANALYSE DROGELUCHTDROGER	90
C.3 PRIJSOFFERTE WARMELUCHTDROGER	91
BIJLAGE D: KOTRACO	93
D.1 PRIJSOFFERTE WARMELUCHTDROGER	93
BIJLAGE E: BUSINESSKAARTJES	97

Bijlage A: Vochtmetingen

-MOISTURE DETERMINATION- METTLER TOLEDO HB43-S SNR 1128373568 SW 1.00 Name PE modified Target weight 23.500 g Drying program STD Temperature 105 °C Switch-off mode Timed Time 4 min Display mode g Free factor Off Initial wt. 25.112 g Total time 4:00 min Dry weight 25.105 g Result 25.105 g Sample ID: 26-02. <i>boren</i> Comment: ... <i>278 ppm</i> Signature: ---10.03.2014---11:35---	-MOISTURE DETERMINATION- METTLER TOLEDO HB43-S SNR 1128373568 SW 1.00 Name PE modified Target weight 23.500 g Drying program STD Temperature 105 °C Switch-off mode Timed Time 4 min Display mode g Free factor Off Initial wt. 25.337 g Total time 4:00 min Dry weight 25.333 g Result 25.333 g Sample ID: 27-02. <i>boren</i> Comment: ... <i>157</i> Signature: ---10.03.2014---11:45---	-MOISTURE DETERMINATION- METTLER TOLEDO HB43-S SNR 1128373568 SW 1.00 Name PE modified Target weight 23.500 g Drying program STD Temperature 105 °C Switch-off mode Timed Time 4 min Display mode g Free factor Off Initial wt. 25.164 g Total time 4:00 min Dry weight 25.159 g Result 25.159 g Sample ID: 28-02. <i>boren</i> Comment: ... <i>199 ppm</i> Signature: ---10.03.2014---12:06---
--- METTLER TOLEDO --- -MOISTURE DETERMINATION- METTLER TOLEDO HB43-S SNR 1128373568 SW 1.00 Name PE modified Target weight 23.500 g Drying program STD Temperature 105 °C Switch-off mode Timed Time 4 min Display mode g Free factor Off Initial wt. 25.456 g Total time 4:00 min Dry weight 25.452 g Result 25.452 g Sample ID: 26-02. <i>onder</i> Comment: ... <i>157 ppm</i> Signature: ---10.03.2014---11:17---	-MOISTURE DETERMINATION- METTLER TOLEDO HB43-S SNR 1128373568 SW 1.00 Name PE modified Target weight 23.500 g Drying program STD Temperature 105 °C Switch-off mode Timed Time 4 min Display mode g Free factor Off Initial wt. 25.522 g Total time 4:00 min Dry weight 25.519 g Result 25.519 g Sample ID: 27-02. <i>onder</i> Comment: ... <i>117 ppm</i> Signature: ---10.03.2014---11:55---	-MOISTURE DETERMINATION- METTLER TOLEDO HB43-S SNR 1128373568 SW 1.00 Name PE modified Target weight 23.500 g Drying program STD Temperature 105 °C Switch-off mode Timed Time 4 min Display mode g Free factor Off Initial wt. 26.151 g Total time 4:00 min Dry weight 26.146 g Result 26.146 g Sample ID: 28-02. <i>onder</i> Comment: ... <i>191 ppm</i> Signature: ---10.03.2014---12:00---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE

modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.802 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.798 g
Result 25.798 g

Sample ID: 3-03-bona

Comment: 155 PPM

Signature:

---10.03.2014---12:52---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE

modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.131 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.126 g
Result 25.126 g

Sample ID: 04-03-bona

Comment: 199 PPM

Signature:

---10.03.2014---13:08---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE

modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.395 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.390 g
Result 25.390 g

Sample ID: 05-03-bona

Comment: 196 PPM

Signature:

---10.03.2014---14:52---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE

modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.602 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.599 g
Result 25.599 g

Sample ID: 03-03-anola

Comment: 117 PPM

Signature:

---10.03.2014---12:44---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE

modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.073 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.068 g
Result 25.068 g

Sample ID: 04-03-anola

Comment: 199 PPM

Signature:

---10.03.2014---12:58---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE

modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.106 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.103 g
Result 25.103 g

Sample ID: 05-03-bona

Comment: 119 PPM

Signature:

---10.03.2014---14:46---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE
modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.160 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.155 g
Result 25.155 g

Sample ID: 06-03... *bond*

Comment: ... *198 PPM*

Signature:

---10.03.2014---15:06---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE
modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.053 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.048 g
Result 25.048 g

Sample ID: 07-03... *bond*

Comment: ... *199 PPM*

Signature:

---10.03.2014---15:12---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE
modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.380 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.375 g
Result 25.375 g

Sample ID: 06-03... *onoba*

Comment: ... *197 PPM*

Signature:

---10.03.2014---15:00---

-MOISTURE DETERMINATION-
METTLER TOLEDO HB43-S
SNR 1128373568
SW 1.00
Name PE
modified

Target weight 23.500 g
Drying program STD
Temperature 105 °C
Switch-off mode Timed
Time 4 min
Display mode g
Free factor Off

Initial wt. 25.393 g

Total time 4:00 min
Dry weight 25.388 g
Result 25.388 g

Sample ID: 07-03... *bond*

Comment: ... *196 PPM*

Signature:

---10.03.2014---15:17---

Bijlage B: AJ Solutions

B.1 Prijs offerte drogeluchtdroger



OFFERTE

DYKA PLASTICS

Dhr. Pellens Nico
Stuifzandstraat 47

BE - 3900 OVERPELT

Nummer : 20140856

Datum : 22/04/2014

Uw referentie : DROGELUCHTDROGER

BTW Nr. : BE 0414.467.340

Art.ref.	Omschrijving	Aantal	Eenh.prijs	Totaal	Btw%
KT-CKT1100	XXXXX DROGELUCHTDROGER XXXXX Koch drogelucht droger met 1100 m³/u luchtdebiat met dubbele toren -Droog en regeneratie circuit gescheiden, automatisch voor regeneratie. -Regeneratie tijd ingekort en afhankelijk van de opgeslorpte vochtigheid. ENERGIE voordeel ! -Dauwpunt tot ca.-55°C, Automatische wissel op dauwpnts meting op -28°C. -Droogcycli in continu dit omwille van de 4*30 L vochtabsorptie materie -Synoptisch paneel met LED voor alle bijlangrijke functies: Verwarmingselementen Luchtdebiat min en max Te hoge temperatuur Turbine Filters uitgang voor printer Sinec L1-Bus Four reset knop Rotatieve klep met PTFE dichting gemonteerd op veren Werking zonder stof garantie tot 3 micro filter, electrische bewaakt Kleur RAL 2000 om zwart frame Mobiel of vast chassis Stuurspanning 24VDC Aansluitwaarde 40,4 kW, 400 V/50Hz Gemiddeld verbruik 13 kW/u -Inclusief digitale tijds klok	1.00	30850.00	30 850.00	21.00

Onze algemene verkoopvoorwaarden maken integraal deel uit van deze offerte, waarvan kennis genomen.

www.ajsolutions.be

Vierselbaan 40 unit 14/15 * B-2240 Zandhoven * Belgium * Tel +32 3 366 24 55 * Fax +32 3 311 75 87 * info@ajsolutions.be
BTW BE 0879 626 187 * Fortis Bank België rek n° 001 4807728 96 * IBAN-code:BE65 001480772896 * B.I.C.:GEBABEBB

B.2 Prijsofferte warmeluchtdroger



OFFERTE

DYKA PLASTICS

Dhr. Pellens Nico
Stuifzandstraat 47

BE - 3900 OVERPELT

Nummer : 20140857

Datum : 22/04/2014

Uw referentie : WARMELUCHTDROGER

BTW Nr. : BE 0414.467.340

Art.ref.	Omschrijving	Aantal	Eenh.prijs	Totaal	Btw%
KT-CE/RT/GG	XXXXX WARMELUCHT DROGER XXXXX Reinigingsdeur voor hoppers van 600 liter en groter Alu 100 Bimell 2 schamieren opening 350*550 mm	1.00	1125.00	1 125.00	21.00
KT-C/HH30	Koch 30kW verwarmingselement voor hopper 3000L Digitale temperatuur aanduiding en zijn regeling Droog temperatuur tot 160°C For 2500 liter till 120°C Verwarmng gestuurd door Solid state relay Veiligheidsthermostaat Geïsoleerd verwarmingselement Sturing net naast drooghopper	1.00	4015.00	4 015.00	21.00
KT-SPECIAL	Koch Blower 029F incl control unit	1.00	3300.00	3 300.00	21.00
KT-C/AB/1-60	Uitzuigkast in alu voor buis Dia 60 mm (verwijderbaardeksel,filter) -aluminium uitvoering -met 1 aanzuigpijp NW60 -reinigen via matriaal uitlaatklep met rubber dichting NW80	1.00	419.00	419.00	21.00

Onze algemene verkoopsvoorwaarden maken integraal deel uit van deze offerte, waarvan kennis genomen.

www.ajsolutions.be

Vierselbaan 40 unit 14/15 * B-2240 Zandhoven * Belgium * Tel +32 3 366 24 55 * Fax +32 3 311 75 87 * info@ajsolutions.be
BTW BE 0879 626 187 * Fortis Bank België rek n° 001 4807728 96 * IBAN-code:BE65 001480772896 * B.I.C.:GEBABEBB

Bijlage C: Moretec

C.1 Prijsofferte drogeluchtdroger



Budget Offerte

Offerte nr. : 269
Aan : Dyka
T.a.v. : Maarten Reuskens & Tom Gijbels
Van : Robert Hendriksen
Datum : 4 oktober 2013
Onderwerp : Vismec Honeycomb drogers

Best Maarten en Tom,

Hierbij ontvangen jullie de budget offerte van de aangevraagde drogers.

Moretec Vismec Honeycomb Droger Dryplus DP 1200 (excl. trechter)

Luchtdebiet 1.200 m³/u, 400V/50Hz, instelbaar dauwpunt 0° ~ -45°C

MDC-1200 (3.000 ltr – 800 kg/u)

Prijs per stuk in basis uitvoering € 27.885,-

<u>Opties</u>	<u>prijs per stuk per droger (€)</u>
Extern alarmlicht met zoemer	151,-
Dauwpunt sensor	1.180,-
Weekklok	148,-
Filter sensor	215,-

Slangen, aansluitmaterialen e.d. zijn in deze offerte niet opgenomen. Dit zal per droger bepaald moeten worden.

LEVERINGSCONDITIONES

Prijs	Alle bovengenoemde prijzen zijn per stuk, exclusief BTW, exclusief verpakkings- en transportkosten (IT→NL).
Levertermijn	In overleg.
Betalingsvoorwaarden	1/3 direct bij schriftelijke opdracht, 1/3 vóór levering en 1/3 30 dagen na datum factuur.
Geldigheidsduur offerte	30 dagen na datum offerte.

Ik vertrouw erop u hiermee een interessante aanbieding te hebben gemaakt. Bij eventuele vragen of onduidelijkheden kunt u altijd contact met ons opnemen.

Met vriendelijke groet,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Robert Hendriksen'.

Robert Hendriksen

C.2 Energie-analyse drogeluchtdroger

					
ENERGY CONSUMPTION COMPARISON					
Material	pe				
Production Requested	800	Kg/h			
Specific Air flow	1,558333333	m3/Kg			
Heat temperature	60	°C			
Bulk density	0,6	Kg/dmc			
Processing time	3	hours			
Hopper	3000	Liters			
Dew Point	FIXED			FIXED	-55
	Twin tower + twin blower + inverter			DRYPLUS	
Process Heater	9,00	kWh	Process Heater	6,75	kWh
Regeneration Heater	7,88	kWh	Regeneration Heater	6,78	kWh
Production Airflow	1246,7	m3/h	Production Airflow	1246,7	m3/h
Regeneration Airflow	311,7	m3/h	Regeneration Airflow	252,3	m3/h
Total air flow	1558,3	m3/h	Total air flow	1499	m3/h
Cooling power	0,00	kWh			
Water chiller COP 3					
Blower performance (Side channel)	0,0055	Kw/Nm3	Blower performance (Brushless)	0,0033	Kw/Nm3
Process blower	6,86	kWh	Blower Power Required	4,11	kWh
Regeneration blower	1,71	kWh	Regeneration blower	0,314	kWh
Total Power Required	25,45	KwH	Total Power Required	17,96	kWh
Energy cost	0,11	€/Kwh	Energy cost	0,11	€/kWh
Energy /kg	0,03	Kw/KG	Energy /kg	0,02	Kw/KG
Running costs			Running costs		
Drying costs	0,0035	€/Kg	Drying costs	0,0025	€/Kg
Cost Hour	2,799	€/Kwh	Cost Hour	1,975	€/Kwh
Dally Cost	€ 67,2	€/Kwh	Dally Cost	€ 47,4	€/Kwh
Year Cost	€ 23.794	€/Kwh	Year Cost	€ 16.790	€/Kwh
Ratio	1,4				
	SAVED			NEED	
KG of CO2 Saved	31837,8			76316,6	
TEP (Tons of crude OIL)	14,6			35,1	

C.3 Prijsofferte warmeluchtdroger



moretec
Plastic Machinery

Budget Offerte

Offerte nr. : 090
Aan : Dyka
T.a.v. : Tom Gijbels & Maarten Reuskens
Van : Gerrit Hesseling
Datum : 27 maart 2014
Onderwerp : Vismec Honeycomb drogers

Best Maarten & Tom,

Met referte aan jullie e-mail van 25 maart jl. ontvangen jullie hierbij de offerte van de aangevraagde warme lucht drogers.

Moretec Vismec warme lucht droger HD 1200 (exclusief trechter)

Luchtdebiet 1.200 m³/u, 400V/50Hz.

MDC-1200 (3.000 ltr – 800 kg/u)

Prijs per stuk in basis uitvoering € 19.448,-

<u>Opties</u>	<u>prijs per stuk per droger (€)</u>
----------------------	---

Extern alarmlicht met zoemer	151,-
Weekklok	148,-

Slangen, aansluitmaterialen e.d. zijn in deze offerte niet opgenomen. Dit zal per droger bepaald moeten worden.

LEVERINGSCONDITIONS

Prijs	Alle bovengenoemde prijzen zijn per stuk, exclusief BTW, exclusief verpakkings- en transportkosten (IT→NL/BE).
Levertermijn	In overleg.
Betalingsvoorwaarden	1/3 direct bij schriftelijke opdracht, 1/3 vóór levering en 1/3 30 dagen na datum factuur.
Geldigheidsduur offerte	30 dagen na datum offerte.

Ik vertrouw erop u hiermee een interessante aanbieding te hebben gemaakt. Bij eventuele vragen of onduidelijkheden kunt u altijd contact met ons opnemen.

Met vriendelijke groet,

Gerrit Hesseling

Bijlage D: Kotraco

D.1 Prijs offerte warmeluchtdroger



Kotraco Plastic Machinery

Pakketboot 47
NL-3991 CH Houten

Telefoon: +32 (0) 11 547 406
Telefoon: +31 (0) 30 635 0603

E-mail: info@kotraco.be
www.kotraco.be

SWIFT: ABNANL2A
BAN: NL69ABNA0580105393
KvK Amsterdam: 34138016
BTW code: NL810850105B01

Dyka Plastic Pipe Systems
T.a.v. de heer M. Reuskens
Stuifzandstraat 47
3900 Overpelt

Houten, 29 april 2014

Uw telefoonnummer
+32 11 807 545

Offertenummer
JK/14042901

Behandeld door
Jurgen Koolhaas

E-mail adres
j.koolhaas@kotraco.be

Onderwerp: Offerte voor Moretto drogers

Beste Maarten,

Bijgaand ontvang je de budgetofferte voor Moretto droger voor het drogen 800 kg/h PE.
De installatie bestaat uit een luchtgenerator met een capaciteit van 1000 m³/h. Deze generator kan de lucht verwarmen van 50-140 °C en wordt aangesloten op de bestaande (Motan) droogtrechter of op een nieuwe Moretto droogtrechter (TC1500).

Voor PE is normaal gesproken een droogtijd van 1 uur voorgeschreven bij een droogtemperatuur van 80-90 °C. Het energieverbruik van de luchtgenerator is constant en bedraagt 18 kW bij 80 °C. De droger kent geen regeling voor het luchtdebiet, en zal dus altijd op maximale luchtcapaciteit draaien.

Als extra zijn ook een nieuwe droogtrechter van 1.500 liter (800 kg/h * 1 uur / 0,6 kg/dm³), een luchtleidingset, onderstel voor de trechter en een uitzuigbox aangeboden.

Aangezien voor het drogen van PE geen vochtadsorptiedrogers worden gebruikt beschikken we niet over het energieverbruik van een vergelijkbare geregelde XD droger.

Indien je vragen hebt over deze offerte of graag nader zou willen worden geïnformeerd dan kun je mij bereiken op het onderstaande nummer.

Met vriendelijke groeten,

Kotraco Plastic Machinery

Jurgen Koolhaas
Mobiel: +31 (0) 6-53 861 312

Offerte voor Moretto drogers

<u>Aant.</u>	<u>Eenh.</u>	<u>Omschrijving</u>	<u>Type</u>	<u>prijs EUR /st</u>	<u>Tot.prijs EUR</u>
<i>Versie 1:</i> Warmeluchtdroger voor 800 kg/h PE					
1	Stk.	Moretto warmeluchtgenerator	BH1000 A	9.532,=	9.532,=
		Luchtdebiet m ³ /h : 1.000			
		Verwarmingscapaciteit kW : 32			
		Vermogen blower kW : 2,2			
		Totale aansluitvermogen kW : 34,4			
		Temperatuurbereik °C : 50-140			
		Energieverbruik bij 80 °C kW : 18			
		Aansluitleiding mm : Ø 125			
		Gewicht kg : 550			
		Voedingsspanning V/Hz : 3x400 V / 50 Hz			
		Warmelucht generator voor het voordrogen van niet hygroscopische kunststofgranulaten. Geschikt voor aansluiting van een droogtrechter type TC1000-2000.			
		Compleet met elektronische temperatuurregeling.			
1	Stk.	Moretto droogtrechter	TC1500 VP	9.636,=	9.636,=
		• Inhoud : 1.500 liter			
		• Luchtleidingen : Ø 125 mm.			
		• Trechter geheel in rvs, voorzien van 100 mm isolatie met fraaie aluminium afwerking.			
		• Kijkglas en deur voor reiniging bij materiaalwisseling.			
		• Display voor uitlezing droogtemperatuur.			
		• Uitreembare verticale luchtinvoerleiding tot in de trechterconus met conische uitblaasopening.			
		• Klapbaar trechterdeksel met flens Ø 280 mm voor montage van een Moretto hopperloader.			
		• Compleet met manuele uitloopschuif type SK.			
		• Trechter voor montage op een separaat onderstel ST, STE, STT of TSTE met koelladder en bordes.			
1	Stk.	Onderstel voor droogtrechter	STT1500	1.012,=	1.012,=
		Frame met 4 poten waarop de droogtrechter TC1500VP geplaatst kan worden.			
1	Stk.	Montage droogtrechter op STT frame	MSTT20	378,=	378,=
		Assemblage van de droogtrechter TC1000-2000 op het onderstel STT, inclusief aangepast verpakking.			
1	Stk.	Luchtleidingset	TBC125L30	790,=	790,=
		Flexibel leidingen Ø 125 mm, lengte 2x3 meter voor de verbinding tussen de droger en de eerste droogtrechter. Procesleiding geïsoleerd.			

Aant.	Eenh.	Omschrijving	Type	prijs EUR/st	Tot.prijs EUR
1	Stk.	Moretto uitzuigkast	AV3S60I	937,=	937,=
		- Voorzien van 3 aansluitingen Ø 60 mm voor materiaaltransport naar de machines. - Luchttoevoer uitgerust met luchtfilter. - Kijkvenster en bodemklep voor reiniging bij materiaalwisseling of monsternamen. - Invoeropening : Ø 155 mm			

Totaalprijs warmelucht droger	: EUR 22.285,=
--------------------------------------	-----------------------

Algemene gegevens uitvoering Moretto apparatuur:

Verpakking : Op palletten voor vrachtwagentransport
 Kleur apparatuur : Moretto blauw / sky-blue interpon
 Voedingsspanning : 230±10% V / 50 Hz en 3x400±10% V / 50 Hz
 Stuurspanning : 24 V DC
 Opmerking : Alle apparatuur is 100% getest en voldoet aan de CE normering.

Leveringscondities:

Levertijd: Ca. 5 weken na bestelling.

Prijzen: Genoemde prijzen zijn vrijblijvend, netto in Euro, exclusief BTW, af fabriek Moretto Italië. Vrachtkosten voor levering DAP op rekening.

Geldigheid: Deze offerte is geldig tot 30 dagen na de offertedatum. Verlenging in overleg.

Conditie: Leveringen geschieden uitsluitend conform de Algemene Leveringsvoorwaarden van Kotraco B.V., gedeponeerd bij de KvK te Amsterdam. U kunt onze leveringsvoorwaarden ook vinden op www.kotraco.eu/alv.

Levering: Exclusief montage en inbedrijfname, tenzij specifiek anders vermeld.

Betaling: 40% bij bestelling,
60% binnen 30 dagen na levering.

Bijlage E: Businesskaartjes

 Kotraco B.V. Pakketboot 47 NL-3991 CH Houten Ferdy Gerits accountmanager T +32 (0)11 54 74 06 F +32 (0)11 54 74 08 M +32 (0)489 44 21 11 E f.gerits@kotraco.be Bezoek onze website: www.kotraco.be	Plastic Machinery	 Automation & Service B.V. Total support in plastic production Ferry Koot Heizeecht 6 5721 VC Asten / Holland Email: ferry@kootautomation.nl Internet: www.kootautomation.nl Tel: +31 493 699595 Fax: +31 493 699594 GSM: +31 6 53409095
 moretec Plastic Machinery Robert Hendriksen Sales Engineer Driebanweg 27 Tel: +31 (0)229 279030 Fax: +31 (0)229 279025 E-mail: robert@moretec.nl Website: www.moretec.nl NL-1607 ML Hem +31 (0)229 279030 +31 (0)229 279025 robert@moretec.nl www.moretec.nl		 De RidderTDR Ninoofsesteenweg 244 1700 Dilbeek, Belgium T: +32 (0)2 762 89 10 F: +32 (0)2 762 89 12 E: tdr@ridder.net W: www.ridderplastics.be Tom Noens Sales Engineer M: +32 (0)475 582 430 E: noens@ridder.net
 Right to the point. Thierry Peeters Sales Engineer Poly Tel: +32-3 / 253.26.35 GSM: +32-476 / 22.93.78 e-mail Tpeeters@azo.be AZO N.V. Katwilgweg 15 B-2050 Antwerpen Tel: +32-3 / 250.16.00 Fax: +32-3 / 252.90.02 e-mail info@azo.be www.azo.be		 Partners for the Plastics Processing Industry Philippe Philips Sales Manager Extrusion & Compounding ORA MACHINES NV AMBACHTENLAAN 35 BE-3001 HEVERLEE T: +32 (0)16-40 03 83 M: +32 (0)486-85 85 20 pp@ora.be • www.ora.be

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Optimalisatie van een energie-efficient droogstelsel van polyethyleengranulaat

Richting: **master in de industriële wetenschappen: energie-automatisering**

Jaar: **2014**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Gijbels, Tom

Reuskens, Maarten

Datum: **6/06/2014**