

2016•2017
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterproef
Reduceren van luchtinsluitingen in aluminium extrusieprofielen

Promotor :
Dr. Ing. Karel KELLENS

Promotor :
Dhr. FRANS VAN LOOY

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

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2016•2017

Faculteit Industriële

ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterproef

Reduceren van luchtinsluitingen in aluminium
extrusieprofielen

Promotor :
Dr. Ing. Karel KELLENS

Promotor :
Dhr. FRANS VAN LOOY

Philip Haex

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

Woord vooraf

In deze scriptie beschrijf ik mijn project dat ik heb uitgevoerd tijdens het academiejaar 2016-2017 bij E-Max Profiles te Dilsen-Stokkem. Deze scriptie is het resultaat van acht maanden werk. De periode waarin deze gemaakt is, is goed verlopen en in deze tijd heb ik veel bijgeleerd. Ik hoop dat de optimale parametersetting van de stuikcyclus en het nieuwe ontwerp van het schaarblad een bijdrage kan leveren voor E-Max Profiles. Hierbij wil ik nog graag een aantal mensen bedanken die mij geholpen en gesteund hebben.

Eerst en vooral bedank ik mijn begeleider bij E-Max Profiles, de heer Frans Van Looy, voor de goede hulp en uitleg van het extrusieproces. Aan mijn promotor vanuit de UHasselt/KULeuven, dr. ing. Karel Kellens ben ik dank verschuldigd voor zijn opvolging en begeleiding van deze masterproef. Ook iedereen die me geholpen en gesteund heeft tijdens mijn studies en deze periode wil ik vermelden.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	7
Verklarende woordenlijst	9
Abstract	11
Abstract in English	13
1 Inleiding	15
1.1 Situering	15
1.2 Probleemstelling.....	16
1.3 Doelstelling	17
1.4 Materiaal en methode	18
2 Het aluminium extrusieproces	19
2.1 Aluminium	20
2.2 Het extrusieproces	22
3 Voorstudie	25
3.1 Schaarblad	25
3.2 Stuikcyclus	26
3.3 Persschijf.....	26
4 Schaarmechanisme	29
4.1 Schaarblad	29
4.2 Nieuwe ontwerp schaarblad	31
4.3 Schaarmechanisme E-Max Gullegem	34
4.4 Blokschaar.....	35
5 Stuikcyclus	37
5.1 Observatie pers D2.....	37
5.2 Dataverzameling en analyse.....	40
5.3 Validatie	43
5.4 Andere oorzaken blaarvorming bij stuikcyclus.....	45
6 Persschijf	47
7 Kwantificatie potentiële verbeteringen	51
7.1 Economische verbeteringen	51
7.2 Ecologische verbeteringen	52
7.3 Potentiële kost en impactverminderingen	54
7.4 Besluit.....	54
8 Besluit	55

Bibliografie	57
Bijlagen	59
Bijlage A: Data uit observatie	60
Bijlage B: Vlakmatrijs.....	68
Bijlage C: Hol matrijs.....	69
Bijlage D: Oorspronkelijk schaarblad E-Max	72
Bijlage E: Nieuw ontwerp schaarblad	73
Bijlage F: Schaarmechanisme Profiles E-Max Gullegem [12]	74
Bijlage G: Schaarblad E-Max Profiles Gullegem [13].....	75
Bijlage H: Matrijs nummer 12041.....	76
Bijlage I: Matrijs nummer 14678	77
Bijlage J: Matrijs nummer 12617	78
Bijlage K: Ecolizer aluminium.....	79
Bijlage L: Ecolizer transport	80
Bijlage M: Constructietekening matrijs nr.14678	81

Lijst van tabellen

Tabel 1: Chemische samenstelling legering 6005 [6]	20
Tabel 2: Chemische samenstelling legering 6060 [6]	21
Tabel 3: Chemische samenstelling legering 6063 [6]	22
Tabel 4: Zelfde profielen vergelijken andere parameterinstelling.....	41
Tabel 5: Profielen met blaren opnieuw geperst.....	43
Tabel 6: Profielen die getest zijn met bekomen parameterinstelling.....	44
Tabel 7: Vergelijkbare profielen	45
Tabel 8: Meting persschijf.....	47
Tabel 9: Onderhoudsactiviteit D2 uit Figuur 38.....	48
Tabel 10: Berekening economische validatie.....	51
Tabel 11: Matrix ecolizer 2.0	53
Tabel 12: Overzichttabel potentiële oplossingen met bijhorende winst.....	54
Tabel 13: Tabel operatoren.....	55

Lijst van figuren

Figuur 1: Structuur Vaessen Industries [2].....	15
Figuur 2: Kringloopproces [3].....	16
Figuur 3: Profiel met blaarvorming.....	17
Figuur 4: Aluminium extrusie proces van begin tot einde [5].....	19
Figuur 5: Directe extrusie [9]	22
Figuur 6: Indirecte extrusie [9].....	23
Figuur 7: Persinstallatie [5]	23
Figuur 8: Leeggetrokken matrijs	25
Figuur 9: Oude persschijf.....	26
Figuur 10: Castool schaarbladen [11]	29
Figuur 11: Persrest	30
Figuur 12: Bedieningspaneel operatoren.....	30
Figuur 13: Huidig schaarblad	30
Figuur 14: Nieuw geproduceerde schaarblad.....	31
Figuur 15: Matrijspakket	32
Figuur 16: Zijcilinders matrijspakket	32
Figuur 17: Scheef afgeschaarde persrest	33
Figuur 18: Percentage blaren Gullegem.....	34
Figuur 19: Bovenaanzicht blokschaar	35
Figuur 20: Ronde vorm billet	35
Figuur 21: Ovale vorm billet.....	35
Figuur 22: "Pannenkoek"	36
Figuur 23: Blaren op persrest	36
Figuur 24: Diameterverschil billet en container	37
Figuur 25: Volume lucht te verwijderen i.f.v. bloklengte	38
Figuur 26: Vlak profiel.....	40
Figuur 27: Hol profiel.....	40
Figuur 28: Meetpunten vlak matrijs	42
Figuur 29: Meetpunten hol matrijs	42
Figuur 30: Parameterinstelling	43
Figuur 33: Testen	44
Figuur 34: Constructietekening matrijs nr. 12617.....	45
Figuur 35: Persschijf in container in normale toestand.....	47
Figuur 36: Persschijf in container in uitgezette toestand.....	47
Figuur 37: Persschijf	48
Figuur 38: % blaren tov gezaagd aantal kg's.....	49

Verklarende woordenlijst

Bloklengte: dit is de lengte van een blok (stuk billet) wat geperst gaat worden. Deze lengte stelt de operator in.

Dubbele blok: als de blok die men gaat persen niet één blok is, maar 2 blokken. Dit komt voor omdat men het laatste stuk van een volledige billet mee opperst.

Extrusion ratio: extrusie verhouding, dit is de verhouding van de oppervlakte van de container en de oppervlakte van het profiel.

Front blaren: plaats waar de blaren voorkomen op het profiel. Dit is de eerste 15% van de lengte van een profiel na een lasnaad.

Persrest: de persrest is het einde van de geperste billet en bevat oxiden en onzuiverheden. De persrest moet verwijderd worden omdat de oxiden en onzuiverheden voor blaren zorgen op of in het profiel.

Stuikcyclus: het doel van de stuikcyclus is de container ontlichten zodat er geen lucht meer aanwezig is in de container als men gaat persen.

Schaarblad: het schaarblad dient om de persrest te verwijderen (af te scharen) en is onder de cilinder bevestigd.

Abstract

E-Max Profiles te Dilsen-Stokkem is gespecialiseerd in het extruderen van aluminium profielen. Dit bedrijf heeft het probleem dat er zich tijdens het extrusieproces luchtinsluitingen vormen op het oppervlak of in de profielen. Deze luchtinsluitingen wil E-Max vermijden omwille van de klanttevredenheid en extra hersmelt-, productie- en transportkosten. Deze masterproef heeft als doel verbeteringen te identificeren, uit te werken en te kwantificeren voor de stuikcyclus, het schaarblad en de persschijf, zodat het percentage schroot ten gevolge van blaarvorming verder afneemt.

De stuikcyclus werd geobserveerd en indien er blaarvorming optrad, werden de parameters systematisch aangepast, bijgehouden en geanalyseerd. Voor het schaarblad is gekeken naar de persrest na het afscharen. Uit de analyse van de persrest volgde het ontwerp en de vorm van het nieuwe schaarblad. De persschijf werd samen met de stuikcyclus geanalyseerd. Verder moesten er keuzes gemaakt worden en was de persschijf te complex om ook apart te bekijken.

De analyse van de stuikcyclus toont aan dat er inderdaad verkeerde parameters worden gebruikt. Ook blijkt uit testen met parameteraanpassingen dat dit probleem kan worden opgelost door verschillende parameters te gebruiken bij verschillende bloklengtes. De oplossing voorgesteld in de bundel geeft een theoretische schrootvermindering van 10-20%. Het nieuwe schaarblad is geproduceerd, maar is niet getest vanwege enkele noodzakelijke aanpassingen op de extrusielijn die onafhankelijk zijn van deze masterproef.

Abstract in English

E-Max Profiles in Dilsen-Stokkem is specialized in extrusion of aluminium profiles. This company has the problem of air inclusions on the surface of the profiles or in the profiles. They want to avoid these air inclusions because of customer satisfaction and additional recycling-, production-, transport costs. This master's thesis researches improvements about the burp cycle, the shear blade and the dummy block, so that the percentage of scrap resulting from air inclusions further decreases.

The burp cycle is analyzed based on observation parameters. For the shear blade was looked at the butt end after shearing. From this analysis of the butt end follows the design and the shape of the new shear blade. The dummy block was analyzed together with the burp cycle. Further choices had to be made and the dummy block was too complex to view separately.

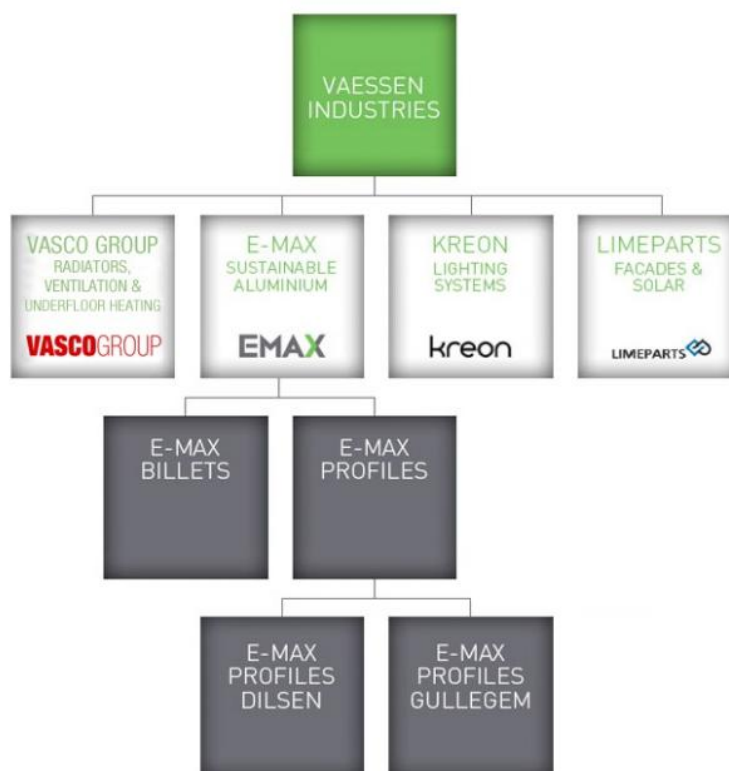
And indeed, the analysis from the burp cycle has also shown that wrong parameters are used. Also, testing with parameter adjustments shows that this problem can be solved by using different parameters at different block lengths. The solution suggested in the bundle gives a theoretical scrap reduction of 20 %. A new shear blade has been designed and manufactured but couldn't be tested because of some necessary adjustments on the extrusion line independent of this master's thesis.

1 Inleiding

1.1 Situering

Deze masterproef vindt plaats bij E-Max Profiles te Dilsen-Stokkem. E-Max Profiles is een onderneming gespecialiseerd in het extruderen van aluminium profielen. Die profielen zijn halffabricaten: E-Max bewerkt een grondstof tot een tussenproduct dat nog verder bewerkt moet worden tot een eindproduct. E-Max Profiles produceert aluminium profielen bestemd voor verschillende toepassingen zoals o.a. raamprofielen, zonwering, tentenbouw,... . Hierdoor heeft E-Max Profiles een hele reeks klanten uit verschillende sectoren.

E-MAX is een sterk onderdeel van Vaessen Industries (zie Figuur 1). Deze industriële holding staat onder leiding van Jos Vaessen [1].



Figuur 1: Structuur Vaessen Industries [2]

E-Max telt de business units Billets en Profiles (zie Figuur 1). Binnen de Billets unit worden de billets gegoten. Dit is E-Max Kerkrade. In de profiles units worden de billets geperst tot een bepaald profiel wat de klant wenst. Dit wordt gedaan in Dilsen-Stokkem en Gullegem. Daardoor gebeurt het kringloopproces volledig binnen de groep. Deze synergie heeft dan weer het grote voordeel dat E-Max zich zo altijd verzekerd van de aanvoer van grondstoffen (zie Figuur 2).



Figuur 2: Kringlooproces [3]

1.2 Probleemstelling

Deze masterproef "Reduceren van luchtinsluitingen in aluminium extrusieprofielen" gaat verder op de masterproef "Onderzoek naar het ontstaan en reduceren van luchtinsluitingen tijdens het extrusieproces" [4] van Daan Vanderveken en Laurens Kempeneers uit 2015-2016. Daan en Laurens hebben ten eerste een hele reeks, maar wellicht niet alle oorzaken van blaarvorming in kaart gebracht. Ze hebben ook beide persen bij E-Max in Dilsen geobserveerd. Het resultaat van hun masterproef is dat bij E-Max de dubbele blok de grootste veroorzaker is van blaarvorming en deze zorgt voor back-end blaren. Als men deze dubbele blok kan vermijden heeft men theoretisch een daling van het percentage blaren tot 48%. Naast de dubbele blok zijn er nog verschillende andere oorzaken van blaarvorming zoals o.a. de stuikcyclus, het schaarmechanisme, de persschijf, de blokschaar,... . Binnen deze masterproef zullen verbeteringen voor de stuikcyclus, het schaarmechanisme en de persschijf onderzocht worden om het percentage blaren verder te verminderen.

Wat?

Tijdens het extrusieproces kunnen er zich luchtinsluitingen vormen aan het oppervlak van het geëxtrudeerde profiel. Deze blaren zijn waarneembaar met het blote oog. De luchtinsluitingen kunnen zich ook in het profiel vormen, waardoor de blaren uiteraard niet zichtbaar zijn met het blote oog. In dit geval kunnen de blaren gedetecteerd worden met röntgenstralen of kan er een drukproef uitgevoerd worden op een monster uit het aluminiumprofiel.



Figuur 3: Profiel met blaarvorming

Waarom?

Profielen die blaarvorming vertonen brengen extra hersmelt-, productie- en transportkosten met zich mee. Indien een profiel met blaarvorming ontdekt wordt bij E-MAX wordt dit op een vrachtwagen geladen en naar de gieterij in Kerkrade getransporteerd. Wordt het slecht profiel ontdekt door de klant, dan moet het profiel bij de klant opgehaald worden wat zorgt voor extra transportkosten en is dit bovendien slecht voor de klanttevredenheid.

1.3 Doelstelling

De doelstelling van deze masterproef is het zoeken van oplossingen om de vorming van blaren te verminderen of te vermijden. Hiervoor zullen het schaarmechanisme, de persschijf en de stuikcyclus in detail onderzocht worden om mogelijke oplossingen te identificeren zodat het percentage schroot tengevolge van blaarvorming nog verder afneemt.

1.4 Materiaal en methode

Om deze doelstelling tot een goed eind te brengen, moet eerst het productieproces grondig bestudeerd worden, zowel op theoretisch (literatuurstudie) als praktisch (parameters en ontwerp) vlak. Voor de literatuurstudie is het belangrijk te kijken naar oplossingen van andere installaties of producenten van extrusie-installaties.

Voor het praktisch gedeelte zullen het schaarmes, de stuikcyclus en de persschijf geobserveerd worden op productielijn 2 in Dilsen-Stokkem.

Bij het schaarmes moeten verschillende parameters onderzocht worden zoals de persrest, het schaarblad zelf (toestand ervan) en het ontwerp en vorm van het schaarmes. Dit is te lezen in Hoofdstuk 4.

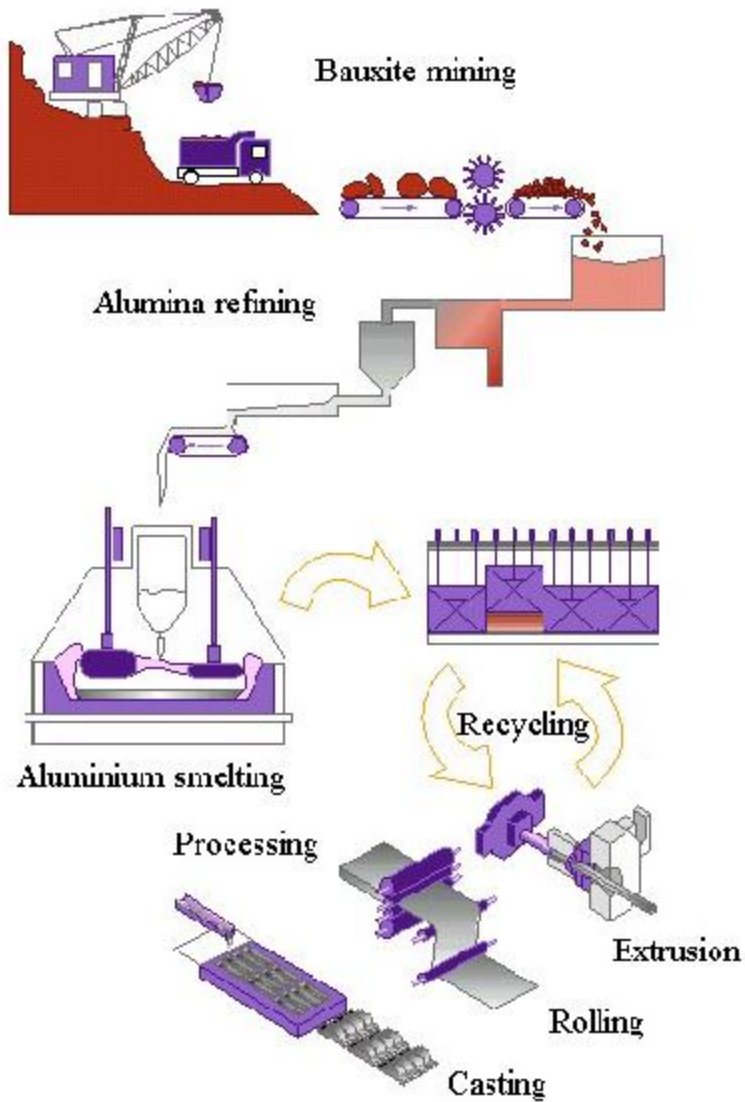
Voor de stuikcyclus zullen voornamelijk de ingestelde procesparameters geanalyseerd worden. Eventueel kan er voor de verschillende bloklengtes een verschillende parametersetting gebruikt worden. Nu wordt voor elke bloklengte eenzelfde parametersetting gebruikt. Dit zal gebeuren door zoveel mogelijk data te verzamelen en in deze data patronen proberen te herkennen. De data bevat parameters zoals het profielnummer, de bloklengte, de stuikdruk, de stuiksnelheid en de persrest. Uit deze data moeten er voldoende conclusies gemaakt worden om zo tot een mogelijke oplossing te komen. Dit wordt besproken in Hoofdstuk 5.

Bij de persschijf moet de ontluchting en het ontwerp bestudeerd worden en eventueel het ontwerp aanpast worden waardoor de persschijf beter gaat functioneren. De persschijf en de stuikcyclus worden samen bekeken. Dit is te lezen in Hoofdstuk 6.

In Hoofdstuk 7 wordt er nog een kwantificatie voor potentiële verbeteringen berekend. Dit geeft het bedrijf een zicht op hoeveel minder schroot er naar Kerkrade getransporteerd moet worden en wat E-Max daar mee bespaard.

2 Het aluminium extrusieproces

In dit hoofdstuk wordt de voorbehandeling van het aluminium en de extrusiepers besproken. In Figuur 4 is het proces van begin (de ontginning van het aluminium) tot het einde (de extrusie ervan) te zien.



Figuur 4: Aluminium extrusie proces van begin tot einde [5]

2.1 Aluminium

Het extrusieproces begint allemaal met het verkrijgen van aluminium waar men vanuit vertrekt. Dit materiaal verkrijgt men door elektrolyse van bauxiet (de ertsform van aluminium) [6], dan krijgt men primair aluminium. Als men het schroot uit het bedrijf recycleert door het terug te brengen naar de gieterij in Kerkrade, dan heeft men secundair aluminium. Dit aluminium (een mengeling van primair en secundair aluminium) wordt in billets (persstaven) gegoten die een lengte hebben van 7 m. De diameter van deze billets is afhankelijk van de grootte van de pers. Op pers 1 is de diameter van de billets ± 203 mm. Op pers 2 is de diameter van de billets ± 254 mm. Onderstaande 4 legeringen gebruiken ze binnen E-Max Profiles. Deze 4 legeringen verschillen van chemische samenstelling waardoor ze voor verschillende toepassingsgebieden bruikbaar zijn.

Harde legering:

- 6005 F27 (F27 Hardheid)
- 6061 F29

Zachte legering:

- 6060 F22
- 6063 F25

Aluminium 6005

Deze legering wordt veel gebruikt voor steigerbouw en ladders.

Chemische samenstelling:

Tabel 1: Chemische samenstelling legering 6005 [6]

Al (aluminium):	97,5-99%
Cr (chromium):	0-0,1%
Cu (koper):	0-0,1%
Fe (ijzer):	0-0,35%
Mg (magnesium):	0,4-0,6%
Mn (mangaan):	0-0,1%
Si (silicium):	0,6-0,9%
Ti (titanium):	0-0,1%
Zn (zink):	0-0,1%
Andere:	0-0,15%

Aluminium 6061

Aluminium 6061 is een middelmatige extrudeerbare legering. Het wordt vooral gebruikt bij tentenbouw.

Chemische samenstelling:

Tabel 2: Chemische samenstelling legering 6061 [6]

Al (aluminium):	95,8-98,6%
Cr (chromium):	0,04-0,35%
Cu (koper):	0,15-0,4%
Fe (ijzer):	0-0,7%
Mg (magnesium):	0,8-1,2%
Mn (mangaan):	0-0,15%
Si (silicium):	0,4-0,8%
Ti (titanium):	0-0,15%
Zn (zink):	0-0,25%
Andere:	0-0,15%

Aluminium 6060

Dit is een veel gebruikte extrusielegering. Met deze legering kan je profielen met een goede oppervlaktekwaliteit extruderen. Deze legering is goed lasbaar en verspaanbaar. Daarnaast beschikt de legering over een bijzonder goede corrosiebestendigheid [7].

Chemische samenstelling:

Tabel 2: Chemische samenstelling legering 6060 [6]

Al (aluminium):	97,8-99,2%
Cr (chromium):	0-0,05%
Cu (koper):	0-0,1%
Fe (ijzer):	0,1-0,3%
Mg (magnesium):	0,35-0,6%
Mn (mangaan):	0-0,1%
Si (silicium):	0,3-0,6%
Ti (titanium):	0-0,1%
Zn (zink):	0-0,15%
Andere:	0-0,15%

Aluminium 6063

Aluminium 6063 is goed te extruderen en toepassingen hiervan zijn vooral raamprofielen.

Chemische samenstelling:

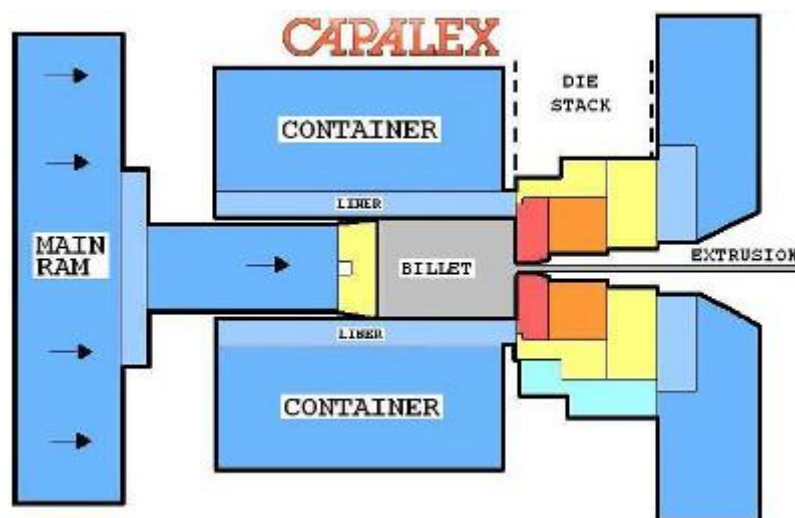
Tabel 3: Chemische samenstelling legering 6063 [6]

Al (aluminium):	97,5-99,4%
Cr (chrom):	0-0,1%
Cu (koper):	0-0,1%
Fe (ijzer):	0-0,35%
Mg (magnesium):	0,45-0,9%
Mn (mangaan):	0-0,1%
Si (silicium):	0,2-0,6%
Ti (titanium):	0-0,1%
Zn (zink):	0-0,1%
Andere:	0-0,15%

2.2 Het extrusieproces

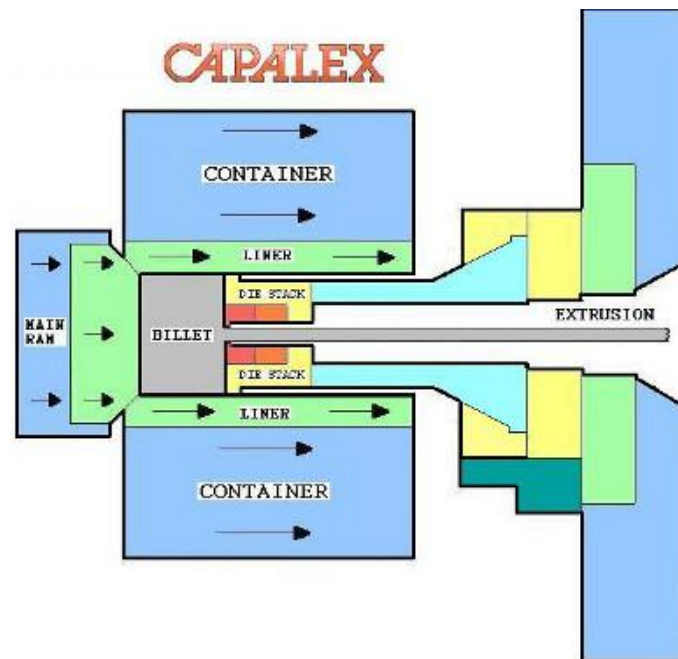
De billets worden buiten op de transportband gelegd. Deze worden getransporteerd naar een oven waar branders de billets verwarmen tot op een gevraagde temperatuur ($\pm 500^{\circ}\text{C}$), zodat de aluminium billet "vloeibaarder" is zodat deze gemakkelijker geperst kan worden. Daarna wordt de billet op de gevraagde blok lengte gebracht, de rest van de billet wordt terug de oven ingeduwd. Op pers D2 worden blok lengtes van 650 tot 1280 mm geperst. Dit op lengte brengen van de billet gebeurt op pers D1 met een zaag en op pers D2 met een schaar. Het stuk dat op lengte is gebracht wordt door middel van een transportmiddel op een lineaire geleiding voor de loader gebracht. Als de blok naar de loader wordt getransporteerd wordt er onderweg een smeermiddel op aan gebracht. Dit smeermiddel zorgt ervoor dat er geen aluminium op de persschijf blijft kleven. De loader is op pers D1 een back loader en op pers D2 een front loader. Een back loader brengt de blok aan tussen de container en de persschijf. Een front loader brengt de blok aan tussen de matrix en de container. De loader brengt het stuk billet voor de persschijf.

Er bestaan 2 soorten extrusie: directe- en indirecte extrusie. Bij directe extrusie beweegt de persschijf in de zelfde richting als dat het profiel wordt geperst zoals te zien in Figuur 5.



Figuur 5: Directe extrusie [9]

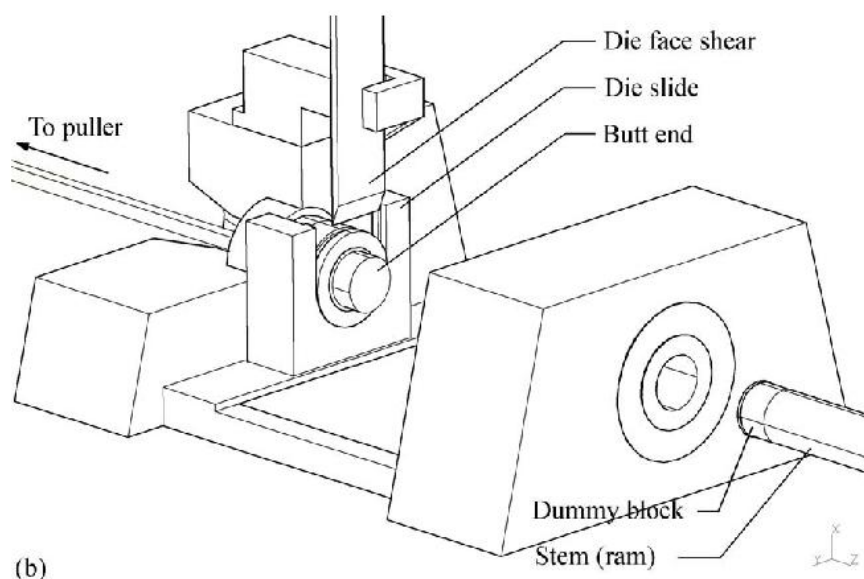
Bij indirecte extrusie beweegt de persschijf in tegengestelde richting als dat het profiel geperst wordt, zoals te zien in Figuur 6.



Figuur 6: Indirecte extrusie [9]

Bij E-Max Profiles te Dilsen-Stokkem gebruiken ze directe extrusie. Er wordt dus enkel rekening gehouden met blaarvorming bij directe extrusie. Ook is enkel pers D2 in deze masterproef bekeken waardoor er geen rekening wordt gehouden met blaarvorming op pers D1.

Een persinstallatie bestaat uit de onderdelen te zien in Figuur 7: een stempel met een persschijf op, een matrijspakket, een container en een schaarblad.



Figuur 7: Persinstallatie [5]

3 Voorstudie

Deze voorstudie volgt uit een eerdere studie bij E-Max door Daan Vanderveken en Laurens Kempeneers [4], het boek ET 2000 Shaping the future [10], door ervaren kennis van Frans Van Looy en enkele operatoren bij E-Max. In dit hoofdstuk worden oorzaken voor blaarvorming in kaart gebracht. De doelstelling is om het schaarblad, de stuikcyclus en de persschijf te bekijken waardoor in dit hoofdstuk enkel oorzaken besproken worden die te wijten zijn aan deze doelstellingen.

3.1 Schaarblad

Het schaarblad kan er voor zorgen dat de matrijs leeg getrokken wordt (zie Figuur 8).



Figuur 8: Leeggetrokken matrijs

De oorzaken van het schaarblad zijn hieronder te zien.

Dit kan komen doordat men een *te dikke persrest* wilt afscharen, hierdoor gaat het schaarblad een stuk snijden en dan gaat de persrest er vanaf worden gedrukt.

Een *versleten schaarblad* heeft ook kans tot holtes te maken. Dit komt doordat de schaar niet meer gaat snijden maar materiaal scheuren.

Men *smeert* het schaarblad zodat er geen aluminium aan de schaar blijft kleven. Werkt de smering niet goed dan is er kans dat het aluminium aan de schaar blijft kleven. Waardoor men ook geen mooie snede maakt. Hierdoor kunnen er ook holtes ontstaan.

De *klemming* langs de zijkanten kan niet meer werken wat tot gevolg heeft dat de cassette beweegt tijdens het scharen. Het schaarblad kan hierdoor op de matrijs botsen en daardoor is het schaarblad beschadigd. Hierdoor zal/kan er scheef afgeschaard worden. Door het scheef afscharen kan ook mogelijk de matrijs leeg getrokken worden waardoor er holtes ontstaan in het aluminium dat nog in de matrijs zit. Door hierna een billet te persen komt deze tegen de holtes en kunnen er zich luchtinsluitingen vormen in het profiel.

Een te dunne persrest kan ook een oorzaak zijn van blaarvorming.

Een *te dunne persrest* kan ook een oorzaak zijn van blaarvorming. Als men een te kleine persrest instelt worden de oxiden die zich achter in de dode zone van de billet bevinden niet volledig mee afgeschaard.

Wat tot gevolg heeft dat er oxiden en onzuiverheden mee geëxtrudeerd worden in het volgende profiel en er luchtinsluitingen ontstaan. Oxiden zorgen tevens voor luchtinsluitingen.

3.2 Stuikcyclus

De ontluchting aan de voorkant van de container die niet werkt.

Bij de stuikcyclus komt normaal gezien de container los van de matrijs. Het kan dat de container niet ver genoeg of helemaal niet van de matrijs loskomt waardoor er geen ontluchting zal plaatsvinden wat luchtinsluitingen tot gevolg kan hebben.

Een te hoge stuikdruk

Een te hoge stuikdruk heeft tot gevolg dat het aluminium al door de matrijs vloeit tijdens het stuiken. Hierdoor is de voorkant van de container niet ontlucht en is er kans dat er lucht in de matrijs zit.

Een te lage stuikdruk

Een te lage stuikdruk heeft tot gevolg dat de container niet tot tegen de wand gevuld wordt. Hierdoor kan er nog lucht in de container aanwezig zijn.

Speling tussen billet en containerwand

Pers D2 heeft een containerdiameter van 261 mm. De billets hebben een diameter van 254 mm. Hier heeft men een kleiner volume lucht dat verwijderd moet worden t.o.v. pers D1. Hier hebben de billets een diameter van 203 mm en de diameter van de container is 210 mm. Op pers D1 moet er een groter volume lucht verwijderd worden. Deze lucht kan blaarvorming tot gevolg hebben als er niet goed ontlucht wordt.

3.3 Persschijf

Een vuile persschijf



Figuur 9: Oude persschijf

Er kan aluminium aan de persschijf blijven kleven zie Figuur 9. Hierdoor kan het zijn dat de persschijf niet meer zijn goede werking heeft. Door het slecht functioneren van de persschijf kan het zijn dat deze de container niet goed ontluicht wordt en de kans op blaarvorming stijgt.

Een slecht functionerende persschijf

Bij een slechte werking van de persschijf, zal de lucht tijdens de stuikcyclus niet kunnen ontsnappen via de opening tussen persschijf en container. Het verschil met een vuile persschijf is dat een slecht functionerende niet meer gaat flexen d.w.z. de persschijf gaat niet meer uitzetten en terug naar zijn begintoestand gaan. Dat flexen is noodzakelijk zodat de aluminium aan de voorkant van de persschijf blijft. Er mag geen aluminium aan de achterkant van de persschijf zitten.

De uitlijning van de pers

De container en de persschijf moeten perfect uitgelijnd zijn, de centerlijn van de persschijf moet samenvallen met de centerlijn van de container en met de centerlijn van de cassette waar de matrijs inzit. Als de onderdelen niet goed uitgelijnd zijn, zal materiaal dat tegen de containerwand kleeft mee in het profiel vloeien en zo ontstaan er luchtinsluitingen. Bij een slechte uitlijning is de luchtspleet niet overal even groot, hierdoor kan het ontluichten door de persschijf niet goed verlopen.

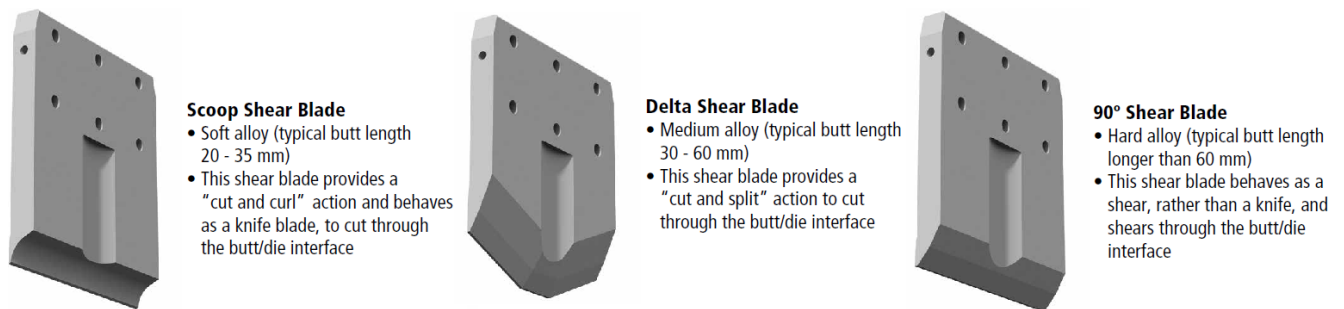
4 Schaarmechanisme

4.1 Schaarblad

De functie van het schaarblad is de persrest, het laatste gedeelte van een geperste billet, afscharen. In de persrest zitten oxiden en onzuiverheden. Deze moeten verwijderd worden omdat ze anders voor blaren kunnen zorgen op of in het profiel. Het schaarblad situeert zich boven de ingang van de matrijs (zie figuur 7) waar de billet tegenkomt.

Het probleem bij het schaarmechanisme is dat de schaar de persrest niet volledig gaat afsnijden tot de onderkant van de billet. De persrest gaat ongeveer halverwege de billet er vanaf geduwd worden waardoor de persrest afgescheurd wordt. Wat tot gevolg heeft dat de matrijs wordt leeg getrokken. De volgende billet die men wil persen komt tegen de matrijs met aluminium holtes. Het profiel wat dan geperst wordt gaat mogelijk blaren vertonen. De holtes tussen de persrest en de nieuwe billet kunnen dus zorgen voor blaarvorming wat meestal begin profiel blaren zijn.

Om dit probleem op te lossen was er een analyse van de persrest nodig. Hieruit volgt dat het schaarblad tot op ongeveer 4 cm van de onderkant gaat snijden.



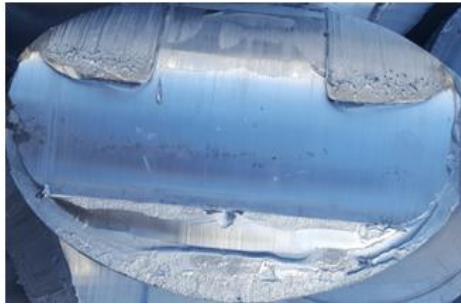
Figuur 10: Castool schaarbladen [11]

In dit stuk van de literatuurstudie hangt ook de legering van het soort schaarblad af. Het eerste schaarblad uit Figuur 10 is voor een zachte legering.

Het tweede is voor een middel legering. Het laatste is voor een harde legering. Bij E-Max worden zachte en harde legeringen geperst.

Ook hangt de vorm/geometrie van het schaarblad af van de dikte van de persrest (zoals te zien in bovenstaande figuur). Bij het eerste schaarblad is een persrest voorgeschreven van 20 tot 35 mm. Bij het middelste is een persrest voorgeschreven van 30 tot 60 mm. Bij het laatste is een persrest voorgeschreven van minimaal 60 mm.

Een afbeelding van een voorbeeld persrest bij E-Max Profiles is te zien in Figuur 11.



Figuur 11: Persrest

Uit analyse van de persrest kan geconcludeerd worden dat er mogelijk een andere vorm en ontwerp van het schaarblad nodig is. De persrest binnen het bedrijf is 35 mm dik. De dikte van de persrest is in te stellen op het bedieningspaneel van de operator (zie Figuur 12).



Figuur 12: Bedieningspaneel operatoren

De ingestelde diktes van de persrest hangen af van de bloklengte. Er is in literatuur voorgeschreven dat de persrest 5% van de bloklengtes moet zijn [10]. In het bedrijf hebben ze een schaarblad zoals het eerste type op Figuur 10 uit de literatuurstudie. Het ontwerp van het schaarblad dat bij E-Max gebruikt wordt is te zien in bijlage D en Figuur 13.



Figuur 13: Huidig schaarblad

Dit type schaarblad komt overeen met het eerste type uit de literatuurstudie. Dit is voor een persrest van 20 tot 30 mm. Een mogelijk potentiële oplossing die volgt uit literatuurstudie is een andere vorm en ontwerp van het schaarblad (zie Figuur 10) [11].

4.2 Nieuwe ontwerp schaarblad

Het nieuwe ontwerp van het schaarblad heeft een vorm zoals het huidige schaarblad binnen E-Max gecombineerd met het tweede type schaar uit de literatuurstudie (zie Figuur 10). De vorm is bekomen in overleg met de bedrijfspromotor. Bij type 2 uit de literatuurstudie zou er aluminium blijven plakken op het schaarblad, daarom de combinatie met het huidige schaarblad. Het schaarblad heeft een klein stuk rechte kant met twee schuine snijkanten waardoor het schaarblad dieper gaat snijden (zie Bijlage E). Het schaarblad is 4 cm langer als het oorspronkelijke schaarblad wat nu gebruikt wordt binnen het bedrijf (zie bijlage D). Op basis van het nieuwe ontwerp (zie Figuur 14) werd het schaarblad geproduceerd maar de mogelijke oplossing is nog niet getest kunnen worden op de extrusielijn. Dit heeft de productieleiding beslist omdat het proces niet optimaal is op dit moment.



Figuur 14: Nieuw geproduceerde schaarblad

De oorzaken van het niet testen zijn dat ten eerste de klemming van het matrijspakket niet werkt en ten tweede is de as van de cilinder waar het schaarblad op bevestigd is, niet uitgelijnd op de matrijs. Beide problemen worden hieronder kort toegelicht.

Klemmen matrijspakket

Een matrijspakket wordt in een cassette gezet voor men gaat persen (zie Figuur 15). Door deze matrijzen worden de billets geperst wat het profiel vormt.



Figuur 15: Matrijspakket

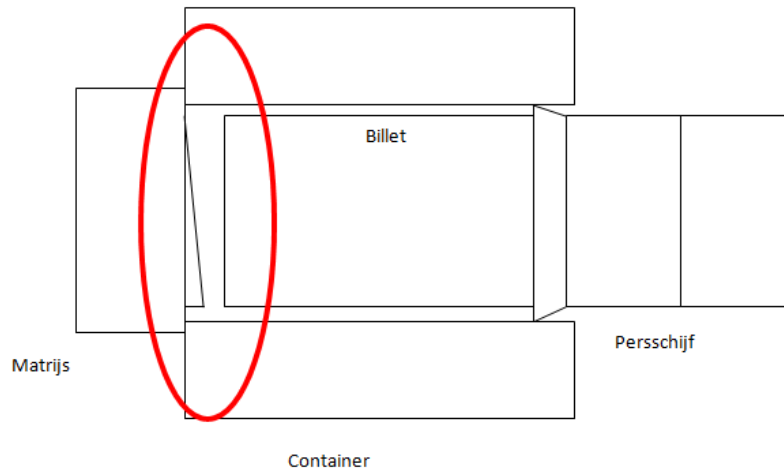
Als de persrest wordt afgeschaard worden de matrijzen even geklemd langs boven en de cassette wordt langs de linker- en rechterkant geklemd zodat deze niet kan bewegen tijdens het scharen (zie Figuur 16). Het probleem is dat de klemming langs de zijkanten momenteel niet meer werkt wat tot gevolg heeft dat de cassette beweegt tijdens het scharen. Het schaarblad kan hierdoor op de matrijs botsen en daardoor is er kans dat het schaarblad beschadigd wordt. Hierdoor bestaat de kans dat er scheef afgeschaard wordt. Door het scheef afscharen kan ook mogelijk de matrijs leeg getrokken worden waardoor er holtes ontstaan in het aluminium dat nog in de matrijs zit. Door hierna een billet te persen komt deze tegen de holtes en kunnen er zich luchtinsluitingen vormen in het profiel.



Figuur 16: Zijcilinders matrijspakket

As cilinder scheef

De persrest wordt afgeschaard met een schaarblad. Dit schaarblad is bevestigd op een as die mee naar onder beweegt met de cilinder. Deze as is nu scheef. De oorzaak hiervan is dat er een persrest aan het schaarblad is blijven kleven. Gaat het schaarblad met een persrest die eraan vast plakt afscharen, dan komt deze persrest op de af te scharen persrest. Hierdoor gaat de as naar buiten geduwd worden waardoor ze scheef is. Gaat men met een scheve as afscharen ziet het af geschaarde oppervlak eruit zoals te zien in Figuur 17.



Figuur 17: Scheef afgeschaarde persrest

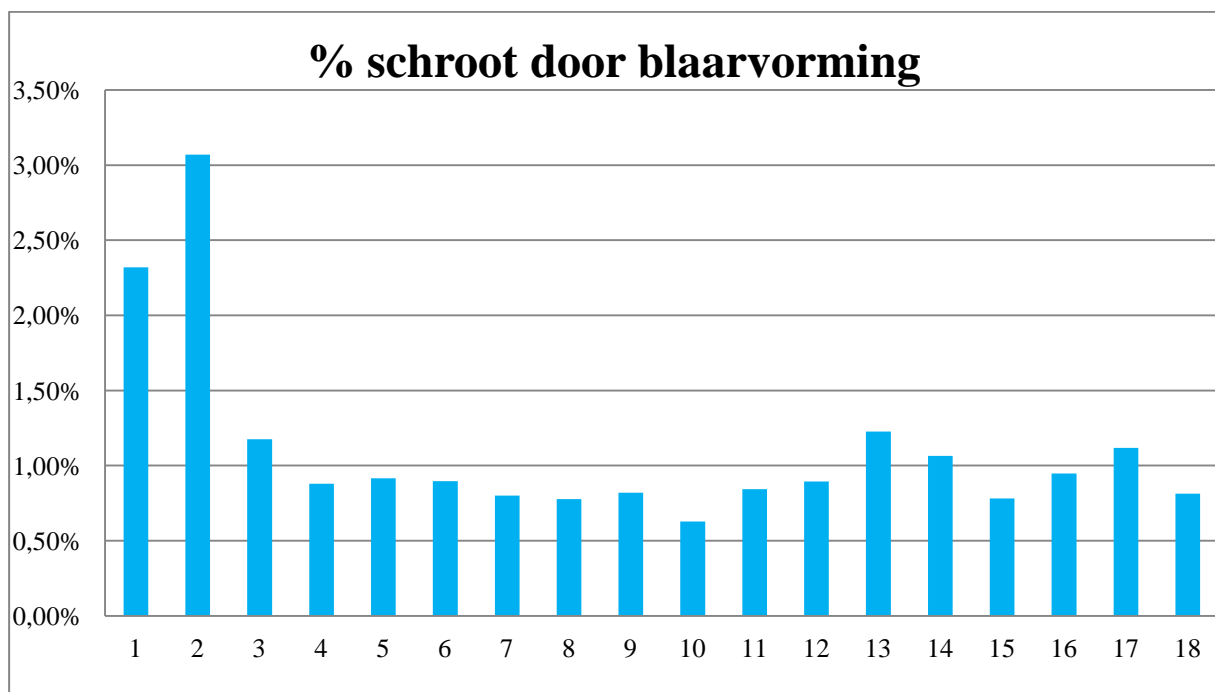
Zoals in Figuur 17 uitvergroot getekend ziet men dat de billet scheef tegen het afgeschaard stuk geperst gaat worden. Zoals te zien in de cirkel zit er bijgevolg lucht waardoor er een grote kans is op blaarvorming op of in het profiel.

4.3 Schaarmechanisme E-Max Gullegem

Het toegepaste schaarmechanisme bij E-Max in Gullegem is een ander principe dan bij de vestiging in Dilsen-Stokkem. Het principe van dit schaarmechanisme is dat er zo weinig mogelijk speling mag zijn tussen het schaarblad en het matrijspakket, zodat er geen aluminium aan het matrijspakket blijft kleven. Het schaarblad wordt dus continu tegen het matrijspakket getrokken met een cilinder (zie bijlage F) die trekt met 100 bar. Het matrijspakket staat in zijn beginpositie 5 mm achter het stuk waar het schaarblad tegen wordt getrokken. Het schaarblad heeft een kant van 5mm (zie bijlage G).

Als het schaarblad nu naar onder gaat bewegen wordt er tegelijk aan getrokken met 100 bar, het schaarblad verspringt dan 5 mm en schaart de persrest af. Doordat er continu aan het schaarblad wordt getrokken komt het schaarblad continu tegen de bevelring voorop de matrijs. Hierdoor wordt er recht afgeschaard. Na het afscharen komt het schaarblad een stukje van het matrijspakket af en gaat deze verticaal naar boven waardoor de matrijs niet leeg kan getrokken worden.

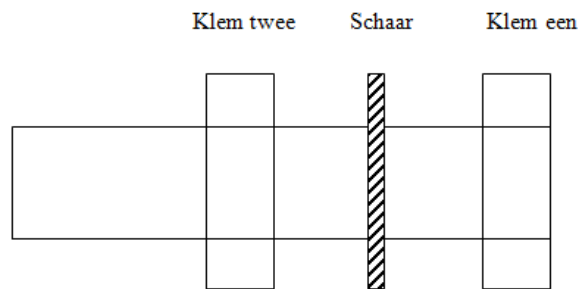
Eerst werkte E-Max Gullegem niet met dit principe, dit is toegepast in Januari 2017. Hierna is er duidelijk een vermindering in percentage blaarvorming te zien bij E-Max Gullegem (zie Figuur 18). Een mogelijk potentiële oplossing voor E-Max Dilsen-Stokkem kan dus een schaarmechanisme zijn zoals ze bij E-Max Gullegem hebben.



Figuur 18: Percentage blaren Gullegem

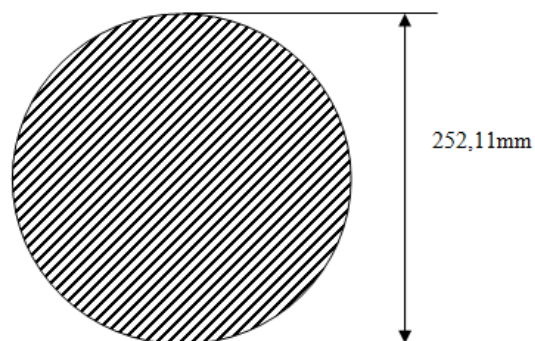
4.4 Blokschaar

Dit is een schaarmechanisme om de billets op maat te snijden voor ze geperst gaan worden. In onderstaande Figuur 19 een schets van het proces.

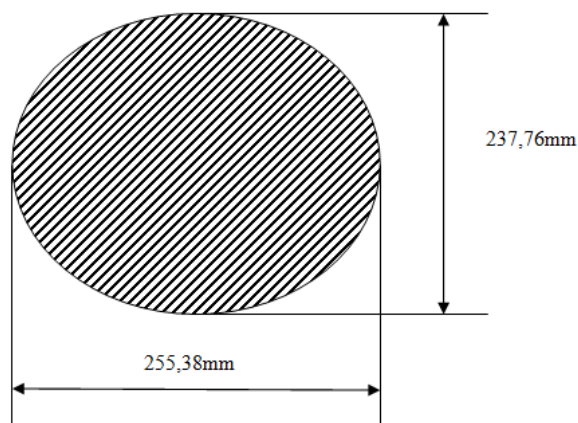


Figuur 19: Boven aanzicht blokschaar

Een van de twee klemmen werkt hiervan niet wat tot gevolg heeft dat de biliet scheef geschaard wordt. De klem die kapot is, is klem twee. De biliet gaat geen ronde vorm meer hebben maar een ovale vorm (zie Figuur 20 en 21).



Figuur 20: Ronde vorm biliet



Figuur 21: Ovale vorm biliet

Door deze ovale vorm kan het zijn dat de container materiaal van de billet afschraapt. Tijdens het sluiten vormt er zich dan een zogenaamde "pannenkoek" voor op de container zoals op Figuur 22 te zien.



Figuur 22: "Pannenkoek"

Heeft de matrijs een kleine inloop wat wil zeggen dat men een klein profiel gaat persen. Dan kan de lucht opgesloten blijven in de container, de lucht gaat zich een weg naar achter zoeken en komt in de persrest terecht. Als de persrest nu wordt afgeschaard, wordt de lucht mee afgeschaard. Dan kan men blaren waarnemen op de af geschaarde persrest (zie Figuur 23).



Figuur 23: Blaren op persrest

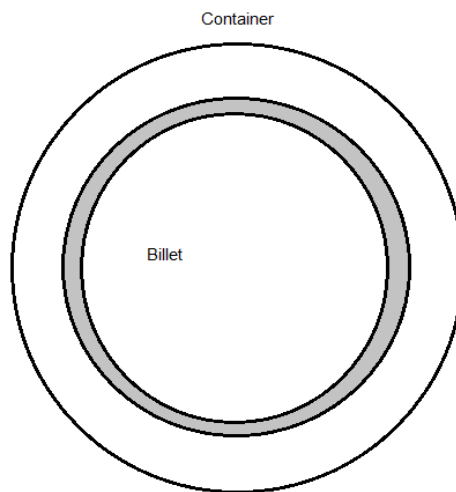
Heeft men een grote inloop van de matrijs dan kan bij een ovale billet lucht gewoon met het aluminium mee de matrijs in en dan ontstaan er luchtinsluitingen. Dit wordt veroorzaakt door de ovale vorm van de billet. De diameter van het inwendige deel van de container is ± 262 mm. De inloop bij E-Max Profiles is maximum $\text{Ø } 240$ mm. Een mogelijke oplossing hierbij is het plaatsen van een zaag i.p.v. een schaarmechanisme. Dit wordt op pers D1 in het bedrijf ook toegepast.

5 Stuikcyclus

In dit hoofdstuk wordt de stuikcyclus besproken. Hoe deze geanalyseerd is en uiteindelijk tot een optimalere/verbeterde parametersetting is gekomen.

5.1 Observatie pers D2

De stuikcyclus situeert zich bij de container, het matrijspakket en de persschijf. Het doel van de stuikcyclus is de container te ontlichten zodat er geen lucht meer aanwezig is in de container als men gaat persen. Deze lucht komt in de container omdat er een diameter verschil (zie Figuur 24) is tussen de billet en de container. Het gearceerde deel is de lucht die verwijderd moet worden.



Figuur 24: Diameterverschil billet en container

Het volume lucht dat verwijderd moet worden, kan berekend worden met onderstaande Formule 1.

$$V_{lucht} = \pi * r_{container}^2 * h - \pi * r_{billet}^2 * h \quad (1)$$

De diameter van de container is 262 mm. De diameter van de billet is 254 mm.

Als voorbeeld een berekening met een blok lengte van 750 mm en 1280 mm.

Voorbeeld korte blok lengte 750 mm:

$$V_{container} = \pi * r_{container}^2 * h = \pi * 131[mm]^2 * 750 [mm] = 40434653,65 mm^3$$

$$V_{billet} = \pi * r_{billet}^2 * h = \pi * 127[mm]^2 * 750[mm] = 38003060,93 mm^3$$

$$V_{lucht} = V_{container} - V_{billet} = 40434653,65[mm^3] - 38003060,93[mm^3] = 2431592,72mm^3$$

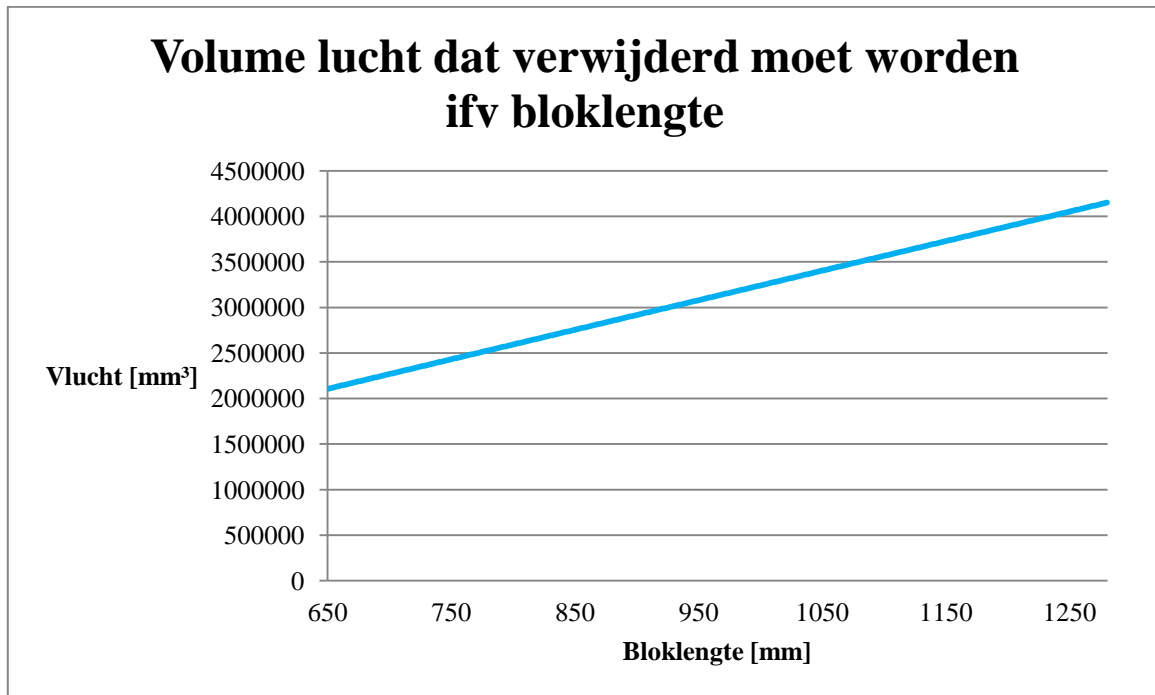
Voorbeeld lange blok lengte 1280 mm:

$$V_{container} = \pi * r_{container}^2 * h = \pi * 131[mm]^2 * 1280 [mm] = 69008475,56 mm^3$$

$$V_{billet} = \pi * r_{billet}^2 * h = \pi * 127[mm]^2 * 1280[mm] = 64858557,32 mm^3$$

$$V_{lucht} = V_{container} - V_{billet} = 69008475,56[mm^3] - 64858557,32[mm^3] = 4149918,24 mm^3$$

Het volume lucht dat verwijderd moet worden in functie van de bloklengte is een lineair verloop zoals te zien in Figuur 25. Als men een korte bloklengte gaat persen moet er minder lucht verwijderd worden, als dat men een langere bloklengte gaat persen.



Figuur 25: Volume lucht te verwijderen i.f.v. bloklengte

Tijdens het stuiken wordt de diameter van de billet gevormd tot de diameter van de container. Als dit proces niet 100% werkt kunnen er zich blaren vormen op het oppervlak van het profiel.

Om de oorzaken toe te kennen aan de stuikcyclus werd deze op pers D2 geobserveerd van 23 november 2016 tot en met 29 maart 2017. Voor deze observatie zijn zoveel mogelijk parameters bijgehouden die betrekking hebben op de stuikcyclus en op het profiel wat geperst wordt. Deze parameters stonden op het scherm wat de operator bediend. Deze werden dan telkens genoteerd en verder werd er gekeken als het profiel blaren of geen blaren had, dit gebeurde met het blote oog.

De bijgehouden parameters en settings zijn:

Datum

De datum is bijgehouden om de parameters van eenzelfde profiel te vergelijken op een andere datum. Het kan zijn dat het ene profiel blaren heeft en het andere niet, daarom is het gemakkelijk te vergelijken op datum.

Matrijsnummer

Het matrijsnummer is bijgehouden om later op te zoeken wat voor soort matrijs het is. Ook om het gewicht en omtrek op te zoeken.

Bloklengte

De bloklengte is genoteerd omdat er verschillende bloklengtes voorkomen en de daarbij ingestelde settings te bekijken.

Stuikdruk

De stuikdruk is bijgehouden om de verschillende stuikdrukken bij verschillende bloklengtes te bekijken. Dit is de druk om de billet in de container te vullen. Een grotere stuikdruk kan nodig zijn omdat een billet niet op elke plaats even warm (wrijving) is hierdoor moet er mogelijk met een hogere druk gestuikt worden.

Stuiksnelheid

De stuiksnelheid is bijgehouden voor de verschillende stuiksnelheden bij verschillende bloklengtes te bekijken. Als men trager stuikt heeft de lucht meer tijd om te ontsnappen, de persschijf gaat dus later flexen (het uitzetten van de persschijf). Ook mag de stuiksnelheid niet te laag zijn omdat anders de productiviteit omlaag gaat. Als men een brede inloop aan de matrijs heeft kan het zijn dat stuiksnelheid lager moet dan bij een profiel dat recht op recht gaat. Omdat als men een brede inloop heeft dan moet het materiaal ook in de hoekjes van de matrijs komen, als de stuiksnelheid te hoog is kan het zijn dat deze niet gevuld worden. Waardoor je blaarvorming kan hebben.

De inloop van de matrijs is maximum 240 mm. Is het profiel breder dan deze maat dan moet men spreiden. Spreiden wil zeggen dat het profiel breder is als de inloop van de matrijs en dat het profiel naar buiten toe groeit.

Persrest

De persrest is genoteerd voor de persresten bij de verschillende bloklengtes te vergelijken.

Het aantal blokken

Indien de nodige hoeveelheid profielen kan geëxtrudeerd worden met een klein aantal blokken komt geen dubbele blok voor. Een klein aantal blokken is een hoeveelheid van 5 billets. Een groot aantal blokken is een hoeveelheid van 48 billets, hier perst men dan ook langer over. Als men meer blokken perst komt een dubbele blok voor. Hier was data nodig van een dubbele blok en van geen dubbele blok.

Dubbele blok

Dit probleem is al gekend uit de thesis van D. Vanderveken en L. Kempeneers [4] . Voor deze thesis was informatie zonder dubbele blok essentieel.

Blaren

Als er blaren voorkomen welke met het oog werden waargenomen dan staat er "ja". Kwamen er geen blaren voor op het profiel nadat het geperst is staat er "nee".

Soort matrijs

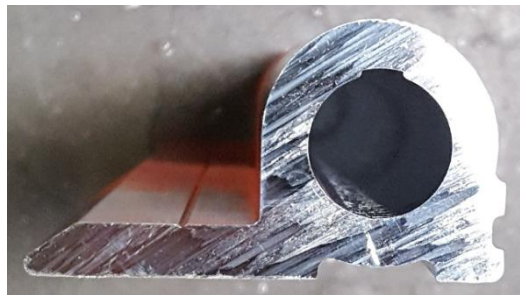
Het soort matrijs is bijgehouden omdat een vlakke matrijs een andere parametersetting nodig heeft als een holle matrijs.

Een vlakke matrijs is een matrijs waar een vlak profiel uitkomt. In dit profiel zit geen holte (zie Figuur 26). Dit profiel kan men met de vinger in één beweging afgaan.



Figuur 26: Vlak profiel

Een holle matrijs is matrijs waar een hol profiel uit gemaakt wordt (zie Figuur 27). Deze is tweedelig. Dit profiel moet men met 2 bewegingen afgaan, één beweging voor de omtrek en één beweging voor de holte.



Figuur 27: Hol profiel

De temperatuur is ook een belangrijke parameter maar deze is zo variabel dat je niet elke cyclus kan gaan aanpassen hieraan.

5.2 Dataverzameling en analyse

De datatabel gemaakt uit observatie is te zien in Bijlage A. De data moet bekeken worden per soort matrijs dus de totale datatabel moet opgedeeld worden in een tabel met holle matrijzen en een tabel met vlakke matrijzen. Deze tabellen zijn respectievelijk terug te vinden in Bijlages B en C.

Uit de data die bijgehouden werd konden verschillende conclusies genomen worden (zie Tabel 4).

Tabel 4: Zelfde profielen vergelijken andere parameterinstelling

Matrijs nr.	Gewicht [kg/m]	Breedte profiel [mm]	Bloklengte [mm]	Stuikdruk [bar]	Stuiksnelheid [%]
12041	19.534	270	1228	100	80
12041	19.534	270	1224	150	50

De bovenste matrijs nr. 12041 heeft blaren bij een stuikdruk van 100 bar en een stuiksnelheid van 80%.

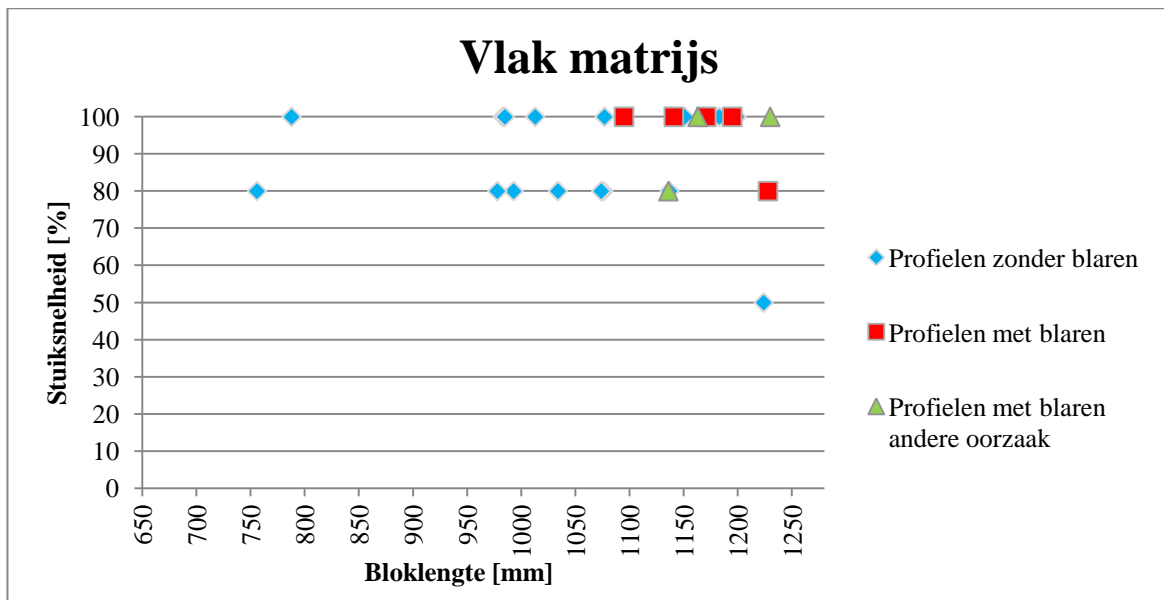
De onderste matrijs heeft geen blaren bij een stuikdruk van 150 bar en een stuiksnelheid van 50%. Hiervoor gaan we de extrusion ratio (extrusie verhouding) berekenen. Een lage extrusion ratio gaat makkelijker zijn om te persen dan een hoge extrusion ratio.

$$extrusion\ ratio = \frac{A_{container}}{A_{profiel}} = \frac{\frac{\pi * d^2}{4}}{\frac{gewicht}{soortelijk\ gewicht\ aluminium}} = \frac{\frac{\pi * 0.262[m]^2}{4}}{\frac{19.534[\frac{kg}{m}]}{2755[kg/m^3]}} = 7:1$$

Een gemiddelde waarde voor de extrusion ratio is 60:1. Bij zware profielen heeft men een lage extrusion ratio. De stempelsnelheid gaat omhoog. De stuiksnelheid mag niet te hoog zijn anders is men al aan het persen tijdens het stuiken. Hierdoor kan men een dubbele lasnaad krijgen en dit verhoogt de kans op blaarvorming. Als men trager stuikt kan het zijn dat heel de matrijs gevuld wordt. Anders wordt deze niet heel gevuld en heeft men luchtinsluitingen.

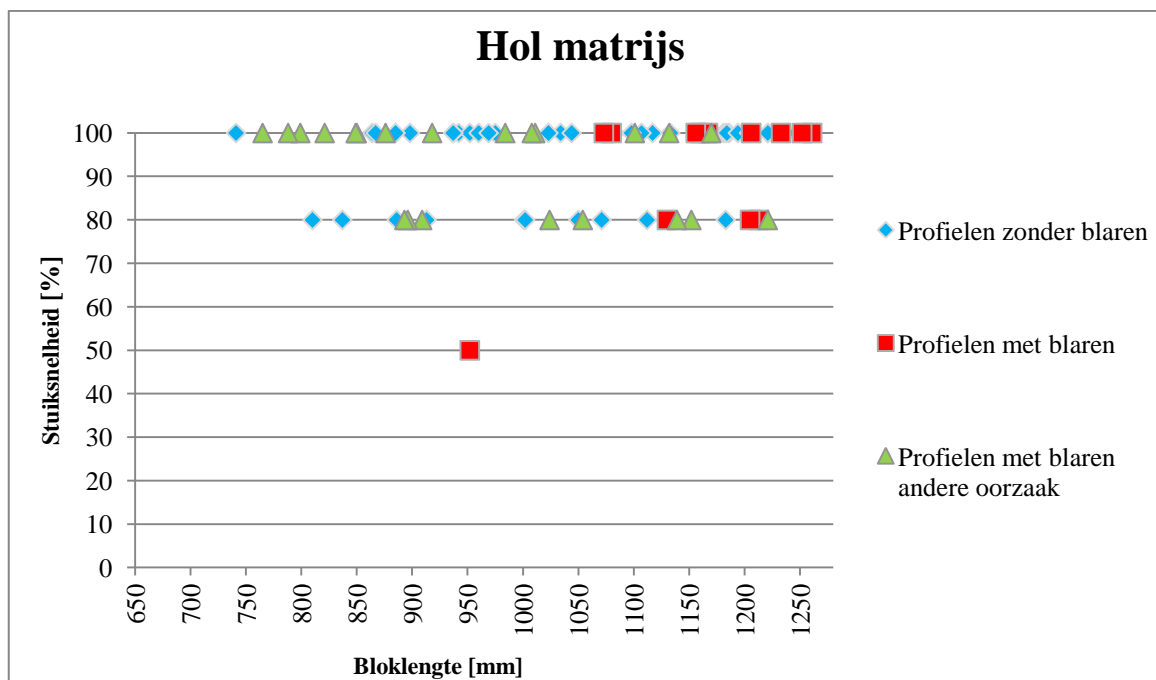
Gaat men met een te hoge stuikdruk stuiken dan start het persen tijdens het stuiken, wat twee lasnaden tot gevolg heeft op het profiel.

De data die bijgehouden werd, is uitgezet in grafieken en van hieruit is geprobeerd een patroon erin te herkennen. In de grafieken zijn de profielen zonder blaren, profielen met blaren en profielen met blaren en een andere oorzaak uitgezet. De profielen met blaren zijn mogelijk te wijten aan een verkeerde parameter instelling (stuiksnelheid) op het bedieningspaneel van de operator (te zien in Figuur 12). De grafiek met de meetpunten van een vlak matrijs is te zien in Figuur 28. De data uitgezet in de grafieken is data zonder dubbele blok. De oorzaak van de dubbele blok kennen ze al binnen het bedrijf. Dus dit is rekening te houden met de dubbele blok.



Figuur 28: Meetpunten vlak matrijs

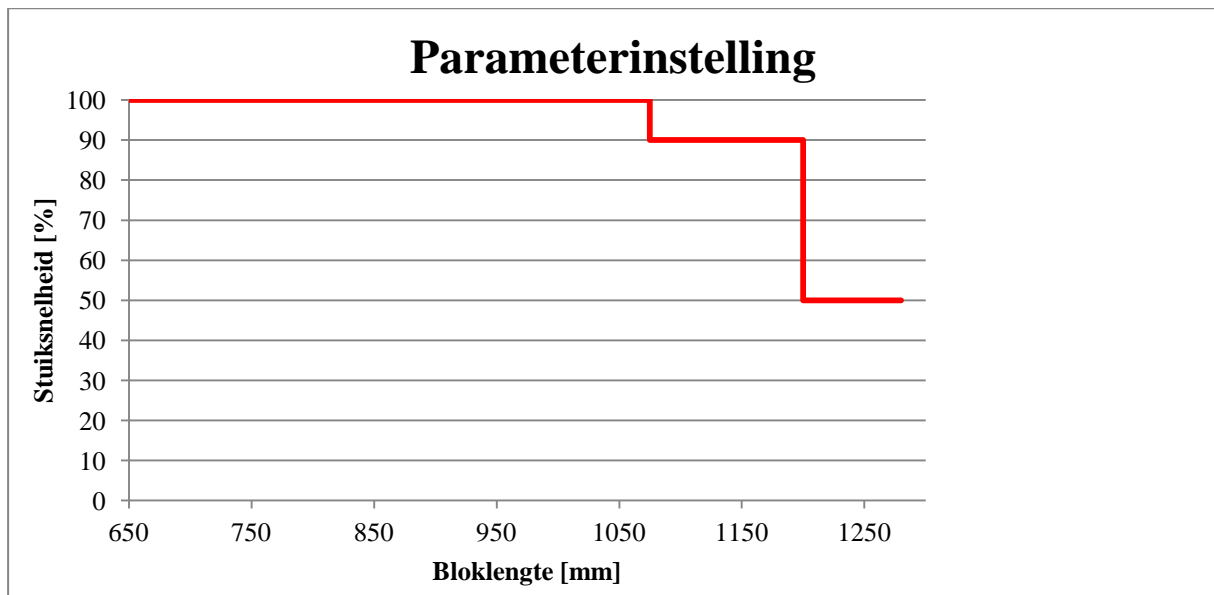
De meetpunten van de holle matrijzen zijn uitgezet in Figuur 29.



Figuur 29: Meetpunten hol matrijs

In de grafieken komen de profielen met blaren rechtsboven voor. Dit wil zeggen dat voor een langere bloklengte mogelijk een verkeerde instelling gebruikt wordt.

Het doel is zolang mogelijk op een stuiksnelheid van 100% te stuiken omdat anders de productiviteit met enkele seconden gaat afnemen. Door de data analyseren bekommen we onderstaande grafiek (zie Figuur 30). Tot op een bloklengte van 1075 mm kan men op 100 % stuiken. Van 1075 mm tot 1200 mm kan men op 90% stuiken. Vanaf 1200 mm moet men stuiken op 50%.



Figuur 30: Parameterinstelling

5.3 Validatie

In dit stuk worden de testen met de bekomen parameterinstelling besproken. Voor deze testen zijn de profielen met blaren met de oorzaak van de stuiksnelheid opgeschreven en telkens moest er gekeken worden als een van deze profielen geperst gingen worden. Onderstaande profielen zijn in deze tijd nog geperst en zijn getest kunnen worden.

Tabel 5: Profielen met blaren opnieuw geperst

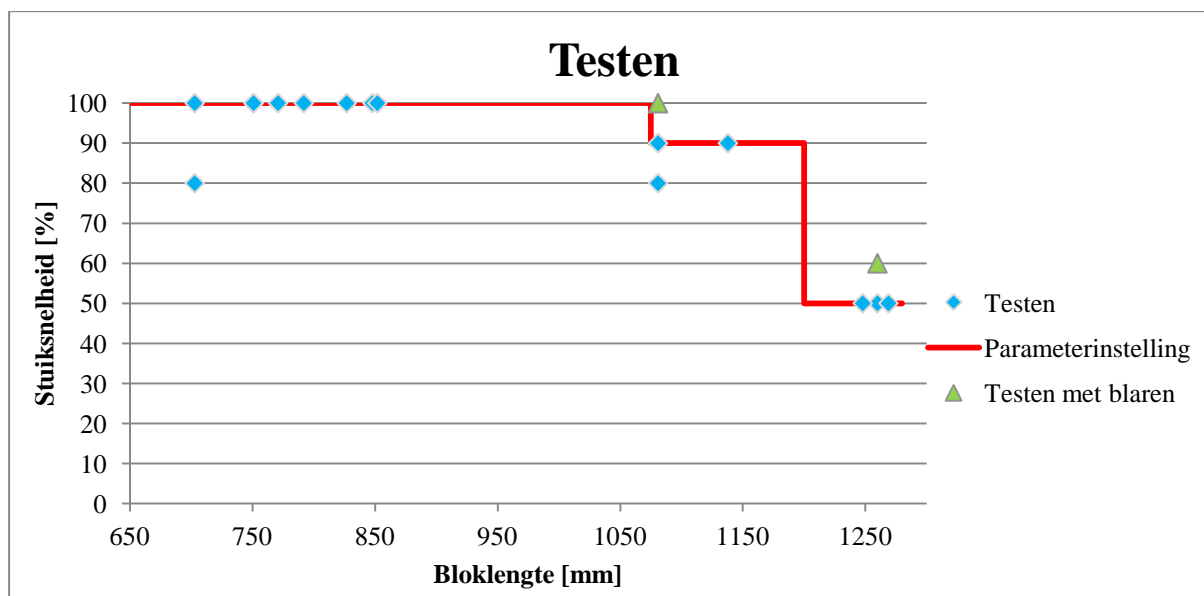
Profiel nr.	Blok lengte [mm]	Stuikdruk [bar]	Stuiksnelheid [%]	Blaren?
17285/1	821	150	100	blaren
2034/1	1156	150	100	blaren
16117/1	1073	150	100	blaren
14099/1	1261	120	100	blaren
17285/1	821	150	100	blaren
16976	1152	100	100	blaren

De profielen met blaren uit bovenstaande Tabel 5 zijn opnieuw getest met de bekomen parameterinstelling. Deze profielen hadden nu geen blaren meer zie Tabel 6. Bij de testen zijn ook nog enkele willekeurige profielen getest.

Tabel 6: Profielen die getest zijn met bekomen parameterinstelling

Profiel nr.	Bloklengte [mm]	Stuikdruk [bar]	Stuiksnelheid [%]	blaren?
17285/1	751	150	100	geen blaren
2034/1	1260	150	50	geen blaren
2034/1	1260	150	60	blaren
16117/1	1081	150	90	geen blaren
16117/1	1081	150	100	blaren
16117/1	1081	150	80	geen blaren
14099/1	1248	150	50	geen blaren
17285/1	751	150	100	geen blaren
9536/6	771	150	100	geen blaren
8862/4	848	150	100	geen blaren
11862/1	1269	150	50	geen blaren
8133/7	827	150	100	geen blaren
14247/2	703	150	80	geen blaren
14247/2	703	150	100	geen blaren
10111/4	792	100	100	geen blaren
17588/1	852	150	100	geen blaren
11805/1	1138	100	90	geen blaren

Deze testen zijn uit gezet op de grafiek van de parameterinstelling. Deze is te zien in Figuur 33. Voor de geteste profielen klopt de bekomen parameterinstelling. De profielen die blaarvorming vertoonde bij een bepaalde waarde voor de stuiksnelheid zijn ook te zien in de grafiek (zie Figuur 33).



Figuur 31: Testen

De conclusie door testen uit te voeren is dat er vanaf een bloklengte van 1075 mm een verkeerde stuiksnelheid gebruikt wordt. Een verbetering kan een lagere stuiksnelheid bij langere bloklengte zijn. Dan bekomen we bovenstaande grafiek (zie Figuur 33) met de optimale parameter instelling in het rood en de testen die uitgevoerd zijn in het blauw.

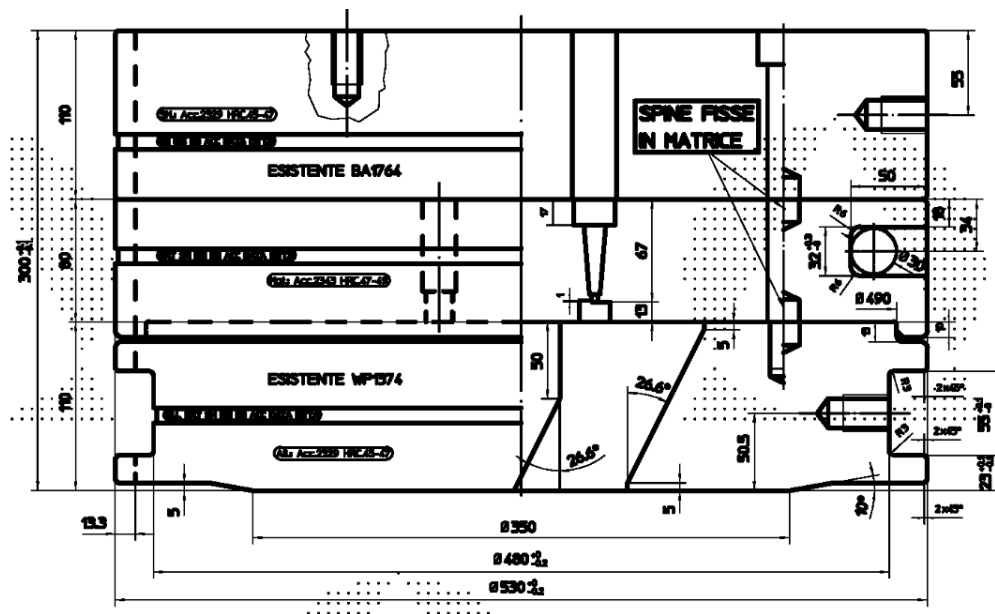
5.4 Andere oorzaken blaarvorming bij stuikcyclus

Niet alle profielen met blaarvorming zijn toe te kennen aan de parametersettings van de stuikcyclus. Met het programma van Robin Vanstraelen (Masterproef academiejaar 2015-2016) [12] konden vergelijkbare profielen opgezocht worden. De profielen uit onderstaande Tabel 7 komen overeen op het vlak van gewicht en cirkelomtrek.

Tabel 7: Vergelijkbare profielen

Matrijs nr.	Gewicht [kg/m]	Breedte profiel [mm]	Bloklengte [mm]	Stuikdruk [bar]	Stuiksnelheid [%]
14678	4.008	312	1136	100	80
12617	2.757	306	1077	100	100

Deze profielen zijn vergelijkbaar (zie Bijlage B). Deze settings komen overeen, toch heeft het ene profiel blaren en het andere niet. Hiervoor moeten de constructietekeningen bekeken worden (zie Bijlage M). Matrijs nr. 14678 heeft een andere dode hoek dan matrijs nr. 12617. Dus de dode hoek van de matrijs heeft ook invloed op luchtinsluitingen. Matrijs nr. 14678 had blaren en een dode hoek van 36° . Matrijs nr. 12617 had geen blaren en heeft een dode hoek van 26.6° , dit is te zien in Figuur 34. Het profiel met blaren had dus een grotere dode hoek, dus moet hier trager gestuikt worden.



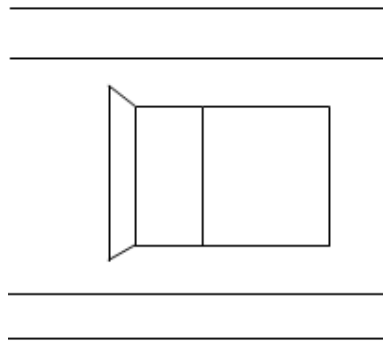
Figuur 32: Constructietekening matrijs nr. 12617

De profielen met blaren en een andere oorzaak zijn te wijten aan andere oorzaken buiten de verkeerde parameter instelling. Hier kwamen begin profiel blaren voor. Deze zijn mogelijk te wijten aan een schaarblad dat slecht functioneert. Een andere mogelijke oorzaken zijn de oppervlaktekwaliteit van de billets die uit Kerkrade komen of een verkeerde stuikdruk.

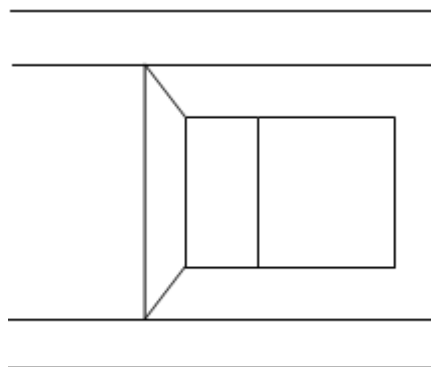
Een hol profiel en een profiel dat gespreid moet worden moet een hogere stuikdruk hebben dan een gewoon profiel dat recht op recht geperst wordt. Nog een andere oorzaak kan een slecht werkende persschijf zijn. Verder zijn er mogelijk nog oorzaken die men nog niet kent.

6 Persschijf

De functie van een persschijf is de billet door de matrijs persen en bij het ontluchten van de container speelt de persschijf ook een rol. Een persschijf flexed: als de persschijf onder druk komt gaat deze naar buiten gaan (zie Figuur 36). Valt de druk weg, dan gaat de persschijf naar binnen gaan dit is te zien in Figuur 35 (krimpen).



Figuur 33: Persschijf in container in normale toestand



Figuur 34: Persschijf in container in uitgezette toestand

Het kan dat de persschijf verslijt door het persen van een harde legering. De persschijven worden nu om de 4 weken preventief vervangen. Soms is de persschijf kapot, soms is de persschijf nog goed. Uit Tabel 8 is de conclusie dat de oude persschijf nog goed was. Een versleten persschijf heeft een diameter van ± 261 mm. De diameter van de oude persschijf is 260,56 mm deze ligt onder 261 mm. De diameter van de container waar de persschijf doorheen gaat is 262 mm. Als de persschijf versleten en dus een grotere diameter heeft als de diameter van een nieuwe persschijf, kan er nagenoeg geen ontluchting meer plaats vinden.

Tabel 8: Meting persschijf

Meting	
Nieuwe persschijf	260,44 mm
Oude persschijf	260,56 mm

De situering van de persschijf is te zien op onderstaande Figuur 37. De persschijf bevindt zich voor op de stempel. Hier ziet men de stempel niet omdat pers D2 een frontloader heeft en de persschijf verwijderd zich niet uit de container.



Figuur 35: Persschijf

De persschijf heeft verschillende parameters die belangrijk zijn:

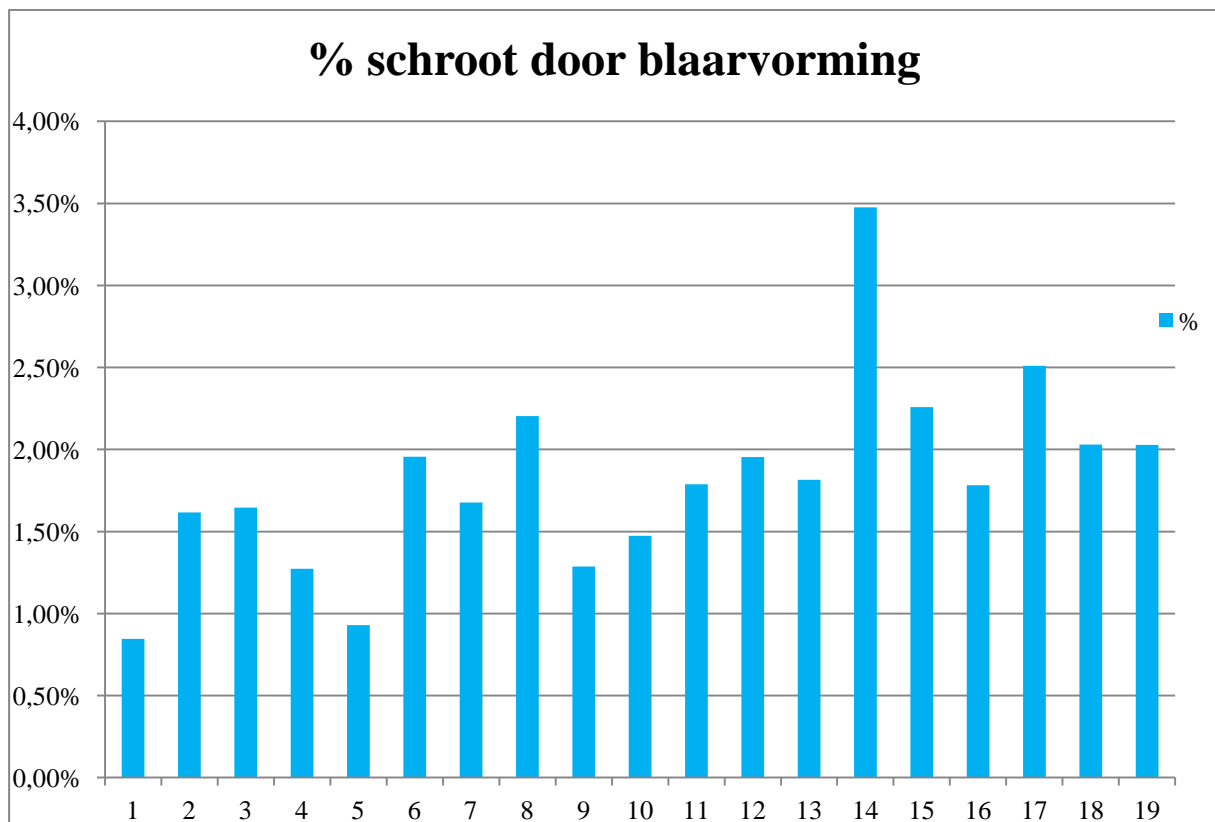
- temperatuur
- uitzetting
- flexibiliteit materiaal
- druk
- uitlijning container

De uitlijning is een heel belangrijke factor bij een persschijf (zie Tabel 9). De stempel met de persschijf op wordt eerst waterpas gezet. Dan wordt de container t.o.v. de stempel uitgelijnd. Hierna wordt een biljet geperst. Nu komt er een afdruk op de matrijs die in de cassette zit. Aan de hand van deze afdruk wordt de cassette uitgelijnd.

Tabel 9: Onderhoudsactiviteit D2 uit Figuur 38

Week nr.	Onderhoudsactiviteit
2	Bloklader vastzetten + afstelling
6	Problemen met ijking positie container
6	Persschijf vervangen
8	Ijking container
8	Persschijf vervangen
11	Persschijf vervangen
12	Persrest schaar recht gezet
14	Uitlijning- container/stempel
16	Persschijf vervangen
17	Persrest schaar vervangen
19	Persschijf vervangen

In onderstaande grafiek is het percentage blaarvorming t.o.v. het gezaagd aantal kilo's profielen te zien. Het percentage blaarvorming is gestegen t.o.v. vorig jaar en begin van dit jaar. Dit komt door oorzaken die gekend zijn namelijk: de klemmen van het matrijs pakket die niet werken, de as van de cilinder van het schaarblad die scheef is (besproken in Hoofdstuk 4). De persschijf heeft ook een grote invloed op blaarvorming. Deze moet goed uitgelijnd zijn met container en cassette.



Figuur 36: % blaren tov gezaagd aantal kg's

Tijdens het uitvoeren van deze masterthesis bleek het onderwerp omtrent de persschijf een complex verhaal om volledig te bekijken. Er moesten keuzes gemaakt worden en de prioriteit werd gelegd bij een diepgaande analyse van de stuikcyclus (Hoofdstuk 5) en het schaarblad (Hoofdstuk 4).

7 Kwantificatie potentiële verbeteringen

In dit hoofdstuk wordt zowel het economische als ecologische verbeteringspotentieel gekwantificeerd voor de voorgestelde procesaanpassingen uit de vorige hoofdstukken.

7.1 Economische verbeteringen

Voor de validatie op economisch vlak te berekenen heeft men drie parameters binnen E-Max. Als eerst heeft men een omwerkingskost voor het schroot terug om te zetten in billets te Kerkrade. Dit is een bedrag van 240 € / ton. Ten tweede heeft men een opportuniteitskost dit wel zeggen dat men een extra marge heeft als er een goed profiel geproduceerd wordt in plaats van een slecht profiel. De extra marge is een bedrag van 800 € / ton. Als laatste is er een transportkost om het schroot naar Kerkrade te transporteren, alsook de nieuwe billets terug naar Dilsen-Stokkem. Dit is een bedrag van 13.3 € / ton. Het totaal aantal ton schroot ten gevolge van blaarvorming op basis van 2016 is ook in rekening gebracht. Bovenstaande getallen komen vanwege E-Max zelf [13].

Tabel 10: Berekening economische validatie

Omwerkingskost voor schroot om te zetten in billets in Kerkrade	240	€ / ton
Extra marge goede profielen maken i.p.v. schroot	800	€ / ton
Minder transportkost schroot naar Kerkrade	13,3	€ / ton
Gemiddelde aantal ton schroot t.g.v. blaarvorming (2016)	245,616	ton / jaar
Percentage minder schroot door aanpassing parameters	1	%
Besparing door parameter aanpassing / jaar	2587,1	€

Op economisch vlak heeft het bedrijf een jaarlijkse besparing van 2587,1 € per procent voorkomen profielen met blaren.

7.2 Ecologische verbeteringen

Voor de validatie op ecologisch vlak is de tool Ecolizer 2.0 [14] gebruikt. Dit is een hulpmiddel om de milieu-impact van producten in te schatten op basis van eco-indicatoren voor gebruikte materialen en processen. Een eco-indicator (zie bijlage K) is een getal dat een maat geeft aan de milieubelasting van een materiaal of proces per functionele eenheid. Hoe lager dit getal, hoe lager de milieubelasting. Eén eco-indicatorpunt komt overeen met een duizendste van de totale jaarlijkse milieubelasting van een gemiddelde Europeaan. De eenheid van de Ecolizer 2.0 is in millipunt (mPt) en komt dus overeen met een miljoenste van deze belasting [14].

Voor de berekening van de data is de “ReCiPe-methode” [15] gebruikt. ReCiPe neemt niet minder dan 19 milieu-impactcategorieën. De 19 milieu-impactcategorieën worden verder omgerekend tot 3 milieu-schadecategorieën: schade aan de menselijke gezondheid, schade aan het ecosysteem en uitputting van grondstoffen. De gebruikte life cycle inventory datasets komen uit een ecoinvent LCI databank. [15]

Hieronder worden de processen die in de matrix van Ecolizer 2.0 [14] ingevuld moeten worden besproken.

Productie

Dit bevat alle productieprocessen, van de grondstofwinning, op basis van 1 kg materiaal. Ook het transportproces is opgenomen, tot het laatste proces in de productieketen. [14]

Transportprocessen

Voor transportprocessen baseert de berekening zich op de belasting van emissies die zijn veroorzaakt door het winnen en produceren van brandstof en door het opwekken van energie uit brandstof tijdens het rijden.

In Tabel 11 is de ingevulde matrix voor het schroot door blaarvorming van Ecolizer 2.0 te zien.

Tabel 11: Matrix ecolizer 2.0

Product of onderdeel: Schroot door blaarvorming		project: Masterproef	
datum: 11/5/2017		auteur: Philip Haex	
gegevens			
<p>Het materiaal is aluminium. Als men de schroot door blaarvorming hersmelt zijn er smelt-verliezen. In deze berekening worden een materiaalverlies van 15% [13] in rekening gebracht. Bij het X-ECO aluminium, dit is aluminium uit het productie-afval, moet men nog 20% primair aluminium bijvoegen om de billets te vormen. Het proces is extruderen van aluminium. Men transporteert het schroot naar Kerkrade over een afstand van 42 km enkel. Het gewicht wat men per keer kan transporteren op één vrachtwagen is ongeveer 15 ton [13]. De hoeveelheid schroot door blaarvorming is 246 ton in het jaar 2016.</p>			
productie			
materiaal of proces	hoeveelheid	indicator	resultaat
aluminium X-ECO	231529,41kg	45	10418823,53
aluminium primair	57882,35kg	1045	60487058,82
extruderen	246000kg	92	22632000
subtotaal	93537882,35		
transport			
materiaal of proces	hoeveelheid	indicator	resultaat
totaal gewicht (ton)	246		
transportafstand (km)	84		
hoeveelheid uitgedrukt in tkm	20664		
vrachtwagen		15	309960
subtotaal	309960		
totaal			93847,84 Pt

Deze matrix is bekomen door op Bijlage K te kijken bij aluminium. Hier staan de eco-indicatoren voor primair aluminium en aluminium uit productie-afval, dit wat betreft het materiaal. Het bewerkingsproces wat opnieuw moet gebeuren is het extruderen van het profiel zonder blaarvorming deze keer.

De hoeveelheid aluminium X-ECO is berekend met de formule:

$246000[kg] * 0.80 = 196800 kg$ X-ECO aluminium nodig voor de billets te gieten. Hierop zijn nog smeltverliezen van 15% dit geeft $\frac{196800}{0.85} = 231529.41 kg$ dat nodig is om de billets te produceren.

De hoeveelheid primair aluminium wordt berekend met de formule: $246000[kg] * 0.20 = 49200 kg$ primair aluminium nodig voor te mengen met de X-ECO aluminium.

Hierop zijn er nog smeltverliezen van 15% dit geeft $\frac{49200}{0.85} = 57882.35 \text{ kg}$ dat nodig is voor de billets te gieten.

De hoeveelheid wat opnieuw geperst moet worden is de 246 ton.

Voor het transport is er 246 ton dat getransporteerd moet worden van Dilsen-Stokkem naar Kerkrade en van Kerkrade naar Dilsen-Stokkem. Deze afstand is heen en weer 84 km. Dit geeft een hoeveelheid van 20664 tonkm. Voor de eco-indicator van een transportmiddel kijken is te zien in Bijlage L. Op een vrachtwagen kan men ongeveer 15 ton laden [13].

Het resultaat van wat volgt uit de matrix van Ecolizer 2.0 is 93847.84 Pt/jaar, dit is 100%. Als we nu de milieu impact per % willen weten delen we 93847.84 [Pt/jaar]/100 dit geeft 938.48 Pt/jaar. Dus per percentage blaarvorming dat men kan verminderen belast men het milieu met 938.48 Pt/jaar minder.

7.3 Potentiële kost en impactverminderingen

De hoeveelheid schroot door blaarvorming is op basis van de cijfers van blaarvorming uit 2016. De percentages blaarvorming die te wijten zijn aan de verbetering van de dubbele blok volgt uit de thesis van vorig jaar [4]. Voor de tweede kolom, het percentage dat vermindert kan worden door de aanpassing van de stuikcyclus is bekomen op basis van de data, 100 bijgehouden parameters waarvan 20 meetpunten met blaren te wijten zijn aan de stuikcyclus vandaar ongeveer 20% zie Tabel 12. Voor het percentage minder blaarvorming voor het schaarmechnisme is gekeken naar de cijfers van E-Max Gullegem. Nadat zij het schaarmechnisme ontdekt hebben op hun pers, is het percentage blaarvorming daar met $\pm 50\%$ gedaald.

Tabel 12: Overzichttabel potentiële oplossingen met bijhorende winst

Verbetering	Percentage blaarvorming te wijten aan verbetering [%]	Potentielle oplossing geeft hoeveelheid euro besparing [€/jaar]	Potentielle oplossing geeft hoeveelheid eco punten besparing [Pt/jaar]
Dubbele blok [4]	48	124179,52	45046,96
Stuikcyclus	20	51741,47	18769,57
Schaarmechnisme Gullegem	50	129353,67	46923,92
Totaal (gemiddeld)		305274,66	110740,45

Door de potentiële oplossingen toe te passen op het proces ziet men dat er een winst van 305274,66 € / jaar kan gerealiseerd worden. Op ecologisch vlak belast men het milieu met 110740,45 Pt/jaar minder.

7.4 Besluit

Door de bekeken oorzaken in deze bundel: de stuikcyclus en het schaarmechnisme op te lossen heeft het bedrijf per jaar een winst van 305274,66 € en belast men het milieu minder met 110740,45 Pt. Deze getallen zijn inclusief de oplossing van de dubbele blok. Zonder de dubbele blok bekomen we een kostenverlaging tot 181095,14 €/jaar en een milieu-impact die vermindert met 65693,49 ecopunten.

8 Besluit

In opvolging van de thesis van vorig jaar "Onderzoek naar het ontstaan en reduceren van luchtinsluitingen tijdens het extrusieproces" [4], een verdere daling van het percentage schroot ten gevolge van blaarvorming.

De eerste doelstelling van deze masterproef was de stuikcyclus analyseren en verbeteringen vinden hiervoor. Hiervoor moest eerst data verzameld worden. Deze data is verzameld door de relevante procesparameters aan pers D2 bij te houden. Als er zich blaren op het profiel vormde bij de ingestelde parameters werd dit genoteerd. Hierna is de bijgehouden data geanalyseerd. Uit analyse blijkt dat er soms een verkeerde stuiksnelheid gebruikt wordt. Vanaf een blok lengte van 1075 mm moet er een lagere stuiksnelheid ingesteld worden. Men moet hier namelijk stuiken met een stuiksnelheid van 90%, tot een blok lengte van 1200 mm. Vanaf een blok lengte van 1200 mm moet er gestuikt worden met een stuiksnelheid van 50% zie Tabel 13.

Tabel 13: Tabel operatoren

Blok lengte [mm]	Stuiksnelheid [%]
650-1075	100
1075-1200	90
1200-1280	50

Er kunnen ook lagere stuiksnelheden de oplossing zijn voor een lagere blaarvorming maar bovenstaande stuiksnelheden zijn het meest optimaal d.w.z. dat deze de hoogste productiviteit hebben. Een andere parameter die betrekking heeft op de stuikcyclus is de stuikdruk. Uit analyse blijkt dat soms een verkeerde stuikdruk gebruikt wordt. Voor holle matrijzen en voor profielen die gespreid moeten worden moet er namelijk een hogere stuikdruk ingesteld worden. Dit omdat de profielen die gespreid (spreiden betekend dat het profiel naar buiten toe zich gaat vormen, de inloop van de matrijs is 240mm maar er zijn ook profielen van 300mm) moeten worden naar buiten toe geperst moeten worden. Verder heeft de stuikdruk geen invloed op blaarvorming. De inloop van de matrijs is maximum 240mm. Is het groter dan deze maat dan moet men spreiden. Hierboven moet dus een hogere stuikdruk toegepast worden.

Door deze procesparameters aan te passen kan men per percentage blaarvorming dat vermindert wordt, 2587,07 € en 938,48 ecopunten uitsparen per jaar. Mogelijk vindt er door deze parameters aan te passen een theoretische vermindering van 20 % van de totale schroot blaarvorming in jaar 2016 plaats. Bijgevolg kan dit een jaarlijkse uitsparing opleveren van 51741,47 € en 18769,57 ecopunten.

De tweede doelstelling was het analyseren en verbeteren van het schaarmechanisme. Dit kon een mogelijke oorzaak zijn van blaarvorming. Uit literatuurstudie bleek dat er verschillende soorten schaarbladen [9] op de markt zijn. Verder is de afdruk op de persrest na het afscharen geanalyseerd. Hieruit was het besluit dat de persrest niet volledig afgesneden wordt door het schaarblad maar dat deze ervan af wordt geduwd.

Een mogelijke potentiële oplossing wat uit de literatuurstudie en de analyse van de persrest na het afscharen volgt, was een nieuw ontwerp van het schaarblad. Het nieuwe ontwerp van het schaarblad heeft twee snijkanten aan de zijkanten en is 4 cm langer (zie Figuur 14 en Bijlage E), waardoor het mogelijk dieper gaat snijden. Het nieuwe schaarblad werd geproduceerd maar is niet getest kunnen worden. Dit heeft de productieleiding beslist omdat er enkele externe redenen zijn waardoor de verbetering van het schaarblad niet eenduidig zou kunnen vastgelegd worden.

Een ander mogelijke oplossing voor het schaarmechanisme is een principe schaarmechanisme gebruiken zoals er in E-Max Profiles te Gullegem wordt toegepast. Dit schaarmechanisme wordt continu tegen de matrijs getrokken met een cilinder waardoor er weinig speling is tussen schaarblad en matrijs. Na het afscharen komt het schaarblad los van de matrijs. Deze cyclus herhaalt zich telkens. Dit schaarmechanisme is begin dit jaar geïmplementeerd bij E-Max Profiles Gullegem en daar vindt een vermindering van $\pm 50\%$ van de schroot door blaarvorming plaats. Mogelijk door dit principe te gebruiken binnen E-Max Profiles te Dilsen-Stokkem gaat de schroot door blaarvorming ook hier verminderen. Mogelijk vindt er theoretisch dan een schroot vermindering door blaarvorming plaats van 50%. Dit resulteert in een besparing van 129353,67 € en 46923,92 ecopunten.

De derde doelstelling was de persschijf analyseren. Deze is in het begin bekeken samen met de stuikcyclus. Maar verder moesten er keuze gemaakt worden en is enkel de stuikcyclus en het schaarmechanisme bekeken.

Door deze oorzaken: de stuikcyclus en het schaarmechanisme op te lossen heeft het bedrijf per jaar een winst van 305274,66 € en belast men het milieu minder met 110740,45 Pt. Deze getallen zijn inclusief de oplossing van de dubbele blok. Zonder de dubbele blok bekomen we een kostenverlaging tot 181095,14 €/jaar en een milieu-impact die vermindert met 65693,49 ecopunten.

Bibliografie

- [1] „E-Max Sustainable Aluminium,” E-Max, 2010. [Online]. Available: <http://www.e-max.be/NL/Corporate/Historiek.aspx>. [Geopend 12 december 2016].
- [2] „E-Max Sustainable Aluminium,” E-Max, 2010. [Online]. Available: <http://www.e-max.be/NL/Corporate/WieZijnWe.aspx>. [Geopend 12 december 2016].
- [3] „E-Max Sustainable Aluminium,” E-Max, 2010. [Online]. Available: <http://www.e-max.be/NL/Corporate/Home.aspx>. [Geopend 12 december 2016].
- [4] D. Vanderveken. L. Kempeneers, Masterproef: Onderzoek naar het ontstaan van luchtinsluitingen tijdens het extrusieproces, UHasselt, 2016.
- [5] P. T. Moe, Pressure and Strain: Measurement During Hot Extrusion of Aluminium, Trondheim: Norwegian University of Science and Technology, March 2015.
- [6] „Wikipedia,” [Online]. Available: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Aluminium>. [Geopend 24 Mei 2017].
- [7] C. E. 2016.
- [8] „Hego,” stainless steel en aluminium, [Online]. Available: <http://hego.nl/producten/aluminium-kwaliteiten/aluminium-6060/>. [Geopend 17 Mei 2017].
- [9] C. Moor, „Capalex,” Capital Aluminium Extrusions Limited, 2015. [Online]. Available: <http://www.capalex.co.uk/extrusion.html>. [Geopend 15 3 2017].
- [10] A. A. A. e. council, Shaping the future of aluminium extrusion technology, Chicago, 2000.
- [11] Castool, „Castool tooling systems,” Castool, [Online]. Available: <http://www.castool.com/product/shear-blades>. [Geopend 17 Mei 2017].
- [12] R. Vanstraelen, Classificatie en clustering van aluminium profielen, Diepenbeek: UHasselt, Academiejaar 2015 – 2016.
- [13] K. Hendriks, *mondeling overleg*, 2017 11 mei.
- [14] O. i. VITO, „Ecolizer 2.0”.
- [15] R. H. A. D. S. J. S. a. R. V. Z. Goedkoop M.J., „Recipe 2008,” A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level, First edition Report I: Characterisation; 6 January 2009. [Online]. Available: <http://www.lcia-recipe.net>.
- [16] Ecoinvent, „Ecoinvent database,” Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Duebendorf Switzerland 2013. [Online]. Available: <http://www.ecoinvent.ch/>.

[17] C. A. P. W. M. R. P. E. o. L. G. A. S. R. A. C. v. t. E. P. L. M. A. 6. N. (. 1.-1. Van Geertruyden W. H..

[18] C. engineering, Artist, *shear group*. [Art]. E-Max Profiles Gullegem.

[19] R.Hostens, Artist, *Shear blade*. [Art]. E-Max Profiles Gullegem.

Bijlagen

Bijlage A: Data uit observatie

<i>Steekproef nr.</i>	<i>Datum</i>	<i>Profiel nr.</i>	<i>Bloklengte [mm]</i>	<i>Stuikdruk [bar]</i>	<i>Stuiksnelheid [%]</i>	<i>Persrest [mm]</i>	<i>Aantalblokken</i>	<i>Dubbele blok</i>	<i>Blaren (ja / nee)</i>	<i>Soort matrijs</i>
1	23/11/2016	11129/2	1151	150	100	40	12	ja/nee	ja/nee	vlak matrijs
2		17391/1	1221	150	100	40	2	nee	nee	hol matrijs
3		691/1	1206	150	100	35	12	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
4		16015/4	1221	150	100	35	40	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
5		17326/1	942	150	100	35	4	nee	nee	hol matrijs
6		17271/1	1199	150	100	35	4	nee	nee	vlak matrijs
7		16815/1	1181	150	100	40	2	nee	nee	hol matrijs
8		17285/1	821	150	100	40	4	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
9		94/5	864	150	100	40	14	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
10		10159/14	1186	150	100	40	34	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
11	30/11/2016	11116/5	1238	150	100	30	9	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
12		2845/1	1160	150	100	40	23	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
13		13248/7	1080	150	100	40	16	ja/nee	ja/ja	hol matrijs

14		1551/1	1230	150	100	40	6	ja/nee	ja/ja	vlak matrijs
15		17103/1	1172	150	100	40	22	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
16	7/12/2016	14670/1	1130	150	80	30	17	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
17		15508/3	896	150	80	30	18	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
18		2671/1	1001	150	80	40	20	ja/nee	nee/nee	hol matrijs
19		13248/7	1183	150	80	40	23	ja/nee	nee/nee	hol matrijs
20		7607/27	1071	150	80	40	45	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
21		15509/2	1112	150	80	40	18	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
22		15519/1	913	150	80	40	12	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
23		16324/1	1137	150	80	30	24	ja/nee	ja/nee	vlak matrijs
24	14/12/2016	17320/1	1076	100	80	40	3	ja/nee	nee/nee	vlak matrijs
25		17103/1	1152	100	80	40	43	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
26		14678/1	1136	100	80	30	27	ja/nee	ja/ja	vlak matrijs
27		15509/2	1139	100	80	40	12	ja/nee	ja/ja	hol matrijs

28		16527/1	993	100	80	40	12	nee	nee	vlak matrijs
29		3982/1	1205	100	80	40	8	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
30		12041/14	1228	100	80	30	24	ja/nee	ja/ja	vlak matrijs
31		17271/1	1074	100	80	30	4	nee	nee	vlak matrijs
32		16972/2	1054	100	80	30	2	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
33	15/02/2017	9174/7	799	140	100	40	14	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
34		17464/1	1011	140	100	40	6	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
35		14099/1	1261	120	100	40	9	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
36		9175/9	810	150	80	40	12	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
37		10723/1	1002	100	80	40	10	ja/nee	nee/nee	hol matrijs
38		9175/10	837	150	80	40	41	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
39		9174/7	886	140	80	40	18	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
40	16/02/2017	2755/12	1183	150	100	30	72	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
41	22/02/2017	9142/1	1183	150	100	30	9	ja/nee	nee/nee	vlak matrijs

42		2755/9	1167	150	100	40	11	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
43		17355/1	918	150	100	40	11	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
44	23/02/2017	11250/5	952	150	50	40	43	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
45		12041/14	1224	150	50	30	24	ja/nee	ja/nee	vlak matrijs
46		7780/4	876	100	100	40	11	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
47		9843/1	984	100	100	30	10	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
48		16493/2	1034	100	100	30	2	ja/nee	nee/nee	hol matrijs
49		11250/5	952	100	100	40	40	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
50	1/03/2017	17551/1	1083	150	100	40	4	nee	nee	hol matrijs
51		16105/4	849	150	100	40	24	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
52		2034/1	1156	150	100	40	10	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
53		131/10	1117	150	100	40	14	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
54		14170/1	1156	100	100	40	8	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
55		16117/1	1073	150	100	40	9	ja/nee	ja/ja	hol matrijs

56		15513/5	788	150	100	40	24	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
57		15127/1	1013	150	100	30	18	ja/nee	ja/nee	vlak matrijs
58		978/1	898	150	100	30	12	ja/nee	nee/nee	hol matrijs
59		3103/1	1184	150	100	40	10	ja/nee	nee/nee	hol matrijs
60		3406/2	960	150	100	40	10	ja/nee	nee/nee	hol matrijs
61		16510/1	975	150	100	40	10	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
62		11339/1	1195	150	100	30	8	ja/nee	ja/ja	vlak matrijs
63	2/03/2017	9432/2	937	100	100	30	53	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
64		17122/1	765	100	100	30	6	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
65		17222/1	1171	100	100	30	16	ja/nee	ja/ja	vlak matrijs
66		12617/12	1077	100	100	30	29	ja/nee	ja/nee	vlak matrijs
67		9432/2	937	100	100	30	70	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
68		16527/1	983	100	100	40	20	ja/nee	ja/nee	vlak matrijs
69	8/03/2017	2690/3	1252	100	100	40	2	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
70		15531/4	1170	100	100	30	4	nee	ja	hol matrijs

71		15991/1	1132	100	100	30	9	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
72		289/1	1133	100	100	30	9	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
73		12736/2	1024	100	80	40	10	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
74		3410/1	1221	100	80	40	8	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
75		92/8	909	100	80	40	16	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
76		16936/1	1034	150	80	40	16	nee	nee	vlak matrijs
77		16527/1	978	100	80	35	12	ja/nee	ja/nee	vlak matrijs
78		17452/1	1213	150	80	30	18	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
79		10111/4	756	100	80	30	24	ja/nee	ja/nee	vlak matrijs
80	9/03/2017	2846/1	1050	150	80	35	86	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
81		16383/3	893	150	80	40	78	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
82	15/03/2017	8864/3	1044	140	100	35	24	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
83		16690/1	1095	100	100	40	17	ja/nee	ja/ja	vlak matrijs
84		11773/1	885	100	100	30	18	ja/nee	nee/nee	hol matrijs

85		9907/6	1107	150	100	40	30	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
86		11116/6	1200	150	100	40	29	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
87	16/03/2017	17255/2	788	100	100	40	8	nee	nee	vlak matrijs
88		340/2	1194	150	100	40	8	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
89		16114/1	850	120 (150)	100	40	17	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
90		9708/1	1233	100	100	40	10	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
91		13434/2	1026	150	100	30	21	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
92	22/03/2017	17319/1	985	100	100	40	8	ja/nee	nee/nee	vlak matrijs
93		15378/1	1101	150	100	30	9	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
94		9020/2	1204	150	100	40	3	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
95		16195/1	1141	150	100	40	15	ja/nee	ja/ja	vlak matrijs
96		17242/1	1008	150	100	40	12	ja/nee	ja/ja	hol matrijs
97		10105/7	1098	150	100	30	16	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
98		4206/1	969	100	100	40	18	ja/nee	ja/nee	hol matrijs

99	9315/2	867	100	100	40	30	ja/nee	ja/nee	hol matrijs
100	2156/1	1163	100	100	40	8	ja/nee	nee/ja	vlak matrijs
101	12782/3	741	100	100	40	16	ja/nee	nee/nee	hol matrijs

Bijlage B: Vlakmatrijs

Vergelijkbaar profiel	Profiel nr.	Gewicht [kg/m]	Breedte profiel [mm]	Bloklengte [mm]	Stuikdruk [bar]	Stuiksnelheid [%]	
	11129/2	9,35		1151	150	100	geen blaren
	17271/1	3,05		1199	150	100	geen blaren
13033/14413/9267	1551/1	7,963	76	1230	150	100	Blaren
	16324/1	18,66		1137	150	80	geen blaren
	17320/1	6,12		1076	100	80	geen blaren
Spreiden 17074/11896/13844/12617(breed 306mm)	14678/1	4,008	312	1136	100	80	blaren
	16527/1	2,8		993	100	80	geen blaren
	12041/14	19,534	270	1228	100	80	blaren
	17271/1	3,05		1074	100	80	geen blaren
	9142/1	3,16		1183	150	100	geen blaren
	12041/14	19,534		1224	150	50	geen blaren
	15127/1	2,68		1013	150	100	geen blaren
11950/16690/16875/9650/16081	11339/1	3,408	120	1195	150	100	blaren
14991/4422/11896/12617	17222/1	3,94	261,5	1171	100	100	Blaren
Spreiden	12617/12	2,757	306	1077	100	100	geen blaren
	16527/1	2,8		983	100	100	geen blaren
	16936/1	14,8		1034	150	80	geen blaren
	16527/1	2,89		978	100	80	geen blaren
	10111/4	1,96		756	100	80	geen blaren
11339	16690/1	3,034	80	1095	100	100	blaren
	17255/2	4,89		788	100	100	geen blaren
	17319/1	10,47		985	100	100	geen blaren
14459/14550/13382	16195/1	3,006	67,4	1141	150	100	blaren
17031/12194/14780	2156/1	3,264	40	1163	100	100	blaren

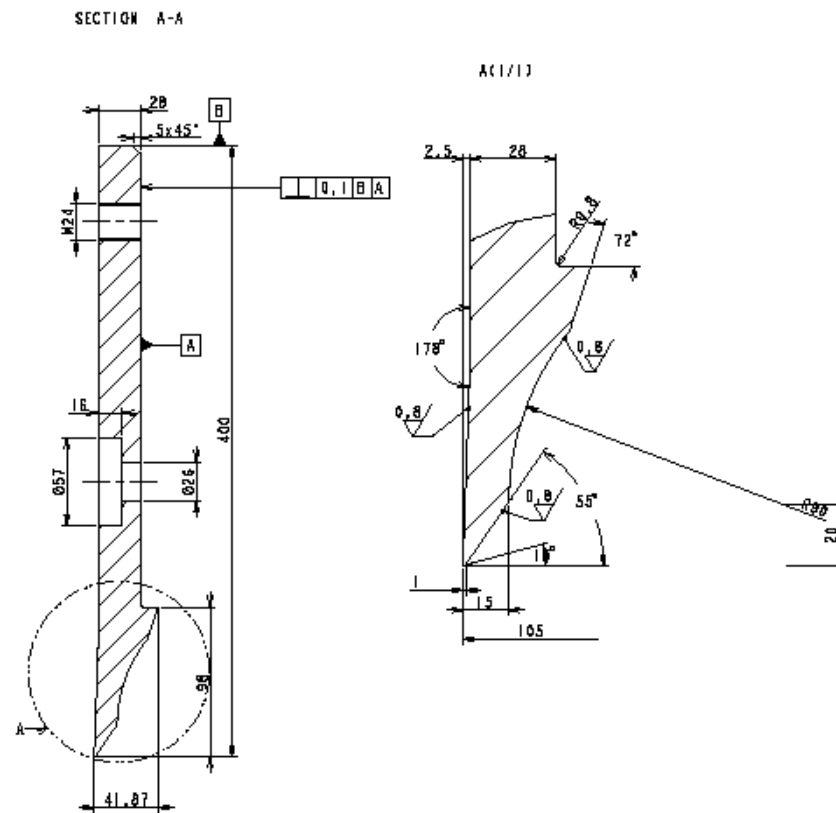
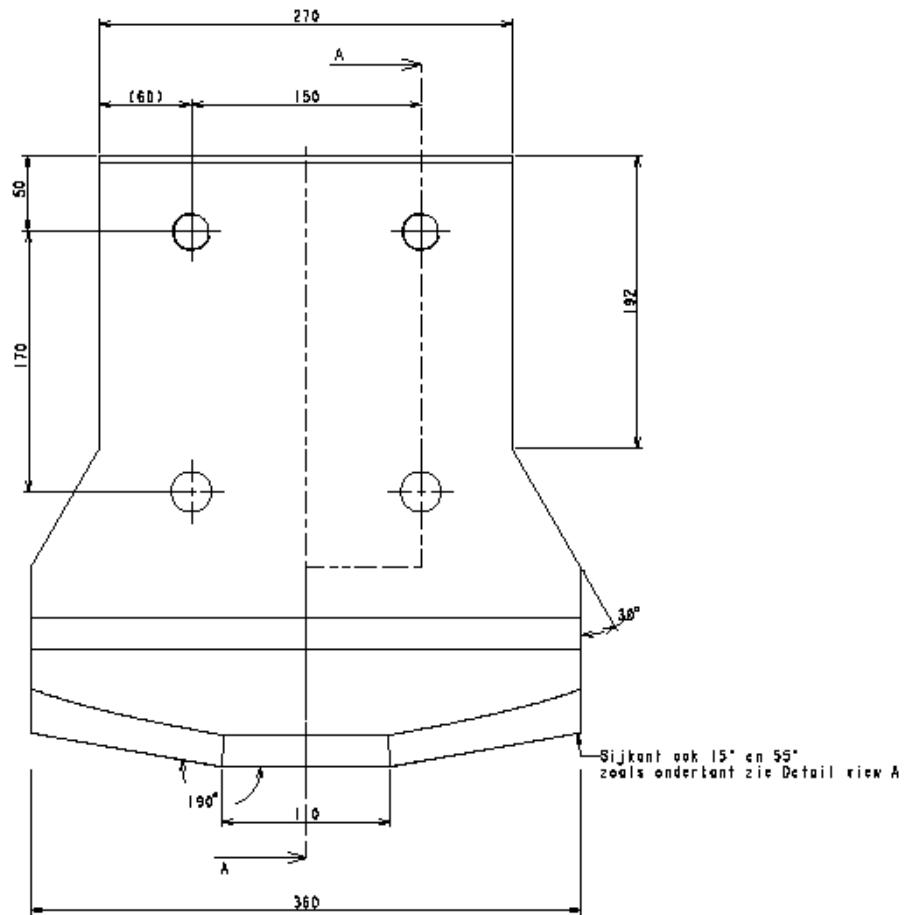
Bijlage C: Hol matrijs

Vergelijkbaar profiel	Profiel nr.	Gewicht [kg/m]	Breedte profiel [mm]	Bloklengte [mm]	Stuikdruk [bar]	Stuiksnelheid [%]	
	17391/1	3,16		1221	150	100	geen blaren
	691/1	7,735	100	1206	150	100	blaren
	16015/4	3,34		1221	150	100	geen blaren
	17326/1	2,4		942	150	100	geen blaren
	16815/1	2,94		1181	150	100	geen blaren
12233/13777/16151/16683/8307/9175 (breedte: 88mm)	17285/1	4,622	86	821	150	100	blaren
	94/5	2,48		864	150	100	geen blaren
	10159/14	3,13		1186	150	100	geen blaren
	11116/5	4,12		1238	150	100	geen blaren
3930/15276/12132/12008/14198/12858	2845/1	3,522	100	1160	150	100	blaren
	13248/7	3,056	115	1080	150	100	blaren
11868/15366/15897/8252	17103/1	6,38		1172	150	100	geen blaren
11374/15208/13281	14670/1	3,684	40	1130	150	80	blaren
16261/15390/15534/12559	15508/3	8,455	100	896	150	80	blaren
	2671/1	6,52		1001	150	80	geen blaren
	13248/7	3,05		1183	150	80	geen blaren
	7607/27	2,672		1071	150	80	geen blaren
	15509/2	9		1112	150	80	geen blaren
	15519/1	2,64		913	150	80	geen blaren
	17103/1	3,428	221	1152	100	80	blaren
16577/10534	15509/2	9,029	100,1	1139	100	80	blaren
13118/8788	3982/1	1,549	52	1205	100	80	blaren
17144/12023/16042/16742	16972/2	3,009	159	1054	100	80	blaren
8708/13173/1480/16685/16817/934	9174/7	4,425	88	799	140	100	blaren
9485	17464/1	5,051	69	1011	140	100	blaren
15590/13434 (breedte: 238mm)/11697/12009	14099/1	3,88	234	1261	120	100	blaren
	9175/9	5,073	88	810	150	80	geen blaren
	10723/1	3,85		1002	100	80	geen blaren
	9175/10	5,07		837	150	80	geen blaren
	9174/7	4,42		886	140	80	geen blaren

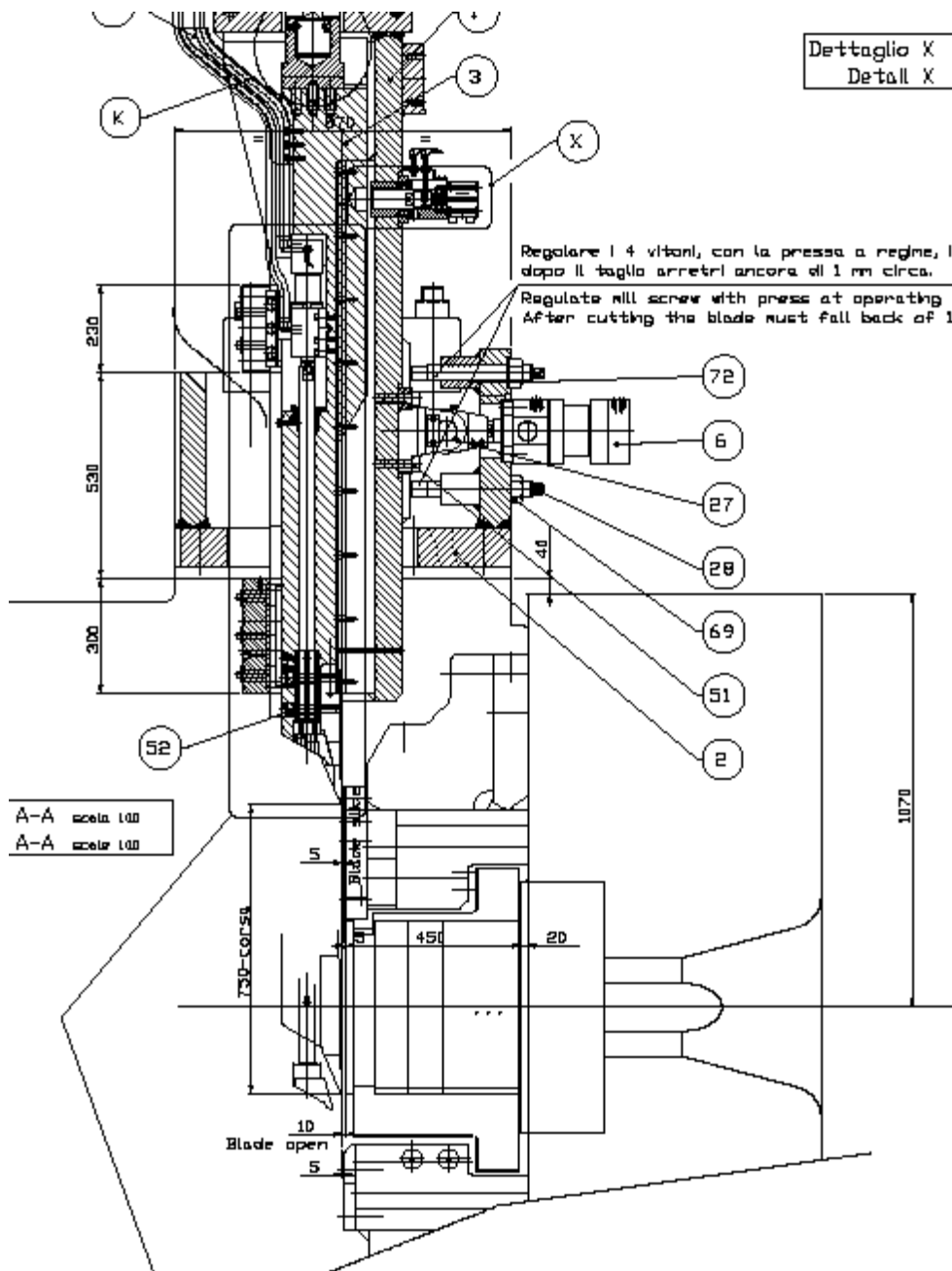
	2755/12	3,57		1183	150	100	geen blaren
9139/8227/2836/10792/10728/16653	2755/9	3,573	100	1167	150	100	blaren
8134/10179/9407/11641/10108	17355/1	2,66	51	918	150	100	blaren
17474/13401	11250/5	2,498	70	952	150	50	blaren
12522/10743/9070/17576/8253/10868	7780/4	2,644	27	876	100	100	blaren
17315/16944/11108	9843/1	2,563	63,5	984	100	100	blaren
	16493/2	2,83		1034	100	100	geen blaren
	11250/5	2,48		952	100	100	geen blaren
	17551/1	3,08		1083	150	100	geen blaren
12169/17494/15874/16539/16107/14560	16105/4	2,324	125	849	150	100	blaren
16362/14174	2034/1	3,352	30	1156	150	100	blaren
	131/10	3,08		1117	150	100	geen blaren
	14170/1	2,99		1156	100	100	geen blaren
16329/8983/16479/17391(breedte: 47mm)	16117/1	2,948	49	1073	150	100	blaren
10729	15513/5	4,656	150	788	150	100	blaren
	978/1	4,52		898	150	100	geen blaren
	3103/1	3,18		1184	150	100	geen blaren
	3406/2	2,6		960	150	100	geen blaren
	16510/1	2,9		975	150	100	geen blaren
	9432/2	4,78		937	100	100	geen blaren
11913	17122/1	4,634	106,5	765	100	100	blaren
	9432/2	4,78		937	100	100	geen blaren
16913	2690/3	5,962	160	1252	100	100	blaren
15532/10855	15531/4	3,434	144,2	1170	100	100	blaren
15872/16305/15821/15911	15991/1	3,276	60	1132	100	100	blaren
	289/1	3,78		1133	100	100	geen blaren
924/9410	12736/2	2,795	142	1024	100	80	blaren
14122/16313/16728/7458/17591/8270	3410/1	3,324	54	1221	100	80	blaren
13667/12888/17180/8266	92/8	2,46	51	909	100	80	blaren
14726	17452/1	11,182	166,36	1213	150	80	blaren
	2846/1	3,4		1050	150	80	geen blaren
16407/16379/16380/16378	16383/3	4,796	90	893	150	80	blaren
	8864/3	8,4		1044	140	100	geen blaren
	11773/1	4,64		885	100	100	geen blaren
	9907/6	7,06		1107	150	100	geen blaren

	11116/6	4,12		1200	150	100	geen blaren
	340/2	3,31		1194	150	100	geen blaren
15152/11173/16129	16114/1	2,47	94	850	120	100	blaren
	9708/1	16,551	200	1233	100	100	blaren
	13434/2	4,281	238	1023	150	100	geen blaren
11537/14335	15378/1	3,71	56	1101	150	100	blaren
	9020/2	3,36		1204	150	100	geen blaren
11815/17196/11965/17157	17242/1	4,066	100	1008	150	100	blaren
	10105/7	2,98		1098	150	100	geen blaren
	4206/1	6,3		969	100	100	geen blaren
	9315/2	4,37		867	100	100	geen blaren
	12782/3	4,6		741	100	100	geen blaren

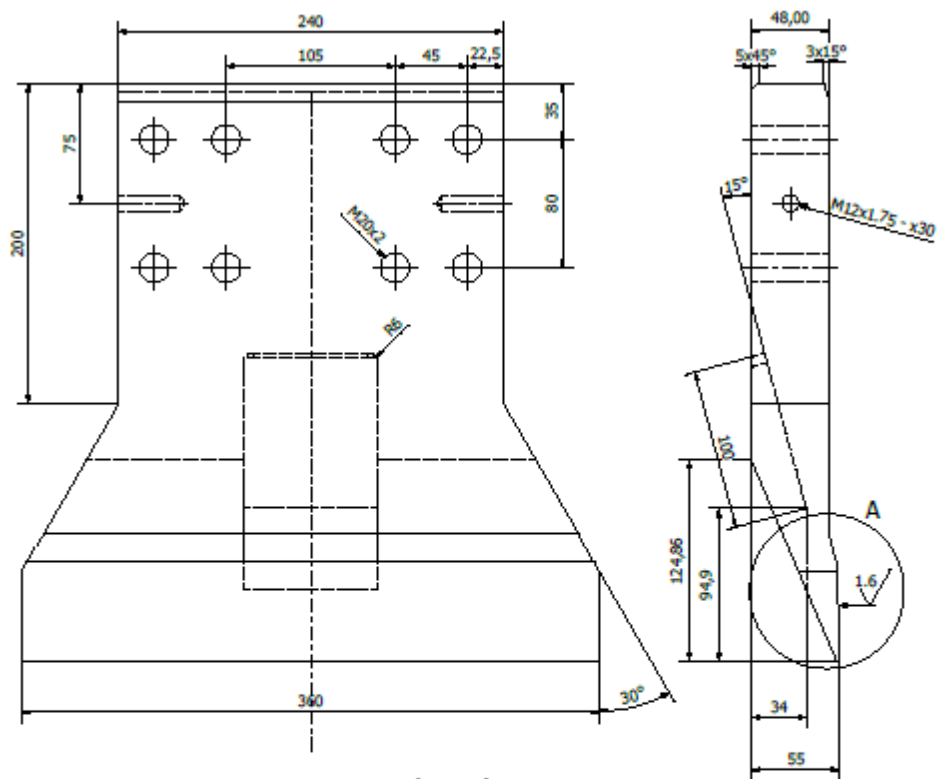
Bijlage E: Nieuw ontwerp schaarblad



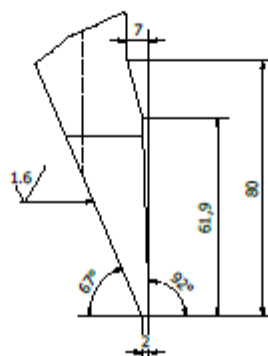
Bijlage F: Schaarmechnisme Profiles E-Max Gullegem [12]



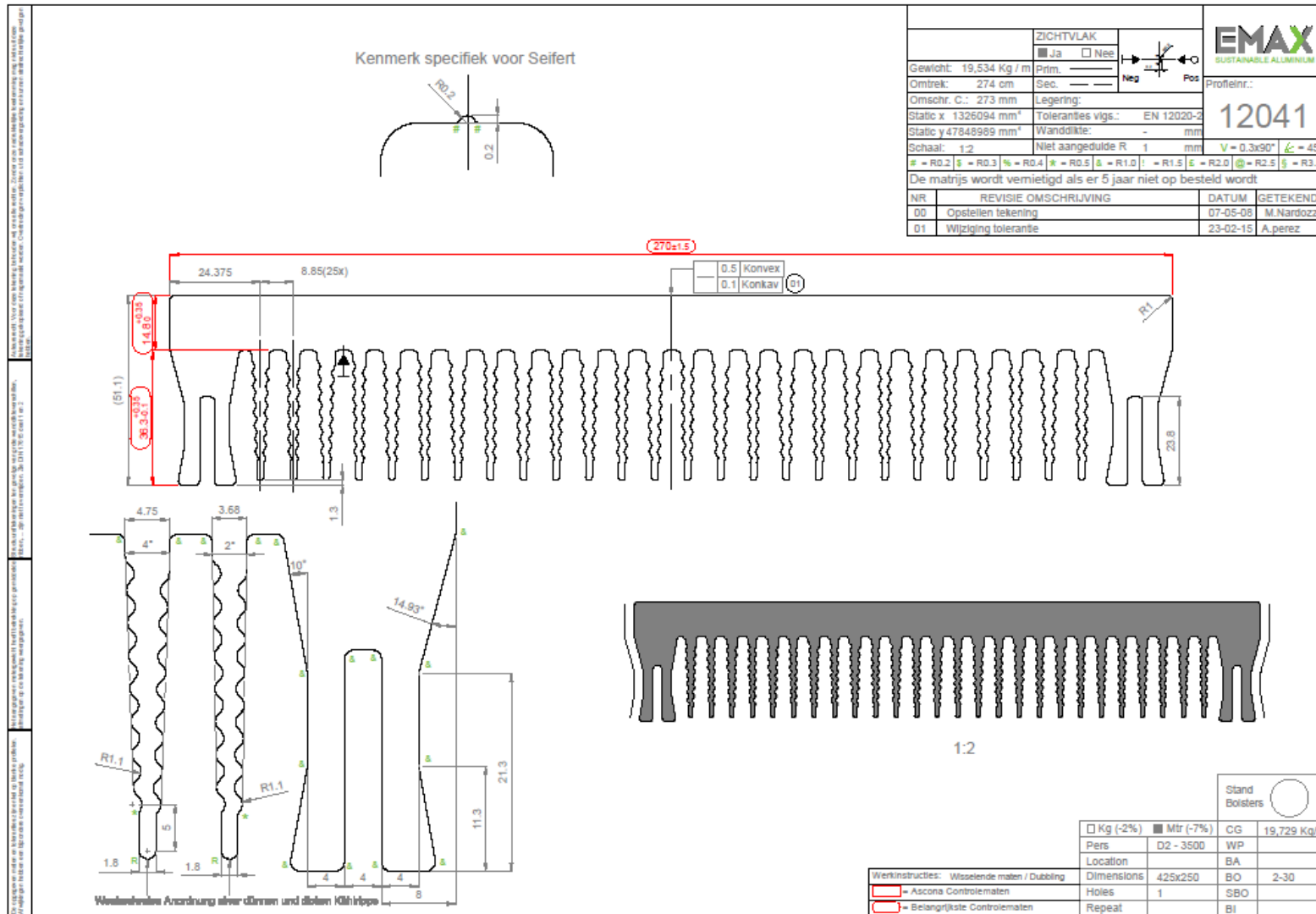
Bijlage G: Schaarblad E-Max Profiles Gullegem [13]



A (1:1)



Bijlage H: Matrijs nummer 12041



Bijlage K: Ecolizer aluminium

PRODUCTIE	mPt/kg
<i>primair aluminium/kg</i>	
aluminium**	1045
aluminium - legering EN AW 5754 (AlMg3)/kg	439
100% gerecycleerd	
uit post consumer-afval	134
uit productie-afval	45
BEWERKING	mPt
anodiseren/m ²	338
booglassen/m	18
boren, CNC*/kg	868
boren, conventioneel/kg	848
buigen/cm	0,8
coquillegieten	dnb
dieptrekken, automode/kg	26 (!)
dieptrekken, 650 kN, single stroke/kg	28 (!)
dieptrekken, 3500 kN, single stroke/kg	30 (!)
dieptrekken, 10000 kN, single stroke/kg	36 (!)
dieptrekken, 38000 kN, single stroke/kg	38 (!)
draaien CNC*/kg	942
draaien, conventioneel/kg	861
drukvormen/kg	11 (!)
emalleren/m ²	841 (!)
frezen/kg	874
friction stir welding	dnb
gieten, continu, hoge druk/kg	382
gieten, zand, lage druk/kg	27
koudtrekken (pultrusie)	dnb
lasersnijden/m (4 mm staal)	dnb
persen/kg	40 (!)
precipitatie harding	dnb
poeder coaten/m ²	337
profiel extruderen/kg	92
profileren	dnb
puntlassen/pt	4,7
slagextrusie (koud), 1 stroke/kg	75
slagextrusie (koud), elke extra stroke/kg	27
smeden	dnb
selectief coaten van plaat - nikkel - aluminium oxide/m ²	550
stansen/knippen/cm ²	0,0064
walsen tot plaatmateriaal/kg	53
ultrasoon lassen/m	0,17 (!)
RECYCLAGE	mPt/kg
proces	130
uitgespaard primair materiaal	-1045
totaal	-915 (!)
AFVALVERWERKING	mPt/kg
scenario afvalverwerking in EU	26 (!)

* Computer Numerical Control.

** Primair materiaal + 1% Cr, 1% Mn, 1% Mo, 1% Ni.

Bijlage L: Ecolizer transport

	<i>mPt</i>
<i>weg</i>	
bestelbus <3.5t/tkm	186
vrachtwagen >16t (Eur4)/tkm	15
vrachtwagen >32t (Eur4)/tkm	12
<i>spoor</i>	
trein (vrachttransport)/tkm	3,9
<i>water</i>	
tanker (binnenland)/tkm	4,4
vrachtschip (binnenland)/tkm	4,7
tanker (ocean)/tkm	0,6
vrachtschip (ocean)/tkm	1,3
<i>lucht</i>	
continentaal vliegtuig (vracht)/tkm	181
helikopter transport (opstijgen en landen)/stuk	14637
helikopter transport (vliegtijd)/uur	8601
intercontinentaal vliegtuig (vracht)/tkm	99

* Inclusief de productie van brandstoffen.
Indicatoren berekend per tkm (ton kilometer,
dus het vervoeren van een ton over een kilometer).

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Reduceren van luchtinsluitingen in aluminium extrusieprofielen

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektromechanica**
Jaar: **2017**

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,

Haex, Philip

Datum: **2/06/2017**