

2018 • 2019
Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterthesis

Analyse en optimalisatie van een theevoerbeproeftoestel

PROMOTOR :

Prof. dr. ir. Wim DEFERME

PROMOTOR :

Dhr. Kodzo Antoine DZAMAH

COPROMOTOR :

Dhr. Arsène ATTIDOKPO

BEGELEIDER :

Mevr. Ria ETIENNE

Jeroen Hermans, Kristof Jorissen

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

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



KU LEUVEN



KU LEUVEN

2018•2019

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterthesis

Analyse en optimalisatie van een theevoerwerkingsproces

PROMOTOR :

Prof. dr. ir. Wim DEFERME

PROMOTOR :

Dhr. Kodzo Antoine DZAMAH

COPROMOTOR :

Dhr. Arsène ATTIDOKPO

BEGELEIDER :

Mevr. Ria ETIENNE

Jeroen Hermans, Kristof Jorissen

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



KU LEUVEN

Woord vooraf

In het academiejaar 2018-2019 hebben wij, Jeroen Hermans en Kristof Jorissen, onze masterproef uitgevoerd in Sichem, Togo. Deze masterproef werd verwezenlijkt onder de vorm van een ontwikkelingsproject voor de vzw Students for Energy in Africa. In samenwerking met deze vzw en de vzw Togo Debout hebben wij het theeverwerkingsproces van de Artemisia plant onderzocht en geoptimaliseerd. Wij hebben een kleine, mobiele hakselaar ontworpen en gerealiseerd die het verwerkingsproces over het algemeen vereenvoudigt.

De ervaringen die we tijdens deze masterproef hebben opgedaan zullen ongetwijfeld nuttig zijn voor onze latere ondernemingen in de bedrijfswereld. We leerden omgaan met zeer beperkte middelen en grote cultuurverschillen. Alsook zochten we telkens naar een oplossing voor de problemen die opdoken bij de realisatie van een ontwerp. Eveneens het communiceren met de lokale bevolking was een enorme uitdaging.

Deze masterproef was niet mogelijk geweest zonder de assistentie en insteek van anderen. We willen daarom enkele mensen uitdrukkelijk bedanken.

Ten eerste willen we Prof. Dr. Ir. Wim Deferme bedanken om ons de mogelijkheid te geven om dit project uit te voeren en voor de ondersteuning die hij ons heeft gegeven van de start tot het einde van het project.

Ten tweede bedanken we de vzw Students for Energy in Africa voor het mogelijk maken van dit project en de financiering van de gebruikte materialen en arbeid tijdens dit project.

Ten derde dank aan Ria Etienne en de vzw Togo Debout. Zij hebben het project aangereikt en ons verblijf van vertrek tot terugkomst geregeld.

Ten vierde willen we onze externe promotor Dr. Antoine Dзамah en de werknemers van Sichem bedanken voor de hulp en ondersteuning die ze tijdens ons verblijf in Sichem hebben gegeven. Ook Félix en Dominique willen we in het bijzonder bedanken voor hun tijd en het harde werk dat zij voor ons hebben geleverd.

Ten vijfde danken we de Universiteit Hasselt en de KULeuven, om ons de kans te geven om een stage in het buitenland te ondernemen.

Tenslotte willen we onze families, vrienden en alle andere stagiairs bedanken voor alle bijstand en ondersteuning die ze ons hebben gegeven.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Inhoudsopgave	3
Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	7
Abstract	9
Abstract in English	11
1 Inleiding	13
1.1 Sichem.....	13
1.2 Malaria en Artemisia.....	13
1.3 Doelstelling.....	14
2 Literatuurstudie	15
2.1 Malaria en Artemisia.....	15
2.2 Theeverwerking in Sichem	16
2.2.1 Huidige situatie	16
2.2.2 Optimalisatiemogelijkheden	19
2.3 Hakselaars.....	22
2.3.1 Haktrommelhakselaars.....	22
2.3.2 Schijfhakselaar	23
2.3.3 Conische schroefhakselaars	24
2.4 Vergelijking en beslissing hakselaar	24
3 Ontwerp	27
3.1 Algemeen	27
3.2 Invoer	30
3.3 Verwerking	31
3.3.1 Positionering.....	32
3.3.2 Snijbewerking.....	33
3.4 Uitvoer	35
3.5 Frame	36
3.6 Overbrengingen	36
4 Implementatie in Togo	39
4.1 Algemeen	39

4.2	Invoer.....	41
4.2.1	Invoerrollen.....	41
4.2.2	Frames met glijlagers	43
4.2.3	Tussen- en afschermingsplaten.....	46
4.3	Verwerking	47
4.3.1	Positionering.....	47
4.3.2	Snijbewerking.....	48
4.4	Uitvoer	52
4.5	Frame	54
4.6	Overbrengingen	56
4.7	Eindresultaat.....	61
5	Besluit.....	63
	Literatuurlijst	65
	Bijlage	67
	Ontwerptekeningen	67

Lijst van tabellen

Tabel 1: SWOT-analyse trommelhakselaar	25
--	----

Lijst van figuren

Figuur 1: Artemisia Annu (a) en Artemisia Afra (b).....	16
Figuur 2: Verwerkingsproces Artemisia in Sichem.....	18
Figuur 3: Verwerkingsproces in Sichem na implementatie mobiele hakselaar.....	20
Figuur 4: Patent Wood Chipper	22
Figuur 5: Dutch Dragon EC 10075	23
Figuur 6: Patent Disc Wood Chipper.....	23
Figuur 7: Doorsnede conische schroefhakselaar	24
Figuur 8: Concept trommelhakselaar	27
Figuur 9: Ontwerp hakselaar	28
Figuur 10: Ontwerp zonder behuizing: perspectief.....	29
Figuur 11: Ontwerp zonder behuizing: vooraanzicht.....	29
Figuur 12: Invoer vooraanzicht	30
Figuur 13: Onderkant invoer	30
Figuur 14: Invoer met afschermingen.....	31
Figuur 15: Verwerking vooraanzicht.....	31
Figuur 16: Constructie positionering	32
Figuur 17: Doorsnede snijtrommel	33
Figuur 18: Montage vast mes (links) en hoekprofiel (rechts)	34
Figuur 19: Behuizing.....	34
Figuur 20: Glijbaanconstructie.....	35
Figuur 21: Frame en wielen	36
Figuur 22: Overbrengingen hakselaar.....	37
Figuur 23: Tandwieloverbrenging.....	37
Figuur 24: Schets overbrengingen Vooraanzicht.....	38
Figuur 25: Schets overbrengingen Achteraanzicht.....	38
Figuur 26: Implementatie volledige machine.....	39
Figuur 27: Implementatie machine met behuizing open.....	40
Figuur 28: Implementatie invoer	41
Figuur 29: Afwerking rollen (a) en assen in rollen bevestigen (b)	42
Figuur 30: Invoerrollen geassembleerd (a) en rollen klaar en geleverd (b).....	43
Figuur 31: Rol met geleverde en gladde kant.....	43
Figuur 32: Platen en frames verven (a), binnenkant glijlager met verf (b), glijlager proper gemaakt (c), binnenkant glijlager te hard aangetast (d)	45
Figuur 33: Tussenplaten en afschermingsplaten.....	46
Figuur 34: Profielen met glijlagers voor positioneerrollen (a) en montage bovenrol en positioneerrol (b).....	47
Figuur 35: Montage onderste positioneerrol (a) en constructie positioneerrollen (b)....	48
Figuur 36: Trommel met twee inkepingen (a) en detailfoto van één inkeping (b)	49
Figuur 37: Gaten boren in trommel voor bevestiging messen (a) en afwerking as trommel (b)	50
Figuur 38: Assemblage trommel	50
Figuur 39: Montage vast mes.....	51
Figuur 40: Plaatmateriaal uitsnijden (a) en glijbaan plooiën (b)	52

Figuur 41: Montage glijbaan	53
Figuur 42: Lassen van het frame (a) en frame geassembleerd (b)	54
Figuur 43: Aanpassingen frame tijdens montage (a) en frame na montage (b)	55
Figuur 44: Lafert motor 370 Watt	56
Figuur 45: Aankoop van kettingwielen en riemwiel (a) en aankoop van riemen en riemwielen (b)	57
Figuur 46: Aankoop tandwielen	57
Figuur 47: Overbrengingen invoer links (a) en overbrengingen invoer rechts (b)	59
Figuur 48: Detailfoto overbrengingen rollen links (a) en detailfoto overbrengingen rollen rechts (b)	60
Figuur 49: Constructie van afscherming (a) en aanpassen van de afscherming (b)	61
Figuur 50: Nieuwe motor 1,5 kW	62

Abstract

Sichem is een landbouwgemeenschap in Togo waar mensen uit verschillende omliggende dorpen samenkomen om het land te bewerken en de oogst te verwerken. Een plant die in Sichem en de omliggende dorpen wordt geteeld, is Artemisia. Deze plant wordt verwerkt tot thee en/of capsules die de lokale bevolking weerstand biedt of geneest tegen de ziekte malaria. Het verwerkingsproces van de Artemisiaplant tot thee verloopt echter niet optimaal.

Deze masterproef focust op het analyseren van het verwerkingsproces en het optimaliseren waar mogelijk. Dit gebeurt door eerst het verwerkingsproces globaal te bestuderen. Vervolgens worden de knelpunten van het proces vastgesteld. Een specifiek knelpunt zal dan in deze masterproef verder uitgewerkt worden en in Sichem worden geïmplementeerd.

Deze masterproef concentreert zich op het knelpunt bij het hakselen van de Artemisia plant. Omdat alle dorpen hun oogst laten hakselen in Sichem, ligt er een grote druk op de snijmachine. Daarom wordt in deze masterproef een kleine hakselaar ontworpen en geïmplementeerd. Dit verlaagt de druk op de snijmachine in Sichem en elimineert transport van oogst tussen omliggende dorpen naar Sichem. Deze masterproef ontwikkelt een concept dat rekening houdt met de beperkte, beschikbare materialen en technieken in Togo. De hakselaar gebruikt een trommel om het gewas te hakselen. Tot slot bevat deze masterproef een verslag van de implementatie in Sichem waar benodigde aanpassingen aan het concept worden vermeld.

Abstract in English

Sichem is a community of farmers where nearby villages come together to cultivate and process crops. A plant that is cultivated in Sichem and the nearby villages is Artemisia. This crop is processed to tea and capsules that cures the locals of malaria and bolsters their immunity to it. This master's thesis focuses on analyzing and optimizing the processing of Artemisia.

First, the process is analyzed globally. Next, the bottlenecks of the process are determined. The thesis will then focus on one bottleneck. This bottleneck is studied thoroughly. Thereafter, a solution is designed and implemented.

This thesis investigates the congestion during the chopping of the harvest. All nearby villages use one woodchipper to chop their harvests, which leads to a heavy strain on the machine. A solution is designing and implementing a smaller woodchipper that can be placed in the nearby villages. This lowers the strain on the woodchipper and eliminates transport between the village and Sichem. This thesis develops a concept that takes the limited materials and tools in Togo into account. The designed woodchipper is of the barrel-variety. Lastly, this thesis contains a report on the construction of the machine, including necessary changes to the design.

1 Inleiding

1.1 Sichem

Togo is een land in West-Afrika dat pas onafhankelijk is verklaard in het jaar 1960, nadat het gekoloniseerd is geweest door zowel Duitsland als Frankrijk. Het grenst aan Ghana, Benin en Burkina Faso en heeft een inwonersaantal van ongeveer 8,2 miljoen volgens het IMF [1]. Als we naar het bruto binnenlands product kijken, dan zien we dat dit 670 dollar per inwoner bedraagt. Zo behoort Togo tot één van de laagst genoteerde landen. Ter vergelijking, het bbp van België bedraagt 46 720 dollar per inwoner [2]. Het grote verschil is te verklaren door de grote armoede die er nog altijd in het land heerst alsook de lage welvaart. Het merendeel van de inwoners heeft vaak niet eens basisvoorzieningen zoals gezondheidszorg, educatie, water of stroom. Enkel in de grote steden, zoals de hoofdstad Lomé, is het leven welvarend. Zo volgen de kinderen hier meestal les in privéscholen, zijn er enkele ziekenhuizen aanwezig en heeft men hier ook meestal een job. Buiten de steden leeft men echter vaak in erbarmelijke omstandigheden en werkt men lange dagen op het veld om te overleven.

Ook de overheid helpt niet echt mee aan de ontwikkeling van het land. Zo betalen zij de mensen die bijvoorbeeld werken in de sociale sector heel slecht of niet uit. Dit resulteert dan vaak in stakingen en op deze manier zorgen ze er ook voor dat er steeds minder leerkrachten les willen geven. Op die manier wordt ook de toekomst van het land aan zijn lot overgelaten.

Sichem is een kleine landbouwgemeenschap in het zuidoosten van Togo, op ongeveer 20 kilometer van de hoofdstad Lomé. Exact 30 jaar geleden werd het opgericht door een organisatie genaamd Groupement Sichem en dient nu ook als de thuisbasis voor de organisatie. In Sichem zelf wonen maar enkele mensen die de gemeenschap onderhouden of hun job hier uitoefenen, zoals een timmerman, een kok, kleermakers... Verder bestaat het dorp uit een naaiatelier, een lagere school, een bibliotheek, een polyvalente zaal, enkele huisjes voor de inwoners, verblijfplaatsen voor externen (zoals stagiairs, bezoekersgroepen...) en verschillende paviljoenen. Rondom de gemeenschap bevinden zich landbouwgronden waar men heel wat soorten plaatselijke groenten en fruit teelt. Maar ook een belangrijke plant, namelijk de Artemisiaplant, groeit er.

1.2 Malaria en Artemisia

Malaria is nog altijd één van de meest dodelijke ziektes ter wereld die jaarlijks twee miljoen doden maakt waarvan 80% in Afrika [3]. Dit komt natuurlijk omdat men niet over de middelen beschikt om preventieve maatregelen te nemen en al zeker niet voor verdere behandelingen in een ziekenhuis. Een mogelijke oplossing voor hen is het ontwikkelen van een efficiënt lokaal kruidenmengsel. Dit zal bij het innemen ervan een goede weerstand bieden tegen malaria. Liefst moet dit product volledig zelf teelbaar en te bereiden zijn.

Een kruid dat tegenwoordig meer en meer opkomt in het continent als medicijn is Artemisia. Er zijn twee belangrijke soorten, namelijk: Artemisia Annuua en Afra. Deze twee planten bevatten enorm veel actieve stoffen en werken als medicijn tegen verschillende ziektes, ook tegen malaria. Enkele studies en ervaringen hebben al aangetoond dat het wel degelijk werkt, maar er is voorlopig nog te weinig onderzoek naar gedaan om de effectiviteit te bewijzen [3].

Ook in Sichem telen ze de twee plantensoorten en verwerkt men deze hier tot kruidenthee of capsules. Door het dagelijks innemen van de juiste hoeveelheden bouwt men een weerstand op tegen de ziekte. Het blijkt hier een zeer efficiënt en goedkoop medicijn te zijn [4]. Men betaalt 1200 CFA (ongeveer 1,80 euro) voor één theezakje van 50 gram waar een persoon ongeveer twee weken mee toekomt.

Door de goede resultaten die men ervan ondervindt, is de vraag naar de kruidenthee de laatste jaren enorm toegenomen. Hierdoor kunnen ze in Sichem niet meer aan de vraag voldoen. Er zijn dus optimalisaties nodig aan het proces om de vraag en het aanbod in evenwicht te houden. Hiervoor zijn er verschillende oplossingen mogelijk. We zouden een machine kunnen ontwerpen die de planten vergruizen, wat nu manueel gebeurt. Het poeder dat uit de machine komt, wordt dan gebruikt om er capsules van te maken. Een andere optie is om een kleine, mobiele hakselaar te maken die de planten kan versnipperen. Deze machine kan dan in één van de omliggende dorpen gebruikt worden. De huidige machine is zwaar en onverplaatsbaar, wat maakt dat alle naburige dorpen de afstand van en naar Sichem moeten maken om de planten te kunnen verwerken. Hierdoor wordt de machine ook vaak overbelast. Een andere optie in het productieproces zou een klimaatkamer zijn die de thee op de juiste temperatuur houdt tijdens de bewaring zodat er geen insecten op afkomen.

1.3 Doelstelling

Deze masterproef zal zich focussen op het maken van een kleine en mobiele snijmachine. Hierdoor zal de druk op de reeds bestaande snijmachine verlagen en het transport van de lokale bevolking afnemen waardoor er beter aan de vraag naar de Artemisiathee voldaan kan worden. Om dit project te doen slagen, zullen er enkele doelstellingen worden opgesteld waaraan de machine zal moeten voldoen.

Hier volgen de voornaamste doelstellingen voor het ontwikkelingsproject:

- De hakselaar moet Artemisiaplanten consistent kunnen versnijden tot stukjes van 1 tot 2 cm. Grotere stukken doen de kwaliteit van de thee dalen.
- De machine moet compact en verplaatsbaar zijn. Hierdoor kan de machine van dorp tot dorp verplaatst worden en kunnen er dus verschillende dorpen gebruik van maken.
- De snijmachine moet kunnen werken op de beschikbare stroomvoorzieningen in de dorpen. Niet alle dorpen hebben toegang tot driefasespanning.
- De hakselaar moet gebouwd worden met behulp van de materialen en technieken die in Togo beschikbaar zijn.

2 Literatuurstudie

Er werd een literatuurstudie uitgevoerd enerzijds om meer te weten te komen over de plant en het verwerkingsproces ervan in Sichem. Anderzijds zijn we ook gaan bestuderen welke methode en materialen we het best gebruiken om het probleem op te lossen. Hieruit wordt dan een conclusie genomen zodat we een ontwerp kunnen opstellen.

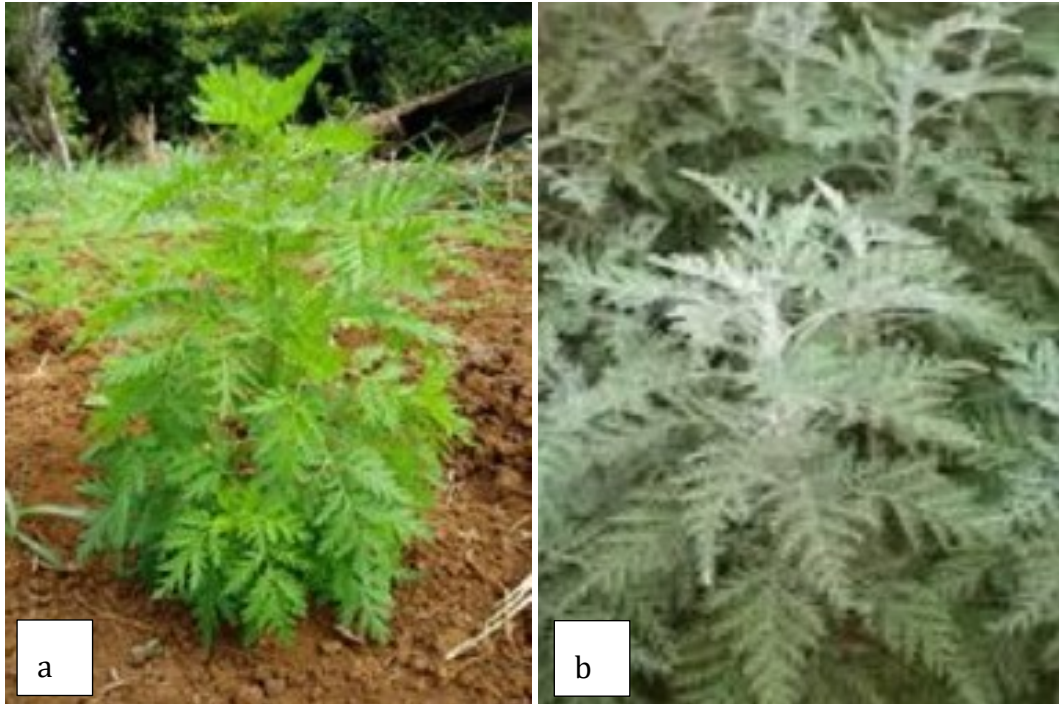
2.1 Malaria en Artemisia

Tegenwoordig is malaria nog altijd de dodelijkste besmettelijke ziekte ter wereld. Jaarlijks worden er 300-500 miljoen personen besmet en sterven er ongeveer 2 miljoen mensen aan. 90% hiervan zijn jonge kinderen en 80% van de sterftegevallen gebeuren in Afrika. Deze frappante cijfers laten toch duidelijk zien dat het enorm problematisch is en er nog steeds geen oplossing voor gevonden is [3]. Men heeft in de ontwikkelingslanden niet de middelen om zich preventief te beschermen of zich te genezen van de ziekte. De actuele middelen die gebruikt worden om malaria te bestrijden zijn enerzijds de medicijnen zoals bijvoorbeeld Malarone of Quinine en anderzijds de muggenwerende middelen zoals bijvoorbeeld DEET. Maar deze middelen zijn vaak ook niet doeltreffend. De muggen zijn al behoorlijk immuun geworden tegen insecticiden en daarbij kunnen deze ook voor de mens gezondheidsproblemen veroorzaken. Daarnaast hebben de medicijnen vele mogelijke bijwerkingen en is het ook zeer slecht om deze op continue basis in te nemen. Verder zijn de pillen ook moeilijk te verkrijgen en is de prijs zeer hoog.

Artemisia een zeer goede oplossing kunnen zijn in de strijd tegen malaria. Dit zijn plantensoorten met heel veel actieve en helende stoffen in. Zo kan men in de armere landen zelf de planten telen om deze na verwerking dan in te nemen als preventie of behandeling van malaria. Maar de Artemisia plant is vaak nog niet gekend door de lokale bevolking. Ook in Europa zijn de medicijnen niet goedkoop en zou de inbreng van Artemisia in de farmacie-industrie de kosten sterk kunnen verminderen. De hoofdreden waarom dit nog steeds niet gebeurt is, is omdat er nog niet genoeg onderzoek naar gedaan is [4, 5].

Er zijn zeker 500 verschillende soorten Artemisia planten. Momenteel zijn er twee soorten die veel gebruikt worden, meestal met medische redenen, namelijk Artemisia Annuua en Artemisia Afra. De Annuua soort (zie a) vindt zijn oorsprong in China en wordt hier al eeuwenlang gebruikt voor behandeling tegen malaria, koorts, hoofdpijn en ga zo maar door. De actieve stof Artemisisin zorgt voor de medische werking tegen malaria. Tegenwoordig kan men de plant ook terugvinden in Afrika.

Artemisia Afra (zie Figuur 1b) komt oorspronkelijk uit het zuiden van Afrika. Het is een van de meest gebruikte planten als lokaal kruidenmedicijn. Het wordt gebruikt tegen verschillende ziekten zoals: verkoudheid, koorts, hoofdpijn, oorpijn en malaria. Toch is gebleken uit onderzoek [6] dat de Afra soort geen Artemisisin bezit, maar mogelijk bevinden zich andere stoffen in de plant (nog geen/te weinig onderzoek naar gedaan) waardoor het beschermt tegen malaria [7].



Figuur 1: Artemisia Annua (a) en Artemisia Afra (b)

In Sichem teelt men deze twee plantensoorten en verwerkt men ze tot een kruidenthee. De combinatie van de Artemisia Annua en Afra planten zorgt voor een efficiënt en goedkoop medicijn tegen malaria.

2.2 Theeverwerking in Sichem

2.2.1 Huidige situatie

De Artemisiazaden worden eerst in kleine potten gepland en verzorgd omdat het veld niet vruchtbaar genoeg is om de plant te laten groeien. Na 3 maanden zijn de planten groot genoeg om ze te verplanten in het veld. Op het moment dat de Artemisiaplant begint te bloeien, wordt ze onmiddellijk geoogst. Men knipt dan de plant tot op 2 centimeter van de grond. Nadat de planten geoogst zijn, worden ze minstens vier dagen in een gebouw gelegd om te drogen. Zo kunnen ze dan gemakkelijker gehakseld worden. [4].

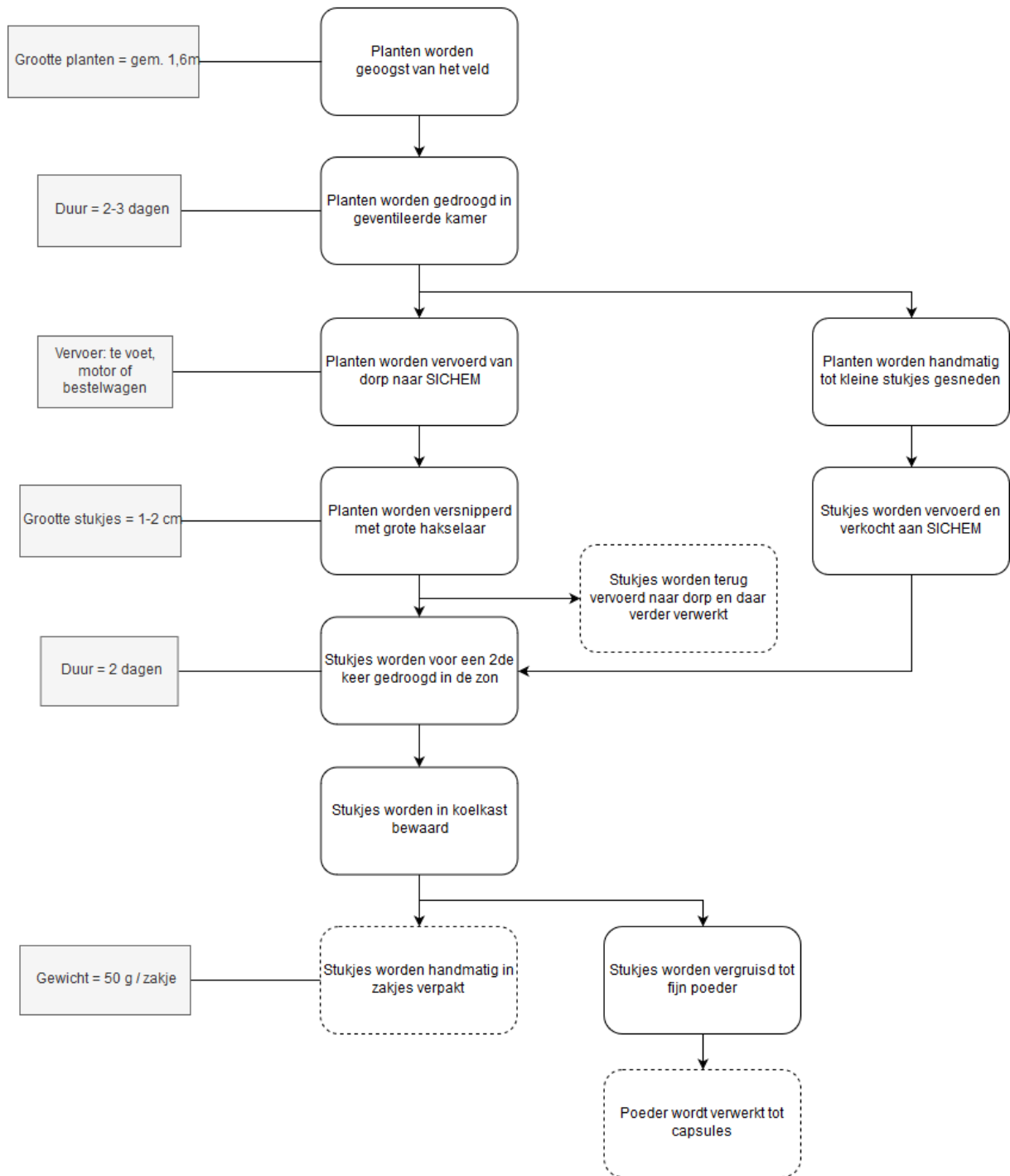
In de hedendaagse theeprocessen zou nu de disruptiestap komen. In deze stap gaat men de theebladeren rollen, kneden, scheuren,... Dit bevordert de oxidatie van de bladeren in de fermentatiestap. In de fermentatiestap laat men de bladeren oxideren in een klimaatkamer. Verschillende stoffen zullen gaan afbreken in de bladeren en de thee krijgt zo zijn unieke smaak. De duur en hoeveelheid oxidatie hangt af van het soort thee dat men maakt [8].

In Sichem wil men absoluut geen oxidatie van de thee omdat het hier gaat om een kruidenthee en de actieve stoffen moeten behouden blijven [9]. De volgende stap verschilt van dorp tot dorp. Als de planten zijn geoogst in Sichem, worden ze gehakseld

met een grote snijmachine tot stukjes van ongeveer 2 à 3 centimeter. Als de Artemisia op een veld van een dorp is geoogst, zijn er verschillende mogelijkheden. Ofwel vervoeren de landbouwers hun oogst naar Sichem om daar de grote snijmachine te gebruiken om de planten te hakselen. Vervolgens kunnen ze kiezen om de gehakselde planten te verkopen aan Sichem of ze nemen de oogst terug mee naar hun dorp om het daar verder te verwerken. Een andere mogelijkheid is dat de landbouwers de planten met de hand zelf versnijden tot kleine stukjes en deze dan verkopen aan Sichem.

De gehakselde Artemisia wordt nu voor de tweede keer gedroogd. Men legt de planten gedurende twee dagen in de zon. Wanneer de landbouwers de kleine stukjes uitspreiden op een zeil, worden ook de te grote stukken handmatig verwijderd. De gedroogde stukjes worden in een grote zak gedaan en vervolgens bewaard in een koelkast voor 3 dagen. Alle stappen zijn tot hier voor de Artemisia Annuua en Artemisia Afra hetzelfde en gescheiden van elkaar gebeurd. Pas helemaal op het einde worden ze in de zon gelegd, met elkaar gemengd en verpakt in zakjes van 50g kruidenthee [4]. In Figuur 2 zijn deze stappen schematisch voorgesteld.

Proces thee verwerking Togo



Figuur 2: Verwerkingsproces Artemisia in SicheM

2.2.2 Optimalisatiemogelijkheden

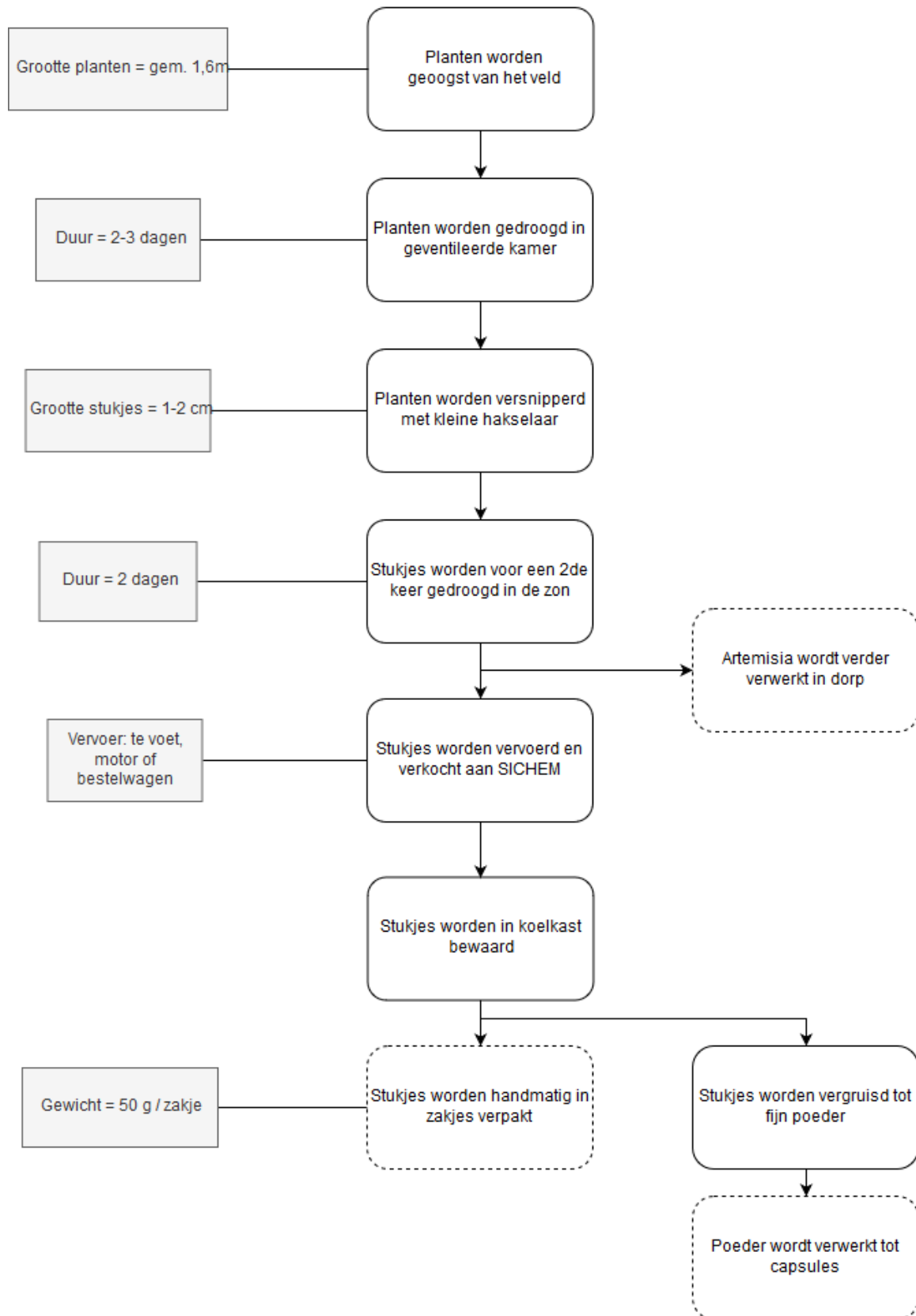
In het huidige proces zijn er verschillende stappen die geëlimineerd of verbeterd kunnen worden. Zo is er bijvoorbeeld de bewaarstap na de tweede droogstap. Er zijn niet genoeg koelkasten om al de oogst in te bewaren, waardoor een deel van de gedroogde oogst in een geventileerde kamer ligt in plaats van een koelkast. De gewassen die in deze kamer liggen trekken snuitkevers aan. Deze snuitkevers doen de kwaliteit van de oogst drastisch dalen. Een manier om deze stap te verbeteren, is het ontwikkelen van een soort klimaatkamer. Snuitkevers komen niet af op oogst die voldoende gekoeld is. De mensen van Sichem zouden deze klimaatkamer kunnen gebruiken om al hun oogst in op te slaan en zo de kwaliteit van de gewassen blijven behouden.

Een tweede optimalisatiemogelijkheid is het ontwerpen van een kleine snijmachine die in de dorpen gezet kan worden. Momenteel zijn er dorpen die hun volledige oogst vervoeren naar Sichem om daar de grote hakselaar te gebruiken. Deze oogst bestaat uit volgroeide Artemisiaplanten en is dus niet gemakkelijk te vervoeren. Ook zijn er veel wegen die niet verhard zijn of in slechte staat zijn. Dit maakt transport ook moeilijk. Sommige dorpen verkiezen hun oogst manueel te versnipperen. Dit maakt transport makkelijker, maar is heel arbeidsintensief. Een kleine, mobiele hakselaar die in de dorpen geplaatst kan worden, vereenvoudigt of elimineert deze transportstappen. Ook moet in sommige dorpen de oogst niet meer handmatig gesneden worden, wat veel arbeid uitspaart. Deze kleine hakselaar zal ook de druk die nu op de grote hakselaar ligt verlagen.

Een derde mogelijkheid is het ontwerpen van een machine die de vergruisstap automatiseert. In de huidige situatie wordt de Artemisia handmatig vergruisd tot poeder. Dit is zeer arbeidsintensief en tijdrovend. Een machine die deze stap automatiseert spaart veel arbeid uit en kan in principe onbemand werken.

Voor deze paper hebben wij besloten om een kleine, mobiele hakselaar te ontwerpen. Tussen de eliminatie en vereenvoudiging van het transport en de arbeidsuitparing, geloven wij dat dit de grootste impact zal hebben op het verwerkingsproces. Door de implementatie van deze kleine, mobiele hakselaar, zal het verwerkingsproces er uit zien zoals voorgesteld is op Figuur 3. Het opstellen van een mechanisch ontwerp ligt ook meer in ons veld van expertise dan bijvoorbeeld het ontwerpen van een klimaatkamer, waardoor we een grotere kans op succes verwachten.

Proces thee verwerking in dorpen met mobiele hakselaar



Figuur 3: Verwerkingsproces in Sicheem na implementatie mobiele hakselaar

Het ontwerp van de kleine, mobiele hakselaar moet voldoen aan de volgende eisen:

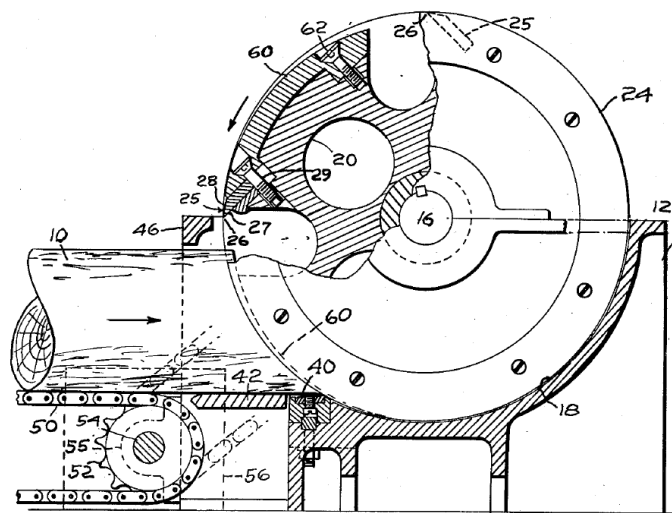
- De hakselaar moet Artemisia planten consistent kunnen versnijden tot stukjes van 1 tot 2 cm. Grotere stukken doen de kwaliteit van de thee dalen.
- De machine moet compact en verplaatsbaar zijn. Hierdoor kan de machine van dorp tot dorp verplaatst worden en kunnen dus verschillende dorpen gebruik maken van de machine. Ook is de machine dan makkelijk op te bergen en hoeft deze niet in weer en wind buiten te staan.
- De snijmachine moet kunnen werken op de beschikbare stroomvoorzieningen in de dorpen. Niet alle dorpen hebben namelijk toegang tot driefasespanning.
- Stukken die veel slijt zien, zoals de messen, moeten gemakkelijk vervangbaar zijn. Dit vereenvoudigt het onderhoud dat de machine vergt.
- De hakselaar moet gebouwd worden met behulp van de materialen en technieken die in Togo beschikbaar zijn.
- De hakselaar moet veilig zijn. Deze machine wordt bediend door mensen zonder technische opleiding. Er moeten dus maatregelen genomen worden om ongevallen te vermijden.

2.3 Hakselaars

Hakselaars worden onderverdeeld in drie categorieën. Ten eerste zijn er de hakselaars die gebruik maken van een haktrommel. Ten tweede zijn er hakselaars met een hakschijf. Tot slot zijn er ook nog hakselaars met een snijschroef, maar deze worden professioneel bijna nooit gebruikt [10].

2.3.1 Haktrommelhakselaars

Haktrommelhakselaars zijn hakselaars die gebruik maken van een grote trommel waar verschillende messen evenwijdig op gemonteerd zijn (zie Figuur 4). De trommel draait tegen een hoog toerental rond en de messen hakken stukjes van het invoermateriaal weg. Bij een open trommel vallen de gehakselde stukjes in de trommel. Aan de onderkant van de trommel verlaten de stukjes de trommel en vallen ze in een buffer of op een transportband. Bij een gesloten trommel vallen de stukjes in een kleine kamer op de trommel. De zwaartekracht en centrifugale kracht zorgen ervoor dat deze stukjes de kamer weer kunnen verlaten, om dan opgevangen te worden in een buffer. De invoer gebeurt door een aangedreven transportband of door aangedreven rollen [11].



Figuur 4: Patent Wood Chipper [11]

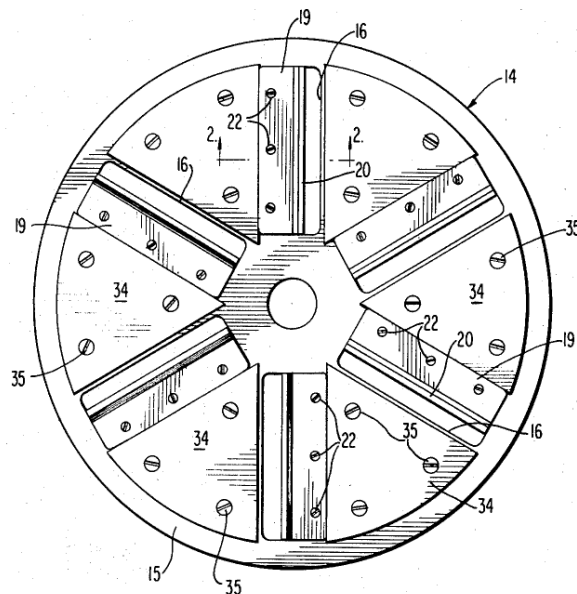
Een voorbeeld van een trommelhakselaar is de EC10075 van Dutch Dragon. Bij deze hakselaar bestaat de invoer uit verschillende aangedreven rollen, waarvan de bovenste in de tegengestelde richting draait (zie Figuur 5).



Figuur 5: Dutch Dragon EC 10075 [12]

2.3.2 Schijfhakselaar

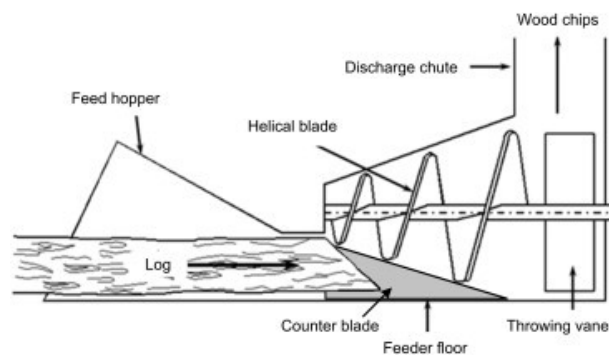
Bij een schijfhakselaar wordt gebruik gemaakt van een grote schijf waar verschillende messen op gemonteerd zijn (zie Figuur 6). De schijf wordt aangedreven door een motor waardoor de messen een roterende beweging maken. De invoer gebeurt loodrecht op de schijf waar de messen hun beweging naar onder maken. Deze messen hakken dan stukjes af van het invoermateriaal. Deze stukjes vallen door de zwaartekracht in een buffer die zich onder de schijf bevindt. Ook bij deze soorten hakselaars gebeurt de invoer door een aangedreven transportband of door aangedreven rollen [13].



Figuur 6: Patent Disc Wood Chipper [13]

2.3.3 Conische schroefhakselaars

De schroefhakselaar maakt gebruik van een conisch schroefmes dat wordt aangedreven zoals te zien is op Figuur 7. De invoer gebeurt evenwijdig met de schroefas. Er wordt ook gebruik gemaakt van een vast tegenmes. Een werpschoep op het einde van de schroefas zorgt ervoor dat alle gehakselde stukjes worden uitgeworpen. Een nadeel van de conische schroefhakselaar is dat de grootte van de gehakselde stukken sterk afhangt van de hoek van de schroef en de hoek van de invoer. Hierdoor is het moeilijk om het gehakseld materiaal op de gewenste grootte te snijden. De schroefhakselaar is zelfvoedend. Dit betekent dat wanneer het mes zich vastzet in de stam, het mes de stam verder zal meetrokken in de machine. Hierdoor kan de grootte van de snippers niet worden aangepast doormiddel van de snelheid aan te passen. Schroefhakselaars zijn ook meer geschikt voor het hakselen van grote stammen en takken. Door hun geometrie is het hakselen van struiken en kleine takken niet mogelijk [14].



Figuur 7: Doorsnede conische schroefhakselaar [14]

2.4 Vergelijking en beslissing hakselaar

Volgens [10] worden schijfhakselaars grotendeels gebruikt om kleine boomstammen te versnipperen tot houtsnippers, terwijl trommelhakselaars meer gebruikt worden voor het versnipperen van struiken en takken. Schijfhakselaars produceren meer uniforme snippers dan de trommelhakselaars, maar kleine, flexibele takken schuiven soms door langs de messen waardoor de kwaliteit van de portie snippers omlaag gaat. Over het algemeen zijn schijfhakselaars meer energie-efficiënt dan trommelhakselaars, maar ze nemen meer plaats in voor eenzelfde productiecapaciteit. De grootte van de snippers zijn bij trommelhakselaars ook kleiner. Conische schroefhakselaars worden professioneel weinig gebruikt en zijn niet geschikt voor het hakselen van klein gewas. Ook volgens [15] zijn trommelhakselaars meer geschikt voor struiken en takken, terwijl bij zuivere boomstammen de schijfhakselaar snippers van hogere kwaliteit maakt dan de trommelhakselaar. Tot slot besluiten de bronnen [10] en [15] dat de kwaliteit van de snippers meer afhangt van de kwaliteit van het invoermateriaal dan van het type hakselaar.

Uit deze vergelijking hebben we beslist om een trommelhakselaar te ontwerpen. Deze keuze wordt ondersteund door de SWOT-analyse in Tabel 1. In deze SWOT-analyse wordt er rekening mee gehouden dat de hakselaar in Togo wordt gebouwd en

tewerkgesteld. Er is dus minder materiaal en kennis beschikbaar, wat een effect zal hebben op de constructie en het onderhoud van de machine.

Tabel 1: SWOT-analyse trommelhakselaar

Sterktes (Strengths)	Zwaktes (Weaknesses)
Kleine snippers Goede kwaliteit snippers bij kruidachtige planten Compact	Hoog toerental benodigd Complexe constructie Kleine snijkracht
Kansen (Opportunities)	Bedreigingen (Threats)
Makkelijk te transporteren door compactheid Messen zijn eenvoudig te verwijderen voor onderhoud	Veel energie benodigd Onderhoud overbrengingen complex

3 Ontwerp

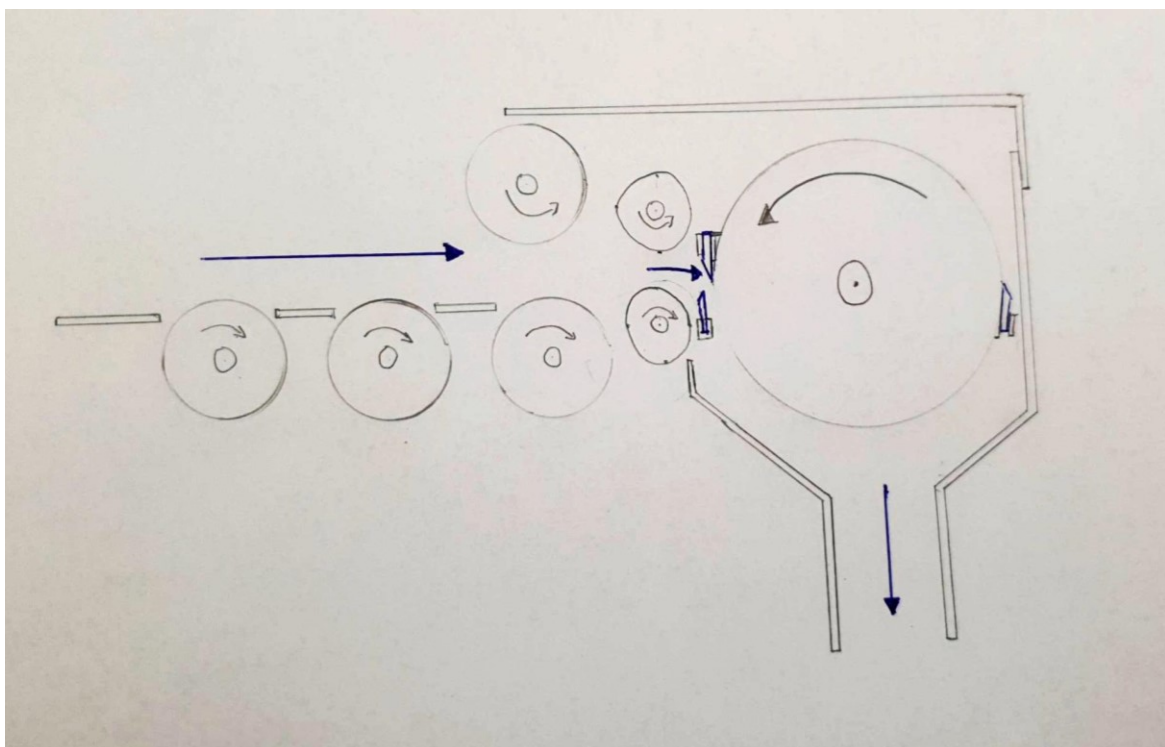
Uit de bronnenstudie zijn er enkele ontwerpkeuzes van de hakselaars vastgelegd. De volgende stap is om deze keuzes te combineren en een concept ermee op te stellen. Hier stonden we voor enkele moeilijke beslissingen om tot het design te komen, vaak afhankelijk van de mogelijkheden die er beschikbaar zijn in de omgeving. Zelfs tijdens de implementatie zijn er nog veel veranderingen gebeurd.

In dit hoofdstuk leggen we ons concept en onze ontwerpkeuzes uit. We hebben dit zo onderverdeeld zodat we in het volgende hoofdstuk de implementatie goed hieraan kunnen koppelen en de verschillen aangeven.

De ontwerptekeningen zijn te vinden in de bijlage van deze paper.

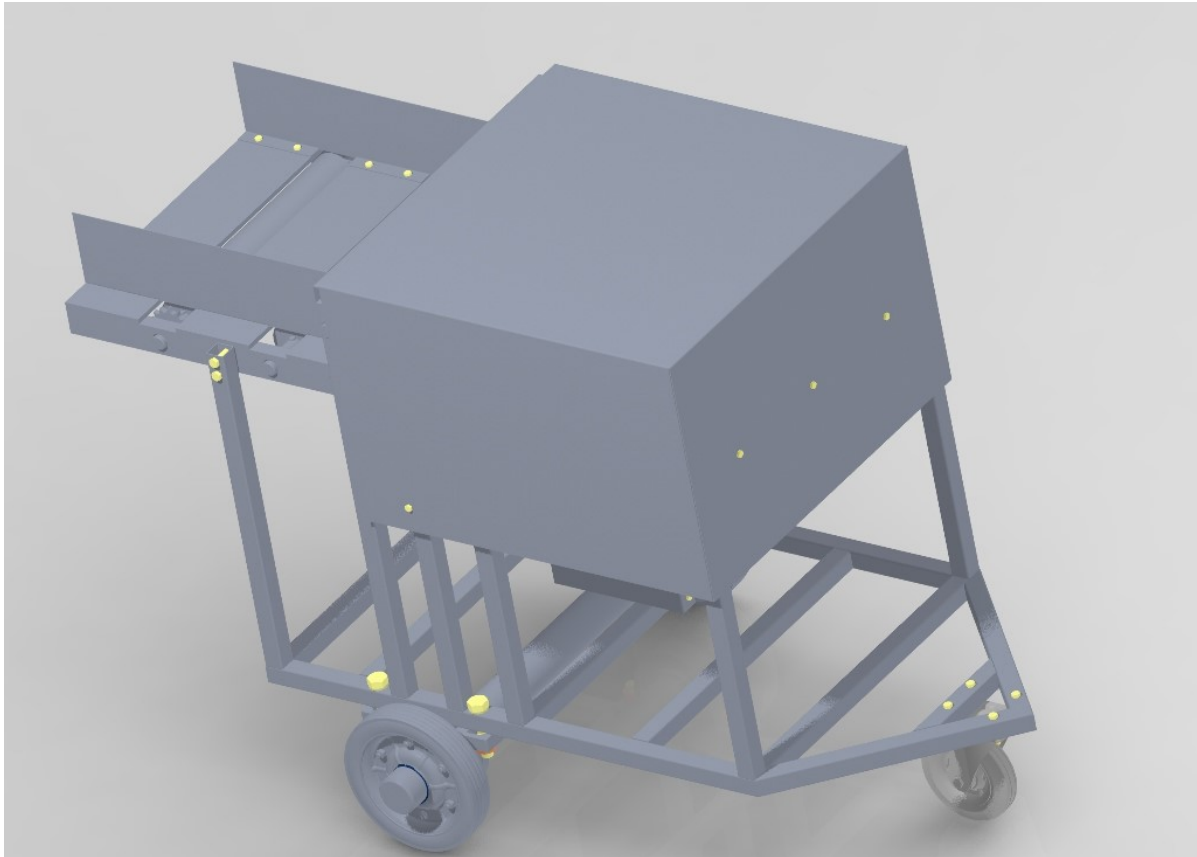
3.1 Algemeen

De eerste stap in de ontwerpfase was het opstellen van een concept. Na vele aanpassingen zijn we gekomen tot het design in Figuur 8. In het concept zorgen vier aangedreven rollen voor de invoer van de hakselaar. Deze rollen duwen het gewas op de schets van links naar rechts. Vervolgens wordt het gewas tussen een opening van twee kleiner rollen geduwd. Deze rollen drukken het gewas samen en positioneren het juist voor de snijbewerking. De snijbewerking wordt verzorgd door een trommel met twee messen erop gemonteerd en één mes dat vast staat op het frame van de machine. De planten komen tussen deze twee messen en door de hoge snelheid van de trommel worden ze geknipt in kleine stukjes. Door de zwaartekracht vallen deze stukjes naar de uitvoer, een soort glijbaan. Deze glijbaan leidt de stukjes naar een bak of zak die onder de machine geplaatst kan worden.



Figuur 8: Concept trommelhakselaar

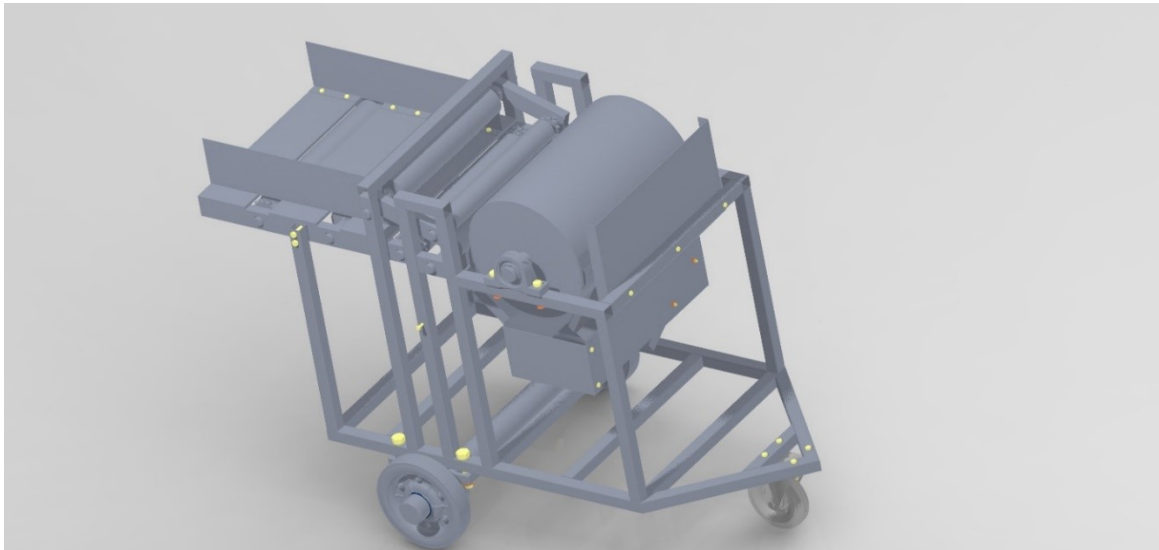
Figuur 9 beeldt het uiteindelijke ontwerp van de hakselaar af. Het totale systeem is 1.9 m lang, 0.8 m breed en 1.5 m hoog. In dit ontwerp wordt rekening gehouden met de beperkte materialen en werktechnieken die er beschikbaar zijn in Togo. Zo zijn er bijvoorbeeld geen conische tandwielen gebruikt en zijn er geen onderdelen waar schroefdraad in getapt moet worden. Er worden ook weloverwogen stappen gezet om de kostprijs zo laag mogelijk te houden. Zo is bijvoorbeeld het gebruikte plaatmateriaal bij de meeste onderdelen van dezelfde dikte en worden er glijlagers verkozen over rollagers waar mogelijk.



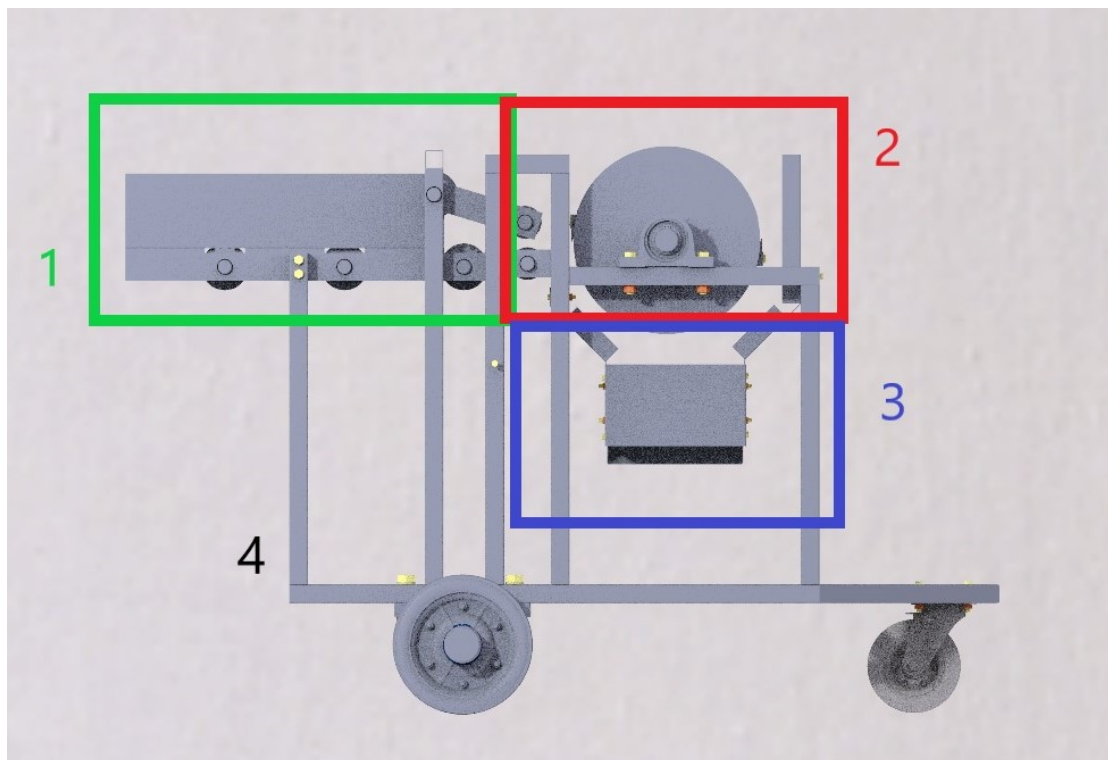
Figuur 9: Ontwerp hakselaar

Figuur 10 en Figuur 11 tonen respectievelijk het perspectief en het vooraanzicht van het ontwerp zonder de behuizing. Het ontwerp kan worden opgedeeld in vier delen die we apart zullen bespreken, namelijk:

1. Invoer (groen)
2. Verwerking (rood)
3. Uitvoer (blauw)
4. Frame (zwart).



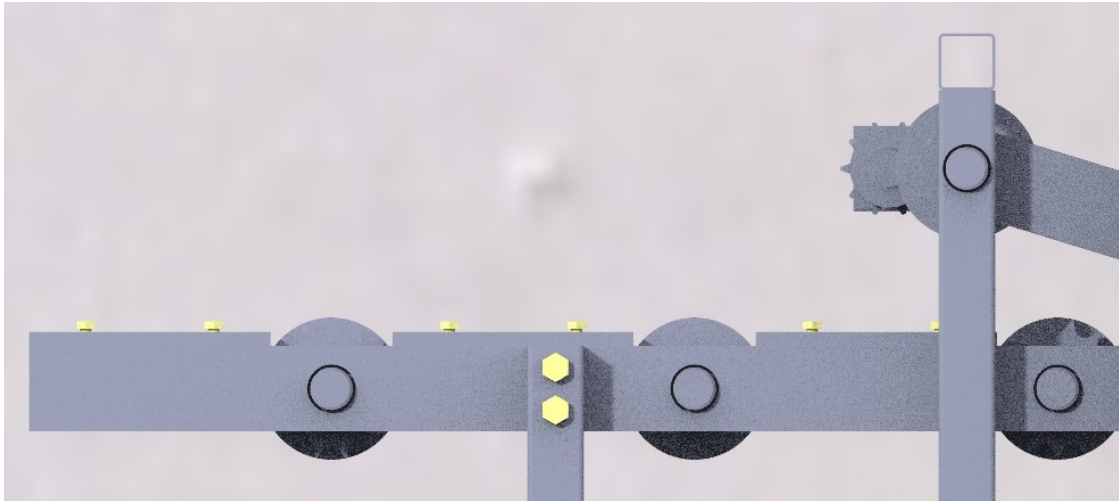
Figuur 10: Ontwerp zonder behuizing: perspectief



Figuur 11: Ontwerp zonder behuizing: vooraanzicht

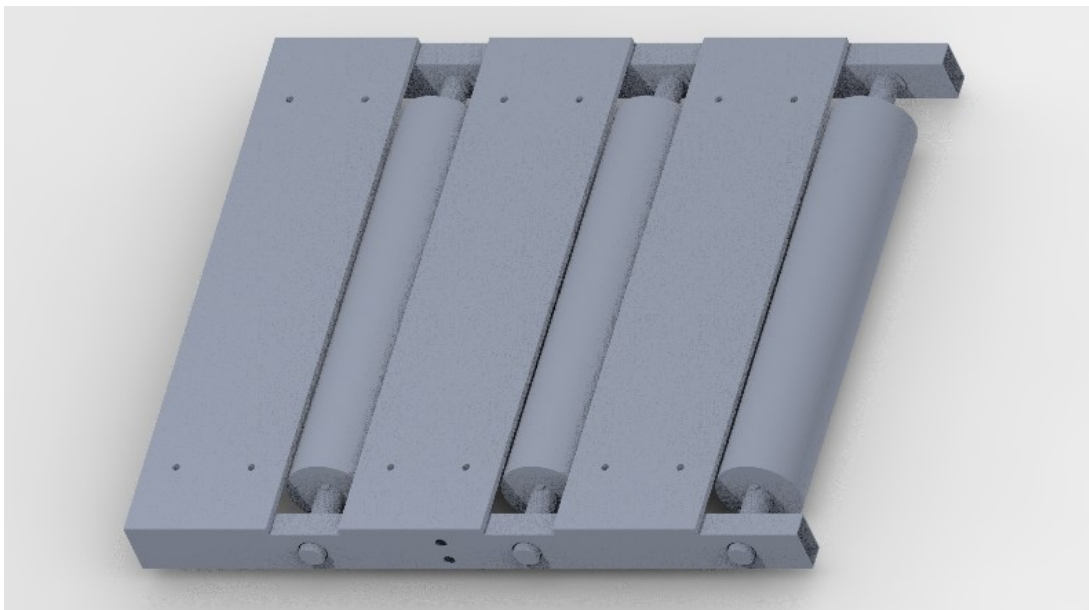
3.2 Invoer

De invoer bestaat uit vier aangedreven invoerrollen. De drie onderste rollen vormen een soort transportband terwijl de bovenste rol de gewassen een eerste keer samen zal drukken. Deze bovenste rol draait in de tegengestelde richting van de andere drie rollen. Deze rol is via glijlagers rechtstreeks in het frame gemonteerd, zoals wordt aangetoond op Figuur 12.



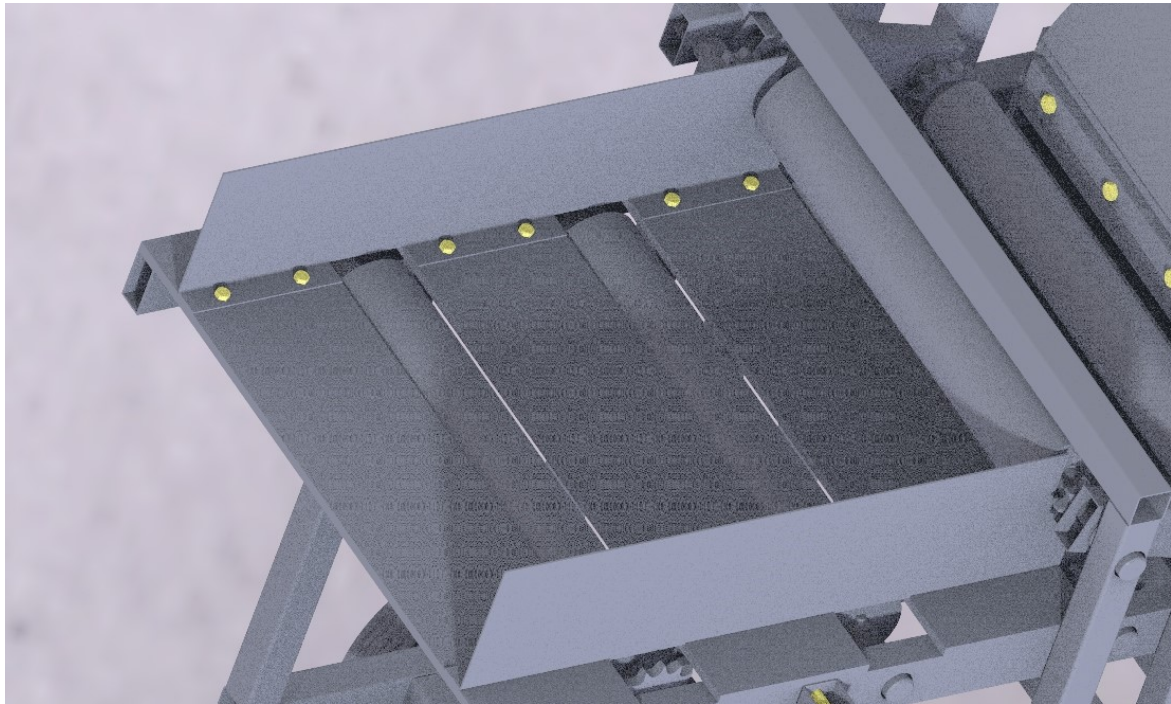
Figuur 12: Invoer vooraanzicht

De onderste drie rollen worden via glijlagers in twee profielen gemonteerd. Samen met nog drie tussenplaten vormen zij een module (zie Figuur 13) die elk met vier bouten op het frame kunnen worden gemonteerd. Om de aankoop van ruwe materialen te besparen zijn alle assen en alle rollen van de invoer dezelfde grote, namelijk $\text{Ø}30$ mm voor de assen en $\text{Ø}100$ mm voor de rollen.



Figuur 13: Onderkant invoer

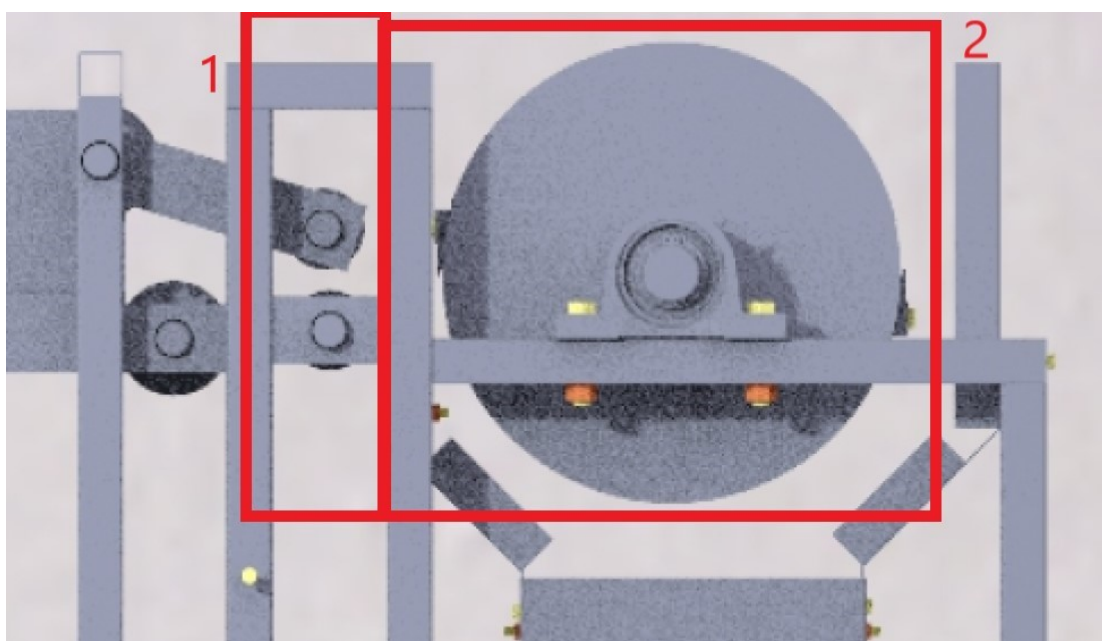
Tot slot zorgen twee afschermplaten (zie Figuur 14) ervoor dat er geen planten van de invoer kunnen vallen of in de aandrijving terechtkomen.



Figuur 14: Invoer met afschermingen

3.3 Verwerking

De verwerking is op te delen in twee delen, namelijk de positionering van de planten en de snijbewerking. Deze onderverdeling is te zien op Figuur 15.

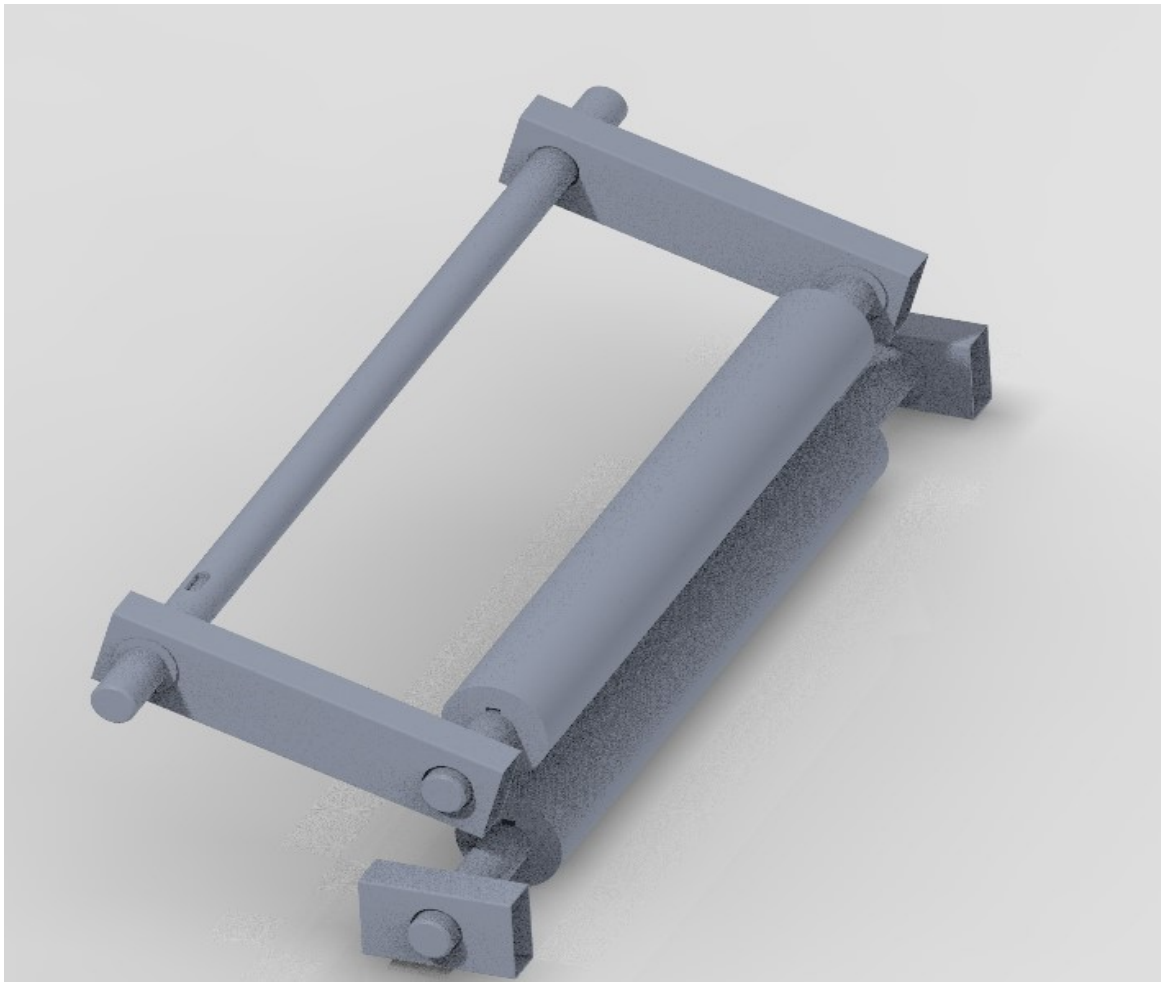


Figuur 15: Verwerking vooraanzicht

3.3.1 Positionering

De positionering van de planten bestaat uit twee aangedreven rollen die in tegengestelde richting draaien. Door deze rollen komen de planten net boven het vaste mes en de draaiende messen op de trommel. Het gewicht van de bovenste rol plet het gewas zodat de planten die nog niet gesneden zijn niet kunnen wegspringen tijdens de snijbewerking. De bovenste rol kan ook vrij bewegen in de hoogte. Dit zorgt ervoor dat het gewas niet kan komen vast te zitten, ongeacht de dikte van het invoermateriaal.

De onderste rol is via glijlagers in een klein profiel gemonteerd dat op het grote frame is gelast. De bovenste rol is ook via glijlagers in een profiel gemonteerd en dit profiel is op zijn beurt via glijlagers op de as van de bovenste invoerrol gemonteerd. Hierdoor kan de bovenste invoerrol zich vrij in de hoogte bewegen. Er is ook een minimum opening van 5 mm voorzien tussen de rollen door een aanslag te lassen op het frame. Deze volledige constructie is te zien op Figuur 16. De twee assen van de positioneerrollen zijn weer $\text{\O}30$ mm. De rollen zijn beide $\text{\O}70$ mm.

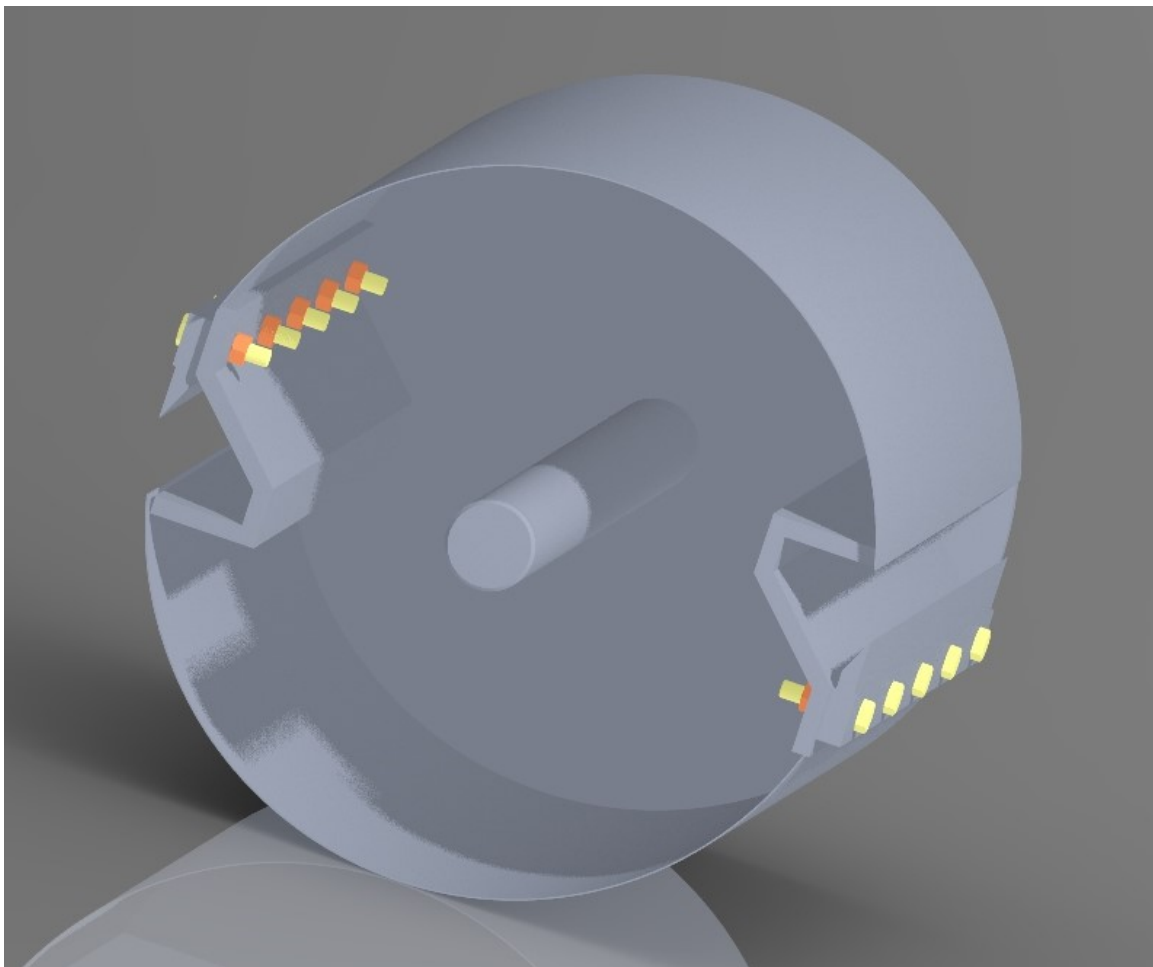


Figuur 16: Constructie positionering

3.3.2 Snijbewerking

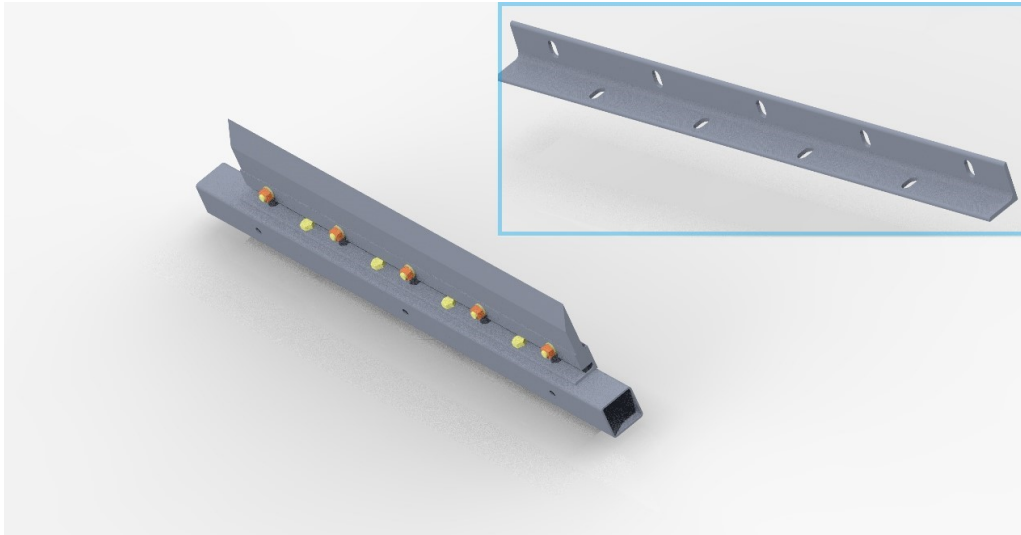
De snijbewerking wordt uitgevoerd door een aangedreven trommel met twee messen erop gemonteerd aan weerszijden. Daarnaast is een vast mes via een profiel op het frame gemonteerd. Zoals Figuur 17 toont, bestaat de snijtrommel uit twee op maat gemaakte profielen die op een schijf zijn gelast. Deze profielen vormen de kamers waar de snippers tijdelijk invallen nadat ze gesneden zijn. Op deze kamers worden de messen gemonteerd met bouten. Aangezien het niet mogelijk is in Sichem om schroefdraad in het profiel te snijden, moeten de bouten worden gemonteerd met moeren. Dit heeft als gevolg dat de tweede schijf die aan de andere kant van de as wordt gemonteerd niet op het profiel mag worden vast gelast. De bouten zouden anders onbereikbaar worden en het zou dus onmogelijk zijn om het mes los te draaien. Deze tweede schijf blijft vast zitten doormiddel van de penverbinding met de as.

Om slijtage van de messen te verminderen worden de messen tussen 2 dunne slijtplaten gemonteerd. De twee schijven worden aangebracht op een as van diameter 50 mm. Twee rollagers, die via hun behuizing op het frame zijn gemonteerd, ondersteunen de as. Dankzij deze rollagers kan de trommel tegen een hoge snelheid ronddraaien zonder dat er veel wrijving optreedt.



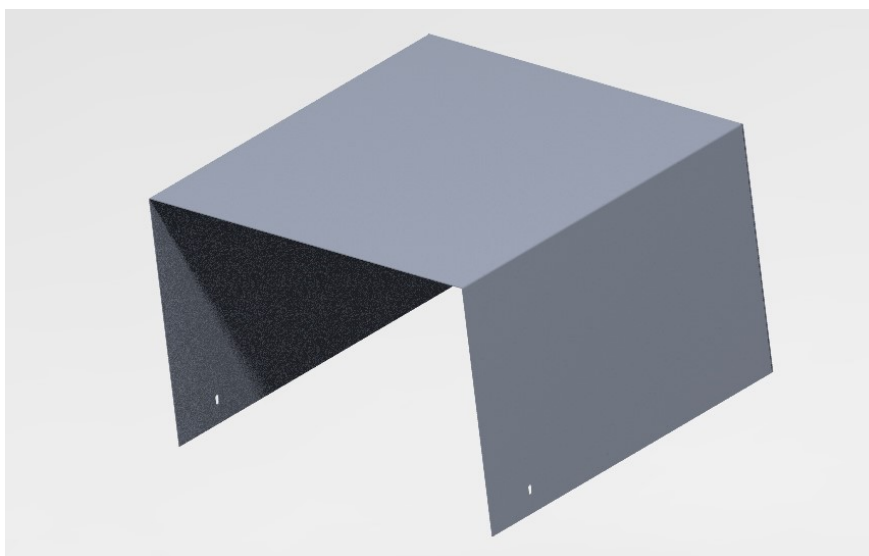
Figuur 17: Doorsnede snijtrommel

Het vaste mes is via een hoekprofiel gemonteerd op het frame zoals te zien is op Figuur 18. In het hoekprofiel zitten sleufgaten. Zo is het mogelijk om de positie van het vast mes bij te stellen. Ook bij het vast mes worden twee slijtplaten gemonteerd om slijtage op het mes te verhinderen. Die slijtage kan veroorzaakt worden door de impact van de snijtrommel op de planten.



Figuur 18: Montage vast mes (links) en hoekprofiel (rechts)

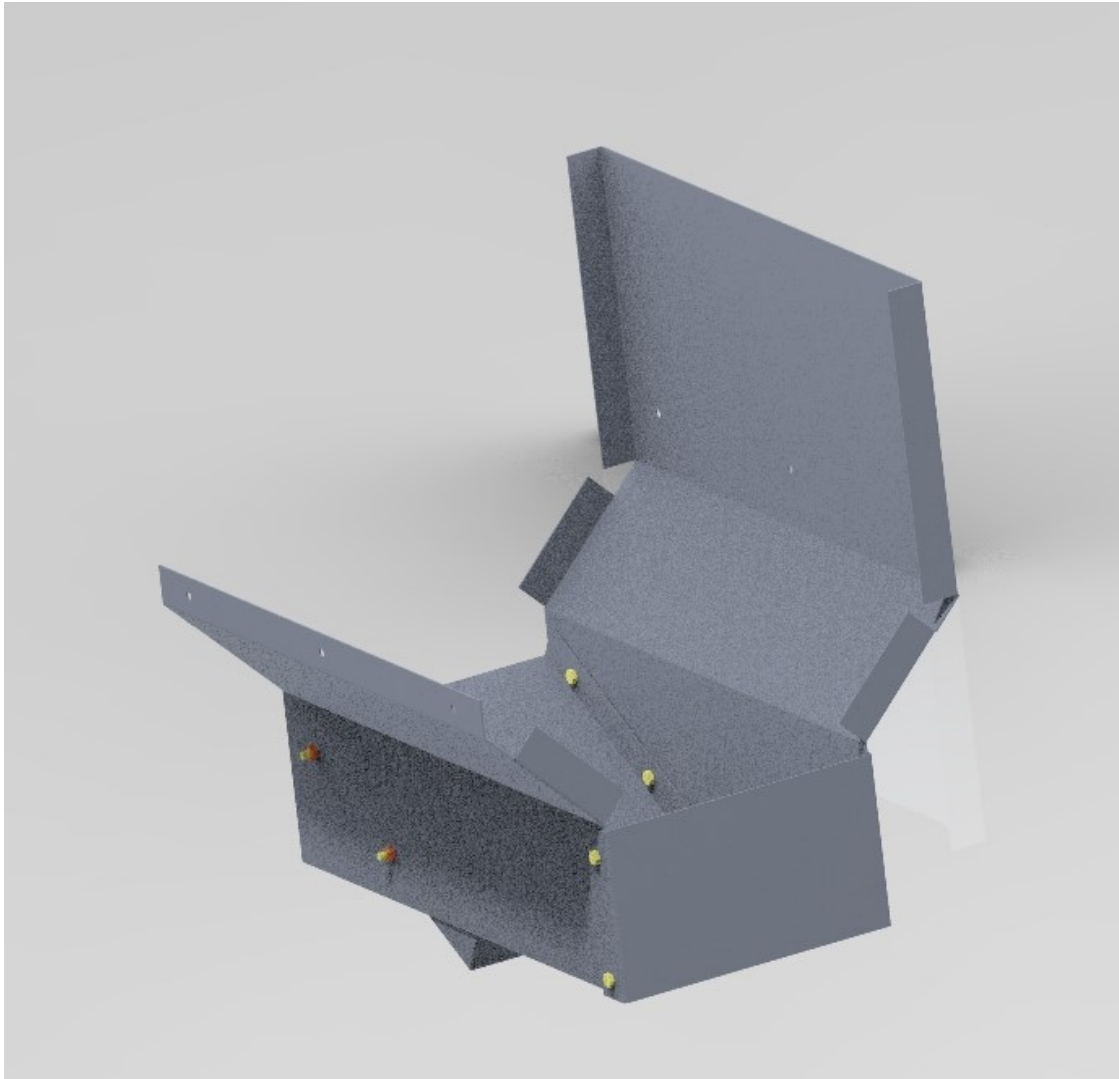
De behuizing (zie Figuur 19) vangt wegvliegende snippers op en schermt de buitenwereld af van de draaiende trommel. Zo wordt de kans op ongevallen geminimaliseerd. De behuizing wordt gemonteerd met vijf bouten: drie aan de achterkant en één aan elke zijkant. De gaten in de behuizing zijn sleufgaten, zo kunnen eventuele hoogtespelingen worden opgevangen. De behuizing is volledig geconstrueerd uit plaatmateriaal.



Figuur 19: Behuizing

3.4 Uitvoer

De zwaartekracht verzorgt grotendeels de uitvoer van de hakselaar. Twee glijbanen geleiden de snippers naar de uitgang van de machine waar ze worden opgevangen in een bak of zak. Figuur 20 toont deze glijbaanconstructie. Deze constructie is volledig gemaakt uit geplooid plaatmateriaal en gemonteerd met bouten en moeren.



Figuur 20: Glijbaanconstructie

3.5 Frame

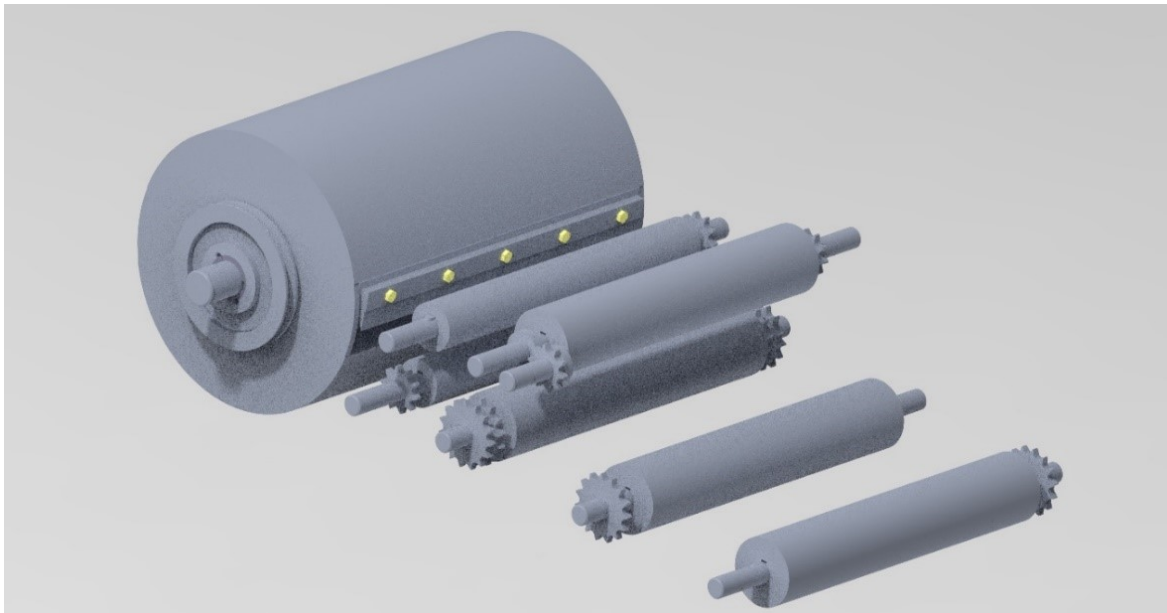
Het frame is volledig gemaakt uit vierkante profielen die aan elkaar zijn gelast. Omdat het in Sichem onmogelijk is om te frezen tijdens de constructie van het frame, maakt dit frame geen gebruik van lasplaatjes. Het frame rust op een as van $\varnothing 80$ mm en een caster wiel. De as is via twee rollagers gemonteerd op het frame en rust op twee rubberen wielen, zoals Figuur 21 toont. Hierdoor is het mogelijk om het systeem individueel of aan een trekhaak te vervoeren.



Figuur 21: Frame en wielen

3.6 Overbrengingen

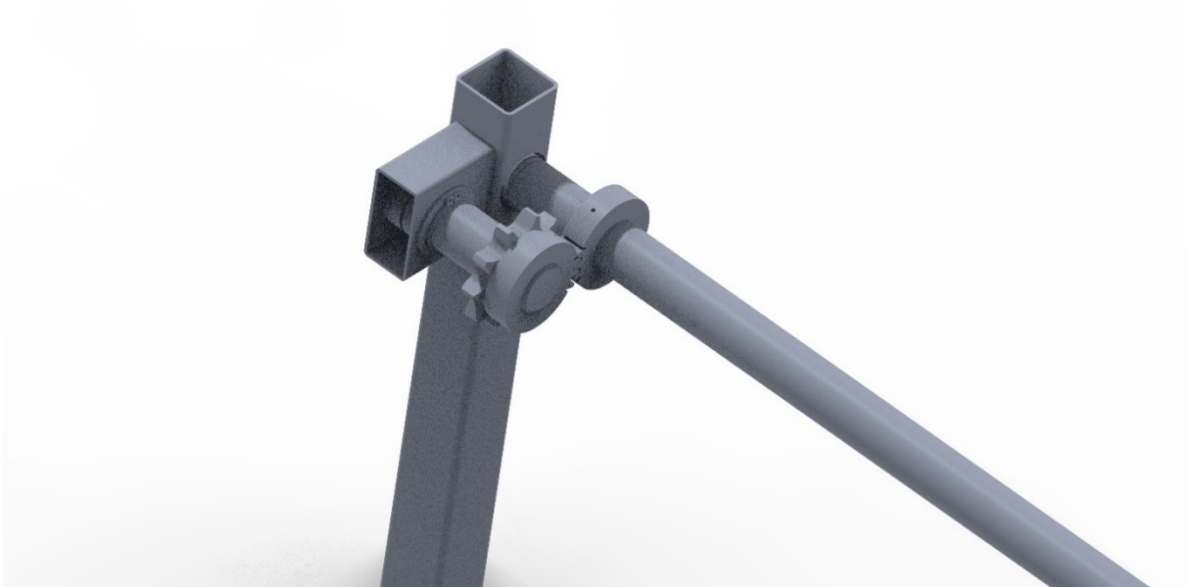
Tot slot bespreken we de aandrijving en overbrengingen nog. Twee motoren van 500W drijven de volledige hakselaar aan. Eén motor drijft via een riemoverbrenging de snijtrommel aan. Aangezien de trommel tegen een hoog toerental draait is een riemoverbrenging de beste optie. Dit zal de snijtrommel ook toelaten om te slippen wanneer de invoer te groot is, waardoor potentiële schade aan de machine verminderd wordt. De snijtrommel en de as zijn verbonden met een spieverbinding. De verbinding tussen de riemschijf en de as wordt ook verzorgd door een spieverbinding. De riemschijf is te zien in Figuur 22. Belangrijk is dat de gewassen pas worden ingevoerd wanneer de trommel op snelheid is gekomen. De motor van 500W doet er ongeveer 5 seconden over om de trommel op een toerental van 600 tr/min te krijgen. Eenmaal de motor op snelheid is, moet deze enkel de wrijvingsverliezen en de energieverliezen van het snijden overwinnen. Een sterkere motor kan de trommel sneller op snelheid brengen, maar aangezien deze twee verliezen zo klein zijn, is de motor van 500W sterk genoeg.



Figuur 22: Overbrengingen hakselaar

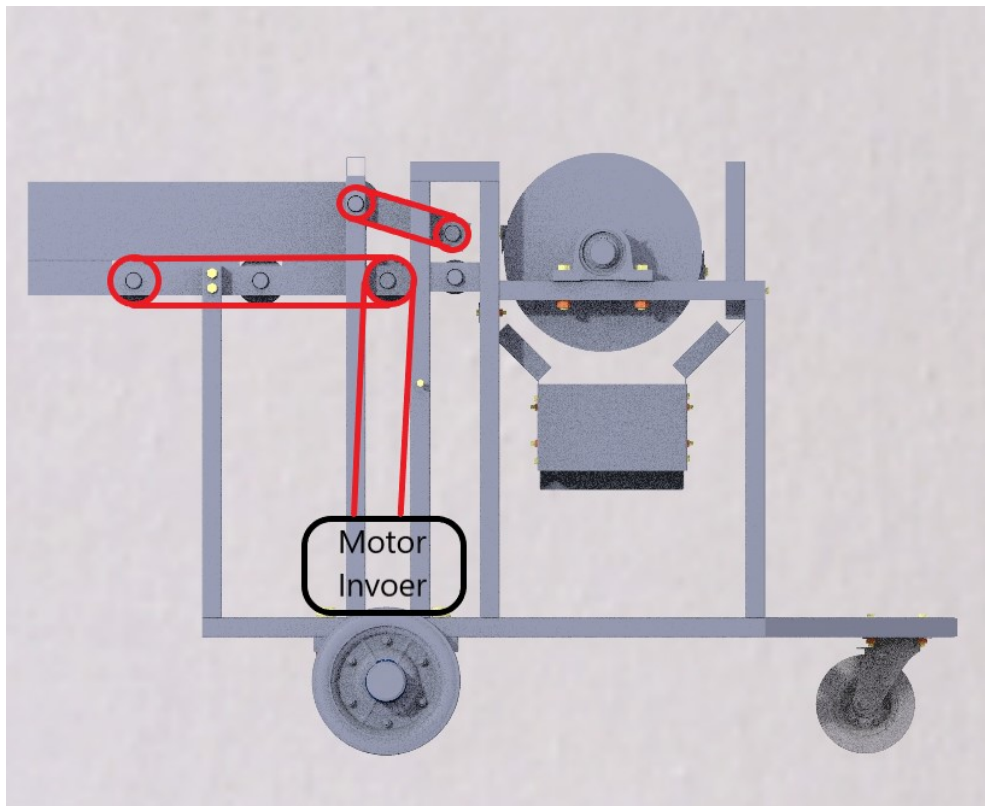
De andere motor drijft de invoer- en positioneerrollen aan via kettingoverbrengingen. Ook hier moeten de rollen eerst op snelheid komen vooraleer de oogst mag worden ingevoerd. De motor moet dan weer twee verliezen overwinnen, namelijk de wrijvingsverliezen tussen de glijlagers en de overbrengingen en de verliezen ten gevolge van de oogst die door de rollen wordt verplaatst. Deze verliezen zijn ook weer klein en kunnen worden opgevangen door de motor van 500W.

De twee bovenste rollen moeten in de tegengestelde richting draaien, vandaar dat het onderdeel in Figuur 23 nodig is. Door een kettingoverbrenging naar een kleine, extra as te laten gaan, kan de draairichting via een tandwieloverbrenging worden omgedraaid.

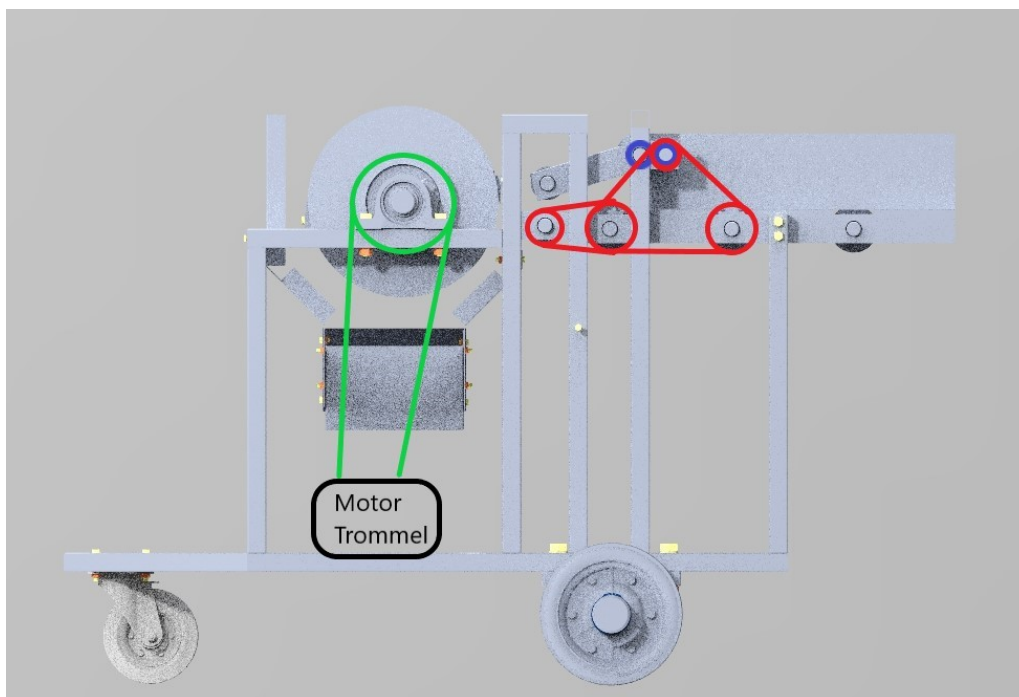


Figuur 23: Tandwieloverbrenging

In Figuur 24 en Figuur 25 zijn de overbrengingen van respectievelijk het vooraanzicht en het achteraanzicht afgebeeld. De rode overbrengingen zijn kettingoverbrengingen, de groene is een riemoverbrenging en de blauwe is de tandwieloverbrenging.



Figuur 24: Schets overbrengingen Vooraanzicht



Figuur 25: Schets overbrengingen Achteraanzicht

4 Implementatie in Togo

Na het uitwerken van het concept zijn we tot een goed ontwerp gekomen. Hierna volgt de implementatie van deze machine. Het zal al snel duidelijk worden dat we voor veel problemen en moeilijke beslissingen zijn komen te staan door de situatie waarin we ons bevonden.

In dit hoofdstuk gaan we de volledige opbouw van de machine beschrijven om zo ook de verschillen en gelijkenissen duidelijk te maken.

4.1 Algemeen

Na de ontwerpfase volgde dus de implementatie van de hakselaar in Sichem, Togo. In Figuur 26 geven we onmiddellijk onze realisatie weer. Als we dit vergelijken met de 3D-tekeningen uit het vorige hoofdstuk, dan zijn er op het eerste zicht veel overeenkomsten. Er zijn echter hier en daar ook al enkele afwijkingen op te merken. Deze hebben meestal een goede reden die in het verloop van dit hoofdstuk achtereenvolgens verder worden uitgelegd. Zo is al te zien dat we met vier caster wielen hebben gewerkt in plaats van een as met twee wielen en één caster wiel. Om die reden is ook de driehoek aan de voorkant van het frame weggelaten. Ook is er in de behuizing een opening gemaakt voor de as van de trommel en hebben we met scharnieren gewerkt om eenvoudig aan de trommel te geraken bij een verstopping of een defect.



Figuur 26: Implementatie volledige machine

In Figuur 27 is de machine van de andere kant te zien. Dit keer is de behuizing opgedaan om de binnenkant van de machine duidelijker te laten zien. Ook de twee kleine motoren met riemen en de elektriciteitskast van de machine is hier zichtbaar.



Figuur 27: Implementatie machine met behuizing open

4.2 Invoer

De invoer bestaat uit drie invoerrollen, één bovenrol, drie tussenplaten en twee afschermingsplaten. In Figuur 28 is een foto van de implementatie van de invoer te zien. In dit onderdeel zullen we aangeven hoe dit allemaal tot stand is gekomen. Om het duidelijker te maken, zullen we de opbouw in hoofdstukken onderverdelen. Zo kan ook de opbouw van de machine stap per stap worden gevolgd.



Figuur 28: Implementatie invoer

4.2.1 Invoerrollen

Het idee was om de rollen hol te maken, omdat ze anders natuurlijk veel te zwaar zouden worden en we willen net een compacte, beweegbare en zo licht mogelijke machine. De rollen konden op twee manieren gemaakt worden: plaatmateriaal rolbuigen tot de juiste diameter of buizen met de juiste diameter zoeken en deze dan op maat zagen. Daarna lassen we twee deksels op de boven- en onderkant, voorzien we deze van centreergaten en steken we er een as doorheen. Voor de invoerrollen hadden we een diameter van 100 mm voorzien en voor de assen ervan diameter 30 mm. Aangezien de rolbuigmachine die daar ter beschikking was geen diameters kleiner dan 200 mm kon maken, zijn we de buizen moeten gaan kopen.

Enkel de as van 30 mm hebben we gekocht in een winkel omdat we het materiaaloverschot ook nog konden gebruiken voor de kleinere positioneerrollen. Alle buizen voor de rollen hebben we gekocht op een tweedehandsmarkt. Na enige tijd vonden we geschikte buizen met een juiste lengte die bruikbaar konden zijn. Het enige nadeel was dat deze buizen een buitendiameter van 115 mm (en binnendiameter 110 mm) hadden. Dit leek niet direct een probleem te zijn dus zijn we hiervoor gegaan. Hierdoor spaarden we veel geld uit en bleef er weinig tot geen materiaalafval over.

Nadat dit allemaal gekocht was, konden de werken starten. Ten eerste werden de buizen op maat gezaagd. De assen werden iets langer dan voorzien afgezaagd zodat deze altijd genoeg overschot hadden voor als er iets misliep. Daarna werden er uit plaatmateriaal ronde schijven gezaagd die dan op hun beurt op de boven- en onderkant van de buizen werden gelast. Op Figuur 29a is te zien hoe de las van de plaatjes op de rollen wordt afgewerkt met een slijpschijf, want deze rand was zeer ongelijk en ruw. Vervolgens worden er met het lasapparaat gaten gebrand in de boven- en onderkant van de rol om de as door te steken. Met een rolmeter wordt gecontroleerd of de as ongeveer in het midden van de rol zit om daarna deze as volledig vast te lassen. Dit is absoluut geen goede methode om de invoerrollen te maken. De gaten waren totaal niet rond en de assen zitten ook niet in het midden van de rollen. Omwille van de beperkte materialen en hulpmiddelen wordt dit hier op deze manier uitgevoerd.

Vervolgens worden ook de lassen tussen de rol en de as bijgewerkt met de slijpschijf (Figuur 30a). Als laatste wordt er nog een dunne galvanische verflaag op de rollen en assen aangebracht om het roesten te voorkomen (Figuur 30b). De verf die men heeft aangebracht op de assen is niet bevorderlijk voor het glijden van de assen in de glijlagers bij de montage. De glijlagers pasten er moeilijk op (zie Figuur 31) dus hebben we vlak voor de montage de as wat afgeslepen, dit zal later nog eens aan bod komen.



Figuur 29: Afwerking rollen (a) en assen in rollen bevestigen (b)



Figuur 30: Invoerrollen geassembleerd (a) en rollen klaar en geverfd (b)



Figuur 31: Rol met geverfde en gladde kant

4.2.2 Frames met glijlagers

De rechthoekige frames van 60 x 30 mm zijn aangekocht om hier de glijlagers in te bevestigen. De profielen zijn eerst op maat gezaagd en vervolgens hebben we gaten erin laten maken met een diameter van 33 mm doorheen het profiel. Dit hebben we zo gevraagd omdat de glijlagers een buitendiameter van 34 mm hebben en we deze met een soort perspassing in het profiel wilden bevestigen. Nadat de gaten in het profiel gemaakt waren en ze in Sichem aankwamen, was het direct duidelijk dat de gaten totaal niet rond waren en ook niet de gevraagde diameter hadden. Bij één profiel was het zelfs zo erg dat we de gaten opnieuw hebben laten maken in een ander stuk profiel dat we nog over hadden.

Omdat sommige glijlagers nu vaak los in het gat zaten, moest er een andere oplossing gezocht worden om deze alsnog te kunnen bevestigen in het profiel. Veel opties waren er niet beschikbaar: de glijlagers werden op twee plaatsen met een kleine las vastgezet.

Dit is zeker niet ideaal want door de extreme warmte kan ook de glijlaag aan de binnenkant van de glijlager worden aangetast zoals te zien is in Figuur 32d. Dit is wel een zeer extreem geval, maar we hadden enkele glijlagers extra voorzien voor dergelijke mogelijke problemen.

Nadat de glijlagers gemonteerd waren in de profielen, werden ze geverfd om roesten te voorkomen (zie Figuur 32a). Doordat we ook met andere werken bezig waren, merkten we pas achteraf dat de profielen volledig geverfd waren alsook de glijlagers (zie Figuur 32b). Dit is een fatale fout, aangezien de speciale laag aan de binnenkant van de glijlager dient als glijmiddel voor de as. Zelf hebben we nog geprobeerd om van de glijlagers het best mogelijke te maken met producten zoals javel, zoals te zien is in Figuur 32c.

Later, nadat de aandrijving op de assen van de rollen werd gezet en de rollen in de rechthoekige profielen zijn bevestigd, wordt dit op het frame met M10 bouten gemonteerd. Dit zal later in de thesis nog iets uitgebreider aan bod komen. De bovenrol van de invoer wordt op een speciale manier gemonteerd. Zo zal de rol aan beide kanten door de glijlagers van het frame gaan. Er zit ook aan beide kanten een klein profiel met glijlagers die een constructie vormt met de bovenste positioneerrol. Foto's en meer uitleg zijn in het volgende hoofdstuk (p. 47) te vinden, maar dient hier al vermeld te worden omdat het een onderdeel is van de invoer.

Om dit kort even samen te vatten: de arbeiders wisten vaak niet waar ze mee bezig waren en hadden ook nog nooit een glijlager gezien. Op die manier valt het wel te begrijpen dat ze soms hun eigen ding deden en dat het zo af en toe wel eens misliep met deze, toch wel cruciale, onderdelen voor de machine.



a



b



c

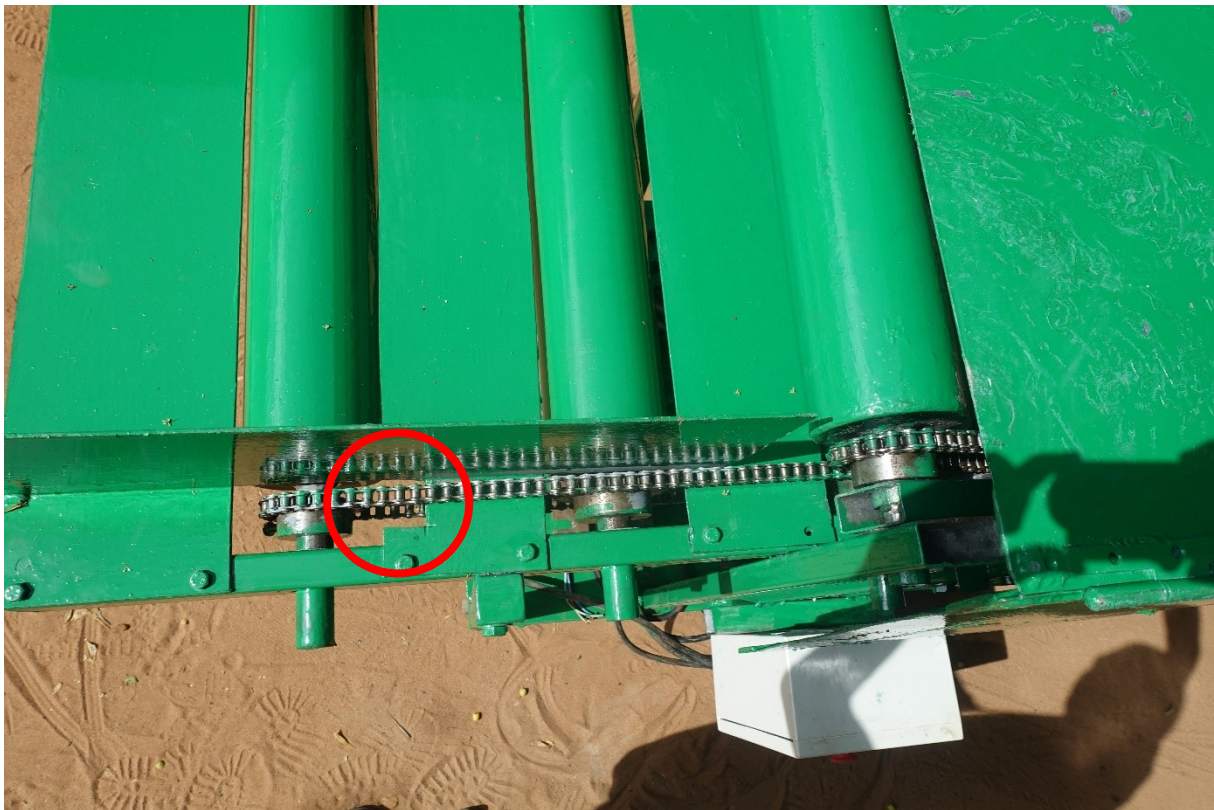


d

Figuur 32: Platen en frames verven (a), binnenkant glijlager met verf (b), glijlager proper gemaakt (c), binnenkant glijlager te hard aangetast (d)

4.2.3 Tussen- en afschermingsplaten

De tussen- en afschermingsplaten zijn gemaakt uit plaatmateriaal van 3 mm dik. Deze zijn op de voorziene maten zoals in het ontwerp gezaagd in Sichem. Bij assemblage van de machine is dan gebleken dat er enkele aanpassingen moesten gebeuren. Zo gebruiken we nu natuurlijk dikkere rollen waardoor de tussenplaten iets kleiner werden. Door de kettingaandrijving bij de invoerrollen moest ook hier nog een stukje uitgezaagd worden, zodat er geen contact kon ontstaan tussen plaat en ketting, zoals te zien is in Figuur 33. Op die figuur is ook te zien dat de tussenplaten aan beide kanten met M8 bouten en moeren zijn bevestigd op het rechthoekige profiel zoals voorzien. De afschermingsplaten hebben we gelast op de tussenplaten zodat dit dan één geheel vormt als het gedemonteerd moet worden. Deze platen zijn net langs de rollen aangebracht zodat de platen er niet tussendoor kunnen vallen of de aandrijving zouden hinderen.



Figuur 33: Tussenplaten en afschermingsplaten

4.3 Verwerking

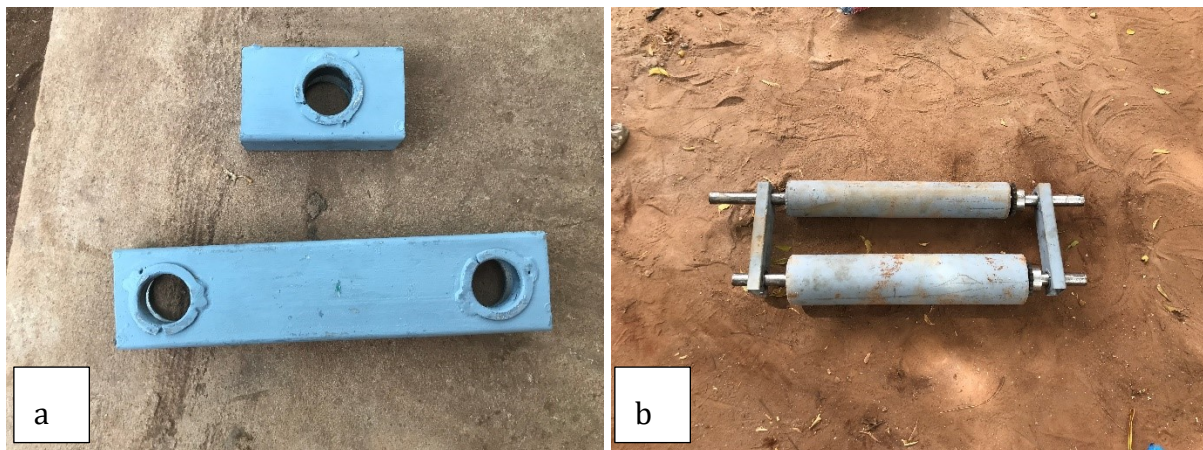
Na de invoer volgt de verwerking van de planten. Ook hier zal de positionering en de snijbewerking opgesplitst worden in aparte onderdelen.

4.3.1 Positionering

Voordat de planten gehakseld worden, moeten ze eerst gepositioneerd worden. De planten worden op elkaar gedrukt om zo een dik pak te vormen dat eenvoudiger en efficiënter geknipt kan worden. De positionering gebeurt door twee kleinere rollen: een boven- en een onderrol. Deze zijn met een doordachte constructie met elkaar verbonden zodat als de pakking van de planten te dik wordt, de bovenrol nog vrij in hoogte kan bewegen zodat er minder kans is op verstopping.

De rollen zijn op exact dezelfde manier geproduceerd als de rollen van de invoer in het vorige hoofdstuk (p. 41). Echter hadden we hier wel iets kleinere rollen voorzien van diameter 70 mm, maar met dezelfde as van 30 mm om financiële redenen. Daarom zijn we weer buizen op een tweedehandsmarkt gaan kopen, maar deze voldeden ook niet aan de door ons voorziene maten. Het beste dat we konden vinden, waren buizen met buitendiameter 90 mm (en binnendiameter 80 mm). Dit was al een iets groter risico om deze te kopen, omdat we nu wel rekening moesten houden met bijvoorbeeld de kleine afstand tussen de twee rollen tijdens de assemblage.

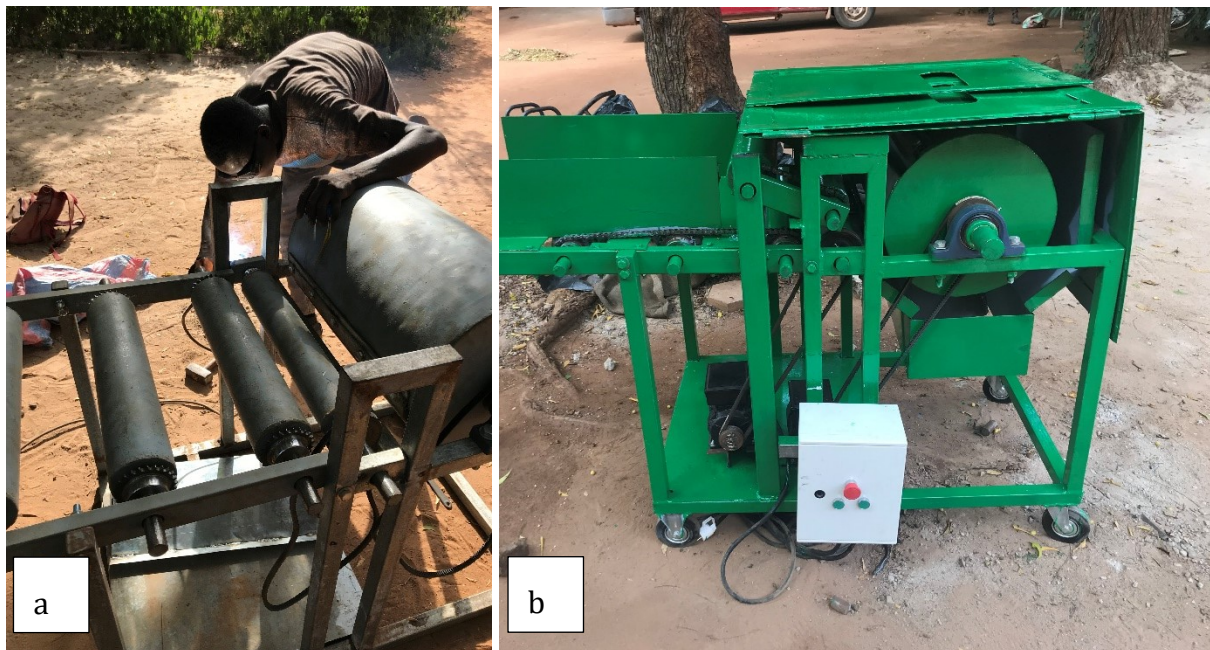
In Figuur 34a zijn de twee profielen weergegeven met glijlagers. Het bovenste profiel dient voor de onderste positioneerrol, het andere profiel dient voor de bovenrol van de invoer en de bovenste positioneerrol, zoals ook te zien is in Figuur 34b.



Figuur 34: Profielen met glijlagers voor positioneerrollen (a) en montage bovenrol en positioneerrol (b)

In Figuur 35a is te zien hoe de onderste positioneerrol wordt gemonteerd op het frame. De riemwiel en kettingwiel worden op de as geschoven. Daarna worden de glijlagers met het kleine profiel erop gezet en vervolgens vast gelast op het frame. In Figuur 35b is de constructie van de positioneerrollen beter te zien. Ook is er een klein L-profiel gelast op het frame om een minimale opening tussen de twee rollen mogelijk te maken. Door het gewicht van de bovenste rol worden de planten op elkaar gedrukt. Indien dit niet zwaar

genoeg zou zijn, is er ook nog een mogelijkheid om met een veer de bovenste positioneerrol naar onder te trekken zodat deze meer weerstand kan bieden tegen de planten, maar wel nog altijd omhoog kan bewegen als de pakking veel te dik wordt.



Figuur 35: Montage onderste positioneerrol (a) en constructie positioneerrollen (b)

4.3.2 Snijbewerking

Voor het snijden van de planten hebben wij gekozen voor een trommel met twee messen aan weerszijden van de ton en een vast mes dat gemonteerd staat op het frame. De realisatie van deze onderdelen zullen hier verder worden uitgelegd.

Voor de trommel zijn we gestart met plaatmateriaal van 3 mm dik dat via een rolbuigmachine is gevormd tot een ton met diameter 400 mm en een lengte van 600 mm. Daarna hebben we uit diezelfde plaat twee cirkels van diameter 400 mm uitgeslepen die als deksels van de ton zullen dienen. De twee deksels hebben we op enkele punten vast gelast op de ton. Omdat we na het mes een kleine inkeping/kamer willen in de ton, is er eerst een kleine strook uit de ton geslepen aan beide kanten. Dan is uit het plaatmateriaal een nieuw stuk gesneden en hebben we dit op de voorziene manier geplooid. Vervolgens hebben we één van de twee deksels terug losgemaakt zodat we deze kamer via de binnenkant van de ton konden vastlassen. De vorm van de inkeping en de bevestiging met behulp van het lasapparaat zijn duidelijk zichtbaar op Figuur 36. De staaf die men op de foto ziet staan is er enkel en alleen opgelast zodat de afstand constant blijft, omdat het plaatmateriaal redelijk stijf was. Deze wordt later verwijderd.



Figuur 36: Trommel met twee inkepingen (a) en detailfoto van één inkeping (b)

Vervolgens boren we vijf gaten door het mes, slijtplaat en de trommel (zie Figuur 37a). We halen het mes en de slijtplaat van de ton en draaien in elk gat een bout en een moer vast. Zo zitten de moeren op de juiste plaats en kunnen deze aan de binnenkant van de trommel worden vast gelast zodat de ton dicht gemaakt kan worden maar de messen nog altijd vervangen kunnen worden. Dit is wel een redelijk inventieve oplossing die ons veel werk heeft bespaard. Er zijn wel enkele bouten kromgetrokken door de hitte tijdens het lassen. Deze hebben we dan verwijderd, uitgeboord en een nieuwe moer aan de binnenkant gelast. Nadat dit allemaal klaar was, hebben we de staaf verwijderd. Het tweede deksel lasten we er nog aan vast en dan maakten we gaten van diameter 50 mm doorheen de deksels met de lastoorts. Hierna hebben we de as van 50 mm gemonteerd en op de trommel gelast. Als laatste stap was er dan nog de afwerking van de trommel, zoals te zien is op Figuur 37b. De trommel (en niet de assen deze keer) werden dan nog geverfd met een laagje galvanische verf.

Op de as van de trommel werd nog een riemwiel gezet en werd daarna met twee identieke kogellagers op het frame gemonteerd met M16 bouten (zie Figuur 38). De messen werden op de ton bevestigd met een slijtplaat onder de messen, sluitringen boven de messen en werden met M10 bouten vastgezet.



Figuur 37: Gatens boren in trommel voor bevestiging messen (a) en afwerking as trommel (b)



Figuur 38: Assemblage trommel

Het vaste mes is pas helemaal op het einde tijdens de montage van de machine gemonteerd. Zoals te zien is op Figuur 39, is het vaste mes bevestigd met twee stukken L-profiel aan beide kanten. We hebben eerst gaten gemaakt maar door tijdgebrek hebben we beslist om het vaste mes op de L-profielen te lassen en deze vervolgens op het frame te lassen. We hebben ervoor gezorgd dat het mes zoveel mogelijk aan de kant van de trommel staat zodat de gehakselde planten zo klein mogelijk zijn. De rollagers van de ton hebben wel sleufgaten, dus deze kunnen op elk moment een beetje verplaatst worden in beide richtingen.



Figuur 39: Montage vast mes

4.4 Uitvoer

De werking van de uitvoer van de machine is gebaseerd op de zwaartekracht door gebruik te maken van een soort glijbaan onder de trommel. De glijbaan bestaat uit vier aparte delen gemaakt uit plaatmateriaal. In Figuur 40 is te zien hoe de twee brede stukken glijbaan worden gemaakt. De stukken worden geslepen uit plaatmateriaal van 3 mm dik, hetgeen wat nog voorradig was. Daarna wordt er op de plooilijnen een kleine inkeping gemaakt met de slijpschijf zodat het op deze plaats makkelijker is om te plooiën. Achteraf wordt het dan nog eens gelast op de plooilijnen. De twee kleinere glijbanen zijn uit plaatmateriaal van 1 mm gemaakt, omdat hier ook nog materiaaloverschot van was. De rest van het proces verloopt hetzelfde.



Figuur 40: Plaatmateriaal uitsnijden (a) en glijbaan plooiën (b)

De montage van de glijbaan op het frame is te zien in Figuur 41. Hier is te zien dat de grote glijbaan met drie M8 bouten is bevestigd op het frame. Ook de andere glijbaan is op deze manier gemonteerd. De twee smallere onderdelen zijn via een las vastgemaakt zoals ook te zien is op de afbeelding.



Figuur 41: Montage glijbaan

4.5 Frame

Het frame bestaat uit vierkante 40x40mm profielen met een wanddikte van 1,5 mm. Dit is op maat gezaagd en in elkaar gelast zoals te zien is in Figuur 42a. De voorziene maten zijn steeds aangehouden. Het enige verschil is dat we de profielen onder 45° in elkaar gelast hebben in plaats van haaks op elkaar. De staven die op het frame zijn gelast (zie Figuur 42b) dienen om de profielen zo recht mogelijk te lassen. Zo wordt het profiel bijvoorbeeld eerst vanonder op de juiste afstand een beetje vast gelast, dan wordt de afstand vanboven gemeten en wordt de staaf op het profiel gelast zodat ook de afstand aan de bovenkant van het profiel juist is. Op die manier weet men dat het profiel ongeveer recht staat en kan men dit volledig vastlassen. Daarnaast hebben we driemaal 5,80 meter van dit soort profielen aangekocht, maar voor transportredenen hebben we deze in de helft laten zagen. Hierdoor hadden we net te weinig materiaal om alles uit één stuk te maken waardoor we de restjes materiaal aan elkaar moesten lassen om te gebruiken in het frame.



Figuur 42: Lassen van het frame (a) en frame geassembleerd (b)

Achteraf, bij het monteren van de machine, zijn we erachter gekomen dat er nog enkele aanpassingen moesten gebeuren met het frame. Ten eerste hebben we er niet goed over nagedacht dat de boog, die over de breedte staat gelast (Figuur 42b), nog niet erop mocht bevestigd worden want hier moest de bovenrol van de invoer nog door. Deze hebben we dus later in het proces terug los gemaakt. Maar dan hadden we onze bedenkingen bij het feit dat we in dit profiel 40x40 mm gaten moesten voorzien van diameter 33 mm. Dit werd zeer krap en hebben hieruit besloten om dit profiel te vervangen door een rechthoekig profiel van 60x30 mm (zie Figuur 43a aangeduid met blauwe rechthoeken).

Ten tweede hebben we bovenop het frame nog een extra stuk profiel gelast, zodat de omkadering die voorzien was de trommel niet zou raken (zie Figuur 43a aangeduid met rode cirkel). Dit is zoals u kan zien gemaakt uit het overschot dat we nog hadden. Ten derde hebben we ook andere wielen op het frame gelast dan voorzien waren (zie Figuur 43b). We werken nu met twee roterende caster wielen aan de kant van de trommel en twee vaste caster wielen aan de kant van de invoer. Hierdoor is ook de driehoek aan de voorkant van de machine, die op Figuur 42 wel nog erop stond, verwijderd voor ongemak bij het verplaatsen van de machine.



Figuur 43: Aanpassingen frame tijdens montage (a) en frame na montage (b)

4.6 Overbrengingen

Het meest complexe onderdeel tijdens de montage van de machine zijn de overbrengingen. Het was niet alleen moeilijk om te bedenken hoe en met welke componenten we de machine gaan aandrijven, maar natuurlijk ook deze onderdelen allemaal te vinden in Togo.

Voor de aandrijving hadden we twee kleine motoren van ongeveer 500 W nodig. We hebben er alles aan gedaan om deze te vinden en de motor die het dichtst in de buurt kwam, had een vermogen van 370 W. De andere motoren waren allemaal veel krachtiger en dat leek ons niet nodig te zijn voor onze machine. We hebben twee motoren gekocht, zoals deze die te zien is in Figuur 44. Op de as van beide motoren stond ook al een klein riemwiel gemonteerd met een riemopening van 10 mm.



Figuur 44: Lafert motor 370 Watt

Verder hadden we voor de overbrengingen 10 kettingwielen, één riemwiel voor de ton en twee tandwielen voorzien. Het was een hele opgave om deze componenten te vinden met ongeveer juiste afmetingen en dan ook nog de juiste aantallen. Aangezien op de twee motoren al een riemwiel stond, hadden we het idee om de twee motoren met behulp van een riemoverbrenging de machine te laten aandrijven. In de winkel hadden ze maar 9 kettingwielen die in de buurt kwam van onze voorziene maten: 4 stuks met buitendiameter 100 mm en 5 stuks met buitendiameter 80 mm. We hadden weinig andere mogelijkheden en hebben deze dan maar allemaal aangekocht, zoals te zien is in Figuur 45a. Ook de ketting zelf en de verbindingsstukken hebben we die dag gekocht in deze winkel.

Het volgende probleem waren de riemoverbrengingen. De voorziene riemwielen en riemen waren niet voorradig. Daarom hebben twee riemwielen gekocht die een maat groter waren (namelijk een riemopening van 13 mm) voor op de as van de ton en een rol. Meer hiervan had hij ook niet op stock en om deze reden hebben we zelf onze riemwielen voor de motor laten maken bij een draaier. In de winkel hebben we ook nog twee riemen gekocht met lengtes van 1,5 meter en 1,8 meter. Deze riemen en riemwielen zijn weergegeven in Figuur 45b.



Figuur 45: Aankoop van kettingwielen en riemwiel (a) en aankoop van riemen en riemwielen (b)

Als laatste hadden we ook nog twee tandwielen nodig die samen zorgen voor het omkeren van de draairichting van de twee bovenrollen. Ook dit was niet gemakkelijk om te vinden, maar we hebben ze toch gevonden op een tweedehandsmarkt in Lomé (zie Figuur 46). Hiervoor hebben we wel nog een binnenring laten maken bij de draaier om ze op de assen te laten passen.

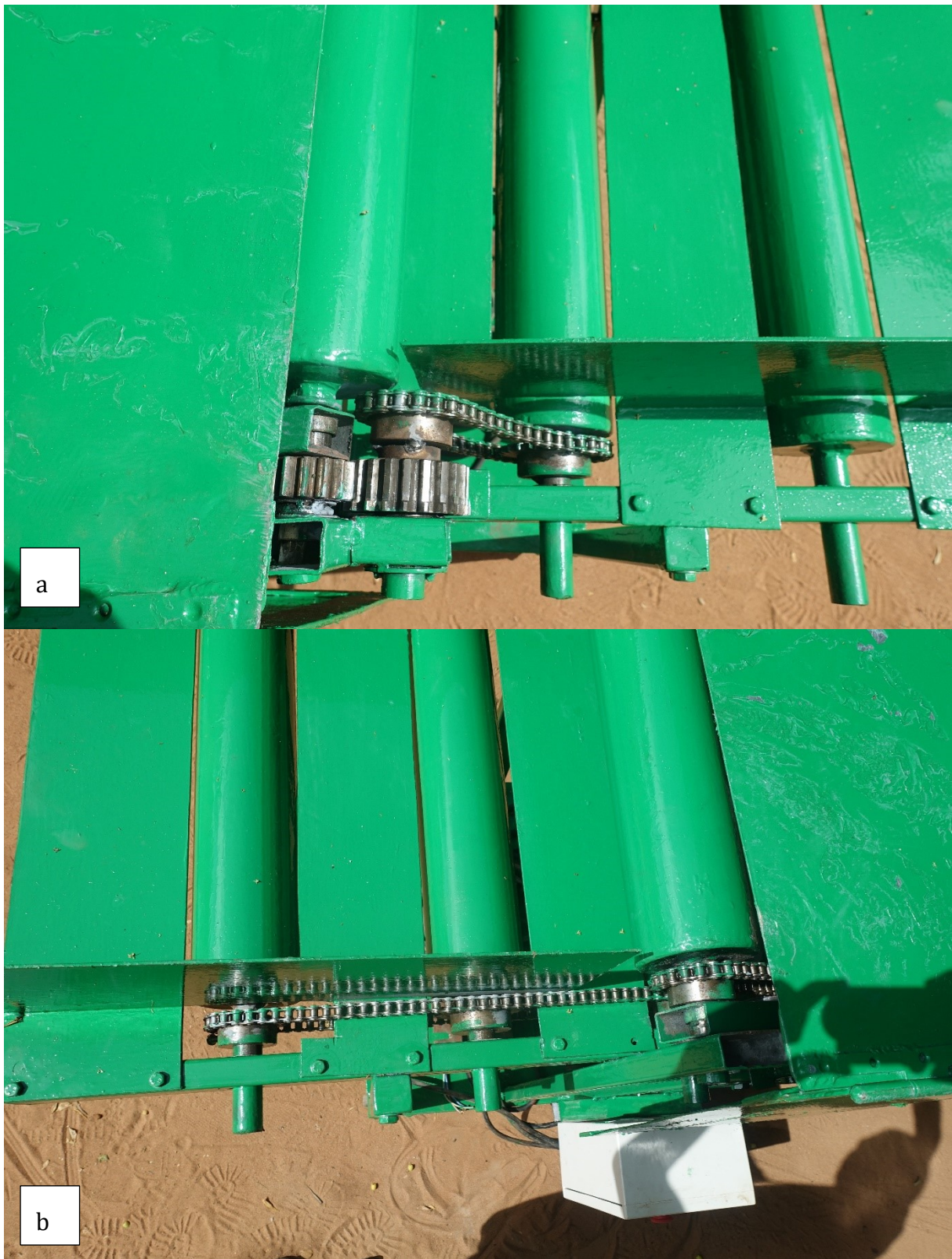


Figuur 46: Aankoop tandwielen

Nadat we alle onderdelen bij elkaar hadden, kon de uiteindelijke montage beginnen. Het plan was om alle componenten op de assen te schuiven en pas te bevestigen als alles gemonteerd was. De kettingwielen, riemwielen en tandwielen werden dan op het laatste vastgemaakt door eerst een gat te boren door het wiel en een stuk in de as, dan er draad in te tappen en er een inbusbout in vast te draaien. Zo was het wiel en de as verbonden. Vooraleer we alles bevestigen, gaan we eerst alle kettingen en riemen erop leggen om te testen of alles goed is uitgelijnd.

Echter verliep niet alles volgens plan. We hadden dus kettingwielen van twee verschillende groottes en ook één te weinig. Hier hebben we dan op moeten anticiperen en een oplossing voor moeten zoeken. Tijdens de montage kwamen we nog een ander obstakel tegen: de ketting- en riemwielen zijn van plaats moeten veranderen. Er waren verschillende mogelijkheden om de overbrengingen te plaatsen, maar door enkele beperkingen hebben we dus aanpassingen moeten maken naar een andere ordening ervan.

Daarna stootten we nog eens op een probleem. Doordat alles gemonteerd was, was het onmogelijk geworden om de wielen te bevestigen met een inbusbout. Hierdoor zijn de meeste wielen allemaal op de as gelast. Dit is niet de gebruikelijke werkwijze, want hierdoor is de machine ook niet meer demonteerbaar. In Figuur 47 en Figuur 48 zijn enkele foto's te zien van de overbrengingen na de montage.



Figuur 47: Overbrengingen invoer links (a) en overbrengingen invoer rechts (b)



Figuur 48: Detailfoto overbrengingen rollen links (a) en detailfoto overbrengingen rollen rechts (b)

4.7 Eindresultaat

Zoals uit de vorige hoofdstukken is gebleken, zijn er toch heel wat verschillen tussen het ontwerp en het uiteindelijke resultaat. Het lag dan vaak aan de beperkte mogelijkheden of de te verkrijgen materialen in het land. We wisten dit op voorhand en hier hebben we ook wel telkens snel op geanticipeerd. In dit hoofdstuk worden nog een aantal aanpassingen aan de machine besproken die pas tijdens de assemblage aan het licht kwamen.

Ten eerste wordt de constructie van de afscherming van de trommel besproken. Ons eerste idee was om dit te maken uit één groot stuk plaatmateriaal en dit op drie plaatsen te plooien. Achteraf leek het ons beter dit in stukken op te delen zodat het eenvoudiger werd om te construeren, er minder materiaal werd verspild en we met behulp van scharnieren de afscherming konden openen. Omdat we met plaatmateriaal van 1,5 mm werkten, zagen we in dat het moeilijk te monteren werd, aangezien de platen gebogen waren. Daarom hebben we aan de binnenkant van de afscherming een kader gelast zodat de plaat steviger werd, zoals te zien is in Figuur 49a. Naast de afscherming die te zien is op de foto, hebben we ook twee zijpanelen gemaakt die we kunnen openen met scharnieren. Door de lange as van de trommel hebben we in deze kleine panelen wel een opening moeten slijpen, weergegeven in Figuur 49b. De grote plaat is met M8 bouten op het frame bevestigd.



Figuur 49: Constructie van afscherming (a) en aanpassen van de afscherming (b)

Om de assen in hun positie vast te zetten, hadden we borgringen voorzien. Deze zijn echter niet gebruikt. De as van de trommel (50 mm diameter) werd al op zijn plaats gehouden door een bevestigingsring met inbusbout die met de rollager geleverd was. De assen van de rollen zijn bevestigd door een sluiting van M30 op de as en het frame te lassen (zie Figuur 48a).

Nadat alles gemonteerd was, konden we de machine dan uiteindelijk testen. De elektriciteitskast bezit één noodstop en twee groene knoppen, één voor de invoer en één om de trommel te laten starten. De trommel werd door een riem aangedreven en kwam na enkele seconden op zijn maximale snelheid. De motor van de invoer was ook met een riem bevestigd op één van de rollen, die dan op zijn beurt de rest van de invoerrollen aandreef met behulp van kettingen en tandwielen. Tijdens het testen ervan was er niks dat bewoog. De motor probeerde wel de as te laten draaien, maar hij kreeg de rollen niet aangedreven. Er was veel te veel wrijving om alle kettingoverbrengingen en een tandwieloverbrenging aan te drijven. Hierdoor hebben we de motor gedemonteerd en een nieuwe motor gekocht van 1,5 kW (zie Figuur 50). Er was echter geen tijd meer over om deze nog te monteren en te testen voor de terugkeer naar België. We hebben de machine dus niet aan het werk kunnen zien en ook niet kunnen testen met een Artemisia plant. De motor zou wel nog gemonteerd worden na ons vertrek en hier zullen wij dan verder over ingelicht worden.



Figuur 50: Nieuwe motor 1,5 kW

5 Besluit

Na het analyseren van het theeverwerkingsproces en het zoeken naar mogelijke optimalisatiemogelijkheden hiervoor, hebben we besloten om een kleine mobiele hakselaar te ontwerpen en te implementeren. We vermoedden dat deze mogelijkheid de grootste positieve impact zou hebben op het verwerkingsproces. Hierdoor zou men bijvoorbeeld op korte termijn de productie van Artemisia thee aanzienlijk kunnen verhogen. Met de realisatie van deze hakselaar vermindert het benodigde transport en de druk op de grote hakselaar in Sichem verlaagd.

Het type hakselaar dat werd geïmplementeerd is een trommelhakselaar. Dit type hakselaar produceert zeer gelijkmatige snippers bij kruidachtige planten en is gemakkelijk te vervoeren door zijn compacte constructie.

In het ontwerp van de hakselaar is er rekening gehouden met beperkte technieken en materialen die beschikbaar zijn in Togo. Om de kostprijs van de hakselaar zo laag mogelijk te houden, worden profielen en assen zoveel mogelijk van hetzelfde formaat gebruikt.

Bij de implementatie van de machine zijn er verschillende aanpassingen gebeurd aan het ontwerp. De oorzaak hiervan was het gebrek aan onderdelen of aan technieken. Zo werden de rollen gelast op de assen en niet met een spiebevestiging gemonteerd. We pasten het ontwerp ook aan om de constructie en het onderhoud van de hakselaar eenvoudiger te maken. De behuizing is bijvoorbeeld geconstrueerd met scharnieren. Hierdoor is het mogelijk om de behuizing te openen en kan er een onderhoud uitgevoerd worden, zonder dat de volledige behuizing moet verwijderd worden.

De machine werkte uiteindelijk niet volledig op het einde van de stage. De aangekochte motor, die bestemd was voor de invoer, was niet sterk genoeg en kreeg geen koppel overgebracht op de invoerrollen. Onder andere de wrijving van de overbrengingen en de glijlagers was te groot voor de motor om deze te overwinnen.

Voor het vertrek uit Togo werd er wel nog een nieuwe, sterkere motor aangekocht. Wegens tijdsgebrek is deze echter niet meer gemonteerd op de hakselaar. De werknemers van Sichem zullen deze motor monteren op de machine om deze werkende te krijgen.

De volgende stap is het testen van de installatie, dit zal dus voor een vervolgproject dienen. Er zal eerst getest worden of de installatie continu op nullast kan draaien. Als dit zonder problemen mogelijk is, wordt de machine getest met Artemisia planten. Hier is het belangrijk dat de machine door de bijkomende last niet stilvalt. Ook wordt er naar de kwaliteit van de snippers gekeken. De snippers moeten ongeveer een grootte van 1 tot 2 cm bevatten. Grotere snippers zijn onbruikbaar. Tot slot ondergaat de machine een langdurige testperiode. In deze periode wordt de machine enkele maanden gebruikt om de geogste Artemisia te hakselen. Tijdens deze periode is het belangrijk dat de machine blijft werken en dat de kwaliteit van de snippers binnen de gewenste waarden blijft. Op het einde van deze periode wordt er gekeken naar de slijt van de machine. Zo kan er een

beeld gevormd worden over het onderhoud van de hakselaar en welke onderdelen het snelst aan vervanging toe zijn.

Een uitbreiding op deze paper zou het construeren van meerdere hakselaars zijn. Deze hakselaars kunnen dan geïmplementeerd worden in de verschillende dorpen waar Artemisia wordt geteeld. Vervolgens kan er dan onderzocht worden welke impact dit heeft op het verwerkingsproces van Artemisia en bij uitbreiding op het telen van de planten in het algemeen.

Literatuurlijst

- [1] „Togo,” International Monetary Fund IMF, [Online]. Available: <https://www.imf.org/en/Countries/TGO#whatsnew>. [Geopend 18 mei 2019].
- [2] „GDP per capita, current prices,” International Monetary Fund IMF, 2019. [Online]. Available: <https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD>. [Geopend 18 mei 2019].
- [3] „L'Artemisia et le paludisme (Powerpoint),” moreforless, 2018.
- [4] S. Florent, Interviewee, *Procesverantwoordelijke Sichem*. [Interview]. 14 Februari 2019.
- [5] M. A. Elfawal, M. J. Towler, N. G. Reich, D. Golenbock, P. J. Weathers en S. M. Rich, „Dried Whole Plant Artemisia annua as an Antimalarial Therapy,” *PLoS ONE*, San Fransisco, 2012.
- [6] F. Van der Kooy, R. Verpoorte en J. Meyer Marion, „Metabolomic quality control of claimed anti-malarial Artemisia afra herbal remedy and A. Afra and A. Annu plant extracts,” *South African Journal of Botany*, pp. 186-189, 04 10 2007.
- [7] F. Van der Kooy, R. Verpoorte en N. Liu, „Artemisia afra: A potential flagship for African medicinal plants?,” *South African Journal of Botany*, pp. 185-195, 06 11 2008.
- [8] A. H. Varnam en J. M. Sutherland, „Tea,” in *Beverages*, New York City, Springer, 1994, pp. 126-190.
- [9] A. Dzamah, Interviewee, *President Sichem*. [Interview]. 28 Oktober 2018.
- [10] R. Spinelli, E. Cavallo, L. Eliasson en A. Facello, „Comparing the efficiency of drum and disc chippers,” *Silva Fennica*, vol. 2, nr. 47, p. artikel id 930, 2013.
- [11] R. Alexander, „Wood Chipper”. Verenigde Staten Patent 2.710.635, 14 Juni 1955.
- [12] W. deLoonwerker, „Dutch Dragon EC10075 chippers: eenvoudig en betrouwbaar geconstrueerd,” deLoonwerker, 29 December 2017. [Online]. Available: <https://deloonwerker.be/dutch-dragon-ec10075-chippers-eenvoudig-en-betrouwbaar-geconstrueerd/>. [Geopend 5 April 2019].
- [13] F. L. Salzman, „Wood Chipper Disc and Knife Mounting”. Verenigde Staten Patent 3.542.302, 24 November 1970.
- [14] J. K. Wegener en T. Wegener, „Wood chipping with conical helicalbladese - Theoretical deliberations and practical experiments concerning the adjustment of chiplength with a set pitch of the blade,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 2014, nr. 66, pp. 151-158, 2014.

- [15] C. Nati, L. Eliasson en R. Spinelli, „Effect of Chipper Type, Biomass Type and Blade Wear on Productivity, Fuel Consumption and Product Quality,” *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 1, nr. 35, pp. 1-7, 2014.
- [16] J. Baeten en N. Lepot, *OCO2: Onderzoeksmethodiek*, Diepenbeek: UHasselt & KU Leuven - Faculteit IIW, 2016.
- [17] D. Droogmans en K. Puttenaers, *Onderzoek en implementatie van een distributiecentrum voor hernieuwbare energie in Sichem, Togo*, Universiteit Hasselt, 2018.

Bijlage

Ontwerptekeningen

Het machinedossier van de hakselaar met de ontwerptekeningen is beschikbaar op aanvraag.