

Analyse werktuigbouwkundig product

Verkoelende waterspuit



Auteur: Arno Spek

Analyse werktuigbouwkundig product

Verkoelende waterspuit

Auteur: Arno Spek
Studentnummer: 15132994
Klas: WP14
Instelling: De Haagse Hogeschool
Faculteit: Werktuigbouwkunde
Docenten: G. Van Leeuwen, S.
Panahkhahi
Datum: 14 september 2017
Versie: V1.0

Voorwoord

Dit verslag is geschreven als eerste kennismaking met zowel het correct schrijven van een verslag, als het leren begrijpen van een werktuigbouwkundig product en de daarbij horende doelgroepen en belanghebbenden. Ook de productieprocessen die gebruikt zijn bij het maken van het product worden behandeld.

Verder is dit verslag geschreven als praktijkopdracht voor het vak COP1A voor de opleiding Werktuigbouwkunde-B aan de Haagse Hogeschool vestiging Delft.

Met dank aan de coördinatoren van het vak COP1A, MTT1, PRT1 en PROF1.

Samenvatting

De wereld zit vol met producten. Deze producten zijn gefabriceerd door ontwikkeling en verscheidene productieprocessen. In dit verslag is er een analyse uitgevoerd van een werktuigbouwkundig product middels 'reverse-engineering'. Het verslag is geschreven met als doel vaardig worden in drie van de acht competenties uit het landelijk Competentieprofiel Bachelor of Engineering⁽¹⁾: Analyseren, Professionaliseren en Ontwerpen. Het product is een waterspuit met ingebouwde ventilator die aangedreven wordt door een elektromotor op batterijen. De probleemstelling welke heeft geleid tot ontwikkeling van dit product luidt als volgt: *De bestaande ventilatoren die onder de 10 euro kosten, op elektrische energie werken, in de hand passen en gemakkelijk mee te nemen zijn, zullen lucht van de omgevingstemperatuur verplaatsen en daarom in een warme omgeving niet veel verkoeling geven.*

In de analyse is per week een aantal opdrachten uitgevoerd, waardoor de analyse op deze manier stap voor stap werd doorlopen. Allereerst is er een exploded-view gemaakt van het product en zijn de belanghebbenden en hun behoeften vastgesteld. Na de weergegeven probleemstelling zijn de wensen en eisen bepaald en is er vervolgens een functie-analyse gedaan met een functieboom en functieblokschema. Hierna volgde de eerste versie van het Pakket van Eisen. Elke volgende week is dit PvE aangepast op de dan opgedane informatie over het product. Na een bouwtechnische tekening en een vrij lichaamsschema zijn de energie-omzettingen en de verbindingen behandeld. Hierna is een morfologisch overzicht gemaakt en vervolgens zijn de materialen en productietechnieken geanalyseerd.

Uit de analyse zijn een aantal conclusies getrokken. De materiaalkeuze van het product is tot stand gekomen aan de hand van de kosten en de veiligheid en/of bruikbaarheid. Er is gekozen voor materiaal dat recyclebaar is en met massaproductie tegen een lage inkoop prijs gemaakt kan worden. Voor de veiligheid is gekozen voor materiaal dat taai is. De behuizing is met dit materiaal goed bestand tegen klappen en stoten, waardoor men minder het gevaar loopt dat door een breuk of scheur de elektra in contact komt met het water. Als laatste is te concluderen dat er met de ontwerpcriteria voor het product, voldaan is aan het oplossen van de probleemstelling. Het product is namelijk een simpele ventilator met de extra functie het spuiten van een waternevel. Hierdoor zal dit product beter koelen dan een conventionele ventilator.

Inhoudsopgave

Verklarende woordenlijst.....	5
Symbolenlijst	6
1. Inleiding.....	7
2. Exploded view en functiebeschrijving.....	8
3. Productanalyse	10
3.1 Week 3	10
Opdracht 1: Belanghebbenden en behoeften	10
Opdracht 2: Probleemstelling	12
Opdracht 3: Klantwensen vaststellen	13
3.2 Week 4	14
Opdracht 1: Functie-analyse	14
Opdracht 2: Voorlopig Pakket Van Eisen	16
3.3 Week 5	16
Opdracht 1: Meten en tekenen.....	16
Opdracht 2: Aangevuld Pakket Van Eisen V2.0.....	16
3.4 Week 6	16
Opdracht 1: Vrij Lichaamschema	16
Opdracht 2: Energie-omzettingen.....	17
Opdracht 3: Verbindingen.....	18
Opdracht 4: Morfologie	18
Opdracht 5: Aangevuld Pakket Van Eisen V3.0.....	20
3.5 Week 7	20
Opdracht 1: Beschrijving gebruikte materialen	20
Opdracht 2: Oriëntatie productietechnieken	22
Opdracht 3: Aangevuld Pakket Van Eisen V4.0.....	23
4. Conclusies en aanbevelingen	24
Literatuurlijst.....	25
Bijlagen.....	26

Verklarende woordenlijst

<i>Reverse-engineering</i>	Het herproduceren van een al bestaand product middels nauwkeurige analyse van de constructie en samenstelling
<i>Exploded view</i>	Een technische tekening waarop een onderdeel zodanig getekend is dat het lijkt alsof de delen van elkaar getrokken, oftewel geëxplodeerd zijn
<i>Matrijs</i>	Mal of holle gietvorm
<i>Vrij Lichaamsschema</i>	Een vereenvoudigde weergave van de werkelijke situatie opdat handmatige natuurkundige berekeningen uitgevoerd kunnen worden
<i>Lorentzkracht</i>	De kracht die op een lading wordt uitgeoefend door een elektromagnetisch veld
<i>Morfologisch schema</i>	Ontwerpmethode voor het onderzoeken van mogelijke oplossingen voor een complex probleem
<i>Capillaire werking</i>	Natuurkundig verschijnsel waarbij een vloeistof in een fijne buis, zich in tegengestelde richting van de zwaartekracht verplaatst
<i>Thermoplastische polyester</i>	Een kunststof welke bestaat uit een lange keten esterverbindingen, welke onder invloed van verhoogde temperatuur de neiging hebben te smelten in plaats van te verbranden
<i>CES Edupack</i>	Een unieke verzameling van softwarematige onderwijshulpen die gericht zijn op het ondersteunen van de materiaalkunde

Symbolenlijst

Symbol:	Betekenis:	Eenheid:
• C	• Soortelijke warmte	• $J/kg \cdot ^\circ C$
• E	• Elasticiteitsmodulus (Young's modulus)	• Pa
• f_y	• Vloeigrens (yield strength)	• Pa
• $F_{(x)}$	• Kracht	• N
• HV	• Hardheid Vickers	• [-]
• $M_{(x)}$	• Moment	• $N \cdot m$
• $M(x)$	• Metrische diktemaat (bout/moer)	• mm
• P	• Vermogen	• W
• $S_{(x)}$	• Afstand	• m
• λ	• Warmtegeleidingscoëfficiënt (thermal conductivity)	• $W/m \cdot ^\circ C$
• ρ	• Dichtheid	• kg/m^3
• σ	• Treksterkte (tensile strength)	• Pa
• ω	• Hoeksnelheid	• $2\pi(omw/s)$

1. Inleiding

De wereld zit vol met producten. Producten die door de mens zijn gemaakt om het leven gemakkelijker te maken. De werktuigbouwkunde speelt een grote rol in hoe deze producten tot stand zijn gekomen. Dit aspect wordt met dit verslag beschreven door middel van een analyse van zo'n product.

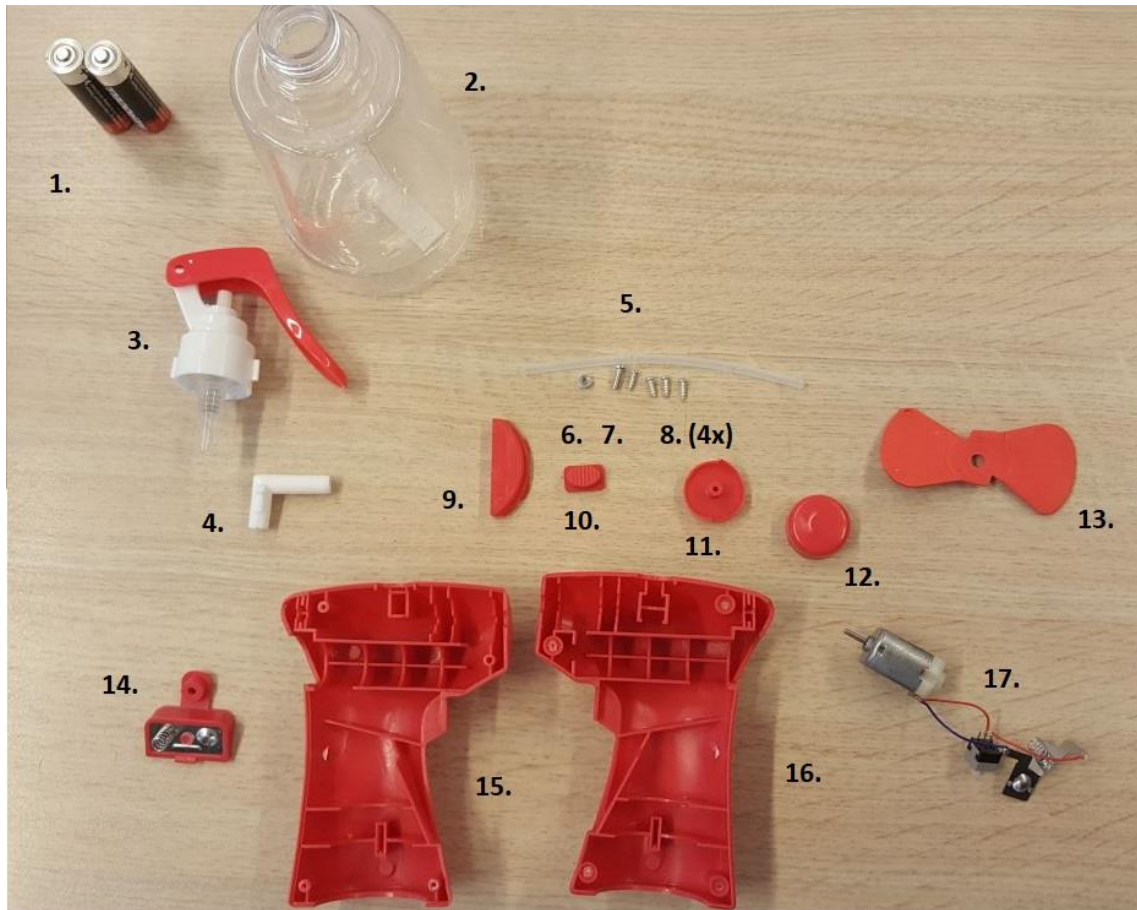
Het doel van de analyse en het verslag is om vaardig te worden in drie van de acht competenties uit het landelijke Competentieprofiel Bachelor of Engineering¹: Analyseren Professionaliseren en Ontwerpen. Dit gebeurt volgens het zogeheten 'reverse-engineering'.

Het product wat gekozen is voor deze analyse is een waterspuit met een ventilator die aangedreven wordt door een kleine elektromotor op batterijen.

Allereerst wordt er aan de hand van een exploded view de componenten en hun functie beschreven. Vervolgens wordt er een probleemstelling geformuleerd en daarvanuit een analyse gemaakt van de belanghebbenden, de behoeften, klantwensen, functies en eisen. Als laatst zal het product ook getekend worden en zullen de materialen en de productietechnieken benoemd worden.

2. Exploded view en functiebeschrijving

Hieronder is het werktuigbouwkundig product te zien, volledig uit elkaar gehaald met alle delen genummerd.



Figuur 1: Exploded view van de "Verkoelende waterspuit".

Tabel 1: Nummer, naam en functiebeschrijving van het product.

#	Wat is het?	Wat doet het?
1.	Batterijen	Energie leveren aan de motor
2.	Waterreservoir	Water bewaren
3.	Waterpomp met hendel	Water uit het reservoir omhoog pompen
4.	Verstuiver	Het water dat omhoog gepompt is door een kleine opening in een nevel veranderen
5.	Waterslang	Het vervoeren van water naar de verstuiver
6.	Moer (M3*)	Samen met de bout het bij elkaar houden van de behuizing (voor het grootste deel)
7.	Bout (M3)	Samen met de moer het bij elkaar houden van de behuizing (voor het grootste deel)
8.	Schroef	Het verstevigen van de behuizing/het bij elkaar houden van de behuizing
9.	Batterij aanslag/houder	Het tegenhouden van de batterijen en tegelijkertijd in het midden de stevigheid van het product versterken
10.	Aan/uitknop	Het aan of uit zetten van de elektromotor
11.	Rotorhouder onder	Het inklemmen van het rotorblad, samen met de bovenkant
12.	Rotorhouder boven	Het inklemmen van het rotorblad, samen met de onderkant. Ook het, in zekere mate, beschermen van de as van de elektromotor.
13.	Rotorblad	Het gedraaide oppervlak van het rotorblad zorgt er samen met de rotatie van de motor voor dat er wind wordt verplaatst.
14.	Batterijklepje/connector	Het tegenhouden van de batterijen en de twee batterijen onderling verbinding laten maken.
15.	Linkerhelft behuizing	Het bij elkaar houden en beschermen van de interne onderdelen. Het bieden van een enigszins ergonomische grip samen met de rechterhelft.
16.	Rechterhelft behuizing	Idem als 15.
17.	Elektromotor met koperdraadjes, aanslagplaatjes batterijen en schakelaar	De schakelaar het sluiten van de elektriciteitskring. De aanslagplaatjes het verbinding maken met de batterijen en dus energie overdragen. Dit doen de koperdraadjes ook. De elektromotor levert de rotatiekracht die nodig is om het rotorblad te laten draaien.

3. Productanalyse

3.1 Week 3

Opdracht 1: Belanghebbenden en behoeften

Het product is ontstaan vanuit een behoefte van één of meerdere personen. Hieronder zijn de verschillende belanghebbenden en hun behoeftes opgesomd.

Consument

De mensen kunnen dit artikel bij de Duitse winkelketen Action kopen. Wanneer mensen in bijvoorbeeld de zomer op een warme dag verkoeling zoeken, kunnen ze dit product kopen en gebruiken. De behoeftes van de consument zijn hierbij: directe verkoeling in een product van een handig formaat. Ook de behoefte om niet veel geld uit te geven kan benoemd worden, aangezien de meeste ventilatoren toch al snel vele malen duurder zijn dan dit product.

Verkoper

De Action verkoopt dit product voor een prijs die boven de inkoopprijs ligt. Hierdoor wordt de behoefte om winst te maken vervuld. Een andere behoefte van de winkelketen kan zijn om meer klanten te werven door erg handige artikelen zoals deze te verkopen. Ook is te zeggen dat hierdoor de behoefte om veel producten te verkopen wordt ingevuld, omdat de klant in eerste instantie voor specifiek dit product naar de winkel zou gaan maar vervolgens ook nog andere artikelen koopt.

Opdrachtgever

De opdrachtgever heeft vanuit een probleemstelling opdracht gegeven om dit product te ontwikkelen en te fabriceren. De behoefte van de opdrachtgever is daarom ook voornamelijk het oplossen van de probleemstelling. Ook, indien de opdrachtgever bij de winkelketen zelf hoort, kan het zo zijn dat winst maken en klanten werven ook een van de behoeften zijn. Net zoals dit de behoeften zijn van de directe verkoper.

Leveranciers

Deze belanghebbenden zijn op te delen binnen het fabricatieproces. Er zijn leveranciers voor de grondstoffen van het product. Deze grondstoffen zijn kunststof en metaal.

Ook zijn er leveranciers van de gemaakte delen van het product. Zo moeten de kunststof delen worden gevormd en moet de elektromotor in elkaar worden gezet. Vervolgens moeten delen zoals deze worden geleverd aan een bedrijf dat het in elkaar zet. De laatste leveranciers zijn diegene die het product afleveren aan de winkel waar het verkocht zal worden.

Alle leveranciers hebben ongeveer dezelfde basale behoeften, namelijk het inkopen van stoffen/producten en vervolgens het verkopen met winst.

Logistieke bedrijven

Deze belanghebbende bedrijven kunnen als onderdeel gezien worden van de leveranciers. Echter is het zo dat leveranciers vaak het vervoeren van de (tussen)producten, uitbesteden aan logistieke bedrijven. Deze bedrijven hebben de behoefte hun dienst te verlenen en hiermee winst te maken.

Productiebedrijven (matrijzen etc.)

Bedrijven die matrijzen maken voor bijvoorbeeld het spuitgieten van plastic, hebben ook direct belang bij dit product. Het product bestaat uit delen die, voor massaproductie, gevormd moeten worden met bijvoorbeeld spuitgieten. Voor deze productietechniek zijn matrijzen nodig. Deze matrijzen moeten ook op hun beurt weer ontworpen en gefabriceerd worden. De behoefte van deze bedrijven is uiteraard ook het fabriceren en verkopen met winst.

Hierbij is op te merken dat bij het ontwerpen en fabriceren hiervan, ook allemaal belanghebbenden te noemen zijn. Hier wordt niet op in gegaan, omdat deze niet direct relevant zijn voor de verkoelende waterspuit.

Verkopers van airconditioners/ventilatoren

De belanghebbenden zijn geclusterd tot de verkopers van bestaande airconditioners en ventilatoren. Het belang is in dit geval negatief, aangezien het product een directe concurrentie is voor verkopers van verkoelende apparaten. De behoefte is vanzelfsprekend het verkopen van hun producten en daarmee winst te genereren. Met deze verkoelende waterspuit op de markt zal de consument wellicht eerder kiezen voor deze goedkopere oplossing, dan het (gemiddeld genomen) duurdere alternatief.

Verkopers van water/plantenspuiten

De belanghebbenden zijn geclusterd tot de verkopers van bestaande water/plantenspuiten. De verkoelende waterspuit is wederom een concurrerend product, dus is het belang ook hier negatief. De behoefte is hierbij ook weer het verkopen van een product en hier winst mee maken. De verkopers van deze soort producten zijn apart genoemd, aangezien er speciaal te noemen is dat de consument de verkoelende waterspuit kan verkiezen boven de bestaande water/plantenspuiten, omdat het de extra functie 'wind verplaatsen' bevat.

Opdracht 2: Probleemstelling

De (voorlopige) probleemstelling is opgesteld aan de hand van de behoeftes van de verschillende belanghebbenden en middels de elementen beschreven in het theorieboek "Ontwerpen van technische innovaties" ¹⁾.

Hedendaags zijn er veel apparaten te koop die verkoeling geven bij warmte. Hierbij is te denken aan (industriële) airconditioners, toren-, tafel-, USB- en handventilatoren en zelfs waaiers die met de hand bedient worden. De werking berust op het principe van luchtverplaatsing en in het geval van de airconditioner, het koelen/warmen van de lucht. Deze apparaten kunnen klein of groot zijn. Wanneer men een goedkoop product wil voor verkoeling, wordt meestal gekozen voor een handwaaier of een vrij kleine ventilator.

Een waaier moet handmatig bedient worden en is daardoor voor een toepassing waarbij beide handen vrij moeten zijn, niet geschikt. Kleine ventilatoren zijn er in allerlei soorten en maten. Er bestaan bijvoorbeeld al types die op batterijen of via de voeding van USB werken. Deze ventilatoren laten meerdere bladen ronddraaien, opdat er lucht wordt verplaatst en er een "briesje" te voelen is. Dit geschiedt met elektrische energie en dus is er geen arbeid voor nodig om het product te laten werken.

Verder zijn deze ventilatoren vaak zo klein vormgegeven, dat ze in de hand passen en/of gemakkelijk mee te nemen zijn. Over deze types is ook te zeggen dat ze in het kader van goedkoop, verkoelend, de automatische werking, grootte en mobiliteit, een zelfde eigenschap hebben. Ze verplaatsen lucht.

Hier ontstaat het echte probleem voor de ontwikkeling van de verkoelende waterspuit. De lucht die verplaatst wordt, zal niet opgewarmd noch gekoeld worden. Resultaat is dat bij het gebruik van het apparaat in een warme omgeving, de verplaatste lucht ook warm zal zijn. Voor een verkoelend product is het van belang dat deze ook optimaal koelt. Dus zal er een oplossing moeten komen om ook dit gedeelte van verkoelende apparaten beter te laten werken.

De probleemstelling die hieruit voortkomt, luidt als volgt:

De bestaande ventilatoren die onder de 10 euro kosten, op elektrische energie werken, in de hand passen en gemakkelijk mee te nemen zijn, zullen lucht van de omgevingstemperatuur verplaatsen en daarom in een warme omgeving niet veel verkoeling geven.

Opdracht 3: Klantwensen vaststellen

Wensen van de klant worden eerst in een tabel weergegeven in basis-, prestatie- en aantrekkelijke eigenschappen. Vervolgens wordt een tabel gemaakt met de klantwensen en de hieruit voortkomende technische eisen.

Tabel 2: basis-, prestatie- en aantrekkelijke eigenschappen.

Basiseigenschappen	Prestatie-eigenschappen	Aantrekkelijke eigenschappen
Gebruiksvriendelijk	Verkoelend	Mooi
Goedkoop	Krachtig	Leuke kleur
Klein	Duurzaam	Goede prijs/kwaliteit verhouding
Veilig	Onderhoudsvrij	Multifunctionaliteit
	Ergonomisch handvat	
	Lange operatietijd	

Tabel 3: Klantwensen en hieruit voortkomende ontwerpcriteria.

Klantwensen	Ontwerpcriteria (eisen)
Gebruiksvriendelijk	Elk individu van tien jaar of ouder kan het product zonder enige voorkennis in gebruik nemen.
Goedkoop	De prijs van het product is maximaal tien euro.
Klein	Het product moet in de hand passen. Het gedeelte wat vastgehouden wordt moet maximaal een diameter hebben van 50 mm.
Veilig	Het product moet geen loszittende onderdelen bevatten die verstikking kunnen veroorzaken.
Verkoelend	Binnen vijf minuten moet het product een metallische plaat met een oppervlakte van 10 cm ² , vijf graden Celsius in temperatuur kunnen laten dalen.
Krachtig	De windsnelheid, gemeten precies voor de rotorbladen, moet ten minste 5 m/s bedragen.
Duurzaam	Het product moet vijf jaar gebruikt kunnen worden en moet niet kunnen breken wanneer het op de grond valt van een hoogte van één meter.
Onderhoudsvrij	Het product hoeft na gebruik niet schoongemaakt te worden.
Ergonomisch handvat/voet	Wanneer het product in de hand vastgehouden wordt, moet dit comfortabel aanvoelen. Ook moet het product uit zichzelf kunnen staan op een plat oppervlak.
Lange operatietijd	Het product moet minimaal vier uur kunnen werken met behulp van twee AA-type batterijen.
Mooi	Blijft een wens want is relatief.
Leuke kleur	Idem
Goede prijs/kwaliteit verhouding	Idem
Multifunctionaliteit	Het product moet niet alleen verkoelen.

3.2 Week 4

Opdracht 1: Functie-analyse

De functie-analyse is uitgevoerd door antwoord te geven op de vraag: wat moet het product kunnen? Verder is gekeken naar de al bestaande lijst met onderdelen en bijbehorende functies. Met behulp van een functieboom en functieblokschema zijn vervolgens de functies overzichtelijk weergegeven. In verband met een betere leesbaarheid, zijn de productonderdelen niet achter de functies in de functieboom vermeld. Wel staan deze in onderstaande functielijst.

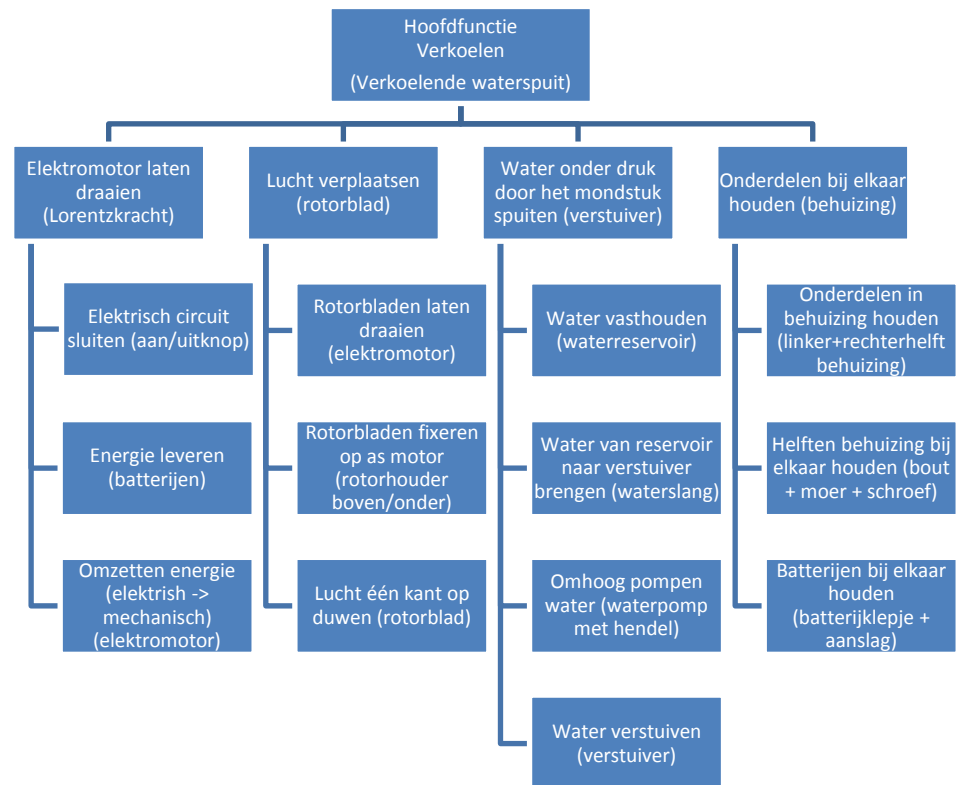
Functies:

Hoofdfunctie: Verkoelen. (verkoelende plantenspuit)

Deelfuncties:

- Elektromotor laten draaien;
 - Elektrisch circuit sluiten (aan/uitknop);
 - energie leveren (batterijen);
 - omzetten energie elektrisch → mechanisch (elektromotor).
- lucht verplaatsen;
 - Rotorbladen laten draaien (elektromotor);
 - rotorbladen fixeren op as motor (rotorhouder boven/onder);
 - lucht één kant op duwen (rotorblad).
- water onder druk door het mondstuk spuiten;
 - Water vasthouden (waterreservoir);
 - water van reservoir naar verstuiver brengen (waterslang);
 - omhoog pompen water (waterpomp met hendel);
 - water verstuiven (verstuiver).
- onderdelen bij elkaar houden.
 - Onderdelen in behuizing houden (Linker + rechterhelft behuizing);
 - helften behuizing bij elkaar houden (bout + moer + schroef);
 - batterijen bij elkaar houden (batterijklepje + aanslag).

Functieboom:



Figuur 2: Functieboom “verkoelende waterspuit”.

Functieblokschema:

Tijd	1	2	3	4	5
Materie	Activeren apparaat	Opslaan water	Omhoog pompen Water	Water onder druk door het mondstuk spuiten	Stoppen apparaat
			Omzetten elektro/beweging	Rotorbladen lucht laten verplaatsen	Stoppen waterstroom
Info	Aan/uit-knop indrukken				Aan/uit-knop indrukken (uit)
	Pomphendel indrukken				Pomphendel loslaten (uit)
Energie	Toevoeren elektriciteit		Laten draaien elektromotor	Omzetten beweging/stuwkracht	Stoppen toevoer elektro
	Toevoeren spierkracht		Omzetten spierkracht/vloeistofdruk	Omzetten vloeistofdruk/lagere vloeistofdruk (bij verlaten mondstuk)	Stoppen toevoer spierkracht

Figuur 3: Functieblokschema “Verkoelende waterspuit”. Chronologisch van links naar rechts.

Opdracht 2: Voorlopig Pakket Van Eisen

Dit onderdeel is in de bijlage te vinden als: *Tabel 4: Voorlopig Pakket Van Eisen (V1.0)*

Alleen de laatste versie is in het verslag opgenomen.

3.3 Week 5

Opdracht 1: Meten en tekenen

In de bijlage zijn voor deze opdracht de volgende figuren te vinden:

- figuur 4: Bouwtechnische 2D-tekening;
- figuur 5: bouwtechnische 2D-tekening van onderdeel 2 (tabel 1);
- figuur 6: foto van het originele onderdeel 2.

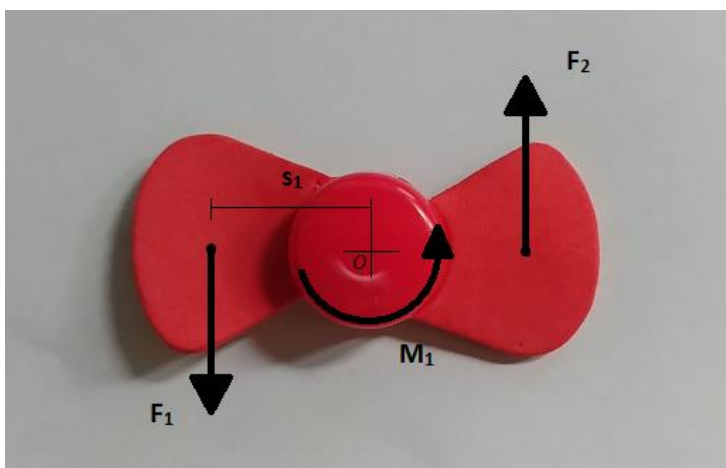
Opdracht 2: Aangevuld Pakket Van Eisen V2.0

Het pakket van eisen is na het maken van de bouwtechnische tekening onveranderd gebleven.

3.4 Week 6

Opdracht 1: Vrij Lichaamschema

In onderstaande afbeelding is het vrij lichaamsschema te zien van de propellor. Dit onderdeel bestaat uit de delen 11, 12 en 13 uit figuur 1.



Figuur 7: Vrij lichaamsschema "Propellor".

In het vrije lichaamsschema is de afstand van de oorsprong tot elk van de krachten gelijk. S_1 is dus gelijk aan de denkbeeldige $S_2 = 0,025$ m. Verder is de richting omhoog en naar rechts positief en is de draairichting met de wijzers tegen de klok in positief;

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_1 + F_2 = 0 \Rightarrow F_1 = F_2$$

De waarde van de kracht is bepaald met behulp van een audiobestand van het draaien van de rotor. Het geluid is vertraagd zodat grofweg het aantal omwentelingen per seconde te horen is. Dit is geschat op 24. Deze waarde is vervolgens in te vullen met het gegeven vermogen P van de elektromotor van $20W^{[7]}$ in de formule voor het koppel:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{20}{2\pi \cdot 24} = 0,1326 \text{ Nm}$$

De kracht is vervolgens te berekenen door het koppel te delen door de afstand S_1 en vervolgens door twee te delen aangezien er twee krachten werken:

$$F_1 = F_2 = \frac{0,1326}{2 \cdot 0,025} = 2,652 \text{ N} = 2,65 \text{ N}$$

Controleren met het momentenevenwicht geeft:

$$\sum M_o = 0$$

$$M_1 = F_1 \cdot S_1 + F_2 \cdot S_2$$

$$M_1 = 2,652 \cdot 0,025 + 2,652 \cdot 0,025 = 0,1325 \text{ Nm}$$

Opdracht 2: Energie-omzettingen

Er zijn twee belangrijke energie-omzettingen in het product:

- Spierkracht naar vloeistofdruk;
- elektrische energie naar mechanische energie.

Bij de omzetting van spierkracht naar vloeistofdruk is op te merken dat de benadering van de omzetting abstract gebeurt. Feitelijk zal de indrukking van de veer een onderdruk teweegbrengen die de vloeistof door de slang naar de verstuiver pompt. In figuur 1, de exploded-view, is met nummer drie het onderdeel aangegeven waar de omzetting in plaatsvindt.

De omzetting van elektrische energie naar mechanische energie gebeurt in de kleine elektromotor, aangegeven in dezelfde figuur met nummer zeventien. De spanningsbron (batterijen) zorgt ervoor dat er een Lorentzkracht ontstaat in de te draaien spoel. Deze Lorentzkracht zorgt er vervolgens voor dat de as waarop het rotorblad gemonteerd is, gaat draaien.

Opdracht 3: Verbindingen

Er zijn in dit simpele product een aantal verbindingstechnieken aanwezig. Zo is er een krachtopsluiting in de vorm van de elektromotor die in de behuizing zit. Het draaimoment gecreëerd door de motor zorgt ervoor dat de motor zelf in elke lineaire zin van de draairichting wilt bewegen. Om deze kracht op te sluiten is ervoor gekozen de motor te fixeren tussen de helften van de behuizing.

De behuizing wordt op haar beurt weer aan elkaar gezet door schroeven. De kop van de schroef drukt tegen de ene helft van de behuizing aan, terwijl het schroefdraad in de andere helft van de behuizing vastzit onder trekspanning. Door de vorm van de verbinding valt deze onder de vormopsluiting.
















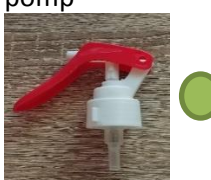

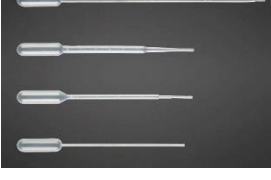



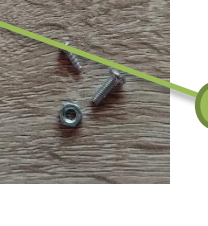
Materiaalversmelting vindt plaats bij de verbindingpunten tussen motor en elektrisch geleidende draden naar de batterijen toe. De contactpunten tussen motor en draden zijn verbonden met soldeer.

Opdracht 4: Morfologie

In onderstaande tabel is een morfologisch schema opgenomen van de vereiste deelfuncties. Een aantal van de deelfuncties is niet opgenomen in dit schema, daar voor deze functies geen voor de hand liggende alternatieven zijn. Met de zwarte lijn is het gekozen "traject" weergegeven.

Tabel 5: Morfologisch schema deelfuncties "Verkoelende waterspuit".

Functie	1	2	3	4
Elektrisch circuit sluiten	Treknop die zich vastzet 	Schuifknop die zich vastzet 	Druknop die zich vastzet 	"Flipswitch" 
Energie leveren	Mini-generator handbediening 	Knoopbatterijen 	Zonne-energie 	AA-type batterijen 

Rotorbladen laten draaien	Elektromotor 	Handmatige bediening 	Verbrandingsmotor 	Compressor 
Rotorbladen fixeren op motor	Rotorhouder boven/onder, over as geschoven 	Industriële lijm 	Rotor geschoven over as (negatieve onderlinge passing) 	Rotorbladen bevestigd op uitsparingen van de as 
Lucht één kant op duwen	Schoepen (auto AC) 	Rotorblad 	Luchtpistool 	-
Water vasthouden	"cartridge" welke in te brengen is 	Aansluiting voor een conventionele kraan 	Waterreservoir 	PET-fles 
Omhoog pompen water	Handmatige pomp 	Elektronische pomp 	Capillaire werking 	-
Helften behuizing bij elkaar houden	Klikverbinding 	Lijmverbinding 	Smeltverbinding 	Bouten/moeren/schroeven 

Opdracht 5: Aangevuld Pakket Van Eisen V3.0

Dit onderdeel is in de bijlage te vinden als: *Tabel 6: Aangevuld Pakket Van Eisen (V3.0)*

3.5 Week 7

Opdracht 1: Beschrijving gebruikte materialen

Hieronder zijn de gebruikte materialen en hun eigenschappen beschreven. Tevens is vermeld en weerlegd of de materialen geschikt zijn om de aangewezen functie te vervullen.

- PET (Polyethyleentereftalaat)

Dit is een thermoplastische polyester. Het waterreservoir is gemaakt van dit materiaal. De eigenschappen zijn overgenomen uit CES Edupack en zijn in onderstaande afbeelding weergegeven:

General properties				
Density	①	1,29e3	-	1,4e3 kg/m^3
Price	①	* 1,33	-	1,62 EUR/kg
Mechanical properties				
Young's modulus	①	2,76	-	4,14 GPa
Yield strength (elastic limit)	①	56,5	-	62,3 MPa
Tensile strength	①	48,3	-	72,4 MPa
Elongation	①	30	-	300 % strain
Hardness - Vickers	①	17	-	18,7 HV
Fatigue strength at 10^7 cycles	①	* 19,3	-	29 MPa
Fracture toughness	①	4,5	-	5,5 MPa.m^0.5
Thermal properties				
Melting point	①	212	-	265 °C
Maximum service temperature	①	66,9	-	86,9 °C
Thermal conductor or insulator?	①	Good insulator		
Thermal conductivity	①	0,138	-	0,151 W/m.°C
Specific heat capacity	①	* 1,42e3	-	1,47e3 J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	①	115	-	119 µstrain/°C
Electrical properties				
Electrical conductor or insulator?	①	Good insulator		
Optical properties				
Transparency	①	Transparent		
Eco properties				
Embodied energy, primary production	①	* 80,9	-	89,5 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	①	* 3,76	-	4,15 kg/kg
Recycle	①	✓		

Figuur 8: Materiaaleigenschappen van de kunststof PET (CES Edupack).

De belangrijkste eigenschappen zijn de prijs, reactiviteit, elasticiteitsmodulus en smeltpunt. Het materiaal moet goedkoop zijn om goede productiekosten te waarborgen. Verder moet het materiaal niet met het water kunnen reageren. Aangezien dit materiaal ook voor waterflessen en dergelijke wordt gebruikt, zal aan de hand daarvan aangenomen worden dat het een veilig materiaal is om het waterreservoir van te fabriceren. De elasticiteitsmodulus en smeltpunt zijn belangrijk voor de omvormbaarheid bij de productie.

- ABS (Acrylonitril-butadien-styreen)

Dit is een thermoplastisch copolymeer. De behuizing en onderdelen die voor de fixatie van bepaalde delen zorgen, zijn van dit materiaal gemaakt. De eigenschappen zijn wederom vanuit CES Edupack overgenomen en in onderstaande afbeelding weergegeven:

General properties

Density	①	1,01e3	-	1,21e3	kg/m ³
Price	①	* 2,29	-	2,75	EUR/kg

Mechanical properties

Young's modulus	①	1,1	-	2,9	GPa
Yield strength (elastic limit)	①	18,5	-	51	MPa
Tensile strength	①	27,6	-	55,2	MPa
Elongation	①	1,5	-	100	% strain
Hardness - Vickers	①	5,6	-	15,3	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	①	11	-	22,1	MPa
Fracture toughness	①	1,19	-	4,29	MPa.m ^{0.5}

Thermal properties

Maximum service temperature	①	61,9	-	76,9	°C
Thermal conductor or insulator?	①	Good insulator			
Thermal conductivity	①	0,188	-	0,335	W/m.°C
Specific heat capacity	①	1,39e3	-	1,92e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	①	84,6	-	234	µstrain/°C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	①	Good insulator			
------------------------------------	---	----------------	--	--	--

Optical properties

Transparency	①	Opaque			
--------------	---	--------	--	--	--

Eco properties

Embodied energy, primary production	①	* 90,3	-	99,9	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	①	* 3,64	-	4,03	kg/kg
Recycle	①	✓			

Figuur 9: Materiaaleigenschappen van de kunststof ABS (CES Edupack).

Bij dit materiaal zijn de belangrijkste onderdelen de prijs, smeltpunt, hardheid en isolatie-eigenschappen. Het materiaal moet wederom goedkoop te fabriceren zijn. Ook moet het goed vervormbaar zijn om met massa-productie de gewenste onderdelen te verkrijgen. Het uiteindelijke product moet voldoende taai zijn om een val of een stoot te kunnen weerstaan. Een ander belangrijk aspect van het materiaal is de isolatie. Binnen de behuizing bevindt zich namelijk het elektrische circuit. De stroom mag onder geen beding buiten de behuizing komen. Aangezien het materiaal een goede isolator is, voldoet het aan deze vereiste.

Opdracht 2: Oriëntatie productietechnieken

In deze opdracht worden de productietechnieken die gebruikt zijn benoemd en wordt ook weergegeven wat de voor- en nadelen zijn. Ook zal worden benaderd voor welke seriegrootte de productietechniek toe te passen is.

Het rotorblad (#13) is verkregen door uitsnijden. Er wordt een bewegend mes op een materiaal gebracht waaronder de gewenste vorm zit. Het uitgangsmateriaal wordt zo van het complete materiaal gescheiden. Voordeel is dat er veel stuks tegelijkertijd gemaakt kunnen worden, waardoor het een snelle productiemethode is. Aantallen liggen op ongeveer 1.000 stuks.

Voor de moeren/bouten en schroeven (#6,7,8 in figuur 1) is de techniek koud smeden toegepast. Hierbij wordt een metaal op kamertemperatuur gesmeed tot een bepaalde vorm. Het voordeel bij deze techniek is dat er een betere oppervlaktekwaliteit en betere mechanische eigenschappen mogelijk zijn. Aan de andere kant zijn de vaste kosten van de mallen erg hoog, waardoor er een erg groot productieaantal nodig is van ongeveer 10.000-100.000 stuks.

De Elektromotor (#17 in figuur 1) is met koperdraadjes verbonden aan de aanslagplaatjes en de schakelaar. Deze verbinding is tot stand gekomen door middel van solderen. Bij deze vorm van solderen wordt er een materiaal (veelal tin) met een soldeerbout tot boven het smeltpunt gebracht. Vervolgens vloeit het tin tussen de te solderen delen. Wanneer het stolt is er een verbinding ontstaan. Voordeel van solderen is dat door de lage temperaturen het werkstuk minder snel zal smelten. Aantallen zijn ongeveer 1.000 stuks.

kunststof delen (#3,4,9,10,11,12,15,16 in figuur 1) zijn gemaakt door middel van spuitgieten. Gesmolten plastic wordt in een mal gespoten en zal vervolgens uitharden in de aangenomen vorm. Voordeel is dat er een constante kwaliteit te waarborgen is en dat er een grote nauwkeurigheid mogelijk is. Nadeel is wederom dat de kosten van de matrijzen hoog zijn. De productieaantallen liggen hier op 1.000-10.000 stuks.

Twee delen zijn gemaakt door middel van extrusieblazen. Het buisje en het waterreservoir (#5,2 in figuur 1). Hierbij wordt ook gesmolten plastic in een matrijs gespoten. De extra stap is dat luchtdruk via de ingangskanalen zorgt voor een uitzetting van het plastic tegen de wanden van de matrijs. Door deze techniek kan een dunwandig object verkregen worden. Nadeel is ook hier de hoge kosten van de matrijzen. Productieaantallen zijn in de orde van 1.000-10.000 stuks.

Opdracht 3: Aangevuld Pakket Van Eisen V4.0

Tabel 7: Aangevuld Pakket Van Eisen (V4.0)

#	Wat?	Eis	Eenheid	Bron	Datum
<i>Groep 1</i>		<i>Algemene productie</i>			1 okt.
1.1	Ergonomisch handvat	Diameter handvat maximaal 50 mm, geschikt voor massaproductie	mm	Geschat a.d.h.v. handgrootte.	1 okt.
1.2	Goedkoop	Kostprijs maximaal 10 euro	Euro	Gem. Prijs handventilator	1 okt.
1.3	Ergonomische voet	Product moet kunnen staan, geschikt voor massaproductie	-	Bestaande ventilatoren	1 okt.
<i>Groep 2</i>		<i>Productie onderdelen</i>			
2.1	Behuizing	Materiaal thermoharder, lineaire mechanische krachten van de motor in alle richtingen blokkeren, geschikt voor massaproductie	-		16 okt.
2.2	Elektromotor	Vermogen minimaal 5 W, vermogen omzetten in draaimoment	W en Nm	Bestaande ventilatoren	16 okt.
2.3	Stroomdraden	Koper en elektrische geleidbaarheid	-	Conventionele circuits	1 okt.
2.4	Rotor	Gekromde bladen (schuim), straal minimaal 50 mm, stevig genoeg om lucht te verplaatsen zonder om te buigen	mm	Bestaande handventilatoren	16 okt.
2.5	Waterhouder	Transparant, non-reactief en minimaal volume van $385 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, geschikt voor massaproductie	mm^3	massa eindproduct & ergonomisch vasthouden	1 okt.
2.6	Hendel	Drukspanning op hendel (zowel op het werkpunt van veerkracht als werkpunt van drukkracht moet minimaal 15 N aankunnen, geschikt voor massaproductie	N	Vrij lichaamsschema	16 okt.
	Pomp	Bij indrukking, opwekken onderdruk die genoeg is om het water tegen de zwaartekracht in te pompen, geschikt voor massaproductie	Pa (Bar)	A.d.h.v. vrij lichaamsschema	16 okt.
	Veer in pomp	Veerconstante $(11/0,01) = 1100 \text{ N/m}$	N/m	F_{druk} & max Δs van de veer.	16 okt.
	Schroeven/bouten/moeren	Grote treksterkte materiaal van minimaal 345 MPa, geschikt voor massaproductie	MPa	CED Edupack	16 okt.
<i>Groep 3</i>		<i>Duurzaamheid</i>			
3.1	Onderhoudsvriendelijk	Glad oppervlak (R_A –waarde)	[-]		1 okt.
3.2	Operatietijd	Vier uur draaien	Uur	Geen bron	1 okt.
3.3	Levensduur	Vijf jaar gebruik zonder defecten	jaar	Geen bron	1 okt.

4. Conclusies en aanbevelingen

Bij de analyse van het werktuigbouwkundig zijn er een aantal conclusies te onderscheiden. Zo is er weer te geven waarom de gebruikte materialen gekozen zijn. Ook is er te zeggen waarom de gebruikte productiemethoden gekozen zijn.

De materialen zijn voornamelijk gekozen aan de hand van de kosten en de veiligheid/buikbaarheid. Het eindproduct moet met zo min mogelijk kosten gemaakt kunnen worden. Hiervoor is materiaal gekozen dat via massaproductie gevormd kan worden. Ook is voor materiaal gekozen dat recyclebaar is en dat tegen lage kosten ingekocht kan worden.

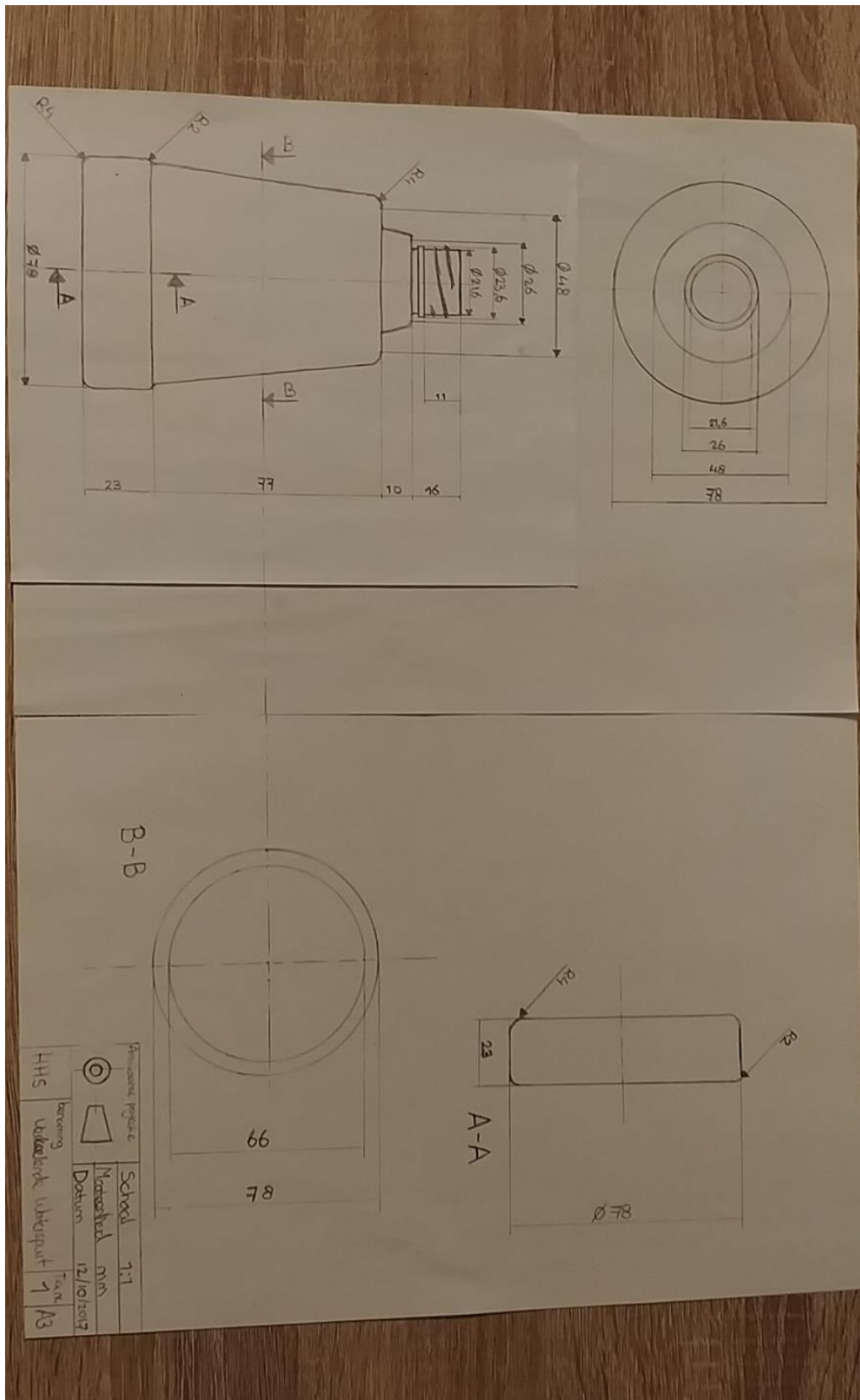
Betreft de veiligheid is gekozen voor materiaal dat taai is. De behuizing moet bijvoorbeeld weerstand zijn tegen klappen en stoten. Het moet onder invloed van zulke krachten moeilijk breken. Dit is van belang aangezien er zowel elektriciteit als water in het binnenste van het product aanwezig is.

Ook is met de ontwerpcriteria voldaan aan het oplossen van de probleemstelling. Het product is een ventilator met een bijkomende functie, namelijk het kunnen spuiten van een waternevel. Waar bestaande ventilatoren alleen lucht verplaatsen, zal dit product bij het lucht verplaatsen ook een waternevel over het te koelen object spuiten, waardoor verkoeling beter geschiedt dan bij de conventionele ventilatoren.

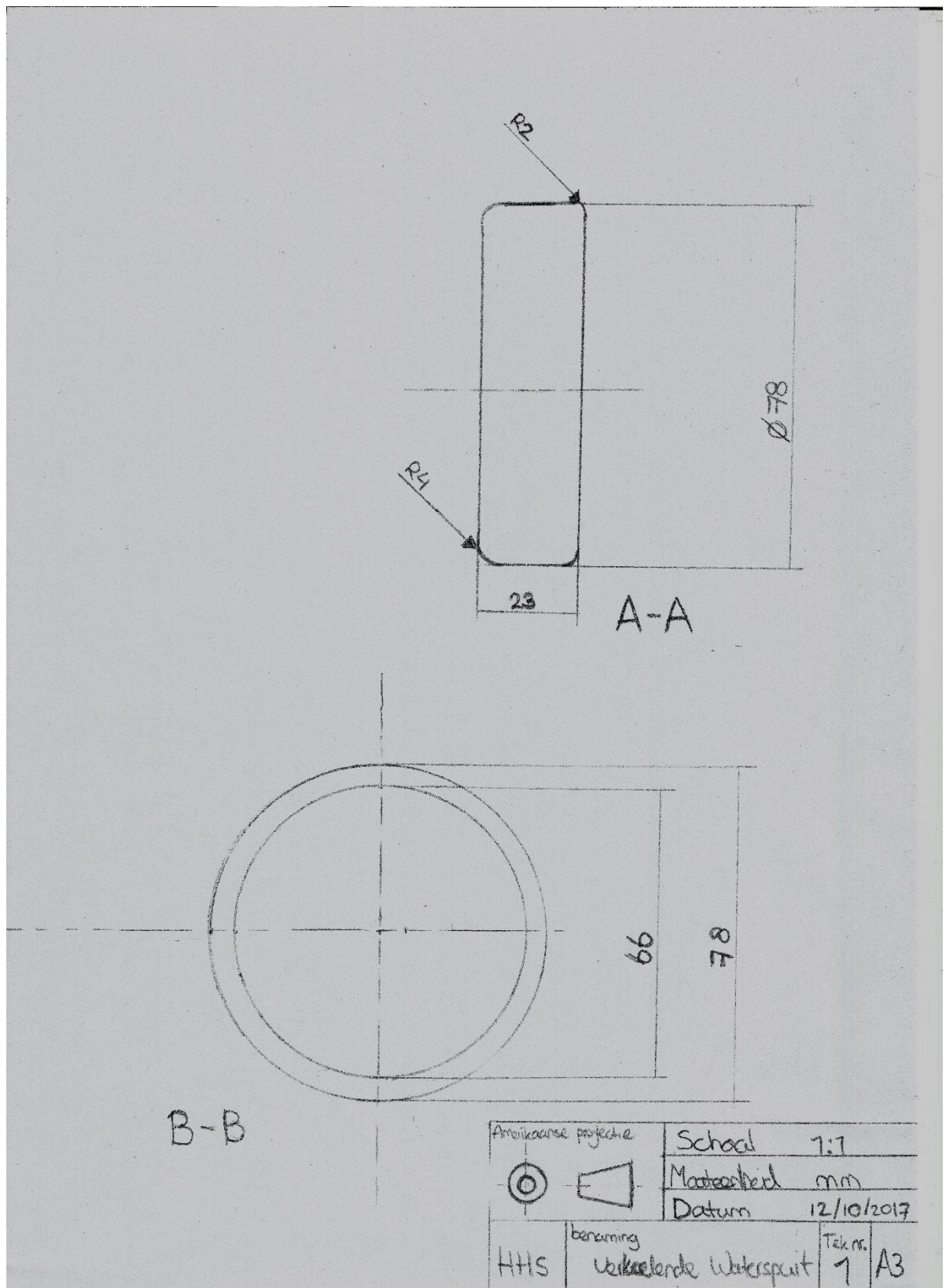
Literatuurlijst

- [1] Oskam, I., Souren, P., Berg, I., Cowan, L., & Hoiting, L. (2016). *Ontwerpen van technische innovaties: Door onderzoek, creatief denken en samenwerken* (2^e ed.). Utrecht, Nederland: Noordhof.
- [2] Kals, H. J. J., Buiting-Cikos, C. S., Luttevelt, C. A. van, Moulijn, K. A., Ponsen, J. M., & Streppel, A. H. (2015). *Industriële productie: Het voortbrengen van mechanische producten* (5^e ed.). Amsterdam, Nederland: Boom.
- [3] Hoogland, W., Dik, R., & Brand, I. (2015). *Rapport over rapporteren* (7^e ed.). Rotterdam/Delft, Nederland: Noordhoff.
- [4] Breedveld, A. (2016). *Producttekenen en documenteren: Van 3D naar 2D* (5^e ed.). Amsterdam: Boom.
- [5] Budinski, K.G., & Budinski, M.K. (2016). *Materiaalkunde* (9^e ed.). Amsterdam: Pearson Benelux.
- [6] Granta Design. (2016). *CES Edupack* (16.1.22) [Software]. Geraadpleegd van <http://www.grantadesign.com/education/edupack/>
- [7] *Portable Handheld Mini Water Mist Fan with Spray Bottle*. (z.j.). Geraadpleegd van https://www.alibaba.com/product-detail/Portable-Handheld-Mini-Water-Mist-Fan_60192806256.html

Bijlagen



Figuur 4: Bouwtechnische 2D-tekening werktuigbouwkundig product



Figuur 5: Bouwtechnische 2D-tekening van onderdeel 2 (tabel 1)



Figuur 6: foto van het originele onderdeel 2 (tabel 1)

Tabel 4: Voorlopig Pakket Van Eisen (V1.0)

Nummer	Wat?	Eis	Eenheid	Bron	Datum
<i>Groep 1</i>		<i>Algemene productie</i>			1 okt.
1.1	Ergonomisch handvat	Diameter handvat maximaal 50 mm	mm	Geschat a.d.h.v. handgrootte.	1 okt.
1.2	Goedkoop	Kostprijs maximaal 10 euro	Euro	Referentie aan gemiddelde prijs handventilator	1 okt.
1.3	Ergonomische voet	Product moet kunnen staan	-	Referentie bestaande ventilatoren	1 okt.
<i>Groep 2</i>		<i>Productie onderdelen</i>			
2.1	Behuizing	Gemaakt van thermoharder	-		1 okt.
2.2	Elektromotor	Vermogen P van minimaal 5 W	W	Referentie bestaande ventilatoren	1 okt.
2.3	Stroomdraden	Koper en elektrische geleidbaarheid	-	Conventionele stroomcircuits	1 okt.
2.4	Rotor	Gekromde bladen (schuim), straal minimaal 50 mm	mm	Referentie aan bestaande handventilatoren	1 okt.
2.5	Waterhouder	Transparant, non-reactief en minimaal volume van $385 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	mm^3	Geschatte inhoud a.d.h.v. massa eindproduct en ergonomisch vasthouden	1 okt.
<i>Groep 3</i>		<i>Duurzaamheid</i>			
3.1	Onderhoudsvrij	Glad oppervlak (R_A -waarde)	dimensieloos		1 okt.
3.2	Operatietijd	Vier uur draaien	Uur	Geen bron	1 okt.
3.3	Levensduur	Vijf jaar gebruik zonder defecten	jaar	Geen bron	1 okt.

Tabel 6: Aangevuld Pakket Van Eisen (V3.0)

Nummer	Wat?	Eis	Eenheid	Bron	Datum
<i>Groep 1</i>		<i>Algemene productie</i>			1 okt.
1.1	Ergonomisch handvat	Diameter handvat maximaal 50 mm	mm	Geschat a.d.h.v. handgrootte.	1 okt.
1.2	Goedkoop	Kostprijs maximaal 10 euro	Euro	Referentie aan gemiddelde prijs handventilator	1 okt.
1.3	Ergonomische voet	Product moet kunnen staan	-	bestaande ventilatoren	1 okt.
<i>Groep 2</i>		<i>Productie onderdelen</i>			
2.1	Behuizing	Gemaakt van thermoharder, lineaire mechanische krachten van de motor in alle richtingen blokkeren	-		16 okt.
2.2	Elektromotor	Vermogen P minimaal 5 W, vermogen omzetten in draaimoment	W en Nm	Referentie bestaande ventilatoren	16 okt.
2.3	Stroomdraden	Koper en elektrische geleidbaarheid	-	Conventionele stroomcircuits	1 okt.
2.4	Rotor	Gekromde bladen, straal min. 50 mm, stevig genoeg om lucht te verplaatsen zonder om te buigen	mm	Referentie aan bestaande handventilatoren	16 okt.
2.5	Waterhouder	Transparant, non-reactief en minimaal volume van $385 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	mm^3	Geschatte inhoud massa eindproduct en ergonomisch vasthouden	1 okt.
2.6	Hendel	Drukspanning op hendel (zowel op het werkpunt van veerkracht als werkpunt van drukkracht moet min. 15 N aankunnen)	N	Vrij lichaamsschema	16 okt.
	Pomp	Bij indrukking, opwekken onderdruk welke genoeg is om water tegen Fz in te pompen	Pa (Bar)	A.d.h.v. vrij lichaamsschema	16 okt.
	Veer in pomp	Veerconstante van $(11/0,01) = 1100 \text{ N/m}$	N/m	Drukkracht en maximale verplaatsing veer	16 okt.
<i>Groep 3</i>		<i>Duurzaamheid</i>			
3.1	Onderhoudsvrij	Glad oppervlak (R_A – waarde)	[-]		1 okt.
3.2	Operatietijd	Vier uur draaien	Uur	Geen bron	1 okt.
3.3	Levensduur	Vijf jaar gebruik zonder defecten	jaar	Geen bron	1 okt.