

# Dutch Wave Power

## Alternatieve Rotatie voor de Buis



---

**Namen:** Ilian Runderkamp, Julia de Graaf, Micha Doorduin, Pieter Oosterling

**Naam bedrijf:** Dutch Wave Power

**Opdrachtgevers:** Sten Swanenberg

**Naam docent:** Mevrouw van den Brand

**School:** Christelijk Lyceum Delft Molenhuispad

**Datum:** 04-04-2024

**Versie:** 2

**Leerjaar:** 3 vwo Technasium

**Klas:** AT3o

# Alternative rotatie voor de buis

---

**Namen:** Ilian Runderkamp, Julia de Graaf, Micha Doorduin, Pieter Oosterling  
**Naam bedrijf:** Dutch Wave Power  
**Opdrachtgevers:** Sten Swanenberg  
**Naam docent:** Mevrouw van den Brand  
**School:** Christelijk Lyceum Delft Molenhuispad  
**Datum:** 01-04-2024  
**Versie:** 1  
**Leerjaar:** 3 vwo Technasium  
**Klas:** AT3o

## Voorwoord

---

Dit onderzoek is gedaan door Ilian Runderkamp, Micha Doorduin, Julia de Graaf en Pieter Oosterling, leerlingen uit klas 3 VWO van het Christelijk Lyceum Delft. Wij willen de opdrachtgever Dutch Wave Power bedanken voor het mogelijk maken van het project *alternatieve rotatie van de buis*. Dit verslag is gemaakt voor Dutch Wave Power en wij hopen dat dit onderzoek een betekenis gaat hebben voor de toekomst van de installatie. Ook heeft dit onderzoek ons veel dingen geleerd over hoe je met de zee duurzame energie kan maken.

Wij wensen u veel leesplezier!

# Inhoudsopgave

<b>Voorwoord.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Inleiding.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Oriëntatie.....</b>	<b>6</b>
Hydrauliek.....	6
Slijtage.....	7
Golfenergie Converters.....	8
<b>3. Programma van Eisen.....</b>	<b>10</b>
Eisen opdrachtgever.....	10
Eisen Algemeen.....	10
<b>4. Idee fase.....</b>	<b>11</b>
Outside the box denken.....	11
Brainstorm.....	11
<b>5. Concepten.....</b>	<b>14</b>
De Concepten.....	14
Concept 2.....	14
Concept 3.....	14
Conceptkeuze.....	15
Spuugmodellen.....	15
<b>6. Uitwerking.....</b>	<b>16</b>
In elkaar zetten.....	16
Test.....	16
Na het in elkaar zetten van ons prototype zijn we begonnen met het testen van ons model en hebben we ook verschillende iteraties gedaan. Op de school was een klein zwembadje opgezet van ongeveer 1.5 meter bij 1.5 meter in een cirkel. Hier zijn meerdere testen uitgevoerd om ons model zo goed mogelijk te maken.....	16
Materiaalkeuze.....	17
RSV (katrol, installatie), pro.....	17
<b>7. Prototype.....</b>	<b>18</b>
Stappenplan.....	18
Schermopname bestand: Test plan - Aqua Stroom.....	18
Iteratie 1.....	18
Iteratie 2.....	18
Iteratie 3.....	19
Afbeelding: Iteratie 1 - model 1 - Aqua Stroom.....	19
<b>8. Eindproduct.....</b>	<b>20</b>
<b>Laatste Iteratie.....</b>	<b>20</b>
Actie afbeelding: Aqua Stroom - Iteratie 4.....	20
Tekening: vinnen - Aqua Stroom.....	21
<b>8. De Aqua Stroom.....</b>	<b>22</b>
<b>7. Discussie.....</b>	<b>23</b>
<b>6. Bronnenlijst.....</b>	<b>24</b>
<b>7. Begrippenlijst.....</b>	<b>26</b>

# 1. Inleiding

---

De mede-eigenaar en de opdrachtgever van Dutch Wave Power is Sven Swanenberg. Hij studeerde aan de TU Delft met de opleiding Industrial Design Engineering met als specialisatie Innovation Management. Tijdens zijn opleiding ging het al veel over het zoeken naar duurzame manieren. Hij maakte kennis met *The Solar Car*, *Waterstof Car* en meer projecten van de TU Delft om de wereld te verbeteren. Hij is goed in het maken van software, ontwerpen, analyseren van de data en meer. Hij heeft tijdens de opleiding ook geholpen bij meerdere teams van de TU Delft met het maken van de software. Dit heeft Sven Swanenberg meegenomen in zijn bedrijfsleven en het bedrijf Dutch Wave Power opgericht samen met Hans Lustig. Dutch Wave Power is een bedrijf dat zich verdiept in het verzamelen van energie op een duurzame manier. Ook hadden de twee eigenaren hetzelfde doel, namelijk: het bestrijden van de opwarming van de aarde en het verminderen van de CO<sub>2</sub> om de wereld veiliger en beter te maken! (Aldus: *About Us · Dutch Wave Power*, 1AD)

Het bedrijf van dit project is Dutch Wave Power. Ze gebruiken de zee voor het opwekken van duurzame energie. Dit doen ze door middel van een buis die aan een soort van dynamo is gekoppeld. Als het water omlaag gaat door middel van de golven beweegt de buis mee naar beneden en gaat de dynamo draaien, als het water dan weer omhoog gaat, gaat de buis ook omhoog omdat er lucht in zit en de dichtheid van lucht is kleiner dan die van water en daarom zal de buis niet onder het water gaan. Doordat de dynamo draait wordt er energie opgewekt. Op jaarlijkse basis wordt er tussen de 5 en 25 kilowatt per meter opgehaald. (*Wave Energy Explained · Dutch Wave Power*, 1AD)

De huidige situatie van de Wave Energy is dat het gebruik maakt van een tandheugel, dat is een systeem waarbij aan beide zijkanten een ijzeren staaf is gemaakt met ribbels. Het tandwiel valt dan binnen deze ribbels en zo blijft het tandwiel en alles wat aan het tandwiel bevestigd zit op zijn plek. Helaas zorgt deze manier voor veel slijtage en dus voor veel reparatiekosten en tijd.

De opdracht die gegeven is om onderzoek te doen naar een alternatieve manier om de Dutch Wave Power op zijn plek te houden en om te zorgen dat het systeem omhoog en omlaag kan gaan zonder slijtage.

---

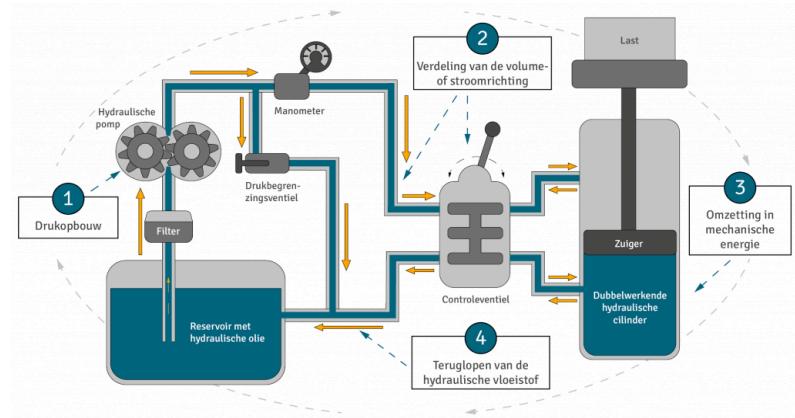
Bij woorden die onduidelijk zijn kunt u naar pagina 26 voor een begrippenlijst.  
De begrippen worden in de tekst aangegeven met het symbool: \*

## 2. Oriëntatie

### Gedrag van de zee

#### Hydrauliek

Wat ook een mechanisch systeem is waarbij je iets kan roteren is hydrauliek. Bij hydrauliek wordt de vloeistofdruk verhoogd waardoor een systeem omhoog of omlaag kan worden geduwd, als een soort hefboom. Een voorbeeld daarvan is bijvoorbeeld vrachtwagens of kiepwagens. Hydrauliek is daarom een vorm van mechanische rotatie, omdat er systemen met behulp van de druk omhoog of omlaag kunnen worden gezet.

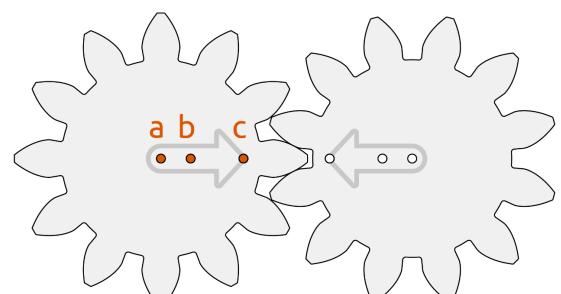


#### Tandwielen

Tandwielen zijn ook goede alternatieven van mechanische rotatie dat komt voornamelijk door de bouw van een tandwiel die er voor zorgt dat het andere tandwiel als het ware omhoog wordt gedwongen ook komt het door de stevigheid en de invalshoek van de tandwielen. Dat zie je bijvoorbeeld heel goed op de afbeelding hieronder

#### De voor- en nadelen van Mechanische aandrijftechnieken

Een voordeel van mechanische rotatie is dat het wordt gebouwd van stevige materialen die lang meegaan als ze goed onderhouden worden en worden gebruikt bij de juiste omstandigheden. Ook is het makkelijk te installeren en is goed betaalbaar waardoor het snel terug te verdienen is. Jammer genoeg hebben deze mechanische systemen ook nadelen. Als ze worden gebruikt op verkeerde plekken kunnen ze onderworpen worden aan slijtage waardoor het snel en vaak onderhoud nodig heeft wat veel geld kost.  
(Mechanische Aandrijftechniek- Aard Techniek)



#### Kettingen

Kettingen kan je ook gebruiken voor mechanische rotatie, alleen is dat vaak wel lastiger, omdat ze soms moeilijk te installeren zijn en ze vaak veel onderhoud nodig hebben. Ze bestaan namelijk uit een groot hoopje staal die bestaat uit schakels die elkaar grijpen, waardoor de kettingen de kracht kunnen overbrengen naar de verschillende assen. Ketten worden vaak gebruikt bij machines maar ook vooral bij vliegtuigen.(Bollebus-Tandwielen)

## Slijtage

Door de zee vindt er veel slijtage plaats op bijvoorbeeld olieplatformen, windmolens en schepen. Deze slijtage komt doordat er op zee veel wind is. Deze wind zorgt voor meerdere manieren van slijtage. Door de wind ontstaan er golven en die golven klapperen dan weer tegen het materiaal waardoor het materiaal elke keer een klap moet weerstaan. Hierdoor kan er op langere termijn deuken in bijvoorbeeld de palen die uit het water komen van de windmolens of de palen waar de olieplatforms op staan. Ook zorgt de wind ervoor dat er zand vanuit de kust wordt meegenomen de zee op. Als dat zand met een harde snelheid tegen de materialen schuurt, kunnen er breuken en/of afbrokkeling ontstaan bij de materialen, aldus: (Wikipedia-bijdragers, 2025). Ook is er in de zee veel temperatuurverschil, dit komt doordat de zon doorbreekt en mengt met het koude water. Als het bijvoorbeeld nacht is, is de zee weer kouder en deze temperatuurschommeling zorgt er dan weer voor dat de materialen uit zetten en weer gaan krimpen. Dit proces is ook erg slecht voor de materialen en versterkt de snelheid van de slijtage. Tot slot zijn er nog twee andere vormen van slijtage die te maken hebben met het water. Volgens *Van Baars (Expert Pleziervaartuigen B.V., z.d.)* leven er in het water veel bacteriën, organismen en planten zoals: Algen, Schelpdieren, wier en meer. Deze organismen en bacteriën kunnen gaan leven op de materialen, omdat deze zich aan het oppervlak bevinden van het water en de organismen vinden dat fijn. Ook zit er in water zout. Zout versnelt het proces van roesten doordat zout zorgt dat er meer zuurstof bij de materialen wordt gemengd

## Materialen

Zout zorgt dus voor het versnellen van het roestproces. Om dit tegen te gaan zijn er verschillende opties, titanium roest heel traag en het zout versnelt het proces ook niet bij titanium. Een nadeel van titanium is dat het erg duur is. Je kunt ook gebruikmaken van andere roestvrije materialen, zoals: ijzer(\*FE-16%-Cr), nikkel, en meer, maar deze worden het meeste gebruikt. Deze zijn relatief goedkoop. Volgens Verboom (2019) kun je ook gebruikmaken van een soort dekkingsverf. Een voorbeeld hiervan is epoxyharsen. Je kunt dit op bijna alle materialen gebruiken en is ook goedkoop. Omdat zout niet de enige vorm van slijtage is, raad ik deze aan omdat je dit op (bijna) alle materialen kan toepassen. Ook zorgde de wind voor golven en \*erosie. Om dit tegen te gaan moet je een beschermende wand aanbrengen. Dit moet van een flexibel, maar ook sterk materiaal zijn. Je kan hierbij denken aan glasvezel, maar ook aan kunststof, silicone of rubber. Je moet wel zorgen dat het zich tot 2 meter onder het wateroppervlak bevindt en 4 meter boven het wateroppervlak. aldus (KOK watersport, z.d.). Om te voorkomen dat op jouw materialen bacteriën, organismen en planten gaan groeien kan je gebruikmaken van het materiaal koperlegeringen. Organismen, bacteriën en planten vinden het niet fijn om hierop te zitten of te groeien. Het nadeel van koper is dat het duur is. Staal kost ongeveer tussen de 0,90-1,20 euro per kg, terwijl je voor 1 kilo koper rond de 6,75 moet betalen. Daarom kan je ook gebruikmaken van een coating spray die veel goedkoper is. Die sprays bevatten vooral koper (kleine hoeveelheid), zink en/of tin. Dit moet je elke twee jaar op je materiaal sprayen. (Finsulate - The non-toxic antifouling solution, 2024). Aan de temperatuurschommeling is weinig te doen, omdat je het water niet op een bepaalde temperatuur kan houden.

## Golfenergie Converters

Er zijn momenteel meerdere golfenergie converters in gebruik, in Nederland maar ook in andere delen van Europa zo heb je golfenergie converters van Dutch wave power, SBM Offshore, Symphony Wave Power, Pelamis wave energy en Slow Mill

### Wat is een golfenergie converter?

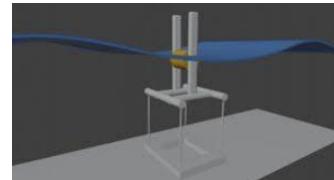
Een golfenergie converter is een omvormer die ervoor zorgt dat de kracht van golven wordt omgezet in energie, die energie kan vervolgens worden gebruikt om bijvoorbeeld huizen te verlichten, auto's te laten rijden of apparaten op te laden.

### Verschillen binnen golfenergie converters.

Veel bedrijven hebben hun eigen manier van het omzetten van de energie van het water in energie die wij gebruiken, om bijvoorbeeld de auto's, huizen of uw telefoon mee op te laden. De bekendste is de manier van het opwekken met een dynamo, waarbij de ad draait.

#### Dutch wave power

Dutch wave power gebruikt een cilinder die met de golven mee draait, in die cilinder zit een aandrijflijn en slingersysteem. Op het moment dat er golven tegen de cilinder aankomen draait de cilinder mee met de golven op en neer, op datzelfde moment worden binnenin de cilinder door middel van de aandrijflijn en het slingersysteem de bewegingen omgezet in energie.



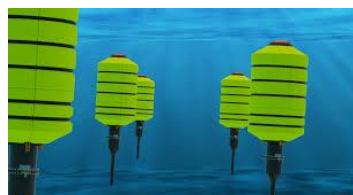
#### SBM Offshore

Bij SBM Offshore wordt golfkracht omgevormd tot energie door middel van Elektro Active Polymers, dat is een polymer (grote molecuul) die verandert van grootte of vorm op het moment dat dit wordt ondersteund door een elektrisch veld. Deze techniek zie je bijvoorbeeld veel bij sensoren. Dit exemplaar is echter nog niet in gebruik.



#### Symphony wave power

Symphony wave power maakt gebruik van een generator die de golfkracht ontneemt door elektrische energie uit de golven weg te nemen. Deze versie wordt momenteel nog klein getest op de Noordzee waar niet al te hoge golven zijn, in het vervolg willen ze een groter exemplaar gaan plaatsen op de oceaan met grotere golven om meer energie te kunnen produceren.



#### Slow Mill

De slow mill is een soort dobbertje met wieken eraan, op het moment dat de golven tegen de convertor aan bewegen worden de wieken naar onder de golven geduwd en van de dobber af, hierdoor zal je zoveel mogelijk kracht gebruiken voor het opwekken van duurzame golfenergie.



## **Pelamis Wave energie**

De Pelamis betekent letterlijk vertaald zeeslang, dat is niet zo gek want het ontwerp is ook een soort slang. De pelamis bestaat eigenlijk uit een soort buizen die aan elkaar gesloten zijn, door beweging worden pompen aangedreven en wordt er energie opgewekt. De pelamis die nu in gebruik is voor de kust van Portugal is al het 2e model en is maar liefst 180 meter lang.



## **Corpower Ocean wave energie**

Corpower wekt energie op door middel van een 19 meter hoge boei, deze boei wordt een wave energy converter (WEC) genoemd. In deze boei worden golven met een kracht van 1 meter omgezet naar golven met een kracht van 3 meter. In de overige delen van de boei zitten generatoren die deze kracht vervolgens omzetten naar energie. 7 boeien hebben ongeveer het vermogen van 1 windmolen.



### **3. Programma van Eisen**

#### **Golfkracht kent ook eisen**

---

##### **Eisen opdrachtgever**

- De buis moet blijven draaien met de generator binnin.
- Elektriciteitskabels moeten uit de buis komen om stroom naar de gebruiker te vervoeren.
- De oplossing moet geen of nauwelijks negatieve ecologische impact hebben, bijvoorbeeld door het gebruik van olie of andere schadelijke materialen te vermijden.
- Houd het ontwerp simpel (KISS-principe).
- Denk aan de zware omstandigheden op zee, zoals zout water, stroming en UV-straling.

##### **Eisen Algemeen**

- Het ontwerp moet flexibeler zijn dan het huidige ontwerp.
- Het ontwerp moet van licht materialen worden gemaakt
- Het ontwerp moet bestendig zijn tegen algen en organismes.
- Het ontwerp moet bestendig zijn tegen de temperatuurverschillen op zee.
- Het ontwerp moet bestendig zijn tegen het materiaal van de bodem van de zee.
- Het ontwerp moet minimaal 6 maanden mee kunnen, dat er reparatie nodig is.
- Het ontwerp moet meerdere generatoren bevatten om de opwekking van energie te verhogen.
- In het ontwerp mogen geen tandheugels en tandwielen gebruikt worden.
- Er moet rekening worden gehouden met de productieprijs.
- Het ontwerp moet makkelijk te plaatsen zijn en makkelijk weg te halen.
- Het ontwerp moet waterbestendig zijn.
- Het ontwerp moet veilig te gebruiken zijn.
- Het ontwerp moet makkelijk zijn om los te koppelen van het anker.
- Het ontwerp moet verschillende richtingen kunnen draaien.
- Het moet niet gevaarlijk zijn voor het leven in het water.
- Het ontwerp moet opvallend zijn voor boten.
- Het ontwerp moet recyclebaar zijn, als het ontwerp aan het einde van de levensduur is.
- Het ontwerp moet goed toegankelijk zijn als er toch een reparatie moet plaatsvinden.

## 4. Idee fase

### Golven op een andere manier

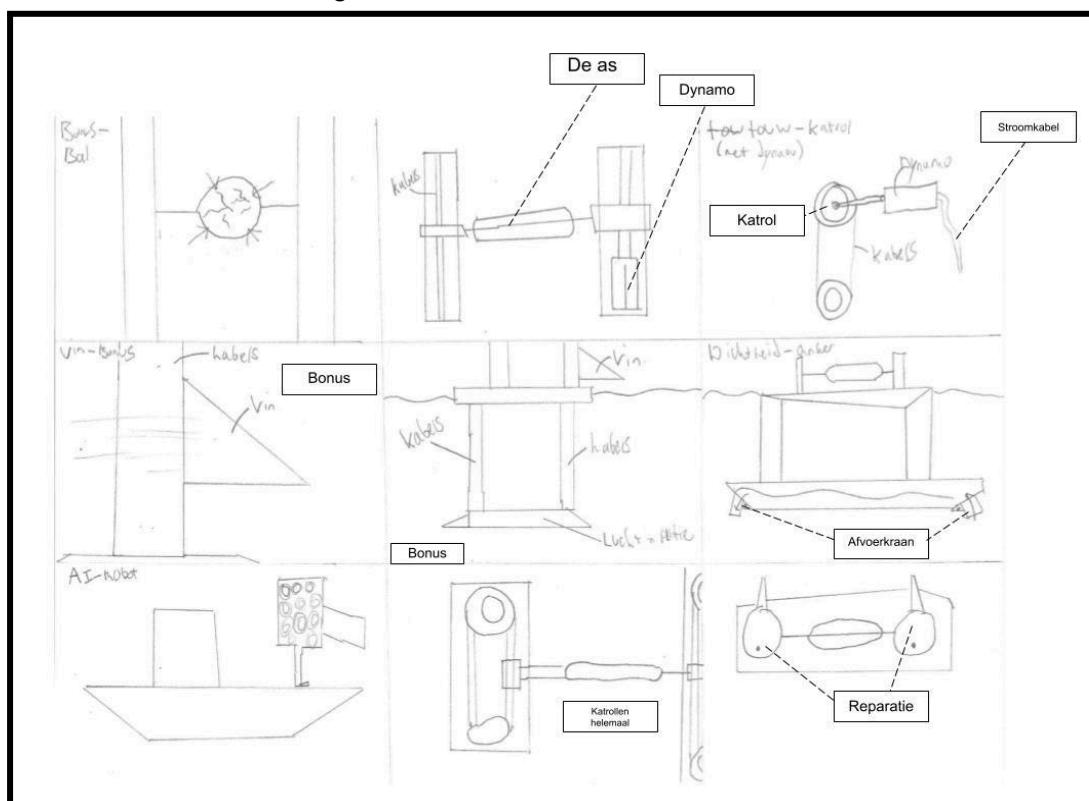
#### Outside the box denken

Om goede ideeën te bedenken zijn we begonnen met het maken van tekeningen. Iedereen in het team begon met een blad wat bijvoorbeeld leek op een boom, maar je mocht geen boom tekenen. Op deze manier ga je vanuit een tekening wat erg lijkt op een boom toch op een andere manier denken. Hiernaast zie je een voorbeeld van een tekening wat nu een skiër is geworden die van de berg af raced met skistokken en een sigaar.

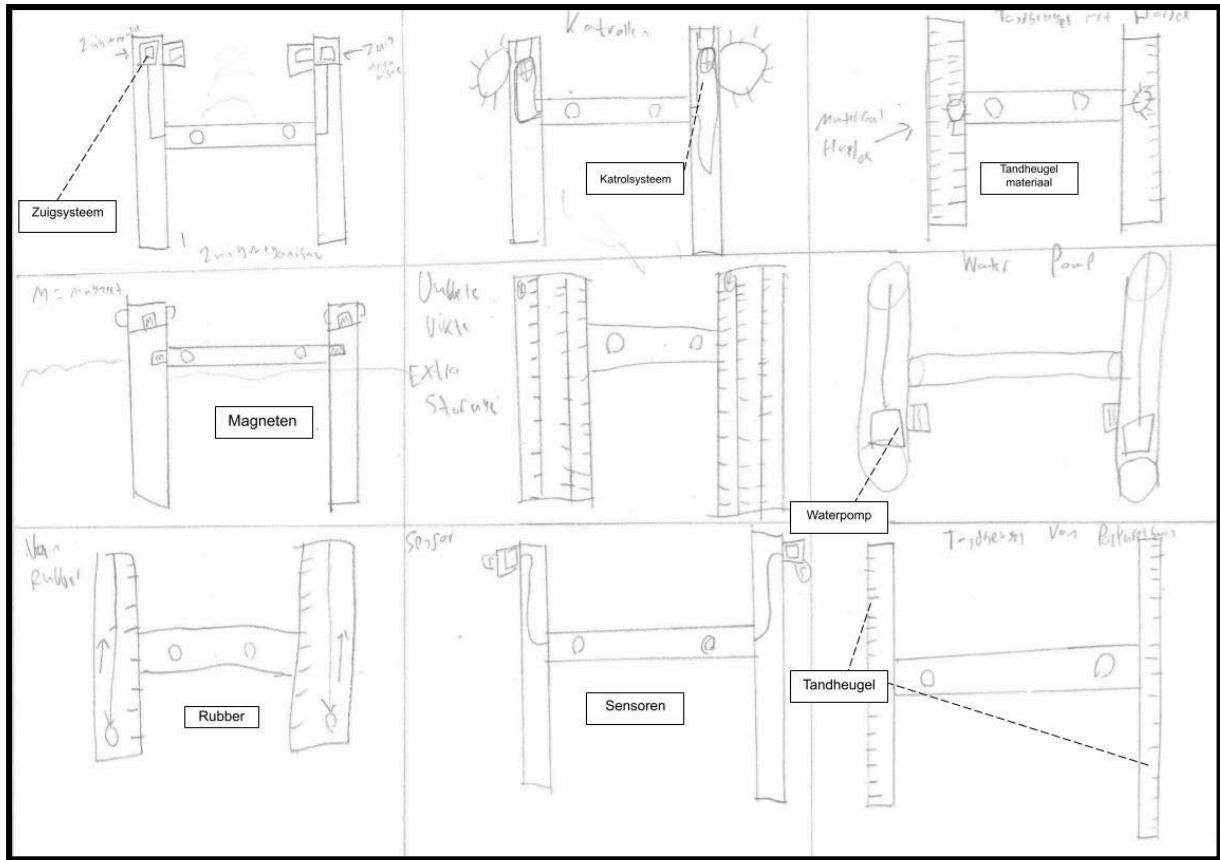


#### Brainstorm

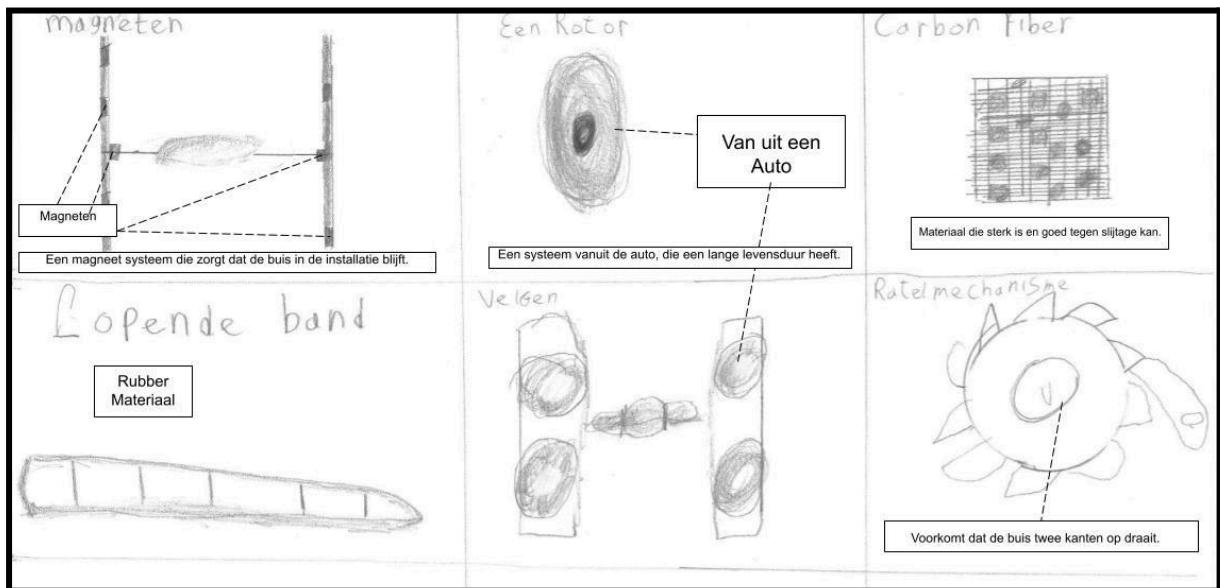
Na het maken van de tekeningen zijn we begonnen met het maken en bedenken van ideeën. Iedereen kreeg een eigen blad met 9 vakjes erop waar een tekening of een beschrijving kan worden geplaatst. Vervolgens gingen we met z'n allen bij elkaar zitten en als je een idee kreeg ging je dat op je eigen blad tekenen en vervolgens ook toelichten aan het team, waardoor je teamgenoten ook weer ideeën kregen. Van tevoren hadden we ook een regel afgesproken dat *geen enkel idee te gek is en dat je alles moet uittekenen of uitschrijven*. We hadden tijdens de brainstorm ook nagedacht over de bonusopdracht. De bonusopdracht was dat we moesten zorgen dat de installatie altijd met de richting van het water mee staat. Wij hebben dit opgelost door een idee te bedenken wat volgens de \*Biomimicry werkt. We maken namelijk gebruik van een vin om te zorgen dat de installatie met het water meebeweegt.



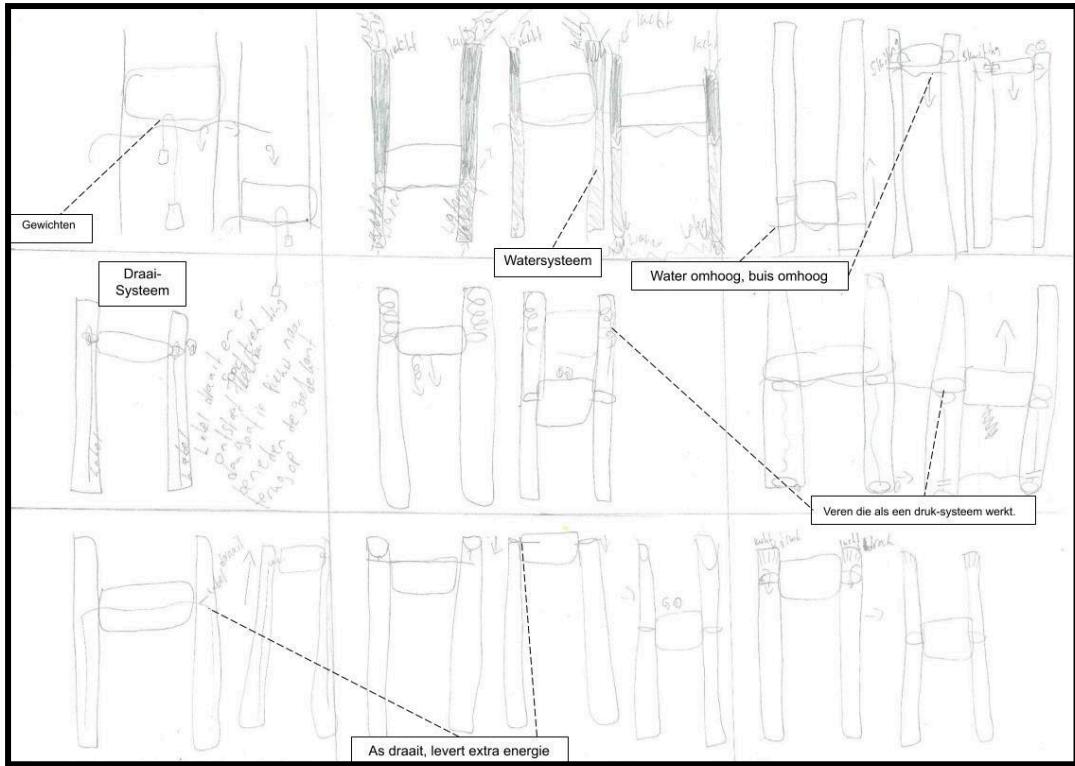
Afbeelding: Idee fase, Pieter Oosterling, AT3o



Afbeelding: Idee fase, Ilian Runderkamp, AT3o



Afbeelding: Idee fase, Micha Doorduin, AT3o



Afbeelding: Idee fase, Julia de Graaf, AT3o

## 5. Concepten

### Het verschil tussen golven

---

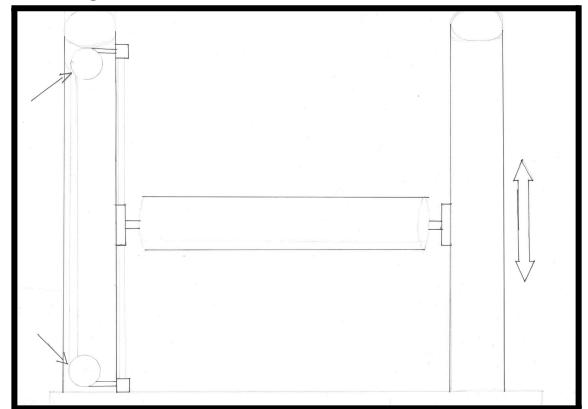
Er zijn uiteindelijk uit 33 ideeën 3 concepten gekozen, dat is gedaan door dat iedereen een favoriet bij elk blad mocht kiezen en dat iedereen wat zij belangrijk vonden wat in het ontwerp kwam op schreef en een schets ervan maakt. Op deze manier kwamen we op 3 concepten dus uit.

#### De Concepten

Het eerste concept was dat het product met basis palen aan de grond staat, met kleppen erin. De kleppen zijn er zodat er water in stroomt.

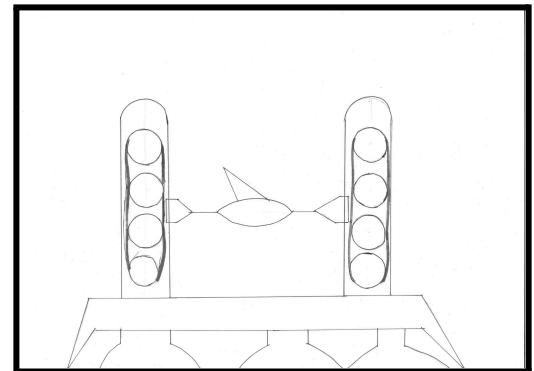
Dit zorgt ervoor dat de buis omhoog gaat doordat in de buis waar het water in komt zitten.

De bakjes zullen drijven op het water en de buis mee omhoog nemen, zodra er een golf komt. Ook wordt er in de zijpalen gebruikgemaakt van kabels, zodat de buis goed aan de installatie blijft zitten en niet weg gaat of van plaats veranderen. (*Zie afbeelding hiernaast*)



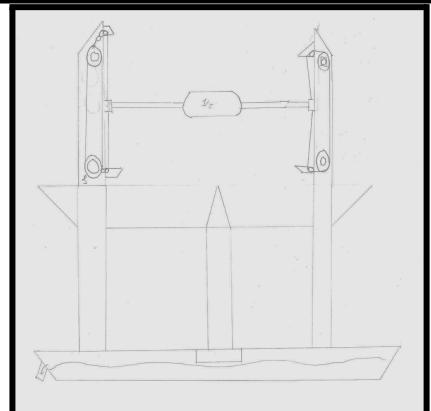
#### Concept 2

Het tweede concept was ten eerste een anker aan de bodem met behulp van zuignappen en dan een basisplaat op de de zuignappen. Erna heb je het basismodel erop zonder de tandheugel, maar met een lopende band om velgen heen. Verder heb je ook de basis buis alleen dan met een vin erop zodat het altijd de goede kant van de golven op staat.



#### Concept 3

Het derde concept was ook met een anker en basisplaat alleen zat de vin deze keer aan de zijkant van de basis waardoor de functie effectief werkt en de vin beter naar de richting van de kant van de golven kan wijzen. Verder waren ook de 2 zijpalen er alleen wordt er dan in plaats van een lopende band touwen gebruikt, omdat die steviger zijn.



## Conceptkeuze

Na 3 ideeën te hebben samengesteld is er een tussenpresentatie geweest en heeft iemand die veel weet over werktuigbouwkunde en studeert bij de TU Delft, naar de gekozen concepten gekeken en daar feedback over gegeven:

- Materiaalkeuze; misschien gebruik maken van \*HMPE touw, het gaat 2-15 jaar mee, kan op water, kost rond de 18 euro voor 15 meter van 10 mm diameter en het kan tegen grote krachten, is roestvrij en slijtage proef.
- combineren van de concepten; Hij zei dat ze allebei goede ontwerpen waren, maar dat bij voorbeeld concept 3 de vin op een betere plaats zat dan bij concept 2. Dus als je ze combineert, krijg je het beste concept.
- Voor de bonusopdracht zei hij: Dat de installatie met de stroming meegaat en alle kanten op kan en niet dat de buis (Het ding waar de generator in zit, zie afbeelding concept 1, oranje buis) maar 1 kant op draait, zoals je ziet in de afbeelding van concept 2.

Na de feedback van de deskundige op dit gebied is ervoor gekozen om niet met concept 1 te werken omdat het ontwerp de hele tijd in contact is met water en daardoor dus snel zal gaan roesten en bij dat concept is er ook veel reparatie nodig. Ook voldoet concept 1 niet aan onze eisen, want daar staat in dat het concept op verschillende manieren stroom kan opwekken en dat het materiaal lang mee moet gaan wat daar simpelweg niet kan door het water. Doordat concept 1 niet aan onze eisen voldoet wordt er in ons eindconcept een combinatie gemaakt tussen concept 2 en 3 (zie concepten). Er is voor die concepten gekozen omdat ze aan al onze eisen voldoen en de deskundige zei dat een combinatie van die concepten een goed idee zou vormen die ook daadwerkelijk gebruikt kan worden.

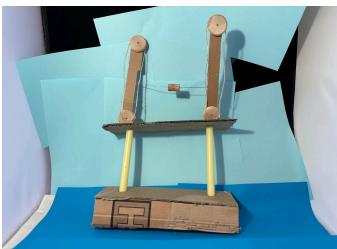
## Spuugmodellen

Voor de tussenpresentatie hebben wij ook spuugmodellen gemaakt, zodat we tijdens de presentatie goed de onderdelen konden aanwijzen en verder toelichten. We hebben bij elk concept 1 spuugmodel gemaakt en hebben dit volgens de spuugmodel regels gemaakt. De regels zijn namelijk: Snel, goedkoop, geen detail en zichtbaar.

Concept 1, Julia de Graaf



Concept 2, Ilian Runderkamp



Concept 3, Micha Doorduin



## 6. Uitwerking

### Het schuim op de golven

---

Nadat het definitieve concept af was, gingen we ons bezig houden met het prototype. Tijdens de oriëntatie waren we er al achter gekomen dat de zee zorgt voor grote hoeveelheden slijtage op de installatie. In datzelfde onderzoek stond ook dat roestvrij staal goed werkte tegen de slijtage die door de zee werd gemaakt. Ook stond er in dat epoxycoating goed werkte en tijdens de tussenpresentatie werd ons de tip gegeven om \*HMPE-touw te gebruiken.

### 3D

Nu er een besluit was genomen over de materiaalkeuze, zijn we doorgegaan naar het ontwerpen. Omdat het Chrystelijk Lyceum Delft helaas niet beschikt over roestvrij staal, epoxy coating en \*HMPE-touw, hebben we besloten om ons model in *Onshape.com* te gaan maken en via de 3D-printer uit te printen.

### In elkaar zetten

Nadat we alle 3d-onderdelen hadden, zijn we begonnen met het in elkaar zetten van ons prototype. We liepen toen tegen een paar problemen aan, want de converter (Deel dat de dynamo-buis verbindt met de installatie) was precies op de maat geprint als de installatie. Hierdoor was er weinig speling en stond hij heel strak op de paal. Er is toen besloten om een deel af te zagen aan de achterkant van de converter. Hierdoor kwam er wel meer speling in ons prototype.



### Test

Na het in elkaar zetten van ons prototype zijn we begonnen met het testen van ons model en hebben we ook verschillende iteraties gedaan. Op de school was een klein zwembadje opgezet van ongeveer 1.5 meter bij 1.5 meter in een cirkel. Hier zijn meerdere testen uitgevoerd om ons model zo goed mogelijk te maken.



Afbeelding: Test-Aqua Stroom - Micha Doorduin (Fotograaf)

## Materiaalkeuze

(HMPE touw)

In het huidige eindontwerp is gekozen om in plaats van de huidige tandheugel een \*HMPE touw te gebruiken, dit touw gaat tussen de 2-15 jaar mee en is gemaakt van Polyetheen. Polyetheen is extreem sterk door zijn hoge moleculaire gewicht en niet gevaarlijk voor zijn omgeving, doordat het geen geur heeft, niet giftig is en het is smaakloos, waardoor het ook geen vissen of ander ongedierte aantrekt. Daarnaast zou je er een epoxycoating op kunnen sprayen waardoor de groei van planten onmogelijk wordt gemaakt. Als het touw kapot gaat of niet meer strak gespannen wordt kun je het touw: Frezen, draaien, zagen, waterstraalsnijden of laserstraal snijden waardoor het weer naar behoren kan gaan werken. Doordat dit touw vele voordelen heeft zoals duurzaamheid, milieuvriendelijkheid en sterkte kent, kan het goed gebruikt worden in plaats van een tandheugel en dus is dit de beste oplossing.

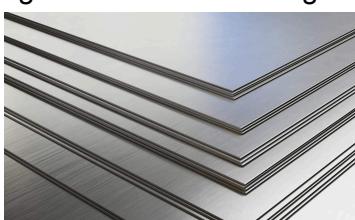
Afbeelding: \*HMPE-Touw-HoendeRope bv.



## RSV (katrol, installatie), pro

(roestvrij staal)

RSV katrollen bestaan uit roestvrij staal, een legering van staal die een hoog percentage chroom bevat, wat zorgt voor een uitstekende levensduur en duurzaamheid. De levensduur van zo'n katrol kan variëren afhankelijk van de omgeving en het onderhoud in extreme omstandigheden zoals chemicaliën zal het niet lang meegaan, maar in een zee daarentegen zal de levensduur stukken langer zijn. Ook dit wordt ingespoten met een epoxy coating wat ervoor zorgt dat er geen planten of andere dingen op kunnen groeien. Het onderhoud van dit roestvrij staal is simpel, als je er eens in de zoveel tijd langsgaat en ze onderhoud zal dat de levensduur flink verlengen. RSV katrollen zijn een uitstekende keuze, omdat het een lange levensduur heeft, het is duurzaam en het is bestand tegen enorme omstandigheden.



Afbeelding: Roestvrij staal-Van Hengstum bv.

## 7. Prototype

### Golven in vorm

---

Nadat we het prototype volledig in elkaar hadden gezet. Zijn we overgegaan naar \*iteratie fase. Als eerst hadden we een stappenplan gemaakt over wat we allemaal moesten meenemen na de test en er was een test tabel gemaakt.

#### Stappenplan

1. Pak een telefoon
2. Start het filmen.
3. Leg het prototype voorzichtig in het water.
4. Kijk of het blijft drijven en of het anker goed op de bodem blijft liggen.
5. Maak eventueel een foto of ga verder met filmen.
6. Maak voorzichtig handmatig golven.
7. Kijk of het prototype niet zomaar uit elkaar valt en of het “energie” opwekt.
8. Kijk wat er te verbeteren valt.
9. Zet het in de bovenstaande Tabel

Alle waarnemingen die we tijdens het testen zagen zijn ingevuld in de test tabel. Hiernaast zie je de ingevulde test-tabel na alle iteraties. De waarnemingen zijn zo kort mogelijk en in steekwoorden opgeschreven, zodat er in een korte blik meteen kan worden gelezen wat er precies aan de hand is. Ook zijn de verbeteringen opgeschreven en later uitgewerkt.

Tests	Datum	Aanwezigen	Verbetering Vooraf	Waarnemingen	Verbeteringen achteraf
Test 1	18-04-2025	Micha, Pieter, Ilian	nvt	Na 5 seconden in het water loopt de ene buis vol met water, omdat er daar nog een gat in zit.	“Boorgat” Dichten
Test 2	18-04-2025	Micha, Pieter Ilian	Boorgat gedicht	Het bleef goed recht staan totdat er golven werden gemaakt en er weer water in stroomde.	Verbeterde versie van de “converter”
Test 3	28-04-2025	Pieter, Micha	Verbeterde “converter”	Het ontwerp bleef goed stand houden tegen de golven.	Anker vast aan het ontwerp
Test 4	18-04-2025	Pieter	Anker vast aan ontwerp	Het ontwerp bleef nog beter stil staan	nvt
Test 5					

Schermopname bestand: Test plan - Aqua Stroom

#### Iteratie 1

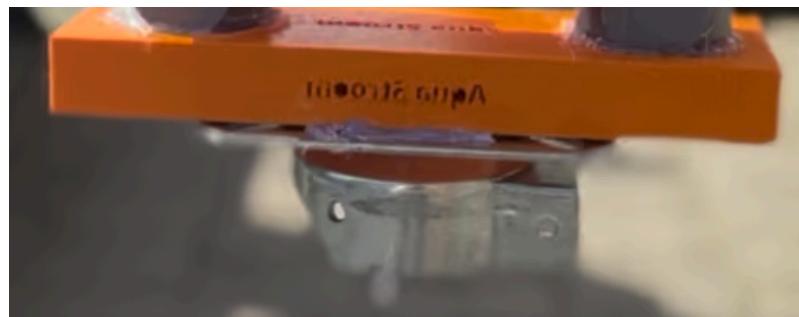
Zoals te zien in de test tabel zijn er in totaal 4 iteraties geweest. Na de eerste test kwam de groep er al gauw achter dat er te veel gaten zaten in het prototype waardoor het prototype zonk of omviel. Toen is als verbetering het “Boorgat” gedicht met een lijmpistool.

#### Iteratie 2

Na het dichten van het boorgat zagen we dat het model beter bleef staan en niet zomaar omsloeg. Voor de test gingen we ook golven maken. Aan het begin hield het model stand, maar al gauw viel het om door de golven. Na veel meer testen en het probleem te ontdekken kwamen we er achter dat het lag aan dat het anker was verbonden met touwen aan de onderkant die bewogen. Daarom hebben we het anker als verbetering aan de installatie vast gemaakt. [Iteratie 2-Test-Video](#)

### Iteratie 3

Nu we het anker vast hebben gemaakt aan de installatie zelf. Gingend we hem opnieuw testen. Het model bleef nu wel goed overeind bij stilstaand water en bij hogere golven. Wel hadden we waargenomen dat de grijze converters te strak om de paal heen zat waardoor het niet omhoog en omlaag bewoog. Om deze reden hebben wij een nieuwe gemaakt en 3d laten printen. We hadden hier de cirkel nu 35 mm gemaakt in plaats van 28 mm (breedte van de buis).



Afbeelding: Iteratie 1 - model 1 - Aqua Stroom

## 8. Eindproduct

### Golven aan de kust

---

#### Laatste Iteratie

Na het doen van de laatste iteratie kwamen we erachter dat de converter (Grijze deel die de oranje (buis) verbindt met de installatie) niet goed werkt en te strak om de grote grijze paal zat. Hierdoor bewoog het niet omhoog en omlaag en bleef het stil staan en ging het onder en boven het water, maar niet mee met het water. Om deze reden hadden we besloten om een nieuwe converter te maken. Na het verbeteren van die converter werkte alles en bewoog de buis (oranje) mee met het water.



Actie afbeelding: Aqua Stroom - Iteratie 4

#### Materiaalkeuze

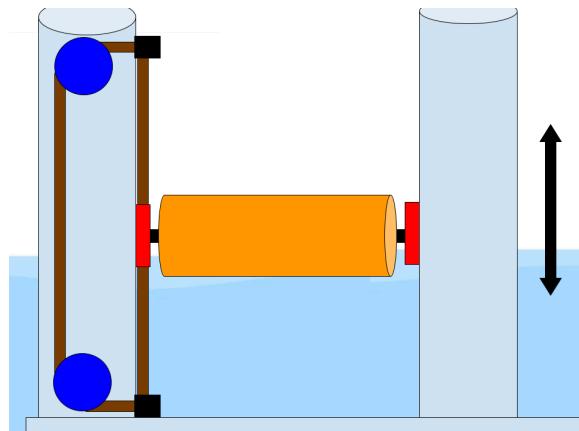
Voor ons model hebben wij gekozen om gebruik te gaan maken van materialen die goed tegen de slijtage van de zee kan. We gebruiken roestvrij staal voor de (grijze) paal, de onderplaat (oranje-rechthoek), anker en de converter + converter-as. Dit roestvrij staal is juist gemaakt om tegen zout, algen en bijvoorbeeld de harde klappen die de golven maken op onze installatie. Voor het vervangende systeem van de tandheugel gebruiken wij een soort katrol-touwsysteem. Het materiaal waar het touw uit bestaat is \*HMPE-touw (High Modules Polyethylene-touw) Het is een soort kunststof, waarbij de vezels zo min mogelijk vertakken waardoor het een sterk soort touw wordt.

## Werking

Doordat tijdens een golf het water omhoog en omlaag beweegt, ontstaat er dus energie in de golven. Ons model maakt gebruik van die energie en zet het om in elektriciteit die we in onze huizen gebruiken. Ons systeem werkt als volgt:

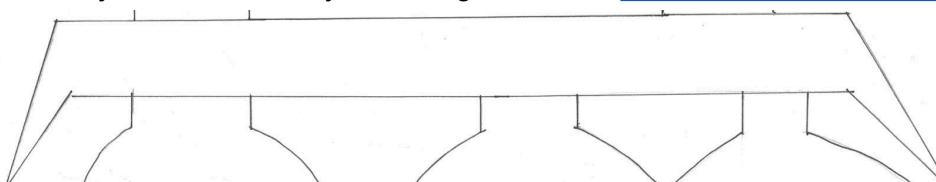
1. Doordat de golven omhoog en omlaag gaan, gaat de (oranje) buis meebewegen samen met de (rode) converters.
2. Aan de converters zitten aan beide kanten \*HMPE-touw. Dit touw staat zo strak mogelijk strak gespannen. Hierdoor gaat het touw mee met de converter en gaat het hele touw in een rondje bewegen.
3. Doordat het touw beweegt en vast zit aan speciale (blauw) katrollen gaan de katrollen ook bewegen
4. Deze katrollen zitten vast aan dynamo en op die manier wordt er extra energie opgewekt.

Op deze manier voldoen wij aan de opdracht namelijk het vervangen van het tandheugel systeem en hebben we een extra manier gevonden om energie op te wekken. Ook blijft de (oranje) buis rondjes draaien en op deze manier ook energie opwekken. We hebben ook een video gemaakt om het beter te kunnen begrijpen. [Video - uitleg - werking - Aqua stroom](#)



## Bonus

Er is ons ook gevraagd om na te denken hoe je zorgt dat de installatie altijd in de windrichting en dus de water richting staat. Wij hebben hier een simpele oplossing voor bedacht en gebruik gemaakt van \*biomimicry. We willen namelijk aan ons platform soort van vinnen maken die zorgen dat als er water tegenaan botst door de stromingsrichting, hij meebeweegt en uiteindelijk in die richting gaat staan. Helaas is het ons niet gelukt om deze uit te werken in ons prototype, maar wel in onze technische tekening. Ons model is ook zo ontworpen dat hij ook werkt met zij-strooming, zie video. [Aqua Stroom - zij-stroming](#)



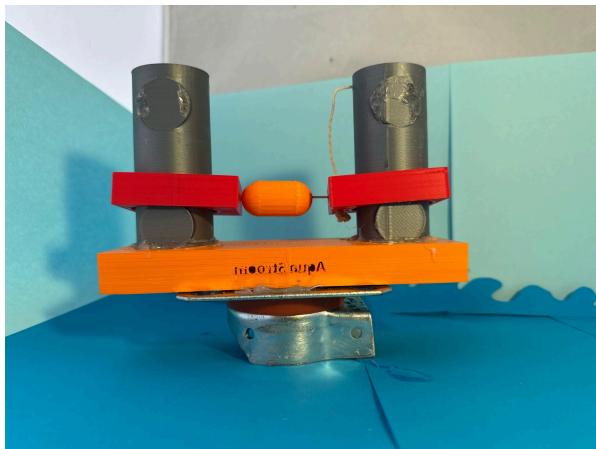
Tekening: vinnen - Aqua Stroom

## 8. De Aqua Stroom

### Eindmodel

#### Naam

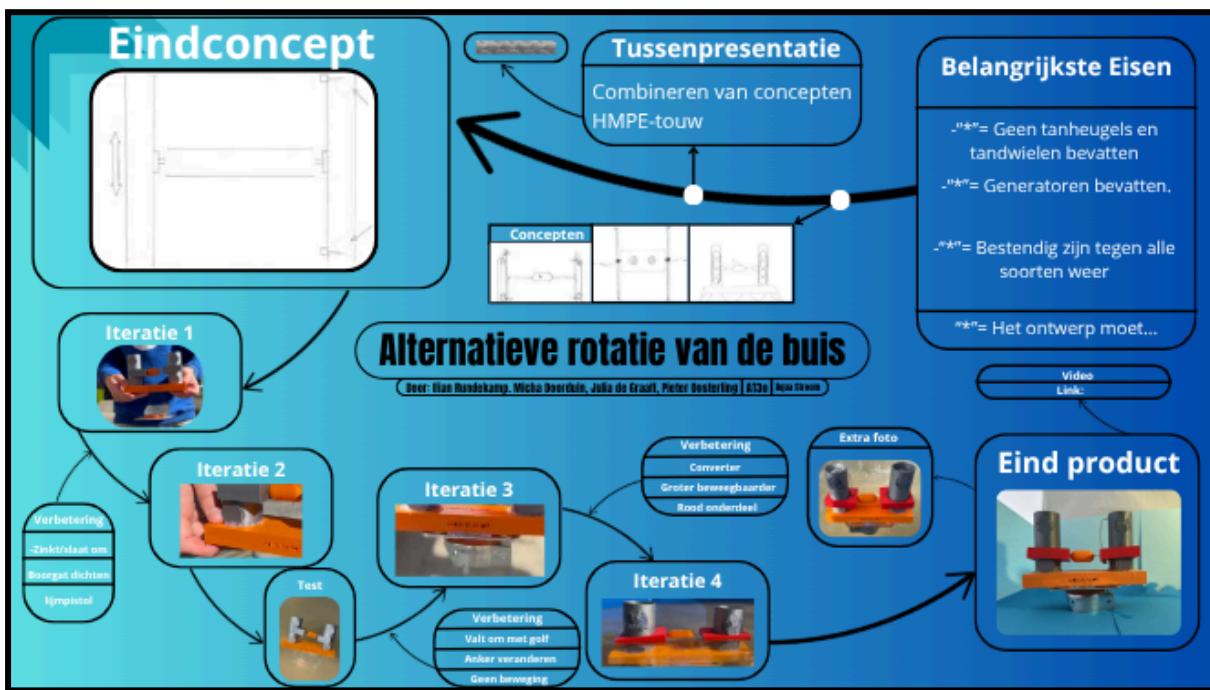
Nadat we alle iteraties hadden gedaan. Is ons eindmodel ontstaan. We noemen het de *Aqua Stroom*, omdat het meebeweegt met de stroming van het water en het veel te maken heeft met water, want aqua vertaalt is water. Ook zit er stroom in de naam, omdat het natuurlijk in de stroming zit van het water en het levert stroom op. Ook hebben we een animatievideo van ons model. *Animatie video*



Afbeelding: Eindmodel - Aqua Stroom →

#### Video + Poster

Voor de eindpresentatie moesten wij een video van 2 minuten maken, waarin duidelijk werd hoe ons model werkt en lieten wij onze iteraties zien en de animatievideo. Hier is de link naar de [Eindpresentatie video](#). Ook hebben wij een poster gemaakt, waarop je (bijna) al onze fases kunt zien.



Poster - Aqua Stroom

## 7. Discussie

### Golven bekijken

---

#### Ilian

Ik vond dit project erg leuk, omdat ik het erg leuk vond om het prototype uit te testen en de progressie te zien die er ontstaat.

Ook vond ik het groepje erg fijn, omdat de groepsleden meestal hun best deden, ook al ging alles vaak niet zo soepel.

#### Micha

Ik vond dit project een mooi project met veel uitdagingen, niet alleen omdat wij de enige waren die opdracht 1 hadden gekozen, maar ook omdat het niet altijd even vlekkeloos verliep. Ik vond dat de samenwerking goed verliep en ben blij met de inzet die mijn teamgenoten geleverd hebben. Ook vind ik dat we samen uiteindelijk een mooi eindproduct hebben neergezet waar we trots op mogen zijn.

#### Pieter

Ik vond dit een bijzonder project, omdat ik dit project best wel veel nieuwe dingen heb gedaan en met verschillende soorten softwares heb gewerkt. Ik heb namelijk de 3D dingen ontworpen in Onshape en heb voor het eerst in Blender gewerkt, waar we de 3D animatie hebben gemaakt. Helaas had ik bij Blender wel een aantal tegenslagen, omdat ik probeerde een video uit Blender te halen en dus het bestand te renderen, maar mijn macbook gaf elke keer een fout en liep vast. Uiteindelijk heb ik de render gezet op .png en heb ik nu rond de 5000 bestanden op mijn laptop staan. Voor de rest vond ik het zeker een leuk team en heb ik dus ook veel nieuwe dingen geleerd over dit project.

#### Julia

Ik kijk positief terug op dit project omdat ik het leuk vond om bezig te zijn met de verbetering van de rotatie van de buis. De samenwerking met het groepje vond ik ook fijn omdat het vaak wel duidelijk was wat je moest doen en door de planning die er was. Ik vind het ook leuk om te zien hoe er vanuit die concepten zo'n uitgewerkt idee en prototype is ontstaan.

## 6. Bronnenlijst

---

De volgende bronnen hebben wij gebruikt voor het maken van ons onderzoek en ons concept. Achter elke bron staat hoe we het in de tekst hebben vernoemd en welke bron we gebruikt hebben bij elke fase. We hebben gemaakt via *Scibbr.com* en op alfabetische volgorde gesorteerd.

---

*About us · Dutch Wave Power.* (1AD, januari 1). Dutch Wave Power.

<https://dutchwavepower.com/pages/about/>

Benchmark. (2024, 11 september). *Sea trial in the Principality of Monaco announced for SBM Offshore's innovative S3® Wave Energy Converter - SBM Offshore.* SBM Offshore. (Geraad pleegt op: januari, 2025)

<https://www.sbmoffshore.com/newsroom/sea-trial-principality-monaco-announced-sbm-offshores-innovative-s3r-wave/>

*Dutch Wave Power | Proeftuin op de Noordzee.* (z.d.). (Geraadpleegd op: januari, 2025)

<https://proeftuinopdenoordzee.nl/mkb-stimuleringsregeling/aquatic-drones/>

Fabian. (2023, 24 oktober). *Aandrijftechniek mechanisch.* Techniekgids. (Geraadpleegd op: januari, 2025)

<https://techniekgids.nl/aandrijftechniek-mechanisch/#:~:text=tandwielen%20worden%20vaak%20gebruikt%20om,vergroten%20of%20juist%20te%20verkleinen>

*Golfenergie.* (1AD). Wikipedia. (Geraad pleegt op: januari, 2025)

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Golfenergie>

*GolfEnergie | EWA.* (z.d.). EWA. <https://www.energieuitwater.nl/golfenergie>

Hoitink, H. (2024, 27 juni). *Mechanische aandrijftechniek.* AT-Aandrijftechniek. (Geraadpleegd op: januari, 2025)

<https://www.at-aandrijftechniek.nl/techniek/mechanisch/mechanische-aandrijftechniek/8696/>

Jungheinrich PROFISHOP AG & Co. KG. (2024, 2 augustus). *Hydrauliek – definitie, functie en toepassing.* Profi-gids. (Geraadpleegd op: januari, 2025)

<https://www.profishop.nl/nl/profi-gids/hydrauliek/>

- Natuurkunde.nl - translatie en rotatie.* (z.d.). Stichting natuurkunde.nl. (Geraadpleegd op: januari, 2025)  
<https://www.natuurkunde.nl/vraagbaak/13758/translatie-en-rotatie#:~:text=Van%20translatie%20en%20rotatie%20spreken.de%20as%20van%20het%20wiel>
- Pelamis Wave Power : EMEC: European Marine Energy Centre.* (z.d.). (Geraadpleegd op: januari, 2025)  
<https://www.emec.org.uk/about-us/wave-clients/pelamis-wave-power/>
- Schröder, T. (2024, 4 juni). Golfenergie dankzij gigantisch deinende boeien trekt aandacht van oliereus. *Change Inc.* (Geraadpleegd op: januari, 2025)  
<https://www.change.inc/energie/golfenergie-dankzij-gigantisch-deinende-boeien-trekt-aandacht-van-oliereus-40642>
- Slow Mill Sustainable Power BV. (z.d.). *Slow Mill Sustainable Power BV | LinkedIn*. (Geraadpleegd op: januari, 2025)  
<https://nl.linkedin.com/company/slowmill>
- Tandwielen.* (z.d.). <https://bollebus.be/resources/tandwielen>
- Technology – Symphony Wave Power.* (z.d.). (Geraadpleegd op: januari, 2025)  
<https://symphonywavepower.nl/technology/>
- Vis, J. (2014, 9 oktober). *Pelamis P2 geselecteerd voor het eerste Ierse golfenergiepark WestWave.* WattisDuurzaam.nl. (Geraadpleegd op: januari, 2025)  
<https://www.wattisduurzaam.nl/5212/energie-opwekken/waterkracht/pelamis-p2-gesel ecteerd-voor-het-eerste-ierse-golfenergiepark-westwave/>
- Wave energy explained · Dutch Wave Power.* (1AD, januari 1). Dutch Wave Power. (Geraadpleegd op: januari, 2025)  
<https://dutchwavepower.com/pages/wave-energy-explained/>
- Wikipedia contributors. (2024, 27 december). *Electroactive polymer.* Wikipedia. (Geraadpleegd op: januari, 2025)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Electroactive\\_polymer](https://en.wikipedia.org/wiki/Electroactive_polymer)
- Wikipedia-bijdragers. (2023, 5 augustus). *Hydrauliek.* Wikipedia. (Geraadpleegd op: januari, 2025)  
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Hydrauliek>

## 7. Begrippenlijst

---

\*Mechanische rotatie: Is rotatie waarbij een voorwerp om een vast punt roteert. (Oriëntatie)

\*Fe: Een scheikundige benaming voor ijzer. (Oriëntatie-Materialen)

\*Biomimicry: Het toevoegen van kennis vanuit de natuur in ontwerpen of ideeën.

\*Erosie: Het proces waarbij gesteente, grond of ander materiaal door wind, water of ijs worden afgeslepen en verplaatst.

\*HMPE(-touw): Hoog Moleculair Polyethyleen.

\*Converter: Het mechanisme op het ontwerp dat ervoor zorgt dat het dynamo omhoog en omlaag kan worden geduwd door de golven met behulp van het \*HMPE touw.

\*Iteratie: Het proces van steeds iets opnieuw doen, meestal om iets te verbeteren.