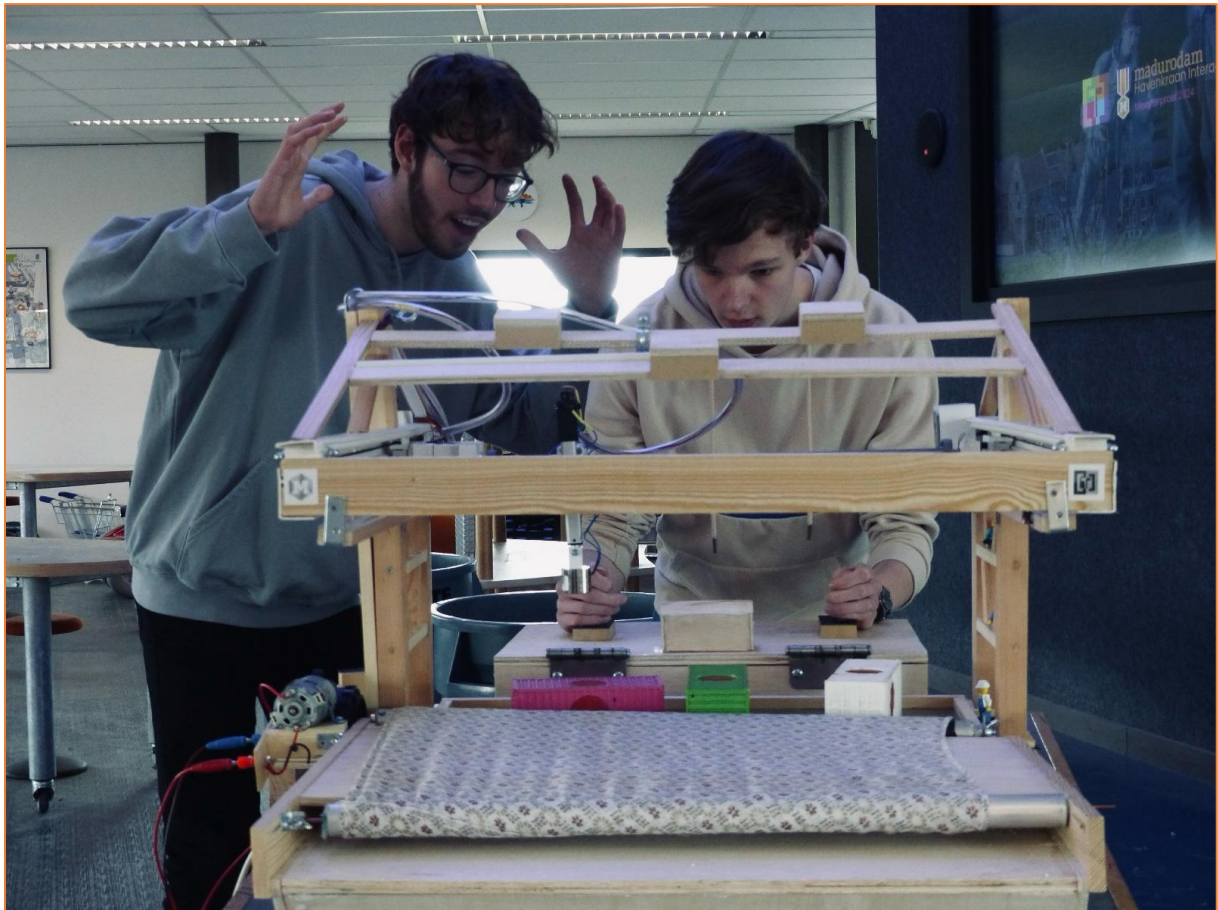


Project Havenkraan 2024

Jasper Prein, Martijn Klok, Luca Erkens
dinsdag 2 april

Meesterproef



madurodam





Voorwoord

September 2018; Zes jaar geleden begonnen wij ons avontuur bij O&O, niet wetend wat het vak exact inhield en wat we ervan konden verwachten. Toch konden we niet wachten om van start te gaan met onderzoeken, testen en presenteren. Tijdens ons eerste bonbonproject begonnen we de eerste delen van het onderzoeksproces te begrijpen. Het was nog niks, maar de toon was gezet. O&O is begonnen.

We zijn 16 projecten verder. De meesterproef is het enige wat ons nog te wachten staat. De combinatie van onderzoeken en ontwerpen, precies zoals het vak omschrijft, moet in perfecte harmonie samenkomen. De afgelopen 7 maanden hebben wij – Jasper, Martijn en Luca – keihard gewerkt aan een project waarvan we in de eerste klas niet hadden verwacht dit ooit neer te kunnen zetten.

En dat is niet iets wat wij zomaar hadden kunnen neerzetten, hierbij zijn een aantal mensen geweest die ons ertoe hebben gezet zulke prestaties neer te zetten, waar in elk geval wijzelf, mega trots op zijn.

Ten eerste natuurlijk meneer Zandbergen, het creatieve, behulpzame brein achter elke uitdaging (we mogen geen probleem meer zeggen). Zonder zijn hulp waren we nooit gekomen waar we nu waren en hadden we nooit zoveel verstand van technische aspecten gehad als we daarvoor hadden.

Daarnaast de docenten van de afgelopen jaren en in het bijzonder meneer Drost. In de onderbouw hebben we u leren kennen als een docent die vraagt om prestaties. Als je iets neerzet, zet je het goed neer, anders stop je maar met ademen (want dat is zonde van zijn zuurstof). Juist deze drang naar presteren is iets wat ons bij de meesterproef heel erg heeft geholpen. Alleen het allerbeste kan door en de rest laten we erbuiten. Alles moet recht en meneer Drost heeft altijd gelijk (zijn de meningen over verdeeld). We zijn dankbaar dat we u in uw laatste jaar als docent nog hebben mogen meemaken. Ook meneer Lafeber, die ons al vliegend (vonden we een leuk woordgrapje) door het project heeft geholpen, willen wij heel erg bedanken. Hopelijk mogen we een keer mee in uw vliegtuig (alstublieft).

Daarnaast willen we alle opdrachtgevers, in het bijzonder meneer Tabrizi, voor het VWO 5 & 6 project, met de diepste respect bedanken. Zonder al deze opdrachten bestaat het vak O&O niet.

Tot slot willen we iedereen die de afgelopen jaren, op welke manier dan ook, heeft bijgedragen aan projecten, heel erg bedanken. Elk beetje helpt en maakt het verschil in de kwaliteit van onze projecten.

We kijken met blijdschap, maar ook een klein beetje verdriet, terug op ons aller laatste O&O project ooit. Het was een fantastisch avontuur.

Jasper Prein
Martijn Klok
Luca Erkens



Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
1 Inleiding	5
1.1 De opdrachtgever	5
1.2 De situatie	5
1.3 De opdracht.....	5
1.4 Programma van Eisen	6
2 Werkplan.....	7
2.1 Werkwijze.....	7
2.1.1 Vooronderzoek	7
3 Resultaat	11
3.1 Constructie	11
3.1.1 Statische componenten.....	11
3.1.2 Dynamische componenten.....	12
3.2 Controllers.....	16
3.3 Scherm	19
3.4 Spelelement	19
3.4.1 Tijdslimiet	19
3.4.2 Puntensysteem	20
3.5 Elektromagneet	21
3.6 Weersbestendigheid.....	22
3.7 Realisme.....	23
3.7.1 Containers	23
3.7.2 Merk.....	23
3.8 Maquette	24
4 Conclusie.....	25
4.1 Samenwerking.....	25
4.2 Progressie.....	25
4.3 Reflectie op ontwerpprobleem	25
5 Aanbeveling	26
5.1 Elektromagneet	26
5.2 Spelelement	26
5.3 Terugkeer van containers	26
5.4 Toevoegingen	27



5.4.1 Start knop	27
5.4.2 Rollenbank.....	27
5.4.3 Centreren van magneet.....	28
6 Literatuur	29
6.1 Informatie	29
6.2 Afbeeldingen	29
7 Bijlagen	31



Samenvatting

Madurodam heeft het team de opdracht gegeven om na te denken over het verbeteren van hun huidige interactie in het park genaamd: 'Regel het havenverkeer'. Het team heeft vervolgens de onderzoeksvraag opgesteld. De onderzoeksvraag van dit project is: "Hoe ziet een realistische havenkraan eruit op schaal en hoe kan deze het beste bestuurd worden?". Na het opstellen van de hoofdvraag heeft er een lange periode gevolgd waarin onderzoek is gedaan en een maquette is gebouwd, met alle daarin verwerkte aspecten.

Samenvattend kunnen we concluderen dat het proces van het maken van de maquette op schaal en het coderen van alle onderdelen voor Madurodam een zeer uitdagende, maar leuke taak was. Door middel van nauwkeurige programmering en uitvoeringen van de codes die we schreven, slaagde het team erin om de gewenste functionaliteiten te implementeren. Door het maken van een goedwerkende en realistische maquette komt alles samen tot een totaal geheel. Er kan geconcludeerd worden dat voldaan is aan de onderzoeksvraag en Madurodam een mooi rapport kan ontvangen.

Er zijn meerdere aanbevelingen af te leiden na dit onderzoek. Zo wordt er aangeraden om gebruik te gaan maken van een elektromagneet in plaats van een zuignapsysteem dat vandaag de dag gehanteerd wordt. Ook wordt er gepleit voor de toevoeging van een spelelement om de doorstroming te bevorderen en mensen te motiveren de interactie te spelen. Verder wordt ook geadviseerd om in combinatie met het spelelement een lopende band toe te voegen aan de boot, zodat de containers terug kunnen keren naar de kade.

Tot slot kan er ook nog tijd geïnvesteerd worden in het toevoegen van een startknop waardoor de interactie niet constant aanstaat. Ook kan er een rollenbank geplaatst worden op de kade zodat alle blokken naar achter zullen rollen en er altijd genoeg plek is voor de blokken die met behulp van de lopende band van de boot af zullen komen. Als laatste kan er gekeken worden naar het centreren van de elektromagneet zodat deze altijd recht boven de container kan hangen.

1 | Inleiding

1.1 | De opdrachtgever

De opdrachtgever van het project is Madurodam. Madurodam is een Nederlandse miniatuurstad in Den Haag en is gebouwd op schaal 1 op 25. Het park is geopend op 2 juli 1952 aan het George Maduroplein. Het toeristische attractiepark trekt jaarlijks circa 600.000 bezoekers. Het park beslaat een totaal oppervlak van 62.630 m². De gebouwde stad zelf is 17.630 m². De miniatuurstad heeft veelal als inspiratie gediend voor de bouw van diverse attractieparken wereldwijd, zoals Legoland Billund en Disneyland Park in Anaheim. Verder bevat het park vele interactieve attracties, zo kan je er bijvoorbeeld branden blussen op een olietanker of jezelf wegen in kazen.

De contactpersoon namens Madurodam is Pedro Tabrizi. Meneer Tabrizi is 'Manager Onderhoud & Nieuwbouw' van het park. Zijn taak is onder andere dat hij controle moet houden over de dagelijkse gang van zaken wat betreft het technische gedeelte van het park.

1.2 | De situatie

Op dit moment is de attractie "Regel het havenverkeer" flink verouderd. De containers zijn niet realistisch, het zijn namelijk plastic blokken. Ook werkt het grijpsysteem van de haven interactie niet geheel naar wens. Het systeem werkt namelijk door middel van een zuignap die vacuüm zuigt. Deze zuignap werkt niet altijd goed en kan daarom soms blokken als ze in de lucht zijn laten vallen. Daarnaast moet het spel met twee mensen gespeeld worden. Ook loopt de attractie niet door waardoor er veel mensen moeten wachten. Op dit moment is de havenkraan gemaakt door Hüttinger.



1.3 | De opdracht

Samenvattend is de opdracht het verbeteren van de gebruikerservaring. Het verbeteren van de ervaring moet worden bereikt door het toepassen van verschillende nieuwe, gemakkelijkere systemen. Ten eerste moet er een verbetering komen aan het oppakken van de containers. Het oude zuignapsysteem moet door een moderner systeem worden vervangen. Daarnaast moet er een systeem worden ontwikkeld, wat de doorstroom van de interactie zal bevorderen. Het park streeft naar een doorstroom van circa 60 seconden per bezoeker op drukke dagen. Ten derde is er de vraag om het spel te veranderen naar een zogenaamde 'singleplayer', dit naast de optie die opengehouden wordt voor de bestaande 'multiplayer'. Het implementeren van een systeem waarbij maar 1 bedieningspaneel is, zorgt voor minder elektronische verbindingen tussen panelen en dus ook minder kans op eventuele technische verstoringen.

Hieruit is een ontwerpprobleem geformuleerd, deze luidt: "Ontwerp een havenkraan op schaal waarbij er gefocust moet worden op de realiteit van de kraan en de spelervaring van de speler."

Ook is er een hoofdvraag geformuleerd, dit is: "Hoe ziet een realistische havenkraan eruit op schaal en hoe kan deze het beste bestuurd worden?"



1.4 | Programma van Eisen

Voor het project werkt het team aan een nieuwe, realistischere oplossingen voor de haveninteractie in Madurodam. Hierbij moeten de volgende punten worden gewaarborgd;

Doorstroom

In het park kan het soms best druk worden. Op sommige momenten zijn er honderden bezoekers tegelijk in het park, die allemaal een interactie willen aangaan. Op dit moment is de doorstroom in het park slecht, blijkt uit een onderzoek van een onafhankelijke expert van Madurodam. Mensen blijven lang hangen bij een interactie, waardoor andere bezoekers minder mogelijkheid krijgen tot het ervaren van die interactie.

De doorstroom bevorderen zou de ervaring van de bezoeker verbeteren. Echter moet er wel rekening mee gehouden worden, dat de bezoeker zelf niet zich opgejaagd voelt om naar een andere attractie te gaan.

Spelelement

Interactie is een waardevol element om de bezoeker te verbinden met het park. Door van een interactie een spel te maken, bevordert je deze verbinding. Gamification kan goed worden toegepast in Madurodam. Door een spelelement toe te voegen aan het park, dat bijvoorbeeld 30 seconden duurt, krijg je een automatische doorstroom per bezoeker. Hierdoor kunnen dus meer bezoekers de gewenste ervaring krijgen.

Weersbestendigheid

Zoals uit ons eigen onderzoek is gebleken, is hemelwater een groot probleem. Door water op de bestaande plastic containers werkt het zuignappen systeem niet meer. Ze laten los, waardoor containers overal over de boot gegooid worden, die niet meer te pakken zijn. Ook door dit probleem verminderd de doorstroom – en daarmee de klantervaring – van de haveninteractie.

Onderhoudsvriendelijk

Het is belangrijk dat onderhoud aan de gebruikte onderdelen/ componenten eenvoudig is en het systeem zo snel mogelijk weer operationeel is. Systemen die worden gebruikt moeten makkelijk gedemonteerd, gerepareerd en daarna weer gemonteerd worden. Door onderhoud zo snel mogelijk uit te voeren, wordt opnieuw de klantervaring verbeterd.

Realisme

De havenkraan die er nu staat is niet heel realistisch. Madurodam streeft ernaar alles zo realistisch mogelijk in haar park te maken. De havenkraan moet dus ook realistischer worden.



2 | Werkplan

In de projectgroep heeft iedereen andere kwaliteiten. Er is daarom gekeken op welke vlakken degene uitblinkt zodat het beste resultaat behaald kan worden. Om een goed beeld te vormen van wat er gedaan moest worden, is er een lijst met taken en een planning gemaakt. Hiermee kon er gekeken worden hoeveel weken er nog beschikbaar waren en wat er nog gedaan moest worden.

2.1 | Werkwijze

Nadat de opdrachtgever de opdracht had gegeven, is er een opdrachtenboekje geschreven. Hier staan onder andere de hoofdvraag en het programma van eisen in. Daarna is er een uitgebreid vooronderzoek gedaan. Hierna is er met de opgedane kennis een ontwerp gemaakt via sketchup waarna het 3D ontwerp in realiteit is gebracht door middel van een maquette.

2.1.1 | Vooronderzoek

Om antwoord op de ontwerpvrage te krijgen is er bij het vooronderzoek eerst een literatuuronderzoek gedaan. Er is gekeken naar hoe het probleem bij anderen is opgelost. Ook is er gekeken hoe een havenkraan in de praktijk werkt. Naast een literatuuronderzoek is er ook een analyse gemaakt van de bouwtekeningen van de havenkraan.

Hieronder zijn de bevindingen van het vooronderzoek beschreven;

Onderzoek huidige interactie Madurodam

Momenteel is de interactie met de containers al speelbaar in Madurodam, echter is deze verouderd en is ons gevraagd deze interactie te verbeteren. Daarom is er een onderzoek gestart om te kijken naar welke punten er gekeken kan worden. Tijdens het onderzoek zijn een paar zaken naar voren gekomen.

- **Zuignapsysteem;** Er wordt gebruikgemaakt van een zuignapsysteem waarmee de blokken opgepakt worden. Met dit mechanisme treden er problemen op als de containers vochtig zijn.
- **Geen realistische containers;** Bij het havenspel zijn er geen realistische containers maar eenvoudig gekleurde blokken. Er kan gekeken worden om de containers een realistischere uitstraling te geven.
- **2-speler-spel;** De huidige interactie werken twee mensen samen om de container van punt A naar punt B te verplaatsen. (Zie bijlage 1) Mogelijk is het fijner om het door één persoon te laten spelen.
- **Geen spelelement;** Momenteel is er geen doel binnen de interactie naast het verplaatsen. Het spel zal populairder worden als er bijvoorbeeld een echt spelelement aan toegevoegd wordt.
- **Containers kunnen buiten bereik van de speler raken;** Tijdens het onderzoek is opgevallen dat de blokken buiten bereik van de 'grijper' kunnen raken. (Zie bijlage 2). Dit is niet de bedoeling en hier zal voor een nieuw ontwerp rekening mee gehouden moeten worden.
- **Matige doorstroming;** Er zit geen tijdslimiet op dit spel, hierdoor kunnen mensen zo lang blijven spelen als ze willen en kunnen er rijen voor deze interactie ontstaan. Dit komt de doorstroming van het park niet ten goede.
- **Verouderde techniek;** Ook is er gedurende het onderzoek een mogelijkheid geweest om in de kast van het besturingssysteem te kijken.



Bijlage 1 - Het 2 speler systeem



Bijlage 2 - Het achterste groene blok is buiten bereik van de interactie geraakt

Hüttinger

De huidige interactie in Madurodam is gemaakt door het bedrijf Hüttinger. Hüttinger is gespecialiseerd in het maken van interacties. Niet alleen de interactie 'Regel het havenverkeer' in Madurodam is geproduceerd door Hüttinger maar ook diverse andere interacties zoals: 'Oosterscheldekering', 'Blusboot' en 'Kaaswaag'.

Informatie vanuit Hüttinger

Vanuit de opdrachtgever is de handleiding van de interactie, die is gemaakt door Hüttinger, bij de onderzoekers terechtgekomen. Hierdoor kan er goed onderzoek gedaan worden naar hoe de huidige interactie functioneert en waar de interactie verbeterd kan worden.

Havenkraan in de werkelijkheid

Hoe ziet een containerkraan er in de werkelijkheid uit?

Portaalkranen, Torenkranen, Dekkranen, Ruw Terrein Kranen, Bovenloopkranen

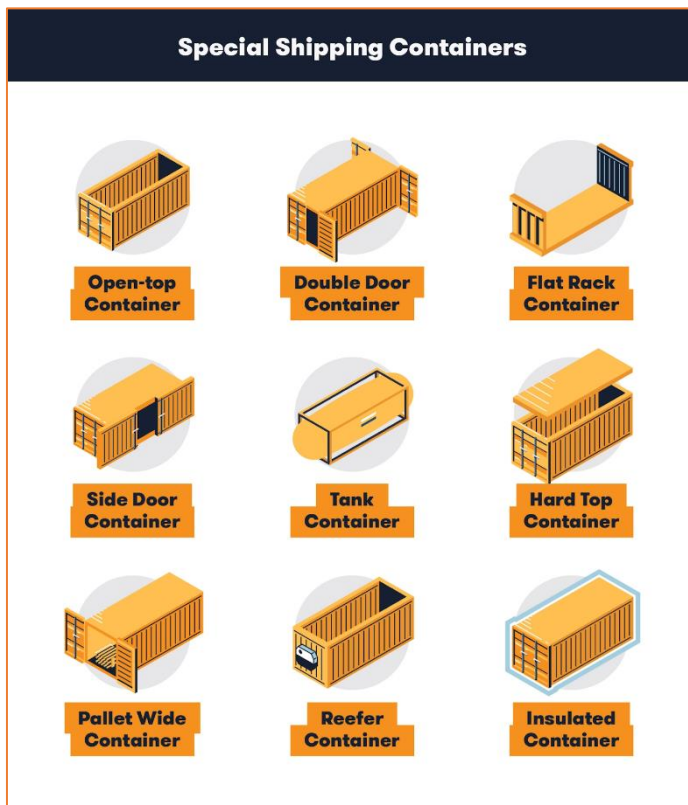
Portaalkraan



Bovenloopkraan



Een portaalkraan kan niet naar voren en naar achteren bewegen aan de bovenkant. Deze heeft rupsbanden aan de onderkant waarmee deze naar voren of naar achteren kan rijden. Een bovenloopkraan staat wel vast. Deze kan containers verplaatsen binnen haar eigen oppervlakte.



Containers in het echt

Om een goed model van een container te maken zal er gekeken moeten worden naar welke containers er daadwerkelijk in de havens gebruikt worden.

Afmetingen

Als je een schip de haven binnen ziet varen valt je vaak een ding direct op, de zeecontainers. Vanaf een afstand zien ze er niet al te groot uit. Maar hoe groot zijn zeecontainers daadwerkelijk? Voor een representatief model van een container zal er goed gekeken moeten worden naar de afmetingen van daadwerkelijke containers.

Buitenmaten diverse zeecontainers

Er zijn verschillende groottes van zeecontainers, van de meest voorkomende zijn de afmetingen hieronder genoteerd.

- 40ft container: 12,2 x 2,44 x 2,59 meter
- 20ft container: 6,06 x 2,44 x 2,59 meter
- 10ft container: 2,99 x 2,44 x 2,59 meter
- 8ft container: 2,44 x 2,20 x 2,26 meter
- 6ft container: 1,98 x 1,95 x 1,91 meter



20ft container

Elektromagneet

Een elektromagneet is een elektrisch component dat zich als een magneet gedraagt als er elektriciteit doorstroomt. Elektromagneten worden gebruikt in situaties waarbij magneten aan en uit gezet moeten worden. Maar ze worden ook gebruikt als een normale magneet niet sterk genoeg is. Een elektromagneet werkt op gelijkspanning zodat de polariteit niet verandert als er wisselstroom doorheen gaat.

De sterkte van de elektromagneet kan worden berekend aan de hand van de volgende formule:

Een elektromagneet bestaat meestal uit een plastic buis met daarin een metalen staaf, hieromheen is geïsoleerd koperdraad gewikkeld.

$$\Phi = \frac{\mu * N * I}{l}$$

Φ = De magnetische flux in Wb (Weber)

μ = De magnetische permeabiliteit in Vs/A (Volt Second per ampère)

N = Het aantal windingen van de spoel

I = De elektrische stroom door de spoel in A (Ampère)

l = De lengte van de spoel

3 | Resultaat

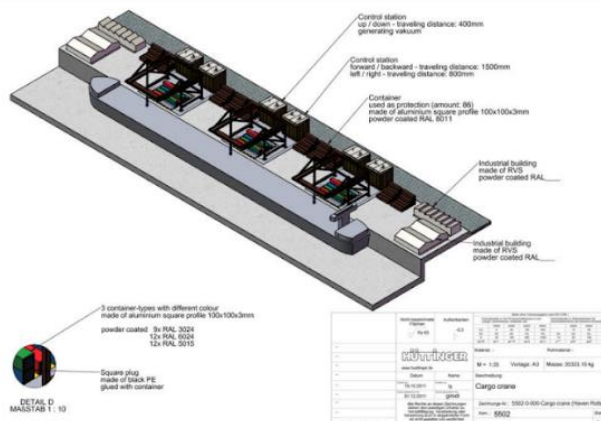
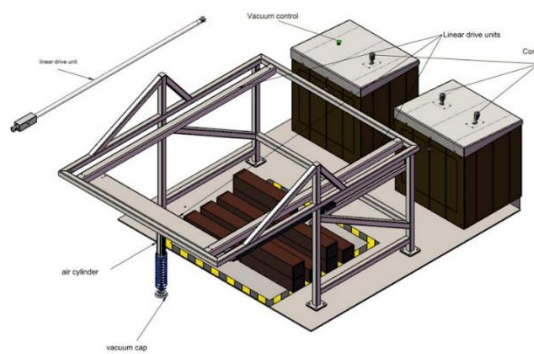
3.1 | Constructie

De constructie is een van de belangrijkste onderdelen van het project. De bezoeker ziet namelijk alleen de constructie zelf. Daarom moet de kraan er goed uitzien en werken. Want een bezoeker die niet begrijpt hoe de attractie werkt of de uitstraling niet mooi vindt is al snel afgehaakt.

3.1.1 | Statische componenten

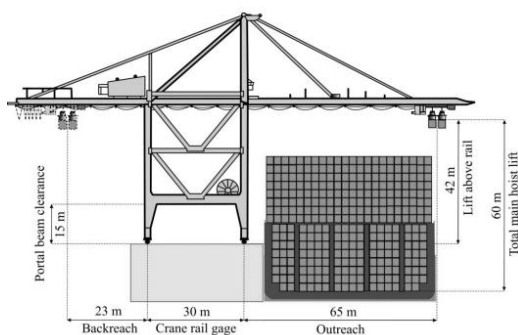
Tijdens het onderzoek is allereerst gekeken naar de uitstraling van de constructie die zich nu bevindt in Madurodam. Deze havenkraan is niet natuurgetrouw. Daarom zijn er andere inspiratiebronnen gebruikt. Voor inspiratie is er gebruikgemaakt van een literatuuronderzoek. Hierbij is er naar veel bouwtekeningen van bestaande havenkranen gekeken. Uiteindelijk is er gekozen voor een tekening van een Liebherr bovenloopkraan. Bij het ontwerp van de constructie is gekozen voor een schaal 1:144.

1.1 Overview of the Exhibit



Bijlage - Schematische tekening van de huidige interactie

Bijlage - Schematische tekening van de huidige interactie



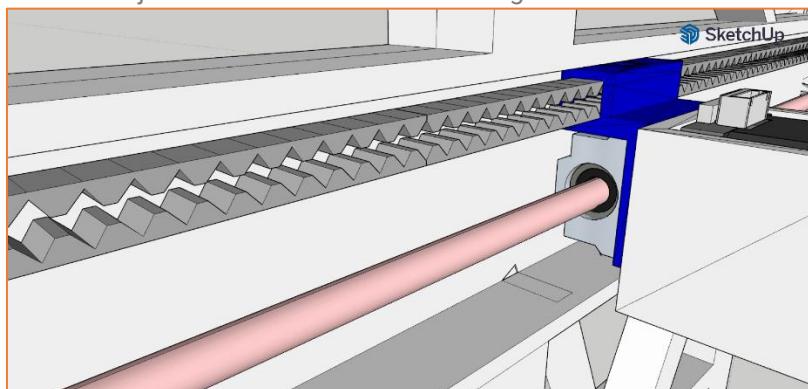
Bijlage - Schematische tekening inspiratiebron ontwerpen havenkraan

Er is ook gekeken naar de materialen van het ontwerp. In de maquette is daar niet zo zeer aandacht aan besteed. Maar in praktijk zou zoveel mogelijk van aluminium gemaakt moeten worden. Aluminium is namelijk sterk, maar ook licht en roest het niet zoals ijzer dat doet. De 3d geprinte onderdelen kunnen ook gemaakt worden van staal. Zo bestaan er bijvoorbeeld 3D printbare materialen waar metaal in zit. Ook kan er gekozen worden om de onderdelen door middel van een CNC machine van echt metaal te maken.

3.1.2 | Dynamische componenten

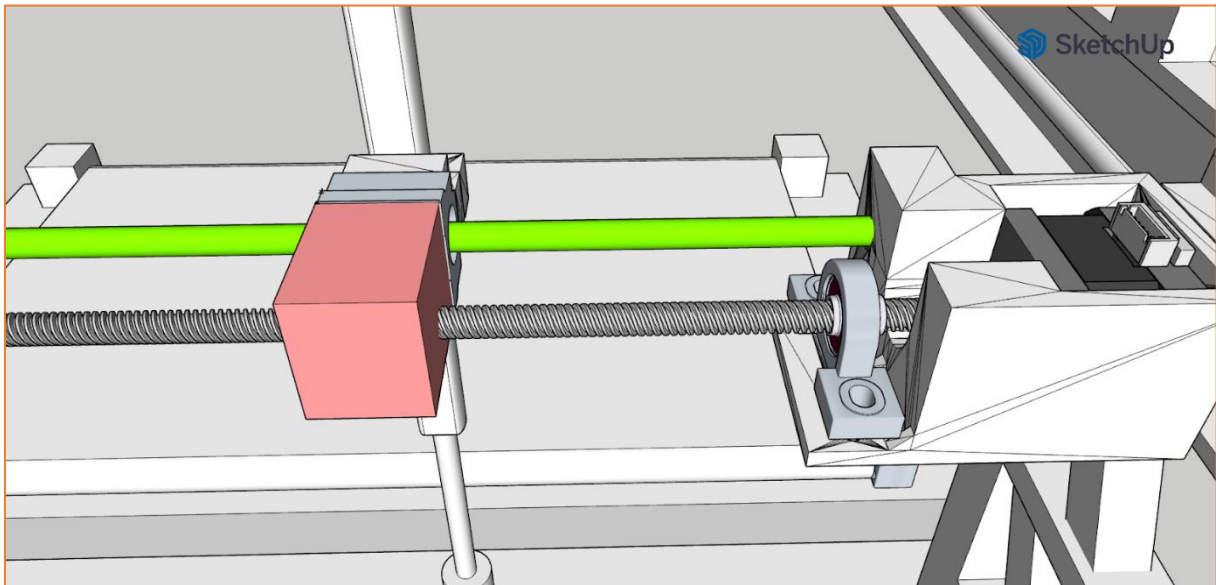
Ook is er gekeken naar hoe de grijper van de havenkraan beweegt. Op dit moment gebeurt dit door middel van luchtdruk. De luchtdruk zorgt ervoor dat een zuiger in of uitgeschoven wordt, hierdoor zal de grijper bewegen. Hiervoor is er een andere oplossing gekozen. Bij de vernieuwde oplossing is gekozen voor een constructie die gebruikmaakt van stappenmotoren. De constructie is te vergelijken met dat van een 3D-printer. In de constructie wordt gebruikgemaakt van een trapezium staaf, een lineaire actuator en snaar en tandwielen.

De snaar en tandwielen zijn gebruikt om de magneet in de z-richting te laten bewegen. Een tandwiel zit op een stappenmotor. Deze heeft groeven waar de snaar precies inpast waardoor er aan de snaar wordt getrokken als de stappenmotor gaat draaien. Aan de snaar zit het onderdeel bevestigd dat zorgt dat de magneet ook in de x en y richting kan bewegen. Deze wordt dan dus naar voor of achteren getrokken als de motor gaat draaien. Om te zorgen dat dit onderdeel gemakkelijk voortgetrokken kan worden, is er een lineaire kogellager aan bevestigd. De kogellager glijdt over een staaf die vastgezet is, hierdoor blijft het onderdeel in de lucht hangen.



Bijlage - 3d model van y-as met snaar (grijs), onderdeel wat de snaar vasthoudt (blauw), kogellager (lichtblauw) en staaf (roze)

De trapeziumstaaf is gebruikt om de magneet in de x-richting te bewegen. Een trapeziumstaaf kan worden vergeleken met een bout. Hier kan een moer op worden gedraaid. Bij de trapeziumstaaf kan dit ook. Als de bout zelf niet draait, maar de trapeziumstaaf zelf wel zal de bout naar voren of achter worden geduwd. Deze bout zit in een aluminium behuizing zodat er dingen aan gekoppeld kunnen worden. De trapeziumstaaf wordt aan een stappenmotor gekoppeld die zorgt dat de staaf gaat draaien. Voor extra stevigheid is ervoor gekozen om een staaf met een lineaire kogellager evenwijdig aan de trapeziumstaaf te plaatsen.



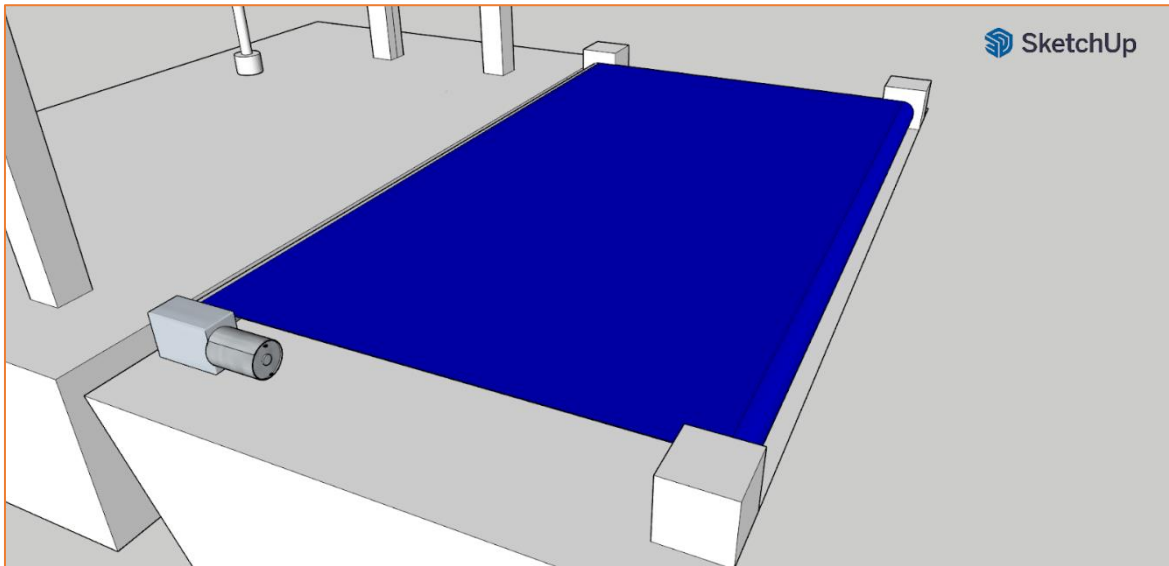
Bijlage - 3d model van x-as met trapeziumstaaf (grijs), blok met bout (roze), lineaire kogellager (achter blok met bout), staaf (groen), stappenmotor (in de behuizing kleur grijs met zwart)

Aan de behuizing van de moer op de trapeziumstaaf is een lineaire actuator geplaatst om de magneet in de y-richting te verplaatsen. Deze werkt ongeveer hetzelfde als het beschreven systeem met de trapeziumstaaf. In het systeem zit een motor die een trapeziumstaaf laat draaien. De bout zit aan een buis bevestigd die niet kan draaien. Hierdoor wordt de buis naar voren geduwd of naar achteren getrokken.



Bijlage - Dwarsdoorsnede lineaire actuator

Naast een havenkraan is er ook een boot ontworpen. Op de boot is een lopende band bevestigd. Bij het ontwerp van de lopende band is gekozen voor twee staven waarover een materiaal kan rollen. Aan de ene staaf is een motor bevestigd. Als deze draait gaat de staaf rollen, en komt de lopende band in beweging. Deze lopende band is gemaakt om de containers van de boot terug op de kade te krijgen. De lopende band is bevestigd over de gehele breedte van de boot. De kraan kan niet helemaal tot het einde van de boot komen. Door deze extra marge van de lopende band, worden automatisch containers - die per ongeluk achter het bereik van de kraan zijn gevallen - automatisch terug naar de kade gebracht.



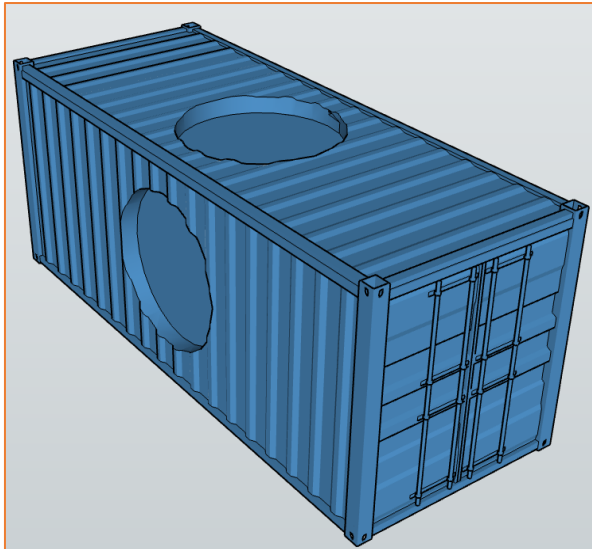
Bijlage - 3d model boot met lopende band (blauw) en motor (links voor op de illustratie)

Om het systeem te beschermen tegen hufters die de havenkraan bewegen door de machine tot de maximale reikwijdte te sturen. Hierdoor kan de machine kapot gaan omdat de krachten op een andere manier worden opgevangen, zijn er eindstops aangebracht. Dit zijn een soort knopjes die ingedrukt worden als bijvoorbeeld de kop tegen de zijkant aan dreigt te komen. Het systeem weet dan dat hij tegen de rand aan dreigt te komen en zorgt ervoor dat er niet meer naar deze kant gestuurd kan worden.



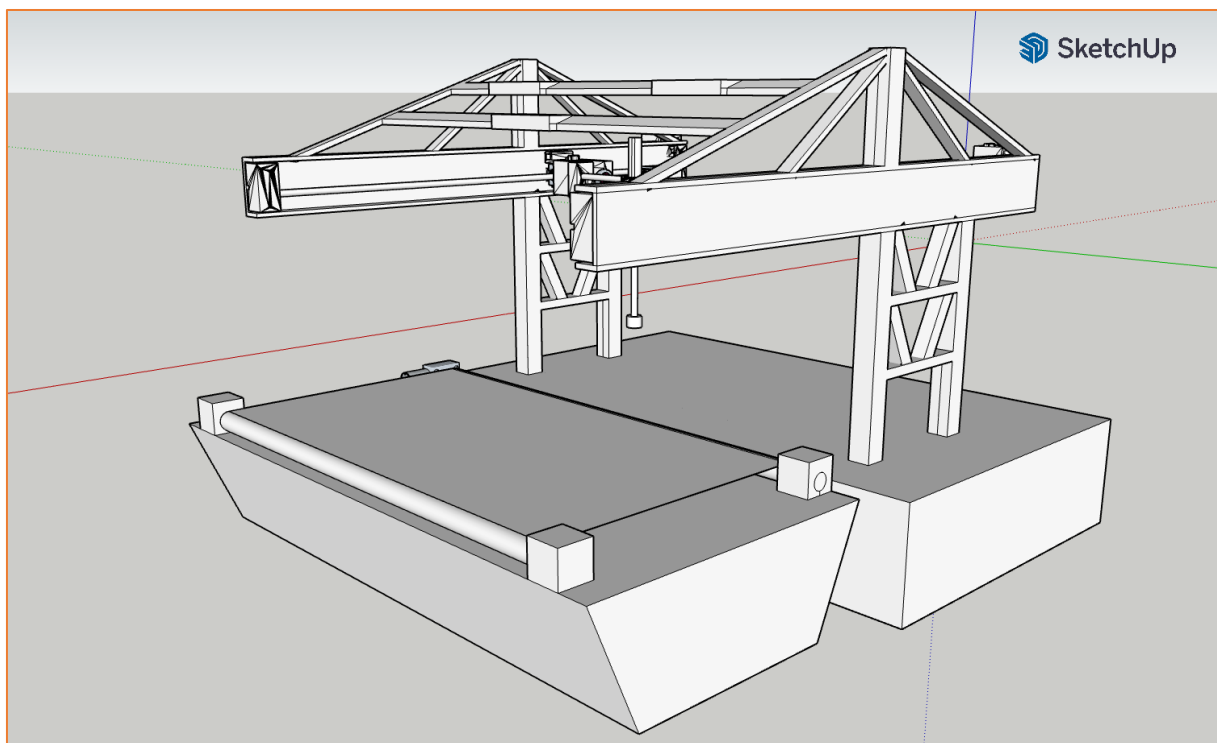
Bijlage - eindstop

Ook is er nagedacht over de containers. De containers zijn zo realistisch mogelijk gemaakt. De containers zijn 3d geprint. Op iedere kant zit een inkeping. Hierin gaat een stuk metaal. Door deze stukken metaal kan een magneet de containers tillen. Er is gekozen voor één stuk metaal per lange zijde omdat de ervaring dan wat uitdagender en realistischer wordt. In het echt kan een container ook niet aan de zijkant opgetild worden. Er is aan iedere lange zijde een stuk metaal bevestigd zodat de container nog steeds opgetild kan worden als de container gekanteld ligt.



Bijlage - Ontworpen container

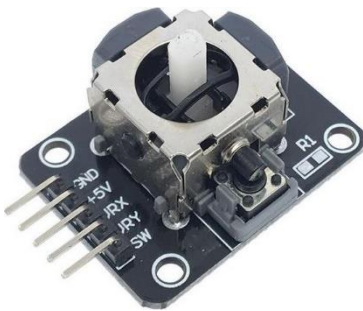
De constructie is ontworpen in Sketchup, waarbij kennis van het vooronderzoek is geïmplementeerd.



Bijlage - Gehele ontwerp havenkraan

3.2 | Controllers

Voor de interactie zijn er eigen controllers gemaakt. De basis van de controllers zijn joysticks, die kunnen samenwerken met Arduino.



Bijlage - PS2 Joystick

Rondom de controllers is het bestuursysteem van de interactie ontworpen. Voor het nieuwe bestuursysteem is er gekozen voor 2 joysticks op een plateau, op deze manier is het spel voor zowel 1 als 2 spelers speelbaar. Voorheen was de interactie alleen te spelen met 2 personen, in het vernieuwde ontwerp is er een keuze. De linker joystick is om het gehele grijpmechanisme naar links, rechts, voor en achter te bewegen. Via deze joystick wordt de elektromagneet, die gebruikt wordt om de containers op te pakken, naar de juiste plek verplaatst.

```
xValue = analogRead (VRX_PIN) ;
```

```
yValue = analogRead (VRY_PIN) ;
```

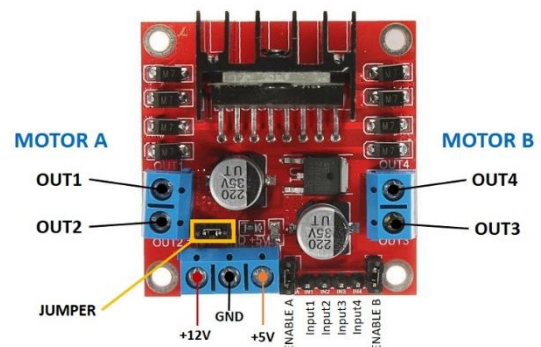
In de code wordt de x- en y-positie van de controller blijvend opgevraagd. De waarde van deze X en Y positie bepalen de richting van de stappenmotoren.

```
if (yValue <= 10) {  
    digitalWrite (dirPin2, HIGH) ;  
    digitalWrite (stepPin2, HIGH) ;  
    delayMicroseconds (150) ;  
    digitalWrite (stepPin2, LOW) ;  
    delayMicroseconds (150) ;  
} else if (yValue >= 1000) {  
    digitalWrite (dirPin2, LOW) ;  
    digitalWrite (stepPin2, HIGH) ;  
    delayMicroseconds (150) ;  
    digitalWrite (stepPin2, LOW) ;  
    delayMicroseconds (150) ;  
}
```

}

Als de Y waarde helemaal naar beneden staat, wordt de DIR pin van de stappenmotor naar 5.5V gebracht op de stappermodule. Hierdoor weet de module dat deze naar rechts moet draaien. Als de Y waarde van de joystick naar boven staat, wordt de DIR pin op 0V gezet, waardoor de module weet dat de stappenmotor de andere kant op moet draaien.

Met de rechter joystick wordt het mechanisme van de kraan aangestuurd. Deze tweede joystick zorgt ervoor dat de kraan omhoog en naar beneden gebracht kan worden, de joystick kan daarom maar 2 kanten op bewegen. Het omhoog en omlaag bewegen werkt via een motormodule. Er is gekozen voor een takelsysteem dat werkt op een motor, aangezien een compressiesysteem voor het prototype niet economisch rendabel was. In Madurodam kan er voor de snelheid van het systeem gebruik blijven worden gemaakt van het bestaande luchtcompressor systeem. De module werkt met een input en een output pin. Via de 3 pins onderin sluit je de VCC en GND aan. Met de IN1 en IN2 inputs kun je OUT1 en OUT2 hun eigenschappen aanpassen. Voor dit project is het vooral belangrijk wat de stroomrichting is. Als eerst worden in de code pin 1 en 2 gedefinieerd.



```
#define IN1_PIN 33
#define IN2_PIN 35
pinMode(IN1_PIN, OUTPUT);
pinMode(IN2_PIN, OUTPUT);
digitalWrite(IN1_PIN, LOW);
digitalWrite(IN2_PIN, LOW);
```

Hiermee worden de beide outputs op een geen voltage gebracht, waardoor er geen stroom zal lopen door de outputs.

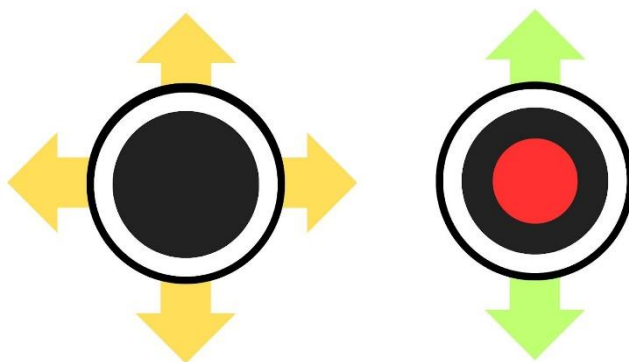
```
xValue2 = analogRead(VRX_PIN2);
yValue2 = analogRead(VRY_PIN2);
```

In de code wordt constant de waarde van de tweede controller in de gaten gehouden en bijgewerkt in de X en Y variabelen voor de input.

```
if(yValue2 <= 10) {  
    Serial.println("10");  
    digitalWrite(IN1_PIN, LOW);  
    digitalWrite(IN2_PIN, HIGH);  
}else if(yValue2 >= 1000) {  
    digitalWrite(IN1_PIN, HIGH);  
    digitalWrite(IN2_PIN, LOW);  
}else {  
    digitalWrite(IN1_PIN, LOW);  
    digitalWrite(IN2_PIN, LOW);  
}
```

Als laatste wordt er net als bij de linker controller een vergelijking gedaan met de Y-waarde van de input. De opgeslagen X waarde wordt niet gebruikt in de code, maar zou later eventueel gebruikt kunnen worden voor andere doeleinden. Door het aanpassen van een "IN[i]_PIN" kan de stroom een richting op worden gestuurd. Hierbij verandert dus de richting van het draaien van de motor in het takelsysteem.

Boven op de rechter joystick zit een rode knop, met deze knop kan de magneet geactiveerd worden om een container op te tillen. De elektromagneet zit aangesloten op een voeding en heeft verder geen code nodig via de Arduino. Eventueel zou er met de Arduino een temperatuursensor op de elektromagneet kunnen worden aangesloten, om temperatuur te monitoren, mocht de elektromagneet te lang aan staan. Dit probleem zal alleen bijna niet voorkomen, omdat er is gekozen voor een knop die je zelf ingedrukt moet houden, waardoor de elektromagneet niet te lang aan blijft staan.



Bijlage - Overzicht werking van de joysticks

3.3 | Scherm

Op het controlepaneel is een scherm te vinden. Deze geeft de status van het spel, en het aantal behaalde punten aan. Als het spel afgelopen is komt de tekst 'Time is up' op het scherm te staan, dit is een duidelijk signaal voor de speler om te stoppen. Gedurende het spel worden ook de punten op het scherm bijgehouden en die worden om de ingestelde seconden berekend en live geüpdatet. Ook het scherm wordt aangestuurd met behulp van Arduino. Daarom is er gekozen voor een I2C LCD scherm (zie onderstaande afbeelding).



Bijlage - I2C LCD scherm

3.4 | Spelelement

Een van de belangrijkste eisen van het project is dat er een spelelement toegevoegd moet worden aan de nieuwe interactie. Het spelelement kan worden onderverdeeld in de volgende deelonderwerpen:

3.4.1 | Tijdslimiet

Om doorstroming te bevorderen wordt er gebruikgemaakt van een tijdslimiet op de interactie. Door een limiet aan speeltijd te hanteren kunnen spelers niet eindeloos blijven spelen en kunnen er meer mensen per dag spelen. De tijdslimiet wordt in de code ingesteld via de variabelen

```
long playtimeInput = 180;  
long PT = playtimeInput * 100;
```

'PT' is hierin de speeltijd in milliseconden. Via 'playtimeInput' kun je de speeltijd in seconden aanpassen. In de code wordt telkens gecheckt of het aantal seconden al voorbij is.

```
void loop() {  
    myTime = millis();  
    if(myTime - lastTime >= PT) {}  
}
```

"MyTime" checkt het aantal milliseconden sinds dat de game is gestart. Daarna wordt er een vergelijking opgestart in het verschil tussen de huidige tijd en wanneer het laatste spel was afgelopen. Als dat verschil groter of gelijk is aan de opgegeven speeltijd, stopt het spel.

3.4.2 | Puntensysteem

Het spel werkt door middel van een puntensysteem. Het puntensysteem zorgt ervoor dat mensen zich kunnen vermaken tijdens het spel en zichzelf ook kunnen uitdagen om een zo hoog mogelijke score te halen.

Boven de boot hangen er sensoren die zien of er een container onder de sensor staat. De sensoren die gebruikt zijn voor het project zijn 'ultrasonic sensors'. Deze sensoren werken zo, dat deze de afstand tussen de sensor en een object kunnen opmeten. Door de sensoren bovenop te plaatsen kan de afstand tot het oppervlak van het object gemeten worden. Als er een container onder de sensor geplaatst is zal de sensor opmerken dat de afstand kleiner is. Als dit het geval is worden er in de puntentelling punten toegekend. De sensoren meten de afstand met de volgende code

```
digitalWrite(trigPin, LOW);  
delayMicroseconds(2);  
digitalWrite(trigPin, HIGH);  
delayMicroseconds(10);  
digitalWrite(trigPin, LOW);  
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
distance = duration * 0.034 / 2;  
if(distance > 22) {  
    containerPoints = ((sensorHeight - distance) / containerHeight);  
    totalPoints = totalPoints + containerPoints;  
    backPoints = containerPoints;  
}else {  
    totalPoints = totalPoints + backPoints;  
}
```

Er wordt eerst een puls gestuurd naar de sensor. Deze stuurt de sensor uit via ultrasonisch geluid. De sensoren vangen deze pulsen weer op. Met de berekening

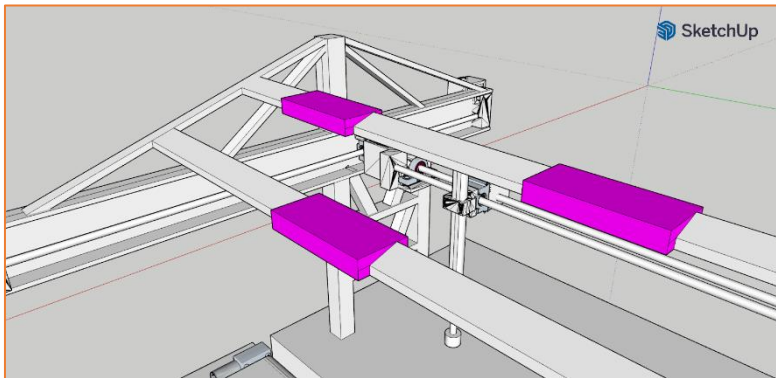
```
distance = duration * 0.034 / 2;
```

wordt daarna de afstand tussen het oppervlak en de sensoren berekend.

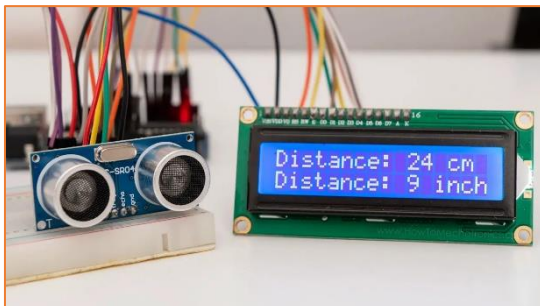
Er moet wel rekening gehouden worden met het feit dat de stang van het grijpmechanisme langs de sensoren kan bewegen, hier is rekening mee gehouden in de code van de sensoren dat ze de punten voor het moment dat de stang langs komt onthoud en daarna de punten behoudt.

```
if(distance > 22) {
```

Door deze vergelijking op te stellen in de code, worden er geen punten toegekend aan objecten die zich binnen een afstand van 22 cm van de sensoren bevinden.



Bijlage - visualisatie plaats van de kastjes met ultrasonic sensors (roze)



Bijlage - ultrasonic sensor

De kastjes zitten bovenop de nieuw aangelegde overbruggingen van de havenkraan. De positie en hoeveelheid van sensoren kan zelf worden aangebracht door Madurodam. Dit, aangezien de schaal van het prototype anders is dan de schaal van Madurodam, waardoor eventueel in het echte model meer sensoren nodig zijn.

De kabels van de sensoren lopen via gootjes terug de kast binnen. De VCC en GND pins worden via een breadboard voorzien van grond en stroom. De TRIG en ECHO pins worden in de code opgehaald

```
const int trigPin = 6;
const int echoPin = 7;
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);
```

Eerst worden de pins gedefinieerd door een variabele en een pin toegekend. Daarna worden de pins een OUTPUT of INPUT meegegeven.

3.5 | Elektromagneet

Om de containers op te pakken is gekozen voor een elektromagneet. Het verschil tussen een normale magneet en een elektromagneet is dat een elektromagneet aan en uitgezet kan worden. Doordat deze pas een magnetische lading krijgt als deze op de elektriciteit aangesloten is. Hierdoor kan de magneet niet alleen de container vasthouden, maar kan hij de container ook weer loslaten. De containers kunnen worden aangetrokken op bepaalde plekken op de container, namelijk waar een stuk metaal zit.

3.6 | Weersbestendigheid

Om de interactie buiten te laten staan moet het ook tegen een stootje kunnen. Zo moet het bestand zijn tegen vocht en rommel. Om te bepalen of een component hier tegen kan moet er gekeken worden naar de IP-rating. De hoogst haalbare IP-rating is 68. Dit betekent dat het volledig dicht is voor stof en andere kleine deeltjes, ook is hij compleet waterdicht.

In het concept is niet gebruikgemaakt van de waterdichte elektrische componenten omdat deze iets duurder zijn. Deze bestaan wel, zo bestaan er stappenmotoren en joysticks met een IP68 rating.



Bijlage - IP68 gecertificeerde stappenmotor



Bijlage - IP68 gecertificeerde joystick

De niet elektrische componenten zijn niet gemaakt van materialen die corrosief zijn of reageren op hevige weersomstandigheden. En hoeven dus niet vervangen te worden.

Daarnaast is het ontwerp degelijk, en kan niet makkelijk kapot gaan. Zo zijn er zijbalken bevestigd aan de kraan en zit er een contragewicht onder de kraan zodat deze niet voorover kan vallen bij harde windstoten.

3.7 | Realisme

Een van de aspecten om op te letten tijdens dit project was de toevoeging van realisme in het project. Dit was niet een hoofdzaak, maar wel iets om op te letten tijdens het ontwerpen van nieuwe onderdelen aan de kraan.

3.7.1 | Containers

De havenkraan is ook realistischer dan de havenkraan die nu in het park staat. De kraan zelf heeft meer de vorm van een kraan maar ook de containers, die voorheen plastic blokken waren en nu op echte containers lijken. De kraan zelf is op schaal 1:144 gebouwd. De containers hebben schaal 1:40, als deze schaal 1:144 zouden hebben gehad, waren de containers veel te klein om op te pakken. Daarom is er gekozen voor twee verschillende schalen.

3.7.2 | Merk

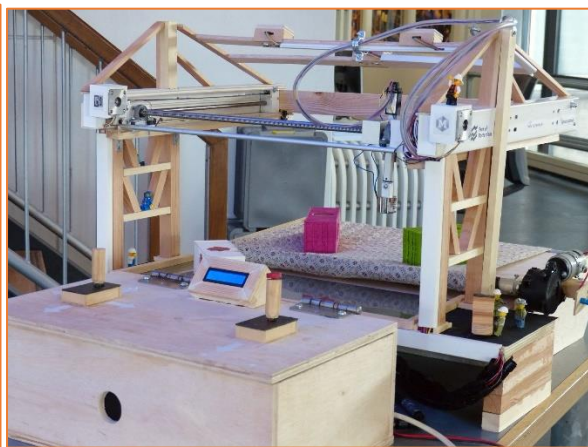
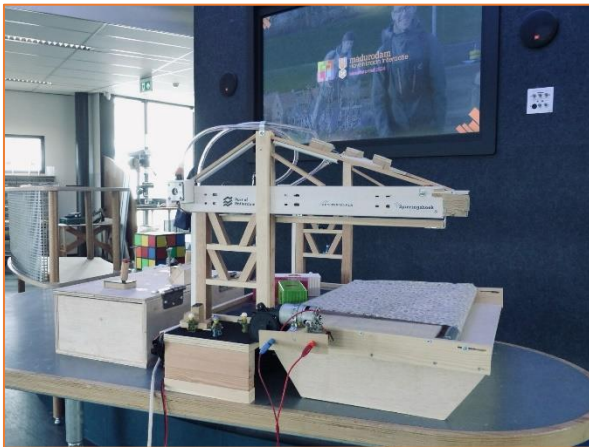
De laatste weken van het project is er veel tijd aan details van het ontwerp besteed. Een van deze details is dat er stickers op de kraan zijn aangebracht. Op de zijkant is een sticker van APM Terminals te vinden. Er is onderzoek gedaan naar havenkranen in de buurt en via dit onderzoek is er tot de conclusie gekomen dat APM Terminals de havenkranen in de regio van Rotterdam-Albrandswaard geproduceerd heeft. Daarom het detail om dit te vermelden op de zijkant van de havenkraan. Wellicht zit er in de toekomst voor Madurodam een eventuele samenwerking in met dit bedrijf.



Bijlage - Soortgelijke kraan, ontworpen door APM Terminals

3.8 | Maquette

Om de interactie volledig te kunnen realiseren is er een maquette gebouwd om de interactie (op een verkleinde schaal) echt te kunnen testen en te laten functioneren. Door het bouwen van een fysieke maquette is het fantastisch om te kunnen zien dat alles werkt en is het extreem gaaf om dit te kunnen laten zien bij de presentatie. In de maquette zijn alle eerder benoemde resultaten verwerkt. Van alle statische en dynamische componenten tot het spelelement, alles is geïmplementeerd in de maquette. De maquette heeft het project enorm geholpen aangezien vele problemen verholpen zijn door te testen met de maquette. Door deze tests uit te voeren is er achter gekomen wat wel, en wat niet kan werken voor de interactie in Madurodam. Hieronder zijn afbeeldingen te vinden van de uiteindelijke maquette;





4 | Conclusie

4.1 | Samenwerking

Het laatste project is tot een einde gekomen en er kan geconcludeerd worden dat er sprake is geweest van een goede samenwerking. Na vele projecten samengewerkt te hebben in voorgaande projecten (waaronder het Madurodam project van vorig jaar, betreft de matrix-opdracht) wist het team waar elkaars zwakte- en sterktepunten liggen. Hierdoor heeft ieder lid zijn eigen expertise in het project terug kunnen laten zien. Doordat iedereen elkaars kwaliteiten kon herkennen heeft er goed overleg plaatsgevonden over wie welke taak tot zich kreeg. Er kan geconcludeerd worden dat er sprake is geweest van een sterke communicatie tussen de teamleden. Net als voorgaande jaren zijn er vele (extra) uren geïnvesteerd in het project om tot het gewenste eindproduct te komen. Naast de lesuren zijn er ook tussenuren en zelfs uren na school besteed aan het project om het volledig af te kunnen ronden.

4.2 | Progressie

In vergelijking met het voorgaande project kan er gezien worden dat er dit jaar wel aandacht besteed is aan het op tijd bestellen van producten. Vorig jaar was er een probleem met niet op tijd geleverde producten waardoor er ontworpen aspecten niet terug konden komen in het eindproduct. Dit jaar is er op tijd besteld en is het volledige eindproduct gerealiseerd. Er is dus aandacht gegeven aan kritiekpunten van voorgaande projecten.

4.3 | Reflectie op ontwerpprobleem

Het gestelde ontwerpprobleem van het project was: "Ontwerp een havenkraan op schaal waarbij er gefocust moet worden op de realiteit van de kraan en de spelervaring van de speler." Er kan geconcludeerd worden dat het ontwerpprobleem geslaagd is, er is een ontwerp gekomen voor het gestelde probleem. Aan alle belangrijke aspecten van het ontwerpprobleem is aandacht besteed. De realiteit is terug te vinden door de details in de maquette. Dit is terug te zien in bijvoorbeeld de verbeterde speelblokken die in het eindproduct veel realistischer zijn geworden dan de huidige blokken in de interactie van Madurodam. Ook is de spelerservaring verbeterd door het invoegen van een puntensysteem en een herontworpen controllerpaneel.

5 | Aanbeveling

5.1 | Elektromagneet

Het eerste advies dat geconcludeerd kan worden uit het project is het gebruik van een elektromagneet.

Door het implementeren van een elektromagneet, worden een aantal bestaande problemen opgelost. Zo is een elektromagneet van metaal gemaakt, in plaats van het rubber wat gebruikt wordt voor de zuignap. Het rubber van de zuignap is vatbaarder voor eventuele beschadigingen, aangezien het rubber sneller scheurt. Ook verkleurd het rubber sneller, waardoor er een gele gloed over het - origineel witte - rubber ontstaat. Daarnaast is een elektromagneet weerbestendig. Dit wil zeggen dat een elektromagneet onder elke weersomstandigheid kan worden gebruikt. Bij het hedendaagse zuignapsysteem zijn er problemen door hemelwater. Een elektromagneet heeft hier geen last van. Ook andere vervuilingen zoals bladeren, stukjes plastic of ander ronddwalend afval heeft minder snel impact op de werking van de magneet, ten opzichte van het zuignapsysteem.

5.2 | Spelelement

Ook luidt het advies om een spelelement toe te voegen.

Allereerst zal een spelelement de doorstroom rondom de interactie bevorderen. Door op het spel een tijdslimiet te hanteren zullen de personen na een ingestelde tijd ook direct de interactie weer verlaten zodat de beurt aan andere spelers gegeven kan worden. Een probleem dat hiermee verholpen wordt is dat mensen niet eindeloos door kunnen spelen, dit omdat hun progressie na een bepaalde tijd toch verdwijnt. Het implementeren van een spelelement zal ook werken als een reden voor meer mensen om het spel te spelen. Vooral kinderen (maar ook vele volwassenen) worden gemotiveerd door het feit dat ze punten kunnen behalen en hebben een enorme drive om zoveel mogelijk punten te verzamelen. Momenteel bevat de interactie in Madurodam nog helemaal geen interactie waardoor mensen minder motivatie hebben de interactie te spelen.

5.3 | Terugkeer van containers

Tot slot wordt er ook geadviseerd om een lopende band (of iets dergelijks) te implementeren in de interactie.

Op deze manier zullen de speelblokken terugkeren naar de haven en kan de volgende speler deze weer op zijn eigen manier op het schip plaatsen. Dit heeft het effect dat iedereen gelijke kansen heeft en dat niet een speler kan profiteren (of in het nadeel kan zijn) van de plaatsingen van zijn voorganger. Verder zorgt een lopende band ervoor dat blokken niet meer buiten het speelveld kunnen belanden. In de huidige interactie is er tijdens een bezoek een speelblok geconstateerd dat buiten het speelbereik was beland. Om dit te voorkomen kan de lopende band over de hele boot geplaatst worden waardoor de blokken altijd terug zullen keren naar de kade.



5.4 | Toevoegingen

Er zijn een aantal ideeën die in ons prototype niet terug zijn gekomen, maar wel zouden kunnen worden toegepast in Madurodam, om de spelerservaring nog meer te verbeteren.

5.4.1 | Start knop

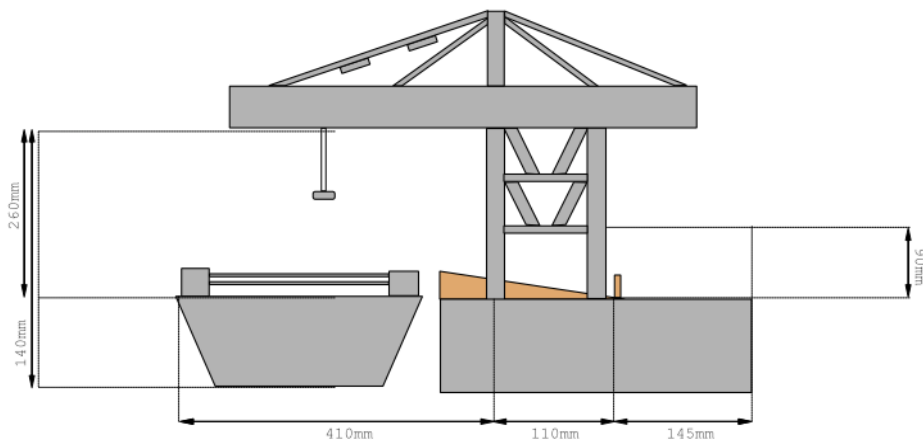
Door het toevoegen van een startknop kan het spel opnieuw worden gestart. Als een bezoeker dus midden in een automatisch gestart spel komt, zal het spel opnieuw worden gestart, wat de doorstroom zal bevorderen.

```
if (digitalRead(button) == HIGH) { crane(); }
```

Door een simpele regel code toe te voegen als deze kan dit idee al worden toegevoegd. Deze startknop was een later idee van ons, het bestellen van een goede knop voor dit idee op het laatste moment, was op deze termijn helaas niet meer mogelijk om correct te implementeren. Dit is een toevoeging voor Madurodam die eventueel kan worden toegepast.

5.4.2 | Rollenbank

Door het toevoegen van een rollenbank op de kade zelf, kunnen de containers automatisch naar achter rollen, hierdoor liggen de containers niet standaard aan de rand van de boot waar de lopende band eindigt.



Bijlage - Rollenbank toevoegingen (oranje driehoek)

De rollenbank rolt tot het begin van de havenkraan tot waar de kraan kan komen. Vanaf daar zou de container kunnen worden opgepakt. Dit geeft echter wel een nieuw probleem.



5.4.3 | Centreren van magneet

In dit ontwerp wordt uitgegaan van een (bijna) waterpas oppervlak waarbij er geen schuine hellingen zijn. Zoals in vorig deelonderwerp staat beschreven, zal er een schuine helling ontstaan bij het begin van de kade. Om dit op te lossen zal de magneet altijd waterpas richting het oppervlak moeten worden gericht. Dit kan bereikt worden door de magneet met 2 kettingen vast te maken aan de zijkanten van het takelsysteem. Door het gewicht van de magneet en de zwaartekracht (F_z) zal de magneet dan altijd recht boven het oppervlak hangen.

6 | Literatuur

6.1 | Informatie

Informatie havenkraan

Bartošek, A., & Marek, O. (2013). Quay cranes in container terminals. *Transactions On Transport Sciences*, 6(1), 9–18. Verkregen op (16-11-2023) <https://doi.org/10.2478/v10158-012-0027-y>

IP-rating

DSM&T. (z.d.). verkregen op (21-3-2024) <https://www.dsmt.com/resources/ip-rating-chart/>

6.2 | Afbeeldingen

IP68 stappenmotor

0.8NM IP68 stepper motor. (z.d.). verkregen op (21-3-2024) <https://www.sys-motor.com/show.aspx?id=29>

IP68 joystick

APEM HF45S10 Joystick 4.5 V Tuimel Steekaansluiting IP68 1 stuk(s) kopen ? Conrad Electronic. (z.d.). verkregen op (21-3-2024) https://www.conrad.nl/nl/p/apem-hf45s10-joystick-4-5-v-tuimel-steekaansluiting-ip68-1-stuk-s-1197321.html?utm_source=google&utm_medium=surfaces&utm_campaign=shopping-feed&utm_content=free-google-shopping-clicks&utm_term=1197321&adcampaign=google&tid=17213980048_pla-1197321&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwte-vBhBFEiwAQsv_xa7zZ4YpCxQyPJwKCclLzyUXQr0iTi4aQP23Kf7b2F8QRrVzBsHwURoCM8gQAvD_BwE&efresh=true

Eindstop

Endstop Microswitches - Set of 3. (z.d.). Aus3D. verkregen op (21-3-2024) <https://aus3d.com.au/products/endstop-microswitches-set-of-3>

Madurodam

Beleef de helden en hoogtepunten van Nederland | Madurodam. (z.d.). Madurodam. https://www.madurodam.nl/nl?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwnv-vBhBdEiwABCYQA-tPuI2PuFMc2rHqOVsSyTeEjKh4yfy75zuZCiDyA7Q20zHa58rucRoCrdIQAvD_BwE

Portaalkraan

Portaalkranen voor de haven | BKRS Crane Systems. (z.d.). <https://bkrs.nl/nl/toepassingen/kraansystemen-voor-de-haven/portaalkranen-voor-de-haven/>

Bovenloopkraan

APM terminals. (z.d.). Geraadpleegd op 24 maart 2024, van <https://www.apmterminals.com/nl/maasvlakte>

Soorten containers

Save on Transport. (2024, 7 maart). Containers Moving and Shipping Experts | Save on Transport. Save On Transport. <https://www.saveontransport.com/shipping-container-movers/>

Afmetingen containers

Afmetingen Zeecontainer | Alle binnen- & buitenmaten - BD CONTAINERS. (2021, 7 oktober). BD Containers. <https://bdcontainers.com/afmetingen-zeecontainer/>

Actuator doorsnede

Dickson, R. (2018, 16 november). Linear actuators 101 - How does an actuator work | FIRGELLI. Firgelli Automations. <https://www.firgelliauto.com/en-nl/blogs/actuators/linear-actuators-101>



PS2 joystick

PS2 Joystick Breakout Module Game Controller - voor Arduino en Raspberry Pi | bol. (z.d.). Bol.com.

<https://www.bol.com/nl/nl/p/ps2-joystick-breakout-module-game-controller-voor-arduino-en-raspberry-pi/9300000008325595/>

L298 motor driver

Xukyo. (2022, 11 april). Using an L298N module with Arduino. AranaCorp.

<https://www.aranacorp.com/en/using-an-l298n-module-with-arduino/>

LCD scherm

Amazon.nl. (z.d.). <https://www.amazon.nl/Joy-SBC-LCD16x2-display-module-Geschied-ontwikkelingskets/dp/B01M3S57WS>

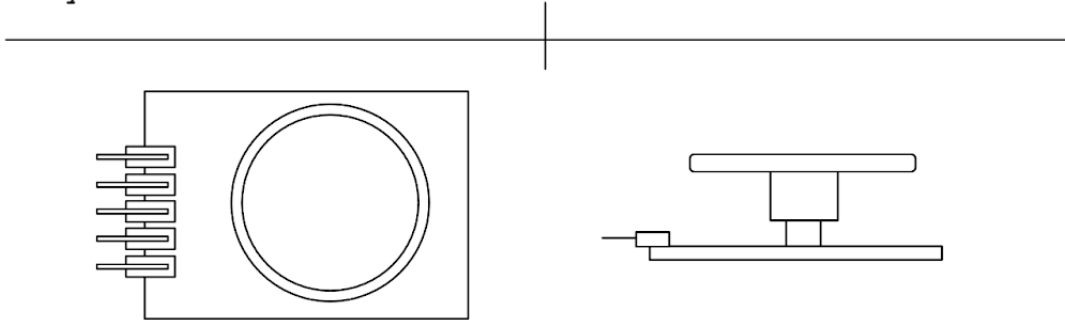
Afstandssensor

Stichting Circuits Online. (z.d.). Soort van lichtsluis bij waterontharder - Forum - Circuits Online.

<https://www.circuitsonline.net/forum/view/157604?query=dan&mode=or>

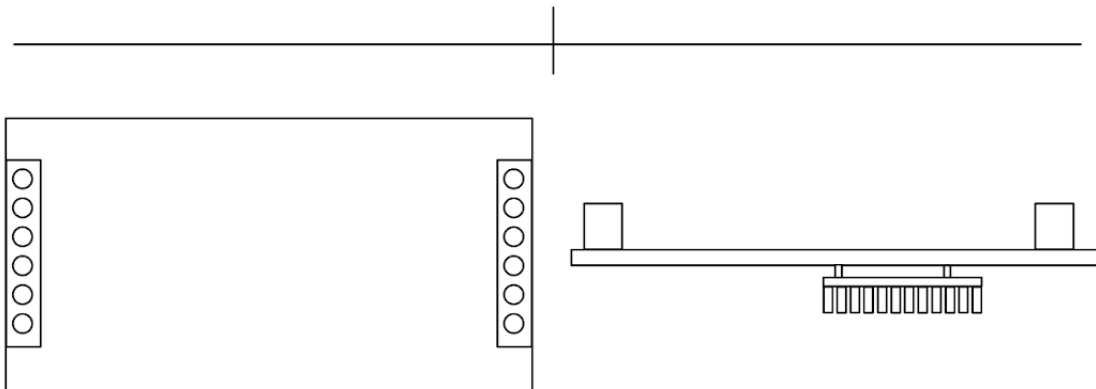
7 | Bijlagen

Joystick Module
Pin layout



Pin	Description
GND	Groud pin
VCC	5V Input
VrX	Output X axis
vrY	Output y axis
SW	Output Button

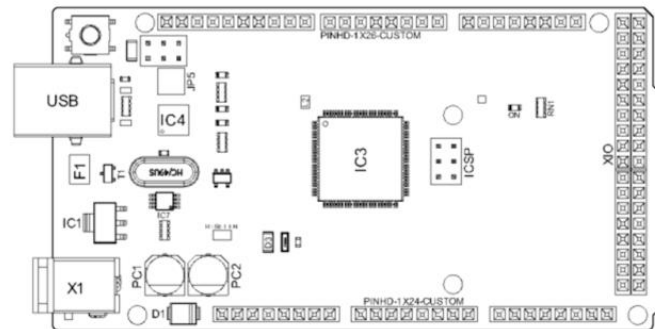
BL TB6560 V2.0 Steppermodule
Pin layout



Pin	Description
CW-	Coil 1 (-) Input
CW+	Coil 1 (+) Input
CLK-	Coil 2 (-) Input
CLK+	Coil 2 (+) Input
EN-	Not used
EN+	Not used

Pin	Description
B-	Coil 1 (-) Output
B+	Coil 1 (+) Output
A-	Coil 2 (-) Output
A+	Coil 2 (+) Output
GND	Ground Pin
+24V	VCC Input (limited at 24V)

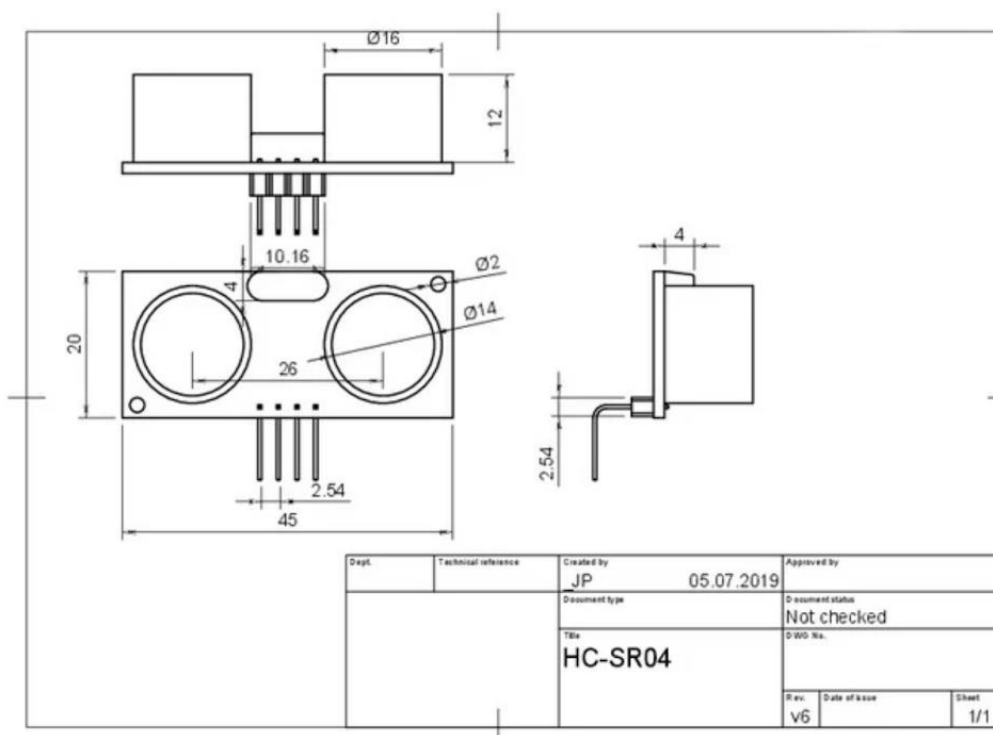
Arduino Mega Pin layout

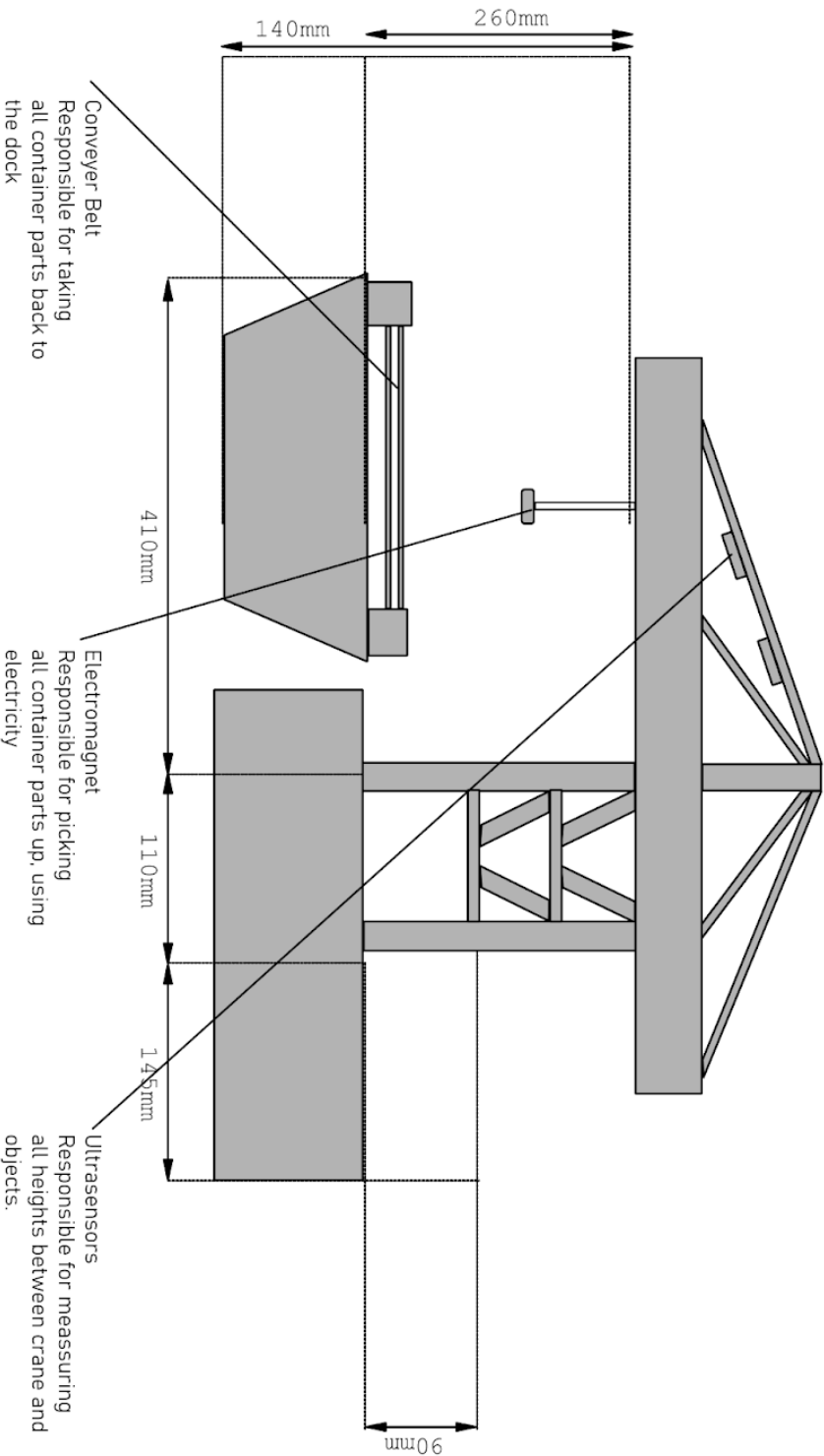


Arduino MEGA Top View

Ref.	Description	Ref.	Description
USB	USB B Connector	F1	Chip Capacitor
IC1	5V Linear Regulator	X1	Power Jack Connector
JP5	Plated Holes	IC4	ATmega16U2 chip
PC1	Electrolytic Aluminum Capacitor	PC2	Electrolytic Aluminum Capacitor
D1	General Purpose Rectifier	D3	General Purpose Diode
L2	Fixed Inductor	IC3	ATmega2560 chip
ICSP	Connector Header	ON	Green LED
RN1	Resistor Array	XIO	Connector

Ultrasonic Sensor Pin layout





Project name		Technasium	
Port Interaction			
Scale		Component 1	Component 2
1:144		Crane, control station (affixed to the ground)	Boat (Detachable via 2 power leads)
Engineers			
Martijn Klok, Jasper Prehn, Luca Erkens			