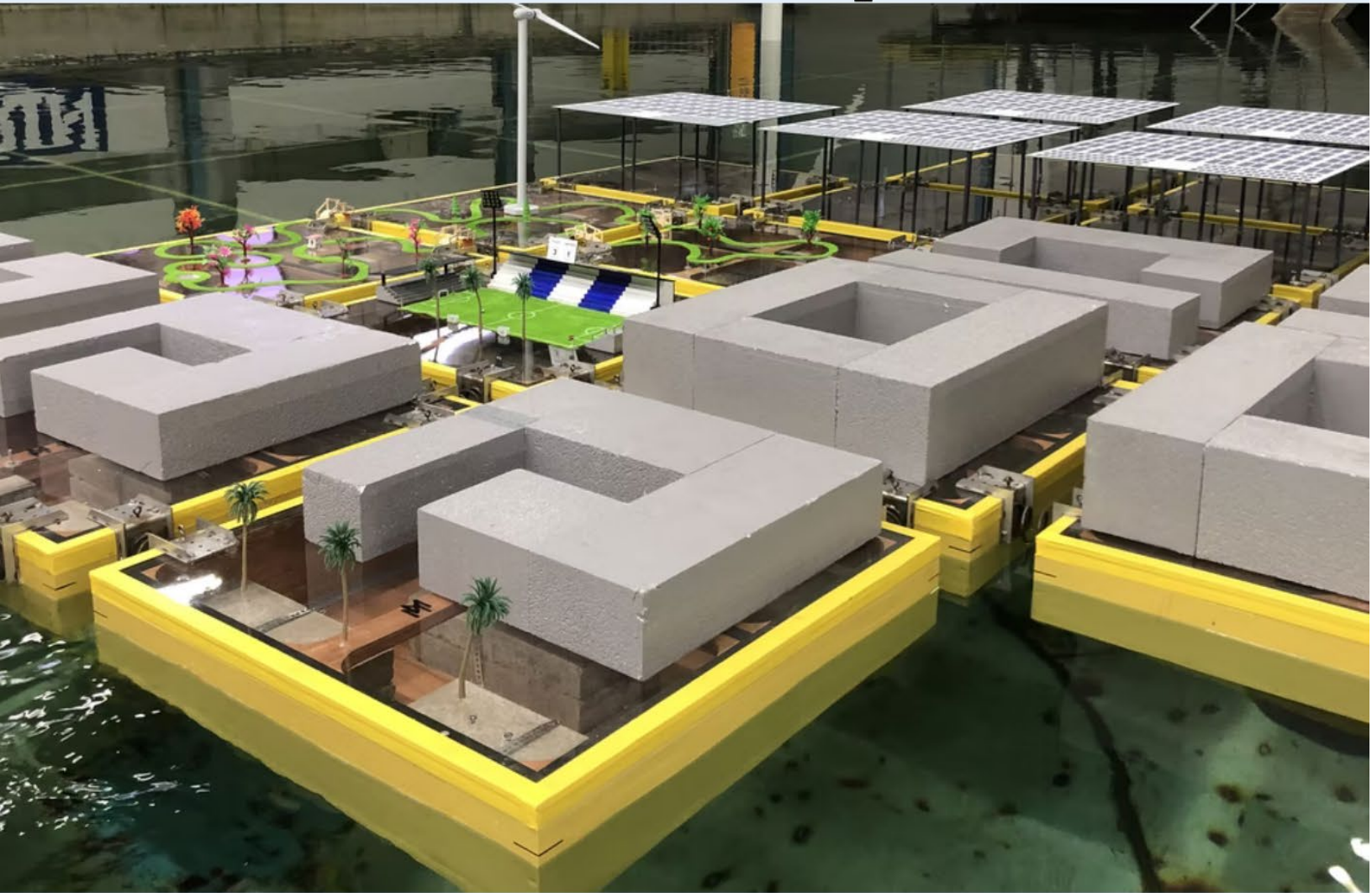


DRIJVENDE STEDEN:

Onze Toekomst is op het water



Lucas Mol
Douwe Oosterhuis
V6B

J.J. van Nieuwaal
8 Maart 2022

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Inleiding.....	5
De hoofdvraag.....	5
Definities	5
Deelvragen	6
Hoofdstuk 1: Vooronderzoek.....	8
Hoofdstuk 2: Simulatie	10
2.1 Inleiding.....	10
2.2 Virtualbox	11
2.3 Ubuntu	12
2.4 OpenFoam.....	13
2.5 Model 'Floating Object Stability'	15
2.6 Paraview	16
2.7 Sub-bronnen.....	17
Hoofdstuk 3: Welke constructie drijvende platformen, zorgt voor de meest stabiele ondergrond, voor de toekomstige samenlevingen en industrie op het water?	18
3.1 Hoe heeft de vorm en grootte van het platform invloed op de stabiliteit van het platform?	18
3.1.1 Inleiding.....	18
3.1.2 Experiment	18
3.2 Hoe hebben de golflengte en golfhoogte invloed op de stabiliteit van het platform?	22
3.2.1 Inleiding.....	22
3.3 Zorgen meerdere platformen voor een dempende werking van de golven?	23
Conclusie Hoofdstuk 3	26
Hoofdstuk 4: Wat is de beste methode om deze platformen, aan land en aan elkaar, te koppelen zodat de scharnieren zorgen dat het drijvend complex zo stabiel mogelijk blijft?	27
4.1 Welk model scharnier vangt het beste de bewegingen van de platformen en hun omgeving op? ..	27
4.2 Zorgt een gedempt scharnier voor een beter stabiliteit van de platform(en)?	28
4.2.1 Inleiding.....	28
4.2.2 Veerdemper	28
4.2.3 Rubberen demper	29
4.2.4 Gasveer	29
4.2.5 Hydraulische demper	29

4.3 Wat is de invloed van de golfrichting en de scharnier richting?	30
Conclusie Hoofdstuk 4	30
Hoofdstuk 5: Op welke manier zullen de civiele structuren aangepast moeten worden om de trillingen en bewegingen van de golven te weerstaan?	31
5.1 Wat voor invloed hebben golfbewegingen op de verticale infrastructuren?	31
5.2 Wat is de beste methode om de civiele structuren zo stabiel mogelijk te houden op de drijvende complexen?	32
5.3 Hoe kunnen de trillingen op het drijvende complex het best opgevangen worden zodat de infrastructuren hier geen schade aan ondervinden?	32
5.3.1 Schade voorkomen door aardbeving bestendig bouwen	33
5.3.2 Platform stabiel houden	34
Conclusie hoofdstuk 5	35
Hoofdstuk 6: Conclusie	36
Conclusie hoofdvraag	37
Reflectie	37
Bijlagen	38
Bronnen	38
Visuele hulpmiddelen	38
Logboeken	40
Douwe Oosterhuis	40
Lucas Mol	42

Voorwoord

Het voorwoord van het Profielwerkstuk. Het einde van je middelbareschooltijd. Het einde van het voorgezet onderwijs. Voor ons, Lucas Mol en Douwe Oosterhuis, geeft dit een uitstekend gevoel. Na zes of zeven jaar ben je er hopelijk mee klaar. In ons laatste jaar op de CSG Prins Maurits hebben wij veel tijd gestoken in een onderzoek naar keuze die ons zou voorbereiden op onze toekomstige studies. Beide willen waarschijnlijk in Delft op de TU Delft gaan studeren. Douwe Oosterhuis wil graag Maritieme Techniek gaan studeren en Lucas Mol Mechatronica. Het vinden van een midden weg tussen onze interesses in was een uitdaging waardoor wij veel moeite hadden met een onderwerp bedenken. Uiteindelijk zijn we op het onderwerp drijvend steden gekomen omdat beide van onze interesses zich hierin konden bevinden. Het probleem was toen dat het onderwerp ontzettend breed bleek te zijn. Daarom hebben we ervoor gekozen om te kijken naar de beweging van een platform op zee omdat hier mechanische bewegingen belangrijk zijn en het vindt zich plaats op water.

Dit onderzoek had zijn mooie kanten en zijn wat mindere kanten. Helaas liep dit onderzoek erg lang stroef vanwege slechte communicatie met elkaar en met onze begeleider. Het mooie was wat we ervan geleerd hebben in het onderzoek doen en programmeren. Hierbij kwamen natuurlijk de moeilijkheden van de techniek. Een simulatie maken koste natuurlijk heel veel tijd. Toch zijn we met de moeilijkheden van het onderzoek trots op het resultaat.

Alle gegevens die wij verzameld hebben voor dit onderzoek zijn voornamelijk uit verschillende wetenschappelijke artikelen gekomen en een aantal gespreken met bekende. De mensen waarmee gesproken is, bedankt voor uw hulp.

Wij doen voor dit PWS ook mee met het Maritime & Mainport Profielwerkstukwedstrijd 2021-2022. Dit is een PWS-wedstijd rondom de twee thema's Maritime & Mainport met de sub thema's Winnen op zee, Slim en veilig varen, Schone schepen, Innovaties in de logistiek, Energietransitie in de haven en Haven economie nieuwe stijl. Onze thema van drijvende platformen valt binnen de categorie winnen op zee omdat wij kijken naar de toekomst van leven op zee. Voor deze wedstrijd is de mogelijkheid om tweeduizend euro te winnen. Ook zijn we voor deze wedstrijd bij het Meet Your Peers event geweest. Dit event nam plaats tijdens de laatste dag van de Europort vakbeurs op 5 November 2021. Hier konden we rondlopen om kennis te maken met bedrijven die ons zouden kunnen helpen bij ons onderzoek. Helaas is ons dit niet gelukt omdat de beurs er havenindustrie gericht was en niet zoveel de drijvend platformen van de toekomst. Het eindverslag zal voor 10 April 2022 moeten worden ingeleverd door het te mailen naar pws@watertalent.nl.



Figuur 1: Logo Water Talent

Met het einde van dit voorwoord wensen we u veel leesplezier en we hopen dat u er wat van leert.

Lucas Mol & Douwe Oosterhuis

Middelharnis, Februari 2022

Inleiding

Het klimaat is erg snel aan het opwarmen met het gevolg dat de ijskapen smelten wat weer het gevolg heeft dat de zeespiegel stijgt waardoor het oppervlak van het land minder wordt. Land dicht bij de zee is over het algemeen een stuk meer bewoonbaar. Dit bewoonbaar leefgebied zal eerder overlopen dan andere delen van de aarde. De dichtbevolkte kustgebieden zullen als eerste overlopen. Dit probleem in combinatie met de snelgroeiende wereldbevolking betekent dat we moeten zoeken naar andere ruimtes om te gaan wonen. Het meest voorkomende idee is dat we de ruimte in moeten gaan maar we kunnen zeker ook op aarde blijven. Als de zeespiegel stijgt betekent dat we erg veel ruimte hebben op het water. Daarom wordt er erg veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor drijvende steden. Bij het MARITIME RESEARCH INSTITUTE NETHERLANDS, MARIN, wordt erg veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor zo een stad. Voor het onderzoek kon een gesprek gehouden worden met Olaf Waals van het MARIN. Hij is daar manager/projectleider voor een groep die onderzoek doet naar de mogelijkheden voor deze steden. In dit gesprek zijn we erachter gekomen dat drijvende steden op bijvoorbeeld op de Noordzee nog erg ver weg is eigenlijk. Daarom is ervoor gekozen om niet een drijvende stad te ontwerpen. Het is namelijk een erg breed onderzoek dat niet makkelijk in een paar maanden door twee leerlingen kan worden gedaan. Daarom zal er meer worden ingezoomd op één bepaald aspect van zo een drijvende stad. Eén belangrijk onderdeel van een stad op zee is dat de stad stabiel blijft liggen. Hier zal voor dit profielwerkstuk voor worden gekeken met de volgende hoofdvraag en deelvragen.

De hoofdvraag

Met welke factoren moet rekening gehouden worden om een drijvend complex zo stabiel mogelijk te maken?

Definities

Stabiliteit

De website Ensie.nl als online encyclopedie zegt het volgende over stabiliteit:

Stabiliteit

1. Een situatie waarin zonder verstoring geen verandering zal plaatsvinden. Dit kan zowel een maatschappelijke, psychologische alsook een natuur- of scheikundige betekenis hebben (dit is de definitie van statisch).

2. Het vermogen van een dynamisch systeem om in de gewenste evenwichtsstand terug te komen na een verstoring.

◊ In een stabiel systeem kunnen grote veranderingen plaats vinden(!), de stabiliteit zegt alleen iets over de resistentie tegen ongewenste verstoringen.

Als wij het in ons verslag over stabiliteit hebben, nemen wij het volgende aan. "Het vermogen van een dynamisch systeem om in de gewenste evenwichtsstand terug te komen na een verstoring." Hierbij gaat het zowel over de uitwijkingen horizontaal als verticaal in een object. Wanneer er gesproken wordt over 'de meest stabiele ondergrond', wordt hiermee bedoeld dat de uitwijking ten opzichte van de evenwichtsstand zo klein mogelijk is.

Deelvragen

Er zijn drie verschillende deelvragen bedacht om de hoofdvraag te beantwoorden. Ieder deelvraag kijkt weer naar een specifiek onderdeel van het drijvend complex. Deze drie onderdelen worden het platform zelf, de scharnieren of koppelingen en de gebouwen op het platform. De deelvragen staan op bijhorende volgorde hieronder.

Welke constructie drijvende platformen, zorgt voor de meest stabiele ondergrond, voor de toekomstige samenlevingen en industrie op het water?

Bij de eerste deelvraag zal gekeken worden naar het platform zelf. Voor het onderzoek was er erg veel nieuwsgierigheid naar hoe een groot drijvend platform zich gedraagt in verschillende soorten golven. Dan kijk je naar de golflengte en de hoogte van de golven oftewel de amplitude. Ook zal er onderzoek worden gedaan naar de factoren van grootte en vorm maar ook de hoeveelheid platformen die aan elkaar gekoppeld zijn. Hierbij zal worden gekeken hoe de platformen zich gedragen maar dan met andere variabelen. Om te helpen bij het beantwoorden van deze deelvraag zijn een drietal sub-vragen bedacht.

- In hoeverre hebben de golflengte en golfhoogte invloed op de stabiliteit van het platform?
 - o Bij deze sub-vraag zal worden gekeken naar de verticale uitwijking van het platform. De vraag hoe hebben de golflengte en golfhoogte invloed op de beweging in de y richting zal worden geprobeerd te worden beantwoord.
- Hoe heeft de vorm en grootte van het platform invloed op de stabiliteit van het platform?
 - o Hierbij wordt gekeken naar de uitwijking van het platform in de y richting
- Zorgen meerdere platformen voor een dempende werking van de golven?
 - o Hier zal worden gekeken of meerdere platformen antereelkaar een dempende werking kan hebben op de verticale verschuiving.

Wat is de beste methode om deze platformen, aan land en aan elkaar, te koppelen zodat de scharnieren zorgen dat het drijvend complex zo stabiel mogelijk blijft?

In de modellen die grootte bedrijven hebben gemaakt zijn veel verschillende platformen te zien. Deze moeten aan elkaar gekoppeld worden. Het doel is om te kijken of deze koppelingen een positief invloed kunnen hebben op de stabiliteit van de platformen. Ook nu zal worden onderzocht welke factoren invloed kunnen hebben op de stabiliteit van de drijvende samenlevingen en infrastructuur. Er zal worden gekeken naar de verschillende scharnieren en hoe deze invloed hebben op de stabiliteit, ook zal er worden gekeken of een gedempt scharnier kan helpen met de stabiliteit. Als laatste zal er worden onderzocht of er tussen de scharnier richting en de golfrichting een verband is. Ook nu zijn er weer sub-vragen bedacht om te helpen bij deze deelvraag.

- Welk model scharnier vangt het beste de bewegingen van de platformen en hun omgeving op?
- Zorgt een gedempt scharnier voor een beter stabiliteit van de platform(en)?
- Wat is de invloed van de golfrichting en de scharnier richting?

Op welke manier zullen de civiele structuren aangepast moeten worden om de trillingen en bewegingen van de golven te weerstaan?

Door de weersomstandigheden en de golven die daarbij komen kijken op het wateroppervlak, zullen er vele bewegingen merkbaar zijn op de drijvende complexen. Dit is natuurlijk niet fijn voor mens, dier en machine. Maar ook zeker niet praktisch voor de gebouwen, wegen en andere infrastructuur op de

platformen. Bij deze deelvraag gaan zal worden gekeken naar wat de invloed is van deze golfbewegingen op de civiele structuren. Aan de hand van deze resultaten zal worden onderzocht hoe het beste deze bewegingen en trillingen kunnen worden opvangen. Hierbij is het doel de structuren zo stabiel mogelijk te houden. Een ander punt van aandacht is de schade die eventueel kan worden veroorzaakt door trillingen. Deze punten zijn weer verwerkt in sub-vragen.

- Wat voor invloed hebben golfbewegingen op de verticale infrastructuur?
 - o Hierbij zal worden gekeken naar wat op het platform staat en hoe deze structuren bewegen ten opzichte van het drijvende platform.
- Wat is de beste methode om de civiele structuren zo stabiel mogelijk te houden op de drijvende complexen?
 - o Dit wordt een deelvraag waarbij wordt gekeken naar verschillende mogelijkheden om een gebouw op een drijvend platform stil te houden.
- Hoe kunnen de trillingen op het drijvende complex het best opgevangen worden zodat de infrastructuur hier geen schade aan ondervindt?
 - o Dit wordt een literaire sub vraag. Er wordt dan uitgezocht hoe anderen omgaan met aardbevingen omdat golfbeweging waarschijnlijk een vergelijkbaar effect heeft op de gebouwen.

Hoofdstuk 1: Vooronderzoek

Het onderzoek begon allemaal bij het bedrijf MARIN zoals in de inleiding vermeldt staat. Het 'MARITIME RESEARCH INSTITUTE NETHERLANDS' heeft vele lopende onderzoeken betreft allerlei zaken die te maken hebben met maritieme techniek. MARIN werkt in een van hun projecten samen met Blue21 om drijvende steden (verder) te ontwikkelen. Ze willen beide nieuwe ontwikkelingen op zee supporten dus daarom hebben ze het 'floating city' concept bedacht. Drijvende steden bestaan al in plaatsen met een te weinig ruimte op het land of waar het overstromingsgevaar is. Maar deze bevinden zich altijd in rustige wateren aan de kust. Daarom is MARIN begonnen met het ontwikkelen van flexibele drijvende eilanden die in de golven kunnen liggen. Het basisidee waar ze nu mee bezig zijn is om driehoekige platformen te gebruiken die ze in het midden van elke zijde met elkaar verbinden. Dit zorgt ervoor dat ze veel verschillende semi-flexibele constructies kunnen bouwen. De moeilijkheidsgraad in dit project is erachter komen hoe deze platformen zich in de golven gaan gedragen. Hiervoor ontwikkelen ze modellen die dit voor hen kunnen gaan berekenen. De focus van de testen zullen liggen bij de verbindingen van de platformen. Wanneer MARIN genoeg informatie heeft verzameld, zal het bedrijf samen met Blue21 daadwerkelijke testen op schaal gaan doen in golfbaden, en hiermee zullen de eerste echt eilanden gebouwd worden.

Daarbij zijn MARIN en Blue21 samen betrokken in onderzoeken naar multifunctionele duurzame eilanden. In dit project wordt onderzocht of er duurzame ontwikkelingen op zee mogelijk zijn zoals landbouw en schone energie. De wereldpopulatie groeit en dus is er ook veel meer ruimte, voedsel en energie nodig. Daarom is het belangrijk om uit te bereiden op zee. Door dit idee uit te voeren in de delta's van grote steden, kan Blue21 gebruik maken van de nutriënten en CO₂ die daar in het water zitten. Deze kunnen dan gebruikt worden om algen of voedsel te kweken of om biobrandstof te creëren. Hiermee worden twee problemen tegelijkertijd opgelost. Hierdoor hergebruiken de deltasteden hun voedingsstoffen en behouden ze hun waterkwaliteit. Deze ontwikkeling kan samengaan met nederzettingen en industrie op het water, waardoor er drijvende steden ontstaan.

Een positief punt van drijvende steden is het feit dat ze veel minder kwetsbaar zijn voor overstromingen en andere extreme weersomstandigheden. Maar daarentegen zijn er door de golven wel bewegingen voelbaar op de eilanden. Daarom wordt er door MARIN gekeken hoe mensen het ervaren om te verblijven op drijvende platforms. Tot nu toe is een kleine schommeling niet erg, maar je moet niet het gevoel hebben of je constant op een wilde zee zit. Daarom testen ze met hun schaalmodellen wat de maximale



Figuur 2: Logo Marin



Figuur 3: Blue 21 x Marin concept



Figuur 4: Logo Blue21

golfbeweging mag zijn. Dit wordt gedaan in een van de grootste watertestcentra van de wereld met gigantische bassins. Hiermee worden bepaald welke locaties wel of niet geschikt zullen zijn.



Figuur 5: Water basin Marin

Hoofdstuk 2: Simulatie

2.1 Inleiding

De simulatie die hier beschreven wordt, is gebruikt om enige resultaten in dit onderzoek te behalen. Voordat de simulatie in gebruik kon worden genomen moesten er vele stappen genomen worden. Dit lange proces van onderzoek wordt niet volledig beschreven, maar daarentegen alleen het uiteindelijke resultaat en hoe dit uitgevoerd is. Dit deel van het onderzoek en verslag bestond grotendeels uit 'Troubleshooting' van het proces, en word dus weggelaten. In deze handleiding wordt er veel gebruikt gemaakt van engelse termen, en de standaardtaal is ingesteld op het Engels.

De volgende programma's moeten worden gedownload en geïnstalleerd om resultaten uit de simulatie te krijgen:

- Virtualbox
- Ubuntu
- OpenFoam
- Model 'Floating Object Stability'
- Paraview

Samengevat doen de programma's het volgende. Virtualbox is de virtuele machine die ervoor zorgt dat het operating system Ubuntu, in Windows, Mac, Linux of een andere standaard operation system tegelijkertijd gebruikt van worden. In Ubuntu kan het programma OpenFoam daarna gedownload en geprogrammeerd worden. Dit is een machine die een berekening, met behulp van de natuurwetten, over natuurkundige verschijnselen kan geven. Hierbij kan Paraview, of ook wel ParaFoam genoemd, een visueel beeld bij geven. Tenslotte wordt de simulatie die we in dit onderzoek hebben gebruikt in de programma's gezet. In deze simulatie wordt een drijvend object in de golven weergegeven en hoe het zich gedraagt.

Hieronder wordt stap voor stap uitgelegd hoe dit gemakkelijk en snel moet. Over verloop van tijd kunnen de programma's veranderen en zullen er aanpassingen gedaan worden. Daardoor is het zeer zeker mogelijk dat deze handleiding niet meer 'up to date' is na enige verstreken tijd.

2.2 Virtualbox

De eerste stap die ondernomen moet worden, om de simulatie werkende te krijgen, is door 'Virtualbox' op een computer, die in dit voorbeeld bestuurd wordt door Windows, te installeren. Oracle VM VirtualBox is een platformonafhankelijke virtualisatietoepassing. Wat houdt dat in? Virtualbox is een virtuele machine die geïnstalleerd wordt op een bestaande Intel of AMD-computer. Door dit programma is het mogelijk om meerder OSES (Operation System's) op één computer te gebruiken.

In dit onderzoek wordt er dus het systeem 'Ubuntu' doormiddel van de virtuele machine in de standaard Windows OS geïnstalleerd. Dit is nodig vanwege het feit dat het programma, die later in dit verslag alles voor de simulatie gaat berekenen, niet in het Windows OS gebruikt kan worden.

Om Virtualbox te downloaden moeten de volgende stappen gevolgd worden:

1. Ga via een browser naar de website van Virtualbox. Of volg de link die bij de bronnen verkregen kan worden. Bij de bronnen kan ook een gebruiksaanwijzing van de makers het programma gevonden worden.
2. Klik op "Download VirtualBox 6.1". De versie van het programma kan natuurlijk na verloop van tijd veranderen. In het geval van een geupdate versie, kies altijd voor de nieuwste variant.
3. Kies de juiste 'platform package'. In dit voorbeeld de 'Windows hosts' en download deze.
4. Wanneer het bestand gedownload is, klik met rechtermuisknop op het bestand en 'Run as Administration'.
5. Hierna opent zich het programma. Verander niks aan de instellingen en volg de stappen. Klik daarna op 'Install'.
6. Na installatie, klik op 'Finish'.

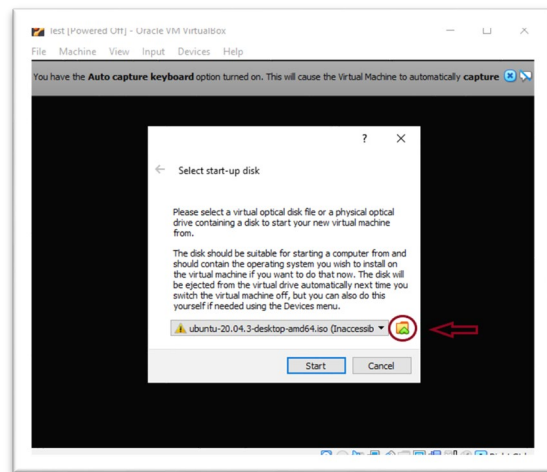
Virtualbox is geïnstalleerd. Vervolgens wordt Ubuntu in de volgende stappen in de virtuele machine geïnstalleerd.

2.3 Ubuntu

Ubuntu is een compleet gratis Linux besturingssysteem. Het is bedacht en ontworpen met het idee dat het volledig gratis moet zijn en dat de mensen de vrijheid moeten hebben om de software aan te passen en te wijzigen op de manier die zij zelf geschikt vinden. Hierdoor is het een populair OS voor programmeurs of hackers. In dit onderzoek is het systeem nodig omdat het Windows OS het programma OpenFoam niet ondersteunt. Daarom wordt dit omzeild door de virtuele machine daarop geïnstalleerd het OS Linux Ubuntu.

Om Ubuntu te downloaden moeten de volgende stappen gevolgd worden:

1. Ga via een browser naar de website van Ubuntu. Of volg de link die bij de bronnen verkregen kan worden.
 2. Klik vervolgens bovenaan de website op de 'Download' knop, en kies voor 'Ubuntu Desktop' en download deze. De versie van het programma kan natuurlijk na verloop van tijd veranderen. In het geval van een geüpdatete versie, kies altijd voor de nieuwste variant.
 3. Open Virtualbox. En klik op 'New'.
 4. Vul een naam van de nieuw desktop in, bijvoorbeeld 'PWS2022'. Kies bij 'Type: Linux' en bij 'Version: Ubuntu (64-bit)'.
 5. Verhoog de RAM-geheugen in de volgende stap naar 8192MB, maar alleen zolang het minder is dan het geheugen van de computer waar het programma op staat.
 6. Klik door de volgende stappen heen zonder iets aan de instelling aan te passen, tot er aangekomen is bij de virtuele schijf grootte. Verhoog deze naar 20.00GB. Vervolg de installatie.
 7. De eerste virtuele machine is geïnstalleerd. Selecteer deze en klik op start.
 8. Open je verkenner, door op het folder teken te klikken zoals hiernaast in het figuur met een pijl is aangegeven. Klik daarna op 'Add' en zoek het gedownloadde Ubuntu bestand dat eerder gedownload is. Selecteer dat en klik op start.
 9. Na enige tijd zijn de Ubuntu instellingen toegepast en kan een taal gekozen worden. Klik daarna op 'Install Ubuntu' om het systeem te installeren.
 10. Kies de gewenste 'Keyboard layout' en klik op 'Continue'. Laat de verder instellingen op standaard staan en ga door de stappen heen, om uiteindelijk op 'Install Now' te klikken.
 11. Kies hierna een naam en wachtwoord, bijvoorbeeld 'PWS2022'.
 12. Na de installatie zal het systeem moeten herstarten dus klik op 'Restart Now'. Skip alle vervolg stappen in de installatie en klik op 'Done', en het systeem is klaar om te gebruiken.
- Tip: Verander de resolutie door naar 'Settings' -> 'Displays' -> 'Resolution' te gaan, en selecteer '1920 x 1080 (16:9)'. Klik op 'Apply' en 'Keep Changes'. Dit vergemakkelijkt het verder proces.



Figuur 6: Virtualbox instellingen

Ubuntu is in Virtualbox geïnstalleerd. Vervolgens wordt OpenFoam in de volgende stappen in Ubuntu geïnstalleerd.

2.4 OpenFoam

OpenFoam is een gratis software dat veel gebruikers heeft binnen de engineering en wetenschap. Het programma wordt door bedrijven en scholen gebruikt om allerlei natuurkundig problemen op te lossen. Het is vooral een belangrijke speler binnen de 'Computational Fluid Dynamics' software. Van complexe vloeistofstromingen met chemische reacties, turbulentie en warmteoverdracht, tot akoestiek, vaste stof mechanica en elektromagnetica. Hierdoor is het een zeer breed programma, en wordt veel gebruikt en getest, en daardoor zeer betrouwbaar.

Let op, alle volgende stappen moeten uitgevoerd worden in Virtualbox op de Ubuntu software. Dus niet op de standaard Windows OS!

Om OpenFoam te downloaden moeten de volgende stappen gevolgd worden:

1. Ga via een browser naar de website van 'OpenFoam.org'. Of volg de link die bij de bronnen verkregen kan worden.
2. Klik vervolgens bovenaan de website op de 'Download' knop, en kies voor 'Ubuntu Linux' als OS en ga naar deze pagina. De versie van het programma kan natuurlijk na verloop van tijd veranderen. In het geval van een geüpdatete versie, kies altijd voor de nieuwste variant.
3. Open vervolgens in Ubuntu een terminal prompt om de gegeven commands, van de OpenFoam site, hierin uit te voeren. Dit kan gedaan worden door Ctrl+Alt+T tegelijkertijd in te toetsen.
4. Nadat een terminal prompt geopend is, moeten de regels code één voor één hierin in gevoerd worden. Nadat er een regel code in gekopieerd is, wordt de enter in gedrukt. Zo worden alle regels code verwerkt. Alle regels code staan zowel hieronder als op de OpenFoam site uitgeschreven. Ook is hier een voorbeeld te zien.

Tip: Soms wordt om het wachtwoord gevraagd, voer deze dan in. Wanneer gevraagd wordt om conformatie van de ingevoerd code, toets dan Y.

Nr:	Terminal Prompt Code
1.	<code>sudo sh -c "wget -O - https://dl.openfoam.org/gpg.key apt-key add -"</code>
2.	<code>sudo add-apt-repository http://dl.openfoam.org/ubuntu</code>
3.	<code>sudo apt-get update</code>
4.	<code>sudo apt-get -y install openfoam9</code>
5.	<code>sudo apt-get update</code>
6.	<code>sudo apt-get upgrade</code>

Voorbeeld bij regel nummer 5 en 6 (Online PDF bestand is het figuur nader te bekijken):

```
lucasmol@lucasmol-VirtualBox: ~$ sudo apt-get update
[sudo] password for lucasmol:
Hit:1 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal InRelease
Hit:2 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security InRelease [114 kB]
Hit:3 http://dl.openfoam.org/ubuntu focal InRelease
Get:4 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates InRelease [114 kB]
Get:5 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports InRelease [108 kB]
Reading package lists... Done
E: Release file for http://security.ubuntu.com/ubuntu/dists/focal-security/InRelease is not valid yet (invalid for another 9d 23h 23min 51s). Updates for this repository will not be applied.
E: Release file for http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu/dists/focal-updates/InRelease is not valid yet (invalid for another 9d 22h 51min 44s). Updates for this repository will not be applied.
E: Release file for http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu/dists/focal-backports/InRelease is not valid yet (invalid for another 9d 22h 52min 41s). Updates for this repository will not be applied.
lucasmol@lucasmol-VirtualBox:~$ sudo apt-get upgrade
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
Calculating upgrade... Done
The following packages will be upgraded:
  base-files gir1.2-nm-1.0 intransfs-tools intransfs-tools-bin intransfs-tools-core language-pack-en language-pack-en-base libdrm-andgpu libdrm-common libdrm-intel1 libdrm-nouveau2 libdrm-radeon1
  libdrm2 libegl-mesa0 libgbm1 libgl1-mesa-dri libglapi-mesa libglx-mesa0 libnvidia-egl-core libnvidia-glcore libnvidia-headers libnvidia-krnl libnvidia-krnl-501 libnvidia-krnl-501-dkms
  python3-apt-common python3-apt python3-distupgrade python3-update-manager ubuntu-advantage-tools ubuntu-drivers-common ubuntu-release-upgrader-core ubuntu-release-upgrader-gtk update-manager
  update-manager-core
35 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
Need to get 140 MB of archives.
After this operation, 70,5 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] Y
Get:1 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 base-files amd64 11ubuntu5.5 [60,5 kB]
Get:2 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 language-pack-en all 1:20.04-20220211 [1.896 B]
Get:3 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 language-pack-en-base all 1:20.04-20220211 [442 kB]
Get:4 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libdrm-common all 2.4.107-0ubuntu1-20.04.1 [5.408 B]
Get:5 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libdrm2 amd64 2.4.107-0ubuntu1-20.04.1 [34,1 kB]
Get:6 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 python3-apt-common all 2.0.0ubuntu0.20.04.7 [17,1 kB]
Get:7 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 python3-apt amd64 2.0.0ubuntu0.20.04.7 [154 kB]
Get:8 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 ubuntu-drivers-common amd64 1:0.9.0-0.20.04.5 [53,1 kB]
Get:9 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 ubuntu-advantage-tools amd64 27.6-20.04.1 [862 kB]
Get:10 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 ubuntu-release-upgrader-gtk all 1:20.04.37 [9.360 B]
Get:11 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 ubuntu-release-upgrader-core all 1:20.04.37 [24,0 kB]
Get:12 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 update-manager all 1:20.04.10.10 [551 kB]
Get:13 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 update-manager-core all 1:20.04.10.10 [11,6 kB]
Get:14 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 python3-distupgrade all 1:20.04.37 [104 kB]
Get:15 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 python3-update-manager all 1:20.04.10.10 [38,1 kB]
Get:16 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 network-manager amd64 1.22.10-1ubuntu2.3 [1.855 kB]
Get:17 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libnm0 amd64 1.22.10-1ubuntu2.3 [370 kB]
Get:18 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 gir1.2-nm-1.0 amd64 1.22.10-1ubuntu2.3 [64,5 kB]
Get:19 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 intransfs-tools all 0.136ubuntu0.7 [9.248 B]
Get:20 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 intransfs-tools-core all 0.136ubuntu0.7 [47,8 kB]
Get:21 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 intransfs-tools-bin amd64 0.136ubuntu0.7 [10,9 kB]
Get:22 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libdrm-andgpu amd64 2.4.107-0ubuntu1-20.04.1 [18,4 kB]
Get:23 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libdrm-intel1 amd64 2.4.107-0ubuntu1-20.04.1 [60,3 kB]
Get:24 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libdrm-nouveau2 amd64 2.4.107-0ubuntu1-20.04.1 [16,6 kB]
Get:25 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libdrm-radeon1 amd64 2.4.107-0ubuntu1-20.04.1 [19,7 kB]
Get:26 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libegl-mesa0 amd64 21.2.6-0ubuntu0.1-20.04.1 [90,5 kB]
Get:27 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libgbm1 amd64 21.2.6-0ubuntu0.1-20.04.1 [29,2 kB]
Get:28 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libgl1-mesa-dri amd64 21.2.6-0ubuntu0.1-20.04.1 [11,0 MB]
Get:29 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libglx-mesa0 amd64 21.2.6-0ubuntu0.1-20.04.1 [137 kB]
Get:30 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libglapi-mesa amd64 21.2.6-0ubuntu0.1-20.04.1 [27,3 kB]
Get:31 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libxatracker2 amd64 21.2.6-0ubuntu0.1-20.04.1 [1.002 kB]
Get:32 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libxvnc10 amd64 470.57.01-0ubuntu0.20.04.3 [10,9 kB]
Get:33 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 mesa-vulkan-drivers amd64 21.2.6-0ubuntu0.1-20.04.1 [5.784 kB]
Get:34 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 network-manager-config-connectivity-ubuntu all 1.22.10-1ubuntu2.3 [2.516 B]
Get:35 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 linux-firmware all 1.187.26
Err:33 http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 linux-firmware all 1.187.26
404 Not Found [IP: 213.136.12.213 80]
Fetched 23,7 MB in 12s (1.988 kB/s)
E: Failed to fetch http://nl.archive.ubuntu.com/ubuntu/pool/main/l/linux-firmware/linux-firmware_1.187.26_all.deb 404 Not Found [IP: 213.136.12.213 80]
E: Unable to fetch some archives, maybe run apt-get update or try with --fix-missing?
lucasmol@lucasmol-VirtualBox:~$
```

Figuur 7: Terminal Prompt Code

5. Wanneer de installatie is voltooid, open een nieuwe terminal, en voer de onderstaande regel code in en druk op enter.

Nr:	Terminal Prompt Code
7.	gedit ~/.bashrc

6. Deze command opent een nieuw tekstbestand, de ‘.bashrc’. Ga volledig naar beneden van dit bestand, en kopieer de onderstaande regel code onder de onderste tekstregel. Sla het bestand op en sluit deze.

Nr:	.bashrc Code
1.	source /opt/openfoam9/etc/bashrc

OpenFoam is op Ubuntu geïnstalleerd. Vervolgens wordt het model ‘Floating Object Stability’ in de volgende stappen in OpenFoam geïnstalleerd.

2.5 Model 'Floating Object Stability'

Deze simulatie gaat over de stabiliteit van een drijvend object op basis van oscillatie van het wateroppervlak, oftewel een golf. Het model wordt uitgevoerd met een 'interFoam solver'. Dit systeem is gemaakt om berekeningen op twee onsamendrukbare vloeistoffen op isothermische condities te berekenen. De turbulentie in dit model wordt uitgevoerd met het kEpsilon turbulentiemodel. Dit drijvende object kan in grootte en vorm aangepast worden om zo parameters te creëren. Hetzelfde geldt voor de golven, deze zijn ook in golflengte, golfhoogte etc. te veranderen.

De bestanden voor deze simulatie kunnen opgevraagd worden, om zo zelf dit model te imiteren.

Om het 'Floating Object Stability' model te downloaden moeten de volgende stappen gevolgd worden:

1. Download de verkregen bestanden, en zoek de bestandslocatie op in de verkenner.
2. Dit is een zip bestand. Klik met de rechtermuisknop op dit bestand en kies de optie 'Extract to' om de folder te unzippen. Kopieer daarna de normale map naar de Desktop en geeft hem de naam 'Simulatie'. De naam is belangrijk om hem in openFoam te vinden.
3. Open een nieuwe terminal prompt.
4. Voer de volgende regels code één voor één in, en druk steeds na een regel op enter.

Nr:	Terminal Prompt Code
1.	ls Desktop/Simulatie
2.	cd Desktop/Simulatie

Deze zorgen ervoor dat openFoam alleen de bestanden uit die specifieke folder uitleest.

5. Voor de installatie van dit model en simulatie zijn er nog een paar commands nodig. Voer de volgende regels code ook in. De installatie kan een aantal minuten duren.

Nr:	Terminal Prompt code
1.	blockMesh
2.	topoSet
3.	subsetMesh -overwrite c0 -patch floatingObject
4.	setFields
5.	interFoam

De simulatie is nu met het model 'Floating Object Stability' met behulp van OpenFoam geïnstalleerd en berekend. Vervolgens wordt het model 'Floating Object Stability' in de volgende stappen in Paraview ingeladen.

2.6 Paraview

ParaView is een open-source, multi-platform data-analyse en visualisatie applicatie. Met Paraview is het mogelijk om visualisaties te bouwen om gegevens te analyseren met behulp van kwalitatieve en kwantitatieve technieken. Dit kan gedaan worden in 3D of programmatisch door Paraview's batch processing mogelijkheden. Paraview is een zeer nauwkeurig en veel gebruikt programma, dat ook vele prijzen heeft gewonnen voor de hoge kwaliteit. Het wordt onder andere gebruikt in vele laboratoria, universiteiten en de wetenschap industrie.

Om Paraview te downloaden moeten de volgende stappen gevolgd worden:

1. Ga via een browser naar de website van Paraview. Of volg de link die bij de bronnen verkregen kan worden.
2. Klik vervolgens bovenaan de website op de 'Download' knop, en kies voor 'Linux Paraview' en download deze. De versie van het programma kan natuurlijk na verloop van tijd veranderen. In het geval van een geüpdatete versie, kies altijd voor de nieuwste variant.
3. Nu Paraview geïnstalleerd is, kan het model in het programma ingeladen worden.
4. Open een nieuwe terminal prompt.
5. Voer de volgende regels code één voor één in, en druk steeds na een regel op enter.

Nr:	Terminal Prompt Code
1.	ls Desktop/Simulatie
2.	cd Desktop/Simulatie

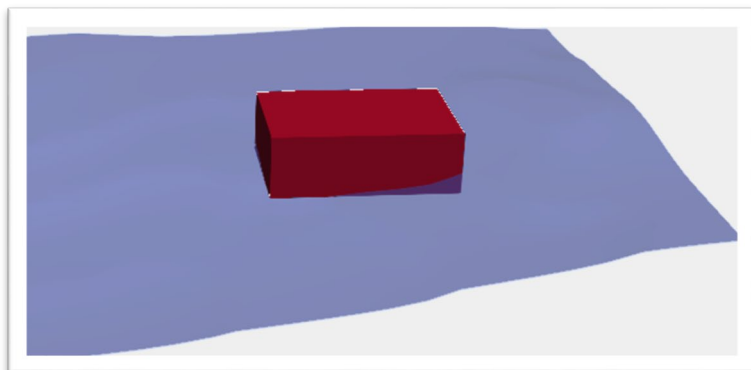
Deze zorgen ervoor dat openFoam alleen de bestanden uit de simulatie folder uitleest.

6. Om het model nu in paraview te openen, voer de volgende command in en druk op enter. Het programma wordt automatisch geopend en het model ingeladen.

Nr:	Terminal Prompt Code
3.	paraFoam

Het model 'Floating Object Stability' is nu in Paraview ingeladen en geïnstalleerd. Hiermee kan de simulatie visueel gemaakt worden en er allerlei data-analyses mee uitgevoerd worden. Omdat Paraview een zeer groot en breed programma is, wordt deze niet uitgebreid behandeld in dit onderzoek.

Tip: Op de Paraview website is onder het kopje 'Download' een zeer duidelijke handleiding over het programma te vinden. Deze is te vinden onder 'Documentation' en heet 'ParaViewTutorial-(versie).pdf'. Aan de hand van dit bestand kan de het programma Paraview gebruikt worden.



Figuur 8: Paraview model

2.7 Sub-bronnen

De bronnen zijn belangrijk voor de werkwijze van de simulante apa vermeldingen hiervan kunt u vinden in de bronnenlijst

Virtualbox

<https://www.virtualbox.org/>

<https://www.virtualbox.org/manual/ch01.html>

Ubuntu

<https://ubuntu.com/>

OpenFoam

<https://www.openfoam.com/>

<https://openfoam.org/>

Model 'Floating Object Stability'

(Bestanden op te vragen door contact met auteurs van dit onderzoek op te nemen.)

Paraview

<https://www.paraview.org/>

Hoofdstuk 3: Welke constructie drijvende platformen, zorgt voor de meest stabiele ondergrond, voor de toekomstige samenlevingen en industrie op het water?

3.1 Hoe heeft de vorm en grootte van het platform invloed op de stabiliteit van het platform?

3.1.1 Inleiding

Er zijn enorm veel soorten, maten en vormen platformen denkbaar. De verschillende platformen kunnen invloed hebben op de stabiliteit van de platformen. Er kan bijvoorbeeld gekeken worden naar of een driehoeksvorm beter werkt dan een rechthoek. Dit kan komen door hoe de druk verdeeld is onder het platform. Of welke vorm zich het beste in de golven beweegt ten opzichte van de rest van de platformen. Een ander aspect van de platformen is de grootte. Welke grootte platform weet zich het meest stabiel te houden in de golven.

Nu is dit deel van het verslag een experimenteel onderzoek, en is er dus gebruik gemaakt van de simulatie die is beschreven in het vorige hoofdstuk. Om alle parameters en functies binnen die simulatie te kunnen begrijpen, zou dit onderzoek te klein zijn. Daarom wordt maar de helft van deze subvraag beantwoord. Dit heeft geen verdere invloed op het antwoord van de bovenliggende deelvraag.

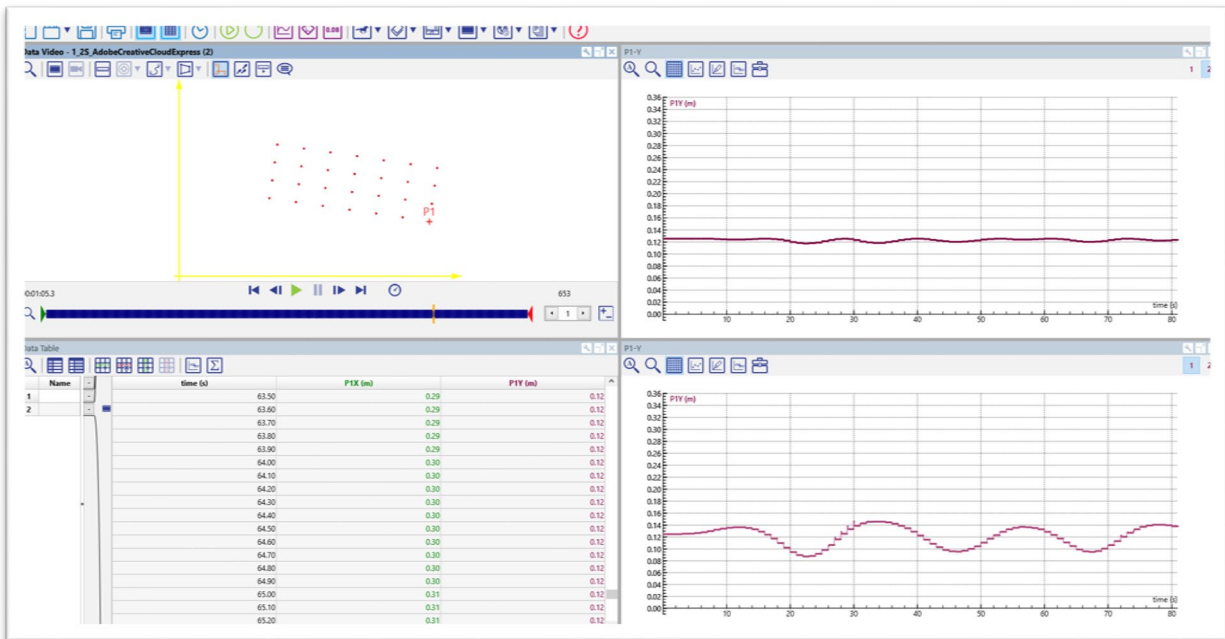
3.1.2 Experiment

Bij dit experiment maken we gebruik van de simulatie uit hoofdstuk 2. Deze bevat heel parameters en natuurwetten die overeen komen met de werkelijkheid. Alle invloeden die invloed kunnen hebben op het gedrag van het water en het platform zijn hier in verwerkt.

De simulatie heeft een looptijd van 4 secondes en 80 frames. De simulatie is zichtbaar in het programma Paraview. Hierin zijn 3 componenten te vinden. Het drijvende object, het water en het dynamische raster hier doorheen. Het hele raster is 1,00 meter bij 1,00 meter. Hier bevindt zich het drijvende object zich middenin het raster op een hoogte van 0,5368 meter. Het water niveau is 0,5 meter vanaf de bodem. Vanuit de hoek rechts achterin komt een golf aanrollen, deze rolt richting de linker voor hoek. De top van de golf is 0,75 meter hoog, dus de golf heeft een hoogte van 0,25 meter. Deze hoogte en lengte van de golf neemt naarmate de tijd verstrekt lichtelijk af. Het drijvende platform heeft in het standaard model de afmetingen van 0,3 meter lang, 0,2 meter breed en 0,1 meter in de hoogte. Het platform heeft een kleinere dichtheid dan het water en blijft dus drijven. Het ligt 0,5368 meter diep in het water, wanneer het water stil staat.

Paraview is een zeer divers programma, en er kan zeer veel mee berekent worden. Nu is bij dit experiment de verticale uitwijking van het platform van belang. Nu is dat heel moeilijk te meten met die model, aangezien het een dynamisch raster heeft. Dat betekent dat het raster mee beweegt met het object en de golven, en is dus de hoogte meting niet mogelijk. Om het raster om te zetten naar een normaal raster is veel codeerwerk nodig, en een te groot project voor dit onderzoek. Daar wordt er nu gebruikt gemaakt van een opname van het platform en de bewegingen die het maakt. Vervolgens wordt deze video opname in Coach7 gezet. Dit is een programma dat doormiddel van ingevoerde functies en getallen, antwoorden kan berekenen. Coach7 heeft ook een optie om een videofragment uit te lezen. In dit fragment wordt dan het punt aangegeven wat getraceerd moet worden. Hieruit is dan een Y en X

grafiek te halen. Met waar het punt zich naartoe verplaatst over verloop van tijd. Hieronder in figuur 9 is het Coach7 programma weergegeven en de daarbij horende grafieken, tabel en video fragment.



Figuur 9: Coach7 Model

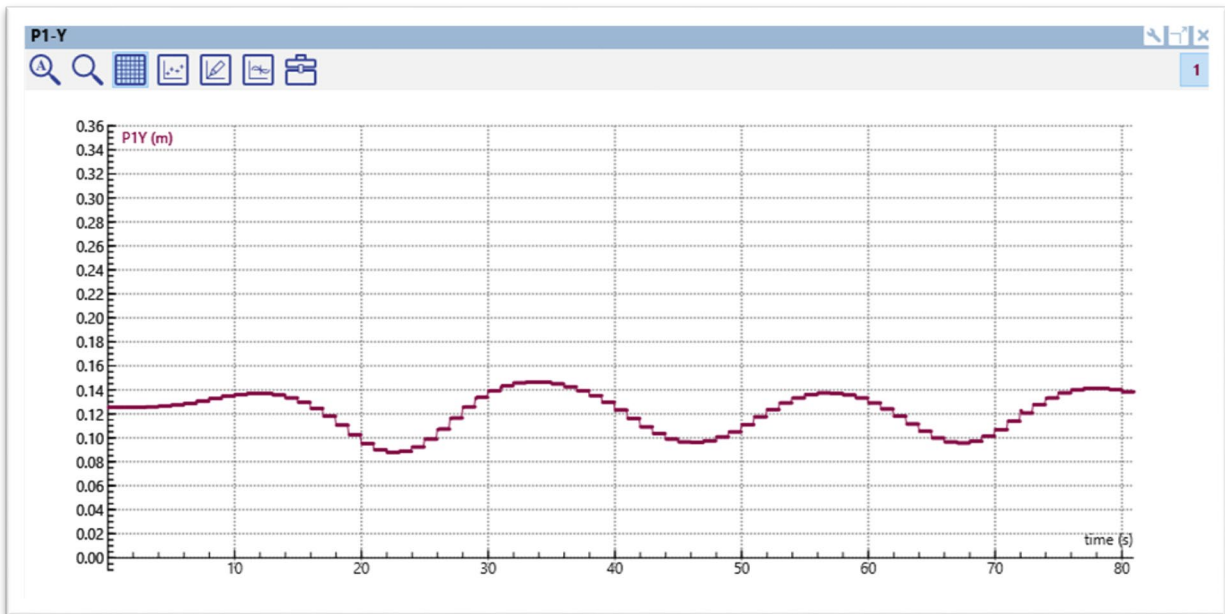
Zoals weergegeven zijn er twee metingen gedaan met twee verschillende platformen. Deze twee metingen worden uitgewerkt aan de hand van de resultaten en er wordt een conclusie uitgetrokken. Coach7 houdt dat maten en tijden van Paraview aan, dus staan beide programma's in de zelfde verhouding.

Als positie van het getraceerde punt is de rechter onder hoek gekozen. De grafieken die in Coach7 worden weergegeven zijn niet vanaf de bodem van het model gemeten, maar verder kloppen de maten wel.

Hieronder zijn de grafieken nader weergegeven.

Meting 1

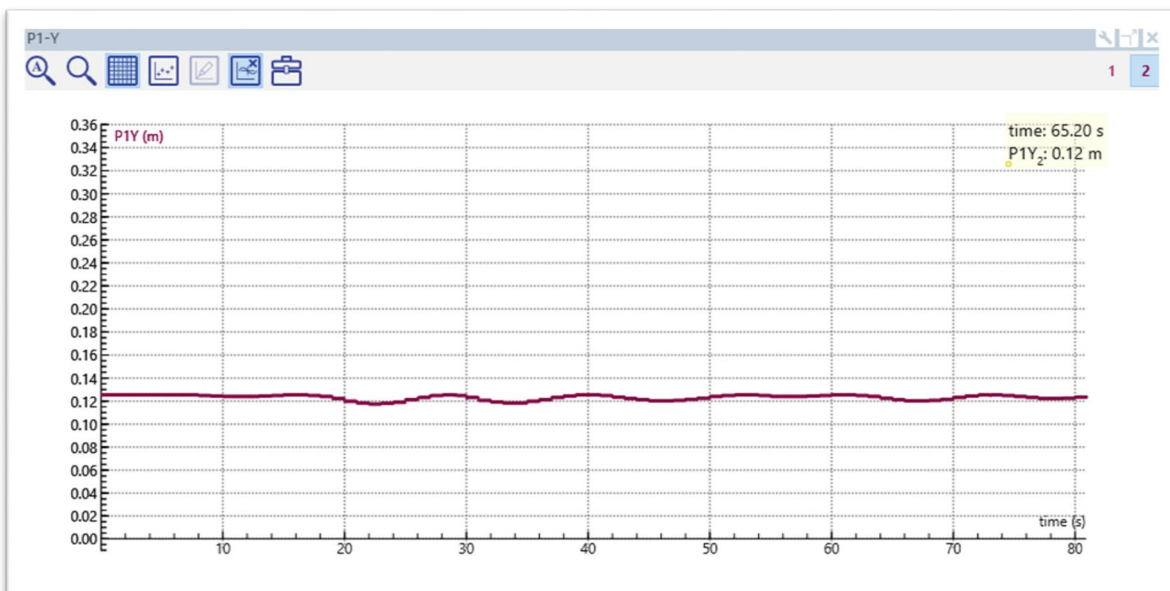
Afmetingen platform 1: 0,3x0,2x0,1(LxBxH in meter)



Figuur 10: Coach7 Grafiek

Meting 2

Afmetingen platform 1: 0,9x0,6x0,3(LxBxH in meter)



Figuur 11: Coach7 Grafiek

Het tweede platform is een vergroting van het eerste platform met een factor $\times 3$. Uit de twee grafieken is duidelijk uit op te maken dat wanneer de platformen groter worden, dat de verticale uitwijking kleiner worden. Dit is logisch te beredeneren, en voldoet ook aan de verwachtingen. Dus grotere platformen zorgen voor een stabielere ligging van de platformen in het water.

3.2 Hoe hebben de golflengte en golfhoogte invloed op de stabiliteit van het platform?

3.2.1 Inleiding

Er is nu bepaald wat de invloeden zijn van de verschillende platform maten, maar dat was met een constante grootte golf, maar verschillende golflengtes en golfhoogtes kunnen invloed hebben op de stabiliteit.

Een drijvend platform op zee zal verschillende weersomstandigheden meemaken. Op zee zullen deze verschillende weersomstandigheden zorgen voor verschillende soorten golven. Ook zullen de veranderingen in de stroming zorgen voor verschillende soorten golven. Vanwege deze invloeden zullen de golven op twee belangrijke manieren veranderen. De golflengte kan veranderen, betekenend dat de golven langer worden en er dus meer ruimte tussen de golven inzit. Het tweede wat verandert is de golfhoogte. Dit betekent dat de pieken hoger zullen worden. Er zijn erg veel factoren die de veranderingen van golven verander. Voorbeelden hiervan zijn; de wind, zeegang, deining, zwaartekrachten en de diepte van de zee. De meest voornamelijk oorzaak voor het ontstaan van golven is de wind. Als de wind als het ware blaast ontstaan er rimpels op de zee. Deze rimpels voegen zich samen en worden dus groter. Hierdoor kan de wind grip krijgen op het wateroppervlak en de golven nog groter worden. Wind is dus de belangrijkste bepaler van de grote van de golven. Natuurlijk zijn factoren zoals de diepte en stromingen belangrijk voor de grote van de golven maar wanneer een drijvende stad ergens drijft zijn deze factoren constant. De verschillende soorten golven die de drijvende stad zal moeten weerstaan zijn dus afhankelijk van het weer.

Nu is dit deel van het verslag een experimenteel onderzoek, en is er dus gebruik gemaakt van de simulatie die is beschreven in het vorige hoofdstuk. Om alle parameters en functies binnen die simulatie te kunnen begrijpen, zou dit onderzoek te klein zijn. Daarom wordt maar de helft van deze subvraag beantwoord. Dit heeft geen verdere invloed op het antwoord van de bovenliggende deelvraag.

Doordat er enorm veel functies en parameters in de simulatie verwerven zijn, is het een te groot proces om de golven in golflengte of golfhoogte aan te passen. Nu is er wel onderzocht wat de invloed van de grootte golven heeft op de stabiliteit van de platformen. Deze platformen waren met een vaste factor vergroot. Hieruit kan worden afgeleid dat als de platformen nu een constante grootte blijven, en in plaats daarvan de golven vergroot of verkleint worden, de stabiliteit van de platformen het zelfde is als wanneer de platformen van maat veranderen. Dit gaat alleen op als de factor in beide gevallen gelijk is. In het voorbeeld bij subvraag 1, worden de standaard platformen met een factor 3 vergroot. Stel het standaard platform blijft de constante maat, maar nu verkleinen we de golven met factor 3, zal dit dezelfde invloed op de stabiliteit van de platformen als bij meting 1 en 2. In verhouding veranderen de golven of platformen dan niet van elkaar, en zal er dus ook geen verschil zijn in de resultaten.

Dit is niet een volledig antwoord op deze deelvraag, maar eventueel kan dit onderdeel van het onderzoek nog later voortgezet worden in een later onderzoek. Wat een heel onderzoek op zich zal zijn. Verder geeft het antwoord wat nu gevonden is, wel meer inzicht op het beantwoorden van de deelvraag en dus later ook op de hoofdvraag.

3.3 Zorgen meerdere platformen voor een dempende werking van de golven?

In 2019 heeft het MARIN een onderzoek gedaan naar hoe een drijvend platform beweegt in de golven. Het onderzoek, *On the Wave Induced Motions of a Floating Mega Island*, had twee belangrijke onderdelen. Het eerste onderdeel ging over de invloeden van de golfbewegingen op een enkel driehoek. Er werd voor een enkel drie hoek een diffractieberekening gedaan voordat er een diffractieberekening werd gedaan voor het drijvende platform wat uit meerdere onderdelen bestaat. Een diffractieberekening is een berekening van de diffractie van een golf. Diffractie is het afbuigen van golven om een ondoordringbaar obstakel. Dit wordt regelmatig samen gepaard met een interferentie patroon van de golven. Een diffractieberekening is dus een brekingen van de afbuiging van de golven rondom het drijvend platform. Het drijvende eiland wat werd onderzocht zou bestaan uit 87 verschillende driehoeken.

In het onderzoek stand een paar termen die onbekend zijn voor de gemiddelde Nederlander. Een van deze is radialen per seconde. Rad/s is een manier om de hoeveelheid dat een lichaam per seconde omwentelt uit te drukken. Als het over golven gaat dan betekent dat als er 2π Radialen per seconde golven zijn dat er op 1 punt per second een hele periode van een golf langs komt. Dan blijft de vraag hoe zit het verschil met amplitude en snelheid. Op zee is te zien dat de golven met de grootste golfhoogtes ook een lagere snelheid hebben dan de kleinere golven. Golven met een groter amplitude hebben ook een grotere golflengte. In de natuur is er een verband tussen die golfhoogtes, lengtes en snelheid waardoor de grootheid rad/s gebruikt wordt in de maritieme sector. Ook wordt de term relative wave height gebruikt. Dit is hoeveel het platform beweegt ten opzichte van de van de golven.

Als eerste kwam dus de diffractieberekening van de enkel driehoek. Hierbij waren de driftkrachten belangrijk. Driftkrachten zijn de gemiddelde krachten van de golven die zich uitoefenen op een object in het water. In figuur 12 is links te zien dat er wat interessant gebeurt met de driftkrachten wanner de golven zichzelf voortplanten richting de punt van de driehoek. De resultaten in de tabel laten zien wanner de golven 1 rad/s zijn de drijfkracht een positieve waarde heeft. In de realiteit zal die betekenen dat het

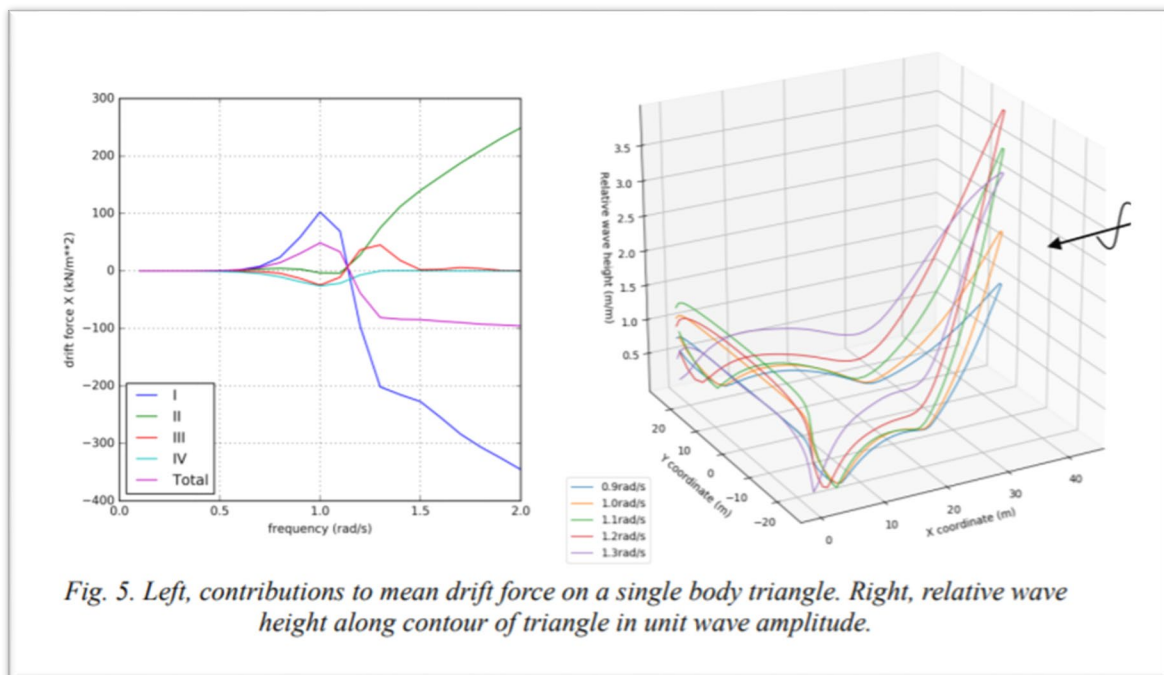


Fig. 5. Left, contributions to mean drift force on a single body triangle. Right, relative wave height along contour of triangle in unit wave amplitude.

drijvende driehoek naar de golven toe drijft. Dit komt voornamelijk door het feit dat de lijn I een piek heeft. De vier lijn staan allemaal voor verschillende wiskundige termen. De eerste staat dus voor kracht als gevolg van de relatieve golfhoogte van de eerste orde. Omdat het platform een driehoek is zal deze kracht zich anders gedragen dan bij een andere vorm. Het feit dat het platform zich zal voortbewegen tegen de golven in is opmerkelijk omdat dit alleen voorkomt omdat het drijvende platform een driehoek is. In de andere grafiek in figuur 12 kunnen we zien hoe groot de golven zijn ten opzichte van het drijvende platform. Hieraan is te zien dat de enkele driehoek al een dempende werking heeft op de golf. Deze conclusie is te trekken uit het feit dat in figuur 12 in de linker grafiek helemaal links een pijl is te zien. Deze pijl met golf geeft aan waar vandaan de golven komen. Dan is te zien dat de punt van de driehoek relatief veel beweegt. Aan de andere kant van de grafiek is de achterste zijde te zien. Deze heeft een veel lager relatieve golfhoogte. Als de ene kan veel beweegt en de andere kant veel minder is de conclusie te trekken dan één enkele driehoek al een dempende werking heeft.

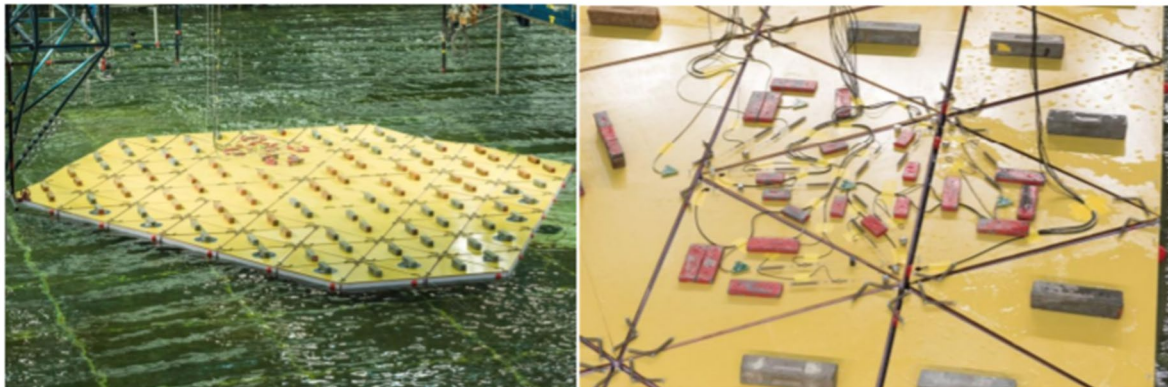
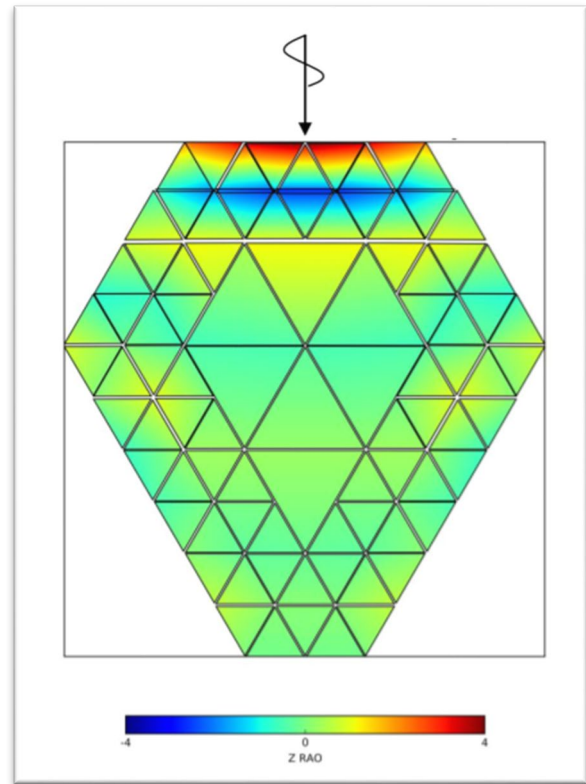


Fig. 4. Model of the floating island in the basin (87 modules)

Figuur 13: Foto's test opstelling

Als 1 platform al een dempende werking heeft op de golven wat zouden 87 driehoeken voor effect hebben op de golven? In figuur 13 is te zien waar MARIN mee gewerkt heeft om verschillende metingen uitvoeren. Het is niet zo simpel om te zeggen dat de resultaten van 1 driehoek vergroot kunnen worden voor de 87 driehoeken. Voor de groter opstelling zijn er nog 512 lijnen om alles bij elkaar te houden en 256 kleine stootkussens tussen de platformen om het platform realistisch te laten bewegen. Om de bewegingen van platform een waarde te geven wordt in het verslag van MARIN gesproken over RAO. Dit staat voor Response Amplitude Operator. Dit is een technische statistiek, of een reeks van dergelijke statistieken, die worden gebruikt om het waarschijnlijke gedrag van een schip tijdens de vaart op zee te bepalen of in deze situatie een drijvend platform.

Hiernaast in figuur() zien wij hoeveel de driehoeken ten opzichte van elkaar op en neer bewegen. Dit wordt gedefinieerd met de RAO. De pijl boven aan de figuur geeft aan waar vandaan de golven in de simulatie vandaan komen. Bij dit figuur hoort natuurlijk een manier hoe deze RAO's zijn bepaald. Hieronder in figuur 15 is te zien hoe er op verschillende rijen metingen zijn uitgevoerd. Hierdoor kunnen wij zien dat op een frequentie van 0,325 rad/s dat er het meest wordt gereageerd. Er werden maar 5 verschillende driehoeken metingen uitgevoerd dus het zou kunnen dat de andere driehoeken op een andere manier zouden reageren, maar de videobeelden die MARIN heeft gemaakt laten zien dat de rest van de van de driehoeken op dezelfde manier reageren. Ook wordt duidelijk gemaakt dat de eerste 2 rijen van driehoeken aan de kant waar de golven vandaan komen de beweging van de golven opvangen. De rest van de constructie blijft relatief stil en bevestigt het feit dat meerdere rijen aan drijvende platformen zorgen voor een dempende werking. Dit geldt dus in ieder geval voor driehoeken.



Figuur14: versimpele resultaten afkomstig van MARIN

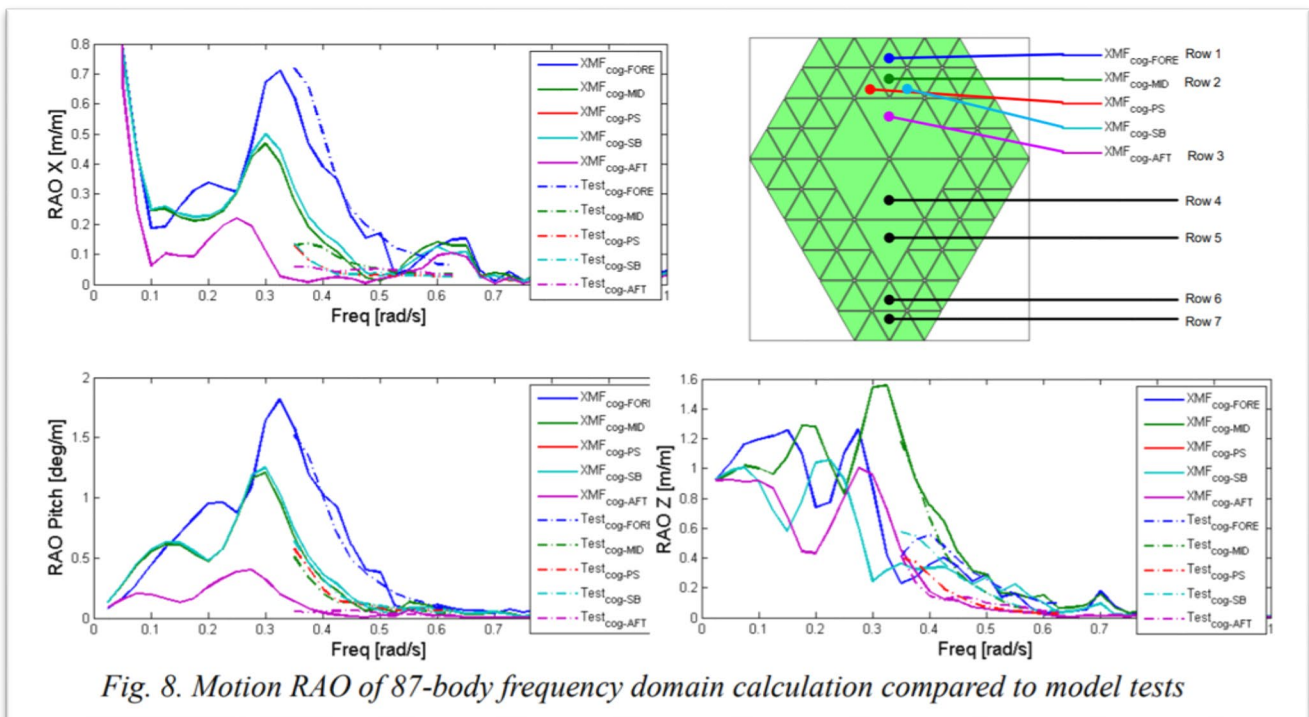


Fig. 8. Motion RAO of 87-body frequency domain calculation compared to model tests

Figuur15: Resluaten metingen MARIN

Conclusie Hoofdstuk 3

Golflengte en golfhoogte hebben invloed op de stabiliteit van de platformen. Uit resultaten blijkt dat de grootte van de platformen en de grootte van golven in verhouding met elkaar staan. Wanneer de golven in grootte met bijvoorbeeld factor 3 afnemen zal de stabiliteit van de platformen toenemen. Daarbij geldt ook dat wanneer het platform met factor 3 toeneemt dat hier dezelfde resultaten uit komen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat, hoe groter het platform en hoe kleiner de golven, de stabiliteit toeneemt. Meerdere platformen zorgen inderdaad voor een dempende werking. Dit is in het voordeel van de stabiliteit van het drijvende platformen. Er kan gezegd worden dat hoe meer platformen er zijn hoe stabiel het midden van het drijvende platform. Het probleem is wel dat dit allen is onderzocht in het geval van driehoeken dus het is niet echt bekend hoe erg anders het is voor andere vormen. Welke constructie drijvende platformen, zorgt voor de meest stabiele ondergrond, voor de toekomstige samenlevingen en industrie op het water? Dat was de hoofdvraag van dit hoofdstuk. Het antwoord hierop is een meerdelig drijvend platform dat bestaat uit zo groot mogelijke platformen. Deze constructie zal zorgen voor de meest stabiele ondergrond voor een toekomstige samenleving op het water.

Hoofdstuk 4: Wat is de beste methode om deze platformen, aan land en aan elkaar, te koppelen zodat de scharnieren zorgen dat het drijvend complex zo stabiel mogelijk blijft?

Een drijvend platform met verschillen onderdelen moet aan elkaar gebonden worden. Het kan met simpele touwtjes maar scharnieren zijn een stuk steviger en geven meer zekerheid. Dus op welke manier kunnen deze scharnieren het beste bevestigd worden en toegepast worden.

4.1 Welk model scharnier vangt het beste de bewegingen van de platformen en hun omgeving op?

Er zijn veel verschillende soorten scharnieren. Scharnieren worden voor veel verschillende situatie gebruikt. Voornamelijk om twee massieve onderdelen aan elkaar te koppelen en alsnog beweging tussen de twee onderdelen toe te laten. De bekendste van deze situaties is tussen deuren en ramen. In dit deel van het onderzoek wordt gekeken naar de verschillende soorten scharnieren en beredeneerd welke het beste zou zijn om tussen verschillende drijvende platformen en land te gebruiken. Waarnaar gezocht wordt zijn scharnieren die stevig zijn maar ook genoeg bewegings mogelijkheden geven.

Deurscharnieren zijn de meest bekende scharnieren met hun simpel design. Eén van de voordelen van Deurscharnieren is dat ze redelijk veel bewegings mogelijkheden hebben. Deze modellen zorgen voor een breed bereik aan bewegings ruimte, maar alleen in één richting. Het is ook nadelig om deze te gebruiken omdat de verschillende platformen erg dicht tegen elkaar aan zullen zitten en dat zorgt weer voor botsingen. Als de platformen zo dicht tegen elkaar aan zitten kan dat nadelig zijn voor de stabiliteit zijn omdat de platformen te veel als 1 groot geheel zal bewegen en kan het nadelig zijn voor de constructie. Dit is een fenomeen dat wel eens voorkomt bij boten dat wanneer de golven niet op een juiste manier gebroken worden en er niet genoeg “flex” zit in de constructie de boot kan breken. Daarom is het belangrijk dat er genoeg bewegings juiste in de scharnier zit.



Figuur 16:
Deurscharnier

Bommerscharnieren zijn scharnieren met twee draaiassen. Sommige mensen omschrijven ze als dubbele deurscharnieren. De bladen kunnen dus twee kanten opdraaien. In deze scharnieren zit een veertje die ervoor zorgt dat het scharnier weer teruggaat naar een standaard positie, wat bij deuren een gesloten positie is. Met deze veer gaat dat wel langzaam. Dit is voordelig voor een drijvend platform omdat de scharnieren de trillende effecten van de golven zullen dempen door ze rustig te laten bewegen. Daartegenover staat dat het langer zal duren tot een platform weer terug is op de stabiele positie.



Figuur 17: Bommerscharnieren

Het nadeel van deze twee scharnieren is dat er maar in 1 richting in bewogen kunnen worden. Er is alleen beweging in 2D en op het water zou je liever hebben dat er in 3D zou kunnen bewegen omdat golven niet altijd uit dezelfde richting komen. Daarom is een kogelscharnier een mooie optie. Daar zit een balletje in een hulsje en zijn veel meer



Figuur 18: Kogelscharnier

richtingen waarin bewogen kan worden. Dat is voordeling voor een drijvend platform omdat er dan goed gereageerd kan worden op alle inkomende golven terwijl het bijna niet uitmaakt waar de golven vandaan komen. De extra bewegings mogelijkheden zorgen voor meer mogelijkheden in het dempende effect. Het nadeel van deze modellen scharnieren is dat ze niet heel stevig zijn.

Welk model scharnier vangt het beste de bewegingen van de platformen en hun omgeving op? Er is gekeken naar 3 verschillen soort scharnieren. Twee 2d modellen en één 3d model. De voorkeur gaat uit naar kogelscharnier vanwege hun bewegings mogelijkheden. Het voordeel van Bommerscharnieren is dat er veertjes inzitten die voor een dempend werking kunnen zorgen.

4.2 Zorgt een gedempt scharnier voor een beter stabiliteit van de platform(en)?

4.2.1 Inleiding

De platformen maken bewegingen door de golven op het wateroppervlak. Doordat de platformen aan elkaar gekoppeld zijn met scharnieren kan elke platform los van elkaar bewegen. Deze beweging is natuurlijk wel beperkt, aangezien de scharnieren niet alleen moet zorgen dat de platformen kunnen bewegen, maar ook dat de platformen op hun plaatsen en aan elkaar blijven. De scharnieren hebben dus twee functies. Er is ook nog vereiste waar de scharnieren aan moeten voldoen. Dat is er voor zorgen dat de bewegingen gereguleerd gebeuren en in vloeiende bewegingen. Met de verschillende omstandigheden op het water zijn er ook verschillende golven en dus ook bewegingen. Bij deze verschillende golven werken er ook verschillende krachten op de scharnieren. Deze parameters kunnen opgevangen worden door scharnieren die een gedempte werking hebben. Bij grote golven en dus ook grote krachten, zullen de scharnieren stijver zijn dan wanneer het water rustig is. Dit is omdat als het water rustig is, en de scharnieren zijn heel stijf, zullen de platformen een grote statische massa worden. Wanneer in zulke omstandigheden de scharnier wat soepeler zijn, zullen de platformen in beter harmonische bewegingen vloeiend op de golven reageren. Dit noemen we een schokdemper. Hieronder zijn verschillende schokdempers behandeld.

4.2.2 Veerdemper

Deze demper wordt bijvoorbeeld veel gebruikt bij voertuigen zoals fietsen, auto's, vrachtwagen, landbouwvoertuigen en ga zo maar door. Dit is een simpel mechanisme waarbij er verschillende aspecten zijn. Ten eerste zijn de twee uiteindes de aansluitpunten voor de 2 objecten die ten opzichte van elkaar bewegen. Daartussen zit een stang die de twee ogen, in het geval van figuur 19 hier naast, bij elkaar houdt. Deze stang is uitschuifbaar en kan dus verschillende lengtes worden. Tussen de twee punten zit een veer om de stang heen. Deze zorgt voor de spanningen die de trillingen en schokken opvangt. Deze schokdemper kan zowel voor uittrekkende als drukkende krachten gebruikt worden. Een nadeel aan deze demper is dat hij niet aanpasbaar is op de krachten die op dat moment aanwezig zijn.



Figuur 19: Veerdemper

4.2.3 Rubberen demper

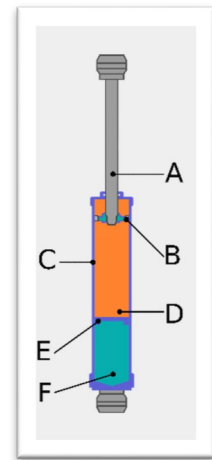
Deze schokdemper wordt vooral gebruikt bij ophanging van bijvoorbeeld machines op onderdelen van machines. Veel uitleg bij deze demper is niet nodig want het is enorm eenvoudig. De 2 objecten die ten opzichte van elkaar bewegen hebben beide een stang of haak die in één van de ogen in het rubber haakt. Het andere oog is voor het andere object. Door de bewegelijkheid van het soepele rubber kunnen de twee objecten beperkend van elkaar bewegen. Deze demper wordt vooral gebruikt om uittrekkende trillingen op te vangen. Ook hier is het nadeel dat de spanning over het rubber niet aangepast kan worden.



Figuur 20: Rubberen demper

4.2.4 Gasveer

Deze dempers worden voor elke mogelijk denkbare situatie gebruikt, en je komt ze overal tegen. Er zijn enorm veel zorgen en maten te vinden en kopen. Het principe is bij deze schokdempers overal ongeveer hetzelfde. In figuur 21 hiernaast zijn de componenten met letters aangegeven, en hierbij is enige uitleg. Letter D geeft een vloeistof, vaak olie, aan. Letter F geeft dan een gas aan. Door de scheiding met behulp van E komen deze niet bij elkaar terecht. Als er dan een kracht op stang A komt te staan wordt de olie samen gedrukt en door B heen naar de andere kamer geperst. Omdat vloeistoffen niet in volume kunnen veranderen is het gas genoodzaakt om ruimte te maken, en wordt de spanning dus met het gas opgevangen. Deze schokdemper kan zowel bij trek en druk krachten gebruikt worden. En een groot voordeel is dat deze eventueel aanpasbaar is aan de hoeveelheid kracht die op de stang gaat werken.



Figuur 21: Gasveer

4.2.5 Hydraulische demper

Bij de gasveer is er weergegeven hoe dempers met olie en gassen werken. Bij de hydraulische dempers werkt het ook zo. Alleen bij deze dempers is er een hele nuttige aanpassing op de normale gasveer ontworpen. Hierbij zijn de krachten aanpasbaar door hydrauliek.

Wat is hydrauliek? Hydrauliek is een techniek die veel gebruikt wordt in de mechanica en machines. Het is een aandrijftechniek op basis van vloeistoffen (oliedruk) waar bewegingen en krachten op worden overgebracht. Zou kan bijvoorbeeld de oliedruk een piston uitlaten stuiven of een wiel laten draaien. Bij de schokdempers werkt het net zo. Doordat de druk makkelijk in de gasveer aangepast kan worden door de hydrauliek, is deze voor elke situatie te gebruiken.

Als er gekeken wordt naar de dempers, die gebruikt zouden kunnen worden bij de scharnieren tussen de platformen, zou dit de beste keuze zijn. Wanneer er hoge golven zijn en er dus veel spanningen, trillingen en bewegingen op de platformen plaats vinden, kunnen de schokdempers hier gewoon op aangepast worden door doormiddel van de hydrauliek er meer olie in de gasveer te injecteren. Daardoor wordt de druk van het gas hoger, en zullen de scharnieren stijver zijn.

Hierdoor zorgt een gedempt scharnier voor een betere stabiliteit van de platvormen, door de trillingen, schokken en bewegingen op te vangen met een demper. De voorkeur van demper ligt bij de hydraulisch aanpasbare gasdempers omdat deze bij elke weersomstandigheid en dus bij de verschillende golven

inzetbaar zijn. Hierdoor worden de bewegingen gedempt met de juist spanningen, en dus een beter stabiele ligging van de platformen.

4.3 Wat is de invloed van de golfrichting en de scharnier richting?

Een scharnier richting is als een drijvend platform niet draait constant. Golven daarentegen veranderen even veel van richting als de wind. Het is dan een simpele beredeneer vraag geworden voor 2d scharnieren. Als de golven loodrecht op de scharnieren komen werken zij het beste. De scharnieren kunnen doen dan het gene waarvoor zijn voor zijn gemaakt. Wanneer de golf richting 90 graden draait werken de scharnieren veel minder goed en zal het meer lijken op 1 massief onderdeel. In deze hoek van 90 graden zit een variatie van hoe goed het scharnier werkt. Hoe verder van de optimale loodrecht situatie hoe minder goed te scharnieren kunnen werken. Dit is een reden dat 3d scharnieren beter gebruikt kunnen worden. Deze scharnieren hebben een veel groter bewegingsbereik.

Er is met zekerheid te zeggen dat de golven uit een richting moeten komen waarbij de scharnieren optimaal kunnen werken. Hoe verder van deze optimale richting hoe minder effectief de scharnieren zullen zijn voor de stabiliteit van het drijvende platform. Voor verschillende scharnieren is er een ander bewegingsbereik.

Conclusie Hoofdstuk 4

Wat is de beste methode om deze platformen, aan land en aan elkaar, te koppelen zodat de scharnieren zorgen dat het drijvend complex zo stabiel mogelijk blijft? Dat we de vraag van dit hoofdstuk. Door te kijken naar verschillende soorten scharnieren en te beredeneren of deze een positief effect op hebben op de stabiliteit. Hier werd bepaald dat de voorkeur uitgaat naar 3d scharnieren omdat er veel meer bewegings mogelijkheden zijn. Een goed voorbeeld van een 3d scharnier is een kogelscharnier. Ten tweede moeten gaat er een voorkeur uit naar het gebruiken van een gedempte scharnier. Deze scharnieren zorgen voor een betere stabiliteit door de trillingen, schokken en bewegingen op te vangen met een demper. De soort demper die het beste gebruikt kan worden is een hydraulisch aanpasbare gasdemper omdat deze in allemaal verschillende weersomstandigheden gebruiken kunnen worden. Een combinatie van een hydraulisch aanpasbare gasdemper en een kogelscharnier. Dit is nog niet ontwikkeld maar zou een goed effect kunnen hebben. Ook zullen, zover mogelijk, de scharnier zoveel mogelijk loodrecht op de inkomende golven moeten staan om zo effectief mogelijk te kunnen werken. In kort is het belangrijk voor de stabiliteit van het platform dat de scharnieren veel bewegings ruimte hebben, een dempend effect verzorgen en zoveel mogelijk in de golf richting liggen.

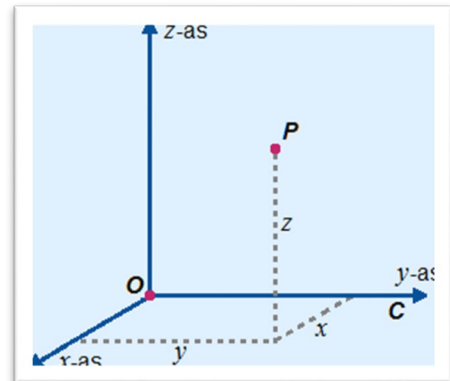
Hoofdstuk 5: Op welke manier zullen de civiele structuren aangepast moeten worden om de trillingen en bewegingen van de golven te weerstaan?

Leven op een drijvende stad zal ontzettend veel anders zijn dan het normale leven op zee. Wat de effecten zijn van deze golven op een mens zal niet worden besproken omdat dat te biologisch is. Als technicus wordt gekeken naar de civiele structuren en hoe deze reageren en beïnvloed worden door de golven op zee. Hoe deze civiele structuren aangepast moeten worden om om te gaan met de effecten van de zee op de stad is waar het over gaat in het volgende hoofdstuk.

5.1 Wat voor invloed hebben golfbewegingen op de verticale infrastructuur?

Een drijvend stad kan niet oneindig in de breedte worden uitgebreid omdat daar gewoon te veel grondstoffen voor nodig zijn. Net als in de stad zal er de hoogte in worden gebouwd. Dan is natuurlijk de vraag die volgt: Welke invloed hebben de verschillende golfbewegingen op de verticale infrastructuur? Hoe zal het leven zijn op de 20^{ste} verdieping of is het verstandig om zo hoog te bouwen als de fundering niet hetzelfde werkt als op land.

De belangrijkste golf soorten die invloed hebben op een drijvend platform zijn de oppervlakte golven. Golven zoals wind golven en getijden golven zijn goed voorbeelden van oppervlakte golven. Oppervlakte golven kunnen vanwege veel verschillende redenen ontstaan. Wind boven de 2 knopen, getij en vulkaanuitbarstingen zijn hele mooie voorbeelden van de oorzaken. Oppervlakte golven zorgen ervoor dat het platform op en neer kan gaan bewegen. Ook kan het platform kantelen afhankelijk van waar het massacentrum van het platform is ten opzichte van de golf. Als kantelt wordt dit in de maritieme wereld roll of pitch genoemd. Roll is een rotatie om de x-as en Pitch een rotatie om de y-as zoals in de grafiek van figuur 22. Translaties in de Y richting, Surge, zijn ook normaal voor een drijvend platform om dat het op en neer beweegt in de golven. Dus ook de verticale infrastructuur zal beïnvloed worden door deze verschillende bewegingen. De bewegingen van roll en pitch zullen het meeste invloed hebben op de infrastructuur. De golfbewegingen zullen een vergelijkbaar effect creëren voor de verticale infrastructuur als voor het platform zelf. Er wordt dus gezorgd voor trillingen. De enige andere situaties waarbij gebouwen trillingen ervaren zijn tijdens aardebevingen. De trillingen zijn vaak wat extremer en minder constant dan de trillingen die veroorzaakt worden door golven. Dat is wel fijn omdat het dan makkelijker is om de trillingen op te vangen. Wat ook te zien is tijdens aardebevingen is dat de gebouwen die het hoogste zijn het grootste gevaar lopen. Goed is te zien dat de bovenste verdiepingen van de flatgebouwen het meeste slingeren.



Figuur 22: Verduidelijking x, y en z-as

Het grootste wat opgemerkt kan worden is dat wanneer het platform roteert om zijn x of y-as de flatgebouwen een versterkt effect zullen meemaken. Hoe hoger het gebouw hoe groter dit effect, het effect kan vergeleken worden met een wijzer op een klok. Wat dicht bij het midden draait beweegt een minder verre afstand en wat verder weg is zal meer afstand overbruggen. Als dit principe wordt toegepast bij een flat bebouw kan gezegd worden dat als een platform een beetje kantelt dit als heftiger ervaren

kan worden op de bovenste verdiepingen van een flatgebouw. Er moet dus erop gelet worden dat de gebouwen niet te hoog worden gebouwd.

In een scriptie van Martijn van Winkelen die studeerde aan TU Delft. In zijn scriptie bepaalt hij aan de hand van veel ingewikkelde brekingen hoe hoog op een drijvend platform gebouwd kan worden. Een echt eigen getal kwam er niet uit omdat afhankelijk van het platform er verschillende mogelijkheden zijn voor de hoogte. Er werd wel geconcludeerd dat: Streven naar een grote positieve waarde van hm . Dat betekent streven naar een laag zwaartepunt en een hoog metacentrum. (Van Winkelen, 2007, p 55)

Het belangrijkste effect van de golfbewegingen op de verticale infrastructuur is dat de hoogste verdiepingen van de gebouwen veel zullen bewegen wat voor ongemak kan zorgen voor mensen die op deze verdiepingen wonen of werken.

5.2 Wat is de beste methode om de civiele structuren zo stabiel mogelijk te houden op de drijvende complexen?

Alle gebouwen in de wereld moeten natuurlijk stabiel zijn. Hiervoor worden palen diep de grond ingeslagen en stevig diepe fundamenteën gebouwd. Het probleem voor een drijvend complex is dat de platformen waarop ze drijven niet dik genoeg zullen zijn om dezelfde diepe fundamenteën te maken. Een oplossing zal zijn om technieken te zoeken die bovengronds zorgen voor de stabiliteit van gebouwen. Wanneer je denkt aan gebouwen die gefundeerd zijn met lijnen of touwen. Eigenlijk gewoon tenten. Tenten worden gefundeerd met haringen en lijnen. Deze gaan niet diep in de grond en kunnen zorgen voor een goede stabiliteit van de tent. Deze techniek van lijnen kan goed gebruikt worden voor het ophouden van gebouwen aangezien er niet dezelfde mogelijkheden voor funderingen als op het land. Kleine gebouwen hebben een minder diep fundament nodig en dus is dat nog een reden om te kiezen voor lagere gebouwen in plaats van hogere gebouwen.

Wanneer het gaat over gebouwen stabiel houden op een drijvend platform kan dat vergeleken worden met containers. Containers zijn ook aparte onderdelen op een drijvend onderwerp. Containers worden ook stabiel gehouden door ze stevig vastmaken op verschillende punten. Als dit ook wordt gedaan met kleine gebouwen zullen zij 1 geheel worden van het drijvend platform en komen er geen externe effecten bij kijken.

Een combinatie van lijnen die ervoor zorgen dat er geen diepe fundering hoeft te zijn en een systeem die ervoor zorgt dat het gebouw 1 geheel wordt samen met het drijvend platform is de beste oplossing om de civiele structuren zo stabiel te houden op het drijvend platform.

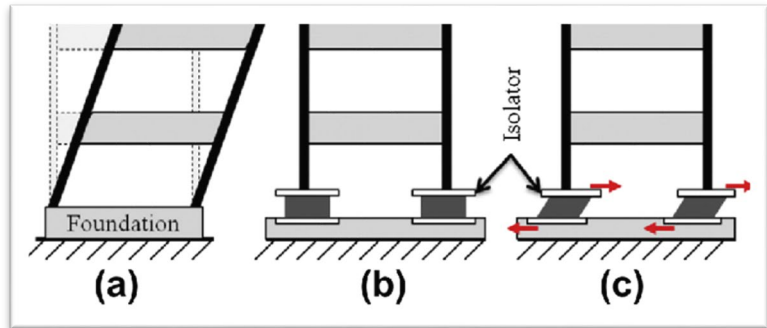
5.3 Hoe kunnen de trillingen op het drijvende complex het best opgevangen worden zodat de infrastructuur hier geen schade aan ondervindt?

Om ervoor te zorgen dat de infrastructuur geen schade ondervindt zijn er twee plaatsen waar systemen plaats kunnen vinden om die schade te voorkomen. Als eerste kan ervoor gezorgd worden dat het platform zo min mogelijk beweegt. Als het platform stilligt is de kans op schade kleiner. De kans blijft wel groot dat het platform niet helemaal stil blijft liggen. Golven zijn een vorm van trillingen en aardbevingen zijn ook een vorm van trillingen. Daarom kunnen de technieken die gebruikt worden om schade bij aardbevingen te voorkomen toegepast worden om schade van de drijvende infrastructuur te voorkomen.

5.3.1 Schade voorkomen door aardbeving bestendig bouwen

De kans dat er trillingen zullen zijn is erg groot. Daarom moeten de gebouwen op het platform eigenlijk op dezelfde manier gebouwd worden als gebouwen in aardbeving gebieden. Deze worden gebouwd met verschillende technieken. In het artikel *7 interessante ideeën om aardbevingsbestendig te bouwen* op stedebouwarchitectuur.nl worden zeven verschillen technieken om aardbeving bestendig te bouwen benoemd. De eerste daarvan is Base Isolation.

Bij deze techniek wordt ervoor gezorgd dat het gebouw niet meebeweegt met de trillingen. Het gebouw staat op dempers en niet op de fundering. Het gebouw en de fundering zijn los van elkaar. Deze dempers kunnen dus de kracht afkomstig van de trillingen opvangen. Hiernaast staat een illustratie van hoe het systeem in zijn werking gaat. Dit is de meest gebruikte



Figuur 23: Base Isolation

manier van het voorkomen van schade van gebouwen in gebieden met kans op aardbevingen en het is ook een techniek die bruikbaar is voor een drijvend platform.

De volgende techniek is de Vezel versterkte behandeling. Dit is een vrij nieuwe techniek ontwikkeld op de University of British Columbia. Er wordt een materiaal gemaakt van cement, vezels gebaseerd op polymeer, vliegashuis en een aantal andere industriële additieven. Dit wordt op beton gespoten waardoor de muur dezelfde karakteristieken krijgt als staal. Dit betekent dat het beton dat behandeld wordt flexibel en vormbaar wordt maar het blijft ook sterk en kan het gebouw dat de Vezel versterkte behandeling heeft ondergaan een aardbeving met een kracht van 9,1 kan weerstaan.

Er zijn ook oplossingen door vwo-leerlingen bedacht. Vier leerlingen van het GSG Leo Vroman in Gouda hebben samen met de TU Delft een onderzoek gedaan naar een techniek om beton te versterken. Zij hebben toen plastic vezels van plastic flessen en poreuze bolletjes aan het beton toegevoegd. Hierdoor ontstond, wat zij noemde, superbeton. Omdat er plastic vezels in het beton zitten werd het beton flexibeler. Vanwege de beter flexibiliteit was dit superbeton handig voor aardbeving bestendig bouwen.

Als een volk goed om kan gaan met aardbevingen zijn dat de Japanners wel. Per jaar wordt het land getroffen door ongeveer duizend aardbevingen. Gelukkig zijn de meeste van deze aardbevingen nauwelijks voelbaar maar over een lagere periode kunnen ook deze bevingen schade veroorzaken aan de infrastructuur van Japan. Daarom zijn hun oplossingen ook de beste om ook te kunnen toepassen aan het drijvend platform. Er was een gebouw in Japan waar de OA Kindergarten zich bevond. Dit gebouw zou volgens experts niet een forse aardbeving kunnen weerstaan. Daarom werd kleuterschool verplaatst naar een nieuw gebouw. Dit was geen normaal gebouw maar een aantal containers die op elkaar gestapeld werd. Het voordeel van deze containers zijn dat zij als geheel een sterke flexibele constructie creëren.

Dit idee is natuurlijk niet overal toepasbaar. Daarom hebben ze in Japan nog een oplossing. De koolstofvezelkabels. Het hoofdgebouw van Komatsu Seiren heeft sluiers van deze kabels om het hele gebouw heen. De kabels zijn gemaakt van een thermoplastisch koolstofvezelcomposiet en is geweven op een traditionele manier waardoor de kabels in theorie zeven keer sterker zijn dan staal. De kabels zijn bedekt met een synthetische en anorganische vezels. Als laatste worden ze met een anorganische hars afgewerkt. Dit zorgt ervoor dat de kabels erg licht zijn en een hoge trekkracht hebben.



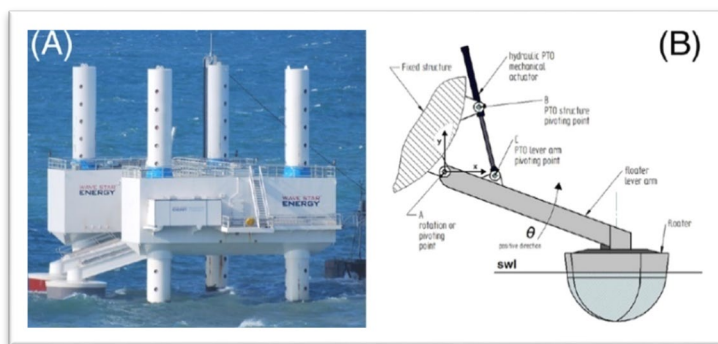
Figuur 24: Hoofdgebouw Komatsu Seiren

Er zijn dus een aantal technieken om aardbeving bestendig te bouwen. Voor op een drijvend platform zijn niet alle technieken bruikbaar. Een platform kan heel weinig ruimte hebben voor een fundament dus dan is het heel moeilijk Base Isolation toe te passen. Containers daarentegen zijn een veel betere optie omdat zij een bijna geen fundament nodig hebben. Ook zij zeecontainers ontwikkeld om op zee te zijn dus zullen gegarandeerd goed functioneren.

5.3.2 Platform stabiel houden

Om schade te van de civiele structuren te voorkomen is het ook een optie om het platform zo min mogelijk het platform in de golven te laten bewegen. Als dit platform weinig beweegt zullen de trillingen minder heftig zijn en kan er gezegd worden dat de aardbevingen minder heftig zullen zijn. Om dit te realiseren zullen er technieken bedacht moeten worden die een drijvende constructie stabiel houden. Eerder in het onderzoek is bekend geworden dat meerdere platromen achter elkaar een dempende werking hebben op de effecten van de golven. Met deze kennis heeft MARIN een technische oplossing bedacht of het effect van golven te verminderen. Eén van deze technieken werd in een filmpje van klokhuis gedemonstreerd in het waterbassin van MARIN. Door kleinere bakken aan de zijkanten van grotere platformen te koppelen met een soort scharnier kunnen de golven als het ware worden teruggeduwd.

Door één kant te koppelen aan het drijvende object kan de kant waar de golven vandaan komen veel bewegen en als het ware de golf opvangen. Het is bijna hetzelfde systeem als die drijvende platformpjes aan de wal die energie opwekken met de inkomende golven. Een voor beeld hiervan is de waviestar, te zien in figuur 25. Deze worden niet direct aan een kade gekoppeld maar het zou wel kunnen. Door deze techniek te



Figuur 25: Golf energie opweker

beheersen kunnen de golven terug worden geslagen en wordt het drijvende platform minder beïnvloed door de golven. Deze techniek was te zien in een Klokhuis filmpje over het onderwerp drijvende steden.

Conclusie hoofdstuk 5

Op welke manier zullen de civiele structuren aangepast moeten worden om de trillingen en bewegingen van de golven te weerstaan? Dat was de hoofdvraag van dit hoofdstuk. Ontdekt is dat de hoogte van de gebouwen beperkt moet blijven in verband met het draaien om de x en y-as. Ook is geconcludeerd dat de technieken van funderen van gebouwen aangepast moet worden omdat er trillingen ontstaan die een versimpelde versie zijn van de trillingen die ontstaan door aardbevingen. Omdat er een versimpelde versie van aardbevingen trillingen ontstaan kunnen de technieken die gebruikt worden om aardbeving bestendig te bouwen goed gebruikt worden. Eén van de beste hiervan is om containers te gebruiken vanwege hun originele doelen waar ze gebouwd zijn voor gebruik op zee. Ook is het belangrijk het platform in het algemeen stabiel te houden. Dit kan gedaan worden door gebruik te maken van een techniek ontwikkeld door MARIN die de golven als het ware terugslaan of duwen. Hierdoor wordt het effect van de golven op de belangrijke onderdelen van het drijvend platform minder.

Hoofdstuk 6: Conclusie

Aan het einde van dit onderzoek staan de conclusies op de verschillende deelvragen en kan er een antwoord komen op de hoofdvraag: Met welke factoren moet rekening gehouden worden om een drijvend complex zo stabiel mogelijk te maken?

Golflengte en golfhoogte hebben invloed op de stabiliteit van de platformen. Uit resultaten blijkt dat de grootte van de platformen en de grootte van golven in verhouding met elkaar staan. Wanneer de golven in grootte met bijvoorbeeld factor 3 afnemen zal de stabiliteit van de platformen toenemen. Daarbij geldt ook dat wanneer het platform met factor 3 toeneemt dat hier dezelfde resultaten uit komen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat, hoe groter het platform en hoe kleiner de golven, de stabiliteit toeneemt. Meerdere platformen zorgen inderdaad voor een dempende werking. Dit is in het voordeel van de stabiliteit van het drijvende platformen. Er kan gezegd worden dat hoe meer platformen er zijn hoe stabiel het midden van het drijvende platform. Het probleem is wel dat dit allen is onderzocht in het geval van driehoeken dus het is niet echt bekend hoe erg anders het is voor andere vormen. Welke constructie drijvende platformen, zorgt voor de meest stabiele ondergrond, voor de toekomstige samenlevingen en industrie op het water? Dat was de hoofdvraag van dit hoofdstuk. Het antwoord hierop is een meerdelig drijvend platform dat bestaat uit zo groot mogelijke platformen. Deze constructie zal zorgen voor de meest stabiele ondergrond voor een toekomstige samenleving op het water.

Golflengte en golfhoogte hebben invloed op de stabiliteit van de platformen. Uit resultaten blijkt dat de grootte van de platformen en de grootte van golven in verhouding met elkaar staan. Wanneer de golven in grootte met bijvoorbeeld factor 3 afnemen zal de stabiliteit van de platformen toenemen. Daarbij geldt ook dat wanneer het platform met factor 3 toeneemt dat hier dezelfde resultaten uit komen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat, hoe groter het platform en hoe kleiner de golven, de stabiliteit toeneemt. Meerdere platformen zorgen inderdaad voor een dempende werking. Dit is in het voordeel van de stabiliteit van het drijvende platformen. Er kan gezegd worden dat hoe meer platformen er zijn hoe stabiel het midden van het drijvende platform. Het probleem is wel dat dit allen is onderzocht in het geval van driehoeken dus het is niet echt bekend hoe erg anders het is voor andere vormen.

Op welke manier zullen de civiele structuren aangepast moeten worden om de trillingen en bewegingen van de golven te weerstaan? Dat was de hoofdvraag van dit hoofdstuk. Ontdekt is dat de hoogte van de gebouwen beperkt moet blijven in verband met het draaien om de x en y-as. Ook is geconcludeerd dat de technieken van funderen van gebouwen aangepast moet worden omdat er trillingen ontstaan die een versimpelde versie zijn van de trillingen die ontstaan door aardbevingen. Omdat er een versimpelde versie van aardbevingen trillingen ontstaan kunnen de technieken die gebruikt worden om aardbeving bestendig te bouwen goed gebruikt worden. Eén van de beste hiervan is om containers te gebruiken vanwege hun originele doelen waar ze gebouwd zijn voor gebruik op zee. Ook is het belangrijk het platform in het algemeen stabiel te houden. Dit kan gedaan worden door gebruik te maken van een techniek ontwikkeld door MARIN die de golven als het ware terugslaan of duwen. Hierdoor wordt het effect van de golven op de belangrijke onderdelen van het drijvend platform minder.

Conclusie hoofdvraag

Het antwoord op de hoofdvraag is een lijstje aan verschillende factoren. De constructie zal zo groot mogelijk moeten zijn, met veel verschillende platformen. een locatie waar de golfgrootte zo kleine mogelijk is ook het beste voor de stabiliteit. De koppelingen moeten 3d zijne een met een demper uitgerust zijn en zoveel mogelijk loodrecht op de golfrichting liggen. De civiele structuren moeten niet te hoog gebouwd worden en er moet gebruik gemaakt worden van technieken waarbij de fundering niet te diep is.

Reflectie

Wat zijn nou mogelijke vervolg stappen voor dit onderzoek?

De vraag van wat de perfect afmetingen van platformen voor de beste stabiliteit is een mooie een vervolg vraag die behandeld kan worden. Hoe kan deze theorie nu toegepast worden in de praktijk. Het vervolg van dit onderzoek zou vooral het toepassen zijn van de onderzocht theorie.

Wat kon beter bij het onderzoek?

De tijdsplanning van het onderzoek was niet optimaal. Dit kan de volgende keer verbeterd worden. Ook was de communicatie tussen de onderzoekers een punt van aandacht. Verder zijn van tevoren subvragen opgesteld, maar deze konden uiteindelijk niet allemaal volledig beantwoorden.

Bijlagen

Bronnen

7 interessante ideeën om aardbevingsbestendig te bouwen. (2017). Stedebouw & Architectuur. <https://www.stedebouwarchitectuur.nl/artikel/7-interessante-ideeen-om-aardbevingsbestendig-te-bouwen>

MARIN, Wageningen, Netherlands & ENSTA, Brest, France. (2019, april). ON THE WAVE INDUCED MOTIONS OF a FLOATING MEGA ISLAND.

TU Delft. (2007). How high can you float. http://www.ecoboot.nl/ecoboot_new/wp-content/uploads/2007/08/scriptie-how-high-can-you-float.pdf

Stam, P. (2021, 4 augustus). Scharnieren, wat zijn de verschillende soorten? - gyzs blog. GYZS Blog. Geraadpleegd op 8 maart 2022, van <https://www.gyzs.nl/blog/scharnieren-wat-zijn-de-verschillende-soorten/>

Oracle VM VirtualBox. (2020). virtualbox. Geraadpleegd op 8 maart 2022, van <https://www.virtualbox.org/>

Chapter 1. First Steps. (2020). virtualbox. Geraadpleegd op 8 maart 2022, van <https://www.virtualbox.org/manual/ch01.html>

Enterprise Open Source and Linux. (2020). Ubuntu. Geraadpleegd op 8 maart 2022, van <https://ubuntu.com/>

OpenFOAM. (2021, 13 december). Home. Geraadpleegd op 8 maart 2022, van <https://openfoam.org/>

ParaView. (2014). Paraview. Geraadpleegd op 8 maart 2022, van <https://www.paraview.org/>

Het Klokhuis: The Floating Future | MARIN. (2021). marin. Geraadpleegd op 9 maart 2022, van <https://www.marin.nl/en/news/het-klokhuis-the-floating-future>

Space@Sea the Floating Solution | MARIN. (2019). Marin. Geraadpleegd op 9 maart 2022, van <https://www.marin.nl/en/publications/spacesea-the-floating-solution>

Visuele hulpmiddelen

Figuur 1: Water talent. (2021). [Logo]. <https://www.watertalent.nl/nl/home>

Figuur 2: MARIN. (2020). [Logo]. <https://www.marin.nl/nl/media-centre/logo>

Figuur 3: Blue 21 x marin concept. (2019). [Illustratie]. <https://www.change.inc/mobiliteit/de-drijvende-stad-als-duurzaam-hollands-exportproduct-14703>

Figuur 4: Logo blue21. (2018). [Logo]. <https://www.blue21.nl/>

Figuur 5: Water basin marin. (2015). [Foto]. <https://www.dutchwatersector.com/news/ocean-cleanup-enters-new-stage-with-model-experiments-in-test-basins-of-marin-and-deltares-the>

Figuur 12: Fig. 5. Left, contributions to mean drift force on a single body triangle. Right, relative wave height along contour of triangle in unit wave amplitude. (2019). [Grafiek].

Figuur 13: Fig. 4. Model of the floating island in the basin (87 modules). (2019). [Foto].

Figuur 14: Fig. 9. Motion RAO at 0.325 rad/s of 87-body frequency domain calculation, horizontal RAO motions amplified 25 times. Real (left) and imaginary part (right). (2019). [Illustratie].

Figuur 15: Fig. 8. Motion RAO of 87-body frequency domain calculation compared to model tests. (2019). [Grafiek].

Figuur 16: Deurscharnier. (2022). [Foto]. <https://www.duovorm.nl/meubelbeslag/scharnieren/overige-scharnieren/deurscharnieren/>

Figuur 17: Bommerscharnieren. (2022). [Foto]. <https://www.bol.com/nl/nl/p/bommerscharnier-40-45-mm-zwart-gelakt/9200000109407889/>

Figuur 18: Kogelscharnier. (2022). [Foto]. <https://www.elektrobode.nl/products/walraven-fixing-points-and-sliding-bis-kogelscharnier-ev-l25-m8x15mm-6642008>

Figuur 22: Verduidelijking x, y en z-as. (2018). [Grafiek]. <https://www.dr-aart.nl/Meetkunde-coordinaten.html>

Figuur 23: Thenozhi, S. T. (2013). *Base isolation system* [Illustratie]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Base-isolation-system_fig3_259159029

Figuur 24: Ota, T. O. (2016). Komatsu Seiren Fabric laboratory fa-bo by Kengo Kuma [Foto]. aasarchitecture. <https://aasarchitecture.com/2016/04/komatsu-seiren-fabric-laboratory-fa-bo-by-kengo-kuma.html/>

Datum	Tijd	Activiteit	Opmerkingen
Fase 1			
7/7/2021	180 minuten	Oriëntatie dag einde van V5	
Vakantie Totaal	240 minuten	Filosoferen over mogelijke onderwerpen	
7/9/2021	45 minuten	Onderwerpen opzoeken	
8/9/2021	60 minuten	Onderwerp zoeken en gesprek met van Nieuwaal	
10/9/2021	30 minuten	Oriënteren op mogelijke onderwerpen	
14/9/2021	30 minuten	Oriënteren op mogelijke onderwerpen	
15/9/2021	30 minuten	Gesprek met van Nieuwaal	
17/9/2021	60 minuten	Informatie zoeken over de mogelijke onderwerpen	
21/9/2021	30 minuten	Top 3 onderwerpen gemaakt	
24/9/2021	30 minuten	Airco's onderwerp kon niet doorgaan -> keuze gemaakt voor de drijvende steden	
29/9/2021	30 minuten	Contact gemaakt met het Marin doormiddel van de kennis van de vader van Douwe	
30/9/2021	90 minuten	Gesprek met Meneer van Nieuwaal over de mogelijke combinatie tussen Wetec en Marin -> keuze gemaakt om dat niet te doen en alleen verder te gaan met het Marin	
4/10/2021	60 minuten	Achtergrondinformatie uitzoeken over drijvende steden	
6/10/2021	80 minuten	Bellen met Marin + brainstormen hoofd- en deelvragen	
10/10/2021	120 minuten	Hoofd- en deelvragen uitwerken + Voorwoord	
13/10/2021	30 minuten	Hoofd- en deelvragen uitwerken	
14/10/2021	30 minuten	Inleiding	
18/10/2021	60 minuten	Inleiding + Hoofd- en deelvragen	
28/10/2021	60 minuten	Gesprek + brainstrom nieuwe Hoofd- en deelvragen	Bepaald dat we meedoen aan PWS- wedstrijd

5/11/2021	300 minuten	Start pws wedstrijd op beurs	
8/11/2021	80 minuten	Poging 2 fase 1	
10/11/2021	135 minuten	Vragen uitwerken	
11/11/2021	50 minuten	Vragen uitwerken	
12/11/2021	210 minuten	Hypotheses uitwerken To do list	
16/11/2021	45 minuten	Hypothese uitwerken	
19/11/2021	60 minuten	Hypothese uitwerken	
22/11/2021	30 minuten	Plannen	
26/11/2021	45 minuten	Voorblad en werkplan	
Fase 2/3			
28/11/2021	60 minuten	Deelvraag 3	
30/11/2021	30 minuten	Inlezen moeilijke bron	
1/12/2021	90 minuten	Deelvraag 3	
3/12/2021	60 minuten	Deelvraag 3	
7/12/2021	45 minuten	Bronnen zoeken	
8/12/2021	90 minuten	Inlezen moeilijke bronnen	
10/12/2021	45 minuten	Deelvraag 3	
11/12/2021	50 minuten	Deelvraag 3 Inlezen moeilijke bronnen	
13/12/2021	50 minuten	Deelvraag 1 Inlezen moeilijke bronnen	
15/12/2021	30 minuten	Deelvraag 3	
16/12/2021	45 minuten	Deelvraag 1 en 3	
18/12/2021	30 minuten	Deelvraag 1	
20/12/2021	30 minuten	Deelvraag 1	
21/12/2021	25 minuten	Bronnenonderzoek	
22/12/2021	35 minuten	Bronnenonderzoek	
23/12/2021	45 minuten	Deelvraag 1	
7/1/2022	30 minuten	Deelvraag 1	
9/1/2022	30 minuten	Deelvraag 1	
12/1/2022	45 minuten	Deelvraag 1	
11/2/2022	60 minuten	Gesprek met begeleider en inleiding	
14/2/2022	30 minuten	Bronnenonderzoek	
15/2/2022	30 minuten	Verwerken opmerkingen	
17/2/2022	60 minuten	Verwerken opmerkingen	
18/2/2022	40 minuten	Deelvraag 1	
19/2/2022	100 minuten	Voorwoord + Inleiding	
21/2/2022	30 minuten	Inleiding	
22/2/2022	45 minuten	Deelvraag 1	
24/2/2022	120 minuten	Deelvraag 1	
25/2/2022	350 minuten	Samen bij Lucas thuis aan waterbak en anderen dingen gewerkt	
4/3/2022	360 minuten	Deelvraag 3	

5/3/2022	180 minuten	Deelvraag 3	
6/3/2022	180 minuten	Deelvraag 3	
7/3/2022	240 minuten	Deelvraag 3 en 2 Conclusies Opmaak	
8/3/2022	420 minuten	Algemene afronding	
Overig	300 minuten	Vorbereiding Presentatie	Inschatting
Totaal		87 uur	

Lucas Mol

Datum	Tijd	Activiteit	Opmerkingen
Fase 1			
7/7/2021	180 minuten	Oriëntatie dag einde van V5	
Vakantie Totaal	240 minuten	Filosofen over mogelijke onderwerpen	
7/9/2021	45 minuten	Onderwerpen opzoeken	
8/9/2021	60 minuten	Onderwerp zoeken en gesprek met van Nieuwaal	
13/9/2021	60 minuten	Onderzoek naar mogelijke onderwerpen	
14/9/2021	90minuten	Achtergrondinformatie zoek over Dutch Climate Systems en bellen met dit bedrijf kijken of er een samenwerking mogelijk is.	
15/9/2021	30 minuten	Gesprek met van Nieuwaal	
17/9/2021	60 minuten	Bellen met Dutch Climate Systems, ze konden ons niet verder helpen. Onderwerp geschrapt. Nieuwe mogelijke onderwerpen zoeken.	
24/9/2021	30 minuten	Onderwerpen weggestrepen en keuze gemaakt om onderzoek over drijvende steden te doen.	
2/10/2021	30 minuten	Miltje naar het MARIN	
3/10/2021	60 minuten	Achtergrondinformatie zoeken over drijvende steden.	
6/10/2021	60 minuten	Bellen met Marin + brainstormen hoofd- en deelvragen	
17/10/2021	120 minuten	Inleidend woord over drijvende steden schrijven, met daarin	

		veel achtergrondinformatie over Marin en hun projecten.	
24/10/2021	30 minuten	Logboek aanpassen en op een rij zetten wat er gedaan moet worden.	
28/10/2021	60 minuten	Gesprek + brainstorm nieuwe Hoofd- en deelvragen	Bepaald dat we meedoen aan PWS-wedstrijd
5/11/2021	300 minuten	Start pws wedstrijd op beurs	
8/11/2021	80 minuten	Poging 2 fase 1	
9/11/2021	30 minuten	Gesprek, mogelijke deelvragen	
10/11/2021	45 minuten	Subdeelvragen bedenken	
11/11/2021	30 minuten	Vooronderzoek uitwerken	
12/11/2021	300 minuten	Vragen uitwerken To-do-list opgesteld Vooronderzoek Overleg met Douwe Fase 1 Definities uitwerken	
16/11/2021	45 minuten	Inleiding uitwerken	
23/11/2021	60 minuten	Deelvraag 1 bronnen zoeken	
Fase 2/3			
30/11/2021	60 minuten	Simulatie onderzoek	
5/12/2021	30 minuten	Vooronderzoek bijwerken	
14/12/2021	30 minuten	Simulatie onderzoek	
21/12/2021	45 minuten	Simulatie onderzoek	
23/12/2021	30 minuten	Simulatie onderzoek	
28/12/2021	90 minuten	Ubuntu onderzoek	
29/12/2021	60 minuten	Ubuntu Installatie 1.0	
4/1/2022	60 minuten	Onderzoek Simulatie	
19/1/2022	240 minuten	Ubuntu installatie 2.0	
20/1/2022	300 minuten	Ubuntu installatie 2.0	
21/1/2022	330 minuten	OpenFoam installatie 1.0	

3/2/2022	120 minuten	Simulatie installatie 1.0	
24/2/2022	45 minuten	Onderzoek Simulatie	
25/2/2022	350 minuten	Waterbak bouwen Deelvraag 1 Simulatie Grafieken	
2/3/2022	60 minuten	Deelvraag 2	
3/3/2022	45 minuten	Deelvraag 1	
4/3/2022	300 minuten	Simulatie uitwerken	
6/3/2022	120 minuten	Simulatie uitwerken	
7/3/2022	330 minuten	Simulatie uitwerken	
8/3/2022	660 minuten	Hoofdstuk Simulatie Deelvraag 1 Deelvraag 2 Conclusie Overige afronding	
Overig	300 minuten	Vorbereiding Presentatie	Inschatting
Totaal		97 uur	

