



BIJLAGEN

Auteurs: R.Trentelman en R. de Vries
Afstudeerperiode: 06-02-2018 tot 30-06-2018
School: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
Begeleiders: C. van der Giessen en E. Rob
Bedrijf: Blue21
Begeleidster: Ir. K. Czapiewska
Datum: 24 mei 2018

Bijlage A: Literatuuronderzoek

A.1 Golf hydrodynamica

De zee bestaat uit een grote variatie aan golven. Een golf is: *iedere vervorming, plooiing of verheffing van het oppervlak van een vloeistof*. De vervorming van het oppervlak wordt door verschillende mechanisme opgewekt waaronder wind, aardbevingen, schepen of de aantrekkingskracht van hemellichamen. De theorie die hieronder beschreven staat is bedoeld om te bekijken welke golfsoorten invloed hebben op de drijvende platformen. (Koning, 1996)

A.1.1 Windgolven

Wind is één van de mechanisme die ervoor zorgt dat golven op zee worden opgewekt. Windgolven planten zich voort zonder dat de waterdeeltjes permanent een grote verplaatsing in de voortplantingsrichting van de golf ondergaan. Er treedt geen resulterende waterbeweging op, maar er is wel sprake van energievoortplanting. (Koning, 1996)

De afmetingen van windgolven hangen af van de strijklengte, waterdiepte, windsnelheid en de tijdsduur van de windsnelheid. Er wordt niet alleen met windsnelheid gewerkt maar ook met de windkrachtschaal volgens Beaufort. Hij ontwierp een windsnelheidsschaal ten behoeve van grote zeilschepen. Deze schaal bestaat uit 12 krachten waarbij windkracht 0 overeenkomt met windstille en windkracht 12 met een orkaan. In Tabel 1 is de schaal van Beaufort weergegeven.

kracht*	benaming	wind gemiddelde snelheid over 10 minuten	wind gemiddelde snelheid over 10 minuten	uitwerking boven land en bij mens
		km/h	m/sec	
0	stil	0-1	0-0,2	rook stijgt recht of bijna recht omhoog
1	zwak	1-5	0,3-1,5	windrichting goed af te leiden uit rookpluimen
2	zwak	6-11	1,6-3,3	wind merkbaar in gezicht
3	matig	12-19	3,4-5,4	stof waait op
4	matig	20-28	5,5-7,9	haar in de war; kleding flappert
5	vrij krachtig	29-38	8,0-10,7	opwaaiend stof hinderlijk voor de ogen; gekuilde golven op meren en kanalen; vuilcontainers waaien om
6	krachtig	39-49	10,8-13,8	paraplu's met moeite vast te houden
7	hard	50-61	13,9-17,1	het is lastig tegen de wind in te lopen of te fietsen
8	stormachtig	62-74	17,2-20,7	voortbewegen zeer moeilijk
9	storm	75-88	20,8-24,4	schoorsteenkappen en dakpannen waaien weg; kinderen waaien om
10	zware storm	89-102	24,5-28,4	grote schade aan gebouwen; volwassenen waaien om
11	zeer zware storm	103-117	28,5-32,6	enorme schade aan bossen
12	orkaan	>117	>32,6	verwoestingen

(Bron: Weeratlas Nederland, Uitgeverij Kosmos/7&K, Utrecht, 1997/2004)

Tabel 1 Windkracht volgens Beaufort

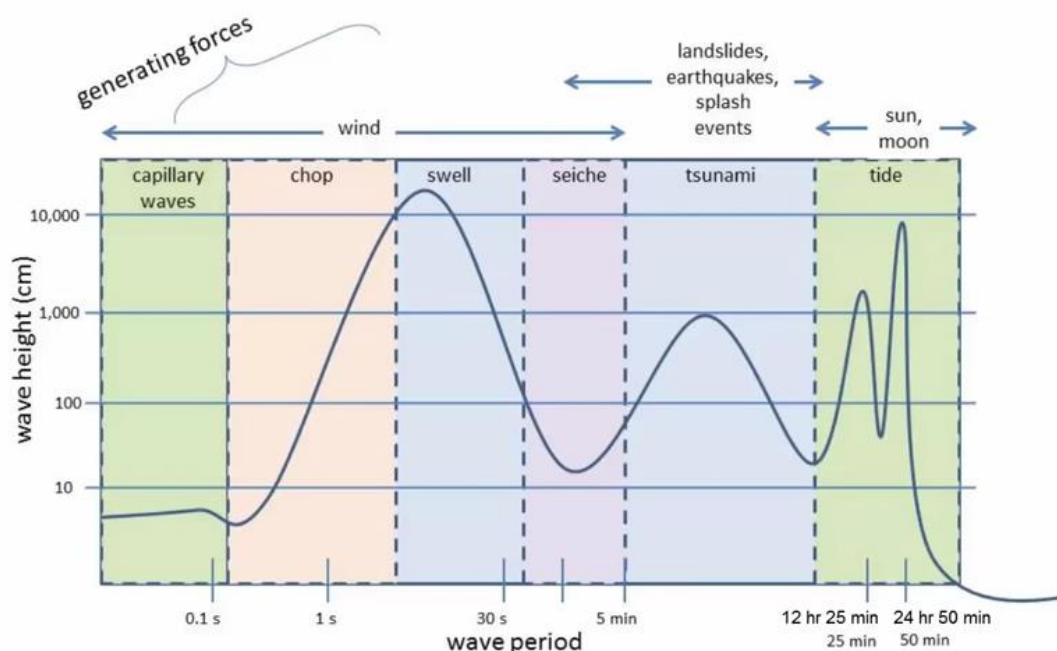
Door het verschil in windkrachten kunnen er 3 type windgolven worden onderscheiden. Dit zijn de capillaire golven, de korte golven en de deining. In Tabel 2 is een overzicht te zien van de verschillende golven met daarbij hun periode, lengte, diepte en bron. In onderstaande alinea worden de verschillende golven gekarakteriseerd.

Type of Wave	Period	Wavelength	Depth of influence	Source
Capillary or ripple	< 1 second	< 2 cm	Very shallow	Light wind, insects
Chop	1-10 seconds	1-10 m	Shallow	Strong wind
Swell	10-30 seconds	up to 100 m	$\frac{1}{2}$ of the wavelength	Storms

Tabel 2 golf karakteristieken <http://www.sms-tsunami-warning.com/pages/tsunami-features#.Wp1ACeciEWc>

Capillaire golven

Capillaire golven verschijnen op kalm water wanneer het waait. Deze golven doven ook meteen uit wanneer de wind stopt. De kracht die ervoor zorgt dat deze beweging stopt is de oppervlaktespanning. Capillaire golven hebben een hele korte periode, vaak minder dan 1 sec. De lengte van deze golven is kleiner dan 2 cm. De diepte van invloed van deze golven is dan ook minimaal, omdat ze een hele kleine golfhoogte hebben. Deze golven komen voor tot windkracht 2. In Figuur 1 is een hoogte verloop van de verschillende golven te zien. (Toffoli, 2017)



Figuur 1 Ocean wave basics earth rocks (Earth Rock! Katryn Wiese, 2015)

Korte golven

De korte zeegolven vormen zich door hardere aanhoudende winden. Ze zijn grootschaliger en hebben vaak onregelmatige bewegingen. Deze golven hebben de neiging veel langer mee te gaan, zelfs als de wind al is gestorven. De herstellende kracht van deze korte zeegolven is de zwaartekracht. De periode van deze golven is tussen 1 en 10 sec met een lente tot 10 m. Deze golven hebben meer impact in de diepte maar nog steeds minimaal. Korte golven zorgen voor de witte schuimkoppen die in de zee te vinden zijn. Deze golven komen voor vanaf windkracht 3 tot 12.

Deining

Omdat de korte zeegolven zich voortplanten vanuit hun oorspronkelijke gebied, scheiden ze zich van nature in groepen van gemeenschappelijke richting en golflengte. Doordat ze allemaal dezelfde karakteristieken hebben is deze aanhoudende reeks golven ook wel bekend als de deining. Deze deining bestaat uit lange zeegolven zonder schuimkoppen, die niet meer onder invloed staan van de wind die hen veroorzaakte, doordat de wind zich naar elders verplaatst heeft of verdwenen is, of omdat de golven uit het windveld zijn gelopen.

De deining kan een periode hebben van 10 tot 30 seconde met golflengte tot 100 m. Deze golven zijn een stuk groter waardoor de beweging tot een halve lengte van de golf diep voelbaar is. De golfhoogte kan oplopen tot boven 10 meter. (Earth Rocks! Katryn Wiese, 2015) (Toffoli, 2017)

Seiches

Een seiche is een fenomeen waarbij de inkomende golven terugkaatsen en elkaar soms versterken en een staande golf veroorzaken. Staande golven kunnen ontstaan in alle ingesloten of half ingesloten wateren, van een groot meer tot een koffiekopje. Een seiche ontstaat wanneer sterke winden en snelle veranderingen in de atmosferische druk, water van het ene uiteinde van een waterlichaam naar de andere drijven. Wanneer de wind dan stopt, kaatst het water terug naar de andere kant van het ingesloten gebied. Een seiche heeft vaak een periode van enkele minuten. Waarbij de hoogte sterk af hangt van de inkomende golven.

De bovenstaande golven zijn gedefinieerd door hun golflengte en golfperiodes. Wind opgewerkte golven zijn gekarakteriseerd door hun periode van 0,25 – 30 sec waarbij de golflengte verschilt tussen de 0,1 – 1500 m. (Holthuijsen, 2007)

A.1.2 Andere oorzaken van golven

Niet alleen wind is een aandrijvende factor om golven te veroorzaken. Ook een aardbeving, vulkaanuitbarsting, kan een golf tot gevolg hebben. Hieruit ontstaat dan een tsunami. Ook schepen kunnen golven veroorzaken. De langste golf die veroorzaakt kan worden is de getijde golf.

Tsunami

Een tsunami ook bekend als een seismische zeegolf, is een reeks aan golven die worden veroorzaakt door een verplaatsing van een groot volume aan water. Aardbevingen, vulkaanuitbarstingen en anderen onderwaterexplosies kunnen een tsunami genereren. In tegenstelling tot wind of getijde golven worden tsunami's veroorzaakt door een verplaatsing van water. De golflengte kan wel 20 tot wel 300km bedragen. Tsunami's bestaan over algemeen uit een reeks golven met een variërende periode van minuten tot een paar uur. Doordat tsunami's grote golfhoogtes kunnen bereiken is de golf voelbaar tot de bodem van de zee.

Type of Wave	Period	Wavelength	Depth of influence	Source
Tsunami	5-90 minutes	20 km to 300+ km	To the bottom	Earthquakes, Landslides, Volcanic eruptions, and more

Tabel 3 tsunami karakteristieken <http://www.sms-tsunami-warning.com/pages/tsunami-features#.Wp1ACeciEWc>

Getijdewerking

Getijde zijn periodieke veranderingen in de hoogte van een wateroppervlak ten gevolgen van de aantrekkingskracht van hemellichamen. Op aarde wordt dit veroorzaakt door de maan. Omdat de aarde en de maan elkaar aantrekken zorgt de maan ervoor dat het water ook naar de kant van de maan getrokken wordt. Doordat de aarde zelf ook roteert is de tijd tussen twee hoogwaters net geen 12 uur maar 12 uur en 25 min.

Soms is hoogwater hoger dan de andere keer dit komt dan omdat de zon ook de aantrekkingskracht op de aarde heeft, dit is alleen vele malen minder dan van de maan. Als de zon, maan en aarde op 1 lijn staan versterken de krachten elkaar en wordt er gesproken van springtij. Als de maan haaks op de aarde staat werken de zon en maan elkaar tegen en wordt er gesproken van doodtij. Hierbij is het verschil in waterhoogte een stuk minder. In de Noordzee kan het getijde verschil 0,5 tot 3 meter bedragen. (Koning, 1996)



Figuur 2 springtij



Figuur 3 doodtij

Scheepsgolven

Ook schepen veroorzaken golven wanneer ze bewegen. Deze golven zijn het meest te vergelijken met de korte zeegolven. Door de beweging verplaatsten ze het water. Door het varen veroorzaken ze een druk verstoring waardoor golven worden opgewekt.

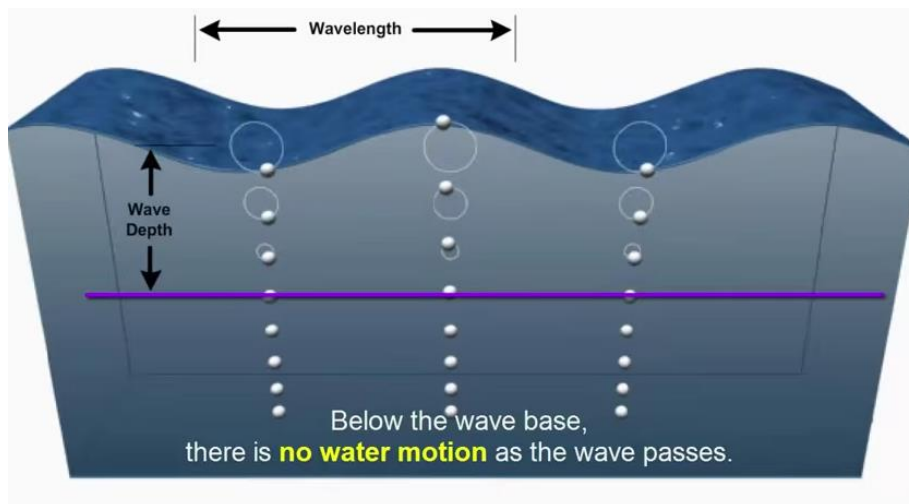
A.1.3 Verschil diepwatergolven/ondiep watergolven

De vele variatie in golven wordt geschematiseerd tot een golfbeeld met één golfhoogte, periode, lengte etc. Dit moet een karakteristieke waarden zijn om de werkelijke invloed te kunnen bepalen. Daarvoor is het begrip dominerende golf (significante golf) ingevoerd. Onder de significante golfhoogte wordt verstaan: de gemiddelde hoogte van 1/3 van het gemeten golfbeeld. Dit gemiddelde kan ook worden bepaald voor de periode en de lengte van de golven.

Volgens Raleigh is de volgende statische verdeling van toepassing:

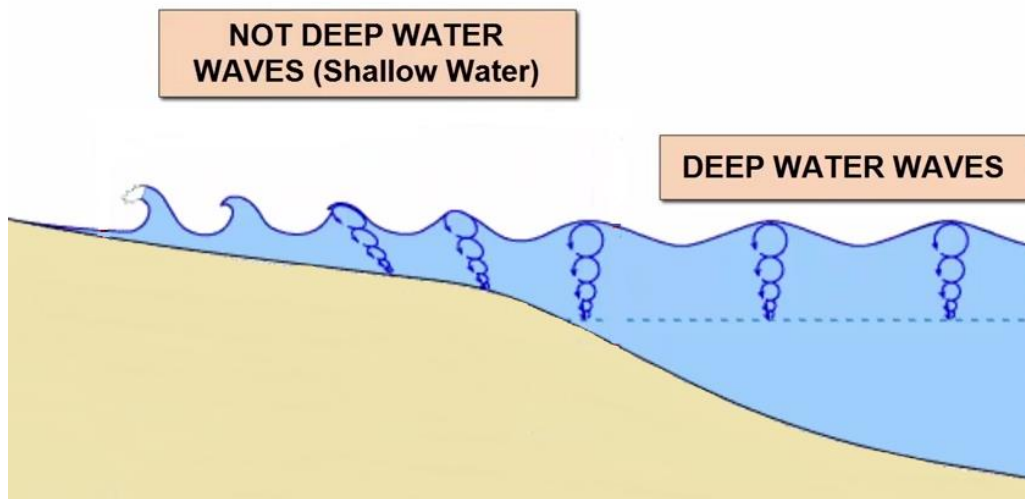
- 1% van de golven is hoger dan $1,86 H_s$ dit is de maximale golfhoogte
- 2% is hoger dan $1,4 H_s$
- 10% is hoger dan $1,07 H_s$
- De gemiddelde hoogte bedraagt $0,59 H_s$

De verschillende golfsoorten kunnen worden verdeeld in twee types namelijk diepwatergolven en ondiep watergolven. Om een diepwatergolf te definiëren wordt er gekeken naar de waterdiepte waar de golf nog invloed heeft. Bij diepwater golven ondervinden alle waterdeeltjes op een diepte groter dan de halve golflengte vrijwel geen invloed van de golven. In Figuur 4 is te zien dat deze diepte wordt bepaald vanaf de as van de golf. (Toffoli, 2017)



Figuur 4 Diepwatergolf

Het begrip 'diep' heeft niet te maken met de werkelijke waterdiepte maar uitsluitend met de diepte ten opzichten van de golflengte.



Figuur 5 overgang diepwatergolf naar ondiep-watergolf

Als de waterdiepte kleiner wordt dan de halve golflengte, dan wordt er gesproken over ondiep watergolven. Hierbij heeft de golf wel invloed op de bodem zoals in Figuur 5 te zien is. De afmetingen van deze golven worden nu niet alleen bepaald door de windduur, windsnelheid en de strijklengte maar ook door de waterdiepte. Bij drijvende objecten die diep in de zee liggen zullen alleen de diepwatergolven van toepassing zijn. (Toffoli, 2017) (Earth Rocks! Katryn Wiese, 2015)

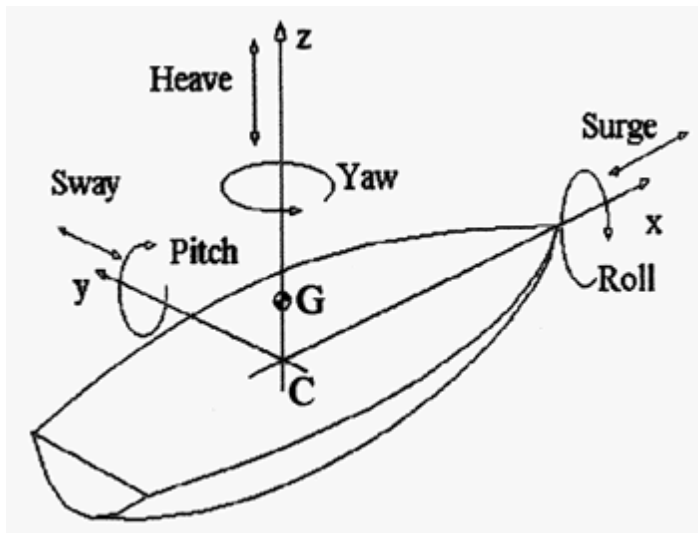
Airy wave theorie

Vaak wordt er bij golven gebruikt gemaakt van de lineaire theorie. Deze theorie kijkt naar stationaire enkelvoudige golven met zeer lage steilheid en met een hoogte die veel kleiner is dan de diepte. Deze theorie draagt ook wel de naam G.B. Airy 1845 (Airy wave theorie). Deze theorie werd later door Stokes, Rayleigh en Reynolds verder ontwikkeld. (Holthuijsen, 2007) (Slingsby, 2014)

A.1.4 Invloed verschillende golftypes op drijvend object

Er spelen veel krachten mee op drijvende objecten. Er zit veel krachtverschil tussen ongebroken, brekende of gebroken golven. De krachten van ongebroken golven op constructies is vele malen kleiner dan de krachten van de gebroken of brekende golven. Golfkrachten worden vooral bepaald door 2 soorten drukken: hydrostatische druk en de hydrodynamische druk. Ongebroken golven hebben voornamelijk de hydrostatische druk waarbij de gebroken golven vooral te maken hebben met hydrodynamische druk.

Deze verschillende soorten krachtverschillen van golven hebben invloed op de bewegingen van drijvende objecten, bijvoorbeeld schepen. De invloed van de golven op de bewegingen van een drijvende constructie is terug te voeren op 3-assen zoals in Figuur 6 te zien is (de X,Y en Z as). Op elk van deze 3 assen zijn 2 verschillende bewegingen te onderscheiden: een rolbeweging en een lineaire beweging (heen en weer). Onder de onderstaande figuur staat een korte toelichting van de Engelse termen voor deze bewegingen. In de figuren 6 en 7 wordt een schip gebruikt als voorbeeld, maar drijvende eilanden zijn onderhevig aan dezelfde bewegingen.



Figuur 6 Assen voor een drijvende constructie

Bewegingen die met een drijvend object te maken hebben:

- De Pitch beweging is het roteren van het object rond zijn Y as.
- De Roll beweging is het roteren van het object rond zijn X as.
- De Yaw beweging is het roteren van het object rond zijn Z as.
- De Heave beweging is de lineaire verticale beweging het "op en neer gaan" van het object op de Z as.
- De Sway beweging is de lineaire verticale beweging het "heen en weer gaan" van het object op de Y as.
- De Surge beweging is de lineaire longitudinale (voor naar achter) beweging van het object op de X as.

Het moeilijke aan het maken van realistische modellen voor simulatie van de bovenstaande bewegingen is, dat hier de 6 dimensies van beweging, zoals in Figuur 6 en Figuur 7 te zien is, tegelijkertijd optreden. Omdat heave en pitch de meeste invloedrijke beweging zijn op het gebied van comfort op een schip worden alleen deze twee bewegingen bestudeerd. (Slingsby, 2014)

3.8.1. SCHEEPSBEWEGINGEN

- 1 **Rollen (roll):** Deze beweging kan in het ergste geval leiden tot kapseizen. Veroorzaakt door de combinatie van golven en wind op de X -as, en kan versterkt worden door gieren. Ook verzetten genoemd



- 2 **Schrikken (surge):** De voortstuwing is aanwezig over de gehele lengte van het schip (X -as). Surfers maken van deze kracht gebruik om vooruit te komen.



- 3 **Gieren (yaw):** Het schip draait naar bak- of stuurboord over de Z -as. Deze beweging wordt door het roer veroorzaakt, maar treedt ook op door invloed van golven en wind. Dan moet er worden bijgestuurd.



- 4 **Delnen (heave):** Een op- en neergaande beweging langs de Z -as, veroorzaakt door golfbewegingen. Dit noemt men ook dompen.



- 5 **Slingeren (sway):** Zijwaartse beweging over de Y -as die over het algemeen slechts van beperkte invloed is op de vaart van het schip. Oorzaak: golven en wind.



- 6 **Stampen (pitch):** Een rijzende en dalende beweging op de Y -as van boeg tot achterstevan, meestal veroorzaakt door de beweging van de golven en harde tegenwind.



Figuur 7 de 6 bewegingen uitgelegd, <http://docplayer.nl/15053114-Waarom-gebeuren-ongelukken-met-lading-het-goed-zekeren-van-lading.html>

A.1.5 Golf Formules

Golf formules (Koning, 1996)

$$L = C \times T$$

L = golflengte van top tot top in [m]

C = voortplantingssnelheid in [m/s]

T = periode [s]

Er zijn 2 beweringen op te stellen voor de snelheid van de waterdeeltjes:

- Op de top wordt hoogste snelheid gehaald.
- Hoe groter de golflengte hoe groter de diepte waar golfbeweging nog merkbaar is.
- Beneden diepte van 0,5 L is het water nagenoeg stil.

Snelheid van waterdeeltjes aan oppervlak:

$$\pi \frac{H}{T}$$

H = golfhoogte [m]

T = periode [s]

Golfbeeld wordt vergeleken met een trochoïde. Stokes: golven worden onstabiel/breken als de verhouding H/L (steilheid) groter wordt dan 1/7. Op de zee wordt deze verhouding zelden groter dan 1/10.

Zeegang is het golfbeeld dat optreedt onder invloed van de plaatselijk heersende wind. De steilheid ligt hierbij tussen de 0,1 en 0,05. Bij zeegang zijn de golven onregelmatig van aard en is L zeegang = (10 20) x H

Bij deining is een veel regelmatig golfbeeld te zien en verandert de vorm van een trochoïde naar een sinusoïde gaat waarbij $h/l < 0,25$ met $L_{deining} > 40 H$

Hoe ondieper het water hoe meer kracht er ontstaat door de horizontale beweging. Voor diep water gelden de volgende formules:

$$C = \sqrt{\frac{g}{2\pi}} \times L$$

$$T = \sqrt{\frac{2\pi}{g}} \times L$$

L = Golflengte in [m]

C = Voortplantingssnelheid [m/s]

G = gravitatieconstante 9,81 in [m/s]

Energie

Onder energie van watergolven verstaat men het arbeidsvermogen dat er aan en onder het golvende wateroppervlak per eenheid van oppervlak gemiddeld aanwezig is. Deze energie is op te splitsen in potentiële energie en kinetische energie, oftewel plaats en bewegingsenergie.

Gemiddelde energie per eenheid van oppervlak:

$$E = 1,8 \times g \times \rho \times H^2$$
$$E = 1260 \times H^2$$

E = energie in [J/m²]

ρ = Dichtheid in [kg/m³]

g = gravitatieconstante 9,81 in [m/s²]

H = golfhoogte in [m]

Als er veel verschillende golven zijn dan moet men het hoogste 1/3 deel van de golven selecteren en daarvan een gemiddelde hoogte en periode bepalen om de Hs en Ts te krijgen voor een representatieve gemiddelde waarden om mee te rekenen.

Rayleigh heeft volgende verdelingen gevonden:

1 op de 8 golven is hoger dan Hs

1 op de 100 is hoger dan 1,5 Hs

1 op de 3000 is hoger dan 2 Hs

1.1 Schuifwrijving

De tweede wet van Newton: *Wanneer een lichaam een resulterende kracht ondervindt, zal het lichaam versnellen.*

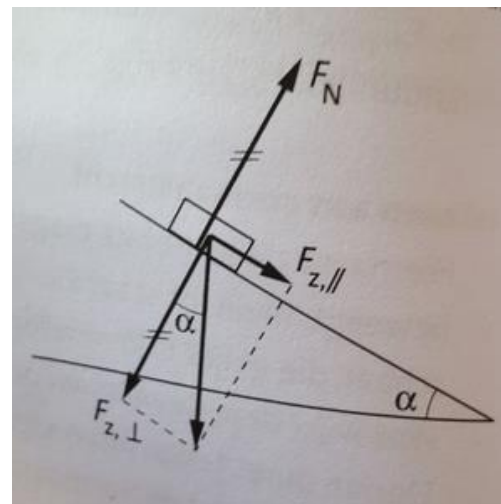
Berekening $F = m \cdot a$ op hellende vlakken.

F = Netto kracht (N)

m = Massa (kg)

a = versnelling (m/s²)

Om de hellingshoek te bepalen moet er gewerkt worden met de 2^e wet van Newton waarbij $F = m \cdot a$ op een hellend vlak wordt toegepast. Het voorwerp op het hellend vlak heeft altijd een Gewicht, Normaalkracht en schuifwrijvingskracht. Het Gewicht gaat altijd loodrecht naar beneden en moet daarom ontbonden worden in een F1 en F2. De normaal kracht is de reactiekracht van een ondersteunend vlak. Deze kracht staat altijd loodrecht op het ondersteunend vlak en gaat omhoog. Deze kracht is even groot als de F1. De schuifwrijvingskracht is evenwijdig aan het vlak dat dit veroorzaakt en dit werkt het bewegen, of dreigen te gaan bewegen, tegen. Als de schuifwrijvingskracht groter is dan de F2 zal het voorwerp blijven liggen. Wanneer de F2 groter is dan schuift het voorwerp van de helling. De hellingshoek en het materiaal zijn belangrijk voor het uitzoeken of een voorwerp gaat glijden of niet. (Thijssen, 2009)



Figuur 8 Krachten op een hellend vlak

Bijlage B: Toelichting steekproefexperiment

Om eisen te formuleren aan de hand van het schuiven van objecten onder invloed van een hellingshoek, is er een experiment gedaan. De hellingshoek waaronder objecten (net) niet gaan schuiven is gegeven door de voorwaarde dat de wrijvingskracht kleiner dan of even groot is als de aandrijvende kracht parallel aan het hellend vlak.

Achtergrond

De wrijvingskracht is gegeven door de formule voor schuifwrijving: $\mu \cdot F_n = F_{wr}$. De μ in deze formule is de wrijvingscoëfficiënt, deze wordt in de praktijk door middel van proeven bepaald omdat deze per oppervlak verschilt. Op een hellend vlak geldt: $F_n = F_{haaks}$. De aandrijvende kracht op een hellend vlak is gelijk aan $F_{parallel}$. Door deze formules aan elkaar gelijk te stellen kan de maximale hoek berekend worden wanneer het object nog niet gaat schuiven, zie onderstaande uitleg.

$$F_{wr} = \mu \cdot F_n = \mu \cdot F_{haaks} = \mu \cdot \cos(\alpha) \cdot F_z$$

$$F_{aandrijvend} = F_{parallel} = \sin(\alpha) \cdot F_z$$

$F_{wr} = F_{aandrijvend}$ geeft dus $\mu \cdot \cos(\alpha) \cdot F_z = \sin(\alpha) \cdot F_z$. Delen door F_z geeft: $\mu \cdot \cos(\alpha) = \sin(\alpha)$. Delen door $\cos(\alpha)$ geeft: $\mu = \tan(\alpha)$.

Om te toetsen of de bekende waardes voor een veel in huis voorkomende situatie (glas op hout) klopt met de realiteit is deze waarde ($\mu=0,94$) ingevuld in bovenstaande formule. Daaruit kan de hoek α van het hellend vlak berekend worden. Dit komt overeen met een hellingshoek van ongeveer 43 graden.

Experiment

Om deze uitkomst te toetsen hebben wij een aantal verschillende glazen op een stuk hout geplaatst en de helling hiervan toe laten nemen, net zo lang tot de glazen gingen schuiven. Uitgaande van de formule zouden deze glazen moeten blijven staan tot de helling ongeveer 43 graden bedraagt. Uit de metingen bleken de werkelijke waarden tussen de 9 en de 20 graden lagen.

De glazen begonnen bij deze hoeken al te schuiven, waarbij er ook nog veel variatie was per test.



Figuur 9 Verschillende soorten glazen



Figuur 10 Hoek 9 graden, alles blijft makkelijk staan.



Figuur 11 Hoek 11 graden, eerste glas schuift

Bijlage C: Comfort

Comfort is een belangrijk toets criterium voor drijvende eilanden. Drijvende eilanden worden ingericht om op te wonen. Om dit mogelijk te maken zal er een standaard opgesteld moeten worden aan welke voorwaarden het platform moet voldoen om er voor te zorgen dat de mensen die op het eiland gaan wonen het zullen ervaren als een comfortabele leefomgeving.

C.1 Functies en acties op een drijvend eiland

In de inleiding van dit deel was al te zien dat dit onderzoek toegespitst wordt op de functie wonen, omdat dit één van de meest relevante functie is. Alleen om de functie als woonomgeving te vervullen, zal het drijvend eiland meerdere acties moeten ondersteunen. Hieronder staat een opsomming van de acties die ondersteund moeten worden bij een woonomgeving.

- Persoonlijk hygiëne
- Wassen en schoonmaken
- Rusten/slappen
- Vermaak (vrijtijdsbesteding)
- Eten en drinken

Om de bovenstaande acties mogelijk te maken dient er aan een aantal voorwaarden voldaan te worden. In Tabel 4 wordt er een toelichting gegeven per actie. Daarbij worden de voorwaarden gegeven waarvan acties deze afhankelijk zijn. Vanuit deze voorwaarden kunnen er meetbare factoren gedefinieerd worden.

Actie:	Afhankelijk van:
Persoonlijke hygiëne	• Men moet kunnen blijven staan zonder moeite
	• Water moet binnen het bad/douche/toilet blijven
Wassen en schoonmaken	• Apparatuur moet blijven werken; (af)wasmachine/droger
	• Water moet binnen bakken blijven
	• Men moet zonder moeite kunnen blijven staan
Rusten/slappen	• De omgeving dient veilig te zijn; in bed kunnen liggen, geen vallende objecten ed.
	• Omgeving dient voldoende rustig te zijn; niet teveel beweging, donker
Vermaak (vrijtijdsbesteding)	• Omgeving dient voldoende rustig te zijn; geen lawaai, geen heftige trillingen of bewegingen
Eten en drinken	• Omgeving dient voldoende stabiel te zijn (makkelijk blijven staan/zitten)
	• Objecten moeten op een oppervlak blijven staan

Tabel 4 Acties met betrekking tot leven op drijvend platform.

Uit deze inventarisatie van acties met de bijbehorende factoren is de voornaamste factor die invloed heeft op het praktisch comfort op het drijvend platform beweging. Door een exces aan beweging worden acties die het dagelijks leven mogelijk maken beïnvloed.

Op een drijvend platform wordt de eerder genoemde beweging vooral veroorzaakt door de golfbewegingen. Factoren die nadelig zijn voor het comfort op het eiland zijn: hellingshoek (in verband met het bewegen van objecten en het in containers houden van vloeistoffen), versnelling (heeft invloed op het vermogen om te kunnen blijven staan/licgen/zitten) en trillingen.

C.2 Meetbaarheid

Aan deze factoren zijn meetbare waarden te koppelen, en met behulp van de acties die eerder beschreven zijn kunnen hier nuttige grenswaarden worden beschreven. Hieronder staat een suggestie van hoe deze factoren het beste meetbaar gemaakt kunnen worden om comfort op een drijvend eiland te duiden. Deze waarden zijn opgesteld aan de grafieken en tabellen uit Bijlage D

Factor	Meetwijze
Hellingshoek	Graden
Versnelling	m/s^2
Trillingen	Hz

Tabel 5 Meet methodiek per factor

De hellingshoek wordt gemeten in graden, dit omdat deze makkelijk te bepalen is met behulp van enkele simpele berekeningen (wanneer schuift iets, wanneer niet).

Versnelling wordt gemeten in m/s^2 , hoewel ook vaak g-kracht gebruikt wordt om versnelling aan te duiden. G-kracht is niets anders dan het ratio tussen de daadwerkelijke versnelling en de gravitatieversnelling. Beide worden gemeten worden in m/s^2 waardoor het logisch is om ook voor het platform deze eenheid aan te houden. De versnelling heeft samen met de hellingshoek invloed op de stabiliteit..

De volgende factor is trilling, dit wordt over het algemeen gemeten in Hertz (Hz). Trillingen kunnen invloed uitoefenen op apparaten en constructies. In het onderzoek zijn de daadwerkelijke grenswaarden opgesteld in Hoofdstuk 4.

C.3 Zeeziekte

Een zeer belangrijke factor in het ervaren van comfort op bewegende constructies is zeeziekte; of meer algemeen bewegingsziekte (immers wagenziekte werkt volgens hetzelfde principe). Er is veel onderzoek gedaan naar het optreden van bewegingsziekte en de oorzaken ervan. Hoewel het onzeker is wanneer het bij wie optreedt, het is namelijk verschillend per individu, is wel bekend wat de waarschijnlijke oorzaak is van het optreden van bewegingsziekte.

De oorzaak van bewegingsziekte ligt namelijk in de werking van het menselijk brein. De mens kan namelijk op twee manieren beweging waarnemen: met het evenwichtsorgaan en de ogen. Het evenwichtsorgaan is echter veel beter uitgerust om bewegingen waar te nemen dan de ogen. Dit omdat de ogen altijd zoeken naar relatieve beweging, beweging ten opzichte van een vaste horizon.

Irwin recorded the term “motion sickness” as follows:

Seasickness, or motion sickness, as it might be more correctly named – for not only does it occur on lakes and even on rivers, but, as is well known, a sickness identical in kind may be induced by various other motions than that of turbulent water – is essentially a disturbance of the “organs of equilibration”

Op het moment dat er geen beweging is ten opzichte van de horizon (doordat bijvoorbeeld een ruimte waarin een persoon zich bevind beweegt.) ontstaat er verwarring in het brein. Deze krijgt immers signalen van het evenwichtsorgaan dat er beweging plaatsvindt, maar de ogen registreren geen beweging. Vanuit de evolutie is het menselijk lichaam er op ingericht om deze verwarring te associëren met vergiftiging. De belangrijkste tekenen van zeeziekte zijn bleekheid, blozen, zweten of braken. Het hoofdsyndroom van deze zeeziekte is misselijkheid wat vaak een precedent is voor het braken. (Cheung) Er zijn nog veel diverse andere tekenen en symptomen die geassocieerd worden met bewegingsziekte Deze komen vaak voor in een bepaalde volgorde.

- Maag bewustzijn
- Maagpijn
- Bleekheid
- Koud zweten
- Slaperigheid
- Geeuwen
- Gevoel van lichamelijke warmte
- Verhoogde speekselafscheiding
- Misselijkheid
- Braken en kokhalzen

De na effecten van bewegingen voor een lange tijd.

- Hoofdpijn
- Apathie
- Lethargie
- Anorexia
- Duizeligheid
- Ellendig gevoel of depressie

Op een drijvend platform, waar vaak sprake zal zijn van beweging in verband met de zee, zal bewegingsziekte dan ook een factor die goed bestudeerd moet worden. Om de bewegingsziekte onder controle te houden zal dit meegenomen moeten worden in de grenswaarden die gesteld worden aan beweging van het drijvend platform.

Bijlage D: Analyse materiaal voor eisen

Er zijn diverse studies met elkaar vergeleken om te achterhalen welke grenswaarden er tot nu toe worden gehanteerd. Veel informatiebronnen zijn gebruikt om de analyse volledig te maken.

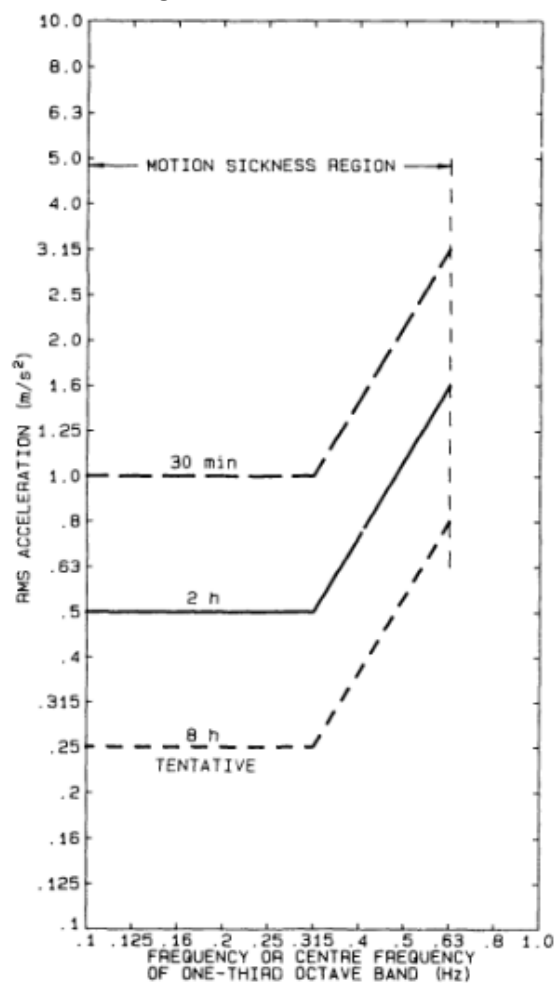
De volgende bronnen komen naar voren:

- ISO 2631-3
- British Standard
- Military Standard
- TNO Scheepsbouwkundige beoordeling van drijvende woningen
- TU Delft scan
- Seasickness and fatigue
- NORDFORSK 1987

D.1 ISO 2631

In de International Standard 2631 is een range gegeven waar de bewegingsziekte optreedt. In Figuur 12 is te zien wat de grenzen zijn voor verblijftijden als er een versnelling en een frequentie tegen elkaar worden uitgezet. Dit model is gebaseerd op mensen die zelden varen (ferry passagiers).

(International Organization for Standardization, 1997)



Figuur 12 ISO 2631/3 Severe discomfort boundaries, vertical vibration

Ook heeft de ISO bepaalde grenzen gedefinieerd om de range weer te geven van comfortabele omstandigheden.

ISO acceleratie grenzen

< 0,315 m/s² niet oncomfortabel
0,3 tot 0,63 klein beetje oncomfortabel
0,5 tot 1 tamelijk oncomfortabel
0,8 tot 1,6 oncomfortabel
1,25 tot 2,5 heel oncomfortabel
2> extreem oncomfortabel

D.2 British Standard

In de BS 6841 bij lage frequentie van (0,1 -0,5 Hz) verticale wordt er gekeken naar de motion sickness dose value. De MSDV is een relatie tussen versnelling en de tijd waarin het een voorspelling geeft voor het percentage aan mensen die last kunnen krijgen van braken.

De MSDV wordt berekend aan de hand van de volgende formule:

$$\text{MSDV} = \left[\int_{t=0}^{t=T} a^2(t) \, dt \right]^{1/2}$$

Hierin is $a(t)$ de frequentie-gewogen versnelling
T de tijd waarin de beweging kan voorkomen

D.3 Military standard

In de military standard wordt het volgende omschreven voor trillingen

5.8.4 Vibration.

5.8.4.1 Whole body vibration. The following provisions apply to whole body vibration, as defined by ISO 2041 and ISO 5805, where the vibratory motions are limited to those transmitted to the human body as a whole through supporting surfaces. This includes the feet for the standing occupant, the buttocks, back, and feet for the seated occupant, and the supporting surface of the occupant lying on his or her back. The applicable frequency range is defined as:

- a. 0.1 to 0.5 Hz for motion sickness
- b. 0.5 to 80 Hz for health, comfort, and perception

5.8.4.1.1 Vehicular vibration. Vehicles for use on land, sea, or air should be designed to control the transmission of whole body vibration to levels that will permit safe and effective operation and maintenance. Evaluation of military vehicle vibration and its possible effects on health, comfort, and perception, and motion sickness should conform to ISO 2631. All vibration measurements should be made at the interface between the occupant and the source of vibration whenever possible.

5.8.4.1.2 Health. To minimize the effects of whole-body vibration on health, the root-mean-square value of the frequency-weighted translational accelerations should not exceed the health guidance caution zones for the expected daily exposures defined by ISO 2631-1, Annex B. If possible, exposure within the health guidance caution zone should be avoided. Frequencies below 20 Hz should be avoided. Evaluation of environments where the vibration crest factor is above 9, or for environments containing occasional shocks of transient vibration, should conform to paragraph 6.3 of ISO 2631-1.

5.8.4.1.3 Performance. The RMS value of the frequency-weighted translational acceleration should fall below the health guidance caution zone for the expected daily exposures defined in ISO 2631-1, Annex B. Whole body vibration should also be minimized in the frequency range below 20 Hz where major body resonances occur. To preclude impairment of visual tasks, vibration between 20 and 70 Hz should be minimized. The transmission of higher frequency vibration through the seating system should also be minimized, especially where transmission of vehicle vibration to the head at such higher frequencies that can occur for seating conditions in which the body or head come in contact with the seatback or a headrest.

5.8.4.1.4 Comfort. Where specific levels of comfort listed in ISO 2631-1, Annex C must be maintained, the applicable overall vibration RMS values indicated therein should not be exceeded.

5.8.4.1.5 Motion sickness. The weighted RMS acceleration in the z-axis (between 0.1 and 0.5 Hz) should be sufficiently low to preclude or minimize motion sickness as assessed by the methods and assessment guidance specified by ISO 2631-1, Annex D.

5.8.4.1.4 Comfort. Where specific levels of comfort listed in ISO 2631-1, Annex C must be maintained, the applicable overall vibration RMS values indicated therein should not be exceeded.

5.8.4.1.5 Motion sickness. The weighted RMS acceleration in the z-axis (between 0.1 and 0.5 Hz) should be sufficiently low to preclude or minimize motion sickness as assessed by the methods and assessment guidance specified by ISO 2631-1, Annex D.

5.8.4.2 Building vibration. Buildings intended for occupation by personnel should be designed/located to control the transmission of whole body vibration to levels that are acceptable to the occupants as specified by ISO 2631-2.

5.8.4.3 Vehicle seating systems. Vehicle seating systems should be designed to minimize the transmission of vehicle vibration to the occupant, avoid system resonances below 20 Hz, and minimize vibration in the operational frequency range of the vehicle. Where visual performance is critical, higher frequencies at the seatback and headrest should be avoided.

5.8.4.4 Equipment vibration only. Where whole-body vibration of the human operator or parts of the body are not a factor, equipment oscillations should not impair required manual control or visual performance.

Ook hier wordt weer een grens voor bewegingsziekte gegeven van 0,1 tot 0,5 Hz. Hoger dan 0,5 Hz geeft trillingen die belastend kunnen zijn voor comfort, gezondheid en perceptie. Verder wordt er in de Military standard veel verwezen naar ISO 2631.

D.4 TNO Scheepsbouwkundige beoordeling van drijvende woningen

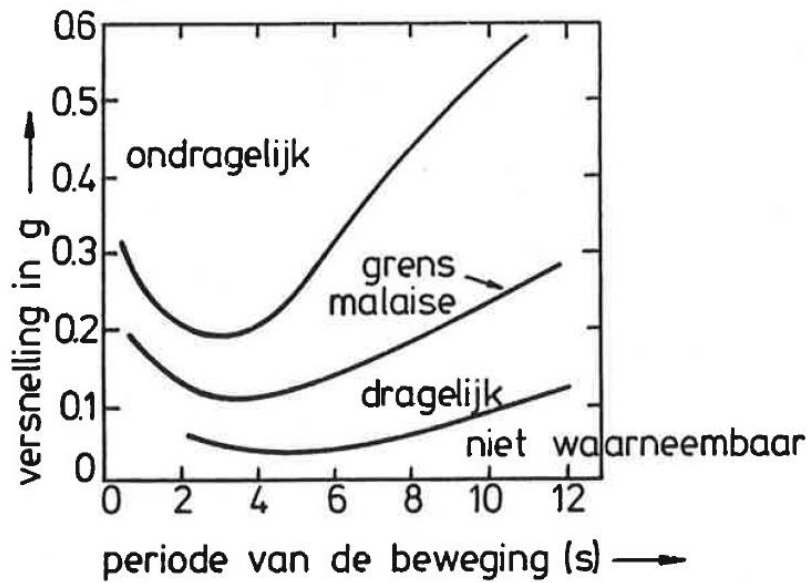
parameter	max RMS helling	max RMS versnelling	
	[deg]	[m/s ²]	[g]
comfortabel	1	0,150	0,015
merkbaar	2	0,500	0,05
oncomfortabel	2,5	0,800	0,08
ongewenst	>2,5	>0,800	0,08

Tabel 6 Comfort criteria rapport TNO

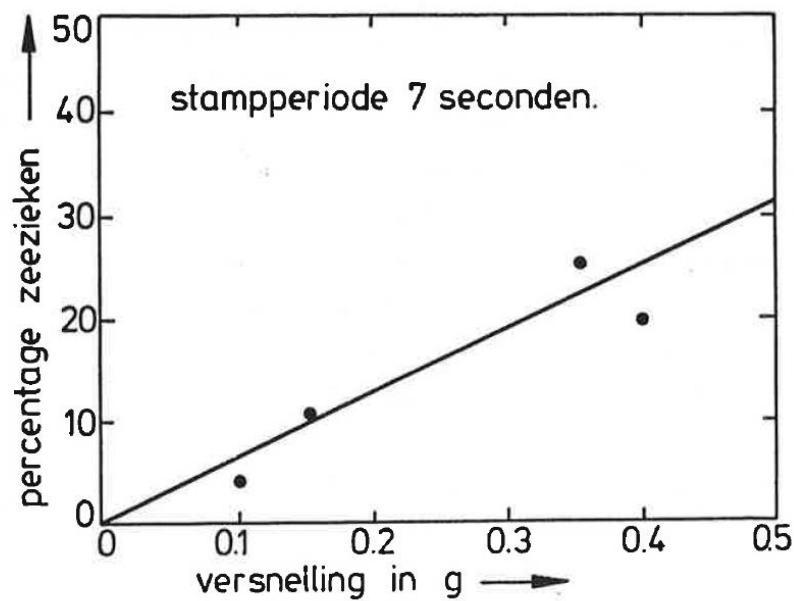
Tabel 6 komt uit een onderzoek van TNO die in samenwerking met het bedrijf Bartels & Vedder een onderzoek heeft gedaan voor een beoordeling van drijvende woningen volgens de scheepsbouw. Bij dit onderzoek heeft men eerdere onderzoeken vanuit de hoogbouw/ wolkenkrabbers gebruikt. Het is niet gebaseerd op mensen die ervaring hebben op water, maar op structuren. De laagste waarde voor comfortabele omstandigheden bedraagt 0,15 m/s². Ook wordt er maar een maximale helling van 1 graden gedefinieerd als comfortabel. Ook dit is gemeten bij verschillende frequenties van 0,1 tot 0,5 Hz.

D.5 TU Delft Scan

Er zijn studies gedaan naar de gevolgen van diverse frequenties van beweging en versnelling op het krijgen van bewegingsziekte. Ook in delft zijn hier onderzoeken naar gedaan waaruit volgende tabellen zijn voortgekomen.



Figuur 13 Menselijke waardering van versnelling TU Delft



Figuur 14 Percentage zeezieken als functie van de verticale versnelling TU Delft

In Figuur 13 wordt de versnelling uitgezet tegen een periode en niet tegen een frequentie. Dit moet dus omgerekend worden naar een frequentie met de formule:

$$F = 1/T$$

Periode	Frequentie
0	0
2	0.5
4	0.25
6	0.167

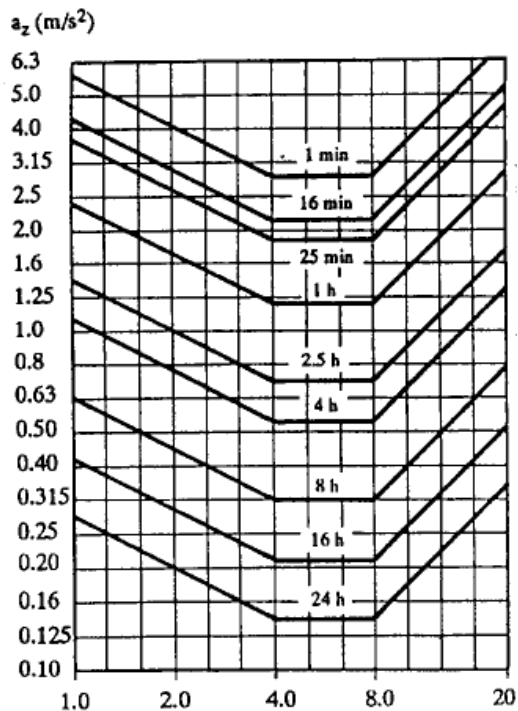
8	0.125
10	0.1
12	0.083

Tabel 7 Periodes naar frequentie

Bij een frequentie range van 0,167 tot 0,6 (0.5 tot 6 s) mag er om nog te kunnen functioneren een versnelling optreden van 0,12G. Dit is $1,17 \text{ m/s}^2$ en ligt volgens deze bron dus ver boven de grenzen van 0,15 tot 0.2 m/s^2 . Daarbij is te zien dat het percentage zeezieken hoger wordt naarmate de versnelling toeneemt.

D.6 Seasickness and fatigue

In dit artikel is er vanuit de ISO ook aanbevelingen gedaan voor zeeziekte. In Figuur 15 is weer de frequentie uitgezet tegen de acceleratie. Daarbij zijn grenzen aangegeven van mate van verblijftijden zonder gevolgen te ondervinden van welke manier van onwel worden dan ook. Deze frequenties lopen van 1 tot 20 Hz. Vele malen boven de grenzen van zeeziekte. Ook bij deze hoogfrequente trillingen kan een mate van lichamelijke stress ontstaan. (International towing tank conference, 1999)



Figuur 15 ISO 2631/1 Fatigue-Reduced Proficiency Boundaries

Description	Max.g	Max.g-rate
<u>Comfort standing person:</u>		
- 99% will keep balance without a need of holding	0.07 g	0.03 g/s
<u>Comfort seated person:</u>		
- Typical bus stop and up/down gear shifts	0.20 g	0.20 g/s
<u>Safety standing person:</u>		
- Elderly person will keep balance when holding	0.08 g	0.20 g/s
- Mean person will keep balance when holding	0.15 g	0.20 g/s
- Mean person max. load keeping balance when holding	0.25 g	1.00 g/s
<u>Safety seated person (no or 2-point seat-belt):</u>		
- Nervous person will start holding (X and Y load) ¹⁾	0.15 g	0.80 g/s
- Persons will fall out of seat (no seat-belt)	0.45 g	3.00 g/s
<u>Safety seated person (3-point seat-belt):</u>		
- Low tolerance for injury (car industry)	40 g (Z) ¹⁾ 10 g (X&Y) ¹⁾	

Tabel 8 Human Response to Single Amplitude Accelerations

In de Tabel 8 zijn verschillende maximale acceleraties in g aangeven waar bepaalde acties nog plaats kunnen vinden. Als mensen willen blijven staan mag de acceleratie niet hoger worden dan 0,07g of te wel 0.687 m/s^2

D.7 NORDFORSK 1987

Ook een Studie van Nordforsk heeft diverse criteria opgesteld voor de maximale toelaatbare bewegingen op schepen.

General Operability Limiting Criteria for Ships (NORDFORSK, 1987)			
Description	Merchant Ships	Navy Vessels	Fast Small Craft
RMS of vertical acceleration at FP	0.275 g ($L \leq 100 \text{ m}$) 0.050 g ($L \geq 330 \text{ m}$)	0.275 g	0.65 g
RMS of vertical acceleration at Bridge	0.15 g	0.20 g	0.275 g
RMS of lateral acceleration at Bridge	0.12 g	0.10 g	0.10 g
RMS of Roll	6.0 deg	4.0 deg	4.0 deg
Probability of Slamming	0.03 ($L \leq 100 \text{ m}$) 0.01 ($L \geq 300 \text{ m}$)	0.03	0.03
Probability of Deck Wetness	0.05	0.05	0.05

General Operability Limiting Criteria for Ships (NORDFORSK, 1987).

Criteria for Accelerations and Roll (NORDFORSK, 1987)			
Description	RMS Vertical Acceleration	RMS Lateral Acceleration	RMS Roll Motion
Light Manual Work	0.20 g	0.10 g	6.0°
Heavy Manual Work	0.15 g	0.07 g	4.0°
Intellectual Work	0.10 g	0.05 g	3.0°
Transit Passengers	0.05 g	0.04 g	2.5°
Cruise Liner	0.02 g	0.03 g	2.0°

Seakeeping performance criteria for human effectiveness - Limiting Criteria with regard to accelerations (vertical and lateral) and roll motion (NORDFORSK, 1987).

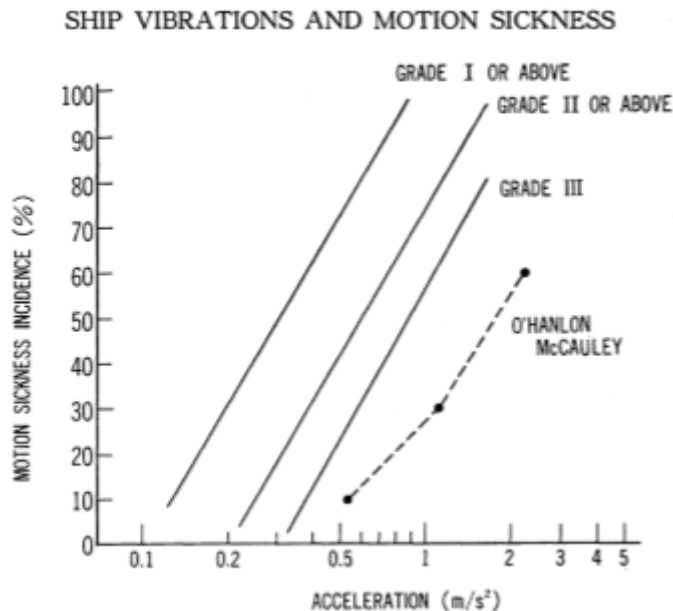
Figuur 16 NORDFORSK 1987 limit criteria and accelerations, roll criteria

In Tabel 1 van Figuur 16 zijn drie verschillende soorten schepen weergegeven waarbij verschillende maximale toelaatbare versnellingen zijn toegestaan op bepaalde delen van schip. De belangrijkste om rekening mee te houden zijn de verticale versnellingen.

In Tabel 2 van Figuur 16 wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende werkzaamheden en in welke omstandigheden deze nog plaats kunnen vinden. Hierbij gaat het voor wooncomfort voornamelijk om de waardes van de Cruise Liner. Waarbij als maximale verticale versnelling ongeveer 0.196 m/s^2 wordt aangehouden.

D.8 Kanda 1977

In het onderzoek van Kanda, is er een observatie gemaakt van kadetten op een trainingsschip gedurende meerdere dagen. Hierbij is er gekeken naar wanneer zeeziekte optrad en is er een poging gedaan om gewenning door langdurige blootstelling te kwantificeren. In dit onderzoek is een meer graduele methode gebruikt voor het meten van zeeziekte, en daarom ook zeer belangrijk geweest voor het onderzoek. Deze graduele aanpak is weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 17 Bewegingsziekte (Kanda, Goto & Tanabe: Ultra-Low Frequency Ship Vibrations and Motion Sickness Incidence)

De metingen die in dit onderzoek gedaan zijn aan gewenning hebben uiteindelijk niet geleid tot een conclusie, door de grote spreiding binnen de resultaten. Afgezien van het optreden van zeeziekte en de factor gewenning is er ook nog gekeken naar de rol die tijd speelt bij het optreden van zeeziekte. Hieruit bleek dat het maximum gevallen van zeeziekte na een uur of 3 blootstelling bereikt werd.

D.9 Overzicht

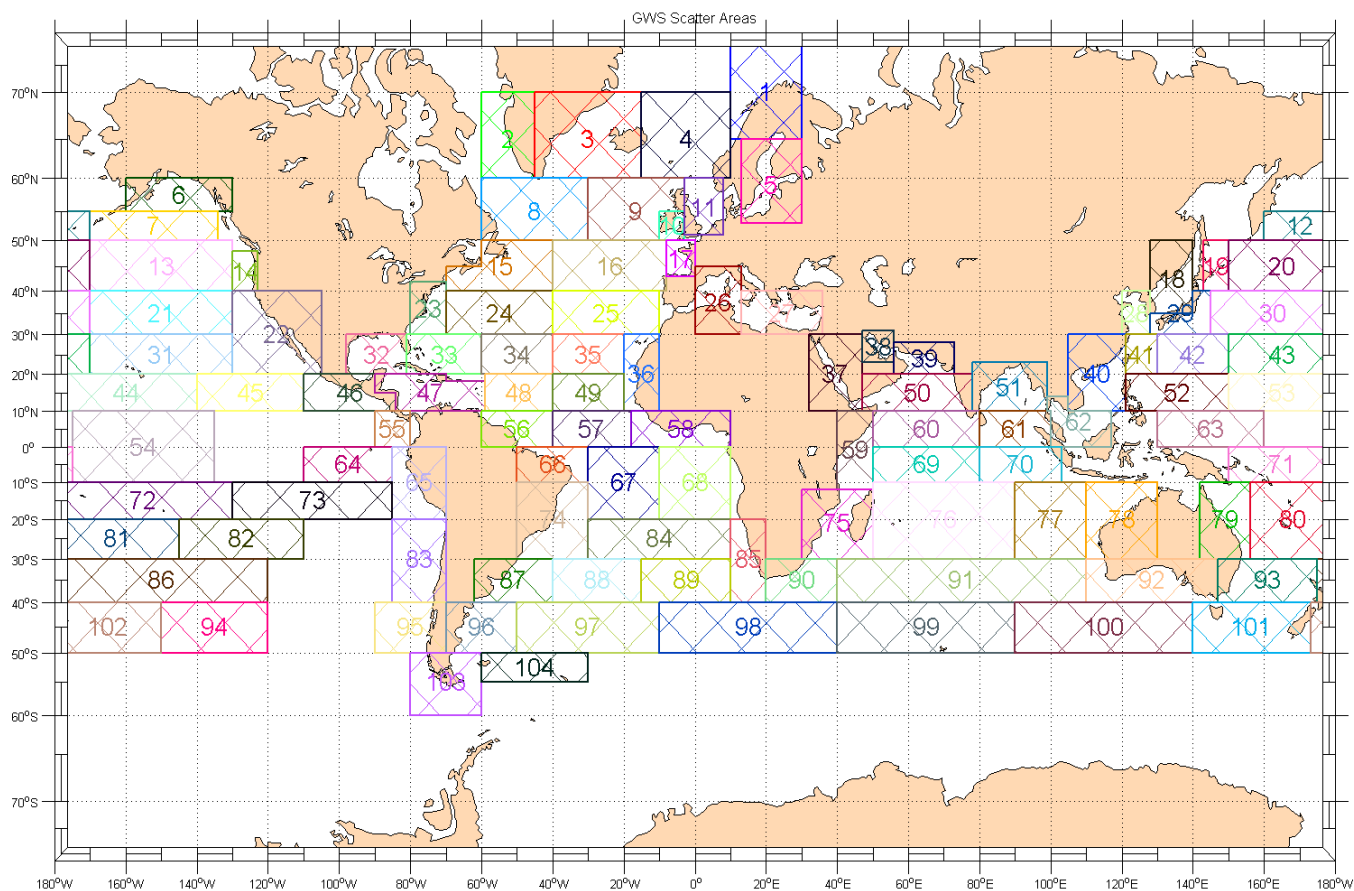
Meest vervelende frequenties zijn tussen de 0,1 en 0,6 Hz. Dus golven met periodes van 2 tot 10 seconden geven vervelende bewegingen voor het menselijk verblijf. Wanneer het platform dan ook daadwerkelijk op deze golf meebeweegt. Het kan zijn dat in de constructie andere trillingen voor komen dan de golfbeweging. Voor langdurig verblijf is het meest voordelig om een acceleratie te hebben onder de 0,25m/s² maximale getolereerde acceleratie mag maar 1,5 zijn dit is al erg vervelend. Uit deze afbeeldingen en artikels is de volgende tabel worden opgesteld. Deze is gebruikt tijdens het opstellen van de eisen.

Bron	Max versnelling m/s ²	Maximale hoek graden	Frequentie interval zeeziekte Hz
ISO	0,25	-	0,1-0,63
BS	-	-	0,1-0,5
MILS	0,25	-	0,1-0,5
TNO	0,15	1	0,1-0,5
TU DELFT	0,5	-	0,167-0,5
SEASICKNESS	0,7	-	1 -20
NORDFORSK	0,2	2	-
KANDA	0,12/0,13	-	-

Tabel 9 conclusie maximale waarden voor acceleratie en frequentie

BIJLAGE E: Overzichtskaart meetgebieden

Tijdens het onderzoek is gebruik gemaakt van de golfddata uit de Noordzee AREA 11.



Figuur 18 Overzicht meetgebieden

Bijlage F Transcript Royal IHC Gesprek

Gesprek met 2 ontwerpers van Royal IHC over eisen m.b.t. schepen.

Kevin

Royal IHC is een bedrijf dat vooral werkschepen ontwerpt en bouwt. We hebben verschillende vestigingen maar deze in Kinderdijk is de grootste.

Om te beginnen is het zeer moeilijk om handmatig te rekenen aan vloeistofbewegingen. Veel wordt versimpeld in berekeningen maar eigenlijk kan het niet benaderd worden.

De zee valt op te delen in veel verschillende sinussen die allemaal over elkaar heen liggen. Deze sinussen kunnen allemaal apart benaderd worden. Vaak wordt er een gemiddelde van de hoogste $1/3$ van de golven genomen en dat wordt dan als waarde gebruikt om mee te rekenen. Dus de zee is heel gevarieerd en onvoorspelbaar. Dit heeft te maken met observatie van de zee, de geschatte golfhoogte door observatie valt ongeveer gelijk met $1/3H$ uitgaand van metingen.

Daarnaast hebben we met schepen altijd te maken met 6 verschillende soorten bewegingen in een vloeistof waarbij er vervolgens meerdere van die bewegingen tegelijkertijd kunnen optreden. De empirische formules die worden gebruikt bij het modelleren van deze bewegingen zijn een benadering van wat er echt gebeurt. Vaak wordt er gekeken naar de RAO (response amplitude operator) waarden. Deze waarden geven het effect van de zeegang aan op de bewegingen van het schip. Om te bepalen of schepen veilig zijn en stabiel genoeg wordt er gekeken naar de RAO waarden.

Golven in een frequentie band die haal je uit de zogenaamde frequentie band van de fouriertransformatie. Super interessant zijn hele dikke boeken over geschreven maar vergeet dat maar even. Je kan als je een sinus beschrijft in de tijd, hem wiskundig ook naar een ander domein omschrijven. Dat noemen ze de fouriertransformatie.

Dus wat je uiteindelijk berekent is een superpositie van je verschillende responsen op zee. Als je dan gaat kijken, we hebben net over die $H_{1/3}$ gehad, dit is niks meer dan turven. Welke golven ziet de persoon en dan pak je bandbreedtes dat zijn gemiddeldes. Dus hoeveel golven zijn er tussen 25 en 75 cm. Het totaal aantal waarvan dan de hoogste $1/3$ deel wordt gepakt is de significante golfhoogte. Dat blijkt een mooie maat te zijn. En de $H_{1/3}$ heeft een verband met de RMS waarden.

Anna: Weten jullie wat RMS waarde is?

Roelle: Root Mean Square

Kevin: Dus als je golven gaat turven en dan zijn spreiding gaat bekijken. Dan is zijn standaard deviatie uit mijn hoofd, de RMS is $4x$ de oppervlakte onder je kans spreiding. Daar zitten allerlei verbanden tussen die je kan gebruiken om een beschrijving van je golftoestand te maken. Uiteindelijk maakt dat weer een wave scatter diagram. En daar hebben ze voor de energie in de zee te beschrijven een golfspectra gemaakt. Deze zijn gebiedsafhankelijk. Voor de Noordzee gebruiken ze de Jonswap en dat is een het energie spectrum van de Noordzee. Dit is gebaseerd op metingen van boeien in de Noordzee over een periode van 30 jaar.

Anna: Laat tabel zien van significante golfhoogtes. Hier zie je welke golven vaak voorkomen en welke minder vaak. Zo komen verschillende schepen in hun eigenfrequentie als je bepaalde golven treft. Dan zou je met je zwaartepunt kunnen schuiven zodat je andere eigen frequentie kan krijgen op je schip.

Kevin: belangrijk om hier aan toe te voegen een schip heeft niet 1 eigen frequentie maar iedere beweging heeft een eigenfrequentie. Dus je hebt je rol-frequentie en slingerfrequentie. Bij gemiddeld schip zit te slingerfrequentie rond de 10 en 20 sec en dat is nou precies de golf die vaakst voor komt. Dus als je dan met je schip dwars op de golven gaat liggen en er komen bepaalde golven voorbij dan gaat die dus extra slingeren. Voor jullie is de GM heel interessant. Dat is voor ons in de scheepsbouw een waarde waarin we de stabiliteit van een schip omschrijven. Je wil niet dat schip omslaat. Een schip heeft een karakteristieke eigenschap om weer terug te gaan naar een evenwichtspositie (zelf richtende eigenschap). Je kan hem een hellingshoek geven maar hij zal altijd terug gaan naar zijn evenwichtspositie. Tot er een dusdanig grote hoek ontstaat dat het schip niet meer terug kan naar de evenwichtspositie en dus omslaat.

Maar voor hele brede constructies krijg je iets anders namelijk, omdat als je iets heel stabiel maakt, dat noemen we in scheepsbouw wreede constructie. Daar wordt je ontzettend ziek op. Omdat de beweging meteen gecorrigeerd wordt. (Niet van toepassing op drijvende eilanden, omdat deze te groot zijn voor het optreden van dit verschijnsel)

Anne: je kan beter beetje langzaam heen en weer gaan dan steeds heel snel.

Kevin: jullie gaan naar afmetingen van 100m bij 100 daar voelt een platform niks van. De lengte van de golven op de Noordzee is vele malen kleiner. Als je in een zwembad op een waterbed gaat liggen merk je niks van die golven tot ze in een golfslagbad heel groot zijn dan merk je pas die op en neergaande beweging. Dit zal het platform ook krijgen. Er zit een punt waar die niks meer gaat doen. In de Atlantische oceaan dan merkt z'n platform wel omdat daar een zwaardere deining is, en dan wordt je echt misselijk. Omdat je dan net in een schommelschip zit. Dat heeft te maken met comfort en de snelheid. Boodschap 1 heel erg afhankelijk van locatie en wat voor zee, lengte, periodes van de golven. Dus dat grafiekje wat ik had opgestuurd over malaise. Daar zag je een piek dat mensen ineens lage acceptatie hebben van comfort.

Rutger: ja die zie je overal terug komen in elk figuur die dat beschrijft

Kevin: ja en die T die piek wordt veroorzaakt doordat daar ergens als je gaat kijken in menselijk lichaam zit daar ergens je eigen frequentie van maag en darmen. Als je evenwichtsorgaan wordt aangestoten wordt je duizelig.

Als je dan gaat kijken naar bijv. Jonswap. Energie beschrijving zijn afhankelijk van de significantie golfhoogte, die piek en de golffrequentie, periode. 2π gedeeld door periode is je golffrequentie. Die zie je ook terug in de grafieken. De golffrequentie is de omega. Tegen de spectrale dichtheid en dat is de energie. Je moet je altijd afvragen wat stelt het voor. Het zegt dat een golffrequentie van een half heeft dus relatief veel energie. Dus als je een schip ontwerpt en de roll periode zit in dit gebied, dan weet je dat als die in deze zee gaat varen dat die best wel is problemen kan krijgen. Want deze golven hebben de meeste energie. Golven het hele grote periode en met hele kleine periode komen nauwelijks voor.

Anne: dus deze grafiek is specifiek voor Noordzee als je dit doet op andere locatie dan kan zijn dat andere frequenties die misschien meer energie geven?

Kevin: ja, de jonswap kan wel toegepast worden op andere zeeën maar dan veranderd de piek. En dat is ook interessant voor jullie. Want aan de kust gaat dit niet meer op.

Rutger: Geld dit alleen voor diepwatervolven dan?

Kevin: ja

Anne: hebben jullie al idee waar dat zich gaat afspelen:

Rutger & Roelle: nou wij kijken voornamelijk naar Noordzee omdat dit ook onze eigen insteek was met betrekking tot krijgen van informatie. Dan is de Noordzee toch meest toereikend qua data.

Anne: als je minder ver uit de kust zit dan hoef je minder streng te rekenen. Aan kust krijg je andere fenomenen

Rutger: wij kijken puur naar de eisen van waar moet zon platform binnen vallen, we willen iets wat je overal op toe kan passen. En we wilde een soort test iets parel a laten lopen om zo te kijken of het wel strookt met eisen. Wat betreft waar neerlegt verwachten we niet dat dicht bij kust ligt omdat economisch niet voordelig is want dan zal zandsuppletie beter zijn.

Kevin: dit boek heb pas gekocht (Holthuijsen, 2007)

Roelle: ja dit boek hebben wij ook gebruikt als bron:

Kevin: hierin staat ook van ondiep water. In diep water mag je aannemen dat sommige dingen lineair zijn en dat verlies je als je naar ondiep gaat je golven worden omhooggestuwd en dan breken ze en dan gaat hele lineaire theorie niet meer op. Deze auteur heeft daar ook een rekenmodel voor gebouwd die wordt gebruikt voor kijken. Voor jullie is jonswap model gewoon belangrijk.

Wij hebben dataset van golven.

Uiteindelijk kan je met een wave scatterdiagram een stochastische benadering doen. Het komt erop neer dat als je relatief weinig frequenties hebt je op de Rayleigh verdeling uit komt. En dat is een kansdichtheidsfunctie en daarmee kan je je overschrijdingskans berekenen. Dat kan je voor je golven doen. Maar als je een eis stelt: Stel je zegt op de brug van een schip mag je niet hoger of meer dan versnelling van 2 m/s^2 . Ik weet niet of dat reëel getal is. Maar als je 2 m/s^2 in verticale richting als eis stelt, dan doe je je scatters $\times$ rao = versnelling en die toets je aan je criteria. Uit die wave scatter kan je eigenlijk een lijn trekken waar die onder en boven valt. In golfspectrum zit ook een tijd, en dan wordt het interessant. Als je hier kijkt (figuur) rood is overschrijding. Als die rood is overschrijd die de maximale versnelling zodat de gangway (waarmee je naar windmolen gaan) niet meer kan compenseren.

Anna

Wat je eigenlijk wil weten is dat gangway in verschillende versnellingen en afstanden kan compenseren. Dus nu zijn we gaan checken kan die voldoende compenseren. Hij moet kunnen werken tot 2.5 meter golf. En dan vul je criteria in en dan gaat die uitrekenen wanneer die overschrijd. Tot 2,5 kan die 98 procent van tijd dan werken. Hier zijn die classes van nordforsk en daar wordt die dan ook aan getest.

Kevin

Er wordt hier weer gepraat over significante golfhoogte. Dus je hebt niet over 1 golf. In jullie geval is het iets dat je maar in je aanbevelingen moet zetten. Als je een platform van 50 bij 50- of 100 bij 100 hebt. Wat wij mogen doen, schepen tot 170 200 meter mag je aannemen mag je aannemen dat schip niet gaat vervormen. Je berekend hem als oneindig stijf. Als je een relatief slap constructie gaat maken gaat die mee vervormen met de golven. En deze vervormingen hebben invloed op de versnellingen op je platform/ schip en dan krijg je fluid structure interaction. Dus de stijfheid van je platform is ook heel belangrijk.

Rutger: tot welke afmetingen kun je met zon oneindig stijve constructie werken.

Kevin: ligt eraan hoe stijf die constructie gaat zijn, materiaal maakt niet zo uit maar diepgang. Hoe stijf is de constructie ten opzichte van zijn breedte, maak je hem 10 cm dik en 100 bij 100 dan krijg je soort fleece.

Rutger: zijn daar verhoudingen voor?

Kevin: ja zijn er wel maar..... we werken best wel met verhoudingen een standaard schip heeft als lengte breedte verhouding ong. 1:6. Maar dat gaat voor jullie niet op. Wat je kan zeggen. Maar daar moet ik wel mee oppassen. Als je lineair wil blijven gaat volgens mij je balkjes theorie wel op. Dan is het 1/20 van je kleinste karakteristieke doorsnede. Dan blijft die lineaire mechanica ook gelden. Wat zou dat betekenen? Stel je maakt een ponton, hoogte is 2 meter dan is die 2 meter daar 1/20 van. Dan mag je een vervorming hebben over een lengte van 50 meter ong. 20 cm. Als gevolg van de waterdruk. Zoiets? Maar dan moet je meer naar de civiele techniek..

Het hele verhaal komt neer op dit. De kans dat een waarde overschreden wordt. Is een exponentiele functie van die waarde gedeeld door $2x$ de opp. van je wave spectrum grafiek. En dat is de Johnswap grafiek. Dat geldt ook voor de response van je schip. Response van je schip als je hem theoretisch uittrekkend dan krijg je de RAO. Dat is voor ons droge RAO. Je geeft een schip een duw en hij gaat bewegen. Het is dan een response per meter golfhoogte.

Omdat het een respons is op die golf van 1/3 is dit dus ook een kans spreiding. Dit doen wij ook niet meer handmatig, dit komt uit software. De theoretische RAO is dus een eenheidsrespons op een schip of model. Kan met modellen exact zelfde grafieken geven.

Je golf input en golf response zijn allebei kansen dus je resultaat is ook een kans. Dat maakt het ook moeilijk behapbaar. Je moet dan die acceptatie criteria opstellen. In die tabellen staat dan dat zeegaande bemanning hogere acceleratie mogen hebben dan iemand met een rollator.

Anna: jullie gaan dan meer kijken naar standaard van intellectual work?

Roelle & Rutger: nee wij zaten meer bij cruise liner omdat langdurige periode van wonen. Zit er aan roll of pitch ook bepaalde hellingswaarde? Want waar komt die vandaan die hebben we niet terug gevonden in zeeziekte verhaal.

Kevin: als jij aan boord van een schip loopt dan lijkt 3 graden bijv. niet veel. Maar 1 graad voel je al. Het is bepaald comfort gevoel dat mensen niet zenuwachtig worden dat schip helling krijgt. Voor passagiersschepen zijn strengere eisen dan voor werkschepen. Heel veel dingen in scheepsbouw worden uit ervaring gedaan. Zelfde als bij civiele techniek.

Roelle: wij hadden zelf ook nog een proef gedaan van glazen op een tafel, je wil niet dat je glazen van tafel af vallen. Alleen als je dat zelf doet dan is heel variërend welk glas je hebt en dan gaan ze ook niet allemaal tegelijk. Dan vraag ik me af bij schepen wil je dat ook voorkomen dat al je meubilair door zaal gaat. Zit daar dan ook overschrijdingskans aan?

Kevin: ja aan ene kant is dat dan die hoek die maximaal mag die heeft ook te maken met onder welke hoek kan je nog veilig een trap op en af. Trappen op schip zijn langsscheeps. Dwarsscheeps mag niet op een passagiersschip want dan krijg je rare beweging. Maar ook met een slag kan je dan gevoel hebben dat je over reling gaat. Dat is 1 ding. Er zijn op cruiseschepen veel maatregelen al om dat te voorkomen.

Roelle: maar je ziet op YouTube wel is van die filmpjes dat mensen van een kant naar andere kant rollen op een schip. Hoe kan dat dan?

Kevin: ik denk dat ik al weet welke filmpjes dat zijn dan is er iets anders aan de hand, want je hebt fenomenen. Er is vrij recent fenomeen ontdekt dat pas een jaar of 10, 15 bekend is. Dat heet parametrisch rollen. Tegenwoordig test Marin hier ook op. Men wist hiervoor niet dat het bestond. Het is paar keer gebeurt dat een cruiseschip een black-out kreeg en stil lag. Als je dan onder een bepaalde golfconditie, en dat is gewoon toeval, schuin achteropkomende golven krijgt dan gaat het schip slingeren rond een onzichtbaar punt (metacenter). Als de afstand tussen het zwaartepunt en metacentrum bepaalde ratio heeft met golven ten opzichten van slinger frequentie dan gaat het schip zichzelf opslingeren in roll. Dat noemen ze parametrisch rollen. Eerste slag is dan 1 graad, dan 5 en dan 15. Het begint langzaam en dan bouwt het op. En normaal gesproken remt een roll beweging zich af maar nu zit die in zijn eigen frequentie.

Anna: ik denk dat dit bij jullie niet van toepassing is omdat jullie werken niet werken met langwerpige objecten.

Kevin: theoretisch kan het wel want een golf kan dat opwekken maar of die golven ook voorkomen dat weet ik niet. En daar zijn die filmpjes van, Je ziet dan ook piano voorbij komen nou dat mag echt niet. Dat is dus dat rollen. Heel vervelend effect en je kan er niks aan doen. In Marine gaan ze ook uit van good seamanship. Je mag ervanuit gaan dat als bewegingen echt heftig worden dat de kapitein gaat bijsturen. Dat is in jullie geval ook niet zo, want je ligt vast.

Anna: maar ik zit te denken mijn opa en oma woonden ook op een woonboot en dan ging de lamp ook wel is heen en weer als er een schip voorbij kwam. Maar kopjes bleven wel staan. Je wil weten hoe je die criteria kan vinden?

Rutger: ja we proberen vooral te duiden op wat vind je niet erg als frequentie en wat is acceptabel.

Anna: je zou die bewegingen kunnen berekenen, nou als ik zoveel graden roll blijft er dan nog iets staan. En dan is dat je criteria. Dat kan je uit tekenen.

Rutger: die criteria zitten al ver voor dan wanneer er iets gaat schuiven.

Kevin: je respons ten opzichten van je golfspectrum is je RAO in kwadraat keer je energie spectrum. En dat is de Jonswap.

Anna: hebben jullie idee hoe hoog je gaat qua bouw? Hoe hoger je komt hoe hoger versnellingen daar zou je ook een grens in kunnen vinden

Kevin: Als je aanneemt dat oneindig stijf is dan heb je gewoon een kwispeleffect. Dan heb je arm maal de hoek maal lengte keer versnelling van zwaartekracht.

Daarbij wordt een schip ontworpen voor 20 tot 25 jaar. En daar doen ze intussen onderhoud. Voor de bouw wordt rekening gehouden met een levensduur van 50 jaar en in de civiele techniek soms wel 100 jaar. Daar zit ook groot verschil in. Daar zitten ook factoren in. 10⁻⁸ verdeling. 1 van de partijen is DNV DVGL hebben wetgeving regelgeven over apart constructies. Ook over FPSO en dat zijn bijzonder schepen. En die kunnen niet gedokt worden. Die hebben veel strenge eisen en constructies waarschijnlijk misschien kan je daar nog kijken. Bij de recommended practices staan alle mechanica formules waarbij ook een hoofdstuk over golfkrachten. Ook een wereldkaart met nummer waar je dan een wave scatter van kan maken voor dat gebied.

Bij wavescatter moet je wel opletten of alleen wintertijd of zomer of hele jaar door. Want wordt nog wel is alleen zomer hebben. Dus let daar ff mee op want je moet hele jaar hebben. Verder hopen we jullie genoeg geïnformeerd te hebben en als er nog vragen zijn laat maar weten.

Roelle Rutger: Ja heel erg bedankt en we gaan kijken of we weer verder kunnen.

Bijlage G: Vragen

Vragen die gedurende het onderzoek zijn ontstaan met relevantie tot de ontwikkeling van drijvende eilanden.

- Van welk materiaal moeten de eilanden geconstrueerd worden? Dit is van belang voor de constructie en onderhoudsintervallen.
- Hoe kan er omgegaan worden met eventueel onderhoud?
- Hoe zou de verbinding met het vasteland er uit kunnen zien?
- Wat zouden acceptabele overschrijdingskansen voor de gestelde eisen zijn met betrekking tot menselijk comfort?
- Wat is de beoogde levensduur van de platformen?
- Hoe vindt onderhoudsinspectie plaats?
- Kunnen de platformen “smart” gemaakt worden?
- Worden de platforms verankerd, of moeten ze zelf verplaatsend worden?
- Binnen welke periode gaan de eerste pilots draaien?