

Openbaar eindrapport

Z-Bridge

Een innovatief toegangssysteem voor offshore wind turbines.



ECN/ Hydrauvision/Z Technologies
IJmuiden, maart 2016

Het Zbridge project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, ivoor het TKI-Wind of Zee, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

VOORWOORD

Het Zbridge project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, voor het TKI Wind of Zee, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

In de ontwikkeling, het bouwen en testen hebben samengewerkt:

- ECN – Petten
- Hydrauvision – Schoondijke
- Ztechnologies - IJmuiden.

Over dit project zijn beperkte openbare publicaties gedaan; presentaties werden gegeven op volgende symposia/beurzen/publicaties:

- TKI-symposia 2013 – 2015 (Amsterdam / Utrecht / IJmuiden)
- Seaworks 2014
- Offshore Energy 2015
- PES Wind – Power & Energy Solutions 2015

Onze bijzondere dank gaat uit naar:

- Gemini en Van Oord voor hun medewerking tbv het testen.
- Conoship voor het ter beschikking stellen van hun visie op de eisen waaraan een schip moet voldoen om de Z bridge te plaatsen.
- Damen Shipyards te Gorinchem, voor het ter beschikking stellen van hun visie op het gebied van energieverbruik op schepen, Dynamic Positioning systemen en bijbehorende “vlek”.
- Siemens Offshore Wind voor het meedenken, gedurende het gehele ontwikkelingsproces, met de operationele eisen waaraan een toekomstig offshore transfer systeem moet voldoen.

Indien u aanvullende informatie wenst en/of u prijs stelt op meerdere exemplaren van dit rapport, stuurt u dan een e-mail naar onderstaand adres. Digitale exemplaren zijn kosteloos, in papiervorm zal een bijdrage van 75 Euro worden gevraagd ter dekking van kosten.

Z technologies BV / C.J.Groen
info@ztechnologies.nl

INHOUDSOPGAVE

1 Samenvatting	4
2 Inleiding	5
3 Doelstelling en uitgangspunt	8
4 Werkwijze	10
5 Projectresultaten	15
6. Bijdrage aan doelstellingen regeling	19
7 Spin-off en vervolgactiviteiten	22
8 Conclusie en aanbevelingen	23
9 Kennis verspreiding	24



Zbridge op DAMEN W2Wschip ontwerp

1 SAMENVATTING

Het Zbridge-systeem is ontwikkeld met het doel een positieve bijdrage te leveren aan de kostenreductie voor Offshore Windenergie.

Uitgangspunt is de toegankelijkheid voor onderhoud te vergroten, zowel voor personeel als goederen.

Dit doel wordt bereikt door toepassing van een nieuw systeem, dat in staat is de scheepsbewegingen te compenseren. Het principe is, in tegenstelling tot de huidige bekende systemen, gebaseerd op het scheiden van de 6 vrijheidsgraden welke de beweging van een schip karakteriseren, in afzonderlijke compensatie systemen, welke elkaar onderling niet beïnvloeden. Voor dit principe is inmiddels patent verworven (patent nummer EP12166455.2)



Zbridge concept 2^e fase

Voor de ontwikkeling zijn de systeem-principes eerst via computersimulaties gemodelleerd om snelheden en bereik vast te stellen.

Vervolgens zijn constructie en besturingssysteem ontwikkeld.

Via verscheidene testrondes zijn de capaciteiten onderzocht en aangepast.

Parallel is heeft uitgebreide afstemming van eisen en specificaties plaats gevonden met potentiële gebruikers, t.w. offshore contractors, turbinebouwers en scheepsontwerpers.

Het geheel heeft geleid tot het bouwen en testen van een prototype op een specifiek voor dit doel ontwikkelde land-test-locatie.

Dit rapport is een verslag van de ontwikkeling, bouw en het testen op de land-test-site van de Zbridge .

2 INLEIDING

Energie, opgewekt door windturbines op zee, speelt een steeds grotere rol in de ambities van de Nederlandse en Europese overheid bij de transitie naar een meer duurzame energie opwekking. Bij de economische haalbaarheid spelen de kosten voor deze energie een grote rol.

Naast installatie kosten zijn die voor operatie en onderhoud van offshore windturbines de belangrijkste kostenposten en hebben dus een grote impact op de uiteindelijke prijs. Bij aanvang van dit project is door diverse partijen (oa ECN, EWEA Conference 2011 /Vestas Wind Systems) berekend dat de operationele onderhoudskosten ongeveer een kwart van de totale kosten uitmaken.

Ging men in het verleden nog uit van investeringskosten van 2500 Euro/kW geïnstalleerd vermogen, voor aanvang van het project bleek dat deze kosten tussen de 3000 – 4000 Euro/kW liggen. Dit betekent dat de kosten van onderhoud alleen maar stijgende zijn.

Bij aanvang van het project bleken de onderhoudskosten ongeveer 2,6 Euro cent per kWh te zijn, echter met een grote variatie (2,1 – 3,5 Euro cent/kWh.)

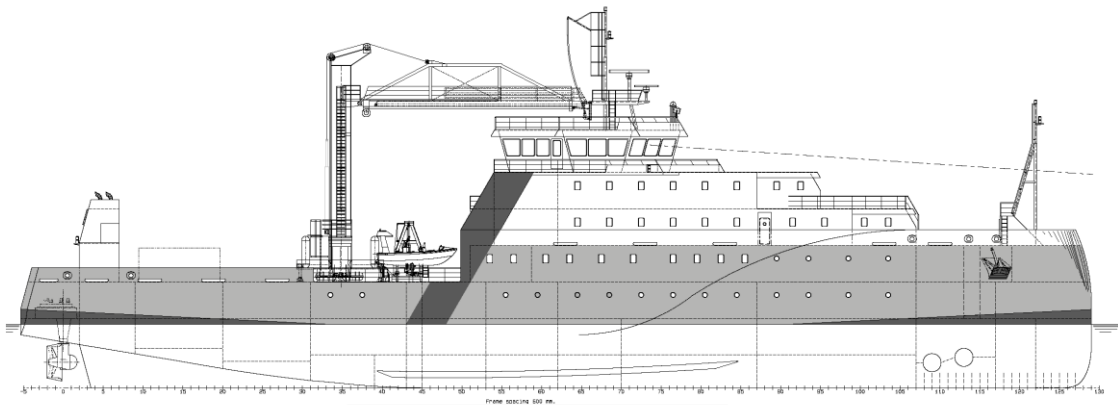
De plannen voor offshore wind zijn ambitieus en er is sindsdien een toename voorspeld van 50.000 MW (BTM Consult). Destijds werd er geschat dat er nog minstens 10.000 offshore turbines zouden moeten worden bijgebouwd in Europa. Het grootste deel van de nog te bouwen turbines ligt meer dan 5 uur varen van een haven. Om die reden is dagelijks op en neer varen niet langer een mogelijkheid en zullen er dedicated offshore wind maintenance vessels (hotelschip, moederschip etc.) nodig zijn, met mogelijkheden om te ontspannen en overnachten.

De dichtbij gelegen velden worden met kleine werkschepen van onderhoud voorzien. De mogelijkheid om lading mee te nemen zijn dan beperkt. Bovendien kunnen deze schepen tot een maximale golfhoogte van maximaal 1,5 meter werken. Gemiddeld worden er 2-4 mannen overgezet vanuit dit type werkschip op een turbine met een reistijd van 1 a 2 uur.

Verder gelegen velden moeten de turbines onderhouden vanaf een onderhoudsschip wat rondom of in het veld ligt. Monteurs dienen vanaf het schip naar de turbine te kunnen overstappen (walk-to-work) en lading (reservedelen) moeten ook kunnen worden overgezet. Uiteraard kunnen voor ladingen boven de 200kg dure supply schepen worden ingezet, echter de prijs voor deze schepen op de 'spot-markt is onvoorspelbaar, voor zover ze al beschikbaar zijn.

Bij aanvang van dit project waren de onderhouds-concepten niet voldoende efficiënt. Monteurs moeten te lang reizen en/of wachten vooral door ongunstige

weersomstandigheden, suppliers waren duur en niet altijd beschikbaar wat ervoor zorgde dat operationele- en onderhouds-kosten te hoog waren.



Zbridge op prijswinnend Conoship ontwerp Polaris

Voor de komende jaren tot 2020 zijn veel verder gelegen velden met 150-200 turbines gepland. Daarvoor is een onderhoudsschip nodig met de mogelijkheid om van het dek op het 15-18 m. hoger gelegen turbine platform te komen op een afstand van 12-15 m. tussen het schip en de turbine. Uiteraard is het in zeegang niet mogelijk om veel dichterbij een turbine te komen met een schip.

Met deze uitdaging in het achterhoofd is het offshore toegang-systeem Z Bridge bedacht. De Z Bridge is een toren met een uitstekende gangway, welke zeegang-bewegingen kan compenseren. Het compenseren van de rotatie bewegingen gebeurt in principe door een mechanisme met 2 hydraulische cilinders in combinatie met een cardanisch steunpunt. Hieraan gekoppeld is een loopbrug waarvan het uiteinde stil gehouden kan worden. Op deze manier worden 2 graden van vrijheid gecompenseerd, het zogenaamde stampen en rollen. De toren wordt als het ware doorlopend rechtop gehouden. Dit is de hart van het systeem en is daarom ook gepatenteerd.

Er kunnen nog wel bewegingen van de toren omhoog en omlaag optreden, deze worden opgevangen door de in hoogte verstelbare loopbrug-tip. De loopbrug is uitschuifbaar zodat uiteindelijk het einde van de loopbrug op dezelfde positie kan worden gehouden, terwijl het schip beweegt in golven.

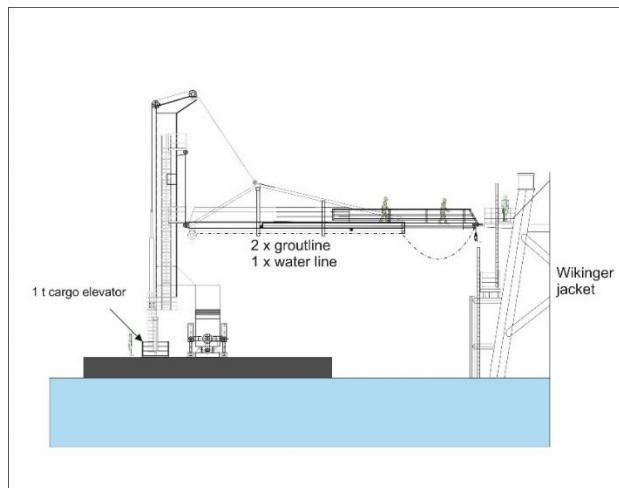
De volgende onderzoeksvragen zijn oorspronkelijk door ons gesteld:

1. Kunnen we inderdaad de veroorzaakte bewegingen voldoende snel en voldoende nauwkeurig compenseren en bij welke zeegangs-condities kunnen we dit nog doen?
2. Welke minimale eigenschappen moet het schip hebben, waterverplaatsing, hoofdafmetingen, hoe beweegt zij in golven) en wat zijn de zogenaamde Dynamic Positioning (DP) mogelijkheden en beperkingen van het schip?
3. Kan de Z Bridge onder zwaardere zeegang dan nu mensen overzetten?
4. Kan de Z Bridge veilig goederen overzetten van dek naar turbine platform. Onder welke weers- en zeegangscondities in vergelijking met de huidige systemen en tegen welke kosten.
5. Kan de Z Bridge werken vanaf een dek van een schip? Hiermee worden de kosten en risico's van het overzetten van crew van een hotelschip naar de turbine vermeden.

Op dit moment zijn alternatieve toegangssystemen beschikbaar in de markt tw:

- a. Werkschepen voor overzetten van mensen en gereedschappen – niet geschikt voor verder gelegen parken.
- b. Idem, door middel van helikopters.
- c. Installatie van kranen op elke individuele windturbine.
- d. Met Zbridge vergelijkbare transfer systemen; beperkte inzetbaarheid.
- e. Gecompenseerde platformen, waarop kranen kunnen worden geplaatst. Deze systemen zijn nog niet geschikt voor 'personal transfer'.

De Z Bridge kan zowel mensen als goederen overzetten en is in dit opzicht nieuw. Het zal meer flexibiliteit opleveren voor de operators van parken en zal kosten doen afnemen, bovendien zal het de beschikbaarheid bij zwaardere weer en zeegang doen toenemen.



Zbridge met verlaagd brugnivo

3 DOELSTELLING EN UITGANGSPUNT

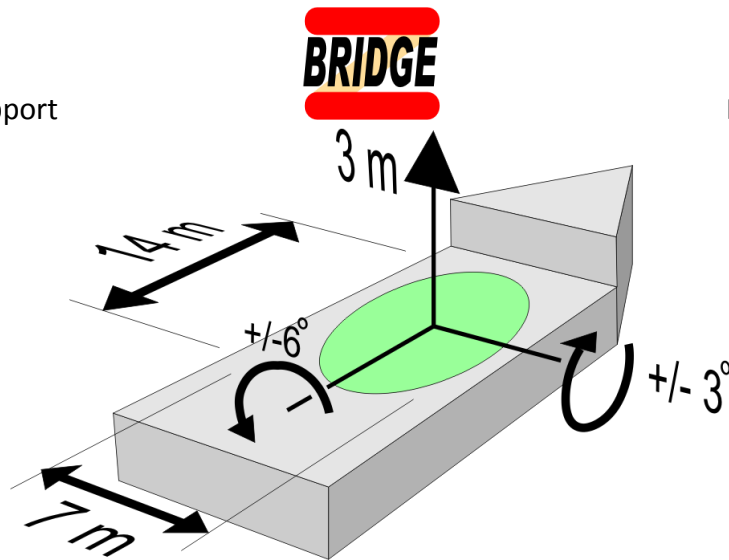
3.1 Doelstelling Zbridge ontwikkeling:

Het verlagen van operationele en onderhoudskosten voor windpark operators door het mogelijk te maken van mensen en goederen (1000 kg*) veilig over te zetten. Kostenreductie van 0,2 tot 0,3 Euro cent per kWh.

*Uit marktstudie is gebleken dat de origineel gespecificeerde last van 2-4T niet realistisch is, kostenverhogend werkt en dat 1000 kg volstaat.

Uitgangspunten Zbridge ontwikkeling

- Toegangssysteem direct van dek van schip naar turbineplatform
- Verticaal transport per lift, niet meer op ladders klimmen.
- Horizontaal transport, wandelen of rollen van containerunits voor lading over loopplank.
- Ondersteuning ter compensatie van 2 graden van vrijheid: rollen en stampen.
- Maximale compensatie: 6 graden rollen, 3 graden stampen.
- Maximaal 1000kg lading
- Veilig toegang tot de turbine bij significante golfhoogte van 2,5 m.
- Optimalisering van het “dynamic positioning window” voor Walk to Work schepen.
- Minimale energie consumptie
- De bouw en het testen van een prototype teneinde de performance te onderzoeken en valideren.



6DOF bewegingsysteem voor schepen

3.2 Secundaire doelen

- Ontwikkeling van een model dat alle krachten en bewegingen kan simuleren van de Z Bridge
- Ontwikkeling en modeleren van een besturing ten behoeve van motion control op basis van MRU (Motion Reference Unit) signalen met voldoende snelheid en nauwkeurigheid zodat het uiteinde van de gangway op een willekeurige positie stationair kan worden gehouden onder van te voren gedefinieerde omgevingscondities (Hs3 en Bf6) 6 graden rol en 3 graden pitch bij periodes van 6 en 8 s).
- Het ontwikkelen van een voldoende niveau van redundantie van de besturing en de essentiële onderdelen
- Integratie van een elektrisch-hydraulische aandrijving in de Z-bridge.
- Het bepalen van de minimale eisen van een schip waar de ZBridge op kan worden geplaatst (waterverplaatsing, hoofdafmetingen, dekconstructie, scheepsbewegingen) alsmede de Dynamic Positioning eisen.
- Het ontwikkelen van een onderhouds-strategie voor de Z Bridge voor verder gelegen windparken, uitgaande van een bepaald aantal turbines, omgevingscondities en failrate statistics van turbines (boven bordes onderdelen)



Zbridge op testlocatie Schoondijke

4 WERKWIJZE

De volgende fases in de ontwikkeling van Z Bridge zijn uitgevoerd:

1. Concept ontwikkeling
2. Systeem ontwikkeling
3. Detail ontwerp
4. Inkoop & fabricage van componenten
5. Samenbouwen systeem
6. Testen

De eerste 2 fases hebben gebruik gemaakt van een iteratief ontwerp proces, waarbij 3 ontwerpspiralen zijn doorlopen.

4.1 Concept

Teneinde de toepassing-criteria te onderbouwen heeft ECN het gehele maintenance-traject geanalyseerd voor offshore windparken t.a.v. de meest bepalende parameters zoals parkomvang, havenafstand, environmental conditions, failrates.

Hieruit is een systeemspecificatie gedefinieerd en zijn de economische voordelen gekwantificeerd. In het verlengde hiervan is een overall-onderhoud strategie ontwikkeld om de verondersteld voordelen ook daadwerkelijk tot hun recht te laten komen.

Zowel het elektrische als hydraulische systeem zijn ontwikkeld, geproduceerd, geïnstalleerd en getest door Hydrauvision BV.

4.2 Systeemontwikkeling/definitief ontwerp

In een 1^e ontwerproude zijn de ontwerpparameters van de Z Bridge bepaald, zoals gewicht, kosten, energieverbruik en te gebruiken materialen. Al in een vroeg stadium bleek dat de meeste delen van de brug beter in staal en alleen het telescopische deel in aluminium deel gemaakt kon worden. Dit is in overleg met certificerende partijen gebeurd daar de lasvoorschriften het gewichtsvoordeel van aluminium in de voorgestelde uitvoering teniet deden.

Naar aanleiding van een 1^e ontwerp is een FMEA (Failure Mode and Effect analysis) is uitgevoerd, met redundantie aanbevelingen.

De belasting op de Z bridge zijn in kaart gebracht en daarbij behorende krachten, in alle stadia van operations:

- Vast aan dek
- Vrij hangende loopplank
- Landen op de turbine
- Vast aan turbine zonder belasting
- Overzetten van mensen en lading

De dynamiek van de Z bridge werd gedefinieerd om het hydraulisch systeem te definiëren. Er is een rekenanalyse uitgevoerd aan de hand van het krachtenspel in bovengenoemde stadia van operations.

De engineering van een bijpassende hydraulische aandrijving is uitgevoerd, het control systeem ontworpen, gebouwd en geprogrammeerd.

Bureau Veritas is benaderd tbv het verkrijgen van inzicht in het certificerings-kader voor personen transfer op zee.

4.3 Detail ontwerp

In deze fase is het definitieve ontwerp vastgelegd inclusief materiaallijsten en productiegegevens.

Allereerst zijn er verschillende schetsen van delen van constructies en constructiedetails gemaakt. Deze voorstellen zijn geëvalueerd en constructie berekeningen zijn gemaakt. De schetsen zijn ge-engineerd en uitgewerkt tot tekeningen. Na goedkeur zijn deze tekeningen verder uitgewerkt tot productietekeningen waarin alle details worden uitgewerkt.

De lasdetails worden in eerste instantie beoordeeld door de las coördinator en in detail uitgewerkt door de lasingenieur. Werkzaamheden zijn uitgevoerd door Niron Staal Amsterdam BV, onderdeel van Damen Ship Repair & Conversion.

Een kostenberekening is gemaakt voor productie van de Z bridge alsmede een inschatting van kosten voor het besturings-systeem.

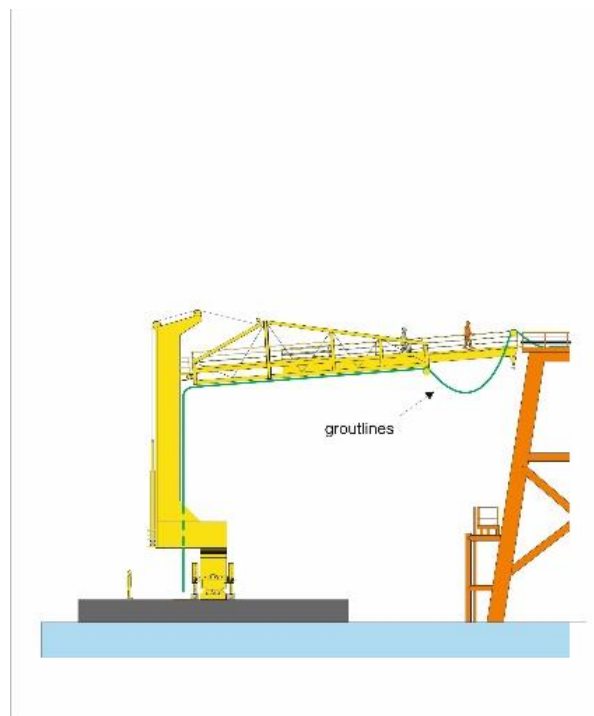
De minimale eisen aan een schip zijn vastgelegd, het operationele window en de procedures voor het overzetten van lading zijn opgesteld.

De bediening van de brug is gedefinieerd inclusief de specificatie en locatie van sensors en alarmering, alsmede de specificatie van de MRU.

Diverse optionele interfaces ZBridge – turbine zijn ontworpen. Met turbinebouwers & operators is afgestemd welke mogelijke interfaces toegepast moeten worden voor de diverse uitvoeringsvormen van access-platforms.

Er is een concept testprogramma gemaakt; hierbij is de mate van redundantie van de belangrijkste systemen vastgelegd en in het concept test programma verwerkt.

In dit stadium wordt ook het definitieve energieverbruik vastgelegd in combinatie met de benodigde "dynamic positioning" vlek van de Z Bridge en schip.



Inzet Zbridge bij grout-operatie jackets

4.4 Inkoop en fabricage van componenten.

Aan de hand van de goedgekeurde productie tekeningen zijn de eisen, zoals te stellen aan de koopdelen, geformuleerd en delen aangekocht. De snijpakketten voor de staal delen en aluminium delen worden conform eisenpakket en productie tekeningen besteld.

De bouw volgorde is als volgt:

- Lower gimbal
- Upper gimbal
- Draaipunt en as gimbal
- Mast
- Mast scharnierpunten en draadschijven
- Stalen deel brug
- Aluminium deel brug



Heave compensation systeem op de kolom

De stalen delen zijn gefit en afgelast volgens het vooraf opgestelde productie- en lasplan. Aan de hand van de tekeningen en het lasplan zijn de WPS (Welding Procedure Specifications) uitgewerkt en aan de lastoezicht en lassers verstrekt. De lassen en constructie zijn gecontroleerd en geïnspecteerd volgens het vooraf met de certificerende partij overeengekomen inspectieplan.



Kolom met draaikarans-verbinding

4.5 Integratie, samenbouwen van componenten

Alle staalcomponenten werden getransporteerd naar de afbouwlocatie , waar de overige systemen met name hydraulisch en elektronisch, zijn aangebracht.

Vervolgens zijn de delen samengebouwd, inclusief de ophanging van de brug en de triangel van ophang draden.

4.6 Prototype testen op het land.

Er is een fundatie worden gemaakt op het land waar de Z Bridge in een contrabeweging op het land werd getest.

Het prototype is getest inclusief excitatie en krachtenanalyse.

Testprogramma is gedefinieerd op basis van de ontwerpeisen van de Z Bridge.

Tijdens de zee-operatie beweegt het schip en blijft de Z bridge in een verticale positie staan. Tijdens de landtesten staat het schip a.h.w. stil (fundatie) en de Z Bridgekolom beweegt als het schip maar dan in “contra”-beweging. In de tip is ten behoeve van het testen een MRU gemonteerd die de resulterende beweging vergeleek met de opgelegde golfbeweging. Bij combinatie van deze 2 bewegingen dient de resulterende relatieve beweging van de tip 0 te zijn



Zbridge op testsite

5 PROJECT RESULTATEN

5.1 Samenvatting test resultaten

Er is een werkende Z-bridge met besturing opgeleverd, waarbij, voor zover in een landtest, vast te stellen, aan de volgende uitgangspunten is voldaan:

- Stabiel gecompenseerd toegangssysteem (= tip brug) van schip naar turbineplatform bij gegeven opgelegde beweging.
- Ondersteuning ter compensatie van 2 graden van vrijheid: rollen en stampen.
- Maximaal 1000kg lading.
- Veilig toegang tot de turbine bij significante golfhoogte van 2,5 m, gerelateerd aan de gespecificeerde scheepstypen, wordt gerealiseerd; d.i. een toename van de werking van het systeem met 0,5 tot 1,0 m tov huidige systemen.
- Vergroot “dynamic positioning window” voor Walk to Work schip;
- Minimale energie consumptie
- Maximale compensatie: 6 graden rollen, 3 graden stampen en $H_s=2,5m$

Het gewichts-voordeel bij de toepassing van aluminium bleek met name door eis van overzetten van goederen tot 1000 kg en omgevingsomstandigheden nihil tov staal. Daarom is er voor gekozen om het niet uitschuifbare deel uit staal te construeren.

Energieverbruik van Z Bridge 200 kW tijdens gereed maken (stadium 2 en 3 van operations, korte tijd), en 40 kW aan de paal (stadium 4 en 5).

De ontwikkelde interface van de Z Bridge is in een ‘droog’ situatie in de fabriek getest. De feitelijke operationele test kon in de land-situatie niet plaats vinden. Hiertoe is een werkelijke offshore omgeving vereist en deze is daartoe verplaatst naar het offshore-test-gedeelte dat aansluit op het hier beschreven land test gedeelte.

Als onderdeel van het economische aspecten van operatie van de Zbridge is het interface Zbridge-scheepsdek beschouwd. Voor de volledigheid is een groot aantal scheepstypen geanalyseerd, en de consequenties die de verschillende dek typen voor de interface constructie zouden hebben. Op grond hiervan is een generiek frame ontworpen en is een schatting gemaakt wat betreft de kosten voor bouw en installatie.

De configuratie van lier, trolleys en containers is ontworpen, echter niet getest in prototype, dit geldt ook voor de lift. De ontworpen lift voldoet aan ‘manriding’ eisen van classificatiemaatschappij Bureau Veritas en is als zodanig gecertificeerd.

Uitgaande van de voorliggende gebruiks-praktijk is een signaleringssysteem ontwikkeld gebaseerd op de toepassing van lampen (groen:veilig/ oranje: “op-zoek-naar-veiligheid”/ rood: geen toegang-niet betreden) en geluidsignalen. Op dit moment zijn regels in voorbereiding bij de diverse classificerings-bureaus om deze praktijk te formaliseren.

Z Bridge is geschikt voor schepen met een lengte over alles vanaf 60m en een breedte vanaf 16m.

Het dek van standaard offshore schepen kunnen zonder noemenswaardige constructieve wijziging de krachten, met al eerder genoemde generiek frame, absorberen.

Het minimaal benodigde dek-oppervlak is 5 x 5 m, ex plaats voor powerpack.

Parkbeheerders stellen DP2 als minimale eis om een park in te gaan.

Het systeem laat een voor DP2 zeer ruime window toe. Dit window, ook wel "vlek" genoemd, is de ruimte die de Z Bridge kan opvangen waarbij het schip op positie blijft.

Een groot window leidt tot aanzienlijke reductie van brandstof verbruik van schip. Nu in de markt opererende transfer systemen vereisen een kleiner window, waarbinnen het schip gepositioneerd moet blijven.

De Z Bridge staat midscheeps. Het systeem kan over twee kanten (bakboord, stuurboord) kan werken, waardoor de nautische vrijheid van de kapitein vrijheid wordt vergroot ten opzichte van systemen die niet midscheeps staan. Dit is in feite ook een vergroting van het "operational window" doordat het schip altijd de meest gunstige positie kan innemen.

5.2 Kostprijs-aspecten

Tijdens de ontwikkeling is de prijsontwikkeling van de constructie en besturingssysteem ge-'monitored'. Door zoveel als mogelijk gebruik te maken van standaard componenten kan hierdoor ook een verwachting uitgesproken worden over de mogelijke kostprijs van een toekomstige commerciële uitvoering.

Op basis van de voorliggende ontwikkeling zal de kostprijs van een commerciële versie van de Zbridge tot een vergelijkbare of lagere 'dayrate' leiden in vergelijking met de huidige bekende systemen, bij een performance welke een bredere inzet mogelijk maakt.

De invloed hiervan op onderhoudsstrategie kan worden samengevat als:

- Downtime van turbines wordt korter, wachttijden worden crew wordt korter.
- Ruimere DP plots en bewegingen van W2W-schepen.
- Het ontwikkelen van een onderhouds-concept waarbij de tijd voor het overzetten van personeel wordt gereduceerd tot cyclus van 0,5 uur.
- Het reduceren van het aantal dagen dat werkschepen uitvaren, maar geen toegang tot de turbine mogelijk is, met 50%.



Zbridge op testsite

5.2 Knelpunten:

Technisch:

1. Optimalisatie van de stand van de compensatie cilinders in combinatie met het rol en pitch gedrag. Hierbij diende er een optimum gevonden te worden w.b. de afmetingen van de cilinders (diameter/slag) welke direct samenhangt met hun positie maar onmiddellijk consequenties heeft voor het besturings-systeem (leidingvolumes, olietemperaturen, kleppenafmetingen).
Parallel moesten de consequenties voor systeemfalen in kaart gebracht worden. Hierbij doet zich de paradox voor dat toevoeging van ieder systeem omwille van veiligheidsredenen, op zich zelf weer een extra faalbron introduceert.
Door interne audits is uiteindelijk, gekomen tot een afgewogen keuze.
2. Een goede begripsvorming van een situatie op zee, waarbij de complexe scheepsbeweging en de effecten op de Z-bridge vooraf in beeld gebracht zijn. Het feit dat ieder scheepstype z'n eigen bewegingskarakteristieke heeft, wave-scatter diagrammen per locatie verschillen, hetgeen eveneens geldt voor de mogelijke combinaties van golven, deining, wind en stroom, waren extra complicerende factoren.
3. Gebrekkige beschikbaarheid van informatie wat betreft toekomstige onderhoudsstrategieën en behoeften van parkontwikkelaars. Projectpartners beschikken over een netwerk van turbine en parkontwikkelaars, leveranciers, als mede EPC contractors voor installatie van parken. Door deze zorgvuldig en veelvuldig te raadplegen is een goed doch globaal beeld van de wensen van de markt verkregen.
4. Redundancy van het ontwerp
Op het moment van de start van het project waren geen regels beschikbaar vanuit de certificerende instanties. Voor de mechanische sterkte is gekozen voor de regelgeving vanuit Bureau Veritas t.a.v. Offshore Lifting Appliances.

Voor het besturings- en aandrijf-gedeelte is gekozen voor volledige redundantie. Dit heeft grote gevolgen met zich mee gebracht voor de mechanische constructie.

De redundantie betreft met name :

- Hydraulische en elektrotechnische componenten
Uitval van een enkel component zorgt voor een alarm, automatische overname door het 2^e systeem en derhalve nog steeds veilige operatie.
- Energievoorziening, afkomstig uit 2 aparte powerpacks, elk voldoende voor de benodigde operaties.



Pedestal op interne proefstand

Organisatorisch:

1. De lijn van de zorgvuldigheid in ontwerp en uitvoering vasthouden. Het vermijden van een “jump to conclusion” attitude in het ontwerp en de uitvoering.
Dit probleem werd mede veroorzaakt doordat de gebruikersmarkt voor W2W-schepen in het algemeen diffuus is; zij varieert van scheepseigenaren, en offshore contractors tot turbinebouwers en installatie-contractors.
Iedere gebruiker komt afhankelijk van bedrijfscultuur, project type, locatie en werkseizoen tot een vaak eigen en specifiek eisenpakket. Hier een generieke specificatie uit destilleren voor een toekomstig systeem te gebruiken in een toekomstige situatie was een uitdaging op zich.
2. Kan er voldoende uitwisseling van gegevens tussen projectpartners plaatsvinden. Dit bleek inderdaad een uitdaging echter door gedegen projectmanagement van Z Technologies kon uiteindelijk een werkbaar systeem worden opgeleverd.

6. BIJDRAGE AAN DOELSTELLING REGELING:**6.1 Verlagen onderhoudskosten offshore wind**

Startpunt voor het project, en daarmee voor de bijdrage van de Nederlandse overheid is het verlagen van de kosten van energie opgewekt met behulp van offshore windturbines. Als nevendoelelstelling geldt het verspreiden van de i.h.k.v. het project opgedane kennis t.b.v. 3^e partijen.

De verlaging van de kostprijs van offshore energie door inzet van de Zbridge is gebaseerd op het verhogen van de inzetbaarheid van offshore windturbines door het verschaffen van een grotere toegankelijkheid voor onderhoud en reparaties. Het vergroten van het weather window wb de toegankelijkheid voor onderhoudsmonteurs naar offshore windturbines verlaagt ook op zichzelf de onderhoudskosten daar het aantal kostbare wachtdagen, gedurende welke schepen en personeel weliswaar beschikbaar moeten zijn voor onderhoud doch niet kunnen werken, gereduceerd wordt.

In het oorspronkelijk scenario was uitgegaan van een bijdrage aan de kostenreductie voor onderhoud van 15 – 20 %. (zie onderstaande tabel)

Deze tabel, opgezet met het ECN programma O&M-tool versie 4.4 geeft, bij de oorspronkelijk uitgangspunten, en totaal voordeel w.b. de berekende vergrote inzetbaarheid van windturbines van 13, 4%



Wind farm 130 turbines		Max wave height workboat		1 Workboat instead of 3	30% less Jack-up (Lower costs Higher Avail)	Combined
		Hs = 1,5 m (Baseline)	Hs = 2,0 (Higher avail.)	(Lower costs)		
Downtime per year						
Availability	%	92,6%	94,2%	92,6%	92,9%	94,5%
Loss of production per year	MWh	160.548	124.333	160.548	154.844	118.628
Energy production per year	MWh	1.869.661	1.905.876	1.869.661	1.875.365	1.911.581
Revenue losses per year	kEuro	20.871	16.163	20.871	20.130	15.422
Costs of repair per year						
Total costs of repair	kEuro	49.522	49.522	47.922	47.133	45.533
Total cost per kWh	Euro cent/kWh	2,65	2,60	2,56	2,51	2,38
Total costs of repair per kW installed	Euro/kW	95	95	92	91	88
Total cost per kW investment		7,6%	7,6%	7,4%	7,3%	7,0%
Total effort						
Sum revenue losses & total costs of repair	kEuro	70.394	65.686	68.794	67.263	60.955
Benefit			6,7%	2,3%	4,4%	13,4%

Deze berekening is gebaseerd op vergelijking met de bestaande toegangssystemen in gebruik voor windturbine onderhoud bij de aanvang van het Zbridge project.

De oorspronkelijke uitgangspunten gelden onverkort m.u.v. de inzet van Jack-Up barges voor zover het overzetten van lasten tot 4T gewicht betreft. Als zwaarste last betrof het hier generatoren, tandwielkast-onderdelen en grote powerpacks .

Gesprekken met markt partijen heeft opgeleverd dat de frequentie waarmee deze zwaardere lasten overgezet moeten worden lager is dan oorspronkelijk verondersteld.

Praktisch gezien zijn de meeste lasten beperkt tot ca 1 T, waarbij gerekend moet worden met afmetingen van ca 0,9 x 0,9 x 2 m (container-package pitch drive) en kleine generatoren t.b.v. lassen en stilstand-verwarming.

Daar op dit moment ook voor deze beperktere lasten een jackup barge ingezet zal moeten worden, en dit de meest frequente uitwisseling betreft is er wel degelijk voordeel te behalen te behalen. Tegen deze achtergrond is de 30% reductie van de inzet van jackup barges teruggebracht naar 15% hetgeen het inzetbaarheids-percentage voor de windturbines overeenkomstig terugbrengt 4,4 naar 2,2% .

Conservatief beschouwd lijkt een toegankelijkheids-toename, in samenhang met de verhoogde efficiëntie van het logistieke systeem is een voordeel van 10 – 15 % alleszins realistisch.

Cost Element		X	Estimated % cost reduction
1. CAPEX	a. Consenting/ Development		
	b. Project Management		
	c. Turbine		
	d. Support Structure		
	e. Array electrical/ shore connection		
	f. Installation	X	2
	g. Decommissioning	X	2
2. OPEX	a. Operations & Maintenance	X	10-15
	b. Insurance	X	1
	c. Transmission charges		
	d. Other		
3. AEP	a. Gross AEP		
	b. Losses		
	c. Availability	X	5-10
	d. Net AEP to offshore substation		
4. WACC	a. Cost of Equity		
	b. Cost of Debt		
	c. Gearing		
5. Timing	a. Phasing of CAPEX, OPEX and AEP over time		
	b. Re-financing / Changes in WACC		

In samenhang met de veronderstelde inzet van het Zbridge system in andere fases van de ontwikkeling van windparken, geeft bovenstaande tabel een inzicht in de verbeter-percentages waar dit toe kan leiden

6.2 Kennispositie

Op het gebied van installatie en onderhoud neem de Nederlandse Industrie een sterke positie in. Dit geldt ook voor de ontwikkeling van transfersystemen voor personeel naar offshore windturbines.

Nadat het eerste transfersysteem voor deze markt in Nederland werd ontwikkeld (OAS) heeft dit geleid tot een verdere ontwikkeling van systemen, waarbij Nederland eveneens een sterke positie inneemt. Buitenlandse bedrijven met name Engelse en Noorse hebben inmiddels deze markt betreden waarbij zij weliswaar voortborduren op het oorspronkelijke OAS systeem, doch de besturings-technieken verbeterd hebben aan de hand van de huidige 'state-of-the-art' elektronica. Mechanisch heeft zich hier geen ontwikkeling voorgedaan.

Het Zbridge systeem moet gezien worden als een nieuwe fase in de ontwikkeling van offshore compensatie systemen.

Voor transfersystemen biedt dit een nieuwe toepassingsmogelijkheid zowel voor de transfer op zich zelf als de in te zetten schepen.

7 SPIN-OFF & VERVOLG ACTIVITEITEN

7.1 Alternatieve toepassingen

Het Zbridge compensatie systeem biedt uitgebreide mogelijkheden voor toepassingen waarin scheepsbewegingen gecompenseerd moeten worden. Doordat het de 6 DOF- bewegingen afzonderlijk compenseert kan het compensatie-profiel aangepast worden aan de specifieke behoefte van de betreffende toepassing en het beschikbaar schip. Hierbij valt te denken aan:

Hijs systemen (kranen)

- Overslagsystemen (ondersteuning voor leidingen voor vloeistoffen)
- Ship-to-Ship transfer; het overzetten van materialen en personen van schip-naar schip.

Contacten met diverse scheepsbouwers en offshore contractors hebben al geleid tot diverse verzoeken voor het ontwikkelen van systemen, gebaseerd op het compensatie-principe van de Zbridge.

Hierbij vallen te noemen:

- Compensatie systeem voor drijvende container-overslag
- Compensatie systeem voor coil tubing toren (reparatie olie&gasputten)

7.2 Vervolg-activiteiten

Op grond van de tot nu toe naar buiten gebrachte informatie mag de Zbridge zich in een brede belangstelling verheugen.

Presentatie van het Zbridge systeem bij diverse gelegenheden heeft in het gehele marktgebied interesse opgewekt en reeds tot verzoeken voor systeem- en kosten indicaties voor toekomstige projecten.

Ten behoeve hiervan is een beperkte technisch specificatie opgesteld welke partijene in overweging nemen bij het ontwikkelen/ calculeren van toekomstige projecten.

Het ligt in de bedoeling dat een commerciële versie van de Zbridge in de loop van 2016 aan de markt aangeboden kan worden meegenomen te worden in logistiek van en economische berekeningen bij komende offshore wind projecten.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Conclusies

- Het Z Bridge systeem voldoet aan de oorspronkelijke uitgangspunten t.a.v. z'n capaciteiten om scheepsbewegingen te compenseren. Als gevolg hiervan mag, op grond van de voorliggende landtesten verondersteld worden dat het in staat is veilig personen en goederen over te kunnen zetten in zodanig extreme omstandigheden dat daardoor een reductie van operationele en onderhoudskosten van offshore windparken mogelijk is.
- Het compensatie systeem van de ZbridgeZ Bridge blinkt uit in eenvoud en operationele functionaliteit en is zeer efficiënt in het gebruik / toepassingen en energetisch goed in balans. Het systeem kan mede daardoor bij zwaardere omgevingscondities doorwerken dan andere offshore access systemen.
- Door de modulaire opzet kunnen individuele systeem makkelijk getest, maar ook aangepast worden aan specifieke gebruikers en/of gebruiks-omstandigheden

8.2 Aanbevelingen

1. Constructie details kunnen in een definitieve uitvoering vereenvoudigd worden wat mogelijk meer gewicht en lasbewerkingen bespaart. Productiekosten en energieverbruik kunnen verbeterd worden.
2. Onderzocht dient te worden of de lengte van de mast c.q. de positie van de cilinders geoptimaliseerd kan worden om de krachten en daarmee de energieconsumptie te verminderen.
De inzetbaarheid wordt daar mogelijk nog verder door vergroot ofwel, de installatie kan ruim meer dan de het werkgebied waarvoor ze ingezet mag worden (rol en pitch hoeken) om de veiligheid en marges daarop verder te vergroten.
3. Onderzocht kan worden of Smart Scan Engineering kan worden ingezet. De detail engineering wordt dan in samenwerking met werkvoorbereiding, las coördinator en projectleider uitgevoerd. Hiermee worden mogelijke engineering fouten verminderd en worden productiedetails (lasdetails) vermeden die praktisch niet kunnen worden uitgevoerd. Hierdoor ontstaat een kortere doorlooptijd en kosten vermindering doordat tekeningen niet meer of nogmaals getekend, hersteld, geautoriseerd en gekeurd hoeven worden en stilstand en herstelwerkzaamheden in de productie wordt vermeden.
4. Certificering van de Zbridge toepassen, volgens de EN NEN 1040 norm. Het beoogde voordeel is een CE-markering waardoor basis fabricage- en productie- eisen zijn geborgd en her-certificeren volgens classificatie vereenvoudigd wordt.

9. KENNISVERSPREIDING

Kennisverspreiding heeft plaats gevonden door seminar-presentaties, publicaties in vakbladen en door het deelnemen aan beurzen (Seaworks – Southampton, Offshore Energy-Amsterdam.)

De markt voor transfersystemen en W2W-schepen ontwikkelt zich snel, doch de partijen die zich hierop bewegen zijn niet zeer talrijk. De kennisverspreiding heeft zich vooral gericht op rechtstreekse benadering van betrokken partijen i.p.v. een brede en algemene perscampagne.

Het verworven basis-patent van de Zbridge is wereldwijd gepubliceerd; op grond hiervan hebben partijen zich gemeld om voor vergelijkbare systemen van het patent gebruik te mogen maken.

Middels mailings zijn alle op het betreffende terrein opererende partijen benaderd en van informatie voorzien.

In vele gevallen zijn op verzoek mogelijke alternatieve uitvoeringsvormen geschetst ten einde de toepasbaarheid van het systeem in specifieke gevallen aan te tonen.

In aansluiting hierop zijn vele 1:1 gesprekken gevoerd met geïnteresseerde partijen om de werking uit te leggen en mogelijke toepassings-vormen toe te lichten

Bij het landtesten is een open dag georganiseerd waarbij geïnteresseerde partijen uitgenodigd zijn om zich op de hoogte te stellen van de Zbridge ontwikkeling. Hierbij is tevens een discussie meeting vooraf en achteraf georganiseerd om partijen te informeren als om achteraf te discussiëren over de werking en toepassing.



IJmuiden / 31.03.2016 / Ztechnologies / CJG / RP