

TNO PUBLIEK

High Tech Campus 21
5656 AE Eindhoven
Eindhoven

TNO report

www.tno.nl

T +31 88 866 54 43

Solar@Sea II - Openbaar Eindrapport

Date	9 December 2022
Author(s)	Wim Soppe, Marc Koetse, Dorrit Roosen, Arjan vd Brink, Martijn Hoogeland (TNO) Bastiaan vd Berg, Clemens vd Nat (Bluewater Energy Services) Alessio di Fino (Endures) Chrétien Hendriks, Carlo Scheerder (Genap) Amarante Bottger, Lucas vd Akker (Avans) William Otto (Marin)
Copy no	
No. of copies	
Number of pages	4 (incl. appendices)
Number of appendices	
Sponsor	RVO
Project name	Solar@Sea II
Project number	TEUE119003
Project period	19 February 2020 – 30 June 2022

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without the previous written consent of TNO.

In case this report was drafted on instructions, the rights and obligations of contracting parties are subject to either the General Terms and Conditions for commissions to TNO, or the relevant agreement concluded between the contracting parties. Submitting the report for inspection to parties who have a direct interest is permitted.

© 2022 TNO

TNO PUBLIEK



Uitgangspunten en doelstelling

Het Solar@Sea II project had als doel om het concept voor drijvende PV systemen op zee, waarvan de ontwikkeling was gestart in het project Solar@Sea, verder te ontwikkelen naar TRL6. Uitgangspunt van het concept is de toepassing van lichtgewicht flexibele drijvers en flexibele dunne film PV modules. De gedachten hierachter zijn dat flexibele drijvers zich vormen naar de golven en daarom lichtere (dus goedkopere) verankering nodig hebben. Verder zorgt het lichte gewicht van drijvers en zonnepanelen voor kostenbesparing voor transport en installatie van het systeem.

Het project is uitgevoerd in een samenwerkingsverband tussen TNO (penvoerder), Marin, Avans, Bluewater Energy Services, Genap en Endures.

Aanpak en resultaten

Omdat de oorspronkelijke materiaalkeuze (schuim materialen) voor de drijvers economisch niet haalbaar bleek, is het project begonnen met een zoektocht naar beter betaalbare materialen voor de drijvers. Na uitgebreid onderzoek is gekozen voor Double Wall Fabric (DWF) en hiermee zijn twee drijvers van 7 x 13 m² gefabriceerd. Om de stabiliteit van de drijvers in wind en golven te garanderen zijn er ontwerpen gemaakt voor ballast zakken. Er zijn verschillende ontwerpen numeriek getest door Marin en dit heeft geleid tot een finaal ontwerp van de drijver met ballastzakken.

De structurele en hydrodynamische eigenschappen van de drijvers zijn vervolgens gemeten, op land en in het bassin van Marin. Deze meetgegevens hebben de benodigde informatie opgeleverd voor numerieke simulaties van grotere systemen onder Noordzee condities. De simulaties laten zien dat de drijvers de golven op de Noordzee goed kunnen volgen en dat daardoor de afmeerkrachten goed beheersbaar zijn.

Bluewater heeft een nieuw, innovatief afmeersysteem ontworpen waarmee het mogelijk wordt dat onderhoudsschepen alle drijvers in een groot systeem kunnen

bereiken. Dit afmeersysteem is getest in het Oostvoornse Meer, met twee drijvers. Deze test is begonnen in november 2021 en heeft geduurd tot het eind van het project (juni 2022). Het afmeersysteem en de drijvers hebben de februaristorm Eunice doorstaan zonder directe schade op te lopen. De lijmverbindingen waarmee de PV panelen op de drijvers waren bevestigd begaven het echter voor een aantal panelen zodat de monitoring van de opbrengst moest worden stopgezet. De laboratoriumtesten van de lijmverbindingen bleken achteraf dus niet representatief te zijn geweest. In toekomstige testen zullen de frequente mechanische deformaties en de langdurige inwerking van zout water op de verbindingen in de testen meegenomen moeten worden.

Mechanische duurproeven met de flexibele CIGS PV modules hebben laten zien dat frequente kleine (< 1%) mechanische vervormingen van de modules tot degradatie van de cel-opbrengst kunnen leiden. Het is belangrijk om de rek van de cellen zelf onder de 2,5% te houden. De relatief lange golven op de Noordzee geven geen aanleiding voor zorgen hierover.

Testen met een kleine drijver in de haven van Den Helder hebben laten zien dat er veel aangroei van organisch materiaal (algen en eendenmossels) onder op de drijvers en in de ballastzakken plaatsvindt. Er zijn een aantal anti-fouling materialen getest en daarmee zijn goede resultaten bereikt. Daarmee zou de onderzijde van de drijver goed beschermd kunnen worden tegen aangroei. Deze anti-fouling materialen hechten echter niet op de ETFE toplaag van de PV modules. Er is vervolgonderzoek nodig naar betere hechting van anti-fouling materialen op de PV modules; bijvoorbeeld door het vervangen van de ETFE toplaag door een alternatieve flexibele encapsulant.

In het project zijn belangrijke stappen gezet in de ontwikkeling van het concept. Het uiteindelijke doel is om het concept door te ontwikkelen naar een grootschalige technologie die een significante bijdrage kan leveren aan de productie van duurzame energie. Daarbij hoort ook een visie op hoe een groot systeem economisch kan worden aangelegd op de Noordzee. Bluewater heeft hiervoor een eerste ontwerp gemaakt.

Conclusies

Samenvattend kunnen we stellen dat Solar@Sea II een succesvol project is geweest dat veel positieve resultaten en belangrijke lessen heeft opgeleverd. Er is een nieuw drijver ontwerp en een afmeersysteem ontwikkeld en succesvol getest. De installatie van de demo in Oostvoorne heeft veel positieve publiciteit gegenereerd.

Er zijn 2 tv items op de nationale TV geweest^{1,2}; verschillende krantenartikelen zijn aan het project gewijd³; er is een promotie video TKI Wind op Zee gemaakt; er zijn 2 conferentie bijdragen geweest^{4,5}; en Bluewater heeft patent aangevraagd op hun verankeringsconcept.

De stormschade in Februari 2022 heeft geleerd dat de montage van de PV modules en de elektrische bekabeling op de drijvers verbeterd moet worden. Deze en andere bevindingen zullen we toepassen in de vervolgonwikkeling.

¹ NOS 29 Nov 2021

² Atlas 1 Dec 2021

³ Volkskrant 29 Nov 2021

⁴ W.J. Otto and T.H.J. Bunnik and Levent Kaydihan, *Hydro-elastic behavior of an inflatable mattress in waves, 9th International Conference on HYDROELASTICITY IN MARINE TECHNOLOGY, Rome, Italy, July 10th-13th, 2022*

⁵ Wim Soppe, Klaas Bakker, Aldo Kingma and Dorrit Roosen, *Mechanical Degradation Studies on flexible CIGS cells and modules for floating PV*, IEEE PV conference Philadelphia 2022.

Contactpersoon:
Dr. Wim Soppe
TNO
wim.soppe@tno.nl

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Nationale regelingen EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.