



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΦΟΡΕΑ ΠΛΩΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ



Διπλωματική Εργασία
Αλέξανδρος Γάκος

ΕΜΚ ΔΕ 2025-14

Επιβλέπων: Χαράλαμπος Γαντές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2025

Copyright © Αλέξανδρος Γάκος, 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια του συγγραφέα. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Alexandros Gakos, 2025

All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organisation (L. 5343/1932, art. 202).

Αλέξανδρος Γάκος (2025)

Σχεδιασμός Μεταλλικού Φορέα Πλωτής Θαλάσσιας Ανεμογεννήτριας

Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2025-14

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Alexandros Gakos (2025)

Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2025-14

Design of the Steel Structure of Floating Offshore Wind Turbine

Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. κ. Χάρη Γαντέ, για την πολύτιμη επιστημονική καθοδήγηση, τη συνεχή στήριξη και την άμεση ανταπόκριση του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα του Πολυτεχνικού Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών κα Γεωργία Τσούκληρη για τις συμβουλές της γύρω από το λογισμικό OpenFAST που αξιοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στην οικογένεια και τους φίλους μου για την αμέριστη υποστήριξη και συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας.

Αλέξανδρος Η. Γάκος

Αθήνα, Ιούλιος 2025



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2025-14

Σχεδιασμός Μεταλλικού Φορέα Πλωτής Θαλάσσιας Ανεμογεννήτριας

Αλέξανδρος Γάκος

Επιβλέπων: Χαράλαμπος Γαντές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σημερινή εποχή της πράσινης ενεργειακής μετάβασης, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας μέσω υπεράκτιων ανεμογεννητριών ολοένα και αυξάνεται. Σε συνδυασμό με τη συνεχή πρόοδο των αιολικών τεχνολογιών, τα πλωτά συστήματα ανεμογεννητριών αναπτύσσονται ραγδαία καθώς σε θαλάσσια περιβάλλοντα με μεγάλα βάθη αποτελούν την κύρια επιλογή, εκτός των υπολοίπων πλεονεκτημάτων που διαθέτουν.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην δυναμική και στατική απόκριση της πλωτής βάσης της ανεμογεννήτριας τύπου OC4 Semisubmersible DeepCwind και ισχύος 5MW. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε αριθμητική προσομοίωση στο λογισμικό OpenFAST με στόχο την ανάλυση της αεροδυναμικής και υδροδυναμικής συμπεριφοράς της κατασκευής, της εξαγωγής των μετακινήσεων, καθώς και τον υπολογισμό των φορτίσεων της πλωτής πλατφόρμας για ταχύτητες ανέμου 20m/s και 37.5m/s, υπό ενεργοποιημένη και απενεργοποιημένη κατάσταση της ανεμογεννήτριας. Σε αυτή την ανάλυση λήφθηκε υπόψη η αλληλεπίδραση των αεροδυναμικών, υδροδυναμικών και αδρανειακών φορτίων.

Τα κρίσιμα μεγέθη των φορτίων που προέκυψαν από τις χρονοϊστορίες του OpenFAST χρησιμοποιήθηκαν για τις στατικές αναλύσεις μέσω του λογισμικού πεπερασμένων στοιχείων ADINA. Στόχος της διαδικασίας είναι ο υπολογισμός των τάσεων που αναπτύσσονται και η αξιολόγηση της στατικής επάρκειας των δομικών μελών και του συστήματος αγκύρωσης για τρία διαφορετικά πάχη διατομής του μεσαίου πλωτήρα (0.03m, 0.04m, 0.05m) της πλωτής πλατφόρμας, υπό τρεις διαφορετικούς συνδυασμούς φόρτισης.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταδεικνύουν πως πρόκειται για ένα πρόβλημα με έντονη μη γραμμικότητα γεωμετρίας, καθώς κατά την ανάλυση GNIA αναπτύσσονται πολύ μεγάλες τιμές τάσεων, ακόμη και υπερδιπλάσιες σε ορισμένες περιπτώσεις, συγκριτικά με την απλή γραμμική ανάλυση. Παράλληλα, η βέλτιστη τιμή πάχους για τη διατομή του μεσαίου πλωτήρα κρίθηκε 0.05m, καθώς όλες οι διατομές της κατασκευής λειτουργούν στην ελαστική τους περιοχή. Αυτό αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για τέτοιου είδους υπεράκτιες κατασκευές όσον αφορά την αντιμετώπιση φαινομένων κόπωσης και χρήσης λεπτότοιχων διατομών.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES



DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2025-14

DESIGN OF THE STEEL STRUCTURE OF A FLOATING OFFSHORE WIND TURBINE

Alexandros Gakos

Supervisor: Charalambos Gantes, Professor N.T.U.A.

ABSTRACT

In the present era of green energy transition, the utilization of wind energy through offshore wind turbines is continuously increasing. In conjunction with the constant advancement of wind technologies, floating wind turbine systems are rapidly developing, as they constitute the main viable solution in deep-sea environments, in addition to their other inherent advantages.

This diploma thesis focuses on the dynamic and static response of the floating support structure of the OC4 Semisubmersible DeepCwind 5MW wind turbine. Specifically, a numerical simulation was carried out using OpenFAST software, aiming to analyze the aerodynamic and hydrodynamic behavior of the structure, to extract the displacements and to calculate the loading conditions on the floating platform for wind speeds of 20 m/s and 37.5 m/s, under both operational and parked conditions of the wind turbine. This analysis considered the interaction of aerodynamic, hydrodynamic, and inertial loads.

The critical load values derived from the OpenFAST time histories were used for the static analyses conducted using the ADINA finite element software. The objective of this process is to calculate the developed stresses and evaluate the structural adequacy of the structural members and the mooring system for three different wall thicknesses of the central pontoon (0.03 m, 0.04 m, 0.05 m) of the floating base, under three different loading combinations. The results of the analysis indicate that this is a problem with strong geometric nonlinearity, as the GNIA analysis yields very high stress values, in some cases more than twice those resulting from a simple linear analysis. At the same time, the optimal thickness for the central pontoon was found to be 0.05 m, as all structural cross-sections remain within their elastic range. This is a key requirement for such offshore structures in order to address fatigue-related phenomena and the use of thin-walled sections.