



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΝΟΤΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΝΕΣΤΟΥ



Διπλωματική Εργασία
Κωνσταντίνος Τσιβόλας

ΕΜΚ ΔΕ 2018 36

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές
Συνεπιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαος Μαμάσης

Αθήνα, Νοέμβριος 2018

Copyright © Κωνσταντίνος Τσιβόλας, 2018
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 © Konstantinos Tsivolas, 2018
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).

Κωνσταντίνος Τσιβόλας (2018)

Προκαταρκτικός σχεδιασμός υπεράκτιου αιολικού πάρκου νότια από το Δέλτα του Νέστου

Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2018 36

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Konstantinos Tsioulas (2018)

Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2018 36

Preliminary design of an offshore wind park south of Nestos' Delta

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

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον καθηγητή μου κ. Γαντέ, ο οποίος ανέλαβε το έργο της επίμελειας την διπλωματικής μου, με καθοδήγησε και μου παρείχε συμβουλές καθοριστικές για την ολοκλήρωση της διπλωματικής. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και τον κ. Μαμάση, ο οποίος με βοήθησε και με καθοδήγησε στο δικό του κομμάτι της εργασίας. Νιώθω τυχερός και πολύ κερδισμένος για την συνεργασία μου μαζί τους.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους φίλους μου, οι οποίοι ήταν δίπλα μου σε όλον τον δρόμο των σπουδών μου και μου χάρισαν αξέχαστες στιγμές.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και την αγάπη μου προς την οικογένεια μου που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια και μου παρείχαν πάντα ότι χρειαζόμουν.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2018 36

Προκαταρκτικός σχεδιασμός υπεράκτιου αιολικού πάρκου νότια από το Δέλτα του Νέστου

Κωνσταντίνος Τσιβόλας

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές
Συνεπιβλέπων : Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαος Μαμάσης
Νοέμβριος 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εξελίσσονται ραγδαία τα τελευταία χρόνια, αφού η πράσινη ενέργεια αποτελεί τόσο επιθυμία των πολιτών όσο και στόχο των κυβερνήσεων. Η σημαντικότερη από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η αιολική με αιολικά πάρκα να αναπτύσσονται σε όλο τον κόσμο και χώρες να αναζητούν τοποθεσίες με τις ευνοϊκότερες συνθήκες. Στην προσπάθεια της αναζήτησης αυτής έρχονται να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Στην παρούσα εργασία θα γίνει μια προσπάθεια να μελετηθεί μια τέτοια επένδυση στις ελληνικές θάλασσες.

Αρχικά επιλέγεται στο πρώτο κεφάλαιο η θέση, ο αριθμός και το μοντέλο της ανεμογεννήτριας που θα εγκατασταθεί. Βασικό σημείο του κεφαλαίου αποτελεί η εξαγωγή των κατάλληλων μετεωρολογικών και γεωτεχνικών δεδομένων, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση στη συνέχεια. Αποτελεί το κρισιμότερο στάδιο του έργου, αφού η θέση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου κρίνει την οικονομική αποδοτικότητα του έργου. Παράλληλα διερευνούνται δεσμεύσεις που πρέπει να ικανοποιεί το πάρκο. Στην συνέχεια περιγράφεται όλη η διαδικασία που απαιτείται για τον έλεγχο των ανεμογεννητριών σε οριακή κατάσταση αστοχίας. Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται με χρήση λογισμικών με στόχο την διευκόλυνση και τον εκσυγχρονισμό των υπολογισμών. Με τα δεδομένα του πρώτου κεφαλαίου μελετάται η συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας απέναντι στα τυχηματικά φορτία του ανέμου και των κυμάτων. Βασικό έργο ενός πολιτικού μηχανικού αποτελεί η ανέγερση του υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Για το λόγο αυτό περιγράφονται τα βήματα της μεταφοράς και της εγκατάστασης τόσο των ανεμογεννητριών όσο και των καλωδίων και των υποσταθμών. Τέλος γίνεται η αποτίμηση του έργου και ερευνάται η ενεργειακή και η οικονομική απόδοση του αιολικού πάρκου. Με βάση τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας εκτιμάται η ετήσια παραγόμενη ενέργεια, ενώ γίνεται και μία εκτίμηση για τα συνολικά έξοδα του έργου. Επίσης εξετάζονται διαφορετικά μοντέλα ανεμογεννητριών ώστε να επιλεγεί το αποδοτικότερο.



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

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2018 36

Preliminary design of an offshore wind park south of Nestos' Delta

Konstantinos Tsvolas

Supervisor: Professor Charis Gantes
Co-supervisor: Associate Professor Nikolaos Mamas
November 2018

ABSTRACT

In recent years, renewable energy sources have evolved rapidly, as green energy is important not only for the citizens of developed countries but also for the governments worldwide. The most significant among renewable energy sources is wind energy, thus always new wind energy park projects have been developed worldwide and investors try to find the best spots for the farms with the most propitious conditions. In this effort has offshore wind energy an important part. This thesis tries to evaluate an investment of an offshore wind farm in Greek waters.

First, a site is being chosen in the first chapter with its rated power and the number of wind turbines. This part is very important because all meteorological and geotechnical data, which are essential for the later analysis, are extracted. Selection of a favorable site is very critical for the economical viability of the project. Moreover, the first chapter investigates the ecological, marine etc. conditions, that the wind park must satisfy. Subsequently, the design requirements for offshore wind turbines are evaluated and the steel structure of the tower is checked, given the data that are extracted from chapter 1. All calculations are carried out with different softwares, each one of those with its own function in the analysis. The wind turbines' resistance is checked against random wind and wave loads. After the steel structures' evaluation comes the mission of management, transportation and installation of the wind turbines, the content of which has a significant meaning for a civil engineer. In this section, the procedure of building an offshore wind farm is described, which begins with the transport of the parts to the port and follows with the installation on site. In the final chapter, an energy analysis is carried out and the expected energy production, given the annual wind data and the power curve of the selected wind turbine model, is calculated. An estimation of the capital costs and the costs of operation and maintenance is performed, which is based in other installed wind parks, thus the economic viability is evaluated. Furthermore, it is examined whether a selection of another wind turbine model with higher or lower power capacity would be more profitable.