



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΥΛΩΝΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Διπλωματική Εργασία
ΣΩΚΡΑΤΗ ΣΙΔΕΡΗ

ΕΜΚ ΔΕ 2024/17

Επιβλέπων: ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΓΑΝΤΕΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

Αθήνα, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2024

Copyright © Σιδέρη Σωκράτη, 2014
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 © Sideri Sokrati, 2024
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).

Σιδέρης Σωκράτης (2024)
Παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης πυλώνων ανεμογεννητριών
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2024/17
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Sideris Sokratis (2024)
Diploma Thesis ΕΜΚ 2024/17
Examples of wind turbine tower reuse
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της φοίτησης μου (επιτέλους), θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλλαν τόσο στην εκπόνηση της διπλωματικής, όσο και στο πέρας των σπουδών μου. Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Καθηγητή Χάρη Γαντέ, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα και την ελευθερία στον τρόπο αντιμετώπισής της. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Παύλο Θανόπουλο για τη συμβολή του στην αντιμετώπιση που προέκυψαν και τη συνεχή συμπαράστασή του για την ολοκλήρωση της εργασίας, όπως επίσης και τον Καθηγητή Βασίλη Σπιτά για την καθοδήγηση του στην διερεύνηση του δοχείου πίεσης.

Στην έρευνα για τη διπλωματική ήρθα σε επικοινωνία με στελέχη από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, χάρις τους οποίους η εργασία απέκτησε βαθύτερο νόημα καθώς με βοήθησαν στην εύρεση πληροφοριών για παλιές ανεμογεννήτριες στην Ελλάδα. Θέλω λοιπόν να ευχαριστήσω κατά σειρά:

Τον κ. Μανώλη Καλφάογλου, στέλεχος του ΑΔΜΗΕ και τον κ. Φραγκίσκο Μουζάκη, στέλεχος του Κ.Α.Π.Ε.

Τον Υπεύθυνο του Τμήματος Αιολικής Ενέργειας του Κ.Α.Π.Ε. κ. Νίκο Στεφανάτο.

Την υπεύθυνη του επιδεικτικού αιολικού πάρκο στο Λαύριο, κα Ευτυχία Τζέιν.

Τον μηχανικό που με ξενάγησε στον χώρο του αιολικού πάρκου και μου έδωσε όλες τις πληροφορίες που χρειαζόμουν, κ. Μιχάλη Περγιάνη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κοπέλα μου Ιωαννέλα για την υπομονή της όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, δε θα ήμουν στη θέση αυτή χωρίς την συνεχή στήριξη των γονιών μου, Θεμιστοκλή και Αναστασίας. Τα μεγαλύτερα ευχαριστώ πάνε σε εσάς!



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2024/17

Παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης πυλώνων ανεμογεννητριών

Σιδέρης Σωκράτης

Επιβλέπων: Χαράλαμπος Γαντές, Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η κυκλική οικονομία ωθεί τον κατασκευαστικό κλάδο να είναι όλο ένα και πιο βιώσιμος τόσο για οικολογικούς όσο και οικονομικούς λόγους. Η ιδέα της επαναχρησιμοποίησης του χάλυβα από παλιές κατασκευές σε καινούριες βρίσκεται στο φως της δημοσιότητας καθώς είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος να εξοικονομηθεί υλικό για τη νέα κατασκευή και είναι πιο φιλικός στο περιβάλλον. Στο τεύχος αυτό γίνεται εκτενής αναφορά στα οφέλη της επαναχρησιμοποίησης, την διαδικασία συλλογής και πιστοποίησης του ανακτημένου χάλυβα, όπως επίσης και αναφορές σε πετυχημένες εφαρμογές της.

Ο σκοπός της διπλωματικής είναι να διερευνήσει εάν είναι πιθανή η εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης σε χαλύβδινο πυλώνα ανεμογεννήτριας. Στο πλαίσιο της διπλωματικής ήρθα σε επαφή με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) και πραγματοποιήθηκε εκπαιδευτική επίσκεψη στο επιδεικτικό αιολικό πάρκου Λαυρίου με σκοπό την άντληση φωτογραφικού υλικού και σχετικών πληροφοριών. Η έρευνα απέκτησε μεγαλύτερο νόημα καθώς επιλέχθηκε μια συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια που έχει ξεπεράσει το προσδόκιμο ζωής της και θα τεθεί εκτός λειτουργίας σύντομα. Οι εφαρμογές που προτάθηκαν για τον πυλώνα έγινε αρχικά βάση της γεωμετρίας, ενώ στη συνέχεια αναλύθηκαν εν συντομία τα κρίσιμα σημεία κατά τον σχεδιασμό τους. Λόγω περιορισμού έκτασης του τεύχους και πεπερασμένων χρονικών περιθωρίων, ολοκληρώθηκαν επιτυχώς δύο από τις τέσσερις εφαρμογές.

Η πρώτη εφαρμογή πραγματεύεται τη χρήση του πυλώνα ως πεζογέφυρα μικρού μήκους. Αφού αντλήθηκε έμπνευση από υφιστάμενες γέφυρες μορφώθηκε ο φορέας της γέφυρας και πραγματοποιήθηκαν όλοι οι προβλεπόμενοι έλεγχοι σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα. Η δεύτερη εφαρμογή που μελετήθηκε αφορά την λειτουργία του πυλώνα ως αποθηκευτικός χώρος για ρευστά σε ατμοσφαιρική και μη ατμοσφαιρική πίεση. Συγκεκριμένα, από το ένα τμήμα του πυλώνα μορφώθηκαν μια δεξαμενή για αποθήκευση νερού για γεωργικές εργασίες και ένα δοχείο πίεσης που περιέχει ίσοβουτάνιο, αέριο χρήσιμο στη βιομηχανία πετρελαίου. Όσο αναφορά τη δεύτερη εφαρμογή, η μελέτη αφορά κυρίως το στατικό κομμάτι με σκοπό πάντα να τονιστεί ότι είναι εφικτή η επαναχρησιμοποίηση του πυλώνα. Ο σχεδιασμός αντλίας και η διαδικασία παροχής της δεξαμενής εξαιρέθηκαν από την μελέτη.

Τέλος, η διπλωματική ολοκληρώνεται με τα πορίσματα από κάθε εφαρμογή και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα πάνω στην επαναχρησιμοποίηση ανεμογεννητριών.



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



DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2024/17

Examples of wind turbine tower reuse

Sideris Sokratis

Supervisor: Charalampos Gantes, Professor NTUA

ABSTRACT

In modern time, the circular economy is pushing the construction industry to be more and more sustainable for both ecological and financial reasons. The idea of reusing steel from old construction to new has come to the spotlight of research as it is a very efficient way to save material for new construction and also more environmentally friendly. In this thesis, extensive reference is made to the benefits of reuse, the process of collecting and certifying recovered steel, as well as references to its successful applications.

The scope of the thesis is to investigate whether the application of reuse in a steel wind turbine tower is possible. In the context of the thesis, I came into contact with the Center for Renewable Energy Sources (CRES) and arranged an educational visit to the demonstrative wind farm of Lavrio in order to gather photographic material and relevant information. The research took on greater meaning as a particular wind turbine was selected which has exceeded its life expectancy and will soon be decommissioned. The applications proposed for the tower were initially based on the geometry, while then the critical points during their design were briefly analyzed. Due to issue size limitation and limited time frames, two of the four applications were successfully completed.

The first application deals with the use of the tower as a small-span footbridge. After drawing inspiration from existing bridges, the footbridge was formed and all the mandatory checks were carried out according to the Eurocode. The second application concerns the operation of the tower as a storage tank for fluids at atmospheric and non-atmospheric pressure. In particular, a tank for storing water for agricultural work and a pressure vessel containing isobutane, a gas useful in the oil industry, were formed from one part of the tower. Regarding the second application, the study mainly concerns the structural part, with the aim of always emphasizing that the reuse of the pillar is possible. The pump design and the tank supply process were excluded from the study.

Finally, the thesis concludes with the findings from each application and suggestions for further research on reuse of other wind turbine parts.