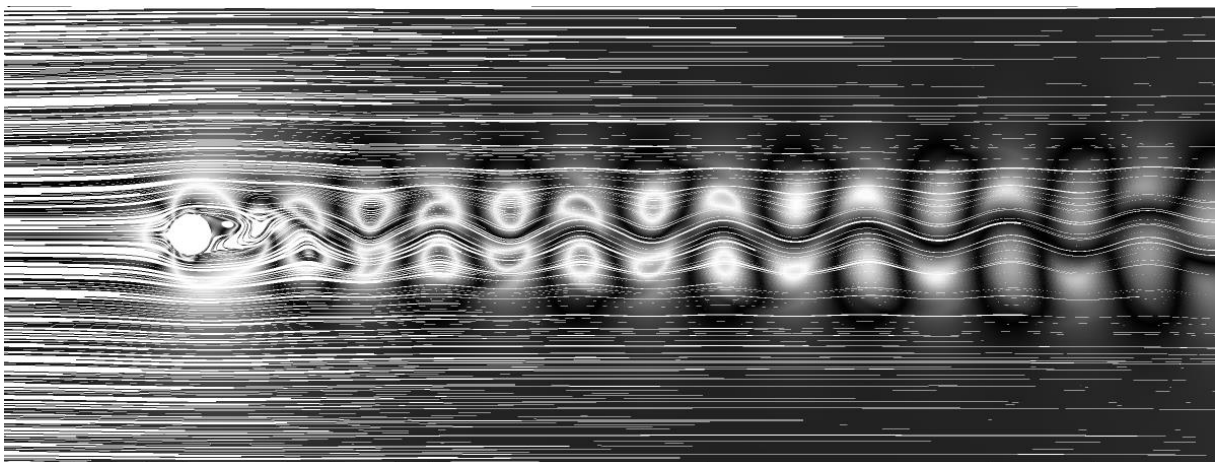




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

## ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΕΜΟΠΙΕΣΕΩΝ ΕΠΙ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΩΝ ΕΜΠΟΔΙΩΝ



Διπλωματική Εργασία  
Θεόδωρος Πότσης

ΕΜΚ ΔΕ 2019 6

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής ΕΜΠ  
Συνεπιβλέπων: Άγγελος Καρβέλης, Υπ. Διδάκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, 2019

Copyright © Θεόδωρος Πότση, 2019  
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 © Theodore Potsis, 2019  
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).

Θεόδωρος Πότσης (2019)

Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2019 6

Αριθμητική διερεύνηση ανεμοπιέσεων επί κυκλικών και τετραγωνικών εμποδίων  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Theodore Potsis (2019)

Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2019 6

Numerical investigation of wind loading on circular and square obstacles  
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

## Ευχαριστίες

Με την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας ολοκληρώνονται οι σπουδές μου ως προπτυχιακός φοιτητής στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Άγγελο Καρβέλη για την πολύτιμη βοήθεια του στην πραγματοποίηση της εργασίας και για τις γνώσεις που μοιράστηκε μαζί μου, χωρίς τις οποίες δεν θα μπορούσα να εντρυφήσω στην πολυπλοκότητα του φαινομένου. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή ΕΜΠ Χάρη Γαντέ που μου εμπιστεύτηκε ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα και με καθοδήγησε κατά την διάρκεια υλοποίησης του αλλά και για την αστείρευτη πηγή έμπνευσης και ορθολογισμού που αποτέλεσε στις συναντήσεις μας.

Την εργασία την αφιερώνω στον πατέρα μου.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΜΚ ΔΕ 2019 6

## **Αριθμητική διερεύνηση ανεμοπιέσεων επί κυκλικών και τετραγωνικών εμποδίων Θεόδωρος Πότσης**

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής ΕΜΠ  
Συνεπιβλέπων: Άγγελος Καρβέλης, Υπ. Διδάκτορας ΕΜΠ

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε αριθμητική διερεύνηση των αναπτυσσόμενων ανεμοπιέσεων επί κυκλικών και τετραγωνικών εμποδίων. Όταν στην ροή του ανέμου παρεμβάλλονται εμπόδια, τα οποία αποτελούν μια κατασκευή Πολιτικού Μηχανικού ή ένα δομικό μέλος της, η ανεμοπίεση που θα αναπτυχθεί ερμηνεύεται από το περιοδικό φαινόμενο της έγχυσης δινών (vortex shedding). Συγκεκριμένα δημιουργούνται δίνες στα σημεία αποκόλλησης της ροής εναλλάξ στην ομόρρους περιοχή του. Η ροή του ανέμου χαρακτηρίζεται ως μη μόνιμη ασυμπίεστη τυρβώδης ροή. Ο αριθμός Reynolds που χαρακτηρίζει την ροή συσχετίζεται με την τάξη μεγέθους της τύρβης.

Η θεωρία της ρευστομηχανικής αναφέρει ότι οι εξισώσεις URANS και RSTM εκφράζουν τα μεγέθη της ροής για κάθε χρονική στιγμή και για την επίλυση τους στρεφόμαστε σε αριθμητικές μεθόδους στα πλαίσια υπολογιστικών δυναμικών αναλύσεων ρευστομηχανικής. Από τις αναλύσεις προκύπτουν τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά των μεμονωμένων μελών ή των κατασκευών.

Στο πλαίσιο της εργασίας εξετάστηκαν για τα εμπόδια δύο περιπτώσεις γεωμετρικών σχημάτων, όπου η ροή χαρακτηρίζεται ως τυρβώδης. Η διδιάστατη αριθμητική προσομοίωση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δύο λογισμικών (ANSYS και OpenFOAM), με σκοπό την σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ τους καθώς επίσης και με τις προβλέψεις των κανονισμών υπολογισμού ανεμοπιέσεων και της βιβλιογραφίας. Για το κυκλικό εμπόδιο υλοποιήθηκε αριθμητική διερεύνηση για  $Re$  από  $5 \cdot 10^5$  έως  $2.2 \cdot 10^6$ , ενώ για το τετραγωνικό εμπόδιο για  $Re$  από  $2.2 \cdot 10^5$  έως  $5 \cdot 10^5$ . Από την διερεύνηση προκύπτουν συμπεράσματα για τη χρήση των λογισμικών καθώς και τις διαφορές μελών/κατασκευών με καμπύλα τμήματα ή αιχμηρές γωνίες.



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

DIPLOMA THESIS  
EMK ΔΕ 2019 6

**Numerical investigation of wind loading on circular and square obstacles**  
**Theodore Potsis**

Supervisor: Charis Gantes, Dr. Civil Engineer, Professor N.T.U.A.  
Co-supervisor: Aggelos Karvelis, PhD Candidate N.T.U.A

**ABSTRACT**

In the present study a numerical investigation of wind loading on circular and square obstacles has been conducted. When structural members or structures stand in the way of the wind flow a periodic phenomenon called vortex shedding occurs, which postulates that vortex will appear at points of detachment of the flow in the wake region of the obstacles. The wind is considered an unsteady incompressible turbulent flow and the Reynolds number relates with the magnitude of the turbulence.

The theory of flow mechanics considers that URANS and RSTM equations express the significant values of the flow and in order to solve them we apply computational methods within Computational Fluid Dynamics. From these analyses we manage to compute the aerodynamics features of individual structural members or buildings.

The study investigates two geometrical shapes where the flow is considered turbulent. The two-dimensional simulations were carried out in two softwares (ANSYS and OpenFOAM), in order to compare the results between them and also with wind loading regulations and experimental results found in the international bibliography. For the circular obstacle the Reynolds number has a range from  $5 \cdot 10^5$  to  $2.2 \cdot 10^6$ , while for the square obstacle it varies from  $2.2 \cdot 10^5$  to  $5 \cdot 10^5$ . The study provides an outline about the use of the softwares and also about the differences between members/structures with curved sections and those with sharp edges.