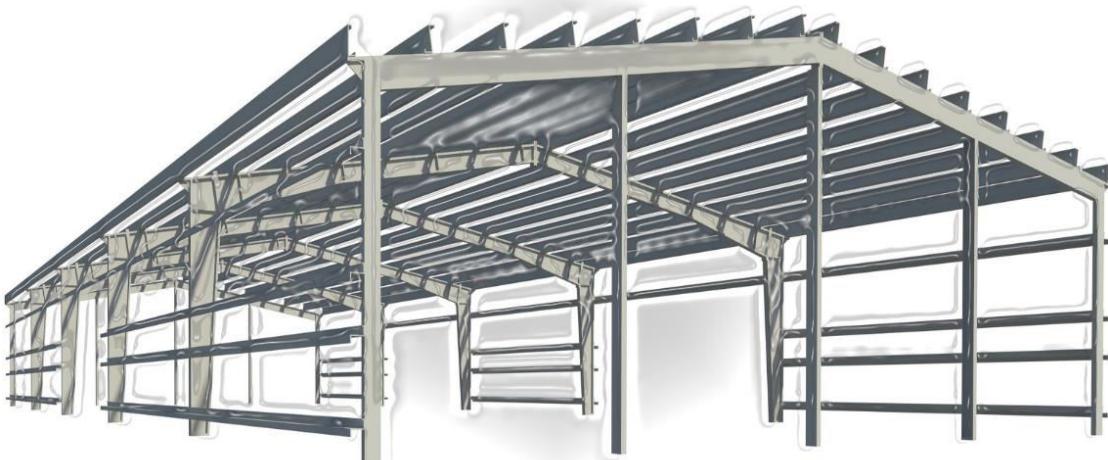




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

## ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΛΥΓΙΣΜΟΥ ΣΕ ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕ ΑΜΦΙΚΛΙΝΗ ΖΥΓΩΜΑΤΑ



Διπλωματική Εργασία  
Μαρία Ι. Κατσιδονιωτάκη

ΕΜΚ ΔΕ 2017 30

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Ι. Γαντές  
Συνεπιβλέπουσα: Μαρία Α. Λιβανού, Υποψήφια Διδάκτωρ

Αθήνα, Οκτώβριος 2017

Copyright © Μαρία Ι. Κατσιδονιωτάκη, 2017  
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 της συγγραφέως. 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 την συγγραφέα.

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

Copyright © Maria J. Katsidoniotsaki, 2017  
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).

Μαρία Ι. Κατσιδονιωτάκη (2017)

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΛΥΓΙΣΜΟΥ ΣΕ ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕ ΑΜΦΙΚΛΙΝΗ ΖΥΓΩΜΑΤΑ  
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2017 30  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Maria J. Katsidoniotsaki (2017)

Diploma Thesis EMK ΔΕ 2017 30

ANALYTICAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF BUCKLING OF MEMBERS IN DOUBLE-PITCHED  
PLANE STEEL FRAMES

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

## Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία, ολοκληρώνεται ο πενταετής κύκλος σπουδών μου στο τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ. Οι δυσκολίες ήταν αρκετές, αλλά οι γνώσεις και οι εμπειρίες που απέκτησα πάνω στην επιστήμη του Πολιτικού Μηχανικού είναι πολύτιμες. Με συγκίνηση λοιπόν, θα εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους ανθρώπους εκείνους που συνέβαλαν στην προσπάθεια αυτή, ως μια ελάχιστη ένδειξη ευγνωμοσύνης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω κατ' αρχάς τον Δάσκαλό μου κ. Χάρη Γαντέ, Καθηγητή ΕΜΠ και αναγνωρισμένο επιστήμονα, τόσο για την έμπνευση κατά τη διάρκεια των διαλέξεών του όσο και για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω υπό την επίβλεψή του την παρούσα διπλωματική εργασία. Η μετάδοση βαθιάς γνώσης και η καθοδήγησή του σαν Καθηγητής αλλά και σαν Άνθρωπος ήταν καίριες.

Ευχαριστώ θερμά την κα. Μ. Λιβανού, Υποψήφια Διδάκτωρ ΕΜΠ και πολλά υποσχόμενη νέα μηχανικό, για την συνεχή βοήθεια που μου προσέφερε επί έναν ολόκληρο χρόνο, την ευστροφία της με την οποία με απάλλασσε από κάθε δυσκολία που αντιμετώπιζα και το φόρτο εργασίας που κλήθηκε να αναλάβει μέσα σε αυτό το διάστημα.

Ευχαριστώ επίσης θερμά τον κ. Τάσο Αβραάμ, Καθηγητή ΕΜΠ, για την σημαντική βοήθεια που προσέφερε σε κρίσιμο σημείο της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και για τη συμμετοχή του στη τριμελή εξεταστική επιτροπή. Ευχαριστώ ακόμη τον κ. Ιωάννη Ραυτογιάννη, Καθηγητή ΕΜΠ, και για την δική του συμμετοχή στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Τέλος, εκφράζω τις απεριόριστες ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου, πηγή δύναμης και υπομονής όλα αυτά τα χρόνια.

Αφιέρωση

Στην Οικογένειά μου,



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΜΚ ΔΕ 2017 30

**ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΛΥΓΙΣΜΟΥ  
ΣΕ ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕ ΑΜΦΙΚΛΙΝΗ ΖΥΓΩΜΑΤΑ**

**Μαρία Ι. Κατσιδονιωτάκη**

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Ι. Γαντές  
Συνεπιβλέπουσα: Μαρία Α. Λιβανού, Υποψήφια Διδάκτωρ  
Οκτώβριος 2017

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Κίνητρο της παρούσας εργασίας αποτελεί το κενό της βιβλιογραφίας του Πολιτικού Μηχανικού σε ότι αφορά στον υπολογισμό του μήκους λυγισμού των μελών πλαισίων με αμφικλινή ζυγώματα και κατ'επέκταση στον σχεδιασμό τους έναντι καμπτικού λυγισμού. Για τον λόγο αυτόν, διατυπώνονται εκ νέου οι ακριβείς αναλυτικές σχέσεις που περιγράφουν τον γραμμικό λυγισμό τους και μέσω αυτών υπολογίζουν τελικά τα μήκη λυγισμού των μελών πλαισίων με αμφικλινή ζυγώματα, για δυο συνθήκες στήριξης στη βάση τους, αρθρώσεις και πακτώσεις.

Για τα υποστυλώματα των πλαισίων αυτών, διατυπώνονται οι συνοριακές συνθήκες οι οποίες οδηγούν στις ακριβείς αναλυτικές σχέσεις, η ορθότητα των οποίων ελέγχεται αριθμητικά. Ομοίως γίνεται και για τα ζυγώματα των πλαισίων, με την προσθήκη όμως αριθμητικής διερεύνησης σε περιπτώσεις όπου γεωμετρία τους δεν επιτρέπει τη διατύπωση εύχρηστων αναλυτικών σχέσεων. Ακολουθούν παραμετρικές αναλύσεις για μεγάλο εύρος τιμών που αφορούν την κλίση του ζυγώματος, τις δυσκαμψίες των μελών και τον λόγο του ύψους του υποστυλώματος προς το άνοιγμα του πλαισίου. Έτσι, προκύπτουν τα αντίστοιχα διαγράμματα μέσω των οποίων υπολογίζεται το ισοδύναμο μήκους λυγισμού μελών πλαισίων με αμφικλινή ζυγώματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τον σχεδιασμό τους, τουλάχιστον σε στάδιο προμελέτης. Μάλιστα, προτείνεται και ένας τρόπος χρήσης των υπαρχουσών διατάξεων του Ευρωκώδικα 3 (διαγράμματα Wood), ο οποίος αναφέρεται σε πλαίσια με οριζόντια ζυγώματα μόνο, ώστε τελικά να καλύπτει και την περίπτωση των αμφικλινών ζυγωμάτων. Τέλος, γίνεται η αξιολόγηση της σημασίας της μη γραμμικότητας της γεωμετρίας και του υλικού σε ρηχές αμφικλινείς στέγες.



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

DIPLOMA THESIS  
EMK ΔΕ 2017 30

## **ANALYTICAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF BUCKLING OF MEMBERS IN DOUBLE-PITCHED PLANE STEEL FRAMES**

**Maria J. Katsidoniotaki**

Supervisor: Professor Charis J. Gantes  
Co-supervisor: Maria A. Livanou, PhD Candidate  
October 2017

### **ABSTRACT**

The motivation of this paper comes from the literature gap in the Civil Engineer field regarding the calculation of buckling length of members in double-pitched plane steel frames and hence, their design against flexural buckling. Therefore, the exact analytical relationships describing the linear buckling phenomenon are presented in order to calculate the buckling length of members in double-pitched plane steel frames, with pinned or fixed support at their base.

Concerning the columns of these frames, the boundary conditions that lead to the exact analytical relationships are formulated and their accuracy is numerically investigated. The same methodology is followed for frame weights, but additional numerical analyses are performed in cases where their geometry does not lead to flexible analytical relationships. Subsequently, parametric analyses are performed for a wide range of values regarding the gradient, the stiffness of the members and the ratio of column's height to frame's span. Thus, the corresponding charts calculating the equivalent buckling length of members in double-pitched plane steel frames can be used for their design, at least at a preliminary stage. Additionally, a way of using the existing Eurocode 3 charts (Wood charts) which refers to frames with horizontal weights only, is proposed so that it eventually covers the case of double-pitched ones. Finally, the significance of geometric and material non-linearity in shallow amphiline roofs is assessed.