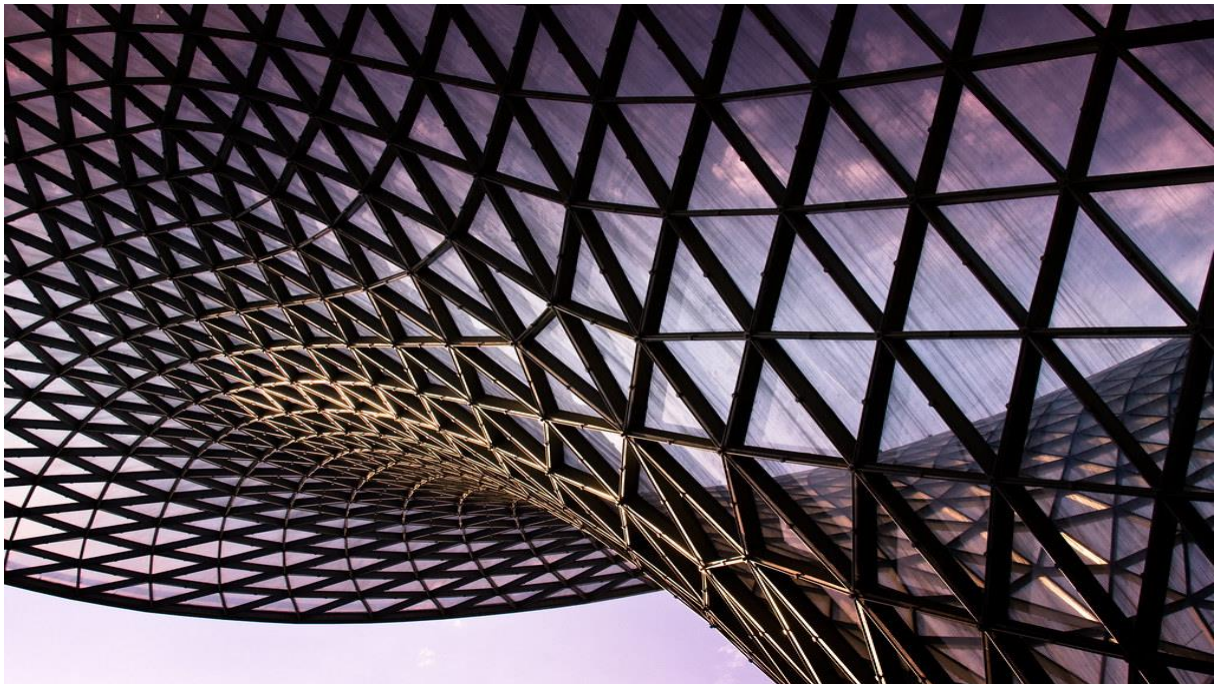




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



Κριτική Αξιολόγηση Διατάξεων Προτύπου CEN/TR 1993-1-103 για τα Μήκη Λυγισμού Χαλύβδινων Μελών



Διπλωματική Εργασία
ΛΕΩΝΙΔΑ ΤΑΛΙΑΔΟΥΡΟΥ

EMK 2022 13

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Αθήνα, Ιούλιος 2022

Copyright © Λεωνίδας Ταλιαδούρος, 2022

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/της συγγραφέα/εως. 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/την συγγραφέα.

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

Copyright © Leonidas Taliadouros, 2022

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).

Λεωνίδας Ταλιαδούρος (2022)
Κριτική αξιολόγηση διατάξεων προτύπου CEN/TR 1993-1-103 για τα μήκη λυγισμού
χαλύβδινων μελών
Διπλωματική Εργασία EMK 2022 13
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Leonidas Taliadouros (2022)
Diploma Thesis EMK 2022 13
Critical Evaluation of the Provisions of CEN/TR 1993-1-103 Regarding Buckling
Length of Steel Members
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Η περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί τον τερματισμό ενός άκρως δημιουργικού πενταετούς ταξιδιού, μέσα από το οποίο κατάφερα να γνωρίσω και να αγαπήσω το αντικείμενο μελέτης του δομοστατικού πολιτικού μηχανικού, αλλά και να εξελιχθώ ως υποψήφιος μελλοντικός ερευνητής, όπως και συνολικά ως προσωπικότητα.

Κύριοι συντελεστές της παραπάνω διαδικασίας, τους οποίους και θα ήθελα να ευχαριστήσω, συντέλεσαν το σύνολο των καθηγητών της κατεύθυνσης του δομοστατικού μηχανικού και κυρίως οι καθηγητές του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών. Ξεχωριστή αναφορά θα ήθελα να κάνω στον Καθηγητή Χάρη Γαντέ, επιβλέποντα της διπλωματικής μου, που μου έδωσε την ευκαιρία να γνωρίσω τον κόσμο των μη γραμμικών αναλύσεων και να ασχοληθώ με αυτό το τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο, ενώ με καθοδήγησε και με βοήθησε κατά την πορεία υλοποίησης του συνόλου της εργασίας μου.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την στήριξη τόσο σε οικονομικό, όσο και σε προσωπικό επίπεδο καθ'ολη την διάρκεια των σπουδών μου, την αδερφή μου για την τεράστια βοήθεια που παρείχε σε τεχνικό επίπεδο, την κοπέλα μου που έκανε πολλές θυσίες και ταξίδια, αφιερώνοντας άπειρο χρόνο για να είναι συνεχώς δίπλα μου, αλλά και τους φίλους μου για την αμέριστη κατανόηση και υποστήριξη τους.

Επιλογικά, τίποτα δεν θα ήταν δυνατό να είχε γίνει χωρίς την συμβολή του συνόλου των προαναφερθέντων και ευελπιστώ το τέλος των σπουδών μου να αποτελέσει την αρχή μίας γόνιμης ερευνητικής πορείας.

Acknowledgement

This research has been supported by the ADDOPTML project: "ADDitively Manufactured OPTimized Structures by means of Machine Learning" (No: 101007595) belonging to the Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA) Research and Innovation Staff Exchange (RISE) H2020-MSCA-RISE-2020.

*Αφιερωμένη στους γονείς μου Χρήστο και Αναστασία, στην αδερφή μου
Ηρώ και στην κοπέλα μου Κατερίνα.*



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΜΚ ΔΕ 2022 13

Κριτική Αξιολόγηση Διατάξεων Προτύπου CEN/TR 1993-1-103 για τα Μήκη Λυγισμού Χαλύβδινων Μελών

Λεωνίδας Ταλιαδούρος

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξέλιξη της τεχνολογίας, αλλά και των ίδιων των δομικών υλικών, μέσω της ανάπτυξης νέων τρόπων παραγωγής και κατεργασίας τους, καθιστά εφικτή την δημιουργία μελών με οποιαδήποτε σχεδόν γεωμετρία και σχήμα, αλλά και πάχος, γεγονός που σε συνδυασμό με την εισαγωγή των αριθμητικών μεθόδων πεπερασμένων στοιχείων οδήγησε στην χρησιμοποίηση όλο και πιο εύκαμπτων μελών και κατασκευών, που επακολούθως είναι ευαίσθητες στις διαφορετικές μορφές λυγισμού.

Το σύνολο των μεθόδων υπολογισμού των κρίσιμων φορτίων λυγισμού για τις διαφορετικές μορφές εκδήλωσης της μη γραμμικότητας γεωμετρίας, δεν αναλύεται στις μεθόδους σχεδιασμού του Ευρωκώδικα 3, αλλά περιγράφεται αναλυτικά στις διατάξεις του νέου προτύπου CEN/TR 1993-1-103. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η δημιουργία κατάλληλων εφαρμογών των επιμέρους κεφαλαίων του προτύπου, προκειμένου να αξιολογηθεί η αξιοπιστία τους, όπως και η συνύπαρξη με τις αντίστοιχες μεθόδους σχεδιασμού του EN1993-1-103. Η επιλογή των διαφόρων παραδειγμάτων αποσκοπεί επίσης στην ανάδειξη περιπτώσεων ιδιαίτερου ενδιαφέροντος και αρκετών αβεβαιοτήτων.

Πιο συγκεκριμένα πρόκειται να μελετηθεί ο καμπτικός λυγισμός ενός προβόλου μεταβλητής διατομής υπό θλίψη, ο λυγισμός του άνω θλιβόμενου πέλματος μίας δικτυωτής γέφυρας κάτω διάβασης, μία διατομή μονής συμμετρίας υπό θλίψη η οποία υφίσταται στρεπτικό-καμπτικό λυγισμό, μία δεύτερη διατομή μονής συμμετρίας υπό κάμψη περί τον ισχυρό που εκδηλώνει πλευρικό λυγισμό, αλλά και η τιμή της δυσκαμψίας που απαιτείται για να θεωρηθεί μία ελαστική στήριξη, αμετάθετη.

Επιπροσθέτως έχει αναλυθεί τόσο το θεωρητικό υπόβαθρο, όσο και ο τρόπος εφαρμογής της μοναδικής τοπικής και καθολικής στέλειας σύμφωνα με το σχήμα της κυρίαρχης ιδιομορφής λυγισμού, η οποία φαίνεται να είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος οικουμενικής αντιμετώπισης των ατελειών στις περισσότερες των περιπτώσεων μελών από δομικό χάλυβα.

Αντί επιλόγου, αξίζει να σημειωθεί πως βασικό συνοδοιπόρο κατά την διάρκεια περάτωσης της παρούσας εργασίας αποτέλεσε το σύνολο των μη γραμμικών αναλύσεων, το οποίο έδωσε απαραίτητες

πληροφορίες τόσο για την συμπεριφορά, όσο και την αντοχή των διαφόρων μελών και κατασκευών, με αποτέλεσμα να καταδεικνύεται στο τέλος της ανάγνωσης κάθε κεφαλαίου κατά πόσο συνιστά αναγκαιότητα, η εφαρμογή του συγκεκριμένου υπολογιστικού εργαλείου στα επιμέρους παραδείγματα.



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



DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 13 2022

Critical Evaluation of the Provisions of CEN/TR 1993-1-103 Regarding Buckling Length of Steel Members

Leonidas Taliadouros

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

ABSTRACT

The advancement of technology of the building materials through the development of new methods of production and processing, makes it possible to create members with almost any geometry and shape, as well as thickness, which, in combination with the introduction of finite element analysis software, led in the use of increasingly thin members and constructions, which are subsequently sensitive to different forms of buckling.

The set of methods for calculating the critical buckling loads for the different forms of manifestation of geometry nonlinearity are not analyzed in the design methods of Eurocode 3, but are described in detail in the provisions of the new CEN/TR 1993-1-103. The object of this thesis is the creation of appropriate applications of the individual chapters of the standard, in order to evaluate their reliability, but also the coexistence with the corresponding design methods of EN1993-1-103. The selection of the various examples is also intended to highlight cases of particular interest and several uncertainties.

More specifically, it is to be studied, the flexural buckling of a cantilever of non-uniform section under compression, the buckling of the upper chord of steel truss bridge, a mono-symmetrical cross-section of single symmetry under compression which undergoes torsional-flexural buckling, a second mono-symmetrical cross-section under bending that manifest lateral buckling, but also the stiffness value required, for an elastic constraint, to be considered fixed.

In addition, both the theoretical background and the application method of the single local and global imperfection in the shape of elastic critical buckling model (UGLI) have been

analyzed, which seems to be the most effective way to universally treat the imperfections in most of the cases of structural steel members.

Lastly, it is worth noting that a key ally during the completion of this diploma thesis was the set of non-linear analysis, which provided necessary information both for the behavior and the strength of the various members and structures. Consequently, at the end of each chapter, one can tell whether it is necessary to apply non-linear to the individual examples.