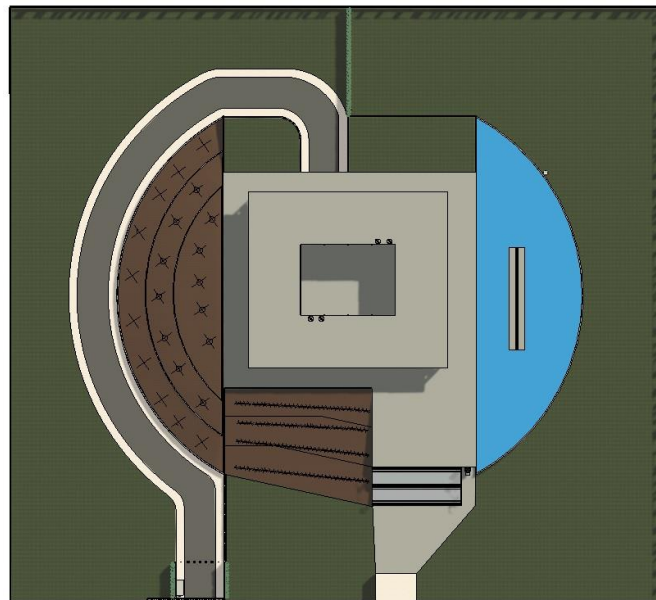




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΕΚΡΗΞΕΙΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΠΡΕΣΒΕΙΑΣ



Διπλωματική Εργασία  
**ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΛΑΔΑΣ**

EMK ΔΕ 2023 9  
ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ  
ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΕΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π  
ΟΡΕΣΤΗΣ ΙΩΑΝΝΟΥ  
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟΣ  
ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2023

Copyright © Απόστολος Λαδάς, 2023  
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 © Apostolos Ladas, 2023  
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).

Απόστολος Λαδάς (2023)  
**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΕΚΡΗΞΕΙΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΠΡΕΣΒΕΙΑΣ**  
ΕΜΚ ΔΕ 2023 9  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Apostolos Ladas (2023)  
EMK DE 2023 9  
**DESIGN OF BUILDINGS FOR PROTECTION AGAINST EXPLOSIONS WITH APPLICATION TO AN EMBASSY  
BUILDING**  
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

## Ευχαριστίες

Αρχικά ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Παναγιώτη και Παρασκευή που ήταν συνοδοιπόροι καθ' όλη την διάρκεια της φοιτητικής μου πορείας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ορέστη Ιωάννου, για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσε, καθώς και το Καθηγητή κύριο Χάρη Γαντέ που επέβλεψε την εργασία και η καθοδήγησή του ήταν ανεκτίμητη καθ' όλη τη διάρκεια αυτού του εγχειρήματος.

*Στη πολυαγαπημένη γιαγιά μου Μαργαρίτα Κολοβού Λαδά*



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΜΚ ΔΕ 2023 9

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΕΚΡΗΞΕΙΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ  
ΚΤΙΡΙΟ ΠΡΕΣΒΕΙΑΣ**

**ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΛΑΔΑΣ**

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Καθηγητής, Ε.Μ.Π  
Συνεπιβλέπων: Ορέστης Ιωάννου, Διδακτορικός

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η εύρυθμη λειτουργία των σύγχρονων κοινωνιών βασίζεται σε ιδιαίτερος εύθραυστα συστήματα όπως σιδηρόδρομοι, αεροπορικές εταιρείες, αγωγούς κτλ. Έτσι οι βομβιστικές τρομοκρατικές επιθέσεις αυξάνονται με τη πάροδο του χρόνου διότι προκαλούν σκληρότερα αποτελέσματα από τις συμβατικές μεθόδους με μικρότερο κόπο. Η προστασία των κτιρίων από βομβιστικές επιθέσεις λόγω των συμβάντων που έχουν πραγματοποιηθεί, είναι ένα επίκαιρο αλλά αχαρτογράφητο θέμα για το μελετητή αφού τα σχεδιαστικά εργαλεία και οι τεχνολογίες που παράγονται για την αντιμετώπιση εκρήξεων στα κτίρια προστατεύονται εσωτερικά από τις χώρες που τα παράγουν. Η καταστροφικότητα μιας έκρηξης εξαρτάται κυρίως από δυο παράγοντες, την απόσταση που πυροδοτείται η έκρηξη από το κτίριο και τα κιλά των εκρηκτικών. Μια φιλοσοφία σχεδιασμού που αποτρέπει τον επιτιθέμενο να πλησιάσει το κτίριο σε τρωτά σημεία μπορεί να αποβεί ιδιαίτερος αποτελεσματική. Η δημιουργία σχεδίου απειλής, η αναγνώριση των βασικών κινδύνων και ο σχεδιασμός του οικοπέδου ως μια αρένα για τη λήψη μέτρων ασφαλείας και την επίδειξη των μηχανισμών άμυνας στους επιτιθέμενους, μπορεί να αποβεί μια οικονομικότερη λύση με καλύτερα αποτελέσματα στη πράξη από την υπερένισχυση του στατικού φορέα. Ο τρόπος που εφαρμόζονται τα εκρηκτικά φορτία διαφέρει από τα συμβατικά όπως ο άνεμος ή ο σεισμός και τελικά ένα εκρηκτικό φορτίο μπορεί να καθορίσει τη τελική διαστασιολόγηση ενός στατικού συστήματος. Για αυτό το σκοπό πέραν των μέτρων ασφαλείας οι σημαντικές κατασκευές μελετώνται έτσι ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν και σε εκρηκτικά φορτία. Συμπερασματικά η πρόκληση για το μελετητή είναι ισχυρή διότι στη πραγματικότητα η έννοια της απόλυτης ασφάλειας δεν μπορεί να υπάρχει, η πεμπτουσία αυτού του σχεδιασμού είναι η αναγνώριση του τι χρειάζεται προστασία και πως μπορεί αυτή να επιτευχθεί. Φυσικά όλη αυτή η μελέτη δεν αφορά μόνο τη στατική επάρκεια ενός κτιρίου μετά την έκρηξη, αλλά και τη διαφύλαξη της ανθρώπινης ζωής καθώς και τη λειτουργικότητα των χώρων. Η κατοικία ή το γραφείο που ξοδεύει κάποιος το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου του είναι «η μηχανή του να ζεις» και οφείλει να είναι χρηστική. Η εφαρμογή ενός τέτοιου σχεδιασμού παρουσιάζεται για ένα κτίριο Ελληνικής πρεσβείας στο οποίο έχει εφαρμοστεί πληθώρα καλών πρακτικών για την αντιμετώπιση εκρηκτικών φορτίων καθώς και ο τρόπος που θα μπορούσε ο μελετητής να πάρει απαντήσεις σχετικά με την απόκριση δομικών στοιχείων από χρονιστορίες εκρηκτικών φορτίσεων.



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



DIPLOMA THESIS  
EMK ΔΕ 2023 9

**DESIGN OF BUILDINGS FOR PROTECTION AGAINST EXPLOSIONS WITH APPLICATION TO  
AN EMBASSY BUILDING**

**APOSTOLOS LADAS**

Supervisor: Charis Gantes, Professor, National Technical University of Athens  
Co-supervisor: Orestis Ioannou, Researcher - Engineer

**ABSTRACT**

The smooth operation of modern societies is based on particularly fragile systems such as railways, airlines, pipelines, etc. As a result, terrorist bombing attacks have been increasing over time because they yield more devastating results than conventional methods with less effort. Protecting buildings from bomb attacks, given the events that have occurred, is a timely yet uncharted subject for the researcher, as the design tools and technologies developed to address building explosions are internally protected by the countries that produce them. The destructiveness of an explosion depends primarily on two factors: the distance at which the explosion is triggered from the building and the weight of the explosives. Therefore, a design philosophy that prevents the attacker from approaching the building at vulnerable points can be particularly effective. Creating a threat plan, identifying key risks, and designing the site as an arena for implementing security measures and showcasing defence mechanisms can be a more cost-effective solution with better practical results than over-reinforcing the structural system. The way explosive charges are applied differs from conventional forces such as wind or earthquakes, and ultimately, an explosive load can determine the final dimensioning of a static system. For this purpose, beyond security measures, significant structures are studied so that they can withstand explosive loads. In conclusion, the challenge for the researcher is strong because, in reality, the concept of absolute security cannot exist. The essence of this design lies in recognizing what needs protection and how protection can be achieved. Of course, this entire study does not only concern the structural adequacy of a building after an explosion but also the preservation of human life and the functionality of spaces. The residence or office where someone spends the majority of their time is "the machine of living" and should be functional. The implementation of such a design is presented for a Greek embassy building, in which a plethora of good practices for handling explosive loads has been applied, as well as the way in which the researcher could obtain answers regarding the response of structural elements from historical records of explosive charges.