



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Master Thesis

Σεισμοί και επιπτώσεις στις δομικές κατασκευές στην περιοχή του Λουτρακίου του νομού Κορινθίας

Earthquakes and impacts on structural construction in region of Loutraki in Corinth

Ευσταθία Θανάση/ Efstathia Thanasi

A.M. / R.N.: 18060

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2020132

Αθήνα, Ιούνιος 2020
Athens, June 2020



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ
POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Σεισμοί και επιπτώσεις στις δομικές κατασκευές στην περιοχή του Λουτρακίου του νομού Κορινθίας

Earthquakes and impacts on structural construction in region of Loutraki in Corinth

Master Thesis

Ευσταθία Θανάση / Efstathia Thanasi

A.M. / R.N.: 18060

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Κασσάρας Ιωάννης,
Επίκουρος Καθ. Γεωφυσικής Γεωθερμίας ΕΚΠΑ

Δρ. Καβύρης Γεώργιος,
Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ

Δρ. Λέκκας Ευθύμιος,
Καθ. Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας &
Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών

«Ειδική_Επ_Καθοδήγηση»

Μαρτζάκης Βασίλειος
M.Sc. Αξιωματικός Πυροσβεστικού Σώματος,
Πτυχιούχος Δημόσιας Διοίκησης Παντείου
Πανεπιστημίου, Expert E.U. Civil Protection
Mechanism.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	i
Περίληψη	iii
Abstract	iv
Πρόλογος ή/και Ευχαριστίες.....	v
Κατάλογος Πινάκων	vi
Κατάλογος Εικόνων	vii

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή..... 9

1.1. Η δομή της γης.....	9
1.1.1. Η δομή του εσωτερικού της γης.....	9
1.1.2. Λιθοσφαιρικές πλάκες-Τα όρια και οι κινήσεις τους.....	10
1.1.3. Γεωμορφολογική εικόνα της περιοχής του Λουτρακίου.....	12
1.2. Σεισμός	12
1.2.1. Ορισμός του σεισμού	12
1.2.2. Γένεση του σεισμού	12
1.2.3. Χαρακτηριστικά και κλίμακες μέτρησης σεισμών	13
1.3. Σεισμική δραστηριότητα στην Ελλάδα	15
1.3.1. Η σεισμικότητα της περιοχής του Λουτρακίου.....	15
1.3.2. Ιστορικά σεισμολογικά στοιχεία του Λουτρακίου	16
1.3.3. Σεισμικά κύματα	18
1.3.4. Σεισμική επικινδυνότητα- Κατατάξη εδαφών.....	20
1.3.5. Παράμετροι σεισμικότητας.....	23
1.3.6. Επίπτώσεις από σεισμούς στον Ελλαδικό χώρο.....	24

Κεφάλαιο 2. Τρωτότητα Κατασκευών (Vulnerability Building) 29

2.1. Ορισμός	29
2.2. Μέθοδοι	29
2.2.1. Ελληνική μέθοδος	29
2.2.2. Αμερικανική μέθοδος.....	31
2.2.3. Ιαπωνική μέθοδος	32
2.2.4. Ιταλική μέθοδος.....	33
2.2.5. Νεοζηλανδική Μέθοδος.....	34
2.2.6. Τρωτότητα Κατασκευών στην περιοχή του Λουτρακίου.....	36

Κεφάλαιο 3. Βλάβες εξαιτίας σεισμού-Παράγοντες που επηρεάζουν την έκταση τους στα κτίρια 36

3.1. Παράγοντες επιρροής σεισμών στις κατασκευές	36
3.2. Υποστηλώματα (εύθραυστα ή κοντά)	36
3.3. Απόκλιση φάσματος σχεδιασμού έναντι φάσματος αποκρίσεως	37
3.4. Κακή διάταξη στοιχείων ακαμψίας στην κάτοψη.....	38
3.5. Κάτοψη κτιρίου.....	38
3.6. Έυκαμπτο ισόγειο	39
3.7. Ύψος κτιρίου- Θέση κτιρίου στο Οικοδομικό τετράγωνο.....	40
3.8. Προσθήκες- Επεμβάσεις κτιρίων	40

Κεφάλαιο 4. Είδη βλαβών στις Δομικές κατασκευές στην περιοχή του Λουτρακίου.....	43
4.1. Σύνηθες τύποι βλαβών.....	43
4.2. Βλάβες κτιρίων κατά την θεμελίωση.....	44
4.3. Βλάβες κτιρίων στην ανωδομή.....	44
 Κεφάλαιο 5. Επισκευές βλαβών λόγω σεισμού- Μέθοδοι πρόληψης	45
5.1. Μέθοδοι επισκευών.....	45
5.1.1. Επισκευή ενίσχυση υποστηλωμάτων	45
5.1.2. Επισκευή ενίσχυση δοκών	46
5.1.3. Επισκευή ενίσχυση τοιχωμάτων.....	47
5.1.4. Επισκευή ενίσχυση πλακών	49
5.1.5. Επισκευή ενίσχυση προβόλων	50
 Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα	52
6.1. Συμπέρασμα	52
6.2. Προτάσεις	52
 Βιβλιογραφία	53

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως θέμα της, την περιγραφή των επιπτώσεων στις δομικές κατασκευές στην περιοχή του Λουτρακίου εξαιτίας της σεισμικής δραστηριότητας που έχει καταγραφεί στην ευρύτερη περιοχή.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή σχετικά με την δομή του εσωτερικού της γης, τις λιθοσφαιρικές πλάκες, καθώς και για την γεωμορφολογική εικόνα της περιοχής του Λουτρακίου. Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα βρούμε το πως ορίζεται ο σεισμός αλλά και τον τρόπο γέννησης των σεισμών, καθώς τα χαρακτηριστικά του και τις κλίμακες μέτρησης που χρησιμοποιούνται. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την ενότητα της σεισμικής δραστηριότητας στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα υπάρχει και ενότητα όπου αναφέρεται στην εξεταζόμενη περιοχή το Λουτράκι Κορινθίας. Γίνεται αναφορά σε ιστορικά σεισμολογικά στοιχεία Του Λουτρακίου αλλά και περιγραφή εννοιών όπως για τα σεισμικά κύματα, την σεισμική επικινδυνότητα, τους παράμετρους της σεισμικότητας και τις επιπτώσεις των σεισμών στον Ελλαδικό χώρο από σεισμούς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας αναλύεται η τρωτότητα των κατασκευών μέσα από ορισμούς αλλά και από αναλύσεις βασικών μεθόδων υπολογισμού της ανά τον κόσμο.

Στο τρίτο κατά σειρά κεφάλαιο βρίσκουμε βλάβες που συναντούμε σε κτίρια από σεισμό αλλά και ποιοι είναι οι παραγόντες που επηρεάζουν την έκταση τους. Αναλύονται βασικοί παράγοντες όπως λόγου χάρη η απόκλιση του φάσματος σχεδιασμού έναντι του φάματος απόκρισης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα είδη βλαβών στις δομικές κατασκευές στην περιοχή του λουτρακίου. Περιγράφονται οι σύνηθες βλάβεις που εντοπίζουμε στις κατασκευές αλλά και τις βλάβες που συμβαίνουν κατά την ανωδομή του κτιρίου και την θεμελίωση του.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται επισκευές βλαβών σε κτίρια καθώς και οι τρόποι δράσης για την επισκευή του αλλά και για την ενίσχυση τους. Αναφέρονται τα βασικά συστήματα επέμβασης αναλόγως με την εκάστοτε βλάβη του κτιρίου.

Λέξεις κλειδιά: Λουτράκι, Σεισμός, Τρωτότητα, Περιβάλλον, Επισκευές, Ενισχύσεις, Βλάβες

Abstract

The subject of this dissertation is the impact on the structural constructions in the area of Loutraki due to the seismic activity that has been recorded in the wider area.

The first chapter describes the structure of the earth's interior, the lithospheric plates, and the geomorphological picture of the Loutraki region. Following that we will find how the earthquake is defined, the birth of an earthquake, as well as its characteristics and the measurement scales that are used. The chapter concludes with the seismic activity in Greece and more specifically, there has been further analysis in the region of Loutraki, Corinth as the examined area. There is a reference to historical seismological data of the examined region but also a description of concepts such as seismic waves, seismic risk, seismicity parameters and the effects of earthquakes in Greece.

At the second chapter there is the analysis concerning the constructions' vulnerability through definitions but also by describing the basic methods of calculating it around the world.

In the third chapter in a row we find faults that we encounter in buildings from earthquakes but also what are the factors that affect their extent. Key factors such as the deviation of the design spectrum from the response spectrum are analyzed.

The fourth chapter presents the types of faults in the structural constructions in the area of the bath. The usual faults that we find in the constructions but also the damages that occur during the superstructure of the building and its foundation are described.

In the fifth chapter, repairs of buildings are presented as well as the ways of action for its repair but also for their reinforcement. The basic operating systems are reported depending on the damage to the building.

Keywords: Bath, Earthquake, Vulnerability, Environment, Repairs, Reinforcement, Damage

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη τους στην επιλογή μου να πραγματοποιήσω αυτό το μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ξεχωριστά τον σύντροφο μου, Μιχάλη για την κατανόηση και υποστήριξη του. Φυσικά, ευχαριστώ και τους αξιόλογους συναδέλφους στον Δήμο Λουτρακίου που με βοήθησαν, όσο δουλευα εκεί με σύμβαση ορισμένου χρόνου, δίνοντάς μου αξιόλογη βιβλιογραφία για την διπλωματική μου εργασία.

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1.	Περιγραφή σεισμικής έντασης κατά την EMS.....	12
Πίνακας 2.1.	Κτίρια κατά χρονική περίοδο κατασκευής - Απογραφή κτιρίων 2011 (Ελληνική Στατιστική Αρχή).....	36

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1.	Δομή του εσωτερικού της γης	10
Εικόνα 1.2.	Λιθοσφαιρικές πλάκες.....	11
Εικόνα 1.3.	Λιθοσφαιρικές πλάκες- Γένεση σεισμών.....	13
Εικόνα 1.4.	Χάρτης σεισμικών επικέντρων, τη χρονική περίοδο 1964 - 2010, σύμφωνα με τον κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.....	16
Εικόνα 1.5.	Συνοπτικός Γεωλογικός χάρτης της Κορινθιακής τάφρου	17
Εικόνα 1.6.	Χάρτης επικέντρων των σεισμών της περιόδου 1900-64 μεγέθους $M > 4,5$ στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Λουτρακίου – Περαχώρας	18
Εικόνα 1.7.	Χάρτης καμπυλών μακροσεισμικών εντάσεων που έχουν παρατηρηθεί στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Λουτρακίου- Περαχώρας κατά τη χρονική περίοδο 1500-1999.....	19
Εικόνα 1.8.	Σεισμοτεκτονικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής στον οποίο απωτυπώθηκαν και τα επίκεντρα των μεγαλύτερων σεισμών της σεισμικής ακολουθίας Φεβρουαρίου-Μαρτίου 1981.....	20
Εικόνα 1.9.	Νέος Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας	22
Εικόνα 1.10.	Διάκριση του Ελλαδικού χώρου με βάση τη σεισμική παράμετρο b	23
Εικόνα 1.11.	Μοντέλο σεισμικών πηγών του Ελληνικού Χώρου και των γειτονικών περιοχών	23
Εικόνα 1.12.	Επιπτώσεις των σεισμών.....	24
Εικόνα 1.13.	Ξενοδοχείο Απόλλων πριν τον φονικό σεισμό του 1981.....	25
Εικόνα 1.14.	Ξενοδοχείο Απόλλων μετά τον φονικό σεισμό του 1981.....	26
Εικόνα 1.15.	Πρωτοσελιδο εφημερίδας για τον σεισμό των Αλκυονίδων.....	27
Εικόνα 2.1.	Υπόδειγμα πίνακα κατάταξης δομικού τύπου κτιρίου	30
Εικόνα 2.2.	Υπόδειγμα δελτίου προσεισμικού ελέγχου κτιρίων	31
Εικόνα 2.3.	Υπόδειγμα ειδικού εντύπου.....	35
Εικόνα 2.4.	Αεροφωτογραφία Λουτρακίου 1936	37
Εικόνα 2.5.	Απόσπασμα Ορθοφωτογραφίας Λουτρακίου 1945-1960	38
Εικόνα 2.6.	Απόσπασμα Ορθοφωτογραφίας Λουτρακίου 2007-2009	39
Εικόνα 3.1.	Κατασκευαστική Βλάβη / Παραδειγμα κοντών υποστυλωμάτων	38
Εικόνα 3.2.	Εύκαμπτο Ισόγειο (Pilotis)	40
Εικόνα 3.3.	Επεμβάσεις - Προσθήκες.....	41
Εικόνα 3.4.	Επεμβάσεις - Προσθήκες.....	42
Εικόνα 4.1.	Επισκευή και ενίσχυση υποστυλώματος	46
Εικόνα 4.2.	Επισκευή και ενίσχυση δοκού	47
Εικόνα 4.3.	Επισκευή και ενίσχυση τοιχώματος.....	49
Εικόνα 4.4.	Επισκευή και ενίσχυση τοιχώματος.....	49
Εικόνα 4.5.	Επισκευή και ενίσχυση πλάκας.....	50

Εικόνα 4.6.	Επισκευή και ενίσχυση προβόλου	51
-------------	--------------------------------------	----

Κεφάλαιο 1.

Εισαγωγή

1.1. Η δομή της γης

1.1.1. Η δομή του εσωτερικού της γης

Η γη αποτελείται από τρία διαφορετικά στρώματα. Αυτό απορρέει μετά από έμμεσες μεθόδους παρατήρησης, όπως: i) στη μελέτη της σύστασης και της δομής πετρωμάτων ii) σε στοιχεία από αναλύσεις δειγμάτων από διάφορα πετρώματα εξωγήινης προέλευσης (π.χ. μετεωρίτες, Σελήνη) που θεωρείται μια αντιπροσωπευτική κατάσταση της ύλης, iii) Σε στοιχεία από εργαστηριακά πειράματα που οδηγούν σε διαγράμματα και μοντέλα iv) Μέσα απ' την μελέτη σεισμικών κυμάτων που διατρέχουν το εσωτερικό της γης. Απ' όλες αυτές τις μελέτες, εκείνη που αποτελεί την σημαντικότερη πηγή πληροφοριών για τα βαθύτατα τμήματα της γης είναι η μελέτη των σεισμών. Ο σεισμός παράγει κύματα, άλλα κινούνται κοντά στην επιφάνεια της γης και άλλα εισέρχονται βαθιά στο εσωτερικό της γης. Κυρίως η δεύτερη κατηγορία μας ενδιαφέρει, τα κύματα χώρου, που διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα επιμήκη και τα εγκάρσια. Με βάση αυτά τα δεδομένα, τα σειсмоγράμματα από τους διάφορους σταθμούς μας δίνουν πολλές πληροφορίες για το εσωτερικό της γης. Σύμφωνα λοιπόν με όλα τα παραπάνω το εσωτερικό της γης διαχωρίζεται σε τρία ανισομερή ομόκεντρα τμήματα: στο στερεό φλοιό, το μανδύα και τον πυρήνα. Κριτήριο της διάκρισης αυτής ήταν κατά βάση η χημική σύσταση των διαφόρων ενώσεων, που προσδιόρισε την πυκνότητα και το βάρος τους. Ο στερεός φλοιός (crust) είναι μια λεπτή επιφανειακή στιβάδα και δομείται από μια μεγάλη ποικίλα πετρωμάτων διαχωρίζοντας τον σε δύο είδη α) τον ωκεάνιο φλοιό και β) τον ηπειρωτικό φλοιό. Ο μανδύας (mantle) είναι μια ενδιάμεση στιβάδα μεταξύ των δύο μεγάλων ασυνεχειών (Ασυνέχεια Moho- Ασυνέχεια Gutenberg). Κυρίως δομείται από πυριτικά πετρώματα και αποτελεί την αποκλειστική πηγή των υλικών του φλοιού. Επίσης διακρίνεται σε ανώτερο (upper mantle) και κατώτερο (lower mantle). Ο πυρήνας (core), έχει σύσταση που κυριαρχεί ο σίδηρος και κατά συνέπεια πολύ μεγάλη πυκνότητα (9,7 έως 16gr/cm³). Η θερμοκρασία στο κέντρο της γης εκτιμάται ότι υπερβαίνει τους 5000 βαθμούς Κελσίου. (Πηγή: Παπανικολάου & Σιδέρης 2007; Λέκκας & Ανδρεαδάκης 2015).



Εικόνα 1.1. Δομή του εσωτερικού της γης.

(Πηγή: <https://sites.google.com/site/geologyclassroom1/e-ge-san-planetes/dome-tes-ges>)

1.1.2. Λιθοσφαιρικές πλάκες- Τα όρια και οι κινήσεις τους

Η λιθόσφαιρα (lithosphere) έχει τος φυσικούς χαρακτήρες και τη μηχανική συμπεριφορά του λίθου, με την συμβατική έννοια του όρου δηλαδή είναι ένα συμπαγές, άκαμπτο (πλην όμως εύθραυστο) και σχετικά ψυχρό στερεό σώμα. Η λιθόσφαιρα αποτελείται από το στερεό φλοιό και το στερεό εξώτατο τμήμα του ανώτερου μανδύα, ο οποίος ονομάζεται λιθοσφαιρικός μανδύας (lithospheric mantle). Η υποκείμενη στιβάδα της λιθόσφαιρας μέχρι το βάθος των 350km ονομάζεται ασθενόσφαιρα (asthenosphere), και αυτό γιατί θεωρήθηκε μηχανικά 'ασθενής' με την έννοια ότι τα πετρώματα συμπεριφέρονται ως ένα είδος συμπυκνωμένου διάπυρου πολτού με πολύ μεγάλο ιξώδες που επιτρέπει στην ύλη να 'ρέει' σχηματίζοντας έτσι ανακυκλούμενα ρεύματα μεταφοράς ύλης και θερμότητας. Έχει αναγνωριστεί ότι η γήινη λιθόσφαιρα δεν είναι ενιαία αλλά διασπάται σε μεγάλες και μικρότερες λιθοσφαιρικές πλάκες (plates), που μετακινούνται και επιπλέον συνεχώς πάνω στην ασθενόσφαιρα και τα όρια συναρμογής τους προσδιορίζονται με διάφορα κριτήρια όπως για παράδειγμα από ζώνες ενεργής σεισμικής δραστηριότητας. Οι μεγάλες λιθοσφαιρικές πλάκες είναι η ευρασιατική, η αφρικανική, η βόρειοαμερικανική, η νοτιοαμερικανική η αυστραλοϊνδική, η ειρηνική και η ανταρκτική, εκτός όμως απ' τις επτά μεγάλες υπάρχουν και αρκετές μικρότερες. Απ' όσα γνωρίζουμε μέχρι σήμερα, μόνο η γη εμφανίζει αυτό το χαρακτηριστικό της πολυδιάσπασης της λιθόσφαιρας σε επιμέρους σε αντίθεση με τον Άρη και την Αφροδίτη, οι συγγενέστεροι πλανήτες, όπου έχουν ενιαία και αδιάσπαστη λιθόσφαιρα.

Τα όρια και οι κινήσεις τους

Η σχετική κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών ανά ζεύγη έχει ως αποτέλεσμα τρεις διαφορετικούς τύπους ορίων i) Αποκλίνοντα όρια (divergent boundaries), που εντοπίζονται κυρίως στους ωκεάνιους πυθμένες και ταυτίζονται με τους άξονες των μεσοωκεάνιων ράχων. Αυτός ο τύπος ορίων συνδέεται κατεξοχήν με μαγνητικές διεργασίες, σχετικά αβαθείς σεισμούς και μεγάλες τιμές θερμικής ροής, ii) Συγκλίνοντα όρια (convergent boundaries), όπου μια ωκεάνια λιθοσφαιρική πλάκα κάμπτεται και υποβυθίζεται είτε κάτω από άλλη ωκεάνια είτε από μια ηπειρωτική σχηματίζοντας με αυτόν τον τρόπο μια ζώνη υποβύθισης (subduction zone). Γι' αυτό και τα όρια σύγκλισης χαρακτηρίζονται και ως καταστροφικά περιθώρια (destructive margins), με την έννοια της καταστροφής ωκεάνιου φλοιού / λιθόσφαιρας, iii) Πλευρικά ολισθαίνοντα όρια (transformed boundaries), όπου δύο πλάκες κινούνται πλευρικά μεταξύ τους. Γενικά στα πλευρικά ολισθαίνοντα όρια λιθοσφαιρικών πλακών δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται λιθόσφαιρα δεν υπάρχουν ηφαίστεια, αλλά εκδηλώνεται έντονη σεισμική δραστηριότητα.

Ο μηχανισμός που ελέγχει την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών δεν είναι απόλυτα διευκρινισμένος. Σύμφωνα με το μοντέλο του Hess, η κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών οφείλεται στην ασθενοσφαιρική κυκλοφορία, δηλαδή στα μεγάλα θερμικά ρεύματα που αναπτύσσονται στην ασθενόσφαιρα. Νεότερα δεδομένα έδειξαν ότι στο φαινόμενο παρεμβαίνει σημαντικά και η βαρύτητα. Καθώς μια ωκεάνια πλάκα υποβυθίζεται φτάνοντας σε μεγάλα βάθη το κυρίαρχο ορυκτό της ολιβίνης μεταπίπτει σε ολοένα και πυκνότερες διατάξεις των δομικών του μονάδων, λόγω των αυξανόμενων τιμών πίεσης, χωρίς μεταβολή στη χημική του σύσταση. Απ' τα παραπάνω προκύπτει ότι ο μηχανισμός κίνησης των πλακών είναι συνολικά ένα πολύπλοκο πρόβλημα, που βρίσκεται υπό διερεύνηση. (Παπανικολάου & Σιδέρης 2007).



Εικόνα 1.2. Λιθοσφαιρικές πλάκες. (Πηγή: <https://www.oasp.gr>)

1.1.3. Γεωμορφολογική εικόνα της περιοχής του Λουτρακίου

Η περιοχή του Λουτρακίου βρίσκεται νοτιοανατολικά των ακτών του ανατολικού Κορινθιακού κόλπου, πιο συγκεκριμένα καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της χερσονήσου των Αλκυονίδων, η οποία βρίσκεται μεταξύ δύο ανατολικών απολήξεων του Κορινθιακού κόλπου, ήτοι με τον κόλπο των Αλκυονίδων στα βόρεια καθώς και στα νότια με τον Λέχαιο κόλπο. Ο δήμος κυρίως καταλαμβάνει τις παράκτιες πεδινές περιοχές νότια των Γερανείων. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται στο σύνολο της από ένα ποικιλόμορφο ανάγλυφο το οποίο είναι αποτέλεσμα έντονων γεωδυναμικών διεργασιών οι οποίες εξελίχθηκαν κατά τις πρόσφατες γεωλογικές περιόδους και συνεχίζουν να επηρεάζουν την περιοχή έως σήμερα. Από γεωλογική άποψη ο δήμος Λουτρακίου –Περαχώρας μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα, το βόρειο που περιλαμβάνει την ορεινή μάζα των Γερανείων και την χερσόνησο της Περαχώρας και δομείται από αλπικούς σχηματισμούς και το νότιο λοφώδες τμήμα που αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου τεκτονικού βυθίσματος. Γενικότερα στο σύνολο της η ευρύτερη περιοχή καταλαμβάνεται από μια ορεινή περιοχή προς τον βορρά που αντιστοιχεί στα Γεράνεια όρη και μια πεδινή περιοχή προς τα νότια, η οποία περιλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή της πόλης του Λουτρακίου. Η μεταβολή από το ορεινό ανάγλυφο των Γερανείων προς την πεδινή έκταση του Λουτρακίου θα μπορούσε να χαρακτηριστεί απότομη. Βάση γεωτεκτονικής και γεωλογικής άποψης, ο Κορινθιακός κόλπος σήμερα αποτελεί τμήμα της κορινθιακής τάφρου, η οποία εκτείνεται από το Ρίο και το Παναχαϊκό όρος στα δυτικά μέχρι τον κόλπο των Αλκυονίδων και την πόλη της Κορίνθου στα ανατολικά σύμφωνα με τους Stefatos et al., 2002 . Στη σημερινή της κατάσταση η περιοχή βρίσκεται στο σημείο συνάντησης δύο θαλάσσιων λεκανών, του ανατολικού Κορινθιακού κόλπου και του Σαρωνικού κόλπου. Καθένας απ' τους χώρους αυτούς παρουσιάζει διαφορετική παλαιογεωγραφική και παλαιογεωδυναμική εξέλιξη, γεγονός που αποτυπώνεται, τόσο στα πάχη και στις φάσεις των ιζημάτων, όσο και στην ύπαρξη ή όχι ενεργών σεισμικών δομών. Όλες αυτές οι διαφορές διαμορφώνουν την γενικότερη μορφολογική εικόνα. (<http://www.loutraki-agioitheodoroi.gr/wp-content/uploads/A5.pdf> ; Λέκκας και συνεργάτες 2010).

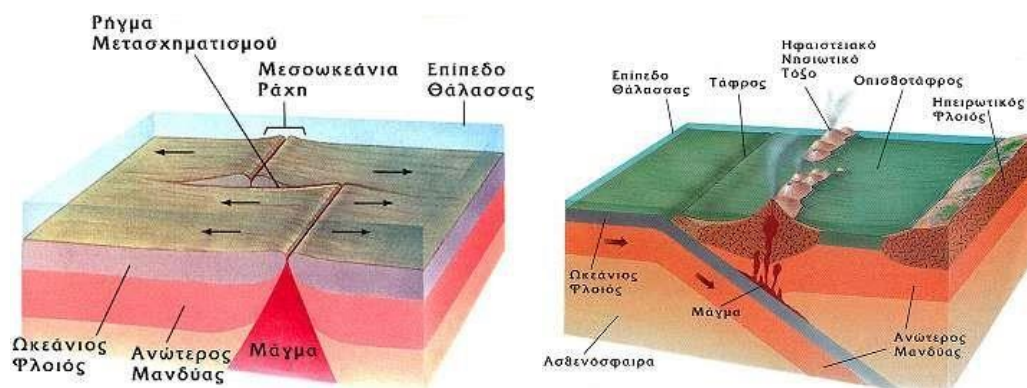
1.2. Σεισμός

1.2.1. Ορισμός σεισμού

Σεισμός είναι η εδαφική κίνηση που παράγεται όταν η μηχανική ενέργεια των πετρωμάτων διαταραχτεί από φυσικά αίτια που βρίσκονται στο εσωτερικό της.

1.2.2. Γένεση του σεισμού

Αποτέλεσμα της κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών είναι η αργή παραμόρφωση των πετρωμάτων από τη δράση τεκτονικών δυνάμεων. Οι χώροι αυτοί ονομάζονται σεισμογόνοι και εντοπίζονται κυρίως στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών και συγκεκριμένα στα όρια σύγκλισης επικρατούν συμπίεστικές τάσεις, στα όρια απόκλισης εφελκυστικές τάσεις και στα όρια πλευρικής ολίσθησης διατμητικές τάσεις. Όταν οι τάσεις υπερβούν το όριο αντοχής των πετρωμάτων, επέρχεται η θρωώση και η δημιουργία επιφάνειας διάρρηξης, που ονομάζεται σεισμογόνο ρήγμα (seismic fault). (Παπανικολάου & Σιδέρης 2007; Λέκκας & Ανδρεαδάκης 2015).



Εικόνα 1.3. Λιθοσφαιρικές πλάκες- Γένεση σεισμών. (Πηγή: <https://www.oasp.gr>)

1.2.3. Χαρακτηριστικά και κλίμακες μέτρησης

Κάθε σεισμός που καταγράφεται διακρίνεται από κάποια φυσικά χαρακτηριστικά, επαγόμενα φαινόμενα και επιπτώσεις. Τα φυσικά χαρακτηριστικά του σεισμού είναι το επίκεντρο, ο χρόνος εκδήλωσης, το μέγεθος καθώς και ο βαθμός που έγινε αισθητός σε τοπικό επίπεδο. Επίκεντρο του σεισμού είναι η κάθετη προβολή του σεισμού στην επιφάνεια της γης, η ένταση εκφράζεται με εμπειρικό τρόπο είτε σε βαθμούς της αναθεωρημένης κλίμακας Mercalli (MM) ή σε βαθμούς της κλίμακας Mercalli- Sieberg (MKS) δίνουν το μέτρο των αποτελεσμάτων ενός σεισμού στις κατασκευές και στους ανθρώπους. Το μέγεθος του σεισμού εκφράζεται σε βαθμούς της κλίμακας Richter που χρησιμοποιείται από τους σεισμολόγους για την μέτρηση της σεισμικής ενέργειας που απελευθερώθηκε στο σημείο όπου εκδηλώθηκε ο σεισμός. Θεωρητικά η κλίμακα Richter δεν έχει ανώτατο όριο, είναι λογαριθμική σχέση, δηλαδή δεν υπάρχει ευθεία αναλογία μεταξύ μεγέθους σε Richter και της ελκυόμενης ενέργειας αλλά εκθετική. Κατ' αυτόν τον τρόπο έχει διαπιστωθεί ότι η ενέργεια αυξάνεται περίπου 30 φορές ανά βαθμό της κλίμακας. Η 12βαθμιαία κλίμακα Mercalli και η 12βαθμιαία κλίμακα MSK και στα ευρωπαϊκά δεδομένα EMS (European Macroseismic Scale) ο πίνακας 1 περιγράφει αναλυτικά τον ορισμό της κλίμακας EMS ανάλογα με τις επιδράσεις του σεισμού (i) στους ανθρώπους, (ii) στα αντικείμενα και τη φύση εξαιρουμένων των αστοχιών του εδάφους και (iii) στα κτίρια. Η κλίμακα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για να αποτυπώσει τις ισόσειστες του σεισμού του Πύργου το 1993 (Λέκκας, 1996) και εκτός Ευρώπης στο σεισμό του Kobe το 1995 (Λέκκας & Κρανής, 1996), είναι άλλος ένας τρόπος να μετράμε το αποτέλεσμα της σεισμικής δόνησης.

Πίνακας 1.1: Περιγραφή της σεισμικής έντασης κατά την EMS. (Λέκκας & Ανδρεαδάκης 2015).

Ένταση	Περιγραφή
I (όχι αισθητός)	(α) Δεν είναι αντιληπτός από τους ανθρώπους, (β) Δεν έχει επίδραση στα κτίρια και (γ) Δεν υπάρχουν καταστροφές.
II (ελαφρά αισθητός)	(α) Είναι αισθητός από λίγους (μικρότερος από 1%) και ιδιαίτερα από αυτός που είναι στο σπίτι, (β) Δεν έχει επίδραση στα κτίρια και (γ) Δεν υπάρχουν καταστροφές.

III (Ασθενής)	(α) Είναι αισθητός από αρκετούς ανθρώπους που είναι στο σπίτι τους. Οι άνθρωποι αισθάνονται μια ταλάντωση ή βλέπουν τη λάμπα να κουνιέται, (β) Κάποια αντικείμενα που υπάρχουν στο σπίτι αρχίζουν να κουνιούνται και (γ) Δεν υπάρχουν καταστροφές στα κτίρια.
IV (Ευρέως παρατηρητός)	(α) Ο σεισμός είναι αισθητός από πολλούς ανθρώπους που μένουν στο σπίτι και από μερικούς που βρίσκονται έξω από το σπίτι. Η ταλάντωση δεν είναι υπερβολική και δεν προκαλεί φόβο στους ανθρώπους. Οι παρατηρητές βλέπουν να κινούνται ελαφρά αντικείμενα (όπως κρεβάτι, καρέκλα, κλπ.), (β) Παράθυρα και πόρτες τρίζουν. Αντικείμενα που κρέμονται στους τοίχους ταλαντεύονται. Ελαφριά έπιπλα μετακινούνται. Σε ξύλινες κατασκευές μπορεί να υπάρξουν ρωγμές και (γ) Δεν υπάρχουν καταστροφές σε κτίρια.
V (Αισθητός)	(α) Ο σεισμός είναι αισθητός πολύ από τους ανθρώπους που βρίσκονται μέσα στο σπίτι και από αρκετούς που εκείνη τη στιγμή βρίσκονται έξω. Αρκετοί άνθρωποι φοβούνται και βγαίνουν έξω από το σπίτι τους. Κάποιοι άνθρωποι που κοιμούνται ξυπνούν. Οι παρατηρητές αισθάνονται μια δυνατή ταλάντωση όλου του κτιρίου (δοματίων, επίπλων, κλπ.), (β) Τα αντικείμενα που κρέμονται κλονίζονται σε σημαντικό βαθμό. Μικρά αντικείμενα που πριν ήταν στηριγμένα αρχίζουν να πέφτουν. Πόρτες και παράθυρα ανοίγουν και κλείνουν. Υγρά χύνονται από γεμάτα δοχεία. Ζώα που είναι κλεισμένα κάπου γίνονται ανήσυχα και (γ) Λίγα κτίρια παθαίνουν ζημιές πρώτου βαθμού.
VI (Ελαφρά καταστροφικός)	(α) Γίνεται αισθητός από πολλούς ανθρώπους που βρίσκονται μέσα στο σπίτι και από πολλούς που βρίσκονται π.χ. σε δρόμους, κλπ. Μερικοί άνθρωποι χάνουν την ισορροπία τους και πολλοί από αυτούς προσπαθούν να βγουν έξω από το σπίτι, (β) Έπιπλα μπορούν να μετακινηθούν και μικρά αντικείμενα μπορούν να πέσουν. Σε μικρές αποστάσεις πιάτα και ποτήρια σπάζουν. Ζώα μπορεί να φοβηθούν και (γ) Καταστροφές πρώτου βαθμού σε αρκετά κτίρια, και μερικά υφίστανται καταστροφές δευτέρου βαθμού.
VII (Καταστροφικός)	(α) Πολλοί άνθρωποι είναι φοβισμένοι και προσπαθούν να βγουν από τα σπίτια τους. Δύσκολο είναι για πολλούς που βρίσκονται σε ψηλούς ορόφους να μείνουν εκεί, (β) Έπιπλα μετακινούνται καθώς και βαριά έπιπλα μπορεί να ανατραπούν. Αντικείμενα πέφτουν σε μεγάλο βαθμό από ράφια. Το νερό εξέρχεται από δοχεία, δεξαμενές, πισίνες και (γ) Πολλά κτίρια με τρωτότητα τάξης Β και λίγα τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2. Πολλά κτίρια τάξης Α και λίγα τάξης Β υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3. Λίγα κτίρια τάξης Α υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4. Η καταστροφή είναι εμφανής στα ανώτερα τμήματα των κτιρίων.
VIII (Ισχυρά Καταστροφικός)	(α) Πολλοί άνθρωποι είναι δύσκολο να σταθούν ακόμα και έξω, (β) Τα έπιπλα ανατρέπονται. Αντικείμενα όπως τηλεόραση, γραφομηχανές, κλπ. πέφτουν στο έδαφος. Ταφόπετρες σε μερικές περιπτώσεις μετατοπίζονται ή ανατρέπονται. Ρευστοποιήσεις πραγματοποιούνται σε μαλακά εδάφη και (γ) Πολλά κτίρια τρωτότητας τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2. Πολλά κτίρια τάξης Β και λίγα τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3. Αρκετά κτίρια τάξης Α και λίγα τάξης Β υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4, λίγα κτίρια τάξης Α υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5 και λίγα κτίρια τάξης Δ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2.
IX (Συντριπτικός)	(α) Γενικός πανικός. Άνθρωποι πέφτουν στο έδαφος, (β) Πολλά μνημεία και κολόνες πέφτουν ή ανατρέπονται. Ρευστοποιήσεις παρατηρούνται σε μαλακά εδάφη και (γ) πολλά κτίρια με τρωτότητα τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3 επίσης πολλά κτίρια τάξης Β και λίγα τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4. Πολλά κτίρια τάξης Α και λίγα τάξης Β υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5. Πολλά κτίρια τάξης Δ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3. Πολλά κτίρια τάξης Ε υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2.
X (Ισχυρά Συντριπτικός)	(γ) Πολλά κτίρια τρωτότητας τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4. Αρκετά κτίρια τάξης Β και λίγα τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5. Αυτό παθαίνουν επίσης και πολλά από τα κτίρια τάξης Α. Πολλά κτίρια τάξης Δ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3 και λίγα βαθμού 4. Πολλά κτίρια τάξης Ε υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2.
XI (Εξαιρετικά Συντριπτικός)	(γ) Αρκετά κτίρια με τρωτότητα της τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4. Μερικά κτίρια Β και πολλά τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5. Πολλά κτίρια τάξης Δ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4 και λίγα υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5. Αρκετά κτίρια τάξης Ε υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3 και λίγα βαθμού 4. Πολλά κτίρια τάξης Ζ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού Ζ και λίγα σε βαθμού 3.
XII (Ολοκληρωτικά)	(γ) Πρακτικά όλα τα οικοδομήματα πάνω και κάτω από το έδαφος καταστρέφονται.

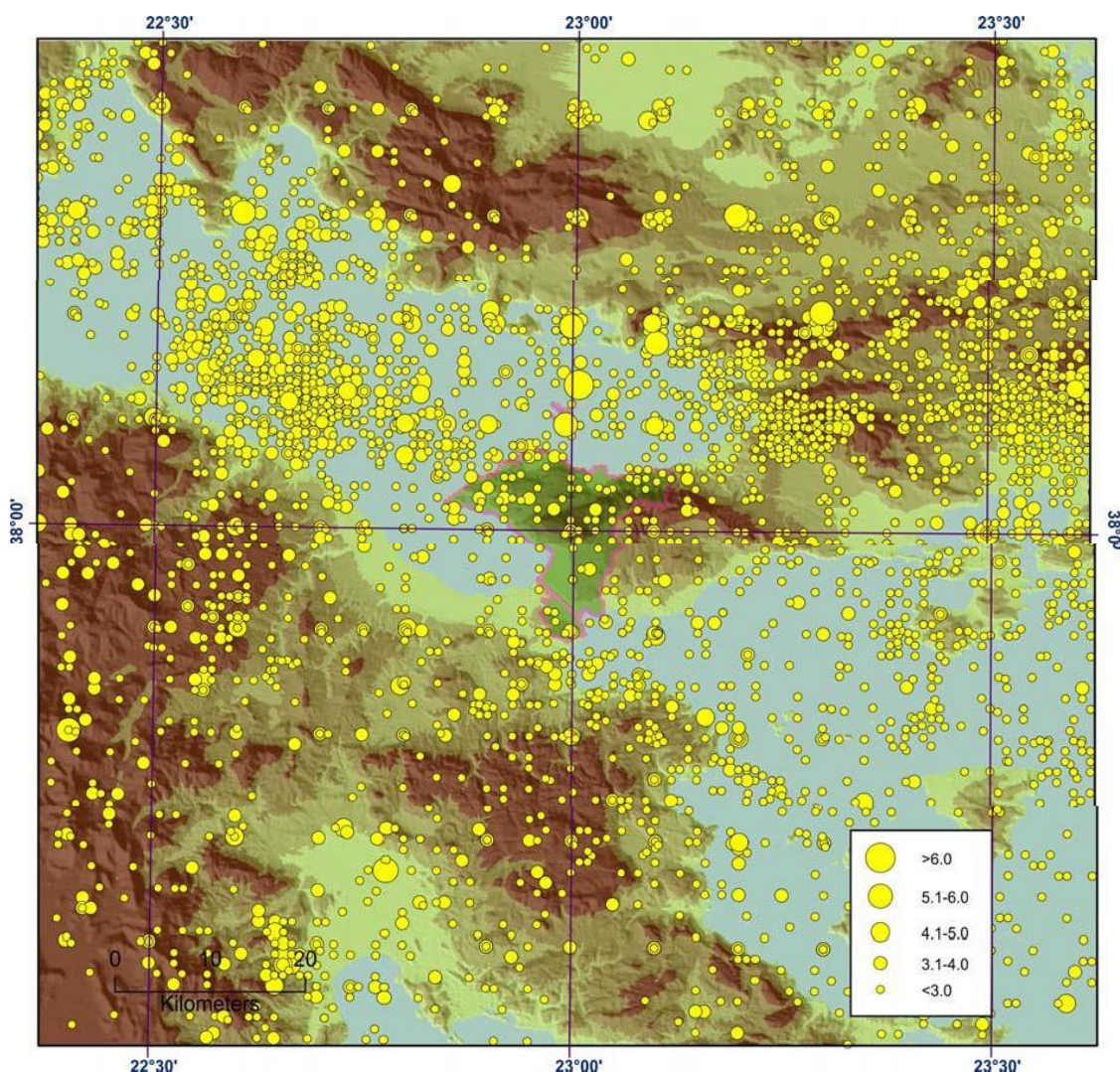
1.3. Σεισμική Δραστηριότητα στην Ελλάδα

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από υψηλή σεισμικότητα από τις μεγαλύτερες σε παγκόσμια κλίμακα, τη μεγαλύτερη στην Ευρώπη, διότι βρίσκεται σ' ένα πολύ ενεργό γεωλογικό τμήμα της Λιθόσφαιρας. Αναφορές για σεισμούς στην Ελλάδα καταγράφονται για πρώτη φορά στον Όμηρο και τον Ησίοδο και αποδίδονται σε υπερφυσικά αίτια, ενώ πάνω από 20 φυσικοί φιλόσοφοι έχουν διατυπώσει θεωρίες για τα αίτια των σεισμών βάσει της παρατήρησης, της λογικής και της αναλογικότητας, ξεκινώντας από τον Θαλή (640 π.Χ.). Η δε θεωρία του Αριστοτέλη περί «αναθυμιάσεων» και «ανέμων», όπως διατυπώθηκε στα βιβλία του «Τα Μετεωρολογικά», υιοθετήθηκε και αποτέλεσε θεμέλιο στη σεισμολογία ακόμα και μετά τον Μεσαίωνα (Liner, 1997). Οι σεισμοί της χώρας μας. Ανάλογα με το γενεσιουργό αίτιο μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις κατηγορίες: i) επιφανειακοί και ενδιάμεσοι σεισμοί που οι εστίες εντοπίζονται στην ζώνη Benioff δηλαδή στην έντονα καταπονούμενη ζώνη προστριβής της προωθούμενης ευρωπαϊκής πλάκας με την υποβυθιζόμενη αφρικανική, ii) επιφανειακοί σεισμοί που προκαλούνται από εφελκυστικές τάσεις στον ανώτερο φλοιό λόγω της συμπίεσης στο βάθος. Με άλλα λόγια, οι σεισμοί αυτοί είναι συνδεδεμένοι με τα ενεργά κανονικά ρήγματα (π.χ. τεκτονική τάφρος του Κορινθιακού), iii) επιφανειακοί σεισμοί που είναι συνδεδεμένοι με τις απολήξεις στο βόρειο Αιγαίο του μεγάλου ρήγματος της βόρειας Ανατολίας. Αυτό το ρήγμα δίνει πολύ καταστροφικούς σεισμούς στην Τουρκία και στην προέκτασή του στον Ελλαδικό χώρο είναι αρκετά εκφυλισμένη. Οι γεωλογικές αυτές ιδιαιτερότητες της Ελλάδας οφείλονται στην μετωπική της θέση στο πιο δραστήριο γεωλογικά τμήμα του ενεργού νότιου ηπειρωτικού περιθωρίου της ευρωπαϊκής πλάκας, κάτω από το οποίο υποβυθίζονται τα αρχαιότερα υπολείμματα ωκεάνιας λιθόσφαιρας της αφρικανικής πλάκας που κινείται προς τον βορρά. Το ελληνικό τμήμα της ενεργής αυτής δομής ονομάζεται ελληνικό ορογενετικό τόξο. Η γεωμετρία του ελληνικού τόξου χαρακτηρίζεται από μια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ στα Ιόνια νησιά και τη δυτική Ελλάδα-Πελοπόννησο, που κάμπτεται σε Α-Δ από τα Κύθηρα στην Κρήτη και στην συνέχεια γίνεται ΝΔ-ΒΑ στα Δωδεκάνησα. Συνεπώς το ελληνικό τόξο αποτελεί έναν κρίσιμο μεταβατικό κρίκο στον εξελικτικό κύκλο των ωκεανών, δηλαδή τη μετάβαση από την συμπίεση στην σύγκρουση των ηπείρων και την εξαφάνιση του ωκεανού. (Παπανικολάου & Σιδέρης 2007 ; Παπαιωάννου & Αρτινού 2011).

1.3.1. Η σεισμικότητα της περιοχής του Λουτρακίου

Το αναμενόμενο τελικό αποτέλεσμα της σεισμικής κίνησης δηλαδή τον σεισμικό κίνδυνο καθορίζει η σεισμική επικινδυνότητα και οι ιδιότητες των κατασκευών της. Η σεισμικότητα είναι μια ποσότητα η οποία εξαρτάται από την συχνότητα και τα μεγέθη των σεισμών που πραγματοποιούνται σε μια περιοχή. Η σεισμικότητα καθορίζεται ποσοτικά ή και ακόμη ποιοτικά. Για να μελετηθεί μια περιοχή για την σεισμικότητα της χρειάζεται εξειδικευμένη έρευνα και είναι προφανές ότι η προσέγγιση της σεισμικότητας δεν είναι δυνατόν να περιοριστεί στα όρια της

περιοχής μελέτης. Η μελέτη των σεισμών που έπληξαν την περιοχή πριν το 1900 έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας, διότι για να μετρηθεί η ισχυρή εδαφική κίνηση σε μια θέση χρησιμοποιείται η μακροσεισμική ένταση. Ακόμα και σήμερα η μακροσεισμική ένταση αντιπροσωπεύει το μόνο διαθέσιμο μέτρο σφοδρότητας των ιστορικών σεισμών, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του επιπέδου σεισμικότητας σε μια περιοχή. (Λέκκας και συνεργάτες 2010).



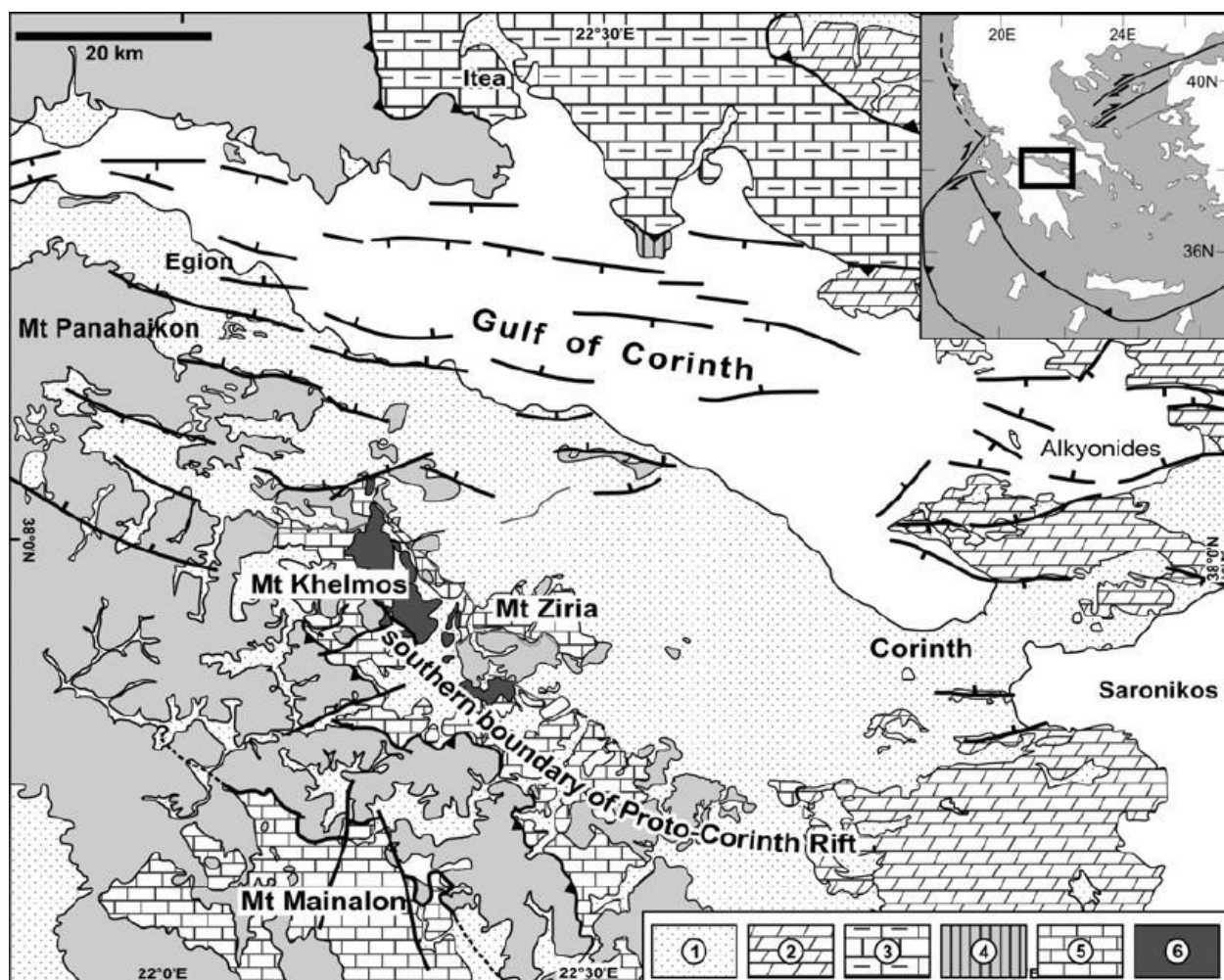
Εικόνα 1.4. Χάρτης σεισμικών επικέντρων, τη χρονική περίοδο 1964 - 2010, σύμφωνα με τον κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. (Πηγή Λέκκας και συνεργάτες 2010).

1.3.2. Ιστορικά Σεισμολογικά Στοιχεία του Λουτρακίου

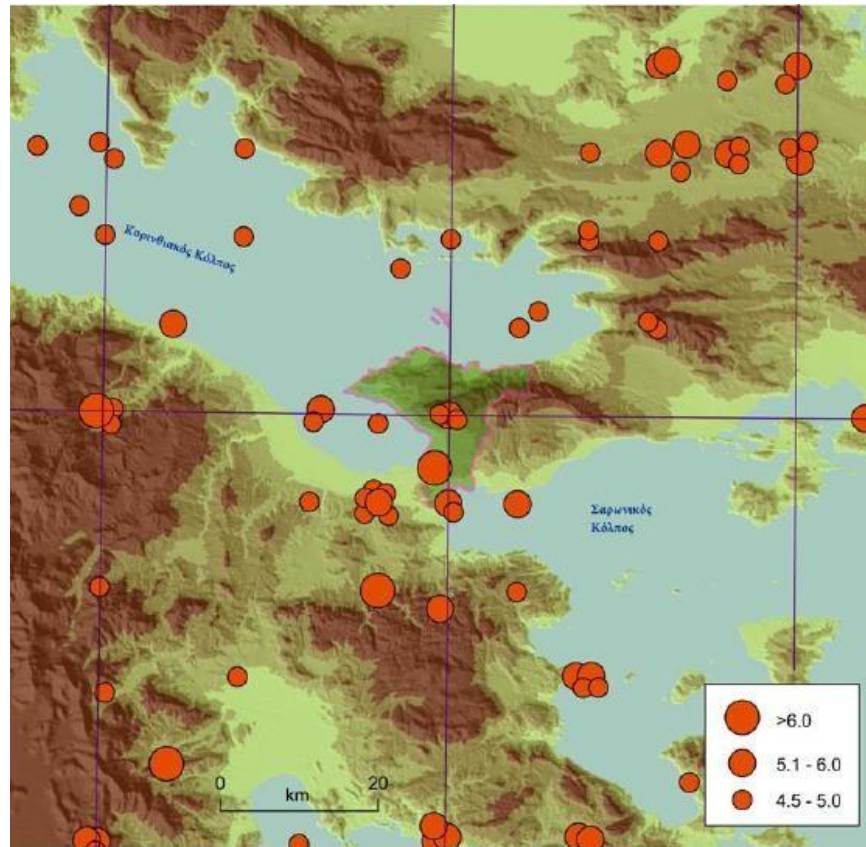
Στην περιοχή του Δήμου Λουτρακίου - Περαιχώρας έχουν καταγραφεί αρκετά στοιχεία μακροσεισμών, μεταξύ αυτών και οι κυριότεροι που έπληξαν την περιοχή που έχουν σημειωθεί κατά τον 20^ο αιώνα. Απ' τα πιο πρόσφατα γεγονότα, δύο είναι εκείνα, τα οποία προκάλεσαν σημαντικές καταστροφές στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου αλλά και σε γειτονικές πόλεις. Πρόκειται για τους σεισμούς των Αλκυονίδων (1981) και του Αιγίου (1995). Στην ευρύτερη περιοχή έχουν σημειωθεί ισχυροί σεισμοί απ' ότι μπορούμε να δούμε απ' τα μακροσεισμικά δεδομένα και είναι οι εξής:

- i) ο σεισμός του 1858 με $M=6,7$ και μέγιστη ένταση X βαθμών της κλίμακας Mercalli
- ii) ο μέτριος σεισμός του 1873 με $M=6,0$ και ένταση VII βαθμών της κλίμακας Mercalli
- iii) ο ισχυρός σεισμός που συνέβει το 1928 με $M= 6,3$ προκάλεσε ιδιαίτερες καταστροφές στην περιοχή Κορίνθου – Λουτρακίου- Περαιώνας και με μέγιστη ένταση IX βαθμών της κλίμακας Mercalli,
- iv) ο σεισμός του 1953 με $M= 5,8$ προκάλεσε στην περιοχή του Λουτρακίου μέγιστη ένταση VII της κλίμακας,
- v) ο ισχυρός σεισμός του Φεβρουαρίου το 1981 με $M= 6,8$ και μέγιστη ένταση IX βαθμών της κλίμακας,
- vi) τέλος ο ισχυρός σεισμός το 1995 με $M=6,1$ και μέγιστη ένταση IX της κλίμακας Mercalli στην περιοχή του Αιγίου. Όπως προκύπτει απ' τα παραπάνω ιστορικά στοιχεία η μέγιστη μακροσεισμική ένταση για τον Δήμο Λουτρακίου είναι IX της κλίμακας MM.

(Πηγή: Λέκκας και συνεργάτες 2010 ; Λέκκας και συνεργάτες 2001 ; Kokkalas et al 2007).



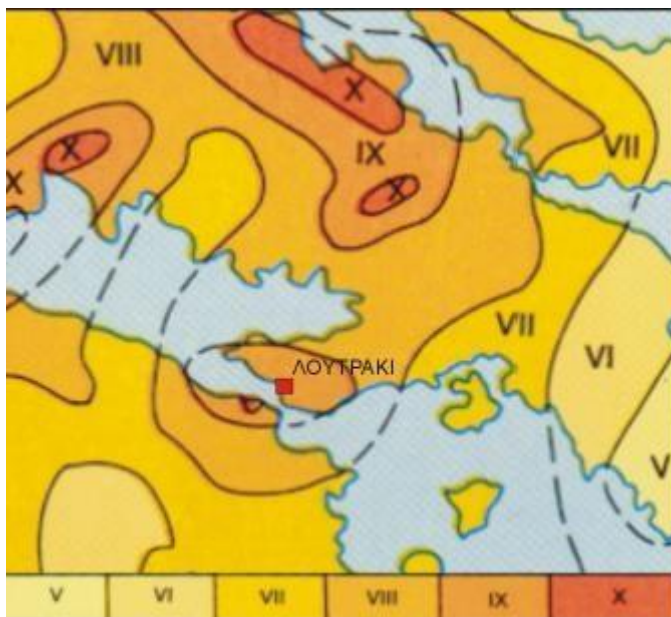
Εικόνα 1.5. Συνοπτικός Γεωλογικός χάρτης της Κορινθιακής τάφρου.
(Λέκκας και συνεργάτες 2010)



Εικόνα 1.6. Χάρτης επικέντρων των σεισμών της περιόδου 1900-64 μεγέθους $M > 4,5$ στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Λουτρακίου – Περαιώρας. (Λέκκας και συνεργάτες 2010).

1.3.3. Η Σεισμικότητα της Περιοχής του Λουτρακίου

Ο σεισμογόνος χώρος κατόπιν σεισμού υφίσταται δύο είδη παραμόρφωσης: μεταβολή του όγκου και μεταβολή του σχήματος, επομένως στον εστιακό χώρο δημιουργούνται τα λεγόμενα 'κύματα χώρου' (body waves), που είναι δύο ειδών, τα επιμήκη απ' την μεταβολή του όγκου και τα εγκάρσια απ' την μεταβολή του σχήματος. Η γένεση αυτών των κυμάτων είναι ταυτόχρονη (αφού μεταβάλλονται την ίδια χρονική στιγμή και ο όγκος και το σχήμα) και η μετάδοση γίνεται προς όλες τις κατευθύνσεις, με διαφορετική όμως ταχύτητα και τρόπο. Τα σεισμικά κύματα του χώρου συμπεριφέρονται όπως και τα ηχητικά κύματα δηλαδή διαθλώνται, απορροφώνται και ανακλώνται. Η κατηγορία αυτή των κυμάτων είναι αυτή που αξιοποιείται για την ακτινογράφιση του εσωτερικού της γης. Στα επιμήκη η διάδοση γίνεται μέσα από διαδοχικές πυκνώσεις και αραιώσεις της ύλης κατά τον άξονα της κίνησης ενώ στα εγκάρσια μέσα από ταλαντώσεις κάθετα στον άξονα της κίνησης (διατμητικός τύπος). Ακόμη, τα επιμήκη έχουν το γνώρισμα ότι διαδίδονται τόσο μέσα από 'υγρό' όσο κι από 'στερεό' μέσο σε αντίθεση με τα εγκάρσια, που διαδίδονται μόνο διαμέσου στερεού υλικού.



Εικόνα 1.7 Χάρτης καμπυλών μακροσεισμικών εντάσεων που έχουν παρατηρηθεί στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Λουτρακίου- Περαιώρας κατά τη χρονική περίοδο 1500-1999. (Λέκκας και συνεργάτες 2010)

Εκτός όμως απ' τα κύματα χώρου σε μια σεισμική δόνηση με μεγαλύτερη περίοδο και για την διάδοση τους ακολουθούν μόνο επιφανειακά στρώματα του φλοιού και λόγω ότι κινούνται με μικρότερες ταχύτητες σε σχέση με τα κύματα χώρου είναι αυτά που καταγράφονται τελευταία στους σειсмоγράφους. Για την περιοχή μελέτης οι καταγραφές θαλάσσιων σεισμικών κυμάτων (tsunami) κυρίως βασίζονται σε ιστορικές μαρτυρίες και όχι σε ενόργανα δεδομένα επομένως η ακρίβεια εντοπισμού των φαινομένων αυτών είναι μικρή. Σύμφωνα με αυτά τα υφιστάμενα δεδομένα που υπάρχουν λίγα φαινόμενα του είδους έχουν εκδηλωθεί στην περιοχή του Λουτρακίου και οι επιπτώσεις του θεωρούνται αμελητέες. Η πλέον αξιόπιστη καταγραφή (Papadopoulos, 2001) είναι για το σεισμικό θαλάσσιο κύμα που προκλήθηκε από τον σεισμό του 1928 το οποίο κατέκλυσε τις ακτές της Κορινθίας μέχρι το ύψος των 2.1m. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί η περίπτωση κατάκλισης απ' τη θάλασσα της περιοχής Σχίνου κατά τη σεισμική ακολουθία του 1981. Σύμφωνα με τους Jackson et al (1982) οι οποίοι συνέλεξαν προσωπικές μαρτυρίες των κατοίκων της περιοχής για την κατάκλιση της παράκτιας περιοχής μετά τον σεισμό της 24-2-1981. Δεδομένου ότι παρατηρήθηκε υποχώρηση της ακτογραμμής, με απώλεια ξηράς ιδιαίτερα στην περιοχή Στραβών, ο διαχωρισμός αυτών των επιπτώσεων της υποχώρησης της ακτογραμμής και της πιθανής εκδήλωσης σεισμικού θαλάσσιου κύματος είναι δύσκολο να επιτευχθεί. Πιθανότατα υπήρξε συνδυασμός των δύο αυτών φαινομένων δηλαδή πως ο σεισμός συνοδεύτηκε και από υποθαλάσσια κατολίσθηση, φαινόμενο το οποίο συνδέεται με την εκδήλωση tsunami. Για τον λόγο αυτό η παραλιακή ζώνη και ιδιαίτερα το νότιο τμήμα θεωρείται ως επιδεκτική στην εκδήλωση θαλάσσιων σεισμικών κυμάτων. (Λέκκας και συνεργάτες 2010 ; Λέκκας και συνεργάτες 2001 ; Bernard Pascal et al 2006).



Εικόνα 1.8. Σεισμοτεκτονικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής στον οποίο απωτυπώθηκαν και τα επίκεντρα των μεγαλύτερων σεισμών της σεισμικής ακολουθίας Φεβρουαρίου-Μαρτίου 1981. (Λέκκας και συνεργάτες 2010).

1.3.4. Σεισμική Επικινδυνότητα- Κατάταξη Εδαφών

Το να μπορούμε να καθορίσουμε την σεισμική επικινδυνότητα σ' έναν τόπο με ποσοτικό τρόπο είναι καθοριστικής σημασίας διότι έτσι καθίσταται εφικτό να προβλέψουμε την σεισμική ένταση και να κάνουμε τους κατάλληλους σχεδιασμούς και να πάρουμε τα απαραίτητα μέτρα προφύλαξης. Σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής είναι μια ποσότητα της οποίας το μέτρο αποτελεί η αναμενόμενη ένταση της σεισμικής κίνησης στη περιοχή αυτή. (Λέκκας κ. συν. 2010).

Συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται δύο μέτρα για τον προσδιορισμό της ποσοτικής εκτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας:

- i) με βάση την πιθανότητα P : ορίζεται η πιθανότητα ώστε η ένταση της σεισμικής κίνησης να υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή για ένα χρονικό διάστημα
- ii) με βάση την ένταση (Y) για την οποία υπάρχει μια προκαθορισμένη πιθανότητα εμφάνισης σε μια περιοχή για ένα χρονικό διάστημα (Παπαϊωάννου & Παπαζάχος, 2000). Πιο Συγκεκριμένα στον ελληνικό χώρο έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών καθώς με τον υπολογισμό των παραπάνω μεγεθών (Πιθανότητα P και η Ένταση Y) έχουμε ως αποτέλεσμα επίσης και διάφορους χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας.

(Papaioannou, 1984 ; Papazachos et al., 1985 ; Papaioannou, 1986 ; Papaioannou and Papazachos, 2000) (Algermissen et al., 1976 ; Drakopoulos and Makropoulos, 1983 ; Papazachos et al., 1990 ; Papazachos et al., 1993 ; Margaritis, 1994; Koutarakis et al., 2002 ; Burton et al., 2002) .

Ωστόσο ο αντισεισμικός σχεδιασμός των έργων απαιτεί και την εξέταση εδαφικών κινήσεων με ακόμη μεγαλύτερη μέση περίοδο επανάληψης. Στους κανονισμούς συνήθως χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του σεισμού σχεδιασμού, σαν μέγιστη εδαφική επιτάχυνση αντί της εδαφικής επιτάχυνσης αιχμής η 'ενεργός εδαφική επιτάχυνση'. Η ενεργός εδαφική επιτάχυνση αποτελεί μια ονομαστική τιμή που χαρακτηρίζει την επιρροή ενός σεισμού αναλόγως των συχνотήτων που έχουν συνήθως οι κατασκευές. Εκτός απ' την εδαφική επιτάχυνση υπάρχουν ακόμα και άλλα φυσικά χαρακτηριστικά μεγέθη για τον χαρακτηρισμό ενός σεισμού σχεδιασμού όπως η μετατόπιση του εδάφους, η ταχύτητα του εδάφους, η διάρκεια του σεισμού και τέλος το περιεχόμενο των συχνотήτων της εδαφικής κίνησης. Για να υπολογίσουμε τα μεγέθη που μας δείχνουν ποσοτικά την σεισμική επικινδυνότητα σε μια περιοχή χρησιμοποιούμε τις παρακάτω σχέσεις: i) για την ένταση σύμφωνα με τον Gutenberg και Richter έχουμε:

$\log = a - b \cdot M$, επίσης συνήθως χρησιμοποιείται η πιο κάτω σχέση για τον υπολογισμό της: $N1 = N0 \cdot e^{-b \cdot Y}$, όπου $\beta = b / \log e$. Για να εκφράσουμε την πιθανότητα υπέρβασης μιας τιμής (Y) έντασης ενός σεισμού για ένα χρονικό διάστημα, με βάση ότι τα γεγονότα ακολουθούν τυχαία χρονική κατανομή, χρησιμοποιούμε την παρακάτω σχέση:

$P = 1 - e^{-N1 \cdot t}$ και η πιθανότητα υπέρβασης σεισμού σχεδιασμού για χρονικό διάστημα dt έχουμε $Pw = [1 - (1 - 1/Tw)^{dt}] \cdot 100$, όπου $Tw = dw / \ln(1 - p)$ η περίοδος επανάληψης σεισμού.

Οι σχηματισμοί στην περιοχή μελέτης δηλαδή το έδαφος θεμελίωσης, εξετάζονται ως προς την σεισμική επικινδυνότητα και κατατάσσονται σε κατηγορίες σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στην περιοχή κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες Α, Β, Γ, Δ ΚΑΙ Χ. Αναλυτικά:

- i) Κατηγορία Χ. Ανήκουν οι ανθρωπογενείς αποθέσεις που είναι πολύ προβληματικές ως έδαφος και πρέπει να αποφεύγεται η δόμηση σ' αυτές. Επίσης οι παράκτιες αποθέσεις είναι πολύ προβληματικοί σχηματισμοί πρόκειται για χαλαρά εδάφη τα οποία προσομοιάζονται κατά θέσεις με λεπτόκοκκα αμμοίλυδη εδάφη. Επιπλέον σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν οι αποθέσεις αναβαθμίδων και παρουσιάζουν χαρακτηριστικά όπως εκείνα των παράκτιων αποθέσεων.
- ii) Κατηγορία Γ, Δ. Στην κατηγορία Γ ανήκουν οι αλλουβιακές προσχώσεις και είναι αρκετά ετερογενείς αποθέσεις. Εμφανίζονται στη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής και το πάχος τους κατά θέσεις είναι πολύ μεγάλο που ξεπερνά το 70m. Ως εδάφη θεμελίωσης παρουσιάζουν προβληματική συμπεριφορά και θεωρούνται υπεύθυνες για τις εκτεταμένες βλάβες που προκλήθηκαν μετά τους σεισμούς του 20^{ου} αιώνα στο Λουτράκι. Στις θέσεις εκείνες που το πάχος είναι μικρότερο των 70 m τότε μεταπίπτουμε στην κατηγορία Δ.
- iii) Κατηγορία Β. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι στρώσεις κοκκώδους υλικού, με πάχος ωστόσο που ποικίλει έντονα από θέση σε θέση (Σχηματισμοί περιοχής Αγ. Χαραλάμπους), αλλά στις ζώνες γειννίαςσης με εμφανή ρήγματα μεταπίπτουν στην κατηγορία Χ. Οι ημιβραχώδεις σχηματισμοί (π.χ. οφιόλιθος, Βοιωτικός φλύσχος) και κατά θέσεις γεω-ημίβραχοι είναι διεργημένοι και αποσασθρωμένοι

σε σημαντικό βαθμό από μηχανικής άποψης και μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδεις σχηματισμούς.

- iv) Κατηγορία Α. Σ' αυτήν την κατηγορία κατατάσσονται οι αλπικοί ανθρακικοί σχηματισμοί όπου έχουν χαρακτηριστικά βράχου. Επίσης οι δακίτες χαρακτηρίζονται ως βράχοι (κάποιες φορές ως ημίβραχοι). Τέλος στην κατηγορία αυτή μπορούμε να κατατάξουμε και τα παλαιά συνεκτικά κορήματα, είναι βραχώδεις ως ημιβραχώδεις σχηματισμοί, αλλά όταν γειτνιάζουν με εμφανή ρήγματα ανήκουν στην κατηγορία Χ.

(Πηγή: Καλλιέργος 2014 ; Λέκκας και συνεργάτες 2001).



Εικόνα 1.9. Νέος Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας.

http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/EKDILOSEIS_P/HYPERLINKS/image001.gif).

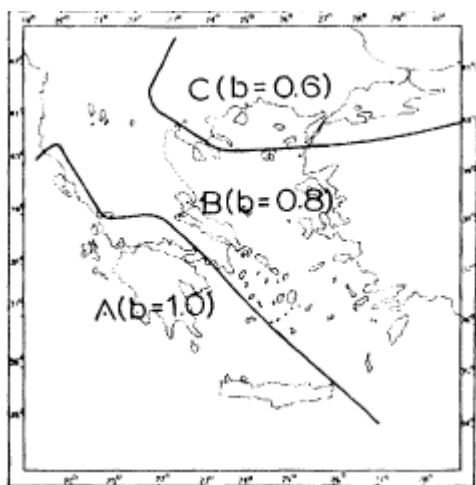
1.3.5. Παράμετροι Σεισμικότητας

Στηριζόμενοι σε σεισμολογικά κριτήρια όπως η ιστορική και πρόσφατη σεισμική δράση, τη δυναμική κατάσταση μεγάλων τεκτονικών ζωνών, τα πεδία τάσεων που επικρατούν κλπ. οι Parazachos & Parazachos (1989) χώρισαν τον ελλαδικό χώρο σε σεισμοτεκτονικές ζώνες σύμφωνα με σεισμικές πηγές ου Ελληνικού χώρου. Σύμφωνα μ' αυτόν τον διαχωρισμό η περιοχή μελέτης του Λουτρακίου ανήκει στην σεισμική ζώνη 44 και δείχνει να επηρεάζεται απ' τη δραστηριότητα των ζωνών 41,43 και 45. Ενδεικτικά παράμετροι της σεισμικότητας

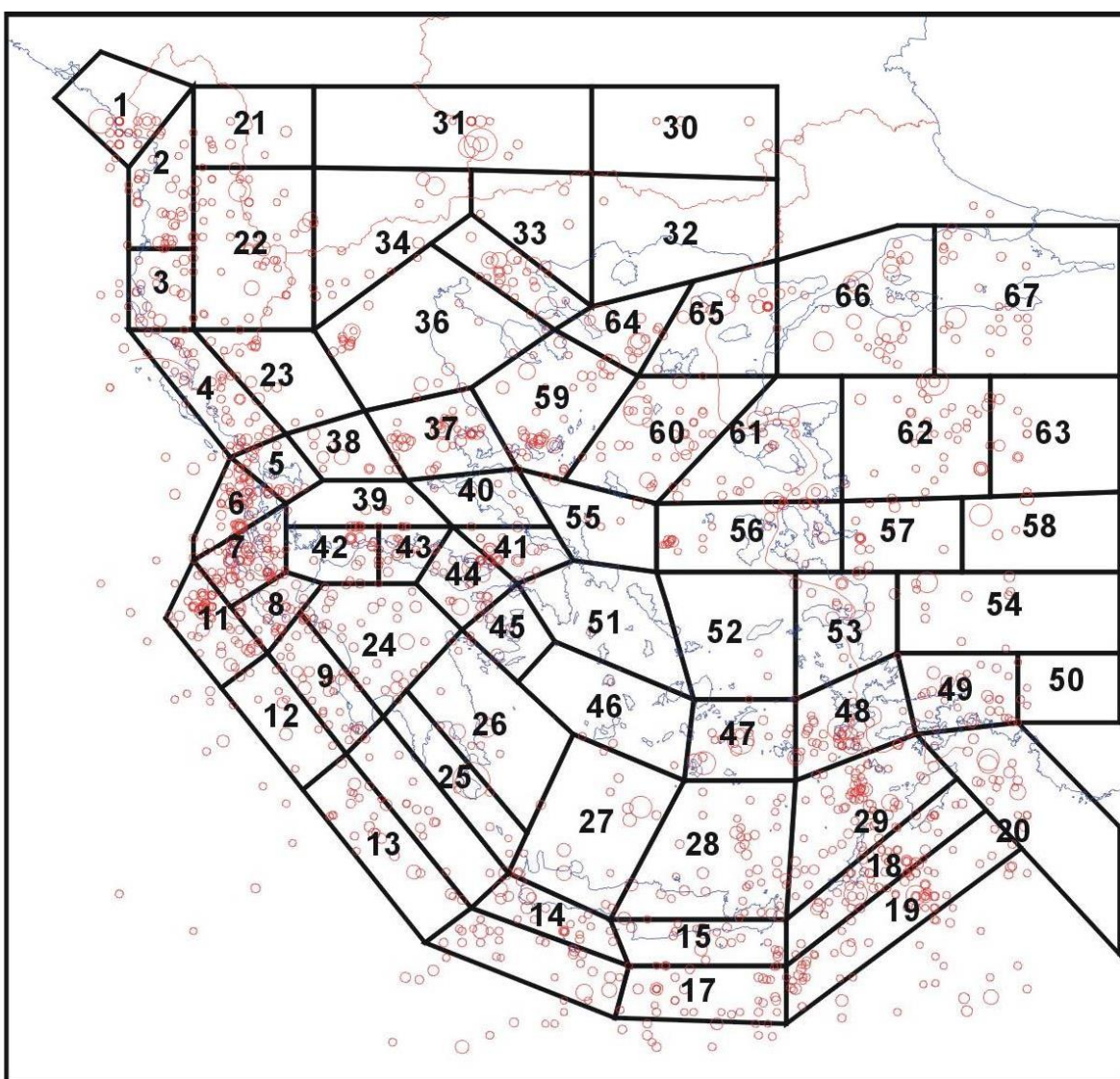
αποτελούν ο ετήσιος αριθμός σεισμών, η μέση περίοδος επανάληψης για σεισμό (T) μεγέθους 6,3, μέγιστο (M) κ.α. (Λέκκας και συνεργάτες 2010).

Παράμετροι σεισμικότητας που αντιστοιχούν στη περιοχή μελέτης (Λέκκας και συν., 2000).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΤΙΜΗ
Εμβαδόν πηγής (S)	0.435
Παράμετρος σεισμικότητας (b)	1.0
Παράμετρος σεισμικότητας (a)	4.51
Παράμετρος σεισμικότητας (a)	4.87
Μέγιστο παρατηρηθέν μέγεθος (M)	6.8
Ετήσιος αριθμός σεισμών (r)	0.32
Μέση περίοδος επανάληψης (T), για σεισμό μεγέθους 6.3	62
Πιθανότερο μέγιστο μέγεθος ανά μονάδα επιφανείας (=10.000 χλμ ²) και σε χρονικό διάστημα 70 ετών (M ₇₀)	6.7
Τιμή ρυθμού σεισμικής ροπής (M ₀)	5.25



Εικόνα 1.10. Διάκριση του Ελλαδικού χώρου με βάση τη σεισμική παράμετρο b. (Λέκκας και συνεργάτες 2010)



Εικόνα 1.11. Μοντέλο σεισμικών πηγών του Ελληνικού Χώρου και των γειτονικών περιοχών (Parazachos & Parazachos, 1989).

1.3.6. Επιπτώσεις από Σεισμούς στον Ελλαδικό Χώρο

Οι σεισμοί ως φυσικά φαινόμενα μπορούν να χαρακτηριστούν βίαια και σε σημαντικό βαθμό απρόβλεπτα, προκαλούν εντυπωσιακές καταστροφές σε δομημένο και μη περιβάλλον ή και ακόμη οδηγούν σε θανάτους. Η εκδήλωση τέτοιων επικίνδυνων φυσικών φαινομένων ή διεργασιών, ατυχημάτων αν συναντηθεί με συνθήκες ευπάθειας στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον έχει επιπτώσεις. Συνεπώς οι επιπτώσεις είναι το αρνητικό αποτέλεσμα (σύμφωνα με το λεξικό Μπαμπινιώτη). Τέτοιου είδους σεισμοί είναι οι επιφανειακοί με μεγάλο μέγεθος και το επίκεντρο τους να βρίσκεται κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Η Ελλάδα, λόγω της θέσης της εμφανίζει διαχρονικά έντονη σεισμικότητα και οι περιπτώσεις σεισμών με αρκετά μεγάλες καταστροφές, είναι από τις συχνότερες στον κόσμο, σε σχέση βέβαια και με το μέγεθος της. Η έντονη αστικοποίηση τμημάτων της χώρας (ιδιαίτερα στην ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας)

σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα, με παράνομες μεθόδους και κακή ποιότητα κατασκευής έχει αναμφίβολα εντείνει τον κίνδυνο εμφάνισης καταστροφικών επιπτώσεων από τους σεισμούς σε αστικές περιοχές. Η άμεση επιρροή τους στα αστικά κέντρα σε συνδυασμό της αστικοποίησης οδήγησε σε χάσμα μεταξύ του προβλέψιμου κινδύνου και της κοινωνικής τρωτότητας- των κοινωνικών ανισοτήτων που γεννώνται. Οι επιπτώσεις ενός σεισμού κατ' επέκταση είναι ένα κοινωνικό και πολιτικό φαινόμενο. Οι επιπτώσεις των σεισμών θα μπορούσαν να διαχωριστούν στις εξής κατηγορίες:

- i) Στο δομημένο και στο αδόμητο/φυσικό περιβάλλον (Υλικές επιπτώσεις και Επιπτώσεις στο περιβάλλον)
- ii) Στο ανθρωπογενές περιβάλλον
- iii) Κοινωνικές επιπτώσεις (Κοινωνικοοικονομικές, Ψυχολογικές, Πολιτισμικές, Κοινωνικοδημογραφικές, Πολιτικές).



Εικόνα 1.12. Επιπτώσεις των σεισμών.
(Πηγή; www.oasp.gr).

Στο δομημένο περιβάλλον ανήκουν οι κατοικίες, τα δημόσια κτήρια, οι εκκλησίες, τα ιστορικά μνημεία, τα δίκτυα μεταφορών δηλαδή το οδικό, το σιδηροδρομικό, το δίκτυο ύδρευσης, του ηλεκτρισμού καθώς και δίκτυο τηλεπικοινωνιών, τα λιμάνια κλπ. Τα αποτελέσματα και βλάβες που προκαλούνται στις κατασκευές εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως π.χ. το εστιακό βάθος, το μέγεθος του σεισμού, το έδαφος θεμελίωσης και φυσικά απ' τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των κατασκευών. Εκτός όμως από το δομημένο περιβάλλον οι επιπτώσεις είναι ορατές και στο αδόμητο (φυσικό) περιβάλλον. Τέτοιες επιπτώσεις λόγω χάρη είναι οι κατολισθήσεις πρηνών, ιδίως αυτών που βρίσκονται σε οριακή κατάσταση προκαλούν μεγάλες καταστροφές και θανάτους. Επίσης οι πτώσεις βράχων, που γίνονται επικίνδυνοι σε κατοικημένες περιοχές, καθώς και ο ρευστοποίησης εδαφών, όπου η μεγιστοποίηση το φαινομένου γίνεται όσο μικρότερο είναι το βάθος του υδροφόρου στρώματος, τέτοια φαινόμενα παρουσιάστηκαν στην Ελλάδα στην πόλη της Λάρισας το 1882. Επίσης μια πολύ σημαντική επίπτωση είναι τα παλιρροιακά κύματα (tsunami). Στην Ελλάδα έχει καταγραφεί

το μεγαλύτερο και σημαντικότερο στην Αμοργό, τον Ιούλιο του 1956 με μέγεθος $M=7,5$ και το ύψος του έφτασε τα 25 μέτρα και τα 10 μέτρα στην Αστυπάλαια. Μια ακόμη επίπτωση είναι και η μετάθεση ακτογραμμής σε χαλαρούς σχηματισμούς όπου παρατηρείται αλλοίωση των παραλιακών περιοχών π.χ. Αλκυονίδα 1981. Τέλος σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι εδαφικές διαρρήξεις και είναι αποτέλεσμα της σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια.



Εικόνα 1.13. Ξενοδοχείο Απόλλων πριν τον φονικό σεισμό του 1981.

(https://www.ethnos.gr/istoria/90323_39-hronia-apo-ta-67-rihter-stis-alkyonides-martyries-katoikon-kai-oi-sygkyries-poy).



Εικόνα 1.14. Ξενοδοχείο Απόλλων μετά τον φονικό σεισμό του 1981.

(https://www.pronews.gr/istoria/815825_apollon-xenodoheio-symvolo-toy-loytrakioy-poy-exafanistike-ston-seismo-toy-81-foto).

Στην Ελλάδα μετά από κάθε σεισμό πολλοί άνθρωποι φάνηκαν θύματα, είτε να χάσουν την ζωή τους είτε να τραυματιστούν. Ο κατάλογος των σεισμών είναι τεράστιος και κατά συνέπεια και η λίστα των νεκρών. Ένα απ' τα φονικότερα χτυπήματα ήταν στη Χίο στις 3 Απριλίου το 1881 και οι νεκροί άγγισαν τους 4.200. Επίσης ένας ακόμα καταστροφικός σεισμός καταγράφηκε στην Κεφαλονιά το 1953 και οι νεκροί έφτασαν τους 476 και τους 2.412 οι

τραυματίες. Ένα πρόσφατο παράδειγμα ανυπολόγιστης καταστροφής ήταν στην Αθήνα το 1999 όπου οι νεκροί έφτασαν τους 143 και τις 40.000 άστεγες οικογένειες.



Εικόνα 1.15. Πρωτοσελίδο εφημερίδας για τον σεισμό των Αλκυονίδων. (<https://pasatempo.wordpress.com>).

Εκτός όμως απ' τις υλικές καταστροφές και τις ανθρώπινες απώλειες υπάρχουν και κοινωνικές επιπτώσεις. Σύμφωνα με τους Lindell and Prater (2003) και Lindell (2013) οι κοινωνικές επιπτώσεις θα μπορούσαν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες: στις ψυχοκοινωνικές, δημογραφικές, κοινωνικοοικονομικές και κοινωνικοπολιτικές. Αναλυτικά στην κατηγορία των οικονομικών επιπτώσεων και αυτό διότι προκαλούνται κοινωνικά θέματα, είναι το θέμα της ανεργίας. Οικονομικές συνέπειες δεν έχουμε μόνο απ' την βλάβη κατασκευών (αλλά και στο περιεχόμενο τους, που μπορεί να συμπεριλαμβάνουν και μη απτές απώλειες π.χ. απώλεια οικογενειακών κειμηλίων [Kousky, 2012]), αλλά και λόγω της ανεργίας που προκύπτει στην περιοχή. Αυτό συμβαίνει γιατί πλέον σταματούν να λειτουργούν π.χ. οι μονάδες παραγωγής, ή έχουν καταστραφεί ολοσχερώς οι επιχειρήσεις τους. Αναλόγως την ένταση και το μέγεθος των της καταστροφής θα εξαρτηθεί και το μέγεθος της επιρροής της οικονομίας μιας περιοχής. Γενικότερα η πιο συνήθη διάκριση των οικονομικών επιπτώσεων είναι σε άμεσες και έμμεσες και μακροοικονομικές. Πιο συγκεκριμένα άμεσες θεωρούνται αυτές που προκαλούνται σε αγαθά, έμμεσες αυτές που προκαλούνται σε ροές αγαθών και υπηρεσιών και μακροοικονομικές αυτές που αναφέρονται στις επιδόσεις των μακροοικονομικών μεγεθών της χώρας ή μιας περιοχής. Το εύρος των κοινωνικών επιπτώσεων εκτείνεται από την απώλεια υγείας και ευζωίας έως τον κοινωνικό και γεωγραφικό διαχωρισμό και τις πολιτικές αλλαγές που μπορεί να προκύψουν μετά από έναν καταστροφικό σεισμό. Θεωρείται αρκετά δύσκολο να εκτιμηθούν οι κοινωνικές επιπτώσεις είναι εξαιρετικά σημαντικό να παρακολουθούνται, διότι πιθανότατα να

προκαλέσουν προβλήματα στην μακροπρόθεσμη λειτουργία επιχειρήσεων, νοικοκυριών και της κοινωνίας γενικά. Ο σεισμός εκτός από τις άμεσες επιπτώσεις έχει ως επακόλουθα την ενεργοποίηση επιπλέον γεωλογικών φαινομένων όπως το tsunami όπως έγινε στον Ινδικό ωκεανό το 2004 μετά από σεισμό $M=9,1$. Επίσης έχει παρατηρηθεί ύστερα από μεγάλους σεισμούς η εκδήλωση φωτιάς ή ακόμη και πλημμύρας. Επιπλέον στην μετασεισμική περίοδο έχουμε την εμφάνιση και την εξάπλωση επιδημιών λόγω μη τήρησης της υγιεινής, κατανάλωση αλλοιωμένων τροφίμων κ.α.

(Πηγή:

Δημόπουλος, Τίγκα, Σαγιάς 2007 ; <http://15gym>

laris.lar.sch.gr/Year2013_14/epiptoseis_seismon.pdf ; Δανδουλάκη 2016 ; ΟΑΣΠ 2007)

Κεφάλαιο 2.

Τρωτότητα Κατασκευών (Vulnerability Building)

2.1. Ορισμός

Ο τρωτότητα (Vulnerability) ορίζεται ως οι συνθήκες που καθορίζονται από φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, που αυξάνουν την ευπάθεια μιας κοινωνίας στις επιπτώσεις των κινδύνων. Πιο συγκεκριμένα η τρωτότητα αντιπροσωπεύει το βαθμό κατά τον οποίο ένας πληθυσμός ή ένα άτομο αδυνατεί να προβλέψει, να αντέξει, να αντισταθεί και να ανακάμψει απ' τις επιπτώσεις μιας καταστροφής. Εναλλακτικά, η τρωτότητα θα μπορούσε να προσδιοριστεί ως << Τα χαρακτηριστικά μιας ομάδας ή ενός ατόμου βάσει των ικανοτήτων τους να ανταπεξέλθουν και να αντιμετωπίσουν μια καταστροφή και να ανακάμψουν μετά την καταστροφή. Η τρωτότητα περιλαμβάνει ένα συνδυασμό παραγόντων που καθορίζουν το βαθμό κατά τον οποίο η ζωή και το περιβάλλον ενός ατόμου εκτίθεται σε κίνδυνο από ένα διακριτό και αναγνωρίσιμο γεγονός της φύσης ή της κοινωνίας >> (Blaikie et al 1994). Μέσω της εκτίμησης της τρωτότητας είναι εφικτή η αντιμετώπιση προβλημάτων που θα αντιμετωπίσουν συγκεκριμένες ομάδες σε περίπτωση καταστροφής κατά την περίοδο της ανάκαμψης. Η μείωση της τρωτότητας (Vulnerability Reduction), περιλαμβάνει τα μέτρα που λαμβάνονται προκειμένου να μειώσουν την έκθεση των ανθρώπων σε κινδύνους και να αυξήσουν την ικανότητα τους στην επιβίωση και στην ανάκαμψη σε περίπτωση καταστροφών. Οι έννοιες του κινδύνου, της τρωτότητας και της ικανότητας αποτελούν μια καλή βάση ώστε να υπάρχει αποτελεσματική βάση για την παιδεία της κοινωνίας, στα πλαίσια της πρόληψης. (Λέκκας & Ανδρεαδάκης 2015).

2.1.1. Ελληνική μέθοδος ΥΠΕΧΩΔΕ- ΟΑΣΠ

Στην Ελλάδα ο ΟΑΣΠ κατόπιν αιτήματος απ' το ΥΠΕΧΩΔΕ συγκρότησε και διαμόρφωσε ένα κανονιστικό πλαίσιο αναφοράς έτσι ώστε να επιτευχθεί ο προσεισμικός έλεγχος. Σύμφωνα με την ελληνική μέθοδο, αρχικά συλλέγουμε πληροφορίες για το κτίριο σε ειδικό έντυπο, έτσι ώστε να γνωρίσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά του κτιρίου. Αφού συλλέξουμε τις απαραίτητες πληροφορίες που περιγράφονται στο ειδικό αυτό έντυπο, προχωρούμε στην βαθμολόγηση-αξιολόγηση για την σεισμική τρωτότητα του κτιρίου. Όταν λοιπόν έχουμε την βαθμολογία μπορούμε να κατατάξουμε το κτίριο σε ένα απ' τους 13 δομικούς τύπους και στη συνέχεια αυτή η βαθμολογία μειώνεται με τα τρωτά στοιχεία του κτιρίου. Ο έλεγχος αυτός περιλαμβάνει τρία στάδια ελέγχου και είναι τα εξής:

- i) Ο Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος ή αλλιώς Ταχύς Οπτικός Έλεγχος (ΤΕΟ), για να γίνει η πρώτη καταγραφή και γρήγορη αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας των δημοσίων κτιρίων.

Ο Ταχύς Οπτικός Έλεγχος (ΤΟΕ), πραγματοποιείται σε όλα τα κτίρια Δημόσιας ή κοινωφελούς χρήσης και αποσκοπεί στην καταγραφή των κτιρίων αυτής της κατηγορίας και στην πρώτη αποτίμηση της σεισμικής των ικανότητας, με βάση στοιχεία που συλλέγονται και καταγράφονται στο ειδικό Δελτίο Ελέγχου. Τα στοιχεία που συλλέγονται και καταγράφονται στα Δελτία Ελέγχου έχουν καθοριστεί έτσι ώστε να παρέχουν τιμές σε ένα πρώτο «δείκτη σεισμικής ικανότητας» του εκάστου κτιρίου, ο οποίος θα προσδιοριστεί μετά από σχετική επεξεργασία και βαθμονόμηση των στοιχείων αυτών από τον ΟΑΣΠ. Από την επεξεργασία των στοιχείων και από τις αναμενόμενες μέγιστες σεισμικές δράσεις ανά περιοχή για τα αμέσως επόμενα χρόνια, όπως θα εκτιμηθούν από τους αρμόδιους σεισμολογικούς φορείς, θα προσδιορισθούν οι προτεραιότητες για τον περαιτέρω έλεγχο ή την αναγκαιότητα λήψης άμεσων μέτρων. Για όσα από τα κτίρια που θα ελεγχθούν με τη διαδικασία του Ταχέως Οπτικού Ελέγχου, μετά την επεξεργασία των στοιχείων από τον ΟΑΣΠ προκύψει, μη επαρκής δείκτης σεισμικής ικανότητας, θα ενημερωθούν οι αρμόδιοι φορείς προκειμένου να προβούν στη δεύτερη φάση του προσεισμικού ελέγχου, δηλαδή τον Δευτεροβάθμιο Προσεισμικό Έλεγχο. Από τον έλεγχο αυτό θα προσδιοριστούν εάν τα κτίρια εκείνα, για τα οποία θα απαιτηθεί η άμεση λήψη μέτρων για την προστασία του κοινού και των εργαζομένων σε αυτά ή η εκπόνηση μελέτης επισκευής- ενίσχυσης. (www.oasp.gr)

- ii) Ο Δευτεροβάθμιος έλεγχος με τον οποίο έχουμε την προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας με τη χρήση αναλυτικότερων υπολογισμών και έλεγχο ποιότητας των υλικών, για όσα κτίρια προκύψει ανεπαρκής σεισμική ικανότητα βάση του ΤΟΕ.
- iii) Ο Τριτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος για την αναλυτική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας και πιθανόν σύνταξη μελέτης για την αποκατάσταση και ενίσχυση σε κτίρια που έχει προκύψει σεισμική ανεπάρκεια από το προηγούμενο στάδιο αξιολόγησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1
ΔΟΜΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΣΤΑΘΕΡΟ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΟΕα	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Π/Σ '54) Α/Σ '59 με πρόσθετα άρθρα 1985
	ΟΕβ	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	Κ/Σ '54 Α/Σ ' ΝΕΑΚ Κ/Σ ' ΝΕΚΟΕ
	ΟΕγ	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	
ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ	ΠΟΕ1	Κτίρια με προκατασκευασμένο πλαίσιο φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	
	ΠΟΕ2	Κτίρια με προκατασκευασμένα τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος	
ΦΕΡΟΝΤΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ	ΑΤ	Κτίρια με φέρουσα όπλη τοιχοποιία, κυρίως κλειστή (αργή ή ημικλειστή λίθο), χωρίς διαφράγματα ή διαφράγματα με εύλητη στήριξη	
	ΔΤ	Κτίρια με φέρουσα όπλη τοιχοποιία, κυρίως κλειστή (αργή ή ημικλειστή λίθο), με διαφράγματα και διαφράγματα από ΟΕ καθώς και κτίρια με μικτό φέροντα οργανισμό (φέρουσα τοιχοποιία ΟΕ)	
	ΟΤ	Κτίρια με φέρουσα οπλισμένη τοιχοποιία, κυρίως από σύγχρονο τύπου τοιχοποιίας, με διαφράγματα από οπλισμένο σκυρόδεμα (αφάνητος και κατακόρυφος), με διαφράγματα και τσιπς και πρόσθετα διαφράγματα από ΟΕ	
	ΕΤ	Κτίρια με φέρουσα όπλη τοιχοποιία, επικαλυμμένα και ενισχυμένα με διαφράγματα, διαφράγματα και κατάλληλα συνδεδεμένους και θεμελιωμένους ελαφρούς μονόδους από ΟΕ μονοπλευρούς και αμφιπλευρούς	
ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	Σημείωση: 1. Οι διαφράγματα νοούνται οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία από ΟΕ, με χωρικές συνδέσεις με τους τοίχους και με ισχυρούς κλίβανους στις συναντήσεις τους, σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις και κανονιστικές απαιτήσεις/διατάξεις για διαφραγματοί/επενεργημένη τοιχοποιία. 2. Οι διαφράγματα νοούνται ελαφρές συνεχής πλάκες από ΟΕ, με χωρικές συνδέσεις με τους τοίχους και με το πλάγμα των οριζοντίων και κατακόρυφων διαφραγμάτων, χωρίς μεγάλες τρύπες.		
	ΧΛ1α	Μονόωροφα βιομηχανικά κτίρια	Α/Σ 1959, DIN 1050 ή άλλος έλεγχος κανονισμός
	ΧΛ1β		ΝΕΑΚ Ευρωπαϊκός 3
	ΧΛ2α	Πολυώροφα μεταλλικά κτίρια ως χωρικά πλαίσια ή/και με κατακόρυφους μεταλλικούς συνδέσμους	Α/Σ 1959, DIN 1050 ή άλλος έλεγχος κανονισμός
	ΧΛ2β		ΝΕΑΚ Ευρωπαϊκός 3
	Παρατήρηση: Για μεταλλικά κτίρια με τοιχώματα ή/και τυρίνες από σκυρόδεμα ισχύουν τα αντίστοιχα των τοιχοματικών κτιρίων από σκυρόδεμα.		

Εικόνα 2.1. Υπόδειγμα πίνακα κατάταξης δομικού τύπου κτιρίου.

(Πηγή: Υπουργείο Υποδομών και μεταφορών – Οργανισμός Αντισεισμικού σχεδιασμού και προστασίας ΟΑΣΠ, ιστοσελίδα: www.oasp.gr)

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ
ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ (3^η Έκδοση, 2012)

ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΓΛΩΤΤΟΓΝΩΣΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ 1. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: _____ 2. ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: _____ 3. ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: _____ ΤΚ _____ Τηλ _____ 4. ΟΝΟΜΑ ΚΤΙΡΙΟΥ: _____ 5. ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ: _____ 6. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΤΗ: _____ 7. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ: _____ 8. ΑΡΜΟΔΙΟΣ ΦΟΡΕΑΣ: _____ 9. ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΟΥ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ: _____ 10. ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΩΠΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΑΘΡΟΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ: ΜΕΧΡΙ 10 ☐ 10 – 100 ☐ > 100 ☐	
ΕΝΟΤΗΤΑ Β: ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ 11. ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΕΙΘΡΩΝ ΟΡΟΦΩΝ: _____ ΥΠΟΓΕΙΩΝ: _____ 12. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΤΩΡΗΣ: _____ 13. ΟΛΙΚΗ ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ: _____ 14. ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: _____ 15. ΕΤΟΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ: _____ 16. ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ Η ΜΕΛΕΤΗ: ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ 17. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ Η ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ: ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ 18. ΕΧΕΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΕΙ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟ: ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ 19. ΕΧΕΙ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΤΕΙ / ΕΝΔΕΧΥΘΕΙ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ: ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ 20. ΑΝ ΝΑΙ ΓΙΑ ΠΟΙΑ ΑΙΤΙΑ, ΠΟΤΕ ΚΑΙ ΠΩΣ: _____ 21. ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΑ Ε.Α.Κ.-2000: Σ1 ☐ Σ2 ☐ Σ3 ☐ Σ4 ☐ 22. ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ: _____	
23. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΕΓΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ: 1. ΟΝΟΜΑ: _____ 2. ΟΝΟΜΑ: _____ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: _____ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: _____ ΤΗΛ: _____ ΤΗΛ: _____ 24. ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: _____	

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
 Σόλων 32 15451, Ν. Ψυχικό Τηλ. 210 6720000, 210 6725233 Fax 210 6779861, e-Mail info@oasp.gr

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
 Σόλων 32 15451, Ν. Ψυχικό Τηλ. 210 6720000, 210 6725233 Fax 210 6779861, e-Mail info@oasp.gr

Εικόνα 2.2. Υπόδειγμα δελτίου προσεισμικού ελέγχου κτιρίων.

(Πηγή: Υπουργείο Υποδομών και μεταφορών – Οργανισμός Αντισεισμικού σχεδιασμού και προστασίας ΟΑΣΠ, ιστοσελίδα: www.oasp.gr).

2.1.2. Αμερικανική Μέθοδος FEMA

Η Αμερικανική μεθοδολογία FEMA P-154 δημιουργήθηκε το 1988 για τη ταχεία οπτική εξέταση των κτιρίων για ενδεχόμενους σεισμικούς κινδύνους. Το 2015 εκδόθηκε η τρίτη βελτιωμένη έκδοση του FEMA 154 που δημοσιεύτηκε πρώτη φορά το 1988 και ενημερώθηκε το 2002, η οποία λαμβάνει υπόψη την εξέλιξη των εργαλείων που υποστηρίζονται από υπολογιστή για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή. Η διαδικασία της μεθόδου είναι η συλλογή πληροφοριών με πρώτη γρήγορη οπτική προβολή στο κάθε κτίριο και σε δεύτερο επίπεδο γίνεται κάποιες φορές μια προαιρετική εξέταση της κατάστασης. Τα αποτελέσματα καταγράφονται σε μια απ' τις τρεις φόρμες ειδικού εντύπου συλλογής δεδομένων, το κάθε έντυπο απευθύνεται σε μια απ' τις τρεις κατηγορίες σεισμικότητας της περιοχής. Η φόρμα περιλαμβάνει χώρο για τεκμηρίωση πληροφοριών αναγνώρισης κτιρίου, για την χρήση του, το μέγεθός του, χώρο για φωτογραφία του κτιρίου καθώς και σκίτσα σχετικά με τα δεδομένα για την πλήρη τεκμηρίωση και φυσικά να προσδιοριστεί ο τύπος του εδάφους. Στο φύλλο καταγραφής δεδομένων υπάρχει επίσης λίστα με τους δεκαπέντε τύπους κτιρίων έτσι ώστε να ενταχθεί το κτίριο μελέτης στην κατάλληλη λίστα. Η συλλογή δεδομένων αποσκοπεί στην απόδοση βαθμολογίας για το κτίριο έτσι ώστε να καταταχθεί στην κατάλληλη κατηγορία μελέτης. Οι διορθωτικές βαθμολογίες που ακολουθούν ύστερα σχετίζονται με την πιθανότητα να καταρρεύσει το κτίριο. Οι τελικές βαθμολογίες κυμαίνονται από 0 έως 7 με υψηλότερα σκορ να αντιστοιχούν στις καλύτερες αναμενόμενες σεισμικές επιδόσεις. Η πρώτη γρήγορη οπτική εξέταση των κτιρίων αποσκοπεί στο να χωριστούν τα κτίρια σε δύο κατηγορίες. Εκείνα που μπορεί να είναι σεισμικά επικίνδυνα και

πρέπει να ελεγχθούν και σε εκείνα που οι τιμές σεισμικής απόδοσης είναι αποδεκτές. (Fema P-154, 2015).

2.1.3 Ιαπωνική Μέθοδος JBDPA

Στην Ιαπωνία τα υφιστάμενα κτίρια έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Ιαπωνικού κώδικα (Japanese Building Code) του 1950 και πριν την αναθεώρηση του το 1980. Η αναθεώρηση του κανονισμού είχε ως αποτέλεσμα, κατασκευές με ικανοποιητικά σεισμικά αποτελέσματα αλλά συγχρόνως δημιουργήθηκαν ερωτήματα σχετικά με την σεισμική συμπεριφορά των υφιστάμενων κατασκευών. Το 1968 έγινε ο καταστροφικός σεισμός του Tokachioki όπου στάθηκε αφορμή έτσι ώστε να αναπτυχθούν πολλοί μέθοδοι για την σεισμική αποτίμηση υφιστάμενων κτιρίων (Hirosawa 1973, Architectural Institute of Japan 1975, Hirosawa et al 1975, Okada and Brestler 1976). Το 1977 πάρθηκε η απόφαση να συνταχθεί ένα ενοποιημένο << Πρότυπο αξιολόγησης Σεισμικής Ικανότητας Υφιστάμενων Κτιρίων οπλισμένου Σκυροδέματος>> υπό την επιμέλεια του αντίστοιχου Υπουργείου Κατασκευών. Η μέθοδος αυτή της σεισμικής αποτίμησης αναφέρεται ως " screening" ή " sifting" και βρίσκει εφαρμογή σε κτίρια που δεν υπερβαίνουν του έξι ορόφους, καθώς επίσης η διαδικασία περιλαμβάνει συνολικά τρία στάδια ελέγχου. Η μέθοδος αυτή έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εφαρμόζεται σε ομάδες υφιστάμενων κατασκευών είτε της ίδιας περιοχής είτε της ίδιας κατηγορίας. Πιο συγκεκριμένα τα στάδια ελέγχου είναι τα παρακάτω:

- i) Το 1^ο επίπεδο περιλαμβάνει τον έλεγχο της διατμητικής αντοχής των υποστυλωμάτων και των τοιχωμάτων
- ii) Το 2^ο επίπεδο ασχολείται με τους υπολογισμούς της αντοχής και της πλαστιμότητας υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων διάτμησης. Θωρούνται οι δοκοί άκαμπτες και έτσι η εφαρμογή σε κατασκευές τέτοιου τύπου και συνδυαστικά με αδύναμα υποστυλώματα λαμβάνουμε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.
- iii) Στο 3^ο και τελευταίο στάδιο έχουμε όλους τους πιθανούς μηχανισμούς αστοχίας (π.χ. αστοχία δοκών, στροφή άκαμπτων τοιχωμάτων διάτμησης λόγω αστοχίας θεμελίωσης).

Η απαιτούμενη σεισμική ικανότητα του κτιρίου εκφράζεται σύμφωνα με τον κανονισμό της σεισμικής αποτίμησης (JBDPA 1990a, 2001a). Ο δείκτης I_s (seismic index of structure) χρησιμοποιείται για την αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς των κτιρίων και ο δείκτης I_{so} (seismic Judgment index of structure) μας δίνει αποτελέσματα σχετικά με την σεισμική αξιολόγηση. Όταν $I_s > I_{so}$ τότε το κτίριο θα έχει ικανοποιητική σεισμική συμπεριφορά και κατά συνέπεια θα είναι ασφαλές ενώ όταν $I_s < I_{so}$ τότε το κτίριο θα έχει αβέβαιη σεισμική συμπεριφορά έναντι κάποιου σεισμικού φαινομένου. Τονίζεται δε ότι ο δείκτης I_s υπολογίζεται στο δεύτερο και τρίτο στάδιο ελέγχου μόνο εάν έχει προκύψει στο προηγούμενο στάδιο μικρότερος του I_{so} (δείκτης σεισμικής αξιολόγησης).

Ο σεισμικός δείκτης I_s μπορεί να υπολογιστεί απ' τον παρακάτω τύπο καθώς επίσης πραγματοποιείται για κάθε κύρια διεύθυνση του κτιρίου αλλά και για κάθε όροφο,

$$I_s = E_o * SD * T, \text{ όπου:}$$

Εο: ο βασικός δομικός δείκτης σεισμικής ικανότητας ο οποίος προκύπτει απ' την σχέση $E_o = \varphi * C * F$ (όπου φ ο συντελεστής ορόφου, C το γινόμενο του δείκτη αντοχής και F ο δείκτης πλαστιμότητας).

SD: είναι επιμέρους σεισμικός δείκτης όπου λαμβάνει υπόψη τη μορφολογία του κτιρίου και τέλος

T: είναι δείκτης ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις φθορές και την γενικότερη εικόνα του κτιρίου και καθορίζεται από επί τόπου αυτοψίες.

Ο συντελεστής απαιτούμενης σεισμικής ικανότητας I_{so} μπορεί να υπολογιστεί απ' την παρακάτω σχέση:

$$I_{so} = E_s * Z * G * U \text{ όπου:}$$

Es είναι ο βασικός δείκτης αξιολόγησης σεισμικής συμπεριφοράς ($E_s=0,8$ για το πρώτο επίπεδο ελέγχου και $E_s=0,6$ για το δεύτερο και τρίτο στάδιο αντίστοιχα).

Z: δείκτης ζώνης για τις μακροζωνικές συνθήκες ($0,7 < Z < 1,0$)

G: δείκτης εδάφους που σχετίζεται με την επίδραση των εδαφικών συνθηκών ($G=1,0$ για κανονικό έδαφος και για $G=1,1$ για λόφους ή γκρεμούς κλπ.) και τέλος

U: είναι ο δείκτης της σπουδαιότητας του κτιρίου ($U=1$ για κτίρια γενικής χρήσης).

(Πηγή: Σταματίου & Τσάφου, 2013, <http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/ergasies%202006/1%20KAPETANA.pdf> ; Hasegawa Tomohiro, 2013).

2.1.4 Ιταλική Μέθοδος GNDT

Στην Ιταλία η αρμόδια υπηρεσία αντισεισμικής προστασίας λέγεται "Gruppo nazionale per la difesa dai Terremoti" (GNDT) και δραστηριοποιείται στον τομέα αποτίμησης της τρωτότητας σε συνεργασία με πανεπιστήμια. Η μέθοδος στηρίζεται σε συγκεκριμένα στάδια ελέγχου (π.χ. οπτικοί έλεγχοι) διαχωρίζοντας τις κατασκευές σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι τα κτίρια από τοιχοποιία και η δεύτερη περιλαμβάνει τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα κτίρια από τοιχοποιία έχουν μια αρκετά καλά τεκμηριωμένη τεχνική διότι έχει εφαρμοστεί σε αρκετά μεγάλο δείγμα κατασκευών. Εφαρμόστηκε σε δύο περιοχές της Ιταλίας: στη Friuli, όπου είχαν πληγεί από αρκετούς σεισμούς και έτσι υπήρχαν αρκετά διαθέσιμα στοιχεία καθώς επίσης και στην περιοχή της πόλης του Gubbio της Umbria. Η μέθοδος αυτή κατατάσσει τα κτίρια σε τέσσερις κατηγορίες από A έως D. Οι κατηγορίες αυτές συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του Ιταλικού αντισεισμικού κανονισμού. Στην συγκεκριμένη μέθοδο δίνονται αναλυτικές και σαφείς οδηγίες καθώς και πρόσθετες λεπτομέρειες ούτως ώστε να αποφεύγεται η υποκειμενική κατάταξη του κτιρίου απ' τους αρμόδιους ελέγχοντες. Για τα εξεταζόμενα στοιχεία υπάρχουν και οι αντίστοιχοι συντελεστές βαρύτητας για καλύτερα αποτελέσματα. Η μεθοδολογία έχει εφαρμοστεί εκτενώς

στην Ιταλία για να αποτιμηθεί ο σεισμικός κίνδυνος καθώς και για μελέτες μείωσης της τρωτότητας των κατασκευών.

Απ' την άλλη πλευρά η τεχνική για τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα έχει περιορισμένη τεκμηρίωση μιας και έχει εφαρμοστεί κυρίως στην περιοχή της Emilia-Romana σε δημόσια κτίρια (κυρίως σε σχολεία). Κατ' αυτή τη μέθοδο (GNDT), στα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται ένα καθορισμένο έντυπο συλλογής στοιχείων, το οποίο περιλαμβάνει ποιοτικά αλλά και ποσοτικά στοιχεία. Εκτός απ' το έντυπο αυτό ακολουθεί και η συμπλήρωση άλλων δύο εντύπων με περιγραφές της κάτοψης ή των κατόψεων του κάθε ορόφου και τον καθορισμό των δομικών στοιχείων. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι για τα κτίρια με pilotis λαμβάνονται υπόψη επιπλέον παράμετροι.

Τέλος για την διαχείριση όλων αυτών των στοιχείων υπάρχει κατάλληλο πρόγραμμα Η/Υ χάρη στο οποίο επιτυγχάνεται ο εντοπισμός σφαλμάτων αλλά και η λήψη αποτελεσμάτων όπως παραδείγματος χάρη γραφικές απεικονίσεις του κτιρίου που βρίσκεται υπό μελέτη. (<https://emidius.mi.ingv.it/GNDT2/>)

2.1.5 Νεοζηλανδική Μέθοδος

Όπως και σε όλες τις προηγούμενες μεθόδους έτσι και στη Νεοζηλανδική ο βασικός στόχος είναι να μειωθεί ο κίνδυνος από επιπτώσεις σημαντικού σεισμικού φαινομένου σε κτίρια που αντιπροσωπεύουν υψηλό κίνδυνο. Η ανάγκη για εκτίμηση της αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας δημιούργησε δύο μεθόδους, η πρώτη το 1966 και αφορά την ταχεία αποτίμηση (Rapid Evaluation) και η δεύτερη το 2000 που σχετίζεται με την Μέθοδο Αρχικής Αποτίμησης (Initial Evaluation Process IEP).

Η μέθοδος της Ταχείας αποτίμησης (Rapid Evaluation), προτάθηκε από την NZSEE (New Zealand National Society for Earthquake engineering) με στόχο την εμπειρική αποτίμηση της σεισμικής τρωτότητας των υφιστάμενων κτιρίων. Η μέθοδος είναι βασισμένη σε αρκετά μεγάλο βαθμό στον αμερικάνικο κανονισμό FEMA 154 (1988). Λόγω της μη ύπαρξης αρκετών στοιχείων για την συμπεριφορά των δομικών τύπων συλλέχθηκαν πληροφορίες και στοιχεία από άλλες χώρες προκειμένου να αντιστοιχούν καλύτερα στα δεδομένα της χώρας. Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται σχετικά με την συμπλήρωση του ειδικού εντύπου όπως και στο εγχειρίδιο FEMA 154 (1988) και ύστερα γίνεται η κατάταξη του κτιρίου σε μια απ' τις δέκα κατηγορίες διαφορετικών τύπων, λαμβάνοντας υπόψη διάφορα χαρακτηριστικά σεισμικής τρωτότητας, το έτος κατασκευής, τον τύπο του εδάφους. Η κύρια λογική της μεθόδου είναι να δίνει υψηλές θετικές βαθμολογίες για επιζήμια προς την κατασκευή χαρακτηριστικά (π.χ. χαμηλής αντοχής έδαφος), χαμηλές τιμές για λιγότερο επιζήμια (π.χ. κοντά υποστυλώματα), με αποτέλεσμα όσο μικρότερη δομική βαθμολογία και επιφάνεια έχει το κτίριο τόσο μεγαλύτερη είναι και η πιθανότητα να αποκλειστεί της απαίτησης για επιπλέον διερεύνηση.

Η μέθοδος της Αρχικής Αποτίμησης (Initial Evaluation Process) είναι ένας γενικός οπτικός έλεγχος, στα κτίρια υπό μελέτη. Σ' αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται τα λιγότερα μέσα διότι στόχος είναι η αναγνώριση σ' έναν ικανοποιητικό βαθμό των κτιρίων τα οποία έχουν μειωμένη σεισμική ικανότητα. Ταυτόχρονα, είναι βασικό να μην κρίνονται εξαρχής πολλά κτίρια σε περαιτέρω έλεγχο τα οποία στη συνέχεια θα κριθούν ασφαλή. Κυρίως η διαδικασία περιλαμβάνει την εκτίμηση της συμπεριφοράς των υφιστάμενων κατασκευών έναντι της

απαιτούμενης για ένα νέο κτίριο. Για κάθε υφιστάμενο είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί ο βαθμός δομικής συμπεριφοράς εκφρασμένος σε ποσοστό, ακολουθώντας αρκετά βήματα με τα οποία λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό η πλαστικότητα, η κατηγορία του κτιρίου ανάλογα με τη χρήση του, πιθανά στοιχεία τρωτότητας της κατασκευής.

(Πηγή: The New Zealand Society for earthquake Engineering Incorporated, 2015 ; New Zealand Society for earthquake Engineering, 2006).

The figure displays six forms from the FEMA P-154 seismic evaluation procedure, arranged in three columns and two rows. The forms are as follows:

- Table IEP-1: Initial Evaluation Procedure - Step 1** (Top Left): Includes fields for Building Name, Location, and Date. It contains a large section for 'General Information' and a section for 'Seismic Hazard'.
- Table IEP-2: Initial Evaluation Procedure - Step 2** (Top Middle): Includes fields for Building Name, Location, and Date. It contains a section for 'Seismic Hazard' and a section for 'Seismic Hazard'.
- Table IEP-2: Initial Evaluation Procedure - Step 2 continued** (Top Right): Includes fields for Building Name, Location, and Date. It contains a section for 'Seismic Hazard' and a section for 'Seismic Hazard'.
- Table IEP-2: Initial Evaluation Procedure - Step 2 continued** (Bottom Left): Includes fields for Building Name, Location, and Date. It contains a section for 'Seismic Hazard' and a section for 'Seismic Hazard'.
- Table IEP-3: Initial evaluation procedure - Step 3** (Bottom Middle): Includes fields for Building Name, Location, and Date. It contains a section for 'Seismic Hazard' and a section for 'Seismic Hazard'.
- Table IEP-4: Initial evaluation procedure - Steps 4, 5 and 6** (Bottom Right): Includes fields for Building Name, Location, and Date. It contains a section for 'Seismic Hazard' and a section for 'Seismic Hazard'.

Εικόνα 2.3. Υπόδειγμα ειδικού εντύπου αμερικανικής μεθοδολογίας.

(Πηγή: Fema P-154, 2015)

2.1.6. Τρωτότητα Κατασκευών στην πειοχή του Λουτρακίου

Για να μελετήσουμε την τρωτότητα των κατασκευών στην περιοχή μελέτης, θα πρέπει να μελετήσουμε δεδομένα για τα κτίρια ως προς την ηλικία τους. Γνωρίζοντας την ηλικία καθώς και τα υλικά κατασκευής τους μπορούμε να εκτιμήσουμε πόσο ευάλωτα είναι τα κτίρια σ' ένα μελλοντικό σεισμό. Ένα κτίριο σχεδιάζεται με ένα προσδόκιμο ζωής συνήθως τα 50 χρόνια. Αυτό δεν σημαίνει ότι το κτίριο, μετά την λήξη αυτής της περιόδου θα πέσει. Σίγουρα όμως αυτό που παίζει καθοριστικό ρόλο στην διατήρηση τους είναι οι περιοδικές συντηρήσεις. Εξαρτάται επίσης απ' τα υλικά τα οποία είναι δεδομένο καθώς και πόσο εκτεθειμένα είναι σε παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά την βιοσιμότητα τους. Το Λουτράκι είναι μια παραθαλάσσια πόλη και έτσι τα κτίρια είναι εκτεθειμένα διάβρωσης των οπλισμών του και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση διατομής της ράβδου κατά την ποσότητα του χάλυβα που μετατρέπεται σε σκουριά. Εκτός απ' αυτό η διάβρωση μειώνει επίσης και μάλιστα δυσανάλογα την ολκιμότητα του χάλυβα, γεγονός με πολύ δυσμενείς επιπτώσεις στη σεισμική συμπεριφορά του μέλους. Επιπλέον επειδή η σκουριά έχει 2 έως 6 φορές μεγαλύτερο όγκο απ' τον οποίο έχει παραχθεί, προκαλεί ρηγμάτωση και μηδενίζοντας την συνάφεια και εκθέτοντας ακόμη περισσότερο τη ράβδο σε διάβρωση. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η μείωση της αντοχής, το γεγονός αυτό σε συνάρτηση με το ότι τα κτίρια αυτά έχουν κατασκευαστεί χωρίς τη χρήση αντισεισμικού κανονισμού (πολύ παλιές κατασκευές) τα κάνει ευάλωτα και καθιστά την επισκευή ή την ενίσχυση τους αναγκαία. Επομένως γνωρίζοντας σήμερα ότι τα κτίρια λόγω της φυσιολογικής γήρανσης τους με την πάροδο του χρόνου θα πρέπει να μπορούμε να εκτιμήσουμε εκ των προτέρων τι μπορεί να συμβεί σ' έναν μελλοντικό σεισμό έτσι ώστε να δράσουμε αναλόγως με τα αποτελέσματα που θα προκύψουν. Σκοπός αυτής της ενότητας, της διπλωματικής διατριβής είναι να προσεγγίσουμε με βάση τα δεδομένα καταγραφής των κτιρίων που διαθέτει η ελληνική στατιστική αρχή, την ηλικία των κτιρίων της περιοχής και τι συνέπειες μπορεί να έχουμε μετά από έναν ισχυρό σεισμό. Είναι κατανοητό πως όσο πιο νέες κατασκευές έχει μια περιοχή τόσο πιο ελαστικά θα αντιδράσει.

Πίνακας 2.1: Κτίρια κατά χρονική περίοδο κατασκευής - Απογραφή κτιρίων 2011 (Ελληνική Στατιστική Αρχή).

Περιγραφή Διοικητικής Διαίρεσης	Σύνολο κτιρίων	Χρονική περίοδος κατασκευής κτιρίου											Υπό κατασκευή
		Προ Του 1919	1919- 1945	1946- 1960	1961- 1970	1971- 1980	1981- 1985	1986- 1990	1991- 1995	1996- 2000	2001- 2005	2006 και μετά	
Δημοτ.Ενότητα Λουτρακίου- Περαχώρας	7485	6	154	275	581	1043	1550	1117	801	643	554	609	152

Απ'τα παραπάνω δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής αρχής βλέπουμε πως το σύνολο το κτιρίων στην Δημοτική ενότητα του Λουτρακίου – Περαχώρας ανέρχεται στα 7485. Τα 6 κτίρια

έχουν ηλικία τουλάχιστον 101 χρόνων είναι απ' τα πιο παλιά έχουν καταγραφεί στην πόλη του Λουτρακίου, ύστερα σημαντικός αριθμός είναι εκείνων των κτιρίων των οποίων η ηλικία ξεπερνά τα 75 έτη και ο αριθμός του στο σύνολο είναι 154. Στην χρονική περίοδο 1961-1970 ο αριθμός των κατασκευών ανέρχεται στα 581 ο οποίος είναι αρκετά σημαντικός διότι πολλά απ' αυτά ξεπερνούν την ηλικία των 60 ετών. Η πλειοψηφία των κατασκευών σύμφωνα με τα δεδομένα καταγραφής που διαθέτει η Ελληνική στατιστική αρχή είναι κατασκευασμένα από σκυρόδεμα, ύστερα πολύ λιγότερα είναι εκείνα που είναι φτιαγμένα από ξύλο ή μέταλλο παρομοίως. Θα μπορούσαμε να πούμε πως τα κτίρια που είναι σε μια κρίσιμη ζώνη είναι εκείνα που είναι κατασκευασμένα πριν το 1970 επειδή έχουν ξεπεράσει την ηλικία των 50 ετών και αν δεν έχει ακολουθηθεί μια σειρά εργασιών για την συντήρησή τους, τότε μεγαλώνουν οι πιθανότητες αρνητικών επιπτώσεων σ'έναν μελλοντικό ισχυρό σεισμό, λόγω του ότι το ρήγμα των Αλκυωνίδων δίνει κατά προσέγγιση ανά 40 έτη αρκετά καταστροφικούς σεισμούς καθώς επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και το γεγονός ότι έχουν σχεδιαστεί με πρωγενέστερους αντισεισμικούς κανονισμούς. Η παλαιότερη έκδοση αντισεισμικών κανονισμών σχεδιασμού συνδυαστικά με το γεγονός ότι ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων είναι στην ηλικία των 50 ετών και με έντονο το φαινόμενο της διάβρωσης, λόγω ότι είναι μια παράκτια πόλη είναι πολύ σημαντικοί λόγοι να ληφθούν μέτρα προστασίας έτσι ώστε να έχουμε τις λιγότερο πιθανές επιπτώσεις σ'έναν μελλοντικό σεισμό.

Πίνακας 2.2: Κτίρια κατά βασικό υλικό κατασκευής τους, είδος οροφής, κύριο υλικό επικάλυψης της κεκλιμένης στέγης και περίοδο κατασκευής (Ελληνική Στατιστική Αρχή).

Περιγραφή διοικητικής διαίρεσης / Περίοδος κατασκευής	Σύνολο κτιρίων	Βασικό υλικό κατασκευής του κτιρίου						Είδος οροφής του κτιρίου και κύριο υλικό επικάλυψης της κεκλιμένης στέγης			
		Μπετόν	Μέταλλο	Ξύλο	Τούβλα - Τσιμεντόλιθοι	Πέτρα	Άλλο υλικό	Ταράτσα (δώμα)	Κεκλιμένη στέγη		
									Κεραμίδια	Φύλλα επικάλυψης	Άλλο υλικό

**ΔΗΜΟΣ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ -
ΑΓΙΩΝ ΘΕΟΔΩΡΩΝ**
(Έδρα: Λουτράκιον,το,
Ιστορική έδρα:
Περαχώρα,η)

	16.650	8.964	285	157	6.529	151	564	5.887	7.448	1.493	1.822
Προ του 1919	9	3	0	0	1	4	1	5	4	0	0
1919 - 1945	180	109	0	0	23	43	5	122	46	6	6
1946 - 1960	509	345	4	0	122	32	6	274	150	51	34
1961 - 1970	1.212	758	20	16	329	18	71	627	298	164	123

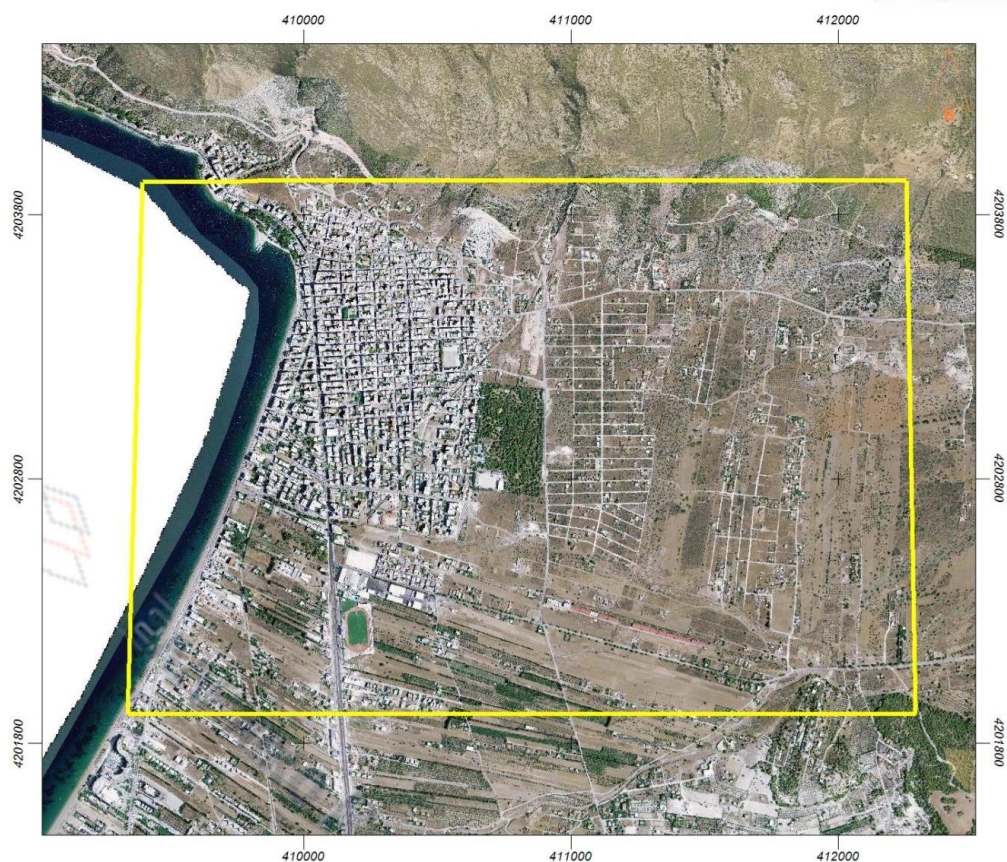
1971 - 1980	2.893	1.505	35	77	1.123	8	145	1.161	982	346	404
1981 - 1985	3.176	1.616	57	15	1.388	9	91	1.128	1.359	384	305
1986 - 1990	2.782	1.248	40	20	1.396	6	72	726	1.473	223	360
1991 - 1995	1.880	915	32	8	871	4	50	457	1.086	128	209
1996 - 2000	1.608	786	46	8	708	14	46	347	962	92	207
2001 - 2005	1.031	682	30	7	270	4	38	366	549	60	56
2006 και μετά	1.037	769	21	4	200	7	36	490	432	32	83
Υπό κατασκευή	333	228	0	2	98	2	3	184	107	7	35



Εικόνα 2.4. Αεροφωτογραφία Λουτρακίου 6/8/1935.
(Πηγή: Δήμος Λουτρακίου-Περαχώρας- Αγ. Θεοδώρων).



Εικόνα 2.4. Απόσπασμα Ορθοφωτογραφίας Λουτρακίου 1945-1960.
(Πηγή: Ελληνικό Κτηματολόγιο).



Εικόνα 2.4. Απόσπασμα Ορθοφωτογραφίας Λουτρακίου 2007-2009.
(Πηγή: Ελληνικό Κτηματολόγιο).

Στις παραπάνω εικόνες μπορούμε να δούμε την ανοικοδόμηση του Λουτρακίου απ' το 1935 καθώς και στην χρονική περίοδο μεταξύ 1945-1960. Υστερα στην επόμενη εικόνα 2.5 μπορούμε να παρατηρήσουμε την ραγδαία επέκταση της πόλης. Η πλειοψηφία των κτιρίων διαπιστώνουμε ότι είναι κατασκευασμένα από 50 έτη και προς τα κάτω. Η πόλη του Λουτρακίου είναι σχετικά μια νέα πόλη (περίπου 100ετών), επόμενως από εδώ και στο εξής θα πρέπει οι υπάρχουσες κατασκευές να διατηρούνται με τις κατάλληλες εργασίες συντήρησης διότι όντως παραλιακή πόλη η διάβρωση είναι ένας απ'τους μεγαλύτερους εχθρούς της κατασκευής.(Πηγή Παπαδάκης και συν.;Τσίκας & Παπασπυριδάκος ; <https://www.statistics.gr/> ; <http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>)

Σχετική Γεωλογική Καταλληλότητα για οικιστική και άλλες συναφείς χρήσεις

Σε προηγούμενες ενότητες έγινε παρουσίαση και ανάλυση των στοιχείων και δεδομένων που συνθέτουν το γεωπεριβαλλοντικό πλαίσιο της περιοχής μελέτης. Οι παράγοντες και οι παράμετροι που υπεισέρχονται είναι πολυάριθμοι, η δε σχέση μεταξύ τους είναι συχνά μη γραμμική, ετεροβαρής και εν πολλοίς είναι δύσκολο να εκτιμηθεί με μαθηματική ακρίβεια η συμμετοχή καθέ ενός στη δημιουργία και διατήρηση του γεωπεριβαλλοντικού αυτού πλαισίου. Φυσικά η οποιαδήποτε προσπάθεια ποσοτικοποίησης των παραγόντων αυτών αναπόφευκτα θα καταφύγει σε γενικεύσεις και παραδοχές, πολλές απ' τις οποίες είναι συνάρτηση της κλίμακας μελέτης. Είναι επίσης γνωστό ότι οι διεργασίες αυτές πρέπει να εξετάζονται τόσο χωρικά, όσο και χρονικά, αλλά η χρονική διάσταση αυτών των φαινομένων αποτελεί συχνά την ισχυρότερη τροχοπέδη για την ποσοτικοποίηση και κατανόηση των διεργασιών αυτών. Οι βασικοί παράγοντες που λήφθηκαν υπόψη είναι οι ακόλουθοι:

- Γεωμορφολογία
- Γεωλογία- Τεκτονική
- Γεωπεριβάλλον

Αυτοί με τη σειρά τους επηρεάζουν και επηρεάζονται από μια σειρά ανθρώπινων δραστηριοτήτων, οι οποίες εξειδικεύονται σε χρήσεις. Κυρίως εξετάζεται η χρήση ως προς την δόμηση συνήθων κτιρίων για οικιστική χρήση, για τον τουρισμό και συναφείς χρήσεις. Ανάλογα με την εκάστοτε εξεταζόμενη χρήση, ο κάθε γεωλογικός παράγοντας επιδρά με διαφορετικό τρόπο, σε διαφορετικό βαθμό, είτε προς τη θετική ή προς την αρνητική κατεύθυνση. Φερ' ειπείν, η περατότητα ενός γεωλογικού σχηματισμού είναι κάτι που επιζητείται υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις στην περίπτωση των κοιμητηρίων, αλλά κάτι που δρα αρνητικά στο θέμα της χωροθέτησης ενός Χ.Υ.Τ.Α. Δεδομένων των παραπάνω, και προκειμένου να γίνει όσο το δυνατόν ορθολογικότερη και αντιπροσωπευτική αξιολόγηση των προαναφερθέντων παραγόντων, προκύπτει παρακάτω πίνακας. (Λέκκας και συν. 2010)

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΧΡΗΣΕΙΣ			
		ΔΟΜΗΣΗ	ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ	ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	Χ.Υ.Τ.Α
ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΚΛΙΣΗ	☒	☒	☒	☒
ΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	☒		☒	☒
	ΤΑΣΙΝΟΜΗΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ Ε.Α.Κ.	☒		☒	☒
ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	ΥΠΑΡΞΗ ΕΝΕΡΓΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ	☒		☒	☒
ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ	ΥΨΗΛΗ ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	☒		☒	☒
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΟ ΥΔΡΟΦΟΡΟ Η/ΚΑΙ ΙΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	☒		☒	☒
ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ	ΖΩΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ Ε.Α.Κ.	☒			
ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ	ΑΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ (ΕΔΑΦΙΚΩΝ – ΒΡΑΧΩΔΩΝ)	☒	☒	☒	☒
	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΜΟΝΙΜΩΝ Η ΕΠΟΧΙΚΩΝ ΥΔΡΟΡΕΥΜΑΤΩΝ	☒	☒	☒	☒
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ			☒	☒
ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΓΕΩΤΟΠΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	☒	☒		☒

☒ : Επηρεάζει σημαντικά

Πίνακας 2.3: Παράγοντες επηρεασμού της γεωλογικής καταλληλότητας για οικιστική και άλλες συναφείς και ειδικές χρήσεις. (Λέκκας και συν. 2010).

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ ΣΥΝΗΘΟΥΣ ΔΟΜΗΣΗΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ				
		ΘΕΤΙΚΗ		ΑΡΝΗΤΙΚΗ		
ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΚΛΙΣΗ	<10%		10-25%		>25%
ΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΒΡΑΧΟΣ		ΗΜΙΒΡΑΧΟΣ ΓΕΩΗΜΙΒΡΑΧΟΣ		ΕΔΑΦΟΣ
	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ Ε.Α.Κ.	A	B	Γ	Δ	Χ
	ΥΠΑΡΞΗ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΕΓΚΟΙΛΩΝ	ΟΧΙ		ΝΑΙ		
ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	ΥΠΑΡΞΗ ΕΝΕΡΓΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ	ΟΧΙ		ΝΑΙ		
ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ - ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΟ ΥΔΡΟΦΟΡΟ Η/ΚΑΙ ΙΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ – ΖΩΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ	ΕΚΤΟΣ		ΕΝΤΟΣ		
ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ	ΖΩΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ Ε.Α.Κ.	I		II		III
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ	ΑΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ (ΕΔΑΦΙΚΩΝ – ΒΡΑΧΩΔΩΝ)	ΟΧΙ		ΝΑΙ		
	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΜΟΝΙΜΩΝ Η ΕΠΟΧΙΚΩΝ ΥΔΡΟΡΕΥΜΑΤΩΝ	>10 m		< 10m		
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	ΟΧΙ		ΝΑΙ		
	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΟ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΟ ΕΡΓΟ	>200 m		< 200 m		
	ΟΡΥΚΤΕΣ ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ / ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ	ΟΧΙ		ΝΑΙ		
	ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΔΟΜΙΚΩΝ / ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	ΟΧΙ		ΝΑΙ		
	ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	ΟΧΙ		ΝΑΙ		
ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΓΕΩΤΟΠΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	ΟΧΙ		ΝΑΙ		

Πίνακας 2.4: Ανάλυση των παραμέτρων των παραγόντων που επηρεάζουν τη γεωλογική καταλληλότητα για οικιστική και λουπές συναφείς χρήσεις (Λέκκας και συν.)

Οι παράγοντες του πίνακα Β2 έχουν αξιολογηθεί κατάλληλα και με βάση τα υ και διαθέσιμα στοιχεία και δεδομένα,. Από το σύνολο εξετασθέντων παραγόντων αυτοί που λήφθηκαν υπόψη για την κατάταξη των περιοχών ανά γεωλογική καταλληλότητα είναι η γεωλογία – λιθολογία, τεκτονική, και η γεωμορφολογία αφορά τους υπόλοιπους, αυτοί είτε παραμένουν αμετάβλητοι στο σύνολο της περιοχής μελέτης, όπως π.χ. η κατάταξη σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας κατά Ε.Α.Κ. Η σημαντικότερη παράμετρος της γεωμορφολογίας είναι η μορφολογική κλίση και οι τιμές που λαμβάνει αυτή. Παρακάτω βλέπουμε τον χάρτη ταξινομημένων μορφολογικών κλίσεων της περιοχής, στον οποίο οι μορφολογικές κλίσεις έχουν ταξινομηθεί σε τρεις κατηγορίες:

Κατηγορία 1: Μορφολογικές κλίσεις <10%

Κατηγορία 2: Μορφολογικές κλίσεις 10-25%

Κατηγορία 3: Μορφολογικές κλίσεις > 25%

Η κατηγοριοποίηση αυτή εκτιμήθηκε ότι αποδίδει σε ικανοποιητικό βαθμό για την κλίμακα της μελέτης, τις διαβαθμίσεις των τιμών των κλίσεων, χωρίς αυτό να αποβαίνει εις βάρος της ποιότητας των αποτελεσμάτων. Τούτο διότι είναι γενικά αποδεκτό ότι για κλίσεις μικρότερες του 10% δεν υπάρχει σοβαρή επιβάρυνση αναφορικά με τις συνθήκες συνήθους δόμησης. Αντίθετα, κλίσεις μεγαλύτερες του 25% απαντώνται σε ζώνες μορφολογικών ασυνεχειών που συνδέονται με λιθολογικά, τεκτονικά ή γεωμορφολογικά αίτια (πχ. ζώνες κατά βάθος διάβρωσης) και πλησιάζουν τις γενικά αποδεκτές τιμές γωνίας εσωτερικής τριβής των ασυνεχειών των πετρωμάτων.

		Κατηγορία Εδάφους			
		Εδαφος	Γεωημίβραχος	Ημ'ίβραχος	Βράχος
Κατηγορία Κλίσης (%)	<10	Μέτρια	Μέτρια	Πολύ Καλή	Πολύ Καλή
	10-25	Δυσμενέστερη	Μέτρια	Μέτρια	Πολύ Καλή
	>25	Δυσμενέστερη	Δυσμενέστερη	Μέτρια	Μέτρια

Από την επισκόπηση του χάρτη της εικόνας Β3 φαίνεται ότι γενικά οι περιοχές στις οποίες επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες, με βάση τη λιθολογία και τη γεωμορφολογία είναι λίγες και βρίσκονται μάλιστα είτε σε ορεινές περιοχές, ή σε προστατευόμενες και γενικά εκτός των θεσμοθετημένων και πολεοδομούμενων ζωνών. Το μεγαλύτερο μέρος του Δήμου εμπίπτει στην κατηγορία των «μέτριων» συνθηκών, γεγονός όχι απαγορευτικό, αλλά που τονίζει την αναγκαιότητα λήψης μέτρων προστασίας που θα προσαρμόζονται ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περιοχής. Τέλος, οι περιοχές που εμπίπτουν στην κατηγορία των «δυσμενέστερων συνθηκών» είναι αυτές που συνήθως ταυτίζονται με μεγάλες τιμές μορφολογικών κλίσεων, είτε στις υπώρειες ή εντός των ορεινών όγκων και συνήθως σχετίζονται είτε με την παρουσία σημαντικών ενεργών ρηγμάτων ή ιδιαίτερα αρνητικές λιθολογικές συνθήκες. Ένα επίσης θέμα είναι και η πιθανότητα ύπαρξης επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα στο βάθος θεμελίωσης των

κατασκευών. Ειδικά για την περιοχή της λεκάνης του Λουτρακίου και για τον προσχωματικό μεταλλικό υδροφορέα είναι γνωστό ότι η ελεύθερη στάθμη υδροφορίας βρίσκεται σε υψόμετρα που κυμαίνονται μεταξύ $0 < z < h$ και βάθη $0 < h < 150\text{m}$ (Κούνης & Βιτορίου-Γεωργουλή, 2003). Επιπλέον, είναι γενικά γνωστό ότι κοντά στην ακτογραμμή η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα κυμαίνεται μεταξύ 0,5 – 5m από την επιφάνεια, ενώ στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης φτάνει σε βάθος 110m. Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης, το απόλυτο υψόμετρο των πιεζομετρικών καμπυλών βρίσκεται πιο ψηλά από το αντίστοιχο του δυτικού τμήματος και κατά συνέπεια η φορά κίνησης του υπογείου ύδατος είναι όπως αναμενόταν, δηλαδή προς τη θάλασσα. Ως εκ τούτου, στην παράκτια ζώνη είναι δυνατή η συνάντηση υδροφορίας στη στάθμη θεμελίωσης και αυτό θα πρέπει να εξεταστεί ειδικότερα σε λεπτομερέστερη γεωλογική μελέτη. Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι η αβαθής υδροστατική στάθμη και ο διαπερατός χαρακτήρας της ακόρεστης ζώνης προσδίδουν στους σχηματισμούς υψηλή ρυπαντική επιδεκτικότητα, γεγονός που επηρεάζει άμεσα τη χωροθέτηση ρυπογόνων χρήσεων (κοιμητήρια, Χ.Υ.Τ.Α.).

Παρακάτω ακολουθεί ο «Χάρτης Κατ' Αρχήν Γεωλογικής Καταλληλότητας» διακρίνονται ζώνες σχετικής καταλληλότητας για δόμηση. Συγκεκριμένα, με πράσινο χρώμα σημειώνονται ζώνες με ευνοϊκότερες συνθήκες, με κίτρινο χρώμα ζώνες όπου οι συνθήκες είναι μέτριες και με ροζ χρώμα σημειώνονται οι περιοχές όπου οι συνθήκες είναι δυσμενέστερες για δόμηση. Ο διαχωρισμός της έκτασης του Δήμου στις τρεις κατηγορίες παρουσιάζεται στο «Χάρτη Κατ' Αρχήν Γεωλογικής Καταλληλότητας». Η ακρίβεια των ορίων των επί μέρους περιοχών, καθώς και γενικότερα η ακρίβεια των στοιχείων της μελέτης, συμφωνεί με την κλίμακα της μελέτης που έγινε στην περιοχή (1:25.000).

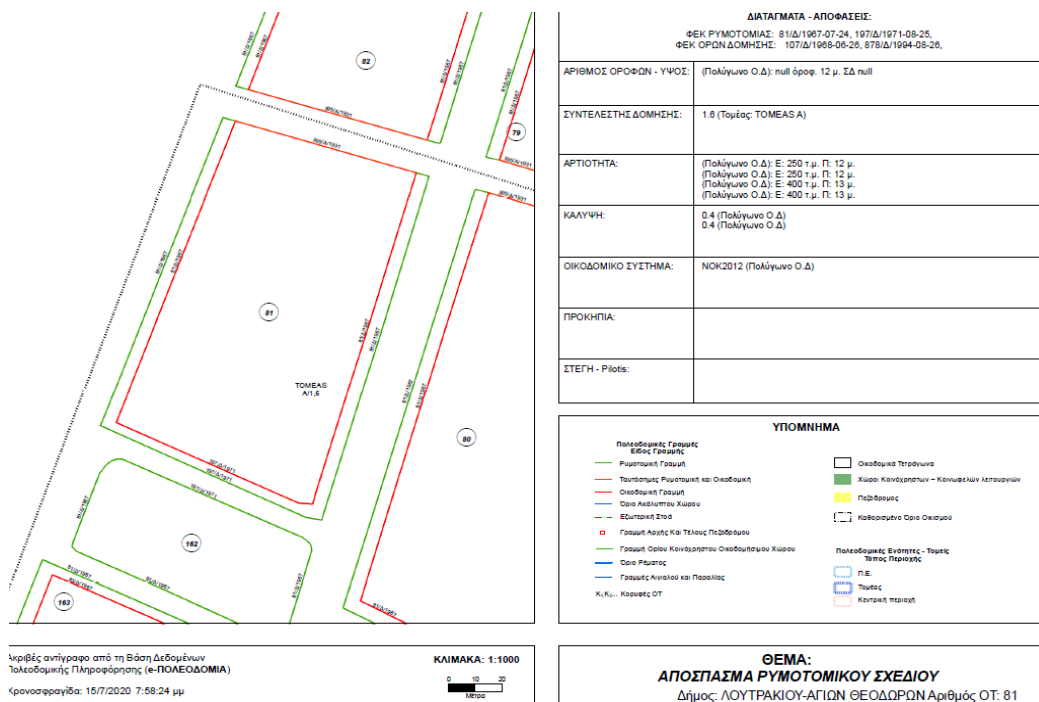
Σε περίπτωση που το έδαφος θεμελίωσης αποτελείται από χαλαρά αμμώδη ή ιλυοαμμώδη κορεσμένα υλικά, όπως πιθανά συμβαίνει στις προσχώσεις και στις αποθέσεις της παράκτιας ζώνης του Λουτρακίου, στην παρόχθια ζώνη της Βουλιαγμένης και στην περιοχή Αγ. Σωτήρα Σχίνου υπάρχει αυξημένη πιθανότητα ρευστοποίησης από σεισμική δράση. Για τη δόμηση αυτών των περιοχών, απαιτείται πρώτα η διεξαγωγή γεωτεχνικής έρευνας με σκοπό τον έλεγχο του εδάφους για την πρόταση ειδικής θεμελίωσης, όπου απαιτείται.

Επίσης, στην περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος του Λουτρακίου παρατηρείται κατά θέσεις υψηλή στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα. Στην περίπτωση θεμελιώσεων, πρέπει να ερευνώνται οι συνθήκες στάθμης των υπογείων υδάτων και να προσδιορίζονται οι απαιτήσεις αποστράγγισης, υποβιβασμού στάθμης κλπ. Η ταπείνωση της στάθμης της υπόγειας υδροφορίας πρέπει να γίνεται αποκλειστικά, κατά το στάδιο της κατασκευής και με το πέρας της θεμελίωσης, η άντληση πρέπει να διακόπτεται, ώστε να μην επηρεασθεί η δυναμικότητα της υπόγειας υδροφορίας.

Στην περιοχή αυτή, επισημαίνεται επίσης, ότι το μικρό βάθος ανάπτυξης της υπόγειας υδροφορίας, είναι πιθανόν να δημιουργήσει φαινόμενα αστάθειας στα πρανή των εκσκαφών θεμελίωσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα απαιτηθεί η λήψη μέτρων ασφαλείας - πρόληψης των φαινομένων αυτών με προσωρινές αντιστηρίξεις των πρανών εκσκαφής. (Λέκκας και συν. 2010).

Αξίζει να σημειωθεί πως στο παραλιακό μέτωπο της πόλης του Λουτρακίου υπάρχουν αρκετά κτίρια πολυόροφα τα οποία είναι κατασκευασμένα με προγενέστερους αντισεισμικούς κανονισμούς και αποτελούν δημόσιο κίνδυνο σ'έναν μελλοντικό σεισμό διότι κάποια απ' αυτά είναι μη αποπερατωμένα και έτσι βρίσκονται εκτεθειμένα στην διάβρωση των οπλισμών και του σκυροδέματος με αποτέλεσμα να μειώνεται το προσδοκίμο ζωής τους κατακόρυφα. Παρακάτω μπορούμε να δούμε στην εικόνα το εν λόγω κτίριο το οποίο είναι ένα τέτοιο παράδειγμα στην παραλία του Λουτρακίου.

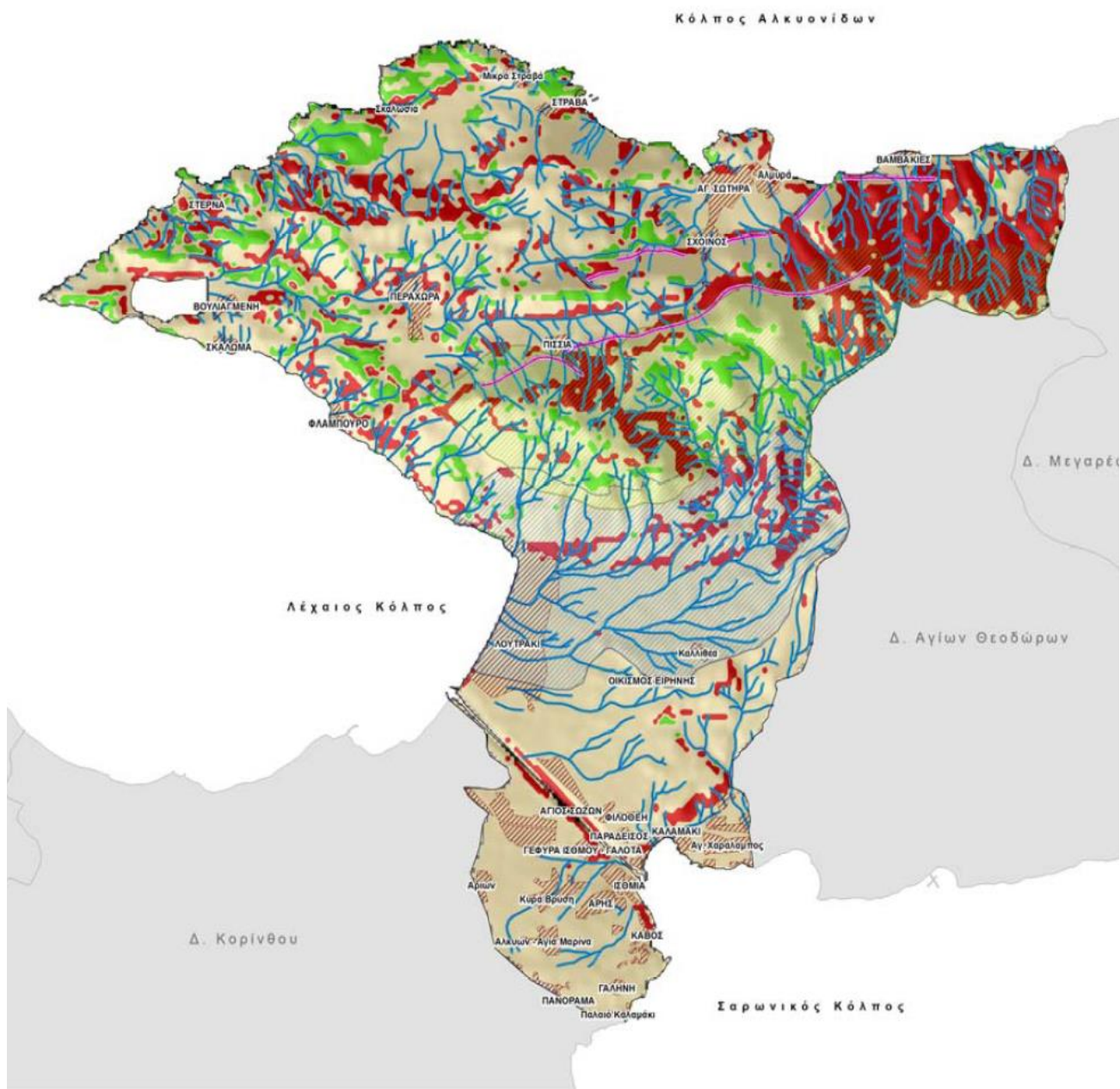
Με τα σημερινά πολεοδομικά δεδομένα το συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο υπόκειται στις παρακάτω διατάξεις οι οποίες επιτρέπουν κτίρια με ανώτατο ύψος τα 12 μέτρα, δηλαδή ένα τυπικό ισόγειο με 3 ορόφους θα ήταν μια πιθανή κατασκευή και όχι ένα πολυόροφο κτίριο όπως αυτό.



Εικόνα 2.5.: Απόσπασμα Ρυμοτομικού Σχεδίου Λουτρακίου (epoleodomia.gr)



Εικόνα 2.6.: Απόσπασμα ορθοφωτογραφίας περιοχής Λουτρακίου (Εθνικό Κτιματολόγιο)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Ζώνες σχετικής γεωλογικής καταλληλότητας για δόμηση

- Ευνοϊκότερες συνθήκες
- Μέτριες συνθήκες
- Δυσμενέστερες συνθήκες

Ζώνες προστασίας

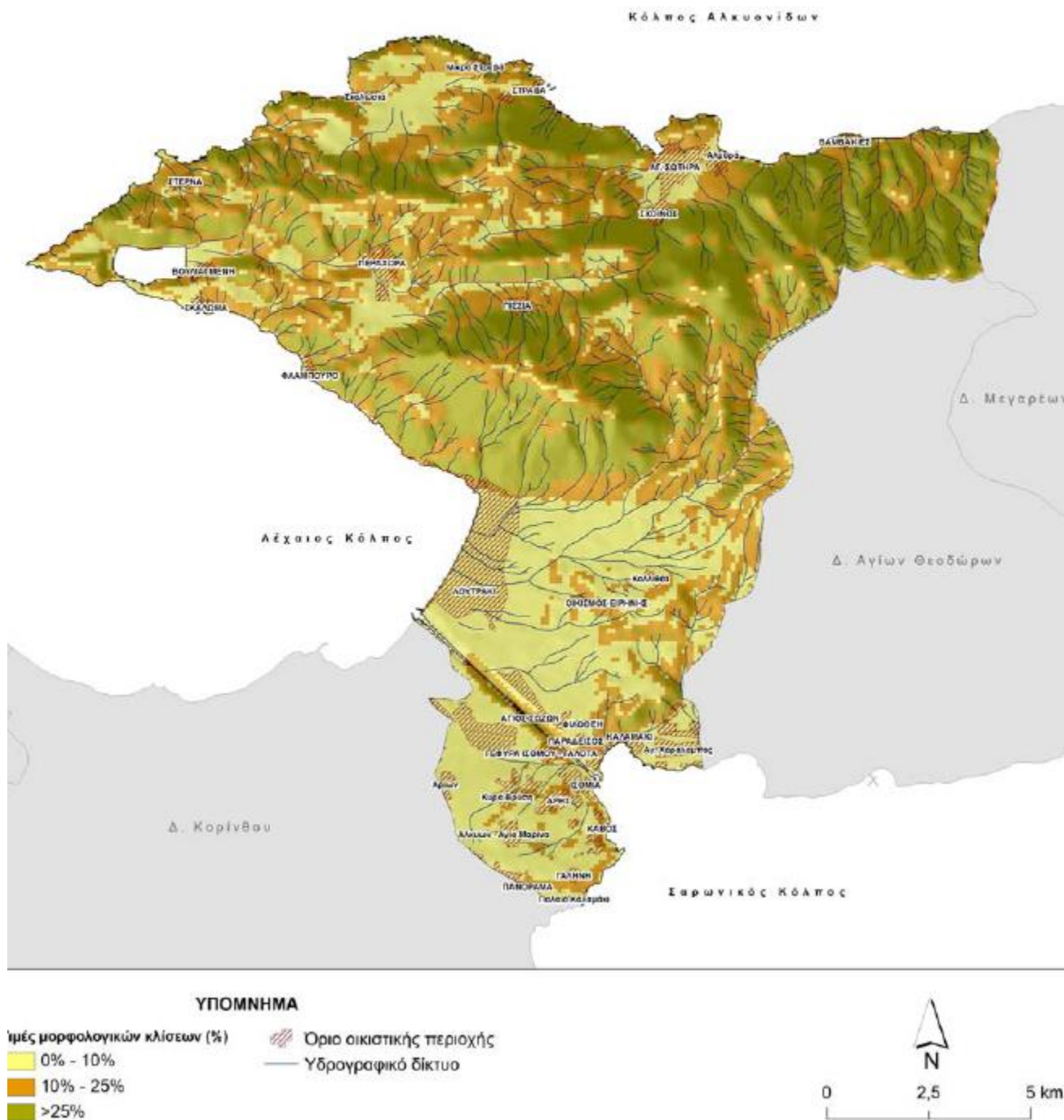
- Περιοχή προστασίας Natura
- Περιοχή προστασίας υδροφόρου ορίζοντα
- Ζώνη 30m εκατέρωθεν των ρεμάτων
- Ζώνη 50m εκατέρωθεν των ενεργών ρηγμάτων

Όριο οικιστικής περιοχής

Υδρογραφικό δίκτυο

Ρήγμα που δραστηριοποιήθηκε κατά τους σεισμούς του 1981 με βάση τα Φ.Χ. 1:50.000 "Περαχώρα" και "Καπαρέλλι" (ΙΓΜΕ) και τους Mariolacos et al., 1981, Jackson et al., 1982.

Εικόνα 2.6.: Χάρτης καταρχήν γεωλογικής καταλληλότητας για δόμηση (Λέκκας και συν.)



Εικόνα 2.7.: Χάρτης ταξινομημένων μορφολογικών κλίσεων της περιοχής του Δήμου Λουτρακίου-Περαχώρας (Λέκκας και συν.)

Κεφάλαιο 3.

Βλάβες εξαιτίας Σεισμού – Παράγοντες που Επηρεάζουν την έκταση τους στα Κτίρια

3.1. Παράγοντες επιρροής των σεισμών στις κατασκευές

Ο σεισμός είναι αυτός που αναδεικνύει τις αστοχίες στα κτίρια, αστοχίες είτε στη θεμελίωση είτε στον φέροντα οργανισμό της κατασκευής κλπ. Βλάβη θεωρούμαι κάθε αστοχία που προκαλείται εξαιτίας της καταπόνησης του στοιχείου πέρα απ' τα όρια της αντοχής του έναντι σεισμού. Ο κύριος αστάθμητος παράγοντας είναι ο ίδιος ο σεισμός διότι παραμένουν άγνωστα τα χαρακτηριστικά του, όπως η ένταση του, ο τρόπος μετάδοσης της σεισμικής ενέργειας, το επίκεντρο, η ένταση, το βάθος κ.α. Εκτός όμως απ' τον παράγοντα αυτόν έχουμε και διάφορους άλλους που θα αναφερθούν αναλυτικά στις επόμενες ενότητες. Επιγραμματικά κάποιοι παράγοντες που συναντούμε συχνά είναι η απόκλιση που υπάρχει στο φάσμα του σχεδιασμού από το φάσμα αποκρίσεως, η αστοχία των υποστηλωμάτων, η ασύμμετρη διάταξη στοιχείων ακαμψίας στην κάτοψη. Στον σεισμό της Πάρνηθας το 1999 παρατηρήθηκαν βλάβες σε κτίρια που διαθέτουν πιλοτές, σε κατασκευές που έχουν θεμελιωθεί σε έδαφος μη κατάλληλο ή ακόμη και σε κτίρια με ανεξέλεγκτες προσθήκες- επεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό. Οι βλάβες δεν αναφέρονται μόνο σε κτίρια κατοικιών αλλά και σε δίκτυα ηλεκτρισμού, ύδρευσης και στα δίκτυα μεταφορών. Όλα αυτά έχουν αποτέλεσμα τη δυσκολία στην πρόσβαση και παροχής βοήθειας στις πληγείσες περιοχές. Απ' την παρατήρηση και ανάλυση των βλαβών μπορούμε να εντοπίσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την έκταση των βλαβών στις δομικές κατασκευές και έτσι να μπορέσουμε να προχωρήσουμε σε μελέτες βελτίωσης και στην αναζήτηση νέων τρόπων αντιμετώπισης και θωράκισης. (Πήγη: Μπάρκας, 2000).

3.2. Υποστυλώματα (εύθραυστα ή κοντά)

Μετά από ένα σεισμό, οι βλάβες στα υποστηλώματα σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι οι πιο συχνές αλλά συγχρόνως και οι πιο σοβαρές. Η συντριπτική πλειονότητα αστοχιών οφείλεται σε αστοχίες ποικίλων μορφών στα άκρα των υποστηλωμάτων, ανάλογα με τις σχετικές τιμές των φορτίων διατομής (N , Q , M) και διάφορους κατασκευαστικούς παράγοντες. Η αστοχία αυτή των υποστηλωμάτων, δηλαδή της ψαθυρής θραύσης, εκδηλώνεται με προοδευτική θραύση και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος λόγω χαμηλής ποιότητας σκυροδέματος, αραιοί συνδετήρες ή και παντελής έλλειψη, η ύπαρξη ισχυρών δοκών που

οδηγούν σε αστοχία τους στύλους. Επιπλέον σ' αυτή την κατηγορία θα μπορούσαμε να συμπεριλάβουμε την περίπτωση των κοντών υποστηλωμάτων που κατασκευάζονται συνήθως σε ημιυπόγειους χώρους και πατάκια. Πρόκειται για κατακόρυφες κολόνες με μικρό ύψος που στην ελαστική περιοχή όταν υπάρχει συνεργασία κοντών και συνήθη υποστηλωμάτων, διότι τα κοντά υποστηλώματα αναλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερη τέμνουσα δύναμη. Μια εξαιρετικά επικίνδυνη περίπτωση θεωρείται η παρέμβαση τοιχοποιιών, οι οποίες σε περίπτωση καθύψος διακοπής τους εξαναγκάζουν τα συνήθη υποστηλώματα να λειτουργήσουν ως κοντά. Μια συνηθισμένη περίπτωση της βλάβης αυτής είναι οι φεγγίτες που υπάρχουν σε βιοτεχνίες αλλά και σε σχολικά κτίρια διότι έχουν αποδειχθεί πολύ ευαίσθητοι στην καταπόνηση λόγω σεισμού. (Πηγή: Μπάρκας, 2000).



Εικόνα 3.1. Κατασκευαστική Βλάβη / Παραδειγμα κοντών υποστυλωμάτων.
(Πηγή: www.oasp.gr).

3.3. Απόκλιση Φάσματος Σχεδιασμού έναντι Φάσματος Αποκρίσεως

Ένας βασικός παράγοντας εμφάνισης βλαβών στις κατασκευές είναι οι αδυναμίες που προκύπτουν σχετικά με την εκτίμηση των χαρακτηριστικών της αναμενόμενης σεισμικής καταπόνησης κατά τη φάση του σχεδιασμού του έργου. Με άλλα λόγια όταν το φάσμα σχεδιασμού για ένα έργο διαφέρει με το φάσμα αποκρίσεως έχουμε ως αποτέλεσμα σημαντικές βλάβες στις δομικές κατασκευές. Γι' αυτό πλέον στο σχεδιασμό νέων κατασκευών χρησιμοποιείται ένα εξοπλισμένο φάσμα που καλύπτει όλες τις μορφές φασμάτων πιθανών σεισμών που μπορούν να πλήξουν την περιοχή του έργου. Για να κατασκευαστεί ένα φάσμα σχεδιασμού χρειάζεται να ληφθούν υπόψη i) οι ενεργές τιμές της εδαφικής κίνησης στην περιοχή που έχουμε το έργο ii) τις εδαφικές συνθήκες σ' αυτή την περιοχή. Οι ενεργές τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης και ταχύτητας προκύπτουν από μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας, ύστερα από στατιστική επεξεργασία των σεισμικών γεγονότων που έχουν καταγραφεί στην περιοχή μελέτης. Συνήθως τέτοιες μελέτες εκπονούνται για σημαντικά έργα, ενώ για συνήθεις κατασκευές χρησιμοποιούνται οι τιμές που δίνονται στους κανονισμούς, ανάλογα με την περιοχή όπου βρίσκεται το έργο. Εκτός όμως απ' την εδαφική κίνηση λαμβάνονται υπόψη οι εδαφικές συνθήκες στην περιοχή μελέτης. Είναι εξαιρετικά έντονη η εξάρτηση του φάσματος σχεδιασμού απ' τις ιδιότητες του εδάφους αφού το έργο θα διεγερθεί με την κίνηση εδάφους στη

στάθμη θεμελίωσης, η οποία είναι αποτέλεσμα της απόκρισης του εδάφους στο σεισμικό γεγονός. Στον ελληνικό κανονισμό (ΕΑΚ) προβλέπονται τέσσερις κατηγορίες εδάφους. Στόχος είναι να περιορίζονται οι μεγάλες αποκλίσεις των φασμάτων σχεδιασμού με τα φάσματα αποκρίσεως. Τα φάσματα αποκρίσεων είναι ένα αναπόσπαστο μέρος του αντισεισμικού σχεδιασμού στην Ελλάδα και διεθνώς. Πρόκειται για ένα διάγραμμα που δίνει τη μέγιστη τιμή κάποιου μεγέθους απόκρισης (π.χ. σχετική μετακίνηση) που θα αναπτυχθεί σε μονοβάθμιους ταλαντωτές με συγκεκριμένη απόσβεση ζ σε κάποια δεδομένη σεισμική διέγερση. Στην περίπτωση που η απόσβεση είναι η ίδια σε όλους τους ταλαντωτές, η παράμετρος που προσδιορίζει τις ιδιότητες κάθε ταλαντωτή είναι η ιδιοπερίοδος του. Τα φάσματα δεν είναι ομαλές καμπύλες αλλά παρουσιάζουν αιχμές. Απ' τις καμπύλες αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε π.χ. την μέγιστη μετακίνηση οποιασδήποτε κατασκευής με απόσβεση ίση μ' αυτή του φάσματος στη δεδομένη σεισμική διέγερση. Εκτός απ' την σχετική μετακίνηση, μπορούμε επίσης να κατασκευάσουμε φάσμα για την απόλυτη επιτάχυνση ή ακόμη για τις σχετικές ταχύτητες. Τέλος, δεν θεωρείται απίθανο να παρουσιασθούν βλάβες σε έργα που έχουν σχεδιαστεί με σύγχρονους κανονισμούς και αυτό διότι κάθε εποχή διαθέτει συγκεκριμένα δεδομένα όπως τεχνολογία, όσο προχωράμε στο μέλλον βρίσκονται πάντα νέα βήματα για βελτίωση. (Πήγη: Μπάρκας, 2000).

3.4. Κακή διάταξη στοιχείων ακαμψίας στην κάτοψη

Η διάταξη των στοιχείων ακαμψίας στην κάτοψη του κτιρίου είναι ένας απ' τους σημαντικότερους παράγοντες όπου εξαρτάται η σταθερότητα του φορέα αλλά και η φιλοσοφία του σχεδιασμού. Πιο συγκεκριμένα ο αριθμός και οι διατιθέμενες θέσεις των υποστηλωμάτων, τοιχίων, πυρήνων και άλλων δομικών στοιχείων συχνά υπαγορεύει και το σχεδιασμό της σύνδεσης. Επομένως μια κακή και όχι συμμετρική διάταξη των στοιχείων ακαμψίας σίγουρα θα παρουσιάσουν βλάβες σε περίπτωση σεισμού. Έχει παρατηρηθεί πως κτίρια όπου υπήρχε έντονη ασυμμετρία στην διάταξη του ισόγειου π.χ. τοιχοποιίας πλήρωσης, έχουν αντιδράσει σαφώς χειρότερα απ' άλλα. (Πήγη: Μπάρκας, 2000 ; Πενέλης, 2007).

3.5. Κάτοψη Κτιρίου

Για την διαμόρφωση της κάτοψης πρέπει να εφαρμόζονται κάποια βασικά πράγματα. Ένα απ' αυτά είναι η θέση κάθε κατακόρυφου στοιχείου πρέπει να είναι ίδια από την κορυφή έως την βάση (θεμελίωση) και να μην μετατοπίζεται από όροφο σε όροφο (επιτρέπεται όμως να μειώνεται ομαλά και σε καμία περίπτωση, απότομα η διατομή του κατακόρυφου στοιχείου καθ' ύψος). Στην περίπτωση που έχουμε μη κανονικούς φορείς (ακανονικότητα σε κάτοψη ή καθ' ύψος) είναι επιθυμητός ο τοιχωματικός φορέας (δλδ Α/Σ τοιχώματα και κατά τις δύο διευθύνσεις, κατάλληλα τοποθετημένα). Τυπικά παραδείγματα όπου επιβάλλεται τοιχωματικός φορέας: α) σε περιπτώσεις μεγάλου αιθρίου β) όταν οι δοκοί θέλουμε να έχουν πολύ μεγάλες διαστάσεις συγκριτικά με τα υποστηλώματα στα οποία εδράζονται καθώς επίσης γ) σε φορέα με κοντά υποστηλώματα και τέλος δ) σε κτίρια με Pilotis (λίγες τοιχοπληρώσεις στο ισόγειο συγκριτικά με τους άλλους ορόφους του κτιρίου). Επομένως είναι γενικά αποδεκτό πως οι κατόψεις σε τετράγωνο σχηματισμό παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά έναντι του σεισμού, ενώ τα κτίρια με ακανόνιστο σχηματισμό σαφώς πολύ χειρότερη. Αν οι πλάκες των κτιρίων θεωρούνται σαν

στερεοί δίσκοι μέσα στο επίπεδό τους (διαφραγματική λειτουργία πλακών), βασικό κριτήριο τότε για την επιλογή του είδους αλλά και της διατάξεως σε κάτοψη των κατακόρυφων αντισεισμικών στοιχείων αποτελεί η επιδίωξη ελαχιστοποίησης της στρέψης των πλακών, πράγμα το οποίο επιτυγχάνεται κατά τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο στην περίπτωση των συμμετρικών ως προς δύο (τουλάχιστον) άξονες κτιρίων. Εκεί λοιπόν που εντοπίζεται εντονότερα το πρόβλημα της στρέψης είναι στα μη συμμετρικά κτίρια, στα οποία προκαλεί υπέρμετρη καταπόνηση των περιμετρικών ιδίως στοιχείων, τόσο στην ελαστική όσο και στην ανελαστική περιοχή συμπεριφοράς (συγκέντρωση παραμορφώσεων). Αυτός λοιπόν είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν είναι δυνατή η εφαρμογή απλοποιημένων μεθόδων στατικού αντισεισμικού υπολογισμού στις περιπτώσεις μη κανονικών κατόψεων, διότι επιβάλλεται η θεώρηση περισσότερων ιδιομορφών, επομένως επιβάλλεται ουσιαστικά η εφαρμογή μεθόδων δυναμικού αντισεισμικού υπολογισμού. Τα κατακόρυφα στοιχεία και οι δοκοί είναι καλό να τοποθετούνται βάσει κανάβου, σε παράλληλες μεταξύ τους αποστάσεις, όχι μεγαλύτερες από 8 -10 μέτρα, καθώς στην συμβολή των δοκών αλλά και στις γωνίες των κτιρίων. Συμπερασματικά λοιπόν, τα κατακόρυφα στοιχεία πρέπει να τοποθετούνται σε κάτοψη έτσι ώστε:

α) Να περιορίζουν τον κίνδυνο στροφής (να μην διαφέρει πολύ η θέση του Κ.Ε.Σ και του Κ.Μ)

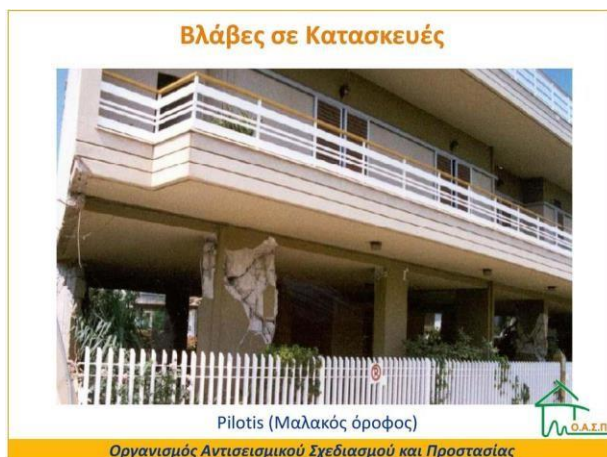
β) Να εξασφαλίζουν παρόμοια δυσκαμψία κατά τις δύο διευθύνσεις Χ και Υ

Γενικά είναι καλύτερο να υπάρχουν τοιχώματα στην περίμετρο της κάτοψης, παρά στο μέσον, γιατί έτσι αυξάνεται η αντίσταση του κτηρίου σε στρέψη. (Πήγη: Μπάρκας, 2000 ; Πενέλης,2007 ; Μανίκας,2018).

3.6. Εύκαμπτο Ισόγειο (Pilotis)

Εύκαμπτο ισόγειο (Pilotis) ή αλλιώς μαλακός όροφος (σε σχέση με τους υπερκείμενους) εννοούμε τον όροφο ενός πολυώροφου κτιρίου που έχει δημιουργηθεί πάνω απ' την στάθμη θεμελίωσης. Έχει θεσπιστεί από δεκαετίες σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες και θεωρείται, από αρχιτεκτονική σκοπιά, θετικό μέτρο, αφού αυξάνει τους κοινόχρηστους χώρους. Όμως η Ελλάδα είναι μια χώρα μεγάλης σεισμικότητας και η πιλοτή δημιούργησε αρκετά προβλήματα, κυρίως γιατί οι αρμόδιοι επί 14 χρόνια δεν είχαν περιλάβει το θέμα αυτό στις διατάξεις του τότε ισχύοντα αντισεισμικού κανονισμού. Με άλλα λόγια, οι πιλοτές που έχουν κατασκευαστεί μέχρι και το 1985 δεν έχουν μελετηθεί για την αντισεισμική τους συμπεριφορά. Το πρόβλημα ήρθε στην επιφάνεια από το σεισμό της 7ης Σεπτεμβρίου 1999, οπότε μόνον στην περιοχή Αδάμες της Κηφισιάς είχαμε επτά οικοδομές «κόκκινες», που τελικά κατεδαφίστηκαν, με σοβαρές ζημιές που προήλθαν από την ύπαρξη και μόνον πιλοτής. Η διαφορά που δημιουργείται στην ακαμψία ανάμεσα στην πιλοτή και τους άλλους ορόφους δημιουργείται από την τοιχοποιία που υπάρχει στα υπερκείμενα διαμερίσματα. Αυτό έχει ως συνέπεια την αλλοίωση της καθ' ύψος κατανομής των σεισμικών δυνάμεων καθώς και συγκέντρωση μεγάλων ανελαστικών παραμορφώσεων στη στάθμη του γόνατος, δηλαδή στα άκρα των υποστηλωμάτων του ισόγειου, ενώ οι υπόλοιποι όροφοι συμπεριφέρονται (περίπου) σαν στερεά σώματα. Για το λόγο αυτό ο Ε.Α.Κ. αναφέρει σε ξεχωριστή παράγραφο τις προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται για την αποφυγή σχηματισμού μηχανισμού. Το σύνολο των πλαστικών παραμορφώσεων συγκεντρώνεται στα άκρα των υποστηλωμάτων του μαλακού ορόφου, στην αντίθετη όμως περίπτωση οι πλαστικές

παραμορφώσεις κατανέμονται σε όλους τους ορόφους. Επομένως είναι ξεκάθαρο ότι στην περίπτωση του μαλακού ορόφου οι απαιτούμενες πλαστικές στροφές στα άκρα των υποστηλωμάτων, ώστε να επιτευχθεί ίδια μέση ολική παραμόρφωση του κτιρίου, είναι πολύ μεγάλες. Οι ανάλογα αυξημένες απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας δεν είναι εν δυνάμει δυνατόν να επιτευχθούν σε πολυώροφα κτίρια. (Πήγη: Μπάρκας, 2000 ; Μανίκας, 2018).



Εικόνα 3.2. Εύκαμπτο Ισόγειο (Pilotis)
(Πηγή www.oasp.gr)

3.7. Ύψος Κτιρίου- Θέση Κτιρίου

Το συνολικό γεωμετρικό ύψος H αποτελεί ανεξάρτητο από τη μορφή της τομής παράγοντα και δεν πρέπει να είναι υπερβολικά μεγάλο σε σχέση προς το ελάχιστο πλάτος L της κατόψεως. Για μεγάλες τιμές του πηλίκου H / L τα μη γραμμικά φαινόμενα δευτέρας τάξεως είναι πιο έντονα, οι αξονικές ταλαντώσεις των στύλων και οι αδρανειακές ροπές με οριζόντιο άξονα των πατωμάτων είναι σημαντικές. Έτσι λοιπόν, για την αποφυγή των επιρροών αυτών που είναι πολύ δύσκολο να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό, είναι σκόπιμο να τηρείται η σχέση: $H / L \leq 3, 4$. Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας στη συμπεριφορά του σε σεισμό, είναι η θέση του κτιρίου στο οικοδομικό τετράγωνο. Οι γωνιακές οικοδομές είναι περισσότερο ευαίσθητες στον σεισμό απ' ό,τι οι ελεύθερες. Ως αιτία της μεγαλύτερης τρωτότητας των γωνιακών κτιρίων θα πρέπει να θεωρηθούν τα εξής: α) Η ασυμμετρία ακαμψίας στην κάτοψη λόγω μη υπάρξεως τοιχοποιιών στις δύο πλευρές του ισογείου όπου συνήθως στεγάζονται καταστήματα, β) Η μεταφορά κινητικής ενέργειας στις ακραίες οικοδομές του οικοδομικού τετραγώνου (γωνιακές) κατά την κρουστική αλληλεπίδραση των κτιρίων μεταξύ τους, η οποία προκαλεί σημαντική αύξηση των αδρανειακών δυνάμεων σε αυτές. (Μπάρκας, 2000 ; Μανίκας, 2018).

3.8. Προσθήκες- Επεμβάσεις Κτιρίων

Ένας ακόμη παράγοντας που παίζει καθοριστικό ρόλο στην συμπεριφορά του σε σεισμό είναι οι προσθήκες και οι επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια. Διακρίνουμε δυο είδη προσθήκης, την προσθήκη καθ' ύψος όπου έχουμε την προσθήκη ενός ή περισσότερων ορόφων εντός του

περιγράμματος της κάλυψης του κτιρίου και την προσθήκη κατ' επέκταση όπου ουσιαστικά κατασκευάζουμε ένα νέο κτίριο σε "πλάγια" επαφή με το υφιστάμενο. Υπάρχει επίσης και η περίπτωση να έχουμε και τα δυο είδη ταυτόχρονα όπως π.χ. επέκταση ισόγειου και προσθήκη ενός ορόφου. Προσθήκη επίσης μπορεί να θεωρηθεί και η κατασκευή στοιχείων εξωτερικά του κτιρίου όπως η προσθήκη μιας ασκεπής ξύλινης πέργκολας ή μιας στέγης ή πχ η προσθήκη ενός ανελκυστήρα σε ένα υφιστάμενο κτίριο στο οποίο δεν προβλεπόταν στην οικοδομική του άδεια. Το σημαντικότερο που θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν σε μια προσθήκη καθ' ύψος (προσθήκη ενός ή περισσότερων ορόφων) είναι η στατική επάρκεια του υφιστάμενου κτιρίου. Χρειάζεται να δούμε αν η στατική και αντισεισμική μελέτη του κτιρίου προβλέπει την μελλοντική προσθήκη ορόφων που επιθυμούμε και επίσης να δούμε με ποιον κανονισμό έχουν γίνει οι μελέτες. Όσο πιο παλιό είναι το υφιστάμενο κτίριο, τόσο πιο παλιός είναι και ο κανονισμός με τον οποίο έγινε η μελέτη και συνεπώς δεν περιλαμβάνει την τεχνολογία και τις προδιαγραφές των σημερινών κανονισμών που ισχύουν και που είναι ανώτεροι από τους προγενέστερους ως προς την ασφάλεια του δομήματος. Στην περίπτωση όμως που στην οικοδομική άδεια προβλέπεται η μελλοντική προσθήκη ενός ή περισσότερων ορόφων, τους οποίους δεν υπερβαίνουμε, και εφόσον το κτίριο δεν παρουσιάζει σημαντικές φθορές, τότε δεν υπάρχει υποχρέωση για έλεγχο της στατικής επάρκειας. Εκτός όμως απ' τις προσθήκες ένα ακόμη σύνθημα πρόβλημα είναι η επέμβαση στα κτίρια. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που έχουν πέσει εσωτερικοί τοίχοι για να μεγαλώσει ένα σαλόνι, έχουν ανοίξει νέα παράθυρα ή έχουν δημιουργηθεί νέα μπάνια. Κυρίως είναι εργασίες που κατά κανόνα γίνονται χωρίς μελέτη, χωρίς την αίσθηση ότι αδυνατίζουν τη στατική ικανότητα, όχι μόνον του διαμερίσματος, αλλά ολόκληρου του κτιρίου. Ιδιαίτερη προσοχή θέλει η μετατροπή των παλιών ισόγειων διαμερισμάτων σε επαγγελματικούς χώρους, με βιτρίνες και άλλα μεγάλα ανοίγματα. (Πήγη: Μπάρκας, 2000 ; Μανίκας, 2018).

Επεμβάσεις στο φέροντα οργανισμό του κτηρίου



Εικόνα 3.2. Επεμβάσεις - Προσθήκες

(Πηγή: <http://5a.arch.ntua.gr/project/12918/13454>)

Επεμβάσεις στο φέροντα οργανισμό του κτηρίου

Προσθήκη στον όροφο από οπλισμένο σκυρόδεμα και πλήρωση από οπτόπλινθους.



Κατασκευή πλακών σπό Ο.Σ. στο επίπεδο του πατώματος και του δώματος, οι οποίες διαπερνούν την λιθοδομή και εδράζονται σε εξωτερικό φέροντα οργανισμό (υποστυλώματα και δοκούς) από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η υπάρχουσα λιθοδομή λειτουργεί κυρίως ως πλήρωση.



Εικόνα 3.3. Επεμβάσεις - Προσθήκες
(Πηγή: <http://5a.arch.ntua.gr/project/12918/13454>)

Κεφάλαιο 4.

Είδη βλαβών στις δομικές Κατασκευές της Περιοχής του Λουτρακίου

4.1. Σύνηθες τύποι βλαβών

Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα που βρίσκεται σε μια έντονη σεισμική περιοχή, τα κτίρια καλούνται να δοκιμαστούν για τα φορτία (σεισμικά) που έχουν σχεδιαστεί. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η ύπαρξη βλαβών στις κατασκευές δεν μπορεί να αποφευχθεί. Στην περιοχή του Λουτρακίου μετά απ' τον σεισμό του 1981 παρατηρήθηκαν στα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα οι σύνηθες τύποι βλαβών που βλέπουμε στα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Σκοτώθηκαν 20 άνθρωποι και τραυματίστηκαν δεκάδες. Περίπου 85.000 κτίρια υπέστησαν βλάβες (22554 κτίρια μη επισκευάσιμα). Παρατηρήθηκαν σε διάφορα μέρη φαινόμενα ρευστοποίησης, καταρρεύσεις βράχων καθώς και ασθενές θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. Κατά μήκος των νοτίων ακτών του κόλπου (περιοχή Περαχώρας) εντοπίστηκε μετά τον κύριο σεισμό επιφανειακή εκδήλωση του σεισμογόνου ρήγματος, μήκους 15km. Μετά τον μετασεισμό της 4ης Μαρτίου παρατηρήθηκε επιφανειακή εκδήλωση του σεισμογόνου ρήγματος κοντά στις βορειοανατολικές ακτές του κόλπου, μήκους 15km και μέσης πτώσης κατά 60cm. Ο σεισμός των Αλκυονίδων ήταν ο σεισμός που άλλαξε για πρώτη φορά τον απαρχαιωμένο αντισεισμικό κανονισμό οικοδομικών έργων που ίσχυε από το 1959. Το τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδος, εξέδωσε προσωρινές οδηγίες για την αντιμετώπιση βασικών αδυναμιών που αξιοποιήθηκαν στον Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό του 1985 και ενισχύθηκαν μετά και τον σεισμό στην Πάρνηθα το 1999. Για τα διάφορα δομικά στοιχεία υπάρχει μια ταξινόμηση των βλαβών. Η ταξινόμηση αυτή περιλαμβάνει α) τους τυπικούς βαθμούς βλάβης, που αναφέρονται σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία και συνδέονται άμεσα με εναπομένουσες αντοχές και διαθέσιμα περιθώρια ασφαλείας αυτών των βλαμμένων στοιχείων και β) τον χαρακτήρα των βλαβών, που αναφέρεται στην κατασκευή ως σύνολο και συνδέεται με την ασφάλεια της κατασκευής, την λήψη αποφάσεων (επιλογή μέτρων) και τον βαθμό επείγοντος λήψεως μέτρων και επεμβάσεων. Μετά από έναν ισχυρό σεισμό, οι βλάβες στα υποστυλώματα μιας κατασκευής είναι από τις πιο συχνές και συγχρόνως από τις πιο σοβαρές. Ο ρόλος τους μέσα στην κατασκευή είναι ιδιαίτερα σημαντικός και αποτελούν κύρια παράμετρο για την ασφάλειά της. Έτσι τυχόν αστοχία τους μπορεί να οδηγήσει σε τμηματική ή ολική κατάρρευση του δομήματος.

(Drakopoulos et al, 2010; <https://www.oasp.gr/node/618> ; <https://www.inewsgsr.com/96/san-simera---seismos-stis-alkyonides.htm>).

4.2. Βλάβες κτιρίων κατά τη θεμελίωση

Η γενική εικόνα του εδάφους του Λουτρακίου χαρακτηρίζεται ως μαλακό και συμπιέσιμο και αυτό μας το έχουν δείξει γεωτρήσεις που έχουν γίνει στην ευρύτερη περιοχή, οι οποίες μας αποκαλύπτουν ότι μέχρι 20 μέτρα βάθος υπάρχει άμμος χαλίκια και άργιλοι. Στα μεγαλύτερα βάθη το ποσοστό των αργίλων μειώνεται. Οι δοκιμές διεξήχθησαν μόνο μέχρι το βάθος αυτό από τις εταιρείες για σκοπούς κατασκευής κτιρίων. Φαίνεται ότι γενικά οι περιοχές στις οποίες επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες, με βάση τη λιθολογία και τη γεωμορφολογία είναι λίγες και βρίσκονται μάλιστα είτε σε ορεινές περιοχές, ή σε προστατευόμενες και γενικά εκτός των θεσμοθετημένων και πολεοδομούμενων ζωνών. Το μεγαλύτερο μέρος του Δήμου εμπίπτει στην κατηγορία των «μέτριων» συνθηκών, γεγονός όχι απαγορευτικό, αλλά που τονίζει την αναγκαιότητα λήψης μέτρων προστασίας που θα προσαρμόζονται ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περιοχής. Φαινόμενα αστοχιών φυσικών και τεχνητών πρανών εντοπίζονται κυρίως στις νοτιοδυτικές και βόρειες υπώρειες των Γερανείων, αποτέλεσμα των τοπικών λιθολογικών συνθηκών, της καταπόνησης της βραχομάζας λόγω τεκτονισμού, των αυξημένων μορφολογικών κλίσεων, των βροχοπτώσεων και των σεισμικών γεγονότων. Τέλος, οι περιοχές που εμπίπτουν στην κατηγορία των «δυσμενέστερων συνθηκών» είναι αυτές που συνήθως ταυτίζονται με μεγάλες τιμές μορφολογικών κλίσεων, είτε στις υπώρειες ή εντός των ορεινών όγκων και συνήθως σχετίζονται είτε με την παρουσία σημαντικών ενεργών ρηγμάτων ή ιδιαίτερα αρνητικές λιθολογικές συνθήκες. Πολλές απ' αυτές τις μελέτες πραγματοποιήθηκαν μετά απ' τους μεγάλους και καταστροφικούς σεισμούς και έτσι μπορούμε να καταλάβουμε γιατί σε κάποιες περιοχές οι αστοχίες ήταν στην θεμελίωση. Επομένως, Τα προβλήματα λοιπόν αυτά του υπεδάφους ή των θεμελίων θεωρούνται πολύ σοβαρά και επικίνδυνα για την ασφάλεια της κατασκευής. (Drakopoulos et al, 2010 ; Χασάπης & Χριστάκη, 2000 ; Γιαννόπουλος & Γιαννόπουλος Π).

4.3. Βλάβες κτιρίων κατά τη ανωδομή

Όταν αναφερόμαστε στην ανωδομή ενός κτιρίου εννοούμε τον φέροντα οργανισμό, τον οργανισμό πλήρωσης και από τις δευτερεύουσες κατασκευές. Είναι όλα εκείνα τα πιθανά προβλήματα που μπορούν να προκύψουν σε μια κατασκευή και δεν αφορούν τη διαδικασία της θεμελίωσης. Συνήθως η ανωδομή είναι το τμήμα των κατασκευών που δέχονται τις μεγαλύτερες πιέσεις και συνεπώς τις μεγαλύτερες βλάβες λόγω των σεισμών. Ο φέροντας οργανισμός του κτιρίου περιλαμβάνει τα υποστυλώματα, τους δοκούς, τα τοιχώματα και τις πλάκες. Οι βλάβες στον οργανισμό πλήρωσης αναφέρονται κυρίως σε τρεις κατηγορίες α) Ελαφρές βλάβες: απλή ρηγμάτωση ή αποκολλήσεις –αποσυνδέσεις οργανισμού πλήρωσης και σκελετού, β) σοβαρές βλάβες: έντονη ρηγμάτωση, ρωγμές διαγώνιες ή χιαστί και γ) βαριές βλάβες: θλιπτοδιατμητική θραύση, μεγάλες (~ 10 mm) και ανοικτές ρωγμές, διαγώνιες ή χιαστί, σπάσιμο τούβλων, θραύση των διαζωμάτων, αποκλίσεις. Τέλος οι δευτερεύουσες κατασκευές αναφέρονται κυρίως σε κατασκευές όπως υαλοστάσια, καμινάδες, πατάρια και δεν μας αφορούν τόσο διότι οι συγκεκριμένες βλάβες δεν επηρεάζουν καθόλου την στατικότητα ενός κτιρίου. (Πηγή: Χασάπης & Χριστάκη, 2000 ; Γιαννόπουλος και συνεργ. 2019).

Κεφάλαιο 5.

Επισκευές Βλαβών λόγω Σεισμού- Μέθοδοι Πρόληψης

51 . Μέθοδοι Επισκευών

Επισκευή είναι η επαναφορά του δομικού στοιχείου που έχει υποστεί βλάβη. Σε περιπτώσεις εκτεταμένων ή σοβαρών βλαβών είναι φρόνιμο η επέμβαση να περιλαμβάνει και ενίσχυση της κατασκευής, ενώ σε περιορισμένες ή μικρές βλάβες αρκεί η επισκευή. Ενίσχυση εννοούμε το σύνολο των μέτρων αναβάθμισης των μηχανικών χαρακτηριστικών (αντοχή, δυσκαμψία, πλαστιμότητα κλπ.) δομικού στοιχείου ή κτίσματος μέχρι ενός επιθυμητού ή απαιτητού επιπέδου (π.χ. έναντι των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού και επιβάλλουν οι ισχύοντες κανονισμοί). Επέμβαση σε δομικό στοιχείο, είναι ακόμα ένας πολύ συχνός όρος που χρησιμοποιείται και κυρίως αναφέρεται σε οποιαδήποτε απ' τις δύο παραπάνω εργασίες. Παρακάτω θα αναλύσουμε τους τρόπους επισκευής των βλαβών που έχει υποστεί κάποιο κτίριο από σεισμό. (Πηγή: Ροβήλος, 2004; Ζαφειράκης).

5.1.1 Επισκευή ενίσχυση υποστηλωμάτων

Για να επισκευάσουμε ένα υποστυλώμα πρέπει πρώτα να δούμε αν οι βλάβες είναι ελαφριές ή πιο σοβαρές. Συνήθως στις περιπτώσεις που οι βλάβες είναι ελαφριές οι επισκευές γίνονται με επισκευαστικά κονιάματα ή με κόλλες. Οι κόλλες χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις ρηγματώσεων και τα επισκευαστικά κονιάματα στις περιπτώσεις επιφανειακών αποφλοιώσεων πάχους (ρητινοκονιάματα για αποφλοιώσεις μικρού πάχους, ενώ για μεγαλύτερου πάχους αποδιοργάνωση χρησιμοποιούνται μη συρρικνούμενα κονιάματα με βάση το τσιμέντο). Όταν οι βλάβες είναι σοβαρές (αποδιοργάνωση του σκυροδέματος- διάρρηξη που πιθανόν να ακολουθείται από άνοιγμα των συνδετήρων και λυγισμό των διαμήκων ράβδων). Συνήθως μετά από επισκευή σοβαρής βλάβης υποστυλώματος ακολουθεί η ενίσχυση. Ανάλογα με την αύξηση ή όχι της διατομής διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ενισχύσεων α) ενεργή περίσφηση του στοιχείου (όχι αύξηση της διατομής) και β) με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος γύρω από το αρχικό στοιχείο (αύξηση της διατομής). Ενίσχυση υποστυλωμάτων με περισφίξη επιλέγεται ως κατάλληλη διαδικασία όταν α) απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος β) απαιτείται αύξηση της διατμητικής αντοχής του υποστυλώματος γ) αύξηση της θληπτικής αντοχής του σκυροδέματος μέχρι 30% είναι επαρκής και δ) υπάρχει κίνδυνος αστοχίας της συνάφειας των κατακόρυφων οπλισμών στην περιοχή υπερκάλυψής τους. Η δεύτερη μέθοδος, η ενίσχυση με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις υποστηλωμάτων με σοβαρές βλάβες ή έντονης ανεπάρκειας αντοχής, η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος αύξησης της αντοχής δυσκαμψίας και πλαστιμότητας. Με την χρήση αυτής της μεθόδου έχουν αυξηθεί η διατομή των υποστηλωμάτων με νέο σκυρόδεμα και νέους διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς περιμετρικά του αρχικού υποστυλώματος. Οι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες α) από έγχυτο σκυρόδεμα (μανδύες μεγάλου πάχους $d > 80\text{mm}$ και απαιτείται ξυλότυπος), β) από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (για $d < 100\text{mm}$, δεν απαιτείται η χρήση ξυλότυπου) και γ) από ειδικά σκυροδέματα ή

τσιμεντοκονιάματα (Πολύ μεγάλο κόστος και χρησιμοποιείται κυρίως όπου υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις). (Πηγή: Ροβήλος, 2004).



Εικόνα 4.1. Επισκευή και ενίσχυση υποστυλώματος.
(Πηγή: eclasteicrete.gr)

5.1.2 Επισκευή Ενίσχυση Δοκών

Οι βλάβες επικεντρώνονται κατά κανόνα στην περιοχή του κόμβου δοκού και υποστυλώματος. Επομένως, σε αυτές τις περιπτώσεις η επέμβαση στις βλαμμένες δοκούς αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου σχεδίου επεμβάσεων που μπορεί να περιλαμβάνει τους κόμβους καθώς και τα κατακόρυφα στοιχεία που συντρέχουν σε αυτούς. Η επέμβαση περιλαμβάνει την επισκευή των υφιστάμενων βλαβών, όπου αυτές υπάρχουν, επιπλέον την ενίσχυση της δοκού(περαιτέρω βελτίωση των ιδιοτήτων της). Στόχος η αποκατάσταση των χαρακτηριστικών που είχε πριν υποστεί τις βλάβες όσον αφορά τόσο στην αντοχή όσο και στη δυσκαμψία της. Η επιλογή της μεθόδου επισκευής εξαρτάται από το βαθμό της βλάβης που έχει υποστεί η δοκός. Στην περίπτωση ελαφριάς βλάβης, η επισκευή της δοκού γίνεται με συγκόλληση των ρωγμών με εποξική ρητίνη. Αν η δοκός έχει υποστεί τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση, η διαδικασία που υιοθετείται για την επισκευή της περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα: α) Υποστύλωση της δοκού, β) Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος, γ) Τοποθέτηση στην εξωτερική παρειά της δοκού ελαφρού δομικού πλέγματος, δ) Διάστρωση εκτοξευόμενου ή έγχυτου σκυροδέματος. Αρκετά συχνά επιλέγεται η ταυτόχρονη ενίσχυση της δοκού με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. Πριν την κατασκευή του μανδύα απαιτείται α) θραύση της πλάκας στην περιοχή που θα τοποθετηθεί ο μανδύας β)εκτράχυνση της εξωτερικής επιφάνειας της δοκού που θα συνδεθεί με αυτόν. Στη συνέχεια τοποθετούνται διαμήκης οπλισμοί και συνδετήρες. Για την κατασκευή του μανδύα χρησιμοποιείται έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Σε περιπτώσεις που έχουμε πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τμήματος της δοκού που συνοδεύεται από βλάβες τόσο του διαμήκους, όσο και του εγκάρσιου οπλισμού, η τεχνική που εφαρμόζεται η καθαίρεση και αποκατάσταση ίσης διατομής: α)Υποστύλωση της δοκού β) Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος σε ολόκληρο το βλαμμένο τμήμα της δοκού και προσεκτικός καθαρισμός της εναπομένουσας διατομής γ)Έλεγχος του υπάρχοντος διαμήκους οπλισμού και ενίσχυση αυτού

αν απαιτείται με ηλεκτροσυγκόλληση νέων ράβδων δ) Απομάκρυνση των διαρρηγμένων και τοποθέτηση νέων πυκνών συνδετήρων δ) Διαμόρφωση των παρειών του παλαιού σκυροδέματος ε) Τοποθέτηση ξυλότυπου στ) Σκυροδέτηση του καθαιρεθέντος τμήματος με έγχυτο σκυρόδεμα ή διάστρωση εγκιβωτισμένου σκυροδέματος (pre-packed concrete).



Εικόνα 4.2. Επισκευή και ενίσχυση δοκού.

(Πηγή: <https://pithos.okeanos.grnet.gr/public/h3iXTRDlmrLuVrEVWlpfD4>).

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ενίσχυσης μίας δοκού εξαρτάται άμεσα από τον επιδιωκόμενο στόχο. Ένας συνήθης λόγος ενίσχυσης είναι η αύξηση των φορτίων που καλείται να παραλάβει η υπόψη δοκός λόγω αλλαγής χρήσης του κτιρίου. Οι μέθοδοι ενίσχυσης μια δοκού είναι οι παρακάτω:

- Ενίσχυση σε Κάμψη με Πρόσθετες Στρώσεις Σκυροδέματος
- Ενίσχυση με Προσθήκη Νέων Μεταλλικών Μελών
- Ενίσχυση με Μείωση του Ανοίγματος της Δοκού
- Ενίσχυση με Προσθήκη Κοχλιωμένου Εφελκυσμένου Οπλισμού
- Ενίσχυση με Προσθήκη Επικολητών Χαλύβδινων Ελασμάτων
- Ενίσχυση Δοκών σε Διάτμηση
- Ενίσχυση Δοκών με Μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος.

(Πηγή: eclass.hmu.gr).

5.1.3 Επισκευή Ενίσχυση Τοιχωμάτων

Τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στις κατασκευές, σαν κύριο μέσο αντίστασης έναντι του σεισμού, αλλά και των φορτίων του ανέμου. Τα τοιχώματα συνεργάζονται με το πλαίσιακό σύστημα δοκών –υποστυλωμάτων (δυαδικό σύστημα), καθώς η αξονική δυσκαμψία των πατωμάτων επιβάλλει κοινές οριζόντιες μετακινήσεις στο σύστημα στις στάθμες των ορόφων. Για να επισκευαστούν κατάλληλα τα τοιχώματα μιας κατασκευής θα πρέπει να κρίνουμε με βάση τις βλάβες από σεισμό που έχουν προκύψει. Α) Στην περίπτωση μιας απλής ρηγμάτωσης γίνεται συγκόλληση με εποξειδική

ρητίνη, τις περισσότερες φορές όμως δεν είναι αρκετό και συνιστάται η ενίσχυση του τοιχώματος και στην β) περίπτωση της αποδιοργάνωση του σκυροδέματος ακολουθούνται οι παρακάτω εργασίες έτσι ώστε να επισκευαστεί η βλάβη, α) Υποστύλωση- Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος ,όσο είναι δυνατή, β) Αντικατάσταση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος όπου έχει καθαιρεθεί, με έγχυτο σκυρόδεμα ή με έτοιμο κονίαμα γ) Τοποθέτηση στρώσεων σύνθετου υλικού στις δύο παρειές του στοιχείου. Για την ενίσχυση των τοιχωμάτων μπορούν να εφαρμοστούν οι τεχνικές που εφαρμόζονται και στα υποστυλώματα, δηλαδή η τεχνική της περίσφιγξης και η τεχνική των μανδύων Ο.Σ. με κατάλληλες αναπροσαρμογές. Η πρώτη τεχνική είναι η περίσφιξη των τοιχωμάτων, αλλά ο μεγάλος λόγος πλευρών τους δεν επιτρέπει αξιόλογη απόδοση της περίσφιγξης και για αυτό το λόγο δεν συνιστάται. Από όλες τις εφικτές διαδικασίες της τεχνικής θα μπορούσαμε να ξεχωρίσουμε αυτή του μεταλλικού κλωβού η οποία μπορεί να φανεί χρήσιμη για τους εξής λόγους:

i Η μικρή απόδοση της περίσφιγξης μπορεί να αυξηθεί με την παρεμβολή διαμπερών μεταλλικών συνδέσμων σχήματος Z ή Π , που ηλεκτρο-συγκολλούνται στα απέναντι μεταλλικά ελάσματα των κλωβών. Η απόσταση των μεταλλικών συνδέσμων είναι της τάξης των 300 mm και το κενό των οπών ,μεταξύ των συνδέσμων και των τοιχωμάτων , συμπληρώνεται με εποξειδική ρητίνη.

ii Η τεχνική προσφέρει στην ανάληψη τεμνουσών δυνάμεων.

iii Η τεχνική εξακολουθεί να αποτελεί αποτελεσματική λύση προσωρινής άμεσης ανάληψης κατακόρυφων φορτίων σε τοιχώματα, που λόγω της σοβαρής βλάβης τους αδυνατούν να μεταφέρουν τα αξονικά τους φορτία.

Ένας άλλος τρόπος ενίσχυσης τοιχωμάτων είναι εκείνος της ενίσχυσης με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος. Η τεχνική των μανδύων είναι η περισσότερο διαδεδομένη και πιο αποτελεσματική για την ενίσχυση των τοιχωμάτων. Όμως λόγω του μεγάλου μήκους της μιας διάστασης , συχνά ο μανδύας δεν έχει κλειστή μορφή και ουσιαστικά πρόκειται για μονόπλευρη ή δίπλευρη αύξηση του πάχους του τοιχώματος ή για ενίσχυση των άκρων τους. Η προτιμότερη μορφή μανδύα είναι αυτή που ο μανδύας περιβάλλει το παλιό τοίχωμα , γιατί έτσι μπορούν να ικανοποιηθούν οι περισσότερες από τις απαιτήσεις των σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών. Η εφαρμογή της τεχνικής για την προετοιμασία της επιφάνειας και την τοποθέτηση των νέων οπλισμών είναι ακριβώς ίδια με αυτήν των υποστυλωμάτων. Επίσης το νέο σκυρόδεμα μπορεί να είναι είτε έγχυτο, είτε εκτοξευόμενο. Τέλος, να επισημανθεί πως στην ενίσχυση τοιχωμάτων θα πρέπει η αντοχή σκυροδέματος του μανδύα να είναι μεγαλύτερη κατά μια κατηγορία από αυτή του αρχικού τοιχώματος καθώς και σε μονόπλευρους μανδύες είναι προτιμότερο να τοποθετούνται δίδυμα βλήτρα μορφής Π. Σε αμφίπλευρους μανδύες τα βλήτρα πρέπει να είναι διαμπερή και να μορφώνονται σε σχήμα Z. Οι αποστάσεις μεταξύ των βλήτρων πρέπει να είναι το πολύ έως 60 cm και στις δύο διευθύνσεις. (Παπαστεργίου & Σπυροπούλου, 2000).



Εικόνα 4.3. Επισκευή και ενίσχυση τοιχώματος
(Πηγή: http://www.episkeves2.civil.upatras.gr/?page_id=1026).



Εικόνα 4.4. Επισκευή και ενίσχυση τοιχώματος

5.1.4 Επισκευή Ενίσχυση Πλακών

Για να επισκευαστεί μια βλάβη σε πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα παίζει ρόλο εάν η βλάβη είναι ελαφριάς μορφής ή σοβαρή. Συνήθως σε ελαφριές βλάβες χρησιμοποιούνται επισκευαστικά κονιάματα ή ενέσεις κόλλας, αυτές οι λύσεις φυσικά δεν βρίσκουν εφαρμογή όταν έχουμε να αντιμετωπίσουμε βαριές βλάβες και έτσι χρειάζεται να γίνει τεχνική αποκατάσταση ίσης διατομής. Στην περίπτωση που κριθεί απαραίτητο γίνεται και η ενίσχυση τους για καλύτερο αποτέλεσμα. Η τεχνική που εφαρμόζεται συχνά για ισχυρές ενισχύσεις πλακών στο εφελκυσμένο πέλμα, αλλά και κάποιες φορές στο θλιβόμενο πέλμα είναι η καμπτική ενίσχυση με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος.



Εικόνα 4.5. Επισκευή και ενίσχυση πλάκας.
(Πηγή: library.tee.gr)

Για να πετύχουμε συνεργασία μεταξύ της παλαιάς και της νέας πλάκας, εκτός από τη σύνδεση με εποξειδική ρητίνη, θα συνδέσουμε το παλαιό με τον νέο οπλισμό με συνδετήριες ράβδους καθέτως προς τις επιφάνειες των πλακών σε κατάλληλες θέσεις. Μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η καμπτική ενίσχυση με επικολλητά φύλλα από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή. Έτσι επιτυγχάνεται η αύξηση της καμπτικής αντοχής και επιπλέον σημαντική αύξηση της καμπτικής ακαμψίας και μείωση των παραμορφώσεων και της αναμενόμενης ρηγμάτωσης. (Πηγή: Ροβήλος, 2004).

5.1.5 Επισκευή Ενίσχυση Προβόλων

Ένας πρόβολος, από οπλισμένο σκυρόδεμα, από την αρχή της κατασκευής του παρουσιάζει ένα βέλος κάμψης το οποίο, όλο και αυξάνεται κατά την διάρκεια των ετών. Κατά την κατασκευή του, όταν αρχικά θα ξεκαλουπωθεί, πριν την ρηγμάτωση του, το σκυρόδεμα συμπεριφέρεται σαν ελαστικό ομοιογενές υλικό και παρουσιάζει ένα ελαστικό βέλος κάμψης. Στην συνέχεια ακολουθεί η ρηγμάτωση του σκυροδέματος, όπου ο χάλυβας εντείνεται και παραλαμβάνει τάσεις και το βέλος κάμψης αυξάνεται. Σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ τα υπολογιζόμενα βέλη κάμψης προβόλων πρέπει να μην υπερβαίνουν για λόγους λειτουργικότητας το $2.4 \cdot l/250$, όπου l το ελεύθερο άνοιγμα προβόλου. Συνήθως οι επισκευές προβόλων γίνονται με τους παρακάτω τρόπους: α) Υποσύλωση της πλάκας του εξώστη τέτοια ώστε να αναιρείται ένα ποσοστό του βέλους κάμψης β) Εμποτισμός της ρωγμής με εποξειδική ρητίνη γ) Ενίσχυση του άνω πέλματος με αποκάλυψη του παλαιού οπλισμού και συγκόλληση νέου δ) Αγκύρωση του νέου οπλισμού στο συνεχόμενο άνοιγμα της πλάκας πέρα από το σημείο μηδενισμού των ροπών κάμψεων ε) Τοποθέτηση δομικού πλέγματος στ) Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους τουλάχιστον 3 cm. (Πηγή: Δρίτσος, 2005).



Εικόνα 4.6. Επισκευή και ενίσχυση προβόλου.
(Πηγή: http://www.episkeves2.civil.upatras.gr/?page_id=2299).

Κεφάλαιο 6.

Συμπεράσματα.

Συμπερασματικά λοιπόν, καταλήγουμε σίγουρα ότι το φαινόμενο σεισμός αποτελεί μια απ' την πιο βίαιη εχθερική απειλή. Είναι ένα απρόβλεπτο φαινόμενο που δημιουργεί επιπτώσεις τόσο στο δομημένο περιβάλλον αλλά και στο κοινωνικό. Ο μόνος τρόπος που θα μπορούσε να περιορίσει και να μειώσει αυτές τις επιπτώσεις είναι να ενισχύσουμε την αντισεισμική άμυνα της χώρας αλλά και να δωθεί ιδιαίτερη προσοχή στους κανονισμούς των περιοχών με έντονη σεισμική δραστηριότητα. Μελετώντας την περιοχή του Λουτρακίου ως μια αρκετά σεισμογενή περιοχή λόγω κυρίως των Αλκυωνίδων που μας δίνει αρκετά μεγάλους σεισμούς διαπιστώθηκε ότι όπως και στις περισσότερες περιοχές ανά την Ελλάδα έτσι και στην ευρύτερη περιοχή του Λουτρακίου οι σημαντικότερες βλάβες συμβαίνουν στο φέροντα οργανισμό της κατασκευής (π.χ θεμελίωση, ανωδομή), επομένως οι μελέτες για τον τρόπο κατασκευής θα πρέπει να γίνονται όσο το δυνατόν καλύτερα και με προσοχή στις γεωμορφολογικές ιδιομορφίες της κάθε περιοχής. Απ' τις βλάβες που συμβαίνουν συνήθως στα κτίρια παρατηρούμε επίσης την σημασία που έχει η διαστασιολόγηση των μελών της κατασκευής και οι λεπτομέρειες όπλισης έτσι ώστε στην περίπτωση ενός ισχυρού σεισμού τα μέλη και οι συνδέσεις να μπορούν να αναλάβουν μεγάλες παραμορφώσεις χωρίς να έχουμε ιδιαίτερη μείωση της αντοχής. Όπως συνηθίζεται να λέγεται ο καλύτερος επιβλέπων σε μια κατασκευή είναι ο σεισμός και αυτό γιατί μόνο έτσι μπορούμε να διαπιστώσουμε αν το κτίριο έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με την μελέτη. Ένας ισχυρός σεισμός θέτει σε δοκιμασία το σύνολο της κατασκευής, αυτό θα έχει ως συνέπεια λοιπόν να αποκαλυφθούν όλες οι αδυναμίες της που κυρίως οφείλονται σε ατέλειες του κανονισμού σχετικές με τα φορτία σχεδιασμού, σε σφάλματα υπολογισμού, σε κακή επιμέλεια κατασκευής ή ακόμη στη διαστασιολόγηση και όπλιση των δομικών στοιχείων. Επομένως, δεν είναι τυχαίο ότι μετά από κάθε ισχυρό σεισμό γίνονται βελτιώσεις ή ριζικές αλλαγές σε κανονισμούς ακόμη και αναθεώρηση σε μεθόδους υπολογισμού. Συγκεκριμένα για την πόλη του Λουτρακίου αυτό που μπορούμε να διαπιστώσουμε με βάση τα δεδομένα της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε είναι ότι στην περίπτωση που συμβεί ένας αρκετά ισχυρός σεισμός η πλειοψηφία των κτιρίων είναι μέσα στον σχεδιασμό του προσδόκιμου ζωής του μπετόν, δηλαδή τα πενήντα έτη. Υπάρχει φυσικά ενά ποσοστό που κυμαίνεται γύρω στο 15 % του συνολικού αριθμού των κτιρίων όπου η ηλικία τους ξεπερνά τα 55 χρόνια και κατασκευασμένα χωρίς αντισεισμικούς κανονισμούς με την έννοια που τους ξέρουμε σήμερα. Επομένως περιμένουμε αρκετές βλάβες στις κατασκευές που ξεπερνούν τα 60 έτη και ιδιαίτερη προσοχή χρήζουν τα κτίρια που βρίσκονται κοντά στην ηλικία των 50 με τις κατάλληλες εργασίες συντήρησης, έτσι ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν καλύτερα τα επόμενα χρόνια που θα αρχίζουν να γίνονται κρίσιμα και γι αυτά τα κτίρια δίοτι θα αρχίζουν να ξεπερνούν το προσδόκιμο ζωής τους.

Προτάσεις.

Ως βασική πρόταση για να έχουμε όσο το δυνατόν αντισεισμικές κατασκευές είναι να εφαρμόζονται οι κανονισμοί που ισχύουν στην εκάστοτε εποχή με σωστή διαστασιολόγηση. Επίσης να γίνεται σωστή επιλογή φέροντος οργανισμού καθώς επίσης και η σωστή ανάλυση της κατασκευής αυτής. Η γενικότερη εικόνα μιας περιοχής μπορεί να μας δώσει πολλά στοιχεία και πληροφορίες για το πως θα κινηθεί η μελέτη για μια νέα κατασκευή. Στην περιοχή μελέτης όπου είναι το Λουτράκι Κορινθίας, μπορούμε

να συμπεράνουμε ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή η γεωμορφολογική της εικόνα, μιας και είναι πλούσια, για την έναρξη νέων μελετών και εργασιών. Όταν αναφερόμαστε σε νέες μελέτες δεν σημαίνει αποκλειστικά οικιστικές μόνο, συμπεριλαμβάνονται όλες οι χρήσεις όπως οι ειδικές χρήσεις (π.χ χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων), ή όπως επίσης οι δημόσιες κατασκευές. Κλείνοντας θα ήθελα να τονίσω το πόσο σημαντικό είναι πριν προχωρήσουμε σε μια νέα μελέτη εφαρμογής να δώσουμε ιδιαίτερη βάση στην γεωμορφολογική εικόνα της περιοχής μελέτης, διότι μπορούμε να συμπαιράνουμε ότι ακόμα και σ' έναν μικρό Δήμο όπως αυτός του Λουτρακίου μπορούμε να βρούμε πολλά στοιχεία με ιδιαίτερο γεωεπιστημονικό ενδιαφέρον, που μπορούν να φανούν καθοριστικά για την εξέλιξη μιας μελέτης. Όλα τα παραπάνω θα βοηθήσουν έτσι να έχουμε βελτιωμένες κατασκευές με μικρότερες πιθανότητες δημιουργίας βλαβών και συνεπώς λιγότερες πιθανότητες απώλειας ανθρώπινης ζωής, που αποτελεί φυσικά και τον κυρίαρχο στόχο της αντισεισμικής πολιτικής. Επομένως, οι κατασκευές θα πρέπει να μελετώνται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται όσο το δυνατόν η ελαστική συμπεριφορά. Τέλος, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω οι ενέργειες συντήρησης σε κτίρια που κοντεύουν την ηλικία των 50 ετών, είναι απαραίτητες με αποτέλεσμα να μπορούν να συμπεριφερθούν όσο το δυνατόν καλύτερα σ' έναν μελλοντικό σεισμό.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Παπανικολάου Δ., Σιδέρης Χρ. (2007). Εκδόσεις Πατάκη τέταρτη εκτύπωση. Γεωλογία- Η επιστήμη της γης. Σελ.

Λέκκας Ε., Αντωνίου Β., Κρανής Χ., Γραμπά Α., Κοκορομύτης Α., (2010). Εφαρμοσμένο ερευνητικό πρόγραμμα με θέμα: Γεωλογική Έρευνα σε περιοχές με ιδιαίτερο γεωδυναμικό καθεστώς στα πλαίσια χωρροταξικού σχεδιασμού του Δήμου Λουτρακίου- Περαιχώρας.

Ροβήλος Α. (2004). Διάλεξη με θέμα: Προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια – Οδηγίες και μέθοδοι επισκευών του φέροντα οργανισμού κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία / Ιστοσελίδες

Ειρ, Ζανανίρι & Tsombos, Panagiotis & Photiades, Adonis & Chiotis, Eustathios. (2008). Η ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ. ΙΔΙΑΙΤΕΡΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΑΧΩΡΑ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ. THE GULF OF CORINTH AS AN INTERNATIONAL GEOLOGICAL LABORATORY. THE CASE OF PERACHORA PENINSULA.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Λουτρακίου –Περαιχώρας - Αγ. Θεοδώρων 2014-2019

<http://www.loutraki-agioitheodoroi.gr/wp-content/uploads/2015/06/%CE%95%CE%A0%CE%99%CE%A7%CE%95%CE%99%CE%A1%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%9F-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%9C%CE%91-%CE%94%CE%97%CE%9C%CE%9F%CE%A5-%CE%9B%CE%9F%CE%A5%CE%A4%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%99%CE%9F%CE%A5.pdf>

Λέκκας Ε., Λόζιος Σ., Κρανής Χ., Χολέβας Κ., Μαυρογόνatos Ε., Μπακοπούλου Α.(2001). Συμβολή στον αντισεισμικό σχεδιασμό του Δήμου Λουτρακίου

http://library.tee.gr/digital/m1851_1900/m1860/m1860_lekkas1.pdf

Bernard, Pascal & Lyon-Caen, H. & Briole, P. & Deschamps, Anne & Pitilakis, Kyriazis & Manakou, M. & Boudin, F. & Berge, C. & Makropoulos, Kostas & Diagourtas, Dimitris & Papadimitriou, P. & Lemeille, F. & Patau, Genevieve & Billiris, H. & Castarede, H. & Charade, O. & Nercessian, Alexandre & Avallone, Antonio & Zahradnik, Jiri & Linde, A.. (2006). Seismicity, deformation and seismic hazard in the western rift of Corinth: New insights from the Corinth Rift Laboratory (CRL).. Tectonophysics. 426. 7-30.

https://www.researchgate.net/publication/259496472_Seismicity_deformation_and_seismic_hazard_in_the_western_rift_of_Corinth_New_insights_from_the_Corinth_Rift_Laboratory_CRL

ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΣ Ο.Τ.Μ. Α.Ε.ΑΤΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ Α.Ε, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, Εκτίμηση Σεισμικής Επικινδυνότητας, 2014

http://ssi.civil.ntua.gr/wp-content/uploads/2016/02/Deliverable_2.1.pdf

Kokkalas, Sotirios & Pavlides, Spyros & Koukouvelas, Ioannis & A., Ganas & Stamatopoulos, Leonidas. (2007). Paleoseismicity of the Kaparelli fault (eastern Corinth Gulf): Evidence for earthquake recurrence and fault behavior. Bollettino- Societa Geologica Italiana. 126. 387-395.
https://pdfs.semanticscholar.org/95ed/b0b06227361cf8d3896987403e39cb8da0c2.pdf?_ga=2.142753845.1425136504.1575466269-677596053.1575466269

Tsapanos, Theodoros & G., Koravos & Zygouri, Vasiliki & M., Tsapanos & Kortsari, Anna & Kijko, Andrzej & Kalogirou, Eleni. (2011). Deterministic seismic hazard analysis for the city of Corinth-central Greece. Journal of the Balkan Geophysical Society. 14. 1-14.
https://pdfs.semanticscholar.org/43af/cff2da0ffd5680ef0e319105e6c88c784bdc.pdf?_ga=2.152184889.1425136504.1575466269-677596053.1575466269

Pantosti, D. & Vulcanologia, Istituto & Roma, Sezione & Roma, & Italia, & D'Addezio, & De Martini, Paolo Marco & Masana, Eulàlia & Dinàmica, Departament & Paleontologia, Geofísica & Barcelona, & Spain, & Sakellariou, Dimitris & Research, National & Kosmas, Agios & Hellenikon, & Athens, & Greece,. (1998). Paleoseismicity of the 1981 Corinth earthquake fault: Seismic contribution to extensional strain in central Greece and implications for seismic hazard. 10.1029/98JB02643.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/98JB02643>

Hatzfeld, Denis & Karakostas, Vassilios & Ziazia, Maria & Kassaras, Ioannis & Papadimitriou, Eleftheria & Makropoulos, Kostas & Voulgaris, Nikos & Papaioannou, Christos. (2000). Microseismicity and faulting geometry in the Gulf of Corinth (Greece). Geophysical Journal International. 141. 438-456.
https://www.researchgate.net/publication/258440768_Microseismicity_and_faulting_geometry_in_the_Gulf_of_Corinth_Greece

Jackson, J.A. & Gagnepain, J. & Houseman, Gregory & King, Geoffrey & Papadimitriou, P. & Soufleris, Ch & Virieux, Jean. (1982). Seismicity, normal faulting, and the geomorphological development of the Gulf of Corinth (Greece): the Corinth earthquakes of February and March 1981. Earth and Planetary Science Letters. 57. 377-397. 10.1016/0012-821X(82)90158-3.
http://www.geophysics.geol.uoa.gr/papers/ppa/1981_ppa_corinth.pdf

Georgios Maniatis (2006), Quantification of the Activity of Tectonic Fault Systems in the Region of the Gulf of Corinth (Greece). Ph.D. Thesis, Martin-Luther-University. Wittenberg
<https://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/06/06H039/prom.pdf> MANIATIS, G., 2006.

Latorre, Diana & Virieux, Jean & Monfret, Tony & Monteiller, Vadim & Vanorio, Tiziana & Jean-Luc, Got & Lyon-Caen, H.. (2004). A new seismic tomography of Aigion area (Gulf of Corinth, Greece) from the 1991 data set. Geophysical Journal International. 159. 1013 - 1031. 10.1111/j.1365-246X.2004.02412.x.
https://www.academia.edu/23426706/A_new_seismic_tomography_of_Aigion_area_Gulf_of_Corinth_Greece_from_the_1991_data_set

Παπανικολάου, Δημήτριος & Λόγος, Ε & Λόζιος, Σ & Σιδέρης, Χρήστος. (2020). Παρατηρήσεις στην κινηματική και δυναμική εξέλιξη των νεοτεκτονικών λεκανών της Ανατολικής Κορινθίας = Observations on the kinematic and dynamic evolution of neotectonic basins in Eastern Corinthia (Greece). Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας; Τόμ. 25, Αρ. 3 (1991); 177-191.
https://www.researchgate.net/publication/27226729_Paratereseis_sten_kinematike_kai_dynamike_exelixi_ton_neotektonikon_lekanon_tes_Anatolikes_Korinthias_Observations_on_the_kinematic_and_dynamic_evolution_of_neotectonic_basins_in_Eastern_Corinthia_Greece

Δημόπουλος Κ., Τίγκα Κ., Σαγιάς Ι. (2007). Χωρικές και δομικές επιπτώσεις των σεισμών στην πόλη. Η περίπτωση της Αθήνας.
http://library.tee.gr/digital/m2300/m2300_dimopoulos1.pdf

Lazaridis, Petros & Kavnadias, Ioannis & Vasiliadis, Lazaros. (2019). Συσχέτιση Σεισμικών Παραμέτρων και Ολικών Δεικτών Βλάβης σε Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος.

https://www.researchgate.net/publication/335638685_Syschetise_Seismikon_Parametron_kai_Olikon_Deikton_Blaves_se_Kataskeues_Oplismenou_Skyrodematos/link/5d72c17192851cacdb246916/download

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας. (Αρ. Πρωτ. Οικ. 8192/29.5.2012) Δελτίο Τύπου, Με αργούς ρυθμούς ο προσεισμικός έλεγχος των δημόσιων κτιρίων

http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2018/01/2012_8192-%CE%9C%CE%B5-%CE%B1%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%8D%CF%82-%CF%81%CF%85%CE%B8%CE%BC%CE%BF%CF%8D%CF%82-%CE%BF-%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CE%AD%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CF%87%CE%BF%CF%82-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B4.pdf

Ο.Α.Σ.Π. (2019). Δραστηριότητες 2018

https://www.oasp.gr/userfiles/DRASTIRIOTITES%202018%20_Hight.pdf

FEMA P-154. (January 2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook Third Edition

<https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/15212>

Σταματίου Κ., Τσάφου Σ. (2013). Διπλωματική Εργασία, Ταχεία αποτίμηση τρωτότητας κτηριακού αποθέματος δημόσιας χρήσεως.

http://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/38573/stamatiou_trotohta.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Drakatos, Ioannis-Sokratis. (2012). Συμβολή του Αντισεισμικού Σχεδιασμού στην αντιμετώπιση εξωτερικών εκρήξεων σε κτίρια Οπλισμένου Σκυροδέματος (Contribution of Earthquake Resistant Design when coping with external explosions for Reinforced Concrete buildings). Bulletin of Greek Association of Civil Engineers. 16-26.

https://www.researchgate.net/publication/258565853_Symbole_tou_Antiseismikou_Schediasmou_sten_antimetopise_exoterikon_ekrexeon_se_ktiria_Oplismenou_Skyrodematos_Contribution_of_Earthquake_Resistant_Design_when_coping_with_external_explosions_for_Reinf

Καπετανά Π., Μέθοδοι προσεισμικού ελέγχου εγχώρια και διεθνή σε εμεπρία.

<http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/ergasies%202006/1%20KAPETANA.pdf>

Λεούσης Δ. (2016). Διπλωματική εργασία «Εκτίμηση Σεισμικών Απωλειών στο Δ. Κηφισιάς με την χρήση του λογισμικού ELER»

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjkuMDMuqjmAhU1tHEKHZMtDHAQFjACegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fokeanis.lib2.uniwa.gr%2Fxmlui%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F3232%2F%25CE%2595%25CE%25A1%25CE%2593%25CE%2591%25CE%25A3%25CE%2599%25CE%2591.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw1OjvzIclC6uVzHD7F1W019>

Hasegawa Tomohiro. (2013). Introduction to the Building Standard Law Building Regulation in Japan-Building Regulation in Japan

https://www.bcj.or.jp/upload/international/baseline/BSLIntroduction201307_e.pdf

Tumialan, Gustavo & Fukuyama, Hiroshi & Nanni, Antonio. (2001). Overview of the Japanese Guidelines for Seismic Retrofitting of RC Columns using FRP Materials. 8.10.1061/40558(2001)145.

<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/40558%282001%29145>

Toshio OHBA, Shigeru TAKADA, Yoshiaki NAKANO, Hideo KIMURA, Yoshimasa OWADA, Tsuneo OKADA. (2000). Seismic capacity of existing rc school building in ota city, Tokyo, Japan

<https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/1130.pdf>

Κάππος Α., Γ. Πενέλης, Κ. Στυλιανίδης, Π. Μέργος. (2006). Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος κτηρίων ΑΠΘ

http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173_kappos.pdf

<https://emidius.mi.ingv.it/GNDT2/>

The New Zealand Society for earthquake Engineering Incorporated. (2015). Constitution & Rules of the NZSEE

https://www.nzsee.org.nz/wp-content/uploads/2019/03/ConstitutionAndRules_2015.pdf

<https://www.nzsee.org.nz/>

New Zealand Society for earthquake Engineering. (2006). Assessment and Improvement of the Structural Performance of Buildings in Earthquakes

www.nzsee.org.nz/db/PUBS/2006AISBEGUIDELINES_Corr_06a.pdf

<http://www.eq-assess.org.nz/wp-content/uploads/2018/11/b-initial-seismic-assessment.pdf>

Παντάζου Α., Δρίτσος Σ. (2009). Αξιολόγηση αξιοπιστίας πρωτοβάθμιου προσεισμικού ελέγχου κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος με βάση πραγματικά δεδομένα βλαβών.

http://library.tee.gr/digital/m2456/m2456_pantazou.pdf

Μπάρκας Χ. (2000). Βλάβες από σεισμό: Παράγοντες που επηρεάζουν την έκταση τους στα κτίρια.

<http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/ergasies%202000/1.pdf>

Μανίκας Π., (2018). Μεταπτυχιακή διατριβή Ειδίκευσης με θέμα Βλάβες σε δομικά και μη δομικά στοιχεία από σεισμό. Τυποι και παράγοντες που επηρεάζουν τα κτίρια.

Πενέλης Γ. (2007). ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ «ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ Ο/Σ ΜΕ ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΟΨΗ

<http://ikee.lib.auth.gr/record/71486/files/gri-2007-304.pdf>

[http://www.arch.ntua.gr/sites/default/files/resource/13007/_/_utf-](http://www.arch.ntua.gr/sites/default/files/resource/13007/_/_utf-8_b_zploscdzrnous6tz4igzrhpgchzq3pgidotm65zrhovmmz4hphsjz4pot8cimdz4tosceznous6.pdf)

[8_b_zploscdzrnous6tz4igzrhpgchzq3pgidotm65zrhovmmz4hphsjz4pot8cimdz4tosceznous6.pdf](http://www.arch.ntua.gr/sites/default/files/resource/13007/_/_utf-8_b_zploscdzrnous6tz4igzrhpgchzq3pgidotm65zrhovmmz4hphsjz4pot8cimdz4tosceznous6.pdf)

Ζαφειράκης Ι. Προσθήκη (Ιστοσελίδα)

<https://www.gzafairakis.gr/project/project-add/>

J, DRAKOPOULOS & G, LEVENTAKIS & A, ROUSSOPOULOS. (2010). Microzonation in the seismic area of Corinth-Loutraki. Annals of Geophysics. 31. 10.4401/ag-4743.

https://www.researchgate.net/publication/50302055_Microzonation_in_the_seismic_area_of_Corinth-Loutraki

Γιαννόπουλος Ιωάννης & Γιαννόπουλος Πλούταρχος. Βλάβες από σεισμό σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα.

http://www.teetrip.tee.gr/giannop_1.pdf

Χασάπης Ε., Χριστάκη Α. (2000). Βλάβες από σεισμό και τρόπι επέμβασης σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα.

<http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/ergasies%202000/2.pdf>

Petridis, Christos & Pitilakis, Dimitris. (2019). Σεισμική τρωτότητα κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος με συνεκτίμηση δυναμικής αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής.
https://www.researchgate.net/publication/336349666_Seismike_trototeta_ktirion_oplismenou_skyrodematos_me_syn_ektimese_dynamikes_allelepidrases_edaphous-kataskeues

Παπαστεργίου Π., Σπυροπούλου Γ. (2000) Επισκευές- Ενισχύσεις τοιχωμάτων – Παράδειγμα αναδιαστασιολόγησης
<http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/ergasies%202000/21.pdf>

Ελένας Α., Βασιλειάδης Λ., Καββαδίας Ι. Καμπτική Ενίσχυση Πλακών Οπλισμένου Σκυροδέματος με τη Χρήση Σύνθετων Υλικών
http://library.tee.gr/digital/m2638/m2638_elenas.pdf

Βένιος Κ., Κουφοπούλου Σ. (2009). Ενίσχυση προβόλου που έχει υποστεί βέλος κάμψης.
<http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/ergasies%202009/15%20%CE%92%CE%95%CE%9D%CE%99%CE%9F%CE%A3%20KAI%20%CE%9A%CE%9F%CE%A5%CE%A6%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%A5%CE%9B%CE%9F%CE%A5.pdf>

Μακρόπουλος Κ. (2006). Φυσικές Καταστροφές- Σεισμοί και μέτρα προστασίας
http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173_makropoulos.pdf

ΟΑΣΠ. (2007). Σεισμός- Η γνώση είναι προστασία
<http://edu-gate.minedu.gov.gr/AntiseismikiProstasia/OASP%20-%20Seismos%20H%20Gnosi%20Einai%20Prostasia.pdf>

Παπαιωάννου Κ., Αρτινού Μ. (2011). Οι επιπτώσεις υγείας των μεγάλων σεισμών στον Ελλαδικό χώρο την τελευταία πεντηκονταετία σελ. 18
http://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies_esta/T4/030/10311.pdf

Επισκευές και ενισχύσεις των κατασκευών, Δρ. Γιάννακας Νικόλαος, Πολιτικός Μηχανικός
<https://eclass.hmu.gr/courses/TD141/>

Ελληνική Στατιστική Αρχή
<https://www.statistics.gr/el/census-buildings-2011>

Ελληνικό Κτιματολόγιο
<http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>

Τσίκας Παν., Παπασπυριδάκος Χαρ., Ανθεκτικότητα οπλισμένου σκυροδέματος σε διάρκεια
<http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/ergasies%202006/6%20TSIKAS%20PAPASPYRIDAKOS.pdf>

Παπαδάκης και συνεργ. (2005). Υπολογισμός διάρκειας ζωής κατασκευών από σκυρόδεμα και πειραματική επιβεβαίωση.
<https://www.eucon.gr/images/artcl/pubs/eucongr.pdf>

e-ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑ Γεωγραφική Αναζήτηση Πληροφοριών
<http://gis.epoleodomia.gov.gr/v11/index.html#/22.9766/37.9724/19>