

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER ΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ  
ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Δημήτριος Παπαδόπουλος

Λεμεσός 2011



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER ΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ  
ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Δημήτριος Παπαδόπουλος

Επιβλέπων: Λέκτορας Δημήτριος Σκαρλάτος

Λεμεσός 2011

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Όνομα επίθετο φοιτητή, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.



Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μου κύριο Δημήτριο Σκαρλάτο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την εργασία, για την πολύτιμη καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκειά της και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ενδιαφέρον και πρωτοποριακό αντικείμενο. Ευχαριστώ τους καθηγητές κυρία Έλια Ταντελέ και κύριο Κρίστη Χρυσοστόμου για τις σημαντικές παρατηρήσεις και υποδείξεις τους στη βελτίωση της εργασίας, καθώς και τους κ. Ανδρέα Γεωργόπουλο, κ. Άθω Αγαπίου και κ. Μαργαρίτα Ροβά για την υποστήριξη που μου παρείχαν στο στάδιο της συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων. Επίσης, ευχαριστώ το Τεχνικό τμήμα του Δήμου Λεμεσού για την βοήθεια ανεύρεσης διατηρητέου κτιρίου και τον κύριο Γεώργιο Καπνίση για την διάθεση σχεδίων του υπό μελέτη κτιρίου και την διευκόλυνση πρόσβασης σε αυτό. Τέλος, ευχαριστώ την συνάδελφο Άντρια Παπαζησίμου για την σύμπραξη της στο στάδιο των μετρήσεων στο κτίριο.

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αφιερωμένη στους γονείς μου που όλα αυτά τα χρόνια με στηρίζουν σε κάθε μου βήμα.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η χρήση τεχνολογιών σάρωσης νέφους σημείων με λέιζερ, ως μέσο ψηφιακής καταγραφής και τεκμηρίωσης των μνημείων. Με τον τρόπο αυτό αντιμετωπίζονται τα ζητήματα της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς και παράλληλα εξασφαλίζεται η άμεση μεταφορά όλων των στοιχείων τεκμηρίωσης στους ενδιαφερόμενους μέσω ηλεκτρονικών πηγών.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε αποτύπωση διατηρητέου κτιρίου, εντός του παλαιού κέντρου Λεμεσού, με τη χρήση του γεωδαιτικού σταθμού LeicaTC 1200 και με τον επίγειο σαρωτή Leica ScanStation C10. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε ο κύριος όγκος του κτιρίου ώστε να γίνει επεξεργασία δεδομένων και εξαγωγής συμπερασμάτων που αφορούν, τόσο την αξιοπιστία της μεθόδου αποτύπωσης συγκριτικά με την εμπειρική μέθοδο, όσο και την εκτίμηση της παθολογίας του κτιρίου.

Σε αντίθεση με τους κλασσικούς τρόπους αποτύπωσης, η νέα τεχνολογία της τρισδιάστατης σάρωσης λέιζερ, προσφέρει συνολική αποτύπωση του κτιρίου, παρέχοντας την δυνατότητα επιλογής οποιασδήποτε τομής για την εκτίμηση της κατάστασης του κτιρίου και την παραγωγή σχεδίων αποκατάστασης του. Επιπλέον προσφέρει μεγάλη ευκολία και ταχύτητα στις εργασίες του πεδίου, δεδομένου ότι ο κύριος όγκος εργασιών αφορά την επεξεργασία των δεδομένων.

«Μη ξεχνάς ποτέ το παρελθόν. Μπορεί να το ξαναχρειαστείς στο μέλλον.»

Bradbury Malcolm

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	xi
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xv
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xvi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xvii
1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ .....	1
1.1 Κυπριακή αρχιτεκτονική παράδοση και διατηρητέα κτίρια Λεμεσού.....	1
1.2 Ορισμός γεωμετρικής τεκμηρίωσης.....	4
1.3 Μέθοδοι τεκμηρίωσης μνημείων.....	5
1.3.1 Τοπομετρική μέθοδος.....	5
1.3.2 Τοπογραφική Μέθοδος.....	6
1.3.3 Φωτογραμμετρική Μέθοδος.....	7
1.3.4 Επίγεια σάρωση laser (laser scanning).....	7
1.4 Επιλογή Μεθόδου τεκμηρίωσης.....	10
2 ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ .....	12
2.1 Φθορά δομικών υλικών από περιβαλλοντικούς παράγοντες.....	12
2.1.1 Βιολογικοί παράγοντες φθοράς.....	12
2.1.2 Τα προβλήματα της υγρασίας στα κτίρια.....	12
2.1.3 Μορφές Υγρασίας .....	14
2.1.4 Επιπτώσεις της υγρασίας στις κατασκευές .....	15
2.1.5 Θερμοκρασιακές Μεταβολές.....	17
2.2 Εφαρμογή μη ενδεδειγμένων μεθόδων αποκατάστασης κτιρίων.....	17

2.3	Καθιζήσεις.....	17
3	ΕΠΙΓΕΙΟΙ ΣΑΡΩΤΕΣ (Laser scanner) .....	19
3.1	Ορισμός ‘‘Laser’’ .....	19
3.2	Μέθοδοι Μέτρησης με Επίγειο Σαρωτή – Τοπογραφική Μέθοδος .....	20
3.2.1	Μέθοδος Time of flight .....	20
3.2.2	Μέθοδος Διαφορά φάσης .....	21
3.3	Το φαινόμενο του θορύβου .....	23
3.4	Κατηγοριοποίηση σαρωτών laser.....	26
3.5	Λειτουργία Επίγειου Σαρωτή laser.....	27
4	ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ.....	28
4.1	Αποτύπωση.....	28
4.1.1	Σύστημα συντεταγμένων του τρισδιάστατου χώρου.....	28
4.1.2	Τρόποι συλλογής – συσχέτισης δεδομένων πεδίου.....	29
4.2	Παθολογία .....	31
4.2.1	Μελέτη στατικής λειτουργικότητας υφιστάμενων κατασκευών.....	31
4.2.2	Ανάλυση - συγκέντρωση στοιχείων .....	32
4.2.3	Έρευνα άμεσου περιβάλλοντος κτιρίου .....	34
4.2.4	Μέθοδοι διάγνωσης βλαβών φέροντος οργανισμού .....	35
4.2.5	Ερευνητικές εργασίες για προσδιορισμό των βλαβών .....	36
4.2.6	Βλάβες υπό τη δράση στατικών και σεισμικών φορτίσεων .....	40
4.2.7	Σεισμικά χαρακτηριστικά Κύπρου .....	40
4.2.8	Χρησιμότητα ελέγχων διάγνωσης βλαβών .....	42
5	ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΕΔΙΟΥ .....	44
5.1	Περιγραφή κτιρίου .....	44
5.1.1	Κτιριολογική ανάλυση .....	44
5.1.2	Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	44

5.2	Τοπογραφική Αποτύπωση .....	47
5.2.1	Αναγνώριση περιοχής σάρωσης.....	47
5.2.2	Πολυγωνομετρικό δίκτυο .....	47
5.2.3	Αυτοσχέδια σκαριφήματα .....	48
5.2.4	Όργανα μετρήσεων.....	48
5.2.5	Επίλυση πολυγωνομετρικού δικτύου .....	49
5.3	Leica ScanStation C10 .....	51
5.4	Συλλογή δεδομένων με επίγειο σαρωτή λέιζερ.....	53
6	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	55
6.1	Επεξεργασία δεδομένων επίγειου σαρωτή laser .....	55
6.1.1	Παρουσίαση νεφών σάρωσης.....	55
6.1.2	Σφάλματα – αποκλίσεις κατά την συλλογή δεδομένων .....	57
6.2	Συνένωση νεφών σημείων.....	57
6.2.1	Γεωαναφορά (Rgistration).....	57
6.3	Πυκνότητα νέφους σημείων .....	60
6.4	Επεξεργασία δεδομένων στο πρόγραμμα cyclone .....	61
6.4.1	“Φιλτράρισμα” του θορύβου.....	61
6.4.2	Εξαγωγή Κατόψεων - Τομών σε περιβάλλον AutoCAD .....	63
6.4.3	Χρήση Cyclone για την παραγωγή επιφανειών. ....	65
6.5	Παθολογία – Παθογένεια του εξεταζόμενου κτιρίου.....	66
6.5.1	Θεμελίωση.....	66
6.5.2	Φέρουσες τοιχοποιίες .....	68
6.5.3	Στέγη.....	74
6.5.4	Ανοίγματα – Κουφώματα.....	75
6.5.5	Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος.....	75
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	80

7.1	Εφαρμογή επίγειου σαρωτή λέιζερ C10 προς εκτίμηση παθολογίας διατηρητέου κτίσματος.....	80
7.2	Ως προς την παθολογία του κτιρίου .....	81
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		85
Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία .....		85
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία .....		86
Άρθρα - Περιοδικά - Συνέδρια .....		87
Διαδίκτυο .....		88
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....		1
7.3	Βασικές διεθνής αρχές ανακαίνισης και αποκατάστασης μνημείων – Χάρτα Βενετίας .....	1
7.4	Δελτίο προσεισμικού ελέγχου κτιρίων .....	5
7.5	Χαρακτηριστικά Laser Scanner C10.....	13
7.6	Κατάλογος εικόνων υπό μελέτη κτιρίου .....	15
7.7	Εικόνες κατά το στάδιο επεξεργασίας δεδομένων στο Cyclone .....	21

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα τοπομετρικής μεθόδου. ....	6
Πίνακας 2. Ποσοστό συμμετοχής μεθόδων στην αποτύπωση μνημείου. ....	11
Πίνακας 3. Μέθοδοι εφαρμογής διπλωματικής εργασίας. ....	11
Πίνακας 4. Τρόπος επίδρασης νερού στις κατασκευές. ....	13
Πίνακας 5. Τεχνικές Registration. ....	31
Πίνακας 6. Διάγραμμα ροής εργασιών. ....	46
Πίνακας 7. Συντεταγμένες πολυγωνομετρικού δικτύου - Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος. ..	50
Πίνακας 8. Επίλυση τριγωνισμού - Συντεταγμένες σημείων. ....	51
Πίνακας 9. Ακρίβεια των δικτύων οριζόντιου και κατακόρυφου ελέγχου. ....	51
Πίνακας 10. Συσχέτιση χρήσης οργάνων αποτύπωσης, αριθμό σημείων και μέγεθος αντικειμένου. ....	52
Πίνακας 11. Αποκλίσεις (delta) laser scanner ως προς τις στάσεις μηδενισμού. ....	54
Πίνακας 12. Διαδικασία σάρωσης υπό μελέτη κτιρίου με επίγειο σαρωτή laser. ....	56
Πίνακας 14. Συσχέτιση βαθμολογίας ΟΑΣΠ και ποσοστό καταρρεύσεων σε 34 κτίρια. ....	77
Πίνακας 13. Συσχέτιση βαθμολογίας ΟΑΣΠ και ποσοστό βλαβών σε 26 κτίρια. ....	77
Πίνακας 15 Συχνότητα εμφάνισης προβλημάτων σε μνημεία και εμφάνιση προβλημάτων στο υπο μελέτη κτίριο. ....	78



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1. Παράδειγμα αποτύπωσης ρωμαϊκής γέφυρας στην Πάτρα με την τοπομετρική μέθοδο, χρήση νήματος στάθμης και μετροταινίας. Πηγή: Προσωπικό αρχείο .....	6
Εικόνα 2. Stonehedge, Αγγλία (The Stonehenge Landscape).....	8
Εικόνα 3. Βυζαντινή κρύπτη Santa Cristina, Carpignano, Απουλία – Ιταλία, πηγή: (J-A Beraldin).....	8
Εικόνα 4. : Οχυρωματικός πύργος, Markgrafneusiedel Αυστρία, πηγή: (Markgrafneusiedel ) <a href="http://www.celtovation.at">http://www.celtovation.at</a> (τελευταία επίσκεψη: 03/01/2011) .....	9
Εικόνα 5. Αρχή λειτουργίας λέιζερ. Πηγή: (Wikipedia, 2010).....	19
Εικόνα 6. Μέθοδος time of flight (Διαφορά χρόνου ακτίνας εκπομπής - λήψης). Πηγή: (Satyaprakash, 2007) .....	21
Εικόνα 7. Διαφορά φάσης ακτίνας εκπομπής – λήψης. Πηγή: (Satyaprakash, 2007) .....	22
Εικόνα 8. Αρχή σαρωτή μέτρησης απόστασης. Πηγή: (Satyaprakash, 2007) .....	22
Εικόνα 9. Διάχυση ακτίνας laser και δημιουργία θορύβου. Πηγή: (ΚΛΕΨΥΔΡΑ, 2006).....	23
Εικόνα 10. Τρόποι αντανάκλασης δέσμης φωτός. Πηγή: (ΚΛΕΨΥΔΡΑ, 2006).....	23
Εικόνα 11. Κάθετη πρόσπτωση ακτίνας laser σε επιφάνεια. Πηγή: Προσωπικό αρχείο. ....	24
Εικόνα 12 Πρόσπτωση ακτίνας laser σε .....	24
Εικόνα 13. Υπό γωνία πρόσπτωση ακτίνας laser.....	24
Εικόνα 14. Επίπεδη επιφάνεια τυχαίου σχήματος με κέντρο Κ.....	25
Εικόνα 15. Διαφορετικοί τύποι σαρωτών λέιζερ. Πηγή: (STAIGER, 2003).....	26
Εικόνα 16. Αρχή λειτουργίας Laser scanning. Πηγή: (Angelopoulou & Wright, 1999).....	27
Εικόνα 17. Απεικόνιση επίγειου συστήματος συντεταγμένων και του συστήματος συντεταγμένων του επίγειου σαρωτή laser. Πηγή: (Maas, AIRBORNE AND TERRESTRIAL LASER SCANNING, 2010).....	29
Εικόνα 18. Σταθεροί στόχοι. ....	29
Εικόνα 19. Αποκάλυψη σοβά για εκτίμηση κατάστασης τοιχοποιίας. ....	33

Εικόνα 20 Επίκεντρα σεισμών μεταξύ 1986-2009. Πηγή: (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2011).....	41
Εικόνα 21 Χάρτης Σεισμικών ζωνών Κύπρου. Πηγή: (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2011).....	42
Εικόνα 22. Άποψη κτιρίου προς μελέτη.....	44
Εικόνα 23 Εσωτερικός χώρος – Πόρτιον με αμφίπλευρα φατνώματα.....	45
Εικόνα 24 Τοποθέτηση γεωδαιτικού σταθμού στο δωμάτιο 101 με μέγιστη δυνατή ορατότητα από τις υπόλοιπες στάσεις και σημεία ενδιαφέροντος. ....	47
Εικόνα 25. Σκαρίφημα κτιρίου με στάσεις οργάνων και στόχους. ....	48
Εικόνα 26. Ακρίβεια μετρήσεων. ....	49
Εικόνα 27. Αποστάσεις μεταξύ των σταθμών και οι αποκλίσεις τους.....	49
Εικόνα 28. Σκαρίφημα δικτύου όδευσης.....	50
Εικόνα 29. Απεικόνιση των ελλείψεων σφάλματος. ....	50
Εικόνα 30. Laser scanner C10. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.....	51
Εικόνα 31. Σκόπευση από το laser scanner στο twin reflector.....	53
Εικόνα 32. Twin reflector.....	53
Εικόνα 33. Διαδικασία εισαγωγής των συντεταγμένων στόχων στο laser scanner. ....	54
Εικόνα 34. Πρώτη άποψη όλων των νεφών σημείων, χωρίς επεξεργασία. ....	55
Εικόνα 35. Κάτοψη γειτονικού κτιρίου με εμφανή απόκλιση των νεφών στο περίγραμμα των κτιρίων.....	57
Εικόνα 36. Απεικόνιση του νέφους σημείων της στάσης st3 στα αριστερά και των υπολοίπων στάσεων στα δεξιά.....	59
Εικόνα 37. Κοινό σημείο μεταξύ του νέφους σημείων του st3 και των υπολοίπων. ....	59
Εικόνα 38. Πρόσοψη υπό μελέτη κτιρίου μετά το registration με uploading των φωτογραφιών. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.....	60
Εικόνα 39. Διακύμανση αποστάσεων νεφών σημείων στο δωμάτιο 101, με ανάλυση low. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.....	61

Εικόνα 40. Διακύμανση απόστασης νεφών σημείων στο δωμάτιο 103, με ανάλυση low. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.....	61
Εικόνα 41. Άποψη του συνόλου των νεφών σημείων μαζί με τις στάσεις του επίγειου σαρωτή laser.....	61
Εικόνα 42. Αφαίρεση περιττής πληροφορίας.....	62
Εικόνα 43. Οργάνωση νεφών σημείων ανοιγμάτων σε διαφορετικό layer.....	62
Εικόνα 44. Εισαγωγή των νεφών σημείων των ανοιγμάτων και της στέγης σε διαφορετικά layers.....	63
Εικόνα 45. Silhouette για πρώτη αντίληψη των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κτιρίου. ....	63
Εικόνα 46. Στάθμη που ορίστηκε η εξαγωγή της κάτοψης ύψους 0.766m.....	64
Εικόνα 47. Τομή νέφος σημείων με πάχος 0.06m.....	64
Εικόνα 48. Πρωταρχική 3D απεικόνιση σε περιβάλλον AutoCad polyline γραμμών κατόψεων - όψεων- τομών.....	65
Εικόνα 49. Δημιουργία επιφανειών μέσω προγράμματος Cyclone.....	65
Εικόνα 50. Απαιτούμενη αλληλοεπικάλυψη λιθοσωμάτων. Πηγή: Ευρωκώδικας 6.....	67
Εικόνα 51 Άποψη κτιρίου από την νοτιοανατολική πλευρά (προσθήκες κτισμάτων).....	68
Εικόνα 52. Διάβρωση - διόγκωση - χρωματισμός - ρηγμάτωση τοιχοποιίας λόγω εδαφικής υγρασίας. ....	69
Εικόνα 53. Υγρασία ανερχόμενη από το έδαφος. ....	70
Εικόνα 54. Ρωγμές πάνω από τα παράθυρα του δωματίου 103.....	70
Εικόνα 55 Τυπικές μορφές ρηγματώσεων σε τυπικό όροφο κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία. Πηγή: (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2009).....	71
Εικόνα 56. Σύνδεση διαφορετικών υλικών τοιχοποιίας. (Εικόνα Α) Πηγή : Προσωπικό αρχείο. ....	71
Εικόνα 57. Τυπικές μορφές απόκρισης κτιρίων φέρουσας τοιχοποιίας υπό σεισμική καταπόνηση. (α) και (β): Απουσία διαφράγματος ή διαζωμάτων, (c ): Φέροντες τοίχοι με	

κορυφαίο διάζωμα, (d): Φέροντες τοίχοι με διάφραγμα στο επίπεδο της στέψης τους. Πηγή: (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2009) .....	72
Εικόνα 58. Μέγιστη κατακόρυφη απόκλιση βάση Κατακορυφότητα. Πηγή: Eurocode 6.8 (2) .....	73
Εικόνα 59. Στέγη επί ορθογωνικής κάτοψης. Πηγή: (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2009).....	74
Εικόνα 60. Υγρασία ξύλινων δοκών, λόγω κακής συντήρησης της στέγης.....	74

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

CIPA:	Comité International de Photogrammétrie Architecturale
ICOMOS:	International Council of Monuments and Sites
ISPRS:	International Society of Photogrammetry and Remote Sensing
UNESCO:	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
3D:	Τρεις διαστάσεις
ΔΒ:	Δομική Βαθμολογία
ΗΠΑ:	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΟΑΣΠ:	Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού
ΟΚΑ:	Οριακή κατάσταση αστοχίας
ΟΚΛ:	Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας
ΠΟΑΚ:	Παγκύπριος Οργανισμός Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς
ΤΟΕ:	Ταχύς Οπτικός Έλεγχος
ΥΠΕΧΩΔΕ:	Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων

## ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Data	Δεδομένα
Laser scanner	Επίγειος σαρωτής λέιζερ
Layers	Επίπεδα
Polyline	Συνεχής σχεδιαστική γραμμή σε λογισμικό Cyclone και AutoCAD
Point cloud	Νέφη σημείων
Registration	Γεωαναφορά
Total station	Γεωδαιτικός σταθμός
Time of flight	Μέθοδος μέτρησης επίγειου σαρωτή
Twin reflector	Δίδυμος ανακλαστήρας / κατάφωτο
Iterative Closest Point (ICP)	Επαναληπτική διαδικασία πλησιέστερου σημείου
Συνίζηση	Μείωση του όγκου υπό πρακτικώς σταθερές ορθές ενεργές τάσεις.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημερινή κοινωνία χαρακτηρίζεται από ένα νέο τεχνολογικό και κοινωνικό περιβάλλον, το οποίο μεταβάλλεται και διαμορφώνεται συνεχώς. Λόγω της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης διαφαίνεται η δημιουργία ενός πολιτισμού ανεξάρτητου από τους δεσμούς με ότι υπήρξε πριν από αυτόν. Όμως στην ιστορία δεν υπάρχει παρθενογένεση κανενός πολιτισμού, παρά εξέλιξη των ήδη υπαρχόντων. Η πολιτιστική κληρονομιά του παρελθόντος είναι η γέφυρα που σηματοδοτεί την πορεία της ανθρωπότητας και γι' αυτό το λόγο οφείλουμε να την διαφυλάτουμε. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Kuban «*Τα αρχιτεκτονικά μνημεία είναι τα πιο σημαντικά στοιχεία της ιστορίας. Κάθε κομμάτι πληροφορίας που αφορά την ιστορία και την κατασκευή είναι ένα πολύτιμο τεκμήριο για το μέλλον, εξαιτίας της ταχύτητας ανάπτυξης και αρνητικών αλλαγών που προκαλούν την απώλεια αυτών των στοιχείων*»

Επιτακτική ανάγκη της κοινωνίας είναι η διαφύλαξη και ανάδειξη του πολιτισμικού πλούτου, που επιτυγχάνεται μέσω διεθνών κανονισμών και συμβάσεων για την προστασία τους. Χαρακτηριστικό είναι το άρθρο 16 της διακήρυξης της Βενετίας, βάση του οποίου οι εργασίες συντήρησης, αποκατάστασης και ανασκαφής θα πρέπει να βασίζονται σε εξακριβωμένη τεκμηρίωση, δηλαδή σε αναλυτικές και κριτικές εκθέσεις, με συνημμένα σχέδια και φωτογραφίες.

Στην προσπάθεια τεκμηρίωσης και αποκατάστασης των μνημείων συμμετέχουν επιστήμονες πολλών διαφορετικών ειδικοτήτων καθώς «η συντήρηση και αποκατάσταση των μνημείων αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο ο οποίος πρέπει να αποτείνεται στη συνεργασία όλων των επιστημών και όλων των τεχνών που μπορούν να συνεισφέρουν στη μελέτη και τη διάσωση της πολιτιστικής κληρονομιάς» (Χάρτα της Βενετίας - Άρθρο 2, 1964).

Η ψηφιακή τεκμηρίωση των μνημείων προσφέρεται για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς ενώ παράλληλα εξασφαλίζει την εύκολη πρόσβαση σε αυτή. Η ψηφιακή τεκμηρίωση μνημείων γίνεται με χρήση νέων τεχνολογιών και μπορεί να παρέχει άμεση μεταφορά όλων των στοιχείων τεκμηρίωσης στο διαδίκτυο, τα οποία εν συνεχεία μπορούν να διατεθούν προς επεξεργασία τόσο στους εξειδικευμένους επιστήμονες όσο και στο ευρύτερο κοινό.

Ακόμη ένα απαραίτητο στοιχείο στην διατήρηση της πολιτισμικής κληρονομιάς είναι η θέσπιση κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου για την τεκμηρίωση και αποκατάσταση μνημείων. Στην Κύπρο από το 1979 ξεκίνησαν προσπάθειες διαφύλαξης και ανάδειξης της πολιτισμικής κληρονομιάς με την ίδρυση του Παγκύπριου Οργανισμού Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς (ΠΟΑΚ). Το 1990 εκδόθηκε Διάταγμα Διατήρησης, από τον Υπουργό Εσωτερικών, σύμφωνα με το άρθρο 38 του Νόμου περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας του 1990, κατά το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί ως διατηρητέα οικοδομή, οποιαδήποτε κτίσμα με ειδικό, κοινωνικό, αρχιτεκτονικό, ιστορικό ή άλλο ενδιαφέρον ή χαρακτήρα (Κυπριακή Δημοκρατία, Χάρτης των δικαιωμάτων του πολίτη, 2004). Σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, όπως στην Αγγλία, θεωρείτε δεδομένη η ύπαρξη του θεσμικού πλαισίου (English heritage) που διασφαλίζει την προστασία των μνημείων, αφήνοντας το περιθώριο συμπλήρωσης των κανονισμών ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του μνημείου, υπό την εποπτεία του εργοδότη.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται ο τρόπος συλλογής και επεξεργασία πληροφοριών με χρήση σαρωτή νέφους σημείων για την τεκμηρίωση και ανάλυση παθολογίας ενός μνημείου, με εφαρμογή στην περίπτωση ενός διατηρητέου κτιρίου στο παλαιό κέντρο Λεμεσού.

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξής:

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρονται τα χαρακτηριστικά και η σπουδαιότητα της Κυπριακής αρχιτεκτονικής παράδοσης στη σύγχρονη κοινωνία, καθώς και τα προβλήματα διατήρησης στην πόλη της Λεμεσού. Επίσης, αναπτύσσονται οι μεθοδολογίες που εφαρμόζονται για την γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων, καθώς και η επιλογή της βέλτιστης μεθόδου τεκμηρίωσης στην συγκεκριμένη εφαρμογή.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται οι παράγοντες φθοράς των δομικών υλικών, ο τρόπος που εκδηλώνονται, καθώς και οι επιπτώσεις τους στις κατασκευές. Για την αποτίμηση των βλαβών των κτιρίων παρατίθενται οι διάφορες ερευνητικές μέθοδοι που εφαρμόζονται και οι οποίες χωρίζονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες. Ακόμη, μέσω του πρωτοβάθμιου προσεισμικού ελέγχου γίνεται οπτική εκτίμηση κρίσιμων παραμέτρων, με στόχο τον προσδιορισμό της δομικής τρωτότητας του κτιρίου.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές αρχές λειτουργίας των επίγειων σαρωτών λέιζερ. Συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στις κατηγορίες των επίγειων σαρωτών,



στις μεθόδους μέτρησης απόστασης με λέιζερ, ο τρόπος λειτουργίας τους και αναλύεται το φαινόμενο θορύβου που παρουσιάζεται κατά την συλλογή δεδομένων.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία για την αποτύπωση και την εκτίμηση της παθολογίας ενός κτιρίου. Στο στάδιο της αποτύπωσης περιγράφονται οι τρόποι συλλογής και συσχέτισης δεδομένων πεδίου, ενώ στο στάδιο της παθολογίας αναλύεται ο τρόπος συγκέντρωσης και ανάλυσης στοιχείων της κατασκευής, η έρευνα του περιβάλλοντα χώρου, οι μέθοδοι διάγνωσης των βλαβών του κτιρίου και η χρησιμότητα τους.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του υπό μελέτη κτίσματος, η οποία γίνεται καλύτερα κατανοητή από τα σχέδια που παρατίθενται στο παράρτημα. Επίσης, αναφέρονται τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις, καθώς και η επίλυση του πολυγωνομετρικού δικτύου των τοπογραφικών μετρήσεων. Στη συνέχεια περιγράφεται ο επίγειος σαρωτής λέιζερ C10 και παρουσιάζονται αποσπάσματα από τα νέφη σημείων που προέκυψαν .

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύεται η επεξεργασία των νεφών σημείων στο γραφείο και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή, ενώ παρουσιάζονται μετρητικά και ποιοτικά τρισδιάστατα μοντέλα του κτιρίου και παράγωγα σχέδια του μοντέλου . Επίσης, από το τρισδιάστατο μοντέλο, εξάγονται δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου. Έτσι, σε συνδυασμό με τον οπτικό έλεγχο δίνεται μια εικόνα της παθολογίας του κτιρίου με αναφορά στις φθορές της τοιχοποιίας, των υλικών κατασκευής, καθώς και τα αίτια της φθοράς τους σύμφωνα με το κεφάλαιο 4. Τέλος, γίνεται ένας αρχικός έλεγχος για την εκτίμηση της δομική τρωτότητα του κτιρίου με την εφαρμογή του πρωτοβάθμιου προσεισμικού ελέγχου.

Το 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο κλείνει την παρούσα διπλωματική εργασία αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα του οργάνου και την μέθοδο εφαρμογής του για την αποτίμηση της κατάστασης διατήρησης διατηρητέου κτίσματος. Γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της επίγειας σάρωσης λέιζερ με την τοπομετρική μέθοδο και προτείνονται τεχνικές βελτίωσης χρήσης των αποτελεσμάτων της μεθόδου επίγειας σάρωσης λέιζερ.

# 1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

## 1.1 Κυπριακή αρχιτεκτονική παράδοση και διατηρητέα κτίρια Λεμεσού

Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική είναι μια τέχνη. Ο άνθρωπος με αυτή την τέχνη έμαθε να κατασκευάζει οικοδομήματα που εξυπηρετούν τις ανάγκες του, να είναι λειτουργικά και καλαίσθητα. Οι πρόγονοι μας έκτιζαν αριστουργήματα εν αγνοία τους, τα οποία ανταποκρίνονταν στις απαιτήσεις της εποχής αλλά άντεξαν και στο πέρασμα τόσο δεκαετιών – εκατονταετιών – χιλιετιών. Έτσι επιτακτική είναι η ανάγκη καταγραφής, τεκμηρίωσης και ερμηνείας του μνημειακού πλούτου που πρέπει να αποτελούν το αντικείμενο συστηματικών προγραμμάτων διεπιστημονικών ερευνών. Μέσο της δημοσιοποίησης των ερευνών θα δίνεται μια άλλη εικόνα για την περιοχή και θα εμπεδώνεται η σημασία διατήρησης των κτισμάτων, που γκρεμίζονται και χάνονται. Απαραίτητη είναι η ευαισθητοποίηση των τοπικών κατοίκων και αρχών μέσω διαλέξεων και ημερίδων για την αξία της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής. Πιστεύοντας στην αξία τους, είναι σαν να πιστεύουμε στην ιστορία του τόπου μας και την ιστορική εξέλιξη και πρόοδο της κοινωνίας γενικά (Βικιπαίδεια,Κυπριακός Πολιτισμός, 2009)

Στην περίοδο που διανύουμε το θέμα της αναβίωσης της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς και του υφιστάμενου παραδοσιακού αποθέματος των πόλεων αποτελεί πλέον συμφωνημένη και εφαρμοσμένη πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης που θα πρέπει να διαπνέει τον αστικό σχεδιασμό. Το αντικείμενο της διατήρησης σχετίζεται επίσης έμμεσα και με την περιβαλλοντική διαχείριση και τη βιωσιμότητα της ανάπτυξης των πόλεων σύμφωνα με τις αρχές τις αειφορίας. Με βάση το πιο πάνω σκεπτικό, η διατήρηση είναι αλληλένδετη με τις χρήσεις γης, την κυκλοφορία και τις Πολεοδομικές ζώνες. Γι'αυτό το λόγο θα πρέπει να υπάρχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα καταγραφής, διατήρησης και διαφύλαξης των μνημείων. Στο σκοπό αυτό καθοριστικό ρόλο παίζουν οι νέες τεχνολογίες, παράδειγμα των οποίων αποτελεί και ο επίγειος σαρωτής λέιζερ, ο οποίος συμβάλλει ουσιαστικά στην συστηματική καταγραφή και γεωμετρική ακρίβεια αποτύπωσης των κτιρίων.

Η Κύπρος αποτέλεσε «σταυροδρόμι» πολιτισμών με αποτέλεσμα οι πόλεις, κατά τις περιόδους των ξένων κατοχών, λειτούργησαν με σαφής ρόλους, ως διοικητικά κέντρα, εμπορικά κέντρα ή διαποτιστικά λιμάνια. Είναι λοιπόν αναμενόμενο η αστική αρχιτεκτονική να είναι περισσότερο επηρεασμένη από το ξένο στοιχείο παρά από την λαϊκή αρχιτεκτονική

της υπαίθρου όπου οι ντόπιοι, μακριά από τα περάσματα των ξένων, κατασκεύαζαν μόνοι τους οικισμούς, με εμμονή στην προστασία και διαιώνιση της τοπικής τους παράδοσης.

Ο συντηρητισμός και η ανασφάλεια κατά την περίοδο της οθωμανικής κυριαρχίας ευνόησαν την εσωστρέφεια στην αρχιτεκτονική έκφραση και το φαινόμενο αυτό παρατηρείται και στην αρχιτεκτονική του νησιού.

Στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αι. η Λεμεσός ήταν πολίχνη με 150 πλινθόκτιστα σπίτια, 100 ελληνικά και 50 τούρκικα. Το λιμάνι της ήταν το δεύτερο μεγαλύτερο της Κύπρου, μετά από αυτό της Λάρνακας, και το επίκεντρο του κρασιού που παρήγαγε η ενδοχώρα. Η ουσιαστική ανάπτυξη της πόλης άρχισε με την περίοδο της Αγγλοκρατίας από το 1878, όπου οι εξαγωγές στη Λεμεσό υπερβαίνουν κατά πολύ τις εισαγωγές και η πόλη αποκτά έντονο εμπορικό χαρακτήρα. Προς αυτή την κατεύθυνση βοηθά και η κατασκευή του εναέριου σιδηρόδρομου, ο οποίος μετέφερε αμιάντο από το εργοστάσιο στον Πάνω Αμιάντο στην παραλιακή αποθήκη συγκέντρωσης σάκων αμιάντου. Το ορυκτό φορτωνόταν σε μεγάλες βάρκες (μαούνες), που ακουμπούσαν στην αποβάθρα μπροστά από την αποθήκη. Στη συνέχεια οι βάρκες μεταφέρονταν με ρυμουλκό προς το πλοίο στο οποίο ξεφόρτωναν για εξαγωγή. Η επιχείρηση του αμιάντου ήταν συνεταιρισμός από Δανούς, Σουηδούς, Άγγλους και Ιρλανδούς και δούλευαν σ' αυτή πάνω από 40.000 άτομα, στην πλειοψηφία τους Κύπριοι (Κόμπος, 2010).

Η Κυπριακή αστική αρχιτεκτονική ακολουθεί τους ίδιους βασικούς τύπους που συναντάμε στους αγροτικούς οικισμούς. Τα κύρια χαρακτηριστικά της Κυπριακής κατοικίας είναι η οικονομία στους χώρους και ο σεβασμός στις τοπικές συνθήκες, οργανωμένη σε ισορροπημένα δομικά σύνολα, όπου συνυπάρχουν η ενότητα και η ποικιλία των επί μέρους μονάδων (Πετρίδου, 1993, σελ.111).

Η τυπολογία που συναντάτε έντονα σε πολλές οικίες του παλαιού κέντρου Λεμεσού είναι αυτή με το πόρτιον. Συγκεκριμένα όταν τα σπίτια ήταν κτισμένα κολλητά το ένα με το άλλο και γενικά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, η πρόσβαση στο χώρο της αυλής από το δρόμο δεν μπορούσε να γίνει με κάποιο άλλο τρόπο παρά μόνο δια μέσου του κύριου όγκου της κατοικίας. Έτσι δημιουργείται η έννοια του πορτίου, δηλαδή ενός φαρδύ διαδρόμου, χωρισμένου με τοίχους από τους κύριους χώρους μέσα από τον οποίο διασχίζει κανείς όλο το πλάτος της οικίας και οδηγείται στο εσωτερικό της αυλής. Από τις δύο μεριές του ο διάδρομος του πόρτιου έχει δύο δωμάτια. Το ένα συνήθως χρησιμεύει για χώρος κατοικίας και ο άλλος χώρος για τις αποθήκες και τα ζώα. Στα πιο πολλά παραδείγματα συνηθίζεται τα δύο αυτά δωμάτια να έχουν το ίδιο μέγεθος, πράγμα που δεν συμβαίνει στην υπό μελέτη

κατοικία. Έτσι η εξωτερική θύρα βρίσκεται στη μέση της πλευράς του σπιτιού προς τον δρόμο, και η πρόσβαση γίνεται μέσα από το πόρτιον. Επίσης, το πόρτιον ακόμη και στα μικρά σπίτια της Κύπρου, στα οποία πολλές φορές είναι αρκετά στενό, δεν παίρνει ποτέ τελείως το χαρακτήρα του διαδρόμου. Η ανάγκη διαμόρφωσης ενός ηλιακού σε κάθε κυπριακή οικία οδηγεί στην δόμηση ενός ευρύχωρου περάσματος και το πόρτιον δεν θα γίνει *σούδα* σύμφωνα με τη συναφή ορολογία για τα άλλα στενά περάσματα σπιτιών στον ελληνικό χώρο (Σινού, 1976).

Η σταδιακή ευημερία της Λεμεσού αντικατοπτρίζεται στα κτίρια και κυρίως στις κατοικίες των μεγαλοαστών, οι οποίες κτίζονται ωραιότερες μεγαλύτερες και πιο άνετες. Πλέον τα πλινθόκτιστα κτίρια αντικαθίστανται από λαξευμένη πέτρα και οι περισσότερες χωμάτινες επίπεδες στέγες που απέμειναν αντικαθίστανται από κεκλιμένες, με χολέτρα και γαλλικά κεραμίδια του κεραμείου της Λεμεσού. Τέλος, διαπιστώνεται ότι αρκετά σπίτια μετασηματίζονται με προσθήκες ορόφων, επεκτάσεις και ανασχεδιάζουν – εξευρωπαϊζουν τις προσόψεις τους.

Προκειμένου να διαφυλαχθεί και να αναδειχθεί αυτή η πλούσια παραδοσιακή αρχιτεκτονική κληρονομιά της Κύπρου και πιο συγκεκριμένα της Λεμεσού, πρωταρχική διεργασία είναι η καταγραφή των προβλημάτων όπως αυτά εντοπίζονται σήμερα. Έτσι. Καταγράφονται τα παρακάτω:

- ✚ μη προαγωγή της ολοκληρωμένης διατήρησης
- ✚ αποσπασματική και μεμονωμένη κήρυξη διατηρητέων οικοδομών
- ✚ απουσία εξειδικευμένων, σαφών και πρακτικών κατευθυντήριων γραμμών για διατηρητέες και για νέες οικοδομές εντός της περιοχής ειδικού χαρακτήρα.
- ✚ έλλειψη αποτελεσματικών κινήτρων προς τους ιδιώτες για την ενεργοποίηση της διαδικασίας διατήρησης.
- ✚ σύγκρουση μεταξύ συντελεστή δόμησης και ύψους οικοδομών
- ✚ έλλειψη έλεγχου και παρακολούθησης με αποτέλεσμα οι παράνομες ή λανθασμένες οικοδομικές εργασίες να αλλοιώνουν σε μεγάλο βαθμό το χαρακτήρα του κέντρου.
- ✚ δημόσιων έργων υποδομής που θα αναδείκνυε τα διατηρητέα κτίρια και θα ενθάρρυνε την αναβίωση τους, ενέργειες οι οποίες μόλις ξεκίνησαν στην Λεμεσό.

## 1.2 Ορισμός γεωμετρικής τεκμηρίωσης

«Μνημείο ή μνημειακό σύνολο θεωρείτε κάθε κατασκευή ιδιαίτερα σημαντική λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού ή τεχνικού της ενδιαφέροντος, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων ή διακοσμητικών στοιχείων που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα τους» (Σύμβαση της Γρανάδας, 1985). Το 1965 με απόφαση του Β□ Διεθνούς Συνεδρίου Αρχιτεκτόνων και Τεχνικών Διατήρησης, που πραγματοποιήθηκε το 1964 στην Βενετία ιδρύθηκε το ICOMOS. Κατά το συνέδριο αυτό καταρτίστηκε και ψηφίστηκε από τους εκπροσώπους της UNESCO το θεμελιώδες ως σήμερα διεθνές κείμενο αρχών για επεμβάσεις στα ιστορικά μνημεία, γνωστό ως Χάρτης της Βενετίας. Σύμφωνα με το Άρθρο 1 του χάρτη της Βενετίας, «η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο αλλά και την αστική ή την αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί ένα ιδιαίτερο πολιτισμό μια ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός. Αυτό ισχύει όχι μόνο για τις μεγάλες δημιουργίες αλλά και για τα ταπεινά έργα που με τον καιρό απέκτησαν πολιτιστική σημασία» (Χάρτα της Βενετίας, 1964)

Με τον όρο τεκμηρίωση μνημείου νοούμε την καταγραφή:

- ❖ των ιστορικών στοιχείων του μνημείου
- ❖ την γεωμετρική πληροφορία για το μνημείο και τον περιβάλλοντα χώρο του, η οποία περιλαμβάνει τη συλλογή κάθε είδους πληροφορίας που καθορίζει αξιόπιστα τη γεωμετρική μορφή και τη θέση στο χώρο τόσο του ίδιου του μνημείου όσο και κάθε δομικού στοιχείου.
- ❖ την παθολογία του μνημείου, που κυρίως αναφέρεται στον τρόπο κατασκευής του μνημείου, στα υλικά δόμησης και στην ανάγκη διατήρησης και αποκατάστασης.

Προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη ακρίβεια αποτύπωσης επιβάλλονται εξειδικευμένες τοπογραφικές μέθοδοι και τεχνικές, μέσω των οποίων θα απεικονίζεται ολοκληρωμένα η υφιστάμενη κατάσταση του μνημείου.

Το 1968 ιδρύθηκε μια από τις διεθνείς επιτροπές του ICOMOS, η CIPA σε συνεργασία με την Διεθνή Ένωση Φωτογραμμετρίας και Τηλεπισκόπησης (ISPRS). Αρχικά ο στόχος της CIPA ήταν η μετάδοση της τεχνογνωσίας από τις επιστήμες των μετρήσεων στους επιστημονικούς κλάδους που είναι υπεύθυνοι για την καταγραφή και τεκμηρίωση των αρχιτεκτονικών (και μη) μνημείων. Οι δραστηριότητες της επιτροπής που υλοποιούνται στα

πλαίσια ομάδων εργασίας και ομάδων καθκόντων που καλύπτουν τις παρακάτω θεματικές περιοχές είναι, (ΚΛΕΨΥΔΡΑ, 2006):

- Καταγραφή, Τεκμηρίωση και Διαχείριση Πληροφοριών
- Πληροφοριακά Συστήματα Πολιτιστικής Κληρονομιάς
- Απλές Μέθοδοι Αρχιτεκτονικής Φωτογραμμετρίας
- Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας
- Αρχαιολογία
- Τοπογραφικές Μέθοδοι
- Φωτογραφία και Πολιτισμικά Τοπία

### 1.3 Μέθοδοι τεκμηρίωσης μνημείων

Με το πέρασμα των χρόνων αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι που οδηγούν στην αποτύπωση των μνημείων και γενικά οποιονδήποτε ανθρώπινων κατασκευών, πολλές από τις οποίες είναι εξέλιξη παλιότερων τεχνικών, με την μέθοδο νέας τεχνολογίας. Αυτές οι μέθοδοι είναι:

- ✓ Τοπομετρική.
- ✓ Τοπογραφική.
- ✓ Φωτογραμμετρική.
- ✓ Ανίχνευσης με χρήση τεχνικών σαρωτών λέιζερ.

#### 1.3.1 Τοπομετρική μέθοδος

Στα πλείστα κτίσματα πολιτιστικής κληρονομιάς, μικρού μεγέθους, η συνήθης μέθοδος αποτύπωσης που ακολουθείτε είναι η εμπειρική. Η συγκεκριμένη μέθοδος πραγματοποιείται με μηκομετρήσεις τριγώνων (τριπλευρισμός), διαγωνίων, πλευρών, αποκλίσεων και υψομετρικών διαφορών χρησιμοποιώντας το νήμα της στάθμης, το αλφαδολάστιχο, τη μετροταινία και τη σταδία. Αρχικά η καταγραφή γίνεται σε σκαρίφημα το οποίο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή απόδοση των σχεδίων καθώς δίνει σε μικρογραφία την πραγματική εικόνα του χώρο, σημειώνονται οι μετρούμενες διαστάσεις και με παραδοχές καθετότητας και τριπλευρισμού γίνεται η αποτύπωση.

Στη συνέχεια οι μετρήσεις καταχωρούνται σε ψηφιακή μορφή σε περιβάλλον σχεδίασης CAD. Οι μετρήσεις τοποθετούνται σε ένα αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων και

χωρίς να αποτυπώνεται η τρίτη διάσταση ταυτόχρονα. Έτσι η παραγωγή ενός 3D μοντέλου είναι δύσκολη, καθώς δεν είναι δυνατόν να προέλθει γνωρίζοντας μόνο την αρχή και έναν από τους δύο άξονες.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά της τοπομετρικής μεθόδου είναι:

**Πίνακας 1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα τοπομετρικής μεθόδου.**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Απλότητα των εμπειρικών μετρήσεων βοηθούν, όπου δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια ή δεν είναι δυνατή η μεταφορά οργάνων	Αδυναμία ελέγχου με κάποια επιστημονική μεθοδολογία με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η αντικειμενική αξιολόγηση της αποτύπωσης.
Δεν απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό	Απαιτούμενη άμεση προσπελασιμότητα των οργάνων
Απλά και φτηνά όργανα	Υποκειμενική σχέση αποτυπωτή με αντικείμενο



**Εικόνα 1. Παράδειγμα αποτύπωσης ρωμαϊκής γέφυρας στην Πάτρα με την τοπομετρική μέθοδο, χρήση νήματος στάθμης και μετροταινίας. Πηγή: Προσωπικό αρχείο**

### 1.3.2 Τοπογραφική Μέθοδος

Η τοπογραφική μέθοδος βασίζεται σε άμεσες μετρήσεις γωνιών και μήκων στο χώρο του αντικειμένου. Με την χρήση οργάνων υψηλής ακρίβειας, όπως είναι οι γεωδαιτικοί

σταθμοί, προσδιορίζονται οι οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες, καθώς και οι κεκλιμένες ή οριζόντιες αποστάσεις. Οι μέθοδοι για τον καθορισμό των θέσεων σημείων στο οριζόντιο επίπεδο είναι οι: Εμπροσθοτομία, Οπισθοτομία και οι Πολικές συντεταγμένες.

Αναγκαία προϋπόθεση για την χρήση της μεθόδου αυτής είναι η ίδρυση πολυγωνομετρικού ή τριγωνομετρικού δικτύου, από το οποίο εξαρτάται η όδευση. Με την εξάρτηση της αποτύπωσης από το πολυγωνομετρικό δίκτυο δίνεται η δυνατότητα της ένταξης των επιμέρους χώρων του μνημείου στο δίκτυο, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ακρίβεια των μετρήσεων (J.G.Olliver -J.Clendinning, 1978).

Βασικά πλεονεκτήματα της τοπογραφικής μεθόδου αποτελούν: η απόδοση ακρίβειας των σημείων, η αυτόματη καταγραφή των μετρήσεων, η ταχύτητα, ο προκαθορισμός ενός συστήματος αναφοράς βάσει του οποίου γίνεται ο προσδιορισμός των μετρήσεων, συνδυάζεται με άλλες μεθόδους αποτύπωσης (π.χ. φωτογραμμετρία) και η δυνατότητα επιστημονικού έλεγχου του αποτελέσματος.

### **1.3.3 Φωτογραμμετρική Μέθοδος**

Η Φωτογραμμετρία ξεκινάει από πολύ παλιά και αναπτύσσεται μέχρι και σήμερα με γοργούς ρυθμούς, καθώς είναι μια Τεχνική, Επιστήμη και Τέχνη, πολλά υποσχόμενη. Έτσι οι φωτογραφικές μέθοδοι εφαρμόζονται συχνά για την τεκμηρίωση μνημείων, καθώς έχουν την δυνατότητα: αποτύπωσης άπειρων σημείων χωρίς να διασπάται η συνέχεια του αντικειμένου από τμηματική και σημειακή διακριτοποίηση.

Μειονεκτήματα της φωτογραμμετρικής μεθόδου είναι ότι η εφαρμογή της γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό και εξοπλισμό. Απαιτούνται ειδικές συνθήκες φωτισμού και αυξημένη επεξεργασία των δεδομένων. Τέλος, το κόστος συλλογής δεδομένων είναι φτηνό, ενώ η επεξεργασία και η απόδοση είναι ακριβή.

### **1.3.4 Επίγεια σάρωση laser (laser scanning)**

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 εμφανίστηκαν τα πρώτα δείγματα χρήσης της τεχνολογίας laser για την μέτρηση των αποστάσεων, ωστόσο οι εφαρμογές της όπως το σαρωτή λέιζερ άργησαν να εμφανιστούν στην αγορά, με τα πρώτα εμπορικά laser scanner να κυκλοφορούν το 2005. Συγκεκριμένα κατά την διάρκεια των τελευταίων δύο ετών συναντάτε μεγάλη τεχνολογική πρόοδος στις εφαρμογές του σαρωτή laser, όπου καθιστούν δυνατή την εύκολη συλλογή πυκνών Ψηφιακών Μοντέλων Επιφανείας μεγάλης ακρίβειας και πυκνότητας σε λίγα μόλις λεπτά.

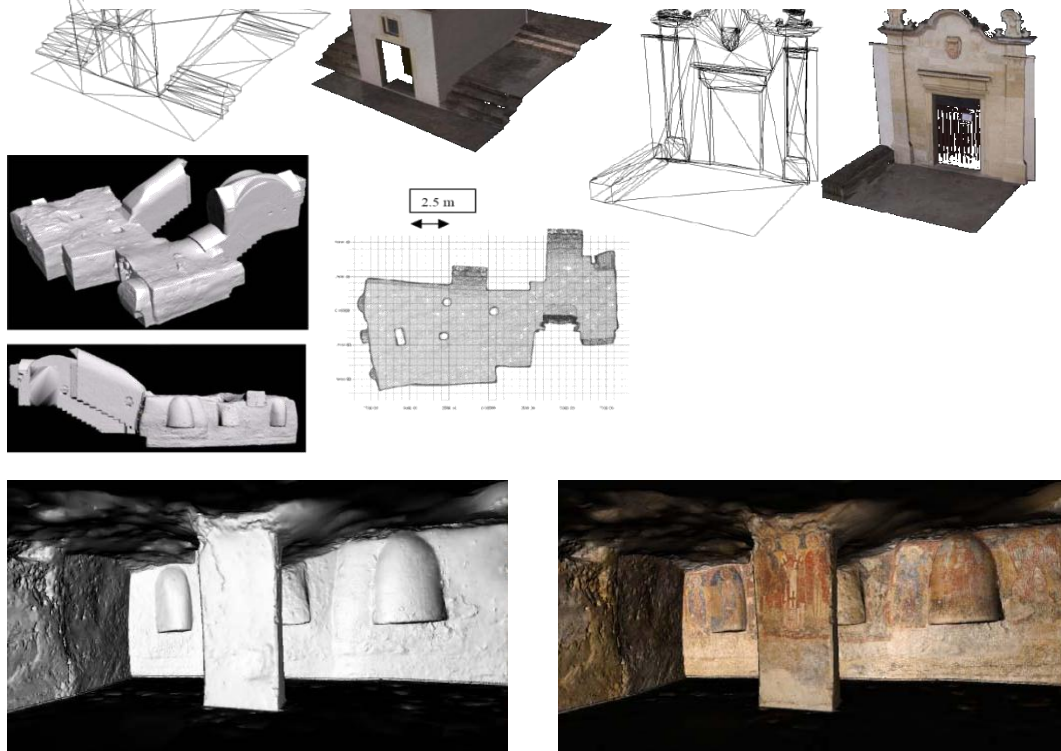


Η τεχνολογία του επίγειου σαρωτή laser βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε πάρα πολλούς τομείς που απαιτούν συλλογή δεδομένων με μεγάλη ταχύτητα και ακρίβεια. Ενδεικτικές εφαρμογές χρήσης του τρισδιάστατου σαρωτή είναι η αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων, αποτύπωση διατηρητέων κτιρίων ή μνημείων, αποτύπωση ορυχείων, σηράγγων, σπηλαίων, μεταλλείων κ.α., αποτύπωση ειδικών κατασκευών όπως για παράδειγμα κεραιών κινητής τηλεφωνίας, συλλογή δεδομένων και σχεδιασμός 3D μοντέλων, εργοστασιακών “ as - built ” εφαρμογών, 3D σχεδιασμός μοντέλων αεροσκαφών, πλοίων και οχημάτων (κατασκευή – επισκευή), εικονική πραγματικότητα, προσομοίωση, ειδικά effects, για σκοπούς εγκληματολογικής έρευνας, διερεύνησης ατυχημάτων και πολλές άλλες.

Μερικά παραδείγματα εφαρμογών του laser scanner είναι τα κάτωθι:



Εικόνα 2. Stonehenge, Αγγλία (The Stonehenge Landscape)



Εικόνα 3. Βυζαντινή κρύπτη Santa Cristina, Carpignano, Απουλία – Ιταλία, πηγή: (J-A Beraldin)



Εικόνα 4. : Οχυρωματικός πύργος, Markgrafneusiedel Αυστρία, πηγή: (Markgrafneusiedel ) <http://www.celtovation.at> (τελευταία επίσκεψη: 03/01/2011)

Ο επίγειος σαρωτής laser είναι ένα σύστημα μέτρησης απόστασης σε συνδυασμό με ένα κάτοπτρο ή σύστημα κατόπτρων για την εκτροπή της δέσμης του laser και την κατεύθυνση του προς το αντικείμενο αποτύπωσης. Το συγκεκριμένο σύστημα βασίζεται σε μια περιστρεφόμενη βάση κατά τον οριζόντιο άξονα με τρόπο που να είναι δυνατή η αποτύπωση σημείων σε 360° γύρω από αυτόν.

Σκοπός του επίγειου σαρωτή είναι η δημιουργία ενός νέφους σημείων τα οποία θα περιγράφουν τις επιφάνειες αντικειμένων. Όμως πρέπει να λαμβάνονται τα κάτωθι κριτήρια τα οποία έχουν καθοριστικό ρόλο στην διαδικασία λήψης δεδομένων.

- Χωρική ανάλυση
- Οπτικό εύρος
- Ταχύτητα καταγραφής δεδομένων
- Χρόνος λειτουργίας
- Βάρος και διαστάσεις συσκευής
- Ακρίβεια του συστήματος
- Φιλικό προς τον χρήστη
- Συνδυασμός με άλλες συσκευές (π.χ. GIS, φωτογραφικές μηχανές)

Σχετίζοντας τον γεωδαιτικό σταθμό με τον επίγειο σαρωτή laser εύκολα μπορούν να προσδιοριστούν τα πιθανά σφάλματα τα οποία μπορούν να εισέλθουν στις μετρήσεις μας, τα οποία είναι:

- Σφάλμα εκκεντρότητας
- Γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας και το υλικό κατασκευής της επιφάνειας
- Σφάλμα οριζόντιου άξονα
- Σφάλμα ευθυγράμμισης αξόνων

Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου laser scanning συγκριτικά με την οπτική είναι:

- Παρέχει ακριβέστερα προϊόντα με λιγότερο χρόνο επεξεργασίας δεδομένων.
- Πολύ μεγάλος όγκος πληροφοριών σε λίγο χρονικό διάστημα.
- Συνδυάζει την ακρίβεια της τοπογραφικής αποτύπωσης και την πληρότητα και της συνέχεια φωτογραμμετρικής αποτύπωσης.
- Παρέχουν την δυνατότητα μεταβλητής ανάλυσης εδάφους ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια του τελικού προϊόντος
- Παρέχει συνολική αποτύπωση των 3D αντικειμένων.
- Το κόστος αγοράς εξοπλισμού είναι μεγάλο ενώ το κόστος της αποτύπωσης μπορεί να είναι ιδιαίτερα χαμηλό λόγω του μειωμένου χρόνου παραμονής των ειδικευμένων επιστημόνων στο τόπο καταγραφής και του περιορισμένου αριθμού εργατωρών που απαιτούνται για τη δημιουργία του συνολικού 3D μοντέλου

#### **1.4 Επιλογή Μεθόδου τεκμηρίωσης**

Ανάλογα με την κλίμακα, την σημασία του μνημείου, τον σκοπό της μελέτης και την σχέση μεταξύ κόστους, χρόνου και ακρίβειας, γίνεται η επιλογή της μεθόδου που θα ακολουθηθεί για την τεκμηρίωση ενός μνημείου και κρίνεται ο βαθμός που θα επεκταθεί η κλίμακα της αποτύπωσης. Στις σύγχρονες μεθόδους τεκμηρίωσης το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι συνδυασμός των τριών μεθόδων που αναφέρθηκαν και μεταβάλλεται, το ποσοστό συμμετοχής της κάθε μεθόδου, ανάλογα με τις απαιτήσεις της τεκμηρίωσης.

Πίνακας 2. Ποσοστό συμμετοχής μεθόδων στην αποτύπωση μνημείου.

Είδος αποτύπωσης	Κλίμακα απόδοσης	Ποσοστό συμμετοχής της κάθε μεθόδου (%)	
		Τοπογραφικής	Τοπομετρική
Χαρτογράφηση συσχέτιση και εντοπισμός μνημείων και συνόλων με το γεωγραφικό χώρο.	1:50000 – 1:20000	10	-
Συσχέτιση μνημείων με τον περιβάλλοντα χώρο	1:10000 – 1:5000	20	10
Συσχέτιση στοιχείων με το εγγύς περιβάλλον	1:5000 – 1:500	90	10
Αντίληψη μνημείων, συσχέτιση με άμεσο περιβάλλον.	1:500 – 1:100	30	20
Λεπτομερειακή γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων	1:50 – 1:20	15	5
Αντικείμενο τέχνης μεγένθυσης	1:10 – 5:1	7	3

Πηγή: (STAIGER, 2003)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, δεδομένου των χαρακτηριστικών της κατασκευής προς αποτύπωση αλλά και την εξαγωγή συμπερασμάτων για την εκτίμηση της παθολογίας, έγινε χρήση των παρακάτω μεθόδων:

Πίνακας 3. Μέθοδοι εφαρμογής διπλωματικής εργασίας.

Μεθοδολογία	Εφαρμογή
Τοπογραφική	Δημιουργία κλειστής όδευσης (εξωτερικά-εσωτερικά του κτιρίου)
Χρήση σαρωτή λέιζερ	Εξωτερικά στην πρόσοψη του κτιρίου και στην κάτοψη της στέγης. Εσωτερικά στους τρεις κύριους χώρους της πρόσοψης του κτίσματος.

## 2 ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ

### 2.1 Φθορά δομικών υλικών από περιβαλλοντικούς παράγοντες

Η φθορά των δομικών υλικών μπορεί να είναι από πολύ βραδεία, ακολουθώντας τους ρυθμούς ενός γεωλογικού φαινομένου μέχρι και ταχύτατη, από την ρήξη όξινης βροχής. Η φθορά των δομικών υλικών από το περιβάλλον είναι ποικιλόμορφη και εξαρτάται από την αλληλεπίδραση των δομικών στοιχείων με το περιβάλλον. Οι παράγοντες των δομικών στοιχείων που συντελούν στον τρόπο φθοράς τους από το περιβάλλον είναι:

- το είδος και οι φυσικοχημικές ιδιότητες του δομικού υλικού
- η προέλευση του
- ο τρόπος παραγωγής του
- η αλληλεπίδραση και η συμβατότητα του με άλλα υλικά
- η κατανομή της μάζας του και η υφή του.

#### 2.1.1 Βιολογικοί παράγοντες φθοράς

Οι φθορές που προκαλούνται από τους μικροοργανισμούς και τα φυτά μπορεί να είναι χημικής ή μηχανικής φύσης.

Στους βιολογικούς παράγοντες μπορούν να συμπεριληφθούν τα βακτήρια, οι μύκητες, οι λυχνίες, τα φυτά και τα πουλιά (guano). Οι βιολογικοί παράγοντες παρουσιάζονται με την μορφή κρούστας στα δομικά υλικά και επηρεάζουν τόσο το περιεχόμενο της υγρασίας, όσο και την θερμοκρασία της επιφάνειας. Διαστολές και συστολές των οργανικών ουσιών προκαλούν επίσης μηχανική καταπόνηση των δομικών υλικών. Επίσης, τα βακτήρια προκαλούν διάβρωση, τόσο επιφανειακά όσο και εσωτερικά των δομικών υλικών, μέσω έκκρισης χημικών ουσιών και οξέων, συμπεριλαμβανομένου του θειικού οξέως.

Τα φυτά προκαλούν εκτενείς φθορές, καθώς ενισχύουν την κατακράτηση νερού στην επιφάνεια των υλικών, προκαλούν αποδιοργάνωση της μάζας και ταυτόχρονα μεταβάλλουν την θερμοκρασία των υλικών με το σύστημα ψύξης-απόψυξη (European Geosciences Union. General Assembly, 2007), (Michael Forsyth, 2008).

#### 2.1.2 Τα προβλήματα της υγρασίας στα κτίρια

Κύρια πηγή προβλημάτων στα δομικά έργα αποτελεί η υγρασία. Η επίδραση της υγρασίας έχει αρνητικές επιπτώσεις στις ιδιότητες των δομικών υλικών, στην υγιεινή του

χώρου και στην γενικότερη αισθητική της κατασκευής. Η παρουσία της υγρασίας σε μια κατασκευή αποτελεί αφετηρία για την δημιουργία πολλών τύπων βλαβών που θα παρουσιαστούν στην συνέχεια. Όταν το νερό εμπεριέχει επιβλαβή υλικά (π.χ. καυσαέρια), τότε ενισχύεται το καταστροφικό αποτέλεσμα της υγρασίας.

Οι συνηθέστεροι τρόποι εισόδου του νερού στις κατασκευές είναι:

- ✓ Υγρασία από φυσικά φαινόμενα (βροχή, χιόνι , χαλάζι)
- ✓ Υπέργεια νερά ( λιμνάζοντα και ρέοντα)
- ✓ Υγρασία του εδάφους
- ✓ Υπόγεια νερά (πηγές και διείσδυση θαλασσίων νερών)
- ✓ Υγρασία των εσωτερικών χώρων (συμπύκνωση υδρατμών αέρα ,νερά σωληνώσεων )

**Πίνακας 4. Τρόπος επίδρασης νερού στις κατασκευές.**

Μορφές νερού	Τρόπος επίδρασης	Επίδραση νερού		
		ως εξωτερικό νερό		ως εσωτερικό νερό
		Κάτω από επιφάνεια	Πάνω από επιφάνεια	
Υγρασία	με πίεση	εδάφους  Νερό υδατοφράγματος	εδάφους  Υπόγειο νερό	 Νερό δοχείου
	χωρίς πίεση	 Βροχή	 Νερό καταστάλαξης	 Νερό βρύσης
μη υγρασία		 Σύννεφο	 Υγρασία εδάφους	 Υδρατμός

Πηγή: (Μηλιωρίτσας, 1999)

### 2.1.3 Μορφές Υγρασίας

Η υγρασία είναι ένα πρόβλημα πολύ συνηθισμένο για τις κατασκευές. Παρακάτω θα επικεντρωθούμε στον τρόπο εμφάνισης της υγρασίας στα παλιά κτίρια και των επιπτώσεων της σε αυτά.

#### 2.1.3.1 Ανύψωση δια του εδάφους.

Η συγκέντρωση της υγρασίας στις τοιχοποιίες οφείλεται στο φαινόμενο της ώσμωσης, κατά την οποία υπάρχει κίνηση από το υλικό με μικρότερη συγκέντρωση αλάτων σε αυτό με υψηλότερη. Έτσι, διαμέσου των τριχοειδών αγγείων και λόγω της διαφοράς ηλεκτρικού δυναμικού το νερό ανεβαίνει από το έδαφος προς την τοιχοποιία, εκτός αν βρει υδρομονωτική στρώση. Το ποσοστό της υγρασίας που διεισδύει στην τοιχοποιία εξαρτάται από:

- τον τρόπο κατασκευής και τα μέτρα προστασία που είχαν ληφθεί κατά την κατασκευή του κτιρίου για την αντιμετώπιση του φαινομένου.
- την παρουσία αλάτων στα δομικά υλικά.
- το μέγεθος και το πορώδες – την διαπερατότητα των δομικών υλικών.

Αυτός ο τύπος υγρασίας προσβάλλει αρχικά τα κατώτερα σημεία της τοιχοποιίας και ανεβαίνει προς τα πάνω. Στις περιοχές που έχουμε την συγκέντρωση υδροσκοπικών αλάτων η επιφάνεια είναι υγρή με μορφή κηλίδας και συχνά παρουσιάζεται μούχλα.

#### 2.1.3.2 Υγρασία συμπύκνωσης

Η συμπύκνωση είναι η διεργασία της μετατροπής του νερού από την αέρια στην υγρή μορφή. Ο ατμοσφαιρικός αέρας έχει την δυνατότητα να περιέχει ένα ανώτατο όριο σε νερό σε αέρια μορφή, το όριο κορεσμού, το οποίο αυξάνεται με τη θερμοκρασία. Σαν αποτέλεσμα, αν οι υδρατμοί υπερβούν το όριο κορεσμού ή αν ψυχθεί μια αέρια μάζα και μειωθεί το όριο κορεσμού, τότε οι πλεονάζοντες υδρατμοί υδροποιούνται σχηματίζοντας σε μικροσκοπικό επίπεδο σταγονίδια (USGS,2011).

Στις κατασκευές η συμπύκνωση συμβαίνει όταν η πίεση στο εσωτερικό των χώρων αυξάνεται σημαντικά. Ανάλογα με την αιτία που προκαλεί την συμπύκνωση τη διακρίνουμε σε:

- Χειμερινή, οφείλεται στους θερμούς και υγρούς ανέμους αλλά και στην εξάτμιση της υγρασίας που βρίσκεται στους τοίχους και τα δάπεδα των κτιρίων ανερχόμενη από το έδαφος.



- Εαρινή και θερινή, οφείλεται στην συμπύκνωση του αέρα όταν αυτός εισέρχεται σε ψυχρούς χώρους.
- Υγρασία προκαλούμενη από τους ανθρώπους, προκαλείται από την αναπνοή των ανθρώπων στους κλειστούς χώρους.
- Υγρασία προκαλούμενη από υγρούς χώρους, μερικά παραδείγματα είναι οι χώροι του μπάνιου, της κουζίνας κ.λ.π

### **2.1.3.3 Υγρασία λόγω ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων**

Ο κυριότερος τρόπος με τον οποίον το νερό της ατμόσφαιρας οδηγείται στο έδαφος είναι οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, υπό μορφή βροχής, χιονόνερου, χιονιού ή χαλαζιού. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα σε συνδυασμό με την ώθηση του ανέμου διεισδύουν στην τοιχοποιία και ο βαθμός διεισδυτικότητας εξαρτάται από το είδος του δομικού υλικού της τοιχοποιίας και την πίεση του αέρα (Μηλιωρίτσα, 1999).

### **2.1.3.4 Υγρασία λόγω κακής συντήρησης - κακοτεχνιών**

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα κτίρια στα οποία δεν λήφθηκαν τα κατάλληλα μέτρα, κατά την κατασκευή του κτιρίου ή δεν υπήρχαν τα κατάλληλα υλικά και οι μέθοδοι αντιμετώπισης της υγρασίας, γεγονός που ήταν αναπόφευκτό στα διατηρητέα κτίρια. Επίσης, η ελλιπής συντήρηση αποτελεί ίσως τον κύριο παράγοντα ανάπτυξης του φαινομένου της υγρασίας, καθώς το νερό διεισδύει ευκολότερα στο εσωτερικό του κτιρίου και το φθείρει. Απλό και συχνό παράδειγμα κακής συντήρησης αποτελεί η μη σφράγιση των ανοιγμάτων ενός εγκαταλελειμμένου κτιρίου που έχει ως άμεσο αποτέλεσμα το νερό να εισχωρεί σε μεγάλες ποσότητες από αυτά και να προκαλεί εκτεταμένες βλάβες.

### **2.1.4 Επιπτώσεις της υγρασίας στις κατασκευές**

Η διείσδυση της υγρασίας πραγματοποιείται στα δομικά υλικά είτε υπό υγρή μορφή είτε υπό την αέρια με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται βλάβες στο κτίριο, οι οποίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

➤ Βλάβες ελαφριάς μορφής, των οποίων η αποκατάσταση γίνεται εύκολα και με μικρό κόστος. Σε αυτή την κατηγορία βλαβών ανήκουν οι μύκητες οι λειχήνες και γενικά οτιδήποτε είναι επιφανειακά της κατασκευής.



➤ Βλάβες βαριάς μορφής, οι οποίες προκαλούν εκτεταμένες - ανεπανόρθωτες φθορές στο κτίριο και η αποκατάστασή τους απαιτεί υψηλό κόστος. Αυτού του τύπου βλάβες είναι οι βαθιές ρωγμές, οι υποχωρήσεις του υπεδάφους κ.α.

Αναλυτικότερα οι συνηθέστερες φθορές που παρατηρούνται στις κτίρια είναι:

- Αποσάθρωση δομικών υλικών. Οφείλεται στην διείσδυση νερού, στη διόγκωση των περιεκτικών σε άργιλο ορυκτών, καθώς και σε εκτινάξεις λόγω του σχηματισμού αλάτων ή παγετού με αποτέλεσμα τον θρυμματισμό των πετρωμάτων. Η επίδραση της υγρασίας μεταβάλλεται ανάλογα με την σύσταση των δομικών υλικών. Για παράδειγμα η γύψος φθείρεται σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι ο λίθος.

- Εμφάνιση κηλίδων. Προέρχονται από την μεταφορά αλάτων στην επιφάνεια της κατασκευής. Τα άλατα μεταφέρονται από το νερό, το οποίο όταν φτάσει στην επιφάνεια εξατμίζεται, δημιουργώντας κηλίδες. Επίσης στις τοιχοποιίες από λίθο παρατηρείται το φαινόμενο δημιουργίας κρούστας που οφείλεται στην περιεκτικότητα των λίθων σε ασβέστιο, το οποίο γίνεται γύψος όταν έρθει σε επαφή με διοξείδιο του θείου. Η κρούστα αυτή συμπυκνώνεται λόγω της επαναλαμβανόμενης αποκρυστάλλωσης με αποτέλεσμα να δημιουργείτε φλούδα η οποία εύκολα καταστρέφεται.

- Αποφλοιώσεις – αποκολλήσεις – διογκώσεις.

- Χημικές οξειδώσεις και διαβρώσεις. Φθορές και μείωση των αντοχών προκαλούνται λόγω της αλληλεπίδρασης των οξειδίων και αλάτων που βρίσκονται στο νερό μαζί με ορισμένα συστατικά των δομικών υλικών.

- Αποχρωματισμοί επιφανειών. Οι χημικές αντιδράσεις των οξειδίων που προαναφέρθηκαν προσβάλλουν τις επιφάνειες της κατασκευής δημιουργώντας αποχρωματισμούς - χρωματισμούς

- Θραύσεις και ρηγματώσεις Η πυκνότητα του νερού είναι διαφορετική σε διάφορες θερμοκρασίες (υγρή μορφή στο 4ο C: 1.0000 gr/cm<sup>3</sup> και στη στερεή μορφή - πάγος: 0.9164gr/cm<sup>3</sup>). Για αυτό το λόγο και ο όγκος του νερού δεν είναι σταθερός και αυξομειώνεται περίπου 10%. Αυτή η αύξηση του όγκου του νερού στους εγκλωβισμένους πόρους των υλικών, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τάσεων που οδηγούν στην ρηγμάτωση και στη θραύση.

- Μείωση θερμομονωτικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών. Η θερμομονωτική ικανότητα των δομικών υλικών οφείλεται κατά κύριο λόγο στο κενό αέρα που υπάρχει στο εσωτερικό τους. Με την υγρασία τα κενά αέρα σταδιακά αντικαθίστανται με νερό με

αποτελέσει η θερμομονωτική τους ικανότητα να μειώνεται αισθητά, καθώς το νερό έχει 24 φορές μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα από τον αέρα (Michael Forsyth, 2008).

ο Λυχνίες – Μούχλα: Το νερό τροφοδοτεί την ανάπτυξη τους με αποτέλεσμα να προκαλούνται προβλήματα που προαναφέρθηκαν στους βιολογικούς παράγοντες φθοράς.

### **2.1.5 Θερμοκρασιακές Μεταβολές**

Τα δομικά υλικά κατασκευής ενός κτιρίου έχουν διαφορετικούς θερμικούς συντελεστές διαστολής και αγωγιμότητας. Έτσι με τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας τα υλικά συμπεριφέρονται κατά διαφορετικό τρόπο με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μηχανικές τάσεις.

Χαρακτηριστικό των λίθων είναι ο χαμηλός συντελεστής θερμικής διαστολής, έτσι προκύπτει υψηλό θερμοκρασιακό δυναμικό ανάμεσα στην ευθετημένη επιφάνεια και στην εσωτερική μάζα. Σε τέτοιες περιπτώσεις αναπτύσσονται διατμητικές τάσεις που συνήθως οδηγούν σε ρηγματώσεις. Η ρηγμάτωση εκδηλώνεται κάθετα της διεύθυνσης της θερμοκρασιακής κλίσης ή κατά μήκος των ισοθερμικών επιφανειών (Michael Forsyth, 2008), (W.Winkler, 1975).

## **2.2 Εφαρμογή μη ενδεδειγμένων μεθόδων αποκατάστασης κτιρίων**

Πολλές φορές οι λανθασμένες τεχνικές αποκατάστασης των κατασκευών οδηγούν σε όξυνση των προβλημάτων και αύξηση της ταχύτητας των περιβαλλοντικών δράσεων. Για παράδειγμα, τα τρία τέταρτα του εικοστού αιώνα για την ενίσχυση φέρουσας λίθινης τοιχοποιίας χρησιμοποιούνταν σκυρόδεμα τύπου Portland, καθώς ήταν υλικό ισχυρό και εύκολο στη χρήση του. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το εγκιβωτισμένο πέτρωμα να μην “αναπνέει” και να προκαλείται σταδιακή συσσώρευση αλάτων και αύξηση της εσωτερικής υγρασίας στην τοιχοποιία. Έτσι προκαλούνταν σοβαρές βλάβες τόσο στην επιφάνεια όσο και στο εσωτερικό των λίθων.

## **2.3 Καθιζήσεις**

Οι καθιζήσεις οφείλονται στις πρόσθετες τάσεις ( $\Delta\sigma$ ) και υπερπιέσεις πόρων ( $\Delta u$ ) που αναπτύσσονται στο έδαφος λόγω των φορτίων της κατασκευής. Όταν οι καθιζήσεις ξεπεράσουν τα μέγιστα αποδεκτά όρια τότε προκαλούν σοβαρές βλάβες στα κτίρια και πολλές φορές πολύ δύσκολα αναστρέψιμες.

Τα είδη των καθιζήσεων και τα αίτια που τις προκαλούν είναι:

- Άμεσες καθιζήσεις.
- Καθιζήσεις λόγω στερεοποίησης
- Ερπυστικές
- Καθίωση λόγω «συνίωσης»
- Ανύψωση (αρνητική καθίωση)
- Καθίωση λόγω κατάρρευσης της δομής ευαίσθητων εδαφών (Σημειώσεις Θεμελιώσεων ΠΟΜ ΤΕΠΑΚ)

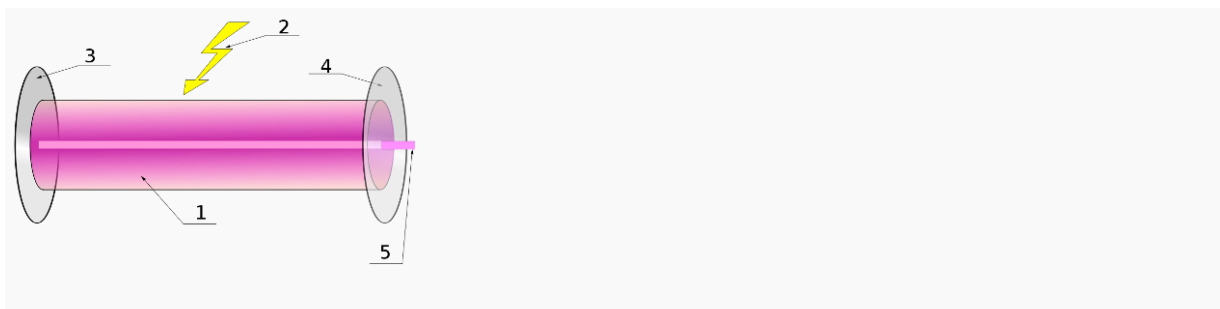
### 3 ΕΠΙΓΕΙΟΙ ΣΑΡΩΤΕΣ (Laser scanner)

#### 3.1 Ορισμός "Laser".

Ο όρος λέιζερ προέρχεται από το αγγλικό ακρωνύμιο Laser: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, που αποδίδεται στα ελληνικά ως ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας.

Οι πηγές Laser παράγουν σύμφωνο, μονοχρωματικό φως (δηλαδή φως με συγκεκριμένο μήκος κύματος) το οποίο διαδίδεται σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, σχηματίζοντας στενές δέσμες (Wikipedia, 2010). Η λέξη laser χρησιμοποιείται τόσο για συχνότητες στην ορατή περιοχή όσο και για κάθε συχνότητα που εμπίπτει στο μακρό ή κοντινό υπέρυθρο, στο υπεριώδες, και ακόμα στην περιοχή των ακτίνων X.

Για να κατασκευασθεί ένας ταλαντωτής για την παραγωγή laser είναι αναγκαίο να εισαχθεί μια κατάλληλη θετική ανάδραση. Στη μικροκυματική αυτό γίνεται βάζοντας το ενεργό υλικό σε μια συντονιστική κοιλότητα που συντονίζεται στη συχνότητα  $\nu$ . Στην περίπτωση ενός laser η ανάδραση πετυχαίνεται βάζοντας το ενεργό υλικό μεταξύ δύο κατόπτρων μεγάλης ανακλαστικότητας. Τότε ένα επίπεδο ηλεκτρομαγνητικό κύμα πηγαινοέρχεται μεταξύ των δύο κατόπτρων και ενισχύεται σε κάθε διέλευσή του από το ενεργό υλικό. Όταν ένα από τα δύο κάτοπτρα είναι μερικά διαπερατό μια χρήσιμη δέσμη εξάγεται (εικόνα 5)



Εικόνα 5. Αρχή λειτουργίας λέιζερ. Πηγή: (Wikipedia, 2010)

Αρχή λειτουργίας του Laser:

1. Ενεργό υλικό του laser
2. Προσφερόμενη ενέργεια άντλησης
3. Υψηλής ανακλαστικότητας κάτοπτρο
4. Διάταξη εξόδου δέσμης
5. Δέσμη Laser

Η δέσμη του laser είναι σχεδόν απόλυτα ευθυγραμμισμένη, δηλαδή δεν αποκλίνει. Παρόλα αυτά, τέλεια ευθυγραμμισμένη δέσμη δεν μπορεί να υπάρξει λόγω περίθλασης. Για παράδειγμα, μια δέσμη με αρχική διάμετρο 2 mm, που δημιουργείται από ένα μικρό εργαστηριακό laser (όπως ένα laser Ηλίου-Νέου), αποκλίνει αποκτώντας διάμετρο 1,6 χιλιόμετρα, όταν διανύσει απόσταση ίση με αυτή της γης-σελήνης (Wikipedia, 2010).

Τα laser παράγουν συνεχές κύμα ή παλμό. Στα πρώτα η διέγερση παρέχεται με σταθερή ισχύ στο ενεργό μέσο και όταν το σύστημα φτάσει σε “σταθερή” κατάσταση παράγεται ακτίνα συνεχούς κύματος. Στα laser παλμού ο μηχανισμός διέγερσης παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια σε παλμούς μικρής διάρκειας. Η ισχύς εξόδου αυξομειώνεται γρήγορα προκαλώντας μια “έκρηξη” φωτός. Τα laser παλμού έχουν μια επαναληπτική συχνότητα, η οποία καθορίζει τη ταχύτητα συλλογής δεδομένων, ενώ η διάρκεια του παλμού καθορίζει την ανάλυση.

Η έξοδος των παλμικών laser περιγράφεται με την ενέργεια του παλμού σε Joules, η μέγιστη ισχύς εξόδου υπολογίζεται από το πηλίκο: ενέργεια εξόδου / διάρκεια παλμού και η ισχύς εξόδου ενός laser συνεχούς κύματος μετριέται σε Watt (ενέργεια στη μονάδα χρόνου). (Αποστολόπουλος, 2010,σελ.32).

### **3.2 Μέθοδοι Μέτρησης με Επίγειο Σαρωτή – Τοπογραφική Μέθοδος**

Η αρχή λειτουργίας των επίγειων σαρωτών laser είναι ίδια με αυτή των γεωδαιτικών σταθμών. Βασίζονται στην εκπομπή μιας δέσμης ακτινοβολίας, μεγαλύτερη από 1000Hz, ώστε να υπολογίζεται η απόσταση, ενώ η οριζόντια και κάθετη ακτινοβολία προκύπτει από το εσωτερικό σύστημα αναφοράς του σαρωτή. Οι κατηγορίες των επίγειων σαρωτών ανήκουν στα ενεργά συστήματα καθώς αποστέλλουν δέσμη λέιζερ την οποία και λαμβάνουν πίσω. Ο βασικός διαχωρισμός των επίγειων σαρωτών σε κατηγορίες γίνεται αναλόγως με τον τρόπο που μετρούν τις αποστάσεις.

#### **3.2.1 Μέθοδος Time of flight**

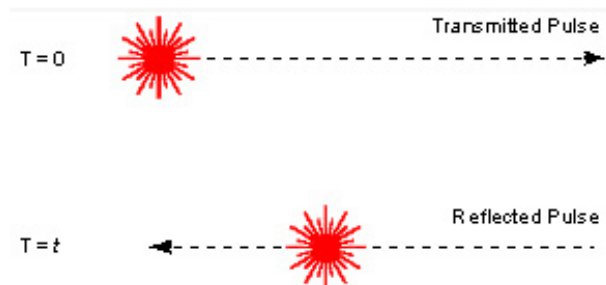
Ένας τύπος επίγειου σαρωτή υπολογίζει την απόσταση μετρώντας τον χρόνο που χρειάζεται η δέσμη ακτινοβολίας να διανύσει την απόσταση έως το σημείο πρόσπτωσης της ακτίνας στο υπό εξέταση αντικείμενο. Γι'αυτό τον λόγο η ονομασία της μεθόδου είναι time of flight. Γνωρίζοντας τον χρόνο που χρειάζεται να ταξιδέψει η ακτινοβολία υπολογίζεται και η

απόσταση σύμφωνα με τον τύπο:  $s = \frac{c \cdot t}{2}$ , όπου  $s$  η απόσταση μεταξύ laser scanner και αντικειμένου και  $c$  η ταχύτητα φωτός.

Προφανές είναι ότι η ακρίβεια ενός τρισδιάστατου laser σαρωτή εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία είναι εφικτή η μέτρηση του χρόνου  $t$ . Ο χρόνος που χρειάζεται το φως για να διανύσει απόσταση ενός χιλιοστού είναι περίπου 3.3 picosecond.

Ο σαρωτής αυτός ανιχνεύει την απόσταση ενός σημείου μόνο κατά τη διεύθυνση εκπομπής. Επομένως, η σάρωση ολόκληρης της επιφάνειας απαιτεί την εκτροπή της δέσμης laser για τη σάρωση του κάθε σημείου. Η εκτροπή του μετρητή απόστασης πραγματοποιείται είτε περιστρέφοντας τον ίδιο, είτε χρησιμοποιώντας ένα σύστημα περιστρεφόμενων κατόπτρων.

Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι και η πιο συνήθης, επειδή οι καθρέπτες που εκπέμπουν την ακτινοβολία είναι ελαφρύτεροι και μπορούν έτσι να περιστρέφονται γρηγορότερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Στο laser scanner η ακρίβεια που προσφέρει είναι αντίστοιχη του μήκους της απόστασης που μετράται και σε μια τυπική διάρκεια περιστροφής 1 sec μετρούνται 10.000 έως 100.000 σημεία (Vosselman, 2010).



Εικόνα 6. Μέθοδος time of flight (Διαφορά χρόνου ακτίνας εκπομπής - λήψης). Πηγή: (Satyaprakash, 2007)

### 3.2.2 Μέθοδος Διαφορά φάσης

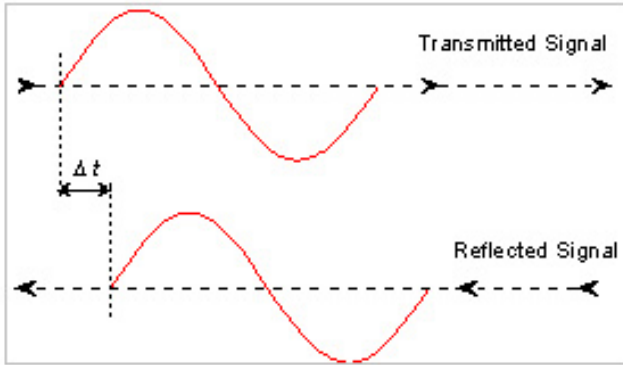
Το συνεχές κύμα που εκπέμπεται από το laser scanner διαμορφώνεται κατά το πλάτος από αρμονικό κύμα μήκους μερικών δεκάδων μέτρων. Η ακτίνα εκπέμπεται και επιστρέφει στο laser scanner όπου και απορροφάται από μια φωτοδίοδο στην οποία συγκρίνεται η διαφορά φάσης μεταξύ του εκπεμπόμενου και λαμβανόμενου σήματος και εξαρτάται από τη συχνότητα διαμόρφωσης και την απόσταση του σαρωτή από το αντικείμενο. Ο χρόνος της

διαφοράς φάσης δίδεται από τη σχέση:  $t = \frac{\phi}{2\pi} * T$

όπου,  $t$  ο χρόνος μετάβασης-επιστροφής,  $\Phi$  η διαφορά φάσης και  $T$  η χρονική διάρκεια του μήκους κύματος.

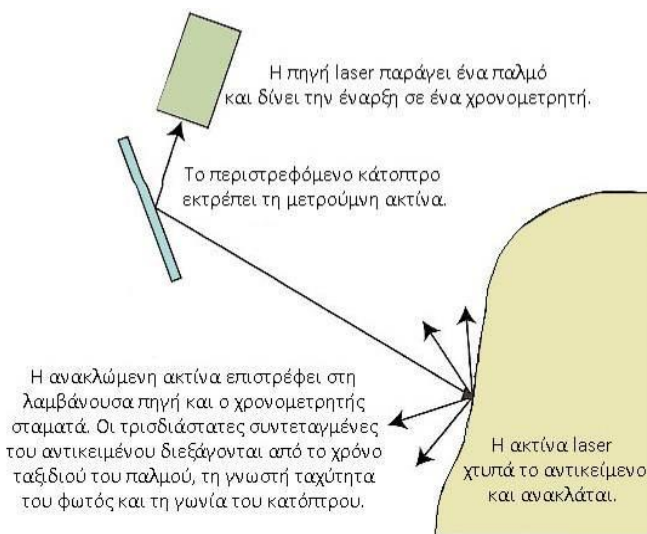
$$R = \frac{1}{2} * c * t = \frac{1}{2} * \left(\frac{c}{f}\right) * \left(\frac{\Phi}{2\pi}\right)$$

όπου,  $f$  είναι η συχνότητα του διαμορφωμένου κύματος



Εικόνα 7. Διαφορά φάσης ακτίνας εκπομπής – λήψης. Πηγή: (Satyaprakash, 2007)

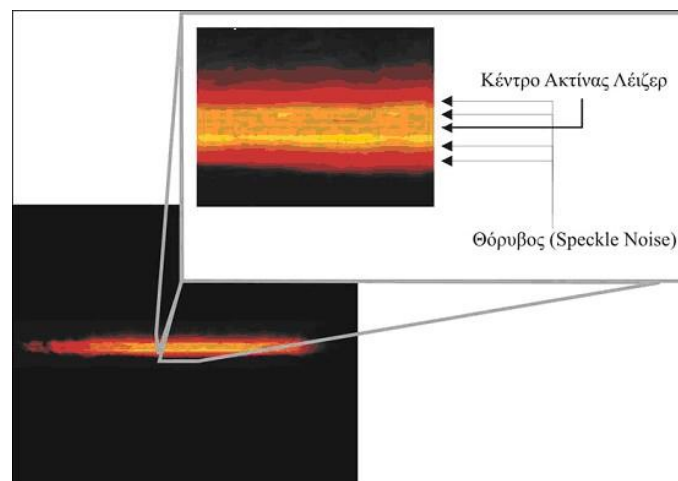
Επειδή σε αυτήν την μέθοδο απαιτείται καλό σήμα επιστροφής στον επίγειο σαρωτή, εισάγεται ένας περιορισμός κατά τον οποίο η απόσταση μέτρησης δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 120 m ενώ η ακρίβεια αυτού του συστήματος είναι της τάξης των μερικών χιλιοστών. Έτσι η εμβέλεια των σαρωτών που χρησιμοποιούν την παραπάνω μέθοδο μειώνεται και αυξάνεται η τάση για χονδροειδή σφάλματα (Satyaprakash, 2007), (Wikipedia, 3D scanner, 2011).



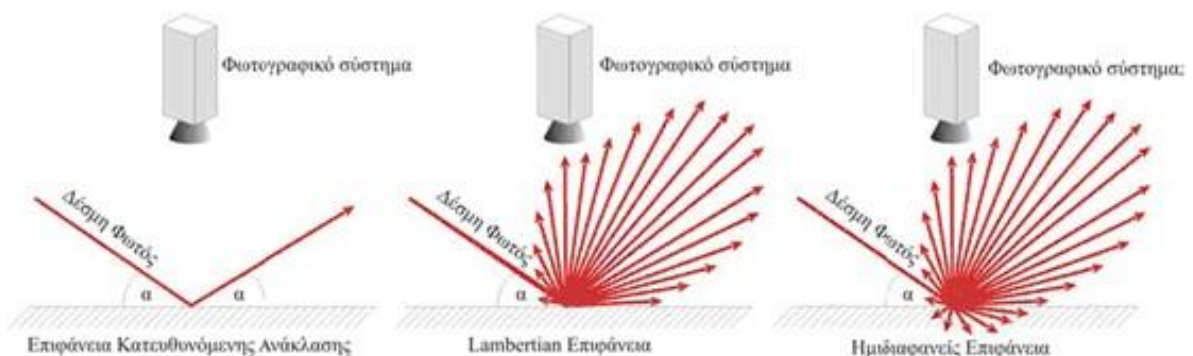
Εικόνα 8. Αρχή σαρωτή μέτρησης απόστασης. Πηγή: (Satyaprakash, 2007)

### 3.3 Το φαινόμενο του θορύβου

Πολλές φορές κατά την σάρωση ενός αντικειμένου με το laser scanner παρατηρείται το φαινόμενο του θορύβου, ο οποίος μέσω της ακτίνας μεταφέρεται και στα τελικά αποτελέσματα των μετρήσεων με αποτέλεσμα να επιβάλλουν την χρήση φίλτρων ομαλοποίησης (smoothing) και απλοποίησης (simplification). Ο θόρυβος παρουσιάζεται στο νέφος υπό την μορφή σημείων που ενώ θα έπρεπε να βρίσκονται πάνω στο ίδιο νοητό επίπεδο, ενώ αυτά αποκλίνουν προς τυχαίες διευθύνσεις γύρω από αυτό. Συγκεκριμένα, η δέσμη φωτός σε ένα σημείο έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση καταστροφικών παρεμβολών που περιορίζουν τη δυνατότητα ανάκτησης της δέσμης από τους οπτικούς αισθητήρες. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό και ως speckle effect και εμφανίζεται με την μορφή τυχαίας διάχυσης της δέσμης. Επίσης ο θόρυβος επηρεάζεται από την επιφάνεια του αντικειμένου και κυρίως από την τραχύτητα του.



Εικόνα 9. Διάχυση ακτίνας laser και δημιουργία θορύβου. Πηγή: (ΚΛΕΨΥΔΡΑ, 2006)



Εικόνα 10. Τρόποι αντανάκλασης δέσμης φωτός. Πηγή: (ΚΛΕΨΥΔΡΑ, 2006)



Σε μια ημιδιαφανή επιφάνεια το φως, ανάλογο της ισχύος του, διεισδύει μέσα στα υποστρώματα του αντικειμένου με αποτέλεσμα να διαχέεται και να δημιουργεί διασκορπισμό. Στην ημιδιαφανή επιφάνεια το οπτικό σύστημα του σαρωτή συλλέγει πλήθος από ανακλάσεις φωτός που περιέχουν κορυφές. Αν η ένταση της δέσμης μειωθεί, ο θόρυβος γίνεται ακόμα πιο εμφανής και αυτό μειώνει περισσότερο την ποιότητα ανακατασκευής του τρισδιάστατου μοντέλου (Cortelazzo & Marton, 1999). Γενικά, θόρυβος στα δεδομένα εμφανίζεται όταν:

- η ανακλαστικότητα της επιφάνειας ποικίλει και μεταβάλλεται
- η γεωμετρία της επιφάνειας παρεκκλίνει έντονα από επίπεδο σε επίπεδο
- η πορεία της δέσμης φωτός μέχρι τον αισθητήρα παρεμποδίζεται
- η τραχύτητα της επιφάνειας προκαλεί θόρυβο στην δέσμη φωτός

(ΚΛΕΨΥΔΡΑ, 2006)

Σε πειραματική διαδικασία εφαρμογής του laser σε διάφορες επιφάνειες και υπό διαφορετική κλίση, μελετήθηκε το φαινόμενο του θορύβου (Εικόνες 11,12,13)



**Εικόνα 12** Πρόσπτωση ακτίνας laser σε επιφάνεια υπό γωνία. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.



**Εικόνα 11.** Κάθετη πρόσπτωση ακτίνας laser σε επιφάνεια. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.



**Εικόνα 13.** Υπό γωνία πρόσπτωση ακτίνας laser σε γωνιακή επιφάνεια. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.

Συνήθως, το σχήμα της εκπεμπόμενης ακτίνας laser, που δημιουργείται πάνω στην προσπίπτουσα επιφάνεια, είναι ακανόνιστο. Έτσι, ο προσδιορισμός του σημείου γίνεται με υπολογισμό του κέντρου βάρους της προσπίπτουσας επιφάνειας του laser.

Ο προσδιορισμός κέντρου βάρους ακανόνιστου σχήματος γίνεται με των αριθμητικό υπολογισμό των ολοκληρωμάτων των εξισώσεων που ακολουθούν.

$$\bar{x} = \frac{S_y}{A} = \frac{\int x dA}{\int dA} \quad (\text{εξίσωση 1}) \qquad \bar{y} = \frac{S_x}{A} = \frac{\int y dA}{\int dA} \quad (\text{εξίσωση 2})$$

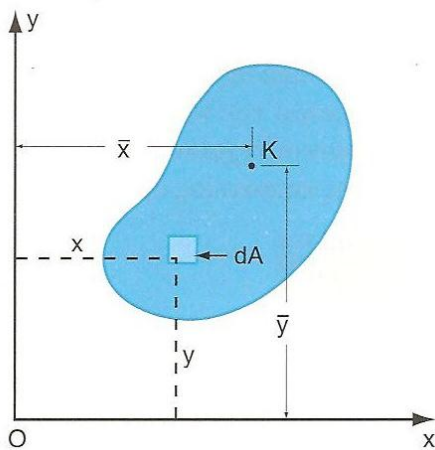
Όπου  $\bar{x}$  και  $\bar{y}$  οι συντεταγμένες του κέντρου K

Οι  $S_x$ ,  $S_y$  είναι οι στατικές ή πρώτες ροπές της επιφάνειας ως προς τους άξονες x και y και ορίζονται αντίστοιχα ως:

$$S_x = \int y dA \quad (\text{εξίσωση 3}) \qquad S_y = \int x dA \quad (\text{εξίσωση 4})$$

Το εμβαδόν της επιφάνειας ορίζεται από το ολοκλήρωμα:

$$A = \int dA \quad (\text{εξίσωση 5})$$



**Εικόνα 14.** Επίπεδη επιφάνεια τυχαίου σχήματος με κέντρο K.

Πηγή; (Ευριπίδης Παπαμίχος - Νίκος Χ.Χαραλαμπίκης, 2006).

Οι στατικές ροπές μπορούν να είναι θετικές ή αρνητικές ανάλογα με τη θέση των αξόνων x και y και έχουν διαστάσεις μήκους στην τρίτη δύναμη (π.χ.  $m^3$  ή  $cm^3$ )

Μια απλούστερη μέθοδος προσδιορισμού ενός ακανόνιστου σχήματος είναι να χωριστεί η επιφάνεια σε μικρά στοιχεία και να αντικατασταθούν οι ολοκληρώσεις με αθροίσματα. Έστω ότι συμβολίζεται  $A_i$  η επιφάνεια του  $i$  στοιχείου, και  $\bar{x}_i$  και  $\bar{y}_i$  οι  $x$  και  $y$  συντεταγμένες του κέντρου του, τότε οι συντεταγμένες του κέντρου της επιφάνειας είναι:

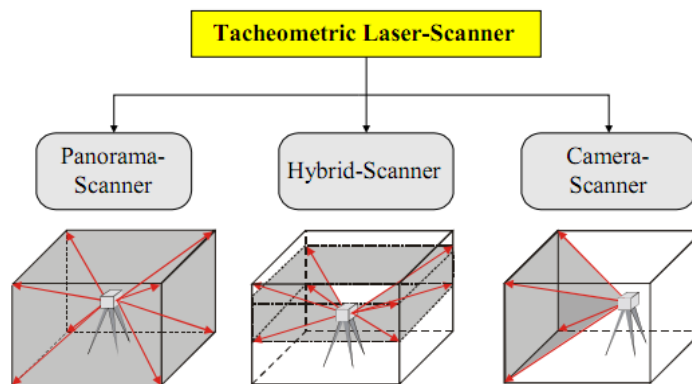
$$\bar{x} = \frac{S_y}{A} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{x}_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{εξίσωση 6}) \quad \bar{y} = \frac{S_x}{A} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{εξίσωση 7})$$

Όπου  $n$  ο συνολικός αριθμός των στοιχείων. Η ακρίβεια των  $\bar{x}$  και  $\bar{y}$  εξαρτάται από το κατά πόσο πιστά ταιριάζουν τα στοιχεία στην πραγματική επιφάνεια. Σε περίπτωση που ταιριάζουν απόλυτα, τότε τα αποτελέσματα είναι απόλυτα ακριβή (Ευριπίδης Παπαμίχος - Νίκος Χ.Χαραλαμπίδης, Αντοχή των υλικών, 2006).

### 3.4 Κατηγοριοποίηση σαρωτών laser

Αναφορικά με το οπτικό πεδίο του κάθε Scanner έχουμε πάλι 3 κατηγορίες :

- ❖ Πανοραμικός σαρωτής (Panorama scanner) : Το οπτικό πεδίο του οποίου περιορίζεται μόνο από το ίδιο το όργανο και τον τρίποδα
- ❖ Υβριδικός σαρωτής (Hybrid Scanner) : Ο ένας άξονας περιστροφής του οργάνου είναι χωρίς περιορισμούς, συνήθως ο οριζόντιος, επιτρέποντας το όργανο να περιστρέφεται κατά  $360^\circ$  ενώ ο κατακόρυφος άξονας λόγω της ύπαρξης των κατόπτρων είναι σταθερός με περιορισμένο οπτικό πεδίο  $60^\circ$ .
- ❖ Σαρωτής – Κάμερα (Camera scanner) : Το οπτικό πεδίο αυτών είναι περιορισμένο π.χ.  $40^\circ * 40^\circ$  παρόμοιο με αυτό της φωτογραφικής μηχανής.



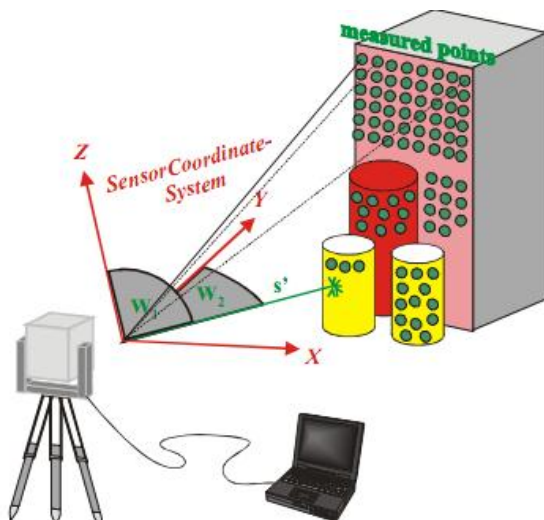
Εικόνα 15. Διαφορετικοί τύποι σαρωτών λέιζερ. Πηγή: (STAIGER, 2003)

### 3.5 Λειτουργία Επίγειου Σαρωτή laser

Βασική λειτουργία του επίγειου σαρωτή είναι η συλλογή δεδομένων από μια συγκεκριμένη περιοχή ή ένα αντικείμενο ενδιαφέροντος. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση ακτινοβολίας που σαρώνει το υπό εξέταση αντικείμενο και καταγράφει τις συντεταγμένες του X,Y,Z σε ένα τοπικό σύστημα αναφοράς. Επίσης καταγράφεται και η ένταση της ανακλώμενης ακτινοβολίας που επιστρέφει από το αντικείμενο, η οποία αναφέρεται συνήθως ως η τέταρτη διάσταση καθώς συχνά χρησιμοποιείται για να διευκολύνει την απεικόνιση πυκνών και πολύπλοκων νεφών σημείων.

Για να εξασφαλιστεί η πλήρης κάλυψη του προς αποτύπωση αντικειμένου, κατασκευής ή χώρου, απαιτείται ένας αριθμός σκαναρισμάτων από διαφορετικές θέσεις. Κατά τη συλλογή των δεδομένων το όργανο μπορεί να τοποθετείται σε άγνωστη θέση και τα σκαναρίσματα να βασίζονται σε αυθαίρετο σύστημα αναφοράς. Είτε μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα ήδη γεωαναφερμένο σύστημα βάση του οποίου θα λαμβάνονται οι μετρήσεις. Οι παράμετροι των μετρήσεων (πυκνότητα των σημείων που θα αποτυπωθούν, προσεγγιστική απόσταση σαρωτή – αντικειμένου κτλ.) καθορίζονται από το χειριστή του οργάνου. Η περιοχή ενδιαφέροντος που πρόκειται να σαρωθεί την ορίζει επίσης ο χειριστής μέσω του επίγειου σαρωτή (Angelopoulou & Wright, 1999).

Αφού σαρωθεί η περιοχή ενδιαφέροντος καταγράφονται εσωτερικά οι γωνίες των κατόπτρων και μετρούνται οι χρόνοι εκπομπής – λήψης της ακτίνας. Για τον υπολογισμό των συντεταγμένων των ειδικών στόχων λαμβάνεται υπόψη η γεωμετρία της σάρωσης. Τα νέφη σημείων που προκύπτουν περιέχουν τις σφαιρικές συντεταγμένες των σημείων, οι οποίες μετατρέπονται σε καρτεσιανές ορίζοντας ως αρχή των αξόνων τον σαρωτή.



Εικόνα 16. Αρχή λειτουργίας Laser scanning.  
Πηγή: (Angelopoulou & Wright, 1999)

## 4 ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

### 4.1 Αποτύπωση

#### 4.1.1 Σύστημα συντεταγμένων του τρισδιάστατου χώρου

Το σύστημα συντεταγμένων του τρισδιάστατου χώρου πρόκειται για ένα καρτεσιανό τρισσορθόγωνιο σύστημα συντεταγμένων  $(X,Y,Z)$  που χρησιμοποιείται από το τοπογραφικό όργανο μετρήσεων βάση των οποίων λαμβάνονται τα νέφη σημείων. Ως νέφος σημείων ορίζεται ένα σύνολο σημείων που μοιράζονται το ίδιο σύστημα συντεταγμένων. Κάθε σημείο φέρει πληροφορία που το τοποθετεί σε μία συγκεκριμένη θέση στον τρισδιάστατο χώρο και αντιστοιχεί σε μια θέση πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου που ψηφιοποιήθηκε. Η πληροφορία αυτή είναι τρεις διαφορετικές τιμές, μία για κάθε άξονα  $(X,Y,Z)$ .

Η σύνδεση μεταξύ του επίγειου συστήματος συντεταγμένων και του συστήματος συντεταγμένων του επίγειου σαρωτή λέιζερ προκύπτει αν υποθέσουμε ότι για τη μετάβαση από το ένα σύστημα στο άλλο αρκεί να γίνουν τρεις μεταθέσεις και τρεις στροφές ( $\omega, \varphi, \kappa$  γύρω από κάθε άξονα).

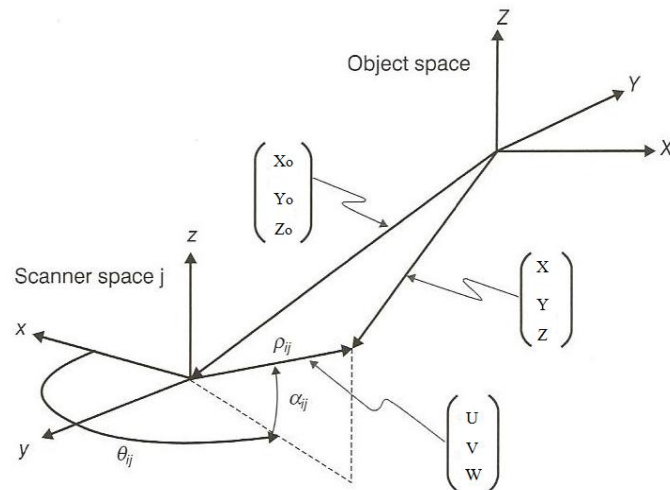
Σε μορφή πινάκων η σχέση ορίζεται από τη μορφή:

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = R^{(\omega, \varphi, \kappa)} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix}$$

όπου  $R(\omega, \varphi, \kappa)$  είναι ένα μητρώο  $3 \times 3$  και ονομάζεται πίνακας στροφής τριγωνομετρικών συναρτήσεων των γωνιών στροφής  $\omega, \varphi$  και  $\kappa$  των αξόνων  $X, Y, Z$  ώστε να συμπίσουν με τους άξονες  $U, V, W$  (Maas, Airborn and terrestrial laser scanning, 2010).

Στην εικόνα 17 απεικονίζεται το επίγειο σύστημα συντεταγμένων με το σύστημα συντεταγμένων του σαρωτή,

$$\text{όπου } \rho_{ij} = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}, \quad \theta_{ij} = \arctan\left(\frac{V}{U}\right), \quad \alpha_{ij} = \arctan\left(\frac{W}{\sqrt{U^2 + V^2}}\right)$$



**Εικόνα 17.** Απεικόνιση επίγειου συστήματος συντεταγμένων και του συστήματος συντεταγμένων του επίγειου σαρωτή laser. Πηγή: (Maas, AIRBORNE AND TERRESTRIAL LASER SCANNING, 2010)

#### 4.1.2 Τρόποι συλλογής – συσχέτισης δεδομένων πεδίου

Συνήθως οι επίγειοι σαρωτές δεν έχουν την δυνατότητα κέντρωσης, οπότε τα σημεία που λαμβάνονται δεν ανήκουν σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς, αλλά σε ένα άλλο, από αυτό του σαρωτή. Πιο συγκεκριμένα, τα σημεία αυτά που αποτυπώνονται έχουν πολικές συντεταγμένες ως προς τη θέση του οργάνου. Έτσι, προκειμένου να προσδιοριστούν οι τρισδιάστατες συντεταγμένες του κτιρίου σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς εφαρμόζονται κάποιες τεχνικές ανίχνευσης. Αυτές διαχωρίζονται ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόστασης ανάμεσα στην πηγή της ακτίνας laser και τα σαρωμένα σημεία του χώρου. Ο τρόπος προσδιορισμού της απόστασης μπορεί να είναι ένας από τους τρεις παρακάτω:

##### 4.1.2.1 Κοινοί στόχοι μεταξύ σημείων

Αρχικά ελέγχουμε την πρώτη στάση που θα αρχίσουμε τις μετρήσεις του επίγειου γεωδαιτικού σταθμού καθώς και την επόμενη στάση που θα οριζοντιώσουμε το όργανο. Στη συνέχεια τοποθετούμε τουλάχιστον 4 στόχους (περισσότερους από τους ελάχιστους 3) στην περιοχή που θα αποτυπώσουμε και ελέγχουμε αν είναι ορατοί από την επόμενη στάση. Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι στόχοι έχουν τη δυνατότητα πλήρους



**Εικόνα 18.** Σταθεροί στόχοι.

κίνησης της κεφαλής, τόσο επί οριζόντιου άξονα (εύρος  $\text{Hz}=0-360^\circ$ ), όσο και επί του κατακόρυφου άξονα (εύρος  $0-360^\circ$ ). Βάση των παραπάνω σταθερών στόχων γίνεται η συσχέτιση των νεφών σημείων που λήφθηκαν από τις διάφορες στάσεις.

#### **4.1.2.2 Συνταύτιση νεφών σημείων (ICP)**

Μια ακόμη μέθοδος είναι η λήψη νεφών σημείων από μη προσδιορισμένες στάσεις του επίγειου σαρωτή, χωρίς στόχους. Η επεξεργασία και συσχέτιση των τρισδιάστατων συντεταγμένων του κτιρίου γίνεται με τη βοήθεια του σχετικών προγραμμάτων (π.χ. cyclone ) με τα οποία συσχετίζονται επί οθόνης κοινά σημεία των νεφών που έχουν σαρωθεί από διαφορετικές στάσεις του οργάνου. Στην συνέχεια με την μέθοδο Iterative Closest Point (ICP) γίνεται η συνένωση των νεφών σε ενιαίο σύστημα (Jose Luis Lerma Garcia, Genechten, Heine, Quintero, 4 June 2008, σελ. 56).

#### **4.1.2.3 Όδευση και στάσεις**

Ένας ακόμη τρόπος συλλογής και συσχέτισης δεδομένων πεδίου είναι ο συνδυασμός του γεωδαιτικού σταθμού με τον επίγειο σαρωτή laser. Με αυτόν τον τρόπο λαμβάνονται μόνο οι ελάχιστες τοπογραφικές μετρήσεις για την δημιουργία και μέτρηση στάσεων, που είναι οι αναγκαίες για τον καθορισμό του επίγειου συστήματος συντεταγμένων στο οποίο θα αναφερθούν τα νέφη σημείων που θα επεξεργαστούν ώστε να προκύψει το τελικό αποτέλεσμα. Στο εσωτερικό σύστημα συντεταγμένων θα αναφέρονται τόσο οι θέσεις όπου θα οριζοντιώνεται το όργανο όσο και το δίδυμο ανακλαστήρα (twin reflector), το κάτω μέρος του οποίου τοποθετείται σε σταθερό και γνωστό από την επίλυση της όδευσης σημείο του εσωτερικού συστήματος συντεταγμένων. Σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει ανάγκη γεωαναφοράς των νεφών, αφού υπολογίζονται απευθείας στο σύστημα που έχει προκαθορίσει ο χρήστης

Πίνακας 5. Τεχνικές Registration.

Τεχνικές Γεωαναφοράς		
Έμμεσες		Άμεση
Συσχέτιση στόχων.	Συσχέτιση νέφων σημείων.	Κέντρωση του σαρωτή λέιζερ πάνω από γνωστά σημεία ελέγχου
Τοποθέτηση στόχων και προσδιορισμός τους στο γεωδαιτικό σύστημα.	Οι σαρώσεις θα πρέπει να γίνονται με 30% αλληλοεπικάλυψη των προηγούμενων και να προσδιορίζονται στο γεωδαιτικό σύστημα.	Αιτεί υποστήριξη απο υπάρχον ή νέο διαδικτυακό σύστημα ελέγχου
Σάρωση στόχων.		Κέντρωση, οριζοντίωση και προσανατολισμός οργάνου.
Η γεωαναφορά είναι δυνατή όταν: οι συντεταγμένες των στόχων προσδιορίζονται με τη χρήση γεωδαιτικού σταθμού ή GPS.	Η γεωαναφορά είναι δυνατή όταν: οι συντεταγμένες των σημείων προσδιορίζεται βάση γεωδαιτικού σταθμού ή GPS	Η γεωαναφορά είναι δυνατή όταν: η θέση και ο προσανατολισμός του σαρωτή καθορίζεται με: γεωδαιτικό σταθμό ή GPS

Πηγή: (Jose Luis Lerma Garcia, Genechten, Heine, Quintero, 4 June 2008, σελ. 56).

## 4.2 Παθολογία

### 4.2.1 Μελέτη στατικής λειτουργικότητας υφιστάμενων κατασκευών

Η στατική μελέτη διατηρητέων κτισμάτων έχει διαφορετικό τρόπο αντιμετώπισης από αυτά που πρόκειται να κατασκευαστούν. Η διαφορά υπόκειται στο γεγονός ότι στην νέα κατασκευή υπολογίζονται τα εντατικά μεγέθη με στόχο την κατάλληλη επιλογή των υλικών και την σωστή διαστασιολόγηση των φορέων, ώστε να οι αναπτυσσόμενες τάσεις να μην υπερβούν τις επιτρεπόμενες. Αντίθετα στα υπάρχοντα κτίσματα οι διαστάσεις και οι αντοχές των υλικών είναι δεδομένες. Έτσι οι όποιοι υπολογισμοί οδηγούν μόνο σε διαπίστωση της υφιστάμενης κατάστασης. Βάση των ελέγχων που γίνονται προσδιορίζονται οι φορτικές τάσεις που έχουν ήδη αναπτυχθεί στο κτίριο ή μπορεί να εμφανιστούν στο μέλλον. Συνήθως, γίνεται ανάλυση της συμπεριφοράς του κτιρίου και συγκρίνεται με τις



επιτρεπτές – αποδεκτές τιμές – συντελεστών ασφαλείας που ισχύουν για όλες τις κατασκευές.

Πολύ σημαντικό στην εκτίμηση της παθολογίας των διατηρητέων κτισμάτων είναι το ιστορικό. Από αυτό προκύπτουν οι πραγματικές φωτιστικές καταστάσεις του κτιρίου και οι αιτίες των βλαβών που έχει υποστεί. Όμως πολύ συχνά σε παλαιά κτίσματα το ιστορικό φόρτισης είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί και σε συνδυασμό με την αβεβαιότητα των μηχανικών χαρακτηριστικών αντοχής των υλικών μειώνει κατά πολύ την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Έτσι τα συμπεράσματα περιορίζονται σε ποιοτικά και λιγότερο ποσοτικά. Ακόμη και η χρήση υπολογιστικών μεθόδων μεγάλης ακρίβειας μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν ανακριβή δεδομένα. Πολλές φορές, σε επιμέρους τμήματα του κτιρίου, η εμπειρική μέθοδος εξαγωγής ποιοτικών συμπερασμάτων μπορεί να φανεί περισσότερο ρεαλιστική. Ένας τρόπος ελέγχου της ακρίβειας της μέτρησης είναι να ερμηνεύονται οι αιτίες των πραγματικών βλαβών και βάση αυτών να επαληθεύονται τα αποτελέσματα ως προς την συμπεριφορά του κτιρίου.

Σίγουρα ένα ξεχωριστό κεφάλαιο της στατικής μελέτης λειτουργικότητας ενός κτιρίου αποτελεί ο αντισεισμικός έλεγχος. Παρά το γεγονός ότι το κτίριο έχει αντέξει την σεισμικότητα της περιοχής του, για όλα τα χρόνια ζωής του, δεν είναι δεδομένο ότι θα ανταποκριθεί στα χαρακτηριστικά ενός επόμενου μεγάλου σεισμού. Επίσης οι γενικότερες φθορές που προκαλούνται στο κτίριο από τις περιβαλλοντικές δράσεις, τη φυσική γήρανση των υλικών και τις μεταγενέστερες ενισχυτικές επεμβάσεις αλλοιώνουν τα χαρακτηριστικά της κατασκευής και έτσι η ιστορικά αποδεδειγμένη αντισεισμικότητα του κτιρίου μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά. Σε αυτές τις περιπτώσεις η έρευνα ίσως θα πρέπει να εκτείνεται και μετά την αποκατάσταση του κτίσματος με επιτόπου ελέγχους (Ε.Νομικός, 2004).

#### **4.2.2 Ανάλυση - συγκέντρωση στοιχείων**

Οι ερευνητικές εργασίες που προκύπτουν σε ένα κτίσμα μπορούν να χωριστούν σε τρία υποσύνολα. Το πρώτο έχει ως κύριο σκοπό την αποτύπωση, το δεύτερο εξετάζει την λειτουργικότητα και το τρίτο αποβλέπει στη συγκέντρωση στοιχείων για τα χαρακτηριστικά αντοχής του κτιρίου. Συγκεκριμένα ως στοιχεία για τα χαρακτηριστικά αντοχής αναφέρονται τα στοιχεία των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών δόμησης, των επιμέρους δομικών στοιχείων αλλά και της συνολικής ευστάθειας του κτιρίου. Σε αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να συνυπολογιστούν και το έδαφος θεμελίωσης, η σεισμικότητα της

περιοχής, η κατάσταση των πατωμάτων και των δαπέδων, η κατάσταση της στέγης καθώς και η κατασκευή των ενδιάμεσων χωρισμάτων, κουφωμάτων και επιχρισμάτων.

Οι πιο ενδεδειγμένες μέθοδοι είναι οι μη καταστροφικές, εφόσον εξασφαλίζουν την επαρκή διερεύνηση των κατασκευαστικών στοιχείων του κτιρίου. Ωστόσο σε αρκετές περιπτώσεις διερευνητικές τομές ή εκσκαφές στο έδαφος για διερεύνηση του βάρους και της κατάστασης έδρασης των θεμελίων κρίνονται απαραίτητες (Ε.Νομικός, 2004).



**Εικόνα 19.** Αποκάλυψη σοβά για εκτίμηση κατάστασης τοιχοποιίας.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 6 (Σχεδιασμός κατασκευών από τοιχοποιία) οι κατασκευές θα πρέπει να πληρούν τις οριακές καταστάσεις και καταστάσεις σχεδιασμού, που κατατάσσονται σε:

- ❖ Οριακή κατάσταση αστοχίας (ΟΚΑ)
- ❖ Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (ΟΚΛ)

Το υπό μελέτη κτίριο πρόκειται για ισόγεια κατασκευή από φέρουσα τοιχοποιία, που αποτελείται από οπτόπλινθους και λίθους. Δεδομένο ότι η εκτίμηση της κατάστασης διατήρησης του μνημείου γίνεται μέσω του οπτικού ελέγχου και του laser scanner, δίνεται βαρύτητα στον έλεγχο της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας, καθώς δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστούν τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών δόμησης.

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας περιλαμβάνουν:

- Παραμορφώσεις ή βέλη οι οποίες επηρεάζουν την εμφάνιση ή την αποτελεσματική χρήση του δομήματος (περιλαμβανομένης της κακής

λειτουργίας μηχανών ή υπηρεσιών) ή προκαλούν βλάβη σε τελειώματα και σε μη φέροντα στοιχεία.

- Δονήσεις οι οποίες προκαλούν μείωση του αισθήματος ανέσεως και ασφάλειας του κοινού, βλάβη στο κτίριο ή στα περιεχόμενα του, ή περιορίζουν την αποτελεσματικότητα της χρήσεως του (Ευρωκώδικας 6, Κεφ. 2.2.1.1).

Ο έλεγχος (περιορισμός) των παραμορφώσεων σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα πρέπει να γίνεται, ώστε να :

- Εξασφαλισθεί η χρήση για την οποία προβλέπεται το έργο.
- Αποφευχθούν οι βλάβες.
- Προβλεφτούν στη φάση της κατασκευής αρνητικά βέλη, όταν αυτό κρίνεται σκόπιμο.

#### **4.2.3 Έρευνα άμεσου περιβάλλοντος κτιρίου**

Το περιβάλλον μέσα στο οποίο βρίσκεται το κτίσμα είναι συνήθως υπεύθυνο για τις φθορές και τις αλλοιώσεις στα δομικά υλικά του. Οι θερμοκρασιακές μεταβολές, ο άνεμος, ο παγετός, η βροχή και η υγρασία είναι στοιχεία που πρέπει να ερευνηθούν ώστε να βγάλουμε συμπεράσματα για την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου. Επιπλέον στοιχεία που επηρεάζουν αρνητικά μια κατασκευή είναι η μόλυνση της ατμόσφαιρας, οι κραδασμοί από την διέλευση ενός βαρέου οχήματος ή της κατασκευής μιας οικοδομής παράπλευρα του κτιρίου κ.α. Η μελέτη όλων αυτών των στοιχείων μπορεί να ενσωματωθεί στην αποτύπωση των συνθηκών στις οποίες πρέπει το μνημείο να διατηρηθεί (Ε.Νομικός, 2004).

Επίσης σε παλαιές κατασκευές για λειτουργικούς λόγους παρατηρείται συχνά προσθήκη ή αφαίρεση κτισμάτων προσκείμενα στην αρχική. Αυτό συνέβαινε επειδή με το πέρασμα των χρόνων οι ανάγκες των ενοίκων μεταβάλλονταν. Έτσι το κτίριο υποβάλλεται σε αυξομείωση των φορτίων ή την μεταβολή της ακαμψίας τμημάτων ή του συνόλου. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να προσδιοριστούν οι πρόσθετες καθιζήσεις και να εκτιμηθεί η επιρροή στα δομικά στοιχεία του μνημείου. Στην περίπτωση μεταβολών ακαμψίας μέσω της εδαφοτεχνικής έρευνας πρέπει να διερευνηθούν στοιχεία που να μας φανερώνουν αν οι παραμορφώσεις έχουν συντελεσθεί στο σύνολο ή αν συνεχίζονται. Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι παραμορφώσεις του εδάφους δεν είναι μόνο καθιζήσεις που προκαλούνται από το βάρος του κτιρίου αλλά και διογκώσεις που είναι πρακτικά ανεξάρτητες από τα επιβαλλόμενα φορτία (Ε.Νομικός, 2004).

Η σειρά κατασκευής των διαφόρων τμημάτων ενός κτίσματος καθορίζει και την μορφή των διαφορικών καθιζήσεων που έχει αντίκτυπο στην ανοδομή. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για τις περιπτώσεις ανακατασκευής τμήματος του κτιρίου, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για έδαφος που μετά την αφαίρεση του φορτίου εκτονώνεται γρήγορα. Τότε η επέμβαση σε κάποιο τμήμα συνεπάγεται με νέες καθιζήσεις (Ε.Νομικός, 2004).

Τέλος, μία κατασκευή φτάνει σε στατικό μαρασμό εξ αιτίας του ύδατος και των καιρικών συνθηκών, σε συνδυασμό με τους σεισμούς και τις υποχωρήσεις του εδάφους. Γι' αυτό, εκτός από την ιστορία του, είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε τη σεισμική ιστορία της περιοχής, καθώς και την ποιότητα του εδάφους και των υλικών.

#### 4.2.4 Μέθοδοι διάγνωσης βλαβών φέροντος οργανισμού

Η διαδικασία αξιολόγησης βλαβών περιλαμβάνει την οπτική διάγνωση της κατασκευής σε συνδυασμό με τις κατάλληλες μεθόδους διάγνωσης βλαβών που θα αναφερθούν παρακάτω. Οι έλεγχοι θα πρέπει να γίνονται σε ποσοστό που να εξασφαλίζουν την ορθότητα των αποτελεσμάτων της κατάστασης διατήρησης της κατασκευής.

Συγκεκριμένα, οι έλεγχοι που διεξάγονται από τον μελετητή μηχανικό πρέπει να διασφαλίζουν τα παρακάτω:

- ✓ Την εφαρμογή των κατάλληλων μεθόδων διάγνωσης βλαβών στην πράξη, συμπεριλαμβανομένης της λειτουργίας του απαραίτητου μηχανικού εξοπλισμού.
- ✓ Την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου και θέσης ελέγχου ανάλογα με το είδος της βλάβης.
- ✓ Την ορθή και λεπτομερή περιγραφή των αποτελεσμάτων της έρευνας, καθώς και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων αυτών (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2004).

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει καταγραφή των οπτικών παρατηρήσεων στα σχέδια. Όμως σε περίπτωση εφαρμογής σαρωτή laser για την αποτύπωση του κτιρίου η παθολογία του κτιρίου καταγράφεται αυτόματα με μεγάλη ακρίβεια στα σχέδια, χωρίς να χρειαστεί η πρόχειρη και ανακριβής καταγραφή τους.

Όταν ολοκληρωθεί η καταγραφή των βλαβών στα σχέδια γίνεται μια “υπόθεση εργασίας σχετικά με τις αιτίες των βλαβών. Βάση αυτών επιλέγονται και οι μέθοδοι καθώς και οι θέσεις εφαρμογής των μεθόδων αποτίμησης της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου.

Σε περίπτωση που τα αποτελέσματα των ελέγχων δεν συμφωνούν με την αρχική υπόθεση της αιτίας των βλαβών πρέπει να αναθεωρηθεί και να γίνουν τυχόν νέοι συμπληρωματικοί έλεγχοι (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2004).

#### **4.2.5 Ερευνητικές εργασίες για προσδιορισμό των βλαβών**

Προκειμένου να γνωρίζουμε τις φυσικοχημικές ιδιότητες των υλικών που κατασκευάστηκε ένα κτίσμα και να ελεγχθούν οι βλάβες της τοιχοποιίας απαιτούνται μια σειρά ερευνητικών εργασιών – ελέγχων, που χωρίζονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες (Γ.ΠΕΝΕΛΗΣ Α.Ι.ΚΑΠΠΟΣ,1990):

- 1) Μη καταστροφικοί
- 2) Ημικαταστροφικοί.
- 3) Επιτόπου χημικοί.
- 4) Καθολική φόρτιση

Συμπληρωματικοί έλεγχοι για την κατάσταση διατήρησης του κτιρίου αποτελούν:

- Μετρήσεις των παραμενουσών παραμορφώσεων με χρήση τοπογραφικών οργάνων.
- Μετρήσεις του εύρους των ρωγμών στη φέρουσα τοιχοποιία.
- Μετρήσεις των διαστάσεων της φέρουσας τοιχοποιίας.
- Να μελετηθεί το σχήμα της οικοδομής. Κτίρια με συμμετρία ή σχεδόν συμμετρικές κατόψεις έχουν καλύτερη συμπεριφορά από τα ασύμμετρα.
- Να προσδιοριστεί η θέση των κατακόρυφων στοιχείων ακαμψίας στην κάτοψη. Τα συμμετρικά στοιχεία ακαμψίας μειώνουν τον κίνδυνο έκκεντρης επιπόνησης.
- Η ύπαρξη εύκαμπτου ορόφου.
- Η ευρύτερη θέση της κατασκευής στο οικοδομικό τετράγωνο. Συνήθως τα κτίρια που βρίσκονται σε γωνιακές ή διγωνιακές οικοδομές παρουσιάζουν αυξημένα ποσοστά καθολικής κατάρρευσης μετά από σεισμό (Γ.ΠΕΝΕΛΗΣ Α.Ι.ΚΑΠΠΟΣ, 1990).

##### **4.2.5.1 Μη καταστροφικές μέθοδοι**

###### **i.Οπτικός έλεγχος**

- Γρήγορη και άμεση εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης της κατασκευής μπορεί να γίνει οπτικά. Ο οπτικός έλεγχος χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό ρηγματώσεων, αποφλοιώσεων και γενικών επιφανειακών ατελειών. Συνήθως γίνεται η χρήση ρωγματοσκοπίου, το οποίο επιτρέπει στον μελετητή να

διαπιστώσει το εύρος της ρωγμής. Όμως σε περίπτωση ακριβής αποτύπωσης της κατασκευής με την μέθοδο laser scanner η εκτίμηση του μεγέθους των ρωγμών καθώς και οι οπτικές διακυμάνσεις της υγρασίας μπορούν να ομαδοποιηθούν ευκολότερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι ο οπτικός έλεγχος γίνεται περισσότερο αποδοτικός με ασφαλέστερα αποτελέσματα. Πρέπει να σημειωθεί ότι με την μέθοδο του οπτικού ελέγχου δεν μπορούν να ανιχνευθούν προβλήματα κάτω από την επιφάνεια των δομικών υλικών, έτσι προκύπτουν υποκειμενικά αποτελέσματα και απαιτείται εξαιρετικά πεπειραμένο προσωπικό.

### **ii. Προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών**

- Φυσική υγρασία. Μετράται με την ηλεκτρική αντίσταση μεταξύ δύο εμπηγμένων ακίδων, οι οποίες προσδιορίζουν την ποσότητα νερού που περιέχεται στην τοιχοποιία με την βοήθεια της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.
- Προσδιορισμός των κενών της πυκνότητας. Μελετάται η εσωτερική συνοχή της τοιχοποιίας με την εκπομπή ηχητικών κυμάτων μεταξύ δύο αντικείμενων σημείων της τοιχοποιίας.
- Θερμοοπτική μέθοδος ή μέθοδος θερμογραφίας. Η συγκεκριμένη μέθοδος βασίζεται στο γεγονός ότι κάθε σώμα χαρακτηρίζεται από ένα ειδικό φάσμα θερμικής εκπομπής της υπέρυθρης ομάδας. Αυτή η μέθοδος δίνει την δυνατότητα να αποκαλύπτονται οι οικοδομικές φάσεις της κατασκευής και η κατασκευαστική της δομή, καθώς και να ανιχνεύονται οι βλάβες του κτιρίου (Ορφανουδάκης, 1992)..

### **iii. Προσδιορισμός μηχανικών χαρακτηριστικών**

- Προσδιορίζεται το μέτρο ελαστικότητας μετρώντας τις τάσεις της τοιχοποιίας με την εφαρμογή επίπεδων υδραυλικών συμπιεστών, τοποθετημένων σε συγκεκριμένες τομές της τοιχοποιίας.
- Με την κρουσιμέτρηση των κονιαμάτων προσδιορίζεται η αντοχή και η σκληρότητα.
- Με υπερηχοσκοπήση ή ακουστικούς ελέγχους . Στη συγκεκριμένη μέθοδο στο εσωτερικό ενός στερεού σώματος μεταδίδονται δύο είδη κυμάτων, τα κατά μήκος κύματα και κατά πλάτος κύματα και σκοπός τους είναι να προσδιοριστούν τα ευαίσθητα σημεία της τοιχοποιίας, καθώς επίσης και ρωγμές, κενά και ασυνέχειες (Ορφανουδάκης, 1992)..

### **iv. Προσδιορισμός και έλεγχος των μη εμφανών βλαβών τοιχοποιίας**

- Μέθοδος της υπέρυθρης θερμογραφίας
- Μέθοδος υπερήχων ώστε να προσδιορίζονται τα μέτρα ελαστικότητας των υλικών και οι αντοχές τους.
- Ενδοσκόπηση για έλεγχο κενών ή κοιλοτήτων μέσα στην τοιχοποιία.
- Μέθοδος με ακτινογραφίες (περιορισμένη μέθοδος) και χρησιμοποιείται σε πολύ ειδικές περιπτώσεις, λόγω δυσχερειών και κινδύνων κατά την εφαρμογή (Ορφανουδάκης, 1992).

#### **4.2.5.1.1 Πλεονεκτήματα μη καταστροφικών τεχνικών ελέγχου κατασκευών.**

Οι μη καταστρεπτικές τεχνικές παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως:

- Τον επί τόπου έλεγχο της κατασκευής
- Διατήρηση της ακεραιότητας της εξεταζόμενης δομής.
- Άμεση απόδοση αποτελεσμάτων, λόγω χρήσης εξοπλισμού σύγχρονης τεχνολογίας.
- Δυνατότητα παροχής τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών χαρακτηριστικών.
- Εύκολη κατανόηση των γραφημάτων μέσω ειδικών λογισμικών (Σημειώσεις μαθήματος Αντοχή στο χρόνο και διαχείριση Επικινδυνότητας έργων υποδομής, ΤΕΠΑΚ, 2011).

#### **4.2.5.2 Ημικαταστροφικές μέθοδοι**

Περιλαμβάνει την λήψη και αναλύσεις δειγμάτων. Η μέθοδος λήψης δειγμάτων είναι η πλέον αξιόπιστη και διαδεδομένη για τον έλεγχο των ιδιοτήτων των δομικών υλικών. Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το σχετικά υψηλό κόστος του εξοπλισμού και η δυσκολία λήψης δοκιμίων από κατακόρυφα στοιχεία, π.χ. υποστυλώματα και τοιχώματα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί προκειμένου να αποφύγουμε τις δονήσεις και να προφυλάξουμε την οπή που μπορεί να δημιουργηθεί, εκτός και αν γίνει αποκόλληση δειγμάτων με απλό μηχανικό τρόπο. Επίσης θα πρέπει να προσδιορίζονται οι θέσεις των δειγμάτων σύμφωνα με ιστορικές φάσεις, χωρίς να θίγονται μέρη στα οποία υπάρχουν αισθητικά στοιχεία προς διατήρηση π.χ υδατογραφίες.

Κατά την ανάλυση των δειγμάτων προσδιορίζονται :

- Χημικά χαρακτηριστικά των υλικών:

Είναι απαραίτητη για την καταπόνηση των φυσικών ιδιοτήτων και για τον προσδιορισμό του βαθμού κατάπτωσης των υλικών. Θα καταγράφονται σε ειδικούς πίνακες κατά δείγμα τα ποσοστιαία χημικά συστατικά των λίθων, των κονιαμάτων, των οπτόπλινθων κ.α

- Φυσικά χαρακτηριστικά των υλικών:

Μεταξύ των φυσικών χαρακτηριστικών που θα προσδιορίζονται είναι το ειδικό βάρος, η φυσική υγρασία, υδροπερατότητα, τα κενά και η πυκνότητα της κοκκομέτρησης κ.α

- Μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών:

Προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής των υλικών, της αντοχής σε εφελκυσμό από κάμψη, του κονιάματος, της αντοχής σε συνάφεια μεταξύ λίθων – κονιάματος και οπτόπλινθων – κονιάματος με υποβολή της σε εφελκυσμό, του ειδικού βάρους, του συντελεστή Poisson κ.α (Ορφανουδάκης,1992).

#### 4.2.5.3 Επιτόπου χημικοί

Οι επιτόπου χημικοί έλεγχοι χρησιμοποιούνται κυρίως για τον προσδιορισμό της διάρκειας ζωής του σκυροδέματος, οπότε δεν εφαρμόζονται σε τοιχοποιίες. Ενδεικτικά αναφέρονται οι δύο επιτόπου χημικοί έλεγχοι που εφαρμόζονται στο σκυρόδεμα:

1. Έλεγχος του βάθους ενανθράκωσης
2. Έλεγχος χλωριόντων

#### 4.2.5.4 Καθολική φόρτιση

Θεωρητικά το έσχατο μέσο για την αξιολόγηση των κατασκευών είναι η καθολική φόρτιση, χωρίς να υπάρχουν τα αρχικά σχέδια και να είναι γνωστή η φέρουσα ικανότητα. Κυρίως η συγκεκριμένη δοκιμή για τον προσδιορισμό των βλαβών εφαρμόζεται σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, καθώς οι ιδιότητες των στοιχείων από πέτρα, ξύλο, δομικό χάλυβα και οπτόπλινθο μπορούν να μετρηθούν ευκολότερα επί τόπου. Η εφαρμογή της μεθόδου γίνεται με μικροδονήσεις, αρμονικές διεγέρσεις ή άλλες αποδεκτές μεθόδους διέγερσης. Στη συνέχεια προσδιορίζονται τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κατασκευής ή επιμέρους τμήματος της. Η ανάλυση υποδεικνύει αν υπάρχει υπέρβαση των επιτρεπόμενων τάσεων υπό δεδομένη φόρτιση (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2009).



#### 4.2.6 Βλάβες υπό τη δράση στατικών και σεισμικών φορτίσεων

Μια ακόμη μορφή βλάβης που μπορούν να παρουσιάσουν τα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία είναι υπό την δράση σεισμικών και στατικών φορτίσεων. Χαρακτηριστικό των βλαβών από σεισμική διέγερση είναι ότι αναπτύσσονται μέσα σε πολύ γρήγορο χρονικό διάστημα. Οι βλάβες που προκαλούνται από την σεισμική καταπόνηση του κτιρίου μπορεί να είναι συνδυασμός και άλλων φορτιστικών καταστάσεων και καταναγκασμών που επιβάλλονται στην κατασκευή (π.χ. μόνιμα ή κινητά φορτία, διαφορικές καθιζήσεις κ.α) (Μ.Δημοσθένους, 1999), (Τσοτσος, 1994). Γι' αυτό το λόγο επιτακτική είναι η ανάγκη καταγραφής επακριβώς των αιτιών που προκαλούν οι φθορές ώστε να διευκρινιστεί αν οφείλονται στο σεισμό ή σε κάποια άλλη αιτία.

Οι μορφές αστοχία στην τοιχοποιίας προκύπτουν μέσα από συνδυασμό ορθών και διατμητικών τάσεων.

Οι πιο συχνές μορφές αστοχίας κονιάματος είναι :

- Διατμητικές ρηγματώσεις από συνδυασμό διατμητικών και θλιπτικών τάσεων
- Εφελκυστικές ρηγματώσεις σε περιοχές ανάπτυξης εφελκυστικών τάσεων. Συνήθως παρουσιάζονται λόγω κάμψης του κάτω μέρους υψίκορμων πεσσών και στις γωνίες ανοιγμάτων λόγω ανάπτυξης έντονων τάσεων που σε μερικές περιπτώσεις είναι και εφελκυστικές.

Σε περιπτώσεις όπου ξεπεραστεί το όριο του 30% της θλιπτικής αντοχής μπορεί να παρατηρηθούν οι παρακάτω μορφές αστοχίας:

- Διατμητικές ρηγματώσεις με ταυτόχρονη θραύση των λιθοσωμάτων
- Καταστροφή της τοιχοποιίας, η οποία συνήθως παρουσιάζεται στα άκρα, ως αποτέλεσμα των θλιπτικών τάσεων που αναπτύσσονται πολύ κοντά στη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας. (Ιγνατάκης, 1991)

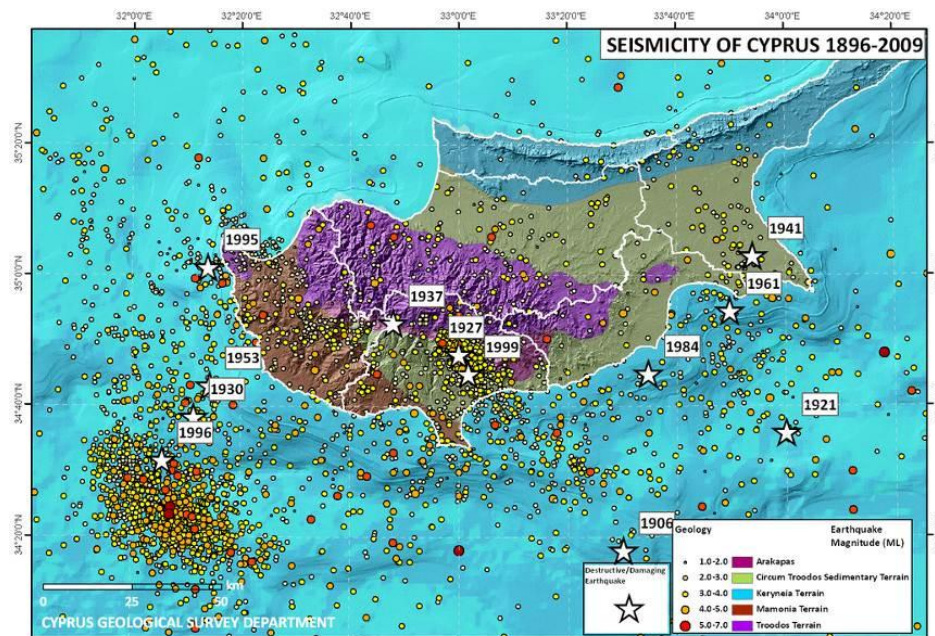
#### 4.2.7 Σεισμικά χαρακτηριστικά Κύπρου

Στον έλεγχο μιας κατασκευής ο μηχανικός θα πρέπει να συνυπολογίζει εκτός από τα δομικά χαρακτηριστικά και όλα τα πιθανά φορτία που έχουν επιβληθεί και πρόκειται να επιβληθούν στο φορέα. Έτσι θα πρέπει να εκτιμούνται οι φθορές της κατασκευής λόγω σεισμικών φορτίσεων αλλά και οι μελλοντικές πιθανές φορτίσεις από σεισμό.

Μελετώντας συγκεκριμένα τον κυπριακό χώρο διαπιστώνουμε ότι ανήκει στη δεύτερη σεισμογενή ζώνη της γης και χωρίζεται σε τρεις σεισμικές ζώνες με βάση τις σεισμικές εντάσεις που αναμένονται.

Από το 1986 όταν άρχισαν να ιδρύονται οι πρώτοι σεισμολογικοί σταθμοί σε γειτονικές χώρες, άρχισαν να συλλέγονται στοιχεία για τους σεισμούς που συμβαίνουν στην Κύπρο και το ευρύτερο θαλάσσιο χώρο. Τα αποτελέσματα της συλλογής δεδομένων από τους σεισμούς μεταξύ 1986 και 1999 φαίνονται στην εικόνα 20.

Συγκεκριμένα κοντά στην περιοχή της Λεμεσού παρατηρήθηκαν τρεις σεισμοί με καταστροφικές συνέπειες του 1927, 1937 και 1999, ενώ οι πλέον καταστρεπτικοί σεισμοί του εικοστού αιώνα ήταν αυτοί του 1941, 1953 και 1995. Επίσης από τα ιστορικά δεδομένα προκύπτει μια θεωρητική συχνότητα σεισμών που αντιστοιχεί με έναν καταστροφικό σεισμό κάθε 120 χρόνια.



Εικόνα 20 Επίκεντρα σεισμών μεταξύ 1896-2009. Πηγή: (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2011)

Από τον παραπάνω χάρτη είναι φανερό ότι η κύρια σεισμική δραστηριότητα συγκεντρώνεται δυτικά και νότια του νησιού ακολουθώντας το Κυπριακό τόξο, το οποίο αποτελεί το τεκτονικό όριο μεταξύ ευρασιατικής και αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2002).

Βάση του σεισμικού χάρτη της Κύπρου που παρουσιάζεται πιο κάτω, η περιοχή της Λεμεσού κατατάσσεται στη σεισμική ζώνη III, της οποίας η μέγιστη επιτάχυνση εδάφους είναι 0,5 AgR και 10% πιθανότητα υπέρβασης αυτής της τιμής τα επόμενα 50 χρόνια.



Εικόνα 21 Χάρτης Σεισμικών ζωνών Κύπρου. Πηγή: (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2011)

#### 4.2.8 Χρησιμότητα ελέγχων διάγνωσης βλαβών

Από την αρχαιότητα η πέτρα συναντάται ως κύριο δομικό υλικό των κατασκευών και είναι γνωστή η αντοχή της στο χρόνο. Ταυτόχρονα όμως υπόκειται και στους νόμους φθοράς που διέπουν και τα υπόλοιπα δομικά υλικά. Όταν μια κατασκευή που ο φέρων οργανισμός της αποτελείται από πέτρα ή οπτόπλινθο και πρόκειται να υποστεί κάποιας μορφής επέμβαση, ένα από τα θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι οι αβεβαιότητες ως προς τη φέρουσα ικανότητα της. Τα κύρια ερωτήματα που προκύπτουν αφορούν στην αντοχή των δομικών υλικών που αποτελούν τον φέρων οργανισμό του κτιρίου, στον σωστό τρόπο κατασκευής της τοιχοποιίας, στο συνδετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και πλήθος ερωτημάτων που σχετίζονται με ορατές ρωγμές, αποφλοιώσεις και άλλες ενδείξεις βλαβών.

Με τον οπτικό έλεγχο μπορούν να εντοπιστούν οι εξωτερικές ενδείξεις των προχωρημένων σταδίων διάβρωσης, όμως για την πλήρη επίγνωση της υφιστάμενης κατάστασης του φέροντος οργανισμού πρέπει να γίνουν πειραματικοί έλεγχοι διάγνωσης βλαβών.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 οι μετρήσεις και έλεγχοι κτιρίων που έχουν υποστεί βλάβες μπορούν να γίνουν είτε επιτόπου είτε στο εργαστήριο. Η επιλογή των ελέγχων θα αποφασιστεί ανάλογα με το υπό εξέταση κτίριο (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2004).

Οι μέθοδοι ανίχνευσης βλαβών δεν χρησιμοποιούνται μόνο για βλάβες που προέκυψαν από σεισμό αλλά και λόγω πολλών άλλων αιτιών που με την πάροδο του χρόνου επιδρούν στο κτίριο. Σημαντικό είναι να γίνεται διάγνωση όλων των βλαβών που έχουν προκληθεί σε ένα κτίσμα ανεξαρτήτως της αιτίας και να συνυπολογίζονται στην συμπεριφορά της κατασκευής.

## 5 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΕΔΙΟΥ

### 5.1 Περιγραφή κτιρίου



Εικόνα 22. Αποψη κτιρίου προς μελέτη.

#### 5.1.1 Κτιριολογική ανάλυση

Το κτίριο βρίσκεται εντός του παλιού κέντρου Λεμεσού επί της οδού Θερμοπυλών 22 και είχε χρήση οικίας, ενώ τα τελευταία χρόνια είναι εγκαταλελειμμένο.

Πρόκειται για ένα πλατυμέτωπο κτίσμα με ξύλινη δύριχτη και μονόριχτη στέγη. Η κύρια όψη του κτιρίου και η κύρια είσοδος βρίσκονται στην δυτική πλευρά του κτίσματος. Η πρόσβαση στο εσωτερικό από τον δρόμο γίνεται μέσω πέτρινης κλίμακας. Στην ανατολική πλευρά του κτίσματος υπάρχει αυλή, η οποία δεν είναι χώρος διακίνησης ανθρώπων και ζώων για εξυπηρέτηση αγροτικών ασχολιών, παραμένει όμως σημείο αναφοράς και ο πνεύμονας της αστικής κατοικίας, που χαρακτηρίζεται λόγω κοινωνικών συνθηκών από πολύ έντονη εσωστρέφεια. Ο χώρος υγιεινής, το πλυσταριό και η κουζίνα βρίσκονται σε προέκταση του σπιτιού, ξεκομμένα από την υπόλοιπη κατασκευή.

#### 5.1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Δύο βασικοί όγκοι συνθέτουν την μορφή του κτιρίου με τον κύριο όγκο να βρίσκεται Δυτικά κατά μήκος του δρόμου. Στο κτίσμα δεν υπάρχει συμμετρία ως προς τον κατακόρυφο άξονα και ο κύριος όγκος συνθέτει την μορφή του κτιρίου με τέσσερις σειρές ανοιγμάτων. Διακοσμητικές τραβηχτές ταινίες πλαισιώνουν την πόρτα και τα παράθυρα. Η

πόρτα είναι ξύλινη δίφυλλη ταμπλαδοτή με περίτεχο μεταλλικό κιγκλίδωμα στους υαλοφεγγίτες του υπέρθυρου. Τα παράθυρα είναι γερμανικού τύπου, ενώ μέσα από αυτά υπάρχει περίτεχο κιγκλίδωμα. Ο σοβάς διατηρείτε μόνο στην πρόσοψη του κτιρίου, όπου φέρει χρώμα ερυθρό.

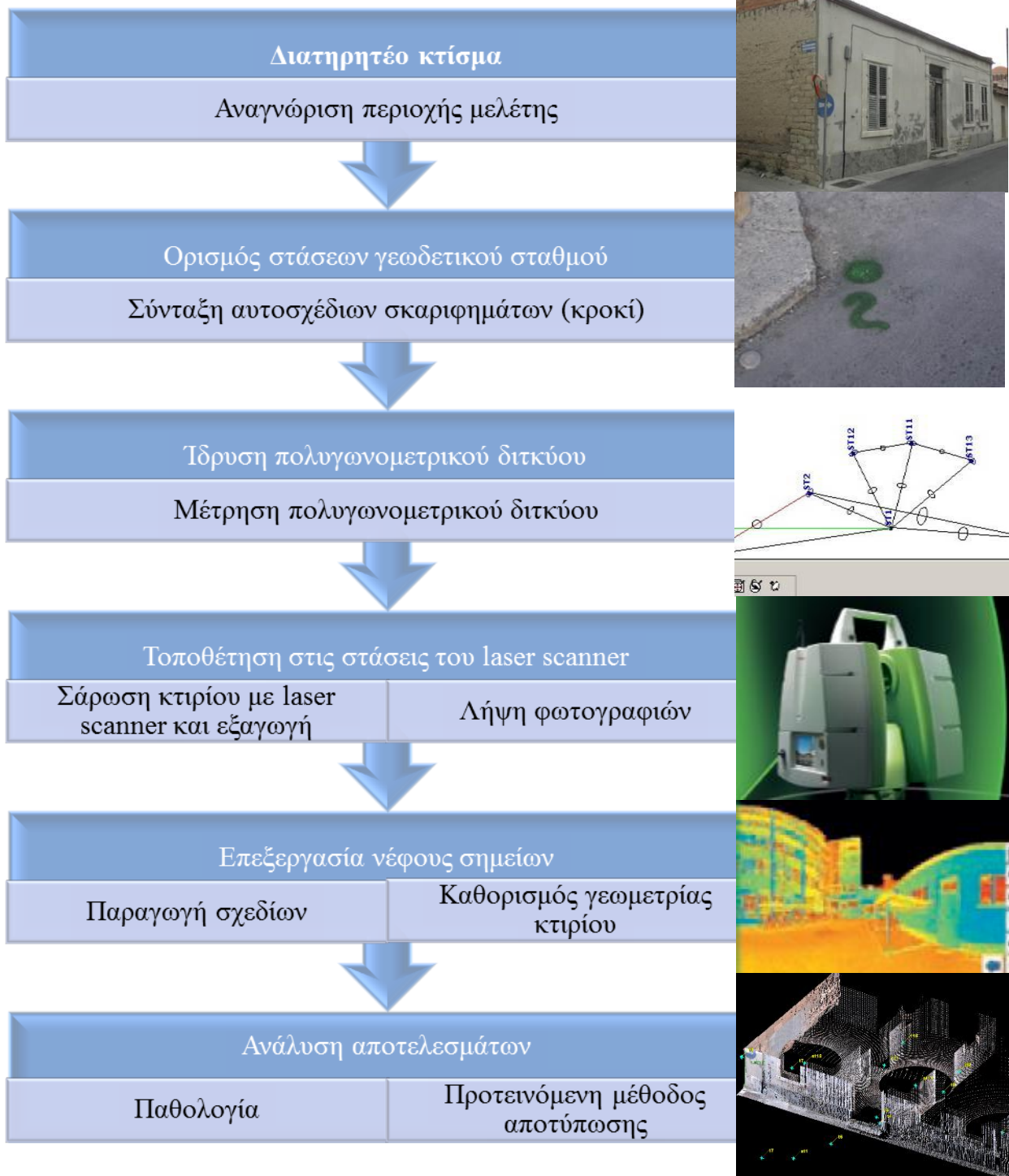
Εσωτερικά το πόρτιο πλαισιώνεται με δύο δωμάτια που ανοίγουνε σε αυτό και με δύο αμφίπλευρα φατνώματα (εικόνα 23). Στο νότιο τμήμα του κτίσματος βρίσκεται ο δευτερεύον όγκος που συμπεριλαμβάνει δύο δωμάτια. Στον δευτερεύον όγκο εφάπτονται τρεις ακόμη μικρότεροι όγκοι ενός δωματίου που εξυπηρετούσαν λειτουργικές ανάγκες και φαίνεται να είναι μεταγενέστερες προσθήκες.



**Εικόνα 23** Εσωτερικός χώρος – Πόρτιον με αμφίπλευρα φατνώματα.



Πίνακας 6. Διάγραμμα ροής εργασιών.



## 5.2 Τοπογραφική Αποτύπωση

### 5.2.1 Αναγνώριση περιοχής σάρωσης.

Το αντικείμενο της αποτύπωσης αποτελεί τμήμα του κτιρίου που περιγράφηκε παραπάνω και περιλαμβάνει τους τρεις κύριους χώρους στην πρόσοψη του. Συγκεκριμένα αποτυπώθηκαν τα εσωτερικά των τριών χώρων καθώς και η κύρια πρόσοψη του κτίσματος.

### 5.2.2 Πολυγωνομετρικό δίκτυο

Η τοπογραφική αποτύπωση του κτιρίου άρχισε με την χάραξη όδευσης. Έτσι εγκαταστάθηκε ένα δίκτυο 7 σταθερών σημείων τα οποία μετρήθηκαν ως ανεξάρτητη κλειστή όδευση. Οι θέσεις των σημείων επιλέχθηκαν με τρόπο ώστε να καλύπτεται όλη η περιοχή που είναι υπό εξέταση και να πληρούνται οι προϋποθέσεις αμοιβαίας ορατότητας μεταξύ των σημείων στην όδευση (εικόνα 24).



**Εικόνα 24** Τοποθέτηση γεωδαιτικού σταθμού στο δωμάτιο 101 με μέγιστη δυνατή ορατότητα από τις υπόλοιπες στάσεις και σημεία ενδιαφέροντος.

Επειδή η χρήση του laser scanner έγινε για την αποτύπωση και της εξωτερικής επιφάνειας της στέγης, εγκαταστάθηκε 1 σταθερό σημείο (ST3) στο δώμα γειτονικού διώροφου κτίσματος, από το οποίο επιτρέπεται η πλήρη ορατότητα της στέγης (εικόνα 16 Παράρτημα 7.6 Κατάλογος εικόνων υπό μελέτη κτιρίου)

Το δίκτυο οριζοντιογραφικού ελέγχου της αποτύπωσης εξαρτήθηκε από το πρώτο σταθερό σημείο (S1) που ορίστηκε με συντεταγμένες (100,100,100) και ορίζοντας αζυμούθιο 0rad παράλληλα με τον δρόμο.

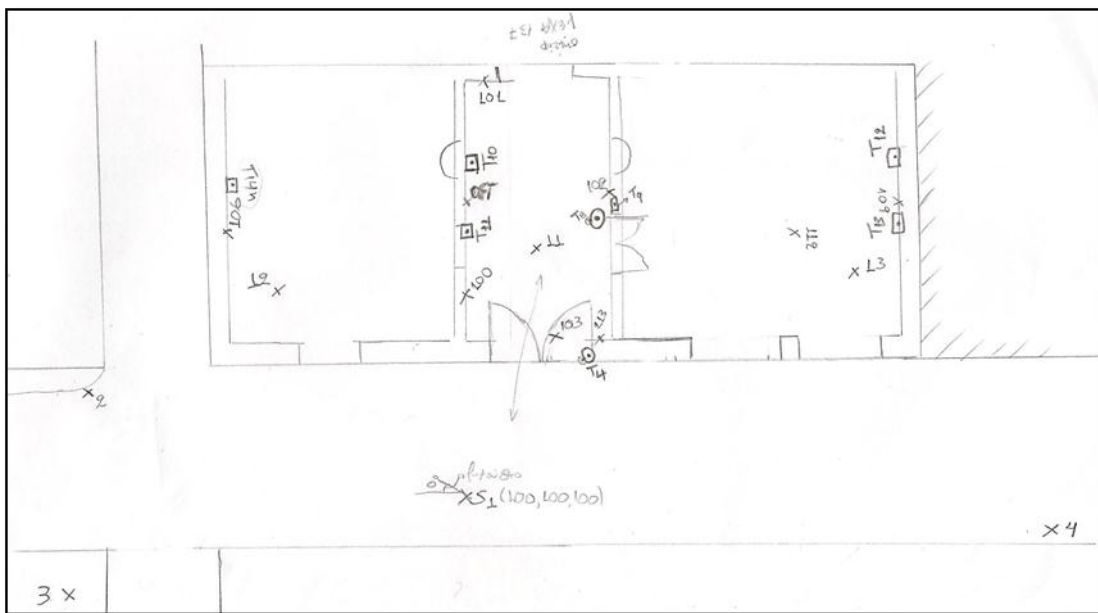


Η σήμανση των σημείων του δικτύου πραγματοποιήθηκε με χρώμα σήμανσης στάσεων ενώ στα σημεία εσωτερικά του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε απλή ένδειξη με του σημείου με μολύβι ή αυτοκόλλητες ταινίες, οι οποίες στην συνέχεια αφαιρέθηκαν.

Ο προσδιορισμός των υψομέτρων των σημείων στάσεων έγινε με τριγωνομετρική χωροστάθμηση.

### 5.2.3 Αυτοσχέδια σκαριφήματα

Για την υλοποίηση της τοπογραφικής αποτύπωσης απαραίτητη είναι η δημιουργία σκαριφήματος το οποίο θα περιλαμβάνει τα σταθερά σημεία στα οποία τοποθετείται ο γεωδαιτικός σταθμός (total station). Επίσης, το καλό σκαρίφημα δίνει την δυνατότητα της σωστής απόδοσης των σχεδίων, καθώς αποδίδει σε μικρογραφία την πραγματική εικόνα του χώρου με σημειωμένα επάνω τα σημεία λεπτομερειών όπως αποτυπώθηκαν καθώς και άλλες σημαντικές πληροφορίες.



Εικόνα 25. Σκαρίφημα κτιρίου με στάσεις οργάνων και στόχους.

### 5.2.4 Όργανα μετρήσεων

Για τις μετρήσεις των οδεύσεων και των σημείων λεπτομερειών κατά την αποτύπωση χρησιμοποιήθηκε ο ψηφιακός γεωδαιτικός σταθμός Total Station TS 1200 της Leica. Μερικά από τα χαρακτηριστικά του σταθμού είναι ότι έχει φακό 40 mm, μεγέθυνση 30x και ελάχιστη απόσταση εστίασης 1,5m. Η δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων στο ενσωματωμένο καταγραφικό του οργάνου είναι 1750/MB (Leica, 2009, σελ.7-8)

Κατά τη λειτουργία μέτρησης με χρήση ανακλαστήρα χρησιμοποιήθηκε το κυκλικό μικρό πρίσμα του κατασκευαστή που συνοδεύεται από συναρμολογούμενη ράβδο που φτάνει τα 1,30m. Η μετρούμενη απόσταση στη λειτουργία IR μπορεί να φτάσει τα 3.500 m και η ακρίβεια κυμαίνεται από 2mm+2ppm έως 4mm+2ppm, στα 0-500m και > 500m, αντίστοιχα (Leica, 2009 σελ.5).

### 5.2.5 Επίλυση πολυγωνομετρικού δικτύου

Στη συνέχεια με το πρόγραμμα της Ταχυμετρίας έγινε επίλυση τριγωνισμού με την Μέθοδο Ελάχιστων Τετραγώνων στις τρεις διαστάσεις. Στην εικόνα 26 φαίνεται, στο πρόγραμμα της ταχυμετρίας, η ακρίβεια των μετρήσεων του γεωδαιτικού σταθμού.

Μέγιστος Αριθμός Επαναλήψεων	5	
Προεπιλεγμένη τυπική απόκλιση διευθύνσεων	0.0015	Ορισμός όλων των τυπ. απ. διευθύνσεων στη προεπιλεγμένη
Προεπιλεγμένη τυπική απόκλιση αποστάσεων	0.002	Ορισμός όλων των τυπ. απ. αποστάσεων στη προεπιλεγμένη
Προεπιλεγμένη τυπική απόκλιση υψ. διαφορών	0.003	Ορισμός όλων των τυπ. απ. υψ. διαφορών στη προεπιλεγμένη
<b>Στατιστικοί έλεγχοι</b>		
Επίπεδο σημαντικότητας α για τον συνολικό στατιστικό έλεγχο της επίλυσης	0.01	
Επίπεδο σημαντικότητας α για τον στατιστικό έλεγχο της κάθε μέτρησης	0.001	
Επίπεδο εμπιστοσύνης (1-α) για τις ελλείψεις αφάλματος	0.95	

Εικόνα 26. Ακρίβεια μετρήσεων.

Στη συνέχεια έγινε η επίλυση από το πρόγραμμα προκύπτοντας όλες οι αποστάσεις μεταξύ των σταθμών, καθώς και οι αποκλίσεις τους.

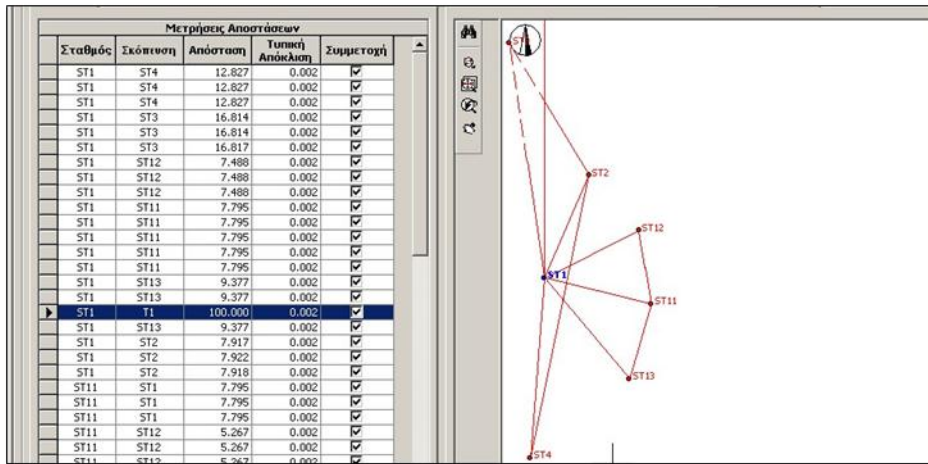
Μετρήσεις Αποστάσεων			
Σταθμός	Εκόπωση	Απόσταση	Τυπική Απόκλιση
ST1	ST4	12.827	0.002
ST1	ST4	12.827	0.002
ST1	ST4	12.827	0.002
ST1	ST3	16.814	0.002
ST1	ST3	16.814	0.002
ST1	ST3	16.817	0.002
ST1	ST12	7.488	0.002
ST1	ST12	7.488	0.002
ST1	ST12	7.488	0.002
ST1	ST11	7.795	0.002
ST1	ST11	7.795	0.002
ST1	ST11	7.795	0.002
ST1	ST11	7.795	0.002
ST1	ST11	7.795	0.002
ST1	ST13	9.377	0.002
ST1	ST13	9.377	0.002
ST1	T1	100.000	0.002
ST1	ST13	9.377	0.002
ST1	ST2	7.917	0.002
ST1	ST2	7.922	0.002
ST1	ST2	7.918	0.002
ST11	ST1	7.795	0.002
ST11	ST1	7.795	0.002
ST11	ST1	7.795	0.002
ST11	ST12	5.267	0.002
ST11	ST12	5.267	0.002
ST11	ST12	5.267	0.002
ST11	ST13	5.557	0.002
ST11	ST13	5.557	0.002

Οριζοντιογραφικές Συντεταγμένες Σημείων				
Συμμετοχή	Σημείο	X	Y	
<input checked="" type="checkbox"/>	ST1	100.000	100.000	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	ST11	107.578	98.171	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	ST12	106.691	103.362	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	ST13	106.043	92.829	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	ST2	103.150	107.262	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	ST3	97.529	116.632	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	ST4	98.998	87.213	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	T1	100.000	200.000	<input checked="" type="checkbox"/>

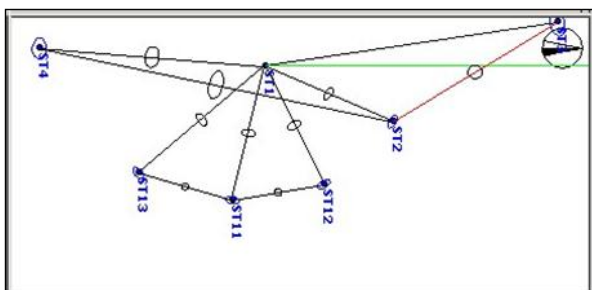
Εικόνα 27. Αποστάσεις μεταξύ των σταθμών και οι αποκλίσεις τους.

Αμέσως μετά ακολουθεί το σκαρίφημα του δικτύου της όδεσης όπου σημειώνεται η θέση των σημείων στάσης και ο πίνακας επίλυσης της πολυγωνικής όδεσης.



Εικόνα 28. Σκαρίφημα δικτύου όδεσης.

Επίσης στο επόμενο σκαρίφημα του δικτύου της όδεσης φαίνεται η αλληλεξάρτηση των σημείων μεταξύ τους, ώστε το σφάλμα των μετρήσεων να μειωθεί. Η απόκλιση κάθε απόστασης φανερώνεται με το μέγεθος της έλλειψης. Στη συνέχεια παρατίθεται η απεικόνιση των ελλείψεων και ο πίνακας με το μήκος των αξόνων  $\alpha$ ,  $\beta$  των ελλείψεων.



Εικόνα 29. Απεικόνιση των ελλείψεων σφάλματος.

Πίνακας 7. Συντεταγμένες πολυγωνομετρικού δικτύου - Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος.

Σημείο	Συντεταγμένες		Ημιάξονες		Αξμούθιο μεγάλου ημιάξονα
	X	Y	$\alpha$	$\beta$	
ST1	100.000	100.000	-	-	-
ST11	107.578	98.171	0.002	0.001	13.9335
ST12	106.691	103.362	0.002	0.001	166.1921
ST13	106.043	92.829	0.002	0.001	55.8763
ST2	103.150	107.262	0.002	0.001	137.4538
ST3	97.529	116.632	0.004	0.002	90.3336
ST4	98.998	87.213	0.003	0.002	104.4914
T1	100.000	200.000	-	-	-

Η εξωτερική όδευση έκλεισε με οριζοντιογραφικό σφάλμα και υψομετρικό σφάλμα των στάσεων σύμφωνα με τον Πίνακα 8.

**Πίνακας 8. Επίλυση τριγωνισμού - Συντεταγμένες σημείων.**

Σημείο	X	Y	σx	σy
ST1	100.000	100.000	-	-
ST11	107.578	98.171	0.000	0.001
ST12	106.691	103.362	0.000	0.001
ST13	106.043	92.829	0.001	0.001
ST2	103.150	107.262	0.001	0.001
ST3	97.529	116.632	0.001	0.001
ST4	98.998	87.213	0.001	0.001
T1	100.000	200.000	-	-

Σύμφωνα με τον Πίνακα 9 η ακρίβεια των δικτύων οριζόντιου και κατακόρυφου ελέγχου που προέκυψε είναι εντός των προδιαγραφών.

**Πίνακας 9. Ακρίβεια των δικτύων οριζόντιου και κατακόρυφου ελέγχου**

	Προδιαγραφές Δ. Βλάχου Καθηγητή ΤΑΤΜ(ΑΠΘ)	Προδιαγραφές Υπηρεσίας Αγγλικής Κληρονομιάς	Προδιαγραφές ΤΕΕ
Πολυγωνικά σημεία	0,1mm*	±10mm**	-
Φωτοσταθερά	0,1mm*	±4mm	-
Χωροσταθμικά	3mm	±10mm	2mm

\*μήκος του μεγάλου ημιάξονα της έλλειψης σφάλματος (στην κλίμακα του διαγράμματος)

\*\*σφάλμα κλεισίματος όδευσης.

Πηγή: (Κ.Τοκμακίδης, ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ )

### 5.3 Leica ScanStation C10



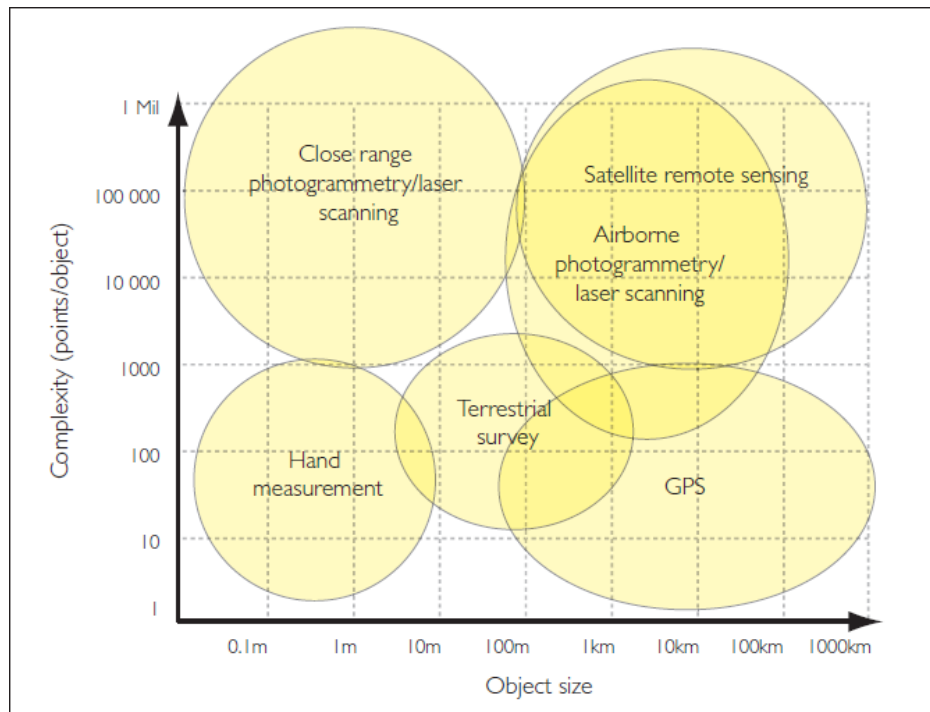
**Εικόνα 30. Laser scanner C10. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.**

Το συγκεκριμένο Laser Scanner χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση του διατηρητέου κτιρίου επί των οδών Μαραθώνος και Θερμοπυλών 22.

Το ScanStation C10 προσφέρεται για οποιαδήποτε εργασία που μπορεί να γίνει με τη χρήση Laser Scanner, λόγω της ευχρηστίας του και της ακρίβειας που προσφέρει. Το ScanStation C10 ανήκει στους πανοραμικούς σαρωτές (Panorama scanners), διαθέτει 2 κινούμενα κάτοπτρα τα οποία δίνουν την δυνατότητα αποτύπωσης  $270^\circ$  κατά τον κατακόρυφο άξονα. Η γωνιακή του ανάλυση είναι  $60\text{mrad}$  και η ακρίβεια μιας μέτρησης είναι  $6\text{mm}$  και  $4\text{mm}$  ως προς την θέση και την απόσταση του για εμβέλεια από  $1\text{m}$  μέχρι και  $50\text{m}$ . Η σκόπευση των αντικειμένων γίνεται με την βοήθεια ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής των  $5\text{ megapixel}$ . Επιπλέον η ψηφιακή μηχανή αναγνωρίζει αυτόματα τους στόχους και λαμβάνει φωτογραφίες μετά την κάθε σάρωση, ώστε να δίνεται στα νέφη σημείων χρωματική απόδοση. Ο αναλυτικός πίνακας με όλα τα χαρακτηριστικά του laser scanner βρίσκεται στο παράρτημα 7.5 Χαρακτηριστικά laser scanner C10.

Στον παρακάτω πίνακα 10 γίνεται η αντιστοιχία χρήσης του κατάλληλου οργάνου ως προς το μέγεθος του αντικειμένου αποτύπωσης.

**Πίνακας 10. Συσχέτιση χρήσης οργάνων αποτύπωσης, αριθμό σημείων και μέγεθος αντικειμένου**



**Πηγή: (English heritage, 2007)**

## 5.4 Συλλογή δεδομένων με επίγειο σαρωτή λέιζερ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κατά το στάδιο της συλλογής δεδομένων, είναι η συνένωση των μεμονωμένων νεφών να γίνει αυτόματα από το όργανο ώστε να αποφευχθεί η χρονοβόρα διαδικασία της γεωαναφοράς στο αντίστοιχο λογισμικό cyclone. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκε ενιαίο πολυγωνομετρικό και υψομετρικό δίκτυο περιμετρικά και εσωτερικά του κτιρίου, ώστε να υπάρχει τουλάχιστον ένα τοπογραφικό σημείο σε κάθε επιμέρους χώρο. Βάση των τοπογραφικών σημείων ο επίγειος σαρωτής λέιζερ σάρωσε το υπό μελέτη κτίριο, δίνοντας ο τελικό τρισδιάστατο μοντέλο. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την σάρωση του κτιρίου με το laser scanner είναι η εξής:



- 1) Οριζοντίωση και προσανατολισμός του οργάνου (x,y,z) σε θέσεις με γνωστές συντεταγμένες της όδευσης.
- 2) Τοποθέτηση και οριζοντίωση του δίδυμου ανακλαστήρα (twin reflector) σε σημεία όδευσης με γνωστές συντεταγμένες και με τρόπο που να είναι ορατό από τον επίγειο σαρωτή (παράδειγμα εικόνας 31).
- 3) Στη συνέχεια γίνεται σκόπευση του πάνω ή κάτω στόχου και δίδονται στον επίγειο σαρωτή οι συντεταγμένες του. Έτσι προσδιορίζεται η ακριβής θέση του σαρωτή και προκύπτουν οι αποκλίσεις μεταξύ των πραγματικών αποστάσεων επίγειου σαρωτή – δίδυμου ανακλαστήρα και των συντεταγμένων που δόθηκαν στο όργανο.



Εικόνα 31. Σκόπευση από το laser scanner στο twin reflector.



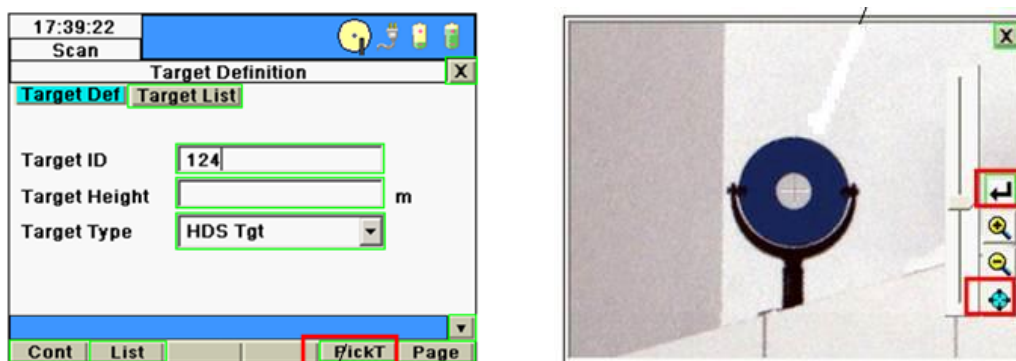
Εικόνα 32. Twin reflector.



**Πίνακας 11. Αποκλίσεις (delta) laser scanner ως προς τις στάσεις μηδενισμού.**

Στάση	Μηδενισμός ως προς στάση	Αποκλίσεις (Delta) (m)
ST4	ST1	x:0.000 y:0.004 z:0.002
ST11	ST1	x:-0.001 y:0.000 z:0.004
ST12	ST11	x:0.000 y:0.000 z:0.004
ST1	ST4	x:0.000 y:0.000 z:-0.002
ST13	ST11	x:0.004 y:0.000 z:0.005
ST2	ST1	x:0.000 y:0.001 z:0.003
ST3	Αυθαίρετο	Έγινε γεωαναφορά του σημείου.

- 4) Επιλογή, από τον επίγειο σαρωτή, για πλήρη ή μερική σάρωση του αντικειμένου και της ποιότητας ανάλυσης του αντικειμένου. Στο υπό μελέτη κτίριο, έγιναν πλήρεις σαρώσεις από όλες τις θέσεις και συμπεριλαμβανομένου των παραμέτρων του χρόνου και της ποιότητας της σάρωσης, επιλέχθηκε εσωτερικά του κτιρίου ανάλυση μέτρια (medium) και εξωτερικά χαμηλή (low).
- 5) Τέλος, αφού ολοκληρωθεί η σάρωση, προσδιορίζονται οι στόχοι, ώστε οι συντεταγμένες τους να αποτελούν σημεία συνταύτισης και επαλήθευσης των νεφών σημείων.



**Εικόνα 33. Διαδικασία εισαγωγής των συντεταγμένων στόχων στο laser scanner.**

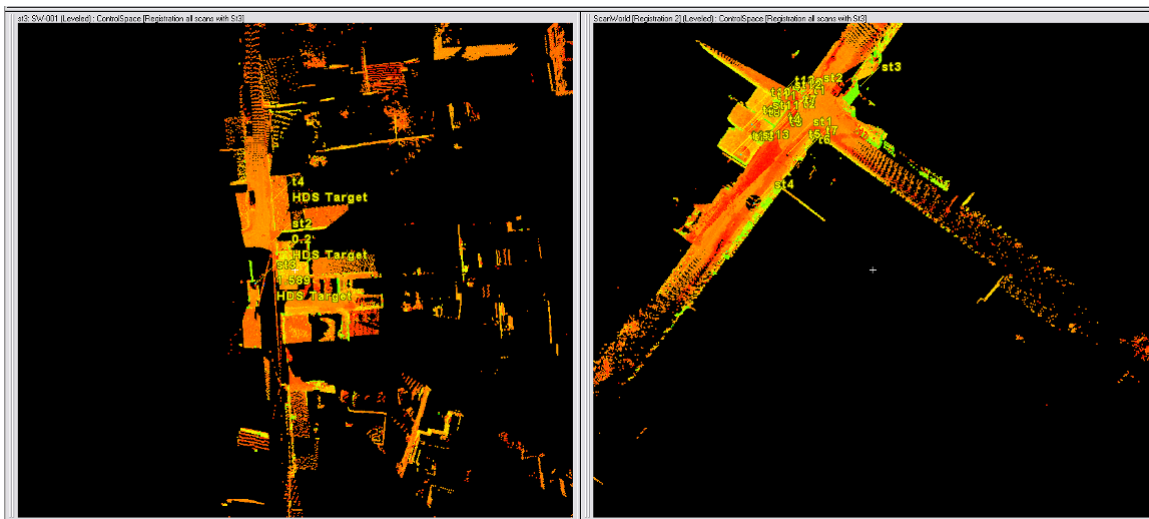
Αφού ολοκληρώθηκε η λήψη των δεδομένων προέκυψε ένα νέφος σημείων για ολόκληρο το αντικείμενο μελέτης και στη συνέχεια ακολουθήθηκε η μοντελοποίηση του.

## 6 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 6.1 Επεξεργασία δεδομένων επίγειου σαρωτή laser

#### 6.1.1 Παρουσίαση νεφών σάρωσης

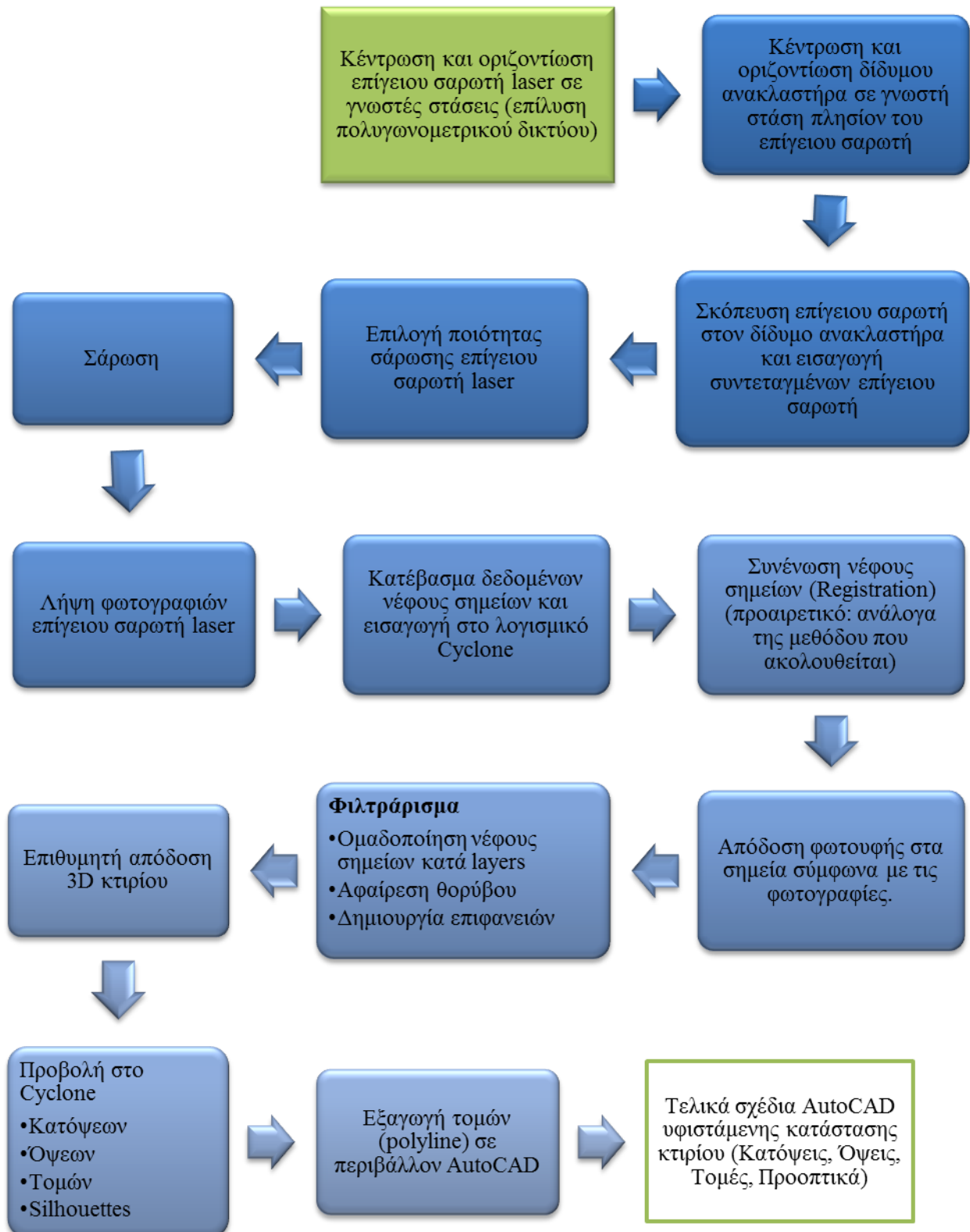
Τα νέφη σημείων που προέκυψαν φέρουν πληροφορίες για μια συγκεκριμένη θέση στο ίδιο καρτεσιανό σύστημα αναφοράς με τρεις διαφορετικές τιμές για κάθε άξονα (x,y,z) και περιέχουν το χρώμα από τις φωτογραφίες που λαμβάνονται μετά την σάρωση. Αρχικά γίνεται μια πρώτη παρουσίαση των αποτελεσμάτων στην οθόνη του επίγειου σαρωτή, ώστε να αποφασιστεί αν έχουν σαρωθεί οι επιθυμητές επιφάνειες. Εφόσον, τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι τα επιθυμητά εξάγονται στο πρόγραμμα επεξεργασίας του νέφους σημείων (Cyclone). Συνολικά συλλέχτηκαν 169866378 σημεία από 8 διαφορετικές σαρώσεις. Στη συνέχεια τα δεδομένα των σαρώσεων εισάγονται στο πρόγραμμα και προκύπτει ένα τρισδιάστατο μοντέλο, στο οποίο γίνεται απόδοση χρώματος των σημείων των νεφών από τις φωτογραφίες, που συλλέχτηκαν σε κάθε σάρωμα. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα τα “χρωματισμένα” σημεία με την βοήθεια της ανακλαστικότητας των υλικών να διακρίνεται η εναλλαγή των υλικών. Επίσης μπορούν να δημιουργηθούν επιφάνειες από τα σημεία τα οποία κρατάνε το χρώμα των φωτογραφιών, η απόδοση των οποίων εξετάζεται στη συνέχεια (Παράρτημα 7.6 εικόνες κατά το στάδιο επεξεργασίας στο Cyclone).



Εικόνα 34. Πρώτη άποψη όλων των νεφών σημείων, χωρίς επεξεργασία.

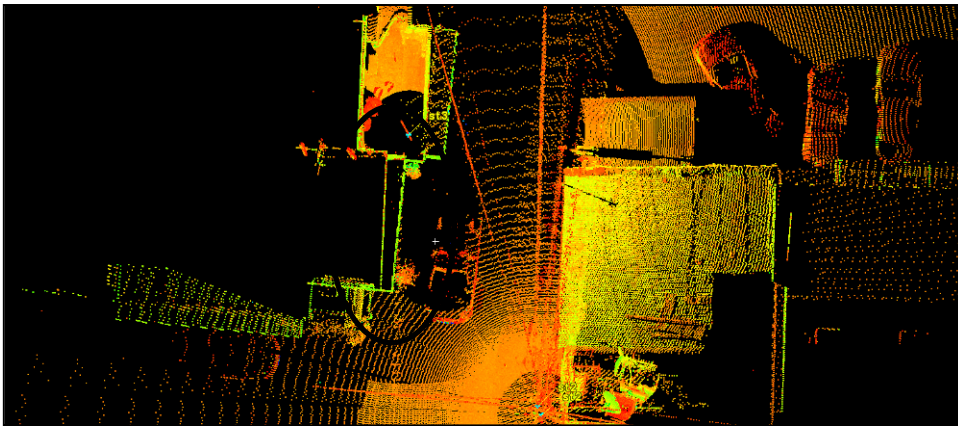


Πίνακας 12. Διαδικασία σάρωσης υπό μελέτη κτιρίου με επίγειο σαρωτή laser.



### 6.1.2 Σφάλματα – αποκλίσεις κατά την συλλογή δεδομένων

Όπως προαναφέρθηκε σκοπός της όδευσης είναι η αναφορά των νεφών σημείων σε ένα ενιαίο πολυγωνομετρικό και υψομετρικό δίκτυο. Μεταξύ των γνωστών σημείων της όδευσης που επιλύθηκαν ήταν και η στάση st3, η οποία ορίστηκε σε δώμα γειτονικού δυόροφου κτίσματος και θα εξυπηρετούσε στην λήψη δεδομένων της στέγης του υπό μελέτη κτιρίου. Όμως κατά την διάρκεια βροχόπτωσης και λόγω του υλικού επικάλυψης του δώματος η στάση st3 σβήστηκε. Έτσι η σάρωση από την συγκεκριμένη θέση έγινε αποτυχαίο σημείο χρησιμοποιώντας τις γνωστές συντεταγμένες του “χαμένου” σημείου. Το αναμενόμενο αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία απόκλισης μεταξύ των νεφών της στάσης st3 με τα νέφη των υπόλοιπων στάσεων. (εικόνα 35)



Εικόνα 35. Κάτοψη γειτονικού κτιρίου με εμφανή απόκλιση των νεφών στο περίγραμμα των κτιρίων.

Για να ενοποιηθεί το νέφος σημείων της “ χαμένης” στάσης με τις υπόλοιπες, επιλέχθηκαν τα νέφη σημείων τα οποία ορίστηκαν ως αρχή του τοπικού συστήματος και βάση αυτών έγινε γεωαναφορά του νέφους της στάσης st3. Η διαδικασία της γεωαναφοράς περιγράφεται παρακάτω.

## 6.2 Συνένωση νεφών σημείων

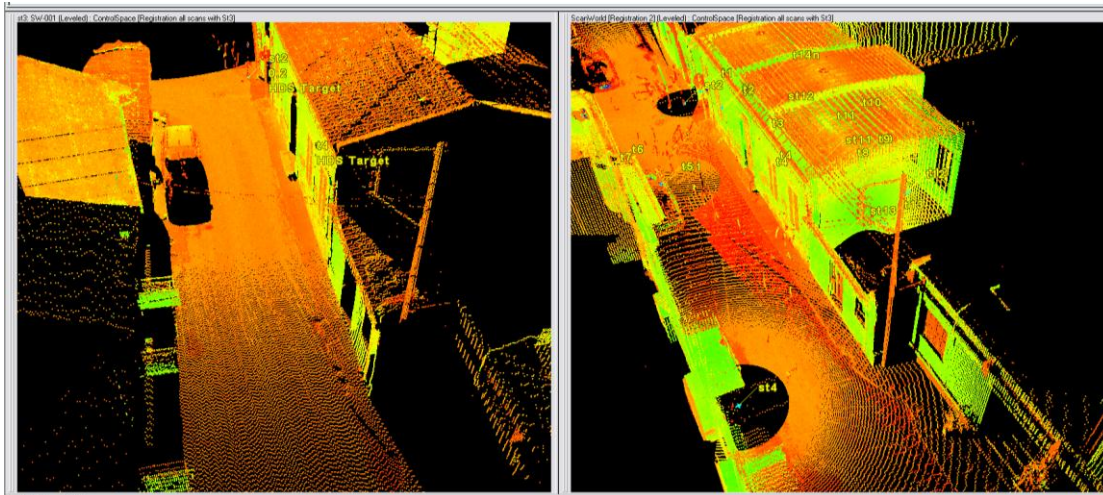
### 6.2.1 Γεωαναφορά (Registration)

Η απόδοση του τρισδιάστατου μοντέλου του κτιρίου προκύπτει από την συνένωση μεμονωμένων νεφών σημείων, τα οποία έχουν ληφθεί από διαφορετικές θέσεις. Η συνένωση των σημείων σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων επιτυγχάνεται μέσω του cyclone (πρόγραμμα επεξεργασίας δεδομένων) με την διαδικασία του “registration”. Κάθε

νέφος σημείων αναφέρεται στο σύστημα αναφοράς. Μετά την διαδικασία του registration δύο ή περισσότεροι σταθμοί έχουν ένα κοινό σύστημα αναφοράς. Συνήθως ένας από αυτούς ορίζεται ως σταθμός αναφοράς βάση του οποίου μετασχηματίζονται οι υπόλοιποι έτσι ώστε να έχουν τον ίδιο προσανατολισμό και προέλευση (Jose Luis Lerma Garcia, Version 4 June 2008)

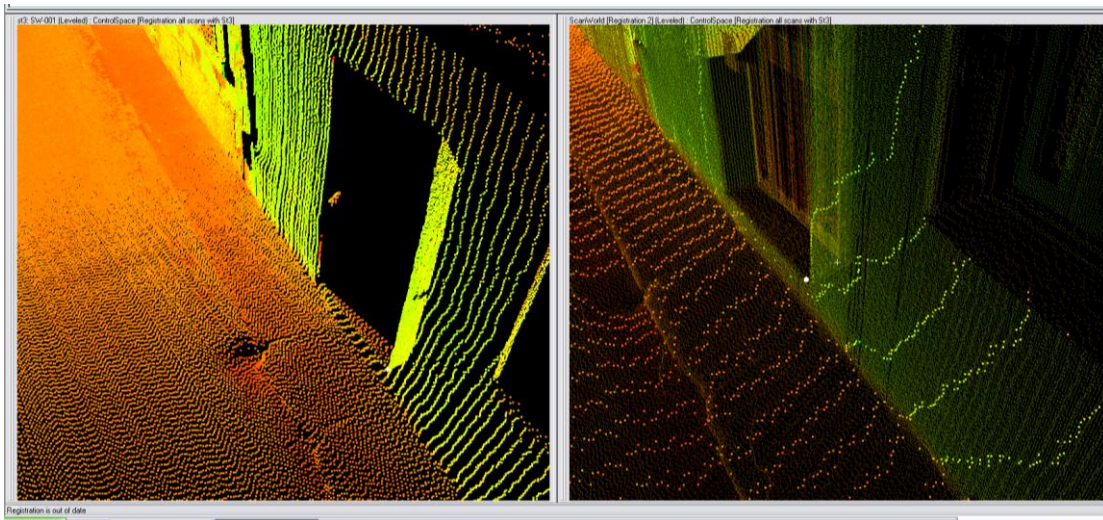
Η διαδικασία του cloud alignment ή registration μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Σύμφωνα με τον πρώτο, (registration target to target) χρησιμοποιούνται ειδικοί στόχοι οι οποίοι τοποθετούνται σε διάφορες θέσεις πάνω στο αντικείμενο, αυτοί στη συνέχεια σκανάρονται με ακρίβεια από κάθε θέση, προσδιορίζονται οι συντεταγμένες τους και τα σκαναρίσματα ενώνονται βάσει των αντίστοιχων στόχων. Η δεύτερη μέθοδος ένωσης των νεφών καλείται γεωαναφορά, (point cloud registration) αυτή τη φορά κάθε νέφος προσανατολίζεται με βάση τα γνωστά σημεία των οποίων οι συντεταγμένες έχουν προσδιοριστεί από την τοπογραφική αποτύπωση. Αυτή η μέθοδος ακολουθήθηκε για την διόρθωση του σφάλματος του νέφους που προήλθε από την στάση st3. Η μέθοδος της γεωαναφοράς βασίζεται στον αλγόριθμο ICP (Interactive Closest Point), ο οποίος ενοποιεί διαδοχικά νέφη, υπολογίζοντας κάθε φορά τις παραμέτρους του μετασχηματισμού ομοιότητας χωρίς την κλίμακα. Έτσι με την επαναληπτική διαδικασία υπολογίζονται κάθε φορά οι νέοι παράμετροι. Η διαδικασία σταματά όταν ικανοποιηθούν τα κριτήρια ακρίβειας που έχουν ορισθεί και το πρόγραμμα χαρακτηρίζει ως επιτυχή τη διαδικασία του registration. Σε περίπτωση που το συνενωμένο νέφος χαρακτηριστεί ως ανεπιτυχής τότε πρέπει να ελεγχθούν από τον χρήστη τα ομόλογα σημεία και να επαναπροσδιορισθούν. Αν εξακολουθήσει το συνενωμένο νέφος να μην βρίσκεται στα επιθυμητά περιθώρια σφάλματος τότε μπορεί να ελεγχθεί το μέσο τετραγωνικό σφάλμα και αν βρίσκεται μέσα στο επιθυμητά πλαίσια να ολοκληρωθεί η συνένωση (Jose Luis Lerma Garcia, Version 4 June 2008), (Paul J. Best, 1992).

Συγκεκριμένα το registration της στάσης st3 έγινε βάση του γνωστού τοπικού συστήματος των υπόλοιπων στάσεων (εικόνα 36).



**Εικόνα 36.** Απεικόνιση του νέφους σημείων της στάσης st3 στα αριστερά και των υπολοίπων στάσεων στα δεξιά.

Στη συνέχεια απαιτείται η εισαγωγή 3 κοινών σημείων μεταξύ των νεφών της εικόνας 36 . Τα ομόλογα σημεία πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά για όσο το δυνατόν όλη την επικαλυπτόμενη περιοχή και να μην είναι συνευθειακά. Η ακρίβεια των σημείων δεν είναι απαραίτητα να είναι μεγάλη όμως δίνονται προσεγγιστικά αυξάνοντας τις επαναλήψεις που θα χρειαστεί ο αλγόριθμος μέχρι να σταματήσει. Στην εικόνα 37 παρουσιάζεται παράδειγμα ενός από τα τρία κοινά σημεία που επιλέχθηκαν για την γεωαναφορά.

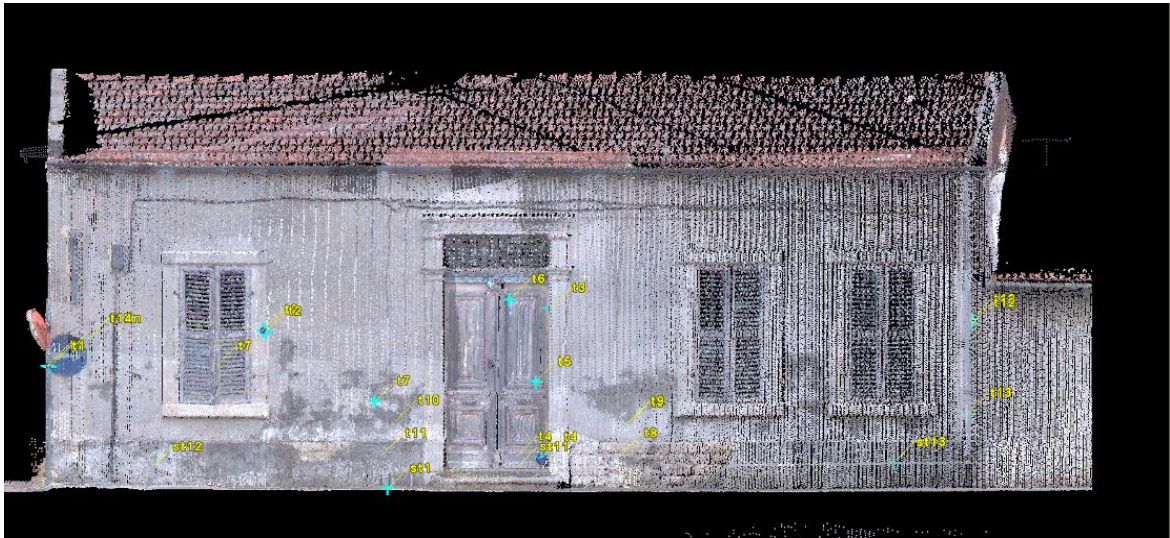


**Εικόνα 37.** Κοινό σημείο μεταξύ του νέφους σημείων του st3 και των υπολοίπων.



Έτσι ο αλγόριθμος:

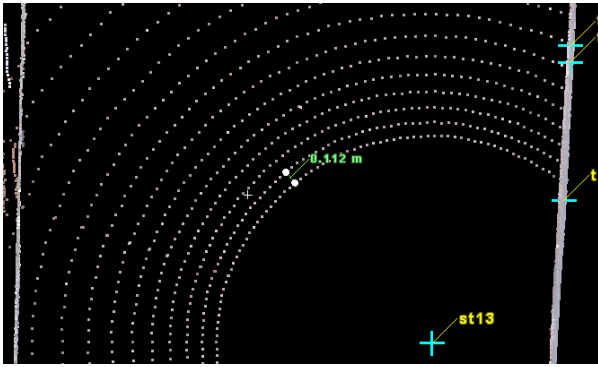
- ✚ προχωρά στην αντιστοίχιση κάθε κοινού σημείου του ενός σημείου με τα αντίστοιχα του σημεία του δεύτερου νέφους σημείων
- ✚ υπολογίζει την κίνηση που ελαχιστοποιεί το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μεταξύ των σημείων
- ✚ ενοποιεί τα νέφη σημείων κατά τρόπο ώστε να ελαχιστοποιήσει το μέσο τετραγωνικό σφάλμα, δίνοντας το τελικό αποτέλεσμα (εικόνα38).



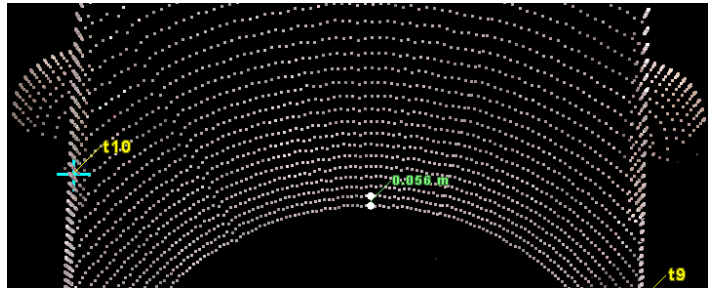
Εικόνα 38. Πρόσωση υπό μελέτη κτιρίου μετά το registration με uploading των φωτογραφιών. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.

### 6.3 Πυκνότητα νέφους σημείων

Αφού ολοκληρώθηκε η γεωαναφορά των νεφών, προέκυψε ένα νέφος σημείων με πυκνότητα από 0,056m έως και 0,25m. Επίσης, διαπιστώθηκε η αλλαγή της πυκνότητας των νεφών σημείων (point clouds) ανάλογα της ανάλυσης που δόθηκε προς σάρωση. Συγκεκριμένα στο δωμάτιο 103 (βλέπε παράρτημα κατάλογος σχεδίων) με σάρωση χαμηλή (low) η απόσταση μεταξύ των δύο κοντινότερων κύκλων σημείων είναι 0.112m. (εικόνα 40), ενώ στο δωμάτιο 102 με σάρωση μέτρια (medium) η απόσταση μεταξύ των δύο κοντινότερων κύκλων σημείων είναι 0.056m (εικόνα39).



Εικόνα 40. Διακύμανση απόστασης νεφών σημείων στο δωμάτιο 103, με ανάλυση low. Πηγή: Προσωπικό αρχείο

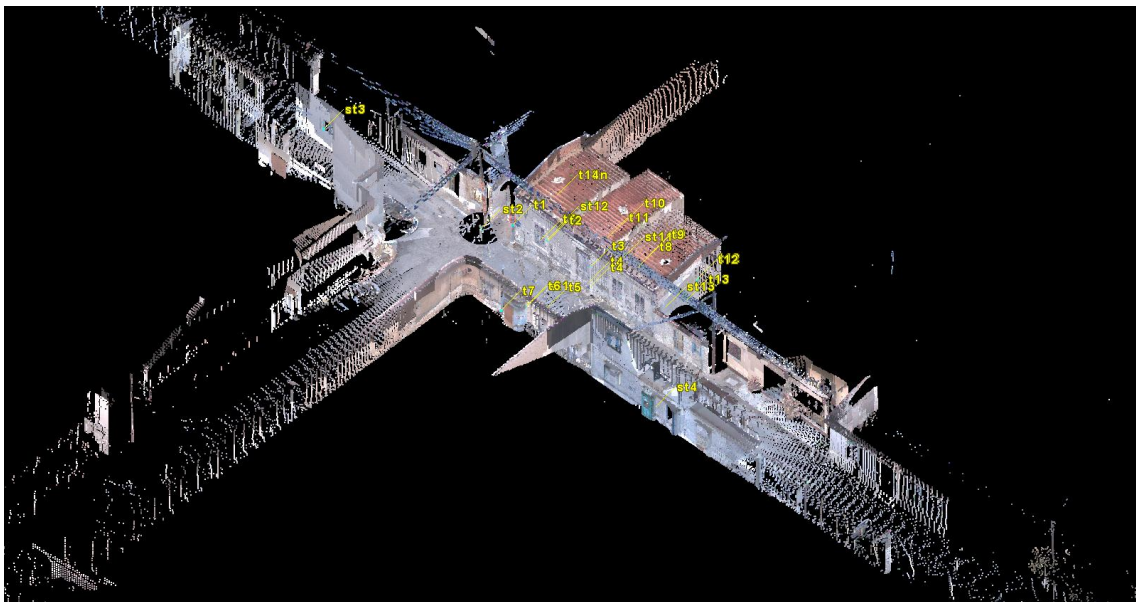


Εικόνα 39. Διακύμανση αποστάσεων νεφών σημείων στο δωμάτιο 101, με ανάλυση low. Πηγή: Προσωπικό αρχείο

## 6.4 Επεξεργασία δεδομένων στο πρόγραμμα cyclone

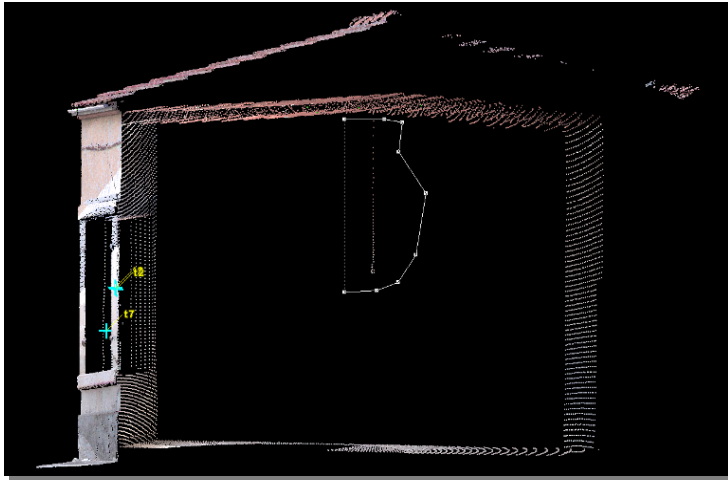
### 6.4.1 “Φιλτράρισμα” του θορύβου

Λόγω της πληθώρας των σημείων (συνολικός αριθμός σημείων: 169866378) δεν μπορούν να εξαχθούν οποιαδήποτε συμπεράσματα, καθώς η παρεμβολή του θορύβου είναι παραπλανητική και μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα. Αρχικά είχε σαρωθεί σχεδόν όλος ο περιβάλλον χώρος του κτιρίου (εικόνα41) και για να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα έγινε η διαδικασία του “φιλτραρίσματος” των νεφών σημείων.



Εικόνα 41. Αποψη του συνόλου των νεφών σημείων μαζί με τις στάσεις του επίγειου σαρωτή laser.

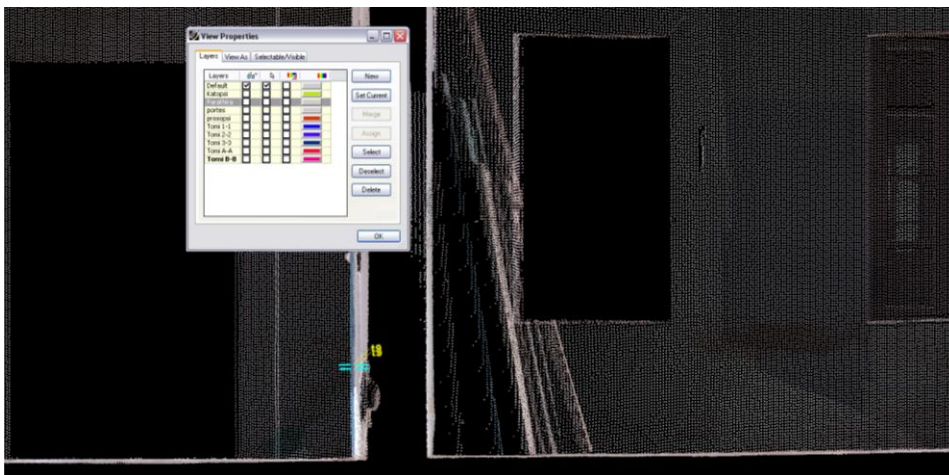
Έτσι, οι περιττές πληροφορίες αφαιρέθηκαν (εικόνα 42) ή ομαδοποιήθηκαν, εσωτερικά και εξωτερικά, σε διαφορετικά επίπεδα (layers) κάνοντας ευκολότερη την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων.



Εικόνα 42. Αφαίρεση περιττής πληροφορίας.

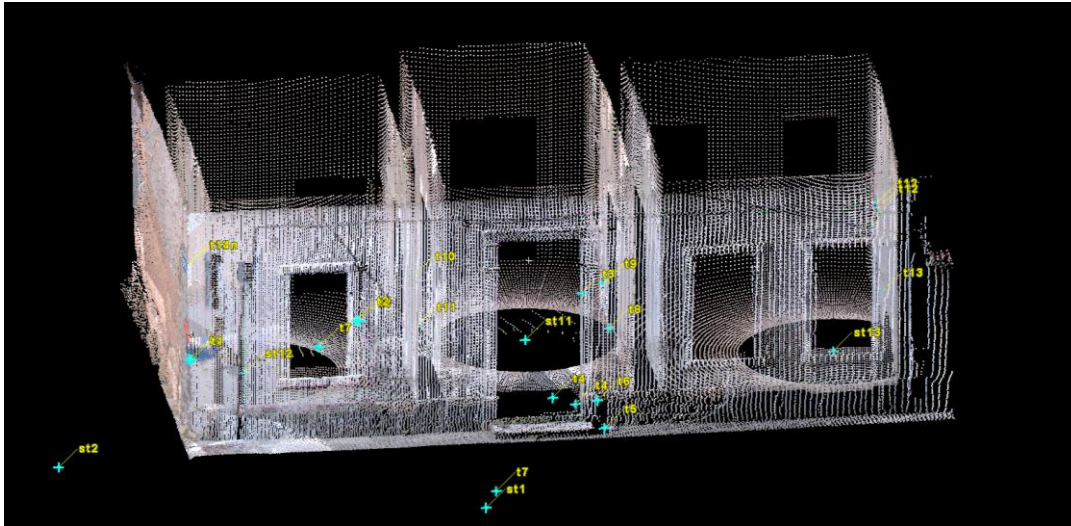
Παράδειγμα θορύβου αποτελούν τα ξύλινα δοκάρια που βρίσκονται στο δωμάτιο 103 και δεν ήταν δυνατή η μετακίνησή τους. Έτσι, αφού έγινε η σάρωση εσωτερικά του δωματίου, αφαιρέθηκε κατά το στάδιο της επεξεργασίας η περιττή πληροφορία των ξύλινων δοκών. (εικόνα 49).

Επίσης, προκειμένου να μειωθεί το πλήθος των σημείων, ομαδοποιήθηκαν νέφη σημείων τα οποία δεν αποτελούν θόρυβο αλλά μπορούν να μελετηθούν ξεχωριστά. Σε αυτή την κατηγορία μπορούν να συμπεριληφθούν τα ανοίγματα (εικόνα 43,44) και η στέγη. Έτσι γίνεται ευδιάκριτος ο σκελετός του κτιρίου και διευκολύνεται η εκτίμηση της παθολογίας του.



Εικόνα 43. Οργάνωση νεφών σημείων ανοιγμάτων σε διαφορετικό layer.

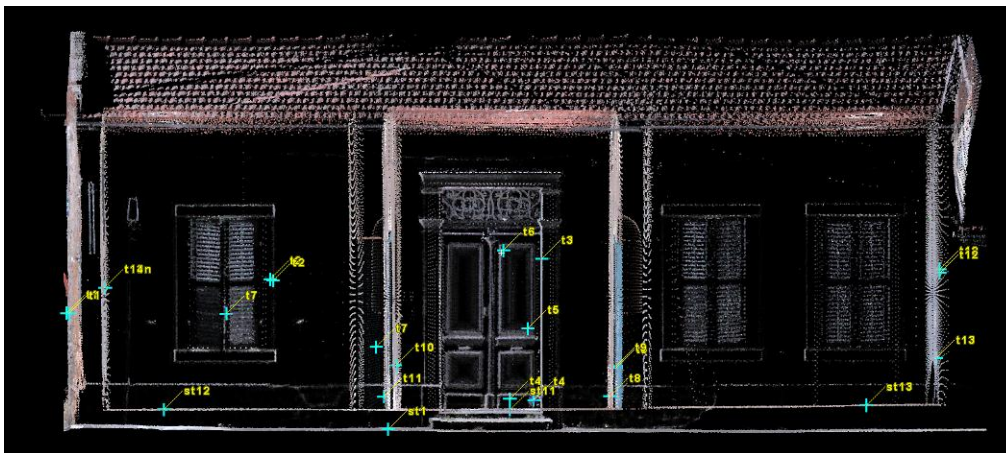




Εικόνα 44. Εισαγωγή των νεφών σημείων των ανοιγμάτων και της στέγης σε διαφορετικά layers.

#### 6.4.2 Εξαγωγή Κατόψεων - Τομών σε περιβάλλον AutoCAD

Πριν γίνει η εξαγωγή των δεδομένων στο AutoCAD μπορεί να γίνει μια πρώτη εκτίμηση των αποτελεσμάτων μελετώντας τις σιλουέτα του κτιρίου σε κάτοψη και όψη (εικόνα 45). Έτσι μπορούν να διακριθούν τα πάχη και η κλίση των τοίχων, καθώς και άλλων δομικών στοιχείων.



Εικόνα 45. Silhouette για πρώτη αντίληψη των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κτιρίου.

Αφού ολοκληρωθούν οι απαραίτητες επεξεργασίες των νεφών εξάγονται στο περιβάλλον AutoCAD. Για να γίνει αυτό, αρχικά αποφασίζεται το επίπεδο του οποίου θα γίνει εξαγωγή (εικόνα 46). Στη συνέχεια είναι δυνατή η αποκοπή διατομών από το νέφος με μορφή φέτας (slice) με εύρος το οποίο καθορίζει ο χρήστης και κάνοντας την παραδοχή ότι όλα τα σημεία από αυτή τη φέτα ανήκουν στην ίδια διατομή. Συγκεκριμένα καθορίστηκε το



επιθυμητό πάχος τομής 0.060, βάση της μέγιστης και ελάχιστης απόστασης εσωτερικής σάρωσης που ελέγχθηκε παραπάνω. Έτσι προκύπτει το περίγραμμα της κάτοψης από τα σημεία νέφους πάνω στα οποία χαράσσεται η polyline γραμμή και εξάγεται στο AutoCAD (εικόνα 47).

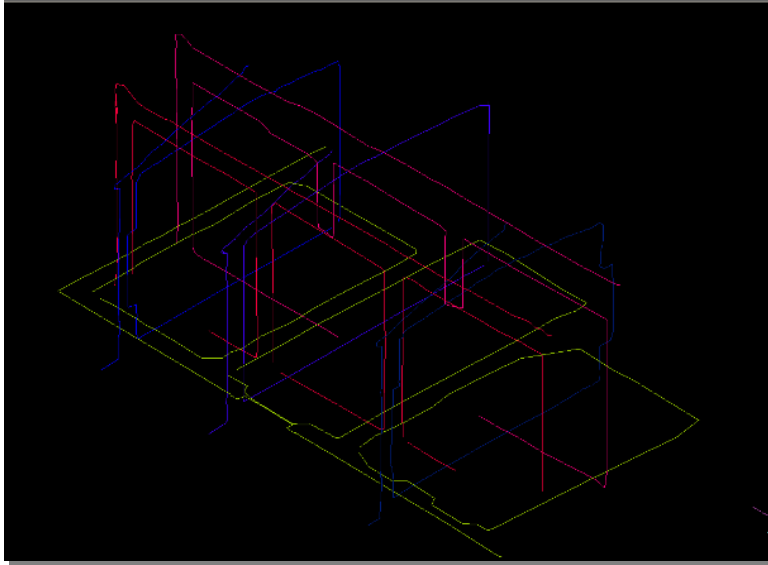


Εικόνα 46. Στάθμη που ορίστηκε η εξαγωγή της κάτοψης ύψους 0.766m.



Εικόνα 47. Τομή νέφος σημείων με πάχος 0.06m.

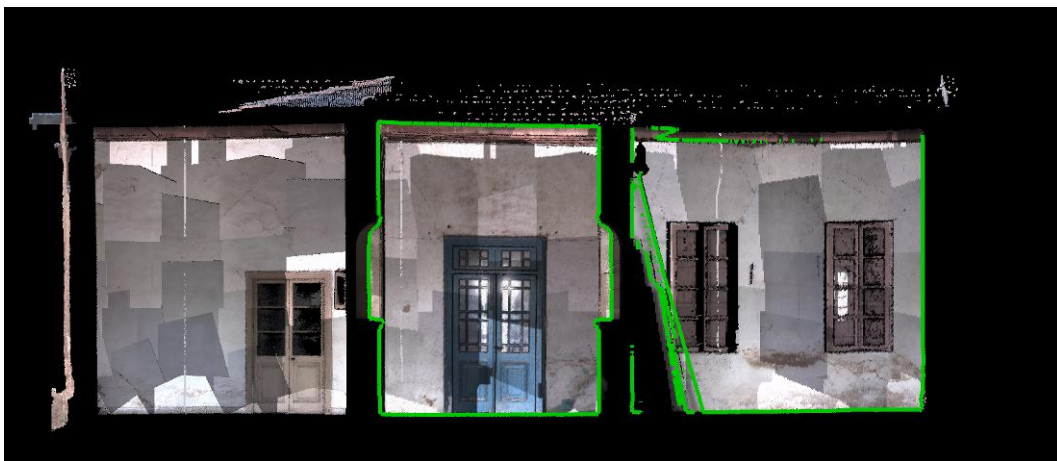
Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για την εξαγωγή δύο κατόψεων σε διαφορετικές στάθμες, τριών τομών κατά πλάτος και 2 τομών κατά μήκος του κτίσματος (βλ. Παράρτημα 7.6 Εικόνες κατά το στάδιο επεξεργασίας δεδομένων στο Cyclone). Έχοντας τα παραπάνω πρωταρχικά σχέδια της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου είναι δυνατόν να συνεχιστεί η επεξεργασία των σχεδίων στο AutoCAD ώστε να ολοκληρωθούν τα απαιτούμενα σχέδια υφιστάμενης κατάστασης. (Κατάλογος Σχεδίων). Ο σχεδιασμός του κτιρίου στο AutoCAD είναι απαραίτητος καθώς η πληροφορία που δίνεται από τον επίγειο σαρωτή είναι υπερβολικά μεγάλη. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε μόνο την χρήσιμη πληροφορία που απαιτείται για την εκτίμηση διατήρησης και αποκατάσταση του μνημείου.



Εικόνα 48. Πρωταρχική 3D απεικόνιση σε περιβάλλον AutoCad polyline γραμμών κατόψεων - όψεων-τομών.

#### 6.4.3 Χρήση Cyclone για την παραγωγή επιφανειών.

Το πρόγραμμα του Cyclone παρέχει την δυνατότητα να προκύψουν επιφάνειες ενοποιώντας νέφη σημείων. Μπορεί επίσης να αποδοθεί στις επιφάνειες το χρώμα από την λήψη των φωτογραφιών. Έτσι δίνεται η δυνατότητα «ρεαλιστική» απόδοσης της υφιστάμενης κατάστασης της κατασκευής. Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν οι επιφάνειες στην αξιολόγηση του υπό μελέτη κτιρίου εφαρμόστηκε η διαδικασία για την εξαγωγή επιφανειών (εικόνα 49).



Εικόνα 49. Δημιουργία επιφανειών μέσω προγράμματος Cyclone.

Είναι εμφανές ότι το αποτέλεσμα δεν είναι ικανοποιητικό. Έτσι δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα από την υπάρχουσα κατάσταση των σχεδίων για την παθολογία, εκτός από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατασκευής. Η αιτία που η απόδοση δεν είναι

ικανοποιητική οφείλεται τόσο στην χαμηλής ποιότητας φωτογραφική μηχανή που είναι εξοπλισμένο ο συγκεκριμένος επίγειος σαρωτής (μόλις 5Megapixel) όσο και στην κακή συνένωση, από το λογισμικό, των χρωματισμών των σημείων που έχουν διαφορετική φωτεινότητα.

Τα αποτελέσματα θα βελτιώνονταν αισθητά και θα ανταποκρίνονταν στις απαιτήσεις της παθολογίας εάν γινόταν τοποθέτηση εξωτερικής φωτογραφικής μηχανής που θα λάμβανε φωτογραφίες μεγαλύτερης ανάλυσης, οι οποίες στη συνέχεια θα συνενώνονταν με το νέφος σημείων. Επίσης, ικανοποιητικά αποτελέσματα θα έδινε και η χρήση συμπληρωματικής εφαρμογής του Autocad, η οποία δίνει την δυνατότητα εισαγωγής των νεφών σημείων με την ίδια απεικόνιση που έχουν στο Cyclone.

Προκειμένου να καταγραφούν οι φθορές της πρόσοψης του κτιρίου, της οποίας είχαν ληφθεί και τα περισσότερα σημεία, λόγω αλληλοεπικάλυψης από διαφορετικές στάσεις. Έγινε ορθή προβολή του κτιρίου στο Cyclone και υπό μορφή εικόνας (εικόνα 37) εισήχθηκε στο AutoCAD, όπου και έγινε η διαμόρφωση της ώστε να έρθει σε αντιστοιχία με το σχέδιο της όψης (Κατάλογος σχεδίων).

## **6.5 Παθολογία – Παθογένεια του εξεταζόμενου κτιρίου**

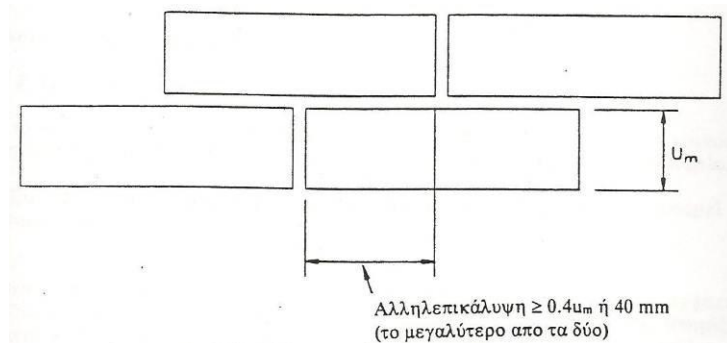
Η μακροχρόνια εγκατάλειψη του κτιρίου και οι διαβρωτικές επιπτώσεις του περιβάλλοντος συντέλεσαν στην μη ικανοποιητική κατάσταση διατήρησης. Το γεγονός αυτό είναι εμφανές από την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης διατήρησης των επί μέρους τμημάτων του κτιρίου, που έγινε βάση του οπτικού ελέγχου και των μετρήσεων του επίγειου σαρωτή laser.

### **6.5.1 Θεμελίωση**

Δεδομένου ότι στο κτίριο δεν ήταν δυνατή η εκσκαφή των θεμελίων, η κατάσταση διατήρησης τους εκτιμήθηκε από τις μετρήσεις του σαρωτή laser και τον οπτικό έλεγχο της ανωδομής. Σύμφωνα με την παραδοσιακή αρχιτεκτονική η θεμελίωση των κατοικιών από οπτόπλινθους γινόταν λιθόκτιστη και εκτίνονταν περίπου 1m κάτω από το έδαφος μέχρι και κάποια εκατοστά πάνω από την στάθμη του εδάφους. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στο υπό μελέτη κτίριο όπου η λιθοδομή συνεχίζει περίπου 30cm πάνω από την επιφάνεια του

εδάφους, εκτός από την τοιχοποιία της πρόσοψης όπου η λιθοδομή εκτίνεται μέχρι και τα 2.5m.

Αρχικά γίνεται έλεγχος της ικανοποιητικής αλληλοεπικάλυψης των λιθοσωμάτων σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 6, ώστε να ελεγχθεί η λειτουργία τους ως ένα δομικό στοιχείο. Σύμφωνα με τον EC6 για να εξασφαλιστεί κατάλληλο πλέξιμο, των λιθοσωμάτων πρέπει να αλληλεπικαλύπτονται σε μήκος τουλάχιστον ίσο με το μεγαλύτερο από το 40% του ύψους του λιθοσώματος ή 40mm (εικόνα 50).



**Εικόνα 50. Απαιτούμενη αλληλοεπικάλυψη λιθοσωμάτων. Πηγή: Ευρωκώδικας 6**

Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της λιθοδομής είναι καλυμμένο από το σοβά ή βρίσκεται εντός της θεμελίωσης δεν μπορούν να προκύψουν επισφαλή στοιχεία, όμως στα εμφανή σημεία ο κανόνας της αλληλοεπικάλυψης ακολουθείται και τα σημεία όπου δεν εφαρμόζεται είναι σποραδικά και μικρής έκτασης με αποτέλεσμα να μην κρίνονται επικίνδυνα.

Ένα πιθανό πρόβλημα της θεμελίωσης είναι η διαφορική καθίζηση. Μελετώντας τις αποκλίσεις της τομής Δ-Δ (Κατάλογος Σχεδίων) διαπιστώνουμε ότι το δωμάτιο 103 παρουσιάζει αρνητική καθίζηση της τάξεως του 1.71% δηλαδή 7,58m σε απόσταση μόλις των 4,454m. Το ίδιο μπορεί να παρατηρηθεί από την ορθή προβολή μεταξύ των τομών Γ-Γ και Β-Β με μικρότερη απόκλιση 2.55cm.

Επομένως είναι εμφανής η διαφορική καθίζηση και συγκεκριμένα η ανύψωση (αρνητική καθίζηση) στη νοτιοανατολική γωνία του δωματίου 103. Πιθανόν, το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην ύπαρξη διογκούμενων εδαφών με ισχυρή τάση για διόγκωση από απορρόφηση υγρασίας (κυρίως άργιλοι υψηλής πλαστικότητας)

Σύμφωνα με τα όρια αποδεκτών καθιζήσεων των κατασκευών τα μονόροφα κτίρια από τοιχοποιία έχουν μέγιστες αποδεκτές τιμές σε άμμο ή σκληρή άργιλο και σε μαλακή ή συνεκτική άργιλο  $\Delta/L = 1/1000$  (Σημειώσεις μαθήματος Θεμελιώσεων ΤΕΠΑΚ). Στο υπό μελέτη κτίριο το  $\Delta/L=17,1/1000$  πράγμα μη αποδεκτό.

### 6.5.2 Φέρουσες τοιχοποιίες

Δεδομένο ότι το κτίριο ανήκει στην δεκαετία 50 - 60 η τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη με εμπειρικό τρόπο. Ο τύπος της τοιχοποιίας είναι μικτός και συγκεκριμένα λιθοπλινθοδομη. Μέχρι και ύψος των +0.30m η τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη από λίθο και στη συνέχεια από οπτόπλινθο με πηλοκονίαμα. Εξάιρεση αποτελεί η πρόσοψη όπου η τοιχοποιία είναι λίθινη μέχρι τα 2.5m.

Η κατάσταση διατήρησης της εξωτερικής τοιχοποιίας θεωρείται πολύ κακή λόγω εκτεταμένων φθορών, εκτός της πρόσοψης, η οποία βρίσκεται σε καλή κατάσταση. Οι συνδέσεις στις γωνιές των τοίχων θεωρούνται ικανοποιητικές, δεδομένου ότι υπάρχει πλέξιμο λίθων και πλίνθων. Όμως, η σύνδεση μεταξύ της τοιχοποιίας του αρχικού κύριου όγκου της κατασκευής με τις προσθήκες δωματίων χαρακτηρίζεται ως κακή, καθώς δεν παρατηρείται κάποιος τρόπος ένωσης τους (εικόνα 51).

Γενικά, οι βλάβες στην τοιχοποιία είναι εκτεταμένες και ένας από τους κύριους παράγοντες είναι η υγρασία, η οποία οφείλεται κυρίως:

- στο ότι το κτίριο βρίσκεται κοντά σε παράκτια ζώνη
- στην ανερχόμενη υγρασία του εδάφους
- στην υγρασία συμπύκνωσης του αέρα.
- στις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις.

Η έντονη υγρασία σε συνδυασμό με την εκτεταμένη χρήση αργιλώδους υλικού, το οποίο είναι υδρόφιλο, κάνει τα δομικά υλικά ιδιαίτερα ευάλωτα, χάνοντας εύκολα τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες.



Εικόνα 51 Άποψη κτιρίου από την νοτιοανατολική πλευρά (προσθήκες κτισμάτων)

Ακόμη, ένας παράγοντας που αυξάνει τα ποσοστά υγρασίας της κατασκευής είναι η υγρασία λόγω συμπύκνωσης του αέρα. Η υγροποίηση των υδρατμών πραγματοποιείται συνήθως επάνω στις επιφάνειες των δομικών στοιχείων, όταν η θερμοκρασία τους είναι χαμηλότερη από το σημείο δρόσου. Το παραπάνω φαινόμενο είναι συχνό και πολύ έντονο στην πόλη της Λεμεσού με τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας να κυμαίνονται μέχρι και 90% - 100%.

Η ανακατασκευή της στέγης δεν είναι σε θέση να προφυλάξει ικανοποιητικά το κτήριο από τις περιβαλλοντικές δράσεις. Το επίχρισμα έχει διατηρηθεί μόνο στην πρόσοψη και όλες οι υπόλοιπες εξωτερικές τοιχοποιίες μένουν εκτεθειμένες επιτρέποντας, την εξωτερική υγρασία να προσβάλλει άμεσα το εσωτερικό της κατασκευής, αποσαθρώνοντας τα δομικά υλικά. Το παραπάνω γεγονός σε συνδυασμό με τις έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές του Κυπριακού περιβάλλοντος συντελεί στην περαιτέρω διάβρωση των υλικών. Έτσι, σε όλη της έκταση της οπτοπλινθοδομής παρατηρούνται μια σειρά από βλάβες βαριάς μορφής, όπως: αποφλοιώσεις – αποκολλήσεις – διογκώσεις και στο εσωτερικό εμφάνιση κηλίδων (εικόνα 52).



**Εικόνα 52. Διάβρωση - διογκωση - χρωματισμός - ρηγμάτωση τοιχοποιίας λόγω εδαφικής υγρασίας.**

Ακόμη, η υγρασία του εδάφους και τα υπέργεια νερά ευθύνονται σε μεγάλο ποσοστό για την έντονη παρουσία της υγρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό είναι φανερό καθώς στα κατώτερα σημεία της τοιχοποιίας, σημειώνονται αποχρωματισμοί, διογκώσεις, θραύσεις και τοπικές ρηγματώσεις (εικόνα 53).





**Εικόνα 53. Υγρασία ανερχόμενη από το έδαφος.**

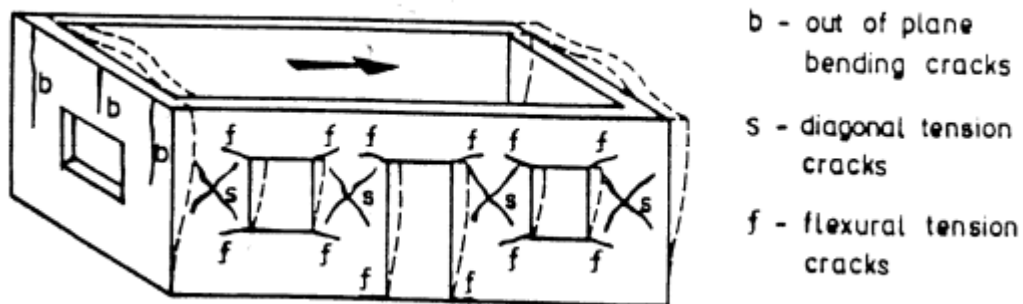
Διαμπερές ρωγμές ή ρωγμές μεγάλου εύρους δεν παρατηρούνται στο κτίριο. Όμως υπάρχει εμφάνιση μικρών ρωγμών στο σοβά και μικρούς εύρους ρωγμές στην τοιχοποιία. Συγκεκριμένα μικρούς εύρους ρωγμές παρατηρούνται πάνω από τα ανοίγματα Κ15 και Κ16 (εικόνα 54) και εξωτερικά του ανοίγματος Κ11 (Κατάλογος Σχεδίων ΤΧΚ1).



**Εικόνα 54. Ρωγμές πάνω από τα παράθυρα του δωματίου 103.**

Πιθανόν οι ρωγμές να οφείλονται σε κάποια παλαιότερη σεισμική διέγερση. Η ύπαρξη των ανοιγμάτων κάνουν την ανάλυση της σεισμικής συμπεριφοράς του κτιρίου πολύ πιο σύνθετη από αυτή ενός μεμονωμένου τοίχου. Συνήθως οι πεσσοί των τοίχοι που

έχουν υποστεί σεισμική καταπόνηση κατά την διεύθυνση τους εμφανίζουν στις διατομές της κεφαλής και της βάσης τους ισχυρότερες ορθές (θλιπτικές και εφελκυστικές) τάσεις. Η υπέρβαση της χαμηλής καμπτικής εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας προκαλεί τις καμπτικές ρωγμές που έχουν την μορφή της εικόνας 55 (τύπου f).



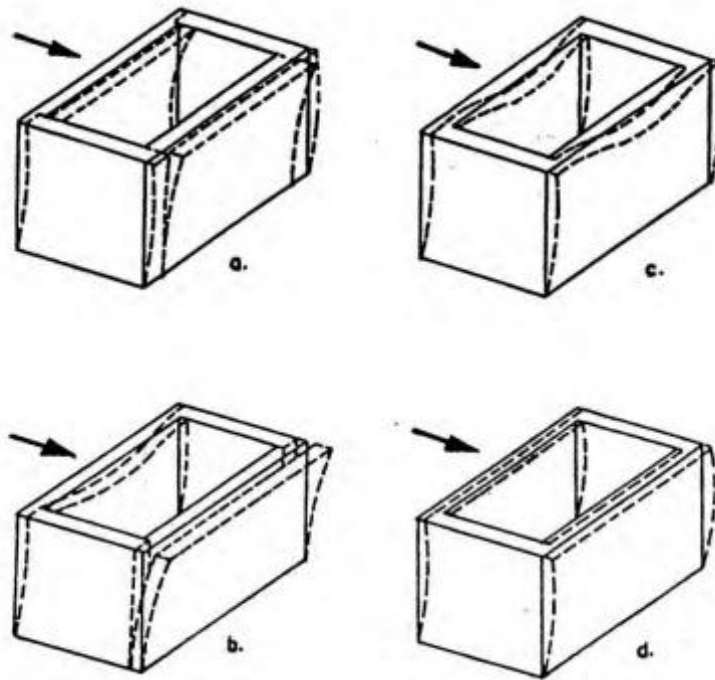
Εικόνα 55 Τυπικές μορφές ρηγματώσεων σε τυπικό όροφο κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία. Πηγή: (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2009)

Όπως αναφέρθηκε η όψη του κτιρίου είναι κατασκευασμένη κυρίως από λίθους. Αυτή η διαφορά των υλικών δόμησης της τοιχοποιίας επηρεάζει την δυσκαμψία κάθε υλικού με αποτέλεσμα να υπάρχει διαφορετική κατανομή της αδρανειακής δύναμης. Επίσης η απουσία ενισχυτικών διατάξεων φέροντος οργανισμού (π.χ αγγυρώσεων), σε συνδυασμό με την μεταγενέστερη ανακατασκευή της στέγης (εικόνα 56) δείχνει το κτίριο να μην έχει πλήρη διαφραγματική λειτουργία στο επίπεδο της στέγης των τοίχων και να μην εξασφαλίζεται η ανάληψη του συνόλου σχεδόν της σεισμικής τέμνουσας από τους τοίχους κατά τη διεύθυνση του σεισμού.



Εικόνα 56. Σύνδεση διαφορετικών υλικών τοιχοποιίας. (Εικόνα Α) Πηγή : Προσωπικό αρχείο.



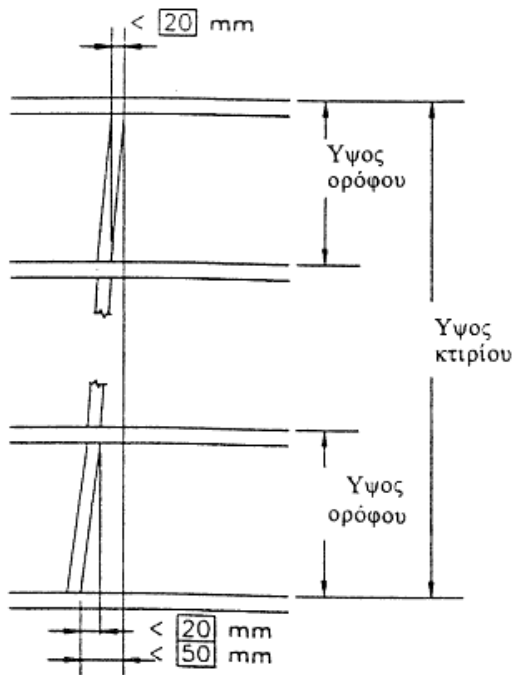


**Εικόνα 57.** Τυπικές μορφές απόκρισης κτιρίων φέρουσας τοιχοποιίας υπό σεισμική καταπόνηση. (α) και (β): Απουσία διαφράγματος ή διαζωμάτων, (c): Φέροντες τοίχοι με κορυφαίο διάζωμα, (d): Φέροντες τοίχοι με διάφραγμα στο επίπεδο της στέψης τους. Πηγή: (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2009)

Πρέπει να σημειωθεί ότι η συνολική συμπεριφορά του κτηρίου μπορεί να εκτιμηθεί με ασφάλεια μόνο από εξειδικευμένα προγράμματα, καθώς η ανάλυση περιλαμβάνει ένα συνδυασμό περιπτώσεων έντασης και παραμόρφωσης, ώστε να καθιστά το πρόβλημα της ανίχνευσης της συμπεριφοράς μοναδικό και πολύπλοκο για το κάθε κτήριο.

Κατά την γεωμετρική τεκμηρίωση του κτηρίου μετρήθηκε η παραμένουσα παραμόρφωση της τοιχοποιίας και ελέγχθηκε βάση του Ευρωκώδικα 6 παράγραφος 6.8 (2), ο οποίος καθορίζει ότι οι μέγιστες τιμές αποκλίσεων που έχουν ληφθεί υπ όψη στο ENV 1996 – 1 -1 είναι:

Κατακόρυφα: 20mm στο ύψος ενός ορόφου ή 50mm εντός του συνολικού ύψους του κτηρίου (εικόνα 58) και λαμβάνεται η μικρότερη των δύο τιμών.



Εικόνα 58. Μέγιστη κατακόρυφη απόκλιση βάση Κατακορυφότητας. Πηγή: Eurocode 6.8 (2)

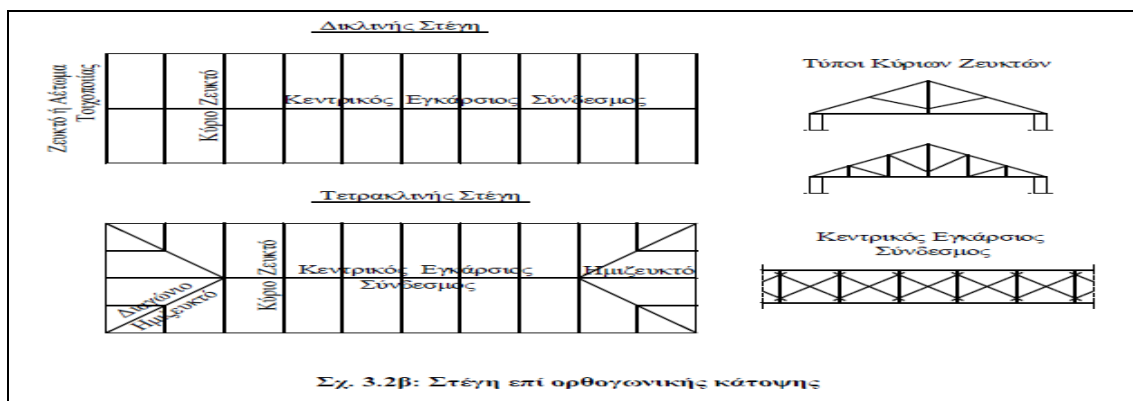
Από την αποτύπωση προέκυψαν αποκλίσεις της τοιχοποιίας από την κατακόρυφο μέχρι και  $61\text{mm} > 20\text{mm}$ , οπότε η κατάσταση διατήρησης της τοιχοποιίας κρίνεται ακατάλληλη, καθώς δεν είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Αναλυτικά οι αποκλίσεις φαίνονται στις τομές στο Κατάλογος Σχεδίων (Αποκλίσεις ΦΟ1).

Κατά την μελέτη των τομών διακρίνεται έντονη μετακίνηση της βόρειας τοιχοποιίας, κατά μήκος του κύριου άξονα του κτίσματος, προς το βορρά. Οι μετακινήσεις πιθανότατα προκλήθηκαν από την έντονη αρνητική καθίζηση στο δωμάτιο 103 και επιδεινώθηκαν από πιθανή καταπόνηση του κτιρίου μέσω παλιότερων σεισμικών διεγέρσεων της περιοχής, σε συνδυασμό με την έντονη διάβρωση που έχει υποστεί το κτίσμα. Κατά μήκος του κύριου άξονα του κτιρίου από τα βόρεια προς νότια σταδιακά παρατηρείται μείωση των αποκλίσεων των τοιχοποιιών. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην καλύτερη κατάσταση διατήρησης των δομικών υλικών του νότιου τμήματος της κατασκευής, καθώς και στην συνεργασία της κατασκευής με το προσκείμενο κτίσμα στη νότια πλευρά του.

Τέλος, ο Ευρωκώδικας 6 καθορίζει ως ελάχιστο πάχος άοπλης οπτοπλινθοδομής τα  $300\text{mm}$  και άοπλης λιθοδομής τα  $400\text{mm}$ . Στο υπό μελέτη κτίριο το πάχος της οπτοπλινθοδομής κυμαίνεται στα  $450\text{mm}$  και της λιθοδομής στα  $550\text{mm}$ , οπότε τα συγκεκριμένα κριτήρια πληρούνται.

### 6.5.3 Στέγη

Η στέγη του κύριου όγκου του κτιρίου είναι δίρριχτη, ενώ των μεταγενέστερων κτισμάτων είναι μονόριχτες. Η δίρριχτη στέγη καλύπτει άνοιγμα και ο κάθε κλάδος της έχει κλίση 27% σταθερή κατά μήκος του κτιρίου. Η στέγη στηρίζεται στην φέρουσα τοιχοποιία. Κατά μήκος του κορφιά της στέγης ξύλινοι δοκοί παραλαμβάνουν οριζόντια φορτία. Πάνω από τις δοκούς έχουν καρφωθεί ξύλινες πλάκες που αποτελούν το ψευδοτάβανο της κατοικίας. Λόγω του ξύλινου ψευδοτάβανου δεν ήταν δυνατό να διαπιστωθεί ο τύπος της στέγης. Σύμφωνα με την παραδοσιακή αρχιτεκτονική και εφόσον είναι δίκλινη στέγη, πιθανόν η να ακολουθεί την παρακάτω διάταξη (εικόνα 59).



Εικόνα 59. Στέγη επί ορθογωνικής κάτοψης. Πηγή: (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΤΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2009).

Η στέγη αν και ανακατασκευασμένη δεν θεωρείται σε καλή κατάσταση διατήρησης καθώς δεν έχει γίνει ικανοποιητική σύνδεση με την υφιστάμενη οικοδομή και έχει υποστεί εκτεταμένες φθορές από περιβαλλοντικές δράσεις (εικόνα 60).



Εικόνα 60. Υγρασία ξύλινων δοκών, λόγω κακής συντήρησης της στέγης.

#### 6.5.4 Ανοίγματα – Κουφώματα

Οι γενικές αναλογίες των ανοιγμάτων είναι 3:1 ή 2:1, σύμφωνα με την παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Τα ανοίγματα τις όψης φέρουν μονόλιθα υπέρθυρα, ενώ τα υπόλοιπα ανακουφιστικά τόξα από οπτόπλινθους. Τα κουφώματα των ανοιγμάτων είναι ξύλινα και φέρουν όλα εξώφυλλα γερμανικού τύπου. Η κατάσταση διατήρησης τους κρίνεται κακή λόγω των εκτεταμένων φθορών από περιβαλλοντικές δράσεις.

#### 6.5.5 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος.

Στο υπό μελέτη κτίριο είναι αναμενόμενο λόγω της παλαιότητας του να μην έχει εφαρμοστεί αντισεισμικός κώδικας. Όμως η ύπαρξη του ίδιου του κτιρίου μαρτυρεί την ανθεκτικότητα του έναντι των σεισμών, γεγονός όμως που δεν εξασφαλίζει την αντοχή του σε έναν μεταγενέστερο σεισμό. Η σεισμική επικινδυνότητα μιας περιοχής μόνο πιθανολογικά μπορεί να εκτιμηθεί και η μέγιστη αναμενόμενη δράση του αλλά και η σφοδρότητα του εμπεριέχει πολλές αβεβαιότητες. Για αυτό το λόγο σε καμία χώρα του κόσμου δεν έχει ως σήμερα προκύψει ένα κανονιστικό πλαίσιο υποχρεωτικής εφαρμογής προσεισμικού ελέγχου. Η Κύπρος δεν έχει καθιερώσει ένα ταχύ πλαίσιο εκτίμησης της σεισμικής τρωτότητας των κτιρίων γι' αυτό το λόγο στο υπό μελέτη κτίριο θα εφαρμοστεί ο Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός έλεγχος (TOE) της Ελλάδος (ΟΑΣΠ).

Ενδεικτικά μερικές από τις πιο γνωστές μεθόδους προσεισμικού ελέγχου, οι οποίες ουσιαστικά περιορίζονται στη γεωγραφική περιοχή για την οποία αναπτύχθηκαν είναι:

- ❖ οι μέθοδοι της Αμερικανικής FEMA
- ❖ η Ελληνική μέθοδος του ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ
- ❖ οι Νεοζηλανδικές μέθοδοι της New Zealand
- ❖ η Ιαπωνική μέθοδος της Japan Building Disaster Prevention Association
- ❖ η Ιταλική μέθοδος του GNDT

Στην Ελλάδα ο προσεισμικός έλεγχος κτιρίων τέθηκε σε εφαρμογή το 1997 με την Εγκύκλιο 53 του ΥΠΕΧΩΔΕ με θέμα « Σχεδιασμός Έκτακτης Ανάγκης για κοινωφελή κτίρια σε επίπεδο Νομού» και το σχετικό πλαίσιο υπόκειται υπό την αιγίδα του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π). Το πλαίσιο του ελέγχου της δομικής τρωτότητας διαμορφώθηκε σύμφωνα με αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή μεθόδων προσεισμικού ελέγχου των ΗΠΑ, προσαρμόζοντας τα δεδομένα στον Ελλαδικό

χώρο (Α.Ι.Καραμπίνης, 2006). Έτσι αναπτύχθηκε ένα κανονιστικό πλαίσιο αναφοράς για προσεισμικό έλεγχο το οποίο διακρίνεται σε τρία στάδια:

- Τον Πρωτοβάθμιο προσεισμικό έλεγχο ή Ταχύ Οπτικό Έλεγχο (ΤΟΕ), για την πρώτη καταγραφή και ταχεία αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας των κτιρίων δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης.
- Τον Δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο για την προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας με βάση αναλυτικότερους υπολογισμούς και το μη καταστροφικό έλεγχο ποιότητας των υλικών βάσει τα αποτελέσματα του ΤΟΕ.
- Την αναλυτική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας και πιθανός σύνταξη μελέτης αποκατάστασης- ενίσχυσης, για όσα κτίρια προκύψει τοπική ή γενική σεισμική ανεπάρκεια από το προηγούμενο στάδιο.

Ο Ταχύς Οπτικός Έλεγχος είναι σχεδιασμένος με τρόπο ώστε να εφαρμόζεται τυποποιημένα και να εξάγονται γρήγορες πληροφορίες για την δομική τρωτότητα του κτιρίου χρησιμοποιώντας μη καταστρεπτικές μεθόδους. Για το λόγο αυτό τα στοιχεία καταγράφονται στο Δελτίο Ελέγχου με μονοσήμαντο τρόπο ώστε να προκύψει η Δομική Βαθμολογία (ΔΒ).

Η τελική τιμή της Δομικής Βαθμολογίας αποτελεί ένα κριτήριο του βαθμού επάρκειας της κατασκευής συσχετιζόμενο με την πιθανότητα εμφάνισης σημαντικής βλάβης (που θα απαιτούσε μεγάλο κόστος επισκευής) ή και κατάρρευσης σε ενδεχόμενο μελλοντικό σεισμό. Έτσι αν ο προκύπτων βαθμός είναι μικρότερος ενός ορίου το κτίριο θεωρείται κατ' αρχήν μη ανταποκρινόμενο στη δομική τρωτότητα και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, διαφορετικά ο έλεγχος ολοκληρώνεται στο πρώτο βήμα (Ψιμούλης Α. Παναγιωτης και Τσιλιμπάρης Ν. Ευθύμιος, 2004), (Jon MOSELEY, 2009) (ΟΑΣΠ, 2000).

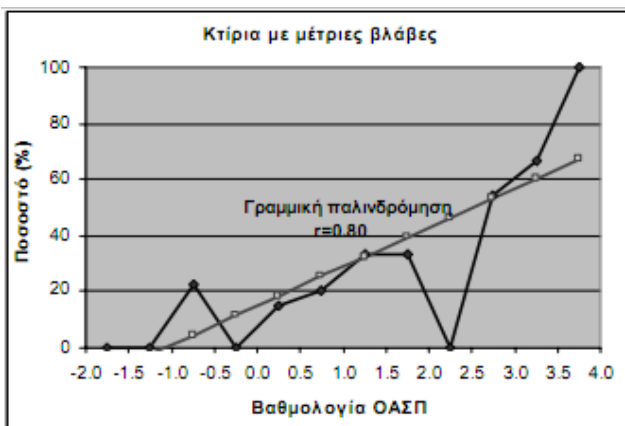
Για το υπό μελέτη κτίριο συμπληρώθηκε το Δελτίο Ελέγχου το οποίο αποτελείται από πέντε ενότητες (7.4 Παράρτημα Δελτίο Προσεισμικού Ελέγχου) και ακολουθήθηκε η βαθμολόγηση του κτιρίου. Πρέπει να σημειώσουμε ότι για να συμπληρώσουμε το δελτίο έγινε η αντιστοίχιση των ζωνών της Ελλάδος με της Κύπρου προκύπτοντας ότι η Κυπριακή ζώνη III(0,25g) συμπίπτει με την Ελληνική Ζώνη III(0,24g) και ότι ως 'σημαντική βλάβη' θεωρείται το είδος βλαβών της οποίας οι επισκευές θα κόστιζαν ένα σημαντικό ποσοστό της αξίας της όλης κατασκευής.

Μελετώντας τους πίνακες 3 και 4 του παραρτήματος 7.4 και σε συνδυασμό με τα στοιχεία του δελτίου ελέγχου της κατάστασης διατήρησης του κτιρίου η βασική βαθμολογία σεισμικού ελέγχου είναι  $-1 < 2$  οπότε σίγουρα απαιτείται Δευτεροβάθμιος προσεισμικός

έλεγχος και πιθανόν, λόγω της πολύ χαμηλής βαθμολογίας του πρωτοβάθμιου σεισμικού ελέγχου, να απαιτείται αναλυτική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας του κτιρίου.

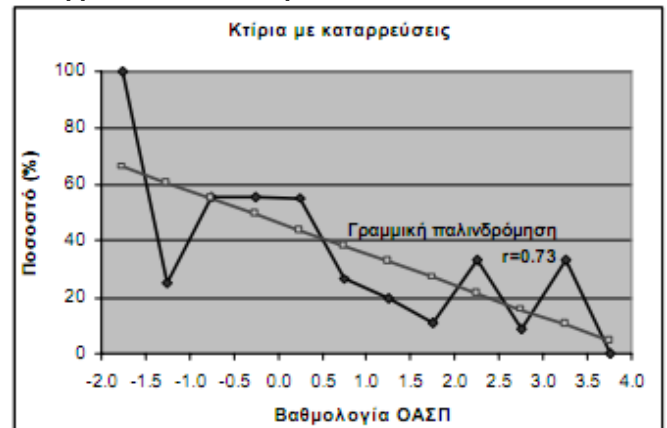
Στη συνέχεια γίνεται συσχέτιση των αποτελεσμάτων με τα διαγράμματα διασποράς (Πίνακας 13 και 14) που προέκυψαν από συγκεκριμένο δείγμα κτιρίων σε σεισμό της Αθήνας και ταξινομήθηκε το ποσοστό των κτιρίων που παρουσίασε καταρρεύσεις και με μέτριες βλάβες βάση της βαθμολογίας ΟΑΣΠ. Μελετώντας τους πίνακες είναι φανερό ότι όταν η βαθμολογία είναι θετική το ποσοστό των κτιρίων με μικρές βλάβες είναι μεγαλύτερο και η συσχέτιση των αποτελεσμάτων μεγάλη ( $r=0.80$ ), ενώ αντίθετα όσο χαμηλώνει η τιμή της βαθμολογίας τόσο αυξάνεται το ποσοστό των κτιρίων με καταρρεύσεις και η συσχέτιση είναι μικρότερη ( $r=0.73$ ). Έτσι με το προκύπτων αποτέλεσμα του πρωτοβάθμιου ελέγχου του κτιρίου και σύμφωνα με στατιστικά δεδομένα των πινάκων 13 και 14 το ποσοστό των κτιρίων που είχαν δομική βαθμολογία  $-1$  παρουσίασαν λίγες μέτριες βλάβες και υψηλό ποσοστό καταρρεύσεων (  $60\%$  ), γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η δομική τρωτότητα του κτιρίου δεν είναι κατάλληλη. Σίγουρα όμως πρέπει να γίνουν και οι υπόλοιποι έλεγχοι δομικής τρωτότητας όπως ορίζεται από τον ΟΑΣΠ.

Πίνακας 14. Συσχέτιση βαθμολογίας ΟΑΣΠ και ποσοστό βλαβών σε 26 κτίρια.







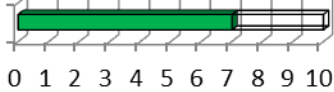
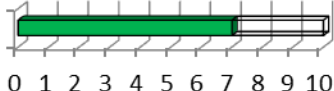
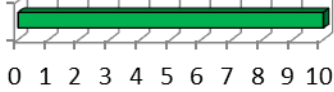

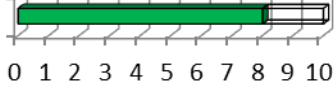
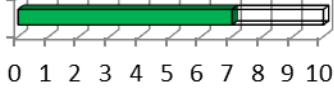

Πηγή: (Α.Ι.Κάππος, 2004)



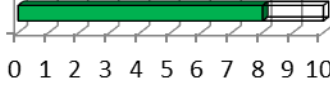
Πίνακας 13. Συσχέτιση βαθμολογίας ΟΑΣΠ και ποσοστό καταρρεύσεων σε 34 κτίρια.



Πηγή: (Α.Ι.Κάππος, 2004)

Πίνακας 15 Συχνότητα εμφάνισης προβλημάτων σε μνημεία και εμφάνιση προβλημάτων στο υπο μελέτη κτίριο.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΝΗΜΕΙΑ	ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟ	
<b>Αστοχία</b> αρχικού σχεδιασμού		-
<b>Αστοχία</b> χρήσης υλικών		✓
Αστοχία αρχικού <b>τρόπου κατασκευής - εργασίας</b>		-
<b>Μη συμβατική</b> χρήση (Βαρύτερη - Διαφορετική)		-
<b>Τροποποιήσεις , προσθήκες και επεκτάσεις</b> Μη προβλεπόμενες από τον αρχικό σχεδιασμό		✓
<b>Αδόκιμη ή μη Επισκευή από προηγούμενους σεισμούς ή άλλα αίτια</b> (Πυρκαγιά – Βομβαρδισμό)		-
Ουσιώδεις <b>υποχωρήσεις θεμελίων.</b>		-
Κακή <b>συντήρηση</b> λόγω διάβρωσης – Γήρανσης υλικών		✓
<b>Τοπικές αστοχίες</b> λόγω διαφόρων αιτιών (Στίριξη μεταλλικών στοιχείων, Στεγών, Κλιμακοστασίων κ.α.)		-
Θερμοκρασιακές <b>Συστολοδιαστολές</b>		✓
<b>Υγρασία</b> ανερόμενη από τα θεμέλια, Συχνή εναλλαγή υγρασίας – ξηρανσίας (προσανατολισμός)		✓
<b>Διαβρωτικό περιβάλλον</b>		✓

<p>Γειτνίαση με την θάλασσα</p>		<p>✓</p>
<p>Επιρροή μηχανικών ταλαντώσεων</p>		<p>-</p>
<p>Ανάπτυξη γλωρίδας</p>		<p>✓</p>

Πηγή: (ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΝΕΩΤΕΡΑ ΜΝΗΜΕΙΑ, 2008)



## 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

### 7.1 Εφαρμογή επίγειου σαρωτή λέιζερ C10 προς εκτίμηση παθολογίας διατηρητέου κτίσματος.

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας αναπτύχθηκαν νέες μέθοδοι γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείων, συντελώντας στην διαφύλαξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Στις μέρες μας δίνεται η δυνατότητα μετρητικής οπτικοποίησης σε τρεις διαστάσεις του περιβάλλοντος χώρου αποδίδοντας με ρεαλισμό τα αντικείμενα αποτύπωσης. Ο επίγειος σαρωτής λέιζερ, παρέχει σε μεγάλο βαθμό τέτοιες δυνατότητες μέσω των εφαρμογών του, αλλά ταυτόχρονα, τόσο ο ίδιος όσο και το συνοδευτικό λογισμικό που το υποστηρίζει παρουσιάζουν κάποιες αδυναμίες. Παρακάτω, διαπιστώθηκαν και παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αποτύπωσης με laser scanner και τα προϊόντα αυτής μέσω του προγράμματος Cyclone, με σκοπό την εκτίμηση της παθολογίας διατηρητέας κατασκευής.

Η μέθοδος αποτύπωσης με τον επίγειο σαρωτή αποτέλεσε έναν αποτελεσματικό τρόπο συλλογής, ανάλυσης, συσχέτισης και χρήσης των δεδομένων του κτιρίου, δίνοντας την δυνατότητα να εξαχθούν αποτελέσματα με μεγάλη ακρίβεια και αξιοπιστία ως προς την γεωμετρία της κατασκευής, έτσι κατέστησε ασφαλέστερα τα συμπεράσματα της παθολογίας του κτιρίου συγκριτικά με τον απλό οπτικό έλεγχο. Επίσης, μπορεί οι εργατοώρες τις υπαίθρου να είναι λίγες, όμως οι ώρες επεξεργασίας των δεδομένων στο γραφείο είναι πολλές (σχεδόν 20 φορές περισσότερες από τις ώρες πεδίου) και σε συνδυασμό με το ιδιαίτερα υψηλό κόστος του εξοπλισμού, αποτελούν αποτρεπτικούς παράγοντες για την αγορά του επίγειου σαρωτή από έναν μέσο μηχανικό.

Ο επίγειος σαρωτής είναι ένα όργανο εύκολο στην χρήση του με αυτοματοποιημένες διαδικασίες, έχει την δυνατότητα εφαρμογής από ένα άτομο (ανάλογα της μεθόδου που ακολουθείται) και ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής του στο πεδίο είναι μικρός, συγκριτικά με τον όγκο και την ακρίβεια πληροφορίας που συλλέγει. Ο επίγειος σαρωτής συνοδεύεται από το λογισμικό Cyclone, το οποίο παρέχει την δυνατότητα διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων, όμως ο χειρισμός του απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις και εμπειρία. Ακόμη, δίνεται η δυνατότητα, μετά την επεξεργασία των νεφών στο Cyclone, να γίνει εξαγωγή κατόψεων, όψεων και τομών σε περιβάλλον AutoCAD. Όμως το

συγκεκριμένο λογισμικό δεν παρέχει την επιθυμητή απεικόνιση των επιφανειών, οι οποίες να ανταποκρίνονταν στα επιθυμητά αποτελέσματα για τον προσδιορισμό της παθολογίας του κτιρίου. Έτσι, για την βελτίωση των αποτελεσμάτων ως προς την εκτίμηση της παθολογίας, απαραίτητη είναι η χρήση άλλων προγραμμάτων ( π.χ. Autodesk Autocad Cloudworx, 3DReshaper ) ή ο συνδυασμός της μεθόδου με επιπλέον εξοπλισμό, όπως είναι η χρήση φωτογραφικής μηχανής μεγάλης ανάλυσης, είτε ενσωματωμένης στον σαρωτή, είτε εξωτερικής μηχανής και επίθεσης των φωτογραφιών στο τριαδιάστατο μοντέλο που συλλέγεται από τον σαρωτή.

Σίγουρα ένα όργανο με το υψηλό κόστος του σαρωτή μπορεί να παρέχει ένα πλήθος θετικών χαρακτηριστικών, όμως θα αναμέναμε να είχε μεγαλύτερες δυνατότητες στην οπτική απεικόνιση των σημείων και να υποστηρίζεται από προγράμματα περισσότερο ευέλικτα με περαιτέρω αυτοματοποιημένες διαδικασίες παραγωγής φωτορεαλιστικών μοντέλων. Έτσι, ενώ πράγματι αποτελεί επανάσταση στον τρόπο συλλογής πληροφορίας, δεν πρέπει να θεωρείται πανάκεια ή να καλλιεργείτε η εντύπωση ότι μπορεί να λύσει όλα τα προβλήματα της αποτύπωσης. Σίγουρα όμως πρόκειται για μία νέα τεχνολογία που δεν παύει να αποτελεί το εφαλτήριο για την περαιτέρω ανάπτυξη και προσαρμογή της στην επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων, δίνοντας την δυνατότητα εφαρμογής της σε ευρείας κλίμακας αποτυπώσεις. Θεωρείται απαραίτητο ότι έμφαση πρέπει να δοθεί στην ανάπτυξη αυτοματοποιημένων μεθόδων μέσω νέων αλγορίθμων, καθώς και στην διερεύνηση πιθανών εφαρμογών που να αξιοποιούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μεθόδου, μόνης της ή σε συνδυασμό με άλλες.

Συγκεκριμένα στην αποτύπωση του διατηρητέου κτιρίου, λόγω της μεγάλης ακρίβειας του οργάνου σε συνδυασμό με την πολύ καλή απόδοση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κτιρίου τα αποτελέσματα του επίγειου σαρωτή κρίνονται ικανοποιητικά για την εκτίμηση της παθολογίας, ώστε να αποτελέσουν την βάση για την συνέχιση της μελέτης αποκατάστασης του κτιρίου.

## **7.2 Ως προς την παθολογία του κτιρίου**

Για την εκτίμηση της παθολογίας του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του μνημείου με τον επίγειο σαρωτή σε συνδυασμό με τον επί τόπου οπτικό έλεγχο. Η αξιολόγηση της κατάστασης διατήρησης βασίστηκε στην εκτίμηση της δομικής τρωτότητας του κτιρίου, την κατάσταση διατήρησης των δομικών υλικών, την

διαφραγματική λειτουργία και την γενικότερη κατάσταση διατήρησης των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου (θεμελίωση, τοιχοποιία, ανοίγματα και στέγη). Έτσι εκτιμήθηκαν τα κυριότερα συμπτώματα της παθολογίας του φέροντος οργανισμού του κτιρίου, τα οποία είναι:

- ✓ οι εκτός των προδιαγραφών αποκλίσεις από την κατακόρυφο της τοιχοποιίας, οι οποίες οφείλονται πιθανότατα σε σεισμικές δονήσεις, που δεν είναι σπάνιο φαινόμενο στην περιοχή της Λεμεσού. Αυτό αποτελεί το πιο σημαντικό πρόβλημα του κτιρίου και αφορά τον δομικό του οργανισμό και επομένως τη στατική του επάρκεια, έτσι συνεπάγονται μια σειρά προβλημάτων δομικής φύσης όπως απομάκρυνση των εγκάρσιων τοίχων, παρουσίαση ρηγματώσεων και παραμόρφωση των ανοιγμάτων. Το κτίριο ίσως να ευνοήθηκε από την γειτνίαση του στην νότια πλευρά με προσκείμενο κτίσμα καθώς οι αποκλίσεις μειώθηκαν στην συγκεκριμένη πλευρά του κτιρίου και ταυτόχρονα παρατηρούνται φθορές μικρότερου βαθμού.

- ✓ οι αδιαφιλονίκητες αποδείξεις διαφορικών καθιζήσεων που παρουσιάζονται έντονα στο δωμάτιο 103.

- ✓ η λανθασμένη προσθήκη και επέκταση του κτιρίου με μεταγενέστερους χώρους.

- ✓ η έλλειψη διαφραγματικής λειτουργίας του κτιρίου που οφείλεται: στην απουσία ενισχυτικών διατάξεων και στην κακή συντήρηση της κατασκευής κυρίως με την ανακατασκευή της στέγης, όπου πιθανότατα δεν έχει γίνει σωστή σύνδεση με τον υπόλοιπο φέροντα οργανισμό.

- ✓ οι εκτεταμένες αποφλοιώσεις, διογκώσεις, αποχρωματισμοί και ρηγματώσεις που οφείλονται σε πλήθος αρνητικών παραγόντων, όπως είναι η γήρανση των δομικών υλικών, η έντονη παρουσία της υγρασίας, το είδος του υπεδάφους, η ελλιπής συντήρηση, η άμεση γειτνίαση με την θάλασσα και η σεισμική δραστηριότητα της περιοχής.

Βάση του πρωτοβάθμιου προσεισμικού ελέγχου προέκυψε υψηλή τρωτότητα του κτιρίου εκτιμώντας ότι η αδυναμία αυτή προέρχεται από όλους τους παραπάνω παράγοντες. Έτσι προκύπτει κρίσιμη η καταπόνηση των τοίχων για σεισμό κάθετα στο επίπεδό τους (κάμψη εκτός επιπέδου – πολύ χαμηλή αντοχή τοιχοποιίας λόγω της έντονη διάβρωσης των υλικών). Ακόμη, είναι πιθανή η αποκόλληση των διασταυρούμενων τοίχων λόγω απουσίας διαζωμάτων και ελκυστήρων και λόγω της κατασκευής τους από διαφορετικά υλικά (λίθος – οπτόπλινθος) την ανεξάρτητη απόκρισή τους ως ελεύθερων προβόλων με ιδιαίτερα δυσμενή αποτελέσματα.

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραπάνω παραμέτρους, συμπεράνουμε ότι τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά ώστε να κριθεί αναγκαία η άμεση επέμβαση και αποκατάσταση του κτιρίου μέσα στα θεσμικά πλαίσια που θα εξασφαλίζουν την διαφύλαξη της Κυπριακής αρχιτεκτονικής παράδοσης. Οι επεμβάσεις αυτές θα πρέπει να γίνουν βάση αποτελεσμάτων ειδικού στατικού προγράμματος, ώστε να προσδιοριστεί επακριβώς η ανεπάρκεια της δομικής φέρουσας κατασκευής και να γίνει η χρήση των κατάλληλων υλικών και μεθόδων ώστε να ολοκληρωθεί η αποκατάσταση του κτιρίου.

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Γ.ΠΕΝΕΗΣ και Α.Ι.ΚΑΠΠΙΟΣ, Γ. κ. (1990). *Αντισεισμικές κατασκευές απο σκυρόδεμα*. Θεσσαλονίκη: ΖΗΤΗ.

Ε.Νομικός, Μ. (2004). *Αποκατασταση και επαναχρηση ιστορικών κτιρίων και συνόλων* *Μεθοδολογία – Εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη : Τμήμα Αρχιτεκτόνων Α.Π.Θ

Ευριπίδης Παπαμίχος - Νίκος Χ.Χαραλαμπίκης. (2006). *Αντοχή των υλικών*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

*Ερωκώδικας 6: Σχεδιασμός κατασκευών απο τοιχοποιία*. (1995). Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.

Ιγνατάκης, Χ. Ε. (1991). *Αναλυτική έρευνα της απόκρισης τοιχοποιίας υπό μονότονη επίπεδη καταπόνηση μέχρι αστοχίας*. Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ Τμήμα πολιτικών μηχανικών.

Μηλιωρίτσας, Ε. (1999). *ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΙΙ. ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ*.

Ορφανουδάκης, Δ. Α. (1992). *Μελέτη αποκατάστασης μνημείων και συνόλων*. Πειραιάς: Γ' Έκδοση.

Πετρίδου, Α. (1993). *Αστική Αρχιτεκτονική της Κύπρου*. Λευκωσία: Πρακτικά ημερίδας ιδρύματος Πιερίδη.

Σινού, Σ. (1976). *Αναδρομή στην Λαϊκή Αρχιτεκτονική της Κύπρου*. Αθήνα.

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (2004). *Ενίσχυση κατασκευών για σημεικά φορτία*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος

Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπης (2002). *Η γεωλογία της Κύπρου*. Λευκωσία: Υπουργείο Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

## Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

Angelopoulou E. & Jhon R. Wright Jr (1999). *Laser Scanner Technology*. Pennsylvania: University of Pennsylvania.

Cortelazzo, G., & Marton, F. (1999). About modeling cultural heritage objects with limited computers resources *Image Analysis and Processing*, 1999. Proceedings. International Conference on , 27-29 Sept. 1999.

European Geosciences Union. General Assembly, R. P. (2011, 02 12). *Building stone decay: from diagnosis to conservation*. United Kingdom.

J.G.Olliver -J.Clendinning. (1978). *ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ*. Οξφόρδη: Μ.Γκιούρδας.

J-A Beraldin, M. P.-H. (n.d.). *Virtualizing a Byzantine Crypt by Combining High-resolution Textures with Laser Scanner 3D Data*. Canada, Italy.

Jose Luis Lerma Garcia, Genechten, Heine, Quintero. (Version 4 June 2008). *THEORY AND PRACTICE ON TERRESTRIAL LASER SCANNING*. VALENCIA: (UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA).

Michael Forsyth, C. S. (2008, 04 15). *Materials and skills for historic buildings conservation*. United Kingdom.

Paul J. Best, M. I. (1992, FEBRUARY). *A Method for Registration of 3-D Shapes*. Published in: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* - Special issue on interpretation of 3-D scenes - part II

Vosselman G. and Maas K. G. (2010). *Airborn and terrestrial laser scanning*. Dunbeath, Scotland: CRC.

W. Winkler. (1975). *Stone: Properties, Durability in Man's Environment*. Springer – Verlag.

## Άρθρα - Περιοδικά - Συνέδρια

- CIPA. (2002). international workshop on scanning for cultural heritage recording. Corfu.
- Satyaprakash, D. (2007, September). Laser Scanners in Terrestrial Surveying. *The Global Geospatial*, p. 3.
- STAIGER, R. (2003, December 2). Terrestrial laser scanning Technology, Systems and Applications. *2nd FIG Regional Conference*, (p. 10). Marrakech, Morocco.
- Jon MOSELEY, Σ. Δ. (2009). Ταχύς οπτικός έλεγχος για την εκτίμηση της σεισμικής τρωτότητας κτιρίων Ο.Σ. με χρήση δεδομένων ασαφούς λογική. *16ο Συνέδριο Σκυροδέματος*. Πάφος: ΤΕΕ, ΕΤΕΚ
- Α.Ι.Καραμπίνης. (15 – 17 Οκτωβρίου 2003). «Βαθμονόμηση της Α' Φάσης του Προσεισμικού Ελέγχου (Ταχύς Οπτικός Έλεγχος)». 14<sup>ο</sup> Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Κως.
- Αποστολόπουλος, Β. Ν. (2010, Ιούνιος). Υπολογισμός της υπερεκσκαφής στο μέτωπο σήραγγας με τη χρήση επίγειου σαρωτή laser επίγειου σαρωτή laser – Εφαρμογή στην υπό διάνοιξη σήραγγα Τεμπών Τ1. Αθήνα, Ελλάδα.
- Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών (ICOMOS), (1964). *Χάρτα της Βενετίας*. Βενετία.
- ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΠΙΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΝΕΩΤΕΡΑ ΜΝΗΜΕΙΑ. (2008, Δεκέμβριος). Ημερίδα . ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ, Διεύθυνση Αναστήλωσης Νεώτερων και Σύγχρονων Μνημείων, ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ.
- Μ.Καββαδάς. (2009). Απαιτήσεις Γεωτεχνικών Ερευνών στα Οικοδομικά Έργα. Ημερίδα ΣΠΜΕ (p. 13). Ρέθυμνο: ΤΕΕ.
- Μ.Δημοσθένους. (1999). Ιερεύνηση της σεισμικής συμπεριφοράς εκκλησιών της Κύπρου που εμφανίζουν ζημιές κατά το σεισμό της 9ης Οκτωβρίου 1996. *13ου Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος*, (pp. 44-51). Ρέθυμνο.
- ΟΑΣΠ. (2000). Τεχνική Εκθεση Προσεισμικού έλεγχου. Αθήνα.
- Σημειώσεις μαθήματος Θεμελιώσεων Ι (2010) Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής, ΤΕΠΑΚ.



Σημειώσεις μαθήματος Αντοχή στο χρόνο και διαχείριση Επικινδυνότητας έργων υποδομής (2011) Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής, ΤΕΠΑΚ.

Τσοτσος, Σ. (1994). Ενίσχυση των θεμελιώσεων μνημείων - Κρητίρια, αρχές σχεδιασμού, εφαρμογή και τεχνολογικές εξελίξεις. *Σύλλογος αποφοίτων πολυτεχνικής σχολής ΑΠΘ*, (pp. 271-293). Θεσσαλονίκη.

## Διαδίκτυο

Leica, G. (2009.). *Leica TPS1200+ Series*. Retrieved 12 20, 10, from [http://www.leica-geosystems.com/downloads123/zz/tps/tps1200/brochures-datasheet/Leica\\_TPS1200+ TechnicalData\\_en.pdf](http://www.leica-geosystems.com/downloads123/zz/tps/tps1200/brochures-datasheet/Leica_TPS1200+ TechnicalData_en.pdf)

Markgrafneusiedel, Retrieved: 03/01/2011: <http://www.celtovation.at>,

*The Stonehenge Landscape*. (n.d.). Retrieved 01 03, 2011, from Wessex Archaeology: <http://www.stonehengelaserscan.org/landscape.html>

USGS, Γ. Υ. (n.d.). *Ο υδρολογικός κύκλος*. Retrieved 02 2011, 18, from Συμπύκνωση: Νερό που μεταβάλλεται από αέρια σε υγρή μορφή: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html#condensation>

Wikipedia. (2010, 10 12). *Laser*. Retrieved 16 01, 2011, from <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%AD%CE%B9%CE%B6%CE%B5%CF%81>

Wikipedia. (2011, 03 9). *3D scanner*. Retrieved 03 18, 2011, from Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_scanner#Time-of-flight](http://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner#Time-of-flight)

Α.Ι.Κάππος. (2004, Απρίλιος). *Προσεισμικός έλεγχος κτιρίων - Εφαρμογές στον Ελληνικό χώρο*. Retrieved 03 02, 2011, from Ημερίδα ΤΕΕ/Τμ Αν. Στερεάς: <http://www.teelamia.tee.gr/HMERIDA-2-4-05/EISIGISI-KAPPOS.pdf>

Αντώνιος, Σ. (2008). *Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος κτιρίων*. Retrieved 03 25, 2011, from <http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies%202008/1%20%CE%A3%CE%A7%CE%95%CE%A4%CE%91%CE%9A%CE%97%CE%A3.pdf>

- Βικιπαίδεια. (2009, Νοεμβρίου 24). *Κυπριακός πολιτισμός*. Retrieved 02 23, 2011, from Τοποθεσία Web της Βικιπαίδεια:  
<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%85%CF%80%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%82%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82>
- Επισκόπησης, Τ. Γ. (2011). *Ιστορικοί σεισμοί*. Retrieved 02 02, 2011, from Κυπριακής Δημοκρατίας:  
[http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/dmlHistEarthquakes\\_gr/dmlHistEarthquakes\\_gr?OpenDocument](http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/dmlHistEarthquakes_gr/dmlHistEarthquakes_gr?OpenDocument)
- Κ.Τοκμακίδης. (n.d.). *ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ*. Retrieved 03 22, 2011 from: [http://e-topo.web.auth.gr/TOMEIS\\_INDEX/TOMEASA/tokmakidis/GIVE/PRODIAGRAF.pdf](http://e-topo.web.auth.gr/TOMEIS_INDEX/TOMEASA/tokmakidis/GIVE/PRODIAGRAF.pdf).
- ΚΛΕΨΥΔΡΑ. (2006). *ΚΛΕΨΥΔΡΑ*. Retrieved 03 24, 2011, from: Σαρωτές τριγωνισμού με ακτίνες λέιζερ κοντικών αποστάσεων: <http://clepsydra.ipet.gr/>
- Κόμπος, Α. (2010, 12 17). *Ο ΕΝΑΕΡΙΟΣ στην Λεμεσό*. Retrieved 01 15, 2011, from ΛΕΜΕΣΟΣ Blog: <http://www.lemesos-blog.com/2010/12/%CE%BF-%C2%AB%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%83%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%BB%CE%B5%CE%BC%CE%B5%CF%83%CF%8C/>
- ΟΑΣΠ, Ο. Α. (n.d.). *ΟΑΣΠ, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας*. Retrieved 3 25, 2011, from Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων Δημόσιας και Κοινοφελούς Χρήσης: <http://www.oasp.gr/>
- Σύμβαση της Γρανάδας, (1985). *Convention for the Protection of the Architectural Heritage of Europe*. Retrieved 3 16, 2011, from <http://conventions.coe.int/treaty/en/Treaties/Html/121.htm>
- ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, Τ. (2009). *Κατασκευές απο φέρουσα τοιχοποιία, Κανονισμός - Βλάβες - Αποκατάσταση*. Retrieved 3 2, 2011, from ΤΕΕ: [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA\\_SEMINARIA/H\\_KYKLOS\\_S\\_M\\_D\\_IAN\\_FEB\\_09/FEROUSA\\_TOIX](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/H_KYKLOS_S_M_D_IAN_FEB_09/FEROUSA_TOIX)

[ΟΡΟΠΑ\\_VLAVES\\_ΑΡΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/%D3%E5%EC%20%F4%EF%E9%F7%20%D4%C5%C5\\_1\\_.pdf](#)

Ψιμούλης Α. Παναγιωτης και Τσιλιμπάρης Ν. Ευθύμιος. (2004, Μάρτιος). *ΤΗΝ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΙΓΙΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ*. Retrieved 03 24, 2011, from 10ο Φοιτητικό Συνέδριο «Επισκευές Κατασκευών – 04»: <http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies%202004/No19.PDF>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### 7.3 Βασικές διεθνείς αρχές ανακαίνισης και αποκατάστασης μνημείων – Χάρτα Βενετίας

Οι βασικότερες από τις διεθνείς Αρχές με χρονολογική σειρά είναι :

- Η Χάρτα των Αθηνών (CIAM 1933)
- Η Χάρτα της Βενετίας (ICOMOS 1964)
- Η Διακήρυξη του Άμστερνταμ (Συμβούλιο της Ευρώπης 1975)
- Η Σύμβαση της Γρανάδας για την προστασία της Ευρωπαϊκής Αρχιτεκτονικής κληρονομιάς (Συμβούλιο της Ευρώπης 1985)
- Η Χάρτα της Ουάσινγκτον για την προστασία των Ιστορικών πόλεων (ICOMOS 1987)
- Η Χάρτα της Burra (ICOMOS Αυστραλίας 1979, 1981, 1988)
- Το κείμενο της Νάρα για την Αυθεντικότητα (ICOMOS Ιαπωνίας 1994)
- Η Δήλωση του Σαν Αντόνιο (ICOMOS Αμερικής 1996)
- Η Χάρτα για την Ανάλυση , Συντήρηση και Δομική Αποκατάσταση της Αρχιτεκτονικής κληρονομιάς (ICOMOS 2003).

#### ΧΑΡΤΑ ΒΕΝΕΤΙΑΣ

Ο Χάρτης της Βενετίας αποτελεί ένα από τους βασικότερους θεσμούς που περιέχει τις κατευθυντήριες αρχές για την θεωρία και κυρίως την πράξη της Αποκατάστασης και της Συντήρησης κάθε είδους Μνημείων.

#### «Ορισμοί

**Άρθρο 1.** Η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο αλλά και την αστική ή την αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί ένα ιδιαίτερο πολιτισμό μια ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός. Αυτό ισχύει όχι μόνο για τις μεγάλες δημιουργίες αλλά και για τα ταπεινά έργα που με τον καιρό απέκτησαν πολιτιστική σημασία.

**Άρθρο 2.** Η συντήρηση και η αποκατάσταση των μνημείων, αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο ο οποίος πρέπει να αποτελείται στη συνεργασία όλων των επιστημών και όλων των

τεχνών που μπορούν να συνεισφέρουν στη μελέτη και τη διάσωση της μνημειακής κληρονομιάς.

### Στόχος

**Άρθρο 3.** Η συντήρηση και η αποκατάσταση των μνημείων αποσκοπούν να τα διασώσουν τόσο σαν έργα τέχνης όσο και σαν ιστορικές μαρτυρίες.

### Συντήρηση

**Άρθρο 4.** Η συντήρηση των μνημείων έχει σαν πρωταρχική απαίτηση τη συνεχή και μόνιμη φροντίδα για την διατήρηση τους.

**Άρθρο 5.** Η συντήρηση των μνημείων ευνοείται πάντοτε από την καταλληλότητα τους να χρησιμοποιηθούν για κάποιο σκοπό ωφέλιμο στην κοινωνία. Μια τέτοια χρησιμοποίηση είναι βέβαια επιθυμητή, αλλά δεν πρέπει να αλλάζουν την διάρθρωση ή την διακόσμηση των κτιρίων. Οι διαρρυθμίσεις που επιβάλλει η αλλαγή της λειτουργίας τους (από νέες χρήσεις) πρέπει να αντιμετωπίζονται και ενδεχομένως να επιτρέπονται μέσα σ' αυτά τα όρια.

**Άρθρο 6.** Η συντήρηση ενός μνημείου συνεπάγεται την διατήρηση του άμεσου περιβάλλοντος του, στην κλίμακα του. Αν το παραδοσιακό πλαίσιο δεν έχει εξαφανισθεί, έχουμε καθήκον να το διατηρήσουμε αλλά και ταυτόχρονα να αποκλείσουμε κάθε άλλη προσθήκη, κάθε κατεδάφιση και κάθε αλλαγή που θα μπορούσε να αλλάξει τις σχέσεις των όγκων και των χρωμάτων.

**Άρθρο 7.** Το μνημείο είναι αναπόσπαστο από την ιστορική στιγμή που αντιπροσωπεύει και από τον χώρο που είναι τοποθετημένο. Επομένως η μετακίνηση του όλου ή τμήματος ενός μνημείου μπορεί να γίνει παραδεκτή μόνο αν επιβάλλεται από την ανάγκη διασώσεως του, ή δικαιολογείται από λόγους μεγάλης εθνικής ή διεθνούς σημασίας.

**Άρθρο 8.** Τα γλυπτικά, ζωγραφικά ή διακοσμητικά στοιχεία που είναι αναπόσπαστα δεμένα με το μνημείο, δεν μπορούν να διαχωριστούν παρά μόνο αν το μέτρο αυτό είναι η μοναδική διέξοδος για να εξασφαλιστεί η διάσωση τους.

### Αποκατάσταση και Αναστύλωση

**Άρθρο 9.** Η διαδικασία της αποκαταστάσεως είναι μια επέμβαση υψηλής εξειδίκευσης που επιβάλλεται να γίνεται καθ' εξαίρεση. Έχει σαν στόχο να διατηρήσει και να αποκαλύψει τις ιστορικές και αισθητικές αξίες του μνημείου και βασίζεται στον σεβασμό προς την αρχική του υπόσταση και τα αυθεντικά του στοιχεία. Σταματάει στο σημείο που αρχίζουν να υπάρχουν υποθέσεις. Πέρα από αυτό το σημείο, οποιαδήποτε εργασία που ενδεχομένως θα θεωρηθεί απαραίτητη για τεχνικούς ή αισθητικούς λόγους, θα πρέπει να διαχωρίζεται από την αρχική αρχιτεκτονική σύνθεση και να φέρνει την σφραγίδα της εποχής μας. Σε όλες τις περιπτώσεις η αρχαιολογική μελέτη θα προηγείται της αποκατάστασης και θα την ακολουθεί.

**Άρθρο 10.** Όταν οι παραδοσιακές τεχνικές αποδεικνύονται ανεπαρκείς, η στερέωση ενός μνημείου μπορεί να εξασφαλιστεί με την προσφυγή σε όλες σε όλες τις σύγχρονες τεχνικές συντηρήσεως και κατασκευές, που η αποτελεσματικότητα θα έχει αποδειχθεί από τα επιστημονικά δεδομένα και τις οποίες θα εγγυάται η πείρα της εφαρμογής τους.

**Άρθρο 11.** Οι αξιόλογες προσθήκες όλων των εποχών στη σημερινή υπόσταση ενός μνημείου πρέπει να γίνουν σεβαστές, γιατί σκοπός της αποκαταστάσεως του δεν είναι η ενότητα του αρχικού του ρυθμού. Όταν ένα κτίριο φέρνει υπερκείμενες φάσεις διαφόρων εποχών, η επαναφορά στην αρχική του κατάσταση δεν δικαιολογείται παρά μόνο κατ' εξαίρεση. Αν, δηλαδή, τα στοιχεία που θα αφαιρεθούν έχουν πολύ μικρή σημασία και η σύνθεση που θα αποκαλυφθεί είναι μεγάλης ιστορικής, αρχαιολογικής ή αισθητικής αξίας κι ακόμη αν η κατάσταση της διατηρήσεως του μνημείου κριθεί αρκετά ικανοποιητική. Η κρίση σχετικά με την αξιολόγηση των μεταγενέστερων στοιχείων και η απόφαση για την απόλεια τους, δεν θα πρέπει να εξαρτώνται μόνο από το άτομο που ανέλαβε την μελέτη του έργου.

**Άρθρο 12.** Τα στοιχεία που προορίζονται να αντικαταστήσουν τμήματα του μνημείου που έχουν καταστραφεί, πρέπει να ενσωματώνονται αρμονικά στο σύνολο, αλλά και να διακρίνονται από τα αυθεντικά μέρη, έτσι ώστε να μην πλαστογραφούνται τα καλλιτεχνικά και ιστορικά τεκμήρια του κτιρίου.

**Άρθρο 13.** Οι προσθήκες δεν μπορεί να γίνουν ανεκτές παρά μόνο αν σέβονται όλα τα ενδιαφέροντα μέρη του κτιρίου, το παραδοσιακό του πλαίσιο, την ισορροπία της συνθέσεως του και τις σχέσεις του με τον περιβάλλοντα χώρο.

### Μνημειακά Σύνολα

**Άρθρο 14.** Τα μνημειακά σύνολα πρέπει να γίνουν αντικείμενο ειδικών φροντίδων για να σωθεί η ακεραιότητά τους και να εξασφαλισθεί η εξυγίανσή τους, η διαρρύθμισή και η αξιοποίησή τους. Οι εργασίες για την συντήρησή και την αποκατάστασή τους, πρέπει να εμπνέονται από τις αρχές που διατυπώνονται στα προηγούμενα άρθρα.

### Ανασκαφές

**Άρθρο 15.** Οι ανασκαφές πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τους επιστημονικούς κανόνες και καθώς ορίζουν οι "συστάσεις για τους διεθνείς όρους που πρέπει να εφαρμόζονται στις αρχαιολογικές ανασκαφές" τις οποίες υιοθέτησε η UNESCO το 1956. Επιβάλλεται να γίνεται διευθέτηση των ερειπίων και να λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα για την συντήρησή και την μόνιμη προστασία των αρχιτεκτονικών στοιχείων και των ευρημάτων. Εξάλλου, θα είναι ευπρόσδεκτη κάθε πρωτοβουλία που θα διευκολύνει την κατανόηση του μνημείου χωρίς να παραμορφώνει την σημασία του. Ωστόσο, κάθε εργασία ανακατασκευής θα πρέπει να αποκλείεται εκ των προτέρων. Μόνο η αναστήλωση μπορεί να αντιμετωπισθεί, δηλαδή η ανασύνθεση μελών που σώθηκαν αλλά έχουν μετακινηθεί. Οι συμπληρώσεις όμως θα είναι

πάντα αναγνωρίσιμες και θα αντιπροσωπεύουν το ελάχιστο που απαιτείται για να εξασφαλιστούν οι συνθήκες συντηρήσεως του μνημείου και να αποκατασταθεί η μορφολογική του συνέχεια.

#### Τεκμηρίωση και δημοσιεύσεις

**Άρθρο 16.** Οι εργασίες συντηρήσεως, αποκαταστάσεως και ανασκαφής θα πρέπει να βασίζονται σε εξακριβωμένη τεκμηρίωση, δηλαδή σε αναλυτικές και κριτικές εκθέσεις, εικονογραφημένες με σχέδια και φωτογραφίες. Όλες οι φάσεις των εργασιών για την απάλειψη νεώτερων στοιχείων, την στερέωση, την ανασύνθεση και την ένταξη νέων (στοιχείων), καθώς και όλα τα τεχνικά και μορφολογικά στοιχεία που θα εξακριβώνονται κατά την διάρκεια των εργασιών, θα πρέπει να καταγράφονται λεπτομερειακά. Αυτή η τεκμηρίωση θα κατατίθεται στα αρχεία ενός δημοσίου ιδρύματος και θα είναι προσιτή στους ερευνητές. Προτείνεται η δημοσίευσή τους.» (Ε.Νομικός, 2004)

## 7.4 Δελτίο προσεισμικού ελέγχου κτιρίων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Κατηγορία Σπουδαιότητας

Κατηγορία Σπουδαιότητας		$\gamma_1$
Σ1	Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, π.χ. αγροτικά οικήματα, υπόστεγα, στάβλοι κλπ.	0.85
Σ2	Συνήθη κτίρια κατοικιών και γραφείων, βιομηχανικά κτίρια, ξενοδοχεία κλπ.	1.00
Σ3	Εκπαιδευτικά κτίρια, κτίρια δημόσιων συναθροίσεων, αίθουσες αεροδρομίων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου. Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας (π.χ. κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες) κλπ.	1.15
Σ4	Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, κτίρια δημόσιων επιτελικών υπηρεσιών. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας (π.χ. μουσεία κλπ.).	1.30

Πηγή: (Μ.Καββαδάς, 2009)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Κατηγορίες εδάφους κατά ΕΑΚ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	Εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.



Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ( $I_p > 50$ ) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
Χ	<p>Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοίλιωδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων)</p> <p>Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Βλπ. και παρ. 5.1[3]).</p> <p>Απότομες κλιτείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων.</p> <p>Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής.</p> <p>Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη.</p> <p>Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.</p>

Πηγή: (Μ.Καββαδάς, 2009)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Αρχική και βασική βαθμολογία σεισμικού κινδύνου δομικών τύπων.

	Δομικός Τύπος (Πίνακας 1)	Αρχική Βαθμολογία (ΑΒΣΚ)	Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας			Βασικά Δομικά Χαρακτηριστικά		Βασική Βαθμολογία (ΒΒΣΚ)
			I	II	III/IV	PILOTIS ή/και κοντά υποστυλώματα	Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης	
ΟΠΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΛΕΜΑ	ΟΣ1	3,0	0	-0,5	-1,5	-1,5	0,5	
	ΟΣ2	3,5	0	-1,0	-1,5	-1,5	0,5	
	ΟΣ3	4,0	0	-1,0	-1,5	-1,0	-	
	ΟΣ4	4,0	0	-1,0	-1,5	-1,5	05	
	ΟΣ5	4,0	0	-1,0	-1,5	-0,5	05	
	ΟΣ6	5,0	0	-0,5	-1,0	-0,5	-	
	ΟΣ7	5,0	0	-0,5	-1,0	-0,5	-	
ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΠΟΣ1	2,0	0	-0,5	-1,0	-0,5	-	
	ΠΟΣ2	3,5	0	-1,0	-1,5	-	-	
ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΘΕΙΑ	ΑΤ1	2,5	0	-0,5	-1,5	-	-	
	ΑΤ2	3,0	0	-0,5	-1,0	-	-	
	ΔΤ	3,5	0	-0,5	-1,0	-	-	
	ΟΤ	4,0	0	-0,5	-1,0	-	-	
	ΕΤ	3,5	0	-0,5	-1,0	-	-	
ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	ΧΑ1α	7,0	0	-0,5	-1,0	-	-	
	ΧΑ1β	7,0	0	0	0	Αρχική και βασική βαθμολογία σεισμικού κινδύνου δομικών τύπων		
	ΧΑ2α	4,0	0	-0,5	-1,0			
	ΧΑ2β	6,0	0	-0,5	-1,0			

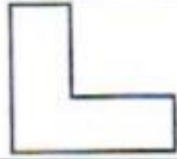


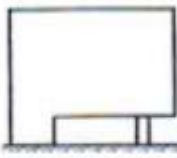
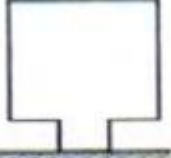
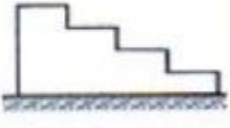




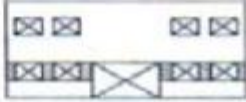

Πηγή: (Α.Ι.Κάππος, 2004)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Δομικές Βαθμολογίες και Τροποποιητικοί συντελεστές.

ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	Ο5α	Ο5α	Ο5α	Ο5β	Ο5β	Ο5β	ΠΟΣ1α	ΠΟΣ1β	ΠΟΣ2α	ΠΟΣ2β	ΠΡΟ	ΛΤα	ΛΤβ	ΔΤα	ΔΤβ	ΕΤ	ΧΑ	ΧΑ	ΧΑ	
	(59)	(85)	(95)	(59)	(85)	(95)											(59)	(85)	(95)	
ΗΡΕΚ																				
ΧΩΡΟΣ Α.Κ.	-0.5	-	-	-0.5	-	-	-	-	-	-	-	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-	-	
ΣΠΟΥΔ.	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.5	-0.5	
ΠΡΟΗΓ. ΕΠΙΒΑΡ.	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
ΚΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤ.	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
ΚΡΟΥΣΗ	-0.5	-0.5	-	-0.5	-0.5	-	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	
ΜΕΓΑΛΟ ΥΨΟΣ	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	
ΜΗ ΚΑΝΟΝΙΚ. ΚΑΘ' ΥΨΟΣ	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΜΗ ΚΑΝΟΝ.	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	
ΣΤΡΕΨΗ	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	
ΕΛΛΦΟΣ Β	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	
ΕΛΛΦΟΣ Γ	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
ΕΛΛΦΟΣ Δ ή Χ	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	
ΕΛΛΦΟΣ Δ ή Χ & ΜΕΓΑΛΟ ΥΨΟΣ	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΘΜ.																				

Πηγή: (Σχετάκης Α, 2008)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Μη- κανονικότητα κτιρίων

<p>Παραδείγματα μη κανονικότητας σε κάτοψη</p>			
<p>Παραδείγματα μη κανονικότητας καθ' ύψος</p>			
<p>Παραδείγματα διάταξης δομικών στοιχείων με ενδεχόμενο φαινόμενο στρέψης</p>			
<p>Παραδείγματα κοντών υποστυλωμάτων</p>			

Πηγή: (Σχετάκης Α, 2008)









## 7.5 Χαρακτηριστικά Laser Scanner C10



The advertisement features a central image of the Leica ScanStation C10 laser scanner, a compact white and green device with a carrying handle, positioned on a reflective surface. To the left, a 3D point cloud scan of a modern building is shown in vibrant colors (red, orange, yellow, green, blue). A red callout box in the upper left corner of the image area contains the text: "See also ScanStation C10 brochure!". The background is a light blue gradient.

### Leica ScanStation C10

#### The All-in-One Laser Scanner for Any Application

**See also ScanStation C10 brochure!**

**New platform represents the most capabilities and best value packed into a single instrument**

**Leica ScanStation C10: new standard for pulsed scanners**

The industry's most popular class of laser scanner – ScanStation – is now in a compact, all-in-one ScanStation C10 platform: scanner, battery, controller, data storage, and video camera. In addition, ScanStation C10 also features major advances in productivity, versatility, and ease-of-use for as-built and topographic High-Definition Surveying™ (HDS™).

**All-in-one scanner capabilities for higher value**

ScanStation C10 gives users the advantage of high-accuracy, long range scanning plus the advantage of fast, full-dome interior scanning – all in one instrument.

The key is the new Smart X-Mirror design that automatically spins or oscillates the mirror for optimum productivity. Smart X-Mirror also automatically aligns the embedded, high-resolution video camera with the laser for fast targeting and fast, accurate texture mapping of scans.

**Full field-of-view + traverse + high accuracy + excellent range + Versatility**

ScanStation C10 includes the hallmark versatility features that have made the ScanStation class so popular. These capabilities let users take advantage of scanning for more applications and more sites, while minimizing field labour.

**Easy to learn**

ScanStation C10 includes surveyor-friendly, total station-like onboard graphic control, including the ability to view target scans in 3D. Users can also take advantage of laptop control for more comprehensive scan viewing.

- when it has to be **right** 



## Leica ScanStation C10 Product Specifications

General	
Instrument type	Compact, pulsed, dual-axis compensated, very high speed laser scanner, with survey-grade accuracy, range, and field-of-view; integrated camera and laser plummet
User interface	Onboard control, notebook or tablet PC
Data storage	Integrated hard drive or external PC
Camera	Auto-adjusting, integrated high-resolution digital camera with zoom video

System Performance	
Accuracy of single measurement	
Position*	6 mm
Distance*	4 mm
Angle (horizontal/vertical)	60 µrad / 60 µrad (12" / 12")
Modeled surface precision**/noise	2 mm
Target acquisition***	2 mm std. deviation
Dual-axis compensator	Selectable on/off, resolution 1", dynamic range ±1.5", accuracy 1.5"

Laser Scanning System	
Type	Pulsed; proprietary microchip
Color	Green, wavelength = 532 nm
Laser Class	3R (IEC 60825-1)
Range	300 m Ø 90%; 134 m Ø 18% albedo (minimum range 0.1 m)
Scan rate	Up to 50,000 points/sec; maximum instantaneous rate
Scan resolution	
Spot size	From 0 = 50 m: 4.5 mm (FWHM-based); 7 mm (Gaussian-based)
Point spacing	Fully selectable horizontal and vertical; < 1 mm minimum spacing; through full range; single point dwell capacity
Field-of-View	
Horizontal	360° (maximum)
Vertical	270° (maximum)
Aiming/Sighting	Parallax-free, integrated zoom video
Scanning Optics	Vertically rotating mirror on horizontally rotating base; Smart X-Mirror™ automatically spins or oscillates for minimum scan time
Data storage capacity	80 GB (onboard hard disk)
Communications	Dynamic Internet Protocol (IP) Address, Ethernet
Integrated color digital camera with zoom video	Single 17° x 17° image: 1920 x 1920 pixels (4 megapixels) Full 360° x 270° dome: 230 images; streaming video with zoom; auto-adjusts to ambient lighting
Onboard display	Touchscreen control with stylus, full colour graphic display, QVGA (320 x 240 pixels)
Level indicator	External bubble, electronic bubble in onboard control and Cyclone software
Data transfer	Ethernet or USB 2.0 device
Laser plummet	Laser class: 2 (IEC 60825-1) Centering accuracy: 1.5 mm Ø 1.5 m Laser dot diameter: 2.5 mm Ø 1.5 m Selectable ON/OFF

Electrical	
Power supply	15 V DC, 90 = 260 V AC
Power Consumption	< 50 W avg
Battery Type	Internal: Li-Ion; External: Li-Ion
Power Ports	Internal: 2, External: 1 (simultaneous use, hot swappable)
Duration	Internal: >3.5 h (2 batteries), External: >6 h (room temp)

Environmental	
Operating temp.	0° C to 40° C / 32° F to 104° F
Storage temp.	+25° C to +65° C / +13° F to 149° F
Lighting	Fully operational between bright sunlight and complete darkness
Humidity	Non-condensing
Dust/humidity	IP54 (IEC 60529)

Physical	
Scanner	
Dimensions (D x W x H)	238 mm x 358 mm x 395 mm / 9.4" x 14.1" x 15.6"
Weight	13 kg / 28.7 lbs, nominal (w/o batteries)
Battery (internal)	
Dimensions (D x W x H)	40 mm x 72 mm x 77 mm / 1.6" x 2.8" x 3.0"
Weight	0.4 kg / 0.9 lbs
Battery (external)	
Dimensions (D x W x H)	95 mm x 248 mm x 60 mm / 3.7" x 9.8" x 2.4"
Weight	1.9 kg / 4.2 lbs
AC Power Supply	
Dimensions (D x W x H)	85 mm x 170 mm x 41 mm / 3.4" x 6.7" x 1.6"
Weight	0.9 kg / 1.9 lbs

Standard Accessories Included	
Scanner transport case	
Tribrach (Leica Professional Series)	
4x Internal batteries	
Battery charger/AC power cable, Car adapter, Daisy chain cable	
Data cable	
Height meter and distance holder for height meter	
Cleaning kit	
Cyclone™ SCAN software	
1 year CCP Basic support agreement	

Additional Accessories	
HDS scan targets and target accessories	
Service agreement for Leica ScanStation C10	
Extended warranty for Leica ScanStation C10	
External battery with charging station, AC power supply and power cable	
Professional charger for internal batteries	
AC power supply for scanner	
Tripod, tripod star, rolling base	

Notebook PC for scanning with Cyclone software	
Component	required (minimum)
Processor	1.7 GHz Pentium M or higher
RAM	1 GB (2 GB for Windows Vista)
Network card	Ethernet
Display	SVGA or OpenGL accelerated graphics card (with latest drivers)
Operating system	Windows XP Professional (SP2 or higher) (32 or 64) Windows Vista (32 or 64)

Control Options	
Full colour touch screen for onboard scan control	
Leica Cyclone SCAN software for laptop PC	
(see Leica Cyclone SCAN data sheet for full list of features)	

Ordering Information	
Contact Leica Geosystems or authorized representatives	

All specifications are subject to change without notice.  
All ± accuracy specifications are one sigma unless otherwise noted.

\* At 1 m - 50 m range, one sigma  
\*\* Subject to modeling methodology for modeled surface  
\*\*\* Algorithmic fit to plane; HDS targets  
Δ Minimum requirements for modeling operations are different. Refer to Cyclone data sheet specifications

Laser class 3R in accordance with IEC 60825-1 (resp. EN 60825-1)  
Laser class 2 in accordance with IEC 60825-1 (resp. EN 60825-1)

Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation. Other trademarks and trade names are those of their respective owners.

Illustrations, descriptions and technical specifications are not binding and may change.  
Printed in Switzerland - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland 2009.  
775261en - 0K09 - RDV

## 7.6 Κατάλογος εικόνων υπό μελέτη κτιρίου



Εικόνα 1. Πρόσοψη κτιρίου.



Εικόνα 3. Βορειοανατολική τοιχοποιία κτίσματος.



Εικόνα 2. Δρόμος στην βόρεια πλευρά του κτιρίου.





**Εικόνα 4.** Αποψη ανατολικής πλευράς του κτιρίου (εσωτερική αυλή)



**Εικόνα 5.** Προσθήκες του κτίσματος στην εσωτερική αυλή.



**Εικόνα 6.** Περίφραξη εσωτερικής αυλής.



**Εικόνα 7.** Αποψη δωματίου 101 (πόρτιο).



**Εικόνα 8.** Αποψη δωματίου 101 και θύρα δωματίου 103.





**Εικόνα 9.** Δωμάτιο 101 (πόρτιο) με αμφίπλευρα φατνώματα.



**Εικόνα 11.** Δωμάτιο 103 με ανοίγματα Κ16 και Κ15.



**Εικόνα 10.** Αποψη θύρας και δωματίου 103.



**Εικόνα 12.** Φάτνωμα δωματίου 101.



**Εικόνα 13.** Άποψη δωματίου προσκείμενο του 102 και οι δύο θύρες επικοινωνίας.



**Εικόνα 15.** Άνοιγμα Κι8.



**Εικόνα 14.** Ανοίγματα Κι3 και Κι4, δωματίου 102.



**Εικόνα 16.** Τεγίδες στέγης δωματίου 102.



**Εικόνα 17.** Άποψη δώματος γειτονικού κτίσματος από όπου έγινε σάρωση της στέγης του υπό μελέτη κτιρίου.



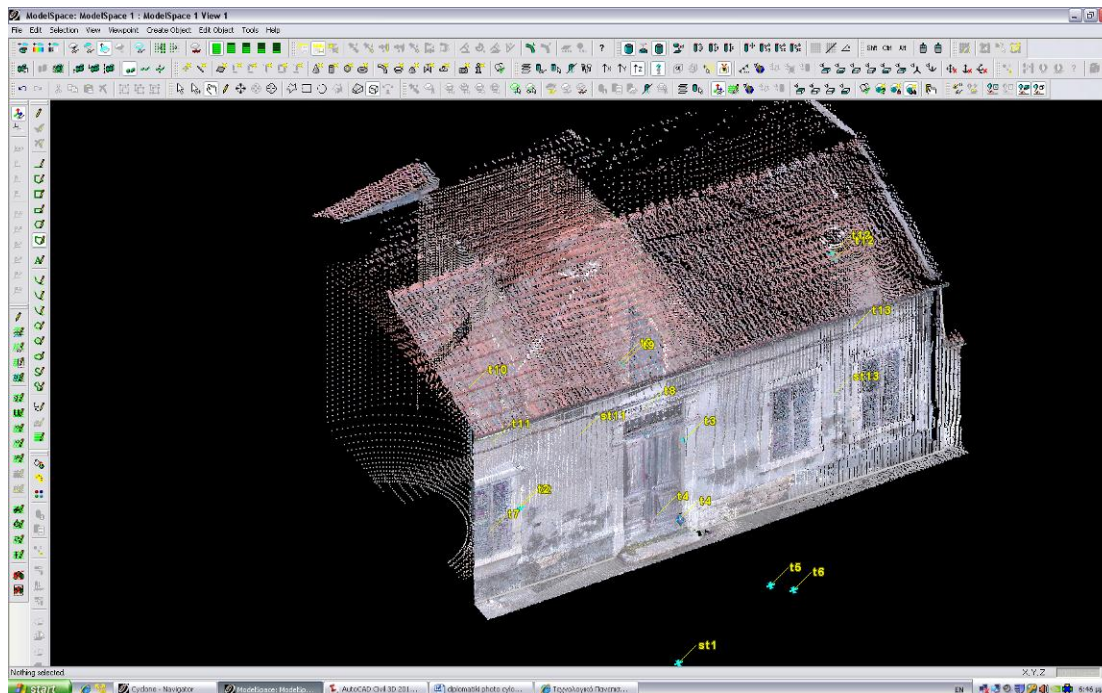
**Εικόνα 18.** Δρόμος επί της πρόσοψης του κτιρίου.



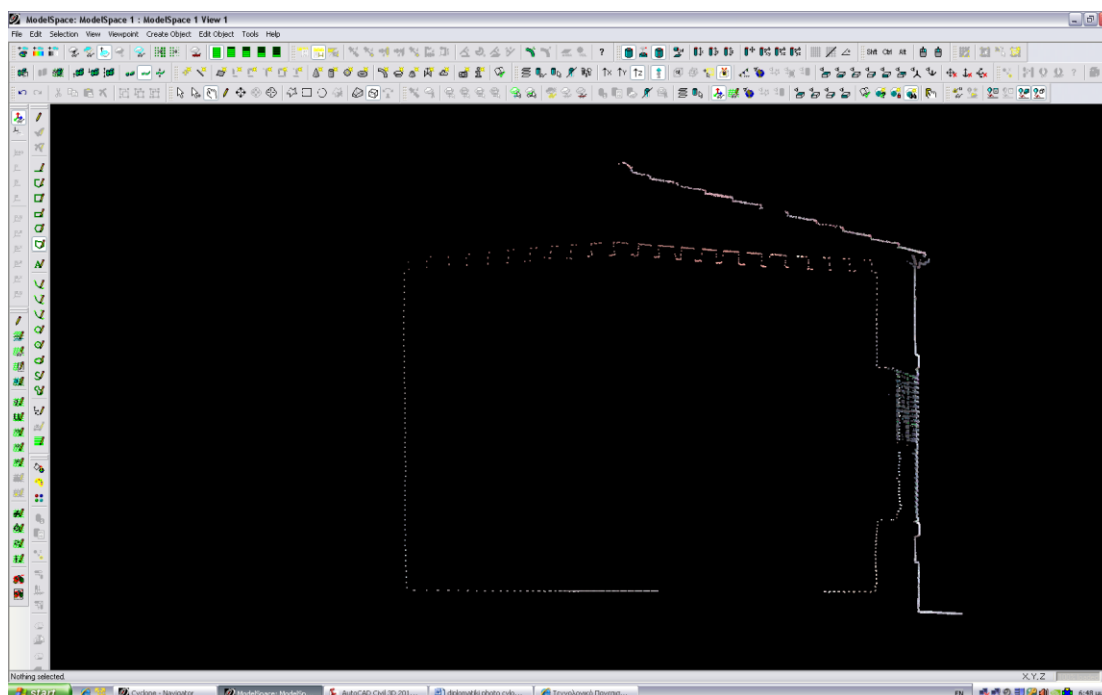
**Εικόνα 19.** Άνοιγμα Κι2, δωματίου 102.



## 7.7 Εικόνες κατά το στάδιο επεξεργασίας δεδομένων στο Cyclone



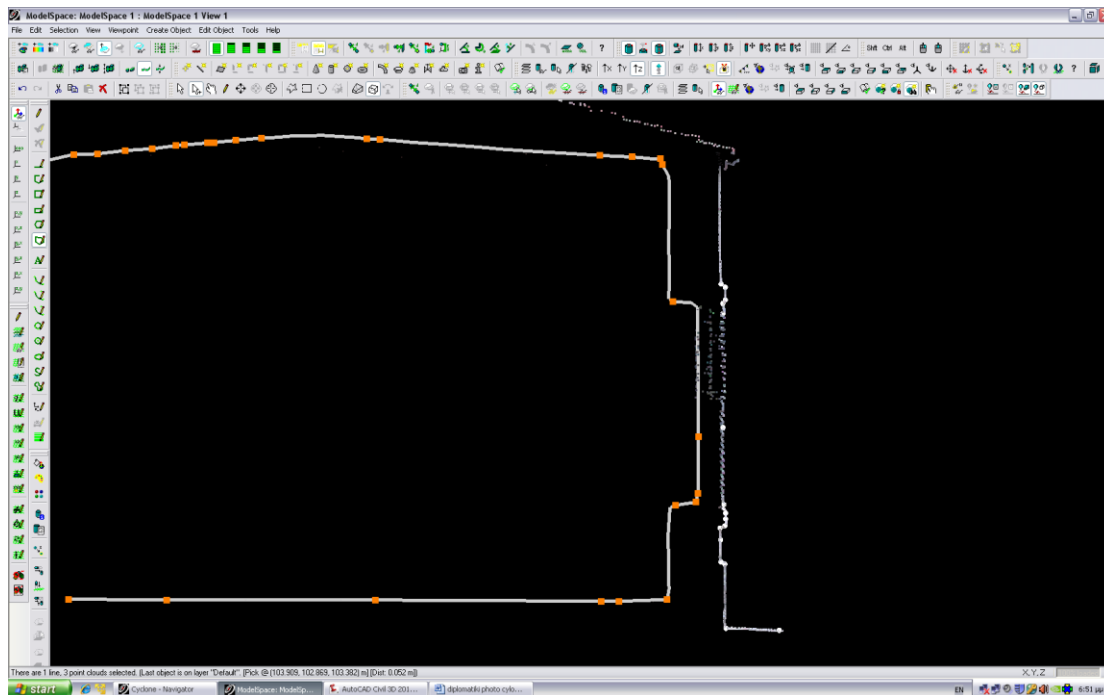
Εικόνα 20. Τομή A-A (δωμάτιο 102)



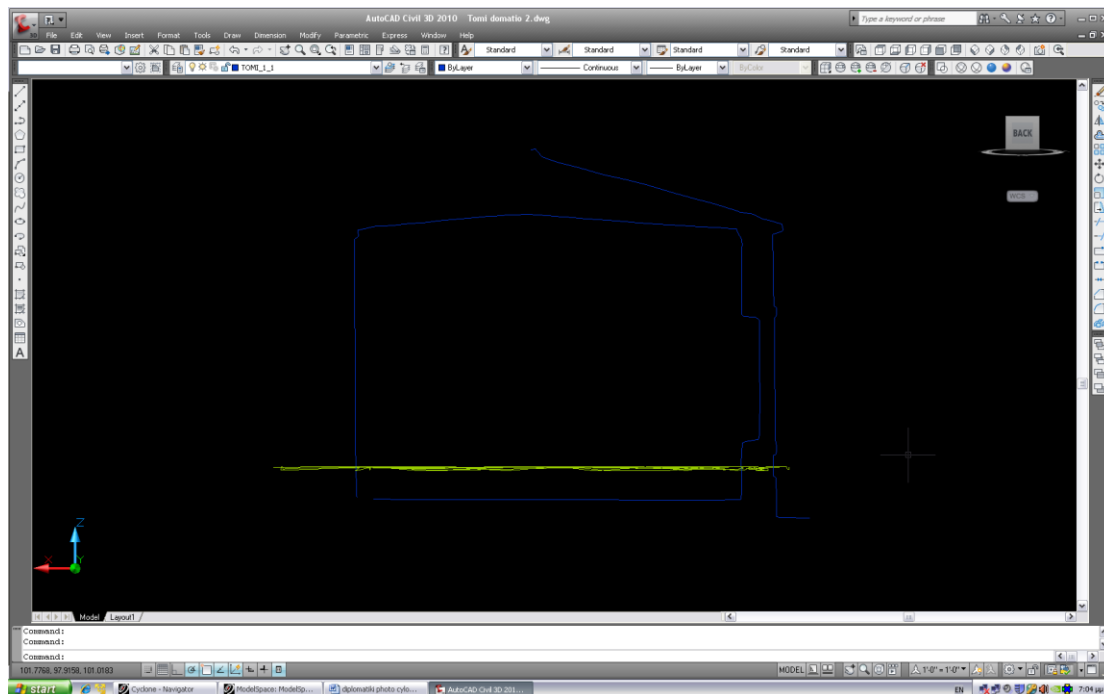
Εικόνα 21. Φέτα σημείων τομής A-A πάχους 0.06cm



## ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER ΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

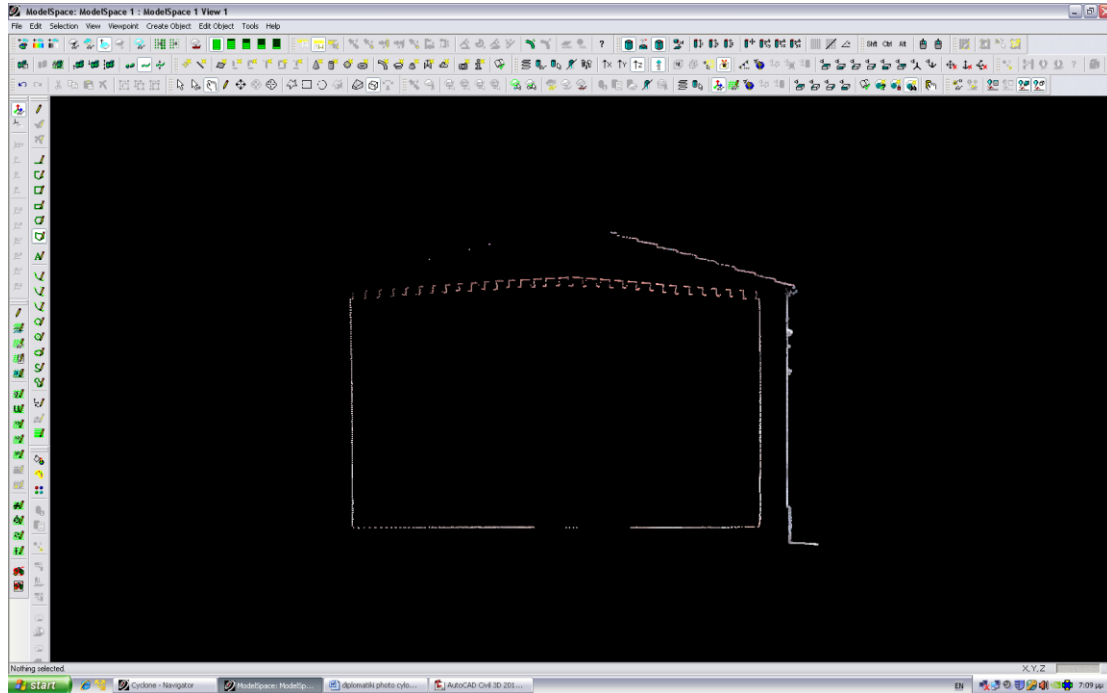


Εικόνα 22. Χάραξη polyline για εξαγωγή στο AutoCAD.

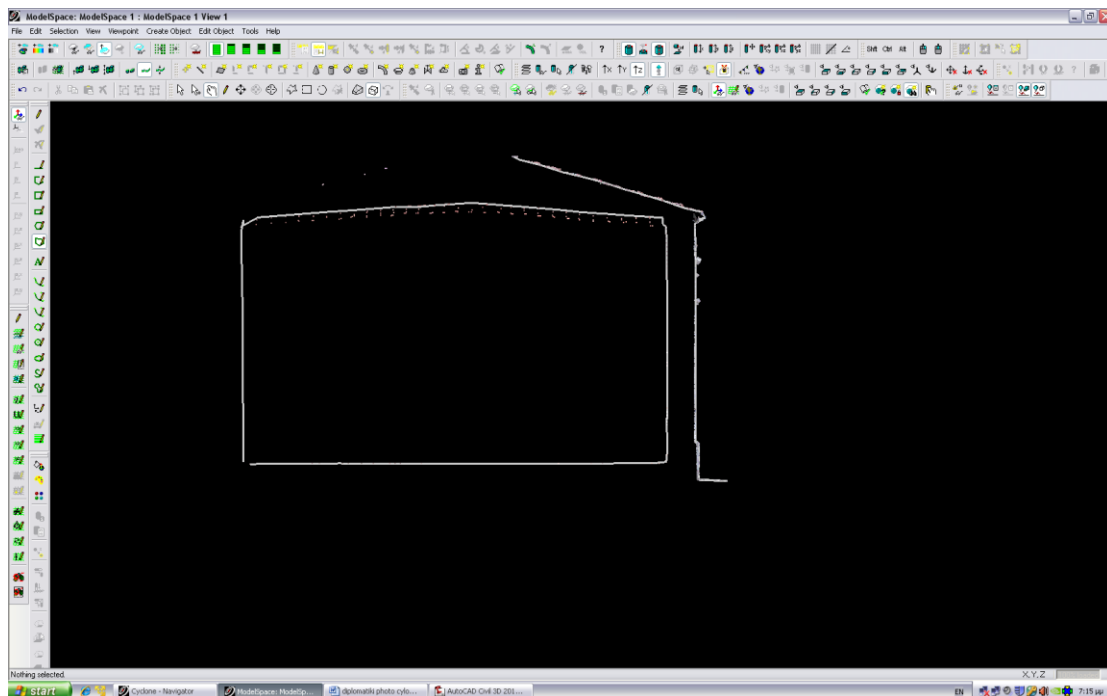


Εικόνα 23. Τομή Α-Α στο AutoCAD.

## ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER ΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

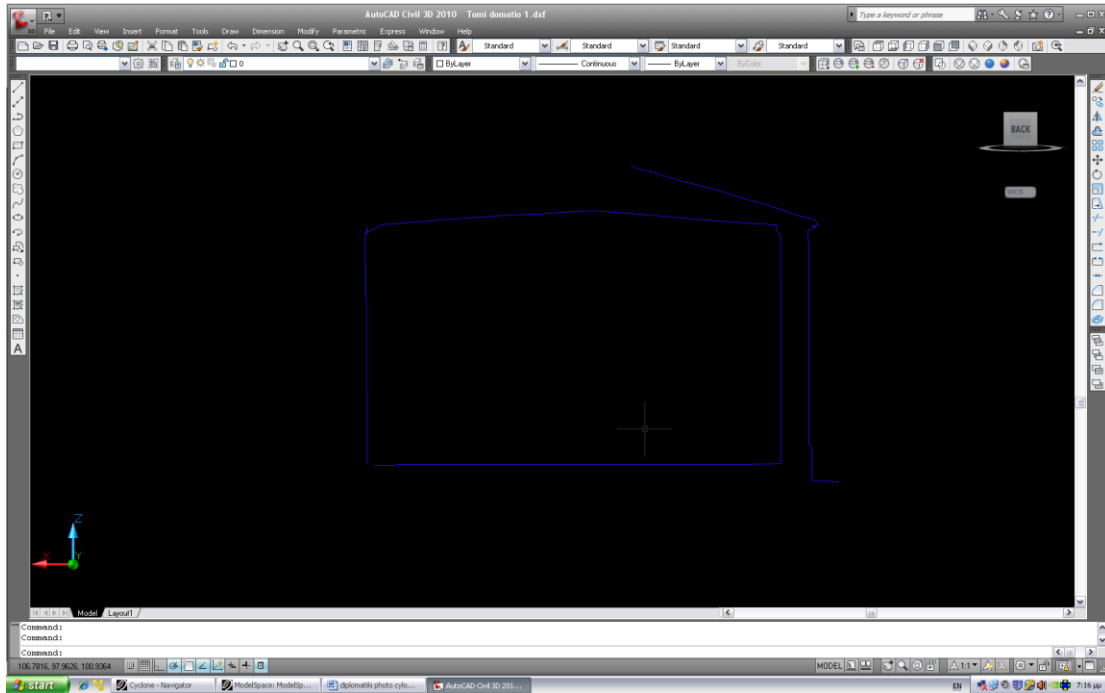


Εικόνα 24. Φέτα σημείων τομής B-B (δωμάτιο 101) πάχους 0.06cm.

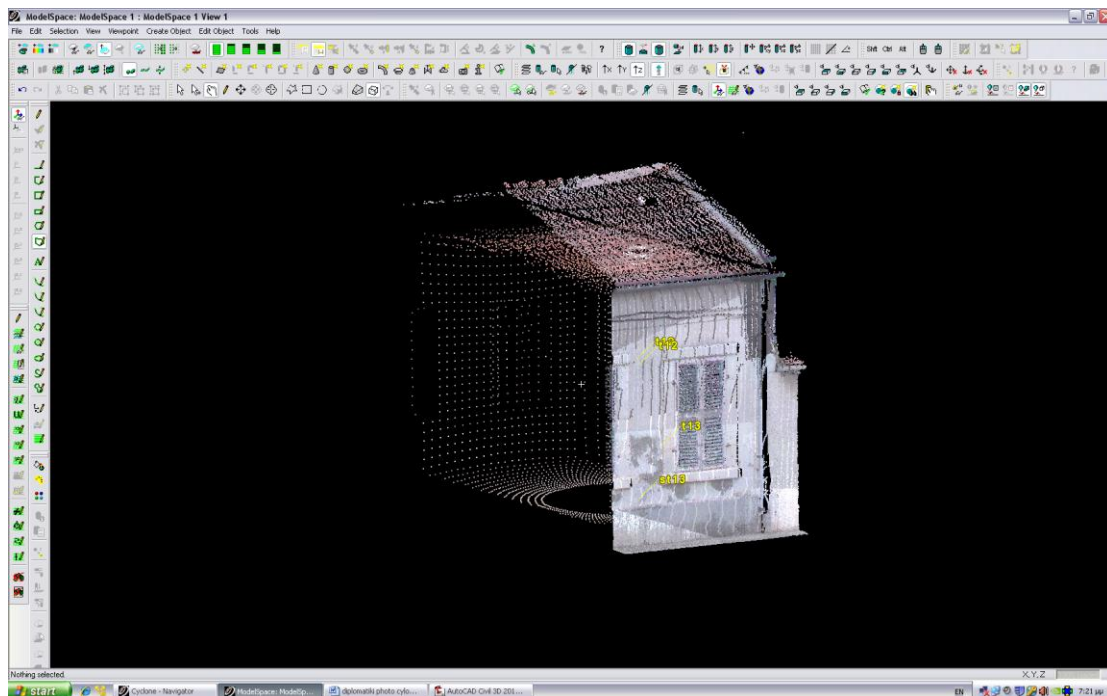


Εικόνα 25. Χάραξη polyline για εξαγωγή στο AutoCAD.

## ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER ΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

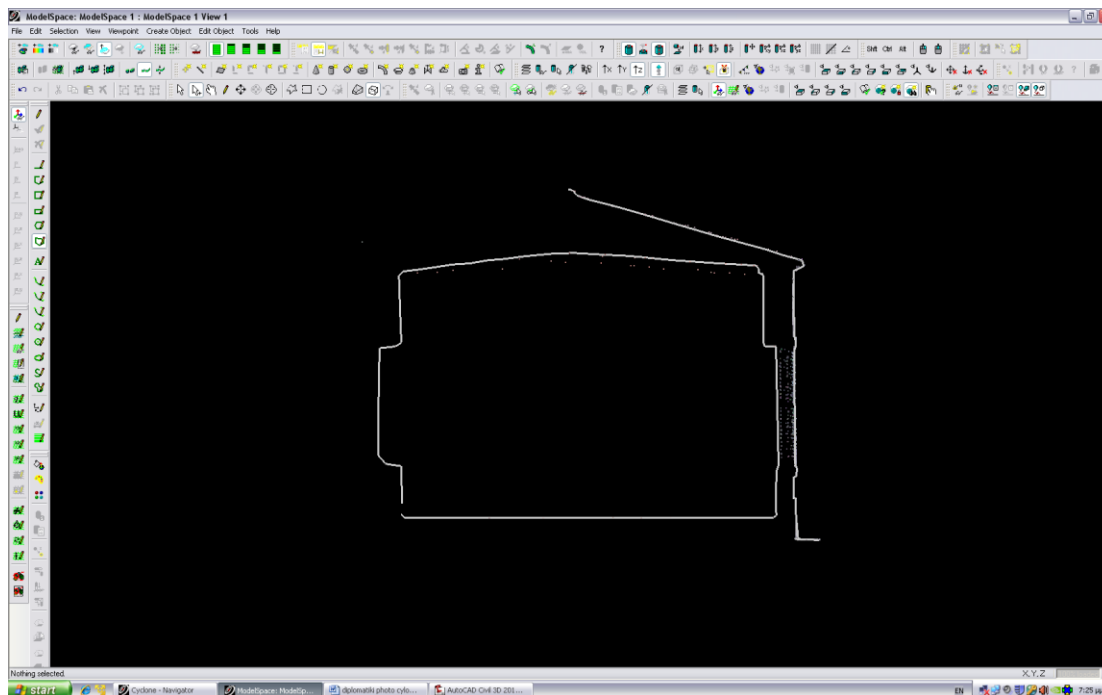


Εικόνα 26. Τομή Β-Β στο AutoCAD.

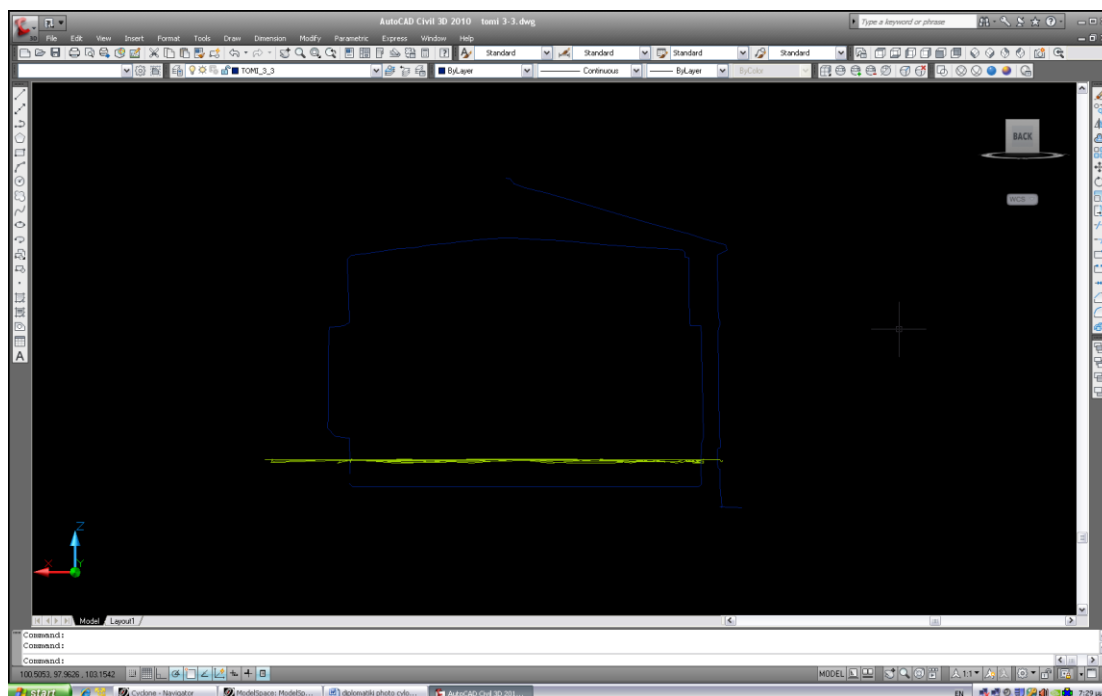


Εικόνα 27. Τομή Γ-Γ (δομάτιο 103)

## ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER ΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

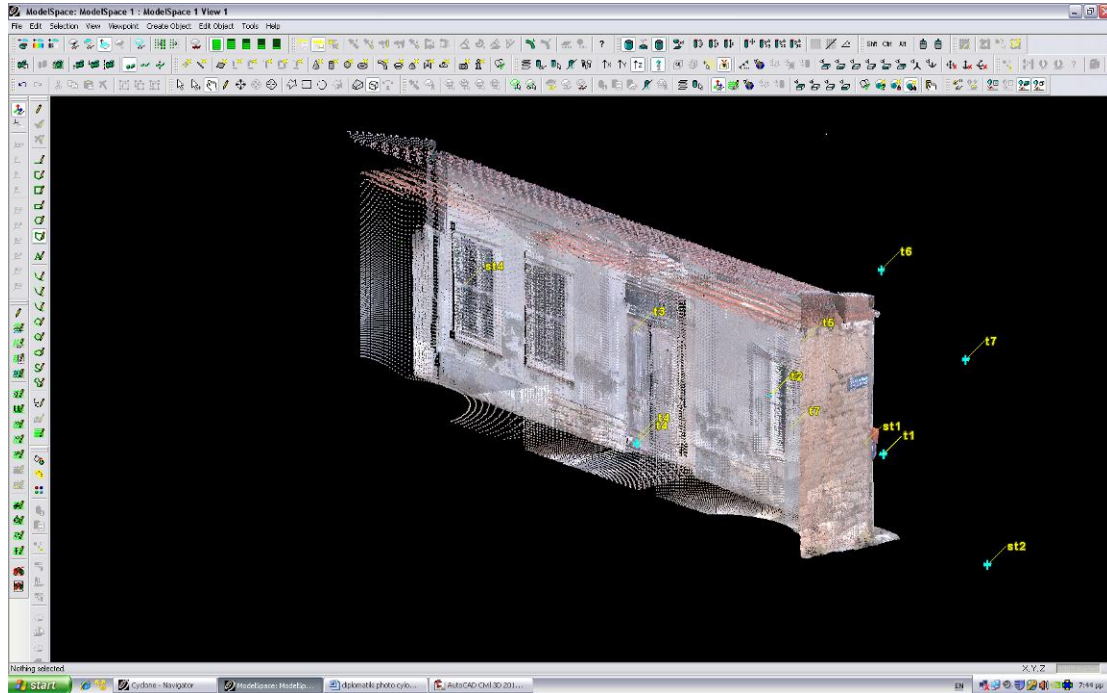


Εικόνα 28. Χάραξη polyline για εξαγωγή στο AutoCAD.

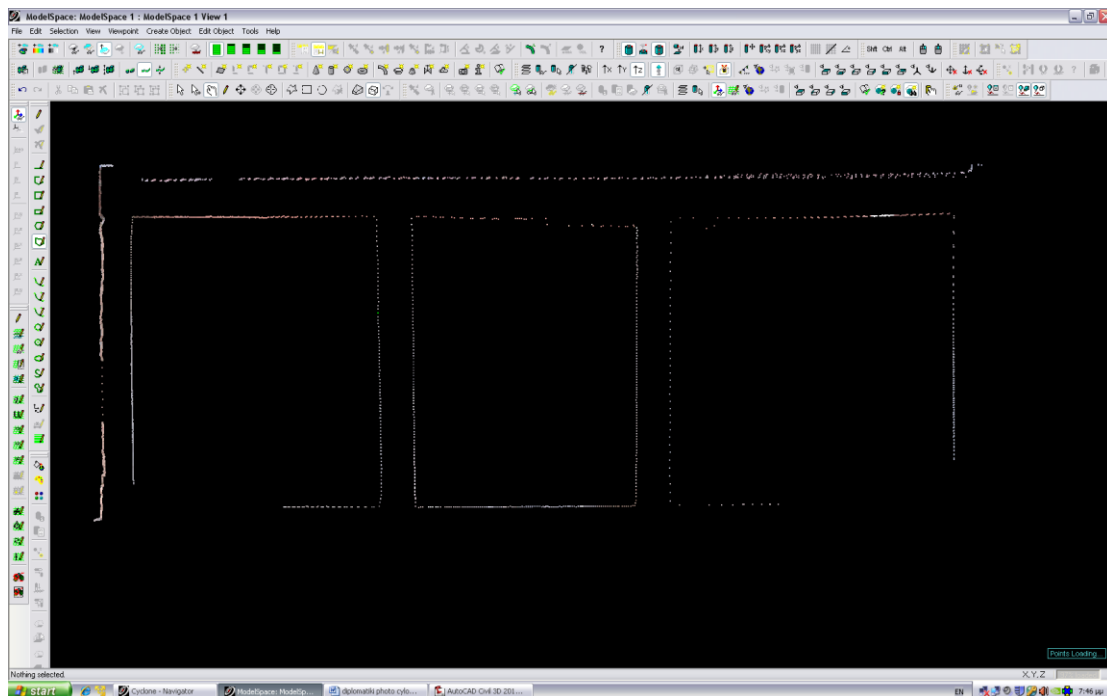


Εικόνα 29. Εξαγωγή Τομής Γ-Γ στο AutoCAD.

## ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER ΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

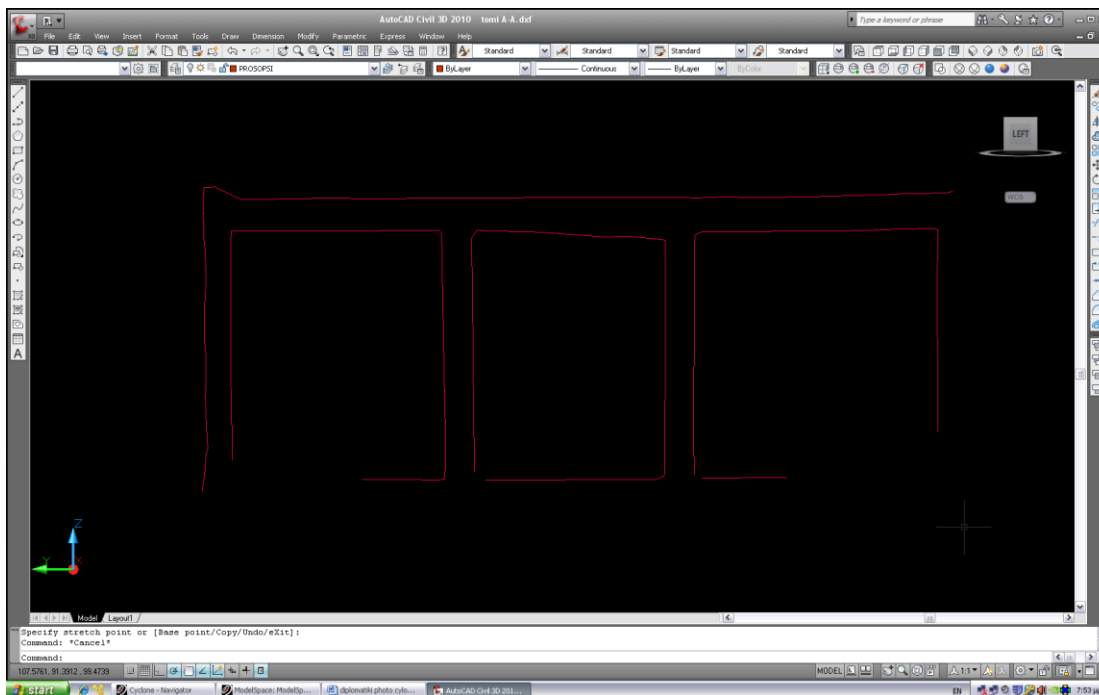


Εικόνα 30. Τομή Δ-Δ.

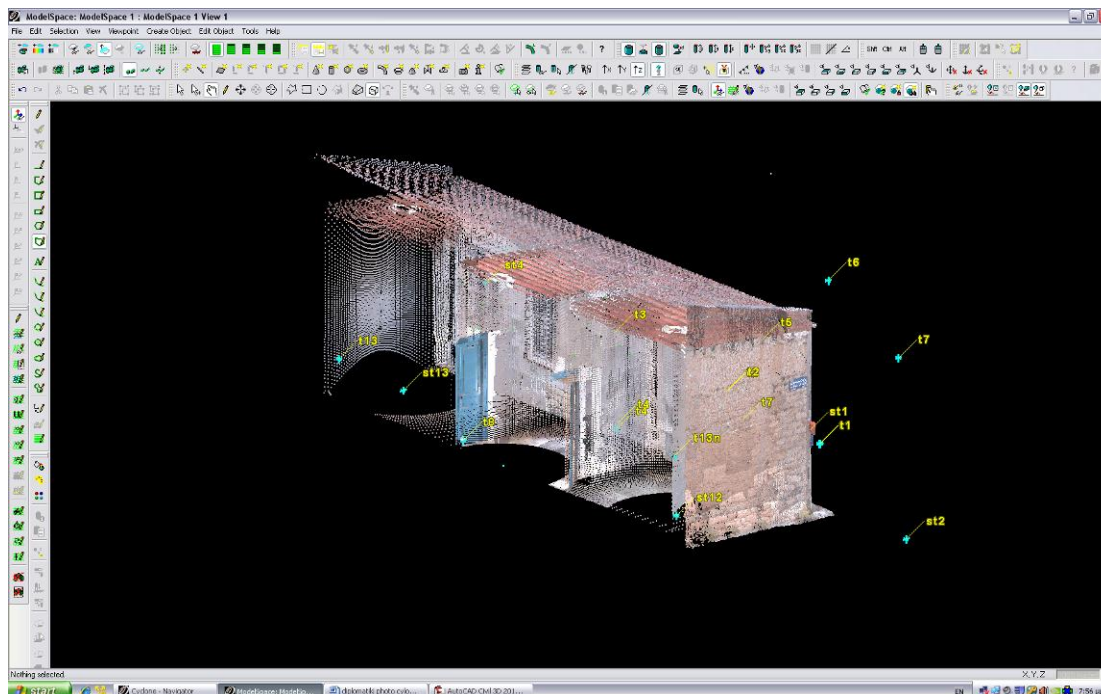


Εικόνα 31. Φέτα σημείων τομής Δ-Δ πάχους 0.06cm.

## ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER ΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

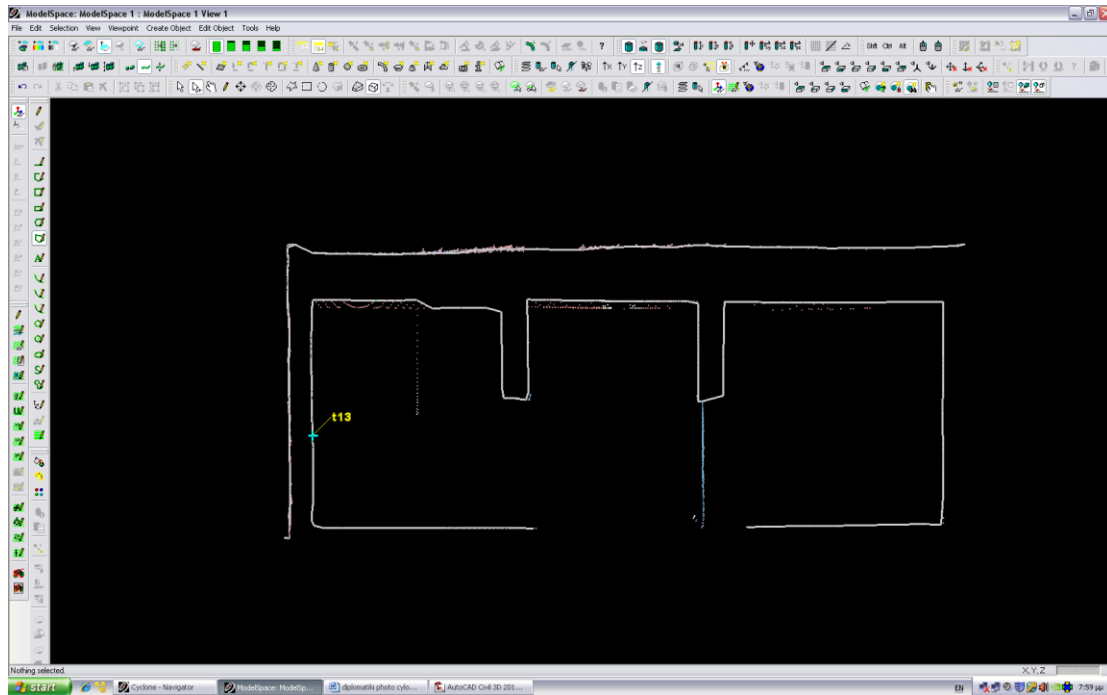


Εικόνα 32. Εξαγωγή Τομής Γ-Γ στο AutoCAD.

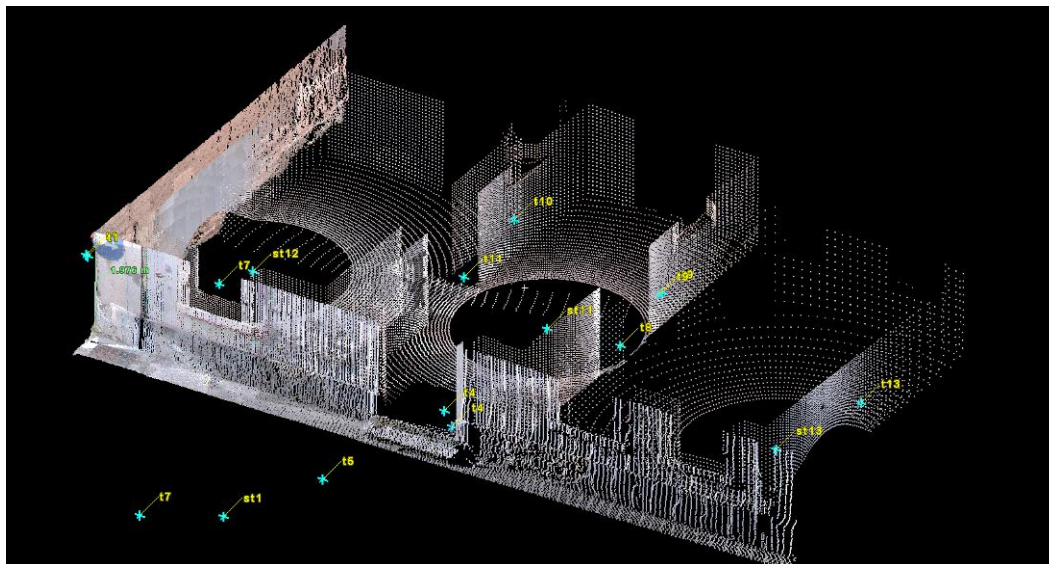


Εικόνα 33. Τομή Ε-Ε.

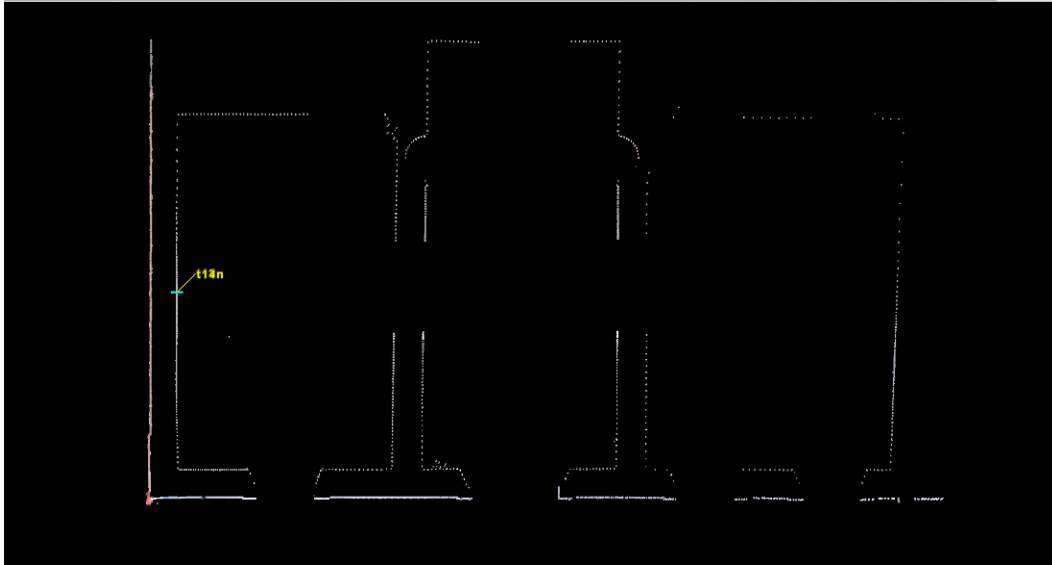
## ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER ΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Εικόνα 34. Χάραξη polyline Τομής Ε-Ε για εξαγωγή στο AutoCAD.



Εικόνα 35. Κάτοψη 2 (στάθμη: 1,38cm)



Εικόνα 36. Φέτα σημείων κάτοψης πάχους 0.06cm.



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

(Αρχιτέκτονα Μηχανικού)