



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**

***ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ  
ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΦΑΛΗΡΟΥ – ΜΟΣΧΑΤΟΥ –  
ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ  
ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΒΟΛΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ  
ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΚΕΔΑΣΤΩΝ***

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μαρουφίδης Κωνσταντίνος  
Πολιτικός μηχανικός Α.Π.Θ**

**Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Λουπασάκης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ**

**ΑΘΗΝΑ 2017**





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ  
ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΦΑΛΗΡΟΥ – ΜΟΣΧΑΤΟΥ –  
ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ  
ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΒΟΛΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ  
ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΚΕΔΑΣΤΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μαρουφίδης Κωνσταντίνος  
Πολιτικός μηχανικός Α.Π.Θ**

**Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Λουπασάκης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ**

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις: .....

Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Επίκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Νομικός Παύλος, Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Μπενάρδος Ανδρέας, Επίκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Αθήνα, Ιούλιος 2017**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπογείων Έργων» από τον Ιανουάριο έως τον Δεκέμβριο του 2016 υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, κ. Κωνσταντίνου Λουπασάκη.

Θέμα της είναι οι εδαφικές υποχωρήσεις στην ευρύτερη περιοχή Μοσχάτου – Φαλήρου – Καλλιθέας με χρήση δεδομένων Συμβολομετρίας Σταθερών Σκεδαστών

Η χρήση των δεδομένων Συμβολομετρίας για μια περιοχή στην οποία λαμβάνουν εκτεταμένες και συνεχείς εδαφικές υποχωρήσεις τις τελευταίες δεκαετίες και η τεκμηρίωση των επιπτώσεων τους σε κτήρια και υποδομές αλλά και η επαλήθευση των υποχωρήσεων με επίγεια μέσα μας δίνει ένα πολύτιμο εργαλείο ικανό να προλάβει σημαντικές φυσικές καταστροφές.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κωνσταντίνο Λουπασάκη , Επίκουρο Καθηγητή του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Άννυ Καϊτατζιάν Υποψήφια Διδάκτωρ της Σχολής Μεταλλείων – Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π για τις πολύτιμες οδηγίες της.

Τέλος επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά τους, κ. Στρατάκο Χρήστο πολιτικό μηχανικό Δ.Π.Θ M.Sc. για την καθοδήγηση του σχετικά με τις γεωτρήσεις της περιοχής, τον κ. Κωνσταντόπουλο Νίκο, πολιτικό μηχανικό, Τομέαρχη Συντήρησης Σιδηροδρομικής Επιδομής & Έργων της ΣΤΑ.ΣΥ Α.Ε για τα δεδομένα γεωτρήσεων της γραμμής ΗΣΑΠ καθώς και τους συναδέλφους στο Κ.Ε.Δ.Ε για τον υπερβάλλοντα ζήλο που έδειξαν στην χορήγηση γεωτεχνικών δεδομένων για την περιοχή.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>1.</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ – ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ</b> .....	<b>13</b>
2.1	ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ .....	13
2.1.1	<i>Αίτια εδαφικών υποχωρήσεων</i> .....	13
2.1.2	<i>Στερεοποίηση και εδαφικές υποχωρήσεις</i> .....	13
2.2	ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ .....	15
2.2.1	<i>Κατηγορίες καθιζήσεων</i> .....	16
2.3	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ – ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ .....	17
<b>3.</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ</b> .....	<b>18</b>
3.1	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	18
3.2	ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	18
3.3	ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕ ΧΡΗΣΗ GNSS .....	19
3.4	ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΡΑΝΤΑΡ .....	22
3.4.1	<i>Συμβατικά ραντάρ</i> .....	22
3.4.2	<i>SAR (Synthetic Aperture Radar)</i> .....	22
3.4.3	<i>DInSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar)</i> . .....	25
3.4.4	<i>PS-InSAR (Persistent Scatterer Interferometry – Συμβολομετρία σταθερών σκεδαστών)</i> .....	27
<b>4.</b>	<b>ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΤΤΙΚΗΣ</b> .....	<b>30</b>
4.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	30
4.2	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ .....	30
4.2.1	<i>Αλπικοί Σχηματισμοί</i> .....	33
4.2.2	<i>Μεταλπικοί Σχηματισμοί</i> .....	35
4.3	ΚΗΦΙΣΟΣ ΚΑΙ ΙΛΙΣΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ .....	35
4.4	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	38
<b>5.</b>	<b>ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΛΗΡΟΥ-ΜΟΣΧΑΤΟΥ</b> .....	<b>40</b>
5.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	40
5.2	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΦΑΛΗΡΟΥ.....	40
5.3	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ.....	46
5.4	ΑΙΤΙΕΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	47
<b>6.</b>	<b>ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ</b> .....	<b>48</b>

6.1	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΒΛΑΒΩΝ .....	48
6.2	ΠΕΡΙΟΧΗ Α ΟΔΟΣ ΡΗΓΑ ΦΕΡΑΙΟΥ (PS-OID 2370).....	55
6.3	ΠΕΡΙΟΧΗ Β ΟΔΟΣ ΘΕΡΜΟΠΥΛΩΝ (PS-OID 2104) .....	58
6.4	ΠΕΡΙΟΧΗ Γ ΟΔΟΣ ΛΑΚΩΝΙΑΣ (PS-OID 2594).....	61
6.5	ΠΕΡΙΟΧΗ Δ ΟΔΟΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ (PS-OID 2184, 2186).....	64
6.6	ΠΕΡΙΟΧΗ Ε ΟΔΟΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ (PS-OID 2181, 2187) .....	66
6.7	ΠΕΡΙΟΧΗ Ζ ΟΔΟΣ ΤΕΝΕΔΟΥ (PS-OID 2238) .....	69
6.8	ΠΕΡΙΟΧΗ Η ΟΔΟΣ ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΦΙΛΟΥ (PS-OID 2057) .....	71
6.9	ΠΕΡΙΟΧΗ Θ ΟΔΟΣ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ (PS-OID 1989) .....	75
6.10	ΠΕΡΙΟΧΗ Ι ΟΔΟΣ ΑΓΙΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ (PS-OID 2514) .....	80
6.11	ΠΕΡΙΟΧΗ Κ ΟΔΟΣ ΚΑΛΛΕΡΓΗ (PS-OID 2457).....	83
<b>7.</b>	<b>ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ .....</b>	<b>86</b>
7.1	ΘΕΣΗ 1, ΟΔΟΙ ΚΑΛΛΕΡΓΗ – ΕΙΡΗΝΗΣ-ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗ-ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ.....	87
7.2	ΘΕΣΗ 2 , ΟΔΟΙ ΑΡΑΧΩΒΗΣ-ΦΛΕΜΙΝΓΚ-ΚΩΝ/ΠΟΛΕΩΣ-ΑΓ. ΚΩΝ/ΝΟΥ.....	94
7.3	ΘΕΣΗ 3, ΟΔΟΙ ΣΟΛΩΜΟΥ-ΚΟΡΥΤΣΑΣ-ΟΜΗΡΟΥ-ΚΩΝ/ΠΟΛΕΩΣ .....	98
<b>8.</b>	<b>ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ –ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.....</b>	<b>102</b>
8.1	ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ 1985-2002 .....	102
8.2	ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2002-2008.....	103
8.3	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	105
<b>9.</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>108</b>
<b>10.</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>110</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας αύξησης της φόρτισης του εδάφους με τον υποβιβασμό του υδροφόρου.....	15
Εικόνα 3.1 Σταθερό σημείο αναφοράς (Benchmark) επί του εδάφους και επί των κατασκευών .....	19
Εικόνα 3.2 Τμήματα συστήματος GNSS (T.E.I Κρήτης).....	21
Εικόνα 3.3 Εύρος μικροκυμάτων σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες παλμών. ....	23
Εικόνα 3.4. Μεγαλύτερο μέγεθος κεραίας παράγει στενότερη και ακριβέστερη δέσμη (Proxim Wireless) .....	23
Εικόνα 3.5 Δημιουργία εικονικού διαφράγματος (radartutorial.eu) .....	24
Εικόνα 3.6 Αρχή της συνθετική κεραίας .....	25
Εικόνα 3.7 Διπλό πέρασμα δορυφόρου από το ίδιο σημείο και διαφορά φάσης (ga.gov.au).....	26
Εικόνα 3.8 Επεξεργασία εικόνων SAR (ga.gov.au).....	27
Εικόνα 4.1 Ποτάμιες αναβαθμίδες.....	31
Εικόνα 4.2 Χάρτης μεταλλικών σχηματισμών Αθηνών (Παπανικολάου κ.α. 2004).....	32
Εικόνα 4.3 Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής των Αθηνών .....	33
Εικόνα 4.4 Παλαιά λατομεία Κηπούπολης – Άσπρων Χωμάτων. Η εσωτερική χαοτική δομή της Ενότητας Αθηνών με συνύπαρξη πελαγικών σχιστών, ψαμμιτών (Sch A) και νηριτικών ασβεστόλιθων του Άνω Κρητιδικού (CA1 ανοικτόχρωμοι, CA2 σκουρόχρωμοι). (Παπανικολάου κα. 2004).....	34
Εικόνα 4.5 Υδρογραφικό δίκτυο Κηφισού. (ΥΠΕΧΩΔΕ 2010).....	37
Εικόνα 4.6 Παλαιά και νέα κοίτη του Ιλισού (urbanspeleology.com) .....	37
Εικόνα 4.7 Χάρτης Κηφισού και Ιλισού (geographicus.com).....	38
Εικόνα 5.1 Περιοχή μελέτης (κόκκινο περίγραμμα).....	40
Εικόνα 5.2 Παλαιά και νέα ακτογραμμή Φαλήρου (geomythiki.blogspot.gr).....	41
Εικόνα 5.3 Γεωλογικές τομές στην περιοχή μελέτης (Γεωτεχνική έρευνα και μελέτη ανακατασκευής υποστρώματος και στρώσης διαμόρφωσης σιδηροδρομικής γραμμής δικτύου ΗΣΑΠ).....	42
Εικόνα 5.4 Γεωλογικές τομές στην περιοχή μελέτης (Γεωτεχνική έρευνα και μελέτη ανακατασκευής υποστρώματος και στρώσης διαμόρφωσης σιδηροδρομικής γραμμής δικτύου ΗΣΑΠ).....	43
Εικόνα 5.5 Δεδομένα PS νοτίως του λεκανοπεδίου .....	46
Εικόνα 6.1 Γενική άποψη περιοχών επιτόπου αυτοψίας.....	53
Εικόνα 6.2 Περιοχές αυτοψίας βάσει σημείων συμβολομετρίας σταθερών σκεδαστών. ....	54
Εικόνα 6.3 Περιοχή Α, PS-2370 .....	55
Εικόνα 6.4. Σημείο 1, Καθίζηση βιομηχανικού δαπέδου ακαλύπτου .....	56
Εικόνα 6.5 Σημείο 2, υποχώρηση πεζοδρομίου.....	56
Εικόνα 6.6 Σημείο 2, Ρωγμάτωση σε μαντρότοιχο .....	57
Εικόνα 6.7 Σημείο 3, Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία.....	57
Εικόνα 6.8 Περιοχή Β, οδός Θερμοπυλών PS-2104 .....	58
Εικόνα 6.9. Σημείο 1, διεύρυνση αντισεισμικού αρμού και χιαστί ρωγμές σε τοιχοποιία. Απόκλιση του κτηρίου από την κατακόρυφο.....	59
Εικόνα 6.10. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία .....	59
Εικόνα 6.11. Σημείο 2, Καθίζηση οδοστρώματος.....	60
Εικόνα 6.12. Περιοχή Δ, Οδός Λακωνίας PS-2594 .....	61
Εικόνα 6.13. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία .....	62
Εικόνα 6.14 Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία .....	62
Εικόνα 6.15. Σημείο 2, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία .....	63

Εικόνα 6.16. Περιοχή Δ, οδός Μεταμορφώσεως PS-2184 & 2186 .....	64
Εικόνα 6.17. Σημείο 1, απόκλιση διωρόφου κτηρίου από την κατακόρυφο.....	65
Εικόνα 6.18 Σημείο 1, Επαφή διωρόφου με πολυόροφο .....	65
Εικόνα 6.19. Περιοχή Ε, οδός Μεταμορφώσεως PS 2181 & 2187.....	66
Εικόνα 6.20, Σημείο 1, Γενική άποψη κτηρίου.....	67
Εικόνα 6.21. Σημείο 1, χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία.....	67
Εικόνα 6.22. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή (επισκευασμένη) σε τοιχοποιία.....	68
Εικόνα 6.23. Σημείο 2, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία Α' ορόφου .....	68
Εικόνα 6.24. Περιοχή Ζ, Οδός Τενέδου, PS-2238.....	69
Εικόνα 6.25. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε μαντρότοιχο μεταβλητού εύρους.....	69
Εικόνα 6.26. Σημείο 2, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία .....	70
Εικόνα 6.27. Σημείο 3, Επισκευασμένη χιαστί ρωγμή σε παλαιά ισόγειο μονοκατοικία .....	70
Εικόνα 6.28. Περιοχή Η, οδός Παπαχριστοφιλοπούλου PS-2057.....	71
Εικόνα 6.29. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε δοκό πιλοτής και συνέχεια της στην τοιχοποιία .....	72
Εικόνα 6.30. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή στον Α' όροφο .....	72
Εικόνα 6.31. Σημείο 1, Ρωγμάτωση δαπέδου σε πλάκα επί του εδάφους. ....	73
Εικόνα 6.32. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία ισογείου διαμερίσματος .....	73
Εικόνα 6.33. Σημείο 2, Επισκευασμένη χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία ισογείου.....	74
Εικόνα 6.34. Περιοχή Θ, οδός Κεφαλληνίας PS-1989.....	75
Εικόνα 6.35 Θέση 1, Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία.....	76
Εικόνα 6.36 Θέση 1, Καμπτική ρωγμή δοκού στην στάθμη της πιλοτής.....	76
Εικόνα 6.37 Θέση 2, διεύρυνση αντισεισμικού αρμού.....	77
Εικόνα 6.38 Θέση 2, διεύρυνση αντισεισμικού αρμού.....	77
Εικόνα 6.39 Θέση 2, μαντρότοιχος δυτικού ορίου πολυκατοικίας .....	78
Εικόνα 6.40 Θέση 2, μαντρότοιχος ανατολικού ορίου πολυκατοικίας.....	78
Εικόνα 6.41 Θέση 2, Έντονη ρωγμάτωση δαπέδου και μαντρότοιχου διαμορφώσεων .....	79
Εικόνα 6.42. Περιοχή Ι, οδός Αγίων Αποστόλων PS-2514 .....	80
Εικόνα 6.43 Σημείο 1, Ρωγμάτωση «τυφλής» τοιχοποιίας στον τρίτο όροφο.....	81
Εικόνα 6.44 Σημείο 1, Ρωγμάτωση «τυφλής» τοιχοποιίας στο ισόγειο .....	81
Εικόνα 6.45 Σημείο 2, Ρωγμάτωση μαντρότοιχου Ο/Σ ράμπας προς υπόγειο.....	82
Εικόνα 6.46 Σημείο 2, Ρωγμάτωση τοιχοποιίας και διεύρυνση αρμού .....	82
Εικόνα 6.47. Περιοχή Κ, οδός Καλλέργη PS-2457 .....	83
Εικόνα 6.48 Σημείο 1, Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία στο ισόγειο .....	84
Εικόνα 6.49 Σημείο 1, Χιαστί ρωγμάτωση τοιχοποιίας στην στάθμη του υπογείου .....	84
Εικόνα 6.50 Σημείο 2, Διεύρυνση σημείου επαφής ορόρων πολυκατοικιών .....	85
Εικόνα 6.51 Σημείο 2, Διεύρυνση σημείου επαφής ορόρων πολυκατοικιών .....	85
Εικόνα 7.1 Καμπύλες ίσου ρυθμού υποχωρήσεων (Καϊταντζιάν κα. 2014) .....	86
Εικόνα 7.2 Σημεία επιτόπου αυτοψίας .....	87
Εικόνα 7.3 Σημείο 1. Πολυκατοικία στην γωνία των οδών Καλλέργη και Βενιζέλου.....	88
Εικόνα 7.4 Σημείο 1. Διαγώνιες ρωγμές στην τοιχοποιία.....	88
Εικόνα 7.5 Σημείο 2 διαγώνια ρωγμή σε μαντρότοιχο.....	89
Εικόνα 7.6 Σημείο 3 ρωγμάτωση σε τοιχοποιία .....	89
Εικόνα 7.7 Σημείο 3 έντονη ρωγμάτωση σε τοιχοποιία.....	90
Εικόνα 7.8 Σημείο 3 καμπτική ρωγμή στο μέσο δοκού .....	90
Εικόνα 7.9 Σημείο 3 διαγώνια ρωγμή σε γωνιακό υποστύλωμα και τοιχοποιία.....	91

Εικόνα 7.10 Σημείο 3. Διεύρυνση αντισεισμικού αρμού, απόκλιση από την κατακόρυφο .....	91
Εικόνα 7.11 Σημείο 4 Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία .....	92
Εικόνα 7.12 Σημείο 4 Ρωγμάτωση σε μαντρότοιχο .....	92
Εικόνα 7.13 Σημείο 4. Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία .....	93
Εικόνα 7.14 Σημεία επιτόπου αυτοψίας .....	94
Εικόνα 7.15 PS 2599, οδός Αραχώβης, περιοχή Λ.....	95
Εικόνα 7.16. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε δοκό.....	95
Εικόνα 7.17. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε δοκό.....	96
Εικόνα 7.18. Σημείο 2, Καθίζηση πλακόστρωσης σε προαύλιο χώρο σχολείου .....	96
Εικόνα 7.19. Σημείο 3, Χιαστί ρωγμή σε μαντρότοιχο .....	97
Εικόνα 7.20. Σημείο 4, διεύρυνση αντισεισμικού αρμού.....	97
Εικόνα 7.21 Σημεία επιτόπου αυτοψίας .....	98
Εικόνα 7.22 Σημείο 1. Χιαστί ρωγμάτωση σε υποσύλωμα .....	98
Εικόνα 7.23 Σημείο 1. Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία στο ισόγειο. Πιθανή καθίζηση πεδίου. ....	99
Εικόνα 7.24 Σημείο 2. Χιαστί ρωγμάτωση σε υποσύλωμα. ....	99
Εικόνα 7.25 Σημείο 3. Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία.....	100
Εικόνα 7.26 Σημείο 4. Χιαστί ρωγματώσεις σε υποσύλωμα και επέκτασή τους στην τοιχοποιία.....	100
Εικόνα 7.27 Σημείο 5. Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία.....	101
Εικόνα 8.1 Μετακινήσεις (σε mm) των κορυφών του επίγειου δικτύου το διάστημα 2002-2008 (Καραμολέγκου . 2009).....	104
Εικόνα 8.2 Σύγκριση μεθόδων Διπλής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης – Συμβολομετρίας Σταθερών Σκεδαστών .....	106

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ**

Πίνακας 5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών εδάφους (ΗΣΑΠ).....	44
Πίνακας 6.1 Δεδομένα μετακινήσεων σταθερών σκεδαστών με τις μεγαλύτερες τιμές, συναρτήσει του χρόνου στις αντίστοιχες θέσεις, (Εικόνα 6.2) .....	50
Πίνακας 6.2 Δεδομένα μετακινήσεων σταθερών σκεδαστών με τις μεγαλύτερες τιμές, συναρτήσει του χρόνου στις αντίστοιχες θέσεις, (Εικόνα 6.2) .....	51
Πίνακας 6.3 Δεδομένα μετακινήσεων σταθερών σκεδαστών με τις μεγαλύτερες τιμές, συναρτήσει του χρόνου στις αντίστοιχες θέσεις, (Εικόνα 6.2) .....	52

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι εδαφικές υποχωρήσεις που εκδηλώνονται σε εκτεταμένες περιοχές οφείλονται σε διάφορα αίτια. Ειδικότερα όμως οι ανθρωπογενείς δράσεις έχουν σημαντική επίδραση στην εξέλιξη των εδαφικών υποχωρήσεων. Η εντατική και απρογραμματίστη υπεράντληση του υπόγειου νερού, αλλά και τα έργα που λειτουργούν αποστραγγιστικά στο υπέδαφος οδηγούν συχνά σε μεγάλες κατακόρυφες μετακινήσεις.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται και αναλύονται οι μέθοδοι παρακολούθησης του φαινομένου με επίγεια και δορυφορικά μέσα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις δορυφορικές μεθόδους οι οποίες δίνουν υψηλή ακρίβεια με σχετικά χαμηλό κόστος. Επίσης μελετάται η επίδραση του φαινομένου σε κτήρια και υποδομές με την αναζήτηση ορατών βλαβών. Τέλος συγκρίνονται τα αποτελέσματα με εκείνα των επίγειων μεθόδων.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται μεταξύ των εκβολών των δύο σημαντικών αρχαίων ποταμών του λεκανοπεδίου του Κηφισού και του Ιλισού. Το χαλαρό γεωλογικό υπόβαθρο σε συνδυασμό με τις ανθρώπινες επεμβάσεις και την έντονη αστικοποίηση έχουν προκαλέσει σημαντικές εδαφικές υποχωρήσεις.

Οι βλάβες στα κτήρια και στις υποδομές δημιουργούν αίσθημα ανασφάλειας αλλά και τα καθιστούν ευάλωτα έναντι φυσικών καταστροφών όπως πλημμύρες και σεισμούς.

### ABSTRACT

Land subsidence phenomena that occur in large areas are due to several causes. In particular, human activities have a significant impact on the evolution of land subsidence. Intensive and unplanned overexploitation of ground water resources, as well as drainage works in the ground often lead to large vertical displacements.

The main objective of the current work is to present and analyze the methods of monitoring the phenomenon by geodetic and space borne methods. In particular, emphasis is placed on space borne methods that gives high accuracy at relatively low cost. Also within the framework of the current study the negative effects of the phenomenon on buildings and infrastructures have been investigated by examining the visible tensile surface ruptures. Finally the results are compared with those of geodetic methods.

The study area is situated between the estuaries of the two major ancient rivers Kifissos and Ilissos. The loose geological background combined with human activities and intense urbanization has contributed to the manifestation of significant land subsidence.

Damage on buildings and infrastructure creates a sense of insecurity, but also makes them vulnerable to natural hazards such as floods and earthquakes.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παράκτια ζώνη των νότιων περιοχών του Ν. Αττικής, Ν. Φάληρο, Μοσχάτο και Καλλιθέα, κατά τα τελευταία τριάντα χρόνια έχουν ασκηθεί σημαντικές ανθρωπογενείς πιέσεις. Σε αυτή την περιοχή ήδη από εικοσαετίας είχαν ανιχνευθεί επιφανειακές καθιζήσεις που έφθαναν μέχρι τα 12cm στην περιοχή του Μοσχάτου. Οι συγκεκριμένες καθιζήσεις είχαν προσδιορισθεί με βάση την μεταβολή των απόλυτων υψομέτρων παλαιών υψομετρικών αφετηριών, από τα μέσα της δεκαετίας του 1960 μέχρι το 1989, οπότε και έγιναν οι μετρήσεις. Οι καθιζήσεις αυτές έχουν πραγματοποιηθεί σε χαλαρές αλουβιακές αποθέσεις του Κηφισού και Ιλισού και η γένεση τους έχει αποδοθεί στις φορτίσεις που έχει δεχθεί η περιοχή λόγω της αστικοποίησης (Γεωργόπουλος, 1993).

Μετρήσεις κατά την περίοδο 1996-1997 στην περιοχή έδειξαν ότι υπάρχει σημαντικός υποβιβασμός της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα. Διαπιστώθηκε ότι κατά περιόδους η στάθμη των υπογείων υδάτων βρίσκεται σε αρνητικά υψόμετρα ακόμη και περισσότερο των 10μ. κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (Κουμαντάκης, 1997).

Η ιδιαιτερότητα του φαινομένου επιβάλλει την συνεχή παρακολούθηση των καθιζήσεων η οποία όμως καθίσταται δύσκολη και δαπανηρή με επίγεια μέσα. Τα τελευταία χρόνια έχουν σημαντική εφαρμογή μέθοδοι βασιζόμενοι σε δορυφορικές μετρήσεις με χρήση μικροκυμάτων οι οποίες δίνουν σημαντική ακρίβεια με το μικρότερο δυνατό κόστος. Η πλέον ακριβής μέθοδος της διαφορικής συμβολομετρίας σταθερών σκεδαστών ή PS-InSAR (Persistent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar) αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας και αναλύεται διεξοδικά στα επόμενα κεφάλαια. Η εφαρμογή της στο δέλτα Φαλήρου την τελευταία δεκαετία έδωσε πολύτιμα δεδομένα σχετικά με τις εδαφικές υποχωρήσεις στην περιοχή. Τα δεδομένα μετατοπίσεων των σταθερών σκεδαστών επιβεβαιώθηκαν με την επιτόπου αυτοψία και διαπίστωση των βλαβών στα κτήρια της περιοχής.



## 2. ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ – ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ

### 2.1 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Ως εδαφικές υποχωρήσεις (land subsidence) ορίζονται τα εκτεταμένα φαινόμενα υποχωρήσεων της επιφάνειας του εδάφους τα οποία προκαλούνται από ενδογενείς παράγοντες όπως η αφαίρεση ρευστών ή η κατάρρευση φυσικών και τεχνητών εγκοίλων. (Λουπασάκης, 2014)

#### 2.1.1 Αίτια εδαφικών υποχωρήσεων

Οι κύριες αιτίες πρόκλησης εδαφικών υποχωρήσεων είναι:

- Η αφαίρεση ρευστών από το έδαφος και η στερεοποίηση λόγω μεταβολής του γεωστατικού πεδίου των τάσεων
- Λόγω ενδογενών δυνάμεων οι οποίες προκαλούν παραμορφώσεις στον φλοιό της γης (τεκτονικές κινήσεις, κινήσεις μάγματος κλπ.)
- Η οξείδωση των οργανικών εδαφών ως συνέπεια του υποβιβασμού της στάθμης των υδροφόρων
- Κατάρρευση υπόγειων εγκοίλων (φυσικών ή και τεχνητών)

#### 2.1.2 Στερεοποίηση και εδαφικές υποχωρήσεις

Η σημαντικότερη και ίσως πιο συχνή αιτία των εδαφικών υποχωρήσεων είναι η στερεοποίηση που προκαλείται από την ανεξέλεγκτη υπεράντληση που έχει ως αποτέλεσμα τον καταβιβασμό του υδροφόρου ορίζοντα.

Όταν ένας ποταμός εκβάλλει σε ένα μεγάλο σώμα επιφανειακού νερού (πχ. ανοιχτή θάλασσα) και η ενέργεια των κυμάτων δεν είναι αρκετή για να κρατήσει τα φερτά υλικά σε αιώρηση, δημιουργείται ένα δέλτα. Επειδή το μεγαλύτερο μέρος των χονδρόκοκκων φερτών υλικών που μεταφέρονται από τους ποταμούς έχουν ήδη αποθεθεί ανάντη, τα δέλτα συνήθως καλύπτονται από λεπτόκοκκα ιζήματα όπως άμμο ιλύ και άργιλο. (Καββαδάς, 2006)

Οι αποθέσεις αυτές παρά τις μακροχρόνιες γεωλογικές διεργασίες παραμένουν μέχρι την εποχή μας κορεσμένες. (Τσότσος, 1991)

Παρόλο που τα προβλήματα λόγω των επεμβάσεων του ανθρώπου στην στάθμη των υπογείων υδάτων υπάρχουν για πολλές δεκαετίες, ιδίως σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές, η σχέση μεταξύ τους έγινε κατανοητή το

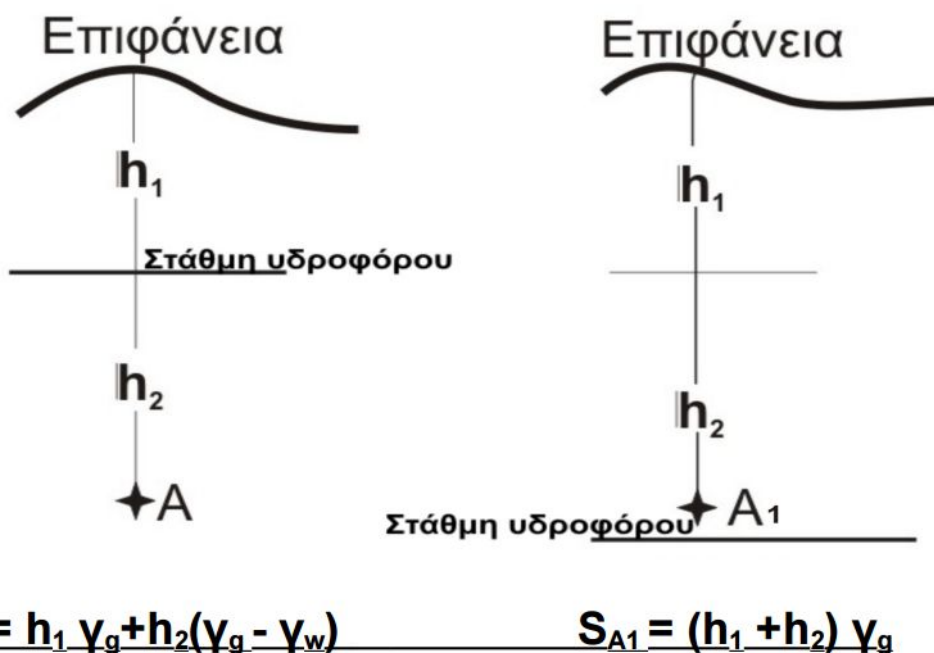
1928 από τον Meinzer ο οποίος διαπίστωσε την συμπίεστικότητα των υδροφόρων.

Την ίδια περίοδο ο Karl Terzaghi ανέπτυξε την θεωρία της μονοδιάστατης παραμόρφωσης. Σύμφωνα με την θεωρία η συμπίεση των εδαφών έχει ως αποτέλεσμα την διαφυγή του νερού των πόρων και την σταδιακή μεταφορά της έντασης από το νερό στους κόκκους. Η μονοδιάστατη παραμόρφωση λαμβάνει συχνά χώρα στο φυσικό περιβάλλον κατά την ιζηματογένεση όπου επιβάλλονται κατακόρυφες πιέσεις ενώ ταυτόχρονα λόγω της μεγάλης έκτασης των στρώσεων παρεμποδίζονται οι πλευρικές παραμορφώσεις.

Η παρουσία του νερού στο έδαφος έχει διπλό ρόλο. Επηρεάζει αφενός τον τρόπο που διατάσσονται οι κόκκοι και επομένως την γεωμετρία του εδαφικού ιστού και αφετέρου επηρεάζει τον μέγεθος των φορτίων που μεταφέρονται στον εδαφικό ιστό.

Είναι γνωστό ότι τα λεπτόκοκκα αργιλικά ιζήματα αποτελούνται από πεπλατυσμένους κόκκους όπου στην κορεσμένη κατάσταση του εδάφους βρίσκονται σε διάσπαρτες τυχαίες θέσεις αφήνοντας αρκετό χώρο για την συγκράτηση του νερού. Όταν το έδαφος είναι κορεσμένο οι κόκκοι δεν μπορούν να μετακινηθούν αφού τα μεταξύ τους κενά είναι γεμάτα με νερό το οποίο είναι ασυμπίεστο υλικό. Ωστόσο όταν η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα υποβιβαστεί και το έδαφος είναι ξηρό, η φόρτιση του εδάφους (ίδιο βάρος, κατασκευές κλπ.) υποχρεώνει τους κόκκους να μετακινηθούν σε θέσεις πλησιέστερες μεταξύ τους με αποτέλεσμα την μείωση του πορώδους και κατ' επέκταση του όγκου της εδαφικής μάζας. (Γεωργιάνου, 2000). Η μείωση του όγκου συνεπάγεται εδαφική υποχώρηση στην επιφάνεια.

Για μία συσσώρευση εδαφικών σωματιδίων στην θέση A (Εικόνα 2.1) και η οποία βρίσκεται αρχικά κάτω από την στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, με πυκνότητα  $\gamma_g$ , η τάση  $S_A$  στο σημείο A θα είναι:



Εικόνα 2.1 Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας αύξησης της φόρτισης του εδάφους με τον υποβιβασμό του υδροφόρου

Είναι προφανές ότι  $S_{A1} > S_A$  και επομένως στο σημείο A έχουμε αύξηση της τάσεως (Ρόζος, 2007). Σημειώνεται ότι η εδαφική υποχώρηση είναι μη αναστρέψιμη ακόμη και αν ο υδροφόρος ορίζοντας επανέλθει στην αρχική του κατάσταση.

## 2.2 ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ

Καθίζηση είναι η υποχώρηση ή παραμόρφωση του εδάφους που προκαλείται από το βάρος ενός τεχνικού έργου που βρίσκεται επάνω σε αυτό. Είναι δηλαδή η συμπίεση του εδάφους όταν το υπερκείμενο έργο υπερβεί την αντοχή του.

Οι καθιζήσεις δεν πρέπει να συγχέονται με τις εδαφικές υποχωρήσεις. Ενώ οι εδαφικές υποχωρήσεις προκαλούνται από ενδογενείς δυνάμεις στο εσωτερικό της γης, οι καθιζήσεις οφείλονται σε εξωτερικές φορτίσεις στην επιφάνεια του εδάφους από κάποιο τεχνικό έργο (πχ. κτήρια)

### 2.2.1 Κατηγορίες καθιζήσεων

Οι καθιζήσεις ανάλογα με την χωρική κατανομή τους διακρίνονται σε :

- Ομοιόμορφες καθιζήσεις
- Διαφορικές καθιζήσεις

Οι ομοιόμορφες καθιζήσεις είναι εκείνες όπου το έδαφος υποχωρεί ομοιόμορφα στην κλίμακα του υπερκείμενου τεχνικού έργου και το οποίο συμπαρασύρει.

Στις διαφορικές καθιζήσεις το έδαφος υποχωρεί ανομοιόμορφα με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εντατικές καταστάσεις στις υπερκείμενες κατασκευές.

Μια επιπλέον κατηγοριοποίηση των καθιζήσεων είναι αυτή που συσχετίζεται με τον χρόνο εμφάνισης και την συνολική τους διάρκεια. Σε αυτή την περίπτωση οι καθιζήσεις διακρίνονται σε :

- Άμεσες καθιζήσεις
- Καθιζήσεις στερεοποίησης
- Καθιζήσεις ερπυσμού

Οι άμεσες (immediate) ελαστικές καθιζήσεις αναπτύσσονται άμεσα κατά την επιβολή του φορτίου, δηλαδή κατά την φάση κατασκευής του έργου. Όταν το έδαφος είναι αργιλικό και κορεσμένο συμβαίνουν δίχως μεταβολή του όγκου και αναιρούνται όταν αφαιρεθεί το φορτίο. Σε αμμώδη εδάφη αναπτύσσονται μόνο άμεσες καθιζήσεις.

Όταν η καθίζηση συνοδεύεται από απομάκρυνση του νερού των πόρων, η οποία συμβαίνει σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα λόγω της μικρής διαπερατότητας του εδάφους, τότε έχουμε την καθίζηση λόγω στερεοποίησης (consolidation) η οποία συμβαίνει μόνο στα κορεσμένα συνεκτικά εδάφη.

Οι ερπυστικές ή δευτερεύουσες καθιζήσεις οφείλονται στην συνεχή αύξηση των παραμορφώσεων συναρτήσει του χρόνου υπό την επίδραση σταθερού φορτίου μετά το πέρας της στερεοποίησης. Συνήθως είναι σημαντικές σε οργανικά εδάφη και μαλακές αργίλους υψηλής πλαστικότητας. Σε αμμώδη εδάφη και αργίλους χαμηλής πλαστικότητας συνήθως αμελούνται. (Καββαδάς 2006)

### 2.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ – ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

Οι επιπτώσεις των καθιζήσεων και των εδαφικών υποχωρήσεων μπορεί να είναι αρκετά σοβαρές στα τεχνικά έργα (κτήρια, φράγματα, οδοποιία κλπ) αλλά και στις υποδομές (πχ. υπόγεια δίκτυα).

Όσον αφορά τις κτηριακές κατασκευές, στις ομοιόμορφες καθιζήσεις οι επιπτώσεις αφορούν κυρίως την λειτουργικότητα όπως η σύνδεση με ένα δίκτυο αποχέτευσης, η απορροή των ομβρίων υδάτων ή η πρόσβαση του κτηρίου από τον δρόμο. Στην ευρύτερη κατηγορία των τεχνικών έργων μπορούν να καταγραφούν ρωγμές σε υπόγειους αγωγούς αερίου, λυμάτων ή ύδρευσης η ακόμη και ο κίνδυνος πρόκλησης πλημμυρών.

Στις διαφορικές καθιζήσεις όμως οι επιπτώσεις μπορεί να είναι σοβαρότερες όπως ένταση στον φέροντα οργανισμό λόγω διαφορικής καθίζησης των πεδίων, ρηγματώσεις, απομείωση αντοχής και έκθεση σε ενδεχόμενη σεισμική διέγερση.

Τα παραπάνω καθιστούν αναγκαία την παρακολούθηση των φαινομένων και την καταγραφή της χρονικής εξέλιξης τους.

#### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Για την παρακολούθηση των φαινομένων των καθιζήσεων και κατ' επέκταση των εδαφικών υποχωρήσεων έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια γεωτεχνικές, επίγειες αλλά και δορυφορικές μέθοδοι οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στην συνέχεια

##### 3.1 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στις γεωτεχνικές μεθόδους γίνεται χρήση οργανομετρήσεων προκειμένου να καταγραφεί η συμπεριφορά του εδάφους μακροπρόθεσμα, σε επίπεδο παραμόρφωσης αλλά και σε επίπεδο καταγραφής παραμέτρων που σχετίζονται άμεσα με εδαφικές υποχωρήσεις όπως πίεση νερού των πόρων, απώλεια νερού, διαπερατότητα κλπ.

Ενδεικτικά όργανα τα οποία χρησιμοποιούνται έμμεσα ή άμεσα στην μέτρηση των καθιζήσεων είναι :

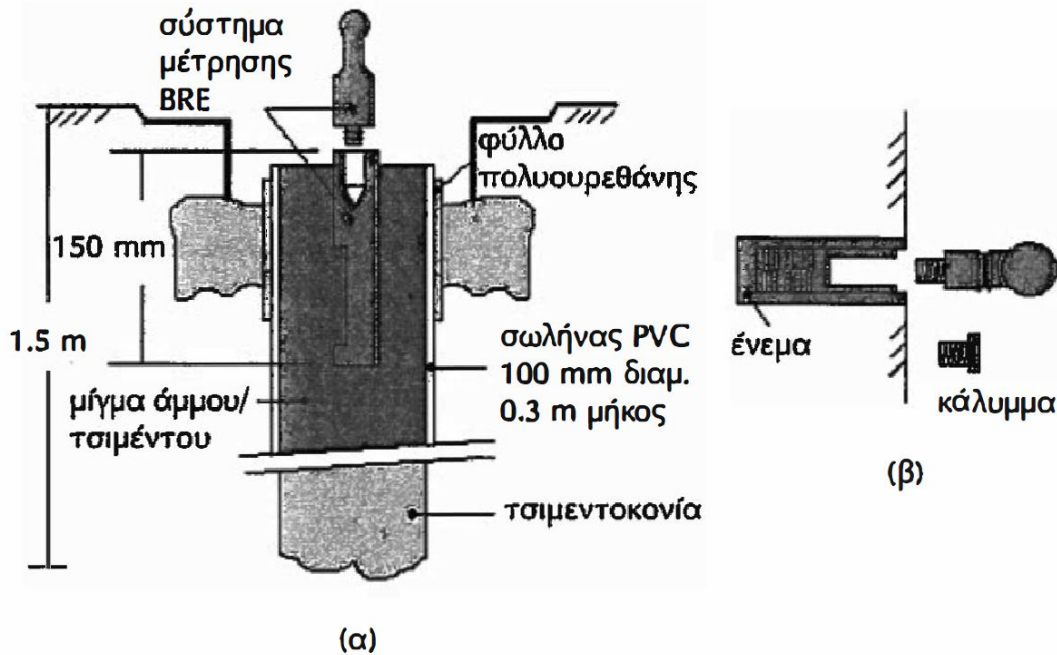
- **Πιεζόμετρο** . Τοποθετείται σε συγκεκριμένο βάθος και μετράει την πίεση του νερού αποκλειστικά στο βάθος αυτό. Τοποθετώντας ένα δίκτυο πιεζομέτρων σε διάφορα βάθη μπορούμε να εκτιμήσουμε τις συνθήκες ροής των υπογείων υδάτων, την πτώση της στάθμης καθώς και την μεταβολή των ενεργών τάσεων
- **Κλισιόμετρο**. Τοποθετείται συνήθως μέσα σε γεώτρηση και μετρά εγκάρσιες παραμορφώσεις του εδάφους.
- **Μηκυνσιόμετρο**. Το πλέον κατάλληλο όργανο για την άμεση μέτρηση καθιζήσεων αλλά και πλευρικών μετακινήσεων. Εγκαθίστανται συνήθως μέσα σε γεώτρηση και διατίθενται σε διάφορους τύπους όπως μηχανικά, ηλεκτρικά, τύπου ράβδου κλπ.

##### 3.2 ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι γεωδαιτικές μέθοδοι χρησιμοποιούν όργανα υψηλής ακρίβειας όπως ψηφιακούς χωροβάτες, ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς κλπ. Αφορούν τον προσδιορισμό οριζόντιας και κατακόρυφης μετατόπισης των κατασκευών ή της επιφάνειας του εδάφους σε αντίθεση με τις γεωτεχνικές μεθόδους που αφορούν μόνο υπόγειες μετρήσεις.

### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Για την εξασφάλιση των γεωδαιτικών μετρήσεων απαιτούνται σταθερά σημεία αναφοράς (*Benchmarks*)(Εικόνα 3.1). Αποτελούνται από σωλήνα ή ράβδο περιβαλλόμενο από προστατευτικό κάλυμμα αγκυρωμένο σε ορισμένο βάθος. Το υλικό της ράβδου πρέπει να είναι από ειδικό χαλύβδινο κράμα ανεπηρέαστο από θερμοκρασιακές μεταβολές.



Εικόνα 3.1 Σταθερό σημείο αναφοράς (*Benchmark*) επί του εδάφους και επί των κατασκευών

Τα σταθερά σημεία αναφοράς δημιουργούν ένα γεωδαιτικό δίκτυο ελέγχου τα οποία μετρώνται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Από την επίλυση του δικτύου και την ομοιόμορφη κατανομή του σφάλματος εκτιμώνται οι συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου και κατ' επέκταση η εξέλιξη των παραμορφώσεων. Η ακρίβεια της μεθόδου μπορεί να φτάσει έως και  $\pm 0.2-0.5$  mm/ $\sqrt{\text{km}}$

### 3.3 ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕ ΧΡΗΣΗ GNSS

Η χρήση GNSS (Global Navigation Satellite System) είναι μία ταχύτατη αναπτυσσόμενη τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται εκτεταμένα σε εφαρμογές παρακολούθησης επιφανειακών μετακινήσεων. Χρησιμοποιεί δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από την γη και είναι σε θέση να δώσει συντεταγμένες σημείων επί του εδάφους με υψηλή ακρίβεια. Το πρώτο σύστημα δορυφόρων που τέθηκε σε τροχιά είναι το GPS (Global Positioning System). Το σύστημα GPS αποτελείται από 24 συνολικά δορυφόρους που

### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

---

κινούνται σε 6 σταθερές τροχιές γύρω από τον πλανήτη. Το σύστημα ελέγχεται από το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α. Εκτός από το Αμερικάνικο σύστημα υπάρχει το Ρώσικο (GLONASS) το Ευρωπαϊκό σύστημα (GALILEO) το Κινέζικο (BEIDOU) κ.α.

Η χρήση GPS πλεονεκτεί έναντι των άλλων μεθόδων όπως:

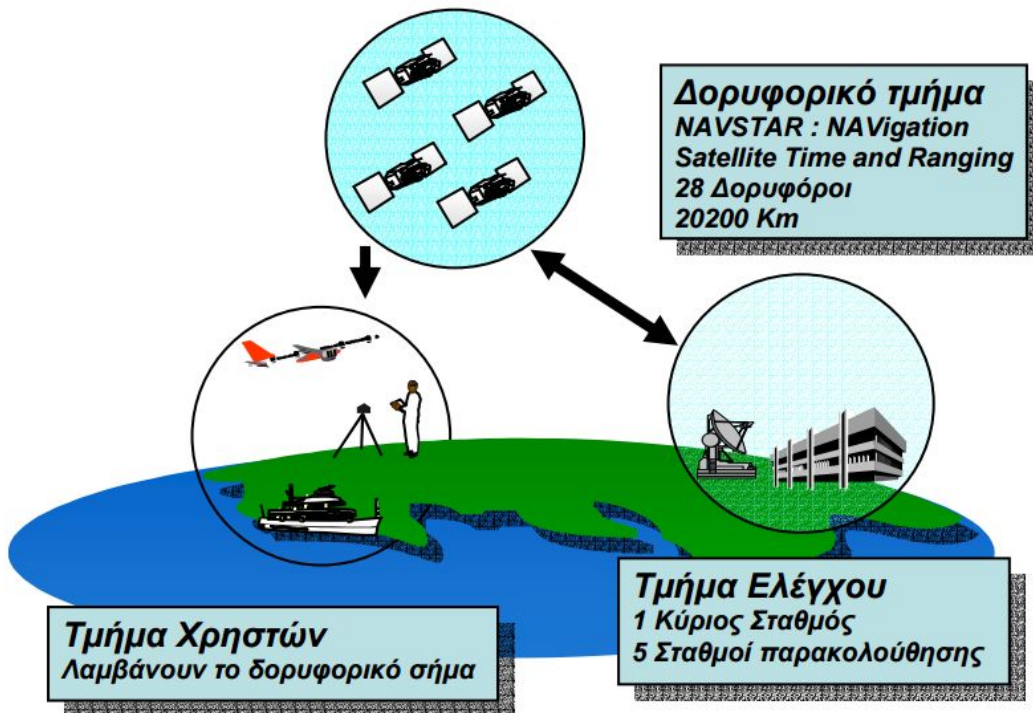
- Δίνει απευθείας την θέση ενός σημείου στην επιφάνεια της γης
- Χρησιμοποιείται σε όλες τις καιρικές συνθήκες
- Δεν απαιτείται ορατότητα μεταξύ των σημείων
- Υπάρχει δυνατότητα μέτρησης όλο το 24ωρο
- Τα σύγχρονα μηχανήματα δίνουν υψηλή ακρίβεια.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου περιλαμβάνεται η αδυναμία λειτουργίας του αν οποιοδήποτε φυσικό ή τεχνητό εμπόδιο (δέντρο, κτήριο κλπ.) εμποδίζει έστω και μερικά το οπτικό πεδίου του δέκτη προς τους δορυφόρους. Επίσης είναι αδύνατη η λειτουργία του σε κλειστούς χώρους. Τέλος υπάρχει και ο κίνδυνος μείωσης της ακρίβειας του δορυφορικού σήματος χωρίς καμία προειδοποίηση και η εισαγωγή σημαντικών σφαλμάτων.

Ένα σύστημα GNSS αποτελείται από τρία τμήματα (*Εικόνα 3.2*):

- Το δορυφορικό τμήμα
- Το τμήμα ελέγχου
- Το τμήμα χρήσης (δέκτης)





Εικόνα 3.2 Τμήματα συστήματος GNSS (Τ.Ε.Ι Κρήτης)

Στην Ελλάδα το πλέον διαδεδομένο σύστημα ελέγχου είναι το Ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού HEPOS (Hellenic Positioning System) το οποίο λειτουργεί και υποστηρίζεται από το Εθνικό Κτηματολόγιο. Πέραν του HEPOS λειτουργούν και αρκετά δίκτυα ιδιωτικών εταιριών (Metrica, Geotech κλπ.).

Ο εξοπλισμός του τμήματος χρηστών απαιτεί ένα δέκτη GPS ο οποίος τοποθετείται σε στυλεό ή σε τρίποδα ανάλογα με την μέθοδο μέτρησης η οποία μπορεί να είναι RTK ή STATIC αντίστοιχα.

Κατά την RTK (Real Time Kinematic) ή κινηματική μέθοδο ο δέκτης μετακινείται σε διακεκριμένα προς αποτύπωση σημεία. Κατά την μέτρηση ο δέκτης επικοινωνεί μέσω GPRS με το τμήμα ελέγχου και διορθώνει σε πραγματικό χρόνο τα σφάλματα. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και με την χρήση δύο δεκτών. Στην περίπτωση αυτή ο ένας δέκτης (base) τοποθετείται σε γνωστό τριγωνομετρικό σημείο και ο άλλος δέκτης (rover) μετακινείται στα προς αποτύπωση σημεία. Ο σταθερός δέκτης υπολογίζει διορθώσεις τις οποίες εκπέμπει στον κινητό δέκτη με ραδιοζεύξη.

Κατά την στατική μέθοδο μπορούν πάλι να χρησιμοποιηθούν ένας ή και δύο δέκτες. Στην περίπτωση των δύο δεκτών ο ένας τοποθετείται σε σημείο όπου είναι γνωστές οι συντεταγμένες και ο δεύτερος στα προς μέτρηση σημεία. Οι

δύο δέκτες παραμένουν σταθεροί για αρκετό χρονικό διάστημα και τα αποτελέσματα είναι ακριβέστερα από την RTK μέθοδο (τάξεως χιλιοστού) διότι απαλείφονται συστηματικά σφάλματα από την ταυτόχρονη μέτρηση και των δύο δεκτών.

#### 3.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΡΑΝΤΑΡ

Η τεχνολογία των ραντάρ μας δίνει την δυνατότητα της συνεχούς μελέτης των εδαφικών υποχωρήσεων με χρήση εικόνων υψηλής ανάλυσης. Οι μετρήσεις είναι ανεξάρτητες των καιρικών φαινομένων και δεν απαιτούν να υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ ραντάρ – εδάφους.

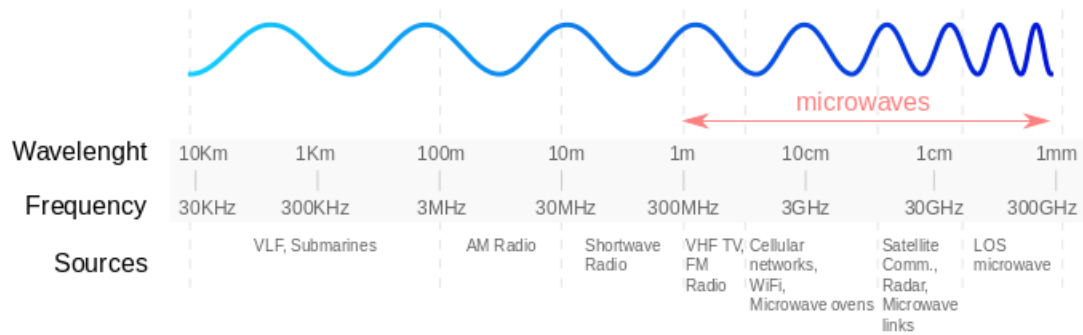
##### 3.4.1 Συμβατικά ραντάρ

Το συμβατικό στατικό ραντάρ (Radio Detection And Ranging) είναι ένα σύστημα εντοπισμού συγκεκριμένου στόχου ο οποίος μπορεί να βρίσκεται στον αέρα ή επί του εδάφους. Το συμβατικό ραντάρ χρησιμοποιεί μία κεραία η οποία μεταδίδει ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία ανακλώνται από το αντικείμενο του οποίου ζητείται ο εντοπισμός. Τα ανακλώμενα κύματα ανιχνεύονται από την ίδια κεραία και μετά από κατάλληλη ηλεκτρονική επεξεργασία είναι δυνατός ο εντοπισμός της θέσης της ταχύτητας και της κατεύθυνσης κίνησης οποιουδήποτε αντικειμένου. Εξέλιξη του απλού ραντάρ αποτελεί το SAR.

##### 3.4.2 SAR (Synthetic Aperture Radar)

Το SAR (Synthetic Aperture Radar) ή ραντάρ συνθετικού ανοίγματος) είναι ένα είδος radar που χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει εικόνες αντικειμένων και τοπίων σε δύο ή τρεις διαστάσεις και αποτελεί τον πλέον σύγχρονο τρόπο για την ακριβή μέτρηση αποστάσεων μεταξύ δορυφόρου και επιφάνεια της Γης. Ουσιαστικά εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς μικρής διάρκειας και καταγράφει την επιστροφή του από τους στόχους της επιφάνειας. Είναι ανεξάρτητα της ηλιακής ακτινοβολίας και στα καιρικά φαινόμενα (νέφη, βροχή κλπ.) διότι λειτουργούν στην ζώνη των μικροκυμάτων όπου η ατμοσφαιρική απορρόφηση και σκέδαση είναι ελάχιστες (Εικόνα 3.3) (Λέκκας, 2010). Το SAR σε αντίθεση με τα απλά ραντάρ χρησιμοποιεί την κίνηση της κεραίας για να δημιουργήσει ψηφιακές εικόνες υψηλής ευκρίνειας.

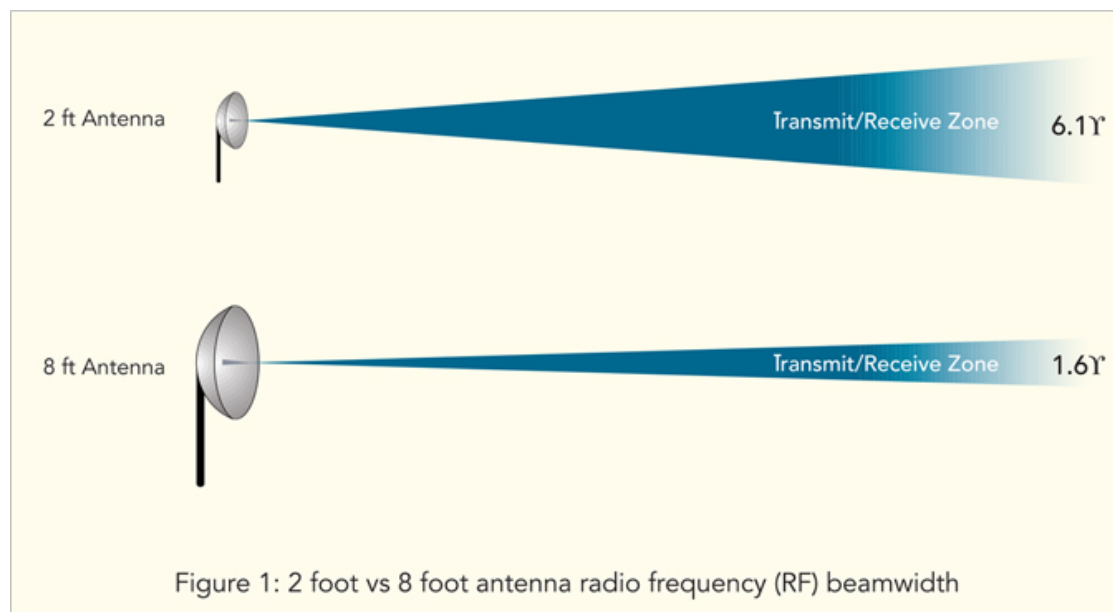
### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ



Εικόνα 3.3 Εύρος μικροκυμάτων σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες παλμών.

Όπως προαναφέρθηκε το ραντάρ, προσαρμοσμένο συνήθως σε κάποιο δορυφόρο, στέλνει σήματα στο έδαφος στο εύρος συχνοτήτων των μικροκυμάτων. Κατά την πρόσκρουση του ηλεκτρομαγνητικού παλμού στο έδαφος παράγονται κύματα τα οποία διασκορπίζονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Μόνο εκείνα που κατευθύνονται προς την ίδια διεύθυνση (LOS - Line Of Sight ή διεύθυνση παρατήρησης) από την οποία προήλθαν καταγράφονται από το ραντάρ. Τα υπόλοιπα χάνονται στην ατμόσφαιρα.

Είναι γνωστό ότι όσο πιο μεγάλο είναι το μέγεθος της κεραίας τόσο πιο στενή και στοχευμένη είναι η ζώνη κατεύθυνσης του σήματος. Κατ' επέκταση είναι δυνατή η ακριβέστερη απεικόνιση των αντικειμένων (Εικόνα 3.4)



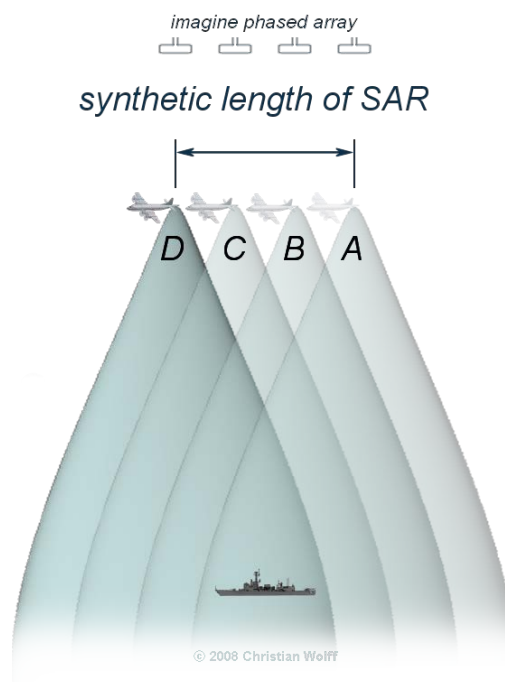
Εικόνα 3.4. Μεγαλύτερο μέγεθος κεραίας παράγει στενότερη και ακριβέστερη δέσμη (Proxim Wireless)

### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Επειδή όμως η κατασκευή μιας μεγάλης μεγέθους κεραίας είναι πρακτικά ανέφικτη το SAR χρησιμοποιεί την θεωρία συστοιχίας κεραιών για να δημιουργήσει ένα εικονικό διάφραγμα μια συνθετική δηλαδή κεραία μεγάλου μήκους. (Hansen, 2009).

Η τεχνολογία του SAR εκμεταλλεύεται αυτή την θεωρία ως εξής:

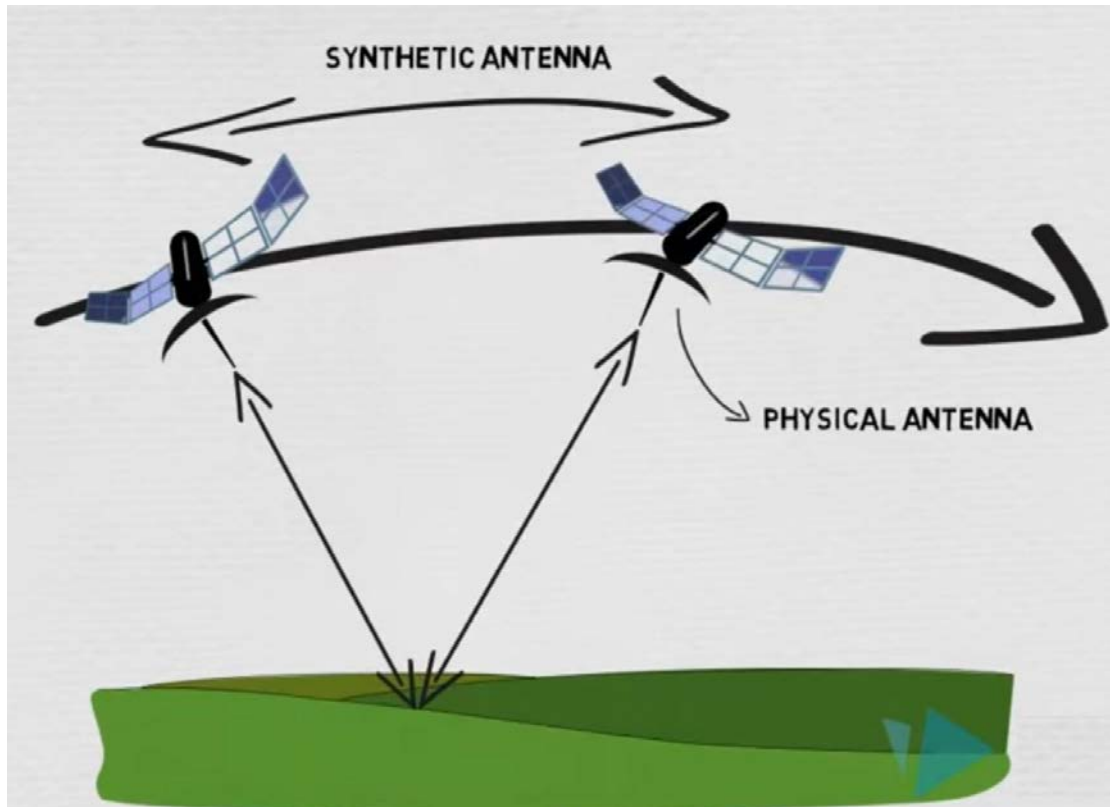
Ένα κοινό radar τοποθετείται σε κάποιο κινητό στοιχείο (πχ. αεροσκάφος). Το ραντάρ κινείται σε ευθεία γραμμή και καταγράφει το σήμα που επιστρέφει για το χρονικό διάστημα  $T$  που χρειάζεται το αεροσκάφος για να μετακινηθεί από το σημείο  $A$  στο σημείο  $D$ . (Εικόνα 3.5)



Εικόνα 3.5 Δημιουργία εικονικού διαφράγματος (radartutorial.eu)

Η απόσταση  $A-D$  είναι εκείνη κατά το οποίο ο στόχος παραμένει εντός του εύρους του κώνου-σήματος του ραντάρ. Καθώς σε κάθε θέση η γραμμή παρατήρησης του ραντάρ προς τον στόχο (LOS-Line Of Sight) μεταβάλλεται, δημιουργείται μία εικονική κεραία η οποία έχει μήκος  $(v) \times (T)$  όπου  $v$  η ταχύτητα με την οποία κινείται το ραντάρ. Καθώς ο στόχος (πχ. ένα πλοίο) εισέρχεται για πρώτη φορά στον ηλεκτρομαγνητικό κώνο του ραντάρ, τα ανακλώμενα σήματα καταγράφονται από αυτό. Καθώς το αεροσκάφος συνεχίζει να κινείται όλα τα επιστρεφόμενα σήματα από κάθε ηλεκτρομαγνητικό παλμό καταγράφονται για όσο διάστημα ο στόχος

παραμένει εντός του κώνου. Το σημείο όπου ο στόχος θα βγει εκτός του κώνου (σημείο D) καθορίζει το μήκος της συνθετικής ή εικονικής κεραίας. Όσο λοιπόν μεγαλύτερη είναι η εικονική κεραία τόσο πιο υψηλής ανάλυσης είναι η προκύπτουσα εικόνα καθότι ο δέκτης θα έχει περισσότερα δεδομένα από το ίδιο αντικείμενο. Άρα με μια μικρή μεγέθους κεραία, προκύπτουν εικόνες υψηλής ευκρίνειας (Εικόνα 3.6 )



Εικόνα 3.6 Αρχή της συνθετική κεραίας

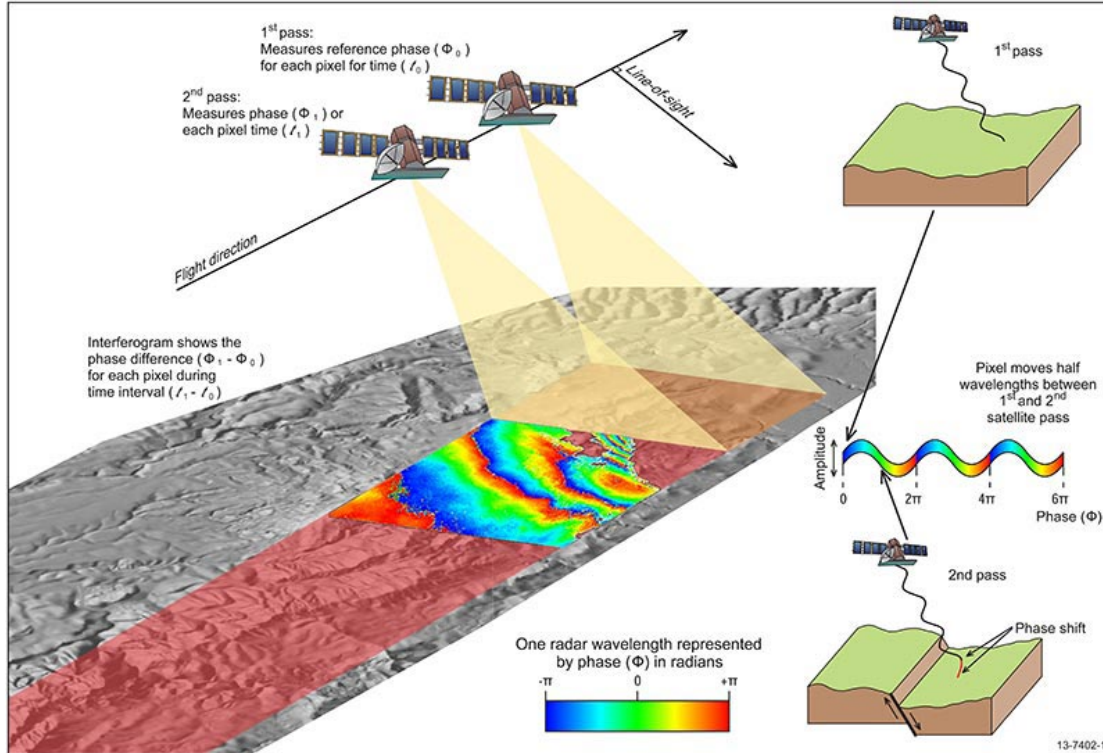
Εξέλιξη του SAR αποτελεί το DInSAR ( Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar ή Διαφορική Συμβολομετρία με ραντάρ συνθετικού ανοίγματος).

#### 3.4.3 DInSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar).

Το βασικό είδος πληροφορίας που μας δίνει το ραντάρ είναι η απόσταση του εδάφους από τον δορυφόρο. Η απόσταση αυτή είναι σε μονάδες μήκους κύματος  $\lambda$  του σήματος του ραντάρ. Πχ για τους δορυφόρους ERS της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος το μήκος κύματος είναι 5.66 cm. Η παραπάνω απόσταση στόχου – δορυφόρου όταν διαιρεθεί με την παραπάνω τιμή μας δίνει τον αριθμό των κύκλων φάσης του φέροντος κύματος. Αν αποκτήσουμε δύο εικόνες ραντάρ (Εικόνα 3.7) σε διαφορετικούς χρόνους από

### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

το ίδιο σημείο στον χώρο και τις συγκρίνουμε, οποιαδήποτε μετακίνηση της επίγειας επιφάνειας προς ή από τον δορυφόρο εκφράζεται σε διαφορά της φάσης των σημάτων που αντιστοιχούν στα αντίστοιχα εικονοστοιχεία (pixels) των δύο εικόνων.



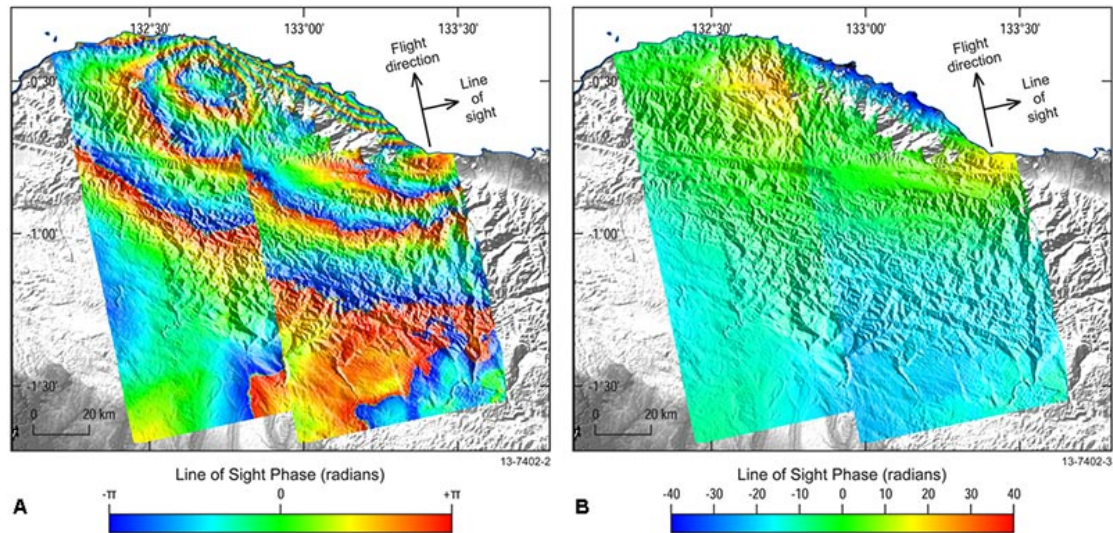
Εικόνα 3.7 Διπλό πέρασμα δορυφόρου από το ίδιο σημείο και διαφορά φάσης (ga.gov.au)

Η παραπάνω τεχνική ονομάζεται Διαφορική Συμβολομετρία SAR ή DInSar και μπορεί να ανιχνεύσει πολύ μικρές υψομετρικές αλλαγές στην επιφάνεια του εδάφους της τάξης των  $\pm 10$  mm ή και λιγότερο. Ειδικότερα, σε πρώτη φάση, η παραγόμενη εικόνα αποτελείται από χρωματιστούς ομόκεντρους κύκλους (interference fringes ή κροσσοί συμβολής) σε εύρος  $[0, 2\pi]$  οι οποίοι απεικονίζουν την διαφορά φάσης μεταξύ των διαφορετικών «περασμάτων» του δορυφόρου και κατ' επέκταση την παραμόρφωση του εδάφους. Ένας κροσσός συμβολής, ο οποίος αναπαριστά όλα τα χρώματα του φάσματος από το κόκκινο έως το μπλε, αντιπροσωπεύει την μετακίνηση της επιφάνειας προς τον δορυφόρο κατά διάστημα ίσο με το μισό μήκος κύματος του ραντάρ. Αυτή η διαφορά φάσης μπορεί να προέρχεται είτε από το τοπογραφικό ανάγλυφο είτε από εδαφικές παραμορφώσεις. Απομονώνοντας λοιπόν με κατάλληλη επεξεργασία την πρώτη αιτία, του τοπογραφικού ανάγλυφου, μπορούν να κατασκευαστούν μοντέλα εδαφικών παραμορφώσεων (DEM – Digital Elevation Model). (Δεληκαράογλου, 2007)



### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Στην (Εικόνα 3.8) φαίνονται αριστερά οι κροσσοί συμβολής πριν την αφαίρεση του τοπογραφικού ανάγλυφου ενώ δεξιά κατόπιν ειδικής επεξεργασίας απεικονίζεται ένα συνεχόμενο πεδίο μεταβολής της φάσης και κατ' επέκταση κατανομής των εδαφικών μετακινήσεων. (ga.gov.au)



Εικόνα 3.8 Επεξεργασία εικόνων SAR (ga.gov.au)

#### 3.4.4 PS-InSAR (Persistent Scatterer Interferometry - Συμβολομετρία σταθερών σκεδαστών)

Όπως αναφέρθηκε η τυπική διαφορική συμβολομετρία (DInSAR) χρησιμοποιεί ζεύγη εικόνων και η ακρίβεια της μεθόδου είναι περιορισμένη λόγω χρονικών και γεωμετρικών περιορισμών. Άλλα προβλήματα μπορεί να προκύψουν από την αλλαγή στην ανακλαστικότητα του αναγλύφου, από την φύτευση και από ατμοσφαιρικές διαταραχές.

Εξέλιξη της μεθόδου αποτελεί η συμβολομετρία των σταθερών σκεδαστών ή PS-InSAR (Ferretti et al., 2001).

Η μέθοδος PS-InSAR είναι σε θέση να μετρήσει μετακινήσεις μόνο στις θέσεις των PS (Persistent Scatterers - σταθερών σκεδαστών) δηλαδή σε σταθερούς στόχους επάνω στο τοπογραφικό ανάγλυφο οι οποίοι θα πρέπει να είναι υψηλής ανακλαστικότητας. Τέτοιοι στόχοι μπορεί να είναι πχ. ηλιακοί θερμοσίφωνες, κεραίες, μεταλλικοί αεραγωγοί, κοντάρια, γωνίες κτηρίων κλπ. Αντίθετα η ανακλαστικότητα είναι πολύ μικρή σε πυκνά δάση, πολύ ομαλές επιφάνειες του εδάφους, χιονισμένες επιφάνειες, πεζοδρόμια κλπ.

Γενικά οι θέσεις των PS δεν είναι γνωστές πριν γίνει αναγνώριση και ανάλυση τους. Η δυσκολία έγκειται στο γεγονός να αποδοθεί σωστά ένα σημείο PS σε κάποιο αντικείμενο επί του εδάφους.

Για κάθε PS η ανάλυση των φάσεων στα συμβολογραφήματα μπορεί να αναλυθεί στα εξής:

- τοπογραφικό ανάγλυφο
- η κίνηση του στόχου μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων
- η φάση σκέδασης του αντικειμένου σε σχέση με την γραμμή παρατήρησης (LOS)
- η φάση λόγω ατμοσφαιρικών φαινομένων και η καθυστέρηση στην διάδοση του σήματος
- η φάση που αφορά τις ανακρίβειες της τροχιάς
- ο θόρυβος

Η μέθοδος χρησιμοποιεί περισσότερες από 20 SAR εικόνες της ίδιας περιοχής. Ο μεγάλος αριθμός εικόνων κρίνεται απαραίτητος προκειμένου να αφαιρεθούν οι επιρροές της ατμόσφαιρας. Αυτό στηρίζεται στο γεγονός ότι οι παραμορφώσεις του εδάφους συσχετίζονται περισσότερο χρονικά και λιγότερο χωρικά ενώ οι ατμοσφαιρικοί παράγοντες συσχετίζονται χωρικά αλλά είναι ασύνδετοι χρονικά.

Εντός του αστικού περιβάλλοντος υπάρχει μεγάλος αριθμός σημείων PS πολλαπλής σκέδασης τα οποία είναι απαραίτητο να απομακρυνθούν και να χρησιμοποιηθούν μόνο τα σημεία μονής σκέδασης. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κατάλληλες τομογραφικές μέθοδοι. (*Balz et al. 2012*)

Ως αποτέλεσμα η μέθοδος δίνει μετακινήσεις υψηλότερης ακρίβειας από εκείνη της συμβατικής συμβολομετρίας. Γενικά το αποτέλεσμα βασίζεται σε πολλές παρατηρήσεις. Η ακρίβεια της μέσης καθίζησης μια περιοχής η οποία βασίζεται σε περισσότερες από 50 εικόνες σε διάστημα 5 ετών μπορεί να φτάσει και κάτω από το 1mm/έτος. (*Werner et al. 2016*)

Ωστόσο η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει και κάποιους περιορισμούς. Ο πιο σημαντικός είναι η επίδραση της ατμόσφαιρας (ιδίως της τροπόσφαιρας και της ιονόσφαιρας) κατά τα διαδοχικά περάσματα του δορυφόρου. Είναι γενικά γνωστό ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα καθυστερούν όταν ταξιδεύουν διαμέσου της τροπόσφαιρας. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί συχνά σφάλματα



### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

---

στις μετρήσεις κατά τα επαναλαμβανόμενα περάσματα του δορυφόρου. Για παράδειγμα μια μεταβολή της υγρασίας στην τροπόσφαιρα κατά 20% μπορεί να δώσει σφάλματα στις μετρήσεις των μετακινήσεων του φλοιού κατά 10-14 cm. (*Zebker et al. 1997*)

### 4. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΤΤΙΚΗΣ

#### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το Λεκανοπέδιο των Αθηνών βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της Αττικής και έχει μήκος περίπου 22 Km από ΒΑ προς τα ΝΔ και πλάτος 11 Km εγκάρσιως. Αποτελείται από ένα μεγάλο βύθισμα γενικής διεύθυνσης ΒΒΑ–ΝΝΔ, που οριοθετείται από τα όρη Πάρνηθα προς τα ΒΒΔ, Πεντέλη προς τα ΒΑ, Υμηττό προς τα ανατολικά και Αιγάλεω και Ποικίλο προς τα δυτικά, ενώ προς τα ΝΔ ανοίγεται στον Σαρωνικό Κόλπο. Στο εσωτερικό του Λεκανοπεδίου και κατά μήκος του κεντρικού του άξονα αναπτύσσεται μια σειρά από λόφους όπως: Τουρκοβούνια, Λυκαβηττός, Στρέφη, Ακρόπολη, Φιλοπάππου, Αρδηττός, Ζωοδόχος Πηγή και άλλοι μικρότεροι. Λόγω της θέσης των πέντε κυρίων ορεινών όγκων (Πάρνηθα, Πεντέλη, Υμηττός, Αιγάλεω και Ποικίλο Όρος) τα οποία σχηματίζουν την χαρακτηριστική πεταλοειδή μορφή, το κύριο άνοιγμα του λεκανοπεδίου είναι μόνο προς το νότο και τον Σαρωνικό κόλπο.

#### 4.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ

Οι σχηματισμοί που λαμβάνουν μέρος στην γεωλογική δομή του λεκανοπεδίου διακρίνονται σε αλπικούς και μεταλπικούς. Οι μεταλπικοί σχηματισμοί διακρίνονται σε σχηματισμούς του Νεογενούς και σε σχηματισμούς του Τεταρτογενούς. Οι νεογενείς σχηματισμοί έχουν διαιρεθεί σε ηπειρωτικούς και σε θαλάσσιους οι οποίοι εντοπίζονται στις νότιες περιοχές του λεκανοπεδίου. (Παπανικολάου κ.α. 2004) (Εικόνα 4.2)

Επί των Νεογενών σχηματισμών επικάθονται Τεταρτογενείς αποθέσεις στις οποίες συμμετέχουν και τα φερτά υλικά των ποταμών του λεκανοπεδίου, οι παράκτιες αποθέσεις, οι ποτάμιες αναβαθμίδες κλπ. (Εικόνα 4.1).



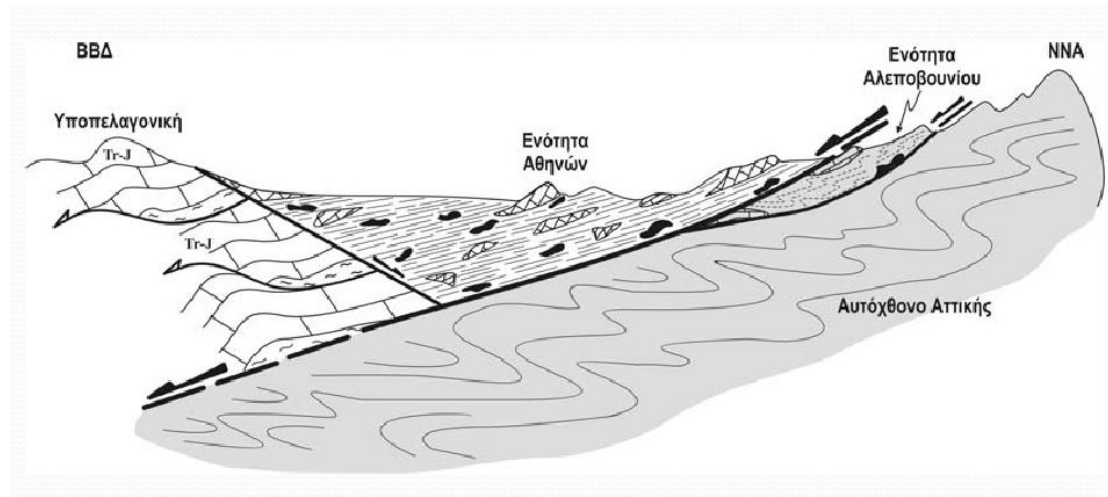
Εικόνα 4.1 Ποτάμιες αναβαθμίδες

Στους θαλάσσιους Νεογενείς σχηματισμούς εντοπίζονται ΑνωΜειοκαινικοί σχηματισμοί οι οποίοι περιλαμβάνουν δύο διακριτές λιθολογικές ενότητες, μία υποκείμενη κλαστική σειρά και υπερκείμενους ανθρακικούς σχηματισμούς.

Οι σχηματισμοί της κλαστικής σειράς εκτείνονται από το Παλαιό Φάληρο μέχρι τον Άλιμο και περιλαμβάνουν εναλλαγές όπως αργίλους και ιλύες, μάργες, κροκαλοπαγή, λατυποπαγή με αμμώδες συνδετικό υλικό κλπ. Το πάχος τους είναι της τάξης αρκετών δεκάδων μέτρων.

Οι ανθρακικοί ΑνωΜειοκαινικοί σχηματισμοί συνήθως υπέρκεινται των κλαστικών. Πρόκειται για πετρώματα διαφόρων φάσεων και χαρακτήρα και εντοπίζονται κυρίως στις κορυφές των λόφων (Παπανικολάου κ.α. 2004)





Εικόνα 4.3 Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής των Αθηνών

#### 4.2.1 Αλπικοί Σχηματισμοί

Τα αλπικά πετρώματα ανατολικά της τεκτονικής ζώνης ανήκουν στην ενότητα του μεταμορφωμένου Αυτόχθονου συστήματος της Αττικής, ενώ αυτά στα δυτικά της τεκτονικής ζώνης ανήκουν στην ενότητα της Υποπελαγονικής (Παπανικολάου 2002).

Η Αυτόχθονη Ενότητα Αλμυροποτάμου – Αττικής αναπτύσσεται στην Α-ΒΑ Αττική και δομεί τους ορεινούς όγκους Πεντέλης – Υμηττού και τα άλλα όρη που βρίσκονται ανατολικότερα. Περιλαμβάνει τις επιμέρους ενότητες:

- Την μεταμορφωμένη ενότητα της Βάρης. Περιλαμβάνει σχιστόλιθους και μεταβασικά πετρώματα στην βάση που με τυπική μετάβαση περνούν σε μια παχιά ακολουθία από δολομιτικά μάρμαρα.
- Την υπερκείμενη μεταμορφωμένη ενότητα Υμηττού η οποία περιλαμβάνει μια ακολουθία από μάρμαρα και δολομίτες που με μετάβαση περνάει σε σχιστόλιθους
- Την μεταμορφωμένη ενότητα Πεντέλης που περιλαμβάνει μια μετα-ηφαιστειοζηματογενή ακολουθία που με μετάβαση περνάει σε μια παχιά ακολουθία από μάρμαρα.

Το Αλλόχθονο σύστημα του λεκανοπεδίου εμφανίζεται στο κεντρικό και δυτικό τμήμα είναι υπερκείμενο τεκτονικά της Υποπελαγονικής Ενότητας και περιλαμβάνει τους Σχιστόλιθους των Αθηνών (Μαρίνος κ. α. 1971,1974). Με βάση τη λιθολογική σύσταση, την παραμόρφωση και το βαθμό μεταμόρφωσης διακρίνονται σε δύο ενότητες:

- Την υπερκείμενη ουσιαστικά αμεταμόρφωτη Ενότητα Αθηνών
- Την υποκείμενη ελαφρά μεταμορφωμένη Ενότητα Αλεποβουνίου

Η Ενότητα των Αθηνών εμφανίζεται στο κεντρικό και δυτικό τμήμα του Λεκανοπεδίου υπερκείμενη τεκτονικά της Υποπελαγονικής Ενότητας (δυτικά) και της Ενότητας Αλεποβουνίου (ανατολικά) και περιλαμβάνει δύο βασικά λιθολογικά συστήματα.

Το πρώτο συνίσταται από λευκούς συμπαγείς ανακρυσταλλωμένους ως επί το πλείστον ασβεστόλιθους ενώ το δεύτερο αντιστοιχεί σε ένα σύνθετο πετρολογικό σύνολο-μείγμα πετρωμάτων στο οποίο περιλαμβάνονται κλαστικά ιζήματα, όπως ψαμμίτες, άργιλοι, ψαμμούχες μάργες κλπ.

Η εσωτερική γεωμετρία της Ενότητας Αθηνών αποκαλύπτεται σε παλαιά λατομεία όπως εκείνο της Κηπούπολης – Άσπρων χωμάτων (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4 Παλαιά λατομεία Κηπούπολης – Άσπρων Χωμάτων. Η εσωτερική χασοτική δομή της Ενότητας Αθηνών με συνύπαρξη πελαγικών σχιστών, ψαμμιτών (Sch A) και νηριτικών ασβεστόλιθων του Άνω Κρητιδικού (CA1 ανοικτόχρωμοι, CA2 σκουρόχρωμοι). (Παπανικολάου κα. 2004)

Η Ενότητα Αλεποβουνίου εντοπίζεται μόνο στο ανατολικό περιθώριο του Λεκανοπεδίου και είναι τεκτονικά σφηνωμένη μεταξύ της υπερκείμενης Ενότητας Αθηνών και των υποκείμενων μεταμορφωμένων πετρωμάτων του Υμηττού. Διακρίνονται δύο κύρια λιθολογικά σύνολα εκ των οποίων το ένα υπέρκειται τεκτονικά επί του άλλου σχηματίζοντας δύο ξεχωριστά τεκτονικά καλύμματα

- Το ανώτερο τεκτονικό κάλυμμα το οποίο περιλαμβάνει συμπαγείς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους
- Το κατώτερο τεκτονικό κάλυμμα το οποίο αποτελείται κυρίως από φυλλίτες και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους εντός των οποίων



παρεμβάλλονται τεφροί ή καστανοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι καθώς και πλακώδεις ερυθροί ή κιτρινωποί μικροκοκκώδεις χαλαζίτες.

##### 4.2.2 Μεταλπικοί Σχηματισμοί

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί διακρίνονται σε σχηματισμούς του Νεογενούς και σε σχηματισμούς του Τερτατογενούς. Βάσει της φάσης τους αλλά και της γεωγραφικής τους κατανομής οι νεογενείς σχηματισμοί έχουν διαιρεθεί (Παπανικολάου κ.α. 2004) σε:

- Θαλάσσιους οι οποίοι περιλαμβάνουν αμιγώς θαλάσσιες αλλά και παράκτιες φάσεις και εντοπίζονται στα νότια του Λεκανοπεδίου Αθηνών. Περιλαμβάνουν Πλειοκαινικούς θαλάσσιους σχηματισμούς όπως ψαμμίτες, μαργαϊκοί ψαμμίτες, λατυποπαγή, ασβεστόλιθοι και Άνω Μειοκαινικούς σχηματισμούς όπου συναντώνται άργιλοι και ιλύες.
- Σε ηπειρωτικούς οι οποίοι περιλαμβάνουν λιμναίες έως λιμνοχερσαίες αποθέσεις οι οποίες κατά θέσεις περιέχουν απολιθώματα της Πικερμιδικής πανίδας και εντοπίζονται στα βόρεια του Λεκανοπεδίου. Περιλαμβάνουν Πλειοκαινικούς ηπειρωτικούς σχηματισμούς όπως άμμοι και άργιλοι οι οποίοι υπέρκεινται των Άνω Μειοκαινικών ηπειρωτικών σχηματισμών όπως μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, αμμούχες μάργες, ερυθρές άργιλοι και λατυποπαγή.

##### 4.3 ΚΗΦΙΣΟΣ ΚΑΙ ΙΛΙΣΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ

Η ευνοϊκή μορφολογία του εδάφους στο λεκανοπέδιο των Αθηνών και οι φυσικές πηγές νερού συνέβαλαν στον σχηματισμό ενός μεγάλου αριθμού ρεμάτων με μεγαλύτερα εκείνα του Κηφισού και του Ιλισού. Τα δύο αυτά σημαντικά ποτάμια των Αθηνών είχαν της εκβολές τους στην περιοχή του Φαλήρου.

Μέχρι περίπου και το πρώτο τέταρτο του 19<sup>ου</sup> αιώνα οι όχθες των δύο ποταμών διατηρούσαν τον φυσικό τους χαρακτήρα. Με την αστικοποίηση όμως του λεκανοπεδίου το υδρογραφικό δίκτυο καταστράφηκε και η έλλειψη αντιπλημμυρικού σχεδιασμού προκαλεί ακόμη και σήμερα πολλά προβλήματα κατά την διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων.

Ο Κηφισός πηγάζει κυρίως από την Πάρνηθα και την Πεντέλη και μέχρι και την Μεταμόρφωση διατηρεί μέρος του φυσικού του χαρακτήρα. Κατόπιν

υπογειοποιείται μέχρι και την εκβολή του στην περιοχή του Φαλήρου. Συλλέγει ύδατα και από άλλες περιοχές όπως το όρος Αιγάλεω, μέρος του Υμηττού, τον Λυκαβητό, την Ακρόπολη κλπ. Το μήκος του κυρίου κλάδου του είναι περίπου 21.5 χιλιόμετρα από την αρχή του που βρίσκεται στο Κρουονέρι μέχρι και την εκβολή του στην θάλασσα στην περιοχή του Ν. Φαλήρου. Μαζί με τους παραχειμάρους του, αθροιστικά, το μήκος του υπερβαίνει τα 150 χιλιόμετρα. (Εικόνα 4.5)

Η πρώτη επέμβαση στην φυσική κοίτη του Κηφισού έλαβε χώρα στα τέλη του 1899 με αρχές του 1900. Αφορμή αποτέλεσαν οι ισχυρές πλημμύρες της εποχής. Ο ποταμός διευθετήθηκε τότε για 1 Km περίπου από τις εκβολές του έως της οδό Πειραιώς.

Επόμενη επέμβαση πραγματοποιήθηκε το 1936 λόγω των πλημμυρών του μεσοπολέμου όπου έγιναν έργα διευθέτησης και εκβάθυνσης της κοίτης του σε μήκος περίπου 10 Km από την οδό Λένορμαν έως και το Νέο Φάληρο.

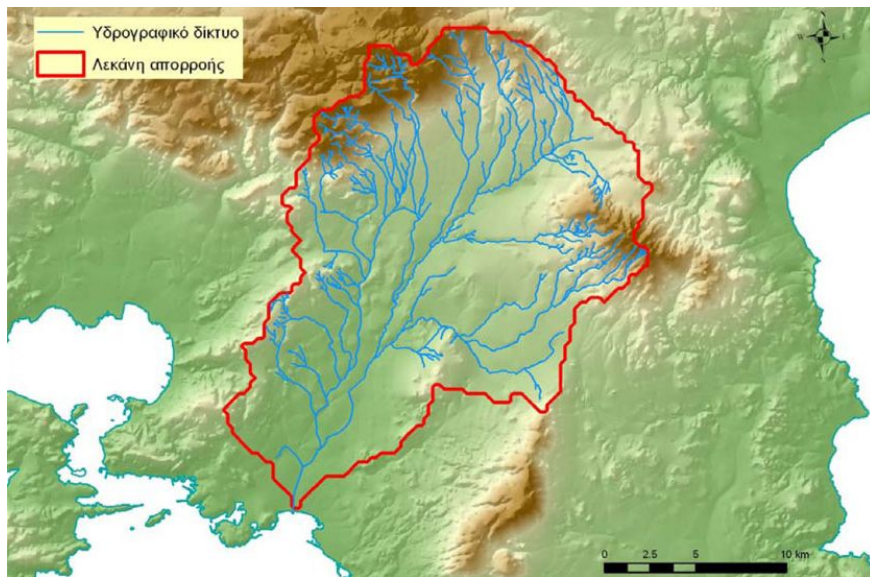
Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 γίνονται μελέτες αναδιευθέτησης του Κηφισού από το ρέμα των Αχαρνών μέχρι και την εκβολή του. Βάσει αυτών των μελετών έχουν κατασκευαστεί διάφορα έργα.

Ο Ιλισός θεωρούνταν ιερός από τους αρχαίους Έλληνες οι οποίοι διατηρούσαν πολλούς βωμούς στις όχθες τους. Ο Ιλισός πήγαζε από την βορειοδυτική πλαγιά του Υμηττού, έρεε δίπλα στον λόγο του Αρδηττού και στην συνέχεια συναντούσε τον Κηφισό στα νοτιοανατολικά περνώντας έξω από τα τείχη στα νότια της πόλης. (Εικόνα 4.7)

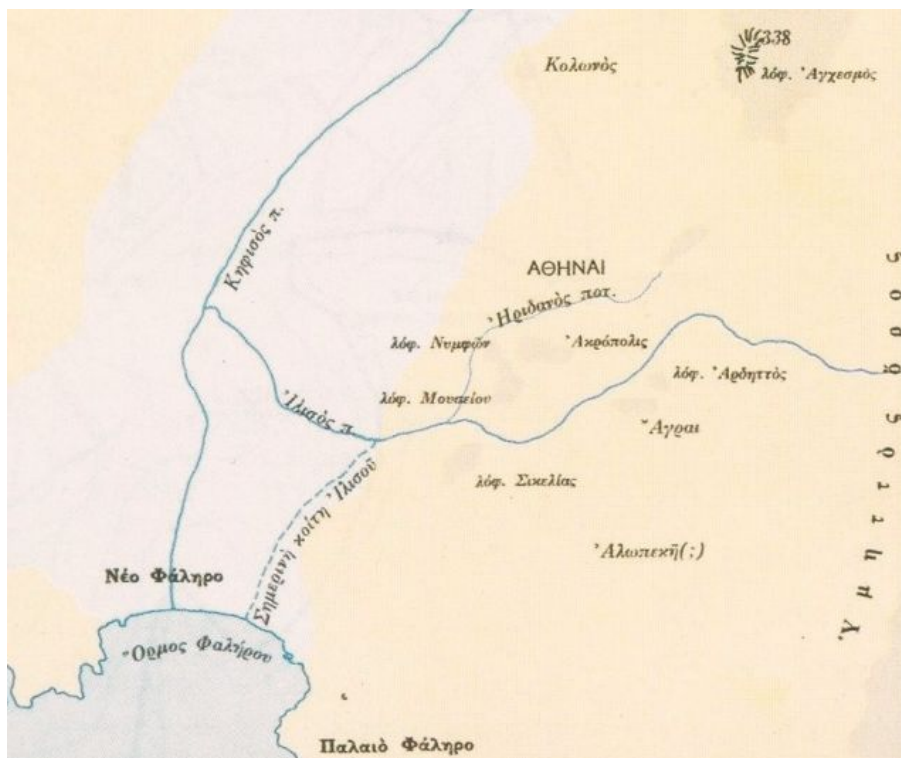
Ο Ιλισός δεν εξέβαλε στην θάλασσα μέχρι και το 1939 όπου ξεκίνησαν έργα κάλυψης του και τα οποία ολοκληρώθηκαν το 1962. Έκτοτε κατασκευάστηκε τεχνητή κοίτη και το ποτάμι εκβάλλει στην θάλασσα στην περιοχή μεταξύ Μοσχάτου και Τζιτζιφιές (Εικόνα 4.6). Είναι επίσης αποδέκτης πολλών συμβαλλόντων κλάδων με την μορφή κλειστών αγωγών οι οποίοι αποχετεύουν αστικές παράπλευρες περιοχές.



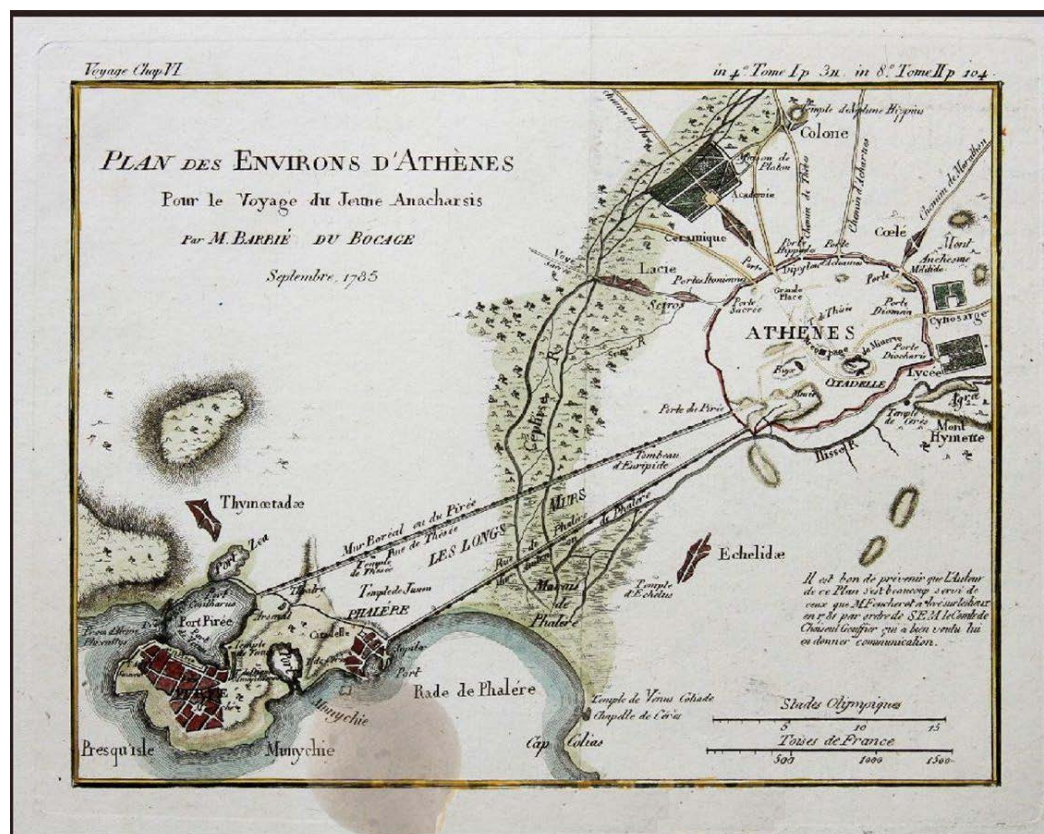
#### 4. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΤΤΙΚΗΣ



Εικόνα 4.5 Υδρογραφικό δίκτυο Κηφισού. (ΥΠΕΧΩΔΕ 2010)



Εικόνα 4.6 Παλαιά και νέα κοίτη του Ιλισού (urbanspeleology.com)



Εικόνα 4.7 Χάρτης Κηφισού και Ιλισού (geographicus.com)

#### 4.4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ποταμός με την έννοια της συνεχούς ροής δεν υπάρχει στο λεκανοπέδιο. Τα υδρογραφικά δίκτυα και οι λεκάνες απορροής της περιοχής είναι αυτές του Κηφισού και του Ιλισού με συνολική έκταση 430 Km<sup>2</sup>

Η Λεκάνη απορροής του Κηφισού ποταμού καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του Λεκανοπεδίου της Αθήνας. Ο υδροκρίτης της αναπτύσσεται κατά μήκος των κορυφογραμμών του Αιγάλεω, της Πάρνηθας, της Πεντέλης και εν μέρει του Υμηττού καθώς και των λόφων της περιοχής Τουρκοβουνίων, Λυκαβηττού, Ακρόπολης κλπ. Η λεκάνη έχει συνολική επιφάνεια 381.1 Km<sup>2</sup> με μόνο το 40% να καλύπτεται από φυσικές λεκάνες και το υπόλοιπο να είναι αστικοποιημένο.

Αντίστοιχα ο Ιλισός ποταμός έχει λεκάνη απορροής εκτάσεως 48.3 Km<sup>2</sup> και αναπτύσσεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του Λεκανοπεδίου. Από την

επιφάνεια αυτή έχει υποστεί αστικοποίηση ένα ποσοστό άνω του 60%.  
(*Βαχαβιώλος, 2011*)

Το υπόγειο υδατικό δυναμικό της λεκάνης του Κηφισού είναι περιορισμένο. Μεγάλο μέρος της λεκάνης καλύπτεται από πετρώματα αδιαπέρατα η μικρής περατότητας. Οι υδροφορείς αναφέρονται κυρίως στα ασβεστολιθικά πετρώματα ή στο ευρύ αλλουβιακό πεδίο προσχώσεων του ποταμού. Ο Αθηναϊκός σχιστόλιθος, το υπόβαθρο της κατεξοχήν πόλης των Αθηνών, είναι ένα σύστημα ετερογενές μικρής έως πολύ μικρής συνολικά περατότητας, με αραιούς όμως διακριτούς άξονες εκλεκτικής υπόγειας κυκλοφορίας νερού που αν και δεν έχουν ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον μπορούν να δημιουργούν θέματα γεωτεχνικού χαρακτήρα στις κατασκευές. (*Μαρίνος, 1971*)

Οι κώνοι κορημάτων που αναπτύσσονται στις εξόδους των χειμάρρων είναι μικρής έκτασης και πάχους και έχουν φτωχή τροφοδοσία λόγω ελαχίστων επιφανειακών απορροών από τα γύρω ασβεστολιθικά βουνά. Λόγω της οικιστικής ανάπτυξης η τροφοδοσία από τις απ' ευθείας κατεισδύσεις των βροχών και τις διηθήσεις των χειμάρρων και υδατορευμάτων, έχει ελαττωθεί σημαντικά. (*Μερτήρη, 2008*)



### 5. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΛΗΡΟΥ-ΜΟΣΧΑΤΟΥ

#### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η υπό εξέταση περιοχή βρίσκεται βορειανατολικά του Σταδίου Ειρήνης και Φιλίας και ορίζεται δυτικά από τον Κηφισό ποταμό, Ανατολικά από τον Ιλισό ποταμό και βορείως από την οδό Θεσσαλονίκης. (Εικόνα 5.1)



Εικόνα 5.1 Περιοχή μελέτης (κόκκινο περίγραμμα)

#### 5.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΦΑΛΗΡΟΥ

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής του Φαλήρου αποτελείται από “σύγχρονες” αποθέσεις (ηλικίας Ολόκαινου) πλημμυρικών παροχών κυρίως του ποταμού Κηφισού και δομείται από αλλούβια υλικά, τα οποία συνίστανται από αργίλους, άμμους, χαλίκια, καθώς και μίγματα αυτών. Από την παραλία μέχρι την αγορά του Ρέντη το υπόβαθρο παρουσιάζει σχετική ομοιομορφία. (Σαμπατακάκης, 1990).

Μέχρι και την δεκαετία του 1940 το Φαληρικό Δέλτα διατηρεί σχεδόν στην ολότητα του την φυσική ακτογραμμή του. Ο Κηφισός εκβάλλει από την αρχαιότητα ενώ ο Ιλισός από το 1939 περίπου. Στην αρχή της δεκαετίας του '70 η παραλία διαμορφώθηκε σε όλο το μήκος της με επιχωματώσεις και δημιουργήθηκε η υπερυψωμένη παραλιακή λεωφόρος Ποσειδώνος η οποία

κατήργησε και την άλλοτε αμμώδη παραλία. (Θεοδοσόπουλος, 2016) (Εικόνα 5.2). Από στοιχεία γεωτρήσεων το πάχος των επιχωματώσεων επί της λεωφόρου Ποσειδώνος κυμαίνεται από 3.0 έως 4.0 m.



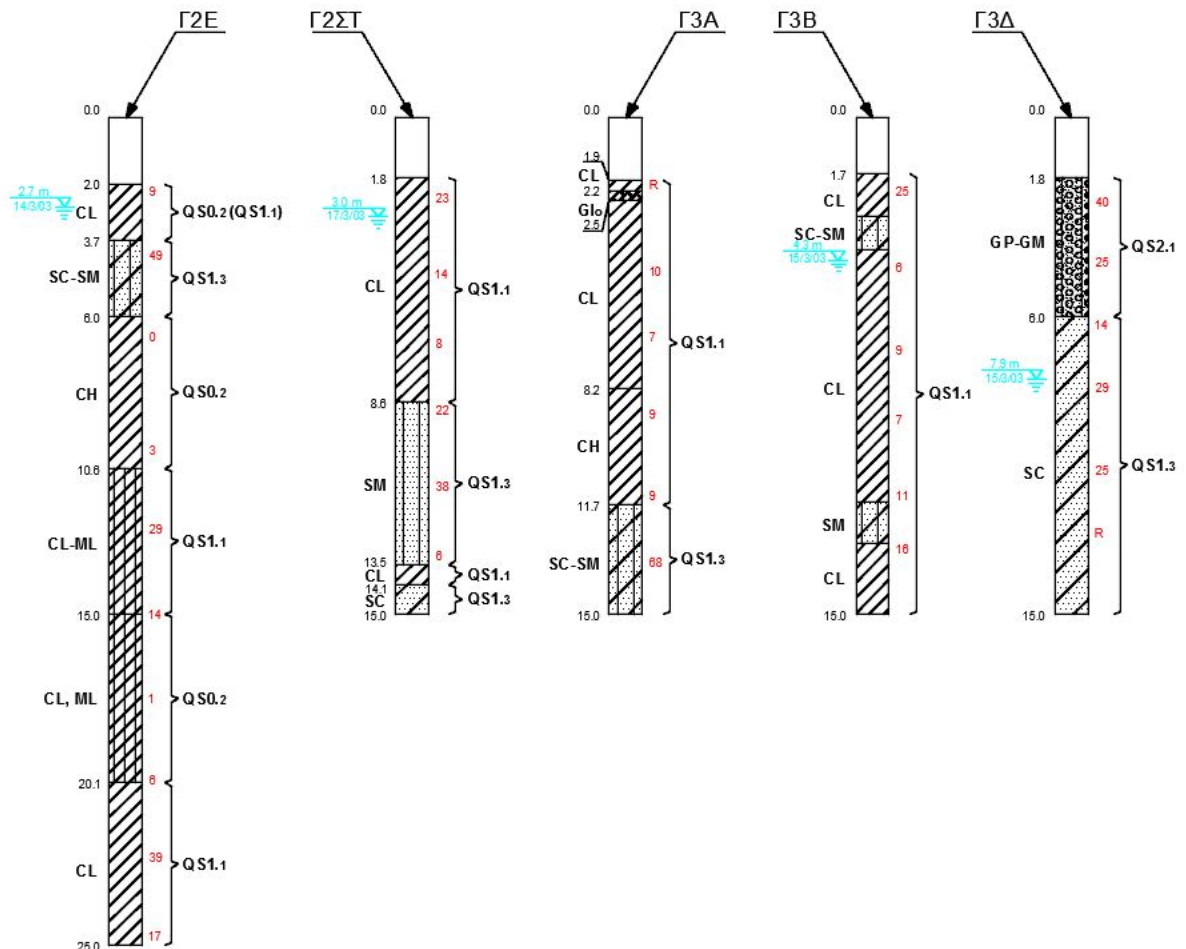
Εικόνα 5.2 Παλαιά και νέα ακτογραμμή Φαλήρου ([geomythiki.blogspot.gr](http://geomythiki.blogspot.gr))

Σύμφωνα με γεωτεχνικές έρευνες που έχουν γίνει στην περιοχή από το Κ.Ε.Δ.Ε (Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων) του Υ.Π.Ε.Κ.Α αλλά και από τον Η.Σ.Α.Π (Ηλεκτρικοί Σιδηρόδρομοι Αθηνών-Πειραιώς) στα πλαίσια της αναβάθμισης της σιδηροδρομικής γραμμής (τμήμα Πειραιάς – Καλλιθέα), αρχικά και μέχρι το βάθος των 8 μέτρων περίπου συναντάται καστανή αμμώδης άργιλος με οργανικές προσμίξεις ενώ στην συνέχεια και μέχρι το βάθος των 15 μέτρων το έδαφος συνίσταται από εναλλασσόμενες στρώσεις τεφρής αργίλου υψηλής πλαστικότητας και ιλυώδους άμμου-αμμώδους ιλύος. Σε βάθη μεταξύ 15-30 μέτρων συναντώνται κυρίως αργιλώδη αμμοχάλικα. Σε βάθη μεγαλύτερα των 30 μέτρων εντοπίζονται κροκαλοπαγή ή μαργαϊκά στρώματα εναλλασσόμενα με μαργαϊκούς ψαμμίτες και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Κατά USCS ταξινομούνται σαν άργιλοι μέσης και υψηλής πλαστικότητας (κυρίως CL και τοπικά CH), ιλυάργιλοι (CL-ML), ιλυώδης άμμοι (SC-SM) και ιλύες (ML) (Γεωργόπουλος, 1993). Σπανίως συναντώνται αμμοχάλικα ή (ημι) βραχώδης σχηματισμοί (Λατυποκροκαλοπαγή, Μάργες, Μαργαϊκοί Ασβεστόλιθοι). Επίσης συχνά παρουσιάζονται οργανική ύλη και μικροαπολιθώματα, κατά τόπους σε υψηλά ποσοστά, καθώς και φυτικά υπόλοιπα εδαφικά υλικά που σε συνδυασμό με την υπάρχουσα αμμοίλυ καταδεικνύουν την ύπαρξη θάλασσας ή λιμνοθάλασσας κατά τους



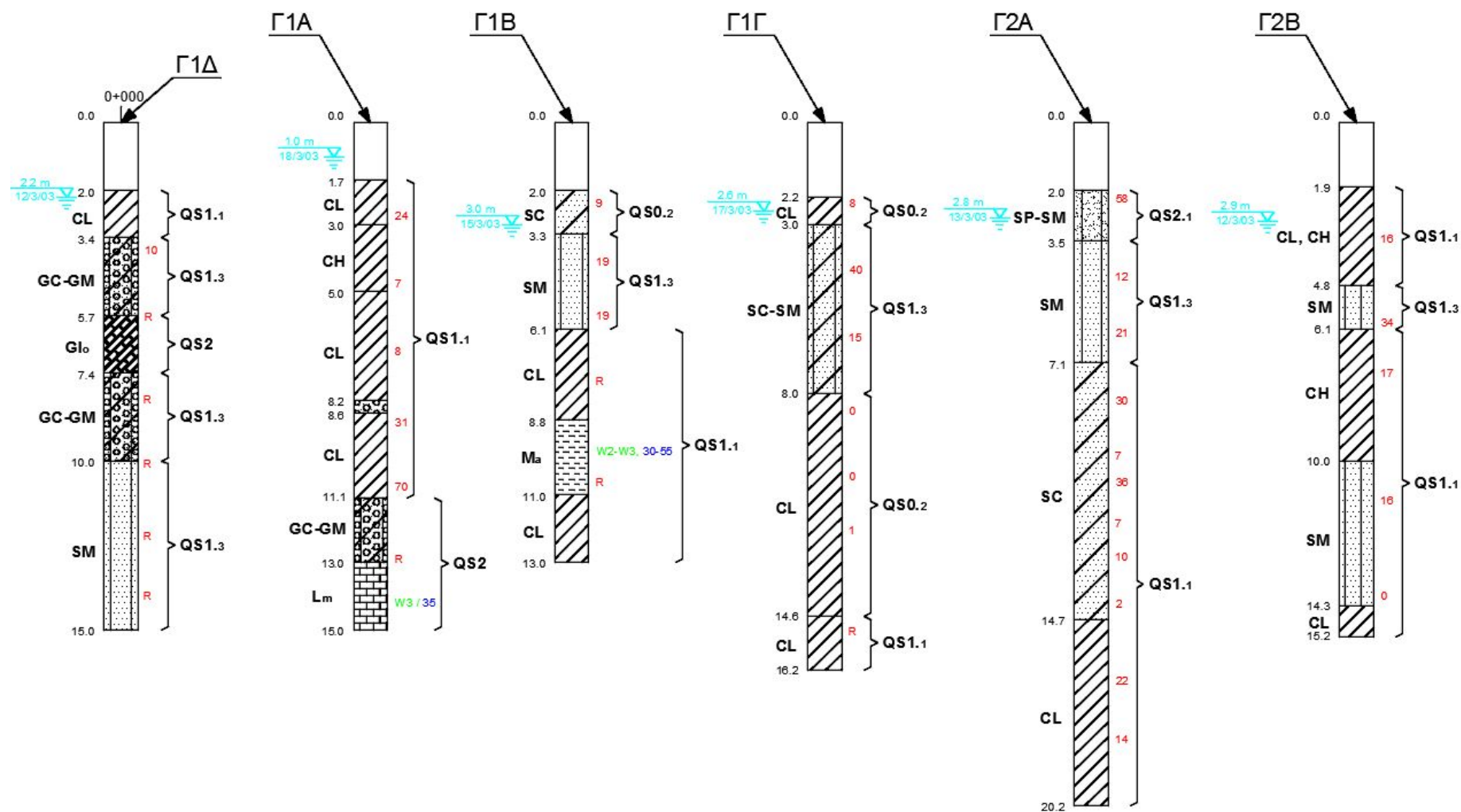
## 5. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΛΗΡΟΥ-ΜΟΣΧΑΤΟΥ

πρόσφατους ιστορικούς χρόνους. Το σύνηθες βάθος των οργανικών υλικών είναι μεταξύ 6.0 μ και 12.0 μ.



Εικόνα 5.3 Γεωλογικές τομές στην περιοχή μελέτης (Γεωτεχνική έρευνα και μελέτη ανακατασκευής υποστρώματος και στρώσης διαμόρφωσης σιδηροδρομικής γραμμής δικτύου ΗΣΑΠ)

## 5. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΛΗΡΟΥ-ΜΟΣΧΑΤΟΥ



Εικόνα 5.4 Γεωλογικές τομές στην περιοχή μελέτης (Γεωτεχνική έρευνα και μελέτη ανακατασκευής υποστρώματος και στρώσης διαμόρφωσης σιδηροδρομικής γραμμής δικτύου ΗΣΑΠ)

## 5. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΛΗΡΟΥ-ΜΟΣΧΑΤΟΥ

Πίνακας 5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών εδάφους (ΗΣΑΠ)

		αμμώδης άργιλος			ιλύδης άμμος			Αμμοχάλικα		
		min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή	min	max	μέση τιμή
<b>Φυσικές παράμετροι</b>	% Λίθοι D>3"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	% Χάλικες 3"<D<5mm	0	13	1,57	0	34	17,21	40	66	53
	% Άμμος 5mm<D<0.075mm	0	45	19,79	40	74	50,74	34	39	36,5
	% Ιλύς 0.075mm<D<0.002mm	36	70	51,64	8	39	23,63	10	21	15,5
	% Άργιλος D<0.002 mm	15	56	29	8	39	18,21	10	21	15,5
	Φυσική υγρασία (w%)	6,6	55,5	26,94	2,6	33,3	13,55	3,3	4	3,65
	ειδικό βάρος (t/m <sup>3</sup> )	2,49	2,67	2,55	2,58	2,58	2,58			
	ξηρό φαινόμενο βάρος (KN/m <sup>3</sup> )	10,7	18,8	15,69	14,8	22,4	18,28			
	Δείκτης κενών (e)	0,39	1,46	0,7	0,17	0,71	0,45			
	LL (%)	21,2	57,5	36,53	Μη πλαστικό	39,7	23,41	Μη πλαστικό	Μη πλαστικό	Μη πλαστικό
	PL(%)	12,9	27,8	19,73	Μη πλαστικό	19,4	14,47	Μη πλαστικό	Μη πλαστικό	Μη πλαστικό
	PI (%)	2,1	33	16,87	Μη πλαστικό	23,3	9,49	Μη πλαστικό	Μη πλαστικό	Μη πλαστικό
<b>Μηχανικές παράμετροι</b>										
	Αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη (qu) Kpa	35	399	172	36	353	213,33			
Δοκιμή στερεοποίησης	Δείκτης συμπίεσης Cc	0,09	0,32	0,8	0,11	0,11	0,11			
	μέτρο Ελαστικότητας (Mpa)	1,2	20,4	8,32	1,7	17,5	9.6			
Δοκιμή διάτμησης (CD)	συνοχή c' (Kpa)	1	49	10,28	8,5	31	19,75			
	γωνία τριβής φ'(°)	3	31	23,14	26	28	27			
Τριαξονικές δοκιμές CUPP	ολική γωνία τριβής φ°	14	29	19,67						
	δρώσα γωνία τριβής φ'(°)	17	31	23,67	31	31	31			
	ολική συνοχή c (Kpa)	26	30	27,67						
	δρώσα συνοχή c' (Kpa)	23	34	27,33	25	25	25			



## 5. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΛΗΡΟΥ-ΜΟΣΧΑΤΟΥ

---

Από την επεξεργασία των δεδομένων των γεωτρήσεων ακόμη και τα υλικά που χαρακτηρίζονται ως άμμοι ή αμμοχάλικα (SC, SM κλπ.) παρουσιάζουν σχετικά μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκων 30-40% διερχόμενο από το Νο.200.

Για την αμμώδη άργιλο ισχύει:

Η φυσική υγρασία κυμαίνεται από  $w=6.6\%$  έως  $w=55.5\%$

Τα όρια Atterberg κυμαίνονται ως εξής: Όριο Υδαρότητας,  $LL= 21.2\%-57.5\%$ , Όριο Πλαστικότητας,  $PL=12.9\%-27.8\%$ , Δείκτης Πλαστικότητας,  $PI=2.1-33\%$ , δηλαδή χαρακτηρίζονται ως υλικά χαμηλής-μέσης πλαστικότητας.

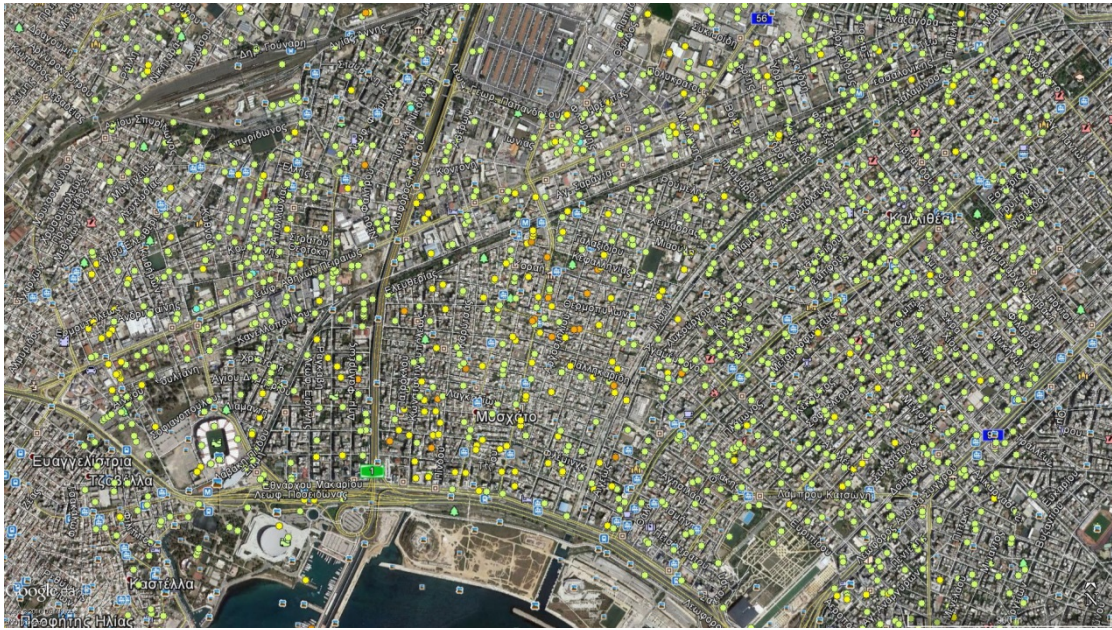
Στην ιλυώδη άμμο η φυσική υγρασία κυμαίνεται από  $w=2.6\%$  έως  $w=33.0\%$ .

Τα όρια Atterberg έχουν ως προς τις μέσες τιμές τους Όριο Υδαρότητας,  $LL= 23.41\%$ , Όριο Πλαστικότητας,  $PL=14.47\%$ , Δείκτης Πλαστικότητας,  $PI=9.49\%$ , δηλαδή χαρακτηρίζονται ως υλικά χαμηλής πλαστικότητας.

Η στάθμη των υπογείων υδάτων στο νοτιότερο σημείο της περιοχής μελέτης, δηλαδή παραπλεύρως της λεωφόρου Ποσειδώνος μετρήθηκε περίπου στα 1.50-3.00 m ενώ βόρεια, κοντά στους σταθμούς ΗΣΑΠ Μοσχάτου – Καλλιθέας μετρήθηκε στα 4.50 – 8.00 m. Από δεδομένα γεωτρήσεων κατά μήκος της οδού Θεσσαλονίκης η οποία έχει Βορειοανατολική διεύθυνση, η στάθμη του υπογείου ορίζοντα είναι ψηλά, κοντά στον Κηφισό και αυξάνεται το βάθος της όσο απομακρυνόμαστε από αυτόν. Το μετρούμενο εύρος μέχρι και την Καλλιθέα είναι 3.00-8.00 μ. (Πίνακας 5.1)

### 5.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

Για την μελέτη του φαινομένου των εδαφικών υποχωρήσεων της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα διαφορικής συμβολομετρίας σταθερών σκεδαστών (Εικόνα 5.5) τα οποία αντλήθηκαν από την ESA (European Space Agency)



Εικόνα 5.5 Δεδομένα PS νοτίως του λεκανοπεδίου

Το ερευνητικό έργο TerraFirma είναι ένα από τα ερευνητικά προγράμματα τα οποία χρηματοδοτούνται από την ESA (European Space Agency) στο πλαίσιο της δράσης GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Το TerraFirma χρησιμοποιεί την τεχνολογία της συμβολομετρίας των σταθερών σκεδαστών προκειμένου να μετρήσει και να εντοπίσει εδαφικές μετακινήσεις του φλοιού της γης. Σκοπός του προγράμματος είναι να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις εδαφικές μετακινήσεις σε κάθε μία από τις 28 χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπως σε γραφεία πολιτικής προστασίας, λιμενικές και σιδηροδρομικές αρχές, υπηρεσίες αυτοκινητοδρόμων κλπ. ([www.eurogeosurveys.org](http://www.eurogeosurveys.org))

Στους αντίστοιχους χάρτες τα σημεία που αντιπροσωπεύουν σταθερούς σκεδαστές έχουν την εξής σήμανση (Εικόνα 5.5)

- Πράσινη για υποχώρηση <1.5 mm/yr
- Κίτρινη για υποχώρηση μεταξύ 1.5-3.0 mm/yr
- Πορτοκαλί για υποχώρηση μεταξύ 3.0-7.0 mm/yr.

#### 5.4 ΑΙΤΙΕΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Στην παράκτια ζώνη Φαλήρου – Μοσχάτου – Καλλιθέας έχουν παρατηρηθεί σημαντικές εδαφικές υποχωρήσεις από τα μέσα τις δεκαετίας του 1960. Η περιοχή που εντοπίζονται βρίσκεται μεταξύ των εκβολών του Κηφισού και του Ιλισού περιοχή η οποία δομείται από χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις των ποταμών. Επίσης έχουν συντελεστεί έντονες μεταβολές των υδρογεωλογικών συνθηκών του υπεδάφους κυρίως με την ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα συνήθως λόγω αντλήσεων νερού από παράνομες γεωτρήσεις που λειτουργούσαν στην περιοχή.

Στις παραπάνω αιτίες προστίθεται και η έντονη αστικοποίηση της περιοχής τις τελευταίες δεκαετίες η οποία επέβαλε πρόσθετες φορτίσεις στο ήδη χαλαρό υπέδαφος με πολυώροφα κτήρια, βιομηχανίες κλπ.

Η εντατικοποίηση των εδαφικών υποχωρήσεων πραγματοποιήθηκε μετά το έτος 2001 όπου και ξεκίνησαν τα έργα εγκιβωτισμού της κοίτης του Κηφισού που οδήγησε στην διακοπή της τροφοδοσίας του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής. (Λουπασάκης, 2013)

Επιπλέον από μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή κατά το παρελθόν διαπιστώθηκε ότι το βάθος της στάθμης των υπογείων νερών βρίσκεται σε αρνητικά υψόμετρα, κατά περιόδους περισσότερο από 10μ κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. (Κουμαντάκης, 1998)

**6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ**

**6.1 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΒΛΑΒΩΝ**

Όπως προαναφέρθηκε οι καθιζήσεις μπορούν να διαχωριστούν σε α) ομοιόμορφες και β) διαφορικές καθιζήσεις.

Ομοιόμορφες είναι εκείνες στις οποίες το έδαφος υποχωρεί ομοιόμορφα και συμπαρασύρει συνολικά το υπερκείμενο έργο. Σε αυτή την περίπτωση οι ρωγμές που δημιουργούνται είναι λίγες, μικρού εύρους και δυσδιάκριτες. Αντίθετα στις διαφορικές καθιζήσεις το έδαφος υποχωρεί ανομοιόμορφα στην κλίμακα κάτοψης του έργου με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλές ρηγματώσεις με διάφορες κλίσεις και κατευθύνσεις.

Η διαφορική καθίζηση εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους, την ακαμψία του έργου και τα δομικά υλικά.

Κατ' επέκταση οι βλάβες που προκύπτουν από διαφορική καθίζηση μπορεί να είναι διαφόρων τύπων όπως:

1. Διεύρυνση αντισεισμικού αρμού μεταξύ των κτηρίων. Παρατηρείται ότι το εύρος των ρωγμών αυξάνεται καθ' ύψος που σημαίνει απόκλιση των κτηρίων από την κατακόρυφο
2. Χιαστί ρωγματώσεις σε μία διεύθυνση. Η διάκριση τους από τις σεισμικές ρωγμές οφείλεται στο γεγονός ότι οι τελευταίες παρουσιάζονται ως δισδιαγώνιες , κάθετες μεταξύ τους λόγω της ανακυκλιζόμενης σεισμικής φόρτισης
3. Καθιζήσεις οδοστρωμάτων (αποκόλληση ασφαλοτάπητα από το κράσπεδο) και καθιζήσεις δαπέδων ακαλύπτων αλλά και πεζοδρομίων.
4. Ρωγματώσεις σε μαντρότοιχους συνήθως κατακόρυφες μεταβλητού εύρους ανάλογα με την πλευρά που υποχωρεί
5. Ρωγματώσεις σε ορατά σημεία του φέροντα οργανισμού (συνήθως δοκοί) σε ελεύθερες στάθμες όπως είναι οι πιλοτή πολυκατοικιών.

## 6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝ΄ΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---

Πραγματοποιήθηκε επιτόπου αυτοψία στην ευρύτερη περιοχή των σημείων που αντιπροσωπεύουν σταθερούς σκεδαστές (ps) με υποχώρηση μεγαλύτερη των 3 mm/yr (πορτοκαλί σήμανση) για την διαπίστωση ορατών βλαβών σε κατασκευές (κτήρια, μαντρότοιχοι κλπ.) και έργα υποδομής όπως οδοποιία, πεζοδρόμια κλπ.

Εξετάστηκαν συνολικά 11 περιοχές (σήμανση Α έως Λ) (Εικόνα 6.1). Κάθε μία περιοχή αντιπροσωπεύει ένα ή δύο σημεία σταθερών σκεδαστών (Εικόνα 6.2). Σε κάθε περιοχή αποτυπώνονται οι θέσεις λήψης των φωτογραφιών με κόκκινο χρώμα και περιγράφονται οι αντίστοιχες βλάβες.

Για τον κάθε έναν από τους σταθερούς σκεδαστές διατίθεται πλήρης χρονοσειρά μετακινήσεων με αποτέλεσμα πέραν της μέσης τιμής των υποχωρήσεων να είναι δυνατός και ο εντοπισμός περιόδων στις οποίες παρατηρήθηκε έξαρση των μετακινήσεων. Παραδείγματα τέτοιων δεδομένων παρουσιάζονται παρακάτω ( Πίνακας 6.1, Πίνακας 6.2, Πίνακας 6.3).

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

Πίνακας 6.1 Δεδομένα μετακινήσεων σταθερών σκεδαστών με τις μεγαλύτερες τιμές, συναρτήσει του χρόνου στις αντίστοιχες θέσεις, (Εικόνα 6.2)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΚΕΔΑΣΤΩΝ (PS)				
ΘΕΣΗ	Λ	A	B	Γ
OID	2599	2370	2104	2594
ID	627669	620365	613636	627498
PS_TYPE	PS	PS	PS	PS
Zone	34	34	34	34
North	4203251,5	4203586	4203913,5	4203227
East	734894	735226,94	735588,5	735082,19
Height	46,51	60,66	59,51	39,92
Defo_mm_ye	-4,96	-5,06	-4,72	-3,55
Coherence	0,69	0,74	0,81	0,75
1459_days	18,51	26,73	18,54	14,11
1424_days	20,86	23,99	17,54	17,11
1389_days	12,66	14,12	16,21	2,37
1354_days	14,54	18,54	20,52	15,32
1319_days	10,98	22,05	15,83	17,15
1284_days	15,69	21,14	18,18	16,52
1249_days	11,08	21,75	15,00	10,99
1109_days	16,21	20,66	13,65	20,03
1039_days	7,26	21,17	12,11	18,03
969_days	14,88	17,75	10,92	19,99
899_days	9,96	9,32	11,56	11,29
386_days	8,37	7,64	6,37	7,73
351_days	7,40	7,48	9,21	9,37
350_days	6,79	5,86	8,74	9,04
315_days	3,28	2,69	4,79	6,34
279_days	6,33	8,15	6,32	6,56
246_days	4,43	9,61	6,58	9,36
141_days	5,79	4,91	4,89	11,33
140_days	8,68	9,74	4,69	10,31
71_days	4,01	2,07	3,75	5,39
1_days	3,94	5,37	3,02	5,49
34_days	1,86	6,51	2,83	6,52
104_days	-5,22	-0,38	-1,82	2,55
139_days	0,91	0,97	-1,29	6,29
174_days	5,52	1,89	2,16	8,28
209_days	-1,82	0,56	-1,30	2,38
279_days	-0,46	1,47	-0,04	2,97
314_days	-2,91	-2,82	-4,40	2,45
559_days	-8,08	-2,02	-16,39	-1,32
804_days	-8,01	-7,97	-8,10	-2,74
944_days	-13,48	-7,48	-10,53	-2,82
1154_days	-16,97	-17,59	-15,15	-9,65
1189_days	-11,66	-27,26	-11,82	0,01
1223_days	-13,57	-15,14	-7,27	-7,41
1224_days	-16,22	-11,38	-11,95	-6,89
1329_days	-22,60	-16,29	-16,33	-12,00
1469_days	-22,04	-23,18	-20,53	-10,92
1645_days	-29,36	-17,63	-23,98	-18,08
1680_days	-29,24	-25,64	-26,93	-14,14



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

Πίνακας 6.2 Δεδομένα μετακινήσεων σταθερών σκεδαστών με τις μεγαλύτερες τιμές, συναρτήσει του χρόνου στις αντίστοιχες θέσεις, (Εικόνα 6.2)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΚΕΔΑΣΤΩΝ (PS)					
ΘΕΣΗ	Δ	Δ	Ε	Ε	Ζ
OID	2186	2184	2187	2181	2238
ID	615567	615426	615584	615380	616956
PS_TYPE	PS	NET	PS	PS	PS
Zone	34	34	34	34	34
North	4203775	4203777,5	4203808	4203817,5	4203836
East	735708,69	735731,38	735519,75	735528,69	734942,44
Height	43,36	55,73	55,22	44,10	54,56
Defo_mm_ye	-4,30	-4,59	-3,24	-3,97	-4,66
Coherence	0,69	0,93	0,70	0,81	0,70
1459_days	17,52	18,42	26,14	12,11	22,18
1424_days	16,11	16,79	24,39	12,71	30,97
1389_days	7,07	12,96	14,01	20,99	3,82
1354_days	12,87	17,25	19,20	21,10	25,73
1319_days	13,26	17,77	21,44	20,65	21,10
1284_days	14,17	18,82	21,62	19,73	21,68
1249_days	16,24	16,86	19,19	9,34	27,67
1109_days	13,16	16,47	18,13	13,06	23,00
1039_days	13,79	14,57	18,26	10,44	24,54
969_days	12,68	15,45	14,63	7,97	10,81
899_days	14,14	12,83	14,76	8,16	12,43
386_days	7,77	6,74	10,87	6,19	4,96
351_days	10,61	5,95	6,86	8,39	3,36
350_days	8,09	4,68	7,03	7,47	1,49
315_days	8,62	5,20	9,22	6,56	4,85
279_days	8,98	6,03	7,04	9,10	3,96
246_days	6,03	4,64	8,77	8,83	5,59
141_days	8,12	2,77	4,55	3,35	5,30
140_days	7,71	4,40	6,92	3,84	3,86
71_days	5,45	2,11	6,05	2,05	2,16
1_days	3,61	2,08	1,70	1,90	3,84
34_days	2,78	1,36	3,18	2,81	3,89
104_days	-4,74	-2,16	0,04	-0,62	1,53
139_days	1,95	-0,18	1,93	-1,22	2,18
174_days	0,27	-1,30	0,11	-2,41	4,62
209_days	-3,77	0,56	6,06	-0,95	-0,29
279_days_1	0,58	0,66	5,90	0,55	0,42
314_days	-3,37	-4,12	-1,16	-3,98	0,04
559_days	-0,96	-6,47	-0,93	-4,65	-0,61
804_days	-8,39	-7,54	-6,41	-6,68	-5,70
944_days	-16,22	-9,03	-4,96	-9,40	-7,04
1154_days	-11,81	-12,76	-0,51	-11,57	-13,35
1189_days	-12,19	-13,89	-6,48	-14,89	-10,99
1223_days	-10,24	-12,20	-23,10	-8,71	-6,71
1224_days	-10,38	-11,93	3,20	-8,60	-9,26
1329_days	-21,69	-16,90	-0,35	-10,79	-11,97
1469_days	-20,20	-19,84	-6,98	-10,70	-15,27
1645_days	-20,61	-20,56	-7,66	-15,45	-17,84
1680_days	-28,50	-24,44	-2,91	-15,32	-21,99

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

Πίνακας 6.3 Δεδομένα μετακινήσεων σταθερών σκεδαστών με τις μεγαλύτερες τιμές, συναρτήσει του χρόνου στις αντίστοιχες θέσεις, (Εικόνα 6.2)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΚΕΔΑΣΤΩΝ (PS)				
ΘΕΣΗ	H	K	Θ	I
OID	2057	2457	1989	2514
ID	612727	623104	610877	624967
PS_TYPE	PS	PS	PS	PS
Zone	34	34	34	34
North	4203938	4203524,5	4204046,5	4203209,5
East	735762,81	734742,5	735808	735911,5
Height	55,31	38,47	47,95	40,05
Defo_mm_ye	-3,38	-3,56	-4,03	-6,51
Coherence	0,74	0,66	0,70	0,61
1459_days	17,29	13,37	20,94	34,08
1424_days	6,13	19,57	17,28	34,01
1389_days	7,20	5,59	13,81	24,00
1354_days	9,98	14,26	19,16	27,84
1319_days	7,54	21,03	19,84	27,52
1284_days	10,85	10,64	19,14	26,48
1249_days	11,18	13,61	14,56	27,80
1109_days	12,72	16,53	16,65	23,95
1039_days	8,70	12,29	13,49	25,32
969_days	13,48	13,53	18,55	21,39
899_days	7,70	7,20	12,06	13,99
386_days	6,80	7,15	11,47	10,06
351_days	11,91	5,55	14,43	7,53
350_days	5,76	8,12	8,86	7,84
315_days	4,56	9,90	7,25	7,21
279_days	6,69	8,41	13,13	5,74
246_days	3,52	6,46	7,75	9,71
141_days	4,74	3,00	6,46	9,34
140_days	5,75	10,06	3,91	8,75
71_days	2,51	1,92	5,05	2,52
1_days	5,19	5,59	3,27	5,60
34_days	0,89	3,77	5,70	4,47
104_days	-1,24	-5,19	1,54	-3,38
139_days	1,99	2,86	6,78	-6,08
174_days	3,42	6,22	5,37	-5,17
209_days	-0,52	1,46	6,77	-8,09
279_days	-4,59	-3,38	2,07	1,77
314_days	-2,35	-6,33	-5,64	-6,26
559_days	-7,40	0,67	-4,59	-4,03
804_days	-3,80	-3,68	0,25	-2,06
944_days	-7,50	-1,87	-6,88	-28,69
1154_days	-11,35	-10,31	-3,57	-13,25
1189_days	-12,32	-9,11	-4,22	-16,87
1223_days	-5,94	-6,34	-2,47	-15,37
1224_days	-10,36	-10,42	-7,85	-16,36
1329_days	-12,52	-2,41	-15,10	-22,01
1469_days	-16,91	-8,43	-3,77	-28,94
1645_days	-16,96	-20,45	-18,84	-20,94
1680_days	-23,39	-21,58	-21,29	-39,49



## 6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝ΄ΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ



Εικόνα 6.1 Γενική άποψη περιοχών επιτόπου αυτοψίας



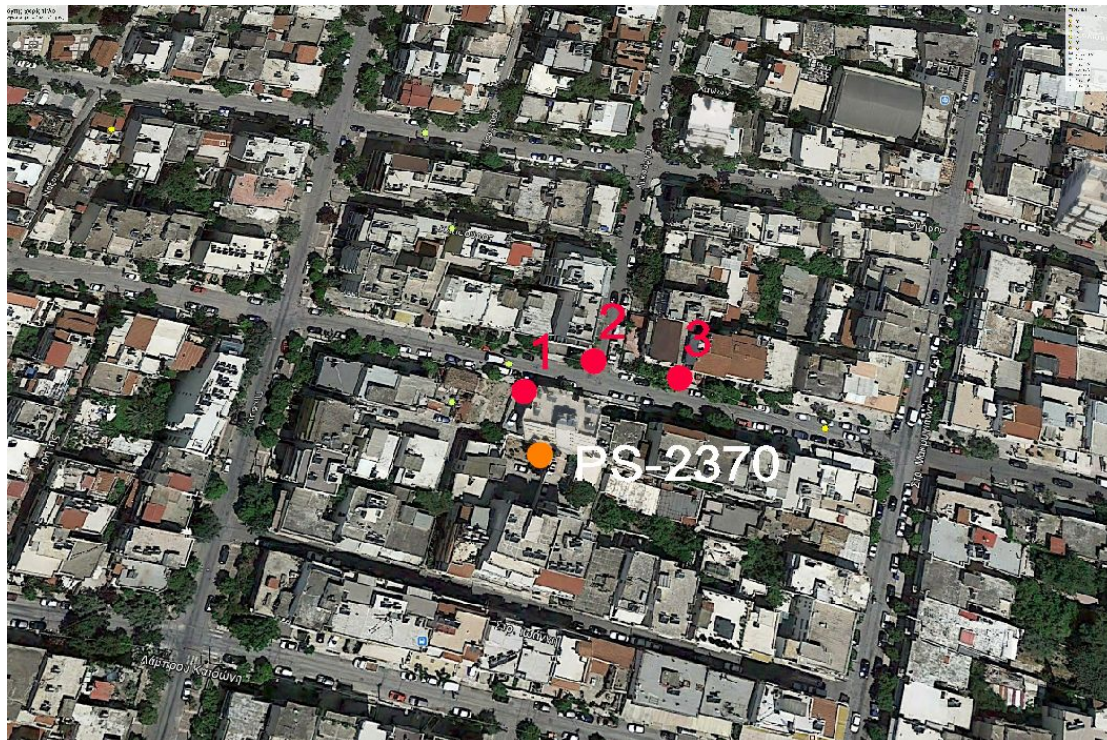
## 6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ



Εικόνα 6.2 Περιοχές αυτοψίας βάσει σημείων συμβολομετρίας σταθερών σκεδαστών.



## 6.2 ΠΕΡΙΟΧΗ Α Οδός Ρήγα Φεραίου (PS-OID 2370)



Εικόνα 6.3 Περιοχή Α, PS-2370

Το σημείο PS-2370 παρουσιάζει μέση μετατόπιση 5.06 mm/yr. Ελέγχθηκαν παρακείμενες κατασκευές και υποδομές για ορατές βλάβες οι οποίες περιλαμβάνουν καθιζήσεις διαμορφώσεων, πεζοδρομίων, οδοστρώματος αλλά και χιαστί ρωγματώσεις σε τοιχοποιία.



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.4..Σημείο 1, Καθίζηση βιομηχανικού δαπέδου ακαλύπτου



Εικόνα 6.5 Σημείο 2, υποχώρηση πεζοδρομίου

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.6 Σημείο 2, Ρωγμάτωση σε μαντρότοιχο



Εικόνα 6.7 Σημείο 3, Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία



### 6.3 ΠΕΡΙΟΧΗ Β Οδός Θερμοπυλών (PS-OID 2104)



Εικόνα 6.8 Περιοχή Β, οδός Θερμοπυλών PS-2104

Το PS-2104 παρουσιάζει μέση κατακόρυφη υποχώρηση 4.72 mm/yr. Οι επακόλουθες βλάβες είναι έντονες τόσο στα κτήρια όσο και στο οδόστρωμα με χαρακτηριστική την ορατή απόκλιση από την κατακόρυφο γωνιακού δώροφου κτηρίου ( Εικόνα 6.9). Ακριβώς απέναντι από το παραπάνω κτήριο φαίνεται η καθίζηση του οδοστρώματος χωρίς να έχει συντελεστεί κάποιο υπόγειο έργο υποδομής πράγμα που δείχνει την ενιαία εδαφική υποχώρηση της περιοχής. (Εικόνα 6.11)



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.9. Σημείο 1, διεύρυνση αντισεισμικού αρμού και χιαστί ρωγμές σε τοιχοποιία. Απόκλιση του κτηρίου από την κατακόρυφο.



Εικόνα 6.10. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.11. Σημείο 2, Καθίζηση οδοστρώματος



#### 6.4 ΠΕΡΙΟΧΗ Γ Οδός Λακωνίας (PS-OID 2594)



Εικόνα 6.12. Περιοχή Δ, Οδός Λακωνίας PS-2594

Το PS-2594 παρουσιάζει μέση κατακόρυφη υποχώρηση 3.95 mm/yr. Οι βλάβες που εντοπίστηκαν κρίνονται λιγότερο έντονες από εκείνες των υπολοίπων περιοχών, ωστόσο είναι χαρακτηριστικές περιπτώσεις διαφορικών καθιζήσεων.

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.13. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία



Εικόνα 6.14 Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.15. Σημείο 2, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία



### 6.5 ΠΕΡΙΟΧΗ Δ Οδός Μεταμορφώσεως (PS-01D 2184, 2186)



Εικόνα 6.16. Περιοχή Δ, οδός Μεταμορφώσεως PS-2184 & 2186

Τα PS-2184 και PS-2186 παρουσιάζουν μέση κατακόρυφη υποχώρηση 4.59 mm/yr και 4.30 mm/yr αντίστοιχα. Στην αρχική έρευνα της περιοχής εντοπίστηκαν μικρές βλάβες μηδαμινής σημασίας οι οποίες δεν αντικατροπτίζουν το μέγεθος μετατόπισης που προκύπτει από τους σταθερούς σκεδαστές. Κατόπιν όμως ενημέρωσης από κάτοικο της περιοχής διαπιστώθηκε ότι το διώροφο κτήριο, ιδιοκτησίας του, που γειτνιάζει με την πολυώροφη πολυκατοικία έχει πάρει έντονη κλίση προς τα αριστερά. (Εικόνα 6.17). Παρόλο που δεν υπάρχουν εμφανή σημάδια ρωγματώσεων, κατά την ανέγερση της όμορης πολυκατοικίας και λόγω της κατασκευής του υπογείου και της συνεχόμενης άντλησης η πολυκατοικία με την σταδιακή αύξηση των μόνιμων φορτίων της παρουσίασε μεγάλες καθιζήσεις οι οποίες παρέσυραν και τα όμορα κτήρια. (περίπτωση ομοιόμορφης καθίζησης).

Σύμφωνα πάντα με την μαρτυρία του ιδιοκτήτη της διώροφης οικοδομής, η ιδιοκτησία του έχει πάρει μεγάλη κλίση και οι καθιζήσεις ήταν τόσο μεγάλες που ο εργολάβος κατασκευής του πολυωρόφου κτηρίου αναγκάστηκε να



## 6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---

αλλάξει τις υδρορροές προς τα ρείθρα της οδού Μεταμορφώσεως λόγω αρνητικών κλίσεων.



Εικόνα 6.17. Σημείο 1, απόκλιση διωρόφου κτηρίου από την κατακόρυφο



Εικόνα 6.18 Σημείο 1, Επαφή διωρόφου με πολυόροφο

### 6.6 ΠΕΡΙΟΧΗ Ε Οδός Μεταμορφώσεως (PS-01D 2181, 2187)



Εικόνα 6.19. Περιοχή Ε, οδός Μεταμορφώσεως PS 2181 & 2187

Τα PS-2181 και PS-2187 παρουσιάζουν μέση κατακόρυφη υποχώρηση 3.97 mm/yr και 3.24 mm/yr αντίστοιχα. Οι βλάβες που εντοπίστηκαν αφορούν διαφορικές καθιζήσεις πεδίων με επακόλουθες ρωγματώσεις στην τοιχοποιία.



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.20, Σημείο 1, Γενική άποψη κτηρίου



Εικόνα 6.21. Σημείο 1, χιαστί ρωγή σε τοιχοποιία

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.22. Σημείο 1, Χιαστί ρωγή (επισκευασμένη) σε τοιχοποιία



Εικόνα 6.23. Σημείο 2, Χιαστί ρωγή σε τοιχοποιία Α' ορόφου

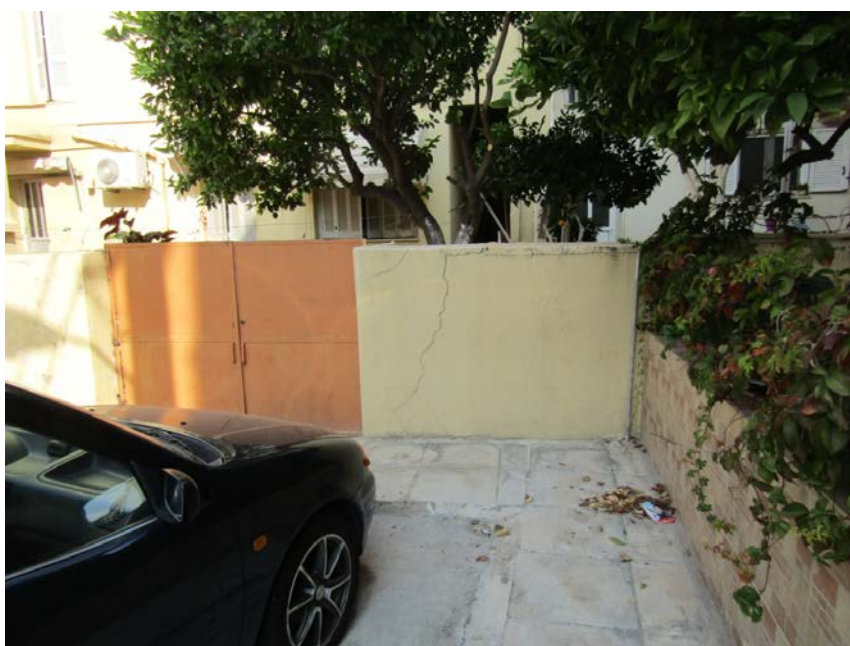


6.7 ΠΕΡΙΟΧΗ Ζ Οδός Τενέδου (PS-OID 2238)



Εικόνα 6.24. Περιοχή Ζ, Οδός Τενέδου, PS-2238

Το PS-2238 παρουσιάζει μέση κατακόρυφη υποχώρηση 4.66 mm/yr. Έντονες διαφορικές καθιζήσεις έχουν προκαλέσει σημαντικές βλάβες σε μαντρότοιχους και τοιχοποιίες.



Εικόνα 6.25. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε μαντρότοιχο μεταβλητού εύρους.



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---

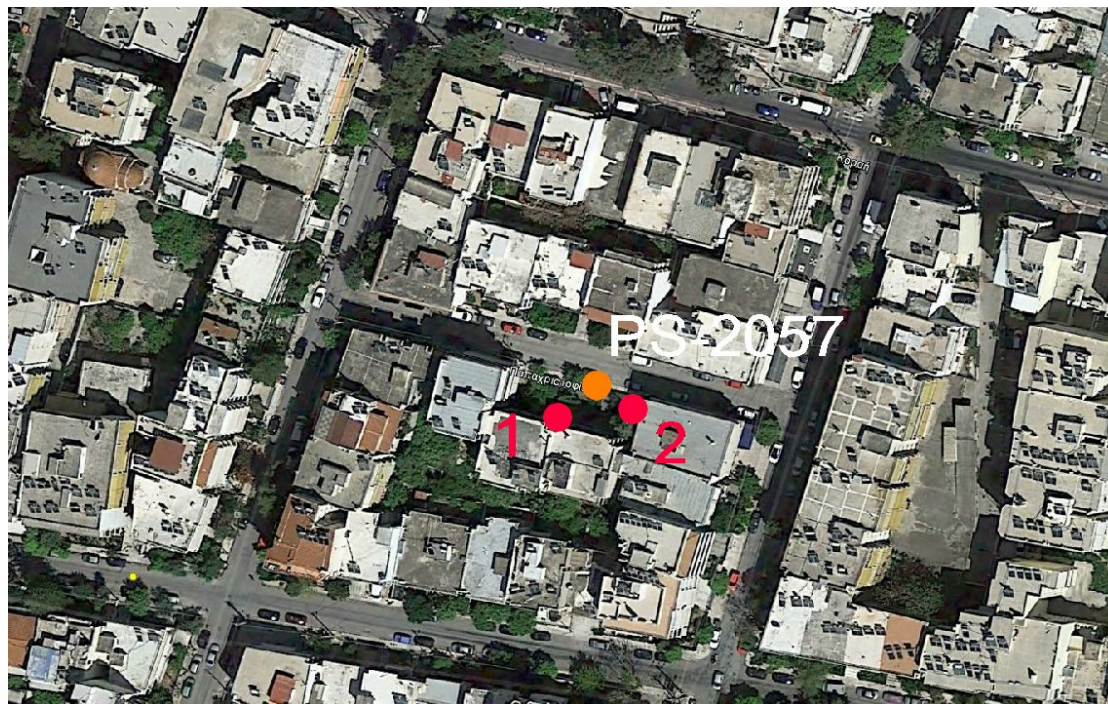


Εικόνα 6.26. Σημείο 2, Χιαστί ρωγή σε τοιχοποιία



Εικόνα 6.27. Σημείο 3, Επισκευασμένη χιαστί ρωγή σε παλαιά ισόγεια μονοκατοικία

### 6.8 ΠΕΡΙΟΧΗ Η Οδός Παπαχριστοφίλου (PS-OID 2057)



Εικόνα 6.28. Περιοχή Η, οδός Παπαχριστοφιλοπούλου PS-2057

Το PS-2057 παρουσιάζει μέση κατακόρυφη υποχώρηση 3.38 mm/yr. Εντοπίστηκαν έντονες χιαστί ρωγματώσεις σε τοιχοποιίες αλλά και σε δοκό στην στάθμη της πιλοτής. Χαρακτηριστική είναι και η συνέχεια της ρωγμάτωσης της δοκού στην υπερκείμενη τοιχοποιία, ενδεικτικό της έντασης στην οποία βρίσκεται ο φορέας. (Εικόνα 6.29) Επίσης εντοπίστηκε καθίζηση δαπέδου σε πλάκα Ο/Σ επί του εδάφους.



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.29. Σημείο 1, Χιαστί ρωγή σε δοκό πιλοτής και συνέχεια της στην τοιχοποιία



Εικόνα 6.30. Σημείο 1, Χιαστί ρωγή στον Α' όροφο



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.31. Σημείο 1, Ρωγμάτωση δαπέδου σε πλάκα επί του εδάφους.



Εικόνα 6.32. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία ισογείου διαμερίσματος

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

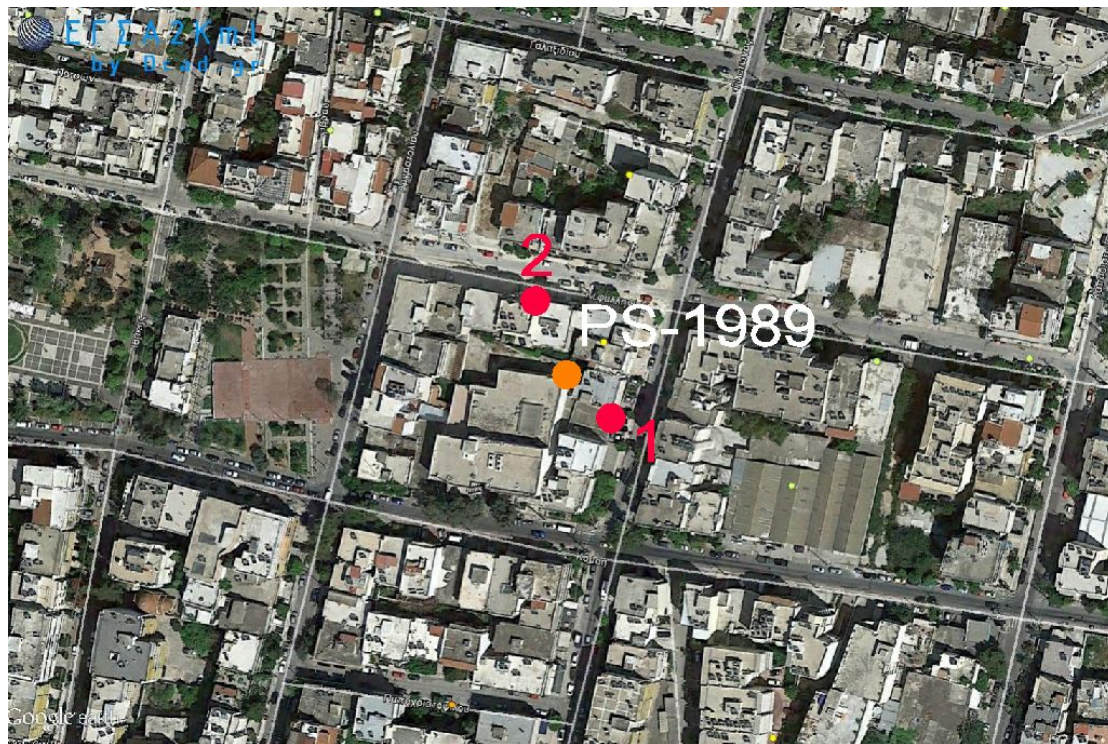
---



Εικόνα 6.33. Σημείο 2, Επισκευασμένη χιαστί ρωγμή σε τοιχοποιία ισογείου



### 6.9 ΠΕΡΙΟΧΗ Θ Οδός Κεφαλληνίας (PS-OID 1989)



Εικόνα 6.34. Περιοχή Θ, οδός Κεφαλληνίας PS-1989

Το PS-1989 παρουσιάζει μέση κατακόρυφη υποχώρηση 4.03 mm/yr. Εντοπίστηκε έντονη χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία δώροφου κτίσματος η οποία είχε επισκευαστεί στο παρελθόν λόγω παρόμοιων βλαβών. Επίσης εντοπίστηκε καμπτικό ρήγμα στο μέσο του ανοίγματος δοκού στην στάθμη της πιλοτής σε νεοανεγειρόμενη πολυκατοικία η οποία προφανώς δημιουργήθηκε από διαφορετική καθίζηση πεδίων. Τέλος στο σημείο 2 είναι χαρακτηριστική η συμμετρική ρωγμάτωση των μαντρότοιχων των ορίων πολυκατοικίας λόγω της ομοιόμορφης καθίζησης του «υπέρβαρου», σε σχέση με την πρασιά και τον δρόμο, κτηρίου η οποία παρέσυρε και του εκατέρωθεν μαντρότοιχους.

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.35 Θέση 1, Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία



Εικόνα 6.36 Θέση 1, Καμπική ρωγμή δοκού στην στάθμη της πιλοτής.



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.37 Θέση 2, διεύρυνση αντισεισμικού αρμού



Εικόνα 6.38 Θέση 2, διεύρυνση αντισεισμικού αρμού



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.39 Θέση 2, μαντρότοιχος δυτικού ορίου πολυκατοικίας



Εικόνα 6.40 Θέση 2, μαντρότοιχος ανατολικού ορίου πολυκατοικίας





Εικόνα 6.41 Θέση 2, Έντονη ρωγμάτωση δαπέδου και μαντρότοιχου διαμορφώσεων

### 6.10 ΠΕΡΙΟΧΗ Ι Οδός Αγίων Αποστόλων (PS-01D 2514)



Εικόνα 6.42. Περιοχή Ι, οδός Αγίων Αποστόλων PS-2514

Το PS-2514 παρουσιάζει μέση κατακόρυφη υποχώρηση 6.50 mm/yr την μεγαλύτερη από όλα τα εξεταζόμενα σημεία. Βρίσκεται πλησίον της διαμορφωμένης πλέον κοίτης του Ιλισού ποταμού. Η έντονη υποχώρηση στην περιοχή είναι ορατή στο σημείο 1 όπου το επτάώροφο κτήριο αριστερά, μεταγενέστερο του τριώροφου κτηρίου δεξιά, παρέσυρε το τμήμα που εφάπτεται σε αυτό με αποτέλεσμα της επαναλαμβανόμενη καθ' ύψος ρωγμάτωση της «τυφλής» πλευράς του. (Εικόνα 6.43, Εικόνα 6.44) . Στην περίπτωση αυτή είναι χαρακτηριστική η διεύρυνση της ρωγμής από την ακλόνητη γωνία του τριώροφου προς την προβληματική επαφή των δύο κτηρίων. Επίσης οι βλάβες είναι χαρακτηριστικές της διαφοράς φορτίων των δύο κτηρίων όπου το επτάώροφο έχει υπερδιπλάσιο βάρος ανά τετραγωνικό μέτρο από το τριώροφο.

Στο ογκώδες επτάώροφο κτήριο του σημείου 2 παρατηρείται ανάλογο φαινόμενο όπου η ομοιόμορφη καθίζηση του προκάλεσε την οριζόντια ρωγμάτωση στον μαντρότοιχο ράμπας προς το υπόγειο όπου προφανώς προϋπήρχε αρμός διακοπής σκυροδέτησης. Δεδομένης και της πρακτικής να οπλίζονται υπερελαφρά τα συγκεκριμένα στοιχεία (απλό πλέγμα T131) το



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---

πάνω τμήμα παρέμεινε αμετακίνητο σαν αμφιέριστη δοκό αφήνοντας το κάτω τμήμα να υποχωρήσει μαζί με το έδαφος. (Εικόνα 6.45)



Εικόνα 6.43 Σημείο 1, Ρωγμάτωση «τυφλής» τοιχοποιίας στον τρίτο όροφο



Εικόνα 6.44 Σημείο 1, Ρωγμάτωση «τυφλής» τοιχοποιίας στο ισόγειο

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



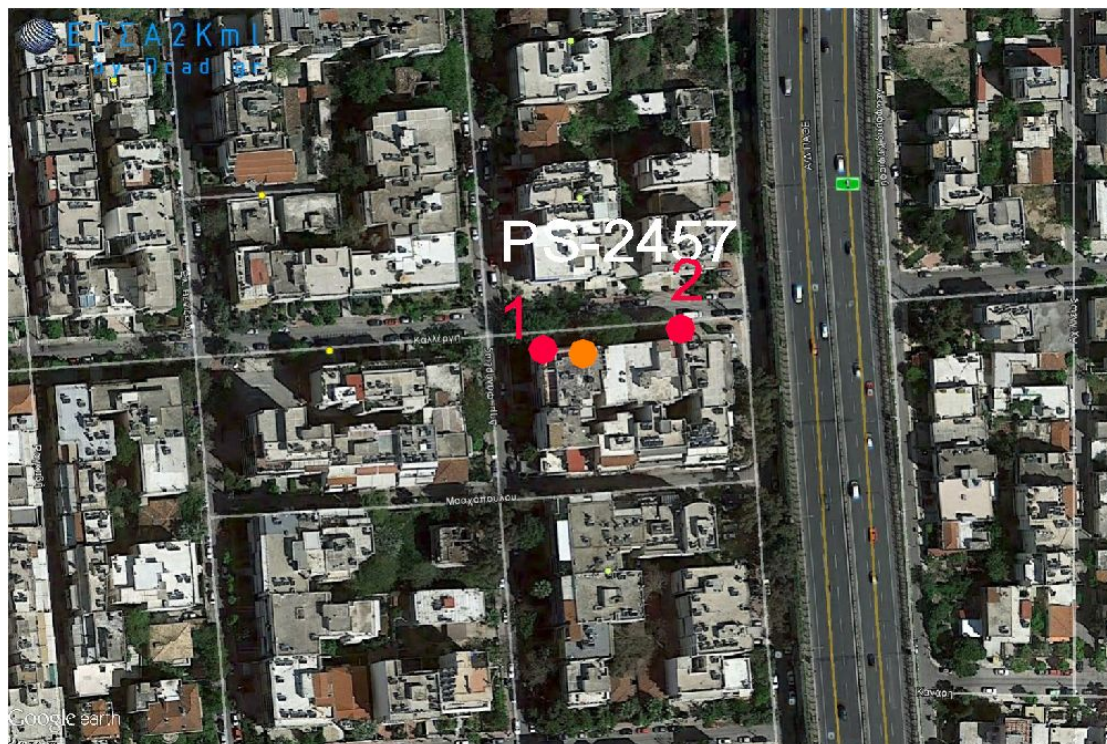
Εικόνα 6.45 Σημείο 2, Ρωγμάτωση μαντρότοιχου Ο/Σ ράμπας προς υπόγειο



Εικόνα 6.46 Σημείο 2, Ρωγμάτωση τοιχοποιίας και διεύρυνση αρμού



### 6.11 ΠΕΡΙΟΧΗ Κ Οδός Καλλέργη (PS-OID 2457)



Εικόνα 6.47. Περιοχή Κ, οδός Καλλέργη PS-2457

Το PS-2457 παρουσιάζει μέση κατακόρυφη υποχώρηση 3.56 mm/yr. Οι ορατές βλάβες, με μια πρώτη ματιά, είναι σχετικά ήπιες. Στο γωνιακό πολυώροφο κτήριο στο σημείο 1 εντοπίστηκαν χιαστί ρωγματώσεις σε τοιχοποιίες του ισογείου και του υπογείου (Εικόνα 6.48, Εικόνα 6.49).

Στο μεσαίο όμως κτήριο του σημείου 2 εντοπίστηκε ρωγμάτωση κατά μήκος του κοινού ορίου με το γειτονικό κτήριο (Εικόνα 6.50) με αύξηση του εύρους στους ανώτερους ορόφους (Εικόνα 6.51). Σημειώνεται ότι το κτήριο βρίσκεται περίπου 50 μέτρα από τον άξονα της Λεωφόρου Κηφισού.

Από μαρτυρίες των ενοίκων διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν προβλήματα οριζοντίωσης σε έπιπλα, ηλεκτρικές συσκευές κλπ άρα το κτήριο έχει αποκλίνει από την κατακόρυφο με φορά κλίσης προς τον Κηφισό ποταμό.



6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.48 Σημείο 1, Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία στο ισόγειο



Εικόνα 6.49 Σημείο 1, Χιαστί ρωγμάτωση τοιχοποιίας στην στάθμη του υπογείου

6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΔΥΣΜΕΝΉΣΤΕΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ

---



Εικόνα 6.50 Σημείο 2, Διεύρυνση σημείου επαφής  
ομόρων πολυκατοικιών

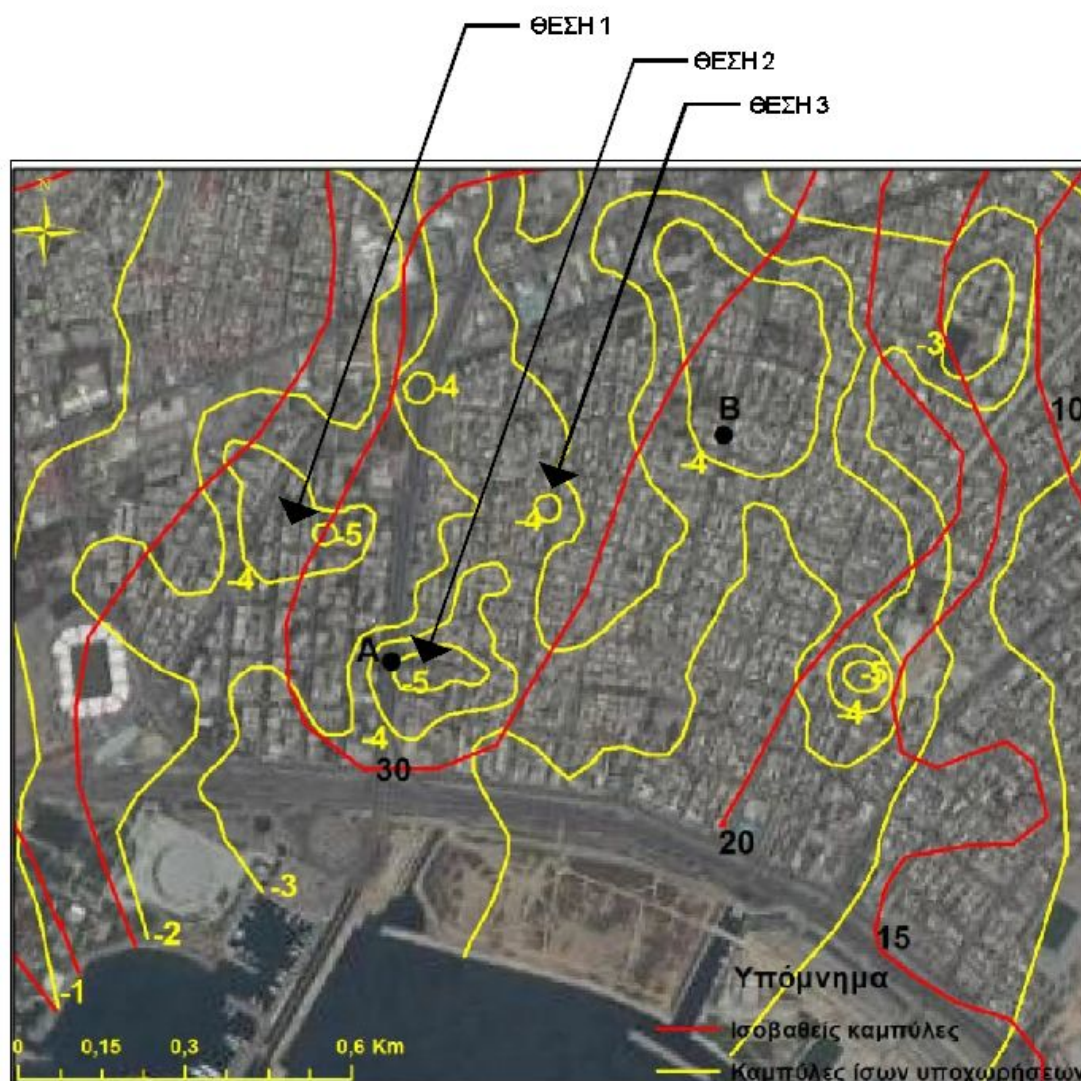


Εικόνα 6.51 Σημείο 2, Διεύρυνση σημείου επαφής  
ομόρων πολυκατοικιών



## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

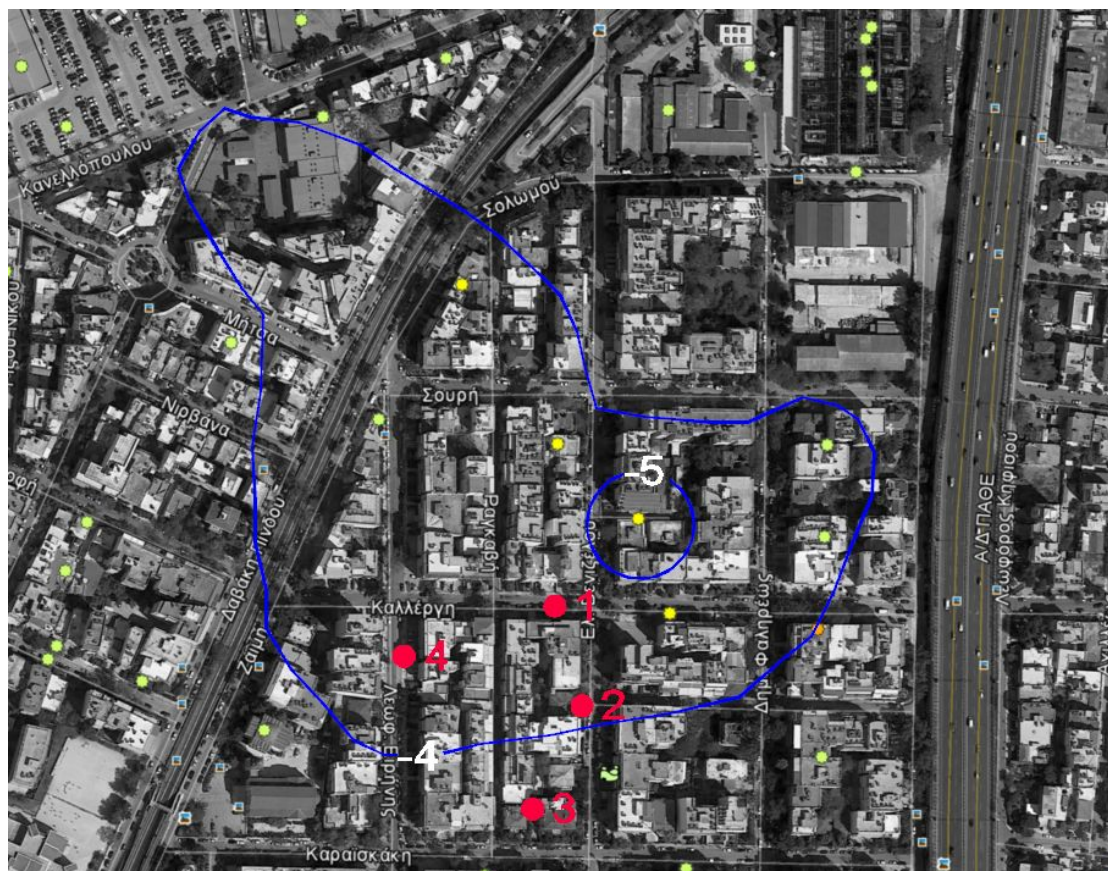
Μία διαφορετική προσέγγιση του φαινομένου αποτελεί η διαπίστωση ορατών βλαβών στα σημεία όπου οι εδαφικές υποχωρήσεις λαμβάνουν τις μέγιστες τιμές. Χρησιμοποιήθηκαν καμπύλες ίσων υποχωρήσεων σε mm/yr για την περίοδο 1992-2003 σύμφωνα με τα δεδομένα συμβολομετρίας (Εικόνα 7.1)



Εικόνα 7.1 Καμπύλες ίσου ρυθμού υποχωρήσεων (Καϊταντζιάν κα. 2014)



7.1 ΘΕΣΗ 1, Οδοί Καλλέργη - Ειρήνης-Καραϊσκάκη-Ελ. Βενιζέλου



Εικόνα 7.2 Σημεία επιτόπου αυτοψίας

Πραγματοποιήθηκε αυτοψία στα σημεία 1 έως 4 όπως αυτά φαίνονται με κόκκινο χρώμα στην Εικόνα 7.2 . Με μπλε χρώμα φαίνονται οι δύο ισοβαθείς της περιοχής των 4 mm/yr και 5 mm/yr αντίστοιχα.

## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

---



Εικόνα 7.3 Σημείο 1. Πολυκατοικία στην γωνία των οδών Καλλέργη και Βενιζέλου



Εικόνα 7.4 Σημείο 1. διαγώνιες ρωγμές στην τοιχοποιία



## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

---



Εικόνα 7.5 Σημείο 2 διαγώνια ρωγμή σε μαντρότοιχο



Εικόνα 7.6 Σημείο 3 ρωγμάτωση σε τοιχοποιία



## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

---



Εικόνα 7.7 Σημείο 3 έντονη ρωγμάτωση σε τοιχοποιία



Εικόνα 7.8 Σημείο 3 καμπτική ρωγμή στο μέσο δοκού

## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

---



**Εικόνα 7.9** Σημείο 3 διαγώνια ρωγή σε γωνιακό υποσύλωμα και τοιχοποιία



**Εικόνα 7.10** Σημείο 3. Διεύρυνση αντισεισμικού αρμού, απόκλιση από την κατακόρυφο



## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

---



Εικόνα 7.11 Σημείο 4 Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία



Εικόνα 7.12 Σημείο 4 Ρωγμάτωση σε μαντρότοιχο





Εικόνα 7.13 Σημείο 4. Χιαστί ρωγή σε τοιχοποιία

7.2 Θέση 2 , Οδοί Αραχώβης-Φλέμιγκ-Κων/πολεως-Αγ. Κων/νου

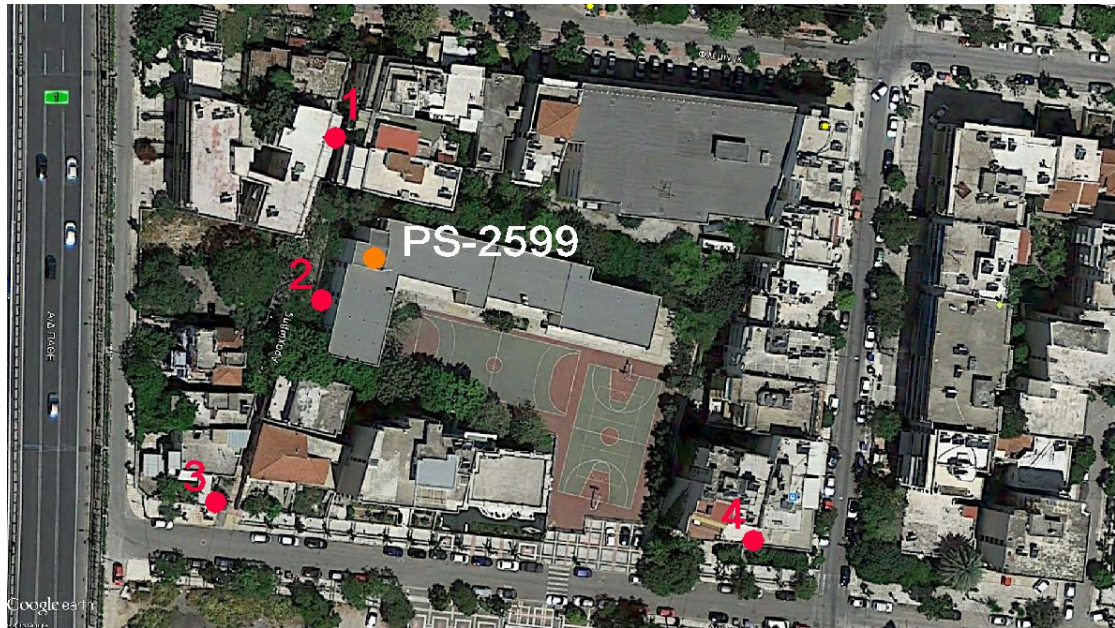


Εικόνα 7.14 Σημεία επιτόπου αυτοψίας

Η θέση 2 συμπίπτει με την ευρύτερη περιοχή Λ (Εικόνα 6.1) γύρω από το σημείο PS-OID 2599 (Εικόνα 7.15) με μέση υποχώρηση 4.96 mm/yr. Διαπιστώθηκαν ρωγματώσεις στα γύρω κτήρια, υποχώρηση πλακοστρώσεων στο γειτονικό σχολικό συγκρότημα καθώς και έντονη ρωγμάτωση σε παρακείμενο μαντρότοιχο. Σε μικρή απόσταση το σημείο 4 υπάρχουν ορατές βλάβες σε αντισεισμικό αρμό ομόρων πολυώρων κτηρίων.



## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ



Εικόνα 7.15 PS 2599, οδός Αραχώβης, περιοχή Λ



Εικόνα 7.16. Σημείο 1, Χιαστί ρωγή σε δοκό



## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

---



Εικόνα 7.17. Σημείο 1, Χιαστί ρωγμή σε δοκό



Εικόνα 7.18. Σημείο 2, Καθίζηση πλακόστρωσης σε προαύλιο χώρο σχολείου



## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

---



Εικόνα 7.19. Σημείο 3, Χιαστί ρωγμή σε μαντρότοιχο



Εικόνα 7.20. Σημείο 4, διεύρυνση αντισεισμικού αρμού

7.3 Θέση 3, Οδοί Σολωμού-Κορυτσάς-Ομήρου-Κων/πόλεως



Εικόνα 7.21 Σημεία επιτόπου αυτοψίας



Εικόνα 7.22 Σημείο 1. Χιαστί ρωγμάτωση σε υποστύλωμα



## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

---



**Εικόνα 7.23 Σημείο 1. Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία στο ισόγειο. Πιθανή καθίζηση πεδίου.**



**Εικόνα 7.24 Σημείο 2. Χιαστί ρωγμάτωση σε υποστύλωμα.**

## 7. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ

---



Εικόνα 7.25 Σημείο 3. Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία



Εικόνα 7.26 Σημείο 4. Χιαστί ρωγματώσεις σε υποσύλωμα και επέκτασή τους στην τοιχοποιία



Εικόνα 7.27 Σημείο 5. Χιαστί ρωγμάτωση σε τοιχοποιία



## 8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ –ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

### 8.1 Διαχρονική εξέλιξη των υποχωρήσεων στην περιοχή 1985-2002

Η αστικοποίηση μιας περιοχής και τα μεγάλα τεχνικά έργα που κατασκευάζονται προκαλούν σημαντικές επεμβάσεις στην επιφάνεια του εδάφους και επηρεάζουν την κινηματική συμπεριφορά του. Η παρακολούθηση των καθιζήσεων έχει σκοπό να προλάβει ενδεχόμενες αστοχίες με απρόβλεπτες συνέπειες.

Από τα μεγαλύτερα τεχνικά έργα της περιοχής είναι το Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας (Σ.Ε.Φ) το οποίο εγκαινιάστηκε το 1985. Για την παρακολούθηση των καθιζήσεων δημιουργήθηκε ένα δίκτυο με 8 σημεία ελέγχου επί του φέροντα οργανισμού ενώ παράλληλα ιδρύθηκε και δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου στην γύρω περιοχή.

Τα παραπάνω δίκτυα μετρήθηκαν αρχικά κατά την εγκατάστασή τους το 1985 και εκ των υστέρων μετά από 3 χρόνια, το 1988 όπου και δεν εντοπίστηκαν καθιζήσεις. Επιπλέον εκείνη την εποχή κρίθηκε σκόπιμη η επέκταση του δικτύου με την προσθήκη 14 σημείων ελέγχου.

Τον Απρίλιο του 1989 τα υλοποιημένα δίκτυα επαναμετρώνται ενώ παράλληλα το δίκτυο σημείων ελέγχου επεκτείνεται με 22 νέα σημεία προς την περιοχή Μοσχάτου και Καλλιθέας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι υπήρχαν καθιζήσεις της τάξεως των 1-3 mm μέσα σε έναν χρόνο δηλαδή μεταξύ 1988-1989. Οι μεγαλύτερες τιμές μετρώνται κοντά στην παραλιακή λεωφόρο και φθίνουν βορειότερα προς την Καλλιθέα. (Λάμπρου κα. 1990)

Τον Φεβρουάριο του 1995 τα υπάρχοντα σημεία μετρήθηκαν για τέταρτη φορά και ιδρύθηκαν 48 νέα σημεία υψομετρικών αφετηριών προς την περιοχή του Μοσχάτου και της Καλλιθέας. Οι καθιζήσεις που εντοπίστηκαν αυτή την φορά ήταν μεγαλύτερες και έφτασαν μέχρι και τα 18 mm για το διάστημα 1989-1995. (Κακάτσος κα. 1996)

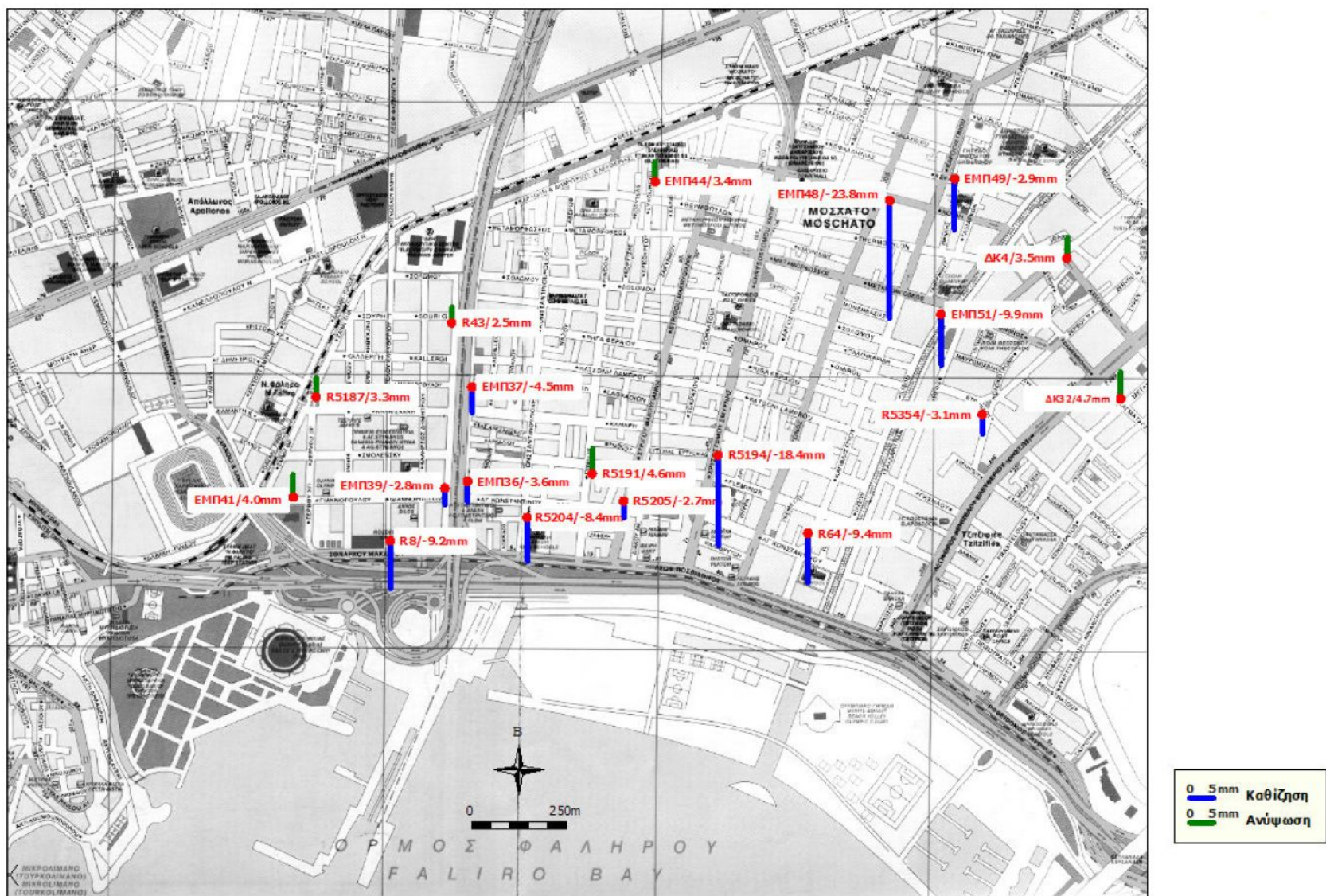
Η επόμενη μέτρηση γίνεται το 1998 χωρίς νέα επέκταση του δικτύου. Η μέγιστη καθίζηση που καταγράφεται είναι της τάξης των 7 mm που βρίσκεται νοτίως του Μοσχάτου. Ωστόσο η επόμενη μέτρηση το 2002 έδειξε

περιορισμένες μετακινήσεις στην περιοχή. Παράλληλα ιδρύθηκε για πρώτη φορά δίκτυο GPS με επτά κορυφές με σκοπό την εκμετάλλευση της σχετικά πρόσφατης ,τότε, τεχνολογίας για την παρακολούθηση της κινηματικής συμπεριφοράς της περιοχής με δορυφορικά μέσα και υψηλή ακρίβεια. (Γκαδόλου, 2002)

### 8.2 Εξέλιξη των υποχωρήσεων το διάστημα 2002-2008

Το 2008 το ήδη εκτεταμένο δίκτυο, αποτελούμενο από 69 κορυφές επαναμετρήθηκε με επίγεια μέσα (Καραμολέγκου, 2009). (Εικόνα 8.1). Η μεγαλύτερη υποχώρηση μετρήθηκε στο σημείο **ΕΜΠ48** στην γωνία των οδών Πλάτωνος και Κοραή κατά 23.8 mm. Ακολουθεί το σημείο **R5194** επί της Χρυσοστόμου Σμύρνης με μετρούμενη υποχώρηση 18.4 mm. Η μέση υποχώρηση των σημείων αυτών ανά έτος είναι για το μεν πρώτο 3.96 mm/yr ενώ για το δεύτερο 3.06 mm/yr. Στο αμέσως επόμενο σημείο μέγιστης υποχώρησης **ΕΜΠ51**, στην οδό Μεταμορφώσεως, και σε απόσταση αναπνοής από τον Ιλισό ποταμό η αντίστοιχη υποχώρηση είναι 1.65 mm/yr. Στα υπόλοιπα σημεία οι υποχωρήσεις είναι μικρές και σε ορισμένες θέσεις μετρήθηκαν και ανυψώσεις.

## 8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ – ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ



Εικόνα 8.1 Μετακινήσεις (σε mm) των κορυφών του επίγειου δικτύου το διάστημα 2002-2008 (Καραμολέγκου . 2009)



### 8.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Κάνοντας μία προσπάθεια σύγκρισης της επίγειας μεθόδου της διπλής γεωμετρικής χωροστάθμησης με εκείνη της συμβολομετρίας και λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα συμβολομετρίας αφορούν το διάστημα 1992-2000 ενώ της επίγειας μεθόδου το διάστημα 2002-2008, προκύπτουν τα εξής:

- Το σημείο **EMΠ48** (-3.96 mm/yr) απέχει περίπου 70 μέτρα από τα PS1989 (Εικόνα 6.34, -4.02 mm/yr) και PS2057 (Εικόνα 6.28, -3.38 mm/yr). Τα σημεία αυτά έχουν πορτοκαλί σήμανση. Οι μετρήσεις δηλώνουν ότι οι εδαφικές υποχωρήσεις συνεχίζουν να υφίστανται μέχρι και το 2008 με παρόμοιο ρυθμό.
- Το σημείο **R5194** (-3.06 mm/yr) απέχει περίπου 40 μέτρα από τα PS2484 (-2.53 mm/yr) και PS2471 (-2.59 mm/yr). Τα σημεία αυτά έχουν κίτρινη σήμανση (Εικόνα 8.2). Και σε αυτή την περιοχή φαίνεται ότι συνεχίζεται η εξέλιξη του φαινομένου με μικρότερο όμως ρυθμό από εκείνο του EMΠ48
- Το σημείο **EMΠ51** (-1.65 mm/yr) απέχει περίπου 40 μέτρα από τα PS2189 (-0.54 mm/yr) και PS2194 (-1.12 mm/yr). Τα σημεία αυτά έχουν πράσινη σήμανση (Εικόνα 8.2) άρα ακόμη μικρότερες μετακινήσεις από τα προηγούμενα. Και εκεί υπάρχει συνεχής εξέλιξη των εδαφικών υποχωρήσεων.



## 8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑΣ – ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ



Εικόνα 8.2 Σύγκριση μεθόδων Διπλής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης – Συμβολομετρίας Σταθερών Σκεδαστών



Από την σύγκριση των τιμών στα τρία επίμαχα σημεία της διπλής γεωμετρικής χωροστάθμησης (EMΠ48, R5194 και EMΠ51) παρατηρείται η ταύτιση του ρυθμού υποχώρησης μεταξύ των δύο μεθόδων η οποία έστω και μακροσκοπικά επιβεβαιώνει την αξιοπιστία της συμβολομετρίας των σταθερών σκεδαστών.

Στα υπόλοιπα σημεία της γεωμετρικής χωροστάθμησης οι καθιζήσεις ανηγμένες ανά έτος, είναι μικρότερες από εκείνες των σημείων των σταθερών σκεδαστών και σε κάποιες θέσεις μετρήθηκαν και ανυψώσεις. Μεγαλύτερες τιμές μετρήθηκαν κατά μήκος της παραλιακής λεωφόρου. Επίσης θα πρέπει να συνεκτιμηθεί και η θέση των σημείων χωροστάθμησης τα οποία βρίσκονται επί του εδάφους (σε κράσπεδα ή στο οδόστρωμα) σε σχέση με εκείνα της συμβολομετρίας όπου βρίσκονται ως επί τω πλείστον σε απολήξεις κτηρίων (κεραίες, ηλιακούς θερμοσίφωνες κλπ.), τα σημεία δηλαδή των σταθερών σκεδαστών, αναμένεται να δώσουν μεγαλύτερες τιμές μετακινήσεων λόγω της επιπρόσθετης φόρτισης των κτηριακών όγκων οπότε και η σύγκριση των δύο μεθόδων για μικρομετακινήσεις δεν είναι εφικτή.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα έργα εγκιβωτισμού του Κηφισού ξεκίνησαν το 2001 και ολοκληρώθηκαν το 2004. Ο εγκιβωτισμός ουσιαστικά σταμάτησε την τροφοδοσία του υδροφόρου ορίζοντα με αποτέλεσμα την εντατικοποίηση του φαινομένου.



### 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι εδαφικές υποχωρήσεις εκτός από οικονομικές επιπτώσεις όπως βλάβες σε κτήρια και υποδομές, έχουν και κοινωνικές επιπτώσεις στους πληθυσμούς που κατοικούν σε αυτές τις περιοχές.

Οι συνεχείς ρωγματώσεις των κτηρίων, η απόκλιση από την κατακόρυφο, οι πλημμύρες, οι βλάβες στις υποδομές ( οδοποιία, αποχετευτικό σύστημα κλπ.) υποβαθμίζουν σημαντικά την ποιότητα ζωής και το αίσθημα ασφάλειας.

Πέρα όμως από την λειτουργική υποβάθμιση της καθημερινότητας η εντατική κατάσταση του φέροντα οργανισμού των κτηρίων που έχουν υποστεί κάποιας μορφής καθίζηση τα καθιστά ευάλωτα σε ενδεχόμενη σεισμική φόρτιση.

Πρωτίστως υπάρχει η ανάγκη της συνεχούς παρακολούθησης του φαινομένου. Οι επίγειες μέθοδοι απαιτούν πολύ χρόνο, κόστος και ανθρώπινο δυναμικό. Η τεχνολογία της συμβολομετρίας των σταθερών σκεδαστών μας δίνει εγκαίρως πολύτιμα δεδομένα υψηλής ακρίβειας με σχετικά χαμηλό κόστος.

Στην περιοχή του Μοσχάτου ο υποβιβασμός του υδροφόρου ορίζοντα λόγω της ανεξέλεγκτης άντλησης υδάτων από παράνομες γεωτρήσεις , ο εγκιβωτισμός του Κηφισού και του Ιλισού ποταμού και η αστικοποίηση μιας περιοχής με χαλαρό γεωλογικό υπόβαθρο συντελούν στην έξαρση του φαινομένου.

Η πολιτεία αξιοποιώντας τα δεδομένα των εδαφικών υποχωρήσεων μπορεί εγκαίρως να σχεδιάσει και να εφαρμόσει επαρκή μέτρα προστασίας σε κατασκευές και υποδομές , να θεσπίσει ειδικούς κανόνες και προδιαγραφές ανά περιοχές και να προλάβει εγκαίρως καταστροφές μεγάλης κλίμακας.

Ένα σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση τα τελευταία χρόνια είναι η καταγραφή των αδήλων γεωτρήσεων. Με την 145026/10.01.2014 ΚΥΑ συστάθηκε το Εθνικό Μητρώο Σημείων Υδροληψίας (ΕΜΣΥ). Το ΕΜΣΥ είναι ηλεκτρονικό μητρώο, το οποίο αναπτύσσεται και τηρείται στην Ειδική Γραμματεία Υδάτων με τη μορφή συστήματος βάσης γεωχωρικών δεδομένων και υπηρεσιών. Η αναφορά των σημείων υδροληψίας είναι πλέον υποχρεωτική επί των τοπογραφικών διαγραμμάτων που συνοδεύουν συμβολαιογραφικές πράξεις.

## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Άλλες επεμβάσεις που θα μπορούσαν να γίνουν είναι η μικροζωνική μελέτη της περιοχής και ο καθορισμός συγκεκριμένων κανόνων δόμησης και θεμελίωσης των κατασκευών, η παρακολούθηση του υδροφόρου ορίζοντα και η κατασκευή ισοπιεζομετρικών χαρτών με σκοπό τον εντοπισμό των παράνομων γεωτρήσεων, ο περιορισμός των αντλήσεων μέσω του ΕΜΣΥ και ο πιθανός τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων.

**10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Βαχαβιώλος Θ. (2011): **“Μεθοδολογία προσδιορισμού ευάλωτων περιοχών σε πλημμύρες σύμφωνα με την οδηγία 2007/60”**, Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π, Αθήνα, , σελ.30-31
2. Βλάχου–Βλαβιανού, Ε., **Καθιζήσεις οφειλόμενες σε υπεραντλήσεις υπογείων νερών – αναγκαίες παρεμβάσεις**, Σ.Μ.Μ.-Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
3. Γεωργιάνου Β.Ν. (2000): **«Χρήση γεωτεχνικών οργάνων – οργανομετρήσεις»** , Εκδ. Παρισιάνου Α.Ε., Αθήνα
4. Γεωργόπουλος Γ. (1993): **«Ανίχνευση Καθιζήσεων και Προσδιορισμός του Πεδίου τους στην Περιοχή του Μοσχάτου»**, Εκδ. Πυρφόρος, Αθήνα
5. Γεωργόπουλος, Γ. & Τελειώνη, Ε. (2010): **«Εξέλιξη των Καθιζήσεων που Ανιχνεύονται στην Παράκτια Ζώνη Ν. Φαλήρου – Μοσχάτου – Καλλιθέας»**, 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, ΤΕΕ, Βόλος.
6. Γκαδόλου Ε. (2002): **«Ίδρυση Δικτύου GPS για την Παρακολούθηση Καθιζήσεων στην Περιοχή του Μοσχάτου»**, Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
7. Δεληκαράογλου Δ., (2005): **«Ειδικά Θέματα Δορυφορικής Γεωδαισίας»**, Ε.Μ.Π., Αθήνα
8. Θεοδοσόπουλος Δ. (2016): **« Το Φαληρικό Δέλτα και το Σ.Ε.Φ. πριν τις Επιχωματώσεις και τις Μαρίνες»**, άρθρο στην Γεωμυθική
9. Καββαδάς Μ. (2006): **Διαλέξεις του μαθήματος «Θεμελιώσεις»**, Σ.Π.Μ. Ε.Μ.Π. , Αθήνα
- 10.Κακάτσος Θ., Μαιμάρης Ν., Πρίφτης Γ. (1996): **«Παρακολούθηση των παραμορφώσεων των φερόντων στοιχείων του Σταδίου Ειρήνης και Φιλίας και των καθιζήσεων της εγγύς περιοχής. Ανίχνευση και εντοπισμός των καθιζήσεων στις περιοχές Ν. Φαλήρου – Μοσχάτου – Καλλιθέας»**, Διπλωματική Εργασία Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π, Αθήνα



- 11.Καραμολέγκου Ε. (2009): **«Εξέλιξη κατακόρυφων μετακινήσεων στις περιοχές Νέο Φάληρο – Μοσχάτο-Καλλιθέα»**, Διπλωματική εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
- 12.Κουμαντάκης, Ι. (1998): **«Καθιζήσεις οφειλόμενες σε υπεραντλήσεις υπόγειων νερών – Αναγκαίες παρεμβάσεις»**, Τεχνική έκθεση Ε.Μ.Π. – Τ.Μ.Μ.Μ.
- 13.Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ. (1990): **«Παρακολούθηση Παραμορφώσεων των Φερόντων Στοιχείων του Σταδίου Ειρήνης και Φιλίας – Ίδρυση Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου στην Ευρύτερη Περιοχή του Σταδίου»**, Διπλωματική Εργασία Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π, Αθήνα
- 14.Λουπασάκης Κ. (2014): **«Σημειώσεις του μαθήματος «Τεχνική Γεωλογία Ι»**, Σ.Μ.Μ.-Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
- 15.Λουπασάκης Κ. (2013): **«Γεωλογικά – γεωτεχνικά μοντέλα ενδογενών παραμορφώσεων. Από την έρευνα πεδίου έως την γεωτεχνική προσομοίωση»**, Διάλεξη στο πλαίσιο του «ΠΜΣ Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου, κατεύθυνση Γεωπληροφορική, Σ.Μ.Μ.-Μ. , Ε.Μ.Π, Αθήνα
- 16.Μαρίνος Γ., Κατσικάτσος Γ., Γεωργιάδου-Δικαιούλια Ε. & Μίρκου Ρ. (1971): **«Το σύστημα των Σχιστολίθων Αθηνών. Ι. Στρωματογραφία και Τεκτονική»**, Ann. Geol. PaysHell, XXIII, 183-26
- 17.Μερτήρη Ε. (2008): **«Υδρογεωλογικές Συνθήκες σε Τμήμα Της Επέκτασης του Μετρό Νίκαια – Πειραιάς, Αλληλεπίδραση Σήραγγας – Υπογείων Νερών»**, Διπλωματική εργασία Δ.Δ.Π.Μ.Σ «Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Ε.Μ.Π, Αθήνα
- 18.Παπανικολάου Δ., Μπάση Ε.-Κ., Κράνης, Χ. και Δανάμος, Γ. (2004): **«Παλαιογεωγραφική εξέλιξη του λεκανοπεδίου Αθηνών απο το Άνω Μειόκαινο έως σήμερα»**, 10<sup>0</sup> Διεθνές Συνέδριο ΕΓΕ, XXXVI, 816-825
- 19.Παπανικολάου Δ. κ.α. (2002): **«Γεωλογική – Γεωτεχνική μελέτη Λεκανοπεδίου Αθηνών»**. Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Αθήνα

20. Πρόγραμμα 1ης Επιστημονικής Διημερίδας για τον Κηφισό ποταμό  
**«Ολοκληρωμένη προσέγγιση στα προβλήματα του Κηφισού»** 13-14 Μαρτίου 2008
21. Ρόζος Δ. (2007): **«Σημειώσεις Τεχνικής Γεωλογίας Ι»**, Σ.Μ.Μ.-Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
22. Σαμπατακάκης Ν. (1990): **«Τεχνικογεωλογική Έρευνα Λεκανοπεδίου Αθηνών»**, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Γεωφυσικής, Πανεπιστήμιο Πάτρας
23. Τσότσος Σ. (1991): **«Εδαφομηχανική Θεωρία, Μέθοδοι και Εφαρμογές»**, Εκδ. Βερβερίδης & Πολυχρονίδης Α.Ε., Θεσσαλονίκη
24. Ferretti A., Prati C., Rocca F. (2001): **“Permanent Scatterers in SAR Interferometry”**, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol 39. No 1.
25. Hansen R. (2009): **“Phased Array Antennas”**, Wiley , second edition, σελ 36.
26. Timo Balz, Lianhuan Wei, Michael Jendryke, Daniele Perissin & Mingsheng Liao (2012): **Tomosar and PS-INSAR analysis of high-rise buildings in Berlin**, Proceedings of IGARSS 12, 447-450
27. Wegmüller U., Walter D., Spreckels V, and Werner C., (2010): **"Non-uniform ground motion monitoring with TerraSAR-X persistent scatterer interferometry"** IEEE Trans. Geoscience. Remote Sensing, Vol. 48, 2, pp. 895-904
28. Wegmüller U., Werner C., Strozzi T., Wiesmann A., Frey O. & Santoro M., (2016): **“Conference on Enterprise Information Systems / International Conference on Project Management / Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies”**, Centeris / Projman / HCist
29. Wegmüller Urs, Werner Charles (2010): **Terrafirma Users Training, Gamma Remote Sensing AG**, Gümligen, Switzerland
30. Zebker H. A., Rosen P. A., Hensley S. (1997): **«Atmospheric effects in interferometric synthetic aperture radar surface deformation and topographic maps”**, J. Geophys., 102, 7547–7563.

**ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ**

1. [https://ca.water.usgs.gov/land\\_subsidence/california-subsidence-cause-effect.html](https://ca.water.usgs.gov/land_subsidence/california-subsidence-cause-effect.html)
2. [http://www.proxim.com/about-us/careersSftwr\\_Engnr\\_R425.html](http://www.proxim.com/about-us/careersSftwr_Engnr_R425.html)
3. <http://www.radartutorial.eu/20.airborne/ab07.en.html>
4. <https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/1358/1/documents/2013Ilios.pdf>
5. <https://www.geographicus.com/P/AntiqueMap/AthensPlan-bocage-1791>
6. <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/geodetic-techniques/interferometric-synthetic-aperture-radar>
7. [http://portal.survey.ntua.gr/geohopper/iCommons/iC\\_OCW/iC\\_OCW\\_S\\_TSG/notes\\_STSG/SSG\\_ch7\\_SAR.pdf](http://portal.survey.ntua.gr/geohopper/iCommons/iC_OCW/iC_OCW_S_TSG/notes_STSG/SSG_ch7_SAR.pdf)
8. <http://geomythiki.blogspot.gr/2016/11/to-1945.html>