ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΔΗΜΩΝ ΤΟΥ ΑΣΔΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ & ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Β΄ ΦΑΣΗ: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ



ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ:

Δρ. **ΕΥΘΥΜΗΣ ΛΕΚΚΑΣ** ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ – ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΔΗΜΩΝ ΤΟΥ ΑΣΔΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ & ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Β' ΦΑΣΗ: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δρ. **ΕΥΘ. Λ. ΛΕΚΚΑΣ**

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ:

Μ. ΦΟΥΜΕΛΗΣ, Δρ. Γεωλόγος – Γεωφυσικός
Μ. ΔΙΑΚΑΚΗΣ, Υπ. Διδ. Γεωλόγος – Μηχανικός Περιβάλλοντος
Λ. ΓΟΥΛΙΩΤΗΣ, Υπ. Διδ. Γεωλόγος – Υδρογεωλόγος
Ε. ΚΩΤΣΗ, Γεωλόγος
Ι. ΔΕΛΑΚΟΥΡΙΔΗΣ, Γεωλόγος

AOHNA 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ					
	1.1	ΑΝΑΛΗΨΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	.4			
	1.2	ΣΚΟΠΟΣ – ΣΤΟΧΟΙ	.4			
	1.3	ΣΥΝΟΔΑ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ	. 5			
	1.3.	1 ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΕΔΑΦΩΝ	. 5			
	1.3.	2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ	.6			
	1.3.	3 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ	.7			
	1.3.	4 ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ	.9			
2	ПЕР	ΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	11			
	2.1	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	14			
	2.2	ΓΕΩΛΟΓΙΑ	19			
	2.2.1	ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	19			
	2.2.2	ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΘΗΝΩΝ	20			
	2.2.3	ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	21			
	2.2.4	ΝΕΟΓΕΝΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	22			
	2.3 MEAET	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΙ ΓΗΣ	- 28			
3	KAG	ϿΙΖΗΣΕΙΣ	31			
	3.1	ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ	31			
	3.2	ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΑΡΧΕΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	33			
	3.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΕΡΜΗΝΕΙΑ	34			
4	KA	ΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ – ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ	16			
	4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	16			
	4.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	17			
	4.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59			
5	PE	ΥΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΕΔΑΦΩΝ	50			
	5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	50			
	5.2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	52			
	5.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	53			
6	ПР	ΟΤΑΣΕΙΣ ΑΜΒΛΥΝΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	54			
7	7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ					
п	ПАРАРТНМА					

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Διάκριση τεσσάρων βασικών κατηγοριών γεωλογικών σχηματισμών σε				
σχέση με τις γεωτεχνικές τους ιδιότητες	29			
Πίνακας 2. Θέσεις και περιγραφή αιτιών παλαιών καθιζήσεων στην περιοχή των				
δήμων του ΑΣΔΑ	31			
Πίνακας 3. Διαχωρισμός των γεωλογικών σχηματισμών με βάση την επιδεκτικότητα	ά			
τους σε φαινόμενα ρευστοποίησης	62			

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικ. 1 Χάρτης ζωνών κατολισθητικής επικινδυνότητας στον Ελληνικό χώρο (Koukis et al
2005)
Εικ. 2 Χάρτης της περιοχής μελέτης με τα όρια των δήμων του ΑΣΔΑ12
Εικ. 3 Χάρτης μακροσεισμικών εντάσεων και συνοδών γεωδυναμικών φαινομένων
(αστερίσκοι) του σεισμού των Αθηνών (7/9/1999)14
Εικ. 4 Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου της περιοχής μελέτης
Εικ. 5 Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης16
Εικ. 6 Χάρτης μορφολογικών κλίσεων της δυτικής Αθήνας με τα όρια των δήμων του ΑΣΔΑ.17
Εικ. 7 Χάρτης προσανατολισμού πρανών της περιοχής μελέτης
Εικ. 8 Τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ, που φέρνει σε επαφή τα
ανθρακικά της Υποπελαγονικής με μεταλπικά ιζήματα. Οι ανωπλειοκαινικοί
ασβεστομαργαϊκοί σχηματισμοί παρουσιάζουν έντονες κλίσεις κοντά στα περιθώρια24
Εικ. 9 Στρωματογραφική στήλη Νεογενών σχηματισμών Ιλίου Αγ. Αναργύρων-Καματερού (a)
και των μειοκαινικών Σχηματισμών Δάφνης και Περιστερίου (b) (Μπάση Ελ, 2004)27
Εικ. 10 Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας εδαφών (τροποποιημένος από
Παπανικολάου και άλλοι, 2002)
Εικ. 11 Χάρτης με τις θέσεις ιστορικών καθιζήσεων στην περιοχή των δήμων του ΑΣΔΑ32
Εικ. 12 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων των δήμων του ΑΣΔΑ
Εικ. 13 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Ζεφυρίου
Εικ. 14 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Αγ. Αναργύρων
Εικ. 15 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Αν. Βαρβάρας
Εικ. 16 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Αινάλεω
Εικ. 17 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Ιλίου
Εικ. 18 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Καματερού
Εικ. 19 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Κορυδαλλού
Εικ. 20 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Περιστερίου 43
Εικ. 21 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Πετορύπολης
Εικ. 22 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Πετρούπολης
Εικ. 23 Σχηματική απεικόνιση της κεντοικής ιδέας της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για
την αποτύπωση της επιδεκτικότητας των νεωλονικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης σε
κατολισθητικά φαινόμενα 47
Εικ 24 Χάοτης επιδεκτικότητας των νεωλονικών σχηματισμών σε κατολισθήσεις σε όλη την
έκταση της περιοχής μελέτης
Εικ 25 Χάστης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόνοαμμα κατανομής Δήμου
7εφιρήου
Εικ. 26 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόνραμμα κατανομής Δήμου Αν
Αναονύοων
Γικ. 27 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόνραμμα κατανομής Δήμου Δν
βαρβάρας 51
Εικ. 28 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόνοαμμα κατανομής Λήμου Αν
Δινάλεω
Γικ 29 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόνοαμμα κατανομής Δήμου Ιλίου 53
Εικ. 30. Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα καταγομής Δήμου πίου. 55
Καματερού
······································

Εικ. 31 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Κορυδαλλού
55
Εικ. 32 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Περιστερίου.
56
Εικ. 33 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Περιστερίου.
57
Εικ. 34 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Λάμου Πετρούπολης
57
Εικ. 35 Αποτύπωση ιστορικών φαινομένων ρευστοποίσης στην ανατολική Μεσόγειο, με επίκεντρο τον Ελληνικό χώρο (Παπαθανασίου 2006).
61
Εικ. 36 Χάρτης επιδεκτικότητας των γεωλογικών σχηματισμών σε φαινόμενα ρευστοποιήσεων.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΑΛΗΨΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Με την υπ' αριθμόν 105/2010 απόφαση της Ε.Ε του Αναπτυξιακού Συνδέσμου Δυτικής Αθήνας (ΑΣΔΑ) συνάφθηκε σύμβαση μεταξύ του Αναπτυξιακού Συνδέσμου Δυτικής Αθήνας και του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών με την οποία ανατέθηκε η εκπόνηση της μελέτης «Επιχειρησιακή Οργάνωση των Δήμων του Αναπτυξιακού Συνδέσμου Δυτικής Αθήνας για την Πολιτική Προστασία και την Αντιμετώπιση Φυσικών και Περιβαλλοντικών Κινδύνων». Η μελέτη αυτή χρηματοδοτείται από τον Αναπτυξιακό Σύνδεσμο Δυτικής Αθήνας (ΑΣΔΑ). Η εκπόνηση της μελέτης περιλαμβάνει τέσσερεις (4) φάσεις:

- Α' Φάση: Δράσεις Μείωσης Πλημμυρικού Κινδύνου
- Β' Φάση: Δράσεις Μείωσης Σεισμικών Γεωδυναμικών Κινδύνων
- Γ' Φάση: Επιχειρησιακά Σχέδια Έκτακτων Αναγκών
- Δ' Φάση: Δράσεις Ενημέρωσης Κοινού

Το παρόν τεύχος αφορά στην Β' Φάση και στις Δράσεις Μείωσης Σεισμικών Γεωδυναμικών Κινδύνων.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ – ΣΤΟΧΟΙ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η βελτίωση της επιχειρησιακής οργάνωσης των δήμων του Αναπτυξιακού Συνδέσμου Δυτικής Αθήνας για την Πολιτική Προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων. Η μελέτη γίνεται στο πλαίσιο των απαιτήσεων για αντιμετώπιση των φυσικών κινδύνων που προκύπτουν από το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο τόσο σε εθνικό (Ν.3013/2002) όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.

Στόχοι της μελέτης είναι:

- η ανάλυση των σεισμικών φαινομένων, των επιτπώσεων τους, των γεωλογικών και γεωτεχνικών δεδομένων
- η έρευνα εκδήλωσης, η καταγραφή και η αξιολόγηση των συνοδών γεωδυναμικών φαινομένων
- η εκτίμηση του κινδύνου συνοδών γεωδυναμικών φαινομένων και η οριοθέτηση περιοχών που είναι δυνατό να εμφανισθούν
- η παραγωγή χαρτών επικινδυνότητας
- η ανάπτυξη προτάσεων και δράσεων αντιμετώπισης από την εκδήλωση συνοδών γεωδυναμικών φαινομένων

1.3 ΣΥΝΟΔΑ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Κατά τη διάρκεια σεισμικών δονήσεων εκδηλώνεται ταυτόχρονα ή αμέσως μετά τη σεισμική κίνηση ένας αριθμός γεωδυναμικών φαινομένων τα οποία βρίσκεονται σε άμεση συσχέτιση και είναι άμεσο αποτέλεσμα της σεισμικής διέγερσης.

Τέτοια φαινόμενα είναι ρευστοποιήσεις εδαφών, οι κατολισθήσεις-καταπτώσεις, οι χιονοστοιβάδες, οι μεταθέσεις ακτογραμμών, η εμφάνιση εδαφικών διαρρήξεων και τα τσουνάμι.

Σε ορισμένες περιπτώσεις τα φαινόμενα αυτά έχουν ιδιαίτερη σημασία καθώς πολλές φορές προκαλούν ζημιές μεγαλύτερες από τις ζημιές που προκαλεί η ίδια σεισμική δόνηση που τα διέγειρε.

Μαζί με τα ανωτέρω φαινόμενα είναι πιθανό να εκδηλωθούν πυρκαγιές οι οποιές από την αναφλεξη καύσιμων υλικών ή απο την δημιουργία βραχυκυκλωμάτων που ολοκληρώνουν με τη σειρα τους το καταστροφικό έργο των προηγούμενων φαινομένων.

Η εκδήλωση συνοδών γεωδυναμικών φαινομένων είναι ιδιαίτερα συχνή στον Ελληνικό χώρο και αναφέρεται με αρκετά μεγάλη σαφήνεια και σε σωζόμενα ιστορικά κείμενα που περιγράφουν καταστροφικούς σεισμούς.

Όμως η σημασία και συμβολή της στην ανάπτυξη και κατανομή των βλαβών έγινε κατανοητή μόλις τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα να αρχίσει μια μεγάλη προσπάθεια και σε διεθνές επίπεδο, επιστημονικής κατανόησης και γεωγραφικού εντοπισμού των φαινομένων. Ήδη σε μεγάλους σεισμούς στο διεθνή και στον Ελληνικό χώρο (π.χ. Πύργος, Γρεβενά, Αίγιο) έγιναν λεπτομερείς καταγραφές με αποτέλεσμα να αποκτηθεί μια σημαντική εμπειρία, η οποία οδηγεί στη μείωση των επιτπώσεων τους μέσα από την εφαρμογή ειδικών μέτρων και ρυθμίσεων.

1.3.1 ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΕΔΑΦΩΝ

Ένα από τα πλέον σοβαρά φαινόμενα που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια σεισμικών κινήσεων είναι η δημιουργία ρευστοποιήσεων. Οι ρευστοποιήσεις λαμβάνουν χώρα σε χαλαρά ιζήματα (ιλύς, άμμους) με παρουσία νερού όταν αυτά υπόκεινται σε επαναλαμβανόμενες διατμητικές φορτίσεις που μπορεί να αντιστοιχισθούν με ένα σεισμικό κύμα. Κατά τις ρευστοποιήσεις οι γεωλογικοί σχηματισμού χάνουν τη διατμητική τους αντοχή με αποτέλεσμα να μετατρέπεται η στερεά φάση σε υγρή και τελικά να αποκτούν παροδικά συμπεριφορά βαρέως ρευστού.

Όπως είναι σαφές η απώλεια της διατμητικής αντοχής και η μετατροπή από τη στερεά στην υγρή φάση των συγκεκριμένων γεωλογικών σχηματισμών έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια στήριξης των υπερκείμενων κατασκευών ή των τεχνικών έργων, τα οποία στην κυριολεξία βυθίζονται, ανατρέπονται ή καταρρέουν. Κύριες ενδείξεις των ρευστοποιήσεων στην επιφάνεια είναι η παρουσία εκτεταμένων αποθέσεων ιλυωδών ή αμμούχων σχηματισμών, οι οποίοι εκχύνονται στην επιφάνεια μέσω συστημάτων οπών και διαρρήξεων στα υπερκείμενα

στρώματα. Επίσης έμμεση ένδειξη ρευστοποιήσεων αποτελεί η δημιουργία κυματοειδών παραμορφώσεων ή βυθίσεων στην ελεύθερη επιφάνεια, πέραν βέβαια της απώλειας στήριξης και της βύθισης των υπερκείμενων σχηματισμών που είναι θεμελιωμένες στους πιθανώς ρευστοποιηθέντες σχηματισμούς. Αντίθετα, οι κατασκευές οι οποίες είναι θεμελιωμένες σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς που δεν ρευστοποιήθηκαν δεν διατρέχουν κίνδυνο, πέραν των προβλημάτων που προκαλούνται στους παρακείμενους ελεύθερους χώρους.

Αντιπροσωπευτικά σύγχρονα παραδείγματα εκδήλωσης μεγάλων ρευστοποιήσεων αποτελούν ο σεισμός στο San Francisco το 1989 στην περιοχή Bay, όπου εκδηλώθηκαν και οι μεγαλύτερες βλάβες καθώς επίσης και ο σεισμός στο Kobe το 1995, όπου ολόκληρη η παραλιακή περιοχή, το σύγχρονο λιμάνι και εμπορικές περιοχές καλύφθηκαν από εκατομμύρια τόνους ρευστοποιηθέντων υλικών που εξήλθαν στην επιφάνεια προκαλώντας ταυτόχρονα τεράστιες ζημιές. Στον Ελληνικό χώρο το πρόβλημα των ρευστοποιήσεων είναι υπαρκτό και σε άλλες με περιοχές έχει μόνο επιστημονικό ενδιαφέρον, ενώ σε άλλες προκαλεί έντονα προβλήματα.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εκδήλωση ρευστοποιήσεων σε περιοχές του Ελληνικού χώρου που πλήττονται από σεισμούς και δομούνται από σχετικά πρόσφατους και χαλαρούς σχηματισμούς, όπως για παράδειγμα οι πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές στις οποίες όμως υπάρχει η μεγαλύτερη και εντονότερη ανάπτυξη. Κατά τους σεισμούς της Κυλλήνης το 1988, του Πύργου το 1993 και του Αιγίου το 1995 οι ρευστοποιήσεις συνέβαλλαν ουσιαστικά στην ενίσχυση των καταστροφών.

Ο μηχανισμός δημιουργίας μιας ρευστοποίησης έχει ως εξής: όταν ένας χαλαρός σχηματισμός υπόκειτα σε δόνηση, όπως στην περίπτωση ενός σεισμού τότε έχει την τάση συμπύκνωσης, δηλαδή μεταβολής του όγκου του. Όταν υπάρχει παρουσία νερού των πόρων η παραμόρφωση αυτή εμποδίζεται με αποτέλεσμα η πίεση αυτή να μεταφέρεται στο ίδιο το νερό, με αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της πίεση των πόρων. Η συνεχιζόμενη αύξηση τις πίεσης οδηγεί σε μείωση της διατμητικής αντοχής του εδάφους έως και την πλήρη απώλεια της.

1.3.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

Οι εδαφικές παραμορφώσεις αποτελούν ένα σύνηθες φαινόμενο που συνοδεύει τις σεισμικές κινήσεις. Δεν έχει καμμια σχέση με τις σεισμικές διαρρήξεις οι οποίες αποτελούν άμεση εκδήλωση του σεισμικού ρήγματος στην επιφάνεια. Αντίθετα, οι εδαφικές παραμορφώσεις είναι το αποτέλεσμα της σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια, η οποία συνήθως δομείται από χαλαρούς σχηματισμούς. Οι εδαφικές παραμορφώσεις που προκαλούνται στους επιφανειακούς σχηματισμούς και έχουν περιορισμένο βάθος που σπάνια υπερβαίνει τα μερικά μέτρα, ενώ αντίθετα το μήκος τους μπορεί να φθάσει τα μερικέ δεκάδες μέτρα. Η γεωμετρία τους είναι ποικίλη και συνήθως ελέγχονται από διάφορους παράγοντες, όπως η γεωμετρία του πρανούς η διάταξη των στρώσεων των λεπτομερρών ασυνεχειών και η γειτνίαση με κοίτες ποταμών και ακτογραμμών. Τα κύρια αίτια εκδήλωσης των εδαφικών διαρρήξεων είναι η διαφορική σεισμική απόκριση μεταξύ των διάφορων χαλαρών σχηματισμών και η ρευστοποίηση υποκείμενων σχηματισμών. Σε πολλές μάλιστα περιπτώσεις οι εδαφικές διαρρήξεις και οι ρευστοποιήσεις εκδηλώνονται ταυτόχρονα και τα ρευστοποιηθέντα υλικά ανέρχονται στην επφάνεια δια μέσου των εδαφικών διαρρήξεων. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελούν και τα φαινόμενα που παρατηρήθηκαν κατά το σεισμό το Αιγίου του 1995, ενώ σε πολυάριθμες ακόμα περιπτώσεις στον Ελληνικό και διεθνή χώρο αναφέρονται αντίστοιχα παραδείγματα.

Οι παραμορφώσεις αυτές συνήθως δεν προκαλούν σημαντικές βλάβες στα κτίρια δεδομένου ότι η εκδήλωση τους περιορίζεται στα επιφανειαλά στρώματα και πολύ πιο πάνω από το σύνηθες επίπεδο θεμελίωσης των κατασκευών. Προκαλούν όμως σημαντικές βλάβες σε κατασκευές οι οποίες θεμελιώνονται στα επιφανειακά στρώματα καθώς επίσης και σε έργα οδοποιίας, διαμόρφωσης χώρων, εξωραιστικά έργα, κλπ.

1.3.3 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Ο γενικός όρος καταολισθητικά φαινόμενα περιλαμβάνει όλες τις εδαφικές μετακινήσεις ή μετακινήσεις βραχωδών υλικών και ειδκότερα τις κατολισθήσεις, και τις καταπτώσεις

Αρκετά συχνά κατά τη διάρκεια σεισμικών κινήσεων παρατηρούνται οι ανωτέρω μετακινήσεις λόγω κυρίως της αστάθειας που προκαλείται από τη σεισμική ώθηση. Ο βασικότερος λόγος προκλησης κατολισθητικών φαινομένων είναι η υπερνίκηση των υφιστάμενων δυνάμεων που προυπάρχουν και αντιτίθενται στην ολίσθηση, οι οποίες, όπως έχει αναφερθεί καλούνται παθητικές δυνάμεις.

Οι κατολισθήσεις και οι καταπτώσεις αποτελούν τα πλέον συνήθη φαινόμενα που συνοδεύουν κάποια δραστηριότητα, ενώ σε λιγότερες περιπτώσεις εμφανίζονται καθιζήσεις.

Οι μεγαλύτερες των κατολισθήσεων προκαλούνται από σεισμούς μεγέθους >6R ενώ σπάνια προκαλούνται κατολισθήσεις από σεισμούς με μεγέθη <4R.

Φυσικά στην εκδήλωση τέτοιων φαινομένων καθώς και στα μεγέθη των υλικών που εμπλέκονται κυρίαρχο ρόλο παίζουν άλλοι παράγοντες όπως η μορφολογία, η βλάστηση, ο προσανατολισμός του πρανούς, η φύση των γεωλογικών σχηματισμών και η αλληλουχία τους, οι υπάρχουσες ασυνέχειες η μετεωρολογία και η περιεχόμενη υγρασία αλλά και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις.

Για παράδειγμα στο σεισμό του 1995 στο Kobe διαπιστώθηκε πως η κύρια αιτία ενός πολύ μεγάλου αριθμού κατολισθήσεων ήταν ο προσανατολισμός των πρανών και η σχέση τους με τη σεισμική εστία ενώ αντίθετα τα κύρια αίτια εντός του οικιστικού χώρου ήταν οι ανθρώπινες παρεμβάσεις

Στον Ελληνικό χώρο οι κατολισθήσεις κατά τη διάρκεια σεισμικών κινήσεων είναι ένα πολύ συχνό φαινόμενο ιδιαίτερα στην περίπτωση σεισμών με μεγέθη μεγαλύτερα των 6 R. Για παράδειγμα αναφέρονται οι σεισμοί των Αλκυονίδων το 1981 που προκάλεσαν εκτεταμένες κατολισθήσεις στην περιοχή της Περαχώρας, ο σεισμός της Καλαμάτας το 1986 με εκτεταμένες καταπτώσεις στον Ταύγετο, οι σεισμοί της Μήλου το 1992, οι σεισμοί του Πύργου 1993 με καταπτώσεις στην περιοχή Βούναργου και τέλος οι σεισμοί των Γρεβενών το 1995 με κατολισθήσεις στο χωριό Κέντρο.

Οι επιπτώσεις από τις κατολισθήσεις είναι ιδιαίτερα μεγάλες στον Ελληνικό χώρο και αντιπροσωπεύονται κύριως από καταστροφές τεχνικών έρων, οδοποιίας κ.α. Ο κύριος λόγος εκδήλωσης κατολισθήσεων κατά τη διάρκεια σεισμών στον Ελληνικό χώρο είνα οι έντονες μορφολογικές κλίσεις, η καταπόνηση των γεωλογικών σχηματισμών από την τεκτονική παραμόρφωση, η σύνθετη λιθοστρωματογραφική διάρθρωση, οι συνθήκες υγρασίας, οι έντονη βροχόπτωση, κλπ.

Οι εδαφικές κινήσεις και τα κατολισθητικά φαινόμενα αποτελούν συχνό φαινόμενο στην Ελλάδα καθώς η εκδήλωσή τους ευνοείται από το γεωτεκτονικό καθεστώς του Ελληνικού χώρου. Το καθεστώς αυτό καθορίζει όλους τους επιμέρους παράγοντες όπως η ενεργή τεκτονική, η γεωμορφολογία, η λιθολογία και το κλίμα οι οποίοι αποτελούν σημαντικές παραμέτρους στην εκδήλωση κατολισθήσεων.

Στον Ελληνικό χώρο καταγράφεται πλούσιο ιστορικό κατολισθητικών φαινομένων τα οποία σε πολλές περιπτώσεις έχουν επιφέρει θανάτους και τραυματισμούς αλλά και σημαντικές ζημιές σε περιουσίες και υποδομές.

Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις κατολισθητικών φαινομένων εμφανίζονται στις κεντρικές και δυτικές περιοχές κυρίως γύρω από την οροσειρά της Πίνδου, αλλά και στη βόρεια και δυτική Πελοπόννησο (Κούκης & Ζιούρκας 1989, Ζιούρκας & Κούκης 1992, Koukis et al 1997a, Koukis et al 1997b).

Οι Koukis et al (2005) κατάρτησαν ένα χάρτη κατολισθητικής επικινδυνότητας επικινδυνότητας του Ελληνικού χώρου μελετώντας τον αριθμό των φαινομένων ανά 100 τετραγωνικά χιλιόμετρα (Εικ. 1). Με βάση το χάρτη αυτό παρατηρεί κανείς ότι τα περισσότερα γεγονότα συγκεντρώνονται στην οροσειρά της Πίνδου, στη βόρεια και δυτική Πελοπόννησο αλλά και στην Πιερία στο Πήλιο, στην Εύβοια στην δυτική Στερεά Ελλάδα και στην Κρήτη.



Εικ. 1 Χάρτης ζωνών κατολισθητικής επικινδυνότητας στον Ελληνικό χώρο (Koukis et al 2005).

1.3.4 ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ

Οι καθηζίσεις είναι κατακόρυφες βυθίσεις ή παραμορφώσεις με σημαντική κατακόρυφη συνιστώσα που συμβαίνουν λόγω ιδιαίτερων φορτίσεων των γεωλογικών σχηματισμών και σχετίζονται με την πίεση του νερού των πόρων και το καθεστώς των τάσεων που ασκούνται σε ένα εδαφικό ορίζοντα.

Οι καθιζήσεις και οι καταρρεύσεις ανήκουν στις σημαντικές γεωλογικές καταστροφές και γίνονται όλο και πιο συνήθεις αφού οι χρήσεις γης επεκτείνονται συνεχώς σε περιοχές που είναι περισσότερο επιρρεπείς σε αυτές. Η ανάγκη για νερό και η υπεράντληση του οδηγεί στην πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζονται και στη μείωση της αρτεσιανής πίεσης εντίνοντας έτσι το πρόβλημα των καθιζήσεων. Σε ορισμένες περιοχές παλαιά υπόγεια ορυχεία καταρρέουν προκαλώντας έτσι προβλήματα καθιζήσεων στην επιφάνεια.

Διακρίονται τρία είδη καθιζήσεων:

- Καθιζήσεις στην εδαφική επιφάνεια η κοντά σε αυτήν. Πρόκειται για (i) καθιζήσεις σε λεπτόκοκκα ιζήματα τα οποία μπορεί να υποστούν συμπίεση, (ii) καθιζήσεις σε περιοχές όπου παρατηρείται συστολή και διαστολή αργιλικών υλικών, (iii) περιοχές όπου με αποστράγγιση και αποσύνθεση των πλούσιων σε οργανικά υλικά αποθέσεων παρατηρείται υποχώρηση της εδαφικής επιφάνειας.
- Καθιζήσεις από άντληση: μετά από απομάκρυνση του νερού των πόρων παραηρείται ελάττωση της πίεσης, γεγονός που οδηγεί σε συμπύκνωση των εδαφικών οριζόντων.
- 3. Καθιζήσεις από καταρρεύσεις υπόγειων ορυχείων. Η υπόγεια εξόρυξη προυποθέτει την απομάκρυνση ποσοτήτων εδαφικού υλικού με αποτέλεσμα τη δραστική ελάττωση της αντολχής των υπερκείμενων ιζημάτων. Τέτοιου είδους φαινόμενα παρατηρούνται κυρίως όταν οι διαδικασίες εξόρυξης διεξάγονται κοντά στην επιφάνεια

Μια σεισμική δόνηση μπορεί να αποτελέσει καταλυτικό παράγοντα επιτάχυνσης στην εξέλιξη αυτών των τριών ειδών παραμόρφωσης καθιστώντας τις καθιζήσεις ένα από τα σημαντικά συνοδά γεωδυναμικά φαινόμενα.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Δυτική Αθήνα αποτελεί μια χωροταξική ενότητα του πολεοδομικού συγκροτήματος της πρωτεύουσας. Περιλαμβάνει 10 δήμους (Αγ. Βαρβάρας, Αγ. Αναργύρων, Αιγάλεω, Ζεφυρίου, Ιλίου, Καματερού, Κορυδαλλού, Περιστερίου, Πετρούπολης, Χαϊδαρίου) οι οποίοι αποτελούν τον ΑΣΔΑ (Εικ. 2) ο οποίος είναι αναπτυξιακός σύνδεσμος διαδημοτικής συνεργασίας με σκοπό την ενίσχυση των ρυθμών ανάπτυξης της περιοχής. Η περιοχή καταλαμβάνει έκταση 70km² εκ των οποίων περίπου το 54% αντιστοιχεί σε περιοχές που εμπίπτουν στο εγκεκριμένο Σχέδιο Πόλης, ενώ το υπόλοιπο 46% σε εκτάσεις εκτός του Σχεδίου Πόλεως.

Σε γενικές γραμμές το οικιστικό σύνολο χαρακτηρίζεται από μικτές χρήσεις γης, υψηλή οικιστική πυκνότητα, σχετική έλλειψη ελεύθερων χώρων, επιβαρυμένη οδική κυκλοφορία και ατμοσφαιρική ρύπανση Ο συνολικός πληθυσμός της περιοχής ανέρχεται σε 700.000 σύμφωνα με τον ΑΣΔΑ (2008). Σε κάθε περίπτωση η υψηλή συγκέντρωση κατοίκων αλλά και οι χρήσεις γης, καθιστούν την τρωτότητα της περιοχής πολύ υψηλή και το διακύβευμα σε περίπτωση μιας φυσικής καταστροφής πολύ σημαντικό. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι δήμοι σε αντιπαραβολή με τον αστικό τους ιστό.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση των επιπτώσεων του σεισμού των Αθηνών (Σεπτέμβριος 1999) στην περιοχή μελέτης. Διάδοση της διάρρηξης κατά μήκος του σεισμογόνου ρήγματος με κατεύθυνση την πόλη των Αθηνών αναφέρουν και οι Papadimitriou et al. (2000). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, παρατηρήθηκε εμφανής φάση τερματισμού, η οποία ερμηνεύθηκε ως επίδραση του όρους Αιγάλεω που λειτούργησε ως φράγμα (Aki, 1979) στην μετάδοση της σεισμικής ενέργειας. Πιθανή συμβολή της γεωμετρίας των ορεινών όγκων στο φαινόμενο της κατευθυντικότητας αναφέρουν οι Delibasis et al. (2000), ενώ σύμφωνα με άλλους ερευνητές, η παρουσία σ ημαντικών βλαβών ανατολικά του Όρους Αιγάλεω δεν επιβεβαιώνει την παραπάνω άποψη (Tzitziras et al., 2000). Γεγονός είναι ότι η παρουσία τεκτονικής επαφής στο περιθώριο της λεκάνης του Θριάσιου με το Όρος Αιγάλεω, εκατέρωθεν της οποίας παρατηρείται έντονη διαφοροποίηση της ταχύτητας των σεισμικών κυμάτων (Πυρλή, 2001; Drakatos et al., 2002; 2005), σηματοδοτεί τον ρόλο που διαδραμάτισε η εν λόγω δομή στην εξάπλωση της σεισμικής ενέργειας.



Εικ. 2 Χάρτης της περιοχής μελέτης με τα όρια των δήμων του ΑΣΔΑ.

Η παρατηρούμενη κατευθυντικότητα επιβεβαιώνει τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις, που εντοπίζονται κυρίως στο δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου (Papanastassiou et al. 2000). Οι Παπανικολάου et al. (2002) και Lekkas (2000) ταυτόχρονα του φαινομένου της κατευθυντικότητας αναφέρουν πιθανή ενίσχυση των παρατηρούμενων μακροσεισμικών εντάσεων λόγω της συμβολής φαινομένων εστίασης (focusing effects) και opίou ιζηματογενούς λεκάνης (basin effects). Η πλειόσειστος περιοχή περιλαμβάνει τα δυτικά και βορειοδυτικά προάστια των Αθηνών, εκτεινόμενη σε μια ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση. Οι παρατηρούμενες εντάσεις κυμάνθηκαν από VII έως ΙΧ βαθμούς της μακροσεισμικής κλίμακας MM (τροποποιημένη κλίμακα Mercalli-Sieberg), ενώ τοπικά παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές της τάξεως των ΙΧ + βαθμών (Anastasiadis et al. 1999; Psycharis et al.; 1999, Papanastassiou et al. 2000). Σύμφωνα με τον EMS-1998 οι εντάσεις έφτασαν τους Χ βαθμούς και τις Αξαρνές, κατά μήκος του Κηφισού Ποταμού καθώς επίσης και στα Άνω Λιόσια, τις Αχαρνές και τους Θρακομακεδόνες, στους πρόποδες της Πάρνηθας.

Ως προς την περιοχή μελέτης, όρια δήμων ΑΣΔΑ, γεγονός είναι ότι οι παρατηρούμενες εντάσεις είναι χαμηλότερες σχετικά με εκείνες του βόρειου λεκανοπεδίου, παρ' όλα αυτά παραμένουν σημαντικές υποδεικνύοντας την ανάγκη διερεύνησης τυχών δευτερογενών φαινομένων ...

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση των επιπτώσεων του σεισμού των Αθηνών (Σεπτέμβριος 1999) στην περιοχή μελέτης. Διάδοση της διάρρηξης κατά μήκος του σεισμογόνου ρήγματος με κατεύθυνση την πόλη των Αθηνών αναφέρουν και οι Papadimitriou

et al. (2000). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, παρατηρήθηκε εμφανής φάση τερματισμού, η οποία ερμηνεύθηκε ως επίδραση του όρους Αιγάλεω που λειτούργησε ως φράγμα (Aki, 1979) στην μετάδοση της σεισμικής ενέργειας. Πιθανή συμβολή της γεωμετρίας των ορεινών όγκων στο φαινόμενο της κατευθυντικότητας αναφέρουν οι Delibasis et al. (2000), ενώ σύμφωνα με άλλους ερευνητές, η παρουσία σ ημαντικών βλαβών ανατολικά του Όρους Αιγάλεω δεν επιβεβαιώνει την παραπάνω άποψη (Tzitziras et al., 2000). Γεγονός είναι ότι η παρουσία τεκτονικής επαφής στο περιθώριο της λεκάνης του Θριάσιου με το Όρος Αιγάλεω, εκατέρωθεν της οποίας παρατηρείται έντονη διαφοροποίηση της ταχύτητας των σεισμικών κυμάτων (Πυρλή, 2001; Drakatos et al., 2002; 2005), σηματοδοτεί τον ρόλο που διαδραμάτισε η εν λόγω δομή στην εξάπλωση της σεισμικής ενέργειας.

Η παρατηρούμενη κατευθυντικότητα επιβεβαιώνει τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις, που εντοπίζονται κυρίως στο δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου (Papanastassiou et al. 2000). Οι Παπανικολάου et al. (2002) και Lekkas (2000) ταυτόχρονα του φαινομένου της κατευθυντικότητας αναφέρουν πιθανή ενίσχυση των παρατηρούμενων μακροσεισμικών εντάσεων λόγω της συμβολής φαινομένων εστίασης (focusing effects) και opίou ιζηματογενούς λεκάνης (basin effects). Η πλειόσειστος περιοχή περιλαμβάνει τα δυτικά και βορειοδυτικά προάστια των Αθηνών, εκτεινόμενη σε μια BA-NΔ διεύθυνση. Οι παρατηρούμενες εντάσεις κυμάνθηκαν από VII έως ΙΧ βαθμούς της μακροσεισμικής κλίμακας MM (τροποποιημένη κλίμακα Mercalli-Sieberg), ενώ τοπικά παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές της τάξεως των IX+ βαθμών (Anastasiadis et al. 1999; Psycharis et al.; 1999, Papanastassiou et al. 2000). Σύμφωνα με τον EMS-1998 οι εντάσεις έφτασαν τους Χ βαθμούς Lekkas (2001). Οι υψηλότερες εντάσεις παρατηρήθηκαν στην περιοχή της Χελιδονούς και τις Αδάμες, κατά μήκος του Κηφισού Ποταμού καθώς επίσης και στα Άνω Λιόσια, τις Αχαρνές και τους Θρακομακεδόνες, στους πρόποδες της Πάρνηθας.

Ως προς την περιοχή μελέτης, όρια δήμων ΑΣΔΑ, γεγονός είναι ότι οι παρατηρούμενες εντάσεις είναι χαμηλότερες σχετικά με εκείνες του βόρειου λεκανοπεδίου, παρ' όλα αυτά παραμένουν σημαντικές υποδεικνύοντας την ανάγκη διερεύνησης τυχών εκδήλωσης συνοδών σεισμικών γεωδυναμικών κινδύνων.



Εικ. 3 Χάρτης μακροσεισμικών εντάσεων και συνοδών γεωδυναμικών φαινομένων (αστερίσκοι) του σεισμού των Αθηνών (7/9/1999).

2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Στην περιοχή του δυτικού λεκανοπεδίου, τμήμα της οποίας καταλαμβάνουν τα ΑΣΔΑ, μπορούν να διακριθεί η επίπεδη ζώνη του δυτικού λεκανοπεδίου κι η ημιορεινή ζώνη του Αιγάλεω και του Ποικίλου. Οι δύο αυτοί ορεινοί όγκοι διαχωρίζονται φυσικογεωγραφικά από ένα στενό δίαυλο, ο οποίος ενώνει το λεκανοπέδιο της Αθήνας, με τον κόλπο της Ελευσίνας. Τα μεγαλύτερα υψόμετρα εντοπίζονται κατά μήκος του Αιγάλεω και του Ποικίλου, ενώ τα μικρότερα, κατά μήκος της παράκτιας ζώνης στην περιοχή του Σκαραμαγκά και κατά μήκος της κοίτης του Κηφισού ποταμού.

Σ' ότι αφορά τα ΑΣΔΑ, οι Δήμοι Αγίας Βαρβάρας, Αιγάλεω, Περιστερίου, Ίλιον, Αγ. Αναργύρων και Ζεφυρίου, μπορούν να θεωρηθούν ως «πεδινοί» Δήμοι, σε αντίθεση με τον Κορυδαλλό, Χαϊδαρίου, Πετρουπόλεως και Καματερού, μεγάλα τμήματα των οποίων περιλαμβάνουν τις ανατολικές υπώρειες των δυτικών ορεινών όγκων του λεκανοπεδίου. Παρακάτω, παρουσιάζονται αναλυτικά τοπογραφικά στοιχεία, το φυσικό υδρογραφικό του δίκτυο και το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου, με την κατανομή του οικιστικού ιστού (Εικ. 4 & 5).

Τα Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου παρέχουν τη δυνατότητα να μαθηματικοποιήσουν τη γεωμετρία της επιφάνειας του εδάφους από την άποψη του αναγλύφου και συμβάλλουν στην παραγωγή πολύ λεπτομερών και μεγάλης ακρίβειας θεματικών χαρτών, όπως οι χάρτες κλίσεων. Η δημιουργία ενός χάρτη κλίσεων γίνεται μέσα από λογισμικά που διαθέτουν δυνατότητες επεξεργασίας εικόνας και αποτελεί πολύ σημαντική εργασία για τη μορφολογική ταξινόμηση μιας περιοχής. Έτσι, για την περιοχή του ΑΣΔΑ, από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου, προέκυψε ο χάρτης μορφολογικών κλίσεων (**Εικ. 6**).

Μελετώντας τις μορφολογικές κλίσεις του δυτικού λεκανοπεδίου, με απαλό χρώμα διακρίνονται οι επίπεδες περιοχές του, ενώ με πιο έντονο οι περιοχές αυξημένων κλίσεων. Στον γενικότερο χάρτη, αλλά και στους αντίστοιχους χάρτες για κάθε Δήμο, διαχωρίστηκαν έξι (6) βασικές τάξεις. Η πρώτη (<5°), περιλαμβάνει τις περιοχές μικρών κλίσεων, το μεγαλύτερο τμήμα των οποίων είναι καλυμμένο από τον οικιστικό ιστό. Η δεύτερη (5°-10°) και τρίτη (10°-15°), τις μεταβατικές περιοχές, οι οποίες εντοπίζονται στις υπώρειες των ορεινών όγκων.



Εικ. 4 Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου της περιοχής μελέτης.



Εικ. 5 Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.



Εικ. 6 Χάρτης μορφολογικών κλίσεων της δυτικής Αθήνας με τα όρια των δήμων του ΑΣΔΑ.

Στις περιοχές αυτές, ο αστικός ιστός έχει μικρότερη πυκνότητα, με εξαίρεση τον «δίαυλο» του Χαϊδαρίου και την περιοχή ανατολικά του Ναυστάθμου, που απουσιάζει εντελώς. Οι υπόλοιπες τρεις κατηγορίες (15°-20°, 20°-30°, >30°), περιλαμβάνουν περιοχές αυξημένων κλίσεων, η πλειοψηφία των οποίων εντοπίζεται κατά μήκος του Αιγάλεω και του Ποικίλου.

Η επεξεργασία των ΨΜΑ προσφέρει ακόμα μία δυνατότητα, που είναι ο υπολογισμός του προσανατολισμού των πρανών που δεν αποτελούν επίπεδες περιοχές. Μετά την διάκριση των περιοχών που δεν είναι επίπεδες, είναι δυνατό να παραχθούν διαγράμματα κατανομής του προσανατολισμού των κλίσεων, τα οποία σε αρκετές περιπτώσεις δίνουν αποτελέσματα, που οπτικοποιούν την επιφανειακή κατάσταση μιας περιοχής και παράλληλα δίνουν πολλές φορές μπορούν να αποτελέσουν δεδομένα εισόδου για μοντέλα προσομοίωσης κατολισθήσεων. Στην ουσία, ομαδοποιούν τις ομόρροπες κλίσεις και δείχνουν τις επικρατούσες διευθύνσεις των πρανών. Έτσι, για την περιοχή των ΑΣΔΑ, από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου, προέκυψε ο χάρτης προσανατολισμού πρανών (**Εικ. 7**).



Εικ. 7 Χάρτης προσανατολισμού πρανών της περιοχής μελέτης

Μελετώντας τον χάρτη προσανατολισμού πρανών του δυτικού λεκανοπεδίου, γίνεται φανερό, ότι στο μεγαλύτερο «πεδινό» τμήμα του λεκανοπεδίου, κυριαρχούν οι νοτιοανατολικές – ανατολικές κλίσεις, που στα κατάντη μεταπίπτουν σε νότιες. Οι περιοχές με τις νοτιοανατολικές και ανατολικές κλίσεις ταυτίζονται με περιοχές «αποκομιδής», ενώ οι αντίστοιχες νότιες, κοντά στην κύρια κοίτη του Κηφισού, με περιοχές «απόθεσης». Μάλιστα η πρώτη ομάδα ταυτίζεται με την κατανομή των νεογενών ιζημάτων και των Πλειστοκαινικών ριπιδίων του δυτικού λεκανοπεδίου, ενώ οι δεύτερες με τις αλλουβιακές αποθέσεις του Κηφισού. Σ΄ ότι αφορά τον προσανατολισμό των πρανών, μεγάλη διαφοροποίηση παρατηρείται στην περιοχή του δίαυλου Χαϊδαρίου, , όπου το βόρειο τμήμα του αντιπροσωπεύεται χαρακτηριστικά από νότιες γενικά κλίσεις, ενώ το νότιο, από βόρειες.

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι σχηματισμοί που λαμβάνουν μέρος στη γεωλογική δομή της περιοχής των Δήμων του ΑΣΔΑ, διακρίνονται σε αλπικούς και μεταλπικούς. Οι αλπικοί εντοπίζονται στους ορεινούς όγκους, ενώ οι μεταλπικοί πληρούν τις χαμηλά ταπεινωμένες περιοχές, μέχρι τον υδροκρίτη του Κηφισού. Οι αλπικοί σχηματισμοί του δυτικού λεκανοπέδιου διακρίνονται σε δύο βασικές γεωτεκτονικές ενότητες. Η πρώτη, η Υποπελαγονική ενότητα, αντιστοιχεί σε μη μεταμορφωμένα πετρώματα, κυρίως ανθρακικά και κλαστικά ιζηματογενή, που δομούν τους ορεινούς όγκους του Ποικίλου όρους και του Αιγάλεω. Η δεύτερη, το Αλλόχθονο του λεκανοπέδιου των Αθηνών ή αλλιώς η ενότητα Αθηνών, αποτελείται από ιζηματογενή έως ημιμεταμορφωμένα πετρώματα μεταξύ των οποίων συμμετέχουν ψαμμίτες, πηλίτες, σχίστες, πελαγικοί ασβεστόλιθοι ανωκρητιδικής ηλικίας και νηρητικοί ασβεστόλιθοι, που περιέχουν

2.2.1 ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Η ενότητα της Υποπελαγονικής συνίσταται από μια σειρά ιζηματογενών πετρωμάτων. Κλαστικών στη βάση, και στη συνέχεια ανθρακικών, η ηλικία των οποίων κυμαίνεται από το Ανώτερο Παλαιοζωϊκό μέχρι το Ανώτερο Ιουρασικό.

Ο σχηματισμός βάσης, αποτελεί ένα ηφαιστειοϊζηματογενές σύμπλεγμα που αποτελείται από εναλλαγές τεφροπράσινων κυρίως και φαιών αργιλλικών σχιστών, πηλιτών, ψαμμιτών, χαλαζιακών κροκαλοπαγών, τόφφων και τοφφιτών μέσα στις οποίες απαντούν επίσης ασβεστόλιθοι, αρκόζες και γραουβάκες, καθώς και τεμάχη λαβών, που ανήκουν κυρίως στον τύπο του χαλαζιακού κερατοφύρη.

Χαρακτηριστική λιθολογική φάση του κλαστικού σχηματισμού της βάσης της Υποπελαγονικής αποτελούν οι βαθυκύανοι έως μαύροι βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι που βρίσκονται μέσα στα κλαστικά ιζήματα ως ανεξάρτητα τεμάχη με τη μορφή μεγάλων ή μικρότερων ολισθολίθων. Μερικές φορές αποτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από θραύσματα στελεχών κρινοειδών και άλλων εχινοδέρμων, φυκών, ενώ απαντούν επίσης και βραγχιονόποδα, γαστερόποδα και τρηματοφόρα, όλα χαρακτηριστικά είδη του Περμίου (250-230 εκατομμύρια χρόνια από σήμερα). Από τα απολιθώματα των ασβεστολιθικών ολισθολίθων και από τη στρωματογραφική θέση του συνόλου του σχηματισμού προκύπτει η ηλικία του, η οποία είναι μεταξύ Ανώτερου Παλαιοζωϊκού και Κατώτερου Τριαδικού.

Ο κλαστικός σχηματισμός της βάσης της Υποπελαγονικής αναπτύσσεται με μικρή σχετικά επιφανειακή εξάπλωση, σε όλη την έκταση του Ποικίλου Όρους (Περιοχή Καματερού), ενώ αρκετά εκτεταμένος βρίσκεται στην περιοχή του Αιγάλεω. Σε όλες τις προαναφερθείσες περιοχές ο σχηματισμός βρίσκεται τεκτονικά ενσφηνωμένος με τα ανθρακικά πετρώματα της Υποπελαγονικής, λόγω των φαινομένων εφιππεύσεως, που χαρακτηρίζουν ολόκληρη την ενότητα. Έτσι σε πολλές θέσεις το ηφαιστειοϊζηματογενές σύμπλεγμα της βάσης της Υποπελαγονικής, αν και κατώτερος στρωματογραφικά σχηματισμός, επικάθεται τεκτονικά των ανθρακικών σχηματισμών, που είναι και οι νεώτεροι, όπως συμβαίνει σε πολλές θέσεις στο Ποικίλο Όρος (Γουλιώτης, 2002), και μέσα στην κύρια ορεινή μάζα του Αιγάλεω (Τάταρης-Σίδερης 1989).

Ο δεύτερος λιθολογικός σχηματισμός της Υποπελαγονικής, που είναι και ο κύριος, συγκροτεί σχεδόν το σύνολο των ορεινών μαζών Αιγάλεω, Ποικίλου Όρους. Αποτελείται από λευκούς, τεφρόλευκους και κατά θέσεις ροδόχροους ασβεστόλιθους, και δολομιτικούς ασβεστόλιθους, άστρωτους έως παχυστρωματώδεις, νηρητικής φάσεως. Η ηλικία τους, βάσει της περιεχομένης πανίδας και χλωρίδας (δίθυρα ελασματοβράγχια, φύκη, τρηματοφόρα, κοράλλια), κυμαίνεται από το Μέσο-Ανώτερο Τριαδικό μέχρι το Ανώτερο Ιουρασικό (Κιμμερίδιο). Αποτελούν την προς τα άνω κανονική εξέλιξη του ηφαιστειοϊζηματογενούς συμπλέγματος, αλλά λόγω της έντονης τεκτονικής που έχει επηρεάσει την ενότητα, η στρωματογραφική συνέχεια έχει χαθεί, μ' αποτέλεσμα στις περισσότερες περιπτώσεις η επαφή να είναι τεκτονική. Τα ανθρακικά πετρώματα της Υποπελαγονικής εμφανίζονται συνήθως κατακερματισμένα, αναπτύσσοντας πυκνές διακλάσεις και δευτερογενές πορώδες, λόγω καρστοποίησης, ενώ το πάχος τους φθάνει τις μερικές εκατοντάδες μέτρα.

Οι σχηματισμοί της Ενότητας της Υποπελαγονικής στο μεγαλύτερο μέρος της επαφής τους με τους σχηματισμούς του Λεκανοπεδίου των Αθηνών καλύπτονται ασύμφωνα από τις μεταλπικές αποθέσεις (πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων), αλλά σε αρκετές θέσεις κατά μήκος των ανατολικών προπόδων του Αιγάλεω και του Ποικίλου Όρους παρατηρείται η τεκτονική επαφή μεταξύ των σχηματισμών της Υποπελαγονικής και της Ενότητας Αθηνών που φέρει την πρώτη (Υποπελαγονική ενότητα) να υπόκειται της δεύτερης (Ενότητα Αθηνών).

Αξιόλογες θέσεις στις οποίες μπορεί να παρατηρηθεί ευχερώς η τεκτονική επαφή των δύο ενοτήτων, είναι η θέση Πηγάδια Καματερού (περιοχή Καματερού), η θέση Τάφος Γύφτισσας (περιοχή μεταξύ Δήμων Άνω Λιοσίων και Αχαρνών), η περιοχή Πετρούπολης, η θέση όπου βρίσκονται τα παλαιά λατομεία Κηπούπολης, βόρεια των Άσπρων Χωμάτων, στη θέση όπου βρίσκεται το συγκρότημα των λόφων του Κορυδαλλού (οδός Δερβενακίων από το Δαφνί προς Νίκαια) και λίγο νοτιότερα στην περιοχή, όπου υψώνεται ο Μεγάλος Καραβάς (περιοχή Νίκαιας).

2.2.2 ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΘΗΝΩΝ

Η ενότητα Αθηνών δομεί σχεδόν στο σύνολο το εσωτερικό τμήμα του Λεκανοπεδίου των Αθηνών. Οι επιφανειακές της εμφανίσεις καταλαμβάνουν έκταση πολύ μικρότερη από την πραγματική της εξάπλωση, λόγω του γεγονότος ότι στο μεγαλύτερό της μέρος καλύπτεται από τις μεταλπικές αποθέσεις του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς. Κατά μήκος της δυτικής παρυφής του Λεκανοπεδίου οι εμφανίσεις της Ενότητας των Αθηνών σχηματίζουν επιμήκη ζώνη, την οποία αποτελούν οι λόφοι και πρόβουνοι των ορεινών μαζών του κυρίως Αιγάλεω και του Ποικίλου Όρους.

Οι λόφοι και πρόβουνοι αυτοί, οι οποίοι παρουσιάζουν μια επιμήκη διάταξη παράλληλα προς την γενική διάταξη του όρους και είναι από Βορρά προς Νότο: Τάφος Γύφτισσας (Καματερού) (183m), Πετρούπολης (205m), Λατομείων Άσπρων Χωμάτων (Κηπούπολης) (239m), Προφήτη Ηλία Χαϊδαρίου (189m),του συγκροτήματος Κορυδαλλού (Κανιάρης 262 m, Κορυδαλλού 299m, Μικρός Καραβάς).

Η ενότητα Αθηνών συνιστά ένα κάλυμμα με διαδοχικές λεπιώσεις ανάμεσα σε ανωκρητιδικούς νηρητικούς ασβεστόλιθους, αντίστοιχης ηλικίας πελαγικούς με κλαστικά,

αργιλοψαμμιτικά ιζήματα και οφιόλιθους. Από λιθολογική και πετρογραφική άποψη μπορούν να διακριθούν μέσα στην Ενότητα των Αθηνών δύο βασικά λιθολογικά συστήματα, τα οποία παρουσιάζουν βασικές λιθοφασικές διαφορές και διαφορετικούς χαρακτήρες τεκτονικής παραμόρφωσης (Παπανικολάου et al., 2004). Εξ άλλου τα δύο αυτά λιθολογικά σύνολα που αποτελούν δύο επιμέρους «τεκτονικές ενότητες» Το πρώτο, συνίσταται από λευκούς συμπαγείς ανακρυσταλλωμένους ως επί το πλείστον ασβεστόλιθους, οι οποίοι εμφανίζονται άστρωτοι σε υφαλώδη και γενικά νηρητική φάση. Από την άλλη, το δεύτερο σύστημα της ενότητας, αντιστοιχεί σ'ένα σύνθετο πετρολογικό σύνολο – μείγμα πετρωμάτων, που αποτελείται από περισσοτέρους του ενός λιθολογικούς τύπους, είναι δε γνωστό από παλαιότερα με την ονομασία «σχιστόλιθοι των Αθηνών» (Μαρίνος et al. 1971). Στο μικτό αυτό πετρολογικό σύστημα περιλαμβάνονται κλαστικά ιζήματα, όπως ψαμμίτες, άργιλοι, ψαμμούχες μάργες και γραουβάκες, πηλίτες, καθώς επίσης και πλακώδεις πελαγικοί

Στην περιοχή Πετρουπόλεως, το κάλυμμα των "σχιστολίθων των Αθηνών" (s.s.) πλησίον της επαφής του προς τους υποκειμένους ασβεστόλιθους της Υποπελαγονικής αποτελείται από ερυθρούς και πράσινους τόφφους και τοφφίτες, μάργες και σχίστες, που εναλλάσσονται μεταξύ τους. Νοτιότερα και επί της ίδιας ζώνης (δυτική παρυφή λεκανοπεδίου) στην περιοχή των παλαιών λατομείων Κηπούπολης – Άσπρων Χωμάτων οι "σχιστόλιθοι Αθηνών" (s.s.) (κατώτερο κάλυμμα Ενότητας Αθηνών) αποτελείται από εναλλαγές καστανόφαιων σχιστοποιημένων πηλιτών και σχιστών, ψαμμιτών, μαργών και πλακωδών ασβεστόλιθων.

Ακόμη νοτιότερα, στην περιοχή του λόφου Προφήτη Ηλία Χαϊδαρίου, κάτω από το κάλυμμα των νηρητικών ασβεστολίθων της Ενότητας των Αθηνών οι λεγόμενοι "σχιστόλιθοι των Αθηνών" έχουν την όψη ενός πετρολογικού μείγματος, το οποίο συνίσταται και πάλι από ψαμμίτες και ψαμμούχες μάργες, πηλίτες, σχίστες, ηφαιστειακούς τόφφους και τοφφίτες και πλακώδεις ασβεστόλιθους ανωκρητιδικής ηλικίας.

2.2.3 ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί καλύπτουν ασύμφωνα τους υποκείμενους αλπικούς στο μεγαλύτερο τμήμα της επίπεδης περιοχής του δυτικού λεκανοπέδιου. Διακρίνονται σε σχηματισμούς του Νεογενούς και σε σχηματισμούς του Τεταρτογενούς. Οι νεογενείς σχηματισμοί βρίσκονται στο μεγαλύτερό τους μέρος καλυμμένοι από τους νεότερους τεταρτογενείς.

Οι τεταρτογενείς σχηματισμοί καλύπτουν ασύμφωνα τους υποκείμενους σχηματισμούς στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής, είτε πρόκειται για αλπικούς, είτε για σχηματισμούς του Νεογενούς. Διακρίνονται σε, αλλούβια, πλευρικά κορήματα και Πλειστοκαινικά (?) ριπίδια.

<u>Αλλούβια:</u> Πρόκειται κυρίως για τις προσχώσεις του Κηφισού ποταμού και των παραποτάμων του. Αποτελούνται από αργίλους, ιλύες και χαλαρά κροκαλοπαγή, με συχνές πλευρικές μεταβάσεις, γεγονός που αντικατοπτρίζει το ευμετάβλητο καθεστώς απόθεσής τους (εποχιακές μεταβολές κοίτης, υπερχείλιση ποταμών, περίοδοι ξηρασίας, κ.α.). Τα όριά τους με τους υποκείμενους σχηματισμούς είναι ιδιαίτερα ασαφή, τόσο λόγο της φύσης των αποθέσεων όσο και της εντονότατης ανθρώπινης δραστηριότητας στις περιοχές εμφάνισης των αλλουβίων, η οποία έχει καταστήσει ουσιαστικά αδύνατη οποιαδήποτε επιτόπια επιφανειακή μελέτη.

Το πάχος τους αυξάνεται γενικά από τα Βόρεια προς τα Νότια και προς την αξονική ζώνη του Κηφισού ποταμού, όπου και αναμένεται να φτάνει και τα 30-40 μ. Σε γενικές γραμμές πάντως είναι μεταβαλλόμενο και σπάνια ξεπερνά τα λίγα μέτρα.

Πλευρικά κορήματα: Είτε ασύμφωνα, είτε σε πλευρική μετάβαση με τις αλλουβιακές αποθέσεις της περιοχής μελέτης αναπτύσσονται τα πλευρικά κορήματα και τα ριπίδια. Οι σχηματισμοί αυτοί χαρτογραφούνται εκτεταμένοι στο ανατολικό τμήμα των ορεινών όγκων του Αιγάλεω και του Ποικίλου, στον επίπεδο δίαυλο μεταξύ τους, καθώς και κατά μήκος της παράκτιας ζώνης του Όρμου Σκαραμαγκά και του κόλπου της Ελευσίνας. Σε ότι αφορά τα πλευρικά κορήματα, συνιστούν χαλαρές αποθέσεις αποτελούμενες από γωνιώδεις κλάστες (λατύπες ποικίλων μεγεθών) και λεπτομερέστερο υλικό (άμμοι, ιλύς). Απαντούν κυρίως στις εξόδους ρεμάτων και χειμάρρων από τους ορεινούς όγκους και αποτελούν το προϊόν απόθεσης πλημμυρικών κυρίως παροχών.

Πλειστοκαινικά ριπίδια: Σε ότι αφορά τα Πλειστοκαινικά (?) ριπίδια, αποτελούν τις αποθέσεις που αναπτύσσονται περίπου γραμμικά κατά μήκος κλιτύων και συνίστανται από πλευρικά κορήματα s.s. και συνενωμένους κώνους κορημάτων με τη μορφή bajada. Ενίστε σηματοδοτούν τη διέλευση ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών και στις περισσότερες των περιπτώσεων, καλύπτουν ρήγματα και ρηξιγενείς ζώνες περιθωριακού τύπου. Στην περιοχή μελέτης αναπτύσσονται εκτεταμένα ανατολικά του Αιγάλεω και Ποικίλου στις περιοχές μικρών μορφολογικών κλίσεων καλύπτοντας ασύμφωνα αλπικούς σχηματισμούς και Νεογενή. Η λιθολογική τους σύσταση ποικίλει, όπως είναι αναμενόμενο, ανάλογα με το πέτρωμα τροφοδοσίας, ενώ και η συνεκτικότητά τους είναι ιδιαίτερα μεταβαλλόμενη. Σε γενικές πάντως γραμμές πρόκειται για ημι-συνεκτικά πετρώματα αποτελούμενα από άμμους, ιλύες και κροκαλολατύπες, αλλά αναμένονται και ορίζοντες ή φακοί με μικρή συνεκτικότητα.

2.2.4 ΝΕΟΓΕΝΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Τα Νεογενή στην περιοχή μελέτης μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με τη φάση απόθεσής τους: α) Στις θαλάσσιες αποθέσεις, οι οποίες εκτός από τις αμιγώς θαλάσσιες, περιλαμβάνουν τις παράκτιες και παράλιες φάσεις και εντοπίζεται στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης και β) στο ηπειρωτικό οικοσύστημα του Νεογενούς το οποίο εντοπίζεται στο βόρειο και κεντρικό τμήμα.

<u>Θαλάσσιο οικοσύστημα:</u> Το θέμα του θαλάσσιου οικοσυστήματος όπως αυτό εμφανίζεται στις διάφορες περιοχές της Αττικής κατά την περίοδο του Νεογενούς, έχει αποτελέσει κατά καιρούς αντικείμενο έντονου ενδιαφέροντος Έχουν γίνει διάφορες εργασίες για περιοχές στην παράκτια ζώνη των Αθηνών όπου εντοπίστηκαν καθαρά θαλάσσια ιζήματα, με στοιχεία για τη λιθολογία και τις απολιθωμένες πανίδες (Χαραλαμπάκης 1952, Papp et al. 1978, Μαρκοπούλου & Διακαντώνη 1967). Σε ότι αφορά τους θαλάσσιους σχηματισμούς της περιοχής μελέτης, εντοπίζονται σε πολύ μικρές εμφανίσεις, στον όρμο Σκαραμαγκά, καλύπτοντας αλπικούς σχηματισμούς. Πρόκειται για μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και ψαμμίτες θαλάσσιας ή παράκτιας φάσης.

Ηπειρωτικό οικοσύστημα: Το ηπειρωτικό οικοσύστημα του Νεογενούς δεν έχει μελετηθεί από τόσους ερευνητές όσους το θαλάσσιο. Η πρώτη σημαντική προσέγγιση έγινε από τον Lepsius (1893), ο οποίος έδωσε το χάρτη της Αττικής σε κλίμακα 1:25000. Στη συνέχεια, η περιοχή του ΒΔ λεκανοπέδιου Αθηνών, τμήμα της οποίας αποτελούν οι Δήμοι του ΑΣΔΑ, μελετήθηκε

από τον Freyberg (1951), ο οποίος έδωσε τα περισσότερα δεδομένα για την περιοχή. Χαρτογράφησε τους Νεογενείς σχηματισμούς της ΒΔ/κής περιοχής του λεκανοπέδιου Αθηνών σε κλίμακα 1:5000.Στην περιοχή κοντά στον Πύργο Βασιλίσσης Αμαλίας, εντός της κατώτερης ακολουθίας αμμούχων αργίλων που εμφανίζονται στην περιοχή των Νέων Λιοσίων, του Πύργου Βασιλίσσης και του Καματερού, έχει ανευρεθεί πλούσια πανίδα σπονδυλωτών παρόμοια με την Πικερμική. Ο Freyberg (1951) εντάσσει την πανίδα αυτή, καθώς και το σύνολο της Πικερμικής Πανίδας, στο κατώτερο Πλειόκαινο. Μετέπειτα απόψεις (Marinos & Symeonidis 1974, Symeonidis 1979) τοποθετούν την Πικερμική πανίδα στο ανώτατο Μειόκαινο (6,5-5 εκατομμύρια χρόνια) και θεωρούν ότι η πανίδα που έχει ανευρεθεί στον Πύργο Βασιλίσσης Αμαλίας είναι ελαφρώς παλαιότερης ηλικίας από την Πικερμική, κατά συνέπεια παρουσιάζει ανωμειοκαινική ηλικία.

Το ηπειρωτικό σύστημα της περιοχής μελέτης αναπτύσσεται εκτεταμένο στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης, ενώ σημαντικά προβλήματα προέκυψαν κατά τη χαρτογράφησή του, λόγω της έντονης οικιστικής δόμησης. Το ηπειρωτικό σύστημα μπορεί να διακριθεί σε δύο βασικές ακολουθίες (Μπάση Ελ., 2004): α) Στο Πλειοκαινικό ηπειρωτικό σύστημα και β) στο ανωμειοκαινικό ηπειρωτικό σύστημα.

Πλειοκαινικοί ηπειρωτικοί σχηματισμοί: Σε ότι αφορά τους πλειοκαινικούς σχηματισμούς, αποτελούνται από άμμους, κροκαλοπαγή και αργίλους με ήπιες κλίσεις, Έχουν αποτεθεί σε γενικές γραμμές ασύμφωνα στους ανωμειοκαινικούς σχηματισμούς και το πάχος τους είναι κάποιες εκατοντάδες μέτρα, αποτελώντας ένα «κάλυμμα» το οποίο ομογενοποίησε και εξομάλυνε το παλαιοανάγλυφο που είχε διαμορφωθεί στους υποκείμενους σχηματισμούς. Αναπτύσσονται εκτεταμένοι στην περιοχή Καματερού – Ζεφυρίου.

Στην περιοχή του Καματερού εμφανίζονται κάποιοι ασβεστομαργαϊκοί σχηματισμοί, οι οποίοι οριοθετούνται προς τα δυτικά από τα περιθωριακά ρήγματα του Αιγάλεω. Πρόκειται για μια αρκετά συνεκτική ακολουθία στρωμάτων με καλά διαμορφωμένους ορίζοντες, η οποία συνήθως αποτελείται από λευκές και συμπαγείς ασβεστόμαργες που παρουσιάζουν ήπιες κλίσεις, σε γενικές γραμμές προς τα ανατολικά. Κοντά στα περιθώρια η κλίση των σχηματισμών είναι εντονότερη, προσεγγίζοντας τις 40° (Εικ. 8). Στην ακολουθία των σχηματισμών συμμετέχουν λευκές και κίτρινες μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, αλλά και χαλαρά πολύμεικτα κροκαλοπαγή και ψαμμίτες.

Ανωμειοκαινικοί ηπειρωτικοί – λιμναίοι σχηματισμοί; Αναλυτικές περιγραφές και χάρτες για την κατανομή των ηπειρωτικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης δίνονται από τον Freyberg (1951). Πρόκειται για σχηματισμούς που προσδίδουν περιβάλλον λιμναίο ή εφήμερα λιμναίο, ενώ μικρές εμφανίσεις ανωμειοκαινικών ηπειρωτικών σχηματισμών αντιστοιχούν σε χερσαίο περιβάλλον απόθεσης. Εμφανίζονται κυρίως στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα, στις περιοχές της Ανθούπολης, των Άσπρων Χωμάτων, στα Νέα Λιόσια και στους Αγίους Αναργύρους.



Εικ. 8 Τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης διεύθυνσης BBΔ-NNA, που φέρνει σε επαφή τα ανθρακικά της Υποπελαγονικής με μεταλπικά ιζήματα. Οι ανωπλειοκαινικοί ασβεστομαργαϊκοί σχηματισμοί παρουσιάζουν έντονες κλίσεις κοντά στα περιθώρια.

Περιοχή Αγ. Αναργύρων – Καματερού-Ιλίου: Σύμφωνα με τον Freyberg (1951) οι κύριες εμφανίσεις της περιοχής αυτής εντοπίζονται στο βορειοδυτικό της τμήμα. Οι λόφοι με υψόμετρα 134 και 174,2m (Γέρου Βουνό) χωρίζονται από κοιλάδα, μέσα στην οποία διακρίνεται η κατώτερη σειρά των σχηματισμών του Μειόκαινου. Γενικά, η ακολουθία αποκαλύπτεται στα μικρά ρέματα του δυτικού λόφου, με υψόμετρο 134m και μεταξύ των δύο λόφων. Οι σχηματισμοί παρουσιάζουν μεταβαλλόμενες τιμές κλίσης προς τα ΒΔ, ενώ σε μικρή απόσταση προς τα ΝΔ, στην περιοχή του Καματερού, τα στρώματα κλίνουν προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Η Μπάση (2004) δίνει μία στρωματογραφική στήλη τροποποιημένη από τον Freyberg (1951) ενώ κάνει λεπτομερή αναφορά και περιγραφή των μεταλπικών σχηματισμών της περιοχής. Σύμφωνα μ' αυτή δίναται να διαχωριστούν 4 βασικοί σχηματισμοί (**Εικ. 9a**).

- Τα ανώτερα ψαμμιτικά και αργιλικά στρώματα
- Ορίζοντας κροκαλοπαγούς
- Κατώτερα ψαμμιτικά και αργιλικά στρώματα
- Κατώτεροι ασβεστομαργαϊκοί σχηματισμοί

Τα ανώτερα ψαμμιτικά και αργιλικά στρώματα εντοπίζονται στα ρέματα δυτικά του λόφου με υψόμετρο 134m, όπου εμφανίζονται κροκαλοπαγή που αποτελούνται από εναλλαγές λεπτομερέστερων και αδρομερέστερων ψαμμιτών, οι οποίοι εν μέρει καλύπτονται από κορήματα. Παρατηρούνται επίσης ορίζοντες πλούσιοι σε ανθρακικό ασβέστιο που υποδηλώνουν μετάβαση προς τα ανώτερα ασβεστομαργαϊκά στρώματα, ανωπλειοκαινικής ηλικίας. Στο ρέμα ανατολικά του λόφου με υψόμετρο 134m διακρίνονται λεπτόκοκκοι ψαμμίτες και ασβεστοψαμμίτες οι οποίοι υπέρκεινται κροκαλοπαγών. Προς τα ανώτερα στρώματα παρατηρείται αύξηση της περιεκτικότητας σε ανθρακικό ασβέστιο και προς τα δυτικά, μέσα σε ρέμα, διακρίνεται μετάβαση προς τα ανώτερα ασβεστομαργαϊκά στρώματα που εμφανίζονται στην περιοχή Καματερού. Η εμφάνισή του ορίζοντα κροκαλοπαγών είναι μεγάλη και εντοπίζεται κεκλιμένος, κυρίως στα ρέματα. Ολόκληρη η ακολουθία είναι μεγάλου πάχους και περιέχει εναλλαγές κροκαλοπαγών, αργίλων και άμμων με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν έναν ενιαίο σχηματισμό. Επίσης στις πλαγιές των λόφων με υψόμετρα 134 και 174,2m (Γέρου Βουνό) προεξέχουν σκληροί ορίζοντες του σχηματισμού.

Η εξάπλωση των κατώτερων ψαμμιτικών και αργιλικών στρωμάτων δεν είναι μεγάλη. Διακρίνονται στην κοιλάδα ΝΔ του λόφου με υψόμετρο 134m, όπου υπέρκεινται των κατώτερων ασβεστομαργαϊκών σχηματισμών, με μετάβαση, στην οποία οι λευκές ασβεστόμαργες δίνουν τη θέση τους σε κίτρινες μάργες. Η κλίση των σχηματισμών αυτών είναι προς τα ΒΔ. Η υπάρχουσα ακολουθία έχει πολύ μεγάλο πάχος, παρότι δεν διακρίνεται ολόκληρη. Αποτελείται από αδρομερείς άμμους με αργιλικό συνδετικό υλικό και αργιλικά στρώματα, στα οποία παρεμβάλλονται λατυποπαγείς ορίζοντες, ενώ νότια του Γέρου Βουνού (174,2m) συναντώνται συχνές παρεμβολές λεπτόκοκκων αργίλων. Εντός των σχηματισμών αυτών, στην περιοχή του Πύργου Βασιλίσσης Αμαλίας έχει ανευρεθεί πλούσια πανίδα από σπονδυλωτά, ηλικίας λίγο παλαιότερης της Πικερμικής.

Οι κατώτεροι ασβεστομαργαϊκοί σχηματισμοί, αποτελούνται από εναλλαγές μαλακών και σκληρών οριζόντων μεταβαλλόμενου πάχους που σε γενικές γραμμές δίνουν την εντύπωση κρητίδας. Οι σχηματισμοί αυτοί διακρίνονται στους νότιους πρόποδες του Γέρου Βουνού και στην περιοχή του πάρκου περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης του Πύργου Βασιλίσσης. Στην κορυφή της ασβεστομαργαϊκής σειράς οι σχηματισμοί παρουσιάζονται σε εναλλαγές με ανοιχτόχρωμα ψαμμιτικά στρώματα, ενώ προς τα κάτω επικρατούν οι ασβεστόμαργες. Οι σβεστομαργαϊκοί σχηματισμοί περιέχουν πλούσια πανίδα από λιμναία γαστερόποδα και απολιθωμένα φύλλα.

Περιοχή Δαφνίου – Περιστερίου: Η περιοχή του Δαφνίου και του Περιστερίου αποτελείται αποκλειστικά από τους κατώτερους ασβεστομαργαϊκούς σχηματισμούς οι όποιοι επικάθονται ασύμφωνα στο Μεσοζωικό υπόβαθρο. Η επαφή αυτή διακρίνεται πολύ καλά νοτιοανατολικά του Χαϊδαρίου, στην ξηρή κοίτη του Χαϊδαρορέματος. Η στρωματογραφική ακολουθία, κλείνει χαρακτηριστικά προς τα νοτιοανατολικά και αποτελείται από τα εξής στρώματα (από τα ανώτερα προς τα κατώτερα) (Εικ 9b):

- Λευκές ασβεστόμαργες που συνιστούν μια μονότονη στρωματογραφική ακολουθία. Σε αυτή την ακολουθία συμμετέχουν ενδιαστρώσεις αργιλικών οριζόντων, ενώ περιστασιακά παρεμβάλλονται κίτρινοι μαργαϊκοί ορίζοντες.
- Αργιλικός σχηματισμός και
- Κροκαλοπαγές το συνδετικό υλικό του οποίου ποικίλει, έτσι ώστε κατά θέσεις να μπορεί να χαρακτηριστεί είτε σαν καθαρό κροκαλοπαγές είτε σαν μάργα πλούσια σε λατύπες,

Εντός των σχηματισμών αυτών, περιέχονται λιγνίτες ειδικά στις περιοχές του Αγίου Βασιλείου, δυτικά του Περιστερίου και των Αγίων Θεοδώρων, βόρεια του Περιστερίου. Στις φρέσκιες τομές, οι ασβεστομαργαϊκοί σχηματισμοί παρουσιάζουν ένα σκοτεινότερο, συχνά γαλαζωπό γκρίζο χρώμα. Τα στρώματα του λιγνίτη μπορούν να φτάσουν τα 2m πάχος και περισσότερο. Το μεγαλύτερο στρώμα λιγνίτη φτάνει συνολικά τα 5,5m περίπου, ενώ λαμβάνοντας υπόψη τα ενδιάμεσα στρωματίδια (μέχρι 0,5m) ο καθαρός λιγνίτης φτάνει τα 4m πάχος περίπου. Ο αριθμός των στρωμάτων είναι μερικές φορές πολύ μικρός ενώ μερικές φορές πολύ μεγάλος, καθώς υπάρχει μεγάλη πρωτογενής αλλαγή φάσεων.

Η ιζηματογένεση του λιγνίτη είχε επανειλημμένες χρονικές και χωρικές εναλλαγές με ασβεστόλιθους ή μάργες, οι οποίες μάλιστα μπορεί να είναι εξαιρετικά λεπτές. Η εμφάνιση αυτών των λιγνιτικών οριζόντων επιβεβαιώνει το γεγονός ότι το περιβάλλον απόθεσης των ανωμειοκαινικών σχηματισμών της περιοχής ήταν λιμναίο, καθώς ο σχηματισμός λιγνιτών απαιτεί υφάλμυρο ή γλυκό νερό και πλούσια χλωρίδα από μεγάλα κωνοφόρα, φοινικοειδή, κυκαδοειδή ή πτεριδόφυτα.

Περαιτέρω περιοχή εξάπλωσης τέτοιων σχηματισμών είναι μεταξύ του Δαφνίου και του Αγίου Γεωργίου βορειοδυτικά του Χαϊδαρίου. Οι νεογενείς ασβεστομαργαϊκοί σχηματισμοί υπέρκεινται με κανονική επαφή των σχηματισμών της ενότητας Αθηνών και εμφανίζουν γενικά ήπιες κλίσεις προς τα ΒΔ. Οι ασβεστόλιθοι του Δαφνίου στα ΒΑ είναι σκληροί και παρουσιάζουν κογχώδη θραυσμό. Το γεγονός ότι οι ασβεστόλιθοι αυτοί ανήκουν στην κορυφή της σειράς των ασβεστομαργαϊκών σχηματισμών που περιέχουν λιγνίτες καθώς επίσης και η άφθονη παρουσία των Melanopsidae, τεκμηριώνουν τη στρωματογραφική στήλη στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου.



Εικ. 9 Στρωματογραφική στήλη Νεογενών σχηματισμών Ιλίου Αγ. Αναργύρων-Καματερού (a) και των μειοκαινικών Σχηματισμών Δάφνης και Περιστερίου (b) (Μπάση Ελ, 2004).

2.3 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η γεωτεχνική ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι στη μελέτη δυνητικών κινδύνων, που σχετίζονται με σεισμικά γεγονότα. Στα πλαίσια αυτής της μελέτης, έγινε συνδυασμένη χρησιμοποίηση στοιχείων, από παλαιότερες μελέτες που έχουν γίνει για την περιοχή. Χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα από την Γεωλογική - Γεωτεχνική μελέτη του λεκανοπεδίου των Αθηνών (Παπανικολάου και άλλοι, 2002) και ενσωματώθηκαν στους γεωλογικούς χάρτες που συντάχθηκαν γι' αυτή τη μελέτη.

Επιλέχθηκαν τα στοιχεία της Γεωλογικής – Γεωτεχνικής μελέτης του λεκανοπεδίου, μιας και η κατάταξη των σχηματισμών έγινε με αξιοποίηση σχεσιακού γεωτεχνικού συστήματος διαχείρισης βάσης δεδομένων του Πολυτεχνείου, το οποίο σύστημα είναι τροφοδοτημένο με στοιχεία από τις κατά καιρούς γεωτεχνικές έρευνες που έχουν γίνει στα πλαίσια γεωτεχνικών μελετών στο Λεκανοπέδιο των Αθηνών και έχουν εισαχθεί σε αυτή περισσότερες από δύο χιλιάδες γεωτρήσεις.

Επισημαίνεται ότι τέτοιου είδους ταξινομήσεις έχουν εφαρμοστεί και σε πολλές μεγάλες πόλεις του εξωτερικού, σε περιοχές με υψηλή κατά κανόνα σεισμική επικινδυνότητα με σκοπό την παροχή γενικών κατευθύνσεων ως προς τη σεισμική προστασία. Τα κριτήρια όμως διαχωρισμού μιας αστικής περιοχής σε ζώνες δεν είναι ενιαία, αλλά διαφοροποιούνται κατά περίπτωση προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι συγκεκριμένες γεωλογικές – γεωτεχνικές συνθήκες της κάθε περιοχής.

Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ο χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας εδαφών (Εικ. 10), στον οποίο διαχωρίζονται 4 βασικές κατηγορίες (Πιν.1), οι οποίες είναι:

- Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί.
- Συνεκτικά ή πυκνά εδάφη.
- Εδάφη μέσης συνεκτικότητας ή μικρής πυκνότητας
- Κοίτες ποταμών και ρεμμάτων πρόσφατες επιχωματώσεις.

Πίνακας 1. Διάκριση τεσσάρων βασικών κατηγοριών γεωλογικών σχηματισμών σε σχέση με τις γεωτεχνικές τους ιδιότητες.

Ζώνη	Περιγραφή
-	

Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί.

Περιλαμβάνει τους αλπικούς σχηματισμούς της Υποπελαγονικής ενότητας και της ενότητας των Αθηνών, καθώς καιτο ηπειρωτικό οικος συτημα σχηματισμών του Νεογενούς. Κατά ΕΑΚ (2000) η ζώνη αυτή αντιστοιχεί στην κατηγορία εδάφους Α. Οταν οι σχηματισμοί αυτοί είναι επιφανειακά έντονα αποσαθρωμένοι με πάχος ζώνης αποσάθρωσης μεγαλύτερο των 5 m και η μηχανική τους συμπεριφορά μεταπίπτει σε συμπεριφορά στιφρών εδαφικών σχηματισμών, η ζώνη αυτή μπορεί να αντιστοιχεί στην κατηγορία εδάφους Β.

Συνεκτικά ή πυκνά εδάφη.

[11]

Περιλαμβάνει κυρίως πλευρικά κορήματα, κώνους κορημάτων, χαλαρά – μέτρια συγκολλημένα κροκαλοπαγή, αμμοχάλικα με λίγη άργιλο, σκληρές αργίλους, ερυθρούς πηλούς και σε μεγάλο βαθμό ταυτίζεται με την εξάπλωση των Πλειστοκαινικών ριπιδίων, που αναπτύσσονται ανατολικά του Αιγάλεω και του Ποικίλου. Κατά ΕΑΚ (2000) τα εδάφη αυτά μπορούν να καταταγούν στην κατηγορία Α, όταν έχουν πολύ πυκνή ή συνεκτική δομή, ή στην κατηγορία Β, όταν έχουν χαλαρότερη και λιγότερη συνεκτική δομή για πάχος άνω των 5-10 m.

Εδάφη μέσης συνεκτικότητας ή μικρής πυκνότητας.

Περιλαμβάνει πρόσφατες αποθέσεις και ασύνδετα κορήματα, που αποτελούνται κυρίως από ιλυοαργιλικά εδάφη χαμηλής σχετικά συνεκτικότητας καθώς και άμμους με άργιλο και αμμοχάλικα μέσης μέχρι μικρής πυκνότητας. Σε μεγάλο βαθμό ταυτίζονται με τις αλλουβιακές αποθέσεις του Κηφισού ποταμού. Κατά ΕΑΚ (2000) τα εδάφη αυτά μπορούν να καταταγούν στην κατηγορία Β, εκτός από αυτά με τη λιγότερο συνεκτική-πυκνή δομή που το πάχος τους είναι μεγαλύτερο των 10-20 m τα οποία κατατάσσονται στη κατηγορία Γ.

Κοίτες ποταμών και ρεμάτων – πρόσφατες επιχωματώσεις.

Περιλαμβάνει περιοχές εντός ή παρά την κοίτη του Κηφισού ποταμού και των κυρίων ρεμάτων καθώς και περιοχές που έχουν επιχωματωθεί, όπως πχ παράκτιες περιοχές, στον όρμο του Σκαραμαγκά. Κατά ΕΑΚ (2000) οι αποθέσεις αυτές κατατάσσονται στην κατηγορία Χ. Προφανώς δεν έχουν σημειωθεί οι τοπικές και περιορισμένες επιχωματώσεις λόγω κλίμακας του χάρτη και περιοχές παλαιών λατομείων – ορυχείων. Σε όλες τις περιοχές αυτές κοίτες-επιχωματώσεις, αν και όχι υποχρεωτικά, είναι δυνατόν να αναπτυχθούν ιδιαίτερα δυσμενείς σεισμικές συνθήκες λόγω τοπογραφίας, πιθανής αστοχίας πρανών και ανεξέλεγκτης συμπεριφοράς των επιχωματώσεων. Τα όρια της ζώνης αυτής, που ενδεικτικά και μόνον απεικονίζονται στο χάρτη, θα πρέπει να καθοριστούν μετά από λεπτομερή έρευνα, όπως προβλέπεται για την κατηγορία εδαφών Χ του ΕΑΚ (2000). Πάντως οι ζώνες γύρω από τις κοίτες των ρεμάτων είχαν ούτως ή άλλως τους δικούς τους περιορισμούς έναντι οποιασδήποτε δόμησης από την περιβαλλοντική νομοθεσία.



Εικ. 10 Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας εδαφών (τροποποιημένος από Παπανικολάου και άλλοι, 2002)

3 ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ

3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ

Ανάμεσα στα φαινόμενα που εξετάσθηκαν για τη διερεύνηση συνοδών γεωδυναμικών δεδομένων είναι οι καθιζήσεις. Με σκοπό να εντοπισθούν οι περιοχές στις οποίες έχουν λάβει χώρα φαινόμενα καθιζήσεων στο παρελθόν, συλλέχθηκαν στοιχεία για το ιστορικό της περιοχής (Πιν. 2).

Ημερομηνία	Θέση	Δήμος	Αίτια
26/9/1953	Ανθούπολη	Περιστέρι	Υποσκαφή Λιγνιτορυχείων
1955	Ανθούπολη	Περιστέρι	Υποσκαφή Λιγνιτορυχείων
Απρίλιος 1956	Ανθούπολη	Περιστέρι	Υποσκαφή Λιγνιτορυχείων
14/5/1956	Ανθούπολη	Περιστέρι	Υποσκαφή Λιγνιτορυχείων
1957-1960	Αναπαύσεως & Λάρνακος	Περιστέρι	Αλλεπάλληλες καθιζήσεις (~ 10μ) από κατάρρευση ορυχείων
1975-1980	Οδός Τζουμάγιας	Περιστέρι	Ιδιότητες εδάφους (Πολυκατοικίες που κατέρρευσαν μερικώς)
1978	Παλλάδος & Σαλλώνων	Περιστέρι	Κορεσμός του εδαφικού ορίζοντα
19/11/2000	Εθνική Αθηνών Κορίνθου (Ύψος Αιγάλεω)	Αιγάλεω	Έντονη βροχόπτωση
Νοέμβριος 2002	Οδός Παναγή Τσαλδάρη	Περιστέρι	Υποσκαφή ΜΕΤΡΟ – Ιδιότητες εδάφους
17/2/2003	Εθν. Αντιστάσεως και Δωδεκανήσου	Περιστέρι	Άγνωστη
24/11/2006	Οδός Καρύστου	Πετρούπολη	Έντονη βροχόπτωση
24/11/2006	Οδός Λαμίας	Ίλιον	Έντονη βροχόπτωση
24/11/2006	Οδός Δημ. Γούναρη	Καματερό	Έντονη βροχόπτωση
Άγνωστη	Λεωφ. Λάμπρου Κατσώνη και Σύρου	Άγ. Ανάργυροι	Διάβρωση και υποσκαφή

Πίνακας 2. Θέσεις και περιγραφή αιτιών παλαιών καθιζήσεων στην περιοχή των δήμων του ΑΣΔΑ.

Από την ανάλυση του ιστορικού προκύπτει ότι τα φαινόμενα αυτά είναι κατά κύριο λόγο συγκεντρωμένα σε συγκεκριμένες περιοχές, ενώ διαφαίνεται ότι δεν παρουσιάζονται εκτεταμένα και διαχρονικά προβλήματα.

Οι περιοχές όπου συγκεντρώνεται τέτοιου είδους φαινόμενα είναι κατά κύριο λόγο η Ανθούπολη και το Περιστέρι όπου λειτούργησαν τα ορυχεία λιγνίτη μεταξύ 1933 και 1956 στα οποία αποδίδονται μια σειρά από μερικές καταρρεύσεις κτηρίων (Εικ. 11).

Παρόλα αυτά υπάρχουν και ορισμένες περιπτώσεις που συνδέονται με τις ιδιότητες των πετρωμάτων ή και τον κορεσμό του υδροφόρου ορίζοντα. Από την εξέταση των δεδομένων του σεισμού του 1999 στην Αθήνα, δεν προέκυψαν καταγραφές φαινομένων καθιζήσεων στην περιοχή των δήμων του ΑΣΔΑ.



Εικ. 11 Χάρτης με τις θέσεις ιστορικών καθιζήσεων στην περιοχή των δήμων του ΑΣΔΑ.

Η περιοχή της Ανθούπολης στο Περιστέρι είναι γνωστός χώρος υπόγειας εκμετάλλευσης λιγνιτών του λιγνιτικού πεδίου Περιστερίου – Καλογρέζας του λεκανοπεδίου Αθηνών. Η περιοχή έρευνας, αποτελεί τμήμα της νεογενούς λεκάνης Περιστερίου – Καλογρέζας και έχει υποστεί σε μεγάλο τμήμα της άναρχη εκμετάλλευση του λιγνιτικού πεδίου σε τρία επίπεδα, μέχρι και το 1955. Έτσι, έχουν σημειωθεί κατά το παρελθόν ή εξακολουθούν να σημειώνονται και σήμερα αστοχίες σε οικίες και άλλες κατασκευές. Οι αστοχίες αυτές είναι αποτέλεσμα των προβλημάτων (εδαφικών υποχωρήσεων) που εκδηλώνονται στην περιοχή αυτή του δήμου Περιστερίου. Δυστυχώς οι υπόγειες εκμεταλλεύσεις δεν έχουν καταγραφεί με ακρίβεια, ενώ η λιθογόμωση που έγινε στην περιοχή περιλαμβάνει κατά βάση το χώρο της κύριας εξορυκτικής δραστηριότητας.

Οι γεωτρήσεις, με επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές δεν αποκάλυψαν την παρουσία οριζόντων επιρρεπών σε διαφορικές ή και άλλες μορφής καθιζήσεις. Εντούτοις, υπάρχουν αστοχίες σε κατασκευές, που είτε έχουν εκδηλωθεί κατά το παρελθόν, είτε εκδηλώνονται ακόμη και σήμερα, σαν αποτέλεσμα των εδαφικών υποχωρήσεων από την κατάρρευση των υπόγειων εκμεταλλεύσεων σε διαφορετικούς χρόνους. Από το Σεπτέμβριο του 1953 και κυρίως τη δεκαετία του 1950 κατοικίες και άλλες κατασκευές στην Ανθούπολη αρχίζουν να παρουσιάζουν ρωγμές και μικροκαθιζήσεις λόγω της ύπαρξης στοών σε πολύ μικρό βάθος (Θεοδοσίου 1995).

3.2 ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΑΡΧΕΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα συστήματα εικονοληπτικών Ραντάρ συνθετικού ανοίγματος (Synthetic Aperture Radar, SAR) αποτελούν ενεργά συστήματα που εκπέμπουν παλμούς ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μικρής διάρκειας και καταγράφει τις επιστροφές τους (ποσό επιστρέφουσας σκεδασμένης ακτινοβολίας) από τους στόχους της επιφάνειας. Παρέχοντας τη δική τους ακτινοβολία, λειτουργούν εντελώς ανεξάρτητα από το ηλιακό φωτισμό. Επί πλέον, καθώς η ατμοσφαιρική απορρόφηση και σκέδαση είναι ελάχιστες στην ζώνη των μικροκυμάτων, οι αισθητήρες των εικονοληπτικών Ραντάρ κατά κανόνα δεν είναι ευαίσθητοι στις καιρικές συνθήκες και στη νεφοκάλυψη.

Τα συστήματα εικονοληπτικών SAR συνιστούν το πλέον σύγχρονο μέσο για την ακριβή μέτρηση αποστάσεων μεταξύ του δορυφόρου και της επιφάνειας της Γης. Συνήθως η παρατήρηση της επιφάνειας της Γης πραγματοποιείται από δορυφόρους, ενώ οι μετρήσεις λαμβάνουν χώρα στην διεύθυνση εκπομπής και λήψης του σήματος SAR, που ονομάζεται διεύθυνση παρατήρησης (look direction ή line of sight, LOS).

Η πληροφορία σχετικά με την απόσταση του δορυφόρου από την επιφάνεια της Γης εκφράζεται από τη φάση του σήματος Ραντάρ.

Βάση της Συμβολομετρίας Ραντάρ Συνθετικού Ανοίγματος (SAR Interferometry, InSAR) αποτελεί η σύγκριση μεταξύ δύο ή και περισσοτέρων SAR απεικονίσεων, αξιοποιώντας τις διαφορές φάσεων. Καθορίζοντας τη διαφορά στη φάση του σήματος επιστροφής που μετράται σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές, προσδιορίζονται διάφορες γεωλογικές και γεωφυσικές παράμετροι μεταξύ των οποίων το τοπογραφικό υψόμετρο, η ταχύτητα των θαλάσσιων ρευμάτων καθώς και οι επιφανειακές παραμορφώσεις μιας περιοχής (π.χ. καθιζήσεις, κατολισθήσεις, τεκτονικές μικρομετακινήσεις και κινήσεις παγετώνων).

Η Διαφορική Συμβολομετρία Ραντάρ (Differential InSAR, DInSAR) αποσκοπεί στον υπολογισμό μικρομετακινήσεων της επιφάνειας του εδάφους. Η βασική ιδέα της διαφορικής επεξεργασίας του σήματος Ραντάρ είναι η απομάκρυνση της τοπογραφίας από την παρατηρούμενη συμβολομετρική φάση, επιτρέποντας την απομόνωση του μέρους του σήματος που σχετίζεται με επιφανειακές μικρο-μετακινήσεις που έλαβαν χώρα στο χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο λήψεων (Gabriel et al., 1989). Η ευρεία διάθεση ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου, επαρκούς χωρικής ανάλυσης για εφαρμογές συμβολομετρίας, επιτρέπει πλέον την αξιόπιστη και απ' ευθείας εκτίμηση της τοπογραφικής φάσης.

Η επιτυχία εφαρμογής της διαφορικής συμβολομετρίας καθορίζεται εκτός από συγκεκριμένα φυσικά όρια του εκάστοτε συστήματος SAR και από τις ατμοσφαιρικές επιρροές (καθυστερήσεις) στο σήμα καθώς και από τις αλλαγές στην κάλυψη γης. Οι ατμοσφαιρικές επιρροές στο σήμα παραμένουν ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας, λόγω της πρακτικής δυσκολίας αναγνώρισης και απομάκρυνσή τους από τις παρατηρήσεις.

Προκειμένου να ξεπερασθούν τέτοιου είδους ανεπιθύμητες επιδράσεις έχει προταθεί η τεχνική Σώρευσης (Stacking) Διαφορικών Συμβολογραφημάτων, που στηρίζεται στον υπολογισμό του μέσου όρου της φάσης ενός συνόλου ανεξάρτητων συμβολογραφημάτων στην χρονική διάσταση, για τον περιορισμό ασυσχέτιστων χρονικών διακυμάνσεων της
φάσης (Zebker et al., 1997; Fujiwara et al., 1998; Sandwell & Price, 1998; Bürgman et al., 2000).

Συνδυάζοντας επαρκεί αριθμό συμβολογραφημάτων, περιορίζονται σημαντικά οι όροι σφάλματος, και είναι πλέον εφικτή η επίτευξη ακριβειών της τάξεως των μερικών χιλιοστών ανά έτος, ιδιαίτερα σε αστικά περιβάλλοντα (Zebker et al. 1997; Fujiwara et al. 1998).

Κάθε επιμέρους διαφορικό συμβολογράφημα εμπεριέχει αναλόγως του χρονικού του εύρους, ένα αθροιστικό ποσοστό της επιφανειακής παραμόρφωσης της υπό εξέταση περιοχής. Η αξιοποίηση της συγκεκριμένης πληροφορίας μέσω της τεχνικής Σώρευσης Διαφορικών Συμβολογραφημάτων, εκμεταλλευόμενοι τον ασυσχέτιστο χαρακτήρα των διαφόρων επιδράσεων στο σήμα Ραντάρ, αλλά και των τυχών σφαλμάτων στα επί μέρους διαφορικά συμβολογραφήματα, επιτρέπει την εκτίμηση των μέσων διαχρονικών γραμμικών ρυθμών μετακίνησης στη διεύθυνση του LOS.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα SAR των δορυφορικών συστημάτων ERS-1 και ERS-2 του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (European Space Agency, ESA). Τα δεδομένα αφορούσαν μιγαδικές SLC απεικονίσεις καθοδικών τροχιών (λήψη περίπου στις 09:00 π.μ.) και παράλληλης VV πόλωσης.

Για την διερεύνηση της διαχρονικής επιφανειακής παραμόρφωσης, παρήχθησαν συνολικά 64 διαφορικά συμβολογραφήματα, που καλύπτουν το χρονικό διάστημα 1992-1999 (Νοέμβριος 1992 – Ιούλιος 1999, 6,6 έτη). Απομακρύνθηκαν στην συνέχεια από την ανάλυση συγκεκριμένα διαφορικά συμβολογραφήματα λόγω παρουσίας ισχυρών ατμοσφαιρικών φάσεων επί της περιοχής μελέτης. Κρίθηκε επίσης σκόπιμη η απομάκρυνση από την επεξεργασία των διαφορικών συμβολογραφημάτων με χρονικό εύρος μικρότερο περίπου των 730 ημερών (~2 έτη) καθώς περιέχουν σημαντικά μικρότερο ποσοστό παραμόρφωσης συγκριτικά με ανεπιθύμητες παρεμβολές στο σήμα. Για τους σκοπούς της ανάλυση επιλέχθηκαν συνολικά 25 διαφορικά συμβολογραφήματα που καλύπτουν το χρονικό διάστημα από της 25/11/1992 έως της 26/06/1999 (6,5 έτη).

Το πεδίο διαχρονικής επιφανειακής παραμόρφωσης και συγκεκριμένα οι εκτιμώμενοι ρυθμοί παραμόρφωσης του εδάφους δίνονται στην Εικ. 12. Η επιφανειακή κάλυψη των αποτελεσμάτων ξεπερνά το 95%.

Η λήψη των δορυφορικών εικόνων SAR καθώς και η επεξεργασία τους για την εκτίμηση των ρυθμών επιφανειακής παραμόρφωσηςπραγματοποιήθηκε στα πλαίσια διδακτορικής διατριβής για την παραμόρφωση του Λεκανοπεδίου Αθηνών (Φουμέλης, 2009), μέρος των οποίων παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη.

3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΕΡΜΗΝΕΙΑ

Η παρατηρούμενη μέση επιφανειακή παραμόρφωση στον χώρο των ΑΣΔΑ αγγίζει τα -1,3 mm/yr. Οι χαμηλή ρυθμοί παραμόρφωσης εκφράζουν έμμεσα την περιορισμένη έκταση των φαινομένων καθίζησης.

Οι εδαφικές παραμορφώσεις στην περιοχή παρουσιάζουν πολυσύνθετο χαρακτήρα, ιδιαίτερα εντός των μεταλπικών λεκανών όπου και παρατηρούνται οι υψηλότεροι ρυθμοί, αλλά και οι πλέον έντονες χωρικές διακυμάνσεις. Στους ορεινούς όγκους τα μεγέθη είναι σαφώς μικρότερα, όπως αναμένεται λόγω της φύσης του γεωλογικού υποβάθρου, ενώ παρατηρείται και μια σχετική χωρική ομοιογένεια.

Συγκεκριμένα, τους υψηλότερους σχετικά ρυθμούς καθίζησης εμφανίζουν οι περιοχές στο νοτιοανατολικό όριο των ΑΣΔΑ, εντός των δήμων Αιγάλεω και Περιστερίου, με ρυθμούς που αγγίζουν τα 4,0 mm/yr. Καθιζήσεις παρατηρούνται επίσης στο βόρειο τμήμα του δήμου Κορυδαλλού, τα νότια τμήματα του Ζεφυρίου και οι πεδινές περιοχές του δήμου Πετρούπολης καθώς και τα όριά του με το Ίλιον.

Στο νότιο τμήμα του ορεινού όγκου του Ποικίλου (βόρειο περιθώριο δήμου Χαϊδαρίου) αναγνωρίζονται εδαφικές παραμορφώσεις που δεν ξεπερνάνε τα 3,5 mm/yr, που δύναται να αποδοθούν σε τοπικού χαρακτήρα ασθενείς ερπυστικές κινήσεις.

Οι παρατηρούμενες καθιζήσεις εντός του χώρου της μεταλπικής λεκάνης σχετίζονται ενδεχομένως με τοπικές υπεραντλήσεις των υπόγειων υδροφορέων, φορτίσεις των εδαφών από βιομηχανική δραστηριότητα (κυρίως ανατολικά όρια ΑΣΔΑ) και των υπερκείμενων κατασκευών καθώς και σε διάφορα άλλα αίτια η διερεύνηση των οποίων ξεπερνά τα όρια της παρούσας μελέτης. Γεγονός είναι ότι η τεχνική που εφαρμόστηκε παρέχει ακριβή εικόνα των υφιστάμενων παραμορφωτικών κινήσεων. Η αναγνώριση των ακριβών αιτιών που προκαλούν τις παρατηρούμενες παραμορφώσεις απαιτούν λεπτομερέστερες εδαφολογικές και γεωτεχνικές μελέτες.

Ακολούθως, για όλη την περιοχή του ΑΣΔΑ, αλλά και για κάθε δήμο του ξεχωριστά, παρουσιάζονται χάρτες εδαφικής παραμόρφωσης (Εικ. 12 – 22).



Εικ. 12 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων των δήμων του ΑΣΔΑ



Εικ. 13 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Ζεφυρίου



Εικ. 14 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Αγ. Αναργύρων



Εικ. 15 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Αγ. Βαρβάρας



Εικ. 16 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Αιγάλεω



Εικ. 17 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Ιλίου



Εικ. 18 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Καματερού



Εικ. 19 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Κορυδαλλού



Εικ. 20 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Περιστερίου



Εικ. 21 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Πετρούπολης



Εικ. 22 Χάρτης εδαφικών παραμορφώσεων Δήμου Πετρούπολης

4 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ – ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Εξετάζοντας το ιστορικό της περιοχής μελέτης δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές καταγραφές στο πεδίο των κατολισθητικών φαινομένων. Παρόλα αυτά στο παρόν πρόγραμμα, εξετάσθηκε ενδελεχώς η επιδεκτικότητα των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής, σε φαινόμενα εδαφικών κινήσεων και βραχοπτώσεων.

Για το σκοπό αυτό έγιναν παρατηρήσεις υπαίθρου, εξετάσθηκε το ιστορικό και οι καταγραφές σε προηγούμενους σεισμούς (κυρίως αυτόυ του 1999) και συνυπολογίσθηκαν οι γνωστές τεχνικές ιδιότητες των σχηματισμών. Τέλος καταρτίστηκε ένας χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθητικά φαινόμενα με σκοπό να οριοθετηθούν οι θέσεις που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο κίνδυνο

Για την κατάρτιση του χάρτη επιδεκτικότητας χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο SINMAP, ο αλγόριθμος του οποίου ενσωματώθηκε σε περιβάλλον GIS μέσω του οποίου έγινε η γραφική εισαγωγή των δεδομένων εισόδου αλλά και η αποτύπωση των αποτελεσμάτων του αλγορίθμου.

Ως δεδομένα εισόδου χρησιμοποιήθηκαν τα εξής:

- Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου, η κατασκευή του οποίου βασίστηκε σε τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:5000
- 2. Χάρτες χρήσεων γης, τα δεδομένα των οποίων βασίστηκαν στο Ευρωπαικό πρόγραμμα CORINE 2000
- 3. Επί τόπου παρατηρήσεις
- 4. Ιστορικά στοιχεία σχετικά με κατολισθητικά φαινόμενα
- 5. Γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ (Φύλλο Αθήναι), με πληροφορίες για τη φορά μέγιστης κλίσης των στρωμάτων και τη βασική λιθολογία των σχηματισμών
- 6. Τεχνικές εκθέσεις και μελέτες Παπανικολάου et al (2002) και Αντωνίου (2000) με σημαντικές πληροφορίες και αναλυτική περιγραφή για την γεωτεχνική συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης
- 7. Χάρτης κλίσεων των πρανών
- 8. Χάρτης κατανομής της φοράς κλίσης των πρανών

Όλα τα δεδομένα εισήχθησαν με μορφή κανάβου (raster), ως διαφορετικά επίπεδα πληροφορίας μεταξύ των οποίων διεξήχθησαν αλγεβρικές πράξεις σε περιβάλλον GIS. Η κεντρική ιδέα της μεθοδολογίας περιγράφεται σχηματικά στο παρακάτω σχήμα (**Εικ. 23**).



Εικ. 23 Σχηματική απεικόνιση της κεντρικής ιδέας της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την αποτύπωση της επιδεκτικότητας των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης σε κατολισθητικά φαινόμενα.

Η αναλυτική περιγραφή και τεκμηρίωση της χρήσης και της λειτουργίας των αλγορίθμων του μοντέλου SINMAP έχουν αναπτυχθεί από τους Pack et al (1998).

4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα εξήχθησαν επίσης σε μορφή κανάβου (raster), οι τιμές του οποίου βαθμονομήθηκαν σε πέντε κατηγορίες: πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέση, υψηλή, υψηλότερη και οι οποίες αποτυπώθηκαν στον τελικό χάρτη επιδεκτικότητας σε κατολισθητικά φαινόμενα στην περιοχή μελέτης (Εικ. 24).



Εικ. 24 Χάρτης επιδεκτικότητας των γεωλογικών σχηματισμών σε κατολισθήσεις, σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης.

Ακολούθως υπολογίσθηκε η επιδεκτικότητα των σχηματισμών σε κατολισθητικά φαινόμενα, σε κάθε δήμο του ΑΣΔΑ ξεχωριστά (Εικ. 25 – 34).



Εικ. 25 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Ζεφυρίου.



Εικ. 26 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Αγ. Αναργύρων.



Εικ. 27 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Αγ. Βαρβάρας



Εικ. 28 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Αγ. Αιγάλεω



Εικ. 29 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Ιλίου



Εικ. 30 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Καματερού



Εικ. 31 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Κορυδαλλού



Εικ. 32 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Περιστερίου



Εικ. 33 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Πετρούπολης



Εικ. 34 Χάρτης επιδεκτικότητας σε κατολισθήσεις και ιστόγραμμα κατανομής Δήμου Χαϊδαρίου

Γίνεται εμφανές ότι οι υψηλότερες τιμές επιδεκτικότητας προκύπτουν στους δήμους Πετρούπολης και Χαιδαρίου που διαθέτουν και το μεγαλύτερο λοφώδες τμήμα.

4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση προκύπτει σε γενικές γραμμές χαμηλός ο κίνδυνος εμφάνισης εκτεταμένων κατολισθητικών φαινομένων στην περιοχή της Δυτικής Αθήνας όπως εκφράζεται άλλωστε και από το ιστορικό της περιοχής αλλά και από το χάρτη κατολισθητικής επικινδυνότητας. Η περιοχή συνίσταται από υγιή κυρίως πετρώματα, χαμηλές και μέτριες κλίσεις (με λίγες εξαιρέσεις) και ευνοικές συνθήκες αποστράγγισης και υγρασίας εδάφους.

Έτσι οι θέσεις όπου αναπτύσσονται περισσότερες πιθανότητες για αστοχία ή παραμόρφωση είναι περιορισμένες και οριοθετούνται σε περιοχές με πολύ μεγάλες κλίσεις και η πλειοψηφία των οποίων προέρχεται από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις.

Οι θέσεις αυτές όπως προκύπτει από το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι κυρίως χώροι εξόρυξης, πρανή οδών και φυσικές κλιτύες που παρουσιάζουν μεγάλες κλίσεις, ή τυχαίνει η φορά μέγιστης να συμπίπτει με τη φορά κλίσης του πρανούς. Πρέπει να τονισθεί ότι οι περιοχές με τις υψηλότερες τιμές επιδεκτικότητας δεν είναι εκτεταμένες και δεν βρίσκονται μέσα στον αστικό ιστό. Παρόλα αυτά οι θέσεις αυτές χρησιμοποιούνται από τμήματα του πληθυσμού με διάφορες χρήσεις όπως θέατρα, χώροι άθλησης ή εστίασης.

Για το λόγο αυτό για τις θέσεις που προσδιορίστηκαν θα πρέπει να εκτιμηθούν μέτρα ή προτάσεις μείωσης της επικινδυνότητας (**Κεφ. 6**).

5 ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΕΔΑΦΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μη συνεκτικοί κορεσμένοι εδαφικοί σχηματισμοί έχουν την τάση όταν υπόκεινται σε άμεση φόρτιση κάτω από αστράγγιστες συνθήκες να τείνουν προς συμπύκνωση, όμως λόγω της αδυναμίας μεταβολής του όγκου του παρουσιάζεται αύξηση ητς διατμητικής τους αντοχής. Κατά την παραπάνω διαδικασία μετατρέπεται η κατάσταση αυτών των εδαφικών στρωμάτων από τη στερεά στη ρευστή φάση. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται τέσσερα κυρίως είδη ρευστοποιήσεων: η καθίζηση, η πλευρική μετακίνηση, η εδαφική ταλάντωση και η εδαφική ροή (Παπαθανασίου 2006). Ο κίνδυνος ρευστοποιήσεων εξαρτάται από την επιδεκτικότητα των γεωλογικών υλικών σε τέτοιου είδους φαινόμενα. Αυτή με τη σειρά της εξαρτάται από μια σειρά από παραμέτρους όπως:

- Η γεωλογική ηλικία των εδαφικών σχηματισμών: καθώς το περιβάλλον του απόθεσης του εδαφικού σχηματισμού αποτελούν βασικά κριτήρια για την ταξινόμηση του εξεταζόμενου εδάφους ως επιδεκτικού προς ρευστοποίηση. Επειδή η πυκνότητα και ο βαθμός συγκόλησης των εδαφών αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου η αύξηση της αντοχής έναντη ρευστοποίησης των σχηματισμών αυξάνει με την ηλικία τους
- Γεωλογικά & Γεωμορφολογικά κριτήρια: σημαντικό ρόλο στην επιδεκτικότητα ενός σχηματισμού παίζει το περιβάλλον απόθεσης του. Έτσι φαινόμενα ρευστοποίησης έχουν παρατηρηθεί σε σχηματισμούς αλλουβιακών ριπιδίων, σε αλλουβιακές πεδιάδες και δελταικές αποθέσεις. Για παράδειγμα κατά τον Iwasaki (1986) οι περιοχέςμε σκληρά πετρώματα που έχουν υποστεί διαγένεση είναι μη ρευστοποιήσιμες. Αντίθετα τα περιβάλλοντα ριπιδίων, ποτάμιων προσχώσεων και πλημμυρικών πεδιάδων έχουν αυξημένη πιθανότητα ρευστοποίησης. Τέλος οι πρόσφατες ποτάμιες αποθέσεις, ο ποτάμιος βυθός και οι βάλτοι καταγράφουν υψηλή πιθανότητα ρευστοποίησης.
- Υδροφόρος ορίζοντας: μια από τις σημαντικές προυποθέσεις για τη ρευστοποίηση ενός εδάφους είναι να βρίσκεται σε κορεσμένη κατάσταση, δηλαδή κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα. Για το λόγο αυτό η στάθμη του υδροφόρου επηρεάζει την επιδεκτικότητα ενός σχηματισμού. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η κατακορυφη απόσταση του υδροφόρου από ένα σχηματισμό τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση που θα προβάλει ο τελευταίος σε ενδεχόμενη πιθανότητα ρευστοποίησης (Youd 1998). Αποτέλεσμα γεωτεχνικών ερευνών σε θέσεις εμφάνισης ρευστοποίησης έδειξαν ότι τα περισσότερα περιστατικά παρουσιάστηκαν σε περιοχές όπου η στάθμη του υδροφόρου βρισκόταν έως 3 μέτρα βάθος από την επιφάνεια (Παπαθανασίου 2006).
- Σημαντικοί επίσης παράγοντες για την επιδεκτικότητα των σχηματισμών είναι η σχετική πυκνότητα τους, η κοκκομετρική σύσταση και τα φυσικά χαρακτηριστικά των εδαφών.

χάρτες Τέλος ένας εξίσου σημαντικός δείκτης για τη διερεύνηση της επιδεκτικότητας προς ρευστοποίηση ενός εδάφους είναι η καταγραφή των ιστορικών εμφανίσεων τέτοιων φαινομένων. Στην περιοχή μελέτης, σύμφωνα με τον Παπαθανασίου (2006) δεν έχουν καταγραφεί τέτοιου ειδους φαινόμενα στο παρελθόν (Εικ. 35).



Εικ. 35 Αποτύπωση ιστορικών φαινομένων ρευστοποίσης στην ανατολική Μεσόγειο, με επίκεντρο τον Ελληνικό χώρο (Παπαθανασίου 2006).

Η αποτύπωση των περιοχών που κινδυνεύουν από τέτοια φαινόμενα γίνεται με χάρτες επιδεκτικότητας. Οι χάρτες επιδεκτικότητας ρευστοποιήσεων (liquefaction susceptibility maps), παρέχουν εκτίμηση της πιθανότητας ρευστοποίησης του εδαφικού υλικού, σε περίπτωση σεισμού. Φυσικά η ρευστοποίηση ενός σχηματισμού είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως η κοκκομετρία, η σύσταση, η απόσταση από την σεισμική πηγή, η παρουσία νερού κλπ. Τα στοιχεία αυτά είναι πολύ δύσκολο να παρέχονται με λεπτομέρεια σε μεγάλες περιοχές. Για το λόγο αυτό επιλέγεται κατηγοριοποίηση με βάση κυρίως καθαρά γεωλογικά κριτήρια, γεωτεχνικά και γεωλογικά δηλαδή δεδομένα που βασίζονται συτάσταση, την κοκκομετρία και πιθανόν και τα σεισμικά ρήγματα. Έτσι, αυτοί οι τύποι χαρτών απεικονίζουν τη σχετική επιδεκτικότητα σε ένα εύρος που κυμαίνεται από πολύ χαμηλό σε υψηλό χαρακτηρίζοντας την επιδεκτικότητα των γεωλογικών σχηματισμών σε ρευστοποίηση. Οι χάρτες αυτοί μπορούν να έχουν πολλές εφαρμογές:

 Στην επιχειρησιακή οργάνωση και στην Πολιτική Προστασία, καθώς μπορεί να αποτρέψουν την εγκατάσταση κρίσιμων υπηρεσιών, σε περιοχές με υψηλή επιδεκτικότητα σε ρευστοποιήσεις, ή το αντίθετο.

- Στον καθορισμό περιοχών, στις οποίες οι πολιτικοί μηχανικοί και οι γεωτεχνικοί θα πρέπει να διενεργούν λεπτομερείς μελέτες, πριν από την ανέγερση νέων κατασκευών, δημόσιου ή ιδιωτικού οφέλους.
- Συνιστούν δράσεις που απαιτούνται για τη μεγιστοποίηση της δημόσιας ασφάλειας
 και ελαχιστοποίηση των απωλειών και των ζημιών σε «τρωτά» σημεία του δομημένου περιβάλλοντος (σχολεία, κέντρα συντονισμού, διοικητικές υπηρεσίες κλπ)
- Μεγάλες ασφαλιστικές εταιρίες, μπορούν να καθορίσουν ένα συντελεστή βαρύτητας στα ασφάλιστρά τους, για περιοχές που είναι επιδεκτικές σε έντονα συνοδά σεισμικά φαινόμενα, ή το αντίθετο.
- Ιδιοκτήτες ακινήτων μπορούν να επιλέξουν που και πως θα επενδύσουν τα λεφτά τους σε μία περιοχή που καλυπτεται από τέτοιου είδους πληροφορία.
- Σε ποικίλες δράσεις που αφορούν τον επιχειρησιακό σχεδιασμό και γενικότερα το σχεδιασμό των χρήσεων γης μίας περιοχής.

5.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην περιοχή του ΑΣΔΑ με βάση τον γεωλογικό χάρτη, έγινε διαχωρισμός των γεωλογικών σχηματισμών σε κατηγορίες επιδεκτικότητας ρευστοποίησης. Απ' αυτήν αποκλείστηκαν οι αλπικοί γεωλογικοί σχηματισμοί και για τους υπόλοιπους έγινε διαχωρισμός σε πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέση και υψηλή. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί και η επιδεκτικότητά τους σε ρευστοποίηση.

Γεωλογικός σχηματισμός	Επιδεκτικότητα σε ρευστοποίηση
Τεχνητές επιχωματώσεις παράκτιας ζώνης Όρμου Σκαραμαγκά	Υψηλή
Αλλουβιακές αποθέσεις (al)	Μέση
Κορήματα και πλευρικά κορήματα (Qsc) Πλειστοκαινικά(?) Ριπίδια (Pt)	Χαμηλή
Πλειοκαινικοί λιμναίοι σχηματισμοί (Plm)	Πολύ Χαμηλή
Ανωμειοκαινικοί ηπειρωτικοί σχηματισμοί (Ms)	
Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι (Ks)	

Κλαστικό σύμπλεγμα με πελαγικούς ασβεστόλιθους (Sch2)

Τμήματα οφιολιθικού συμπλέγματος (of)

Τριαδικολιάσια ανθρακική πλατφόρμα (Tr-Ji) Ηφαιστειοϊζηματογενές σύμπλεγμα (Sch)

Πίνακας 3. Διαχωρισμός των γεωλογικών σχηματισμών με βάση την επιδεκτικότητά τους σε φαινόμενα ρευστοποίησης.

Συμπαγές Υπόβαθρο

5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Με τη χρήση αυτού του κριτηρίου δημιουργήθηκε μια ζωνοποίηση με βάση την επιδεκτικότητα των σχηματισμών σε ρευστοποιήση (Εικ. 36).

Επισημαίνεται ότι τέτοιου είδους χάρτες, χρησιμοποιούνται ως γενικοί οδηγοί στο σχεδιασμό των χρήσεων γης και σε καμία περίπτωση δεν υποκαθιστούν την αναγκαιότητα εκπόνησης λεπτομερών μελετών σε οποιαδήποτε κατασκευή ή αναπτυξιακό έργο γενικότερα. Τέλος, επειδή τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται προέρχονται από μικρής κλίμακας γεωλογικούς χάρτες, δεν μπορούν να προβλέψουν την παρουσία ή απουσία ικανών για ρευστοποίηση υλικών, σε όλη την έκταση μιας περιοχής, για τον εντοπισμό των οποίων χρειάζονται λεπτομερείς τοπικές γεωτεχνικές μελέτες.



Εικ. 36 Χάρτης επιδεκτικότητας των γεωλογικών σχηματισμών σε φαινόμενα ρευστοποιήσεων.

6 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΜΒΛΥΝΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Σε ότι αφορά τις καταπτώσεις / κατολισθήσεις, αυξημένη επιδεκτικότητα παρουσιάζουν τα παλαιά εγκαταλειμμένα λατομία που εντοπίζονται δυτικά του οικιστικού ιστού, κατά μήκος των ανατολικών πρανών του Ποικίλου και του Αιγάλεω. Γι' αυτά προτείνεται:

- Βελτίωση των υφιστάμενων πρανών, μέσω μείωσης των κλίσεων των επιμέρους αναβαθμών.
- Τοποθέτηση προστατευτικών πλεγμάτων στη βάση των πρανών.
- Δημιουργία ζώνης προστασίας περιμετρικά των κλιτύων με υψηλή επιδεκτικότητα σε κατολισθήσεις.
- Μέριμνα και σχεδιασμός για την ομαλή αποκατάσταση σε ενδεχόμενη πτώση βράχων σε καίρια τμήματα του οδικού δικτύου.
- Αυστηρός οπτικός έλεγχος από αρμόδια συνεργεία των συνθηκών ευστάθειας στα πρανή που παρουσιάζουν υψηλή επιδεκτικότητα. Στόχος του ελέγχου αυτού είναι η απομάκρυνση τμημάτων της βραχομάζας που διαπιστώνεται ενδεχόμενη αστάθεια.

Σε ότι αφορά τις ρευστοποιήσεις, είναι σαφές ότι άμεσα μέτρα αποφυγής εκδήλωσης του φαινομένων ρευστοποίησης κατά τη διάρκεια σεισμικής δόνησης, δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν, ωστόσο είναι αναγκαία η τήρηση πρακτικών μακροπρόθεσμης άμβλυσης του κινδύνου. Όπως:

- Βελτίωση και συντήρηση αποχετευτικών δικτύων για περιορισμό διαρροών, που έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του κορεσμού των εδαφών και κατ' επέκταση την εκδήλωση ρευστοποιήσεων σε ενδεχόμενη δόνηση
- Συστηματική καταγραφή και μέτρηση του βάθος των υδροφόρων οριζόντων.
 Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην αναγνώριση τμημάτων με υψηλή στάθμη, ή/και κορεσμό των υδροφορέων. Σε ακραίες περιπτώσεις δε, προτείνεται η άντληση των υπόγειων υδάτων.
- Σε ότι αφορά την παράκτια ζώνη του Όρμου Σκαραμαγκά, που αποτελεί περιοχή έντονης βιομηχανικής δραστηριότητας, προτείνεται εκπόνηση λεπτομερών μικροζωνικών μελετών, από τις οποίες θα προκύψουν λεπτομερείς χάρτες ρευστοποιήσεων του εδάφους, χάρτες μέγιστων / ενεργών επιταχύνσεων στην επιφάνεια του εδάφους, χάρτες μικροζωνών ανάλογα με τα φάσματα απόκρισης κατασκευών διαφόρων βαθμών απόσβεσης στην επιφάνεια του εδάφους κλπ.

Οι εδαφικές παραμορφώσεις, που έχουν καταγραφεί βάσει της τεχνικής συμβολομετρίας Ραντάρ, υποδεικνύουν αυξημένους ρυθμούς παραμόρφωσης σε συγκεκριμένα τμήματα του ΑΣΔΑ. Δεδομένου των πολλαπλών γενεσιουργών αιτιών εκδήλωσης εδαφικών παραμορφώσεων, δεν δύναται στην παρούσα μελέτη να καθοριστούν λεπτομερώς τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν. Έτσι προτείνεται συνέχιση της παρακολούθησης της περιοχής από πρόσφατες δορυφορικές εικόνες για την χωροχρονική εξέλιξη των φαινομένων.

Τέλος, οι θέσεις με ιστορικές καθιζήσεις χρήζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης και προτείνεται μακροπρόθεσμη πολιτική απομάκρυνσης του οικιστικού ιστού πάνω από τα μεγαλύτερα σε έκταση εγκαταλειμμένα ορυχεία, με ταυτόχρονη εγκατάσταση ελαφρών χρήσεων γης, όπως πάρκα, πλατείες κλπ.

Οι εξειδικευμένες προτάσεις για τη μείωση της επικινδυνότητας σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών, αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου επιχειρησιακού σχεδίου έκτακτης ανάγκης, το οποίο θα πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομερή στοιχεία της οργανωτικής δομής των ΑΣΔΑ, προσαρμογή και επικαιροποίηση των υφιστάμενων επιχειρησιακών σχεδίων και φυσικά τη σύνθεση, που θα έχει ως αποτέλεσμα την σύνδεση του σχεδιασμού με το περιφερειακό και κεντρικό επίπεδο. Τα παραπάνω αποτελούν συνέχεια της Β' φάσης μελέτης στην Γ' φάση, η οποία θα περιλαμβάνει τα επιχειρησιακά σχέδια εκτάκτων αναγκών επικαιροποιημένα και προσαρμοσμένα στο νέο πλαίσιο του «Καλλικράτη».

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ANASTASIADIS, AN., DEMOSTHENOUS, M., KARAKOSTAS, CH., KLIMIS, N., LEKIDIS, B., MARGARIS, B., PAPAIOANNOU, CH., PAPAZACHOS, C., THEODOULIDIS, N., (1999) The Athens (Greece) earthquake of September 7, 1999: Preliminary report on strong motion data and structural response, available online at <u>http://www.itsak.gr/report.html</u>.

AKI, K., (1979) Characterization of barriers on an earthquake fault. *Journal of Geophysical Research*, 84, 6140-6148.

BÜRGMAN, R., ROSEN, P. A., FIELDING, E. J., (2000) Synthetic Aperture Radar Interferometry to measure Earth's surface topography and its deformation. *Rev. Earth Planet. Sci.*, 28, 169-209.

DELIBASIS, N., PAPADIMITRIOU, P., VOULGARIS, N., KASSARAS, I., (2000) The Parnitha fault: A possible relationship with other neighboring faults and causes of larger damages. *Annales Géologiques des Pays Helléniques*, 38(B), 41-50.

DRAKATOS, G., KARASTATHIS, V., MAKRIS, J., PAPOULIA, J., STAVRAKAKIS, G., (2005) 3D crustal structure in the neotectonic basin of the Gulf of Saronikos (Greece). *Tectonophysics*, 400, 55-65.

DRAKATOS, G., MELIS, N., PAPANASTASSIOU, D., KARASTATHIS, V., PAPADOPOULOS, G. A., STAVRAKAKIS, G., (2002) 3-D crustal velocity structure from inversion of local earthquake data in Attiki (central Greece) region. *Natural Hazards*, 27, 1-14.

FREYBERG B (1951) Das Neogen - Gebiet Nordwestlich Athen. *Ann. Geol. Pays Hellen., 3, p65-86, Αθήνα*.

FUJIWARA, S., ROSEN, P. A., (1998) Crustal deformation measurements using repeat-pass JERS 1 synthetic aperture radar interferometry near the Izu Peninsula, Japan. *Journal of Geophysical Research*, 103(B2), 2411-2426.

GABRIEL, A. K., GOLDSTEIN, R. M. ZEBKER, H. A., (1989) Mapping small elevation changes over large areas: Differential radar interferometry. *Journal of Geophysical Research*, 94(B7), 9183-9191.

IWASAKI T (1986) Soil liquefaction studies in Japan: State of the art. *Soil Dyn. Earthquake Eng: 5:1-71.*

KOUKIS G, ROZOS D, HADZINAKOS I (1997A) Relationship between rainfall and landslides in the formations of Achaia County, Greece.

KOUKIS, G., SABATAKAKIS, N., NIKOLAU, N., LOUPASAKIS, C., (2005). Landslide Hazard Zonation in Greece. In Kyoji Sassa, Hiroshi Fukuoka, Fawu Wang and Gonghui Wang (eds.) Landslides Risk Analysis and Sustainable Disaster Management. Springer: Berlin Heidelberg

KOUKIS G, TSIAMBAOS G, SABATAKAKIS N, (1994) Slope movements in the Greek territory: A statistical approach, *7th International IAEG Congress, Balkema, Rotterdam*

KOUKIS, G., TSIAMBAOS, G., SABATAKAKIS, N., (1997B) Landslide movements in Greece: Engineering geological characteristics and environmental consequences, In: Marinos, Koukis, Tsiambaos & Stournaras (Eds.) *Engineering Geology and the Environment, 1997, Balkema, Rotterdam.*

KTENAS, C. (1907) Sur l'age des terrains calcaires des environs d'Athènes. *C. R. Ac. Sciences, 144, p697-699, Paris.*

LEKKAS, E., (2001) The Athens earthquake (7 September 1999): intensity distribution and controlling factors. *Engineering Geology*, 59, 297-311.

LEKKAS, E., FOUNTOULIS, I., PAPANIKOLAOU, D., (2000) Intensity distribution and neotectonic macrostructure Pyrgos earthquake data (26 March 1993, Greece). *Natural Hazards,* 21(1), 19-33.

LEPSIUS, R. (1893). Geologie von Attica. Ein Beitrag zur Lehre vom Metamorphismus der Gesteine. 1956, Berlin 1893 & μετάφραση Γ.Βουγιούκα. Βιβλιοθήκη Μαρασλή, 592σελ., Αθήνα 1906.

MARINOS, G., SYMEONIDIS, N. (1974). Neue Funde aus Pikermi (Attica, Griechenland) und eine allgemeine geologische Ubersicht dieses palaeontologisches Raumes, *Ann. Geol. Pays Hell, XXVI, p.1-27.*

MARIOLAKOS, I. & FOUNTOULIS, I. (2000) The Athens earthquake September 7, 1999: Neotectonic regime of the affected area. *Ann. Geol. Pays Hell., T. XXXVIII/B p. 165-174,Athens.*

PACK RT, TARBOTON DG, GOODWIN CN (1998) The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping. 8th Congress of the International Association of Engineering Geology, Vancouver, British Columbia, Canada 21-25 September 1998.

PAPADIMITRIOU, P., KAVIRIS, G., VOULGARIS, N., KASSARAS, I., DELIBASIS, N., MAKROPOULOS, K., (2000) The September 7, 1999 Athens earthquake sequence recorded by the CORNET Network: Preliminary results of source parameters determination of the mainshock, *Annales Géologiques des Pays Helléniques*, 38(B), 29-39.

PAPANASTASSIOU, D., STAVRAKAKIS, G., DRAKATOS, G., PAPADOPOULOS, G., (2000) The Athens, September 7, 1999, Ms=5.9, earthquake: First results on the focal properties of the main shock and the aftershock sequence. *Annales Géologiques des Pays Helléniques*, 38(B), 73-88.

PSYCHARIS, I., PAPASTAMIOU, D., TAFLAMBAS, I., CARYDIS, P., (1999) The Athens, Greece Earthquake of September 7, 1999, EERI Special Earthquake Report, available online at http://www.eeri.org/Reconn/Greece1099.

SANDWELL, D. T., PRICE, E. J., (1998) Phase gradient approach to stacking interferograms. *Journal of Geophysical Research*, 103(B12), 30183–30204.

SYMEONIDIS, N. (1979). Pikermi, Field guide to the Neogene of Attica. *Publications of the Department of Geology and Paleontology, Univercity of Athens, Series A, No 33, p. 1-14.*

TZITZIRAS, A., ROZOS, D., VAKONDIOS, I., ELIAS, P., KYNIGALAKI, M., NIKOLAOU, N., ANGELIDIS, CH., POYIADJI, E., APOSTOLIDIS, E., BELLAS, M., KONSTANTOPOULOU, G., (2000) Macroseismic observations from the earthquake of 7/9/99 in Attiki area. *Annales Géologiques des Pays Helléniques*, 38(B), 145-153.

YOUD TL (1998) Screening guide for rapid assessment of liquefaction hazard at highway bridge site. *Technical Report, MCEER-98-0005.*

ZEBKER, H. A., ROSEN, P. A., HENSLEY, S., (1997) Atmospheric effects in interferometric synthetic aperture radar surface deformation and topographic mapping. *Journal of Geophysical Research*, 102(B10), 7547-7563.

ΑΝΤΩΝΙΟΥ Β (2000) Οι Γεωπεριβαλλοντικές συνθήκες του Λεκανοπεδίου των Αθηνών, με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Ορυκτολογίας – Γεωλογίας, Διδ. Διατριβή. Αθήνα.

ΓΟΥΛΙΩΤΗΣ Λ. (2002) Γεωλογική Δομή του Ποικίλου Όρους – Χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5.000. Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Διπλωμ. Εργασία. Αθήνα

ΖΙΟΥΡΚΑΣ Κ, ΚΟΥΚΗΣ Γ, (1992) Ζωνοποίηση της επικινδυνότητας λόγω κατολισθήσεων στον Ελληνικό χώρο και απεικόνιση της σε χάρτες μικρής και μέσης κλίμακας. *Ορυκτός Πλούτος77, 9-30.*

 ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ
 N
 (1995)
 Το
 χρονικό
 του
 κάρβουνου
 [online]
 URL:

 http://www.scribd.com/doc/25834386/ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ-ΤΟ-ΧΡΟΝΙΚΟ-ΤΟΥ-ΚΑΡΒΟΥΝΟΥ
 [Last

 Accessed:
 5/10/2010]
 [Last

ΚΟΥΚΗΣ Γ, ΖΙΟΥΡΚΑΣ Κ (1989) Κατολισθητικές κινήσεις στον Ελληνικό χώρο, Στατιστική Θεώρηση. *Ορυκτός Πλούτος 58, 39-58.*

ΛΕΚΚΑΣ Ε (2000) Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές. Β' Έκδοση. *Access Pre-Press, Αθήνα.*

ΜΑΡΙΝΟΣ Γ, ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ Γ, ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ Ε, ΜΙΡΚΟΥ Ρ (1971) Το σύστημα των σχιστόλιθων Αθηνών. – Ι. Στρωματογραφία και Τεκτονική. *Ann. Geol. Pays Hell., XXIII, σελ.183-216.*

ΜΑΡΙΝΟΣ Γ (1937) Η τεκτονική θέσις του συστήματος των σχιστόλιθων των Αθηνών εις την δυτικήν ζώνην αυτού. Πρακτ. Ακαδ. Αθηνών, 12, 16-21.

ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η, ΘΕΟΧΑΡΗΣ Δ, (2001) Μετατοπίσεις των ακτογραμμών του Σαρωνικού κατά τα τελευταία 18.000 χρόνια και η Κυχρεία παλαιολίμνη. Δ.Ε.Γ.Ε. XXXIV/1, σ. 405-413.

ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΔΙΑΚΑΝΤΩΝΗ Α., (1967). Η πανίς των Νεογενών εχίνων των ελληνικών χωρών, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΜΠΑΣΗ Ε. (2004) Παλαιογεωγραφική εξέλιξη του λεκανοπέδιου Αθηνών από το Αν. Μειόκαινο έως σήμερα, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Μεταπτυχ. Διατριβή Ειδ. Ο.Α.Σ.Π & Σ.Π.Μ.Ε. (2001) Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000, Αθήνα ΕΑΚ2000.

ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Γ (2006) Φαινόμενα ρευστοποίησης εδαφών στον ελληνικό χώρο. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ).

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ (1986) Γεωλογία της Ελλάδας. Εκδόσεις Επτάλοφος, 240σελ.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ, ΛΕΚΚΑΣ Ε, ΔΑΝΑΜΟΣ Γ, ΛΟΖΙΟΣ Σ (1999) Γεωλογικές –Τεκτονικές – Γεωμορφολογικές συνθήκες της περιοχής Δυτικής Αττικής που επλήγη από το σεισμό της 7-9-1999. *Ενημερ. Δελτ. Ευρωπ. Κέντρ. Πρόλ. Και Πρόγν. Σεισμ., 3, 30-34.*

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. et al (2002). Γεωλογική – Γεωτεχνική μελέτη Λεκανοπέδιου Αθηνών. *Ερευνητικό Πρόγραμμα Ο.Α.Σ.Π*.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΛΟΖΙΟΣ, Σ., ΣΟΥΚΗΣ, Κ & ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ, Ε. (2004). Η γεωλογική δομή του αλλόχθονου συστήματος των «Σχιστόλιθων Αθηνών», Εκτεταμένη περίληψη, Πρακτικά 10ου Συνεδρίου Ε.Γ.Ε., Θεσσαλονίκη 2004.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ, ΜΠΑΣΗ ΕΚ, ΚΡΑΝΗΣ Χ, ΔΑΝΑΜΟΣ Γ (2004) Παλαιογεωγραφική εξέλιξη του λεκανοπέδιου Αθηνών από το Α. Μειόκαινο έως σήμερα. Εκτεταμένη περίληψη, Πρακτικά 10ου Συνεδρίου Ε.Γ.Ε., Θεσσαλονίκη 2004.

ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΪΔΗΣ Η, ΧΩΡΙΑΝΟΠΟΥΛΟΥ Π (1978) Μια τομή απ' το βουνό Αιγάλεω. Ο Αθηναϊκός σχιστόλιθος, οι λόφοι της Αθήνας. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, ΧΙΙΙ/2, σελ.116-136.

ΠΥΡΛΗ, Μ., (2001) Σεισμικά χαρακτηριστικά της μετασεισμικής ακολουθίας του σεισμού της Αθήνας (07/09/1999, Ms=5.9). Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 141.

 ΡΟΖΟΣ
 Δ
 (2005)
 Σημειώσεις
 Τεχνικής
 Γεωλογίας,
 Σχολή
 Τεχνικών
 Μεταλλείων
 –

 Μεταλουργών,
 Εθνικό
 Μετσόβιο
 Πολυτεχνείο,
 [online]
 URL:

 http://www.metal.ntua.gr/uploads/3690/dialexi_13.pdf
 [Last Accessed: 20-12-2010].

ΤΑΤΑΡΗΣ Α (1967) Παρατηρήσεις επί της δομής της περιοχής Σκαραμαγκά – όρους Αιγάλεω – Πειραιώς – Αθηνών (Αττική). Δ.Ε.Γ.Ε. τ.VII/1, σελ.52-88.

ΤΑΤΑΡΗΣ, Α. & ΣΙΔΕΡΗΣ, Χρ. (1989). Γεωλογική δομή του Νοτ. Αιγάλεω και συσχετισμός προς την απέναντι περιοχή Σαλαμίνας. Δ.Ε.Γ.Ε., XXIII/1, 303-320.

ΦΟΥΜΕΛΗΣ Μ. (2009) Μελέτης επιφανειακής παραμόρφωσης ευρύτερης περιοχής Αθηνών βάσει Διαφορικών Μετρήσεων GPS και Συμβολομετρίας Ραντάρ. Εθνικό και Καποδηστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Αθήνα, σελ. 358.

ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΗΣ Σ (1952) Συμβολή στη γνώση του Νεογενούς της Αττικής. *Ann. Geol.Pays Hell. 1, σελ.1-156*.

ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ Γ (1961) Τα Τρηματοφόρα του Θαλάσσιου Νεογενούς της Αττικής. Γεωλογικές και Γεωφυσικές Μελέτες, VII (1), Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
ПАРАРТНМА

- ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ
- ΧΑΡΤΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ
- ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ