

ΜΕΡΟΣ Γ΄:

ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

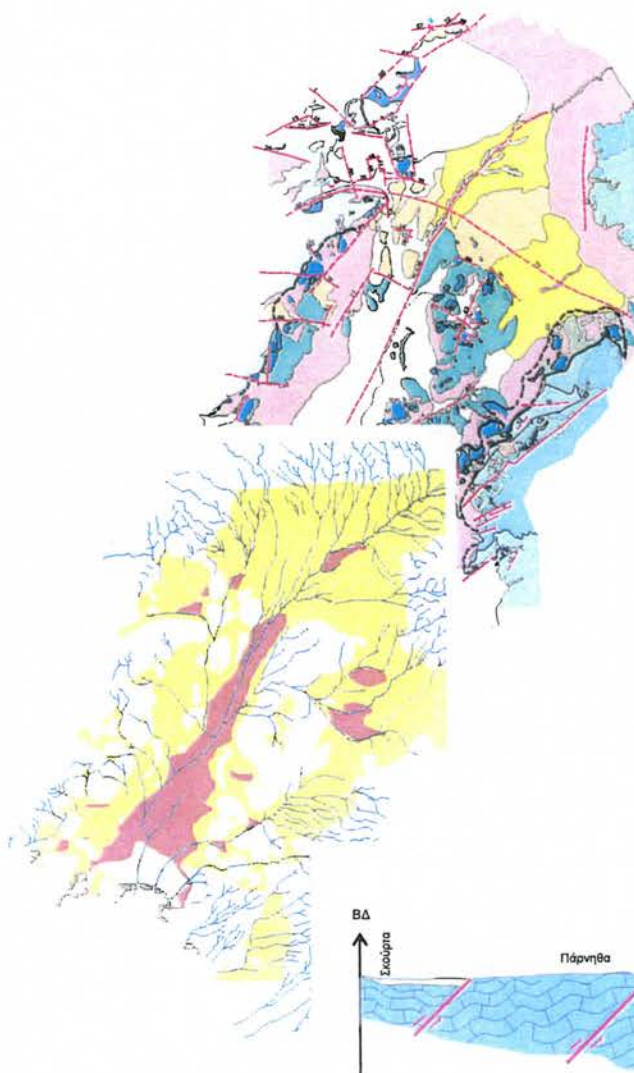


ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

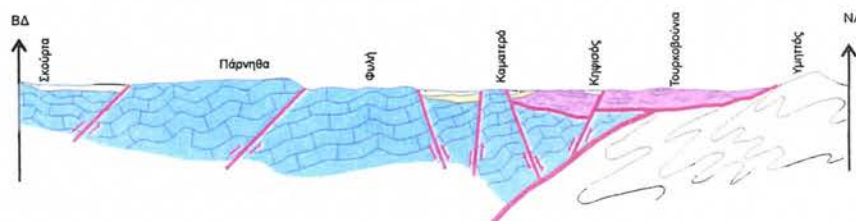
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ



ΜΕΡΟΣ Γ'

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



ΑΘΗΝΑ - Μάρτιος 2002

ΜΕΡΟΣ Γ΄: ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΕΘΝΙΚΟΥ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

Δρ. Δ. Ι. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Καθηγητής Γεωλογίας, *Επιστημονικός Υπεύθυνος*

Δρ. Σ. Γ. ΛΟΖΙΟΣ, Λέκτορας Δυναμικής, Τεκτονικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

Δρ. Χ. ΣΙΔΕΡΗΣ, *Επ. Καθηγητής Γεωλογίας*

Δρ. Χ. ΚΡΑΝΗΣ, *Επιστημονικός Συνεργάτης*

Δρ. Γ. ΔΑΝΑΜΟΣ, *Επιστημονικός Συνεργάτης*

Υπ. Δρ. Κ. ΣΟΥΚΗΣ, MSc, *Επιστημονικός Συνεργάτης*

Υπ. Δρ. Ε. ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ, *Επιστημονικός Συνεργάτης*

Υπ. Δρ. Ε. Κ. ΜΠΑΣΗ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Δρ. Π. ΜΑΡΙΝΟΣ, Καθηγητής Τομέα Γεωτεχνικής, *Επιστημονικός Υπεύθυνος*

Δρ. Γ. ΤΣΙΑΜΠΑΟΣ, *Επ. Καθηγητής Τομέα Γεωτεχνικής*

Δρ. Γ. ΜΠΟΥΚΟΒΑΛΑΣ, *Αν. Καθηγητής Τομέα Γεωτεχνικής*

Δρ. Ν. ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ, Λέκτορας Γεωλογίας Παν/μίου Πατρών

με τη συμβολή των:

Υπ. Δρ. Α. ΑΝΤΩΝΙΟΥ, Πολ. Μηχανικός ΕΜΠ, Τομέας Γεωτεχνικής

Κ. ΠΡΟΒΙΑ, Γεωλόγος Παν/μίου Αθηνών

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Κεφάλαιο 1

ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	Γ-1

Κεφάλαιο 2

ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	Γ-11

ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Για τις ανάγκες της "Γεωλογικής–Τεκτονικής Μελέτης Λεκανοπεδίου Αθηνών", που εκπονήθηκε από την ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Αθηνών κατασκευάστηκαν οι ακόλουθοι χάρτες:

1. Ένας Γεωλογικός Χάρτης, σε κλίμακα 1:25.000
2. Τέσσερες Γεωλογικές Τομές, σε κλίμακα 1:25.000
3. Ένας Νεοτεκτονικός Χάρτης σε κλίμακα 1:25.000
4. Ένας Μορφοτεκτονικός Χάρτης, σε κλίμακα 1:50.000
5. Έξη Χάρτες–Στερεοδιαγράμματα της νεοτεκτονικής και παλαιογεωγραφικής εξέλιξης του Λεκανοπεδίου.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Από τη γεωλογική χαρτογράφηση προέκυψαν αρκετά νέα στοιχεία για τη στρωματογραφία, τόσο των αλπικών όσο και των μεταλπικών σχηματισμών, που δίνουν μια νέα διάσταση στη γεωλογική δομή και εξέλιξη της Αττικής.

Με βάση λιθοστρωματογραφικά και τεκτονικά κριτήρια οι αλπικοί σχηματισμοί της περιοχής διακρίνονται σε 4 μεγάλες γεωτεκτονικές ενότητες:

- Την, κατώτερη τεκτονικά, ενότητα των μεταμορφωμένων σχηματισμών που αναπτύσσονται σε Υμηττό και Πεντέλη, για τους οποίους αφενός μεν δεν έχει διευκρινισθεί αν αντιπροσωπεύουν μία ή περισσότερες ενότητες, αφετέρου

δε δεν έχει αποσαφηνισθεί η γεωτεκτονική τους ένταξη. Περιλαμβάνουν τις ακόλουθες επιμέρους ενότητες:

- Την μεταμορφωμένη ενότητα της Βάρης με εν μέρει τριαδική ηλικία και άγνωστη μέχρι στιγμής γεωτεκτονική ένταξη. Αντιστοιχεί μερικώς στους "δολομίτες Βάρης" και "σχιστολίθους Πυρναρής" του Lepsius και περιλαμβάνει σχιστολίθους και μεταβασικά πετρώματα στη βάση που με τυπική μετάβαση περνούν σε μια παχιά ακολουθία από δολομιτικά μάρμαρα. Η αλπική δομή είναι πολύπλοκη με ισοκλινείς πτυχές και πολλές εσωτερικές ολισθήσεις.
- Την υπερκείμενη μεταμορφωμένη ενότητα Υμηττού, με εν μέρει τριαδικο-ιουρασική ηλικία και άγνωστη επίσης ένταξη. Αντιστοιχεί στο "κατώτερο μάρμαρο", "άνωτερο μάρμαρο" και "σχιστολίθους Καισαριανής" του Lepsius και περιλαμβάνει μια ακολουθία από μάρμαρα και δολομίτες που με μετάβαση περνάει σε σχιστολίθους (που περικλείουν μεταβασικά και υπερβασικά πετρώματα), πτυχωμένα ισοκλινώς με πτυχές χιλιομετρικής κλίμακας που δημιουργούν επαναλήψεις των ίδιων οριζόντων.
- Την επίσης μεταμορφωμένη ενότητα Πεντέλης που ανήκει στις εξωτερικές ελληνίδες με χαρακτήρες που θυμίζουν την ενότητα της Τρίπολης ή αυτή των Νοτίων Κυκλάδων. Περιλαμβάνει μια μετα-ηφαιστειοϊζηματογενή ακολουθία στη βάση που με μετάβαση περνάει σε μια παχιά ακολουθία από μάρμαρα.
- Την υπερκείμενη ενότητα Αλεποβουνίου, εν μέρει τριαδικής ηλικίας και άγνωστης ένταξης, που συνιστά ένα τμήμα της ενότητας Αθηνών, αναπτύσσεται σε μια ζώνη παράλληλα με τις παρυφές του Υμηττού και αποτελείται από μικρής μεταμόρφωσης πετρώματα.
- Την υπερκείμενη Υποπελαγονική ενότητα που περιλαμβάνει μια ηφαιστειοϊζηματογενή ακολουθία στη βάση και στη συνέχεια ανθρακικά ηλικίας Αν. Παλαιοζωϊκό – Αν. Ιουρασικό.
- Την ανώτερη, τεκτονικά, ενότητα του Λεκανοπεδίου της Αθήνας που συνιστά ένα κάλυμμα με διαδοχικές λεπιώσεις ανάμεσα σε ανωκρητιδικούς νειρητικούς ασβεστολίθους, ανωκρητιδικούς πελαγικούς ασβεστολίθους με κλαστικά αργιλοσαμμιτικά ιζήματα και οφιολίθους.
- Οφιολιθικά πετρώματα με την μορφή τεκτονικών σφηνών απαντώνται κοντά σε όλες τις τεκτονικές επαφές που χωρίζουν τις ενότητες μεταξύ τους

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στους μεταλλικούς σχηματισμούς, αφού η μελέτη τους (ηλικία, φάσεις, γεωγραφική εξάπλωση κλπ.) προσέφερε πολύτιμα στοιχεία για τη νεοτεκτονική δομή και παλαιογεωγραφική εξέλιξη του Λεκανοπεδίου. Διακρίθηκαν σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Τεταρτογενή και Νεογενή ιζήματα. Στο Τεταρτογενές διακρίθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

- Αλλούβια
- Τεναγώδεις αποθέσεις
- Παράκτιες αποθέσεις
- Σύγχρονα πλευρικά κορήματα
- Διλουβιακές αποθέσεις
- Ποτάμιες αναβαθμίδες
- Πλειστοκαινικά (?) πλευρικά κορήματα
- Πλειο(?) – Πλειστοκαινικά ριτίδια

Στο Νεογενές διακρίθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

- Πλειοκαινικοί θαλάσσιοι σχηματισμοί
- Πλειοκαινικοί ηπειρωτικοί σχηματισμοί
- Θαλάσσιοι ανω-μειοκαινικοί ασβεστόλιθοι
- Ανω-μειοκαινικοί σχηματισμοί (παράκτιες και παράλιες φάσεις)
- Ανω-μειοκαινικοί χερσαίοι και λιμναίοι σχηματισμοί

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Μελετήθηκε και αναλύθηκε η νεοτεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής Ανατολικού Κορινθιακού – Νότιου Ευβοϊκού δεδομένου ότι στις περιοχές αυτές υπάρχουν σημαντικές ενεργές και σεισμικές δομές που μπορεί να πλήξουν το Λεκανοπέδιο. Άλλωστε οι ενεργές δομές του Λεκανοπεδίου αποτελούν τη ζώνη μετάβασης από τις δομές του Αν. Κορινθιακού σε αυτές του Νότιου Ευβοϊκού. Συνοπτικά αναφέρονται τα ακόλουθα:

- Πιστοποιήθηκε μία καταπληκτική **ταύτιση** των υποθαλάσσιων δεδομένων με αυτά της ξηράς.
- Παρατηρήθηκε μία **σταδιακή μεταβολή** των διευθύνσεων των ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών από τον Ανατολικό Κορινθιακό μέχρι την Νότια Αττική – Νότια Εύβοια – Κυκλάδες από Α-Δ σε ΒΔ-ΝΑ με ενδιάμεση διεύθυνση την ΔΒΔ-ΑΝΑ που στην ουσία αντιπροσωπεύει μία **κάμψη** μεγάλης κλίμακας του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού και των νεοτεκτονικών μακροδομών.
- Παρατηρήθηκε μία **εντονότερη** νεοτεκτονική παραμόρφωση στον υποθαλάσσιο χώρο σε σχέση με αυτόν της ξηράς.
- Παρατηρήθηκε μία **μείωση** της νεοτεκτονικής δραστηριότητας όσο μεταβαίνουμε από τον Αν. Κορινθιακό στο Ν. Ευβοϊκό, που εν μέρει εκφράζεται και με τη διαφορετική σεισμικότητα, από τα ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ και έντονη δραστηριότητα σε αυτά με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ασθενή δραστηριότητα.

- Η περιοχή του Λεκανοπεδίου παρουσιάζει μικρότερη νεοτεκτονική παραμόρφωση –και άρα και αναμενόμενη σεισμικότητα– σε σχέση με την περιοχή του Ανατολικού Κορινθιακού. Η μειωμένη αυτή νεοτεκτονική παραμόρφωση εξάλλου επικυρώνεται και από τη σημερινή θέση της περιοχής σε σχέση με το σημερινό ενεργό ηφαιστειακό τόξο.

Με βάση τους σημαντικότερους σειсмоγόνους χώρους, όπου και υφίστανται σημαντικά ενεργά και σεισμικά ρήγματα που μπορεί να επηρεάσουν το Λεκανοπέδιο, μπορούν να γίνουν τα ακόλουθα σεισμικά σενάρια:

Ανατολικός Κορινθιακός: Το πιο πιθανό σενάριο είναι ένας επιφανειακός σεισμός από την περιοχή Κορίνθου – Λουτρακίου, σε απόσταση 70 περίπου Km ανατολικά του Λεκανοπεδίου, με μέγεθος γύρω στο 6,5, όπως δηλαδή η περίπτωση του 1981.

Ωρωπός: Δεύτερο σενάριο θα μπορούσε να είναι η περίπτωση του ρήγματος του Ωρωπού, σε απόσταση περίπου 50 Km βόρεια, με μέγεθος γύρω στο 6, όπως δηλαδή ο σεισμός του 1938.

Αταλάντη: Τρίτο σενάριο είναι η περίπτωση του ρήγματος της Αταλάντης, σε απόσταση 120 Km ΒΒΔ του Λεκανοπεδίου, με μέγεθος γύρω στο 7, όπως η περίπτωση του μεγάλου σεισμού το 1894.

Ελληνική τάφρος: Τέταρτο είναι ένα άλλο πιο δύσκολο σενάριο, λόγω της μεγάλης απόστασης και της μη λεπτομερούς γνώσης του ελληνικού φλοιού σε όλη του την έκταση, που είναι σεισμός μεγέθους 7,5 από την Ελληνική τάφρο, σε απόσταση, δηλαδή, 300–400 Km ΝΔ ή Ν του Λεκανοπεδίου.

Άλλες περιοχές: Τέλος μπορούν να αναφερθούν σεισμικά σενάρια, μικρότερων πιθανοτήτων από τα υπόλοιπα ενεργά ρήγματα της Βόρειας Αττικής – Βοιωτίας ή του υποθαλάσσιου χώρου του Δυτικού Σαρωνικού και του Νότιου Ευβοϊκού, από αποστάσεις της τάξης των 30–50 Km, δυτικά, βόρεια ή ανατολικά του Λεκανοπεδίου, με μεγέθη γύρω στο 5,5–6, ανάλογα δηλαδή με την περίπτωση του πρόσφατου σεισμού της Πάρνηθας.

Εστιάζοντας τώρα την προσοχή μας στο χώρο του Λεκανοπεδίου, η λεπτομερής μορφοτεκτονική ανάλυση (υδρογραφικό δίκτυο, μέσες κλίσεις, μορφολογικοί άξονες, επιφάνειες επιπέδωσης κλπ.) φανέρωσε αρκετές ασυμμετρίες στη σημερινή μορφολογική εικόνα του Λεκανοπεδίου, όπως έντονες στροφές ή κάμψεις του υδρογραφικού δικτύου, έντονες μετατοπίσεις μορφολογικών αξόνων, κλιμακωτή διάταξη επιφανειών επιπέδωσης κλπ., που φανερώνουν την επίδραση των τεκτονικών διεργασιών στη διαμόρφωση του αναγλύφου.

Τα παραπάνω στοιχεία, σε συνδυασμό με τη νεοτεκτονική χαρτογράφηση και την ανάλυση και επεξεργασία των τεκτονικών στοιχείων, δίνουν τη σημερινή νεοτεκτονική εικόνα του Λεκανοπεδίου, το οποίο εκτός από τις περιθωριακές ΒΒΑ–ΝΝΔ ρη-

ξιγενείς ζώνες που το οριοθετούν από Αιγάλεω–Ποικίλο–Πάρνηθα στα δυτικά και Υμηττό–Πεντέλη στα ανατολικά, διασχίζεται από δύο ακόμα μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, του Κηφισού με διεύθυνση ΒΒΑ–ΝΝΔ και του Ζεφυρίου – Αγ. Παρασκευής με διεύθυνση ΔΒΔ–ΑΝΑ. Οι ζώνες αυτές έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη νεοτεκτονική εξέλιξη του Λεκανοπεδίου αφού το χωρίζουν σε τέσσερα επιμέρους τμήματα, καθένα από τα οποία έχει τη δική του νεοτεκτονική και παλαιογεωγραφική εξέλιξη. Σήμερα το ΒΔ τμήμα κυρίως και σε μικρότερο βαθμό το ΝΔ, παρουσιάζονται τα περισσότερο ενεργά, σε αντίθεση με το ΒΑ και το ΝΑ που δείχνουν μια πολύ πιο ήρεμη εικόνα.

Τα κυριότερα ενεργά ρήγματα έχουν διεύθυνση ΔΒΔ–ΑΝΑ, εντοπίζονται στο ανατολικό περιθώριο του Λεκανοπεδίου και είναι το ρήγμα του Περάματος, το ρήγμα του Θριάσιου Πεδίου, το ρήγμα της Φυλής και δύο ακόμη ρήγματα στον ορεινό όγκο της Πάρνηθας. Στο ανατολικό περιθώριο δεν υφίστανται σημαντικά ενεργά ρήγματα, εκτός από το ΒΑ άκρο του Λεκανοπεδίου που διασχίζεται από την ΒΔ απόληξη του ενεργού ρήγματος της Βόρειας Πεντέλης, με επίσης ΔΒΔ–ΑΝΑ διεύθυνση.

Τα κυριότερα πιθανά ενεργά ρήγματα είναι τα ΒΒΑ–ΝΝΔ περιθωριακά ρήγματα του Ποικίλου και της Πάρνηθας, αλλά και η αντίστοιχης διεύθυνσης ρηξιγενής ζώνη του Κηφισού, καθώς και η ΔΒΔ–ΑΝΑ ρηξιγενής ζώνη Ζεφυρίου – Αγ. Παρασκευής και ορισμένα αντίστοιχης διεύθυνσης ρήγματα που τέμνουν τον ορεινό όγκο του Αιγάλεω και του Ποικίλου. Μικρότερα ρήγματα, με το χαρακτηρισμό ενεργά ή πιθανά ενεργά, εντοπίζονται επίσης στο χώρο του λεκανοπεδίου και πιο συγκεκριμένα στο δυτικό τμήμα αυτού.

Με βάση όλα τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη μελέτη η νεοτεκτονική και παλαιογεωγραφική εξέλιξη του Λεκανοπεδίου, από το Αν. Μειόκαινο μέχρι σήμερα, συνοπτικά είναι η ακόλουθη:

Ανώτερο Μειόκαινο (10-6 εκατομμύρια χρόνια). Το ανάγλυφο ήταν πολύ εντονότερο από το σημερινό, με εναλλαγές ορεινών όγκων και βυθισμάτων στο εσωτερικό του σημερινού λεκανοπεδίου. Η ακτογραμμή ήταν αρκετά πιο βόρεια (κοντά στο λόφο του Φιλοπάππου) και η θάλασσα κάλυπτε σημαντικό ποσοστό των νοτίων περιοχών. Οι ρηξιγενείς ζώνες που δρούσαν κατά την περίοδο αυτή ήταν αυτές που ανύψωναν τους ορεινούς όγκους του Υμηττού, της Πεντέλης, της Πάρνηθας και του Αιγάλεω, με γενική διεύθυνση ΒΒΑ–ΝΝΔ. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της περιοχής, είχε και η μεγάλη ρηξιγενής ζώνη "Ζεφυρίου – Αγ. Παρασκευής", διεύθυνσης ΔΒΔ–ΑΝΑ, που ανύψωνε το νότιο τέμαχος, που λειτουργούσε σαν φράγμα μην επιτρέποντας τη διέλευση του νερού προς τη θάλασσα, δημιουργώντας έτσι στο βόρειο τμήμα του Λεκανοπεδίου μια εκτεταμένη περιοχή με λίμνες.

Ανώτερο Πλειόκαινο (4-2 εκατομμύρια χρόνια). Η εικόνα του Λεκανοπεδίου έμοιαζε αρκετά με την εικόνα του Αν. Μειοκαίνου. Στην περιφέρεια του λεκανοπεδίου

ου είχαν αναπτυχθεί μεγάλοι ορεινοί όγκοι, ενώ στο εσωτερικό εξακολουθούσαν να υπάρχουν μικρότεροι λόφοι. Λιμναίες περιοχές υπήρχαν, αλλά είχαν μικρότερη έκταση ενώ και η ακτογραμμή βρισκόταν αρκετά κοντά στην ακτογραμμή του Μειοκαίνου. Οι ρηξιγενείς ζώνες που κατά το Ανώτερο Μειόκαινο ανύψωσαν τους ορεινούς όγκους δεν έπαιζαν πλέον καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της περιοχής. Στην Πάρνηθα εξακολουθούσαν να δρουν οι ρηξιγενείς ζώνες του Θριάσιου και της Φυλής. Η ρηξιγενής ζώνη "Ζεφυρίου – Αγ. Παρασκευής" εξακολουθούσε, πιθανά, να είναι ενεργή.

Μέσο Πλειστόκαινο (800.000-500.000 χρόνια). Η εικόνα του λεκανοπεδίου έμοιαζε πολύ με τη σημερινή. Τα όρη που περιέβαλλαν το λεκανοπέδιο είχαν λίγο πολύ τη σημερινή τους μορφή. Η ακτογραμμή ήταν σε γενικές γραμμές στην ίδια θέση με τη σημερινή και δεν υπήρχαν καθόλου λιμναίες περιοχές. Στο εσωτερικό τμήμα του λεκανοπεδίου είχε ήδη σχηματισθεί ο Κηφισός, το ανάγλυφο είχε εξομαλυνθεί αρκετά, προσεγγίζοντας σε μεγάλο βαθμό τη σημερινή κατάσταση. Μόνο η Πειραιϊκή χερσόνησος δεν επικοινωνούσε με τη στεριά, αλλά ήταν νησί. Η τεκτονική δραστηριότητα περιορίζεται στο δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου το οποίο οριοθετείται από τις ρηξιγενείς ζώνες του Κηφισού και των περιθωρίων του Αιγάλεω, του Ποικίλου και της Πάρνηθας. Γενικά, φαίνεται πως η τεκτονική δράση είχε αρχίσει να μετατοπίζεται κυρίως στο χώρο έξω από το λεκανοπέδιο της Αθήνας, προς τα δυτικά. Η κύρια διεργασία που ήλεγχε το ανάγλυφο πρέπει να ήταν η διάβρωση, με την επακόλουθη δημιουργία κώνων κορημάτων και ριπιδίων.

Ανώτερο Πλειστόκαινο. Οι κλιματικές μεταβολές που έλαβαν χώρα κατά το Πλειστόκαινο επηρέασαν σημαντικά τη μορφή του Λεκανοπεδίου. Η σημαντικότερη πτώση στάθμης, της τάξης των 110 μέτρων, σημειώθηκε κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο την τελευταία παγετώδη περίοδο του Βουρμίου. Η θάλασσα είχε υποχωρήσει κατά πολύ και το μεγαλύτερο τμήμα του Σαρωνικού είχε γίνει ξηρά. Τα νησιά Αίγινα και Σαλαμίνα ήταν ενωμένα με τη ξηρά και αποτελούσαν τη φυσική συνέχεια του Λεκανοπεδίου. Τεκτονική δραστηριότητα υφίσταται μόνο στο δυτικό περιθώριο του Λεκανοπεδίου.

Ολόκαινο. Η σημερινή εικόνα του λεκανοπεδίου της Αθήνας είναι λίγο πολύ η ίδια τα τελευταία 3-5 χιλιάδες χρόνια. Ουσιαστικά πρόκειται για μία περιοχή με χαμηλό μέσο υψόμετρο το οποίο δεν ξεπερνά τα 150-200 μέτρα και η οποία περιβάλλεται από ορεινούς όγκους διαφόρων διευθύνσεων. Στο εσωτερικό του λεκανοπεδίου και κυρίως στο κεντρικό του τμήμα, παρατηρείται μία σειρά από λόφους χαμηλού υψόμετρου. Τεκτονική δραστηριότητα παρατηρείται κυρίως εκτός του λεκανοπεδίου, στο χώρο της Πάρνηθας και του Θριάσιου πεδίου. Οι ανατολικές απολήξεις αυτών των ρηγμάτων εισέρχονται στο βορειοδυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου όπου και εστιάζεται η σύγχρονη τεκτονική δραστηριότητα. Σημαντικές επίσης είναι οι ζώνες των περιθωρίων του Αιγάλεω και του ποικίλου όρους καθώς επίσης και η ρηξιγενής ζώνη του Κηφισού αλλά σε μικρότερο βαθμό από ότι στις προηγούμενες γεωλογικές περιόδους.

ΣΥΝΘΕΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συσχετίζοντας τα δεδομένα της μελέτης με αυτά που προέκυψαν από τους πρόσφατους σεισμούς στην Πάρνηθα καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Η σεισμική διάρρηξη του κύριου σεισμού είχε διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ με κλίση περίπου 40° προς τα ΝΝΔ. Η κίνηση του ρήγματος ήταν κανονική. Η παραπάνω γενική γεωμετρία του κύριου σεισμού επιβεβαιώθηκε και από την κατανομή των επικέντρων των μετασεισμών.
- Αντίστοιχη γεωμετρία παρουσιάζει και το συμβολόγραμμα από την επεξεργασία δορυφορικών εικόνων πριν και μετά το σεισμό. Το υποθετικό ίχνος του σεισμολόγου ρήγματος (δεδομένου ότι αυτό δεν εκδηλώθηκε στην επιφάνεια) εντοπίζεται στον ορεινό όγκο της Πάρνηθας σε μια απόσταση γύρω στα 3-5 Km από το περιθώριο της πεδινής περιοχής του Θριάσιου Πεδίου.
- Το τεκτονικό πρότυπο της περιοχής επιβεβαιώνει την ύπαρξη αυτής της διεύθυνσης των ρηγμάτων για τον ευρύτερο χώρο, ο οποίος παρουσιάζει μειωμένη νεοτεκτονική παραμόρφωση και σεισμικότητα σε σχέση με την περιοχή του Ανατολικού Κορινθιακού.
- Οι ζώνες των βλαβών για το σύνολο της περιοχής, αναπτύσσονται σε μια γενική ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση, σχεδόν κάθετη προς τη διεύθυνση της σεισμικής ζώνης. Η συγκεκριμένη διεύθυνση ακολουθεί περίπου το τεκτονικό όριο ανάμεσα στα μεταμορφωμένα και τα αμεταμόρφωτα πετρώματα της Αττικής, που φαίνεται ότι διαμόρφωσε την πλειόσειστη ζώνη. Γενικά φαίνεται ότι οι ζώνες των βλαβών διαμορφώθηκαν κυρίως από την παθητική επίδραση των δομών ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης που διασχίζουν το Λεκανοπέδιο, από το χώρο του Πειραιά έως τον αυχένα μεταξύ Πεντέλης και Πάρνηθας και δευτερευόντως από την ενεργητική δράση του ΔΒΔ-ΑΝΑ σεισμικού ρήγματος.
- Σε ότι αφορά στην κατανομή των καταστροφών, ο ρόλος του υποβάθρου, σαν έδαφος θεμελίωσης, είναι σημαντικός αλλά όχι καθοριστικός, έτσι ώστε σε ίδιας ποιότητας έδαφος να παρατηρούνται μέσα στην πλειόσειστη περιοχή μεγάλες διαφορές ως προς τις βλάβες, ανεξαρτήτως είδους κατασκευών. Γενικά πάντως φαίνεται ότι στο αλπικό υπόβαθρο ουσιαστικά δεν παρατηρούνται σοβαρές βλάβες.
- Από την εξέταση της ανάλυσης του αναγλύφου με τα άλλα στοιχεία των χαρτών προκύπτει μια σημαντική διαφοροποίηση των βλαβών σε περιοχές αλλαγών μορφολογικών κλίσεων με το ίδιο περίπου γεωλογικό υπόβαθρο και έδαφος θεμελίωσης.
- Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι οι καταστροφές ήταν το αποτέλεσμα ενός πλήθους παραγόντων όπως:

- α) τα χαρακτηριστικά του σεισμού (θέση επικέντρου σχεδόν κάτω από την Αθήνα, μικρό βάθος, μηχανισμός γένεσης κλπ.),
- β) το είδος και τα χαρακτηριστικά των κατασκευών,
- γ) τα χαρακτηριστικά των εδαφών θεμελίωσης (θεμελιώσεις σε χαλαρούς σχηματισμούς που μεταβάλλονται έντονα κάτω από τη σεισμική φόρτιση),
- δ) το βάθος του σεισμικού υποβάθρου,
- ε) η ύπαρξη μεγάλων ρηγμάτων και άλλων παλαιότερων τεκτονικών δομών που μπορεί να μην επαναδραστηριοποιήθηκαν, κατηύθυναν όμως τη σεισμική ενέργεια σε συγκεκριμένες ζώνες και
- στ) η ύπαρξη ζωνών αλλαγής μορφολογικών κλίσεων και μορφολογικών ασυνεχειών.

Εστιάζοντας στη συνέχεια το ενδιαφέρον και την προσοχή μας στη στενή περιοχή των καταστροφών και συγκρίνοντας τα δεδομένα που προέκυψαν από τη λεπτομερή περιγραφή και ανάλυση της γεωλογικής και τεκτονικής-νεοτεκτονικής δομής με την κατανομή των βλαβών μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

- Οι σημαντικές καταστροφές δεν είναι διάσπαρτες αλλά εντοπίζονται σε συγκεκριμένες ζώνες, σε όλες τις περιοχές που αυτές παρατηρήθηκαν (από τους Θρακομακεδόνες και τα Άνω Λιόσια, μέχρι το Περιστέρι).
- Χωρίς να αμφισβητείται και να παραβλέπεται η μεγάλη σημασία των χαρακτηριστικών του σεισμού και του είδους των κατασκευών στην κατανομή των βλαβών, εν τούτοις εντοπίστηκαν και ορισμένοι άλλοι παράγοντες (γεωολογικοί – τεκτονικοί) που φαίνεται ότι διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο σε αυτή τη ζωνώδη κατανομή.
- Οι μεγαλύτερες καταστροφές εντοπίζονται εκεί που σαν εδάφη θεμελίωσης επικρατούν τα ανώτερα και περισσότερο χαλαρά μέλη των κορημάτων και τα αλλούβια σε αντίθεση με τις περιοχές που επικρατούν τα συνεκτικά μέλη των κορημάτων ή το αλπικό υπόβαθρο, όπου μάλιστα οι καταστροφές είναι και λίγες αριθμητικά και μικρές σε έκταση.
- Εκτός από την παραπάνω διαπίστωση είναι επίσης φανερό ότι το μέγιστο των βλαβών εντοπίζεται εφ' ενός μεν στην προέκταση της μεγάλης τεκτονικής ασυνέχειας που φέρνει σε επαφή την σχετικά αυτόχθονη με την αλλόχθονη ενότητα, αφ' ετέρου δε στις περιοχές όπου εντοπίζονται και τα περισσότερα και μεγαλύτερα ρήγματα που είτε οριοθετούν περιθώρια λεκανών είτε τεμαχίζουν το εσωτερικό τους σε επιμέρους τεκτονικά κέρατα και βυθίσματα.
- Οι καταστροφές δηλαδή εντοπίζονται στις ζώνες όπου το υπόβαθρο κάτω από τα κορήματα (νεογενές συνήθως ή αλπικό) παρουσιάζει μια πολύπλοκη τεκτονική δομή με ρήγματα που το μετακινούν και το μετατοπίζουν με αποτέλεσμα να

μεταβάλλεται έντονα και το πάχος των υπερκείμενων πρόσφατων ιζημάτων (κορήματα και αλλούβια).

- Τα ρήγματα αυτά στο σύνολό τους δεν επαναδραστηριοποιήθηκαν με το σεισμό, διαδραμάτισαν όμως σημαντικό ρόλο στην "κατεύθυνση" και "εκτόνωση" της σεισμικής ενέργειας σε συγκεκριμένες ζώνες. Φαινόμενα τύπου Εστίασης (Focusing Effects), Ορίου Ιζηματογενούς Λεκάνης (Basin Edge Effects), Κατευθυντικότητας Διαρρήξεων (Rupture Directivity Effects), Ιζηματογενών Λεκανών (Effects of Sedimentary Basins) και Άνω Τεμάχους (Hanging Wall Effect) φαίνεται ότι σε τοπικό επίπεδο διαδραμάτισαν πολύ σημαντικό ρόλο στην κατανομή των καταστροφών.

Συσχετίζοντας στη συνέχεια τα δεδομένα της μελέτης με αυτά που προέκυψαν από τους σεισμούς του 1981 σε Αλκυονίδες και Καπαρέλλι, καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Τα ρήγματα που δραστηριοποιήθηκαν με τους σεισμούς του 1981 σε Αλκυονίδες και Καπαρέλλι είχαν γενική διεύθυνση Α-Δ, το ίδιο και η κατανομή των μακροσεισμικών εντάσεων. Η προέκταση των δομών αυτών διέρχεται από το βόρειο περιθώριο του Λεκανοπεδίου.
- Οι σεισμοί έγιναν εξαιρετικά αισθητοί στο Λεκανοπέδιο, προξενώντας μάλιστα αρκετές καταστροφές. Οι συνοικίες που επλήγησαν περισσότερο είναι το Χαλάνδρι, το Ηράκλειο, η Κηφισιά, η Μεταμόρφωση, ο Χολαργός, η Αγ. Παρασκευή, οι Αχαρνές, το Μαρούσι, η Ν. Ιωνία και τα Βριλήσσια.
- Οι περισσότερες από αυτές εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα του Λεκανοπεδίου, στην προς ανατολάς προέκταση δηλαδή των σεισμικών δομών του Αν. Κορινθιακού και πιο συγκεκριμένα φαίνεται ότι κατανέμονται παράλληλα με τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη "Ζεφυρίου – Αγ. Παρασκευής" που αποτελεί την προς ανατολάς προέκταση της ρηξιγενούς ζώνης του βόρειου περιθωρίου του Θριάσιου Πεδίου.
- Τόσο η ρηξιγενής ζώνη "Ζεφυρίου – Αγ. Παρασκευής" όσο και η ρηξιγενής ζώνη του βόρειου περιθωρίου του Θριάσιου Πεδίου αποτελούν την προς ανατολάς προέκταση της ρηξιγενούς ζώνης της Περαχώρας, που ήταν υπεύθυνη για το σεισμό των Αλκυονίδων, με μια μικρή σταδιακή μεταβολή των διευθύνσεων από Α-Δ στον Αν. Κορινθιακό σε ΑΝΑ-ΔΒΔ στο Λεκανοπέδιο.
- Φαίνεται λοιπόν ότι η μεγάλη αυτή τεκτονική γραμμή λειτούργησε με την έννοια της κατευθυντικότητας της σεισμικής ενέργειας παράλληλα με τη ζώνη αυτή όπου απαντώνται και οι σημαντικότερες καταστροφές.
- Η παλαιότητα των κτιρίων αλλά και οι συνθήκες και τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των εδαφών θεμελίωσης καθόρισαν σε δεύτερο επίπεδο το αν οι καταστροφές θα ήταν μεγαλύτερες ή μικρότερες, όπως το χαρακτηριστικό παράδειγμα του Δήμου Χαλανδρίου όπου ο συνδυασμός της διέλευσης της

ρηξιγενούς ζώνης "Ζεφυρίου – Αγ. Παρασκευής" από το Δήμο και των ιδιαίτερων εδαφολογικών συνθηκών έδωσαν αυτό το υψηλό ποσοστό βλαβών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο Τομέας Γεωτεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. αμέσως μετά τον μεγάλο σεισμό των Αθηνών, της 07/09/99, ανέλαβε τη διεξαγωγή έρευνας με σκοπό την αποτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας των εδαφών στις πληγείσες περιοχές του Λεκανοπεδίου.

Η αξιολόγηση και επεξεργασία των στοιχείων της έρευνας οδήγησε στη σύνταξη του «Χάρτη Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας Εδαφών του Δυτικού τμήματος του Λεκανοπεδίου της Αθήνας».

Στη συνέχεια ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) χρηματοδότησε ερευνητικό πρόγραμμα του Τομέα, προκειμένου η έρευνα να επεκταθεί σε όλο το Λεκανοπέδιο της Αθήνας και συγκεκριμένα από το δήμο Αλίμου έως το δήμο Πειραιά στα νότια, έως το όρος Αιγάλεω δυτικά και στο δήμο Κηφισιάς στα βόρεια και στις υπόγειες του Υμηττού ανατολικά.

Παράλληλα ζητήθηκε να γίνει η οριστική αποτίμηση για το τμήμα δυτικά του Κηφισού ποταμού, λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα και στοιχεία που προέκυψαν μετά τη σύνταξη της μελέτης του πρώτου σταδίου. Έτσι, συντάχθηκε τελικά ο παρών «Χάρτης Επικινδυνότητας Εδαφών του Λεκανοπεδίου της Αθήνας», που αναφέρεται σε όλο το Λεκανοπέδιο.

Τα κύρια συμπεράσματα που προέκυψαν από τις ανωτέρω επιμέρους εργασίες συνοψίζονται παρακάτω.

1. Στην περιοχή έρευνας διακρίνονται πέντε (5) ζώνες εδαφών ανάλογα με τα λιθολογικά χαρακτηριστικά, τη μηχανική συμπεριφορά και το πάχος των γεωλογικών σχηματισμών:

ΖΩΝΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΝΕΑΚ
[1]	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί	A (ή B)
[2]	Συνεκτικά ή πυκνά εδάφη	A ή B
[3]	Εδάφη μέσης συνεκτικότητας ή μικρής πυκνότητας	B (ή Γ)
[4]	Χαλαρές παράκτιες αποθέσεις	Γ (ή B)
[5]	Κοίτες ποταμών και ρεμμάτων-πρόσφατες επιχωματώσεις	X

2. Τα εδάφη όλων των παραπάνω περιοχών του λεκανοπεδίου Αθηνών κρίνονται ως απολύτως κατάλληλα για δόμηση. Τη μόνη εξαίρεση μπορεί να αποτελέσουν περιοχές μέσα στην Ζώνη [5]. Στις περιοχές αυτές, που είναι πάντως περιορισμένες θα πρέπει να εκπονούνται ειδικές μελέτες και να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα αντισεισμικής προστασίας του εδάφους και των κτιρίων.
3. Τα στοιχεία που προέκυψαν από την έρευνα έχουν πρακτική εφαρμογή στην αντιμετώπιση του θέματος «προστασία έναντι σεισμού», σε επίπεδο βέβαια επιτελικού σχεδιασμού, αφού διακριτοποιούν τα εδάφη από πλευράς σεισμικής θεωρήσης και δίνουν τη βασική χωρική κατανομή τους εντός του Λεκανοπέδιου. Επιπλέον, παρέχουν την πρώτη σημαντική πληροφορία που απαιτείται για την εκπόνηση Μικροζωνικών Μελετών Σεισμικής Επικινδυνότητας (Μ.Μ.), η εκπόνηση των οποίων θεωρείται πρωταρχικής σημασίας για την αντισεισμική προστασία του Λεκανοπέδιου και θα πρέπει να αρχίσει το συντομότερο. Το πλαίσιο συστάσεων – προδιαγραφών για την εκπόνηση τέτοιων Μ.Μ. έχει ήδη συνταχθεί από διεπιστημονική ομάδα υπό την αιγίδα του Ο.Α.Σ.Π.