Διερεύνηση του προ-Πλειστοκαινικού παλαιοαναγλύφου της λεκάνης Λεβιδίου (Ν. Αρκαδίας) με γεωφυσικές διασκοπήσεις.

ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Δ. ΙΩΑΝΝΗΣ

ABSTRACT

The closed intra-mountainous Levidi basin (average altitude 680 m), characterized by an asymmetric spatial extension, drains at its south-eastern part by the homonymous sinkhole, and its paleorelief is covered by homogeneous quaternary sediments. The boundaries of the basin consist mostly of carbonate and clastic sediments of the Pindos unit, while carbonate sediments of the Tripoli unit are limited to the south and south-western parts.

In order to investigate the alpine basement of the quaternary deposits, the geometry of the pre-quaternary topography of the basin and the lithology of the quaternary sediments, geophysical investigation was employed. The study involved 27 geoelectrical soundings and 7 resistivity measurements, both in boreholes and surface outcrops of the alpine formations.

The results of the geophysical investigations facilitated the constructing of (i) the sub-terrain morphological map of the alpine basement, where the thickness of Pleistocene sediments in the central part of the basin does not exceed 15 m, although in the area of Palaeopyrgos (to the north-east) the sediments appear to reach a thickness up to 60 m, and (ii) the sub-terrain geological map.

Structurally, the Levidi basin can be characterised as a polje, formed as a result of alpine deformation and subsequent karsting, accentuated by the lack of impermeable flyschic formations in the area.

Keywords: Geomorphology, Sinkhole, Resistivity, Palaiopyrgos.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κλειστή ενδοορεινή λεκάνη του Λεβιδίου (μέσο υψόμετρο 680 μέτρα) παρουσιάζει ασύμμετρη ανάπτυξη. Αποστραγγίζεται στο νοτιοανατολικό της μέρος από την ομώνυμη καταβόθρα και το παλαιοανάγλυφό της καλύπτεται από ομοιογενή τεταρτογενή ιζήματα. Τα κράσπεδα της λεκάνης συνίστανται κυρίως από ανθρακικά και κλαστικά ιζήματα της ενότητας Πίνδου, ενώ τα ανθρακικά ιζήματα της ενότητας Τρίπολης περιορίζονται στα νότια και νοτιοδυτικά τμήματά της.

Για τη διερεύνηση του αλπικού υποβάθρου των τεταρτογενών αποθέσεων, τη γεωμετρία του προτεταρτογενούς αναγλύφου της λεκάνης και τη λιθολογία των τεταρτογενών ιζημάτων, πραγματοποιήθηκε γεωφυσική έρευνα που περιλάμβανε την εκτέλεση 27 γεωηλεκτρικών βαθοσκοπήσεων και 7 μετρήσεων της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης τόσο σε γεωτρήσεις όσο και σε επιφανειακές εμφανίσεις των αλπικών σχηματισμών.

Από τα αποτελέσματα των γεωφυσικών διασκοπήσεων κατασκευάστηκαν (i) ο υπεδαφικός μορφολογικός χάρτης του αλπικού υποβάθρου, όπου διαπιστώθηκε ότι το πάχος των πλειστοκαινικών ιζημάτων στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης δεν ξεπερνά τα ~15 μέτρα, αν και στην περιοχή του Παλαιόπυργου (βορειοανατολικά) φαίνεται να φτάνουν και τα 60 μέτρα και (ii) ο υπεδαφικός γεωλογικός χάρτης.

Η δομή της λεκάνης Λεβιδίου παρουσιάζει χαρακτηριστικά πόλγης, που η δημιουργία της οφείλεται στα αποτελέσματα της αλπικής παραμόρφωσης και στη συνέχεια της καρστικοποίησης που ευνοείται από την απουσία αδιαπέρατων φλυσχικών σχηματισμών.

PRE-PLEISTOCENE PALAEO-RELIEF INVESTIGATION OF THE LEVIDI BASIN (PELOPONNESUS, GREECE) BASED ON GEOPHYSICAL INVESTIGATION

ΕΚΠΑ, Τομέας Γεωφυσικής – Γεωθερμίας

Λέξεις κλειδιά: Γεωμορφολογία, Καταβόθρα, Ηλεκτρική ειδική αντίσταση, Παλαιόπυργος.

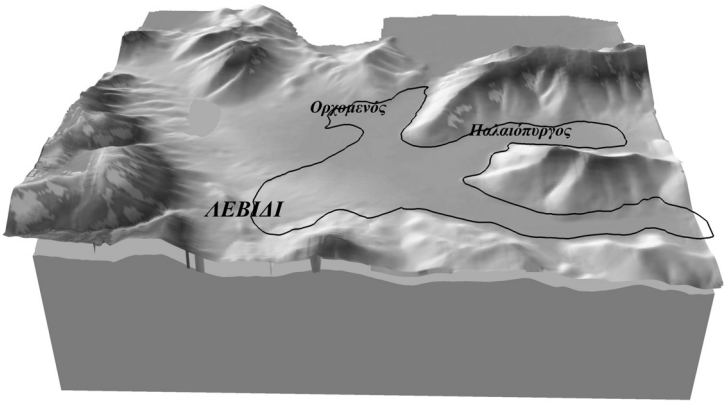
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λεκάνη Λεβιδίου βρίσκεται στον νομό Αρκαδίας, βόρεια του οροπεδίου της Τρίπολης. Πρόκειται για μία «κλειστή» ενδοορεινή λεκάνη, η οποία παρουσιάζει ασύμμετρη ανάπτυξη (Εικόνα 1) και καλύπτει μία επιφάνεια 13 km^2 περίπου. Οριοθετείται από το όρος Μαίναλο δυτικά, από το Τραχύ (λοφοσειρές Περιστέρι & Πύργος) και Λύρκειο (Κουβελάκι) όρος βόρεια και ανατολικά αντίστοιχα και από τις λοφοσειρές της Ελληνίτσας-Παλιές-Ανεμόμυλος νότια (Εικόνα 2). Πρόκειται για μία επίπεδη λεκάνη με μέσο απόλυτο υψόμετρο +685 και με πολύ μικρή κλίση της τάξης του 1,5‰. Τα χαμηλότερα υψόμετρα παρατηρούνται στις νοτιοανατολικές απολήξεις της (+675), στην περιοχή της καταβόθρας Λεβιδίου, από όπου και αποστραγγίζεται (Bogli 1986, Habic 1986).

Στα πλαίσια της διερεύνησης του προπλειστοκαινικού παλαιοαναγλύφου της λεκάνης, μελετήθηκαν οι γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε σε πρώτη φάση λεπτομερής γεωλογική αναγνώριση της περιοχής, βασιζόμενοι σε δημοσιευμένες και αδημοσίευτες μελέτες και έρευνες. Στη συνέχεια διεξήχθησαν γεωφυσικές διασκοπήσεις για τη διερεύνηση των αλπικών και μεταλπικών σχηματισμών, με την εφαρμογή γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων κατακόρυφης διερεύνησης της ειδικής αντίστασης (βαθοσκοπήσεις) και επιτόπου μετρήσεων της ειδικής αντίστασης τόσο σε επιφανειακές εμφανίσεις των αλπικών σχηματισμών, όσο και σε γεωτρήσεις της περιοχής. Από την αξιολόγηση των γεωλογικών και γεωφυσικών δεδομένων, κατέστη δυνατόν να προσδιορισθεί το βάθος και η φύση των σχηματισμών του αλπικού υποβάθρου, να κατασκευασθεί ο χάρτης του υποβάθρου των μεταλπικών σχηματισμών (Εικόνα 6) και να προσδιοριστεί η γεωμετρία του προτεταρτογενούς αναγλύφου.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Πολλοί είναι οι ερευνητές που έχουν ασχοληθεί με την λεπτομερή καταγραφή των γεωλογικών συνθηκών της κεντρικής Πελοποννήσου. Ενδεικτικά αναφέρονται οι Λέκκας (1978), Lekkas S. & Zambetakis-Lekkas, A. (1980), Καροτσιέρης (1981), Γεωργουλής (1984) και Καροτσιέρης & Λέκκας (1986). Οι γεωλογικές συνθήκες που περιγράφονται στην παρούσα μελέτη προέρχονται από βιβλιογραφικές αναφορές, από προσωπικές παρατηρήσεις, από αδημοσίευτο υλικό του Καθηγητή γεωλογίας Δρ. Λέκκα Σπυρίδωνα, ο οποίος μας το παραχώρησε

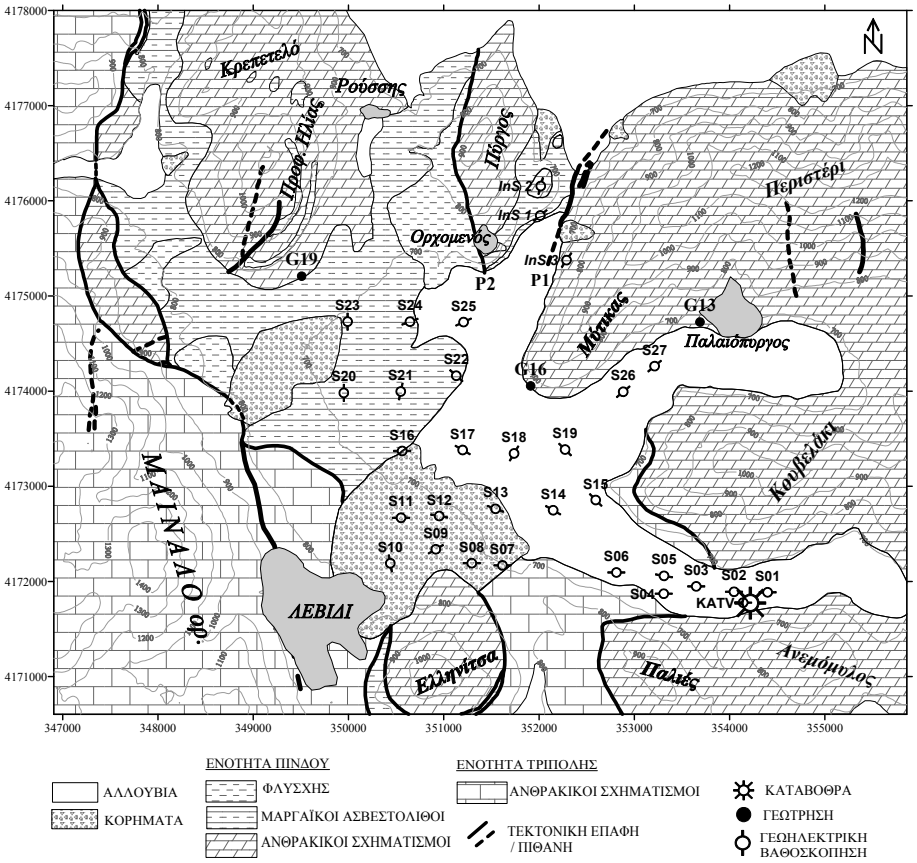


Εικόνα 1. Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου της περιοχής έρευνας.
Figure 1. Shaded relief map of the study area.

για τη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας και από διπλωματικές εργασίες φοιτητών του Τμήματος Γεωλογίας υπό την επίβλεψη του ιδίου ερευνητή.

Η πεδινή περιοχή της λεκάνης (Εικόνα 2) καλύπτεται από τεταρτογενείς αλλουβιακές αποθέσεις αργιλοαμμώδους σύστασης. Τα τεταρτογενή κορήματα απαντούν στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης, βορειοδυτικά της πόλης του Λεβιδίου και αποτελούνται από υλικά που προέρχονται από τους παρακείμενους ανθρακικούς σχηματισμούς των ενοτήτων Πίνδου και Τρίπολης και τους σχηματισμούς του φλύσχη. Απαντώνται λαπύτες από ασβεστολιθικό και ψαμμιτικό υλικό μικρού σχετικά μεγέθους (ολίγων εκατοστόμετρων), με μικρή συνεκτικότητα.

Περιμετρικά της λεκάνης απαντούν, κυρίως, ιζήματα της ενότητας της Πίνδου συνιστάμενα από ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους, μεταβατικά ιζήματα προς φλύσχη και φλύσχη. Το ανατολικό τμήμα της λεκάνης καταλαμβάνεται σχεδόν εξ΄ ολοκλήρου από τους ανθρακικούς σχηματισμούς της ενότητας Πίνδου, ενώ στο δυτικό τμήμα κυρίαρχο ρόλο έχουν τα μεταβατικά προς τον φλύσχη ιζήματα της ίδιας ενότητας. Οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας Τρίπολής περιορίζονται νότια και σε μία μικρή εμφάνιση στα νοτιοδυτικά κράσπεδα της λεκάνης, υποκείμενα των αντίστοιχων της ενότητας Πίνδου.



Εικόνα 2. Τροποποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Λέκκας Σ.-αδημοσίευτο υλικό), με τις θέσεις των γεωφυσικών εργασιών.

Figure 2. Modified geological map of the study area (Lekkas S.-unpublished investigations), with VES sites.

Στα βόρεια περιθώρια, περιοχή Ορχομένου (λόφος Πύργος), απαντούν ιζήματα της ενότητας Πίνδου, αποτελούμενα από φλύσχη και ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους σε ανεστραμμένη διάταξη, όπως αποδεικνύεται όχι μόνο από στρωματογραφικά στοιχεία (Αλεβιζάτος, Χατζηπαναγιώτου 1985), αλλά και από τα γεωφυσικά αποτελέσματα (*InS1* και *InS2*-εικόνα 2) της παρούσας έρευνας, με το φλύσχη να υπόκειται των ανθρακικών. Η ανεστραμμένη αυτή δομή περιορίζεται μέσα σε ένα τεκτονικό βύθισμα που σχηματίζεται από δύο ρήγματα. Ένα (P1) ανατολικά, με διεύθυνση περίπου Β-Ν, το οποίο διαχωρίζει τους ορεινούς ανθρακικούς (εν. Πίνδου) όγκους Μύτικας-Περιστέρι και ένα (P2) δυτικά με ίδια διεύθυνση στο διάσελο των οικισμών Ορχομενός και Ρούσσης (εικόνα 2).

Στα νότια περιθώρια και ανατολικά-νοτιοανατολικά της πόλης του Λεβιδίου, λόφος Ελληνίτσα, απαντούν ιζήματα της ενότητας της Πίνδου, αποτελούμενα από μαργαϊκούς ασβεστολίθους (μεταβατικά προς το φλύσχη ιζήματα) και ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους σε ανεστραμμένη διάταξη (Λέκκας Σ., *αδημοσίευτο επιστημονικό υλικό*). Η ανεστραμμένη αυτή δομή, με τους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους να υπόκεινται των ασβεστολίθων της ενότητας Πίνδου, περιορίζεται μέσα σε ένα τεκτονικό βύθισμα, υπερκείμενη των ανθρακικών σχηματισμών της ενότητας Τρίπολης.

3. ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Στόχο της γεωφυσικής έρευνας αποτελεί ο προσδιορισμός της δομής, του πάχους και της φύσης των γεωλογικών σχηματισμών που συνέρχονται στην περιοχή μελέτης. Είκοσι επτά (27) συνολικά γεωηλεκτρικές βαθοσκοπήσεις (*VES*) πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή της λεκάνης (εικόνα 2), με εφαρμογή της διάταξης *Schlumberger*. Το μέγιστο μήκος ηλεκτροδίων ρεύματος (AB) έφθασε τα 930 μέτρα και ευθύγραμμη ανάπτυξη της διάταξης δεν συνάντησε σημαντικές δυσκολίες, παρά το μεγάλο μήκος της γραμμής. Για τις μετρήσεις υπαίθρου χρησιμοποιήθηκε η συσκευή *Terrameter SAS300C* μαζί με την μονάδα *Booster 2000* της *ABEM*. Η επεξεργασία των γεωφυσικών στοιχείων πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή της αυτόματης μεθόδου των Zohdy και Bisdorf (Zohdy 1989) και με το λογισμικό IX1D της *Interpex Ltd*.

Η γεωηλεκτρική μέθοδος γεωφυσικής διασκόπησης που επελέγη να εφαρμοσθεί, δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα όσον αφορά τη δυνατότητα διερεύνησης και χαρτογράφησης των γεωλογικών σχηματισμών, ιδιαίτερα σε περιοχές ομαλών τοπογραφικών ανάγλυφων και στρωματοποιημένων γεωλογικών συνθηκών. Ευρύτατη είναι η εφαρμογή της μεθόδου σε αντίστοιχες περιοχές για τον καθορισμό των γεωλογικών συνθηκών (Παπαδόπουλος 1985, Haeni 1995, Larson 1995, Alexopoulos *et al.* 1998, Αλεξόπουλος *κ.ά.* 1999, Λέκκας *κ.ά.* 1999, Αλεξόπουλος *κ.ά.* 2001, Μαριολάκος *κ.ά.* 2001, Papadopoulos *et al.* 2008, κ.ά..). Γενική αποδοχή μεταξύ των γεωεπιστημόνων είναι ότι, τα αποτελέσματα των μεθόδων αυτών αξιοποιούνται κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο, όταν συσχετίζονται με γεωτρητικά στοιχεία και επιτόπου (*in situ*) μετρήσεις της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης σε επιφανειακές εμφανίσεις των σχηματισμών που δομούν το πεδίο ενδιαφέροντος.

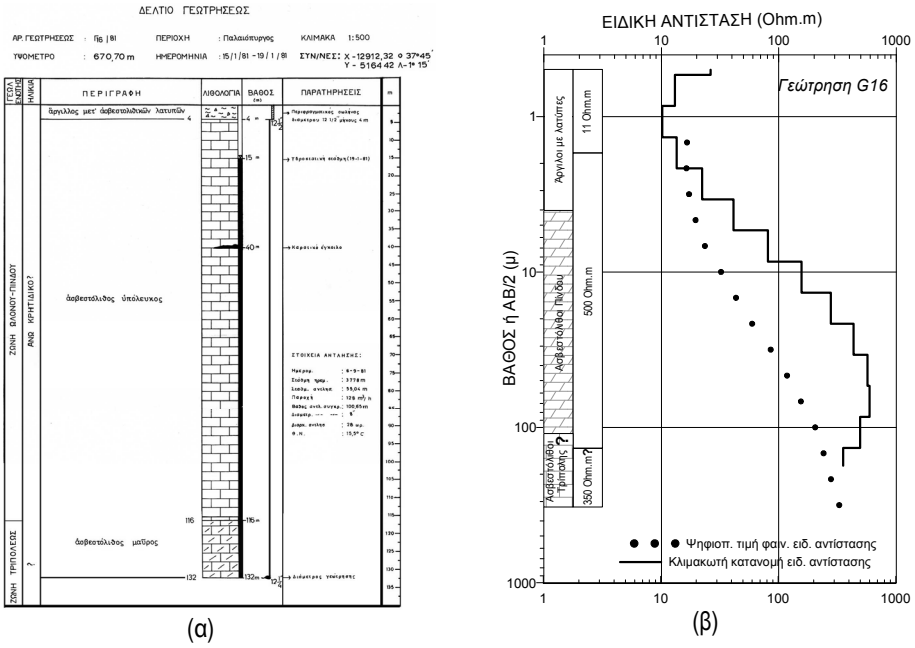
3.1 "In situ" μετρήσεις ηλεκτρικών ειδικών αντιστάσεων

Προκειμένου να βαθμονομηθούν και να αξιολογηθούν τα γεωφυσικά αποτελέσματα, είναι απαραίτητη η γνώση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των γεωλογικών σχηματισμών που απαντούν στην περιοχή έρευνας. Παρά το γεγονός ότι είχαμε στην διάθεσή μας γεωφυσικά στοιχεία από τις παρακείμενες λεκάνες του οροπεδίου της Τρίπολης (Νεστάνη, Μαντινεία, κ.ά.), με αντίστοιχα γεωλογικά περιβάλλοντα (Alexopoulos *et.al.* 1998, Αλεξόπουλος *κ.ά.* 1999), διεξήχθησαν συμπληρωματικές μετρήσεις τόσο σε γεωτρήσεις, όσο και επιτόπου (*in situ*) μετρήσεις της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης σε επιφανειακές εμφανίσεις των σχηματισμών που δομούν το πεδίο ενδιαφέροντος.

Συγκεκριμένα εκτελέσθηκαν (εικόνα 2) και αξιολογήθηκαν: τρεις (3) βαθοσκοπήσεις στις θέσεις των δειγματοληπτικών-παραγωγικών υδρογεωτρήσεων του Ι.Γ.Μ.Ε. (G19, G13 και G16-εικόνα 3), τρεις (3) επιτόπου μετρήσεις της ειδικής αντίστασης σε επιφανειακές εμφανίσεις των σχηματισμών της ενότητας Πίνδου (InS1,

Πίνακας 1 : Τιμές ειδικών αντιστάσεων των λιθολογικών σχηματισμών.
Table 1. Resistivity values of lithological formations.

Ενότητα (*Unit*)		Λιθολογικός σχηματισμός (*Lithological Type*)	*Μέση ειδ. Αντίσταση (Average resistivity)* Ohm.m
Μετα-Αλπικοί σχηματισμοί (Post–Alpine formations)		Αλλούβια (Alluvial)	21 ± 2
		Κορήματα (Talus)	60 ±10
Αλπικοί σχηματισμοί (Alpine formations)	Πίνδος (Pindos)	Φλύσχης (Flysch)	35 ± 1
		Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι (Marly Limestones)	95 ± 10
		Ασβεστόλιθοι (Limestone)	460 ± 45
	Τρίπολη (Tripolis)	Ασβεστόλιθοι (Limestone)	1850 ± 800



Εικόνα 3. Δελτίο γεώτρησης Γ16 (α) και το αντίστοιχο διάγραμμα της γεωηλεκτρικής βαθμονόμησης (β).
Figure 3. G16 borehole sheet (α) and corresponding geoelectrical calibration (β).

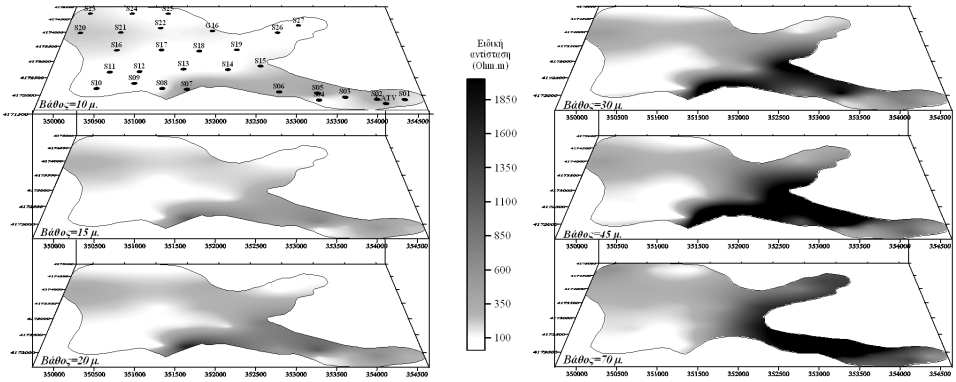
InS2 και InS3) και μία (1) στη θέση της καταβόθρας του Λεβιδίου (ΚΑΤΥ). Από τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των γεωφυσικών μετρήσεων, διαπιστώθηκε ότι οι τιμές των ειδικών αντιστάσεων συνάδουν με αυτές που είχαν υπολογιστεί στις παρακείμενες περιοχές του οροπεδίου της Τρίπολης και παρουσιάζονται στον πίνακα τιμών ειδικών αντιστάσεων (Πίνακας 1) με την αντιστοίχισή τους με τους λιθολογικούς σχηματισμούς.

Θα πρέπει να αναφερθεί, ότι σε περιοχές με έντονα τα φαινόμενα της καρστικοποίησης ή/και του τεκτονισμού των ανθρακικών σχηματισμών, οι τιμές των ειδικών αντιστάσεων μπορεί να είναι αρκετά μικρότερες. Η διάκριση μεταξύ των ανθρακικών σχηματισμών των ενοτήτων Τρίπολης και Πίνδου, με βάση αποκλειστικά το εύρος τιμών της ειδικής τους αντίστασης, δεν είναι πάντοτε εφικτή, αφού σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει αλληλοεπικάλυψη τιμών. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται μερικώς ή πλήρως λαμβάνοντας υπόψη, τις τιμές της ειδικής αντίστασης των επιτόπου μετρήσεων σε παρακείμενες θέσεις (επιφανειακές εμφανίσεις ή γεωτρήσεις), τα στοιχεία των γεωτρήσεων, την αναμενόμενη γεωλογική δομή και την χωρική κατανομή των ειδικών αντιστάσεων, όπως προκύπτει από τις γεωφυσικές τομές και χάρτες που κατασκευάζονται.

3.2 Γεωφυσικο – Γεωλογικές συσχετίσεις

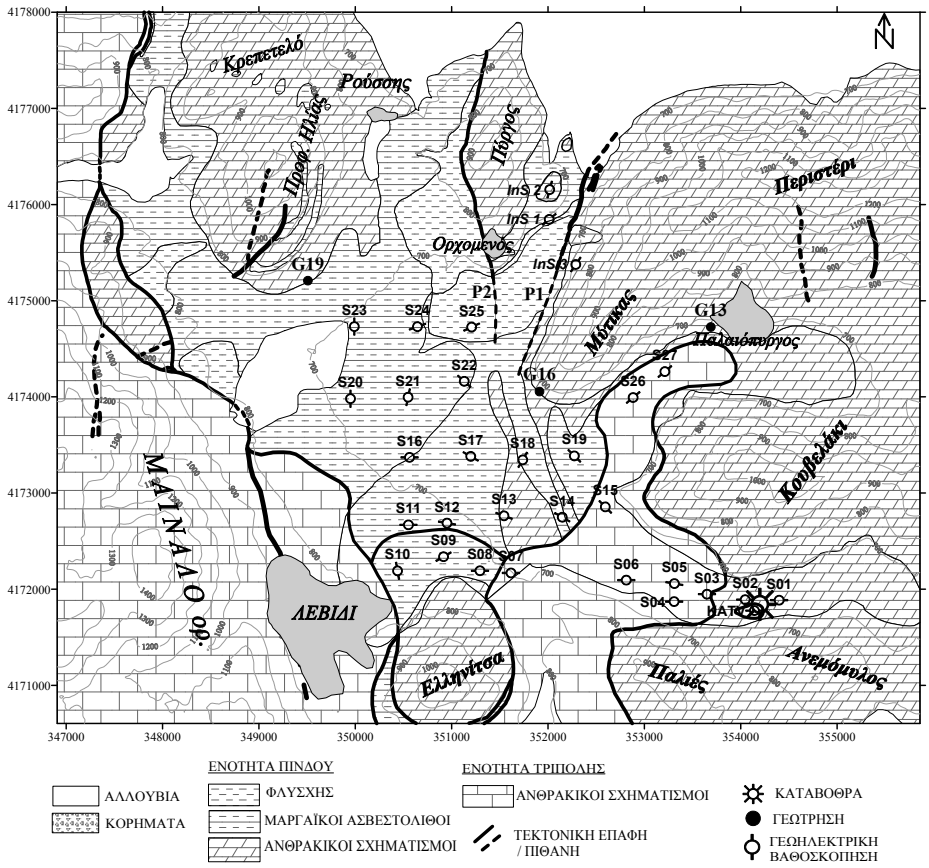
Για τον έλεγχο της πλευρικής ανομοιογένειας των γεωλογικών σχηματισμών σε δύο και τρεις διαστάσεις, κατασκευάσθηκαν τομές και χάρτες φαινόμενης ειδικής αντίστασης. Η κατασκευή τέτοιων παραστάσεων από στοιχεία που έχουν προκύψει από την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων, χωρίς τη μεσολάβηση αλγόριθμων ποσοτικής ερμηνείας, που χρησιμοποιούνται στα διάφορα λογισμικά, αποδίδει μία καλύτερη εικόνα της στρωματογραφικής δομής. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιήθηκε μία πρώτη προσέγγιση (ποιοτική) των γεωηλεκτρικών αποτελεσμάτων και εκτιμήθηκε η αξιοπιστία της ποσοτικής ανάλυσης των βαθοσκοπήσεων, που έχει προκύψει από την 1-D επεξεργασία και ερμηνεία.

Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν γεωηλεκτρικές τομές και χάρτες (εικόνα 4) κατανομής της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης. Στην εικόνα 4 παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές ψευδοτρισδιάστατες κατανομές της ειδικής αντίστασης, για βάθη 10, 15, 20, 30, 45 και 70μ. Από τις απεικονίσεις αυτές είναι φανερό ότι οι γενικά υψηλές τιμές ειδικών των αντιστάσεων (>300 Ohm.m) που επικρατούν από μικρά ακόμη βάθη (<15μ.) στις ανατολικές και νοτιοανατολικές περιοχές, φαίνεται να αντιστοιχούν σε ανθρακικούς σχηματισμούς (ενότητα Πίνδου ή/και Τρίπολης). Οι σχηματισμοί αυτοί, σε μεγαλύτερα βάθη, φαίνεται να εμφανίζονται τις κεντρικές και βόρειες περιοχές της λεκάνης και τείνουν να καταλάβουν το σύνολο της περιοχής διερεύνησης για βάθη >70 μέτρα. Μικρές (<100 Ohm.m) φαίνεται να επικρατούν στις βορειοανατολικές (Παλαιόπυργος) και νοτιοδυτικές περιοχές (βόρεια Ελληνίτσας), γεγονός που αποδίδεται στο μεγάλο πάχος είτε των αλλουβιακών αποθέσεων, είτε των ανώτερων τμημάτων των μαργαϊκών ασβεστολίθων (ιζήματα προς τον φλύσχη) της ενότητας Πίνδου.



Εικόνα 4.Ψευδο-τρισδιάστατη απεικόνιση αντιπροσωπευτικών τομών βάθους.
Figure 4. Resistivity pseudo-3D presentation, based on VES interpretation.

Εικόνα 5. Γεωλογικό-γεωφυσική τομή.
Figure 5. Integrated geological and geophysical data.



Εικόνα 6. Γεωλογικός χάρτης επιφανειακών και υπεδαφικών εμφανίσεων των αλπικών σχηματισμών.
Figure 6. The geological map with sub-terrain detection of alpine formations.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη (α) τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής και (β) τα αποτελέσματα των "*in situ*" μετρήσεων των ηλεκτρικών ειδικών αντιστάσεων, πραγματοποιήθηκε μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της γεωφυσικο-γεωλογικής δομής με την κατασκευή γεωλογικο-γεωφυσικών τομών (εικόνα 5) και του γεωλογικού χάρτης της εικόνας 6, όπου αποτυπώνονται οι επιφανειακές και υπεδαφικές εμφανίσεις των αλπικών σχηματισμών.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη τα γεωλογικά δεδομένα και την αξιολόγηση των γεωφυσικών αποτελεσμάτων για την λεκάνη του Λεβιδίου, προέκυψε ότι:

i Προσδιορίσθηκε το πάχος και η λιθολογική σύσταση των μεταλπικών ιζημάτων. Το μεγαλύτερο πάχος ιζημάτων (~60 μέτρα) υπολογίσθηκε στην περιοχή του Παλαιόπυργου (βορειοανατολικά). Στις κεντρικές περιοχές της λεκάνης δεν υπερβαίνει τα ~15 μέτρα και μειώνεται σταδιακά προς τα κράσπεδα της.

ii Σε όλη την έκταση της περιοχής έρευνας εντοπίσθηκε και σκιαγραφήθηκε το αλπικό υπόβαθρο και κατασκευάσθηκε ο χάρτης της εικόνας 6 και η αντίστοιχη τρισδιάστατη απεικόνισή του (εικόνα 7), όπου απεικονίζονται ταυτόχρονα οι επιφανειακές και οι υπεδαφικές εμφανίσεις των αλπικών σχηματισμών.

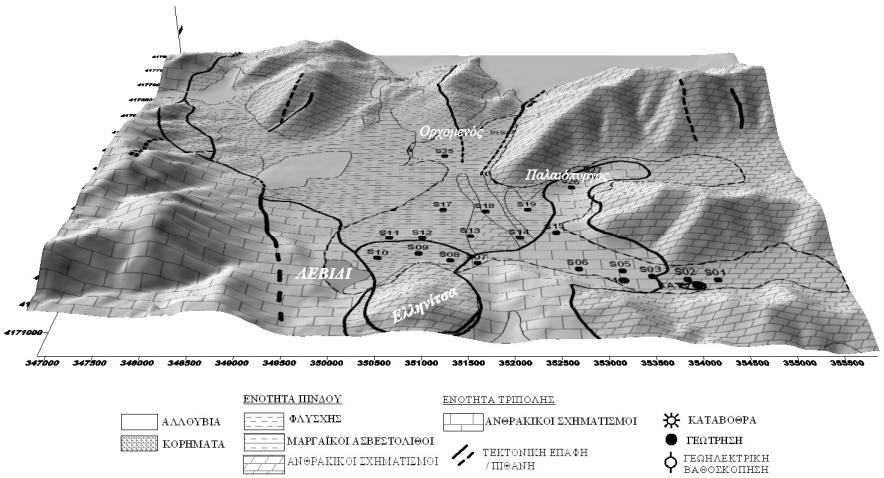
Διερευνήθηκε και χαρτογραφήθηκε η δομή του αλπικού υποβάθρου.

- Βόρεια και νότια της περιοχής μελέτης προσδιορίσθηκαν και οριοθετήθηκαν οι ανεστραμμένες δομές των σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου, του Ορχομενού και της Ελληνίτσας, αντίστοιχα. Η πρώτη φαίνεται να επεκτείνεται λίγο νοτιότερα και περιορίζεται ανάμεσα στα ρήγματα P1 και P2, ενώ η δεύτερη επεκτείνεται λίγο βορειότερα, στην περιοχή των βαθοσκοπήσεων S08, S09 και S10, κάτω από τα ιζήματα της λεκάνης.
- Στις δυτικές και κεντρικές περιοχές ως αλπικό υπόβαθρο προσδιορίσθηκαν οι σχηματισμοί της κανονικής δομής της ενότητας Πίνδου (μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και ασβεστόλιθοι) και στις περισσότερες των θέσεων των γεωηλεκτρικών βαθοσκοπήσεων (S23, S20, S12, S13, S14, S10, S09 & S08) εντοπίσθηκαν οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας της Τρίπολης να υπόκεινται των ασβεστόλιθων της Πίνδου, χωρίς την παρεμβολή φλύσχη (εικόνα 5).
- Στις ανατολικές και νοτιο-ανατολικές περιοχές, κάτω από τις αλλουβιακές αποθέσεις, ως αλπικό υπόβαθρο προσδιορίσθηκαν οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας Τρίπολης. Οι σχηματισμοί αυτοί φαίνεται να εντοπίζονται και δυτικότερα (προς τα κεντρικά τμήματα της λεκάνης), ως υποκείμενοι αυτών της ενότητας Πίνδου, στις θέσεις των βαθοσκοπήσεων G16, S18, S19, S13, S14, S01 & S02.

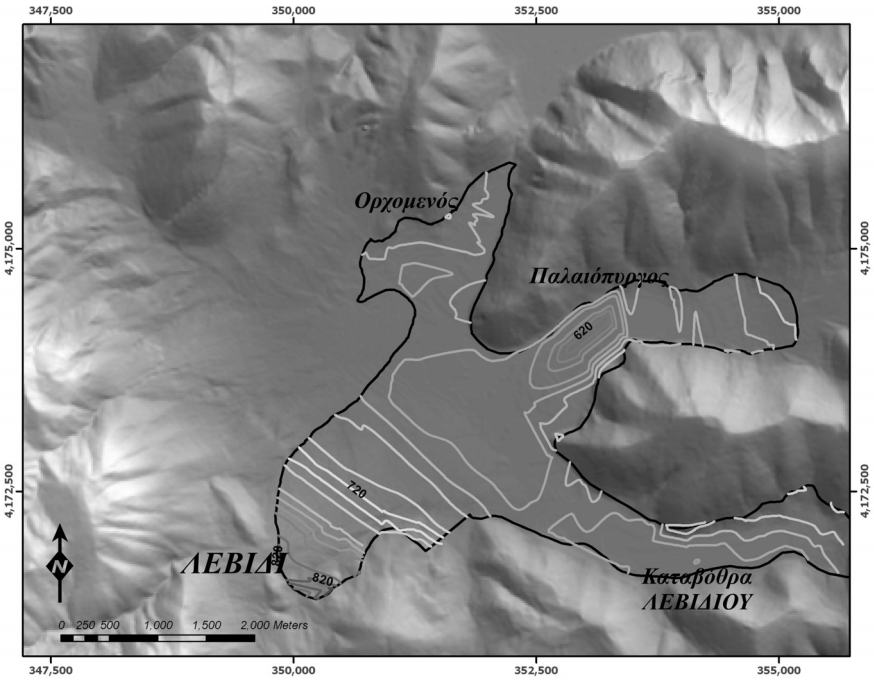
iii Η ομαλή κλίση και η ταύτιση της σημερινής μορφολογίας με την προ-πλειστοκαινική, όπως αποδεικνύεται από την κατασκευή του υπεδαφικού χάρτη και την τρισδιάστατη εικόνα του αναγλύφου (εικόνα 7), προϋποθέτει μία συνεχή και ομαλή εξέλιξη από το Πλειστόκαινο έως σήμερα.

iv Η μορφή και το βάθος της προπλειστοκαινικής λεκάνης, προδιαγράφουν την παρακάτω εξέλιξή της (εικόνα 8):

- Αρχικά, εξαιτίας του τεκτονισμού και της αλπικής παραμόρφωσης, σχηματίστηκε μία προ-πλειστοκαινική τάφρος, με χαρακτηριστικά παλαιο-πόλγης, στην περιοχή του Παλαιόπυργου και με μία επιμήκη ανάπτυξη σε διεύθυνση περίπου ΒΑ-ΝΔ, καθώς στην περιοχή αυτή διερευνήθηκαν από την γεωφυσική έρευνα και τα μεγαλύτερα πάχη ιζημάτων (~60 μέτρα). Η απουσία του φλύσχη της ενότητας Τρίπολης διευκολύνει την καρστική διάλυση των ανθρακικών της ίδιας ενότητας και κατά συνέπεια την εκφόρτιση της παλαιοπόλγης.
- Οι κλιματικές εναλλαγές του Πλειστόκαινου επιφέρουν ένα δεύτερο στάδιο εξέλιξης, το οποίο πληρώνει το βύθισμα με πλειστοκαινικά και ολοκαινικά ιζήματα και ομαλοποιεί το αρχικά δημιουργημένο ανάγλυφο.
- Τελικό στάδιο εξέλιξης φαίνεται να αποτελεί η δημιουργία της καταβόθρας του Λεβιδίου, στην νοτιοδυτική περιοχή. Αναπτύσσεται σε ανθρακικούς σχηματισμούς της ενότητας Τρίπολης και μέχρι και σήμερα αποστραγγίζει τα νερά της λεκάνης.



Εικόνα 7. Τρισδιάστατη απεικόνιση του γεωλογικού χάρτης της εικόνας 6.
Figure 7. 3-D presentation of the geological map of figure 6.



Εικόνα 8. Τρισδιάστατη απεικόνιση του αναγλύφου της οροφής του αλπικού υποβάθρου.
Figure 8. 3-D presentation of alpine relief in basin area.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ο συγγραφέας θα ήθελε να εκφράσει τις ιδιαίτερες ευχαριστίες τους στον Δρα Λέκκα Σπυρίδωνα, Καθηγητή γεωλογίας, όχι μόνο για την παραχώρηση του αδημοσίευτου επιστημονικού υλικού του, αλλά και για τις επισημάνσεις του στην αξιολόγηση των γεωφυσικών αποτελεσμάτων. Επίσης ευχαριστεί τους φοιτητές του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Δίλαλο Σπυρίδωνα, Παπανικολάου Νικόλαο και Αντωνάτο Γεώργιο για τη συνεργασία τους στις εργασίες υπαίθρου και στην επεξεργασία των στοιχείων.

Η έρευνα χρηματοδοτήθηκε από τον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων Έρευνας (ΕΛΚΕ) του ΕΚΠΑ, στο πλαίσιο του προγράμματος ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΣ (ΚΕ 70/4/7620).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αλεβιζάτος, Α, Χατζηπαναγιώτης, Χ., 1985. Γεωλογική μελέτη της περιοχής Ορχομενού Λεβιδίου (Κεντρική Πελοπόννησος). *Διπλωματική Εργασία*, ΕΚΠΑ, 74σ.

Alexopoulos, J., Papadopoulos, T., Lekkas, S., 1998. Outlining complicated subsurface geological conditions by elaborating 1-D electrical soundings for hydrogeological purposes. *Proceedings of the IV Meeting of the Environmental and Engineering Geophysical Society, 14-17September, Barcelona, Spain, A. Casas ed., pp. 201-204*.

Αλεξόπουλος, Ι., Λέκκας, Σ. & Παπαδόπουλος, Τ., 1999. Η παλαιογεωγραφική εξέλιξη του οροπεδίου βόρεια της Τρίπολης, από το Α. Πλειόκαινο έως σήμερα. *5ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Αθήνα, Πρακτικά Συνεδρίου, σελ. 29-37*.

Αλεξόπουλος, Ι., Φουντούλης, Ι., Καμπούρης, Π., Μαριολάκος, Η., Παπαδόπουλος, Τ., 2001. Γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις στην έρευνα του καλυμμένου ρήγματος Τατοΐου. *9ο Διεθνές Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Ετ. Τομ. XXXIV/1, 121-127, 2001.*

Αντωνάτος, Γ., Παπανικολάου, Ν., 2007. Γεωφυσική έρευνα για τη διερεύνηση της γεωλογικής δομής της λεκάνης του Λεβιδίου. *Διπλωματική Εργασία*, ΕΚΠΑ, 124σ.

Bogli, A., 1986. Contribution to the geomorphology and karsthydrology of the Tripolis polje. Karst Hydrogeology of the Central and Eastern Peloponnese (Greece), *Proc. 5th International Symposium of underground Water Tracing,* Athens.

Γεωργούλης, Ι., 1984. Γεωλογικές και υδρογεωλογικές έρευνες στην περιοχή Μαντινείας (Κεντρική Πελοπόννησος). *Διδακτορική διατριβή*, ΕΚΠΑ, 202σ.

Haevi, F.P., 1995. Application of surface-geophysical methods to investigations of sand and gravel aquifers in the glaciated northeastern United States. US Geological Survey Professional Paper. 1415(A). 70pp.

Habic, P., 1986. Morphology. Karst Hydrogeology of the Central and Eastern Peloponnese (Greece), *Proc. 5th International Symposium of underground Water Tracing,* Athens.

Καροτσιέρης, Ζ., 1981. Γεωλογικές έρευνες στην περιοχή Βυτίνας (Κεντρική Πελοπόννησος). *Διδακτορική διατριβή*, ΕΚΠΑ, 202σ.

Καροτσιέρης, Ζ., Λέκκας, Σ., 1986. Η γεωλογική δομή γύρω από το οροπέδιο της Τρίπολης. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, Τ. 20, σ. 53-66.

Larson, T. H., 1995. Revisiting a 1995 resistivity survey over a buried bedrock valley aquifer. *Proc. of the Symp. on the Application of Geophysics to Engin. and Envir. Problems (SAGGEP)*. April 23-26, Orlando, Florida, pp. 871-875.

Λέκκας, Σ., 1978. Συμβολή εις την γεωλογικήν δομήν της περιοχής νοτιοανατολικώς της Τριπόλεως. *Διατριβή επί διδακτορία*, ΕΚΠΑ, 192σ.

Λέκκας, Σ.Π., Αλεξόπουλος, Ι.Δ., Παπαδόπουλος, Τ.Δ., 1999. Έρευνα των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής Μαντινείας (Ν. Αρκαδίας) με τη συνδρομή γεωφυσικών διασκοπήσεων. *5ο Υδρογεωλογικό Συνέδριο, 12-14 Νοεμβρίου, Λευκωσία, Κύπρος, Πρακτικά Συνεδρίου, σελ. 283-295.*

Lekkas, S., Zambetakis-Lekkas, A., 1980. Sur l' existence de la serie de Mangassa en Peloponnese central (Grece). *Ann. Geol. Pays Hell.*, 30/1, 333-341.

Μαριολάκος, Η., Λέκκας, Σ., Παπαδόπουλος, Τ., Αλεξόπουλος, Α., Φουντούλης, Ι., Αλεξόπουλος, Ι., Σπυρίδωνος, Ε., Μπαντέκας, Ι., Μα-

ριολάκος, Δ., Ανδρεαδάκης, Ε, 2001. Υπεδαφική τεκτονική δομή στη λεκάνη των Φαρσάλων (Θεσσαλία) ως καθοριστικός παράγων διαμόρφωσης των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής. *9ο Διεθνές Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, 26-28 Σεπτεμβρίου, Αθήνα, Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Ετ. Τομ. XXXIV/5, 1851-1858, 2001*.

Παπαδόπουλος, Τ.Δ., 1985. Γεωφυσικές Έρευνες στην Περιοχή της Λεκάνης Μεγαλόπολης. *Διδακτορική διατριβή*, ΕΚΠΑ, σ. 205.

Papadopoulos T.D., Alexopoulos J.D., Dilalos S., Pippidis M.J., 2008. Resistivity and VLF measurements for spring mechanism determination at NE Chios Isl. , *8th International Hydrogeological Congress of Greece & 3rd MEM Workshop on fissured rocks Hydrology*, Greece, Volume I, pp 421-430.

Yungul, S.H., 1996. Electrical Methods in Geophysical Exploration of Deep Sedimentary Basin. Chapman & Hall, 197p.

Zohdy A.A.R., 1989. A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner soundings curves. *Geophysics*, 54(2): 245-253.