

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ**  
**ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**  
**Δ.Ε.Κ.Ε. / Δ.Δ.Ε. / ΓΚΜ**

<b>ΕΡΓΟ</b>	<b>ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΜΕΤΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΣΤΥΦΥΛΑΚΩΝ ΝΑΟΥΣΑΣ</b> (ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ Δ. ΒΕΡΟΙΑΣ) Α' ΦΑΣΗ ΕΡΓΩΝ (ΚΤΙΡΙΑ 1, 2 ΚΑΙ 3)				
<b>ΜΕΛΕΤΗ</b>	<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ</b>				
				<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
<b>ΔΙΕΥΘΥΝΟΥΣΑ ΤΟ ΕΡΓΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑ</b>	<b>Δ.Ε.Κ.Ε.</b>	<b>Ο ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ</b>	Σ. ΒΛΑΧΒΕΗΣ Πολ. Μηχ/κος με Αβ.		
		<b>Ο ΠΡ/ΝΟΣ Τ.Ε.Σ.Ε.</b>	Σ. ΠΡΕΝΤΖΑΣ Πολ. Μηχ/κος με Αβ.		
		<b>Ο ΠΡ/ΝΟΣ Τμ. ΜΕΛΕΤΩΝ</b>	Κ. ΛΙΛΙΟΣ Πολ. Μηχ/κος με Αβ.		
		<b>Η Δ/ΝΤΡΙΑ Δ.Ε.Κ.Ε.</b>	Γ. ΜΙΧΟΥΔΗ Πολ. Μηχ/κος με Αβ.		
<b>ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ ΑΡΧΗ</b>	<b>Δ.Δ.Ε.</b>	<b>Ο ΕΛΕΓΓΕΑΣ ΜΗΧ/ΚΟΣ</b>	Δ. ΛΕΟΝΤΑΡΙΔΗΣ Πολ. Μηχ/κος με Αβ.		
		<b>Ο ΠΡ/ΜΟΣ ΤΜ. ΜΕΛΕΤΩΝ</b>	Α. ΑΔΑΜΑΡΑΣ Πολ. Μηχ/κος με Αβ.		
		<b>Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ Δ.Σ.Ε.</b>	Δ. ΑΔΑΜΑΡΑΣ Πολ. Μηχ/κος με Αβ.		

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	2
1.1	Γενικά .....	2
1.2	Στοιχεία έργου .....	2
1.3	Αντικείμενο - σκοπός .....	11
2.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ - ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	12
2.1	Γεωλογικά στοιχεία περιοχής οικοπέδου .....	12
2.2	Σεισμολογικά στοιχεία .....	13
2.3	Στοιχεία - αποτελέσματα γεωτεχνικής έρευνας .....	13
3.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	15
3.1	Εκτίμηση τιμών εδαφικών παραμέτρων .....	15
3.2	Τυπική εδαφική τομή .....	18
4.	ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ - ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗ .....	20
4.1	Είδος και μέτρα βελτίωσης ικανοποιητικών συνθηκών θεμελίωσης .....	20
4.2	Επιτρεπόμενη τάση εδάφους .....	21
4.3	Εκτίμηση καθιζήσεων - δείκτη εδάφους .....	25
4.4	Εκκαφές - πρηνή ορυγμάτων .....	27
5.	ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	28

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Τομές ερευνητικών - δειγματοληπτικών γεωτρήσεων



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικά

Στο τεύχος αυτό αξιολογούνται τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, η οποία διεξήχθη από το τμήμα Γεωτεχνικής Μηχανικής του Κ.Ε.Δ.Ε. τον Ιούλιο 2002 με την εκτέλεση ερευνητικών - δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, προκειμένου για την κατασκευή των κτιριακών έργων Α' Φάσης του συγκροτήματος μετεκπαίδευσης της σχολής αστυφυλάκων Νάουσας.

Η παρούσα μελέτη αξιολόγησης ανατέθηκε στη ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε. από την ΔΕΚΕ/ΔΔΕ/ΠΚΜ και εκπονήθηκε ως απαιτείται, προκειμένου για την σύνταξη της οριστικής στατικής μελέτης των έργων, κατά το Σεπτέμβριο του 2002.

### 1.2 Στοιχεία έργου

Το οικόπεδο, στο οποίο εκτελέσθηκε η γεωτεχνική έρευνα και θα κατασκευασθούν τα νέα κτίρια, βρίσκεται στην περιοχή Πανοράματος του Δήμου Βέροιας. Η θέση του οικοπέδου στην ευρύτερη περιοχή φαίνεται στο απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη του σχήματος 1, καθώς και στο απόσπασμα χάρτη κλίμακας 1:5.000. Μια πανοραμική άποψη της ευρύτερης τοποθεσίας του οικοπέδου, δίνεται επίσης στην φωτογραφία 1 που επισυνάπτεται.

Στο εν λόγω οικόπεδο, πρόκειται να κατασκευασθούν σε Α' φάση τα εξής κτίρια:

1. *Κτίριο Διοίκησης:* Πρόκειται για διώροφο κτίριο διαστάσεων 28,9x20,1m περίπου, με στέγη και τοπικό υπόγειο σε μικρό τμήμα αυτού (5,2x10,0m περίπου). Στην μελέτη προβλέπεται θεμελίωση του υπογείου με γενική κοιτόστρωση σε βάθος 3,50m και θεμελίωση των λοιπών φερόντων στοιχείων με πεδילוδοκούς σε βάθος 1,50m.
2. *Κτίριο Διδασκαλίας:* Πρόκειται για διώροφο κτίριο με στέγη, σχήματος "Γ", με διαστάσεις της τάξης των 42x22m, το οποίο περιλαμβάνει υπόγειο 22,0x31,5m περίπου στο κεντρικό τμήμα αυτού. Στην στατική μελέτη προβλέπεται θεμελίωση του υπογείου με πεδילוδοκούς σε βάθος 4,5m από το φυσικό έδαφος και των λοιπών τμημάτων με πεδילוδοκούς σε βάθος 1,5m από το φυσικό έδαφος.

3. *Κτίριο Εστίασης:* Πρόκειται για διώροφο κτίριο με στέγη, διαστάσεων της τάξης των 55x36m, χωρίς πρόσθετο υπόγειο, το οποίο κατασκευάζεται εν μέρει σε γενική εκσκαφή βάθους περί τα 3-4m καθόσον το φυσικό έδαφος διαθέτει ανάλογη κλίση κατά μήκος του κτιρίου.  
Στην στατική μελέτη προβλέφθηκε θεμελίωση με πεδιλοδοκούς.

Για το σύνολο του έργου, έχει εκπονηθεί στατική μελέτη, σε στάδια προμελέτης, από το γραφείο ΔΟΜΗ Ο.Ε., βάσει της αρχιτεκτονικής μελέτης του γραφείου ΒΕΤΑΡΛΑΝ Α.Ε.Μ.

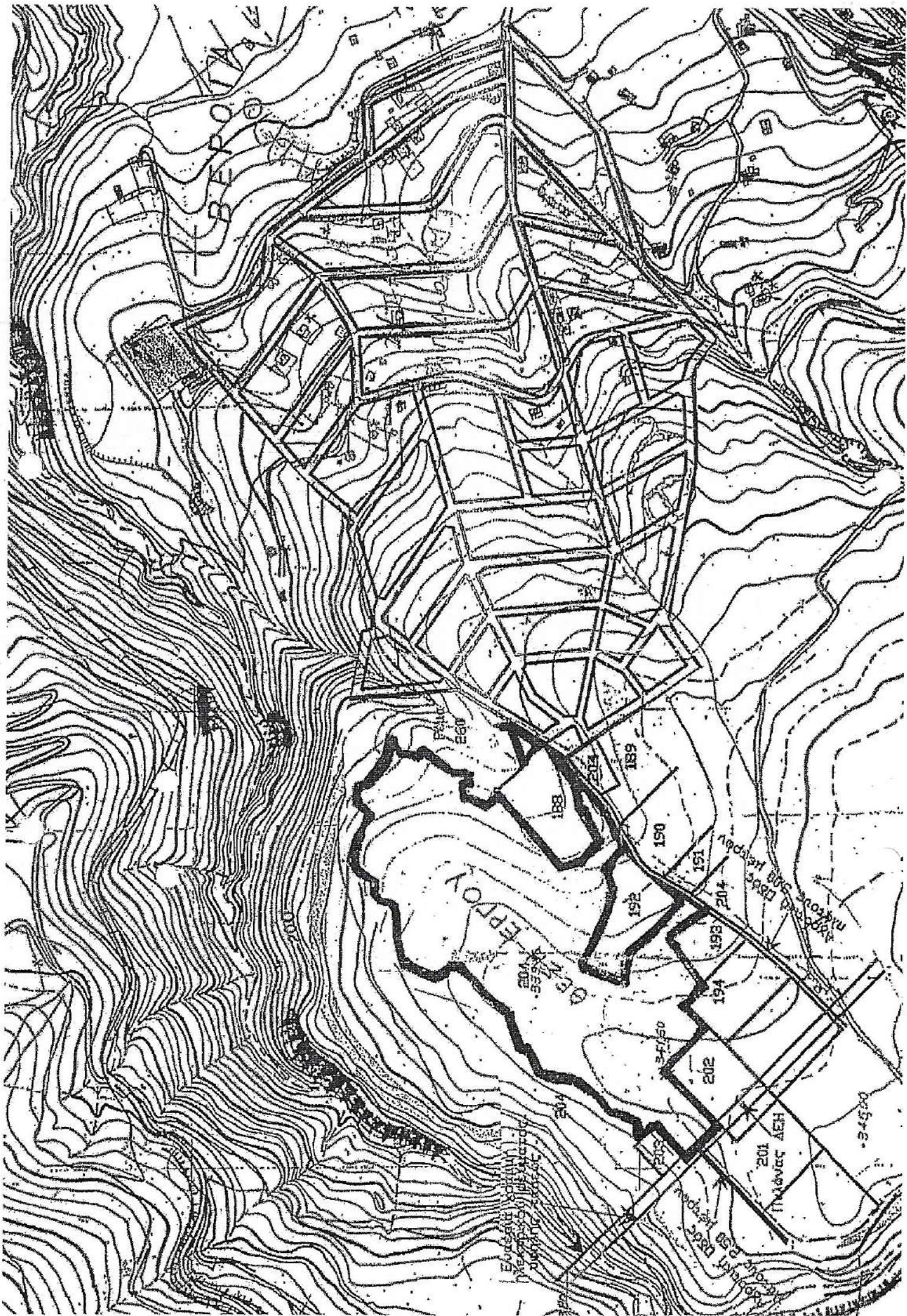
Στο σχήμα 3 (απόσπασμα τοπογραφικού της μελέτης), δείχνονται οι θέσεις των κτιρίων αυτών καθώς επίσης και οι θέσεις των γεωτρήσεων της γεωτεχνικής έρευνας που εκπονήθηκε.

Στα σχήματα 4.1, 4.2 και 4.3, παρατίθενται τέλος ενδεικτικές αρχιτεκτονικές τομές των τριών ως άνω κτιρίων αντιστοίχως.

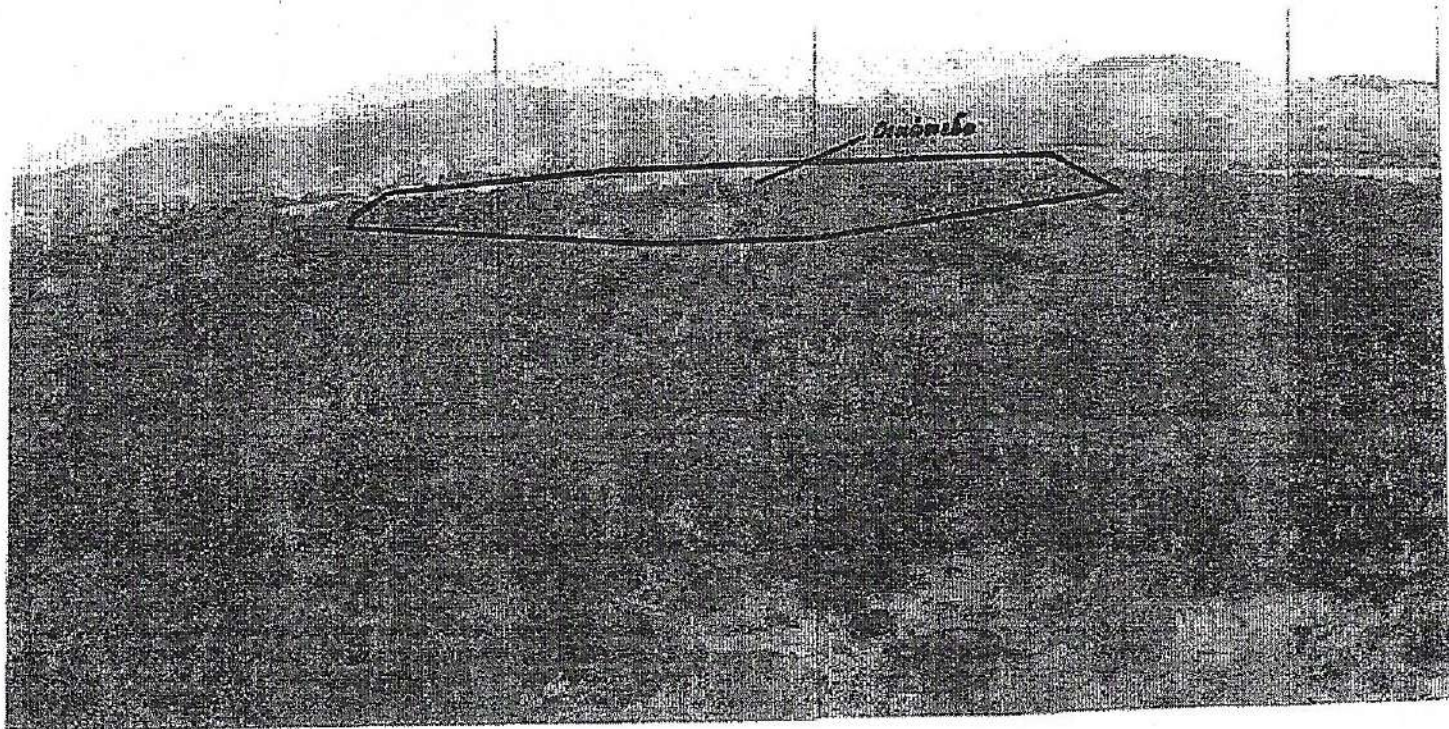










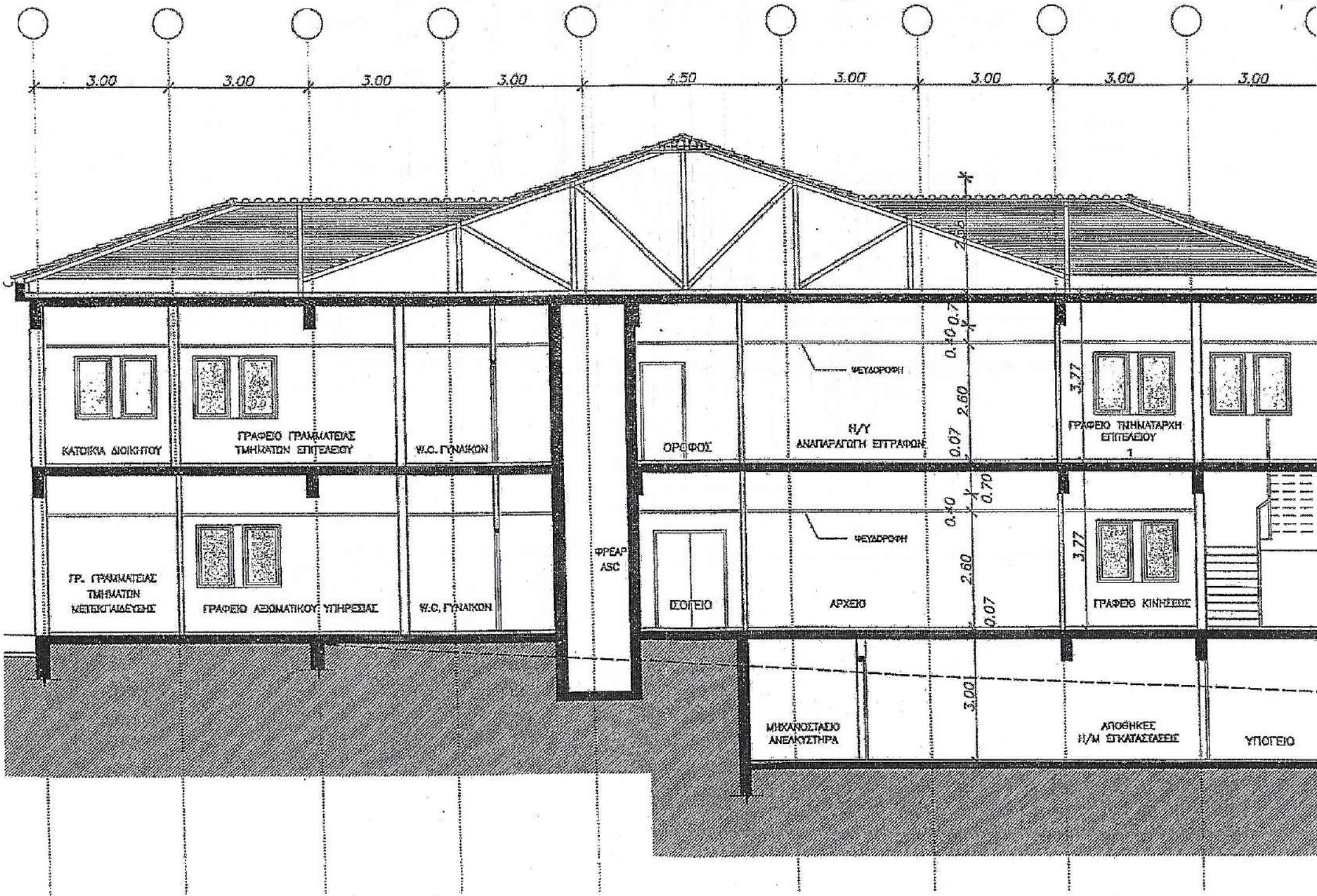


φώτο 1 : Πανοραμική άποψη του οικοπέδου

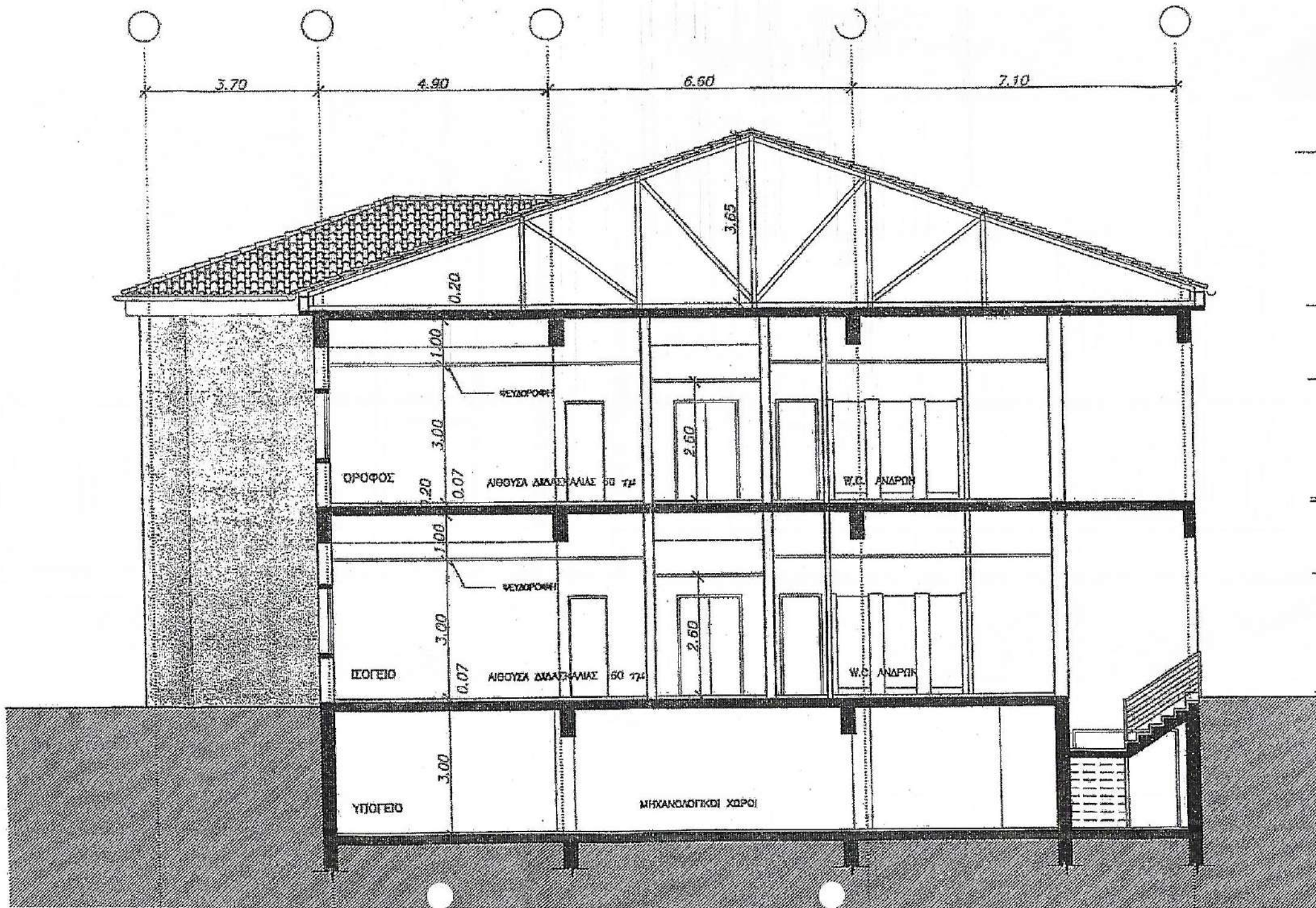




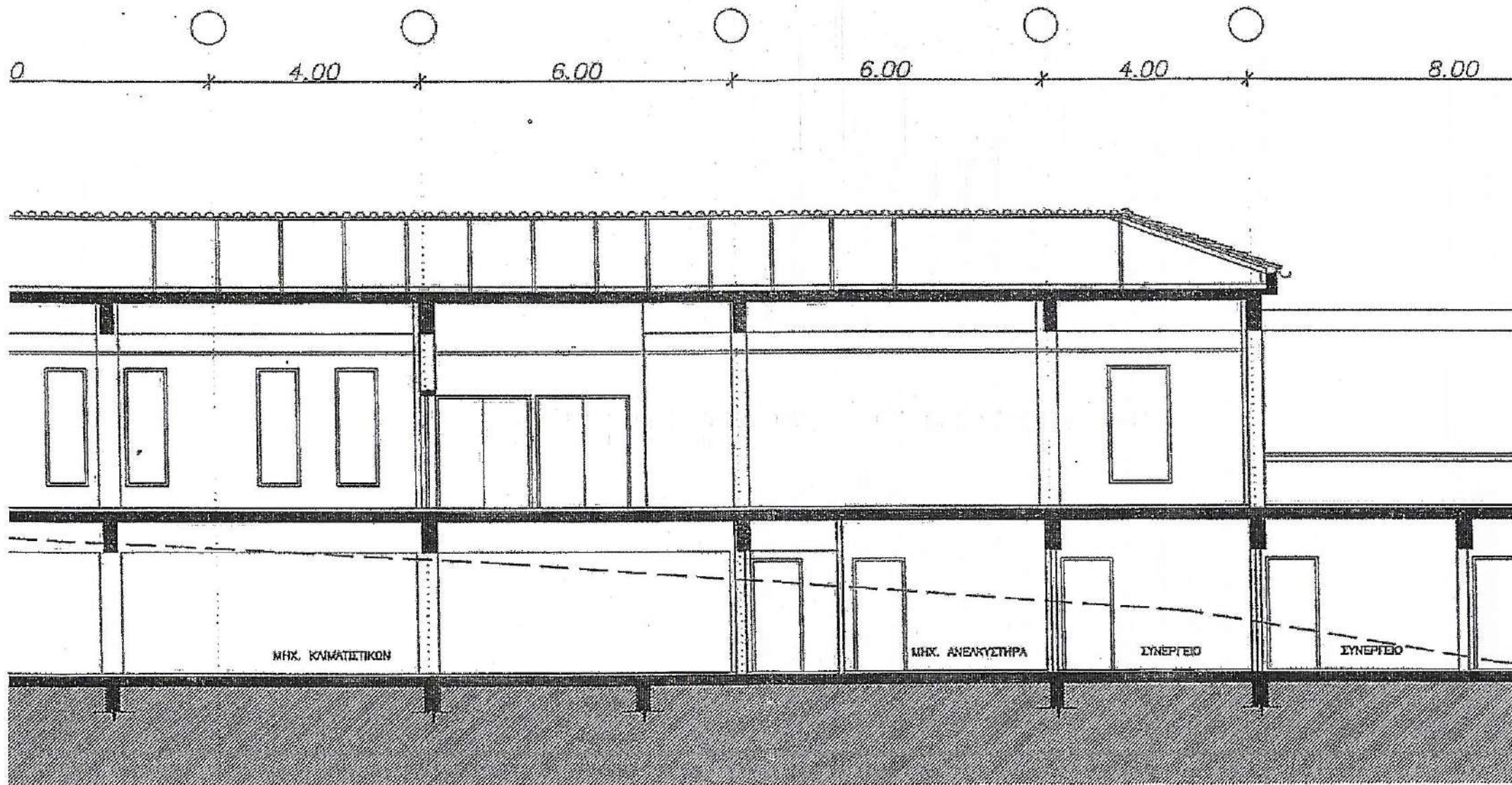












Σχήμα 4.3: Ενδεικτική αρχιτεκτονική τομή του κτιρίου 3 (μελέτη ΒΕΤΑΠΛΑΝ  
Δ.Φ.Μ. Ιούλιος 2002)

### 1.3 Αντικείμενο - σκοπός

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της διεξαχθείσας γεωτεχνικής έρευνας (ΚΕΔΕ, Ιούλιος 2002), με στόχο τον καθορισμό των εδαφικών συνθηκών που επικρατούν στο οικόπεδο κατασκευής των νέων κτιρίων και την ποσοτικοποίηση των παραμέτρων του εδάφους θεμελίωσης, οι οποίες απαιτούνται για την σύνταξη της οριστικής στατικής μελέτης και την κατασκευή του έργου.

Τα διαθέσιμα στοιχεία της γεωτεχνικής έρευνας συνθέτονται και αξιολογούνται (λαμβάνοντας υπόψη και τα στοιχεία της αναγνωριστικής τεχνικογεωλογικής έρευνας που διενεργήθηκε στον χώρο στα πλαίσια της παρούσας εργασίας), προκειμένου αφενός μεν να διατυπωθούν τεκμηριωμένες προτάσεις σχετικά με τον καταλληλότερο τρόπο θεμελίωσης ή και την πιθανότητα ανάγκης λήψης ειδικών μέτρων βελτίωσης των συνθηκών θεμελίωσης, αφετέρου δε, να εκτιμηθούν οι τιμές των εδαφικών εκείνων παραμέτρων που απαιτούνται στην σύνταξη της οριστικής μελέτης θεμελίωσης των κτιρίων (χαρακτηριστικά αντοχής και συμπιεστότητας εδάφους, επιτρεπόμενη τάση θεμελίωσης, δείκτης εδάφους, κατάταξη από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας, κ.λ.π.).



## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ - ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 2.1 Γεωλογικά στοιχεία περιοχής οικοπέδου

Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (σχήμα 1), αλλά και από την επιτόπου αναγνωριστική τεχνικογεωλογική έρευνα που διεξήχθη στα πλαίσια σύνταξης της παρούσας μελέτης αξιολόγησης, το υπέδαφος στην ευρύτερη περιοχή του οικοπέδου αποτελείται από Τραβερτίνες.

Πρόκειται για εκτεταμένο σχηματισμό, που εκτείνεται από το κέντρο της Βέροιας προς νοτιοδυτικά.

Οι τραβερτίνες ανήκουν, στην υγιή τους μορφή, στην κατηγορία των ιδιαίτερα μαλακών βραχωδών πετρωμάτων, με υψηλό πορώδες και υψηλή διαπερατότητα, χαμηλό φαινόμενο βάρος - πυκνότητα και μικρή αντοχή, προκειμένου για βράχο (υψηλή όμως, συγκρινόμενη με την αντοχή ενός σκληρού εδάφους).

Τα φαινόμενα υπόγειας διάβρωσης τους λόγω κατείσδυσης και κυκλοφορίας υδάτων, είναι αρκετά έντονα, το δε προϊόν αποσάθρωσης τους συνίσταται κυρίως από μέσης, πυκνότητας (ως και χαλαρή) ιλυώδη άμμο.

Στην περιοχή της Βέροιας, οι σχηματισμοί άμμου, προερχόμενης από αποσάθρωση τραβερτίνη είναι ιδιαίτερος διαδεδομένοι, εμπεριέχουν δε κατά θέσεις τοπικά υπολείμματα του μητρικού τραβερτινικού πετρώματος, υπό μορφή τεμαχίων ή ζωνών μικρού έως και ικανού πάχους.

Πρέπει επίσης να επισημανθεί, ότι στις περιοχές αυτές (και κυρίως εκεί όπου ο τραβερτίνης διατηρεί ακόμα την βραχωδή δομή του), είναι συχνή η παρουσία εγκοίλων και σπηλαιώσεων λόγω ακριβώς της αυξημένης διαβρωσιμότητας του γεωυλικού αυτού καθώς και των προτιμησιακών διαδρομών των υδάτων εντός της μάζας του.

Τα έγκοιλα και οι σπηλαιώσεις αυτές εντός του τραβερτίνη, είναι κατά κανόνα μικρά, συχνά όμως έχουν διαστάσεις μέχρι και της τάξης των λίγων μέτρων.

Στο συγκεκριμένο οικόπεδο, η τυχόν ύπαρξη τέτοιων εγκοίλων δεν φαίνεται να είναι ιδιαίτερος πιθανή (καθόσον, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων έρευνας προκύπτει ότι η αποσάθρωση είναι πολύ εκτεταμένη, με αποτέλεσμα το υπέδαφος να χαρακτηρίζεται στο σύνολό του σχεδόν ως μέσης πυκνότητας - χαλαρή άμμος), πλην όμως, δεν είναι δυνατόν να αποκλεισθεί πλήρως το ενδεχόμενο ύπαρξης τοπικών εγκοίλων, ειδικότερα μάλιστα καθόσον στα φυσικά πρηνή του ρέματος που οριοθετεί το βόρειο τμήμα του οικοπέδου, σε απόσταση 300+500m από το έργο, παρατηρούνται αρκετά τέτοια φυσικά έγκοιλα και σπηλαιώσεις διαστάσεων μερικών μέτρων (βλ. φωτο 1).



## 2.2 Σεισμολογικά στοιχεία

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ, 2000), η περιοχή της Βέροιας εντάσσεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι, με μέγιστη σεισμική επιτάχυνση  $A=0,12g$  (όπου  $g$ , επιτάχυνση της βαρύτητας) με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη. Το υπέδαφος κατατάσσεται μεταξύ των κατηγοριών Β (μέσης πυκνότητας κοκκώδη υλικά) και Γ (μικρής σχετικής πυκνότητας κοκκώδη υλικά).

Ως προς το δυσμενέστερο, θα ήταν ασφαλέστερο να υιοθετηθεί τελικώς η κατηγορία του υπεδάφους Γ.

Επίσης, σύμφωνα με τον σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας, η περιοχή κατασκευής του έργου δεν βρίσκεται στην άμεση γειτονεία σεισμοτεκτονικών ρηγμάτων, τα οποία θα μπορούσαν να θεωρηθούν άνηθητικώς ενεργά.

Τέλος, παράλλη την χαμηλή πυκνότητα και συνοχή των ιλυοαμμωδών στρωμάτων που συναντώνται στο υπέδαφος του συγκεκριμένου οικοπέδου, δεδομένης της απουσίας μόνιμης στάθμης υπογείων υδάτων (δεν εντοπίστηκε μόνιμος υπόγειος υδάτινος ορίζοντας στις ερευνητικές γεωτρήσεις) καθώς και της κατά τεκμήριο υψηλής διαπερατότητας, αποκλείεται η δυνατότητα μείωσης της φέρουσας ικανότητας του εδάφους σε περίπτωση ενός σεισμού (καθόσον δεν είναι δυνατή η ανάπτυξη υπερπίεσης νερού των πόρων).

## 2.3 Στοιχεία - αποτελέσματα γεωτεχνικής έρευνας

Στο χώρο του οικοπέδου, στις θέσεις των κτιρίων, διενεργήθηκε γεωτεχνική έρευνα από το ΚΕΔΕ, τα αποτελέσματα της οποίας υποβλήθηκαν στις 29 Ιουλίου 2002 (με ΑΠ Δ14α/52468/182/οικ).

Η έρευνα αυτή περιελάμβανε συνολικά έξι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις βάθους 21 έως 23m, στις θέσεις που σημειώνονται στο σχήμα 3.

Εξ' αυτών, οι γεωτρήσεις που αντιστοιχούν στα κτιριακά έργα Α' φάσης είναι :

Κτίριο 1 : Γεώτρηση Γ2 : Συναντήθηκε μέχρι βάθος 13,8m μέσης κυρίως πυκνότητας (ως χαλαρή) ιλυώδης άμμος - αμμοίλυς (SM). Σε βάθος 1,85 έως 2,80m, αναφέρεται η ύπαρξη εύθραπτου μαργαίικου ψαμμίτη. Βαθύτερα των 13,8m βρέσκε-

ται ιλυώδης μάργα αυξημένης φέρουσας ικανότητας με ενστρώσεις ιλυώδους άμμου και τραβερτίνη.

**Κτίριο 2 : Γεώτρηση Γ1 :** Συναντήθηκε σε όλο το βάθος ανοιχτοκαστανού χρώματος, μέσης κυρίως πυκνότητας ιλυώδης άμμος έως αμμώδης αμμοιλύς (SM). Σε βάθος 3,8 έως 5,0m αναφέρεται η ύπαρξη εύθρυπτου μαργαϊκού ψαμμίτη.

**Κτίριο 3 : Γεώτρηση Γ3 :** Συναντήθηκε ομοίως σε όλο το βάθος μέσης κυρίως πυκνότητας (έως πυκνότερη βαθύτερα) ιλυώδης άμμος - αμμώδης ιλύς (SM). Αναφέρεται η ύπαρξη ανοιχτοκαστανού χρώματος μαργαϊκού ψαμμίτη μεταξύ 6,25m και 6,80m.

**Λοιπές γεωτρήσεις Γ4, Γ5, Γ6 :** Συναντώνται εδαφικές συνθήκες πανομοιότυπες με αυτές των Γ1, Γ2, Γ3, με συχνές τις εμφανίσεις ζωνών κερματισμένου - αποσαθρωμένου τραβερτίνη εντός ιλυωδών άμμων μέσης κυρίως πυκνότητας, ο σχηματισμός των οποίων δομεί γενικώς το έδαφος της περιοχής.

Τα αποτελέσματα των ως άνω γεωτρήσεων περιλαμβάνονται αναλυτικά στο με Δ14α/52468/182/οικ τεύχος, το οποίο ετέθη υπόψη του υπογράφοντος μελετητή για την σύνταξη της παρούσας μελέτης αξιολόγησης.

Η σύνοψη των αποτελεσμάτων, περιλαμβάνεται στα μητρώα των γεωτρήσεων Γ1 έως Γ6, αντίγραφα των οποίων παρατίθενται στο Παράρτημα Α, προς χάριν πληρότητας του παρόντος τεύχους.

Σχετικά τέλος με τα υπόγεια νερά, σημειώνεται ότι σε καμία γεώτρηση δεν εντοπίσθηκε μόνιμη στάθμη υπόγειου ορίζοντα, μέχρι το μέγιστο βάθος έρευνας (στεγνές γεωτρήσεις κατά την πρωινή μέτρηση της στάθμης νερού εντός αυτών). Από υδρογεωλογικής άποψης, η γεωμορφολογία της περιοχής (λοφώδες με βαθειά ρέματα που διασχίζουν) καθώς και η σχετικώς αυξημένη διαπερατότητα των αμμωδών σχηματισμών του υπεδάφους, αποτρέπουν την ανάπτυξη μόνιμου υδάτινου ορίζοντα σε μικρά βάθη που να επηρεάζουν πρακτικώς τα έργα. Η κατείσδυση μάλιστα των ομβρίων προς τους βαθύτερους ορίζοντες, εκτιμάται ότι γίνεται εύκολα, ούτως ώστε να μην υπάρχουν πρακτικώς "επικρεμάμενοι" ορίζοντες νερού, ή ακόμα και αν υπάρχουν, να έχουν χαρακτήρα κατ' εξοχήν τοπικό και εφήμερο.

### 3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

#### 3.1 Εκτίμηση τιμών εδαφικών παραμέτρων

Με βάση τα αποτελέσματα των ερευνών, στον πίνακα 1 συνοψίζονται οι τιμές των παραμέτρων των διαφόρων μεγεθών που μετρήθηκαν από τις επιτόπου και τις εργαστηριακές δοκιμές και αφορούν το στρώμα της μέσης πυκνότητας (της χαλαρής κατά θέσεις) ιλυώδους άμμου SM, το οποίο, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 2.3, βρίσκεται σε όλη πρακτικώς την έκταση των έργων από μικρό βάθος (πρακτικά από την επιφάνεια του εδάφους) και μέχρι βάθη τουλάχιστον της τάξης των 14m.

Στον πίνακα 1, γίνεται επίσης και η στατιστική επεξεργασία των τιμών των διαφόρων παραμέτρων που μετρήθηκαν (καθορισμό μέσου όρου, ελάχιστης και μέγιστης χαρακτηριστικής τιμής με διάστημα εμπιστοσύνης 95%).

Ειδικότερα, για μία ακριβέστερη επιλογή τιμών των παραμέτρων διατμητικής αντοχής  $\phi$ ,  $c$ , στον πίνακα 2 έχει απεικονισθεί το σύνολο των αναλυτικών αποτελεσμάτων των δοκιμών άμεσης διάτμησης που διεξήχθησαν.

Εξ αυτών, οι μέσες τιμές θα μπορούσαν να ληφθούν :

μέση  $\phi \cong 22^\circ$  μέση  $c \cong 34 \text{KN/m}^2$

ενώ με συντηρητική παραδοχή, οι ελάχιστες χαρακτηριστικές τιμές προκύπτουν :

μήν  $\phi \cong 19^\circ \rightarrow 20^\circ$  λαμβάνεται  $\phi \cong 19^\circ$

μήν  $c \cong 5 \rightarrow 22$  λαμβάνεται  $c \cong 5 \text{KN/m}^2$

Σχετικά με το μέτρο συμπίεστότητας  $E_s$  του εδάφους, από τα πρωτογενή αποτελέσματα των δοκιμών στερεοποίησης, υπολογίστηκαν οι τιμές που αντιστοιχούν στην κατά περίπτωση τιμή της τάσης των υπερκείμενων γαιών. Η μέση τιμή, προκύπτει  $E_s \cong 9,9 \text{MPa}$  (βλ. πίνακα 1).

Η τιμή αυτή είναι γενικώς μικρότερη από την αντιστοιχούσα τιμή  $E_s \cong 12 \rightarrow 15 \text{MPa}$  για μέσο αριθμό κρούσεων  $N_{SP1} \cong 17 \rightarrow 19$ , πράγμα αναμενόμενο και σύνηθες, δεδομένης της διατάραξης - χαλάρωσης που υπόκειται το συγκεκριμένο είδος εδάφους κατά τη δειγματοληψία του.

Λαμβάνεται ωστόσο συντηρητικά :  $E_s = 9,9 \text{MPa}$ .







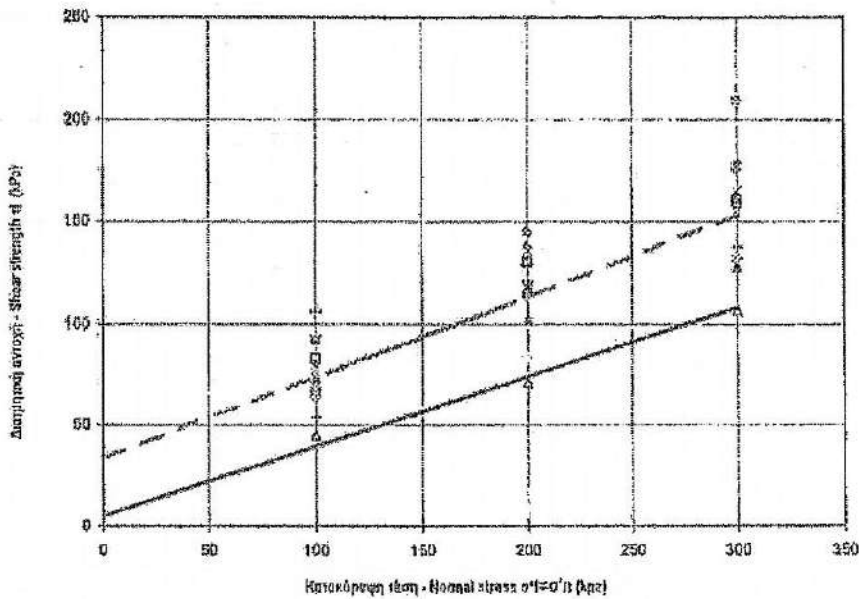
ΣΤΡΩΣΗ - LAYER : SM

ΣΥΝΟΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΤΡΙΒΗΣ & ΣΥΝΟΧΗΣ  
 Summary Table of Friction angle & cohesion measurements (effective values)  
 ( Δοκιμές άμεσης διάτμησης - Direct Shear tests CD )

Πίνακας : 2

ΓΕΩΤΡΗΞΗ	Δείγμα	Βάθος (m)	$\tau$ , (kPa) =	$\sigma'_1$ , (kPa) =	$\varphi$ (°) =	$c$ (kN/m <sup>2</sup> ) =	Παρατηρήσεις
Γ1		0.9 - 7.1	83	100	21	45	DS
			131	200			
			159	300			
Γ1		12.7 - 13.3	92	100	23	50	DS
			134	200			
			176	300			
Γ2		5.0 - 5.6	45	100	18	15	DS
			71	200			
			167	300			
Γ2		8.6 - 9.2	92	100	25	25	DS
			148	200			
			165	300			
Γ2		10.7 - 11.3	66	100	26	20	DS
			115	200			
			161	300			
Γ3		5.2 - 5.8	61	100	27	30	DS
			138	200			
			179	300			
Γ3		11.8 - 12.1	73	100	17	40	DS
			102	200			
			128	300			
Γ4		3.1 - 3.7	64	100	35	5	DS
			145	200			
			209	300			
Γ4		13.5 - 14.1	69	100	24	25	DS
			114	200			
			155	300			
Γ5		13.2 - 13.8	64	100	19	23	DS
			88	200			
			163	300			
Γ6		3.0 - 3.6	109	100	10	66	DS
			121	200			
			138	300			
Γ6		7.0 - 7.1	76	100	16	40	DS
			84	200			
			132	300			

average values  $\varphi$  = 21.8  $c$  = 34  
 min values  $\varphi$  = 18.1  $c$  = 22



- Γ1
- ◇ Γ1
- △ Γ2
- × Γ2
- Γ2
- ⊙ Γ3
- ▲ Γ3
- ⊖ Γ4
- × Γ4
- ⊕ Γ5
- ▽ Γ6
- ◇ Γ6
- Γ6

$\varphi'$  (deg) = 21.8  
 $c'$  (kPa) = 34

$\varphi'_{min}$  (deg) = 18.1  
 $c'_{min}$  (kPa) = 22



Με βάση την ως άνω επεξεργασία οι τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού που μπορούν συντηρητικά να υιοθετηθούν για το συγκεκριμένο ιλουαμμώδες έδαφος είναι :

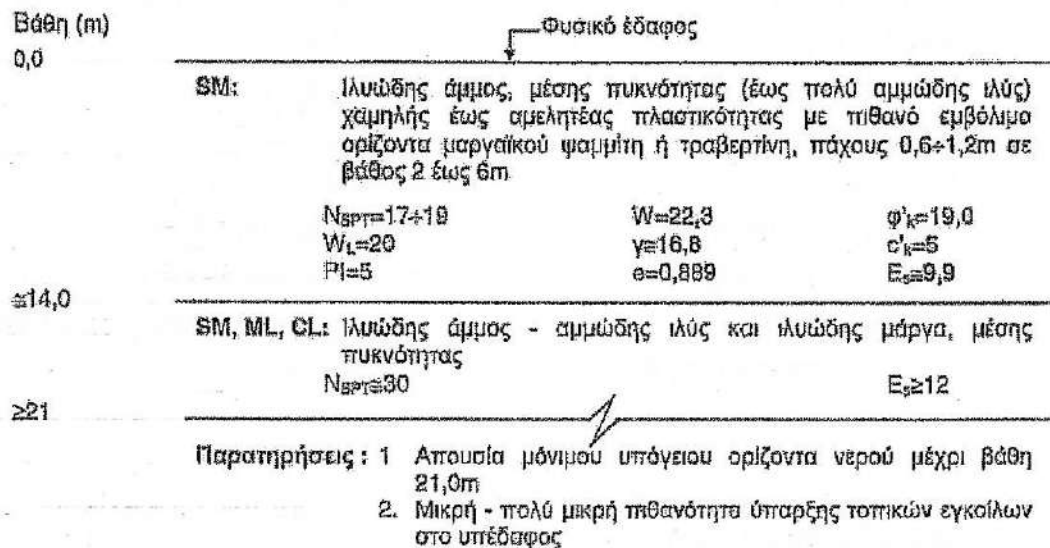
- Ποσοστό λεπτόκοκκων (<#No 200) : 40%
- Κατάταξη κατά USCS : κυρίως SM και δευτερευόντως ML
- Φαινόμενο βάρος :  $\gamma \approx 18,8 \text{KN/m}^3$
- Φυσική υγρασία :  $W=22,3\%$
- Δείκτης κενών :  $e=0,889$
- Όριο υδαρότητας :  $W_L=20,0$  (έως μη πλαστικό)
- Δείκτης πλαστικότητας :  $PI=5,0$  (έως μη πλαστικό)
- Ενεργός γωνία τριβής :  $\phi'=22$  (χαρακτηριστική  $\phi'_k=19,0 \text{Deg}$ )
- Ενεργός συνοχή :  $c'=34$  (χαρακτηριστική  $c'_k=5 \text{KN/m}^2$ )
- Μέτρο συμπίεστικότητας  $E_s$  :  $E_s=9,9 \text{MPa}$

### 3.2 Τυπική εδαφική τομή

Με βάση τα προαναφερθέντα στις παραγράφους 2.3 και 3.1, για τους γεωτεχνικούς υπολογισμούς στο σύνολο της έκτασης των έργων, θεωρείται η τυπική εδαφική τομή του σχήματος που ακολουθεί.



**Σχήμα 5: Τυπική εδαφική τομή**



**Υπόμνημα :**

- $N_{spt}$  : Αριθμός κρούσης δοκιμής SPT (για 30cm διάσχυση)
- $W$  : Φυσική υγρασία (%)
- $P_I$  : Δείκτης πλαστικότητας
- $W_L$  : Όριο υδαρότητας
- $\gamma$  : Υγρό φαινόμενο βάρος ( $kN/m^3$ )
- $e$  : Δείκτης κενών
- $\phi'_k$  : Ενεργός χαρακτηριστική γωνία τριβής (Deg)
- $c'_k$  : Ενεργός χαρακτηριστική συνοχή (kPa)
- $E_s$  : Μέτρο συμπίεσότητας (MPa)



#### 4. ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ - ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗ

##### 4.1 Είδος και μέτρα εξασφάλισης ικανοποιητικών συνθηκών θεμελίωσης

Με βάση τις συνθήκες του εδάφους, έτσι όπως απεικονίζονται στην τυπική εδαφική τομή του σχήματος 5 και αναφέρονται στις παραγράφους 2 και 3 για την εξασφάλιση ικανοποιητικών και ασφαλών συνθηκών θεμελίωσης των συγκεκριμένων διώροφων κτιρίων, προτείνονται τα ακόλουθα :

α. Η θεμελίωση μπορεί να γίνει με επιφανειακού τύπου θεμέλια και συγκεκριμένα, είναι σκόπιμο να περιλαμβάνει πεδילוδοκούς στις δύο διευθύνσεις (ή και εναλλακτικώς μεμονωμένα πέλδρα με ισχυρούς συνδετήριες δοκούς). Η στάθμη θεμελίωσης για κάθε κτίριο είναι προτιμότερο να είναι ενιαία (με εξαίρεση τοπικά υπόγεια, όπως π.χ. του κτιρίου 1), χωρίς ωστόσο να είναι απαγορευτική η θεμελίωση σε δύο στάθμες, δεδομένων των χαμηλών φορτίων και ύψους των κτιρίων καθώς και της χαμηλής σεισμικότητας της περιοχής.

β. Για την πλήρη εξάλειψη του ενδεχομένου ύπαρξης τοπικών εγκοίλων υπό την στάθμη θεμελίωσης (παρόλο που όπως προαναφέρθηκε το ενδεχόμενο αυτό κρίνεται ότι είναι μικρής μεν πιθανότητας πλην όμως δεν αποκλείεται), προτείνεται η διεξαγωγή διατρημάτων διαμέτρου 70+90mm μέχρι βάθης της τάξης των 6+8m από το δάπεδο θεμελίωσης.

Τα διατρήματα αυτά μπορεί να διανοιχθούν με κρουστική - περιστροφική μέθοδο (π.χ. χρήση κοινού διατρητικού φορτίου με αέρα ή άλλου τύπου διατρητικό εξοπλισμό) και παρακολούθηση της διάτρησης από εξειδικευμένο τεχνικό για την διαπίστωση τυχόν ύπαρξης εγκοίλων - κενών.

Εναλλακτικώς (πράγμα που είναι και επιθυμητό), το διατρητικό φορτίο προτείνεται να είναι εξοπλισμένο με αυτόματο σύστημα καταγραφής της ταχύτητας διάτρησης, οπότε και είναι ευχαιρέστερη η διαπίστωση τυχόν χαλαρών ζωνών - εγκοίλων.

Τα διατρήματα αυτά μπορούν να διανοιχθούν από τους πυθμένες εκκαφής, στις θέσεις των υποστηλωμάτων κάθε κτιρίου.

Σε περίπτωση που κατά τη διάτρηση αυτή εντοπισθεί κάποια κοιλότητα, θα πρέπει να γίνεται άμεση πλήρωση με τσιμεντένεμα με εισπίεση μέσω της διανοιχθείσας οπής καθώς και πιθανώς μέσω πρόσθετων διατρημάτων, σε μικρή απόσταση από το πρώτο, γύρω από την εντοπισθείσα θέση εγκοίλου.

Το τσιμεντένεμα στην περίπτωση αυτή, συνιστάται να διαθέτει λόγο νερού/ τσιμέντου W/C μεταξύ 0,60 και 1,00 ενδεχομένως με προσθήκη ρευστοποιητή, σε περίπτωση δε εντοπισμού σχετικά μεγάλης διάστασης εγκοίλου, είναι σκόπιμη η προσθήκη άμμου ή και λεπτών χαλίκων.



Η αντοχή του τσιμεντενέματος αρκεί να είναι ισοδύναμη αυτής ενός ισχνού σκυροδέματος Bn50(B80).

Η εισπίεση μπορεί να γίνεται με διοχέτευση του τσιμεντενέματος δια βαρύτητας ή με αντλία και χαμηλή πίεση.

Στην αναμενόμενη γενικώς περίπτωση μη εντοπισμού εγκοίλων, η σπή είναι επίσης σκόπιμο να πληρώνεται με τσιμεντένεμα.

γ. Η επιφάνεια έδρασης των θεμελίων (πυθμένας ορύγματος) είναι σκόπιμο να επανασυμπυκνώνεται με διελεύσεις οδοστρωτήρα, πέρα δε από την έγχυση ισχνού σκυροδέματος καθαριότητας, δεν απαιτούνται πρόσθετα μέτρα εξυγιάνσης.

δ. Η πλευρική επανεπίχωση των θεμελίων ή και των τοιχείων θα πρέπει να γίνεται με καλά συμπυκνωμένο αμμοχαλικώδες υλικό (π.χ. ομάδων A1a ή A1b κατά AASHO, ορυκτό ή θραυστό λατομείου), με διάστρωση ανά 20-25cm και συμπύκνωση με βαθμό τουλάχιστον 95% κατά AASHO T180-D. Για τις πλευρικές περιμετρικές επανεπιχώσεις απαιτείται η επιφανειακή περιμετρική στράγγιση του κηρίου αυτού (π.χ. με αργιλοχαλικώδη τελική στρώση μικρής διαπερατότητας, κατάλληλες κλίσεις κ.λπ. έργα διαμόρφωσης, όπως περιμετρική πλακόστρωση κ.λπ.), ούτως ώστε να αποτρέπεται η κατέισδυση ομβρίων στα θεμέλια.

Η εσωτερική επανεπίχωση για τα δάπεδα είναι επίσης σκόπιμο να γίνει με χρήση ίδιας κατηγορίας αμμοχαλικωδών υλικών, τρόπου και βαθμού συμπύκνωσης, όπως προαναφέρθηκε, για δε την τελευταία άνω στρώση πάχους τουλάχιστον 20cm προτείνεται η χρήση υλικού O150 (εμπορική ονομασία 3A).

#### 4.2 Επιτρεπόμενη τάση εδάφους

Η εκτίμηση της επιτρεπόμενης τάσης έναντι θραύσης του υπεδάφους γίνεται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 7 και τον ΕΑΚ για ορθογωνικά θεμέλια σε στατικές και σεισμικές συνθήκες αντίστοιχα.

Κατά τους υπολογισμούς, γίνεται η παραδοχή έδρασης των θεμελίων επί της ιλυώδους άμμου με γωνία τριβής  $\phi' = 19,0$  και συνοχή  $c' = 5 \text{ kPa}$  (συντηρητική παραδοχή) σύμφωνα με τα προαναφερθέντα στην παράγραφο 3.1.

Για όλους τους υπολογισμούς, θεωρήθηκε ελάχιστο υπολογιστικό βάθος θεμελίωσης  $D = 1,5 \text{ m}$  και εξετάζεται μορφή θεμελίωσης με πεδילוδοκούς ( $L/B = 10$ ). Η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα παρατίθενται στα σχήματα 6.1 και 6.2 για στατικές συνθήκες και σεισμό αντίστοιχα.



Ενδεικτικά, για πεδילוδοκούς πλάτους  $B=1,0$  έως  $2,0m$ , κεντρικά φορτιζόμενες, χωρίς οριζόντια φορτία, για την περίπτωση στατικής φόρτισης, προκύπτουν ασφαλείς τάσεις έδρασης  $\sigma_0=164KN/m^2$  έως  $\sigma_0=178KN/m^2$ . Μικρότερες τιμές, προκύπτουν όταν συνυπάρχουν οριζόντια φορτία (σχήμα 6.1).

Για έλεγχο σε σεισμό, προκύπτουν μεγαλύτερες επιτρεπόμενες τάσεις έδρασης, οι τιμές των οποίων δίνονται στο αντίστοιχο διάγραμμα 6.2, αναλόγως του αναπτυσσόμενου οριζόντιου φορτίου. Συντηρητικά, ωστόσο, σε σεισμό να χρησιμοποιηθούν οι τιμές της επιτρεπόμενης τάσης, όπως υπολογίζονται για στατικές συνθήκες (σχήμα 6.1).

Σε κάθε περίπτωση, για τον έλεγχο των τάσεων, τα φορτία της θεμελίωσης πρέπει να εμπεριέχουν τους κατάλληλους μερικούς συντελεστές ασφαλείας. Επίσης θα πρέπει στις τάσεις έδρασης να συνυπολογίζεται το ίδιο βάρος των θεμελίων και των γαιών επανεπίχωσης, ο δε έλεγχος με την τιμή της επιτρεπόμενης τάσης να διεξάγεται θεωρώντας το ενεργό πλάτος θεμελίωσης  $B'$  λαμβανομένων υπόψη των τυχόν εκκεντροτήτων των θεμελίων, καθώς και των οριζόντιων φορτίων στη θεμελίωση, έτσι όπως παρουσιάζεται στα διαγράμματα των σχημάτων 6.1 έως 6.2.

Η διαστασιολόγηση των θεμελίων θα πρέπει να οδηγεί σε αναπτυσσόμενες τάσεις μικρότερες των επιτρεπόμενων, έτσι όπως αυτές προκύπτουν από τα σχήματα 6.1 έως 6.2, επιπλέον δε, οι διαστάσεις των θεμελίων (και εξ αυτών το μέγεθος των αναπτυσσόμενων τάσεων έδρασης των θεμελίων καθώς και επομένως η επιτρεπόμενη τάση) θα πρέπει να καθορίζονται τόσο με βάση τον ως άνω έλεγχο της φέρουσας ικανότητας σχεδιασμού έναντι θραύσης του υπεδάφους θεμελίωσης, όσο και με βάση τον έλεγχο των καθιζήσεων των θεμελίων, ούτως ώστε οι καθιζήσεις να βρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων.

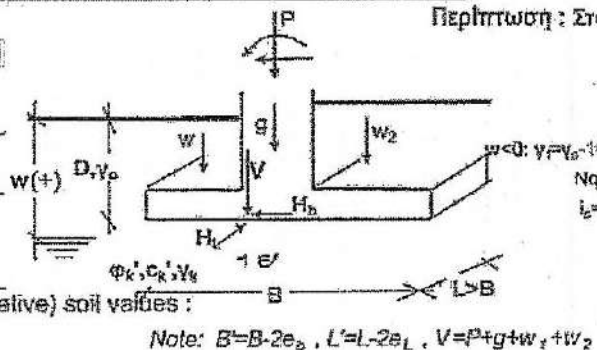
Στη συγκεκριμένη περίπτωση, λαμβανομένων υπόψη των ως άνω δύο κριτηρίων, η επιτρεπόμενη τάση  $\sigma_{στ}$  για κεντρικά φορτιζόμενη πεδילוδοκό συνήθους πλάτους έως  $2,0m$ , θα μπορούσε να εξαντλήσει τελικώς τις τιμές της ασφαλούς τάσης  $\sigma_{στ}=\sigma_0=164 KN/m^2$  έως  $178KN/m^2$  (αντιστοίχως για  $B=1,0$  έως  $2,0m$ ) καθ' όσον η καθίζηση δεν υπερβαίνει το θεωρούμενο αποδεκτό όριο των  $5,0cm$ , έτσι όπως υπολογίζεται στην παράγραφο 4.3.

Προϋπόθεση πάντως για τα παραπάνω, αποτελεί η λήψη των μέτρων εξασφάλισης ικανοποιητικών συνθηκών θεμελίωσης, τα οποία αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.1.



**ΔΕΔΟΜΕΝΑ INPUT: ΠΕΔΙΟΛΟΓΟΣ**

- $L'/B = 10$
- $min B' (m) = 1.0$
- $max B' (m) = 2.0$
- $w (m) = 10.0$
- $min D (m) = 1.5$
- $\gamma_d (kN/m^3) = 18.0$
- Characteristic (or conservative) soil values:
- $\gamma_k (kN/m^3) = 18.8$
- $\phi_k' (Deg) = 49.0$
- $c_k' (kPa) = 5$



Περίπτωση: Στατική - Παρ. C (ENV-97)

**ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ - CALCULATION PRINCIPLES: EUROCODE 7, E.A.K 1999**

$\sigma_d = Vd/(B'L') = 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B' \cdot N_{\phi} \cdot S_{\phi} \cdot i_{\phi} + \gamma_1 \cdot D \cdot N_c \cdot S_c \cdot i_c + c_d'$   
 $\sigma_d = \sigma_{d,0} \cdot \tan^2(45 + \phi'/2)$ ,  $N_{\phi} = (N_c - 1) \tan \phi'$  or  $N_{\phi} = 2(N_c - 1) \tan \phi'$ ,  $S_{\phi} = 1 + \sin \phi' / L'$ ,  $S_c = (S_c(N_c - 1) / (N_c - 1))$  or  $1 + 0.2 S_c / L'$  for  $\phi_c = 0.5(1 + (1 - H/(B'L'_c))^{2.5})$  for  $\phi_c = 0$ , For  $H_L = 0, H_b > 0$ :  $i_{\phi} = [1 - 0.7 H_b / (V + B'L'_c \tan \phi')]^2$ ,  $i_c = [1 - H_b / (V + B'L'_c \tan \phi')]^2$ . For  $H_L > 0, H_b = 0$ :  $i_{\phi} = i_c$ .

**ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Για δεδομένα  $V, H_L, H_b, e_x, e_y$  εκλέξτε κατάλληλα  $B, L$  υπολογίστε  $B', L'$  (αυτοματισμένη)  $\sigma = V/(B'L')$  προσδιορίστε την αντίστοιχη τιμή της  $\sigma_d$  από τα διαγράμματα και ελέγξτε  $\sigma \leq \sigma_d$

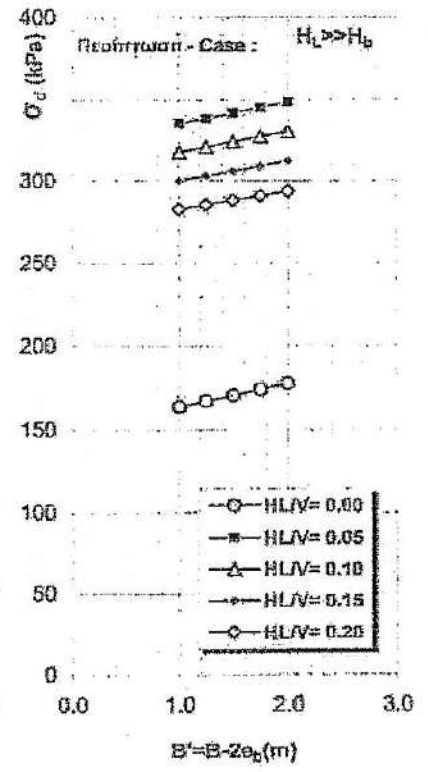
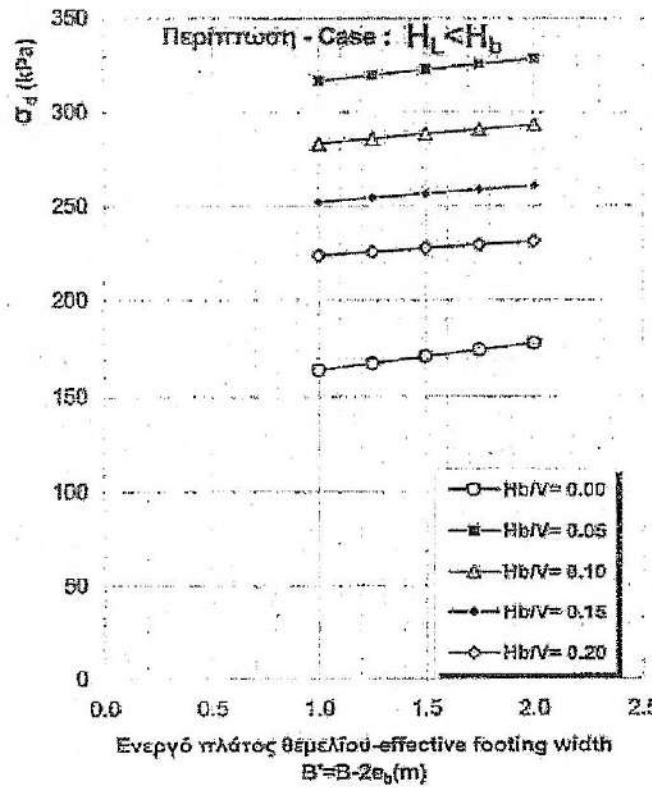
**DESIGN CONSIDERATIONS**

For the given  $V, H_L, H_b, e_x, e_y$  choose appropriate values of  $B, L$ , calculate:  $B', L'$ , working foundation pressure  $\sigma = V/(B'L')$  determine the appropriate value of allowable pressure  $\sigma_d$  from charts and check  $\sigma \leq \sigma_d$

**ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ANALYTICAL CALCULATIONS**

$\gamma_1 (kN/m^3) = 18.00$ ,  $N_{\phi} = 1.70$ ,  $N_c = 4.09$ ,  $N_c = 11.23$

$B' (m)$	$\gamma_2 (kN/m^3)$	$H_b/V$ ( $H_L=0$ )	$\sigma_d (kPa)$ ( $H_b/V, H_L=0$ )	$H_L/V$ ( $H_b=0$ )	$\sigma_d (kPa)$ ( $H_L/V, H_b=0$ )
1.00	18.80	0.00	164	0.00	164
1.25	18.80	0.00	167	0.00	167
1.50	18.80	0.00	171	0.00	171
1.75	18.80	0.00	174	0.00	174
2.00	18.80	0.00	178	0.00	178
1.00	18.80	0.05	317	0.05	335
1.25	18.80	0.05	320	0.05	339
1.50	18.80	0.05	323	0.05	342
1.75	18.80	0.05	326	0.05	345
2.00	18.80	0.05	328	0.05	348
1.00	18.80	0.10	283	0.10	318
1.25	18.80	0.10	286	0.10	321
1.50	18.80	0.10	288	0.10	324
1.75	18.80	0.10	291	0.10	327
2.00	18.80	0.10	293	0.10	330
1.00	18.80	0.15	252	0.15	300
1.25	18.80	0.15	254	0.15	303
1.50	18.80	0.15	257	0.15	306
1.75	18.80	0.15	259	0.15	309
2.00	18.80	0.15	261	0.15	312
1.00	18.80	0.20	224	0.20	283
1.25	18.80	0.20	226	0.20	286
1.50	18.80	0.20	228	0.20	288
1.75	18.80	0.20	229	0.20	291
2.00	18.80	0.20	231	0.20	294

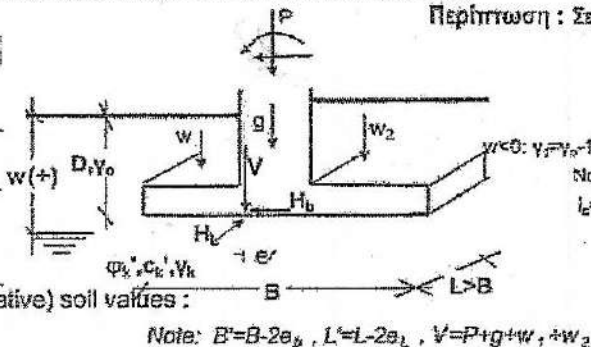




Περίπτωση : Στοιμός, Έδαφος μη ευαίσθητο (Ε.Α.Κ)

**ΔΕΔΟΜΕΝΑ INPUT**  
**ΠΕΔΙΑΔΟΚΟΣ**

- $L'/B' = 10$
- $\min B' (m) = 1.0$
- $\max B' (m) = 2.0$
- $w (m) = 10.0$
- $\min D (m) = 1.5$
- $\gamma_o (kN/m^3) = 18.0$
- Characteristic (or conservative) soil values:
- $\gamma_k (kN/m^3) = 16.8$
- $\phi_k' (Deg) = 19.0$
- $c_k' (kPa) = 5$



Note:  $B' = B - 2e_s$ ,  $L' = L - 2e_l$ ,  $V = P + g + w + w_2$

**ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ - CALCULATION PRINCIPLES: EUROCODE 7, E.A.K 1999**

$$\sigma_d = \gamma d / (B' L') = 0.5 \gamma_2 B' N_{\gamma} S_{\gamma} i_{\gamma} + \gamma_1 D N_q S_q i_q + e d' N_c S_c i_c$$

$\gamma < \theta$ :  $\gamma_1 = \gamma_o - 10$ ,  $\gamma_2 = \gamma_o - 10$ ,  $\theta < w < D$ :  $\gamma_1 = \gamma_o - 10(1-w/D)$ ,  $\gamma_2 = \gamma_o - 10$ ,  $D < w < D+d$ :  $\gamma_1 = \gamma_o$ ,  $\gamma_2 = \gamma_o - 10(1-(w-D)/d)$ ,  $w > D+d$ :  $\gamma_1 = \gamma_o$ ,  $\gamma_2 = \gamma_o$ ,  $d = (0.7 + 2.5 \tan^2 \phi_k) B'$   
 $N_q = e^{\tan \phi_k'}$ ,  $N_{\gamma} = \tan^2(45 + \phi_k'/2)$ ,  $N_c = (N_q - 1) / \tan \phi_k'$  or  $\pi + 2$  for  $\phi_k = 0$ ,  $N_c = 2(N_q - 1) \tan \phi_k'$ ,  $S_q = 1 + \sin \phi_k' B'/L'$ ,  $S_c = (S_q N_c - 1) / (N_c - 1)$  or  $1 + 0.2 B'/L'$  for  $\phi_k = 0$ ,  $i_q = 0.5(1 + (1 - H_b/(V + B' L' c_k'))^2)$  for  $\phi_k = 0$ , For  $H_b = 0$ ,  $H_b > 0$ :  $i_q = [1 - 0.7 H_b / (V + B' L' c_k / \tan \phi_k')]^2$ ,  $i_c = [1 + H_b / (V + B' L' c_k / \tan \phi_k')]^2$  For  $H_b > 0$ ,  $H_b = 0$ :  $i_c = 1$

**ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Για δεδομένα  $V, H_b, e_s, e_l$  εκλέξτε κατάλληλα  $B, L$  υπολογίστε:  $B', L'$ , αναπτύσσόμενη  $\sigma = V/(B' L')$  προσδιορίστε την αντίστοιχη τιμή της  $\sigma_d$  από τα διαγράμματα και ελέγξτε  $\sigma < \sigma_d$

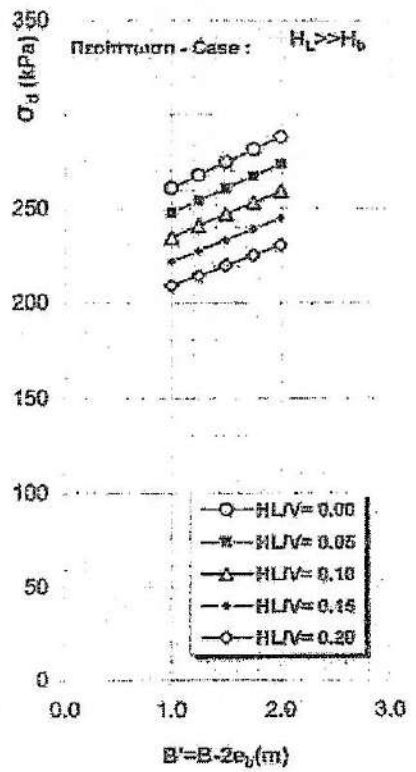
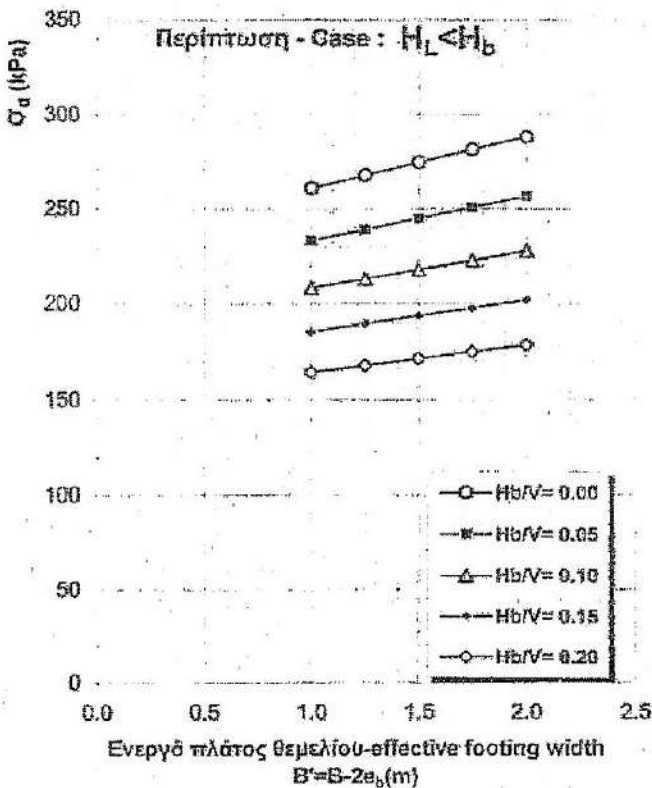
**DESIGN CONSIDERATIONS**

For the given  $V, H_b, e_s, e_l$  choose appropriate values of  $B, L$ , calculate:  $B', L'$ , working foundation pressure  $\sigma = V/(B' L')$  determine the appropriate value of allowable pressure  $\sigma_d$  from charts and check  $\sigma < \sigma_d$

**ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ANALYTICAL CALCULATIONS**

$\gamma_1 (kN/m^3) = 18.00$   
 $N_q = 3.30$        $N_{\gamma} = 5.80$        $N_c = 13.93$

$B' (m)$	$\gamma_2 (kN/m^3)$	$H_b/V$ ( $H_b=0$ )	$\sigma_d (kPa)$ ( $H_b/V, H_c=0$ )	$H_b/V$ ( $H_b=0$ )	$\sigma_d (kPa)$ ( $H_b/V, H_c=0$ )
1.00	16.80	0.00	267	0.00	267
1.25	16.80	0.00	258	0.00	268
1.50	16.80	0.00	274	0.00	274
1.75	16.80	0.00	281	0.00	281
2.00	16.80	0.00	288	0.00	288
1.00	16.80	0.05	234	0.05	248
1.25	16.80	0.05	239	0.05	254
1.50	16.80	0.05	245	0.05	261
1.75	16.80	0.05	251	0.05	267
2.00	16.80	0.05	257	0.05	273
1.00	16.80	0.10	208	0.10	235
1.25	16.80	0.10	213	0.10	241
1.50	16.80	0.10	218	0.10	247
1.75	16.80	0.10	223	0.10	253
2.00	16.80	0.10	228	0.10	258
1.00	16.80	0.15	189	0.15	222
1.25	16.80	0.15	189	0.15	228
1.50	16.80	0.15	194	0.15	234
1.75	16.80	0.15	198	0.15	239
2.00	16.80	0.15	202	0.15	245
1.00	16.80	0.20	164	0.20	209
1.25	16.80	0.20	168	0.20	216
1.50	16.80	0.20	171	0.20	220
1.75	16.80	0.20	175	0.20	225
2.00	16.80	0.20	178	0.20	231





### 4.3 Εκτίμηση καθιζήσεων - δείκτη εδάφους

Για ένα μεμονωμένο θεμέλιο, με βάση την παραδοχή έδρασης επί ελαστικού εδάφους, η καθίζηση  $S$  στην έδρασή του μπορεί να εκτιμηθεί με βάση την προσεγγιστική σχέση :

$$S = \Delta\sigma' \sum_{i=1}^n H_i I_{z_i} / E_{s_i}$$

όπου:

$\Delta\sigma'$  : Η επιπρόσθετη ομοιόμορφη ενεργός τάση που επιβάλλεται στη στάθμη έδρασης του θεμελίου. Είναι  $\Delta\sigma' = \sigma_{\text{εδρ}} - \gamma D$ , όπου  $\sigma_{\text{εδρ}}$  η ολική τάση έδρασης που πραγματικώς εξασκείται μόνιμα στο έδαφος, ( $\sigma_{\text{εδρ}}$  υπολογιζόμενη με μοναδιαίους συντελεστές ασφαλείας),  $D$  το βάθος θεμελίωσης και  $\gamma$  το φαινόμενο βάρος του εδάφους που εκσκάπτεται.

$n$  : Ο αριθμός των λωρίδων που χωρίζεται το υπέδαφος για τον υπολογισμό.

$H_i$  : Το πάχος της κάθε εδαφικής λωρίδας.

$E_{s_i}$  : Το μέτρο συμπίεστότητας της κάθε εδαφικής λωρίδας και

$I_{z_i}$  : Συντελεστής κατανομής των τάσεων με το βάθος στο μέσο της κάθε λωρίδας από το επίπεδο έδρασης, εκτιμώμενος κατά Boussinesq συναρτήσει της γεωμετρίας της φορτιζόμενης επιφάνειας.

Οι καθιζήσεις υπολογίζονται παραμετρικά, συναρτήσει του πλάτους θεμελίου και της αναπτυσσόμενης τάσης έδρασης  $\sigma_{\text{εδρ}}$ . Γίνεται θεώρηση  $D=1,5m$ .

Ελέγχονται οι αναμενόμενες καθιζήσεις για την περίπτωση θεμελίωσης με πεδίοδοκούς πλάτους  $B$  μεταξύ  $1,0$  και  $2,0m$  για διάφορες τιμές τάσης  $\sigma_{\text{εδρ}}$ .

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δείχνονται στο σχήμα 7, βάσει αυτών στην δυσμενέστερη εξεταζόμενη περίπτωση (πλάτος πεδίοδοκού  $B \geq 2,0m$  και εξάντληση της επιτρεπόμενης τάσης, οπότε  $\sigma_{\text{αν}} \approx \sigma_{\text{επ}} = 178 \text{KN/m}^2$  και  $\sigma_{\text{εδρ}} \approx \sigma_{\text{αν}} / 1,4 = 127 \text{KN/m}^2$ ) προκύπτει καθίζηση της τάξης του  $S \approx 3,5 \text{cm}$  (βλ. σχήμα 7).

Κατάπι μεγαλύτερη αναμένεται να είναι η καθίζηση του κτιρίου λόγω αλληλεπίδρασης μεταξύ των θεμελίων.

Δεδομένης της γενικής ομοιομορφίας του υπεδάφους και με την προϋπόθεση τήρησης παρεμφερών τιμών αναπτυσσόμενων τάσεων μεταξύ γειτονικών θεμελίων, οι διαφορικές καθιζήσεις των κτιρίων αναμένεται να είναι αμελητέες στο βαθμό μάλιστα που η θεμελίωση διαθέτει στο σύνολό της δυσκαμψία και σύνδεση στις δύο διευθύνσεις.

Τέλος, οι καθιζήσεις αναμένεται να είναι σχετικώς ταχείες (πρακτικώς άμεσες με την επιβολή των φορτίων), καθ' όσον στη ζώνη επιρροής δεν υπάρχουν μόνιμα υπόγεια νερά, το δε υπέδαφος περιλαμβάνει κυρίως αμμώδη υλικά.



**ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΘΕΜΕΛΙΟΥ**  
**PARAMETRIC ANALYSIS OF SETTLEMENT OF FOOTINGS**

ΕΡΓΟ - PROJECT:

Συγκρότημα Μετακατασκευής της Σχολής Αστυφυλάκων  
 Νάουσας - Α' Φάση (Περιοχή Παναράματος Δ. Βέροιας)

ΣΧΗΜΑ: 7

L/B = 10.00  
 B<sub>min</sub> (m) = 1.00  
 E<sub>max</sub> (m) = 2.00  
 D (m) = 1.50  
 γ (kN/m<sup>3</sup>) = 16.8

Δυσκαμψία - Rigidity = 2 < 1=Εύκαμπο - Flexible  
 2=Δύσκαμπο - Rigid

Θέση-Position = 4 < 1=Κέντρο - Center  
 2=Γωνία - Corner  
 3=Μέσο πλευράς L - Middle of Long side  
 4=Μέσος ορος - Average

z<sub>i</sub>(m) = +0.0

Στρώση	z <sub>0</sub> (m)	z <sub>i</sub> (m)	H <sub>i</sub> (m)	E <sub>s</sub> (MPa)
1	-2.0	-1.8	0.50	9.9
2	-2.5	-2.3	0.50	9.9
3	-3.0	-2.8	0.50	9.9
4	-3.5	-3.3	0.50	9.9
5	-4.0	-3.8	0.50	9.9
6	-5.0	-4.5	1.00	9.9
7	-6.0	-5.5	1.00	9.9
8	-8.0	-7.0	2.00	9.9
9	-14.0	-11.0	6.00	9.9
10	-30.0	-22.0	16.00	12.0

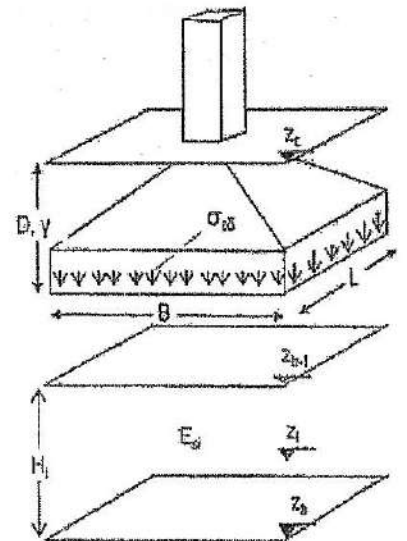
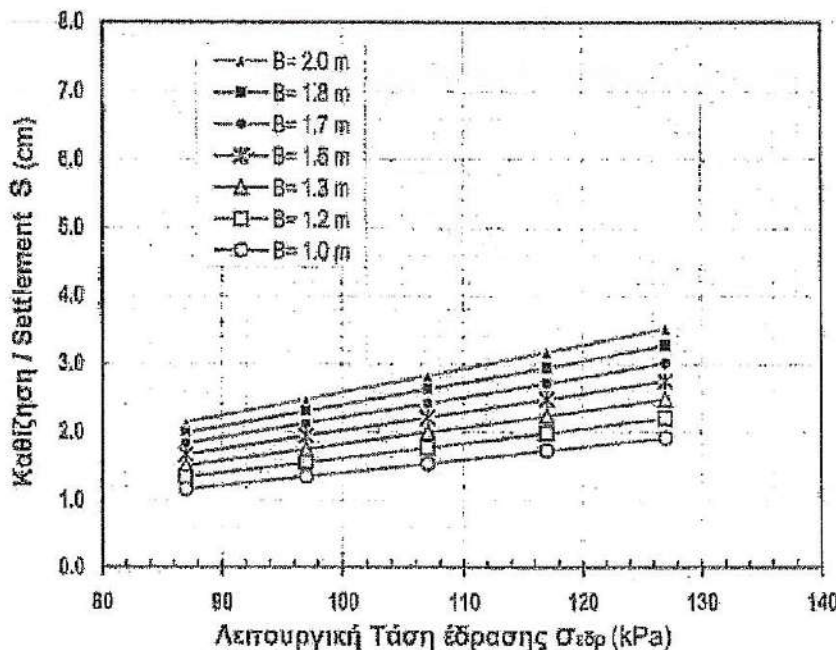
Δοίq - Boussinesq

B(m) = 1.00	1.17	1.33	1.50	1.67	1.83	2.00
0.778	0.811	0.840	0.864	0.884	0.900	0.915
0.530	0.568	0.600	0.626	0.650	0.670	0.689
0.384	0.430	0.469	0.502	0.530	0.554	0.576
0.285	0.330	0.369	0.405	0.436	0.464	0.488
0.219	0.258	0.295	0.330	0.361	0.390	0.416
0.158	0.189	0.219	0.249	0.277	0.304	0.330
0.111	0.134	0.158	0.181	0.204	0.227	0.249
0.074	0.090	0.107	0.124	0.141	0.158	0.175
0.035	0.044	0.053	0.062	0.071	0.080	0.090
0.010	0.013	0.017	0.020	0.024	0.028	0.032

$$S = q \sum H \frac{\Delta\sigma/q}{E_s}$$

Καθίζηση / Settlement S (cm)

σ <sub>εδρ</sub> (kPa)	q = σ <sub>εδρ</sub> · γ · D	B(m) = 1.00	1.17	1.33	1.50	1.67	1.83	2.00
87	62	1.16	1.34	1.51	1.67	1.83	1.99	2.14
97	72	1.35	1.55	1.75	1.94	2.13	2.31	2.48
107	82	1.54	1.77	1.99	2.21	2.42	2.63	2.83
117	92	1.73	1.99	2.24	2.48	2.72	2.95	3.17
127	102	1.91	2.20	2.48	2.75	3.02	3.27	3.52



Η τιμή του δείκτη εδάφους για ενδεχόμενη στατική επίλυση των κτιρίων με θεώρηση έδρασης επί ελαστικού εδάφους μπορεί να προκύψει εξ ορισμού, βάσει της σχέσης  $K = \sigma_{\text{εδρ}}/S$ .

Ενδεικτικά, για την περίπτωση πεδילוδοκού συνήθους πλάτους  $B = 1,8 + 1,2\text{m}$ , βάσει των παραπάνω υπολογισμών καθιζήσεων, μπορεί να ληφθούν  $K \approx 4.000 - 6.000\text{kN/m}^3$  τουλάχιστον σε στατικές συνθήκες. Με δεδομένο μάλιστα το συντηρητικό τρόπο υιοθέτησης του μέτρου συμπίεστικότητας  $E_s$  του εδάφους, πλέον ρεαλιστικές θα ήταν οι αντίστοιχες τιμές  $K \approx 5.500 - 8.000\text{kN/m}^3$ .

Για ανάλυση μάλιστα σε σεισμό, μπορεί να ληφθούν τιμές  $K$  έως και πενταπλάσιες των ως άνω προτεινόμενων τιμών.

#### 4.4 Εκσκαφές - πρανή ορυγμάτων

Για βάθη εκσκαφής έως και 4,5m περίπου από το φυσικό έδαφος, δεν τίθενται ιδιαίτερα θέματα προσωρινής ευστάθειας πρανών, εφόσον τηρηθούν κλίσεις της τάξης του  $\alpha:\beta = 1:1$  έως 1,5:1.

Δεν απαιτούνται ως εκ τούτου αντιστηρίξεις στο έργο.

Σχετικά με την εκσκαψιμότητα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων το σύνολο του εδάφους προς εκσκαφή υπάγεται γενικώς στην κατηγορία των γαιωδών (έως και πιθανώς των ημιβραχωδών υλικών), τα οποία μπορούν να ορυχθούν με συνήθη μηχανικά μέσα, γενικώς εύκολα έως και με σχετική δυσκολία τοπικά, σε περίπτωση συνάντησης ψαμμιτικών ή τραβερτινικών πλακών, όπως αυτός που καταγράφεται στις γεωτρήσεις (βλ. Παράρτημα Α και παράγραφο 2.3).



## 5. ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας που διεξήχθη στο οικόπεδο με έξι γεωτρήσεις βάθους 21+23m, διαπιστώθηκαν και εκτιμήθηκαν τα ακόλουθα :

- Το υπέδαφος αποτελείται κατά κύριο λόγο από σχηματισμό ιλυωδών άμμων, μέσης γενικώς πυκνότητας, προερχόμενων από αποσάθρωση του τραβερτινιάκου υποβάθρου που δομεί γεωλογικά την ευρύτερη περιοχή. Κατά θέσεις αναφέρεται η ύπαρξη μαργαϊκών και αμμοίλυωδών στρωμάτων καθώς και λεπτών στρωμάτων εύθρυπτου αποσασθρωμένου ψαμμίτη ή και τραβερτίνη.
- Δεν φαίνεται να υπάρχει μόνιμος υπόγειος ορίζοντας, τουλάχιστον μέχρι βάθη που να επηρεάζουν τα έργα.
- Οι συνθήκες υπεδάφους παρέχουν τη δυνατότητα επιλογής επιφανειακού τύπου θεμελίωσης των κτιρίων (κατά προτίμηση με διασταυρούμενες πεδιλοδοκούς ή εναλλακτικώς με ισχυρά συνδεδεμένα τρέδια στις δύο διευθύνσεις), υπό την προϋπόθεση της εξασφάλισης έναντι του ενδεχομένου ύπαρξης τοπικών εγκοίλων στο υπέδαφος (πράγμα που λόγω της φύσης των γεωυλικών της περιοχής δεν είναι συνετό να αποκλεισθεί εκ προοίμιου). Η μέθοδος και οι εργασίες για την εξασφάλιση αυτή προτείνονται και περιγράφονται αναλυτικότερα στην παράγραφο 4.1 της παρούσας μελέτης.
- Οι τιμές της επιτρεπόμενης τάσης εδάφους, υπολογίζονται στην παράγραφο 4.2 παραμετρικά για διάφορα πλάτη θεμελίωσης σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 7 και τον ΕΑΚ 2000. Στα σχήματα 6.1 και 6.2 δίνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα, βάσει των οποίων μπορεί να γίνει αναλυτικός έλεγχος τάσεων κάθε θεμελίου. Η τιμή της επιτρεπόμενης τάσης, λαμβάνοντας υπόψη και τις απαιτήσεις έναντι καθιζήσεων, μπορεί τελικώς να ληφθεί της τάξης των 164kN/m<sup>2</sup> έως 178 kN/m<sup>2</sup> αντιστοίχως για πεδιλοδοκούς πλάτους B=1,0+2,0m, έτσι όπως αναφέρεται στην παράγραφο 4.2.
- Στην παράγραφο 4.3 υπολογίζονται παραμετρικά οι αναμενόμενες καθιζήσεις, οι οποίες εκτιμώνται γενικώς της τάξης των λίγων εκατοστών, εξαρτώμενες κυρίως από την τιμή των αναπτυσσόμενων τάσεων έδρασης, αλλά και από τα πλάτη των θεμελίων.

Επίσης, στην ίδια παράγραφο εκτιμώνται και προτείνονται τιμές του δείκτη εδά-  
φους για την στατική επίλυση της θεμελίωσης με τη θεωρήση έδρασης επί ελα-  
στικού εδάφους.

Για τη ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε.

Οι Συντάξαντες

Νίκος Νάσκος  
Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.  
Dr. Ing. Εδαφομηχανικός Κατασκευών E.C.Paris

Ιωάννης Μπαλούκας  
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.  
Γεωτεχνικός Μηχανικός MSc, UMIST



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ **A**

Τομές ερευνητικών - δειγματοληπτικών γεωτρήσεων





















