

Βαθείς Αντιστήριξεις για την Κατασκευή Αντλιοστασίου στον Ταμιευτήρα Πολυφύτου.

Retaining of Deep Excavations for the Construction of a Pumping-Station at the Polyfito Reservoir.

ΦΙΚΙΡΗΣ, Ι. Φ.

ΝΤΟΥΝΙΑΣ, Γ.Θ.

ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟΣ Κ.

Πολιτικός Μηχανικός MSc, ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε.

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε.

Πολιτικός Μηχανικός MSc- Τομέαρχης ΤΓΓΜ/ΔΑΥΕ - ΔΕΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Παρουσιάζεται η μελέτη και μεθοδολογία κατασκευής του αντλιοστασίου Α3 στον ταμιευτήρα Πολυφύτου. Για την προσωρινή αντιστήριξη των παρειών εκσκαφής βάθους 14m κατασκευάστηκε περιμετρικός συνεχής διαφραγματικός τοίχος, με τη μόνιμη επένδυση να σκυροδετείται σταδιακά από άνω προς τα κάτω (top – down method). Η μεταφορά των υδάτων στο αντλιοστάσιο προβλέπεται να γίνει μέσω διώρυγας που αντιστηρίχθηκε με συστοιχία εφαπτόμενων πασσάλων. Η αντιμετώπιση των υδάτων από τις διακυμάνσεις της στάθμης του ταμιευτήρα κατά την κατασκευή, επιτεύχθηκε με την κατασκευή προσωρινού φράγματος εντός της διώρυγας που συνίσταται από δυο μεταλλικά διαφράγματα, εγκάρσια των πασσαλοστοιχιών, ενδιάμεσα των οποίων έγινε πλήρωση με κοκκώδες υλικό (κατασκευή τύπου cofferdam).

ABSTRACT : Design and construction processes for the A3 pumping station at Polyfito reservoir are presented. A continuous diaphragm wall was constructed as a temporary support measure for a 14m deep excavation, by also using the top down method for the construction of the permanent structure. Water diversion towards the pumping station is done via a canal, which is temporarily supported by contiguous pile walls. During construction, water inflows that follow reservoir fluctuations, were controlled by constructing a cofferdam normal to the direction of the pile walls, which consists of a pair of sheet-piles walls filled in between with granular soil.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΩΝ

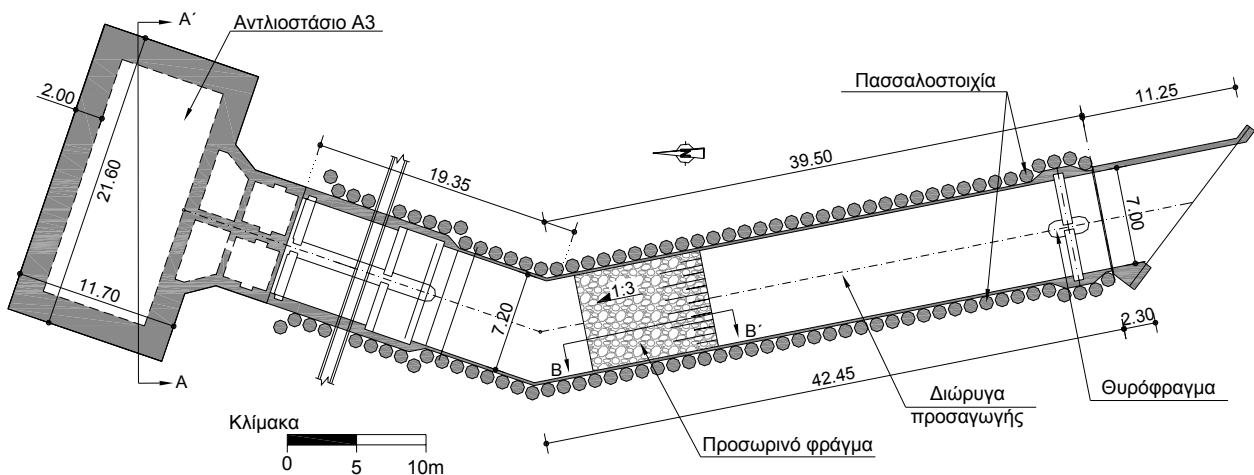
Το Αντλιοστάσιο Α3 αποτελεί τμήμα του έργου μεταφοράς νερού για την ύδρευση των θερμικών μονάδων της ΔΕΗ στο λεκανοπέδιο Κοζάνης – Πτολεμαΐδας από τον ταμιευτήρα Πολυφύτου. Από το Αντλιοστάσιο, που βρίσκεται παραπλεύρως της τεχνητής λίμνης Πολυφύτου, προβλέπεται η μεταφορά του νερού σε απόσταση περίπου 25km προς τις εγκαταστάσεις των ΑΗΣ Καρδιάς και Αγ. Δημητρίου.

Το Αντλιοστάσιο είναι ορθογωνικής περιόδου γεωμετρίας με εξωτερικές διαστάσεις σε κάτοψη 11.7x21.6m, με στάθμη θεμελίωσης 20.0m περίπου βαθύτερα από το φυσικό έδαφος. Τα νερά από τον ταμιευτήρα οδηγούνται στο Αντλιοστάσιο μέσω προσαγωγού διώρυγας μή-

κους περίπου 70.0m, πλάτους της τάξεως των 7.0m και μέγιστου βάθους εκσκαφής 16m περίπου. Η διάταξη των έργων παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

Για την προσωρινή αντιστήριξη των εκσκαφών στη θέση του Αντλιοστασίου κατασκευάστηκε περιμετρικό συνεχές διάφραγμα, μετά την εκτέλεση γενικών εκσκαφών βάθους 6.0m περίπου και κλίσης πρανών 1:1 για τη μείωση της έκτασης των απαιτούμενων αντιστηρίξεων. Το μόνιμο περιμετρικό τοίχιο του Αντλιοστασίου, πάχους 2.0m, σκυροδετήθηκε σταδιακά, με την εξέλιξη των εκσκαφών από άνω προς τα κάτω (top – down method).

Κατά μήκος της διώρυγας προσαγωγής η προσωρινή αντιστήριξη επιτεύχθηκε με την κατασκευή δυο παράλληλων συστοιχιών εφαπτό-



Σχήμα 1. Διάταξη έργων.
Figure 1. Project layout.

μενων πασσάλων, εσωτερικά των οποίων και μετά την ολοκλήρωση των έργων προβλέπεται η σκυροδέτηση μόνιμης επένδυσης αντιστηριζόμενης με ενδιάμεσες αντηρίδες.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Γεωλογικά η ευρύτερη περιοχή του έργου δομείται από κρυσταλλοσχιτώδεις σχηματισμούς της Πελαγονικής ζώνης (γενεύσιους, σχιστόλιθους), μάρμαρα, σιπολίτες που υπόκεινται των πλειο-πλειστοκαινικών αποθέσεων της λεκάνης Σερβίων (Λιάκουρης 1995). Στη θέση του Αντλιοστασίου Α3 συναντώνται στεγανοί σχηματισμοί πλειο-πλειστοκαινικών αποθέσεων, που συνίστανται από μάργες και αργιλούχες μάργες με μικρές ενδιαστρώσεις ψαμμούχων μαργών.

Για τη διερεύνηση των γεωτεχνικών συνθηκών στη φάση της μελέτης, η οποία εκπονή-

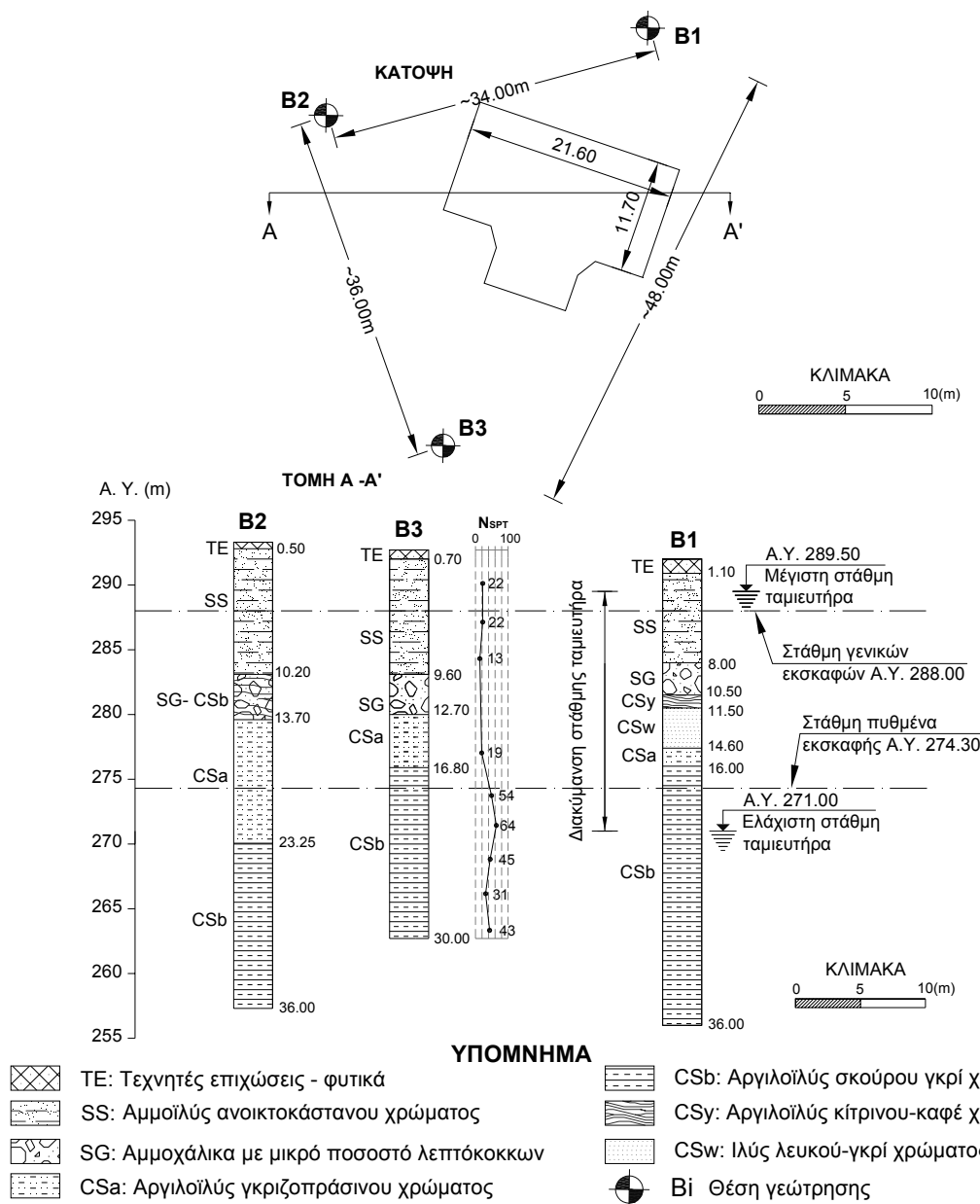


Φωτογραφία 1. Άποψη Αντλιοστασίου κατά την κατασκευή.
Photograph 1. Pumping Station view during construction.

θηκε από τη ΔΕΗ/ΔΑΥΕ, διανοίχθηκαν τρεις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και διαπιστώθηκε συμφωνία της στρωματογραφίας (Σχήμα 2). Το υπέδαφος συνίστατο από μικρού πάχους τεχνητές επιχώσεις με φυτικά που υπέρκεινται στρώσης μέσης συνεκτικότητας ανοικτοκάστανου χρώματος αμμοίλλος (SS) που κατατάσσεται κατά U.S.C.S. στην κατηγορία CL. Βαθύτερα απαντήθηκε μεταβαλλόμενου πάχους στρώση γκριζοπράσινου χρώματος αργιλοίλλος (CSa), με τοπικές διαφοροποιήσεις του χρωματισμού της από κιτρινοκάστανου χρώματος (CSy) έως λευκού – γκρι χρώματος (CSw) στα ανώτερα τμήματα. Ο βαθύτερος σχηματισμός της περιοχής είναι στρώση σιφρής έως σκληρής, σκούρου γκριζου χρώματος, αργιλοίλλος (CSb). Γενικά οι ανωτέρω αργιλο-ιλυώδεις σχηματισμοί κατατάσσονται κατά U.S.C.S. στις κατηγορίες CH-MH. Ιδιαίτερης σημασίας για το σχεδιασμό των έργων ήταν ο παραοριζόντιος αδρόκοκκος οριζοντας (SG), με μικρό ποσοστό λεπτοκόκκων (CSb), πάχους της τάξεως των 2.5 έως 3.0m, σημαντικής διαπερατότητας, που συναντήθηκε συστηματικά σε όλες τις γεωτρήσεις σε βάθος 8.0 έως 10.0m από την επιφάνεια του εδάφους.

Η στάθμη του υδροφόρου οριζοντα στην περιοχή του Αντλιοστασίου ακολουθεί τις διακυμάνσεις του ταμειυτήρα λόγω της εγγύτητας των θέσεών τους.

Για τον προσδιορισμό των γεωτεχνικών παραμέτρων των σχηματισμών είχαν εκτελεσθεί εργαστηριακές δοκιμές στο "Κέντρο Δοκιμών Ερευνών και Προτύπων" της ΔΕΗ. Οι τιμές των φυσικών ιδιοτήτων των εδαφικών στρώσεων, κατόπιν στατιστικής τους επεξεργασίας, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Εργαστηριακές δοκιμές στον αδρόκοκκο οριζοντα δεν εκτελέστηκαν.



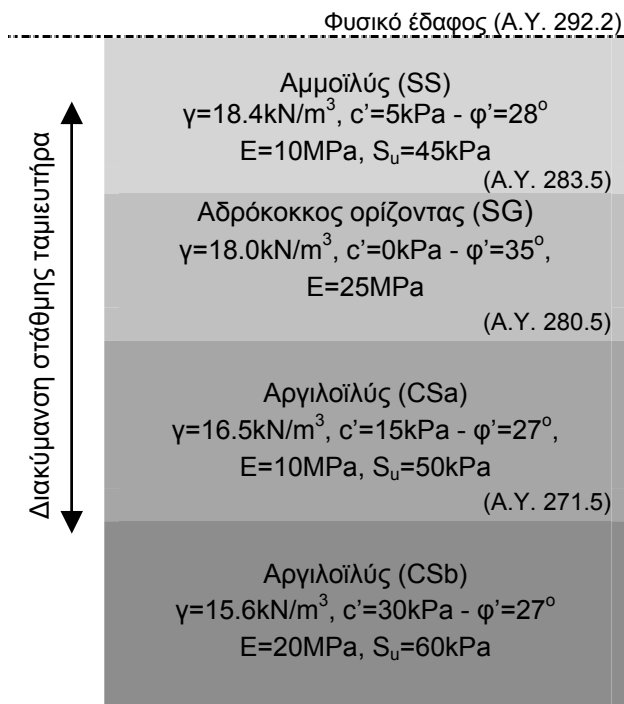
Σχήμα 2. Στρωματογραφία εδάφους.
Figure 2. Ground stratigraphy.

Από την αξιολόγηση των δοκιμών εξήχθηκε ότι i) οι υποκείμενες του αδρόκοκκου οριζόντα (SG) αργιλοϊλυώδεις στρώσεις (CSa και CSb) εμφανίζουν ιδιαίτερα υψηλό λόγο κενών, ii) η επιφανειακή αμμοίλυσ (SS) εμφανίζει μεγαλύ-

τερο βαθμό στερεοποίησης σε σχέση με τους υποκείμενους σχηματισμούς, εξαιτίας πιθανότατα των διαδοχικών μεταβολών της στάθμης του υδροφόρου οριζόντα εντός αυτής και iii) ότι δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα εισ-

Πίνακας 1: Μέσες τιμές φυσικών ιδιοτήτων εδαφικών στρώσεων.
Table 1: Average values of the natural properties of the soil types.

	Κοκκομετρική διαβάθμιση			Φυσική υγρασία w (%)	Όρια Atterberg			Υγρό Φαινόμενο βάρος γ_t kN/m ³	Λόγος κενών e -
	Άργιλος ιλύς (%)	Άμμος (%)	Χάλικες (%)		W _L (%)	W _p (%)	PI -		
Αμμοίλυσ (SS)	85	15	0	26,7	36,5	18,5	17,9	18,4	0,87
Αργιλοίλυσ (CSa)	94	5	1	65,7	67,8	35,4	32,4	16,5	1,67
Αργιλοίλυσ (CSb)	98	2	0	61,4	70,1	38,1	32,0	15,6	1,76



Σχήμα 3. Γεωτεχνικό προσομοίωμα εδάφους.
Figure 3. Geotechnical model of the ground.

ρών από τα ύδατα του ταμιευτήρα εντός της εκσκαφής, εφόσον προβλεφθεί περιμετρικό στεγανό πέτασμα στη ζώνη του παραοριζόντιου αδρόκοκκου οριζοντα του οποίου η τροφοδοσία με νερό συναρτάται από τη στάθμη της λίμνης του φράγματος.

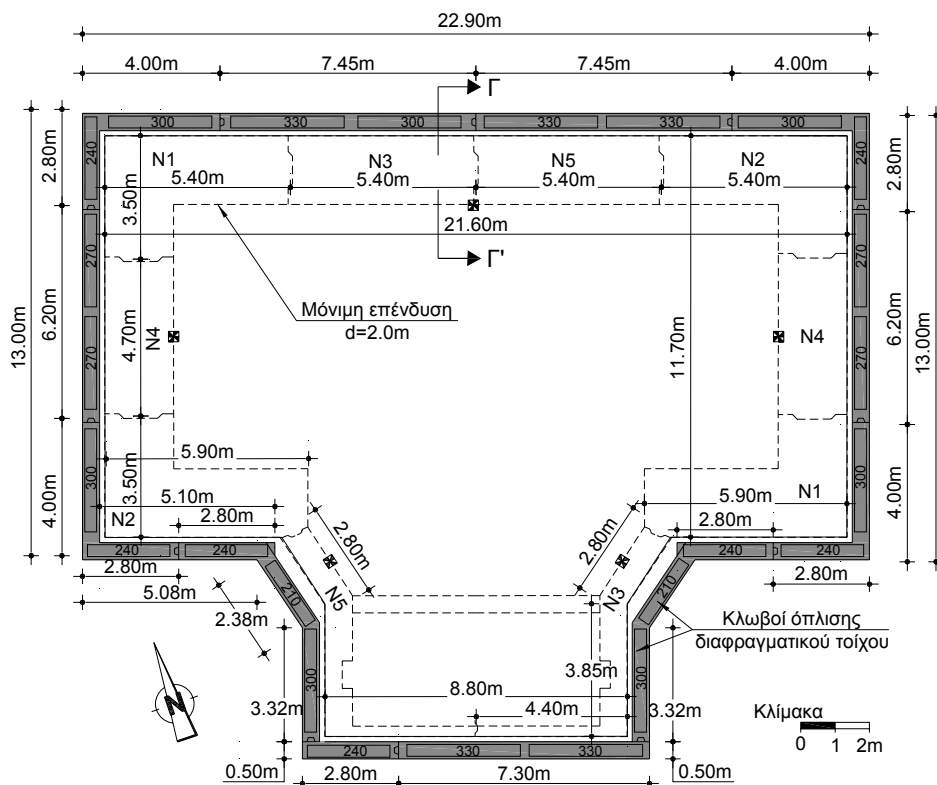
Για την εκτέλεση των γεωτεχνικών αναλύσεων χρησιμοποιήθηκε το εδαφικό προσομοίωμα του Σχήματος 3. Οι παράμετροι αντοχής και παραμορφωσιμότητας εξήχθησαν από εργαστηριακά αποτελέσματα και εμπειρικές συσχετίσεις (CIRIA 1993).

3. ΜΕΛΕΤΗ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ

Για την προσωρινή αντιστήριξη των κατακόρυφων παρειών εκσκαφής μεγίστου βάθους 14.0m κατασκευάσθηκε περιμετρικό συνεχές διάφραγμα πάχους 0.5m και βάθους 18.0m (Σχήματα 4 και 5). Στόχος αυτού του πετάσματος, ήταν η διευκόλυνση της σταδιακής σκυροδέτησης του μόνιμου τοιχίου από άνω προς τα κάτω παρέχοντας ένα περιμετρικό όριο που θα είναι ικανό να παραμένει ευσταθές, να προφυλάξει έναντι ατυχημάτων αλλά και να περιορίσει τις εισροές υδάτων.

Η κατασκευαστική διαδικασία συνίστατο από την ολοκλήρωση του διαφράγματος και την τμηματικά εκτέλεση οριζοντιογραφικά εκσκαφών (ντουλαπιών) μέσου βάθους της τάξεως των 2.00m (Σχήματα 4 και 5), με μέγιστο επιτρεπόμενο τα 2.50m.

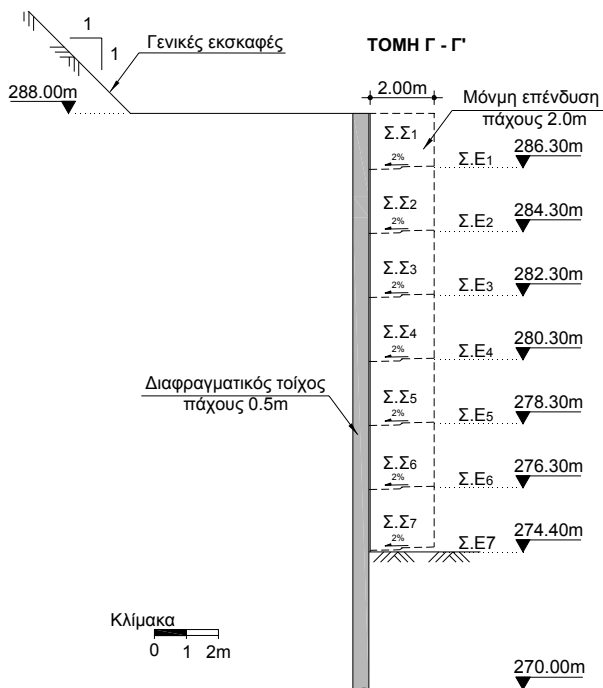
Προβλέφθηκε κατ' αρχήν η κατασκευή δέκα "ντουλαπιών" τα οποία επιτρέπεται να διανοίγονται ανά δύο ταυτόχρονα με περιορισμό ότι αυτά θα βρίσκονται αντιδιαμετρικά. Κατά την



Σχήμα 4. Οριζοντιογραφία διαφραγματικού τοίχου.
Figure 4. Plan view of the diaphragm wall.

κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν κατά θέσεις και μεγαλύτερα πλάτη.

Η εξασφάλιση της συνέχειας του κατακόρυφου οπλισμού της μόνιμης επένδυσης επιτεύχθηκε με χρήση κοχλιωτών ενώσεων (σε συμφωνία με τον Κ.Τ.Χ. 2000 και τον Ε.Κ.Ω.Σ 2000), για να ελαχιστοποιηθεί (σε μήκος της τάξεως των 10cm) το απαιτούμενο μήκος παράθεσης των οπλισμών που θα ήταν σε αντίθετη περίπτωση της τάξεως των 2.5m και που θα οδηγούσε σε απαγορευτικά βήματα εκσκαφών καθ' ύψος (4.5m περίπου). Στους οπλισμούς προβλέφθηκε προ της σκυροδέτησης η τοποθέτηση ειδικών συνδέσμων (μούφες) που έφεραν ειδικό σπείρωμα έτσι ώστε από κάτω στο επόμενο στάδιο σκυροδέτησης να βιδώνονται οι νέοι οπλισμοί. Προ της τμηματικής σκυροδέτησης του μόνιμου τοιχείου προβλέφθηκε ο εγκιβωτισμός των κοχλιωτών ενώσεων σε μικρού πάχους στρώση άμμου (10cm περίπου) στο δάπεδο εκσκαφής, η οποία εν συνεχεία με τις νέες εκσκαφές απομακρυνόταν εύκολα με στόχο να αποφευχθεί η σκυροδέτηση του σπείρωματος της κοχλιωτής ένωσης των ράβδων. Η διαστασιολόγηση του προσωρινού διαφράγματος πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας αρχικά αναλυτικές μεθόδους και διασταυρώνοντας εν συνεχεία τα αποτελέσματα των υπολογισμών μέσω αναλύσεων με χρήση πεπερασμένων στοιχείων.



Σχήμα 5. Τυπική διατομή διαφραγματικού τοίχου – στάδια κατασκευής.
Figure 5. Cross section of diaphragm wall – construction stages.

Βάσει των αναλυτικών μεθόδων υπολογίσθηκαν τα εντατικά μεγέθη διαστασιολόγησης της διατομής του διαφράγματος θεωρώντας ενεργητικές και παθητικές ωθήσεις χρησιμοποιώντας κλασική τριγωνική κατανομή ωθήσεων, εμπειρικά διαγράμματα για σιφρές αργίλους (Terzaghi & Peck 1967) και μεταγενέστερες προτάσεις τροποποίησης επί αυτών για να ληφθούν υπόψη στρωματοποιημένα εδάφη (Fang 1991). Για το έδαφος υιοθετήθηκαν ε-



α



β

Φωτογραφίες 2α-β. Σταδιακή κατασκευή μόνιμου τοιχείου από άνω προς τα κάτω.
Photographs 2α-β. Top – down staged construction of permanent structure.

νεργές παράμετροι διατμητικής αντοχής (effective stress design) καθώς και συνδυασμός ενεργών και ολικών (mixed total and effective stress design) κατάλληλων για προσωρινές αντιστηρίξεις (Padfield et. al. 1984). Για την δεύτερη περίπτωση σε ότι αφορά τις παθητικές ωθήσεις θεωρήθηκε ότι στο ανώτερο 1.0m του πυθμένα εκσκαφής υφίσταται χαλάρωση (softening) με μηδενισμό της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής στην επιφάνεια του πυθμένα εκσκαφής και γραμμικά μεταβαλλόμενη βαθύτερα έως την τιμή S_u της εκάστοτε στρώσης σε βάθος 1.0m. Επίσης υπολογίσθηκε το πιθανό βάθος δημιουργίας εφελκυστικής ρωγμής του ανώτερου συνεκτικού επιφανειακού σχηματισμού (ίσο με $2S_u/\gamma \approx 4.9m$) που συμπίπτει περίπου με το πάχος της αντιστηριζόμενης επιφανειακής αμμοιλύος (SS).

Με βάση τα αποτελέσματα των ανωτέρω παραμετρικών υπολογισμών περί της κατανομής των ωθήσεων στο διάφραγμα εκτιμήθηκαν τα εντατικά μεγέθη διαστασιολόγησης της διατομής του διαφράγματος εφαρμόζοντας τη μέθοδο των υποθετικών αρθρώσεων (hinge method) που περιγράφεται στο British Steel Piling Handbook (1997) και στο BS 8002 (1994) και τη μέθοδο (tributary area method) που περιγράφεται στο FHWA (1999) όπου και προέκυψε μέγιστη καμπτική ροπής διαστασιολόγησης 120KNm/τρέχον μέτρο. Για τη διαστασιολόγηση του μόνιμου τοιχίου του αντλιοστασίου υιοθετήθηκε κατανομή ωθήσεων k_0 που αντιπροσωπεύουν συνθήκες ηρεμίας.

Εξαιτίας των λεπτόκοκκης σύστασης των επιτόπου υλικών ελέγχθηκε και το περιθώριο της ασφάλειας της εκσκαφής έναντι αστοχίας του πυθμένα λόγω διόγκωσης εφαρμόζοντας τη μέθοδο των Bjerrum & Eide (1956) και τις προτάσεις των O'Rourke (1992) και Goh (1994), συνυπολογίζοντας στην ευστάθεια και την συνεισφορά του βάθους έμπτηξης του διαφράγματος.

Η κατασκευή του αντλιοστασίου ολοκληρώθηκε επιτυχώς, με το περιμετρικό διάφραγμα να λειτουργεί αποτελεσματικά, παραλαμβάνοντας ικανοποιητικά τις οριζόντιες πιέσεις δίχως να καταγραφούν ιδιαίτερες μετακινήσεις και εμποδίζοντας τις εισροές υδάτων, ιδίως δε διαμέσου του σημαντικά διαπερατού αδρόκοκκου ορίζοντα, για τον οποίον υπήρχε η μεγαλύτερη ανησυχία. Τοπικές δυσκολίες στην πλήρωση με σκυρόδεμα του άνω μέρους των επιμέρους σκυροδετούμενων τμημάτων της μόνιμης επένδυσης κάτω από ήδη ολοκληρωμένα τοιχία επένδυσης αντιμετωπίστηκαν με τσιμεντενέσεις.

4. ΜΕΛΕΤΗ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΔΙΩΡΥΓΑΣ

4.1 Πασσαλοστοιχία

Η τροφοδοσία του Αντλιοστασίου θα γίνεται με νερό από τον ταμιευτήρα Πολυφύτου, το οποίο θα οδηγείται μέσω διώρυγας πλάτους περίπου 7.0m, οι κατακόρυφες παρειές της οποίας αντιστηρίχθηκαν προσωρινά με δυο παράλληλες συστοιχίες εφαπτόμενων πασσάλων (Σχήμα 1, Φωτ. 3). Το μόνιμο έργο της διώρυγας προέβλεπε για τα τοιχώματα τη σκυροδέτηση μόνιμης επένδυσης εσωτερικά των πασσάλων με ενδιάμεσες αντηρίδες και για τον πυθμένα δάπεδο πάχους 1.20m. Το εδαφικό ανάγλυφο κατά μήκος της διώρυγας παρουσιάζει κατωφέρεια προς τον ταμιευτήρα (Φωτ. 3β).

Εξαιτίας της τροποποίησης του χρονικού προγράμματος υλοποίησης των έργων, απαιτήθηκε ο έλεγχος της επάρκειας των ήδη κατασκευασμένων, σε προηγούμενη φάση, πασσαλοστοιχιών της διώρυγας (πάσσαλοι Φ100 ανά 1.15m) διερευνώντας διάφορα σενάρια i) για τη στάθμη του υπόγειου ορίζοντα στο αντιστηρι-



α



β

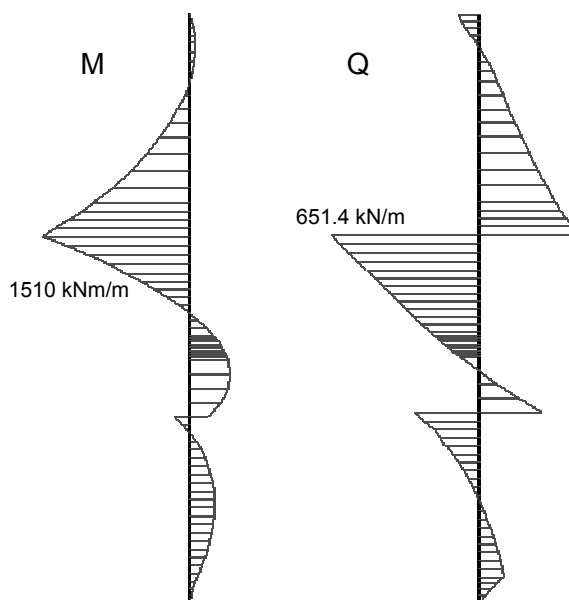
Φωτογραφίες 3α-β. Συστοιχίες εφαπτόμενων πασσάλων διώρυγας προσαγωγής υδάτων. Photographs 3α-β. Rows of contiguous piles along the water diversion canal.

ζόμενο έδαφος και ii) για την αναγκαιότητα τοποθέτησης ενδιάμεσα προσωρινών αντηρίδων. Η αναγκαιότητα των νέων αυτών ελέγχων προέκυψε καθώς οι εργασίες στη διώρυγα θα συνεχίζονταν και την άνοιξη του 2005, εποχή όπου αναμένετο η μέγιστη στάθμη της λίμνης στον ταμιευτήρα, της διακυμάνσεις της οποίας ακολουθεί και ο ευρύτερος υδροφόρος ορίζοντας της περιοχής διαφοροποιώντας ως φυσικό επακόλουθο τις φορτικές καταστάσεις επί των προσωρινών αντιστηρίξεων.

Για τους γεωτεχνικούς υπολογισμούς των πασσάλων χρησιμοποιήθηκε το εδαφικό προσωμοίωμα του Σχήματος 3. Εκτελέστηκαν παραμετρικές αναλύσεις με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα H/Y PLAXIS ver. 8.2 που αναπτύχθηκε ειδικά για τη μελέτη γεωτεχνικών έργων. Έγιναν δισδιάστατες αναλύσεις με θεώρηση συνθηκών επίπεδης παραμόρφωσης (plane strain) προσομοιώνοντας το έδαφος με τριγωνικά πεπερασμένα στοιχεία που περιγράφονται με 15 κόμβους, οι τάσεις των οποίων υπολογίζονται σε 12 εσωτερικά σημεία. Τα στοιχεία αντιστήριξης προσομοιώθηκαν με γραμμικά στοιχεία δοκού, τα οποία ορίζονται με 5 κόμβους, οι τάσεις των οποίων υπολογίζονται σε 12 εσωτερικά σημεία. Μεταξύ των στοιχείων εδάφους και των στοιχείων δοκού τοποθετήθηκαν ειδικά στοιχεία διεπιφάνειας ενώ οι αντηρίδες προσομοιώθηκαν χρησιμοποιώντας ειδικούς τύπους στοιχείων. Στα όρια του καννάβου ορίστηκαν οι κατάλληλες συνοριακές συνθήκες, ενώ οι ιδιότητες των εδαφικών υλικών περιγράφησαν με ελαστο-πλαστικό προσωμοίωμα Mohr-Coulomb. Η επίλυση έγινε κατά στάδια ανάλογα με την κλιμάκωση των εργασιών που θα ακολουθούσαν στην κατασκευή.

Βασικότερη μελετητική αλλά και κατασκευαστική αβεβαιότητα αποτέλεσε ο διαθέσιμος χρόνος ολοκλήρωσης της σκυροδέτησης του δαπέδου της διώρυγας κατά τη διάρκεια μιας περιόδου όπου η στάθμη των υδάτων παρουσίαζε ανοδική τάση. Το ζήτημα αντιμετωπίστηκε μελετητικά παρέχοντας ως εναλλακτική λύση, εφόσον δεν ολοκληρωνόταν έγκαιρα η κατασκευή του δαπέδου, την τοποθέτηση προσωρινών χαλύβδινων αντηρίδων οι οποίες θα τοποθετούνταν για στάθμη ταμιευτήρα υψηλότερη από την κρίσιμη ορισθείσα στάθμη, ανεξαρτήτως της φάσης εργασιών στο εργοτάξιο.

Τελικά, κατά την κατασκευή η εξέλιξη των εργασιών προχώρησε με γρήγορους ρυθμούς, ολοκληρώνοντας τη σκυροδέτηση του μόνιμου δαπέδου της διώρυγας πριν να ξεπεράσει το νερό το κρίσιμο επίπεδο συναγερμού.



Σχήμα 6. Τυπικά αποτελέσματα ροπών – τεμνουσών διαστασιολόγησης των πασσάλων Figure 6. Moment and shear force typical results for pile dimensioning.

4.2 Προσωρινό φράγμα

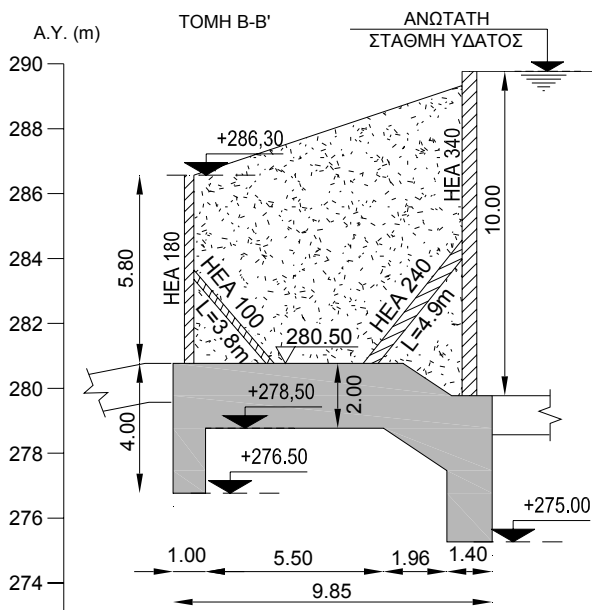
Για την απρόσκοπτη συνέχιση των εργασιών στο αντλιοστάσιο A3, λόγω της ανύψωσης της στάθμης του ταμιευτήρα την άνοιξη του έτους 2005, προβλέφθηκε εντός της διώρυγας η κατασκευή προσωρινού φράγματος ενδιάμεσα των ήδη κατασκευασμένων πασσαλοστοιχιών.

Το προσωρινό αυτό φράγμα συνίστατο από διπλό μεταλλικό διάφραγμα από πλατύπελμες χαλύβδινες διατομές, ύψους 10m προς τα ανάντη και 5.80m προς τα κατόντη, επί των οποίων στηρίχθηκαν κατακόρυφες χαλύβδινες λαμαρίνες βαρέως τύπου. Το ενδιάμεσο τμήμα μεταξύ των δυο μεταλλικών διαφραγμάτων πληρώθηκε με κοκκώδες υλικό (κατασκευή τύπου cofferdam).

Η όλη κατασκευή θεμελιώθηκε σε πλάκα ωπλισμένου σκυροδέματος, η τελική επιφάνεια της οποίας συνδυάστηκε με το μόνιμο δάπεδο της διώρυγας. Στο πέδιλο θεμελίωσης προβλέφθηκαν ανάντη και κατόντη χαλινόι για λόγους ευστάθειας και επιμήκυνσης των διαδρομών υπόγειας ροής. Η ανώτατη στάθμη υδάτων από την οποία προβλέφθηκε ότι θα φορτιστεί η κατασκευή συνέπιπτε με την ανώτατη στάθμη του όμορου ταμιευτήρα.

Η γεωμετρία σε διατομή του προσωρινού αυτού φράγματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.

Η ευστάθεια του προσωρινού φράγματος ελέγχθηκε εκτελώντας αναλύσεις για το περιθώριο ασφάλειας έναντι ολίσθησης, ανατροπής, φέρουσας ικανότητας, σταθερότητας πυθ-



Σχήμα 7. Διατομή προσωρινού φράγματος
Figure 7. Cofferdams cross-section.

μένα και υπολογίζοντας το δίκτυο υπόγειας ροής για να εκτιμηθεί το μέγεθος των αναμενόμενων εισροών.

Τελικά, η κατασκευή του προσωρινού φράγματος (Φωτ. 4) ολοκληρώθηκε έγκαιρα, αντιμετωπίζοντας στις εισροές και επιτρέποντας την απρόσκοπτη πρόοδο των εργασιών.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κύριος του έργου είναι η ΔΕΗ, με ανάδοχο κατασκευής τη "ΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε.". Η γεωτεχνική μελέτη εφαρμογής του έργου εκπονήθηκε από την ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε. και η στατική μελέτη από την Α. Καρανικόλας και Συν/τες Α.Ε. Το προσωρινό περιμετρικό διάφραγμα αντιστήριξης του αντλιοστασίου Α3 κατασκευάστηκε από την "ΕΔΡΑΣΗ - Χ. ΨΑΛΛΙΔΑΣ ΑΤΕ". Τους ευχαριστούμε όλους για τη συνεργασία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bjerrum L. & Eide O. (1956). "Stability of strutted excavation in clay" *Geotechnique*, 6, pg. 32-47.
- British Standards Institution (1994) "British standard code of practice for earth retaining structures". BS 8002.
- British Steel, Sections plates and Commercial steels (1997). "Piling handbook", 7th edition British steel plc.
- CIRIA (1993). "The design and construction of sheet piled cofferdams" Special publication 95. Thomas Telford.

Fang Hsai-Yang (1991). "Foundation engineering handbook". Second edition Chapter 12 contributed by Dismuke T.D.

FHWA (1999). "Ground anchors and anchored systems" Geot. Eng. Circular No. 4, Federal highway Administration, Washington D.C.

Goh A.T.C. (1994). "Estimating basal-heave stability for braced excavations in soft clay". *Journal of Geot. Eng. ASCE* Vol. 120, No.8.

Padfield C.J. & Mair R.J. (1984). "Design of retaining walls embedded in stiff clay". CIRIA Report 104

Terzaghi K. & Peck R. (1967). "Soil mechanics in engineering practice" John Wiley & Sons, Inc. New York.

O'Rourke T.D. (1992). "Base stability and ground movements prediction for excavations in soft clay". Proc. Inst. of Civil Engineers Conf. on Retaining structures, Cambridge. Ed. Thomas Telford.

Ε.Κ.Ω.Σ. (2000). "Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος". ΦΕΚ. 1329/B/2000 και ΦΕΚ. 447B/2004).

Κ.Τ.Χ. (2000). "Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος". ΦΕΚ. 381/B/24.3.2000).

Λιάκουρης Δ. Ε. (1995). "Η γεωλογία και τα φράγματα της ΔΕΗ" Έκδοση ΔΕΗ, σελ. 159-165.



Φωτογραφίες 4. Ανάντη άποψη προσωρινού φράγματος.

Photograph 4. Upstream view of temporary cofferdam.