

**OCEAN PROJECT - Limassol
Έκθεση Μελέτης Αποστράγγισης**

Pambos Kridiotis

BSc (C.Eng. – London University)

MSc (Geotechnics – Leeds University)

MICE

CK_N103_23

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή – Περιγραφή Έργου.....	2
1.1 Τοποθεσία	2
1.2 Περιγραφή Έργου	4
2. Υδρογεωλογικές Συνθήκες	6
2.1 Εισαγωγή.....	6
2.2 Γεωλογικές Συνθήκες στον Χώρο Μελέτης	8
2.3 Υδρογεωλογικές Συνθήκες	14
2.3.1 Στατική Στάθμη Υπόγειου Νερού	14
2.3.2 Συντελεστές Διαπερατότητας	14
3. Εισροή νερού εντός της εκσκαφής κατά την διάρκεια των κατασκευαστικών έργων και αποστράγγιση εκσκαφής.....	15
3.1 Δοκιμαστική άντληση – Δοκιμή Επανεισαγωγής Νερού στον Υδροφορέα.....	16
3.2 Υδρογεωλογικό Μοντέλο	18
4. Έλεγχος Εισροών – Αποστράγγιση Εκσκαφών	22
5. Διορθωτικά Μέτρα κατά των πιθανών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.....	26
6. Εγκατάσταση Συστήματος Επανεισαγωγής Αντλούμενου Νερού πίσω στον Υδροφορέα	27
6.1 Settling Tank Design	27
6.2 Σχεδιασμός Φρεατίων Επαναφόρτισης.....	29
7. Δοκιμή Επαναφόρτισης Φρεατίου - Σκάμματος	31
8. Παρακολούθηση της Αντίδρασης Υφιστάμενων Κτιρίων (Displacements Monitoring)	31
9. Χρονοδιάγραμμα Αποπεράτωσης Εργασιών Αποστράγγισης	32

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

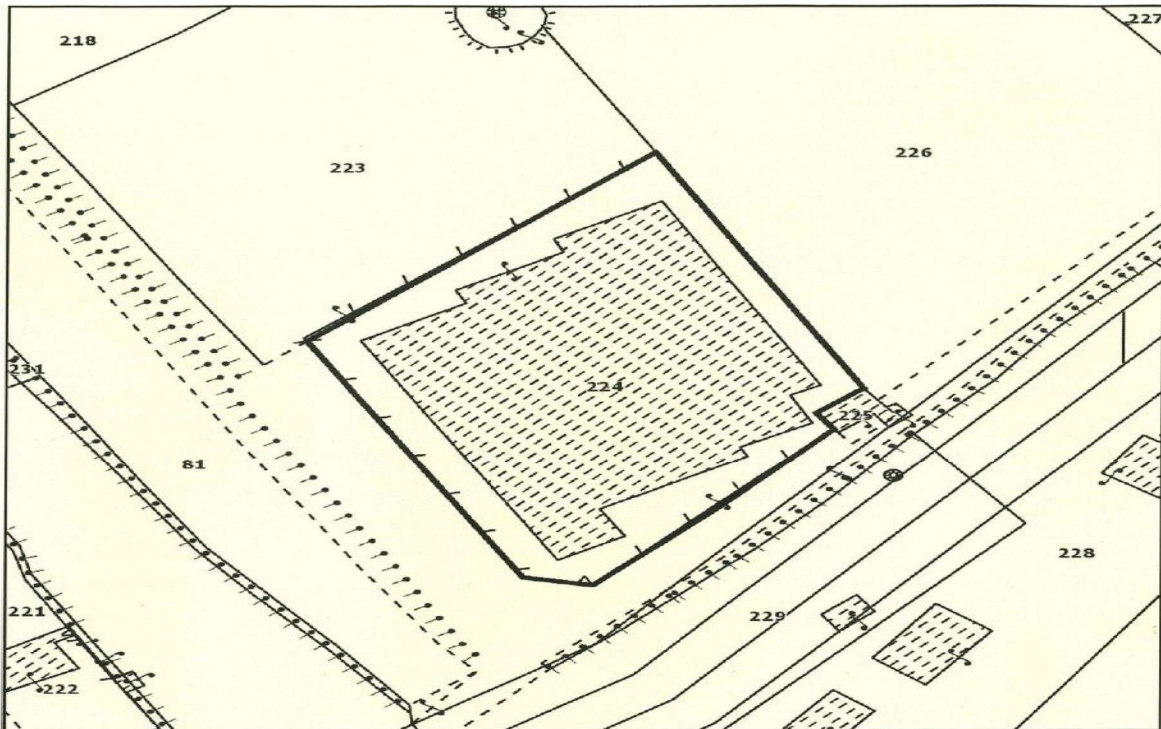
1. Εισαγωγή – Περιγραφή Έργου

1.1 Τοποθεσία

Το Προτεινόμενο Έργο (ΠΕ) «The Great Ocean Building», χωροθετείται στο Τεμάχιο 224, Sheet/Plan 59/010602, Δήμος Λεμεσού, περιοχή Τσιφλικούδια, στην συμβολή της Οδού Αλεξάνδρειας με την Ακταία Οδό, μεταξύ παλιού και νέου λιμανιού, και εντός των ορίων της πρώην βιομηχανικής περιοχής, σε πολύ κοντινή απόσταση από την θάλασσα (~50 m).

Το εμβαδόν του τεμαχίου σύμφωνα με τον τίτλο ιδιοκτησίας είναι 2.313 m².

Η μορφολογία του χώρου της μελέτης είναι γενικά επίπεδη, με ελαφριά κλίση της τάξης του 1 m προς το νότο. Η γεωγραφική θέση του τεμαχίου παρουσιάζεται στο Εικόνα 1 -1, Θέση Χώρου Μελέτης.



Χάρτης 1-1: Απόσπασμα Κτηματικού Χάρτη στον οποίο εμπίπτει το τεμάχιο του ΠΕ
[Πηγή: Τμήμα Κτηματολογίου & Χωρομετρίας – Πύλη Κτηματολογίου]

**OCEAN Project – Plot 224 Tsiflikoudia-Limassol
Hydrogeological Conditions-Dewatering Method Statement, May 2023**



Σχέδιο 1

Εικόνα 1-1: Θέση Χώρου Μελέτης [Πηγή: Google Earth, 2022]

1.2 Περιγραφή Έργου

Το προτεινόμενο Έργο «The Great Ocean Building» περιλαμβάνει μια μοντέρνα και αμιγώς πολυτελή γραφειακή ανάπτυξη στα Τσιφλικούδια της Λεμεσού. Η ανάπτυξη θα έχει ύψος 80 περίπου μέτρα και θα συμπεριλαμβάνει συνολικά 19 ορόφους. Οι πρώτοι 6 όροφοι και **ένα υπόγειο** προορίζονται για ιδιωτικό χώρο στάθμευσης, παρέχοντας συνολικά 126 θέσεις στάθμευσης. Οι υπόλοιποι 13 όροφοι προορίζονται για γραφειακή χρήση και έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με προδιαγραφές υψηλού επιπέδου.

Το έργο περιλαμβάνει ένα νέο χωροταξικό σχεδιασμό, με τον προτεινόμενο υπαίθριο χώρο του να στοχεύει στη δημιουργία ενός νέου ορόσημου για την μελλοντική ανάπτυξη της Ακταίας Οδού, παρέχοντας ιδιωτική πλατεία 400τμ προς δημόσια χρήση και χώρο δημόσιου πρασίνου 223τμ.

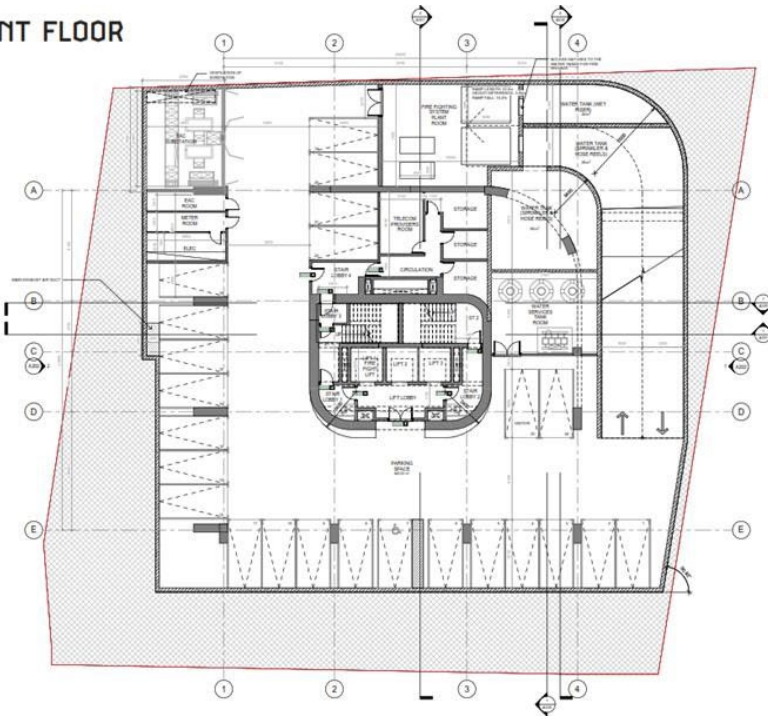
Στο υπόγειο επίπεδο και στους πρώτους έξι ορόφους αναπτύσσονται χώροι στάθμευσης με τον απαιτούμενο αριθμό θέσεων για να καλύψουν τις ανάγκες της ανάπτυξης. Συγκεκριμένα στο υπόγειο οργανώνονται 24 χώροι στάθμευσης μαζί με βοηθητικούς χώρους όπως ο υποσταθμός της ΑΗΚ, τα μηχανοστάσια και τις δεξαμενές πυρόσβεσης.

Τεχνικές λεπτομέρειες που αφορούν το οικιστικό οικόπεδο και τα προτεινόμενα κτίρια είναι οι εξής:

- Ολικό εμβαδό οικιστικού οικοπέδου: 2313 m².
- Ολικό εμβαδό υπογείου χώρου στάθμευσης: 1426,71 m².
- Το εμβαδό των κλειστών χώρων του ισογείου είναι 325,75 m².

Λεπτομερής περιγραφή του ΠΕ δίδεται στην Περιβαλλοντική Μελέτη.

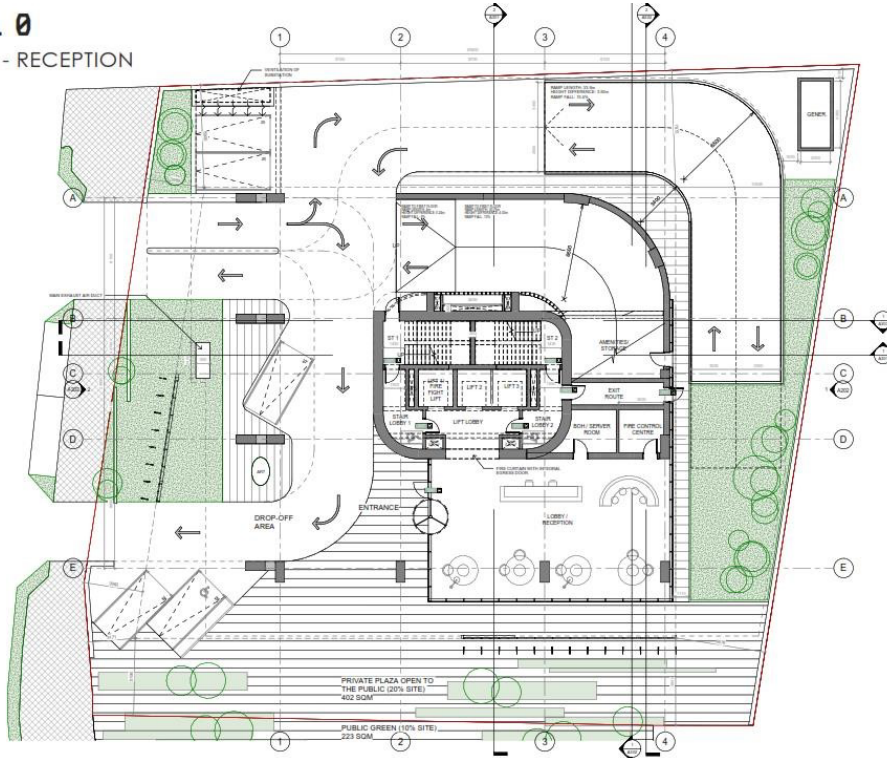
BASEMENT FLOOR



Σχέδιο 1 - 1: Site Plan Basement [Πηγή: Eraclis Papachristou Architects]

LEVEL 0

/LOBBY - RECEPTION



Σχέδιο 1 - 2: Site Plan GF [Πηγή: Eraclis Papachristou Architects]

2. Υδρογεωλογικές Συνθήκες

2.1 Εισαγωγή

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στο τεμάχιο στο οποίο θα ανεγερθεί το ΠΕ, είχαν προκαταρκτικά αξιολογηθεί (μεταξύ άλλων παραμέτρων που αφορούν την μελέτη του ΠΕ), στο στάδιο της διεξαγωγής της γεωλογικής/γεωτεχνικής έρευνας που έγινε από την εξειδικευμένη γεωτεχνική εταιρεία Technolab Ltd, την περίοδο Δεκεμβρίου, 2022.

Στην συνέχεια, η εξειδικευμένη γεωτεχνική εταιρεία Geoinvest Ltd, προχώρησε τον Μάιο του 2023, στην διεξαγωγή δοκιμαστικής άντλησης και δοκιμής επαναεισαγωγής του αντλούμενου νερού πίσω στον υδροφόρο, στον χώρο του εργοταξίου.

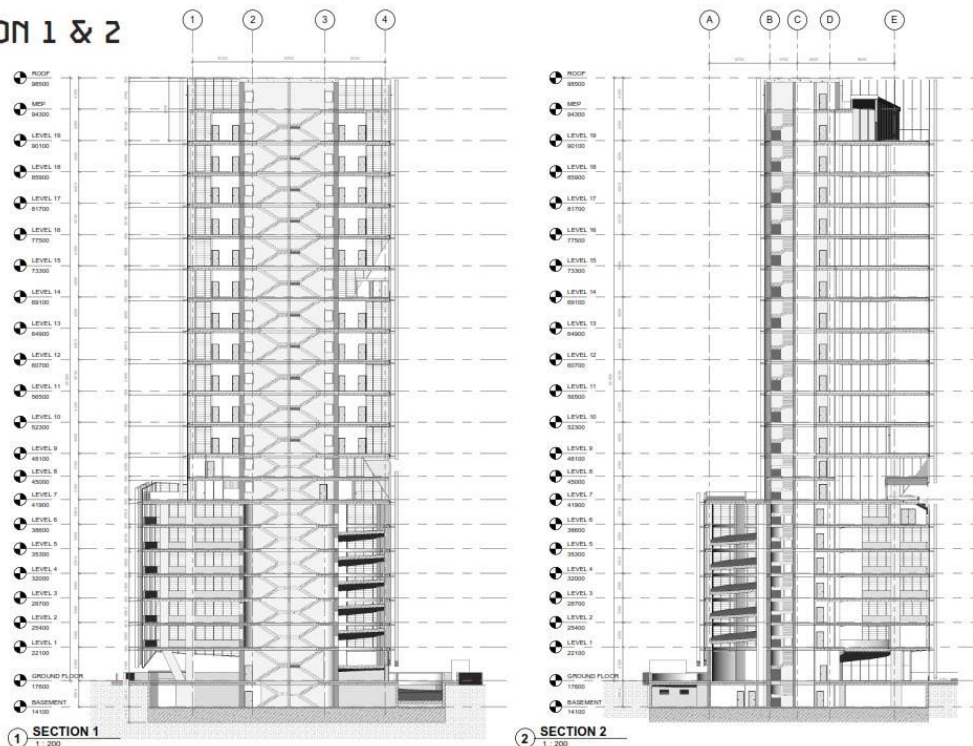
Τα αποτελέσματα των 2 μελετών έχουν χρησιμοποιηθεί για την ετοιμασία της μελέτης αποστράγγισης.

Η γεωτεχνική έρευνα περιελάμβανε την ανόρυξη 4 γεωτρήσεων, βάθους 45 μέτρων (συνολικού βάθους 180 μέτρα), με την μέθοδο rotary core drilling. Κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων BH-1 και BH-2 λαμβάνονταν διαταραγμένα και αδιατάρακτα δείγματα εδάφους (με την μέθοδο Shelby Tube) ανά μέτρο ή πιο συχνά, ανάλογα με τις συνθήκες, και διεξάγοντα επι τόπου δοκιμές πρότυπης διείσδυσης (SPT) και διαπερατότητας. Οι γεωτρήσεις BR-1 και BR-2, έγιναν σε συνδυασμό με επι τόπου δοκιμές Pressuremeter.

Κατά την διάρκεια της εκσκαφής των γεωτρήσεων εγίνετο ταυτόχρονη καταγραφή του βάθους του υδροφόρου ορίζοντα. Επιπλέον, έγιναν τρεις γεωτρήσεις, για μακροχρόνια παρακολούθηση της διακύμανσης του υδροφόρου ορίζοντα με την εγκατάσταση stand pipe piezometers.

Αναλυτικές πληροφορίες αναφορικά με τις γεωτρήσεις, περιλαμβανομένης της μεθόδου ανόρυξης, γεωλογικοί σχηματισμοί που βρέθηκαν, μέθοδοι δειγματοληψίας, εργαστηριακές και in situ δοκιμές, θέσεις γεωτρήσεων κ.λπ. δίδονται στην σχετική γεωλογική/γεωτεχνική έκθεση (Technolab Ltd – Δεκέμβριος 2022).

SECTION 1 & 2



Σχέδιο 1- 3 : Τομές κτιριακών αναπτύξεων του ΠΕ (1) - [Πηγή: Eraclis Papachristou Architects]

Τα αποτελέσματα της πιο πάνω έρευνας, έχουν επίσης συσχετιστεί με υπάρχουσες πληροφορίες από άλλες πηγές όπως π.χ., υπάρχουσες γεωλογικές/γεωτεχνικές πληροφορίες από κατασκευαστικά έργα και υδρογεωλογικές έρευνες που έγιναν στην γενικότερη περιοχή και από σχετικές εκδόσεις ή και χάρτες/μελέτες του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης.

Για καλύτερη αξιολόγηση της επι τόπου διαπερατότητας (mass permeability) των σύγχρονων παράκτιων/θαλάσσιων αποθέσεων, διενεργήθηκε **Δοκιμή Αντλησης** εντός του τεμαχίου, την περίοδο Μαΐου 2023. Μετρήσεις που καταγράφηκαν κατά την διάρκεια της δοκιμής έχουν αναλυθεί με την χρήση λογισμικού και, έχουν συσχετιστεί με αποτελέσματα από επι τόπου (in-situ) δοκιμές υδροπερατότητας, που έγιναν στα πλαίσια της γεωτεχνικής έρευνας.

Επιπλέον, για αξιολόγηση της δυνατότητας χρήσης συστήματος φρεατίων ή και σκαμμάτων επαναφόρτισης (infiltration wells/trenches) για απόρριψη του νερού άντλησης κατά την διάρκεια της διαδικασίας αποστράγγισης, έγινε σε συνδυασμό με την δοκιμή άντλησης επι τόπου δοκιμή επαναφόρτισης, σε ανορυχθέν φρεάτιο σε βάθος 12 m, και σκάμμα διαστάσεων 5,8*12,5*1,6 m συνολικής χωρητικότητας 116 m³, και συνολικής επιφάνειας 131 m².

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτέλεση της δοκιμαστικής άντλησης και επαναφόρτισης, και οι λεπτομέρειες και ανάλυση των αποτελεσμάτων, παρατίθενται σε μορφή πίνακα και γραφικής παράστασης, στην ειδική έκθεση της Geoinvest LTD, Παράρτημα Ι.



Εικόνα 2-1: Θέσεις Γεωτρήσεων
[Πηγή: Technolab Ltd – Γεωτεχνική Έρευνα 2022.]

2.2 Γεωλογικές Συνθήκες στον Χώρο Μελέτης

Σημαντική αναφορά για τις γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στον χώρο της μελέτης, γίνεται στην μελέτη της δοκιμαστικής άντλησης (Geoinvest- Μάιος 2023), ως ακολούθως:
Στο χώρο του σκοπούμενου έργου, έχουν αποθεθεί σημαντικές ποσότητες προσχώσεων, πάχους πολύ πέραν των 40 μέτρων που ανορύχθηκαν οι γεωτρήσεις και κατά πάσα πιθανότητα πέραν των 100 μέτρων σύμφωνα με γεωτρήσεις που έγιναν στο χώρο του λιμανιού. Ως γνωστό οι ποτάμιες και παράκτιες/ θαλάσσιες αποθέσεις χαρακτηρίζονται από συχνές απότομες ή σταδιακές εναλλαγές των διαφόρων εδαφολογικών τύπων λόγω του τρόπου δημιουργίας τους (αυξομειώσεις της ροής των ποταμών/χειμάρρων, πλημμύρες, συχνή αλλαγή της κοίτης κλπ., και μετέπειτα «επεξεργασία» από τη θάλασσα). Αυτές ακριβώς οι ιδιομορφίες χαρακτηρίζουν και την υπό μελέτη περιοχή. Οπως γίνεται αντιληπτό και από τις γεωλογικές τομές στα σχέδια 7- 12, και τις περιγραφές των γεωτρήσεων, οι διάφορες εδαφολογικές στρώσεις έχουν εξ' ανάγκης ομαδοποιηθεί για σκοπούς παρουσίασης στις τομές για να γίνεται εύκολα αντιληπτή η κατάσταση του υπεδάφους. Στην

πραγματικότητα όμως η κατάσταση είναι αρκετά πιο πολύπλοκη λόγω των συχνών εναλλαγών (απότομων ή/και σταδιακών) τόσο σε οριζόντια όσο και κατακόρυφη κατεύθυνση. Στα προσχωματικά εδάφη έχει αναπτυχθεί, κατά τόπους πιο έντονα και κατά τόπους λιγότερο έντονα, στρωμάτωση η οποία είναι αποτέλεσμα των αλλαγών της κοκκομετρικής διαβάθμισης, του χρώματος και λιγότερο της πυκνότητας των εδαφών. Κάτω από τις προσχώσεις, κατά πάσα πιθανότητα σε βάθος πέραν των 100 μέτρων, ακολουθεί είτε ο γεωλογικός σχηματισμός της «Πάχνας», που αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα μάργας, ασβεστολιθικού ψαμμίτη και μαργαϊκής κρητίδας/κρητιδικής μάργας με, κατά τόπους, στρώματα ψαμμίτη και ασβεστόλιθου, είτε από μάργες και ψαμμίτες του γεωλογικού σχηματισμού Λευκωσίας, που είναι και το πιο πιθανό.

Σύμφωνα με τις περιγραφές στην γεωλογική έρευνα, από γεωλογικής άποψης εντοπίζεται μόνο ένας γεωλογικός σχηματισμός μέχρι το βάθος των 40 μέτρων που έχουν ληφθεί στοιχεία από τις γεωτρήσεις, κατά την διεξαγωγή της Γεωλογικής Έρευνας: Τα προσχωματικά εδάφη (ποτάμιες, παράκτιες/θαλάσσιες αποθέσεις).

Τα προσχωματικά εδάφη αντιπροσωπεύονται από διάφορους εδαφολογικούς τύπους, που διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά τόσο την κοκκομετρική τους διαβάθμιση όσο και το χρώμα και τη πυκνότητα τους. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι και η συγκόλληση των κόκκων, η οποία ποικίλλει από πολύ ισχνή ως ισχνή. Μπορούν δε να καταταγούν σε δύο ομάδες με τους πιο κάτω εδαφολογικούς τύπους:

A. Λεπτόκοκκα Εδάφη

A.1. Επιφανειακά κόκκινο-καφέ και καστανοκαφέ χρώματος εδάφη όπου υπερτερούν οι ιλύες και άργιλοι και αντιπροσωπεύουν τις σύγχρονες ποτάμιες αποθέσεις. Φθάνουν μέχρι το βάθος των **3,5 - 4,5 μέτρων**.

A.2. Ανοικτού γκρι ως υποκίτρινου και μπεζ χρώματος εδάφη τα οποία είναι μίγμα Αργιλικής Αμμοιλύος και Άμμου εμπροτισμένο με δευτερογενές ανθρακικό ασβέστιο. Εντοπίζονται κάτω από τα επιφανειακά εδάφη σε βάθη μεταξύ **3,00 – 7,00 μέτρων** με πάχη που κυμαίνονται μεταξύ 0,80 και 2,50 μέτρων.

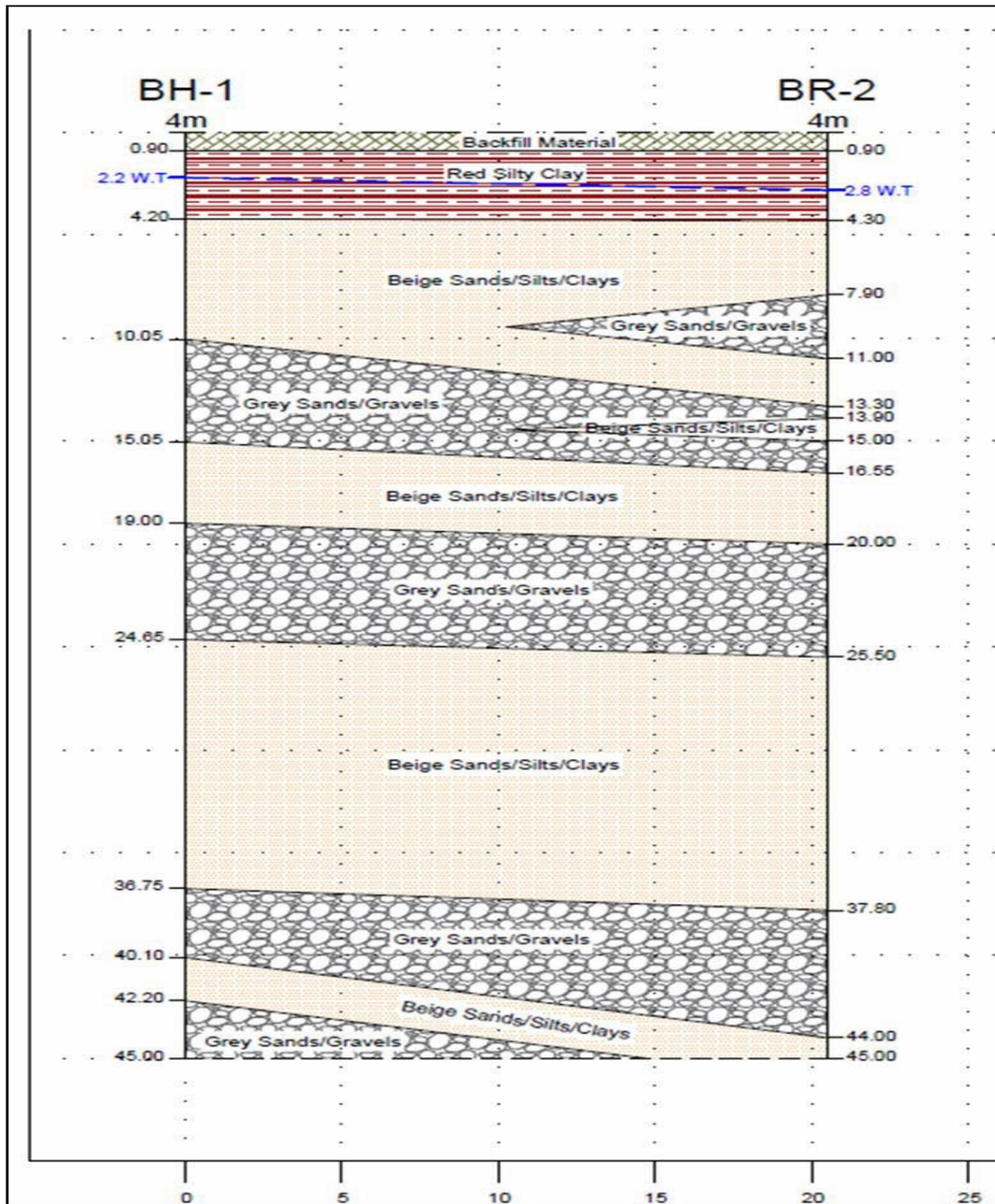
A.3. Εδάφη σε γκρίζες αποχρώσεις που υπερτερεί η άμμος με διάφορα ποσοστά ιλύος και αργίλου. Εντοπίζονται **κάτω από την ομάδα A.2**, φθάνουν και συνεχίζουν μέχρι και πέραν των 40 μέτρων εναλλασσόμενα με στρώσεις **αμμούχων χαλικιών** διαφόρων μεγεθών.

Όλα τα πιο πάνω λεπτόκοκκα εδάφη αποτελούνται, κυρίως, από ανθρακικό ασβέστιο, γιατί προέρχονται από τη διάβρωση των ανθρακούχων ιζημάτων των σχηματισμών Πάχνας και Λευκάρων, που βρίσκονται βόρεια της Λεμεσού. Στην ομάδα A.2 υπάρχει και ποικίλο ποσοστό πυριγενούς προέλευσης υλικών γι' αυτό και το χρώμα τους μεταβάλλεται κατά τόπους σε ανοικτό κίτρινο-γκρι λόγω της ανάμιξης των υλικών αυτών με τα ανοικτόχρωμα υλικά.

B. Χονδρόκοκκα Εδάφη

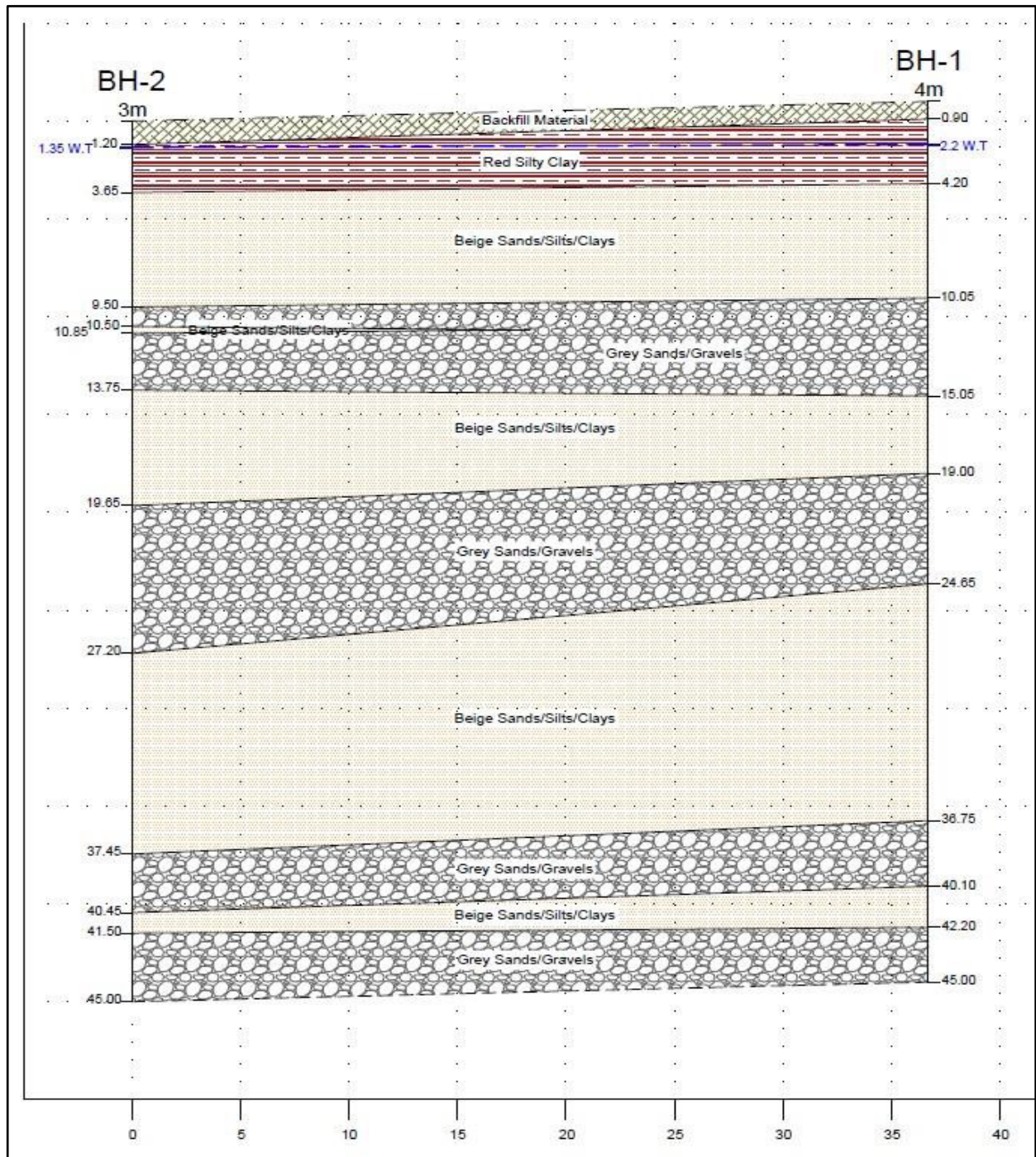
Αποτελούνται από ιλιούχα, αμμούχα, υποστρώγγυλα, λεπτόκοκκα ως μεσόκοκκα, κατά το πλείστο, χαλίκια με φακούς από λεπτόκοκκα υλικά ως πιο πάνω. Προέρχονται τόσο από πυριγενή, κυρίως, συνήθως σκούρου γκρίζου χρώματος, όσο και από ιζηματογενή πετρώματα, ανοικτών χρωμάτων. Εντοπίζονται σε διάφορα βάθη, όπως φαίνεται στις γεωλογικές τομές, όπου παρουσιάζεται η κατανομή όλων των πιο πάνω τύπων εδαφών γενικευμένα. Η σχέση τους με τα παλαιότερα ιζήματα φαίνεται στο πίνακα 1 και στο γεωλογικό χάρτη στο σχ. 4. Οι μηχανικές τους παράμετροι παρουσιάζονται με λεπτομέρεια στην έκθεση που ετοιμάστηκε από την εταιρεία TECHNOLAB το 2022.

Τυπικές Γεωλογικές Τομές κατά μήκος των γεωτρήσεων BH-1 και BR-2, BH-2 και BH-1, και BH-2 και BR-2, παρουσιάζονται πιο κάτω:



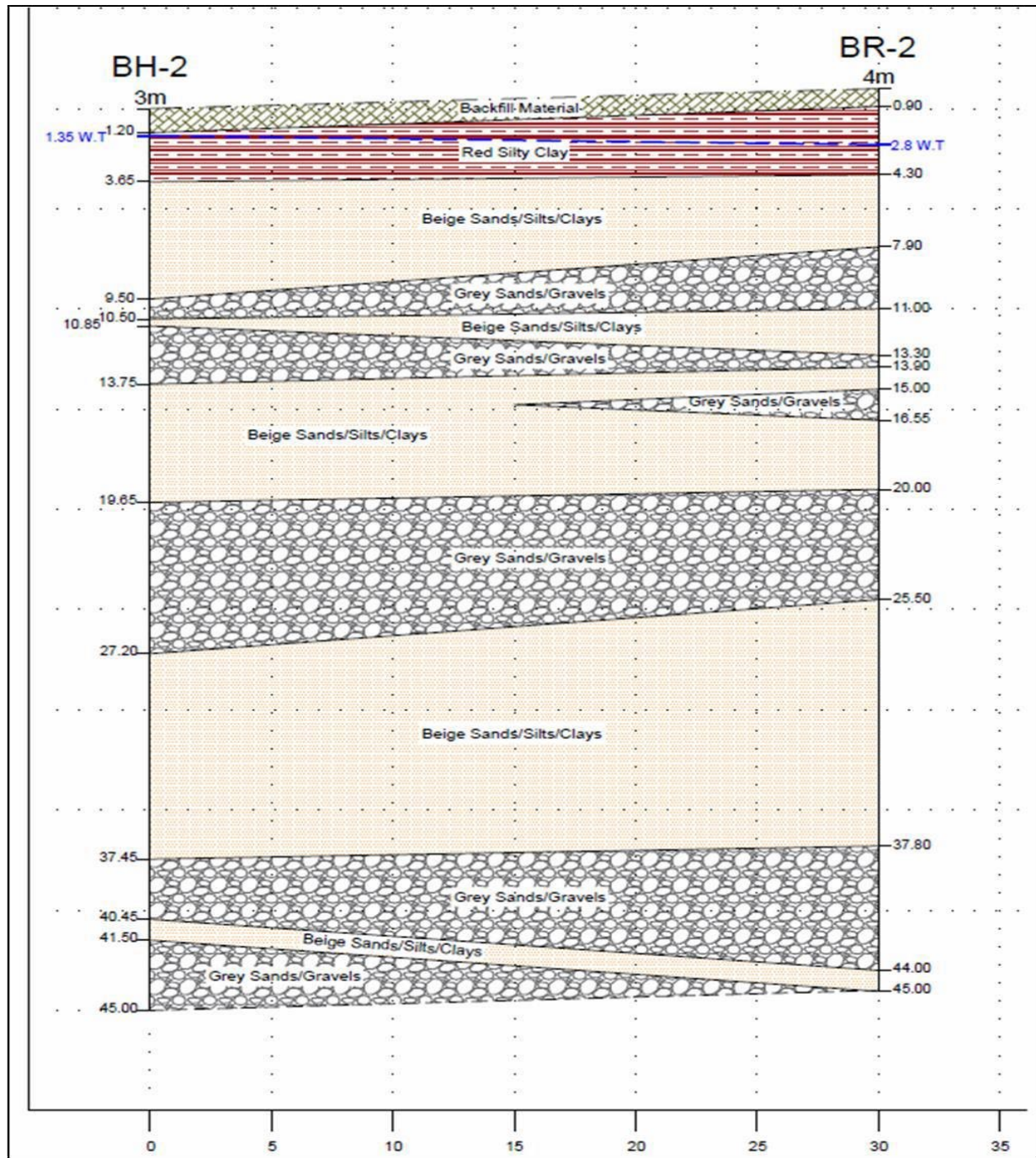
Εικόνα 2 - 2: Geological Section between BH-1 and BR-2
[Πηγή: Technolab Ltd – Γεωτεχνική Έρευνα 2022.]

**OCEAN Project – Plot 224 Tsiflikoudia-Limassol
Hydrogeological Conditions-Dewatering Method Statement, May 2023**



Εικόνα 2 - 3: Geological Section between BH-2 and BH-1
[Πηγή: Technolab Ltd – Γεωτεχνική Έρευνα 2022.]

**OCEAN Project – Plot 224 Tsiflikoudia-Limassol
Hydrogeological Conditions-Dewatering Method Statement, May 2023**



Εικόνα 2 - 4: Geological Section between BH-2 and BR-2
[Πηγή: Technolab Ltd – Γεωτεχνική Έρευνα 2022.]

2.3 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Ο υδροφορέας μπορεί να θεωρηθεί σαν φρεάτιος, σε κλαστικά, προσχωματικά ιζήματα, διαφόρων μεγεθών (κυρίως άμμοι, αμμοιίλυες, αργιλικές ιλύες και αμμοχάλικα) με πολύ μεγάλο πάχος κορεσμού και με την βάση σε μέγιστο βάθος μέχρι τα ~ 100 μέτρα, όπου εντοπίζεται αδιαπέρατη Μάργα ή ο σχηματισμός Πάχνας. Στην προκειμένη περίπτωση ελέγχθηκε το ανώτερο του μέρος.

Υπόγειο νερό έχει συναντηθεί σε όλες τις γεωτρήσεις σε μικρό βάθος με στατική στάθμη στα 2.40-2.70 μέτρα, ανάλογα με το υψόμετρο της κάθε γεώτρησης.

2.3.1 Στατική Στάθμη Υπόγειου Νερού

Πίνακας 1: Στατικές στάθμες υπόγειου νερού κατά την διενέργεια της δοκιμαστικής άντλησης

BH No	PW1	OW1	OW 2	DW	OW3	OW4
Βάθος από επιφάνεια εδάφους m	2.70	2.56	2.40	2.40	2.43	2.54

Έχουν γίνει και επί τόπου δοκιμές διαπερατότητας με τη μέθοδο Falling Head τόσο από την GEOINVEST LTD σε διπλανά οικόπεδα όσο και από την TECHNOLAB LTD στον συγκεκριμένο χώρο του έργου. Τα αποτελέσματα έχουν, συνοπτικά, ως ακολούθως:

2.3.2 Συντελεστές Διαπερατότητας

Πίνακας 2: Αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών διαπερατότητας

Group	Coefficient of Permeability, Ks cm/sec.
A1 Σύγχρονα ερυθροφαιά Αλλούβια	$1.1 \times 10^{-6} - 2.9 \times 10^{-6}$
A2, A3 Λεπτόκοκκα αργιλικά αμμοιλυούχα εδάφη, μπεζ, γκρι χρώματος	$1.2 \times 10^{-6} - 3.8 \times 10^{-6}$
Αμμούχες στρώσεις υποκίτρινου, μπεζ και γκρι χρώματος μέσα στους ορίζοντες A2, A3.	$6.5 \times 10^{-5} - 9.5 \times 10^{-4}$
Χαλίκια με διάφορα ποσοστά άμμου και ιλύος	>2m/day depending on content of fines $4,04 \times 10^{-2} - 1,05 \times 10^{-3}$

Πίνακας 3: Permeability and drainage characteristics of soil (Terzaghi et al., 1996)

cm/s	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰
		Sand+Gravel	Sa	Si+Sa	Clay + Silt						
Good						Poor			Practically Impervious		
Clean Gravel	Clean sands, clean sand and gravel mixtures					Very fine sands, organic and inorganic silts, mixtures of sand silt and clay, glacial till, stratified clay deposits etc			"Impervious" soils, e.g. homogenous clays below zone of weathering.		
					"Impervious" soils modified by effects of vegetation and weathering.						

Πίνακας 3: Διαπερατότητα και χαρακτηριστικά αποστράγγισης των εδαφών (Terzaghi et al., 1996)

Τα πιο πάνω αποτελέσματα έχουν, ως ένα βαθμό, επιβεβαιωθεί από τα ευρήματα της δοκιμής άντλησης που έγινε πρόσφατα εντός του τεμαχίου (Παράρτημα Ι).

3. Εισροή νερού εντός της εκσκαφής κατά την διάρκεια των κατασκευαστικών έργων και αποστράγγιση εκσκαφής

Σκοπός της Μελέτης είναι ο καθορισμός της διάταξης ροής (flow pattern), και ο υπολογισμός της εκτιμώμενης ποσότητας νερού άντλησης, κατά την διάρκεια εκσκαφής των υπογείων χώρων και κατασκευής των θεμελιώσεων των προτεινόμενων κτιρίων και, λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες φάσεις κατασκευής, να προταθεί η προτιμητέα μέθοδος αποστράγγισης καθώς και η μέθοδος απόρριψης του νερού άντλησης.

Από την έρευνα της Geoinvest προκύπτει ότι, ο τοπικός υδροφόρος είναι υπό ατμοσφαιρική πίεση (Unconfined, water table aquifer), φρεάτιος υδροφόρος, σε άμεση επαφή και επικοινωνία με την θάλασσα, η οποία αποτελεί και ένα constant head boundary, η δε στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα είναι πλησίον του επιπέδου της θαλάσσης, γεγονός το οποίο μπορεί να επιβεβαιωθεί με την διενέργεια των αναγκαίων χημικών αναλύσεων.

Από επί τόπου δοκιμές διαπερατότητας με τη μέθοδο Falling Head τόσο από την GEOINVEST LTD σε διπλανά οικοπέδα, όσο και από την TECHNOLAB LTD στον συγκεκριμένο χώρο του έργου, τα αποτελέσματα έχουν, συνοπτικά, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 2: Αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών διαπερατότητας.

Με βάση τα πιο πάνω θα μπορούσε να εξαχθεί το συμπέρασμα πως με εξαίρεση τα σύγχρονα ερυθροφαία αλλούβια που καταλαμβάνουν το ανώτερο μέρος του χώρου μέχρι το βάθος των ~3-5 μέτρων, τα υπόλοιπα εδάφη παρουσιάζουν μέση ως υψηλή διαπερατότητα.

3.1 Δοκιμαστική άντληση – Δοκιμή Επαναισαγωγής Νερού στον Υδροφόρα

Στα πλαίσια της μελέτης αυτής έγινε δοκιμαστική άντληση σε συνδυασμό με δοκιμή επαναφόρτισης. Για το συγκεκριμένο σκοπό έγιναν δύο μεγάλης διαμέτρου (800 mm) γεωτρήσεις βάθους 12 μέτρων με γεωτρήσιμο τύπου auger στις οποίες τοποθετήθηκαν διάτρητες πλαστικές σωλήνες διαμέτρου 300 mm και γύρω από αυτές χαλικόφιλτρο. Η μια από αυτές, με τα χαρακτηριστικά Pumping Well - PW, χρησιμοποιήθηκε για άντληση και η άλλη με τα χαρακτηριστικά Recharge Well – RW για διοχέτευση του αντλούμενου νερού στο υπέδαφος. Δίπλα από την κάθε μια ανορύχθηκαν επίσης και δύο μικρής διαμέτρου (125 mm) γεωτρήσεις βάθους 10 μέτρων, σε απόσταση 3,20 – 7,65 μέτρων από τις δύο μεγάλης διαμέτρου γεωτρήσεις, που χρησιμοποιήθηκαν σαν παρατηρητήρια κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Δίπλα από την DW έγινε επίσης εκσκαφή διαστάσεων 5,8*12,5*1,6 m συνολικής χωρητικότητας 116 m³ και συνολικής επιφάνειας 131 m².

Οι θέσεις Γεωτρήσεων και της δεξαμενής δοκιμαστικής άντλησης υποδεικνύονται στην **Εικόνα 3-1**, που ακολουθεί.



Εικόνα 3-1: Θέσεις Γεωτρήσεων και δεξαμενής δοκιμαστικής Άντλησης
[[Πηγή: Geoinvest Ltd – Pumping Test 2023.]

Η δοκιμή άντλησης με σταθερή ποσότητα άντλησης 27 m³/ώρα διάρκεσε 6 ώρες και ακολούθησε η παρακολούθηση της στάθμης για άλλες 24 ώρες μετά την διακοπή της άντλησης. Κατά τη διάρκεια της άντλησης, το αντλούμενο νερό διοχετευόταν για 3 ώρες μέσα στην γεώτρηση DW και στη συνέχεια μέσα στη δεξαμενή.

Με βάση το χρόνο που χρειάστηκε η ποσότητα του νερού μέσω της δεξαμενής να διηθηθεί μέσα στο υπέδαφος που αποτελείται από τα ερυθροφαιά αργιλοϊλουόχα εδάφη υπολογίστηκε ότι η διήθηση νερού μέσα από αυτά τα εδάφη είναι της τάξης των 0,8 m³/m²/day με μέσο ύψος νερού 0.8 μ. Μέσα από δεξαμενή των πιο πάνω διαστάσεων μπορεί επομένως να διηθηθεί ποσότητα νερού της τάξης των 105 m³/μέρα.

Η δυνατότητα διήθησης νερού μέσω της γεώτρησης είναι μεγάλη κρίνοντας από τη ταχύτητα ανόδου και πτώσης της στάθμης μέσα στη γεώτρηση. Σε διάρκεια 3 ωρών, 81 m³ νερού διοχετεύτηκαν στο υπέδαφος με άνοδο της στάθμης λιγότερο από ένα μέτρο και με πλήρη επαναφορά της στάθμης σε λιγότερο από 2 ώρες. Πράγμα που μπορεί να ερμηνευτεί πως υπάρχει δυνατότητα διήθησης 31 m³/m²/day.

Από τα πιο πάνω γίνεται αντιληπτό πως μέσα από γεώτρηση βάθους 40 μέτρων και διαμέτρου ενός μέτρου με επιφάνεια διήθησης της τάξης των 250 m², η δυνατότητα διήθησης είναι πολύ μεγάλη.

Οι δεξαμενές μπορούν επίσης να γίνουν πιο βαθιές για αύξηση της δυνατότητας διήθησης. Επιπρόσθετα θα εξαμιζείται και ένα σημαντικό μέρος του αντλούμενου νερού, ιδιαίτερα αν η αποστράγγιση γίνει καλοκαίρι. Οπότεν ένας συνδυασμός δεξαμενών και γεωτρήσεων θα διευκολύνει την προσπάθεια αποστράγγισης.

Τα στοιχεία που λήφθηκαν από τη δοκιμαστική άντληση χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό της διαπερατότητας του υπεδάφους που έχει ως ακολούθως:

Πίνακας 4. Στοιχεία Γεωτρήσεων

BH	DEPTH m	DIAMETER cm	CASING Diam. cm	SWL m	Distance from PW/RW
PW	12	80	30	2,40	
OW1 (PW)	10	12,5	No casing	2,40	3,20
OW2 (PW)	10	12,5	No casing	2,40	7,65
DW	12	80	30	2,40	
OW3 (RW)	10	12,5	No casing	2,43	3,20
OW4 (RW)	10	12,5	No casing	2,54	6,20

Γεώτρηση PW			
	Permeability		Transmissivity m ² /day
	cm/s	m/day	
Drawdown Jacob Method	3.27*10 ⁻³	2.83	28.3
Recovery Jacob method	1.15*10 ⁻³	0.99	10.0
Γεώτρηση OW 1 παρατηρητήριο γεώτρησης PW στα 2.70 m			
Drawdown Theis	1.13*10 ⁻²	9.76	98.0
Recovery Theis	3.50*10 ⁻³	3.00	30.0
Γεώτρηση OW 2 παρατηρητήριο γεώτρησης PW στα 7.65 m			
Drawdown Theis	1.35*10 ⁻²	11.7	117.0
Recovery Theis	9.60*10 ⁻³	8.3	83.00

Πίνακας 4: Στοιχεία Γεωτρήσεων
(Πηγή: Geoinvest Ltd)

Έγινε ανάλυση των αποτελεσμάτων από την Geoinvest που δίδονται στην σχετική μελέτη της Εταιρείας. Τα αποτελέσματα δίνουν τιμές διαπερατότητας, k που κυμαίνονται από 0.99 – 11.70 m/day με μέση τιμή 6.1 m/day (7.1x10⁻³ cm/sec).

Με τη χρήση της βέλτιστης ευθείας του γραφήματος που δημιουργήθηκε και λαμβάνοντας υπόψη διάφορους άλλους παράγοντες όπως: η απόσταση της κάθε φρεατίου γεώτρησης παρατήρησης από τη γεώτρηση άντλησης, η σταθερή ροή άντλησης, το πάχος του κορεσμού του υδροφόρου κτλ., υπολογίστηκε η συνολική διαπερατότητα του χώρου k στα 0,99 – 11,70 μέτρα ανά μέρα (μέση τιμή 6.1 m/day ή 7.1x10⁻³ cm/sec), ενώ στα καθαρά χαλίκια μπορεί να φθάσει πολύ πιο ψηλά.

Τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής άντλησης παρατίθενται σε μορφή πίνακα και γραφικής παράστασης, στο **Παράρτημα Ι**. Η αντίδραση της υδατοστάθμης στις γεωτρήσεις «παρατηρητήρια», στη δοκιμαστική άντληση δείχνει ότι η υδατοστάθμη έχει άμεσα επηρεαστεί από το constant head boundary της θάλασσας.

Η δοκιμαστική άντληση έδειξε ότι σε διάστημα 4 ωρών από την αρχή της άντλησης, επήλθε σχετική σταθεροποίηση της στάθμης του υπόγειου νερού στις γεωτρήσεις, πράγμα που πιθανόν να επιτρέπει την εφαρμογή της λύσης για Steady radial flow in unconfined aquifer:

$$k=Q*\ln(r_2/r_1)/\pi*(s_1^2-s_2^2),$$

3.2 Υδρογεωλογικό Μοντέλο

Το υδρογεωλογικό μοντέλο που ελήφθη υπόψη, παρέχει πληροφορίες για:

- Προσδιορισμό των αναγκών για έλεγχο της αναμενόμενης εισροής υπόγειου νερού εντός της εκσκαφής, καθώς και πρακτικούς/περιβαλλοντικούς περιορισμούς.

- Την ανάπτυξη προκαταρκτικού εννοιολογικού μοντέλου (conceptual model)
- Υπολογισμό του ρυθμού άντλησης υπόγειου νερού που θα απαιτηθεί για ικανοποιητική ταπείνωση της στάθμης του υδροφορέα (drawdown), κάτω από το τελικό επίπεδο εκσκαφής.

Με βάση τα πιο πάνω θα μπορούσε να εξαχθεί το συμπέρασμα πως, με εξαίρεση τα σύγχρονα ερυθροφαία αλλούβια που καταλαμβάνουν το ανώτερο μέρος του χώρου μέχρι το βάθος των ~3-5 μέτρων, τα υπόλοιπα εδάφη παρουσιάζουν μέση ως ψηλή διαπερατότητα.

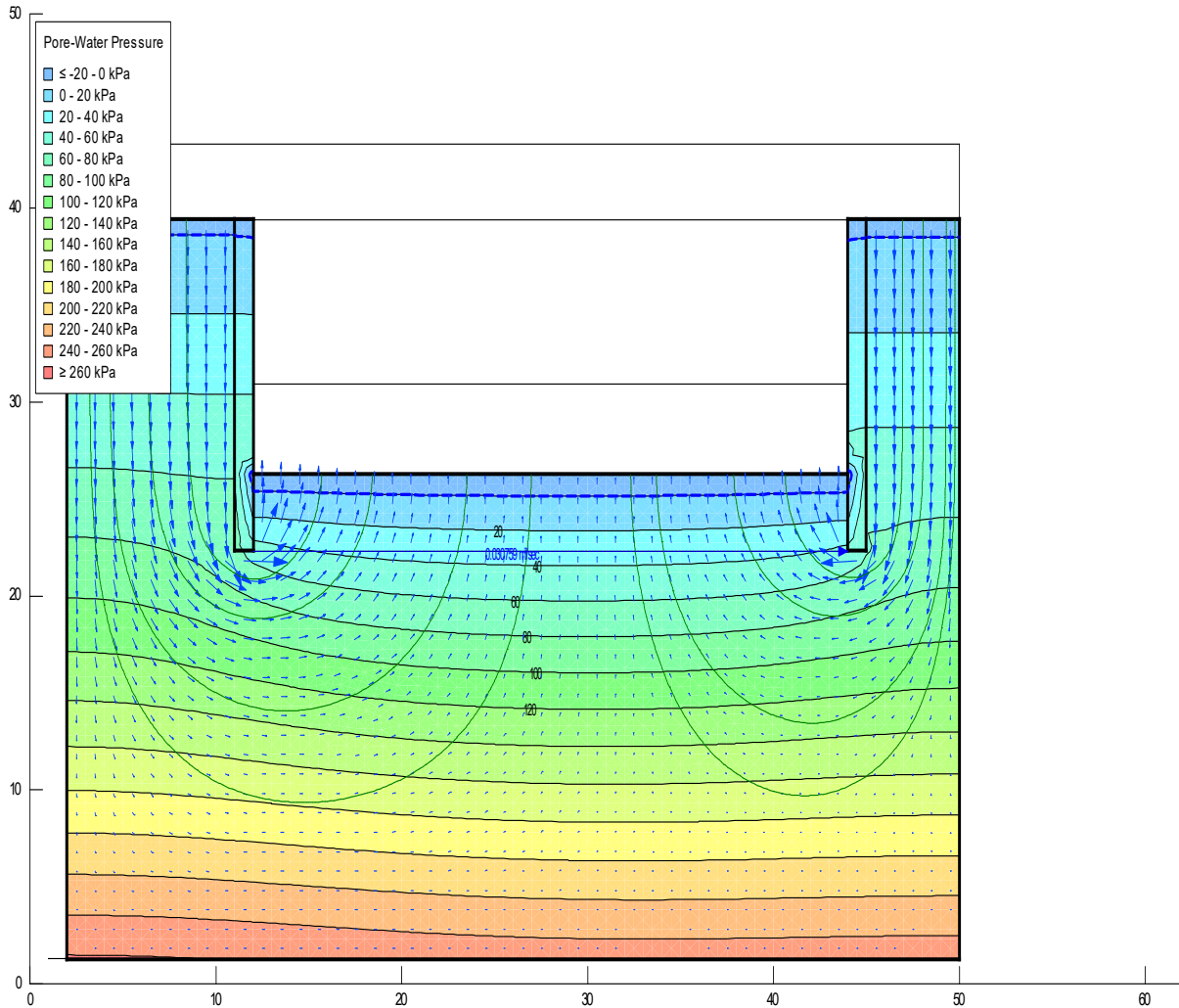
Για τον έλεγχο της οριζόντιας ροής νερού προς την εκσκαφή [**Εικόνα 4.1 – Range of application Ground water control techniques – CIRIA**] θα είναι αναγκαίο όπως κατασκευαστεί περιμετρικός υδατοστεγής τοίχος (cut off wall). Ο Τοίχος μπορεί να είναι τύπου **diaphragm wall** ή **secant pile wall (αλληλοτεμνόμενοι πάσσαλοι)**. Ο τοίχος τύπου cut off, θα είναι πακτωμένος τουλάχιστον 4 μέτρα κάτω από το μέγιστο βάθος εκσκαφής, που στην προκειμένη περίπτωση ενός υπογείου, υπολογίζεται στα 5.5 μέτρα κάτω από το υφιστάμενο έδαφος. Ο υδατοστεγής τοίχος θα παρέχει ένα αδιαπέραστο εμπόδιο, το οποίο θα εμποδίζει οριζόντιες εισροές προς τις εκσκαφές που θα προέρχονται από τις επιφανειακές προσχώσεις, και ταυτόχρονα θα αυξάνει τα μήκη των seepage paths προς την βάση των εκσκαφών. Αυτό θα διευκολύνει κατά πολύ την ταπείνωση του υδροφορέα κατά την διάρκεια των κατασκευών, που υπολογίζεται να είναι της τάξης των 3 μέτρων.

Λαμβάνοντας υπόψη την γεωλογική στρατηγραφία της περιοχής του έργου, τα βάθη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, το βάθος της προτεινόμενης εκσκαφής, την κατασκευή περιμετρικού στεγανού διαφραγματικού τοίχου και τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών και εργαστηριακών δοκιμών όπως και της δοκιμής άντλησης, έγινε υπολογισμός των ποσοτήτων νερού που αναμένεται να εισρέουν εντός της εκσκαφής κατά την διάρκεια της κατασκευής, με ανάλυση με την μέθοδο flow net, θεωρώντας την εισροή νερού μεταξύ των κάθετων διαφραγματικών τοίχων, οι οποίοι αποτελούν flow lines αδιαπέραστα στοιχεία, επειδή το νερό δεν μπορεί να διεισδύσει διαμέσου των.

Η εμπειρία στο παραλιακό μέτωπο της Λεμεσού έχει δείξει ότι ο υπολογισμός εισροών σε υπόγεια με βάση τις επιτόπιες ή εργαστηριακές δοκιμές είναι συνήθως υποτιμημένες, ειδικά σε μεγάλης έκτασης εκσκαφές. Η πιο επικρατέστερη εξήγηση είναι ότι σε μεγάλες εκσκαφές υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα, μικρές ζώνες υλικού υψηλής διαπερατότητας να συνδέονται μεταξύ τους και να εκτονώνονται στο υπόγειο. Σύμφωνα με το εμβαδό της εκσκαφής και, με βάση πραγματικές μετρήσεις σε περιοχές της Λεμεσού με ανάλογες γεωλογικές συνθήκες, μια αναμενόμενη εισροή της τάξης των 0.8 – 1.0 κυβικά μέτρα ανά τετραγωνικό μέτρο εκσκαφής μπορεί να αναμένεται, για την κατασκευή ενός υπογείου.

Το ολικό εμβαδό σε κάτοψη (building footprint), για το οποίο θα γίνει εκσκαφή στο βάθος θεμελίωσης, θα είναι της τάξης των 1426 m². Θα κατασκευαστεί ένα υπόγειο με βάθος θεμελίωσης 4.5 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και υπολογιζόμενο βάθος εκσκαφής 5.5 m κάτω από το υφιστάμενο υψόμετρο εδάφους.

Αναμένεται ότι, για τον έλεγχο της οριζόντιας ροής νερού προς την εκσκαφή θα κατασκευαστεί μόνιμος περιμετρικός υδατοστεγής τοίχος (διάφραγμα ή πασσαλότοιχος), σε βάθος τουλάχιστο 4 m κάτω από το χαμηλότερο σημείο εκσκαφής.



Εικόνα 3–2: Schematic Hydraulic Model

Στην εικόνα 3-2, φαίνονται οι ισοϋψείς των υδραυλικών πιέσεων κάτω από το επίπεδο της εκσκαφής σε μια τυπική ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία. Οι ισοϋψείς είναι σχεδόν στην ολότητα τους οριζόντιες και είναι μια σαφέστατη ένδειξη ότι η κατεύθυνση των ροών είναι κατακόρυφη από κάτω προς τα πάνω.

Η ποσότητα εισροής υπόγειου νερού εντός της εκσκαφής κατά την διάρκεια κατασκευής, υπολογίστηκε με βάση ανάλυση τύπου flow net, θεωρώντας την εισροή νερού μεταξύ των κάθετων διαφραγματικών τοίχων, οι οποίοι αποτελούν flow lines, καθόσον αποτελούν υδατοστεγή στοιχεία.

The flow, q per unit length of wall is given by:

$$q = k h N_f / N_d$$

where K is the coefficient of permeability

h is the total head difference

N_f is the number of flow channels.

Εφόσον ένας περιμετρικός υδατοστεγής τοίχος θα κατασκευαστεί σε βάθος 3-4 μέτρα πιο κάτω από το επίπεδο εκσκαφής, υπολογίζεται προκαταρκτικά ότι η ποσότητα εισροής νερού εντός της εκσκαφής θα είναι της τάξης των $0.8 - 1.0 \text{ m}^3$ ανά τετραγωνικό μέτρο εμβαδού κάτοψης εκσκαφής ανά ημέρα. Αυτό μεταφράζεται σε μία ολική ποσότητα περίπου 1200 m^3 ανά ημέρα, ή 50 m^3 ανά ώρα, εφόσον η εκσκαφή γίνει σε ένα στάδιο.

Για καλύτερο έλεγχο των εισροών εντός των εκσκαφών συστήνεται όπως εξεταστεί και η περίπτωση εκτέλεσης της εκσκαφής σε δύο φάσεις, δηλαδή να διαιρεθεί το έργο σε δύο περιοχές (θαλάμους), με την κατασκευή προσωρινού ενδιάμεσου διαφραγματικού ή άλλου στεγανού τοίχου, ο οποίος θα κατεδαφιστεί μετά την συμπλήρωση της πρώτης φάσης.

Υπολογίζεται ότι στην περίπτωση κατά την οποία η εκσκαφή θα γίνει σε μία φάση, θα χρειαστεί η άντληση γύρω στα $50 \text{ m}^3 / \text{hour}$ και, υπολογίζεται ότι θα χρειαστεί να εγκατασταθεί σύστημα άντλησης σε 12 γεωτρήσεις άντλησης (Σχεδιάγραμμα 4.1, της Έκθεσης), σε συνδυασμό με αριθμό επιφανειακών πηγαδιών άντλησης μικρού βάθους (sump wells) τα οποία θα κατασκευάζονται στο επίπεδο εκσκαφής.

Λαμβάνοντας υπόψη την γεωλογική στρατηγική της περιοχής του έργου, τα βάθη των γεωτρήσεων άντλησης συστήνεται όπως μη υπερβαίνουν 6-7 μέτρα.

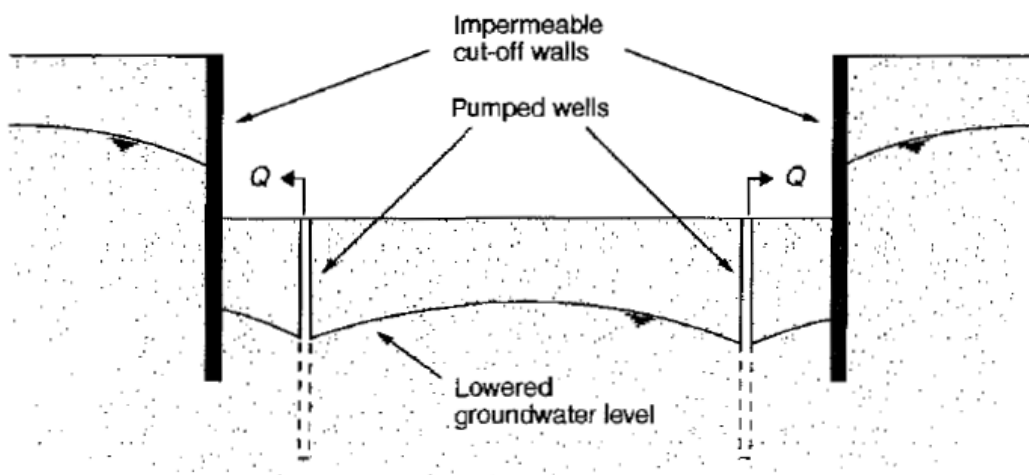
Όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο 3.1 Δοκιμαστική άντληση, το σύστημα αποστράγγισης θα συνδεθεί με σύστημα φρεατίων επαναφόρτισης (recharge wells) σε συνδυασμό με ορύγματα επαναφόρτισης τα οποία θα εγκατασταθούν εκτός των εκσκαφών (Σχεδιάγραμμα 4.1), για την απίρριψη του νερού άντλησης.

Κατά την διάρκεια των εκσκαφών ο υδροφόρος ορίζοντας θα πρέπει να ταπεινωθεί τουλάχιστο 1 μέτρο κάτω από το μέγιστο επίπεδο εκσκαφής. Με βάση τα Αρχιτεκτονικά σχέδια του ΠΕ, το μέγιστο βάθος εκσκαφής κάτω από το υφιστάμενο υψόμετρο εδάφους, κυμαίνεται μεταξύ 4.5 και 5.0 μέτρα.

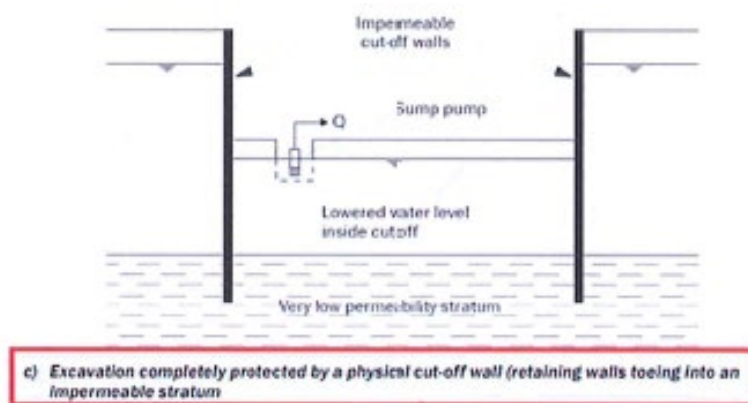
4. Έλεγχος Εισροών – Αποστράγγιση Εκσκαφών

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές ελέγχου και διαχείρισης της εισροής υπόγειου νερού σε υπόγειες εκσκαφές, και η επιλογή της ή των πλέον κατάλληλων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Λιθολογία – Στρωματογραφία
- Διαπερατότητα εδαφών
- Βάθος και διαστάσεις εκσκαφής
- Το απαιτούμενο βάθος ταπείνωσης της στάθμης του υπογείου νερού
- Η διαχείριση του νερού που έχει εξαχθεί

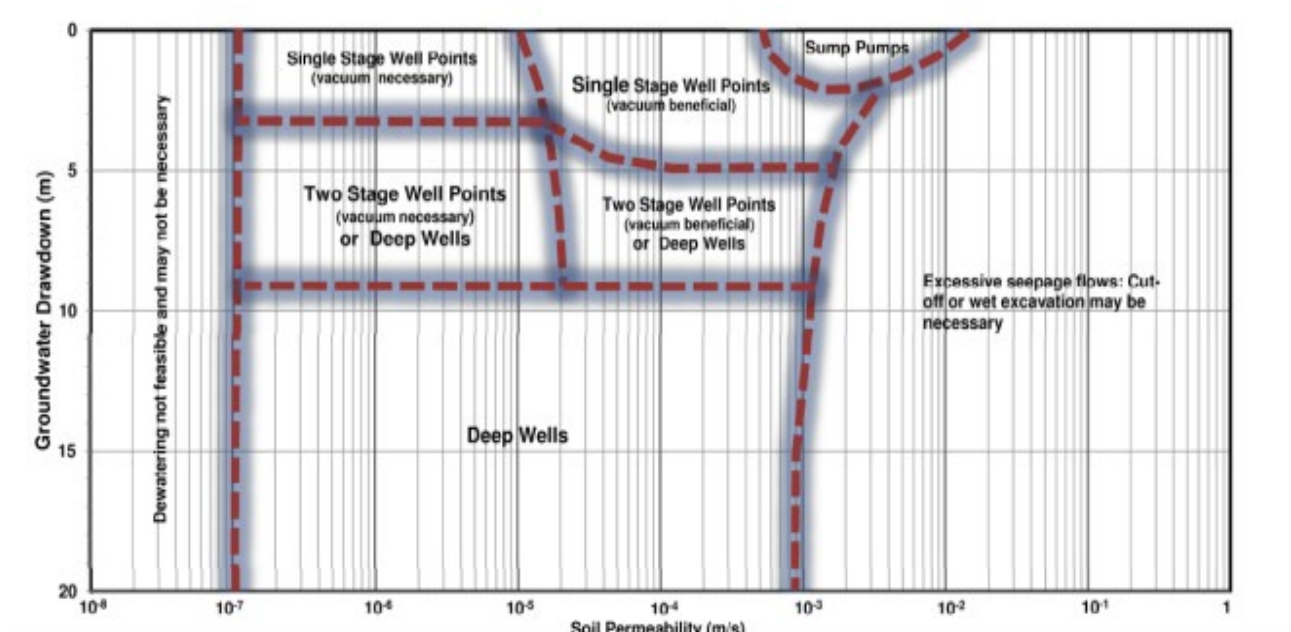


Σχεδιάγραμμα 4.1 – Έλεγχος υπογείου νερού με χρήση συστήματος αβαθών φρεατίων άντλησης, σε εκσκαφή που προστατεύεται από τοίχους αποκοπής πλευρικής ροής. (Από το CIRIA 515)



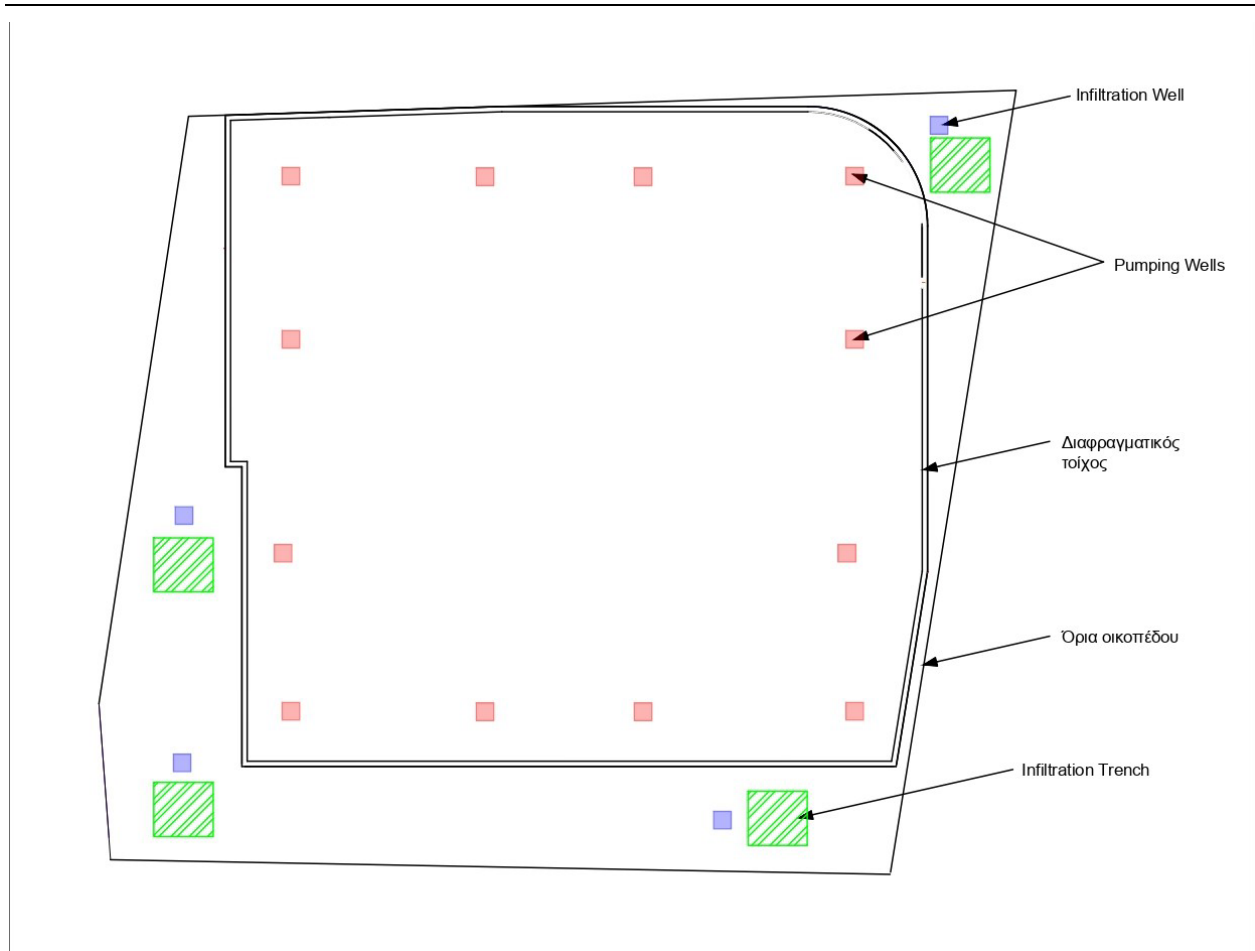
Σχεδιάγραμμα 4.2 – Έλεγχος υπογείου νερού με χρήση sump wells, σε εκσκαφή που προστατεύεται από τοίχους αποκοπής πλευρικής ροής. (Από το CIRIA 515)

Το εύρος εφαρμογής των διάφορων τεχνικών ελέγχου υπόγειου νερού, σύμφωνα με την έκδοση CIRIA 515, παρουσιάζεται στη Εικόνα 4.1 πιο κάτω:



Εικόνα 4.1 – Range of application of pumped well groundwater control techniques (CIRIA 515)

Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους πιο πάνω παράγοντες, η καταλληλότερη μέθοδος για έλεγχο εισροών εντός των εκσκαφών, είναι η εγκατάσταση συστήματος γεωτρήσεων άντλησης περιμετρικά της προτεινόμενης εκσκαφής και σε αποστάσεις μεταξύ τους περίπου 14 μέτρα, όπως υποδεικνύεται στα Σχέδιο 4.1, που ακολουθεί. Οι γεωτρήσεις άντλησης θα εγκατασταθούν πριν την έναρξη της εκσκαφής από την επιφάνεια του εδάφους, και θα έχουν βάθος 2 μέτρα κάτω από το τελικό επίπεδο εκσκαφής. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως οι γεωτρήσεις θα λειτουργούν σε συνδυασμό με αβαθή φρεατία άντλησης (sump wells).



Σχέδιο 4.1- Θέσεις Γεωτρήσεων Αντλησης (*Pumping Wells*), Γεωτρήσεων Επαναεισαγωγής (*Recharge Wells*) και Σκαμμάτων Επαναεισαγωγής.

Pumping Wells

The boreholes need to be 800-900 mm in diameter with a 300mm perforated steel pipe installed at the centre. The pipe must be wrapped in geotextile 200 grams/ m², to minimize the amount of silt and clay in the pumped water. The space between the pipe and the external wall of the borehole must be filled with a mixture (50-50) of single size 10 and 20 mm aggregates.

It is standard practice to adjust the design of the de-watering system to suit the equipment available and techniques preferable to the contractor, so its final nature can be adjusted accordingly after re-evaluation of all factors considered.

Sump Wells

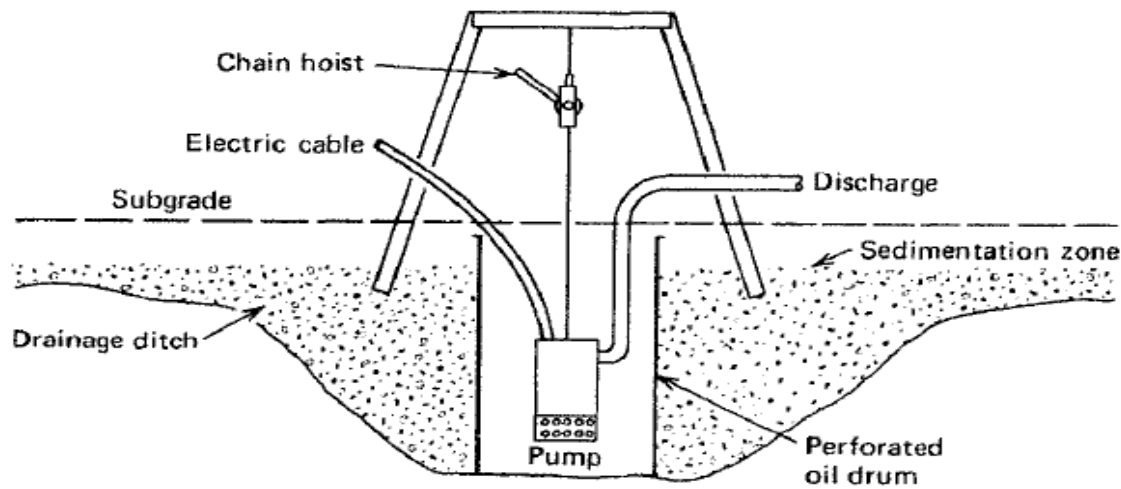
The sump pumping method allows the groundwater to seep into the excavation, where it is collected in sumps (special pits within the working area) and pumped away by robust solids-handling pumps. This method is applicable to relatively shallow excavations (shallow dewatering), especially when anticipated drawdown required is limited and, pumps may be installed in pits, trenches (French drain) or a combination of the two.

The advantage of using sump wells is their relatively low cost, as it involves the cost of excavating sumps only. Disadvantages are the relatively increased amount of silt content in the pumped water, if not adequate measures are taken to protect the sump well with specially designed gravel filters, and implementation of mitigation measures, such as devices to treat the discharge (settling tanks, mechanical filters), to reduce or avoid adverse discharge of suspended solids or contaminants.

The requirements for a sump are:

- Depth: the sump should be deep enough to drain the excavation and drainage network, allowing for the pump intake level and some accumulation of sediment
- Size: the sump should be substantially larger than the size of the pump to allow space for sediment and cleaning
- Filter: the sump should be perforated or slotted, typically with a hole size or slot of 10-15 mm, and it should be surrounded with coarse gravel (20 – 40 mm)
- Access: good access is required to allow removal of the pumps for maintenance and cleaning of the sumps, to remove any accumulation of sediment.

When excavating, it is often necessary to form temporary sumps, to control ground water levels so that a main sump can be constructed for longer term use. It is important that the pump is protected by being placed in a perforated pipe and lining the trench with a geotextile filter membrane before placing the gravel surround to form the drainage ditch.



Εικόνα 4.3 - Typical Sump with Perforated Drum (CIRIA 515)

It is often necessary to form temporary sumps to control groundwater as excavation is progressed. For prolonged pumping, the sump should be prepared by simply installing a short pipe section with a free draining coarse gravel base, or a ring of sheet piles around the sump area to cover the full depth of the sump and installing a perforated steel pipe or mesh cage inside the sump area then surrounding the pipe/cage with graded filter material (the sheet piling could then be withdrawn).

It is important that, if possible, the suction hose is installed midway into the sump and ensure that the suction hose is not placed at the base of the sump as pumping may unnecessarily mobilize in situ fines. To avoid or minimize potential sediment mobilization, over excavate the low point of the sump and fill sump with poorly graded fill (oversize material) to raise suction inlet from the base of the sump excavation. This will aid in maintaining a constant flow of water from the sump and avoid pump cavitation.

If sediment quantity exceeds environmental thresholds, hoses should be connected to the sediment tank and/or mechanical filters – Κεφάλαιο 6.

It is standard practice to adjust the design of the de-watering system to suit the equipment available and techniques preferable to the contractor, so its final nature can be adjusted accordingly after re-evaluation of all factors considered.

5 Διορθωτικά Μέτρα κατά των πιθανών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

Υπό κάποιες προϋποθέσεις, είναι συνήθης πρακτική η απόρριψη νερού αποστράγγισης στο περιβάλλον. Ειδικοί όροι που πρέπει να εκπληρούνται είναι ο χώρος απόρριψης, πιθανές συνέπειες στον συγκεκριμένο χώρο, και η ικανότης του περιβάλλοντος χώρου να αποδεχτεί τις ποσότητες του νερού αποστράγγισης.

Είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι παράλληλα με την άντληση, είναι πιθανό να γίνεται ταυτόχρονα μεταφορά αιωρούμενων στερεών και για το σκοπό αυτό θα πρέπει το αντλούμενο νερό να περάσει από κατάλληλη επεξεργασία, όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 6, της Έκθεσης. Συστήνεται όπως η μέγιστη περιεκτικότητας του υπόγειου νερού σε στερεά να μην υπερβαίνει τα **30 g/m³**.

Η διαχείριση του αντλούμενου νερού (εφόσον γίνει η κατάλληλη επεξεργασία αν χρειάζεται), μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους.

- Για τις ανάγκες των κατασκευαστικών εργασιών, διαβροχή του εργοταξίου για να μην παράγονται σκόνες,
- Με την χρήση του για σκοπούς άρδευσης, εφόσον είναι κατάλληλο,

- Με την επαναισαγωγή των περισσευμάτων στον υπέδαφος μέσω φρεατίων επαναφόρτισης και σκαμμάτων-δεξαμενών.

Η πλέον ευνοϊκή λύση θα εξαρτηθεί τελικά από τις ποσότητες του υπόγειου νερού που θα πρέπει να αντληθούν, αλλά στην προκειμένη περίπτωση, η πρώτη και τρίτη λύση είναι οι πιο ευνοϊκές, για αποφυγή πιθανών καθυστερήσεων.

6. Εγκατάστασης Συστήματος Επαναισαγωγής Αντλούμενου Νερού πίσω στον Υδροφόρα

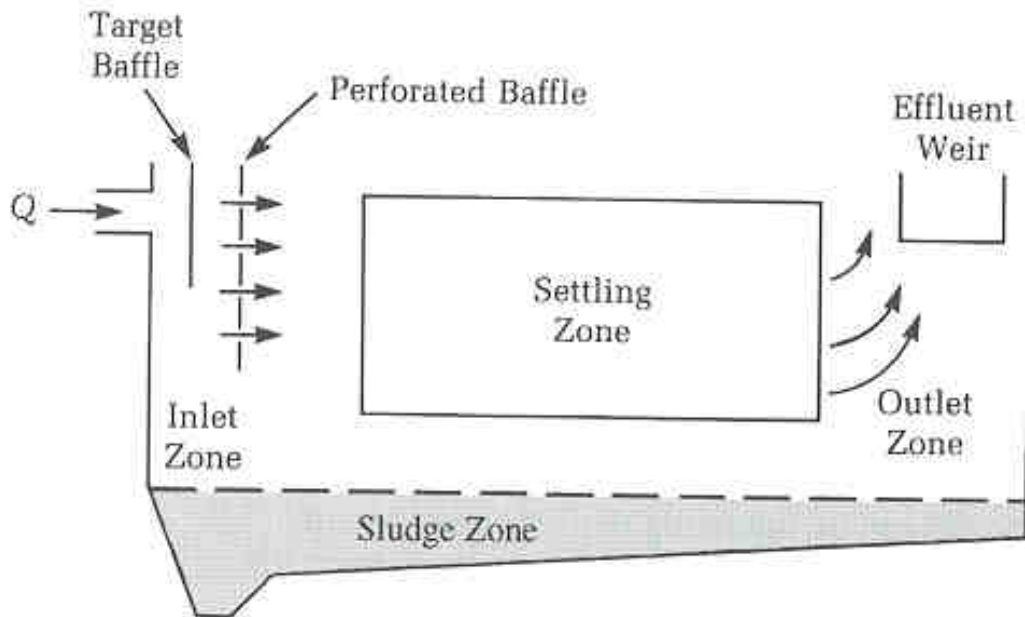
Όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο 3.1 - Δοκιμαστική άντληση - Δοκιμή Επαναισαγωγής, το σύστημα αποστράγγισης θα συνδεθεί με σύστημα φρεατίων επαναφόρτισης (recharge wells), σε συνδυασμό με ορύγματα επαναφόρτισης, τα οποία θα εγκατασταθούν εκτός των εκσκαφών (Σχεδιάγραμμα 4.1), για την απόρριψη του νερού άντλησης. Συστήνεται η εγκατάσταση 4 φρεατίων επαναφόρτισης τα οποία θα ανορυχθούν σε βάθος 40 μέτρων, εντός του γεωλογικού ορίζοντα των Sands and Gravels, όπου παρατηρείται μεγάλη διαπερατότητα, σε συνδυασμό με ορύγματα επαναφόρτισης συνολικής επιφάνειας 130 m² και βάθους 1.6 m.

Για αποφυγή μεταφοράς αιωρούμενων σωματιδίων μέσω του αντλούμενου νερού, απαιτείται όπως το νερό πρώτα περάσει από επεξεργασία, ούτως ώστε τα λεπτόκοκκα ιζήματα να κατακαθίσουν στην δεξαμενή συλλογής (settling tank). Για αποφυγή αυτού του φαινομένου, και πιθανού μπλοκαρίσματος των φρεατίων επαναισαγωγής, θα πρέπει να γίνει ο απαραίτητος σχεδιασμός των φρεατίων.

Ακολουθεί περιγραφή μεθόδου υπολογισμού δεξαμενής συλλογής αντλούμενου υπόγειου νερού, για κατάλληλη επεξεργασία πριν από την διάθεση του.

6.1 Settling Tank Design

Based on particle size and density of silt particles, it is estimated that a settling tank having dimensions 10m length by 3m wide by 3m height will be required for the efficient removal of fines. Settling times are expected to be in the region of 1 hour.



Εικόνα 6.1 – Basin Model

Settling- Definition

A unit operation in which solids are drawn toward a source of attraction. The particular type of settling considered here, is gravitational settling. It should be noted that settling is different from sedimentation.

Advantages of Settling Tanks

- Simplest technologies
- Little energy input
- Relatively inexpensive to install and operate
- No specialized operational skills
- Easily incorporated into new or existing facilities

Factors affecting settling velocities (V_o)

- particle specific gravity
- particle size distribution

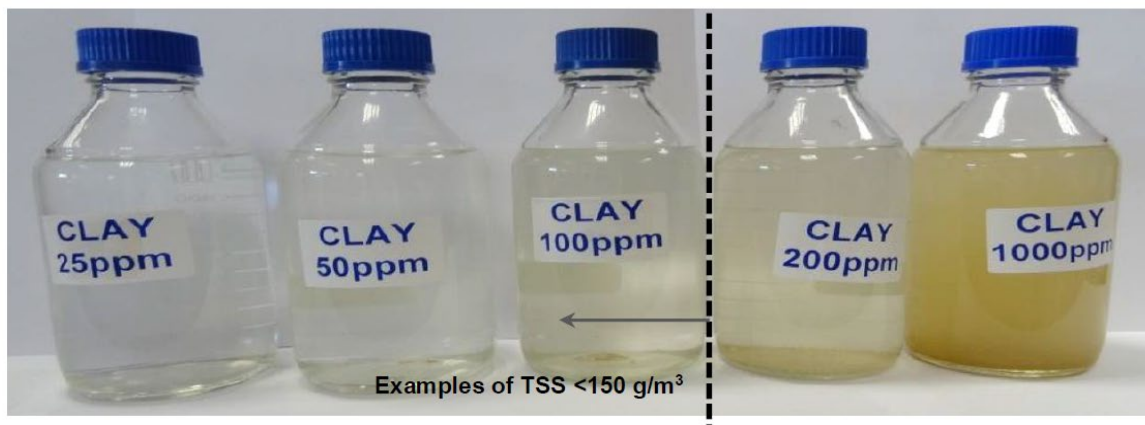
Design data required to ascertain mechanical construction are, specific gravity of solids, size distribution of solids, underflow construction, operating temperature, and geographical location.

Basic design principles

- Chamfered weir to enhance laminar flow(85% of water depth)
- full-width weir
- Determine effective settling zone and sludge zone
- Basin floor area of 41 liters per minute (Lpm) per m² of flow.
- 250 to 410 Lpm per m width of weir for outflow.
- Submerge inlet weir 15% of basin water depth.
- Use 25 cm wide weirs and use rounded edges.
- Maximize length of settling chamber as much as possible.
- In plan, the length may vary from two to four times the width.
- The length may also vary from ten to 20 times the depth. The depth of the basin may vary from 2 to 6 m. The influent is introduced at one end and allowed to flow through the length of the clarifier toward the other end.

Because primary sedimentation tanks remove the solids that settle quickly, it is only particles with a long settling time that will be discharged from the primary treatment. Therefore, samples of discharge water that meet the approved limits should be prepared in a laboratory based on the typical particle size expected to be discharged from the primary tanks. These can be compared with samples taken on site to allow approximation of the TSS value of the discharge.

This would allow any compliance breach to be addressed early. The visual testing is low cost and able to be actioned and recorded quickly.



Εικόνα 6.2 – Example of comparative samples to visually assess approximate TSS within the discharge. Bottles shown here are 250 ml lab sample bottles.

6.2 Σχεδιασμός Φρεατίων Επαναφόρτισης

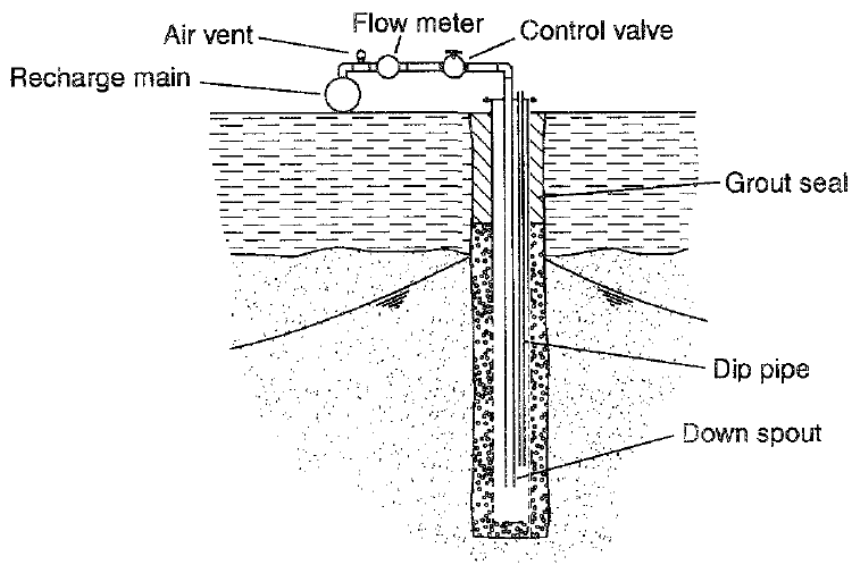
Γενικές πληροφορίες για τον σχεδιασμό των φρεατίων επαναφόρτισης δίδονται στην συνέχεια (CIRIA).

The hydraulic requirements of recharge wells are essentially the same as those of extraction wells. As a result, recharge wells are designed, drilled and developed the same way as extraction wells. On the other hand, recharge wells are prone to clogging, and therefore recharge water should be as clean as possible, with the use of suitable settling tanks as previously discussed. Adequate removing of fines from pumped water is **critical** for the efficient operation of recharge wells and avoidance of filter clogging. Therefore, if considered necessary, further treatment of pumped water (e.g., use of sand filters) should be carried out.

If the standing ground water level is found at a higher elevation the recharge wells may require a grout seal in order to prevent water from travelling up the filter pack to ground level. In such a case, the well head can be sealed, and the recharge pipework pressurized slightly, so that the feed head is 2 to 3 m above ground level. In order to avoid over pressurizing the well a standpipe may be installed which can overflow if the pressure is exceeded.

The wells will be drilled down to a depth below 13 meters, into the coarse grained marine deposits (sand and gravel) with permeabilities about 8 m/day, with good drainage characteristics, as established during the site investigation campaign and tested by the infiltration test carried at the specific site.

The boreholes will have an external diameter of $\Phi 900\text{mm}$ and be installed with UPVC lining or other durable material agreed with the Supervising Engineer. The lining will have an internal diameter of $\Phi 315\text{mm}$ (PN12.5). It must be capable of inserting in the borehole without risk of breakage, or damage to the joints.



Εικόνα 6.3 – Σχηματική παρουσίαση Recharge well

Perforated, slotted, or screened pipe (φιλτροσωλήνα) shall only be used in that section where injection is intended. The hole aperture in such a pipe shall be smaller than any aggregate placed between the liner and the borehole wall.

After installation of the lining tube, rounded 5mm to 10mm pea gravel shall be placed in the annulus between the borehole wall and the lining tube to a level 1m above the perforated pipe as the casing is withdrawn. Care must be taken to ensure that the level of the aggregate is maintained just above the bottom of the casing to prevent collapse of the borehole. In addition, excessive heights of aggregate above the bottom of the casing could jam the casing during withdrawal and risk lifting the liner to the detriment of the excavation.

A concrete seal shall be placed on top of the aggregate to extend nominally 1.0 meters above and below the interface with the overlying unsuitable material (Fill). Care should be taken to prevent contamination of the gravel

7 Δοκιμή Επαναφόρτισης Φρεατίου - Σκάμματος

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά την εκτέλεση της δοκιμής περιγράφεται στη σχετική έκθεση της Geoinvest – Παράρτημα Ι.

8 Παρακολούθηση της Αντίδρασης Υφιστάμενων Κτιρίων (Displacements Monitoring)

Για την παρακολούθηση της αντίδρασης των υφιστάμενων κτιρίων που ευρίσκονται πλησίον του προτεινόμενου Έργου κατά την διάρκεια της εκσκαφής και σχετικής αποστράγγισης, προτείνεται όπως:

(i) Παρακολούθηση πριν την έναρξη (Pre-construction Monitoring) και μετά την συμπλήρωση κατασκευαστικών εργασιών (Post-construction monitoring).

- i. Μια προκαταρκτική επισκόπηση θα χρησιμοποιηθεί για να τεκμηριώσει τις υφιστάμενες συνθήκες παρακείμενων υφιστάμενων κτιρίων. Η επισκόπηση μπορεί να περιλαμβάνει χειρόγραφα σχέδια με περιγραφές, φωτογραφίες ή/και video εσωτερικών και εξωτερικών χώρων.
- ii. Ο Μηχανικός του Έργου θα καθορίσει τον καταλληλότερο χρόνο για την διενέργεια της μετα-κατασκευής επισκόπησης, λαμβάνοντας υπόψη την αναμενόμενη διάρκεια και είδος, των διάφορων κατασκευαστικών δραστηριοτήτων. Η προκαταρκτική επισκόπηση θα πρέπει να αποτελέσει την βάση για την μετα-κατασκευή επισκόπησης.

(ii) Παρακολούθηση της συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων της περιοχής

Ο Γεωτεχνικός Μηχανικός θα πρέπει να καθορίσει το σύστημα και συχνότητα παρακολούθησης λαμβάνοντας υπόψη το είδος των υφιστάμενων παρακείμενων κατασκευών, τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής, το προτεινόμενο σύστημα προσωρινής αντιστήριξης, αποστράγγισης και εκσκαφής. Επίσης θα πρέπει να καθοριστούν αποδεκτά όρια και να προ-αποφασιστούν πιθανά διορθωτικά μέτρα.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι, την περιοχή που γειτνιάζει στο προτεινόμενο OCEAN Project, γενικά υπάρχουν μόνο μικρά κτίρια (κατοικίες) και μεσολαβούν δημόσιοι δρόμοι, η παρακολούθηση πιθανών μετακινήσεων θα μπορεί να γίνεται με την εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης

με monitoring settlement markers, τα οποία θα εγκατασταθούν σε στρατηγικά σημεία που θα επιλεγούν.

Μετρήσεις (κάθετες/καθιζήσεις και οριζόντιες μετακινήσεις) δύνανται να γίνουν με την χρήση Total Station, το οποίο δύνανται να παίρνει με ακρίβεια γωνιακές μετρήσεις από μεγάλη απόσταση, και την δημιουργία 3D positioning records των monitoring markers.

Για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του διαφραγματικού τοίχου προτείνεται η εγκατάσταση κλεισιόμετρου (inclinometer), για καταγραφή πιθανών οριζόντιων μετακινήσεων.

Για παρακολούθηση της στάθμης του υπογείου νερού, εντός και εκτός της εκσκαφής, θα πρέπει να γίνει εγκατάσταση stand pipe piezometers.

9 Χρονοδιάγραμμα Αποπεράτωσης Εργασιών Αποστράγγισης

Το χρονοδιάγραμμα αποπεράτωσης εργασιών αποστράγγισης υπόγειων νερών θα εξαρτηθεί κατά μεγάλο βαθμό από την μεθοδολογία που θα ακολουθήσει ο Εργολάβος του Έργου για την κατασκευή του πασσαλότοιχου/διαφραγματικού τοίχου και, της μετέπειτα εκσκαφής.

Σύμφωνα με τα ευρήματα της γεωτεχνικής έρευνας η οποία έγινε εντός του οικοπέδου της προτεινόμενης ανάπτυξης (4 διερευνητικές γεωτρήσεις σε μέγιστο βάθος 45 μέτρων), ο υδροφόρος ορίζοντας έχει εντοπισθεί σε βάθη που κυμαίνονται από 2.40 έως 2.70 μέτρα.

Στην περίπτωση κατασκευής πασσαλότοιχου, η εκσκαφή θα γίνει σε δύο στάδια λόγω της κατασκευής της κεφαλοδοκού (capping beam) και guide wall, σε βάθος 1 μέτρου από την επιφάνεια του εδάφους, πριν ξεκινήσει οι διάνοιξη των πασσάλων.

Σημειώνεται ότι κατά την διάρκεια κατασκευής του περιμετρικού αδιαπέραστου τοίχου δεν θα χρειάζεται η λειτουργία του συστήματος αποστράγγισης. Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε λειτουργία κατά την διάρκεια της εκσκαφής και των κατασκευαστικών εργασιών μέχρι και την πλάκα υπογείου.

Η χρονική διάρκεια των εργασιών που απαιτούν αποστράγγιση και, αφορούν την εκσκαφή και κατασκευή της θεμελίωσης και άλλων κατασκευών μέχρι και την πλάκα του υπογείου, εκτιμάται όπως πιο κάτω:

Αρχικό Στάδιο

Εκσκαφή σε όλο τον χώρο του υπογείου σε βάθος 1 μέτρου από την επιφάνεια του εδάφους για την εγκατάσταση του οδηγού (guide wall) και κατασκευή της κεφαλοδοκού του περιμετρικού τοίχου

2 εβδομάδες

Στάδιο 1 – Κατασκευή πασσαλότοιχων

Κατασκευή περιμετρικών τοίχων αντιστήριξης

8 εβδομάδες

Στάδιο 2 – Εκσκαφή στο βάθος

**OCEAN Project – Plot 224 Tsiflikoudia-Limassol
Hydrogeological Conditions-Dewatering Method Statement, May 2023**

θεμελίωσης (αποστράγγιση) – 2 φάσεις

12 εβδομάδες

Στάδιο 3 – Συμπλήρωση κατασκευαστικών εργασιών
μέχρι την και την πλάκα Υπογείου (αποστράγγιση)

18 εβδομάδες

Καταληκτικά υπολογίζεται ότι, το σύστημα αποστράγγισης θα είναι σε λειτουργία για διάστημα 30 εβδομάδων, από την ημερομηνία έναρξης εκσκαφών.

Στο πιο πάνω χρονοδιάγραμμα περιλαμβάνεται και η εκσκαφή των φρεατίων κλιμακοστασίων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – ΕΚΘΕΣΗ GEOINVEST

**Μελέτη Αποστράγγισης της Εκσκαφής και Διαχείρισης του
Αντλούμενου Νερού**

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ
ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΣΚΟΠΟΥΜΕΝΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
“GREAT OCEAN”
ΣΤΗ ΛΕΜΕΣΟ**

ΜΑΙΟΣ, 2023

GEOINVEST LTD - ΓΕΩΠΡΕΥΝΑ
Applied Geology – Geotechnics – Materials Testing
Environmental Engineering

Viotechniki Periochi Aglantzias No.10, P.O.Box 20476, 2152 Aglantzia,
Tel: 22 33 00 93, Fax : 22 33 01 18, E-mail : geoinvest@cytanet.com.cy
Web: <http://www.geoinvest.com.cy>



Celebrating 37 Years of Excellence in Testing
&
17 Years of CYS EN ISO/IEC 17025 Accreditation



18/05/2023

X\Geotech2023/GreatOcean

Κους Α. EVRIPIDOUS ENGINEERS,
Υπόψη: κ. Ανδρέα Ευριπίδους,
Λευκωσία.

Κύριοι,

ΘΕΜΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ
ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ
ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΣΚΟΠΟΥΜΕΝΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ “GREAT OCEAN” ΣΤΗ ΛΕΜΕΣΟ

Αναφέρομαι στο πιο πάνω θέμα και επιθυμώ να σας υποβάλω έκθεση, που ετοίμασαν οι ειδικοί της εταιρείας μας και αφορά τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής άντλησης τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την ετοιμασία του σχεδίου αποστράγγισης της εκσκαφής στα πλαίσια της ΜΕΕΠ.

Γίνεται επίσης εκτίμηση για θετικές δυνατότητες επαναφοράς του αντλούμενου νερού στο υπέδαφος στο χώρο του εργοταξίου βασιζόμενοι και στα αποτελέσματα της γεωτεχνικής μελέτης, που έγινε πρόσφατα.

Οι ειδικοί του γραφείου μας παραμένουν στην διάθεσή σας για οποιοσδήποτε διευκρινήσεις, επιπρόσθετες πληροφορίες και για μελλοντική συνεργασία.

Ευχαριστούμε που μας εμπιστευθήκατε τη μελέτη.

Με εκτίμηση,



GEOINVEST
ISO/IEC 17025:2017

Ανδρέας Σιαθάς,
(Γεωλόγος - Διευθύνων Σύμβουλος)
Αριθμός Μητρώου ΕΤΕΚ Α035735

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
2. ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ	6
3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	8
Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά του Υπεδάφους στο χώρο μελέτης	8
4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	16
Δοκιμαστική άντληση.....	17
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.....	
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Στρωματογραφία.....	7
Πίνακας 2: Στατικές στάθμες υπόγειου νερού κατά την διενέργεια της δοκιμαστικής άντλησης..	16
Πίνακας 3: Αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών διαπερατότητας	16
Πίνακας 4: Permeability and drainage characteristics of soil (Terzaghi et al., 1996).....	16
Πίνακας 5. Στοιχεία Γεωτρήσεων	18

ΣΧΕΔΙΑ

Σχέδιο 1. Θέση Χώρου Μελέτης.....	3
Σχέδιο 2. Χώρος Υπογείου	4
Σχέδιο 3. Χώρος Ισογείου	4
Σχέδιο 4. Τομές Εργου	5
Σχέδιο 5. Μέρος Γενικού Γεωλογικού Χάρτη της Κύπρου (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης)	6
Σχέδιο 6. Θέσεις γεωτρήσεων	9
Σχέδιο 7. Geological Section between BH-1 and BR-2	10
Σχέδιο 8. Geological Section between BH-2 and BH-1.....	11
Σχέδιο 9. Geological Section between BH-2 and BR-2.....	12
Σχέδιο 10. Geological Section between BR-1 and BH-2.....	13
Σχέδιο 11. Geological Section between BR-1 and BR-2	14
Σχέδιο 12. Geological Section between BR-1 and BH-1.....	15
Σχέδιο 13. Θέσεις Γεωτρήσεων και δεξαμενής δοκιμαστικής Αντλησης	19

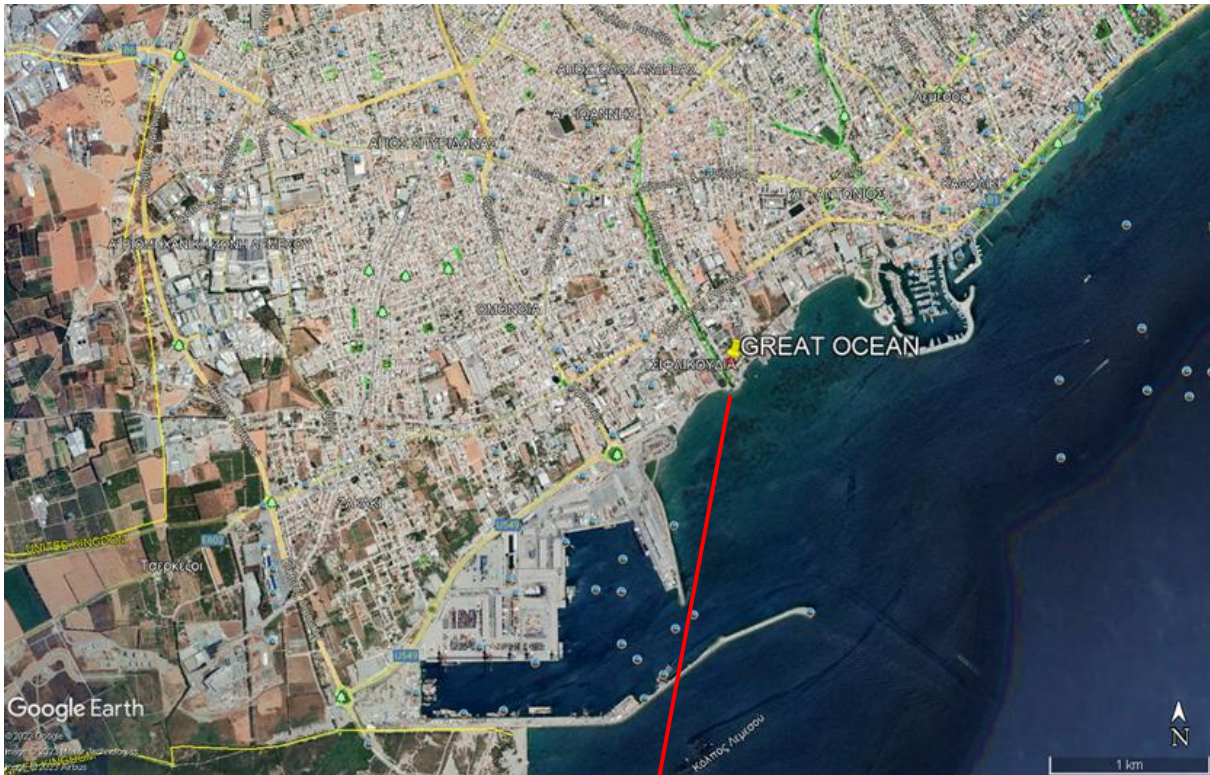
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα έκθεση παρουσιάζει τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής άντλησης, σκοπός της οποίας είναι ο καθορισμός της διαπερατότητας του υπεδάφους στο χώρο του έργου "GREAT OCEAN" στη παραλιακή ζώνη Λεμεσού. Τα στοιχεία αυτά σκοπό έχουν να βοηθήσουν τους μελετητές του έργου και συγκεκριμένα αυτών που ασχολούνται με τη ΜΕΕΠ από την κατασκευή του έργου να:

- υπολογίσουν τις ποσότητες άντλησης για ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου νερού,
- καθορίσουν τη διαδικασία άντλησης (αριθμός και βάθος σημείων άντλησης),
- τη μεθοδολογία και τον τρόπο διαχείρισης του αντλούμενου νερού, που περιλαμβάνει
 - χρήση για τις τρέχουσες, καθημερινές ανάγκες
 - για τις ανάγκες των κατασκευαστικών εργασιών (διαβροχή του εργοταξίου για να μην παράγονται σκόνες,
 - επαναφόρτιση των περισσευμάτων στο υπέδαφος μέσω φρεάτων ή δεξαμενών, ή ακόμα και
 - απομάκρυνση τους μέσω οχετού ομβρίων ή σε αδειοδοτημένο χώρο απόρριψης, ή αν παραχωρηθεί άδεια από τις αρμόδιες Αρχές ακόμα
 - και η απόρριψη του στη θάλασσα.

Ο χώρος μελέτης καλύπτεται από το τεμάχιο 224 Φ/Σ 59/010602 και βρίσκεται βόρεια του Καρνάγιου, μεταξύ της Μαρίνας και του Λιμανιού Λεμεσού, σε απόσταση ~50m από τη θάλασσα. Ο χώρος είναι γενικά επίπεδος με μια ελαφριά κλίση προς τα νότια. Η γεωγραφική θέση και η μορφολογία του τεμαχίου παρουσιάζεται στα Σχέδια 1 και 2.

Το έργο προνοεί ένα πολυώροφο κτήριο, ψηλό ισόγειο και 20 ορόφους με υπόγειο, που προϋποθέτει εκσκαφή της τάξης των 5,0-5,5 περίπου μέτρων. Η στατική στάθμη του υπόγειου νερού βρίσκεται στα 2.40-2.54 μέτρα κάτω από την υφιστάμενη επιφάνεια του εδάφους στο χώρο του οικοπέδου, πράγμα που προϋποθέτει ταπείνωση της στάθμης του κατά 3,5 τουλάχιστο μέτρα.



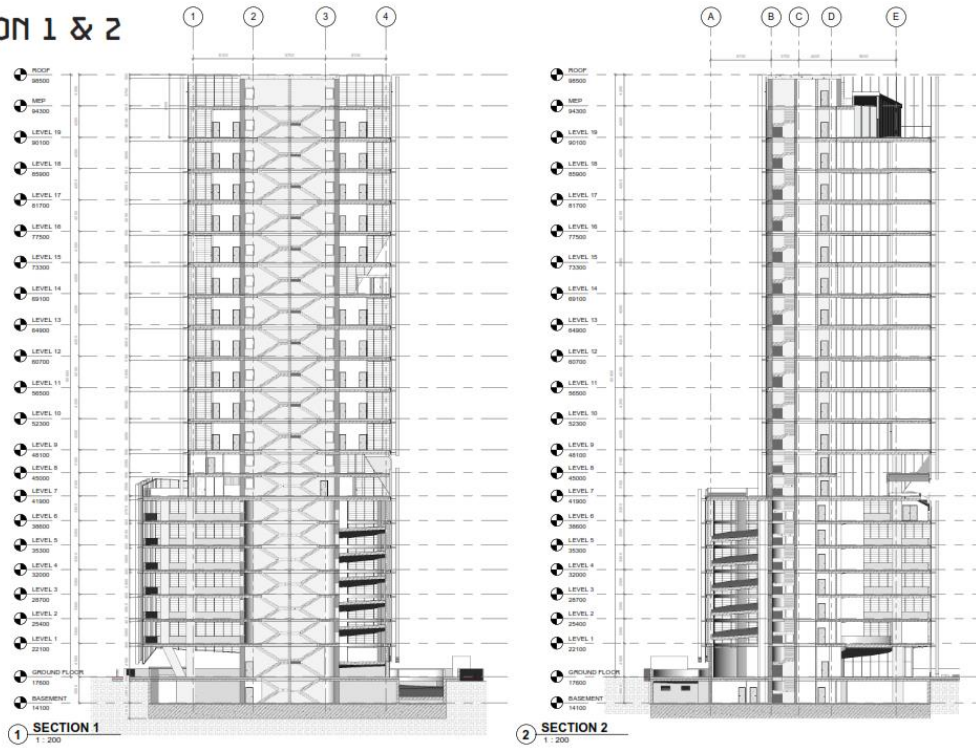
Σχέδιο 1. Θέση Χώρου Μελέτης

SECTIONS & ELEVATIONS

EMELIS PAPACHRISTOU ARCHITECTS

THE GREAT OCEAN BUILDING

SECTION 1 & 2



SCHERRTIC DESIGN

Σχέδιο 4. Τομές Εργου

2. ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Από γεωλογικής σκοπιάς, η ευρύτερη περιοχή δομείται από αλλουβιακές προσχώσεις σημαντικού πάχους, πέραν των 100 μέτρων, αποτέλεσμα της “γεωλογικής” δράσης των επιφανειακών νερών -διάβρωσης και μεταφοράς-, οι οποίες έχουν, πέραν της διαβρωτικής δράσης των ποτάμιων νερών, υποστεί και τη διαβρωτική δράση της θάλασσας, αφού μέρος αυτών έχει αποτεθεί στην παράκτια ζώνη τόσο στη ξηρά όσο και στη θάλασσα.

Βόρεια του χώρου μελέτης, και συγκεκριμένα βόρεια του αυτοκινητόδρομου Λευκωσίας – Λεμεσού – Πάφου, εμφανίζονται τα βαθιάς θάλασσας ιζήματα του γεωλογικού σχηματισμού «Πάχνας», που αντιπροσωπεύονται από μαργαϊκές κρητίδες και μάργες. Από πληροφορίες που υπάρχουν στη περιοχή το πάχος των προσχώσεων αυξάνεται σημαντικά προς νότο μέχρι και πολλές δεκάδες μέτρα, μέχρι και πέραν των 100 μέτρων. Πιθανώς δε να εντοπίζονται και ιζήματα του σχηματισμού Λευκωσίας μεταξύ των παράκτιων αποθέσεων και του σχηματισμού Πάχνας. Από τις περιγραφές βαθιών γεωτρήσεων που έγιναν από το ΤΓΕ στα πλαίσια της μικροζωνικής μελέτης της παραλιακής ζώνης Λεμεσού, κάποια από τα ιζήματα που εντοπίστηκαν στη βάση των παράκτιων αποθέσεων θα μπορούσαν να αποδοθούν στο σχηματισμό Λευκωσίας.

Ο γεωλογικός συσχετισμός των πιο πάνω με τη γενικότερη γεωλογική δομή της περιοχής παρουσιάζεται στον πίνακα 1 και στο γεωλογικό χάρτη του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης (Τρόδος – Ακρωτήρι), που παρουσιάζεται στο σχέδιο 2, που ακολουθεί.

Η διαδοχή των διαφόρων εδαφολογικών τύπων, που δομούν το χώρο, με τη κατάταξη τους σε γεωτεχνικές ενότητες, παρουσιάζεται στα επόμενα κεφάλαια και με λεπτομέρεια στην έκθεση που ετοιμάστηκε από την TECHNOLAB το 2022.



Σχέδιο 5. Μέρος Γενικού Γεωλογικού Χάρτη της Κύπρου (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης)

Approximate Geological Age	Formal lithostratigraphic classification	General description
Quaternary-Recent (Pleistocene to Present!)	Man Made Ground	Made ground mainly Port and areas of excavations and quarries
	In situ deposits	Superficial deposits: eluvial and colluvial deposits
	Modern Alluvium and Beach Deposits	Heterogeneous non-terrace, fluvial, deltaic and beach deposits: sand, silt, gravel and cobbles
	Older Alluvium River Terrace Deposits, Recent, Deltaic and beach/marine dep.	Gravelly facies: terrace deposits characterized by a predominant gravel/cobble fraction Sandy/silty facies: terrace or recent deposits characterized by a predominant sand and silt fraction with frequent gravel/cobble lenses Deposits with surficial secondary carbonate cementation
Quaternary (Pleistocene)	Athalassa member of Nicosia Formation	Thinly to thickly laminated sandy marl
		Conglomerate and cemented gravel with sand, marl matrix
Tertiary-Quaternary (Pliocene- lower Pleistocene)	Nicosia Formation	Massive to thickly laminated marl and sandy marl
Tertiary (Pliocene)	Nicosia Formation	Massive to thickly laminated marl and sandy marl
Tertiary (Upper Miocene/ Messinian)	Pakhna/Kalavassos Formation	Gypsum bodies, Marl, sandy marl and chalky marl, locally gypsum bearing
Tertiary (Upper Miocene)	Pakhna/Koronia Limestone	Reef Limestone
Middle to Upper Miocene	Pakhna Upper Sequence	Limestone, Calcarenite Silty Sandstone, Marls, Sandy Limestones, Chalks (Shale – Limestone of Pantazis)
Middle Miocene	Pakhna Chalk and Marl sequence	Chalk and Marl
	Pakhna Lower Sequence	Massive and Cleaved Chalk
Paleocene to Eocene	Lefkara Formation	Upper Marl, Chalk and Marl Upper Chalks Chalk and Chert Lower Marl
Upper Campanian/ Maastrichtian	Moni Melange	Olistholiths / Older blocks of quartz sandstone, siltstone, serpentinite and lavas in a bentonitic clay and silty matrix.

Μόνο οι τρεις πρώτες ομάδες εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης μέχρι το βάθος των 100 περίπου μέτρων.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά του Υπεδάφους στο χώρο μελέτης

Στο χώρο του σκοπούμενου έργου, έχουν αποθεθεί σημαντικές ποσότητες προσχώσεων, πάχους πολύ πέραν των 40 μέτρων που ανορύχθηκαν οι γεωτρήσεις και κατά πάσα πιθανότητα πέραν των 100 μέτρων σύμφωνα με γεωτρήσεις που έγιναν στο χώρο του λιμανιού. Ως γνωστό οι ποτάμιες και παράκτιες/ θαλάσσιες αποθέσεις χαρακτηρίζονται από συχνές απότομες ή σταδιακές εναλλαγές των διαφόρων εδαφολογικών τύπων λόγω του τρόπου δημιουργίας τους (αυξομειώσεις της ροής των ποταμών/χειμάρρων, πλημμύρες, συχνή αλλαγή της κοίτης κλπ, και μετέπειτα «επεξεργασία» από τη θάλασσα). Αυτές ακριβώς οι ιδιομορφίες χαρακτηρίζουν και την υπό μελέτη περιοχή. Όπως γίνεται αντιληπτό και από τις γεωλογικές τομές στα σχέδια 7- 12, και τις περιγραφές των γεωτρήσεων, οι διάφορες εδαφολογικές στρώσεις έχουν εξ' ανάγκης ομαδοποιηθεί για σκοπούς παρουσίασης στις τομές για να γίνεται εύκολα αντιληπτή η κατάσταση του υπεδάφους. Στην πραγματικότητα όμως η κατάσταση είναι αρκετά πιο πολύπλοκη λόγω των συχνών εναλλαγών (απότομων ή/και σταδιακών) τόσο σε οριζόντια όσο και κατακόρυφη κατεύθυνση. Στα προσχωματικά εδάφη έχει αναπτυχθεί, κατά τόπους πιο έντονα και κατά τόπους λιγότερο έντονα, στρωμάτωση η οποία είναι αποτέλεσμα των αλλαγών της κοκκομετρικής διαβάθμισης, του χρώματος και λιγότερο της πυκνότητας των εδαφών. Κάτω από τις προσχώσεις, κατά πάσα πιθανότητα σε βάθος πέραν των 100 μέτρων, ακολουθεί είτε ο γεωλογικός σχηματισμός της «Πάχνας», που αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα μάργας, ασβεστολιθικού ψαμμίτη και μαργαϊκής κρητίδας/κρητιδικής μάργας με, κατά τόπους, στρώματα ψαμμίτη και ασβεστόλιθου, είτε από μάργες και ψαμμίτες του γεωλογικού σχηματισμού Λευκωσίας, που είναι και το πιο πιθανό.

Όπως γίνεται αντιληπτό, από την περιγραφή πιο πάνω, από γεωλογικής άποψης εντοπίζεται μόνο ένας γεωλογικός σχηματισμός μέχρι το βάθος των 40 μέτρων που έχουν ληφθεί στοιχεία από τις γεωτρήσεις:

➤ Τα προσχωματικά εδάφη (ποτάμιες, παράκτιες/θαλάσσιες αποθέσεις)

Τα προσχωματικά εδάφη αντιπροσωπεύονται από διάφορους εδαφολογικούς τύπους, που διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά τόσο την κοκκομετρική τους διαβάθμιση όσο και το χρώμα και τη πυκνότητα τους. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι και η συγκόλληση των κόκκων, η οποία ποικίλλει από πολύ ισχνή ως ισχνή. Μπορούν δε να καταταγούν σε δύο ομάδες με τους πιο κάτω εδαφολογικούς τύπους:

A. ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ

A.1. Επιφανειακά κόκκινο-καφέ και καστανοκαφέ χρώματος εδάφη όπου υπερτερούν οι ιλύες και άργιλοι και αντιπροσωπεύουν τις σύγχρονες ποτάμιες αποθέσεις. Φθάνουν μέχρι το βάθος των 3,5-4,5 μέτρων.

A.2. Ανοικτού γκρι ως υποκίτρινου και μπεζ χρώματος εδάφη τα οποία είναι μίγμα Αργιλικής Αμμοίλυος και Αμμου εμποτισμένο με δευτερογενές ανθρακικό ασβέστιο. Εντοπίζονται κάτω από τα επιφανειακά εδάφη σε βάθη μεταξύ 3,00 – 7,00 μέτρων με πάχη που κυμαίνονται μεταξύ 0,80 και 2,50 μέτρων.

A.3. Εδάφη σε γκρίζες αποχρώσεις που υπερτερεί η άμμος με διάφορα ποσοστά ιλύος και αργίλλου. Εντοπίζονται κάτω από την ομάδα A.2, φθάνουν και συνεχίζουν μέχρι και πέραν των 40 μέτρων εναλλασσόμενα με στρώσεις αμμούχων χαλικιών διαφόρων μεγεθών.

Όλα τα πιο πάνω λεπτόκοκκα εδάφη αποτελούνται, κυρίως, από ανθρακικό ασβέστιο, γιατί προέρχονται από τη διάβρωση των ανθρακούχων ιζημάτων των σχηματισμών Πάχνας και Λευκάρων, που βρίσκονται βόρεια της Λεμεσού. Στην ομάδα Α.2 υπάρχει και ποικίλο ποσοστό πυριγενούς προέλευσης υλικών γι' αυτό και το χρώμα τους μεταβάλλεται κατά τόπους σε ανοικτό κιτρινο-γκρι λόγω της ανάμιξης των υλικών αυτών με τα ανοικτόχρωμα υλικά.

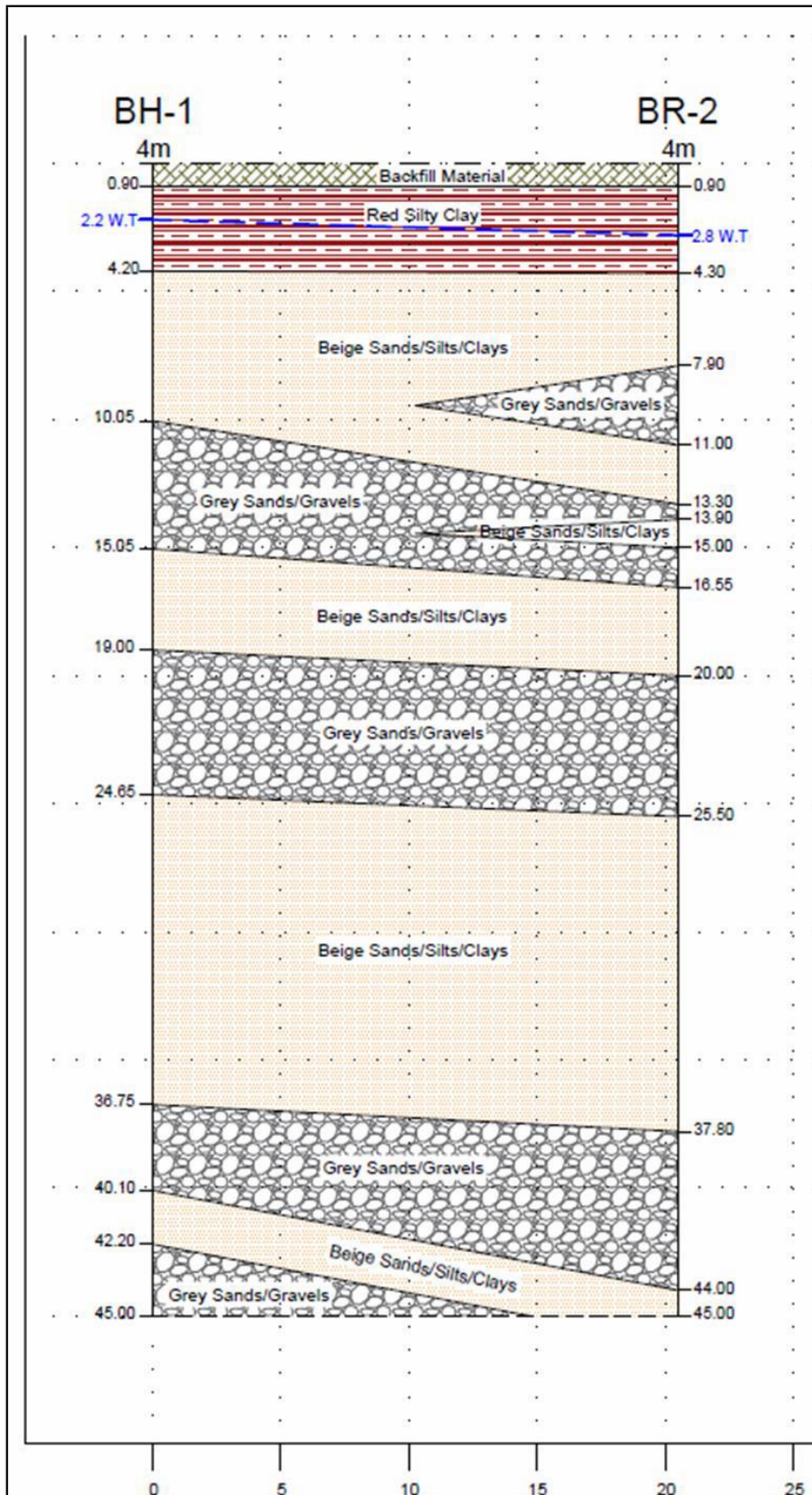
Β. ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ

Αποτελούνται από ιλιούχα, αμμούχα, υποστρόγγυλα, λεπτόκοκκα ως μεσόκοκκα, κατά το πλείστο, χαλίκια με φακούς από λεπτόκοκκα υλικά ως πιο πάνω. Προέρχονται τόσο από πυριγενή, κυρίως, συνήθως σκούρου γκριζου χρώματος, όσο και από ιζηματογενή πετρώματα, ανοικτών χρωμάτων. Εντοπίζονται σε διάφορα βάθη, όπως φαίνεται στις γεωλογικές τομές, όπου παρουσιάζεται η κατανομή όλων των πιο πάνω τύπων εδαφών γενικευμένα. Η σχέση τους με τα παλαιότερα ιζήματα φαίνεται στο πίνακα 1 και στο γεωλογικό χάρτη στο σχ. 4. Οι μηχανικές τους παράμετροι παρουσιάζονται με λεπτομέρεια στην έκθεση που ετοιμάστηκε από την εταιρεία TECHNOLAB το 2022.

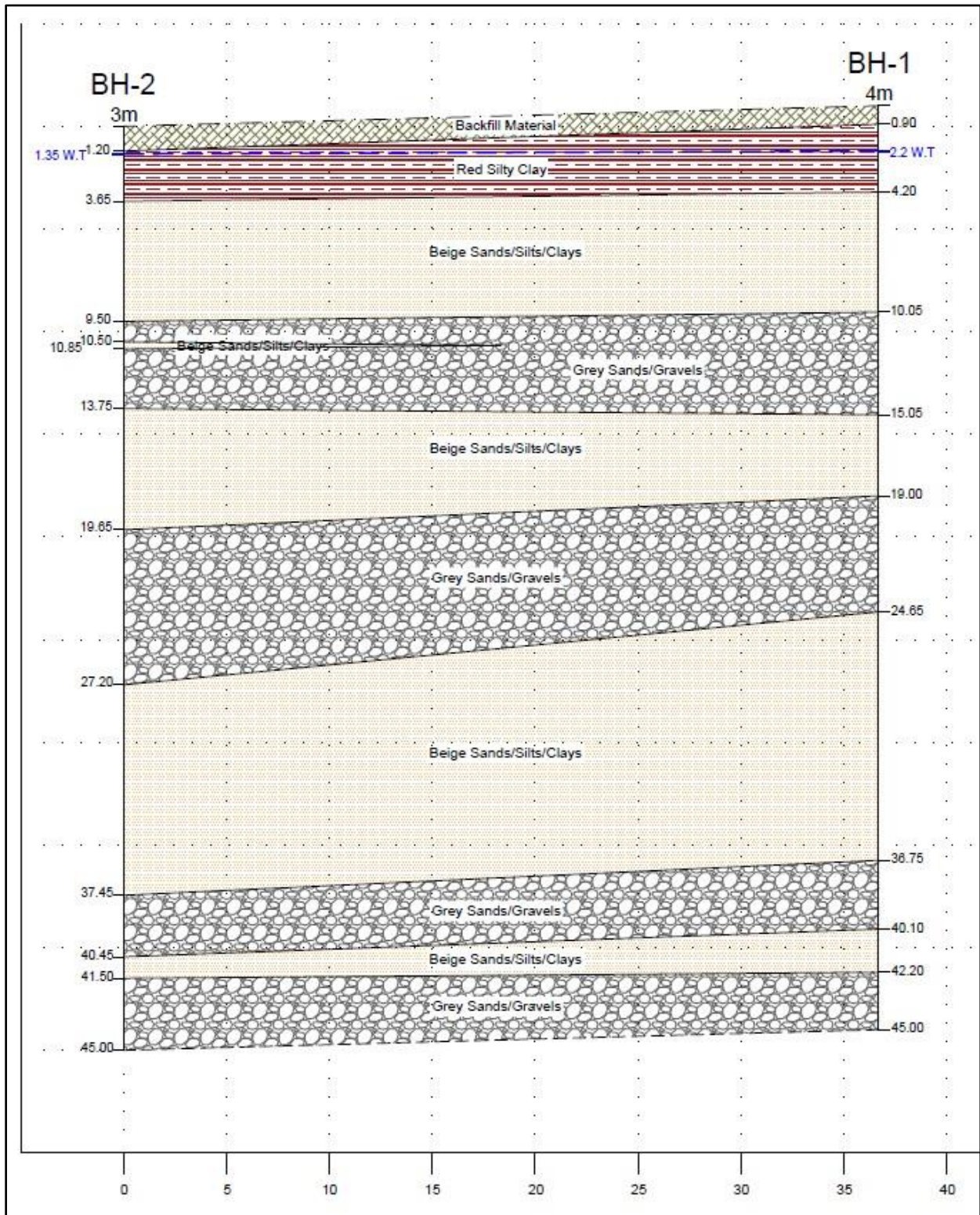


Σχέδιο 6. Θέσεις γεωτρήσεων

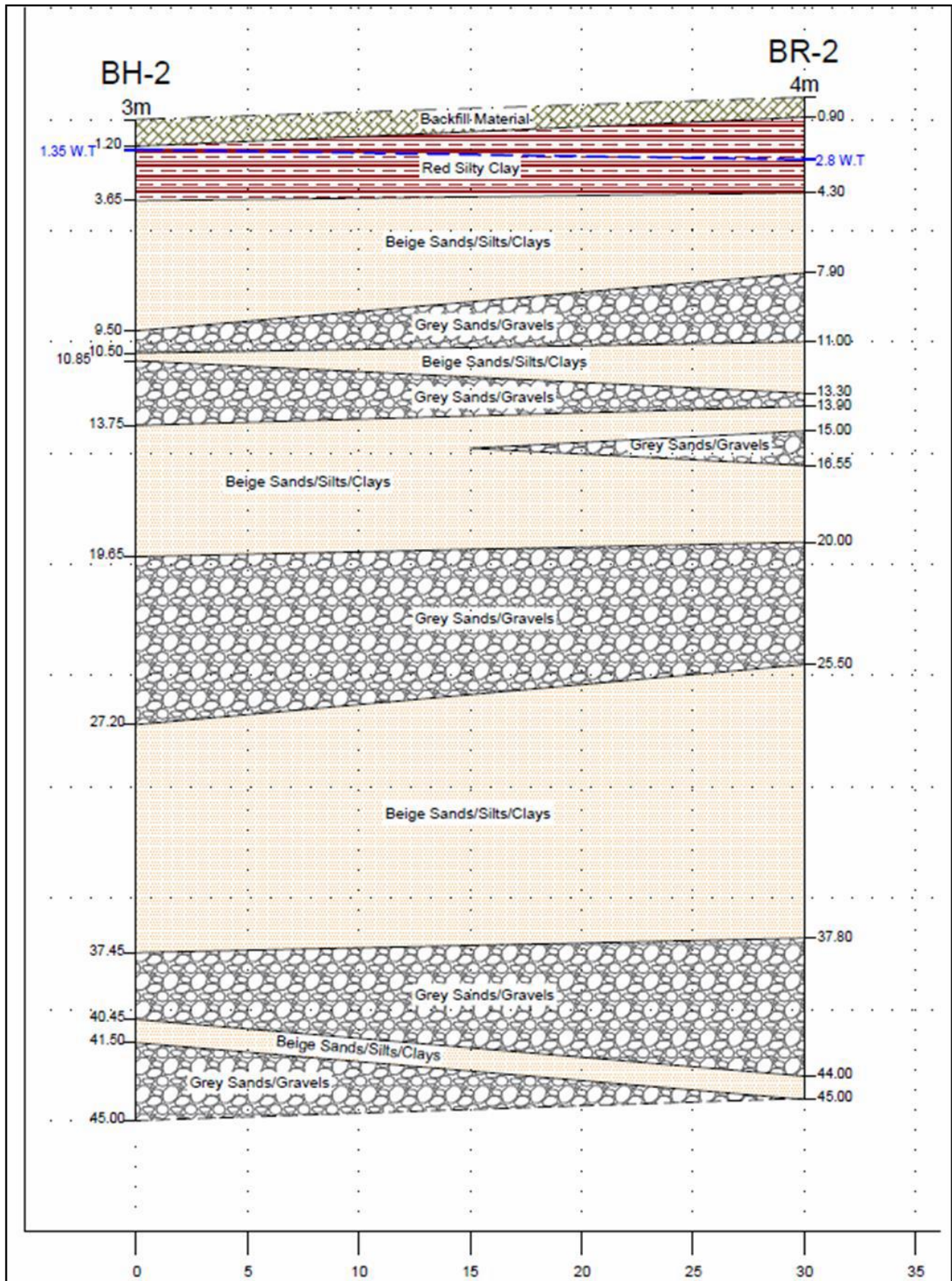
Ακολουθούν στη συνέχεια διάφορες γεωλογικές τομές, που ετοιμάστηκαν από την TECHNOLAB.



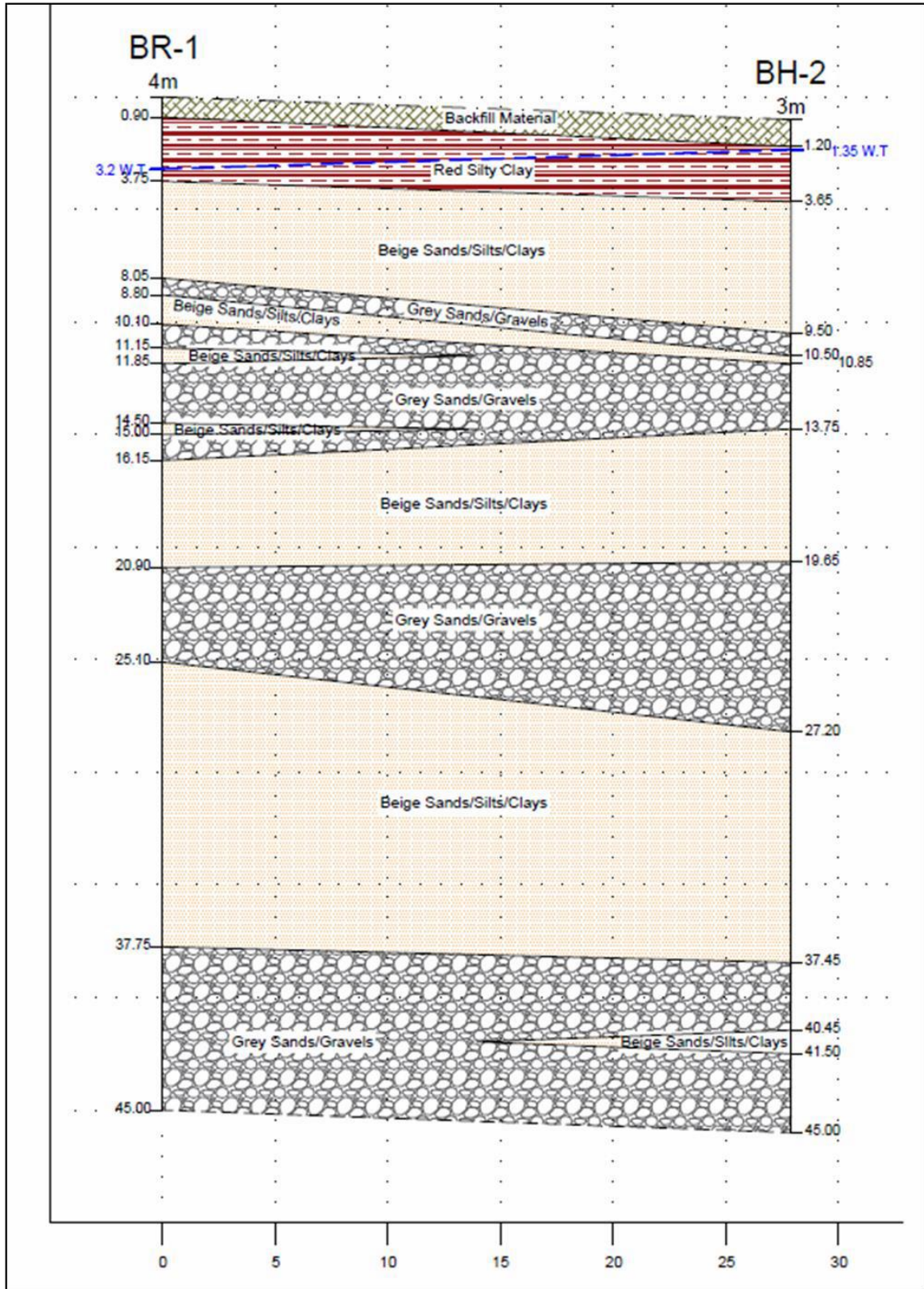
Σχέδιο 7. Geological Section between BH-1 and BR-2



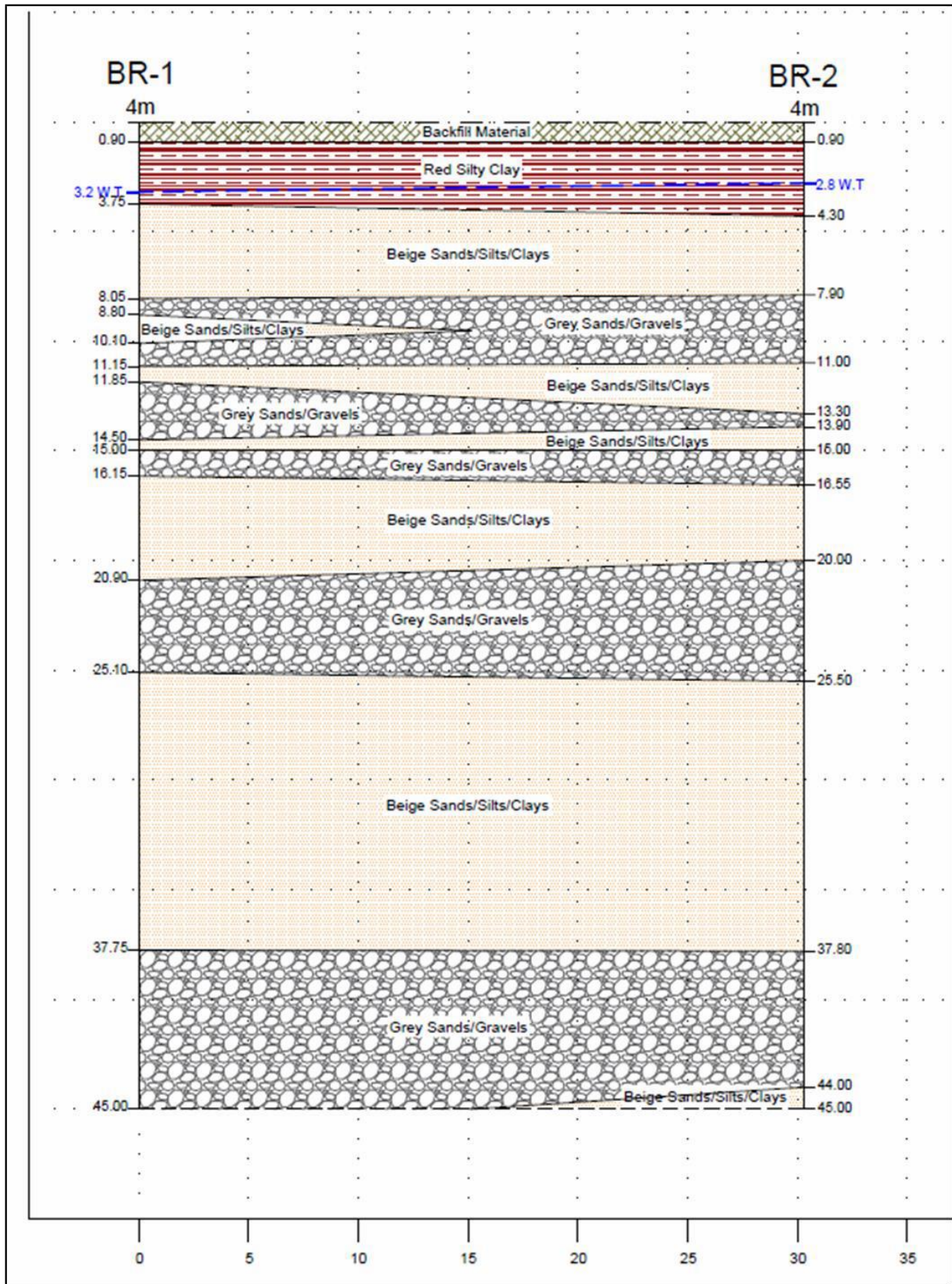
Σχέδιο 8. Geological Section between BH-2 and BH-1



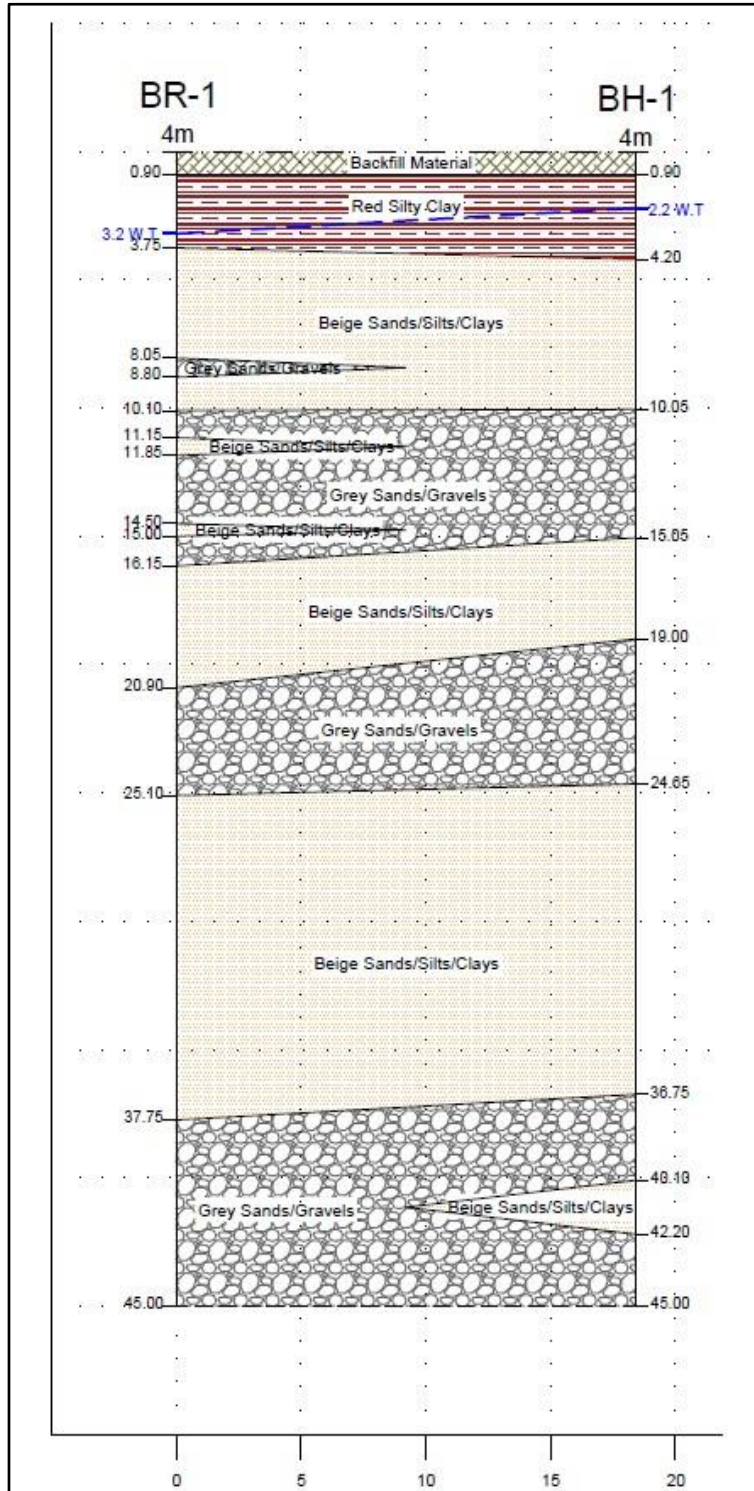
Σχέδιο 9. Geological Section between BH-2 and BR-2



Σχέδιο 10. Geological Section between BR-1 and BH-2



Σχέδιο 11. Geological Section between BR-1 and BR-2



Σχέδιο 12. Geological Section between BR-1 and BH-1

4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Υπόγειο νερό έχει συναντηθεί σε όλες τις γεωτρήσεις σε μικρό βάθος με στατική στάθμη στα 2.40-2.70 μέτρα, ανάλογα με το υψόμετρο της κάθε γεώτρησης.

Πίνακας 2: Στατικές στάθμες υπόγειου νερού κατά την διενέργεια της δοκιμαστικής άντλησης

BH No	PW1	OW1	OW 2	DW	OW3	OW4
Βάθος από επιφάνεια εδάφους m	2.70	2.56	2.40	2.40	2.43	2.54

Έχουν γίνει και επί τόπου δοκιμές διαπερατότητας με τη μέθοδο Falling Head τόσο από την GEOINVEST LTD σε διπλανά οικόπεδα όσο και από την TECHNOLAB LTD στον συγκεκριμένο χώρο του έργου. Τα αποτελέσματα έχουν, συνοπτικά, ως ακολούθως:

Πίνακας 3: Αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών διαπερατότητας

Group	Coefficient of Permeability, Ks cm/sec.
A1 Σύγχρονα ερυθροφαιά Αλλούβια	$1.1 \times 10^{-6} - 2.9 \times 10^{-6}$
A2, A3 Λεπτόκοκκα αργιλικά αμμοϊλουύχα εδάφη, μπεζ, γκρι χρώματος	$1.2 \times 10^{-6} - 3.8 \times 10^{-6}$
Αμμούχες στρώσεις υποκίτρινου, μπεζ και γκρι χρώματος μέσα στους οριζόντες A2, A3.	$6.5 \times 10^{-5} - 9.5 \times 10^{-4}$
Χαλίκια με διάφορα ποσοστά άμμου και ιλύος	>2m/day depending on content of fines $4,04 \times 10^{-2} - 1,05 \times 10^{-3}$

Πίνακας 4: Permeability and drainage characteristics of soil (Terzaghi et al., 1996)

cm/s	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰
		Sand+Gravel	Sa	Si+Sa	Clay + Silt						
		Good				Poor		Practically Impervious			
Clean Gravel		Clean sands, clean sand and gravel mixtures				Very fine sands, organic and inorganic silts, mixtures of sand silt and clay, glacial till, stratified clay deposits etc		"Impervious" soils, e.g. homogenous clays below zone of weathering.			
					"Impervious" soils modified by effects of vegetation and weathering.						

Με βάση τα πιο πάνω θα μπορούσε να εξαχθεί το συμπέρασμα πως με εξαίρεση τα σύγχρονα ερυθροφαιά αλλούβια που καταλαμβάνουν το ανώτερο μέρος του χώρου μέχρι το βάθος των ~3-5 μέτρων τα υπόλοιπα εδάφη παρουσιάζουν μέση ως ψηλή διαπερατότητα.

Δοκιμαστική άντληση

Στα πλαίσια της μελέτης αυτής έγινε μια δοκιμαστική άντληση σε συνδυασμό με δοκιμή επαναφόρτισης. Για το συγκεκριμένο σκοπό έγιναν δύο μεγάλης διαμέτρου (800 mm) γεωτρήσεις βάθους 12 μέτρων με γεωτρήπανο τύπου auger στις οποίες τοποθετήθηκαν διάτρητες πλαστικές σωλήνες διαμέτρου 300 mm και γύρω από αυτές χαλικόφιλτρο. Η μια από αυτές, με τα χαρακτηριστικά Pumping Well - PW, χρησιμοποιήθηκε για άντληση και η άλλη με τα χαρακτηριστικά Recharge Well – RW για διοχέτευση του αντλούμενου νερού στο υπέδαφος. Δίπλα από την κάθε μια ανορύχθηκαν επίσης και δύο μικρής διαμέτρου (125 mm) γεωτρήσεις βάθους 10 μέτρων, σε απόσταση 3,20 – 7,65 μέτρων από τις δύο μεγάλης διαμέτρου γεωτρήσεις, που χρησιμοποιήθηκαν σαν παρατηρητήρια κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Δίπλα από την DW έγινε επίσης εκσκαφή διαστάσεων 5,8*12,5*1,6 m συνολικής χωρητικότητας 116 m³ και συνολικής επιφάνειας 131 m².

Η δοκιμή άντλησης με σταθερή ποσότητα άντλησης 27 m³/ώρα διάρκεσε 6 ώρες και ακολούθησε η παρακολούθηση της στάθμης για άλλες 24 ώρες μετά την διακοπή της άντλησης. Κατά τη διάρκεια της άντλησης, το αντλούμενο νερό διοχετευόταν για 3 ώρες μέσα στην γεώτρηση DW και στη συνέχεια μέσα στη δεξαμενή.

Με βάση το χρόνο που χρειάστηκε η ποσότητα του νερού μέσω της δεξαμενής να διηθηθεί μέσα στο υπέδαφος που αποτελείται από τα ερυθροφαιά αργιλοίλουχα εδάφη υπολογίστηκε ότι η διήθηση νερού μέσα από αυτά τα εδάφη είναι της τάξης των 0,8 m³/m²/day με μέσο ύψος νερού 0.8 μ. Μέσα από δεξαμενή των πιο πάνω διαστάσεων μπορεί επομένως να διηθηθεί ποσότητα νερού της τάξης των 105 m³/μέρα.

Η δυνατότητα διήθησης νερού μέσω της γεώτρησης είναι μεγάλη κρίνοντας από τη ταχύτητα ανόδου και πτώσης της στάθμης μέσα στη γεώτρηση. Σε διάρκεια 3 ωρών, 81 m³ νερού διοχετεύτηκαν στο υπέδαφος με άνοδο της στάθμης λιγότερο από ένα μέτρο και με πλήρη επαναφορά της στάθμης σε λιγότερο από 2 ώρες. Πράγμα που μπορεί να ερμηνευτεί πως υπάρχει δυνατότητα διήθησης 31 m³/m²/day.

Από τα πιο πάνω γίνεται αντιληπτό πως μέσα από γεώτρηση βάθους 40 μέτρων και διαμέτρου ενός μέτρου με επιφάνεια διήθησης της τάξης των 250 m², η δυνατότητα διήθησης είναι πολύ μεγάλη.

Οι δεξαμενές μπορούν επίσης να γίνουν πιο βαθιές για αύξηση της δυνατότητας διήθησης. Επιπρόσθετα θα εξαμιζεται και ένα σημαντικό μέρος του αντλούμενου νερού, ιδιαίτερα αν η αποστράγγιση γίνει καλοκαίρι. Οπότε ένας συνδυασμός δεξαμενών και γεωτρήσεων θα διευκολύνει την προσπάθεια αποστράγγισης.

Τα στοιχεία που λήφθηκαν από τη δοκιμαστική άντληση χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό της διαπερατότητας του υπεδάφους που έχει ως ακολούθως:

Πίνακας 5. Στοιχεία Γεωτρήσεων

BH	DEPTH m	DIAMETER cm	CASING Diam cm	SWL m	Distance from PW/RW
PW	12	80	30	2,40	
OW1 (PW)	10	12,5	No casing	2,40	3,20
OW2 (PW)	10	12,5	No casing	2,40	7,65
DW	12	80	30	2,40	
OW3 (RW)	10	12,5	No casing	2,43	3,20
OW4 (RW)	10	12,5	No casing	2,54	6,20

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων στις γεωτρήσεις και η ανάλυση τους παρουσιάζονται στους πίνακες και στα γραφήματα που ακολουθούν.

Γεώτρηση PW			
	Permeability		Transmissivity m ² /day
	cm/s	m/day	
Drawdown Jacob Method	3.27*10 ⁻³	2.83	28.3
Recovery Jacob method	1.15*10 ⁻³	0.99	10.0
Γεώτρηση OW 1 παρατηρητήριο γεώτρησης PW στα 2.70 m			
Drawdown Theis	1.13*10 ⁻²	9.76	98.0
Recovery Theis	3.50*10 ⁻³	3.00	30.0
Γεώτρηση OW 2 παρατηρητήριο γεώτρησης PW στα 7.65 m			
Drawdown Theis	1.35*10 ⁻²	11.7	117.0
Recovery Theis	9.60*10 ⁻³	8.3	83.00

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της δοκιμαστικής άντλησης έγινε με τις δύο πιο βασικές και αποδεκτές μεθόδους, “Theis Recovery” και Jacob. Από τις μετρήσεις ετοιμάστηκαν γραφήματα της ανύψωσης της στάθμης του νερού στις γεωτρήσεις παρατήρησης σε σχέση με τον λόγο του ολικού χρόνου μέτρησης προς το χρονικό σημείο της κάθε μέτρησης. Με τη χρήση της βέλτιστης ευθείας του γραφήματος που δημιουργήθηκε και λαμβάνοντας υπόψη διάφορους άλλους παράγοντες όπως: η απόσταση της κάθε φρεατίου γεώτρησης παρατήρησης από τη γεώτρηση άντλησης, η σταθερή ροή άντλησης, το πάχος του κορεσμού του υδροφόρου κτλ, υπολογίστηκε η συνολική διαπερατότητα του χώρου στα 0,99 – 11,70 μέτρα ανά μέρα, ενώ στα καθαρά χαλίκια μπορεί να φθάσει πολύ πιο ψηλά.

Για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιήθηκε και η μέθοδος Jacob με τη βοήθεια της οποίας καθορίστηκε και η αποθηκευτικότητα του υδροφορέα. Περισσότερες λεπτομέρειες καθώς και τα γραφήματα που δημιουργήθηκαν από τις μετρήσεις παρουσιάζονται στο παράρτημα 1 που ακολουθεί.



Σχέδιο 13. Θέσεις Γεωτρήσεων και δεξαμενής δοκιμαστικής Αντλησης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ

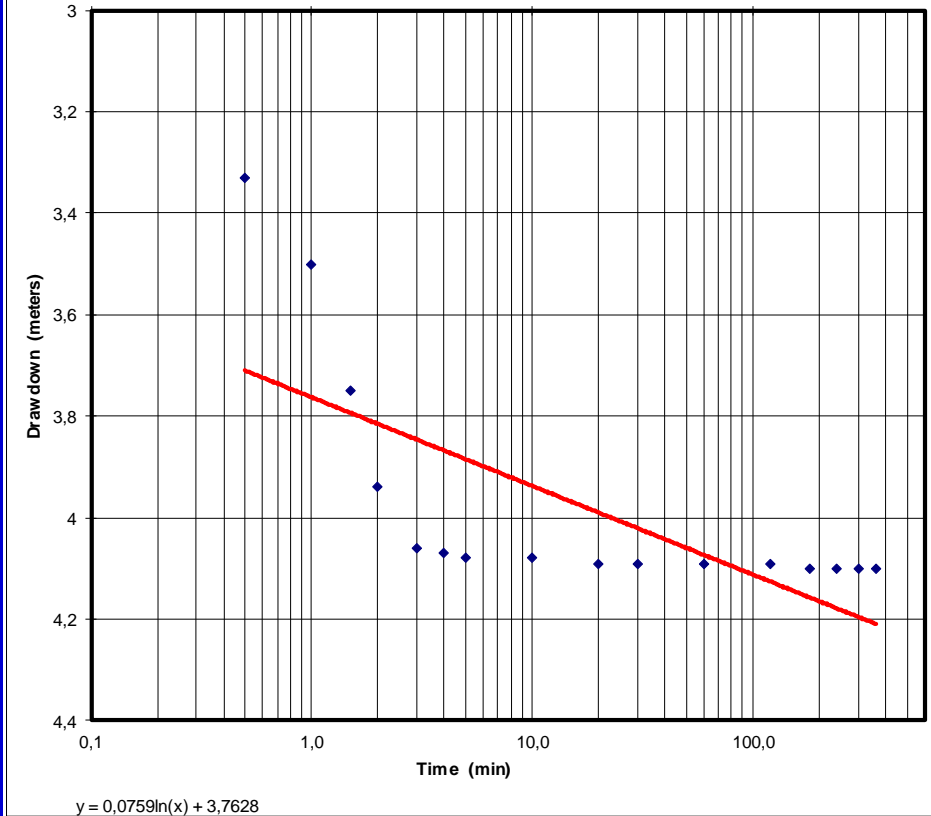
CONSTANT DISCHARGE PUMPING TEST DRAWDOWN IN PUMPING WELL

PROJECT : GREAT OCEAN
Measuring Point: Ground Surface
Constant Discharge: 27 m³/h
Initial water level: 2,40 m below ground level

Date: 11/5/2023
Pumping Well: PW
Diameter 800/300 mm
Suction at: 6.00 m

Drawdown	time (t)	
2,70	0,00	0
3,33	0,63	0,5
3,5	0,80	1,0
3,75	1,05	1,5
3,94	1,24	2,0
4,06	1,36	3,0
4,07	1,37	4,0
4,08	1,38	5,0
4,08	1,38	10,0
4,09	1,39	20,0
4,09	1,39	30,0
4,09	1,39	60,0
4,09	1,39	120,0
4,10	1,40	180,0
4,10	1,40	240,0
4,10	1,40	300,0
4,10	1,40	360,0

JACOB'S DRAWDOWN METHOD



Y = a*ln(X) + b		X	Y	Transmissivity	28,3	m ² /day
a =	0,0759	1	3,7628			
b =	3,7628	10	3,937566	Aquifer Sat. Thickness	10	m
dS =	0,174766			Permeability, k (m/d)	2,83	m/day
Q =	27					

CONSTANT DISCHARGE PUMPING TEST RECOVERY IN DISCHARGE WELL

PROJECT : GREAT OCEAN

Date: 12/5/2023

Measuring Point: Ground Surface

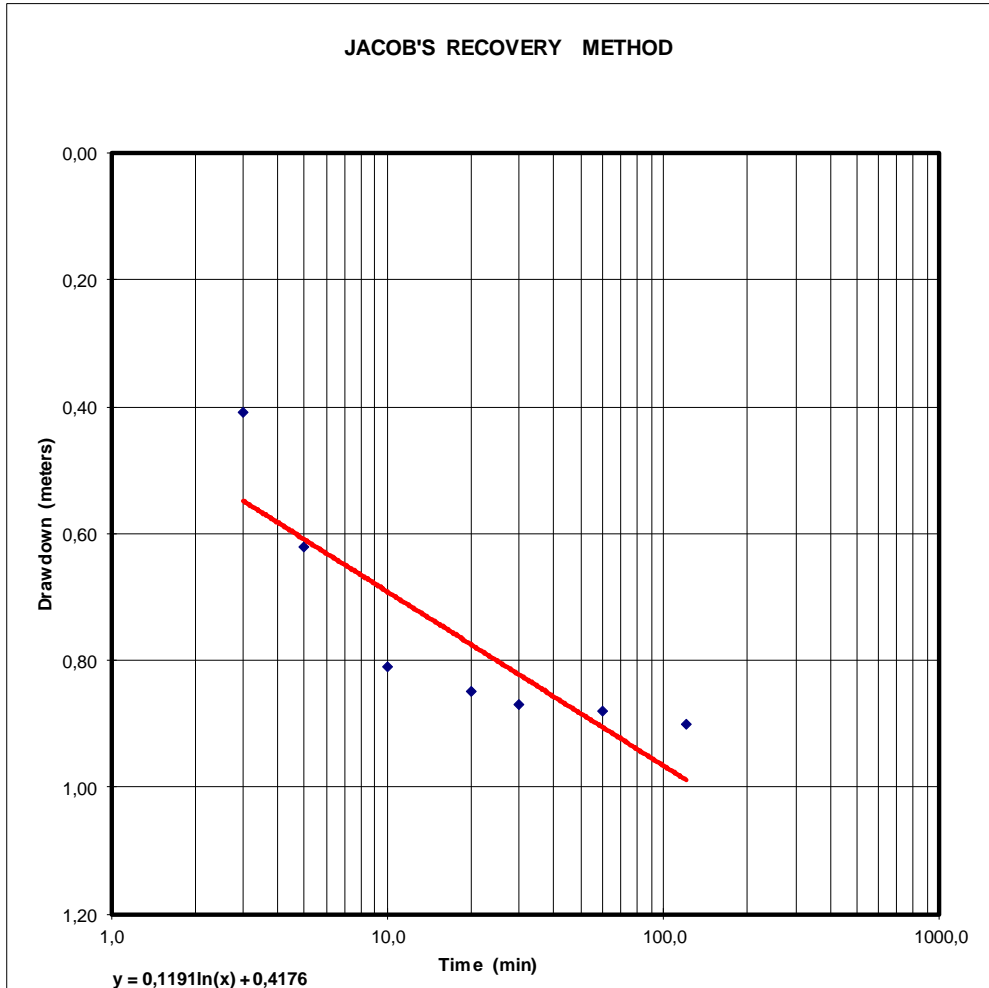
Discharge Well: DW

Constant Discharge: 27 m³/h

Diameter 800/300 mm

Initial water level: 2,40 m below ground level

Recovery	time (t)
0,00	0,0
0,41	3,0
0,62	5,0
0,81	10,0
0,85	20,0
0,87	30,0
0,88	60,0
0,90	120,00



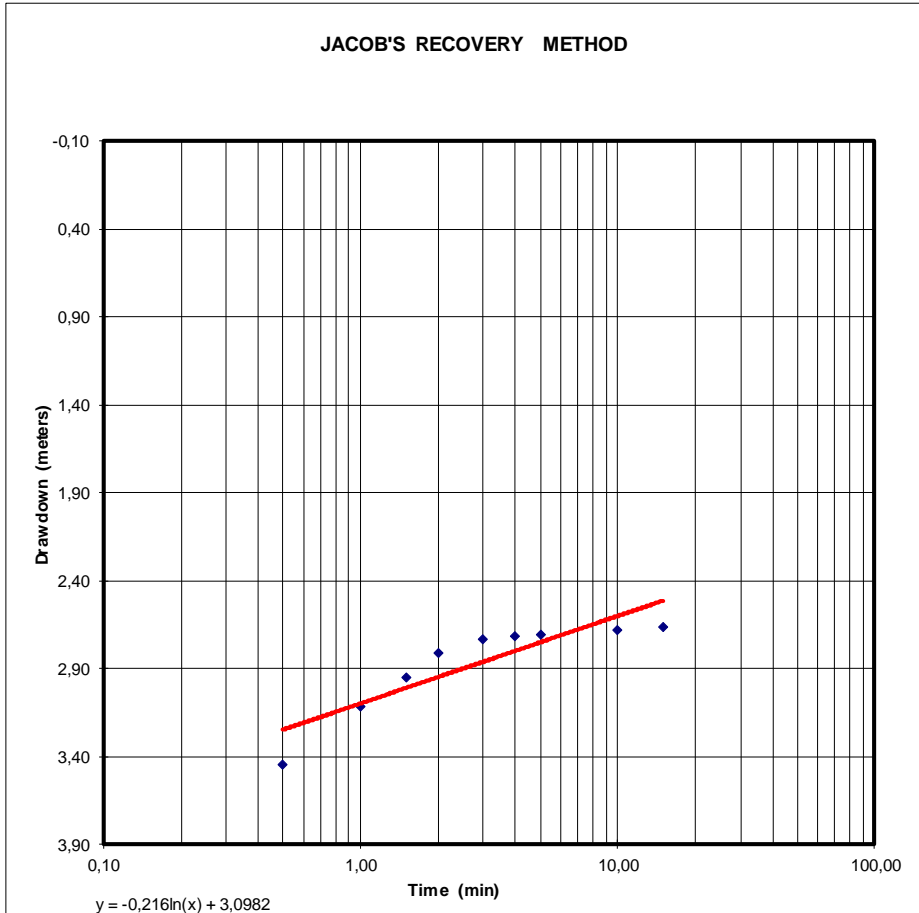
Y = a*ln(X) + b		X	Y	Transmissivity =	18	m ² /day
a =	0,1191	10	0,691837885	Aquifer Depth	10,0	m
b =	0,4176	100	0,966075769	Permeability, k	1,80	m/day
dS =	0,274238					
Q =	27					m ³ /h

CONSTANT DISCHARGE PUMPING TEST RECOVERY IN PUMPING WELL

PROJECT : GREAT OCEAN
Measuring Point: Ground Surface
Constant Discharge: 27 m³/h
Initial water level: 2,40 m below ground level

Date: 11/5/2023
Pumping Well: PW
Diameter 800/300 mm
Suction at: 6.00 m

Recovery		time (t)
4,10	0,00	0,00
3,45	0,65	0,50
3,12	0,98	1,00
2,95	1,15	1,50
2,81	1,29	2,00
2,73	1,37	3,00
2,72	1,38	4,00
2,71	1,39	5,00
2,68	1,42	10,00
2,66	1,44	15,00



Y = a*ln(X) + b		X	Y	Transmissivity =	10	m ² /day
a =	0,2160	10	3,59555838	Aquifer Depth	10,0	m
b =	3,0982	100	4,09291676	Permeability, k	0,99	m/day
dS =	0,497358					
Q =	27	m ³ /h				

**OBSERVATION WELL CONSTANT DISCHARGE PUMPING
 TEST DRAWDOWN**

PROJECT : GREAT OCEAN

Date: 11/5/2023

Measuring Point: Ground Surface

Observation Well: OW1

Constant Discharge: 27 m³/h

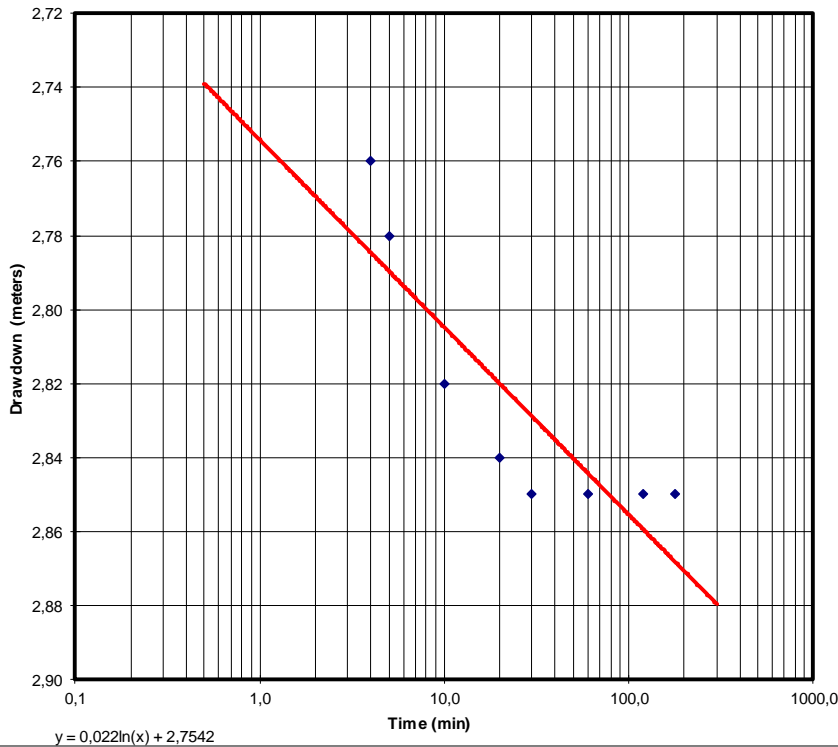
OW Diameter: 125mm

Distance between pumping and observation well: 4,35m

Initial water level: 2,40 m below ground level

DRAWDOWN (m)		TIME (min)
2,56	0	0
		0,5
		1,0
		1,5
		2,0
		3,0
2,76	0,20	4,0
2,78	0,22	5,0
2,82	0,26	10,0
2,84	0,28	20,0
2,85	0,29	30,0
2,85	0,29	60,0
2,85	0,29	120,0
2,85	0,29	180,0
		240,0
		300,0

THEIS'S DRAWDOWN METHOD



Y = a*ln(X) + b	X	Y	Transmissivity =	98	m²/day
a = 0,022	10	2,804856872	Aquifer Sat. Thickness	10,0	m
b = 2,7542	100	2,855513744	Permeability, k	9,76	m/day
dS = 0,050657			Storativity	1,2E-56	
Q = 27 m ³ /h	t₀=	1,01632E-57			
r = 4,35 m					

**OBSERVATION WELL CONSTANT DISCHARGE PUMPING
 TEST DRAWDOWN**

PROJECT : GREAT OCEAN

Date: 11/5/2023

Measuring Point: Ground Surface

Observation Well: OW2

Constant Discharge: 27 m³/h

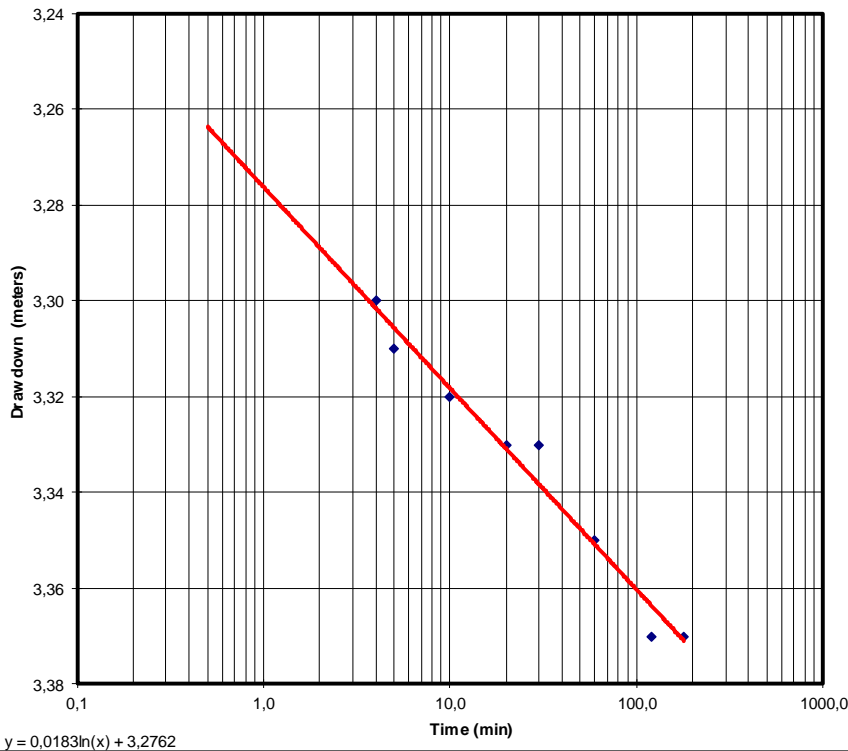
OW Diameter: 125mm

Distance between pumping and observation well: 7,65m

Initial water level: 2,40 m below ground level

DRAWDOWN (m)		TIME (min)
3,2	0	0
		0,5
		1,0
		1,5
		2,0
		3,0
3,30	0,10	4,0
3,31	0,11	5,0
3,32	0,12	10,0
3,33	0,13	20,0
3,33	0,13	30,0
3,35	0,15	60,0
3,37	0,17	120,0
3,37	0,17	180,0

THEIS'S DRAWDOWN METHOD



Y = a*ln(X) + b		X	Y	Transmissivity =	117	m ² /day
a =	0,0183	10	3,318337307	Aquifer Sat. Thickness	10,0	m
b =	3,2762	100	3,360474614	Permeability, k	11,7	m/day
dS =	0,042137			Storativity	1,91E-80	
Q =	27	t ₀ =	4,22837E-81			
r =	7,65					

OBSERVATION WELL CONSTANT DISCHARGE PUMPING TEST RECOVERY

PROJECT : GREAT OCEAN

Date: 11/5/2023

Measuring Point: Ground Surface

Observation Well: OW1

Constant Discharge: 27 m³/h

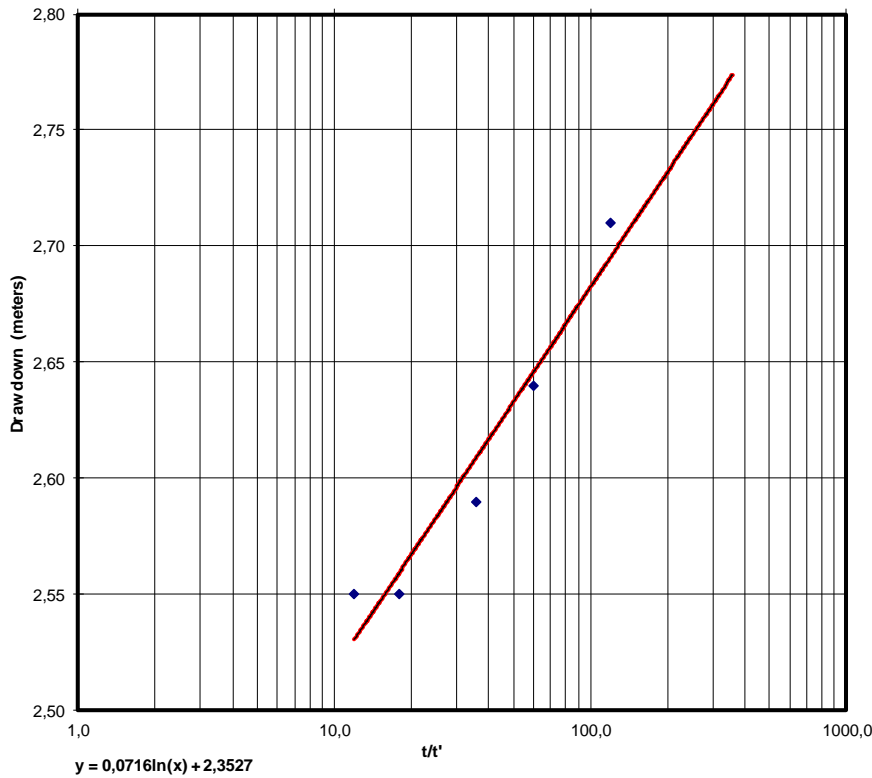
OW Diameter: 125mm

Distance between pumping and observation well: 4,35m

Initial water level: 2,40 m below ground level

RECOVERY (m)	t/t' (min)	t (min)
2,85	0	0
	360,0	0,5
	180,0	1,0
2,71	120,0	1,5
	90,0	2,0
2,64	60,0	3,0
	45,0	4,0
2,59	36,0	5,0
2,55	18,0	10,0
2,55	12,0	15,0

THEIS'S RECOVERY METHOD



Y = a*ln(X) + b		X	Y	Transmissivity =	30	m ² /day
a =	0,0716	10	2,517565093	Aquifer Sat. Thickness	10,0	m
b =	2,3527	100	2,682430185	Permeability, k	3,00	m/day
dS =	0,164865			Storativity	4,6E-17	
Q =	27 m ³ /h	t ₀ =	1,27731E-17			
r =	4,35 m					

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2
ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΗΘΗΣΗΣ
(ΑΠΟ GEOINVEST LTD)
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ
(ΑΠΟ TECHNOLAB LTD)

BOREHOLE LOG

BH No PW

Sheet No: 1 of 2

Project: GREAT OCEAN
Client: A. EVRIPIDOU ENGINEERS
Location: LIMASSOL
Coordinates:
Elevation: a.m.s.l.

Drilling method /Drilling Tool type/Diam
Open Hole- Auger: 800 mm

Total Depth: 12.50 m

Date started: 25/04/2023
Date Com/ted: 25/04/2023
Orientation: Vertical
Flushing system: No
Casing: 12.5 m

Depth b.g.l m	Soil type	DESCRIPTION OF STRATA	SPT/M.C. GRAPHIC PRESENTATION				SPT TEST
			10*	20	30	40	
0.50		Loose, FILL material as peri DW.					
1.0							
2.0							
3.0		Soft, reddish brown, silty CLAY to SILT and CLAY.					
4.0							
5.0							
5.50							
6.0		As above with dispersed, fine to medium grained Gravel of igneous origin.					
7.0		Beige, fine grained silty SAND to clayey, silty, SAND.					
8.0		Sandy GRAVEL to gravelly SAND gradually, turning to fine, sandy SILT and GRAVEL.					
8.50							
9.0							
10.0		Intercalations of sandy SILT to sandy, clayey SILT with thin layers of medium grained GRAVEL.					

Logged by: A.S

G/W observations: Ground Water Level at 2.50m

REMARKS: * Number of Blows/30cm penetration → , % of Natural Moisture Content →

BOREHOLE LOG

BH No PW

Sheet No: 2 of 2

Project: GREAT OCEAN	Drilling method /Drilling Tool type/Diam	Date started: 25/04/2023
Client: A. EVRIPIDOU ENGINEERS	Open Hole- Auger: 800 mm	Date Com/ted: 25/04/2023
Location: LIMASSOL		Orientation: Vertical
Coordinates:		Flushing system: No
Elevation: a.m.s.l.	Total Depth: 12.50 m	Casing: 12.5 m

Depth b.g.l m	Soil type	DESCRIPTION OF STRATA	SPT/M.C. GRAPHIC PRESENTATION				SPT TEST
			10*	20	30	40	
11.0		Intercalations of sandy SILT to sandy, clayey SILT with thin layers of medium grained GRAVEL.					
12.0							
12.50							
13.0			END OF BH AT 12.50 m bgl				
14.0							
15.0							
16.0							
17.0							
18.0							
19.0							
20.0							

Logged by: A.S

G/W observations: Ground Water Level at 2.50m

REMARKS: * Number of Blows/30cm penetration → , % of Natural Moisture Content →

BOREHOLE LOG

BH No DW

Sheet No: 1 of 2

Project: GREAT OCEAN
Client: A. EVRIPIDOU ENGINEERS
Location: LIMASSOL
Coordinates:
Elevation: a.m.s.l.

Drilling method /Drilling Tool type/Diam
Open Hole- Auger: 800 mm

Total Depth: 12.50 m

Date started:27/04/2023
Date Com/ted:27/04/2023
Orientation: Vertical
Flushing system: No
Casing: 12.5 m

Depth b.g.l m	Soil type	DESCRIPTION OF STRATA	SPT/M.C. GRAPHIC PRESENTATION				SPT TEST
			10*	20	30	40	
1.0	Purple	Loose, MAN MADE GROUND - FILL material consisting of a variability of materials – mostly remnants of the old building.					
1.80							
2.0							
3.0	Red	Reddish to reddish brown, silty CLAY to SILT and CLAY.					
4.0							
5.0							
5.50							
6.0							
7.0	Blue	Beige, fine grained, silty SAND, intercalated with thin layers of medium sized GRAVEL of mainly igneous origin.					
8.0							
9.0							
10.0	Dark Blue	Greyish brown, silty SAND and GRAVEL.					

Logged by: A.S

G/W observations: Ground Water Level at 2.50m

REMARKS: * Number of Blows/30cm penetration → , % of Natural Moisture Content →

BOREHOLE LOG

BH No DW

Sheet No: 2 of 2

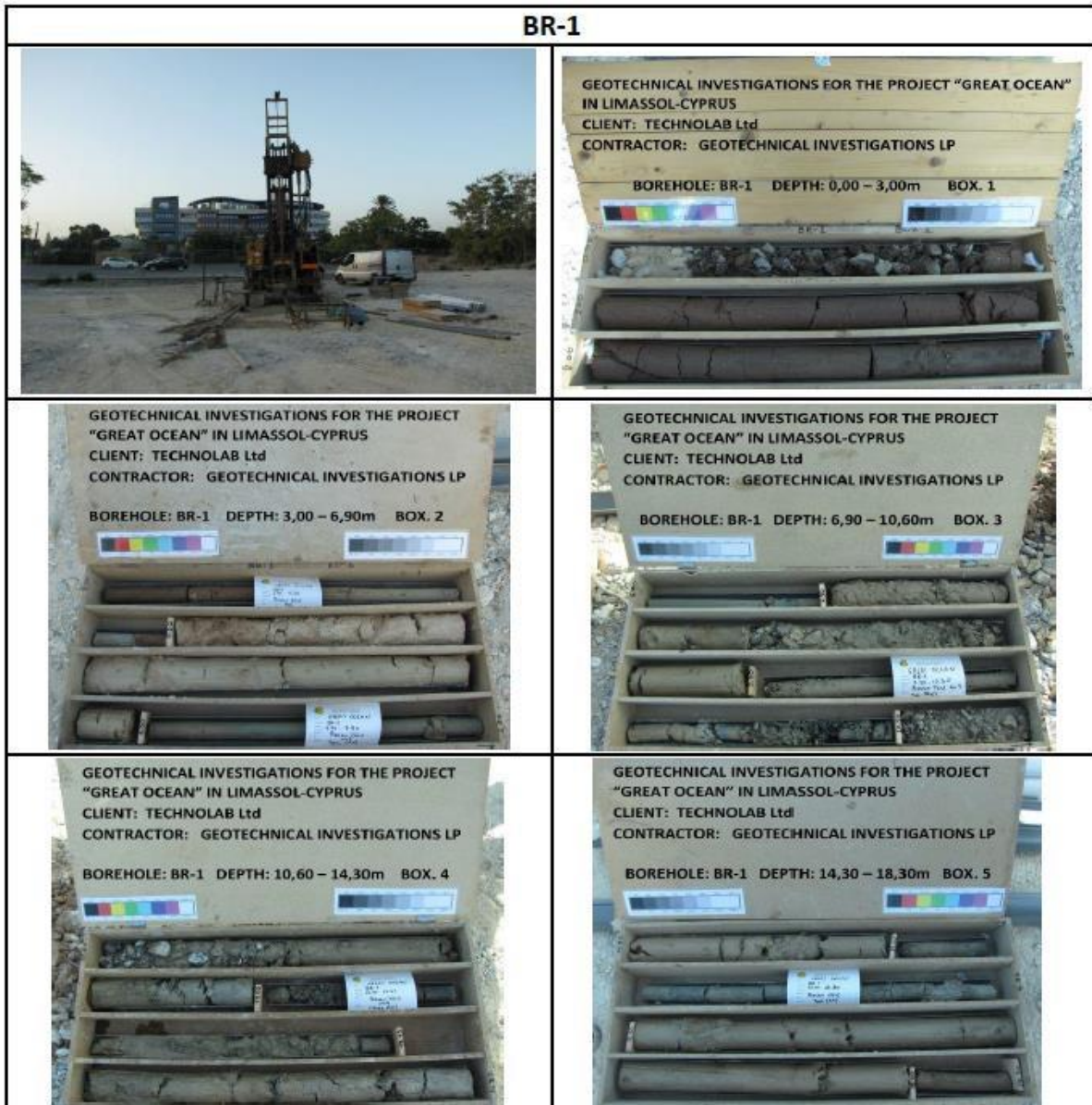
Project: GREAT OCEAN	Drilling method /Drilling Tool type/Diam	Date started: 27/04/2023
Client: A. EVRIPIDOU ENGINEERS	Open Hole- Auger: 800 mm	Date Com/ted: 27/04/2023
Location: LIMASSOL		Orientation: Vertical
Coordinates:		Flushing system: No
Elevation: a.m.s.l.	Total Depth: 12.50 m	Casing: 12.5 m

Depth b.g.l m	Soil type	DESCRIPTION OF STRATA	SPT/M.C. GRAPHIC PRESENTATION				SPT TEST
			10*	20	30	40	
		Greyish brown, silty SAND and GRAVEL.					
11.0							
		Gravelly SAND.					
12.0							
		END OF BH AT 12.50 m bgl					
12.5							
13.0							
14.0							
15.0							
16.0							
17.0							
18.0							
19.0							
20.0							

Logged by: A.S

G/W observations: Ground Water Level at 2.50m

REMARKS: * Number of Blows/30cm penetration → , % of Natural Moisture Content →











ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ







ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΑΤΡΗΤΗΣ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΛΙΚΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ



