

Askanis Gallery Project

**Δοκιμή Επαναεισαγωγής Νερού σε Φρεάτιο
Επαναφόρτισης**

Χ. Κρητιώτης
BSc (C. Eng.), MSc (Geotechnics)

CK_N121_21R1

Περιεχόμενα

1. Πρόλογος	2
2.0 Γενικά Στοιχεία	2
3.0 Μέθοδος Διεξαγωγής της Δοκιμής - Αποτελέσματα.....	4
3.1 Εισαγωγή καθαρού νερού από βυτιοφόρο στην γεώτρηση.....	4
3.2 Αποτελέσματα – Μετρήσεις	7
4. Παρατηρήσεις.....	13
5. Συμπεράσματα	16

1. Πρόλογος

Όπως έχει επεξηγηθεί στην Μελέτη 'Μεθοδολογία Αποστράγγιση' (Dewatering Method Statement – Chapter 3, Ground Water Recharge System, installation of recharge wells), η οποία υποβλήθηκε τον Δεκέμβριο του 2020 και επισυνάπτετε για εύκολη αναφορά, για το συγκεκριμένο έργο Askanis Gallery Project, προκρίνεται η λύση της διάθεσης του αντλούμενου νερού σε φρεάτια επανα-φόρτισης, για περιβαλλοντικούς και τεχνικούς λόγους.

Οι γεωτρήσεις επαναφόρτισης θα πρέπει να σχεδιαστούν ούτως ώστε το νερό άντλησης να επανεισάγεται με την ελάχιστη πίεση ώστε να μην προκαλούνται τα όποια πιθανά προβλήματα στον περιβάλλοντα χώρο, σε συγκεκριμένο βάθος της γεωλογικής ακολουθίας (geological succession). Με βάση τις υδρογεωλογικές συνθήκες που έχουν εντοπισθεί στο υπό μελέτη οικόπεδο (σύμφωνα με τα ευρήματα της γεωλογικής έκθεσης - Geoinvest 2019), οι γεωτρήσεις δύνανται να διανοιχθούν σε βάθη πέραν των 25 μ, εντός του ορίζοντα C2 (Coarse Grained Coastal Accumulations), σε ζώνες όπου το 'predominant fraction is Gravel', με υπολογισθείσα (εργαστηριακά και σε δοκιμή άντλησης) μέγιστη διαπερατότητα μέχρι 15 m/day.

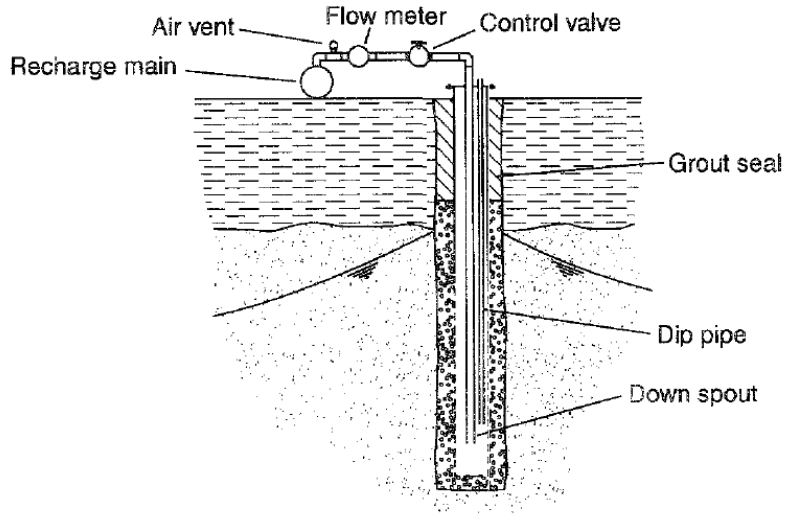
Έχει υπολογιστεί ότι στην περίπτωση που η εκσκαφή θα γίνει σε ένα στάδιο, τότε θα υπάρχει ανάγκη άντλησης 100 m³ νερού ανά ώρα, και θα χρειαστεί να διανοιχθούν 8 φρεάτια επαναφόρτισης (δυνατότητας 12,5 m³, τουλάχιστον ανά φρεάτιο), λαμβάνοντας επίσης υπόψη την ανάγκη περιοδικής συντήρησης κάποιων από τα φρεάτια.

Για τον καλύτερο υπολογισμό σε προκαταρκτικό στάδιο, της ποσότητας νερού που δύναται να επανα-εισαχθεί πίσω στον υδροφορέα, κάτω από πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, έχει διεξαχθεί ολοκληρωμένη δοκιμή επανα-εισαγωγής (infiltration test) εντός του οικοπέδου, με την χρήση ενός φρεατίου επανα-εισαγωγής και δύο γεωτρήσεων παρακολούθησης.

2.0 Γενικά Στοιχεία

Έγινε Γεώτρηση συνολικού βάθους 15,00μ., εκ των οποίων τα 6,00μ τυφλή σωλήνα και 9,00μ φιλτροσωλήνα. Η σωλήνα προεξέχει 0,80μ περίπου πάνω από το υφιστάμενο έδαφος. Αρχική στάθμη νερού 2,53μ από το πάνω μέρος της σωλήνας (1.73μ κάτω από το υφιστάμενο έδαφος). Η σωλήνα στο άνω μέρος της (άνω 6μ) εγκιβωτίστηκε εξωτερικά σε δακτύλιο από μπετόν (Grout Seal).

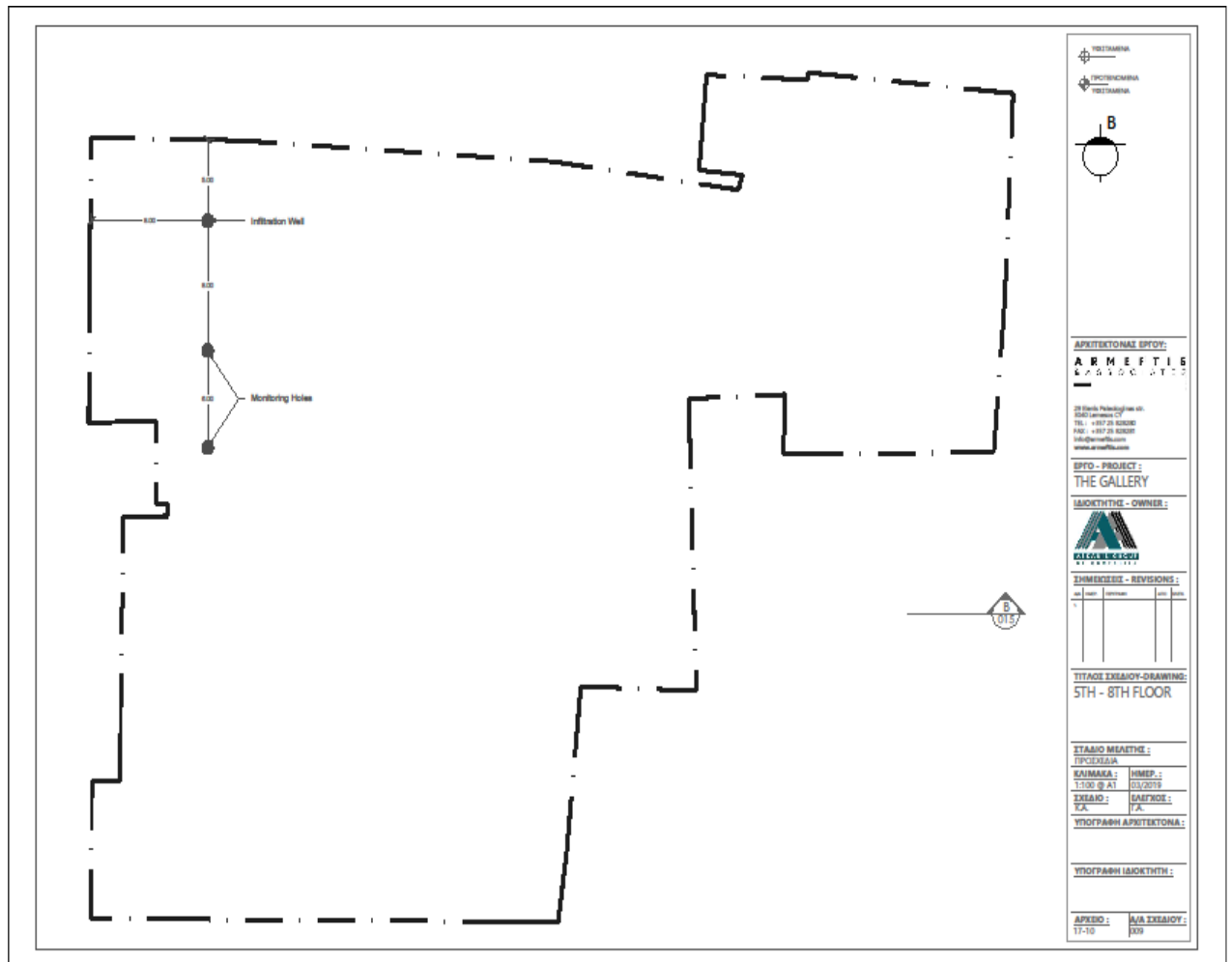
Στην παράγραφο 3.1 της Έκθεσης Αποστράγγισης δίδεται πλήρης περιγραφή της διαδικασίας εγκατάστασης γεώτρησης επανα-εισαγωγής.



Παράδειγμα Γεώτρησης Επαναεισαγωγής

Για σκοπούς παρακολούθησης της πιθανής διακύμανσης του υδροφόρου ορίζοντα στην περιοχή της δοκιμής χρησιμοποιήθηκαν δύο γεωτρήσεις διαμέτρου 50 μμ. (standpipe piezometers), σε αποστάσεις 8 και 14 μ. αντίστοιχα, από την γεώτρηση επανα-εισαγωγής.

Η διάταξη των γεωτρήσεων επανα-εισαγωγής και παρακολούθησης δεικνύονται στο σχεδιάγραμμα 1.



Σχεδιάγραμμα 1 – Infiltration Well – Monitoring Holes

3.0 Μέθοδος Διεξαγωγής της Δοκιμής - Αποτελέσματα

Η δοκιμή επανα-εισαγωγής νερού στην γεώτρηση ακολούθησε την πιο κάτω διαδικασία:

3.1 Εισαγωγή καθαρού νερού από βυτιοφόρο στην γεώτρηση

Η εισαγωγή νερού στην γεώτρηση έγινε μέσω δικτύου ενωμένου με βυτιοφόρο, με καθαρό νερό. Στο δίκτυο υπήρχε μετρητής νερού και γραμμή επιστροφής νερού στο βυτιοφόρο για καλύτερο έλεγχο της παροχής. Πάνω από την γεώτρηση υπήρχε μανόμετρο για την ανάγνωση της πίεσης νερού εντός της γεώτρησης. Το σύστημα λειτούργησε κυρίως υπό πίεση, με την σωλήνα εισαγωγής γεμάτη με νερό κατά την διάρκεια της δοκιμής. Μόνο ελάχιστες απώλειες παρατηρήθηκαν στην ένωση, στο σημείο εισαγωγής. Η δοκιμή επαναεισαγωγής με καθαρό νερό είχε ως στόχο την προσομοίωση της επεξεργασίας νερού με κατάλληλο εξοπλισμό (settling tanks, mechanical filters) που θα γίνεται σε πραγματικές συνθήκες αμέσως μετά την άντληση και, πριν την επαναεισαγωγή στην γεώτρηση.

Έγινε επανα-εισαγωγή με γνωστή σταθερή ροή για χρονικά διαστήματα 1, 2, 5, 10, 15, και 30 λεπτά ή μέχρι να θεωρηθεί ικανοποιητικό το χρονικό διάστημα από τον υπεύθυνο μηχανικό.

Συνολικά έγινε εισαγωγή 26 m³ σε διάστημα 2 ωρών, με αυξανόμενες ροές (στάδια), ως ακολούθως:

- A. 5.5 m³/hr
- B. 7.5 m³/hr
- Γ. 10.5 m³/hr
- Δ. 12.5 m³/hr
- E. 15 m³/hr
- Z. 17.4 m³/hr (Μέγιστη παροχή βυτιοφόρου)

Ο αρχικός σχεδιασμός της δοκιμής προέβλεπε εισαγωγή ποσότητας νερού μέχρι 12,5 m³, ίσης με την εκτίμηση της ποσότητας νερού ανά ώρα που θα αντλείται (100μ3) και σε σχέση με τον αριθμό φρεατίων επαναεισαγωγής (εκτίμηση 8No.). Στην συγκεκριμένη δοκιμή όταν επιτεύχθηκε ο στόχος επαναεισαγωγής νερού ποσότητας 12,5 m³ / ώρα, αποφασίστηκε όπως εξεταστεί η δυνατότητα εισαγωγής μεγαλύτερης ποσότητας από την απαιτούμενη του σχεδιασμού, χωρίς να δημιουργούνται πιέσεις ή οριακές καταστάσεις τόσο στο σύστημα επαναεισαγωγής όσο και στον περιβάλλοντα χώρο. Για αυτό τον λόγο αυξήθηκε ο όγκος παροχής αρχικά σε 15 m³/hr και ακολούθως σε 17.4 m³/hr που ήταν και η μέγιστη παροχή του βυτιοφόρου, μέχρι την εξάντληση της διαθέσιμης ποσότητας νερού. Ακολουθούν οι σχετικοί πίνακες με τις μετρήσεις και τα σχετικά διαγράμματα

Askanis Gallery Project
Δοκιμή Επαναεισαγωγής Νερού σε Φρέατο Επαναφόρτισης - Ιούνιος 2021



3.2 Αποτελέσματα – Μετρήσεις

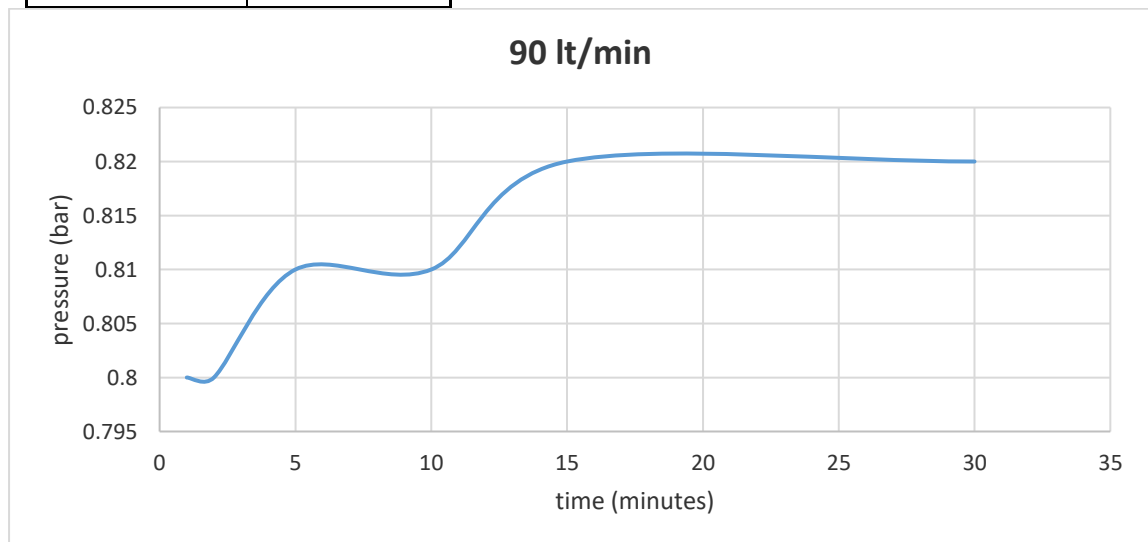
Πίνακες Μετρήσεων επανεισαγωγής νερού από βυτιοφόρο στην γεώτρηση:

A: ΕΠΑΝΑΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΡΟΗ 90 lt/min (5.5m³/h)

Αρχική Μέτρηση Υδρομετρητή: 255.000 m³

Τελική Μέτρηση Μανομέτρου: -

90 lt/min (5.5m³/h)	
Time (minutes)	Pressure (bar)
1	0.8
2	0.8
5	0.81
10	0.81
15	0.82
30	0.82

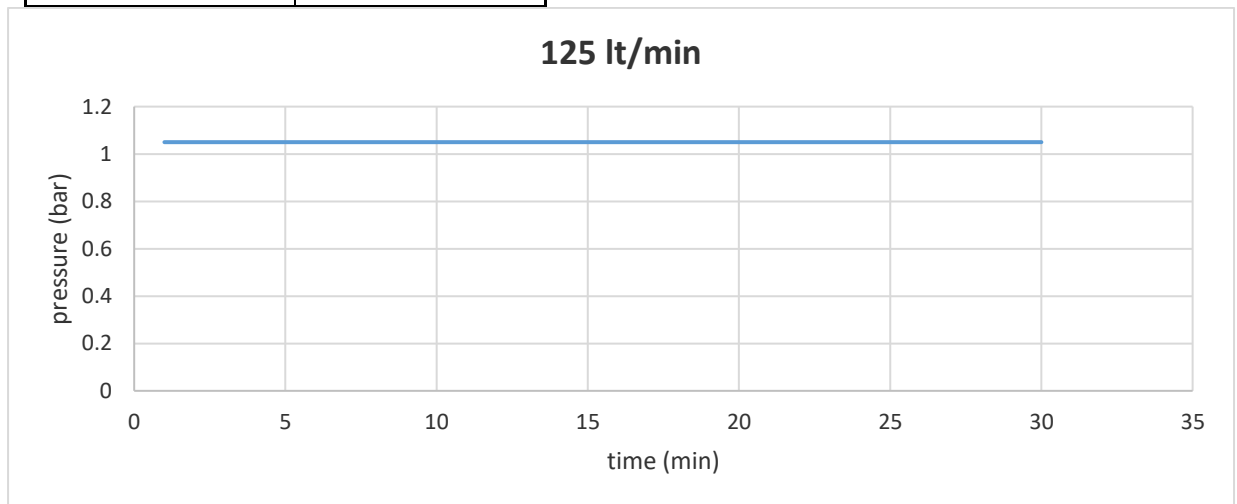


B: ΕΠΑΝΑΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΡΟΗ 125 lt/min (7.5m³/h)

Αρχική Μέτρηση Υδρομετρητή: -

Τελική Μέτρηση Υδρομετρητή: 261.665 m³

125 lt/min (7.5m ³ /h)	
Time (minutes)	Pressure (bar)
1	1.05
2	1.05
5	1.05
10	1.05
15	1.05
30	1.05

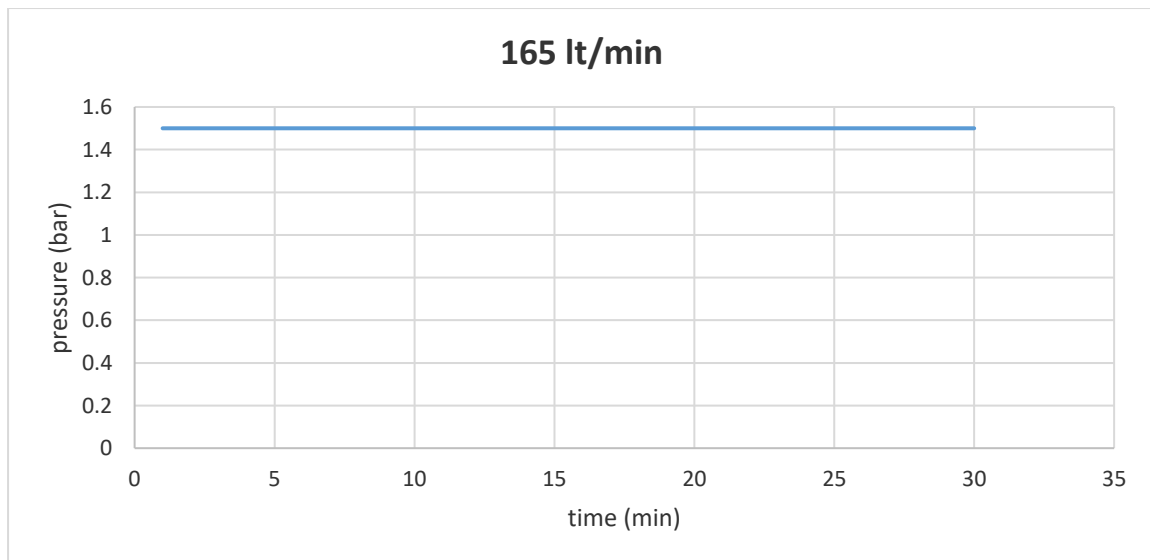


Γ: ΕΠΑΝΑΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΡΟΗ 165 lt/min (10.5m³/h)

165 lt/min (10.5m³/h)	
Time (minutes)	Pressure (bar)
1	1.5
2	1.5
5	1.5
10	1.5
15	1.5
30	1.5

Αρχική Μέτρηση Υδρομετρητή: 261.665 m³

Τελική Μέτρηση Υδρομετρητή: 265.731 m³

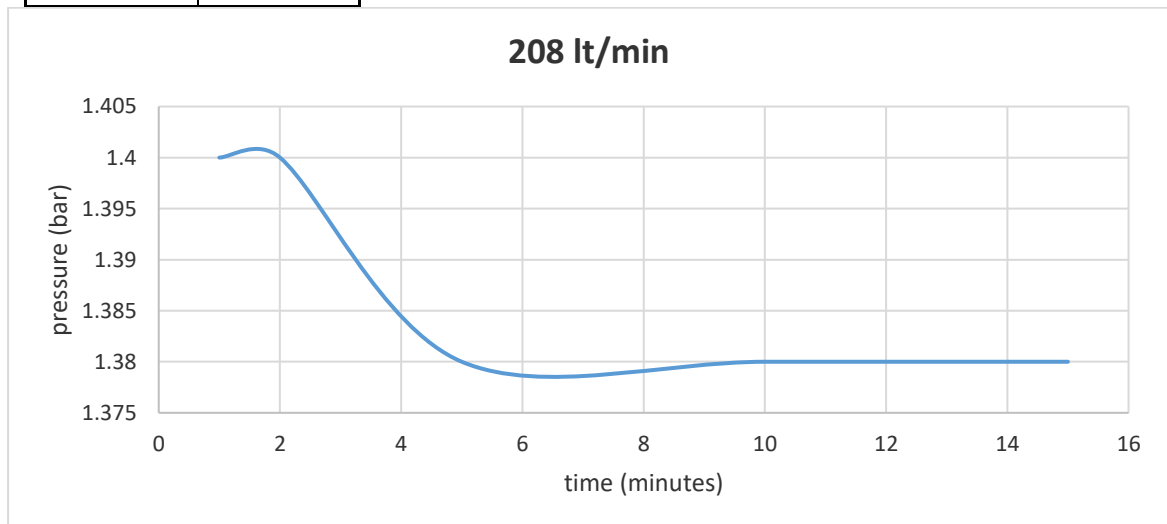


Δ: ΕΠΑΝΑΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΡΟΗ 208 lt/min (12.5m³/h)

Αρχική Μέτρηση Υδρομετρητή: 266.431 m³

Τελική Μέτρηση Υδρομετρητή: 269.893 m³

208 lt/min (12.5m ³ /h)	
Time (minutes)	Pressure (bar)
1	1.4
2	1.4
5	1.38
10	1.38
15	1.38



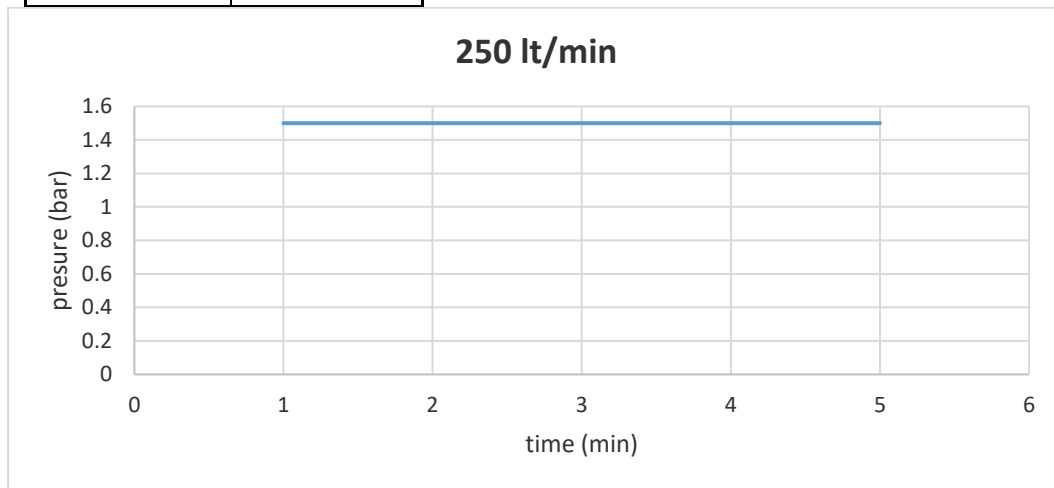
Δοκιμή Επαναεισαγωγής Νερού σε Φρεάτιο Επαναφόρτισης - Ιούνιος 2021

Ε: ΕΠΑΝΑΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΡΟΗ 250 lt/min (15m³/h)

Αρχική Μέτρηση Υδρομετρητή: 270.251 m³

Τελική Μέτρηση Υδρομετρητή: 271.432 m³

250 lt/min (15m ³ /h)	
Time (minutes)	Pressure (bar)
1	1.5
2	1.5
5	1.5



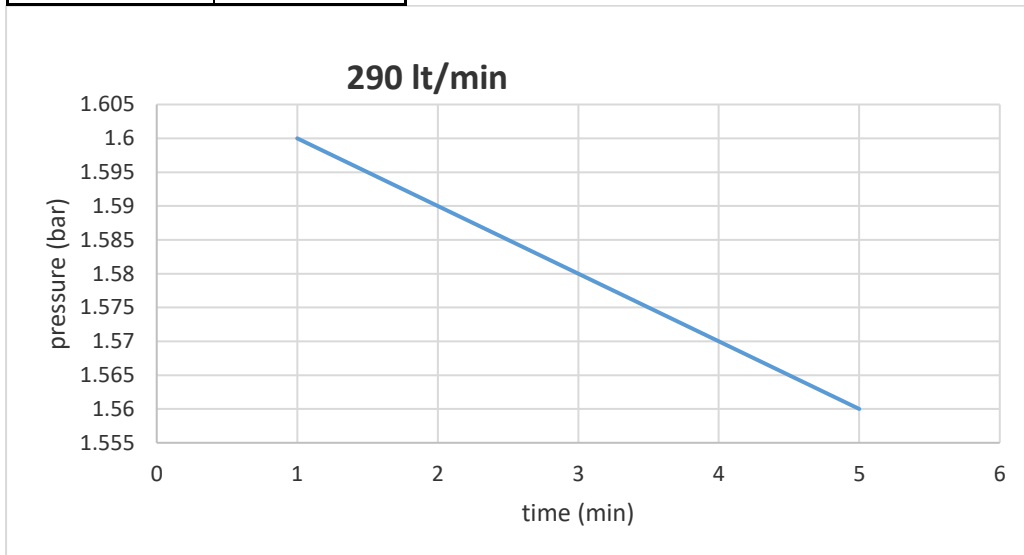
Δοκιμή Επαναεισαγωγής Νερού σε Φρεάτιο Επαναφόρτισης - Ιούνιος 2021

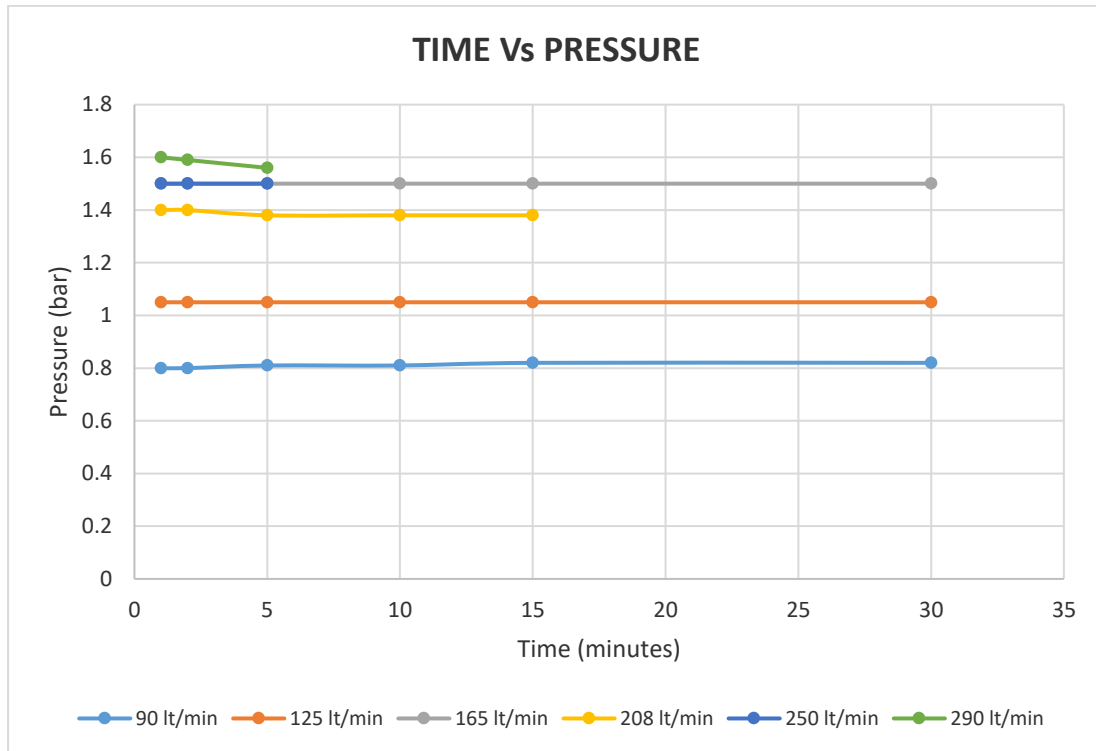
Z: ΕΠΑΝΑΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΡΟΗ 290 lt/min (17.4 m³/h)

Αρχική Μέτρηση Υδρομετρητή: 272.000 m³

Τελική Μέτρηση Υδρομετρητή: 273.381 m³

290 lt/min (17.4m³/h)	
Time (minutes)	Pressure (bar)
1	1.6
2	1.59
5	1.56



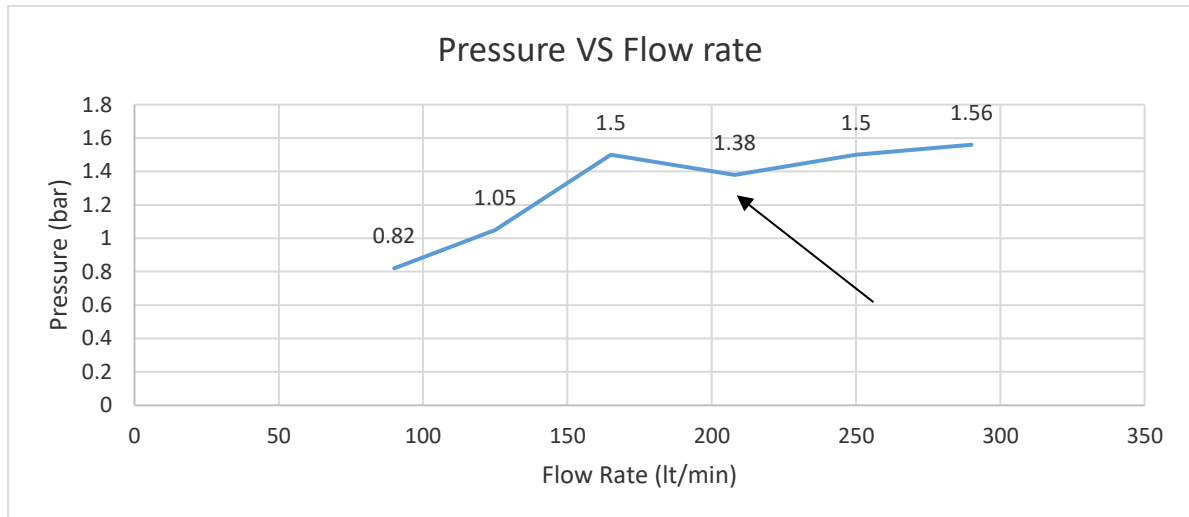


4. Παρατηρήσεις

Η πίεση στην γεώτρηση κατά την διάρκεια της εισαγωγής με σταθερές ροές (στάδιο) όλων των μεγεθών, δεν είχε αξιόλογες μεταβολές μετά το πέρας του χρόνου, όπως παρατηρείτε στα γραφήματα πιο πάνω. Η πίεση στην γεώτρηση άλλαζε όταν αυξάνετο η ροή. Αναλυτικά, η πίεση ανέβαινε στην αλλαγή κάθε σταδίου καθώς αυξάνετο η ροή, όπως φαίνεται στο γράφημα πιο κάτω (pressure vs flow rate).

Αξίζει να σημειωθεί ότι, όταν δοκιμάστηκε το στάδιο που έφτασε τα 208 λίτρα εισαγωγής ανα λεπτό (12.5 m³/h), που είναι και ο αρχικός σχεδιασμός της δοκιμής, καταγράφηκε πιο χαμηλή πίεση από τις πιέσεις που είχαν καταγραφεί για τα στάδια με χαμηλότερη ροή εισαγωγής. Το γεγονός αυτό αποδίδετε στην σταδιακή ανάπτυξη του συστήματος επανα-εισαγωγής.

Η δοκιμή συνεχίστηκε με την γεώτρηση να δέχεται πλέον μεγαλύτερες ποσότητες εισαγωγής νερού με συγκριτικά σταθερή ή χαμηλότερη πίεση, όπως φαίνεται στο γράφημα πιο κάτω.



Μετά το πέρας της δοκιμής, έγιναν μετρήσεις για να διαπιστωθεί ο ρυθμός με τον οποίο το υπέδαφος επανα-εισάγει φυσικά (κάτω από ατμοσφαιρική πίεση) την στήλη νερού που έμεινε πάνω από το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα.

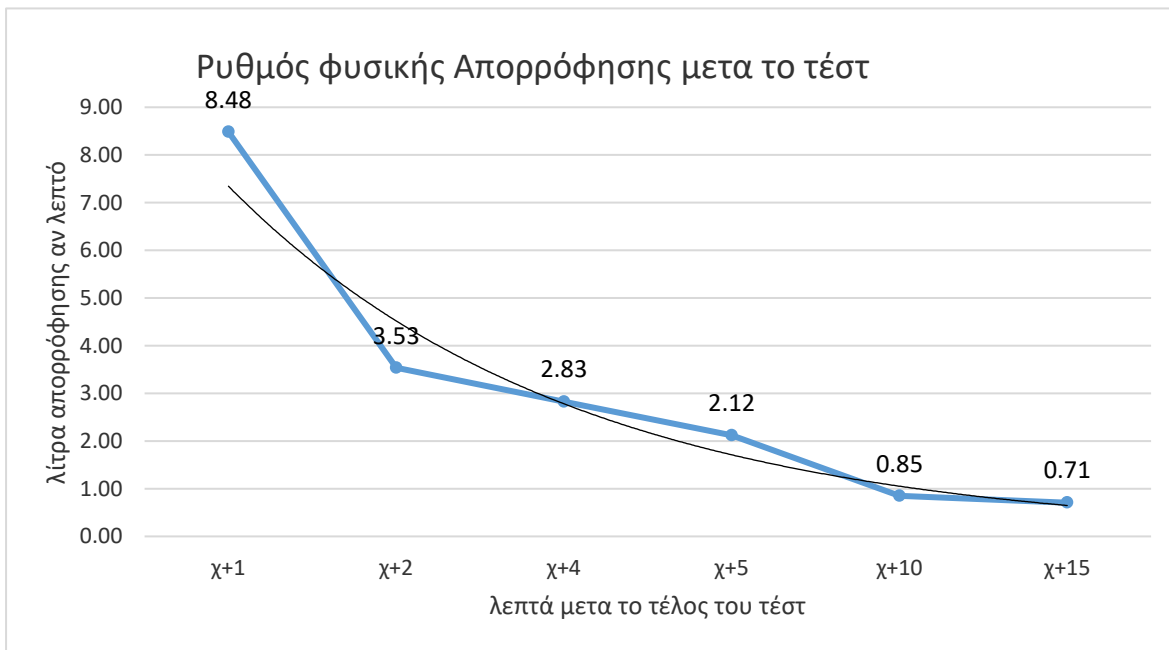
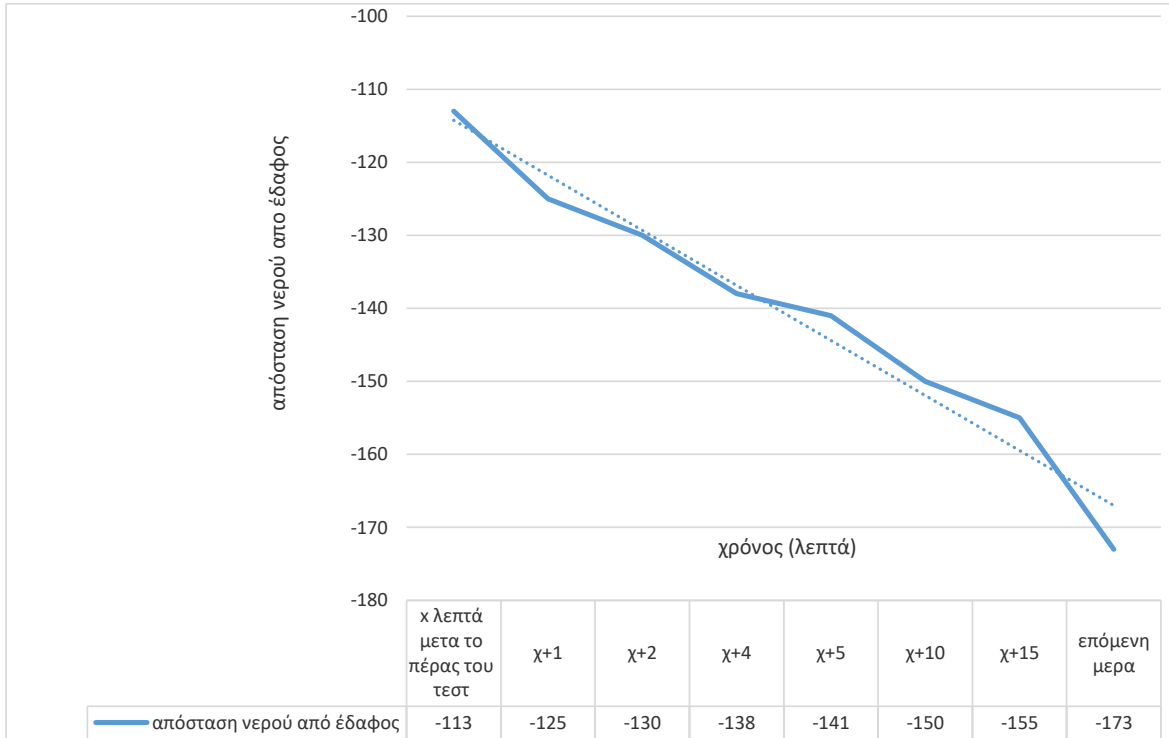
Δεν καταγράφηκε ο χρόνος της πρώτης μέτρησης μετά από το τέλος του τεστ για αυτό τον λόγο αυτός ο χρόνος θα ονομαστεί χρόνος «χ» για τους σκοπούς της έκθεσης.

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα και, όπως αναμένετο, στο επίπεδο του υψομέτρου εδάφους, το νερό απορροφάτε από το υπέδαφος με μειωμένο ρυθμό καθώς περνά ο χρόνος.

Πιο συγκεκριμένα, σε χρόνο $\chi+1$ είχαμε 8.5 λίτρα απορρόφηση ανα λεπτό ενώ μετά από 15 λεπτά, δηλαδή στον χρόνο $\chi+15$, είχαμε 0.7 λίτρα ανα λεπτό.

Το υψόμετρο του υδροφόρου ορίζοντα μέσα στις δύο τρύπες παρακολούθησης δεν κατέγραψε αξιοσημείωτη διακύμανση κατά την διάρκεια της δοκιμής.

Δοκιμή Επαναεισαγωγής Νερού σε Φρεάτιο Επαναφόρτισης - Ιούνιος 2021



Τα πιο πάνω αποτελέσματα είναι βασισμένα σε μετρήσεις που έγιναν στο εργοτάξιο κατά την διάρκεια της δοκιμής από εξειδικευμένο προσωπικό.

Στα αποτελέσματα αναμένεται να υπάρχουν αμελητέες αποκλίσεις, της τάξης του 5%, λόγο του ανθρώπινου παράγοντα κατά την μέτρηση.

5. Συμπεράσματα

Η δοκιμή επαναεισαγωγής νερού σε γεώτρηση στο προτεινόμενο εργοτάξιο «GALLERY» θεωρείται επιτυχημένη και τα αποτελέσματα είναι ενδεικτικά και ουσιαστικά για να βγουν αξιόπιστα συμπεράσματα όσον αφορά την ικανότητα των γεωτρήσεων επανα-φόρτισης σαν μέσο επαναεισαγωγής του νερού άντλησης, κατά την διάρκεια εκσκαφής και κατασκευής του υπογείου του προτεινόμενου Έργου.

Η συγκεκριμένη δοκιμή έγινε σε μέγιστο βάθος 15 μέτρων με μέγιστη εισαγωγή νερού 17.4 m³/hr, η οποία αποτελούσε την μέγιστη δυνατότητα παροχής του βυτιοφόρου.

Με βάση τα πιο πάνω αποτελέσματα και λαμβάνοντας υπόψη ότι,

1. η μέγιστη παροχή από τα βυτιοφόρα περιορίζεται στα 17.4 m³/hr,
2. έγινε εισαγωγή 26 m³ σε διάστημα 2 ωρών
3. δεν παρουσιάστηκε διαφοροποίηση της στάθμης του υδροφορέα στα δύο monitoring holes

δύναται να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι για τον συγκεκριμένο βάθος, μια μέση ποσότητα της τάξης των 13 m³/hr, θα μπορεί να εισάγεται στον υδροφορέα.

Ο γεωλογικός ορίζοντας μέσα στον οποίο διεξήχθη η δοκιμή έχει, σύμφωνα με την γεωτεχνική μελέτη σχετικά μικρή διαπερατότητα, της τάξης των 0.72 m/day με 0.15 m/day. Στο κατασκευαστικό στάδιο, οι γεωτρήσεις επαναεισαγωγής θα εγκατασταθούν σε βάθη μεγαλύτερα των 30 μέτρων, όπου απαντώνται χοντρόκοκκα υλικά (Gravel, Cobbles) με διαπερατότητα υπολογιζόμενη σε τουλάχιστο 15 m/day, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε ψιλά υλικά.

Δοκιμή Επαναεισαγωγής Νερού σε Φρεάτιο Επαναφόρτισης - Ιούνιος 2021

Επομένως σε αυτή την περίπτωση, αναμένεται ότι θα μπορούν να εισάγονται μεγαλύτερες ποσότητες νερού, πέραν των 20 m³/hr/φρεάτιο, χωρίς την εφαρμογή εξωτερικής πίεσης.

