

**ΣΥΝΔΕΣΗ ΝΕΑΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑΣ ΜΕ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΓ.ΜΑΡΙΝΑΣ - ΤΑΞΙΑΡΧΩΝ
ΠΟΛΗΣ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ**

Η/Μ ΜΕΛΕΤΗ

1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

**ΣΥΝΔΕΣΗ ΝΕΑΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑΣ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΓ.ΜΑΡΙΝΑΣ -
ΤΑΞΙΑΡΧΩΝ ΠΟΛΗΣ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ**

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

1. Εισαγωγή

Ο οικισμός Αγίας Μαρίνας υδροδοτείται από τη γεώτρηση "παλαιά γεώτρηση Γηπέδου" που βρίσκεται πλησίον του γηπέδου Αγίας Μαρίνας μέσω της υφιστάμενης στην είσοδο του οικισμού δεξαμενής Αγίας Μαρίνας, αλλά υπάρχει ανάγκη για συμπληρωματική εξυπηρέτηση ύδρευσης 1000 κατοίκων τους θερινούς μήνες με επιπλέον κατανάλωση 100 - 200m³/ημέρα τους μήνες αιχμής (Ιούλιο και Αύγουστο) μαζί με τις απώλειες δικτύων και μερική άρδευση κήπων οικιών.

Σκοπός της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης είναι η μελέτη του Ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού των απαιτούμενων έργων για την συμπληρωματική υδροδότηση του οικισμού Αγ. Μαρίνας από νέα γεώτρηση Γ1 πλησίον της υφιστάμενης με σκοπό την αντιμετώπιση των προβλημάτων που παρουσιάζονται από τα μέχρι σήμερα υφιστάμενα έργα ύδρευσης.

2. Στοιχεία νέας γεώτρησης Γ1

Η νέα γεώτρηση Γ1 έχει ήδη διανοιχθεί σε υψόμετρο εδάφους +174,68 και τα στοιχεία της, όπως περιλαμβάνονται στην από 05.08.2016 Τεχνική Έκθεση Υδροληψίας του Προϊσταμένου του Εργαστηρίου ΑΤΕΠΕ Γεωλόγου κ. Δ. Ακριώτη, είναι τα ακόλουθα:

- Βάθος γεώτρησης : 115 m
- Διάμετρος τελικής σωλήνωσης : 8''
- Στάθμη ηρεμίας : 12 m από επιφάνεια εδάφους
- Στάθμη άντλησης : 55 m από επιφάνεια εδάφους
- Παροχή δοκιμαστικής άντλησης : 12 m³/h = 0,003333 m³/s

Σε τηλεφωνική επικοινωνία ο κ. Ακριώτης μας υπέδειξε ότι υπάρχει σοβαρή πιθανότητα το βάθος άντλησης μελλοντικά να φθάσει τα 85 m και πρέπει το αντλητικό συγκρότημα να μπορεί να αντλήσει από το βάθος αυτό, πράγμα που - όπως θα διαπιστώσουμε στη συνέχεια - μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν το αντλητικό συγκρότημα τροφοδοτείται μέσα από ρυθμιστή στροφών (frequency converter – inverter).

Παρότι η μακροπρόθεσμη συμπεριφορά της γεώτρησης δεν είναι προφανώς γνωστή, νεότερη δοκιμαστική άντληση στη γεώτρηση Γ1 με παροχή και πάλι 12 m³/h επί 72 ώρες οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η δυναμικότητα της γεώτρησης φθάνει σε αυτή την παροχή. Κατόπιν αυτού και προκειμένου να μην διαταραχθεί η ισορροπία του υδροφόρου ορίζοντα προτείνουμε τα ακόλουθα :

- Στην παρούσα αρχική φάση να γίνει άντληση με παροχή στο 70% περίπου της δυναμικότητας της γεώτρησης, δηλαδή με παροχή 0,70*12 ≈ 8,5 m³/h από βάθος 55 m μέχρι και 24 ώρες ημερησίως με σκοπό την απόληψη μέχρι και 24*8,5 ≈ 200 m³ανά ημέρα.
- Το έργο να κατασκευασθεί με δυνατότητα μελλοντικής άντλησης έως 12 m³/h από βάθος έως 85 m.

3. Στοιχεία αγωγού μεταφοράς και δεξαμενής Αγίας Μαρίνας

Τα στοιχεία του αγωγού μεταφοράς και της δεξαμενής Αγίας Μαρίνας ελήφθησαν από την Υδραυλική Μελέτη και έχουν ως εξής :

Αγωγός μεταφοράς

- Υλικό : πολυαιθυλενιο 3^{ης} γενιάς (σ80, MRS 10, PE 100)
- Ονομαστική διάμετρος : DN90
- Ονομαστική πίεση PN10
- Μήκος : 1.312 m

Τα χαρακτηριστικά των σωλήνων του αγωγού μεταφοράς από πολυαιθυλένιο κατά ΕΛΟΤ EN 12201-2 είναι :

- Εξωτερική διάμετρος : D = 90 mm
- Πάχος τοιχώματος : ε = 5,4 mm
- Εσωτερική διάμετρος : d = 79,2 mm

Δεξαμενή Αγίας Μαρίνας

- Στάθμη εδάφους : +163,94
- Ύψος δεξαμενής εκτός εδάφους : 2,00 m
- Στάθμη οροφής : +165,94

4.Απώλειες αγωγού μεταφοράς

Οι απώλειες πίεσης στον αγωγό μεταφοράς από τη γεώτρηση Γ1 μέχρι την δεξαμενή Αγίας Μαρίνας υπολογίζονται για την μέγιστη προβλεπόμενη παροχή 12 m³/h και για την αρχική παροχή 8,5 m³/hως ακολούθως.

1. Παροχή 12 m³/h

Για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών χρησιμοποιείται ο τύπος των Darcy–Weissbach :

$$J = \lambda * u^2 / d * 2g$$

όπου: J = απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους, m/m
λ = συντελεστής τριβής που προκύπτει από την σχέση White–Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\kappa}{3,7d} + \frac{251}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

Q = 0,00333 m³/secη παροχή
d = 0,0792mη εσωτερική διάμετρος του σωλήνα
u = 0,68m/ση ταχύτητα ροής
κ = 0,01 mmη τραχύτητα σωλήνων (για σωλήνες PE διαμέτρου κάτω των DN200)
Re = αριθμός Reynolds.

Από την σχέση White – Colebrook προκύπτει η τιμή λ = 0,0232, οπότε από τον τύπο Darcy – Weissbachέχουμε κλίση της πιεζομετρικής γραμμής:

$$J = 0,0232 * 0,68^2 / 79,2 * 2 * 9,81 = 0,006842 \text{ m/m} = 0,6842\%$$

Επομένως οι γραμμικές απώλειες κατά μήκος του αγωγού μεταφοράς ανέρχονται σε :

$$\Delta H_1 = 1.312 * 0,006842 = 8,98 \text{ m.}$$

Οι τοπικές απώλειες λαμβάνονται 15% των γραμμικών απωλειών :

$$\Delta H_2 = 0,15 \cdot 8,98 = 1,35 \text{ m}$$

και συνεπώς οι συνολικές απώλειες πίεσης στον αγωγού μεταφοράς ανέρχονται σε :

$$\Delta H = 8,98 + 1,35 = 10,32 \text{ m}$$

2. Παροχή 8,5 m³/h

Κατά όμοιο τρόπο ως ανωτέρω προκύπτει :

Συντελεστής τριβής $\lambda = 0,024$

Κλίση πιεζομετρικής γραμμής $J = 0,3655\%$

Γραμμικές απώλειες $\Delta H_1 = 1.312 \cdot 0,003655 = 4,80 \text{ m}$

Συνολικές απώλειες $\Delta H = 1,15 \cdot 4,80 = 5,52 \text{ m}$

5. Λειτουργία αγωγού μεταφοράς

Η δεξαμενή Αγίας Μαρίνας είναι παλαιά, πέτρινη, υπέργεια με άνω στάθμη οροφής +165,94. Λόγω αυτής της κατασκευής της η εισαγωγή του αγωγού μεταφοράς προβλέπεται να γίνει από την οροφή και συνεπώς μπορούμε να θεωρήσουμε σαν στάθμη εκροής του αγωγού την +165,94 + 0,15 \approx +166,10. Η στάθμη εδάφους στη θέση της γεώτρησης Γ1 είναι +174,68 και η στάθμη του αγωγού θα βρίσκεται περίπου στο +173,60, που αποτελεί και το υψηλότερο σημείο του αγωγού μεταφοράς. Συνεπώς η υψομετρική διαφορά μεταξύ της αρχής και του πέρατος του αγωγού είναι 173,60 – 166,10 = 7,50 m.

Ο αγωγός λοιπόν δεν μπορεί να λειτουργήσει σαν καταθλιπτικός αγωγός για παροχή 8,5 m³/h με απώλειες όπως υπολογίσθηκαν ανωτέρω $\Delta H = 5,52 \text{ m}$, γιατί ένα μεγάλο τμήμα αυτού στην αρχή θα βρίσκεται σε κατάσταση υποπίεσης με ένα μίγμα νερού και αέρα, δηλαδή σε μία άκρως επικίνδυνη κατάσταση.

Αλλά ούτε με την παροχή των 12 m³/h μπορεί να λειτουργήσει με ασφάλεια ο αγωγός μεταφοράς σαν καταθλιπτικός αγωγός. Η στάθμη της πιεζομετρικής γραμμής στην αρχή του για να εξασφαλισθεί η κανονική παροχή 12 m³/h προς την δεξαμενή Αγίας Μαρίνας πρέπει να είναι τουλάχιστον +166,10 + 10,32 = +176,42. Συνεπώς η πίεση στην αρχή του αγωγού μεταφοράς θα είναι κανονικά 176,42 – 173,60 = 2,82 m.

Κατά την στάση του αντλητικού συγκροτήματος θα προκληθεί υδραυλικό πλήγμα, το οποίο θα δημιουργήσει αμέσως μετά την στάση κατά πρώτον ένα κύμα υποπίεσης που θα διατρέξει όλο τον αγωγό και θα επιστρέψει ακολούθως σαν κύμα υπερπίεσης.

Η μέγιστη μεταβολή πίεσης που δημιουργείται από μία απότομη μεταβολή της ροής εξαρτάται από την σχέση μεταξύ του χρόνου t που απαιτείται για να μηδενισθεί η παροχή στη θέση διαταραχής (στη συγκεκριμένη περίπτωση να σταματήσει η αντλία) και του χρόνου T που χρειάζεται η κύμανση της διαταραχής για να ταξιδέψει μέχρι το τέλος του αγωγού, δηλ. μέχρι το σημείο ανάκλασης και να επιστρέψει στην πηγή της διαταραχής (αντλία). Ο χρόνος T υπολογίζεται από τη σχέση :

$$T = 2 \cdot L / a$$

όπου L σε m το μήκος του αγωγού και a σε m/s η ταχύτητα μετάδοσης της διαταραχής.

Εάν $T \geq t$ τότε η μέγιστη μεταβολή πίεσης υπολογίζεται από τον τύπο του Joukowsky:

$$\Delta P_{\max} = a \cdot u / g$$

όπου a σε m/s ταχύτητα μετάδοσης του κύματος της διαταραχής στον καταθλιπτικό αγωγό

u σε m/s η ταχύτητα ροής στον καταθλιπτικό αγωγό

$g=9,81 \text{ m/s}^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας

Η ταχύτητα μετάδοσης του κύματος πιέσεων σε σωλήνα δίνεται από τη σχέση :

$$g \quad 1 \quad \alpha = \left\{ \frac{\gamma}{E_1 \varepsilon} \times \frac{d+1}{E_2} \right\}^{1/2}$$

όπου : $\gamma = 1.000 \text{ kg/m}^3$ το ειδικό βάρος του νερού

$E_1 =$ το μέτρο ελαστικότητας του υλικού του σωλήνα, δηλαδή
 $0,80 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$ για σωλήνα από HDPE

$E_2 = 2,07 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$ το μέτρο ελαστικότητας του νερού

$\varepsilon = 5,4$ το πάχος του σωλήνα σε mm

$d = 79,2$ εσωτερική διάμετρος του σωλήνα σε mm

Από τη σχέση αυτή προκύπτει ταχύτητα μετάδοσης του κύματος $a = 228 \text{ m/s}$ και συνεπώς :

$$T = 2 \times 1.312 / 228 = 11.5 \text{ s} > t = 3 \sim 5 \text{ s}$$

Συνεπώς η υποπίεση στην αρχή του αγωγού μεταφοράς ανέρχεται σε :

$$\Delta P = 228 \times 0,68 / 9,81 = 15,8 \text{ m}$$

Αυτό σημαίνει μηδενισμό της απόλυτης πίεσης στην αρχή του αγωγού μεταφοράς και καταστροφή του σωλήνα. Στην πραγματικότητα βέβαια η υποπίεση θα είναι 1-2 mλιγότερη λόγω των απωλειών στον σωλήνα ανάρτησης της αντλίας, αλλά και πάλι αρκετή για να προκαλέσει διάρρηξη του σωλήνα.

Για να αντιμετωπίσουμε αυτή την κατάσταση και στις δύο περιπτώσεις παροχής υπάρχουν δύο δυνατότητες :

- Η μία λύση είναι να αυξήσουμε την πίεση στην έξοδο του καταθλιπτικού αγωγού από τη γεώτρηση, δηλαδή στην αρχή του αγωγού μεταφοράς, σε 20 m περίπου για να υπάρχει και ένα περιθώριο ασφαλείας. Η επιπλέον αυτή πίεση (περίπου 15 m στην περίπτωση παροχής $8,5 \text{ m}^3/\text{h}$ και 10 m στην περίπτωση παροχής $12 \text{ m}^3/\text{h}$) θα καταστρέφεται στην έξοδο του αγωγού στην δεξαμενή Αγίας Μαρίνας. Η λύση αυτή είναι αντισυμβαλλόμενη, γιατί απαιτεί την εγκατάσταση αντλητικού συγκροτήματος κατά 25% περίπου μεγαλύτερης ισχύος και προκαλεί διαρκή κατανάλωση ενέργειας κατά τουλάχιστον 25% μεγαλύτερης.
- Η δεύτερη λύση είναι να κατασκευάσουμε τον αγωγό μεταφοράς σαν αγωγό βαρύτητας, οπότε δεν υπάρχουν φαινόμενα πλήγματος προερχόμενα από την στάση της αντλίας. Στη διάταξη αυτή θα κατασκευασθεί μία μικρή δεξαμενή υδροληψίας στην έξοδο της γεώτρησης από την οποία θα τροφοδοτείται με βαρύτητα ο αγωγός μεταφοράς. Η λύση αυτή απαιτεί μία μικρή αύξηση του μονομετρικού ύψους της αντλίας κατά 1-2m, όπως θα δούμε στη συνέχεια και εξασφαλίζει ομαλή λειτουργία του αγωγού μεταφοράς.

Με βάση τα ανωτέρω επιλέγεται η λειτουργία του αγωγού μεταφοράς σαν βαρυτικού αγωγού με την παρεμβολή μίας δεξαμενής υδροληψίας μεταξύ εξαγωγής της γεώτρησης και του αγωγού μεταφοράς. Στο άκρο του αγωγού στην δεξαμενή Αγίας Μαρίνας θα τοποθετηθεί βαλβίδα με πλωτήρα (φλοτεροβαλβίδα), η οποία θα κλείνει, όταν η το νερό φθάσει στην ανώτατη στάθμη μέσα στη δεξαμενή για να αποφεύγεται τυχόν υπερχείλιση της δεξαμενής.

Όπως αναφέρθηκε πάρα πάνω για να περάσει παροχή $12 \text{ m}^3/\text{h}$ από τον αγωγό μεταφοράς πρέπει η πιεζομετρική γραμμή στην αρχή του να είναι τουλάχιστον +176,42. Δεδομένου ότι η στάθμη εδάφους στη γεώτρηση βρίσκεται στο +174,68, απαιτείται η δεξαμενή υδροληψίας να υψωθεί κατά 2m τουλάχιστον. Λόγω της

στενότητας του χώρου στην περιοχή της γεώτρησης επιλέγουμε να τοποθετήσουμε τη δεξαμενή στην οροφή του οικίσκου που βρίσκεται κατά 4mψηλότερα, ήτοι σε στάθμη +178,68, εξασφαλίζοντας έτσι και ένα περιθώριο ασφαλείας 2m περίπου.

Για να εξασφαλίσουμε την ομαλή λειτουργία του αγωγού βαρύτηταςπροβλέπουμε την τοποθέτηση στο τέλος του αγωγού στη δεξαμενή Αγίας Μαρίνας και ανάντη της φλοτεροβαλβίδας μίας συρταρωτής δικλείδας, που θα προκαλεί μικρό στραγγαλισμό της ροής, ώστε οι απώλειες ροής να εξισωθούν με την διατιθέμενη γεωμετρική διαφορά και ο αγωγός μεταφοράς να είναι πάντοτε γεμάτος με νερό. Όπως είναι αυτονόητο η δικλείδα αυτή εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία και σε περίπτωση που αποδειχθεί στην πράξη, ότι οι απώλειες στον αγωγό είναι μικρότερες από εκείνες που υπολογίσθηκαν στην παράγραφο 4.

Αν αντιθέτως αποδειχθεί ότι με παροχή 12 m³/hoι απώλειες είναι μεγαλύτερες από εκείνες που υπολογίσθηκαν στην παράγραφο 4 – και είναι πολύ πιθανόν με την πάροδο του χρόνου και την εμφάνιση επικαθίσεων στα τοιχώματα του σωλήνα να συμβεί αυτό –η χρησιμοποίηση ρυθμιστή στροφών για την τροφοδότηση του αντλητικού συγκροτήματος επιτρέπει μικρή μείωση της παροχής (π.χ. σε 11 m³/h) με αντίστοιχη αύξηση του χρόνου λειτουργίας, ώστε να αντληθούν τα συνολικά 200 m³ανά ημέρα.

6. Λειτουργία αντλητικού συγκροτήματος

Το αντλητικό συγκρότημα καταθλίβει στη δεξαμενή υδροληψίας που τοποθετείται στην οροφή του οικίσκου της γεώτρησης. Δεχόμαστε μίακυκλική πλαστική δεξαμενή διαμέτρου 2 m περίπου, οπότε η διατομή του είναι 3,14m². Ο πυθμένας της δεξαμενής υδροληψίας βρίσκεται σε απόλυτο υψόμετρο +178,68. Ο αγωγός μεταφοράς συνδέεται στο κάτω μέρος αυτούμε την άνω παρειά του 0,20 m ψηλότερα από τον πυθμένα (απόλυτο υψόμετρο +178,88).

Θεωρούμε μία στάθμη εκκίνησης του αντλητικού συγκροτήματος Ε κατά 0,50 m ψηλότερα από τον πυθμένα (απόλυτο υψόμετρο +179,18) και μία στάθμη στάσης Σ κατά 1,00 mψηλότερα από τον πυθμένα (απόλυτο υψόμετρο +179,68). Το αντλητικό συγκρότημα λειτουργεί εφόσον η στάθμη του νερού στη δεξαμενή υδροληψίας βρίσκεται μεταξύ των δυο σταθμών Ε και Σ. Το μέσο ύψος νερού στη δεξαμενή μεταξύ των δύο αυτών σταθμών είναι 0,75 m(μέση απόλυτη στάθμη +179,43). **Στραγγαλίζουμε την δικλείδα στο τέλος του αγωγού μεταφοράς ανάντη της εκροής στη δεξαμενή Αγίας Μαρίνας, τόσο ώστε η στάθμη νερού στη δεξαμενή υδροληψίας να διατηρείται περίπου σταθερή σε ύψος 0,75 m.**

Θεωρητικά στην κατάσταση αυτή η εισερχόμενη παροχή στη δεξαμενή υδροληψίας είναι ίση με την εξερχόμενη και η αντλία θα λειτουργεί συνεχώς μέχρι να γεμίσει η δεξαμενή Αγίας Μαρίνας, να κλείσει η φλοτεροβαλβίδα, να σταματήσει η εκροή νερού από τη δεξαμενή υδροληψίας και το νερό να ανέλθει μέχρι την στάθμη Σ, οπότε θα προκληθεί στάση της αντλίας. Στη συνέχεια όταν αρχίζει να αδειάζει η δεξαμενή Αγίας Μαρίνας θα ανοίξει η φλοτεροβαλβίδα και θα αρχίσει να κατεβαίνει το νερό στη δεξαμενή υδροληψίας και όταν φθάσει στη στάθμη Ε θα ξεκινήσει η αντλία. Την στιγμή εκείνη η δεξαμενή υδροληψίας θα αδειάζει στη χειρότερη περίπτωση με παροχή 12 m³/h = 0,20 m³/min. Ο όγκος των 0,30*3,14 = 0,94m³ μεταξύ της στάθμης Ε και της άνω παρειάς του αγωγού μεταφοράς δίνει λίαν ικανοποιητικό χρονικό περιθώριο 4,7min για να ξεκινήσει η αντλία και να αποδώσει την πλήρη παροχή της χωρίς να υπάρχει κίνδυνος εισόδου αέρα στον αγωγό μεταφοράς.

Στην πράξη δεν είναι δυνατόν να υπάρξει απόλυτη εξίσωση εισερχόμενης και εξερχόμενης παροχής στο δεξαμενή υδροληψίας και για τον λόγο αυτό χρειάζεται ο ρυθμιστικός όγκος V μεταξύ των σταθμών Ε και Σ. Ο ρυθμιστικός όγκος της δεξαμενής υδροληψίας εξαρτάται από την σχέση εισερχόμενης και εξερχόμενης παροχής και από τον επιθυμητό αριθμό εκκινήσεων της αντλίας ανά ώρα. Η μέγιστη τιμή του αντιστοιχεί

στην περίπτωση που η εισερχόμενη παροχή είναι διπλάσια από την εξερχόμενη και δίδεται από τη σχέση

$$V = Q / 4Zm^3$$

όπου Q είναι η εισερχόμενη παροχή σε m³/h

Z είναι ο αριθμός επιθυμητών εκκινήσεων της αντλίας ανά ώρα

Για το μέγεθος του αντλητικού συγκροτήματος που προκύπτει στην προκειμένη περίπτωση επιτρέπονται έως και 15 εκκινήσεις την ώρα από θερμή κατάσταση. Λόγω του πολύ μικρού απαιτούμενου ρυθμιστικού όγκου και για να εξασφαλισθεί πιο άνετη λειτουργία της αντλίας δεχόμαστε μόνο 2 εκκινήσεις ανά ώρα. Ο απαιτούμενος ρυθμιστικός όγκος V της δεξαμενής υδροληψίας προκύπτει τότε στην δυσμενέστερη περίπτωση παροχής 12 m³/h :

$$V = 12 / 4 \cdot 2 = 1,5 \text{ m}^3$$

Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο απαιτούμενος ρυθμιστικός όγκος είναι πολύ μικρότερος, αφού ο λόγος εισερχόμενης-εξερχόμενης παροχής είναι κοντά στη μονάδα, χωρίς όμως να είναι δυνατός ο προσδιορισμός του λόγου αυτού. Επειδή λοιπόν ο ανωτέρω απαιτούμενος μέγιστος ρυθμιστικός όγκος είναι πολύ μικρός, επιλέγουμε αυτόν σαν τελικό ρυθμιστικό όγκο της δεξαμενής υδροληψίας και έτσι καθορίζεται η στάθμη στάσης της αντλίας σε ύψος 0,50 m ανώτερη από τη στάθμη εκκίνησης E. Με την επιλογή αυτή ο ρυθμιστικός όγκος της δεξαμενής είναι $3,14 \cdot 0,50 = 1,57 \text{ m}^3$ και η συχνότητα εκκινήσεων του αντλητικού συγκροτήματος είναι πολύ μικρή. Εάν π.χ. υποθέσουμε ότι η παροχή της αντλίας είναι 9,00 m³/h και η παροχή στον αγωγό μεταφοράς είναι 8,50 m³/h, η δεξαμενή υδροληψίας αρχικά γεμίζει με παροχή 0,50 m³/h επί $1,57 \text{ m}^3 / 0,50 \text{ m}^3/\text{h} = 3,14 \text{ h}$, στη συνέχεια η αντλία σταματάει και η δεξαμενή υδροληψίας αδειάζει με παροχή 8,50 m³/h επί $1,57 \text{ m}^3 / 8,50 \text{ m}^3/\text{h} = 0,18 \text{ h}$. Επομένως ο κύκλος μεταξύ δύο εκκινήσεων της αντλίας είναι 3,32 h ή 0,3 εκκινήσεις ανά ώρα.

Εάν το νερό στη δεξαμενή υδροληψίας κατέβει σε στάθμη E ενώ η αντλία λειτουργεί – πράγμα που σημαίνει ότι η παροχή της αντλίας είναι λίγο μικρότερη από την εξερχόμενη παροχή – ο ρυθμιστής στροφών παίρνει εντολή να αυξήσει την παροχή κατά ένα ρυθμιζόμενο ποσοστό, π.χ. 0,50 m³/h, ήτοι από 8,50 m³/h σε 9 m³/h ή από 12 m³/h σε 12,50 m³/h. Εάν παρά ταύτα μετά από ρυθμιζόμενο χρόνο, π.χ. 5 min, το νερό εξακολουθεί να βρίσκεται κάτω από τη στάθμη E, η αντλία σταματάει (πιθανή θραύση σωλήνα). Εάν αντιθέτως το νερό αρχίζει να ανεβαίνει η αντλία σταματάει όταν το νερό φθάσει στην στάθμη Σ. Όταν το νερό κατέβει πάλι στην στάθμη E, η αντλία ξεκινάει να λειτουργεί με την αρχική παροχή της 8,50 m³/h ή 12 m³/h.

Για λόγους ασφαλείας προβλέπεται μία ακόμα στάθμη στάσης της αντλίας και σήμανσης υπερχειλίσης HH σε απόσταση 0,30 m ψηλότερα από τη στάθμη Σ (απόλυτη στάθμη +179,98), για την περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο δεν σταματήσει η αντλία στη στάθμη Σ.

Οι στάθμες E, Σ και HH θα υλοποιηθούν με κρεμαστά ηλεκτρόδια ελέγχου στάθμης μέσα σε σωλήνα στερεωμένο στη δεξαμενή υδροληψίας, ώστε να είναι δυνατή η εύκολη αλλαγή στις τιμές των διαφόρων σταθμών.

7. Μανομετρικό ύψος αντλίας

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα το αντλητικό συγκρότημα πρέπει να μπορεί να αντλήσει στη δεξαμενή υδροληψίας αρχικά με παροχή 8,5 m³/h ή και 12 m³/h από βάθος 55 m, μελλοντικά δε παροχή 12 m³/h από βάθος 85 m. Αυτά μπορούν να επιτευχθούν μόνο με την χρησιμοποίηση ενός ρυθμιστή στροφών (μετατροπέα συχνότητας, frequency convertor, inverter) για την τροφοδότηση του αντλητικού συγκροτήματος, αλλά προκειμένου να καταλήξουμε στην επιλογή των

χαρακτηριστικών της αντλίας πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε το μανομετρικό ύψος της αντλίας για τις διάφορες συνθήκες άντλησης.

7.1. Μανομετρικό ύψος για άντληση 12 m³/h από βάθος 85 m

Μέση στάθμη νερού στο δεξαμενή υδροληψίας		+179,43	
Στάθμη εδάφους στη γεώτρηση		+174,68	
Υψομετρική διαφορά	m	4,75	
Βάθος άντλησης	m	85,00	
Γεωμετρικό ύψος	m	89,75	89,75
Παροχή	m ³ /h	12	
Εσωτερική διάμετρος καταθλιπτικού αγωγού	mm	51,4	
Ταχύτητα ροής u	m/s	1,61	
Δυναμικό ύψος u ² /2g	m	0,13	
Απώλειες γραμμικές			
J%		5,15	
Μήκος	m	95	
Απώλειες	m	0,0515*95	4,89
Απώλειες τοπικές			
Βαλβίδα αντεπιστροφής	ζ	6,00	
Καμπύλες 3*0,50	ζ	1,50	
Τεμάχια εξάρμοσης 2*0,15	ζ	0,30	
Δικλείδα συρταρωτή DN50	ζ	0,30	
	Σζ	8,10	
Απώλειες	m	0,13*8,10	1,05
Αθροισμα	m		95,69
Στρογγύλευση	m		0,31
Μανομετρικό ύψος	m		96,00

7.2. Μανομετρικό ύψος για άντληση 8,5 m³/h από βάθος 55 m

Μέση στάθμη νερού στη δεξαμενή υδροληψίας		+179,43	
Στάθμη εδάφους στη γεώτρηση		+174,68	
Υψομετρική διαφορά	m	4,75	
Βάθος άντλησης	m	55,00	
Γεωμετρικό ύψος	m	59,75	59,75
Παροχή	m ³ /h	8,5	
Εσωτερική διάμετρος καταθλιπτικού αγωγού	mm	51,4	
Ταχύτητα ροής u	m/s	1,14	
Δυναμικό ύψος u ² /2g	m	0,07	
Απώλειες γραμμικές			
J%		2,76	
Μήκος	m	95	
Απώλειες	m	0,0276*95	2,63
Απώλειες τοπικές			
Βαλβίδα αντεπιστροφής	ζ	6,00	
Καμπύλες 3*0,50	ζ	1,50	
Τεμάχια εξάρμοσης 2*0,15	ζ	0,30	
Δικλείδα συρταρωτή DN50	ζ	0,30	
	Σζ	8,10	
Απώλειες	m	0,07*8,10	0,57
Αθροισμα	m		62,95

Στρογγύλευση	m	0,05
Μανομετρικό ύψος	m	63,00

Ανεξάρτητα από το βάθος άντλησης η αντλία πρέπει να τοποθετηθεί σε βάθος τουλάχιστον 90 m. Ο σωλήνας ανάρτησης του αντλητικού συγκροτήματος που αποτελεί και τον σωλήνα κατάθλιψης θα είναι σωλήνας πολυαιθυλενίου 3ης γενιάς, εξωτερικής ονομαστικής διαμέτρου DN63, ονομαστικής πίεσης PN16 με πάχος τοιχώματος 5,8 mm.

Οι δύο ακραίες καταστάσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει η αντλία είναι άντληση 12 m³/h από βάθος 85 m και άντληση 8,5 m³/h από βάθος 55 m. Αφού υπολογίσουμε τα μανομετρικά ύψη για τις δύο αυτές περιπτώσεις, μπορούμε εύκολα να βρούμε τα αντίστοιχα μανομετρικά ύψη για άντληση 12 m³/h από βάθος 55 m και άντληση 8,5 m³/h από βάθος 85 m.

7.3. Μανομετρικό ύψος για άντληση 12 m³/h από βάθος 55 m

Η περίπτωση αυτή συνδυάζει το γεωμετρικό ύψος της παραγράφου 7.2. με τις απώλειες της παραγράφου 7.1 και συνεπώς το μανομετρικό ύψος για άντληση 12 m³/h από βάθος 55 m είναι :

Γεωμετρικό ύψος : 59,75 m
 Απώλειες : 5,94 m
Στρογγύλευση : 0,31 m
 Μανομετρικό ύψος : 66,00 m

7.4. Μανομετρικό ύψος για άντληση 8,5 m³/h από βάθος 85 m

Η περίπτωση αυτή συνδυάζει το γεωμετρικό ύψος της παραγράφου 7.1. με τις απώλειες της παραγράφου 7.2 και συνεπώς το μανομετρικό ύψος για άντληση 8,5 m³/h από βάθος 85 m είναι :

Γεωμετρικό ύψος : 89,75 m
 Απώλειες : 3,20 m
Στρογγύλευση : 0,05m
 Μανομετρικό ύψος : 93,00 m

8. Πεδίο λειτουργίας αντλίας

Οι διάφορες συνθήκες λειτουργίας του αντλητικού συγκροτήματος που εξετάσθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο αποτελούν τις κορυφές του πεδίου λειτουργίας το οποίο καλείται να καλύψει το αντλητικό συγκρότημα. Η κάλυψη του πεδίου αυτού μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την χρησιμοποίηση ενός ρυθμιστή στροφών για την τροφοδότηση του κινητήρα της αντλίας. **Το δυσμενέστερο σημείο λειτουργίας είναι η άντληση παροχής Q1 = 12 m³/h σε μανομετρικό ύψος 96m και συνεπώς το σημείο αυτό θα καθορίσει την επιλογή της αντλίας.** Όλα τα υπόλοιπα σημεία του πεδίου λειτουργίας πρέπει να προκύψουν με λειτουργία της αντλίας σε μειωμένους αριθμούς στροφών.

Για να ελέγξουμε την δυνατότητα και τις συνθήκες κάλυψης του πεδίου λειτουργίας επιλέγουμε μία αντλία ενός κατασκευαστή από εκείνες που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά (βλ. Παράτημα Α) και χαράζουμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες Q-H της αντλίας για διάφορους αριθμούς στροφών, όπως φαίνεται στο διάγραμμα του Παραρτήματος Α, λαμβάνοντας υπόψη ότι η χαμηλότερη συχνότητα, στην οποία κατ' αρχήν συνιστάται να λειτουργήσουν τα υποβρύχια αντλητικά συγκροτήματα είναι η f = 30 Hz. Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει ότι η συγκεκριμένη αντλία με κανονικό αριθμό στροφών 2900 σε συχνότητα 50 Hz μπορεί να αποδώσει :

- σε 2825 rpm (48,7 Hz) παροχή Q = 12 m³/h σε μανομετρικό ύψος 96m
- σε 2674rpm (46,1Hz) παροχή Q = 8,5 m³/h σε μανομετρικό ύψος 93 m

- σε 2395 rpm (41,3Hz) παροχή Q= 12 m³/h σε μανομετρικό ύψος 66 m
 - σε 2245 rpm (38,7Hz) παροχή Q = 8,5 m³/h σε μανομετρικό ύψος 63 m
- και συνεπώς καλύπτει όλο το επιθυμητό πεδίο λειτουργίας μέσα στην επιτρεπόμενη περιοχή μεταβολής της συχνότητας.

Είναι προφανές ότι και αντλίες άλλων κατασκευαστών μπορούν να καλύψουν το επιθυμητό πεδίο λειτουργίας με διαφορετικούς βέβαια κάθε μία αριθμούς στροφών, αλλά αυτό δεν έχει καμία σημασία, γιατί η συχνότητα του ρεύματος τροφοδότησης του κινητήρα θα καθορίζεται αυτόματα από τον ρυθμιστή στροφών, ώστε να διατηρείται η παροχή σταθερά στο setpoint μεταξύ 8,5 m³/h και 12 m³/h με το εκάστοτε μανομετρικό ύψος της εγκατάστασης.

9. Λοιπά στοιχεία αντλιών

Τα λοιπά χαρακτηριστικά των αντλιών θα υπολογισθούν με βάση τα στοιχεία λειτουργίας τους στον κανονικό αριθμό στροφών, που για τις υποβρύχιες αντλίες είναι οι 2900 rpm, ήτοι για παροχή Q = 12 m³/h = 0,0033 m³/s σε μανομετρικό ύψος H = 96m.

Βάσει των στοιχείων αυτών μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε τον ειδικό στροφάλιμο της αντλίας από τη σχέση :

$$v = \sqrt{Q \cdot k^{3/4} \cdot n / H^{3/4}} = \sqrt{0,0033 \cdot k^{3/4} \cdot 2900 / 96^{3/4}} = 5,5 \cdot k^{3/4} \cdot \text{min}^{-1}$$

όπου : Q₀ = η ονομαστική παροχή της αντλίας σε m³/sec

H₀ = το αντίστοιχο μανομετρικό ύψος σε m

k = αριθμός βαθμίδων

η = ο αριθμός στροφών ανά λεπτό

Η περιοχή ευνοϊκής λειτουργίας για πτερωτές ακτινικής ροής αντιστοιχεί σε ειδικό στροφάλιμο 12 έως 50 min⁻¹, ενώ για πτερωτές μικτής ροής αντιστοιχεί σε ειδικό στροφάλιμο 50 έως 160 min⁻¹. Επομένως η αντλία θα είναι πολυβάθμια με 4 έως 20 βαθμίδες ακτινικής ροής ή με περισσότερες βαθμίδες μικτής ροής .

Όπως προκύπτει από έντυπα κατασκευαστών, ο βαθμός απόδοσης της αντλίας σε ολόκληρο το πεδίο λειτουργίας θα κυμαίνεται μεταξύ 60% και 65%.

Η απαιτούμενη ισχύς στον άξονα της αντλίας υπολογίζεται για το δυσμενέστερο σημείο λειτουργίας, ήτοι για παροχή Q = 12 m³/h = 0,0033 m³/s σε μανομετρικό ύψος H = 96m από τη σχέση :

$$P_a = Q \cdot H / 367 \cdot n = 12 \cdot 96 / 367 \cdot 0,6 = 5,2 \text{ kW}$$

10. Κινητήρας αντλίας

Τα υποβρύχια αντλητικά συγκροτήματα έχουν κινητήρες τριφασικούς με βραχυκυκλωμένο δρομέα, κατάλληλους για λειτουργία μέσα στο νερό.

Η τροφοδότηση του κινητήρα στην προκειμένη περίπτωση, όπως καθορίστηκε ανωτέρω, θα γίνεται μέσω ρυθμιστή στροφών (frequency converter, inverter). Η ονομαστική ισχύς του κινητήρα του μεγέθους που απαιτείται στην συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να είναι κατά 15% τουλάχιστον μεγαλύτερη από την απαιτούμενη στον άξονα της αντλίας όταν δεν γίνεται ρύθμιση στροφών και κατά 20% στην περίπτωση όπου χρησιμοποιείται ρυθμιστής στροφών. Συνεπώς η απαιτούμενη ισχύς κινητήρα υπολογίζεται με περιθώριο 20% ως ακολούθως :

$$P = 1,2 \cdot P_a = 1,2 \cdot 5,2 = 6,3 \text{ kW}$$

Οι υποβρύχιοι κινητήρες δεν έχουν τυποποιημένες ισχύεις, αλλά για την επιλογή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού θα λάβουμε υπόψη την αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη ισχύ των 7,5 kW.

11. Τροφοδότηση Δ.Ε.Η.

Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για την λειτουργία της γεώτρησης παρέχεται από το δίκτυο χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η., δηλαδή με τάση 230/400V.

Για την σύνδεση προς το δίκτυο 230/400 V της ΔΕΗ θα τοποθετηθεί σε τοίχο του οικίσκου και σε θέση που θα υποδείξει η ΔΕΗ στεγανό μεταλλικό κιβώτιο για την τοποθέτηση του μετρητή και γαλβανισμένη σωλήνα στήριξης του καλωδίου παροχής σύμφωνα με τα σχέδια που θα δώσει η ΔΕΗ.

12. Υπολογισμός καλωδίων

Για την τροφοδότηση του ηλεκτρικού πίνακα της γεώτρησης από την παροχή ΔΕΗ θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο πλαστικής μόνωσης τύπου E1VV (πρώην NYG), κατάλληλο για τάση 0,6/1 kV και με επιτρεπόμενη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας 70°C. Για την τροφοδότηση του κινητήρα από τον ρυθμιστή στροφών θα χρησιμοποιηθεί ένα καλώδιο με αντιπαρασιτική προστασία, δηλαδή καλώδιο με τρεις αγωγούς φάσεων και αγωγό γείωσης ομοκεντρικά περιελιγμένο που εκτελεί και χρέη θωράκισης ενδεικτικού τύπου NYCY.

Για τον υπολογισμό της διατομής των καλωδίων θα ληφθούν υπόψη τα μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα και οι συντελεστές διόρθωσης που περιλαμβάνονται στο Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384. (βλ. Παράρτημα Β).

Ο βαθμός απόδοσης υποβρύχιου κινητήρα ισχύος 7,5kW, 2900 rpm είναι τουλάχιστον 75% και ο συντελεστής ισχύος του 0,75. Συνεπώς η απορροφούμενη ένταση από τον κινητήρα είναι :

$$I_0 = 7.500 / \sqrt{3} * 400 * 0,75 * 0,75 = 19,2 \text{ A}$$

Στην ένταση αυτή προστίθεται 3 έως 5A για φωτισμό του οικίσκου και για το σύστημα αυτοματισμού και προκύπτει η συνολική απορροφούμενη ένταση περίπου 25 A.

Θεωρούμε συντελεστή μείωσης για θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C σύμφωνα με τον Πίνακα 52-Δ1 του Προτύπου ΕΛΟΤ HD 384 : 0,87

Η ισοδύναμη ένταση προκύπτει τότε : $I_{\sigma} = I_0 / 0,87 \text{ A} = 25/0,87 = 28,7 \text{ A}$

Η τροφοδότηση του ηλεκτρικού πίνακα διανομής από τον μετρητή της ΔΕΗ θα γίνει με καλώδιο της μικρότερης διατομής που δέχεται η Δ.Ε.Η., ήτοι **E1VV 5x6 mm²**, το οποίο έχει επιτρεπόμενη ένταση 34 A σύμφωνα με τον Πίνακα 52-K1 του Προτύπου για επίτοιχη τοποθέτηση σε προστατευτικό σωλήνα.

Η ένταση που απορροφά ο κινητήρας υπολογίσθηκε ανωτέρω σε 19,2 A και θεωρώντας τον ίδιο συντελεστή μείωσης λόγω θερμοκρασίας ως ανωτέρω βρίσκουμε την ισοδύναμη ένταση $I_{κιν} = 19,2 / 0,87 = 22 \text{ A}$. Επομένως είναι δυνατή η τροφοδότηση του κινητήρα με ένα καλώδιο NYCY 3X4/4mm² με επιτρεπόμενη ένταση 26 A σύμφωνα με τον Πίνακα 52-K1 του Προτύπου. Λόγω όμως του μεγάλου μήκους του καλωδίου πρέπει να υπολογίσουμε και την πτώση τάσεως σε αυτό, η οποία σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΛΟΤ 384 πρέπει να είναι μικρότερη του 4%. Η ποσοστιαία πτώση τάσης γραμμής για τριφασική τροφοδότηση εναλλασσομένου ρεύματος δίνεται από τη σχέση :

$$u = \Delta u * 100 / U_{\pi} = \sqrt{3} * I * L (R * \cos\phi + X * \sin\phi) * 100 / U_{\pi}$$

οπότε για την συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε :

πολική τάση $U_{\pi} = 400 \text{ V}$

ένταση ρεύματος $I = 19,2 \text{ A}$

μήκος καλωδίου $L = 100 \text{ m} = 0,1 \text{ km}$

ωμική αντίσταση γραμμής $R = 5,45 \text{ Ohm/km}$
επαγωγική αντίσταση γραμμής $X = 0,107 \text{ Ohm/km}$
 $\cos\varphi = 0,75$
 $\sin\varphi = 0,66$

και συνεπώς $u = \sqrt{3} \cdot 19,2 \cdot 0,1 \cdot (5,45 \cdot 0,75 + 0,107 \cdot 0,66) \cdot 100 / 400 = 3,46\% < 4\%$.

Κατά συνέπεια το καλώδιο **NYCY 3X4/4 mm²** γίνεται δεκτό.

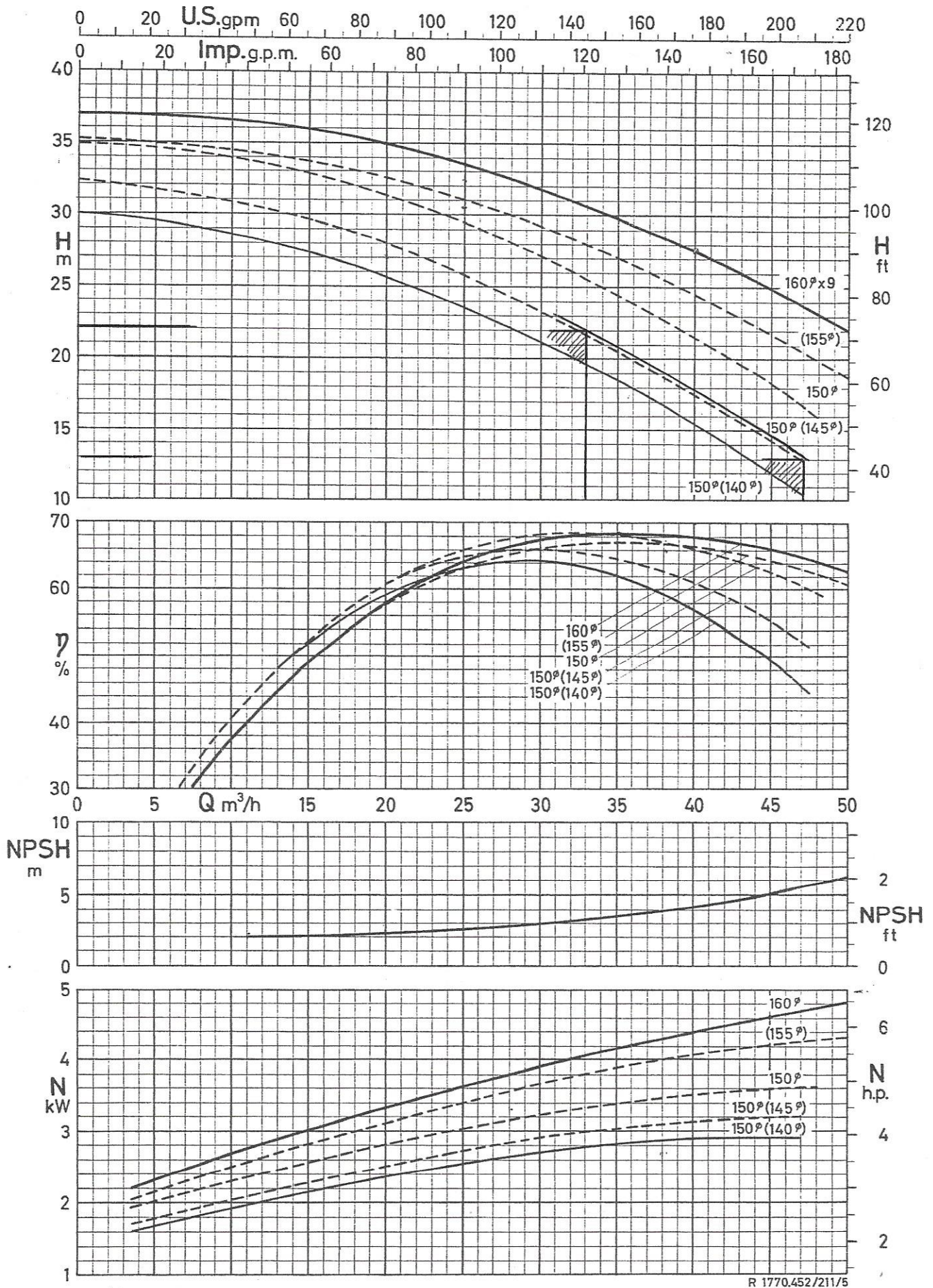
Ο ΣΥΝΤΑΞΑΣ

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ
Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ Τ.Υ ΔΕΥΑΛ

ΓΡΗΓΟΡΗΣ ΚΑΡΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ ΦΙΝΔΑΝΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΤΛΙΑΣ



R 1770.452/211/5

Laufrad	160-140 mm Ø	Laufradaustrittsbreite	9 mm
Impeller	160-140 mm Ø	Impeller outlet width	9 mm
Roue	160-140 mm Ø	Largeur à la sortie de la roue	9 mm
Rodete	160-140 mm Ø	Anchura de salida del rodete	9 mm

R 1770.452/211/5

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΕΛΟΤ ΗΔ 384

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Δ1
Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται
στους Πίνακες 52-Κ1, και 52-Κ2

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-K1
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α)
εντοιχισμένων (χωνευτών) και επιτοίχιων (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα		Πολυπολικό καλώδιο						
		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Γυμνό		Σε σωλήνα				
				Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο			
PVC	2	3	5	3	6	2	4			
	3	2	4	2	5	1	3			
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8			
	3	5	7	5	8	4	6			
Στήλες										
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	19	20	22	23
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
	240	261	286	321	346	380	424	-	500	599
300	298	328	367	396	435	486	-	576	693	
Αλουμίνιο	16	41	43	48	53	58	64	71	72	79
	25	53	57	62	70	73	84	93	90	101
	35	65	70	77	86	90	103	116	112	126
	50	78	84	92	104	110	124	140	136	154
	70	98	107	116	131	140	156	179	174	198
	95	118	129	139	157	170	188	217	211	241
	120	135	149	160	180	197	216	251	245	280
	150	155	170	189	206	226	253	-	283	324
	185	176	194	215	233	256	288	-	323	371
	240	207	227	252	273	300	338	-	382	439
	300	237	261	289	313	344	387	-	440	508