

## Γνωμοδότηση σχετικά με τεχνικά ζητήματα με την κατασκευή του αγωγού ΤΑΡ στις Κρηνίδες και την ευρύτερη περιοχή της Καβάλας

Κ. Ξιφαράς, Β. Παπαδόπουλος, Ν.Π. Βεντίκος, Α. Μπασδέκης, Β. Ζωτιάδης, Κ. Λούζης

### Εκτεταμένη Περίληψη

Εισαγωγή.....	2
1 Συνοπτική αξιολόγηση των διαθέσιμων γεωτεχνικών δεδομένων .....	3
2 Υδροφόρος Ορίζοντας (Ζήτημα 1) .....	7
3 Ανάφλεξη Τύρφης (Ζήτημα 2).....	7
4 Βάθος κατεργασίας εδάφους (Ζήτημα 3).....	8
5 Συνίζηση του εδάφους (Ζήτημα 4) .....	10
6 Θερμοκρασία εδάφους (Ζήτημα 5).....	11

### Επιστημονικό υπόβαθρο των μελών της Ομάδας Εργασίας

Ο κ. Κωνσταντίνος Δ. Ξιφαράς είναι διπλωματούχος Μηχανικός Παραγωγής και Διοίκησης (Πολυτεχνείο Κρήτης). Έχει διατελέσει Διευθύνων Σύμβουλος στον Διαχειριστή Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ) Α.Ε. και είναι Αναπληρωτής Γενικός Γραμματέας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΕΕ).

Ο Δρ. Βασίλης Παπαδόπουλος είναι Αναπληρωτής Καθηγητής στο Γεωτεχνικό Τμήμα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών (ΕΜΠ). Η ειδίκευσή του σε σχέση με το έργο αναφέρεται σε θέματα μηχανικής θεμελίωσης, εδαφομηχανικής, μηχανικής των πετρωμάτων, και κατασκευής σηράγγων.

Ο Δρ. Νικόλαος Π. Βεντίκος είναι Αναπληρωτής Καθηγητής στο Εργαστήριο Θαλάσσιων Μεταφορών (ΕΜΠ). Η ειδίκευσή του σε σχέση με το έργο αναφέρεται σε θέματα ανάλυσης ασφάλειας, μελέτης και ανάλυσης ρίσκου, και μοντελοποίησης του ρίσκου.

Ο κ. Αναστάσιος Μπασδέκης είναι πτυχιούχος Γεωλόγος του Πανεπιστημίου Αθηνών. Έχει μεγάλη εμπειρία στο σχεδιασμό, διαχείριση, επίβλεψη, παρακολούθηση και αξιολόγηση γεωλογικών και γεωτεχνικών ερευνών λόγω της συμμετοχής του σε πληθώρα μεγάλων δημόσιων και ιδιωτικών έργων

Ο Δρ. Βασίλης Ζωτιάδης, είναι Γεωλόγος, με μεταπτυχιακό στη Γεωλογική / Χημική Ωκεανογραφία και Δρ. Περιβαλλοντικής Γεωχημείας από το τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος (ΕΚΠΑ). Η ειδίκευσή του σε σχέση με το έργο αναφέρεται σε θέματα οργανικής και ανόργανης γεωχημείας και ανάλυσης / εκτίμησης περιβαλλοντικού κινδύνου και περιβαλλοντικής παρακολούθησης.

Ο κ. Κωνσταντίνος Λούζης είναι διπλωματούχος Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός (ΕΜΠ), και Υποψήφιος Διδάκτορας. Η ειδίκευσή του σε σχέση με το έργο αναφέρεται σε θέματα ανάλυσης ασφάλειας, μελέτης και ανάλυσης ρίσκου, και στατιστικής και πιθανοθεωρητικής μοντελοποίησης του ρίσκου.

## Εισαγωγή

Σε συνέχεια του Μνημονίου Συνεργασίας μεταξύ του ΤΑΡ και του ΤΕΕ, Ιούνιος 2017, συμφωνήθηκε η σύσταση Ομάδας Εργασίας του ΤΕΕ (Νοέμβριος 2017) για την γνωμοδότηση σχετικά με τεχνικά ζητήματα με την κατασκευή του αγωγού ΤΑΡ. Η Ομάδα Εργασίας μελέτησε σε αυτή τη φάση του έργου τα τεχνικά ζητήματα που έχουν ανακύψει στις Κρηνίδες και στην ευρύτερη περιοχή της Καβάλας. Ο στόχος αυτής της έκθεσης είναι να παρουσιάσει την επιστημονική άποψη της Ομάδας Εργασίας του ΤΕΕ στα πέντε κύρια ζητήματα που έχουν αναδειχθεί από τοπικούς φορείς σχετικά με την κατασκευή του αγωγού ΤΑΡ στην περιοχή Τενάγη Φιλίππων. **Για τους σκοπούς αυτής της μελέτης, η όδευση του αγωγού στην περιοχή Τενάγη διακρίνεται σε 6 Υπο-περιοχές που αντανακλούν τις μεταβαλλόμενες γεωφυσικές συνθήκες.**

Τα ζητήματα που έχουν αναδειχθεί αφορούν:

- πιθανές επιπτώσεις από την κατασκευή και λειτουργία του ΤΑΡ
  - ο στον υδροφόρο ορίζοντα (**Ζήτημα 1**), και
  - ο στην αποδοτικότητα των καλλιεργειών της περιοχής (**Ζήτημα 5**),
- παράγοντες που μπορεί να επιδράσουν αρνητικά στην ασφάλεια του αγωγού:
  - ο κίνδυνος πυρκαγιάς εξαιτίας του φαινομένου της αυτανάφλεξης της τύρφης και της πρακτικής της καύσης γεωργικών υπολειμμάτων (**Ζήτημα 2**),
  - ο κίνδυνος διάτρησης του αγωγού εξαιτίας της χρήσης γεωργικών μηχανημάτων για την κατεργασία του εδάφους (**Ζήτημα 3**),
  - ο κίνδυνος αστοχίας του αγωγού εξαιτίας του φαινομένου της συνίζησης που παρατηρείται στην περιοχή (**Ζήτημα 4**).

Στην **Ενότητα 1** παρουσιάζεται μια συνοπτική αξιολόγηση των διαθέσιμων γεωτεχνικών δεδομένων, όπως παρασχέθηκαν από τον ΤΑΡ και από άλλες εξωτερικές πηγές, με στόχο την υποστήριξη της επιστημονικής άποψης της ομάδας εργασίας στα Ζητήματα 2 και 4.

Στην **Ενότητα 2** εξετάζεται η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα στην εγκεκριμένη όδευση στην περιοχή, και διερευνώνται οι πιθανές επιδράσεις του αγωγού.

Η **Ενότητα 3** διεξάγει μια εκτενή επισκόπηση της βιβλιογραφίας για το φαινόμενο της αυτανάφλεξης της τύρφης και εξετάζει πιθανούς κινδύνους για τον αγωγό που σχετίζονται με αυτό.

Στην **Ενότητα 4** διερευνώνται τα είδη των καλλιεργειών στην περιοχή, οι συνήθεις τεχνικές για την κατεργασία του εδάφους, καθώς και το βάθος που φτάνουν τα γεωργικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για αυτή. Επιπρόσθετα, παρατίθεται μια ποιοτική εκτίμηση ρίσκου για τον κίνδυνο διάτρησης του αγωγού από τη χρήση των γεωργικών μηχανημάτων σε σχέση με το βάθος του αγωγού.

Η **Ενότητα 5** διερευνά το φαινόμενο της συνίζησης στην περιοχή, τους παράγοντες που την επηρεάζουν, και παρουσιάζει μια ενδεικτική εκτίμηση του μεγέθους του φαινομένου, εφαρμόζοντας ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων, κατά τη διάρκεια των 50 ετών που ακολουθούν την ολοκλήρωση της κατασκευής του αγωγού.

Στην **Ενότητα 6** διερευνάται η πιθανή μεταφορά θερμότητας μεταξύ του αγωγού και του εδάφους, βάσει της κατανομής της θερμοκρασίας κατά μήκος του αγωγού με δεδομένα από τον ΤΑΡ, μιας εκτίμησης, μέσω εμπειρικής σχέσης, της θερμοκρασίας του εδάφους στο βάθος του αγωγού στην περιοχή. Επίσης, παρατίθεται επισκόπηση της σχετικής διεθνούς βιβλιογραφίας.

Συνολικά, η Ομάδα Εργασίας του ΤΕΕ αξιολόγησε τα παραπάνω πέντε ζητήματα, που είχαν αναδειχθεί από τους τοπικούς φορείς, και αποφαίνεται ότι **οι σχετικοί κίνδυνοι δεν είναι βάσιμοι για την εγκεκριμένη χάραξη, η οποία επισημαίνεται ότι δεν διέρχεται μέσα από τον τυρφώνα στην περιοχή Τενάγη.**

## 1 Συνοπτική αξιολόγηση των διαθέσιμων γεωτεχνικών δεδομένων

Η αξιολόγηση των διαθέσιμων γεωτεχνικών στοιχείων κατά μήκος της εγκεκριμένης όδευσης στην περιοχή (Χ.Θ. 194 – Χ.Θ. 209) έχει ως σκοπό την υποστήριξη της επιστημονικής γνώμης μας επί των Αντικειμένων 2 και 4 (δηλαδή παρουσία τύρφης και εκτίμηση της συνιζήσεως) και ακολουθεί την διάκριση έξι (6) υποπεριοχών κατ' αντιστοιχία με προηγούμενες Γεωτεχνικές Εκθέσεις. Το τμήμα της σωληνογραμμής Χ.Θ. 205 έως Χ.Θ. 207 έχει ήδη κατασκευασθεί, επομένως η επεξεργασία και ερμηνεία των αποτελεσμάτων των σχετικών ερευνών αφορά κατ' αρχήν τις Υποπεριοχές 1 έως 5 και επεκτείνεται παρά ταύτα και στην Υποπεριοχή 6, για μία συνολική εικόνα των γεωτεχνικών συνθηκών που επικρατούν κατά μήκος της συγκεκριμένης διαδρομής. Η παρουσία ή μη οργανικών εδαφών εξετάσθηκε βάσει:

- i) Των περιγραφών των εδαφικών στρώσεων που περιέχονται στις γεωτεχνικές τομές των γεωτρήσεων,
- ii) Των εργαστηριακών μετρήσεων του συνολικού ποσοστού οργανικών,
- iii) Της έμμεσης κατατάξεως βάσει των δοκιμών στατικής πενετρομετρικής CPTu που βασίσθηκε στον δείκτη εδαφικής συμπεριφοράς (S.B.T. Index).

Ο Πίνακας 1.1 παρουσιάζει λεπτομερώς τα σχετικά γεωτεχνικά δεδομένα αφ' ενός για τις κρίσιμες ανώτερες εδαφικές ζώνες (μέχρι βάθους 5 m) και αφ' ετέρου για τις βαθύτερες, υποκείμενες και βάσει αυτού προκύπτουν τα εξής κύρια συμπεράσματα:

- (α) Τύρφη δεν απαντήθηκε κατά μήκος της εγκεκριμένης όδευσης.
- (β) Οργανικά εδάφη, όπως οργανική άργιλος ή ιλύς δεν συναντηθήκαν κατά τις έρευνες στα ανώτερα κρίσιμα 5 m, δεδομένου ότι το εργαστηριακό ποσοστό οργανικής ύλης δεν υπερέβη την μικρή τιμή 6%.
- (γ) Μόνο λεπτές ενδιαστρώσεις ή φακοί οργανικών εδαφών ανιχνεύθηκαν κάτω του βάθους των -5 m, στη δυσμενέστερη Υποπεριοχή 5.

Οι Πίνακες 1.2α και 1.2β παρουσιάζουν τις εργαστηριακές μετρήσεις των χαρακτηριστικών συμπιεστότητας, καθώς και την εκτιμώμενη προ-ιστορία των φορτίσεων των εδαφικών στρώσεων, κατά μήκος της εγκεκριμένης όδευσης. Είναι ευρέως γνωστό ότι σε κανονικώς στερεοποιημένες ή υποστερεοποιημένες μαλακές αργίλους (ή χαλαρές ιλύες), οι μεταβολές των ενεργών τάσεων (οφειλόμενες π.χ. στον καταβιβασμό της στάθμης των υπογείων υδάτων) μπορεί να έχουν ως συνέπεια την ανάπτυξη καθιζήσεων εκ στερεοποίησης και δευτερογενών. Αυτή λοιπόν, είναι η περίπτωση της Υποπεριοχής 5.

Πίνακας 1.1: Παρουσία οργανικών εδαφών κατά μήκος του εγκεκριμένου άξονα της σωληνογραμμής.

ΠΕΡΙΟΧΗ	Χ.Θ. (προσεγγ.)	ΑΝΩΤΕΡΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ (0 to -5,0 m)			ΒΑΘΥΤΕΡΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ (-5,0 έως -20,0 m)		
		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΕΣ CPT <sub>u</sub>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ (%)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΕΣ CPT <sub>u</sub>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ (%)
1	196,5	SM ή SC, μέσης πυκνότητας και CL, στιφρή. Δεν ανιχνεύθηκαν οργανικά υλικά.	Δεν ανιχνεύθηκαν οργανικά υλικά.	–	SM, SC, GC πυκνής απόθεσης και CL, ML πολύ στιφρές. Δεν συναντήθηκαν οργανικά υλικά.	Δεν διατίθενται στοιχεία	–
2	197,6	SC, GM, GC μέσης πυκνότητας έως πυκνά. Δεν ανιχνεύθηκαν οργανικά υλικά.	Δεν ανιχνεύθηκαν οργανικά υλικά.	–	SM, GM, GP, GC πυκνής απόθεσης.	Δεν διατίθενται στοιχεία	–
3	200,4	Μέση CL. Δεν αναφέρθηκαν οργανικά υλικά.	Δεν ανιχνεύθηκαν οργανικά υλικά.	–	CL μέση έως στιφρή. Σποραδικοί φακοί οργανικών απαντήθηκαν κάτω από τα -10,0 m.	Ανιχνεύθηκαν σποραδικοί λεπτοί φακοί οργανικών υλικών κάτω από τα -6,5 m.	1,8 έως 4,0
4	201,9	Μέση έως στιφρή CL ή CH με θραύσματα κελυφών. Αναφέρθηκε μικρή παρουσία οργανικών υλικών.	Δεν ανιχνεύθηκαν οργανικά υλικά μέχρι τα -4,50 m (Μόνο λεπτές οργανικές ενδιαστρώσεις εντός του ανώτερου εδαφικού μανδύα).	3,2	Άργιλος CL ή CH μαλακή και μέση έως στιφρή με άμμο και χάλικες. Οργανικό υλικό, άμορφο, ομοιόμορφα διασκορπισμένο στο έδαφος., Αναφέρθηκε μεγαλύτερο ποσοστό οργανικών κάτω από τα -19,0 m.	Ανιχνεύθηκε σχετικά παχεία στρώση οργανικού εδάφους μεταξύ των -4,50 και 7,50 m. Λεπτές οργανικές ενδιαστρώσεις μεταξύ των -8,0 m και -11,0 m.	1,8 έως 6,3
5	204,7- 206,9	Απαντήθηκε κυρίως άργιλος CL, πολύ μαλακή έως μαλακή ή ML, MH χαλαρή. Απαντήθηκαν οργανικά υλικά κυρίως άμορφα.	Σχετικώς παχείες στρώσεις ή φακοί οργανικών υλικών ανιχνεύθηκαν σε ορισμένες θέσεις (κυρίως στην NRG-20 και NRG-22).	1,5 έως 5,9	Εναλλασσόμενες στρώσεις CL ML και ενδιάμεσοι φακοί μη συνεκτικών υλικών (SM, SC, SW). Οργανική άργιλος OL ή OH κάτω από τα βάθη -7,50 m, -10,0 m και -13,0 m. Το δείγμα μεταξύ -7,50 m και -8,00 m στην NRG-22 πιθανώς ήταν τύρφη.	Σχετικά παχείες στρώσεις ή φακοί οργανικών υλικών ανιχνεύθηκαν κυρίως στην NRG-20, NRG-22 (-5,0 m έως -7,50 m), CL-1 και CL-4.	4,2 έως 55,4

ΠΕΡΙΟΧΗ	Χ.Θ. (προσεγγ.)	ΑΝΩΤΕΡΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ (0 to -5,0 m)			ΒΑΘΥΤΕΡΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ (-5,0 έως -20,0 m)		
		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΕΣ CPT <sub>u</sub>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ (%)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΕΣ CPT <sub>u</sub>	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ (%)
6	207,9-209,3	Αναφέρθηκαν εναλλασσόμενες στρώσεις σιφρής αργίλου (CL) και χαλαρής αργιλώδους άμμου (SC) ή ιλύος (ML). Αναφέρθηκε μικρό ποσοστό οργανικών.	Ανιχνεύθηκαν μόνο πολύ λεπτές ενδιαστρώσεις οργανικού εδάφους.	1,8	Σιφρή έως πολύ σιφρή άργιλος (CL) και χαλαρή έως μέσης πυκνότητας μη συνεκτικά μείγματα αργίλου, ιλύος και άμμου (SM, SC, SW). Απαντήθηκε τοπικώς χαμηλό ποσοστό οργανικών υλικών.	Αναφέρθηκαν μόνο σπάνιες και πολύ λεπτές ενδιαστρώσεις οργανικού εδάφους.	1,2

Πίνακας 1.2α: Εκτίμηση συμπίεστότητας.

ΠΕΡΙΟΧΗ	Χ.Θ. (προσεγγ.)	ΑΝΩΤΕΡΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ (0 έως -5,0 m)				
		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	C <sub>c</sub>	C <sub>c</sub> /C <sub>R</sub>	c <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /έτος)	ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ
1	196,5	SM ή SC, μέσης πυκνότητας και σιφρή CL. Δεν απαντήθηκαν οργανικά υλικά.	Δεν διατίθενται στοιχεία	–	–	O.C.
2	197,6	SC, GM, GC μέσης πυκνότητας ή πυκνής αποθέσεως. Δεν απαντήθηκαν οργανικά υλικά.	Δεν διατίθενται στοιχεία	–	–	O.C.
3	200,4	Μέση άργιλος CL. Δεν απαντήθηκαν οργανικά υλικά.	0,21	5,25	1,1 έως 4,44	Ελαφρώς O.C.
4	201,9	Άργιλος CL ή CH μέση έως σιφρή με θραύσματα κελυφών. Αναφέρθηκε μικρή παρουσία οργανικών υλικών.	Δεν διατίθενται στοιχεία	–	–	Ελαφρώς O.C.
5	204,7-206,9	Άργιλος κυρίως CL, πολύ μαλακή έως μαλακή ή ιλύς ML, ΜΗ χαλαρή. Συναντήθηκαν οργανικά υλικά, κυρίως άμορφα.	0,38	19,0	Δεν διατίθενται στοιχεία	N.C. (ή U.C.)
6	207,9-209,3	Εναλλασσόμενες στρώσεις σιφρής αργίλου (CL) και χαλαρής αργιλώδους άμμου (SC) ή ιλύος (ML). Αναφέρθηκε χαμηλό ποσοστό οργανικού υλικού.	0,22	5,5	Δεν διατίθενται στοιχεία	Ελαφρώς O.C.

Πίνακας 1.2β: Εκτίμηση συμπίεστικότητας.

ΠΕΡΙΟΧΗ	Χ.Θ. (προσεγγ.)	ΚΑΤΩΤΕΡΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ (-5,0 m έως -20,0 m)				
		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	C <sub>c</sub>	C <sub>d</sub> /C <sub>R</sub>	c <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /έτος)	ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ
1	196,5	SM, SC, GC πυκνής αποθέσεως και πολύ σιφρή CL, ML. Δεν απαντήθηκαν οργανικά υλικά.	0,21	7,0	7.0	O.C.
2	197,6	SM, GM, GP, GC πυκνής αποθέσεως.	Δεν διατίθενται στοιχεία	–	–	O.C.
3	200,4	CL μέση έως σιφρή. Απαντήθηκαν σποραδικές ενδιαστρώσεις οργανικών κάτω από τα -10,0 m.	Δεν διατίθενται στοιχεία	–	–	O.C.
4	201,9	Άργιλος CL ή CH, με άμμο και χάλικες, μαλακή και μέση έως σιφρή. Οργανικό υλικό, άμορφο, ομοιομόρφως διασκορπισμένο στο έδαφος. Αναφέρθηκε υψηλότερο ποσοστό οργανικών υλικών κάτω από τα -19,0 m	0,21 έως 0,24	4,0 έως 5,25	Δεν διατίθενται στοιχεία	N.C. έως ελαφρώς O.C.
5	204,7-206,9	Εναλλασσόμενες στρώσεις CL ή ML και ενδιάμεσες ενδιαστρώσεις μη συνεκτικών υλικών (SM, SC, SW). Οργανική άργιλος OL ή OH κάτω από τα βάθη -7,50 m, -10,0 m και -13,0 m. Το δείγμα μεταξύ των -7,50 m και -8,00 m στην NRG-22 πιθανώς ήταν τύρφη.	0,15 έως 0,77	3,1 έως 5,13	0,14 έως 0,72	N.C. (ή U.C.)
6	207,9-209,3	Σιφρή έως πολύ σιφρή άργιλος (CL) και μη συνεκτικά μείγματα χαλαρής έως μέσης πυκνότητας αργίλου, ιλύος και άμμου (SM, SC, SW). Απαντήθηκε τοπικώς μικρό ποσοστό οργανικών.	0,19	3,8	0,45	Ελαφρώς O.C.

## 2 Υδροφόρος Ορίζοντας (Ζήτημα 1)

Τα διαθέσιμα στοιχεία για τη στάθμη του υπόγειου νερού κατά μήκος της εγκεκριμένης χάραξης του αγωγού είναι περιορισμένα και αφορούν τόσο την καταγραφή της στάθμης του νερού εντός των γεωτρήσεων κατά τη διάρκεια της διάτρησης, όσο και μεταγενέστερα από τις μετρήσεις της πιεζομετρικής στάθμης του νερού στα εγκατεστημένα πιεζόμετρα.

Βάσει των διαθέσιμων στοιχείων, συμπεραίνεται ότι στις περιοχές 3, 4, 5 και 6, η στάθμη του υπόγειου νερού απαντάται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, τόσο από τις μετρήσεις στάθμης κατά τη διάρκεια της διάτρησης των γεωτρήσεων, όσο και από τις μεταγενέστερες μετρήσεις στάθμης του υπόγειου νερού στα εγκατεστημένα πιεζόμετρα. Η καταγραμμένη τιμή διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού (από τις μετρήσεις στα πιεζόμετρα) κυμαίνεται σε βάθη από 0,80 m έως και 2,00 m.

Οι μετρήσεις της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα σχετίζονται με τις εποχιακές υδρολογικές συνθήκες και επηρεάζονται από ανθρωπίνες δραστηριότητες (όπως υπεράντληση για αρδευτικούς σκοπούς). Επισημαίνεται ότι όλες οι μετρήσεις των υπογείων υδάτων στα εγκατεστημένα πιεζόμετρα αναφέρονται στην πιεζομετρική στάθμη νερού του υδροφόρου ορίζοντα.

Λόγω της φύσης των υλικών επίχωσης των τάφρων μετά την τοποθέτηση του αγωγού (υλικά αμμόδους κυρίως σύστασης υψηλής διαπερατότητας) και της πολύ μικρής μηκοτομικής κλίσης του αγωγού (μικρότερη από 0,5%) **δεν εκτιμάται, τόσο βραχυπρόθεσμα, όσο και μακροπρόθεσμα, οποιαδήποτε επίδραση του αγωγού στα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού στην περιοχή.**

Τέλος σημειώνεται ότι ο αριθμός των εν λειτουργία εγκατεστημένων πιεζομέτρων κατά μήκος των 12,8 km της εγκεκριμένης χάραξης του αγωγού είναι περιορισμένος. Επισημαίνεται ότι σημαντικό όφελος στην παρακολούθηση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στις κρίσιμες περιοχές, θα παρείχε η εγκατάσταση πρόσθετων πιεζομέτρων παρακολούθησης και η μέτρηση της στάθμης του υπόγειου νερού κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του αγωγού.

## 3 Ανάφλεξη Τύρφης (Ζήτημα 2)

Οι τυρφώνες, οι οποίοι σχηματίζονται από τη φυσική απόθεση μερικής αποσύνθεσης υδρόφυλλων φυτών σε ελώδη – βαλτώδη περιβάλλοντα, αποτελούν ευπρόσβλητα οικοσυστήματα από φυσικές πυρκαγιές, τόσο σε συχνότητα, όσο και σε έκταση του φαινομένου. Οι «πυρκαγιές» σε τυρφώνες αποτελούν τις μεγαλύτερης έκτασης και χρονικής διάρκειας δασικές πυρκαγιές στη γη. Αυτές οι μεγάλες πυρκαγιές (megafires) συμβάλλουν σημαντικά στις ετήσιες εκπομπές του φαινομένου θερμοκηπίου, σε ποσοστό, που προσεγγίζει το 15% των ανθρωπογενών αέριων εκπομπών με παράλληλη καταστροφή των οικοσυστημάτων. Πρακτικά οι τυρφώνες αναφλέγονται υπό τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών ανάφλεξης και καύσης. Οι πυρκαγιές σε τυρφώνες είναι τύπου smouldering («καύση με πυράκτωση»), μία μορφή καύσης χωρίς την παρουσία φλόγας. Οι συγκεκριμένες πυρκαγιές εφόσον αναπυχθούν συνεχίζουν να καίνε ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, υψηλό περιεχόμενο υγρασίας της καύσιμης ύλης και χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου. Μπορούν να καίνε για μεγάλο χρονικό διάστημα (εβδομάδες, μήνες) ακόμα και σε συνθήκες έντονης βροχόπτωσης, καιρικών αλλαγών ή προσπαθειών πυρόσβεσης. Σε αντίθεση με τις υψηλής ταχύτητας πυρκαγιές με ανάπτυξης φλόγας, που κινούνται με ταχύτητες μεγαλύτερες των 10 km/h, η ταχύτητα εξάπλωσης της πυρκαγιάς τύπου smouldering μπορεί να είναι αργή με ταχύτητες έως 0.5 m / εβδομάδα.

Το πιο ολοκληρωμένο και ποσοτικοποιημένο κινητικό μοντέλο ανάφλεξης / καύσης της τύρφης περιγράφεται από τη διεθνή βιβλιογραφία από ένα σχήμα 5-βημάτων: (1) Ξήρανση τύρφης (dr), (2) Πυρόλυση τύρφης (pp), (3) Οξειδωση τύρφης (po), (4) Οξειδωση β-Char (β-co), και (5) Οξειδωση α-Char (α-co).

- (1) Peat.  $v_w H_2O \rightarrow \text{Peat} + v_w H_2O (g)$
- (2) Peat  $\rightarrow v_{\alpha,pp} \alpha - \text{Char} + v_{g,pp} \text{Gas}$ , (Πυρόλυση Τύρφης)
- (3) Peat +  $v_{O_2,po} O_2 \rightarrow v_{\beta,po} \beta\text{-Char} + v_{g,po} \text{Gas}$ , (Οξειδωση Τύρφης)
- (4)  $\beta\text{-Char} + v_{O_2,\beta o} O_2 \rightarrow v_{\alpha,\beta o} \text{Ash} + v_{g,\beta o} \text{Gas}$ , (Οξειδωση  $\beta\text{-Char}$ )
- (5)  $\alpha\text{-Char} + v_{O_2,\alpha o} O_2 \rightarrow v_{\alpha,\alpha o} \text{Ash} + v_{g,\alpha o} \text{Gas}$ , (Οξειδωση  $\alpha\text{-Char}$ )

Οι περισσότερες πυρκαγιές σε στρώματα τύρφης ξεκινούν από την επιφάνεια του στρώματος και η φωτιά εξαπλώνεται τόσο οριζόντια, όσο και σε βάθος με επικράτηση καύσης τύπου smouldering. Οι εξώθερμες διεργασίες μικροβιολογικής αποδόμησης δημιουργούν θερμοκρασίες της τάξης των 50 - 70°C, που δημιουργούν πυρήνες ενανθράκωσης, που αυξάνουν περισσότερο τη θερμοκρασία (170 - 220°C) τοπικά και δημιουργούν πυρήνες καύσης. Η οριζόντια εξάπλωση της καύσης ενισχύεται από την απευθείας παροχή οξυγόνου από τον ατμοσφαιρικό αέρα με συνέπεια να παρουσιάζει μεγαλύτερη ταχύτητα οριζόντιας εξάπλωσης σε σχέση με την εξάπλωση σε βάθος. Αυτό δημιουργεί μια ασυμμετρία δημιουργώντας ένα γενικό σχήμα τύπου ελλειψοειδούς της πυρκαγιάς. Γενικά, η τύρφη προστατεύεται από τη διεσάδυση της καύσης λόγω των ιδιαίτερων υδρολογικών συνθηκών στους τυρφώνες. Η υψηλή περατότητα και αποθηκευτική ικανότητα στα επιφανειακά στρώματα της τύρφης ελαχιστοποιεί τη διακύμανση της στάθμης των υπόγειων νερών και **βοηθάει τους τυρφώνες να διατηρούν συνθήκες κορεσμού εμποδίζοντας φαινόμενα αυτανάφλεξης και καύσης**. Ωστόσο, όταν από φυσικούς ή ανθρωπογενείς παράγοντες διαταραχθούν τα υδραυλικά/υδρολογικά χαρακτηριστικά ενός τυρφώνα τότε οι τυρφώνες γίνονται ευάλωτοι σε συχνότερες και μεγαλύτερης έκτασης πυρκαγιές.

Σε σχέση με την εκτίμηση ενδεχόμενου κινδύνου αυτανάφλεξης στρωμάτων τύρφης κατά μήκος της εγκεκριμένης χάραξης του αγωγού στην περιοχή μελέτης, διαπιστώνεται από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων γεωτεχνικής έρευνας και των αντίστοιχων εργαστηριακών δεδομένων, διαπιστώνεται **ότι δεν υπάρχουν στρώματα τύρφης ή οργανικών εδαφών στην εγκεκριμένη όδευση του αγωγού στην περιοχή**, τουλάχιστον μέχρι το βάθος των 5m περίπου. Τα παραπάνω στοιχεία είναι σύμφωνα με τα δεδομένα χαρτογράφησης του τυρφώνα και της μεταβατικής του ζώνης. **Εξαιτίας της απουσίας στρωμάτων τύρφης ή οργανικών εδαφών, εκτιμάται ότι δεν υπάρχει πιθανός κίνδυνος αυτανάφλεξης**. Αυτά τα ευρήματα επιβεβαιώθηκαν (δεδομένα και φωτογραφίες) και κατά τη διάνοιξη της τάφρου στο ήδη κατασκευασμένο τμήμα του αγωγού έως τη Χ.Θ. 205, στο δυτικό τμήμα της περιοχής Τενάγη. Επίσης, σημειώνεται ότι ακόμα και σε ενδεχόμενο ανάφλεξης τύρφης σε γειτονικές περιοχές, ο αγωγός είναι προστατευμένος λόγω του στρώματος επίχωσής του από γαιώδη υλικά, που λειτουργούν ως φραγμός στην εξάπλωσή της.

#### 4 Βάθος κατεργασίας εδάφους (Ζήτημα 3)

Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν από την διαδικασία απόκτησης γης και δικαιωμάτων επι της γης (ΤΑΡ), στην περιοχή ενδιαφέροντος υπάρχουν τόσο μονοετείς (92,2%) όσο και πολυετείς καλλιέργειες (7,8%). Η μελέτη επικεντρώνεται στις μονοετείς καλλιέργειες, και ειδικότερα στην καλλιέργεια καλαμποκιού, εφόσον αυτή αποτελεί περίπου το 86% των συνολικών καλλιεργειών της περιοχής ενδιαφέροντος.

Για την συμβατική κατεργασία του εδάφους χρησιμοποιούνται διάφορα γεωργικά μηχανήματα για τη χαλάρωση της επιφανειακής στοιβάδας του εδάφους (Gemtos, 1994). Τα άροτρα χρησιμοποιούνται για το όργωμα του εδάφους κατά την κύρια (πρωτογενή) κατεργασία, και φτάνουν σε σχετικά μεγάλα βάθη εξαιτίας του σχήματός τους. Σύμφωνα με την εργασία του Μρουρίκα (2009), τα άροτρα μπορούν να διακριθούν, ανάλογα με το βάθος οργώματος, στις ακόλουθες κατηγορίες: ελαφράς αρόσεως (0,08 - 0,15 m), μέσης αρόσεως (0,15 - 0,25 m), βαθιάς αρόσεως (0,25 - 0,35 m), και υπερ-βαθιάς αρόσεως (πάνω από 0,35 m). Το βαθύ όργωμα, δηλ. η κατεργασία του εδάφους σε βάθη μεγαλύτερα από 0,25 m, έχει στόχο την μακροπρόθεσμη τροποποίηση των χαρακτηριστικών συγκράτησης υγρασίας του εδάφους (Baumhardt et al., 2007). Επομένως, το βάθος του οργώματος εξαρτάται κυρίως από τις



συνθήκες του εδάφους και εφαρμόζεται συνήθως σε ξηρά εδάφη (Smyrnioti, 2007). Γενικά, η τεχνική της βαθιάς αρόσεως χρησιμοποιείται και για την καλλιέργεια του καλαμποκιού (Georgiou, 1999). Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν βρέθηκαν στη βιβλιογραφία άνω όρια για το βάθος οργώματος. Όμως, το σύνηθες βάθος οργώματος θεωρείται ικανοποιητικό για το σκοπό της ποιοτικής εκτίμησης του ρίσκου στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

Στόχος της κατεργασίας του εδάφους είναι η βελτίωση χαρακτηριστικών, όπως το πορώδες, η υγρασία, η θερμοκρασία και η δομή (Vassilopoulos, 2010). Στην περιοχή ενδιαφέροντος, το έδαφος έχει υψηλά επίπεδα υγρασίας. Επιπλέον, **σύμφωνα με την εδαφολογική μελέτη του Υπουργείου Γεωργίας (2001), η μηχανική κατεργασία του εδάφους στην περιοχή των Τεναγών Φιλιππών δεν προτείνεται να γίνεται με βαριά μηχανήματα και μεγάλη συχνότητα.** Αυτή η προτεινόμενη καλή πρακτική οφείλεται στην ευαισθησία του εδάφους, στη συγκεκριμένη περιοχή, στη συμπίεση (συνίζηση) εξαιτίας της χαλαρότητας και της υψηλής υδατοχωρητικότητας των οργανικών υλικών. Επομένως, το βαθύ όργωμα πιθανότατα δεν χρησιμοποιείται σαν συνήθης πρακτική στην περιοχή ενδιαφέροντος, και οι συνήθεις γεωργικές πρακτικές στην περιοχή πιθανότατα δεν περιλαμβάνουν τη χρήση μηχανημάτων που να υπερβαίνουν το σύνηθες βάθος για το συμβατικό όργωμα, δηλ. 0,2 m.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, εκτιμάται ότι **η κρούση του αγωγού από γεωργικά μηχανήματα κατά την κατεργασία του εδάφους είναι απίθανο να συμβεί (FI = 1).** Η μηχανική αντοχή του αγωγού σε κρούσεις εξαρτάται καθοριστικά από το πάχος τοιχώματος του αγωγού. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το πάχος του τοιχώματος του αγωγού υπερβαίνει τα 17 mm (σύμφωνα με το σχεδιασμό), η αντοχή του αγωγού έναντι κρούσεων είναι αυξημένη. Επομένως, είναι εξαιρετικά απίθανο μια ατυχηματική επαφή από γεωργικά μηχανήματα να προκαλέσει διάτρηση του αγωγού TAP, και επομένως **εκτιμάται ότι οι πιθανές συνέπειες από αυτό το ενδεχόμενο είναι αμελητέες (SI = 1).**

**Το ρίσκο της διάτρησης του αγωγού εξαιτίας της χρήσης γεωργικών μηχανημάτων κατά την κατεργασία του εδάφους είναι αμελητέο (RI = 2),** βλ. Πίνακες 4.1 και 4.2. Δεν προτείνονται πρόσθετα μέτρα/δράσεις περιορισμού του. Συνεπώς, το βάθος στο οποίο θα βρίσκεται ο αγωγός (δηλ. 1,3 m) θεωρείται ικανοποιητικώς ασφαλές για την περιοχή ενδιαφέροντος.

Πίνακας 4.1: Πίνακας ρίσκου.

		Δείκτης Ρίσκου (RI)			
FI	Συχνότητα	Μέγεθος Συνεπειών (SI)			
		1	2	3	4
		Αμελητέο	Μικρό	Μεγάλο	Καταστροφικό
5	Συχνό	6	7	8	9
4	Πιθανό	5	6	7	8
3	Λογικά πιθανό	4	5	6	7
2	Μπορεί να συμβεί	3	4	5	6
1	Εξαιρετικά απίθανο	2	3	4	5

Πίνακας 4.2: Περιγραφή επιπέδων ρίσκου.

RI	Επίπεδο Ρίσκου	Προτεινόμενη δράση
2 - 3	Αμελητέο	Δεν προτείνονται επιπλέον μέτρα περιορισμού του ρίσκου.
4 - 5	Χαμηλό	Παρακολούθηση των υπαρχόντων μέτρων.
6 - 7	Μεσαίο	Πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω μείωση του ρίσκου.
8 - 9	Υψηλό	Επιβάλλεται η άμεση εφαρμογή μέτρων περιορισμού του ρίσκου.

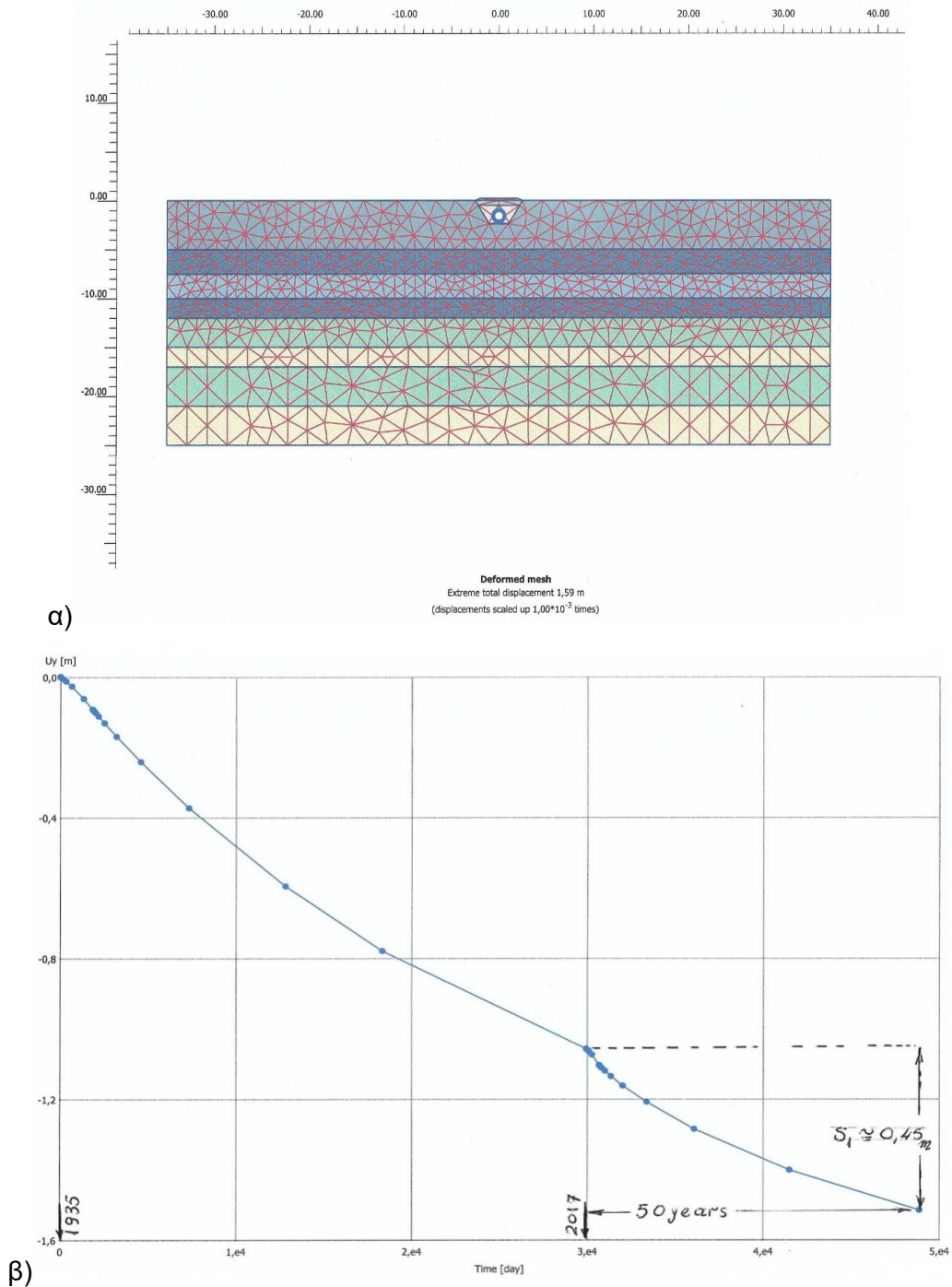
## 5 Συνίζηση του εδάφους (Ζήτημα 4)

Έχουν αναφερθεί υψηλές τιμές συνιζήσεως του εδάφους στα Τενάγη μετά την αποξήρανση του υγροτόπου (μετά το έτος 1930). Σύμφωνα με χάρτη της περιοχής που δημοσιεύθηκε το 1961, η συνολική συνίζηση κατά το διάστημα 1931-1959 στα κεντρικά μεν τμήματα υπερέβη τα 3,50 m, ενώ στα περιφερειακά ήταν μόνο 0 – 1,0 m. Δεν πληροφορηθήκαμε για τυχόν πρόσφατες μετρήσεις σε συγκεκριμένες θέσεις και χρόνο, αλλά η συνίζηση στα Τενάγη είναι ένα ευρέως γνωστό γεγονός. Μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν την συνίζηση σε περιοχές τύρφης στα Τενάγη, ο σημαντικότερος είναι ο υποβιβασμός της στάθμης των υπογείων υδάτων σε συνδυασμό με την αποστράγγιση της τύρφης λόγω της απαγωγής των υδάτων για διάφορες δραστηριότητες, και ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα καθιζήσεις με τους εξής τρόπους: i) Λόγω της μεταβολής (αυξήσεως) των ενεργών τάσεων και ii) Λόγω της οξειδωσης της τύρφης στην ζώνη που υπέρκειται του καταβιβασμένου υδάτινου ορίζοντα. Η συνίζηση της τύρφης μπορεί να είναι πολύ υψηλή λόγω του υψηλού δείκτη συμπίεσεως (ή συμπίεστότητας),  $C_c$ , αυτών των εδαφικών υλικών και της χαμηλής τιμής των επί τόπου ενεργών πιέσεων, που οφείλεται στην πολύ χαμηλή τιμή του υγρού (ή κορεσμένου) φαινομένου βάρους (που προσεγγίζει αυτήν του ύδατος).

Κατά μήκος της περιοχής του εγκεκριμένου άξονα του TAP, εκτός της περιοχής τύρφης, όπου συναντήθηκαν συμβατικά ανόργανα εδάφη (με εξαίρεση μόνο τις λεπτές ενδιστρώσεις οργανικών εδαφών ή φακών κάτω του βάθους των -5 m), ο καταβιβασμός της στάθμης υδάτων και η αποστράγγιση μετά την αποξήρανση της λίμνης/υγροτόπου, είχε ως αποτέλεσμα επίσης καθιζήσεις εκ στερεοποίησης και δευτερογενείς καθιζήσεις σε θέσεις με σχετικώς μεγάλο πάχος κανονικώς στερεοποιημένων ή υποστερεοποιημένων μαλακών αργίλων ή χαλαρών ιλύων. Επίσης, πρόσθετες καθιζήσεις και συνίζηση του εδάφους σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να προκαλέσει η εποχιακή διακύμανση της στάθμης των υπογείων υδάτων.

Απλουστευτικές εκτιμήσεις του βαθμού στερεοποίησης ( $U_m$ ) που εξελίχθηκε από την εποχή της αποξηράνσεως του υγροτόπου των Τεναγών (μετά το έτος 1930), για διάφορους συνδυασμούς συντελεστή στερεοποίησης,  $c_v$ , και μήκους διαδρομής αποστραγγίσεως,  $h$ , υποδεικνύουν ότι σε πολλές περιπτώσεις οι τιμές  $U_m$  είναι αρκετά χαμηλότερες από 1, επομένως μπορεί μέχρι και σήμερα να συνεχίζονται οι πρωτογενείς καθιζήσεις. Ακριβέστερες, ενδεικτικές αναλύσεις με μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων (F.E.) εκπονήθηκαν με σκοπό την εκτίμηση του πιθανού εύρους τιμών της συνιζήσεως του εδάφους κατά μήκος της εγκεκριμένης όδευσης, κατά τα επόμενα 50 έτη μετά την κατασκευή της σωληνογραμμής του TAP. Αναλύθηκαν δύο περιπτώσεις για την Υποπεριοχή 5 με τις αντίστοιχες υποθέσεις ευνοϊκού ή δυσμενούς συνδυασμού γεωμετρικών και γεωτεχνικών δεδομένων. Από τις υπόψιν αναλύσεις πεπερασμένων στοιχείων, υπολογίσθηκαν μέγιστες πρόσθετες καθιζήσεις-συνίζηση του εδάφους, που στη δυσμενέστερη περίπτωση δεν υπερβαίνουν την τιμή  $maxs = 0,45$  m. Ακόμη και σε αυτή την (δυσμενή) περίπτωση, η ευκαμψία της σωληνογραμμής επιτρέπει την προσαρμογή με την εδαφική συνίζηση, χωρίς κίνδυνο υπερβάσεως των ανεκτών τάσεων του υλικού

του σωλήνα. Προφανώς, στην υποθετική περίπτωση της αρχικής χάραξης που θα διέσχιζε την περιοχή της τύρφης η συνίζηση κατά τον ίδιο χρόνο θα ήταν σημαντικώς μεγαλύτερη.



Σχήμα 1: Παράδειγμα επιλύσεως με πεπερασμένα στοιχεία, Υποπεριοχή 5, δυσμενής περίπτωση: Πλέγμα F.E. και καμπύλη χρόνου-καθιζήσεως.

## 6 Θερμοκρασία εδάφους (Ζήτηση 5)

Για τη διατήρηση μιας σταθερής ροής κατά μήκος ενός αγωγού φυσικού αερίου, το μεταφερόμενο αέριο συμπιέζεται σε τακτά διαστήματα σε σταθμούς συμπίεσης (Folga, 2007). Η συμπίεση αυξάνει τη θερμοκρασία του φυσικού αερίου, η οποία ακολούθως μειώνεται κατά μήκος του αγωγού. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία του αγωγού είναι διαφορετική από αυτή του εδάφους, θα υπάρξει μια μεταφορά θερμότητας, με φορά από την επιφάνεια με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία προς την επιφάνεια

με τη μικρότερη θερμοκρασία. Το ερώτημα που προκύπτει είναι, αν είναι πιθανό να επηρεαστούν δυσμενώς οι τοπικές καλλιέργειες εξαιτίας αυτού του φαινομένου, καθώς τοπικοί παράγοντες ισχυρίζονται ότι ο αγωγός θα παγώσει το έδαφος που τον περιβάλλει.

Η μέση θερμοκρασία του φυσικού αερίου στον αγωγό, στην περιοχή ενδιαφέροντος (δηλ. Χ.Θ. 195 – 205), είναι περίπου 20 °C, ενώ η μέγιστη θερμοκρασία (δηλ. 50 ° C) παρατηρείται στους σταθμούς συμπίεσης. Σημειώνεται ότι ο κοντινότερος σταθμός συμπίεσης απέχει 195 km από την περιοχή ενδιαφέροντος. Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010, η θερμοκρασία του εδάφους μπορεί να υπολογιστεί σαν συνάρτηση του βάθους από την ακόλουθη εμπειρική σχέση (Labs, 1989), η οποία ισχύει για ομογενές έδαφος με σταθερό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ( $\alpha$ ), και δείχνει ότι η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους επηρεάζεται κυρίως από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος:

$$T(z,t) = T_m - A_s \exp\left[-z\left(\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}\right)^{1/2}\right] \cos\left[\left(\frac{2\pi}{365}\right)\left(t - t_0 - \frac{z}{2}\left(\frac{365}{\pi \cdot \alpha}\right)^{1/2}\right)\right]$$

Επομένως, η θερμοκρασία του εδάφους εκτιμάται περίπου στους 10 °C, σε 1,3 m βάθος. Παρότι αυτή αποτελεί μια εμπειρική εκτίμηση, η σχετική βιβλιογραφία αναφέρει ότι στην περιοχή ενδιαφέροντος η μέση ετήσια θερμοκρασία του εδάφους είναι γενικά μικρότερη από 22 °C (Charoulis, 2010).

Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις θερμοκρασίες, λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας του αγωγού σε σχέση με το έδαφος που τον περιβάλλει και σύμφωνα με τους Deaton και Frost (1964), η θερμοκρασία του εδάφους θα αυξηθεί τοπικά. Επομένως, θεωρητικά αναμένεται μεταφορά θερμότητας από τον αγωγό προς το έδαφος (Szeplaky et al., 2012), με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους γύρω από τον αγωγό. Συνεπώς, είναι σαφές ότι το έδαφος δεν θα παγώσει εξαιτίας της λειτουργίας του αγωγού.

Η θερμική επίδραση της λειτουργίας αγωγών φυσικού αερίου ή πετρελαίου δεν έχει μελετηθεί εκτεταμένα στη διεθνή βιβλιογραφία (TCP, 2013). Όμως, οι υπάρχουσες μελέτες δείχνουν ότι η θερμότητα από έναν αγωγό μπορεί να έχει ουδέτερη, ή ακόμα και θετική, επίδραση στην τοπική βλάστηση και τις καλλιέργειες. Ακόμα, στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν μελέτες περιπτώσεων όπου η αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους έχει επηρεάσει αρνητικά την απόδοση των τοπικών καλλιεργειών (Halmova και Feher, 2014). Όμως, αυτές αφορούν τη μελέτη περιοχών κοντά σε σταθμούς συμπίεσης, όπου η θερμοκρασία του μεταφερόμενου φυσικού αερίου είναι μέγιστη. Επομένως, σε περιοχές που απέχουν περισσότερο από σταθμούς συμπίεσης όπως είναι η περιοχή ενδιαφέροντος, η αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους θα είναι μικρότερη (Dunn et al., 2008).

Εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του αγωγού και του εδάφους, μια τοπική αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους είναι πιθανή. Η βιβλιογραφία επιβεβαιώνει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους δεν θα έχει αρνητική επίδραση στην απόδοση των καλλιεργειών, ενώ κάποιες πηγές αναφέρουν ακόμα και πιθανή θετική επίδραση. Επομένως, **ο αγωγός TAP δεν αναμένεται να έχει αρνητική επίδραση στην απόδοση των τοπικών καλλιεργειών. Σχετικά με το ζήτημα που είχε αναδειχθεί από τους τοπικούς φορείς, ότι ο αγωγός θα παγώσει το έδαφος γύρω από αυτόν, από τη μελέτη προκύπτει ότι αυτό δεν θα ισχύσει.**

## Αναφορές

Η πλήρης λίστα των βιβλιογραφικών αναφορών μπορεί να βρεθεί στο κύριο σώμα της μελέτης, όπως έχει παραδοθεί στο ΤΕΕ.

[1] ΑΔΑ:6ΞΦΒ46Ψ842-ΩΤ1 Αναρτηθείσα απόφαση ΤΕΕ για την Σύσταση και Συγκρότηση Ομάδας Εργασίας για παροχή Γνωμοδότησης.