

**Σύντομη Τεχνική Έκθεση Αξιολόγησης  
της Τεχνικής Έκθεσης**

**«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ Δ.Κ. ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ  
ΔΗΜΟΥ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟΥ»**

*Αναστάσιος Ι. Στάμου, Καθηγητής ΕΜΠ*

Αθήνα, Μάιος 2016

Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>ΣΚΟΠΟΣ</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΤΕΥΠΚ</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΣΥΝΤΟΜΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>ΑΠΟΦΥΓΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΥΠΕΥΘΥΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ</b>	<b>5</b>
<b>8</b>	<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ</b>	<b>7</b>
<b>9</b>	<b>ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	<b>ΣΥΝΟΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	<b>10</b>
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>11</b>

## **1 ΣΚΟΠΟΣ**

- 1.1 Σκοπός της παρούσας Σύντομης Τεχνικής Έκθεσης Αξιολόγησης είναι η αξιολόγηση της Τεχνικής Έκθεσης «ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ Δ.Κ. ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ ΔΗΜΟΥ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟΥ», η οποία στη συνέχεια του παρόντος καλείται «ΤΕΥΠΚ».

Η ΤΕΥΠΚ συντάχθηκε από τη Γεώσφαιρα Τεχνική Εταιρεία Μελετών – Εφαρμογών με Ειδικό Σύμβουλο τον κ. Στέφανο Γεωργιάδη, Πολιτικό Μηχανικό ΑΠΘ, το Μάρτιο του 2016. Η ομάδα μελέτης καλείται στη συνέχεια «Μελετητής».

Ο σκοπός της ΤΕΥΠΚ είναι «να αντιμετωπισθεί με τον βέλτιστο τρόπο το πρόβλημα της υδροδότησης της περιοχής του Αιτωλικού από την πηγή Κεφαλόβρυσου» (βλ. σελ. 4, ΤΕΥΠΚ).

## **2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

- 2.1 Χρησιμοποιηθέντα στοιχεία. Στην παρούσα έκθεση χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία και τεχνικά δεδομένα που περιέχονται στην ΤΕΥΠΚ, καθώς και γενικές πληροφορίες που συλλέχθηκαν κατά την επιτόπια επίσκεψη στο Μεσολόγγι στις 15-4-2016.

- 2.2 Χαρακτηριστικά της αξιολόγησης. Η παρούσα έκθεση πραγματοποιήθηκε σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, είναι συνοπτική και αφορά τα γενικά σημεία και προτάσεις της ΤΕΥΠΚ χωρίς αναφορά στα λεπτομερή τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των προτεινόμενων τεχνικών λύσεων.

Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι δεν ελέγχονται-επιβεβαιώνονται τα λεπτομερή τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά που περιέχονται στην ΤΕΥΠΚ, όπως π.χ. οι διαστάσεις μονάδων, τα χαρακτηριστικά και η μέθοδος λειτουργίας του ΗΛΜ εξοπλισμού των προτεινόμενων μονάδων επεξεργασίας του νερού της πηγής Κεφαλόβρυσου, αλλά αξιολογούνται τα γενικά χαρακτηριστικά της προτεινόμενης μεθόδου επεξεργασίας.

Επίσης, στην παρούσα έκθεση παρατίθενται πρόσθετες τεχνικές προτάσεις, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.

## **3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΤΕΥΠΚ**

- 3.1 Αντιμετώπιση του προβλήματος στην ΤΕΥΠΚ. Η αντιμετώπιση της τεχνικού προβλήματος «της υδροδότησης της περιοχής του Αιτωλικού από την πηγή Κεφαλόβρυσου με τον βέλτιστο τρόπο» πραγματοποιείται στην ΤΕΥΠΚ με συστηματικό τρόπο και μεθοδολογία, που δείχνουν την εκτεταμένη τεχνολογική εμπειρία του Μελετητή.

Η ΤΕΥΠΚ μπορεί να χαρακτηριστεί σε γενικές γραμμές ως «πλήρης». Όμως, θα μπορούσε να περιλαμβάνει αναλυτικά στοιχεία και υφιστάμενες μετρήσεις στις οποίες βασίστηκαν τα δεδομένα και οι παραδοχές της μελέτης, π.χ. με τη μορφή Παραρτημάτων. Επιπλέον, χρήσιμη θα ήταν και η παράθεση σχετικής επιστημονικής βιβλιογραφίας που τεκμηριώνει την επιλογή των συγκεκριμένων τεχνικών λύσεων.

## **4 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΣΥΝΤΟΜΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ**

- 4.1 Εδάφια της παρούσας έκθεσης. Η παρούσα έκθεση αποτελείται από τα ακόλουθα 10 εδάφια και τη ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.
- (1) ΣΚΟΠΟΣ.
  - (2) ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.
  - (3) ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΤΕΥΠΚ.
  - (5) ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.
  - (6) ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.
  - (7) ΑΠΟΦΥΓΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΥΠΕΥΘΥΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.
  - (8) ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ.
  - (9) ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.
  - (10) ΣΥΝΟΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.

## **5 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ**

- 5.1 Ενδεχόμενες πηγές ρύπανσης της πηγής Κεφαλόβρυσου είναι

- (1) η μικρή «λίμνη» με ρυπασμένα νερά που έχει σχηματιστεί κατόπιν της πηγής και ανάντη του τεχνικού έργου της Ιόνιας οδού,
- (2) τα «μολυσμένα» νερά της «μεγάλης επιφανειακής αρδευτικής διώρυγας που οδεύει λίγα μόλις μέτρα ανατολικότερα από την πηγή με κατεύθυνση από Βορά προς Νότο», και
- (3) τα «μολυσμένα» επιφανειακά νερά που απορρέουν στην περιοχή της πηγής και διεισδύουν στον υπόγειο ορίζοντα της περιοχής της πηγής.

Επιπλέον, κατά τη επιτόπια επίσκεψη αναφέρθηκαν κατά τις συζητήσεις με τα στελέχη του Δήμου και της ΔΕΥΑΜ (Ι) οι υφιστάμενοι στεγανοί βόθροι στην περιοχή της πηγής, και (ΙΙ) οι κτηνοτροφικές μονάδες στην ημιορεινή περιοχή ΒΑ της πηγής.

Σημειώνεται ότι στην εξεταζόμενη περίπτωση ο όρος «ρύπανση» (ή «μόλυνση» που χρησιμοποιείται στην ΤΕΥΠΚ) αναφέρεται στις ποιοτικές παραμέτρους «κολοβακτηρίδια» και «εντερόκοκκοι» (βλ. σελ. 4 και 31 της ΤΕΥΠΚ και εδάφιο 8.1 της παρούσας), οι οποίες αποτελούν οργανισμούς που «δείχνουν» ότι υπάρχει μόλυνση του νερού από περιπτώματα ανθρώπων ή θερμόαιμων ζώων.

Οι «οργανισμοί-δείκτες» αυτοί που αφθονούν στο εντερικό σύστημα του ανθρώπου και των ζώων δεν είναι οι ίδιοι παθογόνοι, αλλά η παρουσία τους «δείχνει» τη δυνητική παθογένεια του νερού. Στο πόσιμο νερό η συγκέντρωσή τους (που εκφράζεται ως MPN/100 mL) πρέπει να είναι μηδενική.

- 5.2 Μεταφορά ρύπανσης προς την πηγή. Η μεταφορά ρύπων από τις παραπάνω πηγές ρύπανσης προς την πηγή Κεφαλόβρυσου μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των διεργασιών της μεταφοράς και διάχυσης της ροής των επιφανειακών νερών στην περίπτωση της ενδεχόμενης πηγής ρύπανσης (1) ή των υπογείων νερών στην περίπτωση όλων των πηγών ρύπανσης (βλ. εδάφιο 5.1).

Κατά συνέπεια, γνωρίζοντας την κίνηση των νερών, κυρίως των υπόγειων νερών στην εξεταζόμενη περίπτωση, μπορούμε να εντοπίσουμε την υπεύθυνη ή τις υπεύθυνες πηγές ρύπανσης.

- 5.3 Σχετικά σχόλια της ΤΕΥΠΚ. Στην ΤΕΥΠΚ θεωρούνται ως ενδεχόμενες πηγές ρύπανσης οι (1), (2) και (3) που αναφέρονται στο εδάφιο 5.1.

## **6 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ**

- 6.1 Χρήση μαθηματικών μοντέλων. Ο προσδιορισμός της κίνησης των νερών και των ρύπων που περιέχουν γίνεται συνήθως με τη χρήση Μαθηματικών Μοντέλων (ΜΜ), τα οποία στην εξεταζόμενη περίπτωση θα πρέπει να είναι ολοκληρωμένα (Spanoudaki et al., 2005, 2009), δηλ. να περιγράφουν

- (1) τη συνδυασμένη ροή των επιφανειακών και υπογείων νερών (Stamou et al., 2004), και
- (2) την υδροδυναμική συμπεριφορά, αλλά και την συμπεριφορά των παραμέτρων ποιότητας των νερών που ενδιαφέρουν που στην εξεταζόμενη περίπτωση είναι τα κολοβακτηρίδια και οι εντερόκοκκοι (βλ. εδάφια 5.1 και 8.1).

Τα ΜΜ θα πρέπει να εφαρμοστούν στην ευρύτερη περιοχή της πηγής Κεφαλόβρυσου (βλ. επίσης εδάφιο 10.2).

- 6.2 Μετρήσεις πεδίου. Για να είναι αξιόπιστα τα εφαρμοζόμενα ΜΜ θα πρέπει να ρυθμιστούν και να επιβεβαιωθούν με μετρήσεις πεδίου που περιλαμβάνουν

- (1) υδροδυναμικά χαρακτηριστικά, όπως βάθη υπογείου ορίζοντα, ταχύτητες και βάθη ροής, καθώς και
- (2) συγκεντρώσεις ποιοτικών παραμέτρων, όπως κολοβακτηρίδιων και εντερόκοκκων, αλλά και άλλων δεικτών ρύπανσης.

Η ελάχιστη απαιτούμενη περίοδος μετρήσεων εκτιμάται σε 1 έτος.

Μετρήσεις πεδίου πραγματοποιούνται και ανεξάρτητα από τη χρησιμοποίησή τους στα ΜΜ. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι στην εξεταζόμενη περίπτωση η διοχέτευση δείκτη σε ενδεχομένη πηγή ρύπανσης, π.χ. στα νερά της αρδευτικής διώρυγας (βλ. εδάφιο 5.1, πηγή ρύπανσης (2)) και η ανίχνευση της στην πηγή Κεφαλόβρυσου επιβεβαιώνει την επικοινωνία διώρυγας-πηγής και καθιστά την ενδεχομένη πηγή ρύπανσης (2) «αρδευτική τάφρος» ως υπεύθυνη.

Ως δείκτες χρησιμοποιούνται ουσίες, όπως π.χ. η Rhodamine WT, της οποίας η καταγραφή γίνεται με κατάλληλα όργανα, π.χ. Fluorometer (Stamou, 2008).

- 6.3 Δυνατότητα εφαρμογής ΜΜ στην εξεταζόμενη περίπτωση. Με δεδομένα

- (1) τον περιορισμένο διαθέσιμο χρόνο, και
- (2) το περιορισμένο διαθέσιμο κόστος,

κρίνεται ότι δεν είναι δυνατή η εφαρμογή ΜΜ στην εξεταζόμενη περίπτωση.

- 6.4 Δυνατότητα πραγματοποίησης μετρήσεων πεδίου στην εξεταζόμενη περίπτωση. Για τους ίδιους λόγους που αναφέρονται στο εδάφιο 6.3 κρίνεται ότι δεν είναι δυνατή η πραγματοποίηση συστηματικών μετρήσεων πεδίου σχετικά μεγάλου χρονικού διαστήματος και σχετικά μεγάλου κόστους που συνδυάζονται με την εφαρμογή ΜΜ.

Είναι όμως δυνατό να γίνουν μετρήσεις που πραγματοποιηθούν εύκολα και με σχετικά μικρό κόστος. Σε αυτές περιλαμβάνονται

- (1) η συστηματική παρακολούθηση όλων των ενδεχόμενων πηγών ρύπανσης (βλ. 5.1) με τη λήψη δειγμάτων και τη μέτρηση της συγκέντρωσης κολοβακτηριδίων,
- (2) η λήψη μετρήσεων σε φρεάτια μεταξύ της τάφρου και της πηγής (βλ. εδάφιο 7.3), και
- (3) η διοχέτευση εύκολα ανιχνεύσιμου δείκτη, όπως π.χ. αλατιού, στις ενδεχόμενες πηγές (βλ. εδάφιο 6.5).

#### 6.5 Σχετικά σχόλια και προτάσεις της ΤΕΥΠΚ. Στην ΤΕΥΠΚ

- (1) προτείνεται η πραγματοποίηση των μετρήσεων (1) και (2) που αναφέρονται στο εδάφιο 6.4 για τον εντοπισμό των υπεύθυνων πηγών ρύπανσης, και
- (2) θεωρείται ως πιθανότερη υπεύθυνη πηγή ρύπανσης η (1), δηλ. η μικρή «λίμνη» κατάντη της πηγής (βλ. σελ. 14 της ΤΕΥΠΚ).

Επιπλέον, στην παρούσα έκθεση συνιστάται να πραγματοποιηθούν και τα ακόλουθα:

- (1) Η εφαρμογή της μέτρησης (3) του εδαφίου 6.4 στην αρδευτική διώρυγα, δηλ. η διοχέτευση άλατος σε αυτή και μέτρηση της αλατότητας στην πηγή (προτάθηκε από στέλεχος της ΔΕΥΑΜ κατά την επιτόπια επίσκεψη).
- (2) Η συστηματική διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της παροχής της πηγής και της παροχής της διώρυγας (βλ. επίσης εδάφια 8.2 και 8.3 της παρούσας).

## **7 ΑΠΟΦΥΓΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΥΠΕΥΘΥΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ**

### 7.1 Γενικές μέθοδοι αποφυγής ρύπανσης. Η αποφυγή της ρύπανσης της πηγής Κεφαλόβρυσου μετά τον εντοπισμό των υπευθύνων πηγών ρύπανσης από τις αναφερόμενες στο 5.1, μπορεί να επιτευχθεί με

- (1) τον καθαρισμό των ρυπασμένων νερών των πηγών αυτών με κατάλληλες τεχνολογίες απορρύπανσης ή την κατάργησή τους ή/και
- (2) τον αποκλεισμό-διακοπή των μέσων μεταφοράς της ρύπανσης, δηλ. της ροής των επιφανειακών ή/και υπόγειων νερών προς την πηγή με κατάλληλα τεχνικά έργα-επεμβάσεις.

### 7.2 Αποφυγή ρύπανσης από τη μικρή «λίμνη» κατάντη της πηγής. Σύμφωνα με την ΤΕΥΠΚ (σελ. 14) «εκτιμάται με τη μεγαλύτερη πιθανότητα ότι είναι τα «υγρά» αυτά ... που τελικά επιμολύνουν είτε με την άμεση ανάμιξη μικρής έστω ποσότητας μέσω του μικρού βιότοπου – λίμνης στην έξοδο της πηγής είτε με τοπική υπόγεια ροή μικρού μήκους στο φυσικό έδαφος γύρω από την πηγή».

- (1) Ο επιτόπιος καθαρισμός των νερών της μικρής «λίμνης» κρίνεται ως πρακτικά ανέφικτος, οπότε στην ΤΕΥΠΚ προτείνεται (βλ. εδάφιο 4.2.2,

σελ. 21) η κατάργησή της με επίχωση και κατάλληλη διευθέτηση των τοπικών επιφανειακών απορροών.

- (2) Για τη διακοπή της ροής των επιφανειακών ή/και υπόγειων νερών προς την πηγή προτείνεται στην ΤΕΥΠΚ (βλ. εδάφιο 4.2.1, σελ. 20) η τροποποίηση του υφιστάμενου τεχνικού έργου της Παλαιάς Εθνικής Οδού που περιλαμβάνει και την εγκατάσταση κατάλληλης αυτόματης διάταξης με αυτόματο ρυθμιστικό θυρόφραγμα υπερχειλίσισης «λεπτής στέψης», το οποίο διατηρεί τη στάθμη των νερών της πηγής στα επιθυμητή στάθμη και δεν επιτρέπει τη ροή από τα κατάντη της πηγής προς αυτήν.

Η προτεινόμενη στην ΤΕΥΠΚ παραπάνω αντιμετώπιση (1) και (2) κρίνεται από τεχνική άποψη ως λογική.

7.3 Αποφυγή ρύπανσης από τα νερά της αρδευτικής διώρυγας. Σύμφωνα με την ΤΕΥΠΚ (σελ. 16) « ... ενδεχόμενη αφανής διαρροή της διώρυγας (π.χ. στον πυθμένα) δεν μπορεί να αποκλεισθεί, με πιθανή δημιουργία τοπικού μικρού θύλακα – υδροφορέα με νερό ανεξέλεγκτης ποιότητας και σε αυτή την δυνητική περίπτωση μια υπόγεια πολύ μικρή έστω ροή προς την πηγή δεν μπορεί να αποκλεισθεί. Τονίζεται ότι πολύ μικρή έστω παροχή (πολύ λιγότερη από το νερό μίας βρύσης) αρκεί για να προκαλέσει επιμόλυνση».

- (1) Ο καθαρισμός των νερών της διώρυγας στα ανάντη αυτής κρίνεται ως πρακτικά αδύνατος. Ενδεχομένως, θα μπορούσε να επιχειρηθεί επικοινωνία με τους υπεύθυνους φορείς για τον έλεγχο της ποιότητας των νερών της διώρυγας ανάντη της πηγής Κεφαλόβρυσου, χωρίς όμως να αναμένονται για πρακτικούς και διαχειριστικούς λόγους σημαντικά αποτελέσματα.
- (2) Για τη διακοπή της ροής των νερών της διώρυγας προς τον υδροφόρο ορίζοντα και τελικά προς την πηγή προτείνονται στην ΤΕΥΠΚ τα ακόλουθα:
  - (2α) Ο έλεγχος των ενδεχόμενων διαρροών της διώρυγας με την τακτική επιθεώρηση και επισκευή της (βλ. εδάφιο 4.3.3, σελ. 23-24). Ειδικότερα, προτείνεται «κάθε χρόνο όταν η διώρυγα είναι εκτός λειτουργίας να επιθεωρείται εσωτερικά και να επισκευάζονται όποια σημεία είναι πιθανόν να προκαλούν διαρροή».
  - (2β) Η παρακολούθηση της ροής των διαρροών από την τάφρο (υπόγειων νερών) σε φρεάτια μικρού βάθους που θα κατασκευαστούν σε κατάλληλες θέσεις στην περιοχή από τα οποία θα αντλείται το νερό που θα διαπιστωθεί ότι υπάρχει σε αυτά με κατάλληλες φορητές αντλίες (βλ. σελ. 24 και 25 της ΤΕΥΠΚ).

Η προτεινόμενη στην ΤΕΥΠΚ παραπάνω αντιμετώπιση (1) και (2α) κρίνεται από τεχνική άποψη ως λογική, καθώς και η (2β) με τις προϋποθέσεις ότι (i) η χωροθέτηση των φρεατίων είναι αποτελεσματική, και (ii) οι αναμενόμενες ποσότητες των νερών που συγκεντρώνονται στα φρεάτια μπορεί να διαχειριστούν με κατάλληλες φορητές αντλίες. Επίσης, ορθή χαρακτηρίζεται και η γενική (θεωρητική) πρόταση (βλ. σελ. 24 της ΤΕΥΠΚ) για την αποφυγή διαρροών από την τάφρο με την «τοποθέτηση μεμβράνης εσωτερικά ή και εξωτερικά) της διώρυγας, ή την κατασκευή στραγγιστικού φίλτρου στον πυθμένα έδρασης ...».

7.4 Αποφυγή ρύπανσης από τα επιφανειακά νερά που απορρέουν στην κοντινή περιοχή της πηγής. Σύμφωνα με την ΤΕΥΠΚ (σελ. 15) «μια άλλη περίπτωση επιμόλυνσης της πηγής που θεωρητικά τουλάχιστον δεν μπορεί να αποκλεισθεί, είναι η είσοδος στον υδροφόρα της πηγής ακριβώς γύρω από την λίμνη νερών της επιφάνειας με υπόγεια ροή μικρού μήκους».

- (1) Ο επιτόπιος καθαρισμός των νερών αυτών είναι πρακτικά αδύνατος.
- (2) Για τη διακοπή της ροής των νερών αυτών προς τον υδροφόρο ορίζοντα και τελικά προς την πηγή προτείνονται στην ΤΕΥΠΚ (βλ. εδάφιο 4.2.3, σελ. 22) η «διαμόρφωση της επιφάνειας του περιφραγμένου οικοπέδου της ΔΕΥΑΜ γύρω από την πηγή» με και η κατάλληλη διαχείριση των τοπικών όμβριων νερών «τα βρόχινα νερά του ιδίου του οικοπέδου και λόγω της ήπιας σχετικά κλίσης του αυτά θα πρέπει να οδηγηθούν στους δύο προαναφερθέντες αποδέκτες του (βόρειο και νότιο τεχνικό Εθνικής οδού), ελαχιστοποιώντας την κατείσδυση με κίνδυνο την επιμόλυνση της πηγής».

Η προτεινόμενη στην ΤΕΥΠΚ παραπάνω αντιμετώπιση (1) και (2) κρίνεται από τεχνική άποψη ως λογική.

## **8 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ**

8.1 Χαρακτηριστικά νερού προς επεξεργασία. Με βάση τα αναφερόμενα στην ΤΕΥΠΚ και ειδικότερα

- (1) στη σελ. 4 «Τα τελευταία χρόνια η ποιότητα του νερού της πηγής είναι προβληματική λόγω του μολυσματικού φορτίου που διαπιστώνεται με τις τακτές μικροβιολογικές αναλύσεις. Το ποιοτικό πρόβλημα εντοπίζεται στην ύπαρξη κολοβακτηριδίων και εντερόκοκκων στο πηγαίο νερό που αν και θανατώνονται με την χλωρίωση καθιστούν τελικά το νερό μη πόσιμο συνεκτιμώντας και την μικρή έστω πιθανότητα αστοχίας της απολύμανσης», και
- (2) στη σελ. 31 «το επίμαχο θέμα είναι η επιμόλυνση του νερού της πηγής με μολυσματικές ουσίες ανθρωπογενούς δραστηριότητας, με «δείκτες» τα κολοβακτηρίδια και εντερόκοκκους»,

ως σημαντικότερες ποιοτικές παράμετροι ρύπανσης θεωρούνται τα κολοβακτηρίδια και οι εντερόκοκκοι (βλ. επίσης και εδάφιο 2.1 της παρούσας).

Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να παρακολουθούνται όλες οι βασικές παράμετροι ποιότητας των νερών της πηγής, οι οποίες καθορίζουν την απαιτούμενη επεξεργασία και μπορεί να την επηρεάσουν, όπως περιγράφεται στο επόμενο εδάφιο.

8.2 Παρακολούθηση ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού προς επεξεργασία. Στη σελ. 23, εδάφιο «4.3.1 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού της πηγής ακριβώς στην πηγαία εμφάνιση (στην υπόγεια λίμνη πριν την άντληση)» της ΤΕΥΠΚ προτείνεται «Αμέσως στην θέση ανάβλυσης του νερού στην πηγή θα μετρούνται και καταγράφονται αδιάλειπτα και σε «πραγματικό χρόνο» μέσω κατάλληλων αισθητηρίων ηλεκτρονικά οι παράμετροι pH, αγωγιμότητα, θερμοκρασία και θολότητα».

Αυτή η πρόταση παρακολούθησης κρίνεται ως ορθή και θα μπορούσε να συμπληρωθεί με την τακτική/συστηματική παρακολούθηση και άλλων

σημαντικών παραμέτρων, όπως κολοβακτηριδίων, BOD, αιωρούμενων στερεών, φυτοφαρμάκων κ.α., στο πλαίσιο της απαιτούμενης παρακολούθησης σύμφωνα με τη υφιστάμενη νομοθεσία που εφαρμόζεται από την ΔΕΥΑΜ (<http://deyames.gr/>).

Ειδικότερα, προτείνεται η πραγματοποίηση των ακόλουθων μετρήσεων:

- (1) φυτοφαρμάκων στο νερό της πηγής, και
- (2) παραπροϊόντων της χλωρίωσης (π.χ. χλωριωμένων υδρογονανθράκων, chlorination by-products trihalomethanes, THMs) κατάντη της υφιστάμενης μονάδας χλωρίωσης, η παρουσία των οποίων δείχνει την ύπαρξη οργανικών συστατικών στο νερό της πηγής.

Οι παραπάνω δυο μετρήσεις καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την απαιτούμενη επεξεργασία (βλ. εδάφια 8.4 και 8.5 της παρούσας).

Επιπλέον, προτείνονται τα ακόλουθα:

- (1) η επεξεργασία των υφιστάμενων ή και των σχεδιαζόμενων μετρήσεων ποιοτικών και υδραυλικών χαρακτηριστικών της πηγής με στόχο την ενδεχόμενη επιβεβαίωση της μικρής εξάρτησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών της από την υδραυλική συμπεριφορά της (βλ. σελ. 9 και 12 της ΤΕΥΠΚ),
- (2) η επεξεργασία των υφιστάμενων ή και των σχεδιαζόμενων μετρήσεων της θολότητας και των αιωρούμενων στερεών με στόχο την ενδεχόμενη επιβεβαίωση της μικρής συγκέντρωσης φερτών από επιφανειακά νερά (βλ. σελ. 12 της ΤΕΥΠΚ), και
- (3) η συστηματική διερεύνηση της συσχέτισης των υδραυλικών χαρακτηριστικών της πηγής με αυτά της βροχόπτωσης. Για το σκοπό αυτό εξυπηρετεί και η πρόταση εγκατάστασης μετεωρολογικού σταθμού (βλ. εδάφιο 9.2 της παρούσας).

8.3 Ποσότητες νερού προς επεξεργασία. Με στόχο τον περιορισμό του κόστους επεξεργασίας στην ΤΕΥΠΚ (σελ. 25) «προτείνεται (όπως γίνεται και σήμερα) η απολύμανση διακριτά μόνο στο νερό της υδροληψίας». Η πρόταση αυτή κρίνεται ως ορθή από τεχνική, οικονομική και περιβαλλοντική άποψη, καθόσον σημαντικό τμήμα των (χλωριωμένων) νερών της πηγής υπερχειλίζει προς τον τελικό αποδέκτη που είναι η λιμνοθάλασσα.

8.4 Βασική αρχή της απαιτούμενης επεξεργασίας. Με δεδομένα

- (1) τη σημασία της χρήσης του νερού, το οποίο προορίζεται για πόσιμο (βλ. 8.1 και 8.2 της παρούσας), και
- (2) την υφιστάμενη (μικρή ή μεγάλη) πιθανότητα μη-αποφυγής της ρύπανσης από όλες τις ενδεχόμενες πηγές ρύπανσης (βλ. εδάφιο 7 της παρούσας),

θα πρέπει η απαιτούμενη επεξεργασία του νερού της πηγής να επιτυγχάνει με ασφαλείς και δοκιμασμένες μεθόδους την πλήρη απολύμανσή του.

Κατά συνέπεια, κρίνονται ως ιδιαίτερα σημαντικά τα ακόλουθα σχόλια που παρατίθενται στις σελ. 5 και 18 της ΤΕΥΠΚ, αντίστοιχα:

- (1) «Λόγω της σοβαρότητας του θέματος αφού υπάρχει κίνδυνος για την δημόσια υγεία των πολιτών προτείνεται η ριζική άρση του προβλήματος που συνίσταται: (α) στον εντοπισμό των αιτιών της επιμόλυνσης και στην εξάλειψη τους και (β) στην επεξεργασία του νερού πέραν της απλής χλωρίωσης για την «δέσμευση» σε κάθε περίπτωση της όποιας σημερινής και μελλοντικής επιμόλυνσης».
- (2) «Η λύση που θα εφαρμοσθεί πρέπει να είναι απολύτως ασφαλής, με απόλυτο ποσοστό επιτυχίας 100% εξασφαλισμένη για το παρόν αλλά και το μέλλον αφού αφορά την υγεία των ανθρώπων».

8.5 Προτεινόμενη επεξεργασία. Στη ΤΕΥΠΚ (σελ. 25-36, εδάφιο 4.1) προτείνεται επεξεργασία του νερού της πηγής που περιλαμβάνει

- (1) προ-χλωρίωση του νερού της υδροληψίας πριν την άντλησή του,
- (2) χλωρίωση σε δεξαμενή επαφής, και
- (3) διήθηση σε μονάδα κοκκώδους ενεργού άνθρακα (Granular Activated Carbon, GAC), βλ. EPA (2016).

Η χλωρίωση με κατάλληλο σχεδιασμό είναι ικανή να απομακρύνει τα κολοβακτηρίδια και τους εντερόκοκκους. Η μονάδα GAC απομακρύνει αποτελεσματικά κυρίως τα διαλυμένα (φυσικά ή συνθετικά) οργανικά συστατικά, όπως τα φυτοφάρμακα και τα παραπροϊόντα της χλωρίωσης, καθώς και ουσίες που είναι υπεύθυνες για την δυσάρεστη οσμή και γεύση του πόσιμου νερού (Zietzschmann et al., 2016 και Papageorgiou et al., 2016).

Η επιλογή του συνδυασμού των μονάδων αυτών από τον Μελετητή κρίνεται ως ιδιαίτερα συντηρητική, αν θεωρηθεί ότι η επεξεργασία αφορά υπόγεια νερά, στα οποία σπάνια πραγματοποιείται η διήθηση με GAC που συνήθως προτείνεται για επιφανειακά νερά. Η επιλογή του Μελετητή να προτείνει μονάδα GAC αποδίδεται στην επιδίωξή του να εξασφαλίσει «ποσοστό επιτυχίας 100 %» στην επεξεργασία του νερού (βλ. εδάφιο 8.4, 2) θεωρώντας ότι το χλωριωμένο νερό μπορεί να περιέχει φυτοφάρμακα, παραπροϊόντα της χλωρίωσης (THMs) ή ουσίες που είναι υπεύθυνες για την δυσάρεστη οσμή και γεύση του νερού.

Σε κάθε περίπτωση, προτείνεται η διερεύνηση της παρουσίας και των συγκεντρώσεων των παραπάνω συστατικών (βλ. εδάφιο 8.2), όπως και η βελτιστοποίηση της λειτουργίας των προτεινόμενων μονάδων της επεξεργασίας (Στάμου, 1996).

## **9 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

- 9.1 Προτάσεις της ΤΕΥΠΚ. Στα εδάφια 5, 6 και 7 (σελ. 36-44) της ΤΕΥΠΚ προτείνονται επεμβάσεις στο δίκτυο ύδρευσης με στόχο τη βελτίωση της λειτουργίας του.
- 9.2 Αξιολόγηση των προτάσεων. Η εγκατάσταση του μετεωρολογικού σταθμού (βλ. εδάφιο 5) κρίνεται ως θετική, όπως και η ρύθμιση των πιέσεων του δικτύου στα επιθυμητά επίπεδα (βλ. εδάφιο 6). Σημαντική και ορθή από οικονομικής και περιβαλλοντικής άποψης κρίνεται και η προτεινόμενη στην ΤΕΥΠΚ (βλ. εδάφιο 7) εγκατάσταση κατάλληλου μετρητικού εξοπλισμού παρακολούθησης και ελέγχου του δικτύου ύδρευσης, η οποία αποσκοπεί και

στον έλεγχο των υφιστάμενων διαρροών, οι οποίες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις ποσότητες του νερού προς επεξεργασία.

## **10 ΣΥΝΟΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

10.1 Σύνοψη αξιολόγησης της ΤΕΥΠΚ. Η ΤΕΥΠΚ είναι ορθώς διαρθρωμένη και αντιμετωπίζει σε γενικές γραμμές ορθά και με πληρότητα το διατυπωθέν πρόβλημα προτείνοντας αποδεκτές και λογικές τεχνικές λύσεις, όπως περιγράφεται στις παραπάνω ενότητες της παρούσας Σύντομης Τεχνικής Έκθεσης Αξιολόγησης.

Στις προτάσεις της ΤΕΥΠΚ και στο πλαίσιο της παρούσας έκθεσης παρατίθενται και άλλες επιμέρους προτάσεις, όπως περιγράφεται παραπάνω, αλλά και στο εδάφιο 10.2.

10.2 Ολιστική αντιμετώπιση του ευρύτερου περιβαλλοντικού προβλήματος της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων της ευρύτερης περιοχής του Μεσολογγίου. Η σύγχρονη αντιμετώπιση ενός ευρέως και σύνθετου περιβαλλοντικού προβλήματος όπως το συγκεκριμένο επιβάλλει την ολιστική αντιμετώπισή του, η οποία περιλαμβάνει όχι μόνο το πραγματικά σημαντικότερο θέμα της υδροδότησης από την πηγή Κεφαλόβρυσου, αλλά και άλλα σημαντικά θέματα που συνδέονται άμεσα με τους μεταξύ τους.

Ενδεικτικά, αναφέρονται τα ακόλουθα:

(1) Διερεύνηση της ποιότητας νερών της λιμνοθάλασσας και διατύπωση προτάσεων βελτίωσής της, που περιλαμβάνουν την υδροδυναμική συμπεριφορά της, την ανανέωση των νερών της (Stamou, 2007 a και b), τη μεταβολή της αλατότητας της, τις πηγές ρύπανσης, τις επιπτώσεις από τα παραπάνω σε διάφορες δραστηριότητες, όπως π.χ. στις ιχθυοκαλλιέργειες (Stamou et al., 2009a) κ.α.

Η διερεύνηση αυτή μπορεί να γίνει με κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα που μπορεί να συνδυαστούν με

- (I) μοντέλα της ευρύτερης πηγής Κεφαλόβρυσου (βλ. εδάφιο 6.1 της παρούσας), και
- (II) μοντέλα βελτιστοποίησης των μονάδων των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) της ευρύτερης περιοχής του Μεσολογγίου που έχουν ως στόχους την αύξηση της απόδοσης των ΕΕΛ και τη μείωση του κόστους λειτουργίας τους ((Stamou et al., 2009b).

Για να πραγματοποιηθεί η διερεύνηση αυτή απαιτείται η συλλογή και επεξεργασία των διαθέσιμων στοιχείων και μελετών, όπως π.χ. υδρολογίας, υδρογεωλογίας, στοιχεία λειτουργίας των ΕΕΛ, διαχειριστικών σχεδίων στο πλαίσιο της εφαρμογής της Οδηγίας WFD 2000/60 κ.α.

(2) Ενημέρωση και εκπαίδευση των κατοίκων της περιοχής με αρχικό στόχο την κατανόηση των τοπικών περιβαλλοντικών προβλημάτων, και τελική επιδίωξη

- (1) τον περιορισμό της προκαλούμενης ρύπανσης των υδατικών πόρων της περιοχής με έμφαση στα νερά της λιμνοθάλασσας, και
- (2) την ορθολογική χρήση και τον περιορισμό της κατανάλωσης νερού.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. EPA (2016).  
<https://iaspub.epa.gov/tdb/pages/treatment/treatmentOverview.do?reatmentProcessId=2074826383>
2. Papageorgiou A., Papadakis N. and Voutsas D. (2016). Fate of natural organic matter at a full-scale Drinking Water Treatment Plant in Greece, *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1841-1851.
3. Spanoudaki K., Nanou A., Stamou A. I., Christodoulou G., Sparks T., Bockelmann B. and Falconer R.A. (2005). "Integrated Surface Water-Groundwater Modelling", *Global Nest the Int. J.*, 7(3), 281-295.
4. Spanoudaki K., Stamou A. I. and Nanou-Giannarou A. (2009). "Development and Verification of a 3-D Integrated Surface Water-Groundwater Model", *Journal of Hydrology*, 375, 410-427.
5. Stamou A. I. (2008). "Improving the Hydraulic Efficiency of Water Process Tanks using CFD Models", *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47(8), 1179-1189.
6. Stamou A. I., Spanoudaki K. and Nanou-Giannarou A. (2004). "Towards the Development of Integrated Surface-ground Water Models for the Implementation of the EU Water Framework Directive", *J. of IASME Transactions*, 4(2), 505-512.
7. Stamou A. I., Memos C. D. and Kapetanaki M. E. (2007a). "Modelling Water Renewal in a Coastal Embayment", *Proceedings of ICE - Maritime Engineering*, 160(MA3), 93-104.
8. Stamou A. I., Memos C.D. and Spanoudaki K. (2007b). "Estimating Water Renewal Time in Semi-enclosed Coastal Areas with Complicated Geometry using a Hydrodynamic Model", *Journal of Coastal Research*, 50, 282-286.
9. Stamou A. I., Karamanoli M., Vassiliadou N., Douka Eis., Bergamasco A. and Genovese L. (2009a). "Mathematical Modeling of the Interactions between Aquacultures and the Sea Environment", *Desalination*, 248 (1-3), 826-835.
10. Stamou A. I., Theodoridis G. and Xanthopoulos K. (2009b). "Design of Secondary Settling Tanks using a CFD Model", *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, 135 (7), 551-561.
11. Zietzschmann F., Stützer Ch. and Jekel M. (2016). Granular activated carbon adsorption of organic micro-pollutants in drinking water and treated wastewater – Aligning breakthrough curves and capacities, *Water Research*, 92, 180–187.
12. Στάμου Α. (1996). Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων με παρατεταμένο αερισμό και βιολογική απομάκρυνση θρεπτικών, Παπασωτηρίου, σελ. 304.

Α. Στάμου



Αθήνα, 4-5-2016