



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΠΑ & ΤΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΑΝΕΚ

ΕΠΑΝΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



ΕΣΠΑ
2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Ε.Υ.Δ.Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα - Επιχειρηματικότητα - Καινοτομία

**Πράξη: «Ελληνικό Ολοκληρωμένο Σύστημα Παρακολούθησης, Πρόγνωσης και
Τεχνολογίας των Θαλασσών και των Επιφανειακών Υδάτων»**

Υπόεργο 14: Δίκτυο Ανοιχτής Πληροφορίας Υδροσυστημάτων (Open Hydrosystem Information Network, OpenHi.net)

Πακέτο Εργασίας 2

Καταγραφή και αξιολόγηση υφιστάμενων μετρητικών και πληροφοριακών υποδομών για τους επιφανειακούς υδατικούς πόρους

Παραδοτέο 2.1

Τεχνική έκθεση ανάπτυξης εθνικού συστήματος παρακολούθησης επιφανειακών υδατικών πόρων – **Παράρτημα Π6**

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

1	Εισαγωγή	5
1.1	Αντικείμενο του τεύχους - Ιστορικό	5
1.2	Υδρομετρικοί σταθμοί που αξιολογήθηκαν	5
2	Αξιολόγηση υδρομετρικών σταθμών Αττικής	7
2.1	Αξιολόγηση υδρομετρικών σταθμών Κηφισού	7
2.1.1	Χείμαρρος Καραβέλι – Κοκκιναρά	7
2.1.2	Δίκτυο TELEFLEUR.....	8
2.1.3	Ρέμα Χαλανδρίου	9
2.1.4	Βαρυπόμπη	10
2.1.5	Δεκέλεια.....	11
2.1.6	Μοναστήρι.....	12
2.1.7	Κόκκινος Μύλος.....	13
2.1.8	Άγιος Ιωάννης Ρέντης.....	14
2.2	Αξιολόγηση υδρομετρικών σταθμών ρέματος Ραφήνας	15
2.2.1	Λυκόρεμα	16
2.2.2	Ντράφι	17
2.2.3	Σπάτα	18
2.2.4	Πικέρμι	19
2.2.5	Ραφήνα.....	19
2.2.6	Ραφήνα (έξοδος).....	20
2.3	Αξιολόγηση υδρομετρικών σταθμών Σαρανταπόταμου.....	21
2.3.1	Οινόη	21
2.3.2	Γύρα Στεφάνης	22
	Αναφορές	24

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο του τεύχους - Ιστορικό

Το «Δίκτυο Ανοιχτής Πληροφορίας Υδροσυστημάτων» (Open Hydrosystem Information Network, OpenHi.net) είναι μια ολοκληρωμένη πληροφοριακή υποδομή για τη συλλογή, διαχείριση και ελεύθερη διάχυση της υδρολογικής και περιβαλλοντικής πληροφορίας που αφορά στους επιφανειακούς υδατικούς πόρους της χώρας. Κύριοι στόχοι του είναι: (α) η καταγραφή και αξιολόγηση των υφιστάμενων υποδομών της χώρας (μετρητικά δίκτυα, βάσεις δεδομένων), στην κατεύθυνση ανάπτυξης ενός εθνικού δικτύου παρακολούθησης των υδρο-περιβαλλοντικών πληροφοριών για τα επιφανειακά υδροσυστήματα, (β) η οργάνωση των σχετιζόμενων γεωγραφικών και διαχειριστικών δεδομένων, (γ) η υλοποίηση του πληροφοριακού συστήματος, (δ) η ανάπτυξη έξυπνων τεχνολογιών χαμηλού κόστους για τη μέτρηση και τηλεμετάδοση των δεδομένων πραγματικού χρόνου, και (ε) η ένταξη στο σύστημα ώριμων μετρητικών υποδομών που διαχειρίζονται οι συνεργαζόμενοι φορείς.

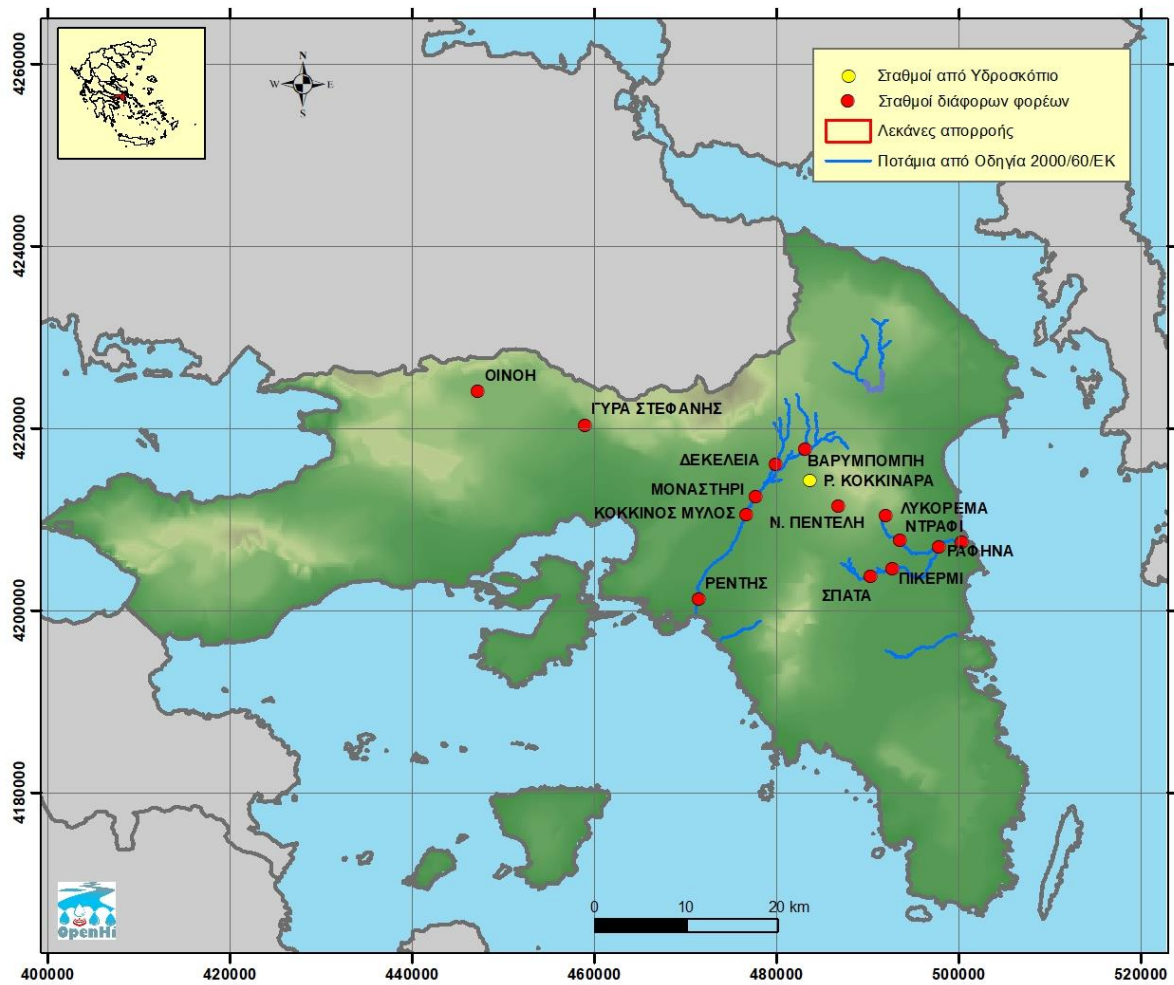
Το παρόν Παράρτημα αναφέρεται στις ερευνητικές εργασίες του Πακέτου Εργασίας 2, με τίτλο *“Καταγραφή και αξιολόγηση υφιστάμενων μετρητικών και πληροφοριακών υποδομών για τους επιφανειακούς υδατικούς πόρους”*. Στην σχετική έκθεση (Παραδοτέο 2.1) καταγράφονται και αξιολογούνται οι υφιστάμενες υδρομετρικές υποδομές της χώρας και αποτυπώνονται οι ανάγκες σε νέα ή βελτιωμένα υδρομετρικά δεδομένα, με τελικό ζητούμενο ένα σχέδιο ιεραρχημένης ανάπτυξης ενός υδρομετρικού δικτύου εθνικής κλίμακας.

Στο Παράρτημα Π.6 περιγράφονται αναλυτικά, για το Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής (EL06) τα στοιχεία κάθε σταθμού που παρουσιάστηκε στην παραπάνω έκθεση.

1.2 Υδρομετρικοί σταθμοί που αξιολογήθηκαν

Δεδομένου ότι δεν υπήρχε δυνατότητα αξιοποίησης των επιφανειακών υδατικών πόρων, δεν αναπτύχθηκαν αξιόλογοι υδρομετρικοί σταθμοί κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου της Αττικής, με εξαίρεση έναν σταθμό του ΥΠΓΕ στο ρέμα Κοκκιναρά. Από την άλλη πλευρά, τα τελευταία 20 περίπου χρόνια, υπήρξε έντονο ενδιαφέρον για την παρακολούθηση των πλημμυρικών, κυρίως, ροών, στα σημαντικά υδατορεύματα της Αττικής, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη αυτόματων μετρητικών δικτύων από ερευνητικούς φορείς (ΕΜΠ, ΕΑΑ).

Στο πλαίσιο του έργου εντοπίστηκαν και αξιολογήθηκαν 15 μετρητικοί σταθμοί που βρίσκονται σε λειτουργία ή έχουν λειτουργήσει κατά το παρελθόν, οι θέσεις των οποίων απεικονίζονται στον χάρτη της **Εικόνας 1.1**.



Εικόνα 1.1: Αξιολογηθέντες υδρομετρικοί σταθμοί ΥΔ Αττικής.

2 Αξιολόγηση υδρομετρικών σταθμών Αττικής

2.1 Αξιολόγηση υδρομετρικών σταθμών Κηφισού

Η λεκάνη απορροής του Κηφισού καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του Λεκανοπεδίου της Αθήνας. Ο υδροκρίτης της αναπτύσσεται κατά μήκος των κορυφογραμμών του Αιγάλεω, της Πάρνηθας, της Πεντέλης, εν μέρει του Υμηττού, καθώς και των λόφων της Αθήνας (Λυκαβηττού, Ακρόπολης, κλπ.). Η συνολική επιφάνεια της λεκάνης ανέρχεται σε 371 km². Από αυτήν ένα ποσοστό άνω του 60% είναι εκτάσεις που έχουν υποστεί μερική ή ολική αστικοποίηση, και μόνο το 40% καλύπτει φυσικές λεκάνες.

Στη λεκάνη του Κηφισού αναπτύσσεται ένα πολυσχιδές υδρογραφικό δίκτυο. Ο κύριος κλάδος, με γενική κατεύθυνση από βορρά προς νότο, εκτείνεται σε μήκος 21.5 km περίπου, από το σημείο εκβολής του στη θάλασσα μέχρι τη συμβολή των ρεμάτων Φασίδερι και Χελιδονούς. Τα κυριότερα συμβάλλοντα ρέματα είναι από μεν τη δυτική πλευρά το ρέμα Νίκαιας (Καναπιτσερή), το ρέμα Χαϊδαρίου, το ρέμα Μάσχα, τα ρέματα Μιχελή και Λιοσίων (γνωστό κατά τμήματα και ως ρέμα Φλέβας ή ρέμα Εσχατιάς), με κοινό έργο συμβολής στον Κηφισό, το ρέμα Αχαρνών, και το ρέμα Βαρυμπόμπης, από δε την ανατολική πλευρά το ρέμα του Προφήτη Δανιήλ, ο Ποδονίφτης και η Πύρνα (ρέμα Κοκκιναρά).

Στον Κηφισό εκτρέπεται και μεγάλο τμήμα της λεκάνης του Ιλισού, που πηγάζει από τον Υμηττό, ενώ, αντίθετα, ο άνω ρους του Ποδονίφτη εκτρέπεται στο ρέμα Ραφήνας.

Κατά το παρελθόν, στη λεκάνη του Κηφισού είχαν λειτουργήσει ένας συμβατικός σταθμός του ΥΠΓΕ. Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, το ΕΑΑ ανέπτυξε το επιχειρησιακό σύστημα πρόγνωσης πλημμυρών TELEFLEUR, στο πλαίσιο του οποίου είχε εγκαταστήσει οκτώ αυτόματους σταθμηγράφους στον Κηφισό και τους κύριους παραποτάμους του (Koussis, 2001). Την περίοδο 2012-2014, λειτούργησε αυτόματος υδρομετρικός σταθμός στον άνω ρου του ρέματος Χαλανδρίου, μέχρι που παρασύρθηκε από πλημμύρα (Κούσης κ.ά., 2012). Από το 2018, λειτουργεί δίκτυο πέντε αυτόματων υδρομετρικών σταθμών κατά μήκος του Κηφισού, υπό την εποπτεία της Σχολής Μεταλλειολόγων του ΕΜΠ. Η ανάπτυξη του δικτύου έγινε στο πλαίσιο ευρωπαϊκού προγράμματος (<https://scent-project.eu/>).

Ακολούθως περιγράφονται οι προαναφερθέντες σταθμοί.

2.1.1 Χείμαρρος Καραβέλι – Κοκκιναρά

Η υπόψη σταθμός λειτούργησε υπό την εποπτεία του ΥΠΓΕ, την περίοδο 1946 έως 1967, και περιλάμβανε συμβατικό σταθμήμετρο. Το όργανο ήταν τοποθετημένο στο ρέμα Κοκκιναρά, στο ύψος περίπου του σημερινού Δημαρχείου Κηφισιάς ή λίγο ανάντη (**Εικόνα 2.1**). Στη βάση δεδομένων του Υδροσκοπίου δεν δίνονται άλλες πληροφορίες για τον σταθμό ούτε παρέχεται πρόσβαση στα δεδομένα του. Σε κάθε περίπτωση, η υπόψη θέση παρουσιάζει περιορισμένο ενδιαφέρον, καθώς ελέγχεται μόνο το ανάντη τμήμα του ρέματος Κοκκιναρά.



Εικόνα 2.1: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής ρέματος Κοκκινάρá.

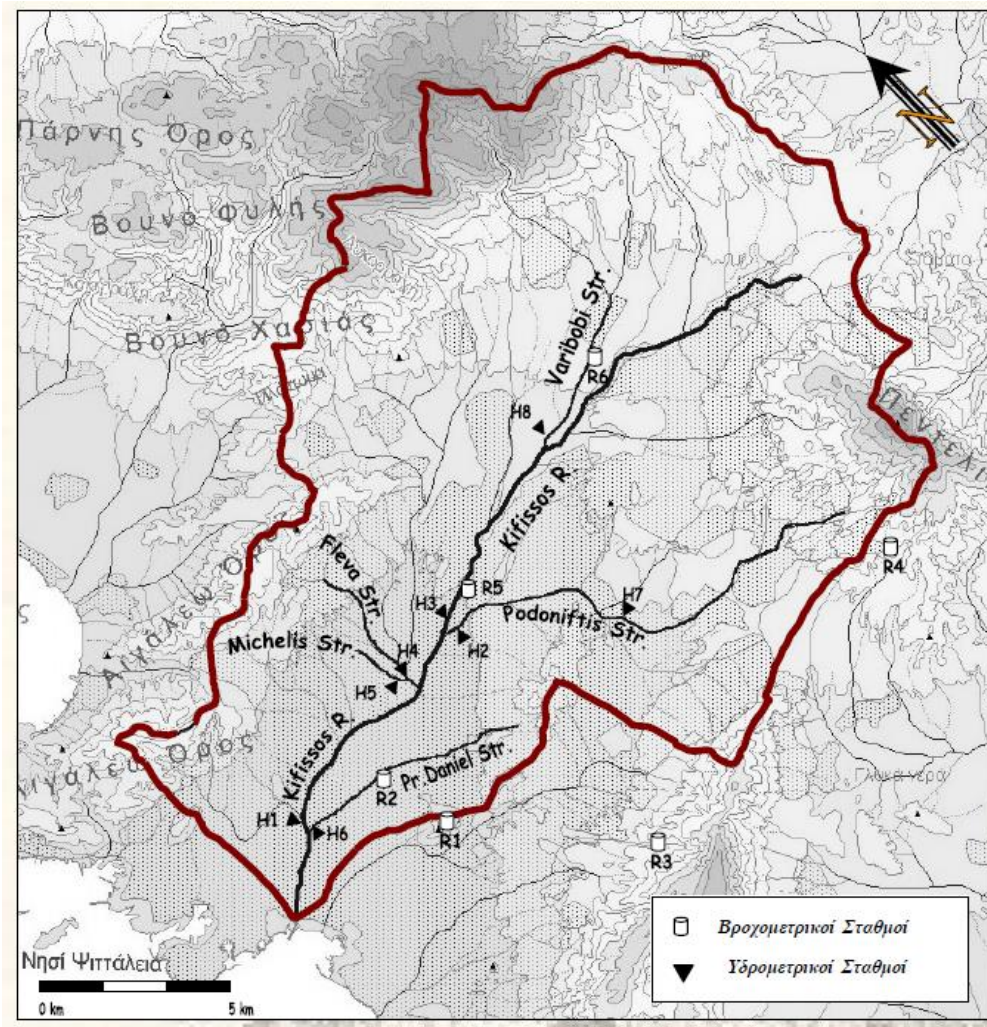
2.1.2 Δίκτυο TELEFLEUR

Το πρόγραμμα της ΓΔ IST της ΕΕ με τίτλο *Telematics-Assisted Handling of Flood Emergencies in Urban Areas* (TELEFLEUR 1998-2000), στο οποίο συμμετείχε το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) είχε ως στόχο την ανάπτυξη και λειτουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος πρόγνωσης και αντιμετώπισης πλημμυρών σε αστικές περιοχές. Στο πλαίσιο του έργου αναπτύχθηκε ένα δίκτυο αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών στη λεκάνη απορροής του Κηφισού, ήτοι οκτώ υδρομετρικών και έξι μετεωρολογικών.

Όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2.2**, οι υδρομετρικοί σταθμοί (σταθμηγράφοι) τοποθετήθηκαν στο κύριο κλάδο του Κηφισού και τους κυριότερους παραποτάμους του. Συγκεκριμένα:

- H1: Αγίας Άννης
- H2: Νεϊγύ
- H3: Αριστοφάνους
- H4: Φλέβα
- H5: Μιχελής
- H6: Προφήτης Δανιήλ
- H7: Σολομού (Χαλάνδρι)
- H8: Βαρυμπόμπη.

Το υδρομετρικό δίκτυο λειτούργησε για περιορισμένο χρονικό διάστημα, καθώς μετά τη λήξη του προγράμματος σταδιακά εγκαταλείφθηκε. Συνεπώς, δεν έχει νόημα η αξιολόγηση των υπόψη σταθμών.



Εικόνα 2.2: Δίκτυο αυτόματων υδρομετρικών και μετεωρολογικών σταθμών TELEFLEUR (Κούσης και Μάζη, 2008).

2.1.3 Ρέμα Χαλανδρίου

Στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων, που χρηματοδοτήθηκε από τη ΓΓΕΤ (2011-2014, <http://deucalionproject.itia.ntua.gr/>), αναπτύχθηκαν μετρητικά δίκτυα για την παρακολούθηση των πλημμυρικών φαινομένων σε τέσσερις πιλοτικές περιοχές στην Αττική και την Πελοπόννησο (Κούσης κ.ά., 2012· Efstratiadis *et al.*, 2013).

Μία από τις υπόψη πιλοτικές περιοχές ήταν η λεκάνη απορροής του άνω ρου του ρέματος Χαλανδρίου, έκτασης 5.1 km², όπου τοποθετήθηκε αυτόματος μετρητικός σταθμός επί της οδού Ασκηπιού, παράπλευρα της Λεωφ. Πεντέλης (**Εικόνα 2.3**). Η ανάντη υπολεκάνη είναι σχεδόν σε φυσική κατάσταση, καθώς η δόμηση είναι περιορισμένη, και συγκεντρώνει τμήμα της απορροής των βορειοδυτικών κλιτύων της Πεντέλης (Παλαιά και Νέα Πεντέλη). Ο σταθμός λειτούργησε από τον Δεκέμβριο του 2011, ενώ στις 22/2/2013 η εγκατάσταση παρασύρθηκε από μια εξαιρετικά ισχυρή πλημμύρα. Το όργανο επανατοποθετήθηκε τον Σεπτέμβριο του 2013 και λειτούργησε ως τα τέλη Απριλίου του 2014.



Εικόνα 2.3: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού ρέματος Χαλανδρίου.

Επεξεργασμένα δεδομένα και αναλύσεις των πλημμυρικών γεγονότων της λεκάνης του ρέματος Χαλανδρίου δημοσιεύονται στην έκθεση των Ευστρατιάδη κ.ά. (2012).

2.1.4 Βαρυμπόμπη

Ο τηλεμετρικός σταθμός Βαρυμπόμπης αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Scent (<https://scent-project.eu/>) και λειτουργεί από τον Ιούλιο του 2018. Ο σταθμός βρίσκεται επί της οδού Ερυθραίας και ελέγχει μια μικρή υπολεκάνη του άνω ρου του Κηφισού.



Εικόνα 2.4: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Βαρυμπόμπης.

2.1.5 Δεκέλεια

Ο τηλεμετρικός σταθμός Δεκελείας αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Scent (<https://scent-project.eu/>) και λειτουργεί από τον Ιούνιο του 2018. Ο σταθμός βρίσκεται κάτω από τη γέφυρα διέλευσης της οδού Δεκελείας, δυτικά των Αχαρνών (οδός Συκιάς), σε εγκιβωτισμένη ορθογωνική διατομή από σκυρόδεμα (**Εικόνα 2.5**). Συνήθως η ροή είναι ελάχιστη, καθώς ελέγχεται μια υπολεκάνη του άνω ρου του Κηφισού. Υδραυλικά, η θέση κρίνεται σχετικά ικανοποιητική, αν και η διατομή βρίσκεται σε ελαφριά στροφή. Λόγω του πολύ μικρού βάθους και της αρκετά ευρείας κοίτης, η παρακολούθηση της συνήθους ροής του ρέματος είναι δυσχερής, ωστόσο για την παρακολούθηση πλημμυρικών φαινομένων η θέση αυτή φαίνεται ικανοποιητική.



Εικόνα 2.5: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Δεκελείας.

2.1.6 Μοναστήρι

Ο τηλεμετρικός σταθμός Μοναστήρι αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Scent (<https://scent-project.eu/>) και λειτουργεί απρόσκοπτα από τον Απρίλιο του 2018. Ο σταθμός έχει τοποθετηθεί σε μικρή μεταλλική γέφυρα επί της οδού Μαρμάρων, περίπου 300 m κατάντη της συμβολής του κύριου κλάδου του Κηφισού με την Αττική Οδό και σχεδόν παράλληλα στην Λεωφ. Κηφισού (**Εικόνα 2.6**).

Από υδραυλική σκοπιά, η θέση μέτρησης παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα. Η ανάντη διατομή είναι εν μέρει εγκιβωτισμένη, καθώς κατά μήκος του αριστερού πρानούς υπάρχει κατακόρυφο τοίχιο από σκυρόδεμα. Αντίθετα, κατά μήκος του δεξιού πρानούς η κοίτη είναι φυσική, σχεδόν τραπεζοειδής. Κατάντη, η κοίτη είναι φυσική, ενώ ελάχιστα πιο κάτω παρεμβάλλονται εμπόδια, που προκαλούν ανάσχεση στη ροή, και προφανώς επηρεάζουν τις μετρήσεις του σταθμού. Όσον αφορά την υδρολογική της σκοπιμότητα, η θέση είναι σημαντική, καθώς ελέγχεται όλος ο άνω ρους του Κηφισού. Από την άλλη πλευρά, λίγο κατάντη έχει τοποθετηθεί άλλος σταθμός (Κόκκινος Μύλος), σε θέση με σαφώς καλύτερα υδραυλικά χαρακτηριστικά.



Εικόνα 2.6: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Μοναστήρι.

2.1.7 Κόκκινος Μύλος

Ο τηλεμετρικός σταθμός Κόκκινος Μύλος αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Scent (<https://scent-project.eu/>) και λειτουργεί απρόσκοπτα από τον Ιούλιο του 2018. Ο σταθμός έχει τοποθετηθεί σε μεταλλική πεζογέφυρα γέφυρα στην διασταύρωση των οδών Λάμπρου Κατσώνη και Χρυσοστόμου Αθηνών, στη Νέα Φιλαδέλφεια (Εικόνα 2.7).

Από υδραυλική σκοπιά, η θέση μέτρησης είναι εξαιρετική καθώς η κοίτη είναι ευθύγραμμη, διευθετημένη και καθαρή. Ειδικότερα, η διατομή είναι τραπεζοειδής, με πυθμένα από σκυρόδεμα και λιθόστρωτα πρηνή μεγάλης κλίσης. Με βάση τις έως τώρα παρατηρήσεις, διατηρείται μόνιμη ροή ακόμα και τη θερινή περίοδο. Υδρολογικά, η θέση μέτρησης βρίσκεται σε κομβικό σημείο, ήτοι κοντά στο κέντρο βάρους της λεκάνης.



Εικόνα 2.7: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Κόκκινος Μύλος.

2.1.8 Άγιος Ιωάννης Ρέντης

Ο τηλεμετρικός σταθμός Αγ. Ιωάννη Ρέντη αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Scent (<https://scent-project.eu/>) και λειτουργεί απρόσκοπτα από τον Ιούνιο του 2018. Ο σταθμός έχει τοποθετηθεί στην πεζογέφυρα που βρίσκεται στο ΝΔ όριο της Λαχαναγοράς, στην προέκταση της οδού Γ. Παπανδρέου (**Εικόνα 2.8**).

Από υδραυλική σκοπιά, η θέση μέτρησης είναι εξαιρετική καθώς η κοίτη είναι ευθύγραμμη, διευθετημένη και καθαρή. Ομοίως, από υδρολογική σκοπιά πρόκειται για πολύ σημαντική θέση, καθώς ελέγχεται το σύνολο της απορροής που καταλήγει στο χαμηλό τμήμα του Κηφισού, που είναι και το πλέον ευάλωτο σε πλημμύρες. Προβληματισμό δημιουργεί η περίπτωση επίδρασης του θαλάσσιου νερού, δεδομένου ότι το κατάντη τμήμα του Κηφισού βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο από τη στάθμη της θάλασσας.



Εικόνα 2.8: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Αγ. Ιωάννη Ρέντη.

2.2 Αξιολόγηση υδρομετρικών σταθμών ρέματος Ραφήνας

Το ρέμα Ραφήνας (αναφέρεται και ως Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας) είναι το σημαντικότερο της Ανατολικής Αττικής, και διέρχεται από περιοχές που έχουν υποστεί μείζονες τροποποιήσεις τις τελευταίες δύο δεκαετίες, αφενός λόγω της έντονης αστικοποίησης αλλά και εξαιτίας σημαντικών πυρκαγιών. Η συνολική λεκάνη απορροής καλύπτει έκταση περίπου 127 km².

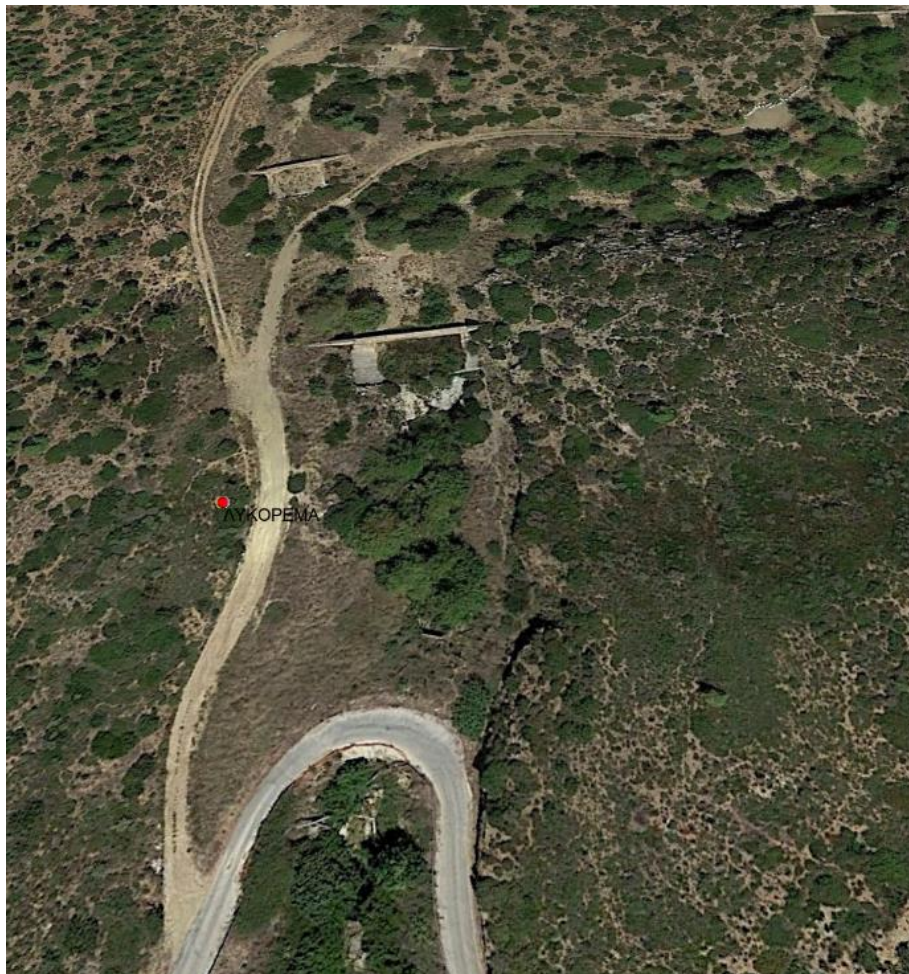
Η λεκάνη απορροής οριοθετείται βόρεια και βορειοανατολικά από το Πεντελικό όρος (+950 m), στα δυτικά και νοτιοδυτικά από τον Υμηττό (+600 m) και νότια στην περιοχή των Σπάτων από τον λόφο Μπούρα (+300 m) και την Πετροκορφή Πικερμίου (+167 m). Το μέγιστο υψόμετρό της είναι +950 m, το ελάχιστο είναι η στάθμη της θάλασσας, όπου είναι και η έξοδος της λεκάνης μέσω ενός διευθετημένου καναλιού, ενώ το μέσο υψόμετρο στα +227 m. Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης αποτελείται από τον κύριο άξονα του ρέματος Ραφήνας, στον οποίο εκβάλλουν πολλά ρέματα της Πεντέλης με σχετικά μεγάλες κλίσεις (Λυκόρεμα ή Βαλανάρης, ρέματα Αγ. Παρασκευής και Νέου Βουτζά), αλλά και ρέματα του πεδινού τμήματος των Σπάτων με μικρή κλίση. Στο ρέμα Ραφήνας καταλήγει και η εκτροπή του άνω ρου του Ποδονίφτη και των έργων της Αττικής Οδού στην περιοχή του Γέρακα, μέσω του ρέματος Παναγίτσας (Μπαριάμης, 2013).

Στη λεκάνη αναπτύχθηκε ένα πυκνό μετρητικό δίκτυο, από το Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ. Στις αρχές της δεκαετίας του 2000 τοποθετήθηκαν δύο αυτόματοι υδρομετρικοί σταθμοί (Λυκόρεμα, Ντράφι) στην ορεινή υπολεκάνη του Λυκορέματος Πεντέλης (πειραματική λεκάνη ΧΒasin, έκτασης 15.2 km²), και ακολούθως το δίκτυο επεκτάθηκε με άλλους τέσσερις σταθμούς, στο κυρίως υδρογραφικό δίκτυο του ρέματος Ραφήνας, στο πλαίσιο του προγράμματος FLADAR και άλλων ερευνητικών έργων (Parathanasiou *et al.*, 2013).

Πρωτογενή και επεξεργασμένα δεδομένα (παροχές) των έξι αυτόματων υδρομετρικών σταθμών είναι διαθέσιμα μέσω της ιστοσελίδας του Υδρολογικού Παρατηρητηρίου Αθηνών (Hydrological Observatory of Athens, <http://hoa.ntua.gr/>). Επεξεργασμένες χρονοσειρές και υδρολογικές αναλύσεις δημοσιεύονται σε διάφορες ακαδημαϊκές εργασίες (Κασελά, 2011· Αλωνιστιώτη, 2011· Παγανά, 2012· Μαθιουδάκη, 2012· Μπαριάμης, 2013).

2.2.1 Λυκόρεμα

Ο υδρομετρικός σταθμός Λυκόρεμα, στο ΒΑ όριο του οικισμού Ντράφι, είχε τοποθετηθεί σε υπερχειλιστή που κατασκευάστηκε από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στο ύψος του δρόμου που συνδέει το Ντράφι με το Δασαμάρι (**Εικόνα 2.9**). Ξεκίνησε να λειτουργεί τον Ιανουάριο του 2005, και περιλαμβάνει σταθμήμετρο και σταθμηγράφο 10λεπτης χρονικής κλίμακας. Ο σταθμός ελέγχει υπολεκάνη έκτασης 7.9 km².



Εικόνα 2.9: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Λυκορέματος.

Στην βάση δεδομένων του Υδρολογικού Παρατηρητηρίου Αθηνών διατίθενται δεδομένα δεκάλεπτης στάθμης και παροχής μέχρι τον Οκτώβριο του 2010. Αναλύσεις πλημμυρικών επεισοδίων δημοσιεύονται στην έκθεση των Ευστρατιάδη κ.ά. (2014).

Η θέση μέτρησης έχει αρκετά μειονεκτήματα, καθώς η κοίτη είναι σχεδόν αδιαμόρφωτη, ενώ ο υπερχειλιστής βρίσκεται μετά από απότομη στροφή. Υδρολογικά, ελέγχεται μια μικρή υπολεκάνη του ρέματος Ραφήνας, οπότε ο σταθμός παρουσιάζει περιορισμένο ενδιαφέρον.

2.2.2 Ντράφι

Ο υδρομετρικός σταθμός Ντράφι ήταν αρχικά τοποθετημένος στη μικρή γέφυρα επί της οδού Υδραγωγείου, στο ΝΑ όριο του οικισμού. Ο σταθμός ξεκίνησε να λειτουργεί τον Ιανουάριο του 2003, ελέγχοντας υπολεκάνη έκτασης 15.2 km². Ο σταθμός σταμάτησε να λειτουργεί στις 4/1/2010, λόγω πλημμύρας, ενώ επαναλειτούργησε σε διαφορετική θέση, λίγα μέτρα κατάντη, ήτοι στη γέφυρα της οδού Ταυγέτου, που συνδέει το Ντράφι με τον οικισμό Διώνη (Εικόνα 2.10).

Στην βάση δεδομένων του Υδρολογικού Παρατηρητηρίου Αθηνών διατίθενται δεδομένα δεκάλεπτης στάθμης και παροχής από τον Ιανουάριο του 2003 έως τον Οκτώβριο του 2010, για τον αρχικό σταθμό, ενώ ο νέος σταθμός διαθέτει συνεχή δεδομένα από τον Οκτώβριο του 2010 μέχρι σήμερα (Ιούλιος 2019). Αναλύσεις πλημμυρικών επεισοδίων του αρχικού σταθμού δημοσιεύονται στην έκθεση των Ευστρατιάδη κ.ά. (2014).



Εικόνα 2.10: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Ντράφι.

Η θέση μέτρησης είναι αρκετά καλή, καθώς η κοίτη είναι ευθύγραμμη, η διατομή αρκετά καλά διαμορφωμένη, και ειδικά στο αριστερό τμήμα, όπου κυρίως συγκεντρώνεται η ροή, υπάρχει τοίχιο από σκυρόδεμα. Ωστόσο, από την άλλη πλευρά αναπτύσσεται αρκετά πυκνή βλάστηση. Από υδρολογική σκοπιά, παρόλο που πρόκειται για μικρή λεκάνη, θεωρούμε κρίσιμη τη διατήρηση του σταθμού, ο οποίος λειτουργεί από το 2003 και είναι ο παλιότερος και καλύτερα μελετημένος υδρομετρικός σταθμός της Αττικής.

2.2.3 Σπάτα

Ο υδρομετρικός σταθμός Σπάτων είχε αρχικά τοποθετηθεί στη γέφυρα διέλευσης της Λεωφ. Σπάτων από τον κύριο κλάδο του ρέματος Ραφήνας. Ο σταθμός λειτούργησε από τον Μάιο του 2012 έως τον Φεβρουάριο του 2013, οπότε παρασύρθηκε από ισχυρή πλημμύρα (22/2/2013). Στη συνέχεια, τοποθετήθηκε νέος σταθμός, στη γέφυρα της οδού Πύρρου, περίπου 300 m ανάντη (**Εικόνα 2.11**).

Στην βάση δεδομένων του Υδρολογικού Παρατηρητηρίου Αθηνών διατίθενται μόνο οι μετρήσεις δεκάλεπτης στάθμης, για το μικρό διάστημα λειτουργίας του παλιού σταθμού.

Μακροσκοπικά, η θέση του νέου σταθμού φαίνεται εξαιρετική, καθώς η διατομή είναι ευθύγραμμη και πλήρως εγκιβωτισμένη (ορθογωνική, από σκυρόδεμα). Μικρό μειονέκτημα αποτελεί η συσσώρευση φερτών στην κοίτη. Υδρολογικά, η θέση μέτρησης είναι σημαντική, καθώς ελέγχεται ο άνω ρους του ρέματος Ραφήνας που αναπτύσσεται σε λεκάνη έκτασης 23.7 km². Σε αυτή αποστραγγίζονται οι περιοχές Σπάτων, Γέρακα και Ανθούσας, και σε αυτό εκτρέπονται ο άνω ρους του Ποδονίφτη και τα αντιπλημμυρικά έργα της Αττικής Οδού.



Εικόνα 2.11: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Σπάτων (παλιός σταθμός κατόντη, νέος σταθμός ανάντη).

2.2.4 Πικέρμι

Ο υδρομετρικός σταθμός Πικερμίου, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου Fladar, είχε τοποθετηθεί στη γέφυρα διέλευσης της οδού Πέτσα από τον κύριο κλάδο του ρέματος Ραφήνας, στο πέρας της Περιφερειακής Υμηττού (**Εικόνα 2.12**).

Στην βάση δεδομένων του Υδρολογικού Παρατηρητηρίου Αθηνών διατίθενται δεδομένα δεκάλεπτης στάθμης και επεξεργασμένες χρονοσειρές παροχών από τον Μάιο του 2008 έως τον Ιούλιο του 2011.

Η θέση του σταθμού κρίνεται μέτρια, καθώς στην περιοχή διατηρείται η φυσική κοίτη του ρέματος, που γενικά καλύπτεται από πολύ έντονη παρόχθια βλάστηση, ενώ ενδεχόμενα προβλήματα αστάθειας της ροής σε μεγάλα πλημμυρικά επεισόδια να προκαλεί η συμβολή του ρέματος Κρυονέρι, περίπου 250 m ανάντη. Συνεπώς, αν και ελέγχεται λίγο μεγαλύτερη λεκάνη σε σχέση με τον σταθμό Σπάτων, είναι προτιμότερη η διατήρηση του ανάντη σταθμού, που παρουσιάζει σαφώς καλύτερη υδραυλικά χαρακτηριστικά.



Εικόνα 2.12: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Πικερμίου.

2.2.5 Ραφήνα

Ο υδρομετρικός σταθμός Ραφήνας, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου Fladar, έχει τοποθετηθεί στη γέφυρα διέλευσης της οδού Δωδεκανήσου από το κατάντη διευθετημένο τμήμα του ρέματος Ραφήνας, στο ύψος του οικισμού Αγία Τριάδα (**Εικόνα 2.13**). Ο σταθμός βρίσκεται λίγο μετά τη συμβολή του ρέματος Βαλανάρη, ελέγχοντας έτσι σημαντικό τμήμα της συνολικής λεκάνης του Μεγάλου Ρέματος Ραφήνας.



Εικόνα 2.13: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού ρέματος Ραφήνας.

Ο σταθμός λειτουργεί απρόσκοπτα από τον Νοέμβριο του 2008. Στην βάση δεδομένων του Υδρολογικού Παρατηρητηρίου Αθηνών διατίθενται συνεχή δεδομένα δεκάλεπτης στάθμης μέχρι σήμερα, και επεξεργασμένες χρονοσειρές παροχών από τον Νοέμβριο του 2008 έως τον Ιούνιο του 2015.

Μακροσκοπικά, η θέση μέτρησης φαίνεται πολύ καλή, καθώς η κοίτη είναι ευθύγραμμη και διευθετημένη (ορθογωνική διατομή από σκυρόδεμα). Η ροή συγκεντρώνεται στην δεξιά πλευρά του αγωγού, ενώ από την αριστερή πλευρά υπάρχει συσσώρευση φερτών. Υδρολογικά, ελέγχεται το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης, με εξαίρεση το αρκετά έντονα αστικοποιημένο τμήμα του κυρίως ιστού της Ραφήνας.

2.2.6 Ραφήνα (έξοδος)

Ο δεύτερος υδρομετρικός σταθμός της Ραφήνας (Ραφήνα κατάντη) έχει τοποθετηθεί σε μικρή πεζογέφυρα στην προέκταση της οδού Υψηλάντου, σε απόσταση περίπου 800 m πριν την εκβολή του ρέματος στη θάλασσα (**Εικόνα 2.14**).

Ο σταθμός λειτουργεί απρόσκοπτα από τον Δεκέμβριο του 2011. Στην βάση δεδομένων του Υδρολογικού Παρατηρητηρίου Αθηνών διατίθενται συνεχή δεδομένα δεκάλεπτης στάθμης μέχρι σήμερα, και επεξεργασμένες χρονοσειρές παροχών από τον Δεκέμβριο του 2011 έως τον Ιούνιο του 2015.

Μακροσκοπικά, η θέση μέτρησης είναι λιγότερο καλή σε σχέση με τον ανάντη σταθμό, καθώς ανάντη της γέφυρας η κοίτη δεν είναι διευθετημένη, και συνεπώς επηρεάζεται από την έντονη βλάστηση που αναπτύσσεται, ενώ κατάντη είναι διευθετημένο μόνο το αριστερό τμήμα του ρέματος, κατά μήκος του οποίου έχει κατασκευαστεί υψηλό τοίχιο από σκυρόδεμα.



Εικόνα 2.14: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού ρέματος Ραφήνας (σταθμός εξόδου).

2.3 Αξιολόγηση υδρομετρικών σταθμών Σαρανταπόταμου

Ο Σαρανταπόταμος (ή Ελευσίνιος Κηφισός) διασχίζει την κοιλάδα της Οινόης και το Θριάσιο Πεδίο και εκβάλλει στον κόλπο της Ελευσίνας. Αποτελεί το μεγαλύτερο ποτάμι της περιοχής αφού είναι ο αποδέκτης των απορροών των γύρω ορεινών όγκων. Η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 310 km² και ορίζεται περιμετρικά από το όρος Πατέρα στα δυτικά, το όρος Κιθαιρώνα στα βορειοδυτικά, το όρος Πάστρα στα βόρεια και την Πάρνηθα στα ανατολικά.

Ουσιαστικά, ο Σαρανταπόταμος, πριν την είσοδό του στο Θριάσιο πεδίο, αποτελείται από δύο επιμέρους υδρογραφικά δίκτυα, του ρέματος Πέλκες που διασχίζει την κοιλάδα της Οινόης, και του ρέματος Αγ. Γεωργίου που διασχίζει νοτιότερα την ομώνυμη κοιλάδα. Η κύρια πηγή του είναι στο όρος Κιθαιρώνα και συγκεκριμένα κοντά στα Βίλια και τα κυριότερα ρέματα που συμβάλουν σε αυτό είναι το ρέμα Αγ. Βλασίου, το Ξηρόρεμα και το ρέμα Μεγάλο Κατερίνι. Το υδρογραφικό του δίκτυο είναι αρκετά πυκνό και αποτελείται από εποχιακής ροής χειμαρρους (Μιχαηλίδη, 2013).

Στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου «Δευκαλίων» (<http://deucalionproject.itia.ntua.gr/>), τοποθετήθηκαν δύο υδρομετρικοί σταθμοί, στον άνω και μέσο ρου του ποταμού (Οινόη και Γύρα Στεφάνης, αντίστοιχα). Ο κατάντη σταθμός επαναλειτούργησε στο πλαίσιο του παρόντος έργου και έχει ενταχθεί στο σύστημα OpenHi.net.

2.3.1 Οινόη

Ο σταθμός είχε τοποθετηθεί στον οχετό κάτω από την οδό Βιλίων-Οινόης, κοντά στην Οινόη, και λειτούργησε από τον Δεκέμβριο του 2011 έως τον Μάιο του 2014 (**Εικόνα 2.15**). Το υψόμετρο του σταθμού ήταν +333 m, ενώ η έκταση της ανάντη υπολεκάνης 51 km². Κάτω από την γέφυρα η κοίτη ήταν πλήρως διευθετημένη, με διατομή ορθογωνική και η

μέτρηση της στάθμης γινόταν στην μέση του οχετού (εγκάρσια και κατά μήκος). Στην έξοδο του οχετού υπήρχε αναβαθμός, που επέτρεπε τον έμμεσο προσδιορισμό της παροχής από μετρήσεις στάθμης, ήτοι μέσω υδραυλικών υπολογισμών.

Επεξεργασμένα δεδομένα πλημμυρικών επεισοδίων δημοσιεύονται στην έκθεση των Ευστρατιάδη κ.ά. (2014). Είναι χαρακτηριστικό ότι στο χρονικό διάστημα των περίπου 3.5 ετών που λειτούργησε ο σταθμός, καταγράφηκαν μόνο πλημμυρικές παροχές, και μάλιστα μικρού μεγέθους, ενώ στο μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου η κοίτη ήταν εντελώς ξερή. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η ανάντη υπολεκάνη είναι καθαρά χειμαρρικής διαίτας, με την παραγωγή απορροής να περιορίζεται μόνο σε σύντομες χρονικές περιόδους με πολύ ισχυρές βροχοπτώσεις. Ως εκ τούτου, το υδρολογικό ενδιαφέρον της υπόψη θέσης, για πιθανή ανασύσταση του σταθμού είναι περιορισμένο.



Εικόνα 2.15: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Οινός.

2.3.2 Γύρα Στεφάνης

Ο υδρομετρικός σταθμός Γύρα Στεφάνης είχε τοποθετηθεί στον οχετό κάτω από την γέφυρα στην είσοδο της βιοτεχνίας Παναγόπουλου Α.Β.Β.Ε.Τ.Ε., στο πλαίσιο του έργου Δευκαλίων, ελέγχοντας έκταση 145 km². Στη θέση αυτή η κοίτη είναι πλήρως διευθετημένη κάτω από γέφυρα, με διατομή οκταγωνική (Εικόνα 2.16). Η μέτρηση της στάθμης γινόταν στην μέση της διευθετημένης κοίτης (εγκάρσια και κατά μήκος), όπου, βάσει υδραυλικών αναλύσεων, η ροή ήταν κατά προσέγγιση κρίσιμη για πολύ μεγάλο εύρος παροχών.

Η αρχική εγκατάσταση του αυτόματου σταθμηγράφου έγινε τον Δεκέμβριο του 2011, με τον σταθμό να βρίσκεται σε λειτουργία μέχρι την παράσυρσή του από την καταστροφική πλημμύρα της 15/11/2017, στη διάρκεια της οποίας το νερό υπερέβη τη στέψη του οχετού.



Εικόνα 2.16: Δορυφορική απεικόνιση περιοχής τηλεμετρικού σταθμού Γύρας Στεφάνης.

Επεξεργασμένα δεδομένα πλημμυρικών επεισοδίων για την περίοδο του έργου Δευκαλίων (έως τον Μάιο του 2014) δημοσιεύονται στην έκθεση των Ευστρατιάδη κ.ά. (2014), ενώ ανάλυση του υπόψη πλημμυρικού γεγονότος γίνεται από τον Ntigkakis (2018).

Στο πλαίσιο του παρόντος έργου, επανασυστάθηκε ο σταθμός, με τοποθέτηση του οργάνου στο κατάντη άκρο της γέφυρας. Ο νέος σταθμός λειτουργεί απρόσκοπτα από τον Ιούλιο του 2018, καταγράφοντας, εκτός από τη στάθμη, και τη βροχόπτωση.

Υδρολογικά, η υπόψη θέση μέτρησης είναι σημαντική, καθώς ελέγχεται περίπου το 45% της συνολικής λεκάνης του Σαρανταπόταμου. Ο υπόψη σταθμός είναι ενταγμένος στο σύστημα OpenHi.net.

Αναφορές

- Efstratiadis, A., A. D. Koussis, S. Lykoudis, A. Koukouvinos, A. Christofides, G. Karavokiros, N. Kappos, N. Mamassis, and D. Koutsoyiannis, Hydrometeorological network for flood monitoring and modeling, *Proceedings of First International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of Environment*, Paphos, Cyprus, 8795, 10-1–10-10, doi:10.1117/12.2028621, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), 2013.
- Koussis, A. D., *Final Report TELEFLEUR*, 30 p. and Appendices 45 p., Athens, Greece, 2001.
- Ntigkakis, C., *Reverse analysis and uncertainty assessment of major flood events under limited data availability: The case of Western Attica, November 2017*, Diploma thesis, 111 p., Department of Water Resources and Environmental Engineering – National Technical University of Athens, Athens, 2018.
- Parathanasiou, C., C. Massari, V. Pagana, S. Barbetta, L. Brocca, and T. Moramarco, *Hydrological Study of Rafina catchment*, Technical report for Action B1: Catchment Hydrological Modelling of the FLIRE Project (LIFE11 ENV GR 975), 2013.
- Αλωνιστιώτη, Δ., *Διερεύνηση της επίδρασης των δασικών πυργκαγιών στην υδρολογική απόκριση λεκανών απορροής της ανατολικής Αττικής*, Μεταπτυχιακή εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2011.
- Ευστρατιάδης, Α., Α. Κουκουβίνος, Ε. Μιχαηλίδη, Ε. Γαλιούνα, Κ. Τζούκα, Α. Δ. Κούσης, Ν. Μαμάσης, και Δ. Κουτσογιάννης, Τεχνική έκθεση περιγραφής περιοχικών σχέσεων εκτίμησης χαρακτηριστικών υδρολογικών μεγεθών, *ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων*, Ανάδοχοι: ΕΤΜΕ: Πέππας & Συν/τες Ε.Ε., Γραφείο Μαχαίρα, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 146 σ., Σεπτέμβριος 2014.
- Κασσελά, Α., *Υδρολογική προσομοίωση της διευρημένης πειραματικής λεκάνης της Ανατολικής Αττικής: ρέματα Ραφήνας και Λυκορέματος, με χρήση του μοντέλου HEC-HMS*, Διπλωματική εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2011.
- Κούσης, Α. Δ., και Α. Μάζη, Εργαλεία διαχείρισης του υδροσυστήματος του Κηφισού ποταμού: Υδρομετρικό δίκτυο και δίκτυο παρακολούθησης ποιότητας ύδατος, *1η Επιστημονική Διημερίδα με θέμα τον Κηφισό «Ολοκληρωμένη προσέγγιση στα προβλήματα του Κηφισού»*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Ανατολικής Αττικής, Φορέας Διαχείρισης και Ανάπλασης του ποταμού Κηφισού Αττικής και των Παραχειμάρρων, 2008.

- Κούσης, Α. Δ., Σ. Λυκούδης, και Γ. Καραβοκυρός, Τεχνική έκθεση περιγραφής μετρητικού συστήματος τηλεμετάδοσης–επεξεργασίας δεδομένων, *ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων*, Ανάδοχοι: ΕΤΜΕ: Πέππας & Συν/τες Ε.Ε., Γραφείο Μαχαίρα, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 77 σ., Μάρτιος 2012.
- Μαθιουδάκη, Μ., *Διερεύνηση παραμέτρων υδρολογικού σχεδιασμού με χρήση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων, μέσω ανάλυσης χαρακτηριστικών πλημμυρικών επεισοδίων στην πειραματική λεκάνη Λυκορέματος Πεντέλης*, Μεταπτυχιακή εργασία, 198 σ., Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μάρτιος 2012.
- Μιχαηλίδη, Ε., *Διερεύνηση προσομοίωσης πλημμύρας για το σχεδιασμό σε λεκάνες χειμαρρικής διαίτας – Εφαρμογή στη λεκάνη του Σαρανταπόταμου*, Διπλωματική εργασία, 140 σ., Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Δεκέμβριος 2013.
- Μπαριάμης, Γ., *Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων του υδρολογικού μοντέλου HEC-HMS και εφαρμογή στη λεκάνη του ρέματος Ραφήνας*, Μεταπτυχιακή εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλασσίων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούλιος 2013.
- Παγάνα, Β., *Κατάρτιση χαρτών πλημμύρας στην περιοχή της Ραφήνας*, Μεταπτυχιακή εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλασσίων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 2012.