



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ερευνητικό Πρόγραμμα

Εκπόνηση έρευνας για τη συντήρηση, ενίσχυση, ανακατασκευή και ανάδειξη παραδοσιακών λίθινων κατασκευών μεταξύ των οποίων και παραδοσιακών λίθινων γεφυρών.

Κατάθεση προκαταρκτικών διερευνητικών προτάσεων καθώς και τελικών προτάσεων για την υλοποίηση της ανασύλωσης – ανακατασκευής της «Πέτρινης Γέφυρας του Πασά»

Παραδοτέο Π6

Συλλογή υδρολογικών στοιχείων για την πετρογέφυρα του Πασά

ΤΕΥΧΟΣ Γ

Το ερευνητικό έργο εκτελείται από το
Εργαστήριο Πειραματικής Αντοχής Υλικών και Κατασκευών (Ε.Π.Α.Υ.Κ.)
του Αριστοτελείου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.)
με χρηματοδότηση από την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας (Π.Δ.Μ.)
υπό την αιγίδα του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού (ΥΠ.ΠΟ.Α.)

ΙΟΥΛΙΟΣ 2023

Ερευνητικό Πρόγραμμα
Εκπόνηση έρευνας για τη συντήρηση, ενίσχυση, ανακατασκευή και ανάδειξη παραδοσιακών
λίθινων κατασκευών μεταξύ των οποίων και παραδοσιακών λίθινων γεφυρών.
Κατάθεση προκαταρκτικών διερευνητικών προτάσεων καθώς και τελικών προτάσεων για
την υλοποίηση της ανασύλωσης – ανακατασκευής της «Πέτρινης Γέφυρας του Πασά»

Επιστημονικώς Υπεύθυνοι

Γεώργιος Χ. Μάνος, Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κωνσταντίνος Κατάκαλος, Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ.

Σύνθεση Ερευνητικής Ομάδας

Δομοστατικοί Μηχανικοί

Λάμπρος Κωτούλας

Λάζαρος Μελίδης

Δημήτριος Μπαρές

Αλέξανδρος Χόρτης

Μηχανικοί Δομικών Υλικών

Μαρία Στεφανίδου

Θεανώ Κόλτσου

Αρχαιολόγοι

Κλεονίκη Κυρκοπούλου

Αρχιτέκτονες Μηχανικοί

Ιωάννης Μούρτος

Ιορδάνης Σιναμίδης

Σταύρος Απότσος

Δημοσθένης Σάκκος

Γεωτεχνικοί Μηχανικοί

Χρήστος Αναγνωστόπουλος

Γεωδυναμική

Τοπογράφοι Μηχανικοί

Ευστράτιος Στυλιανίδης

Ελένη Καραχάλιου

Ιωάννης Ταβαντζής

Υδραυλικοί Μηχανικοί

Κ.Λ. Κατσιφαράκης

Ιωάννης Κοντός

Ηρακλής Νικολέτος

Το ερευνητικό έργο εκτελείται από το
Εργαστήριο Πειραματικής Αντοχής Υλικών και Κατασκευών (Ε.Π.Α.Υ.Κ.)
του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.)
με χρηματοδότηση από την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας (Π.Δ.Μ.)
υπό την αιγίδα του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού (ΥΠ.ΠΟ.Α.)

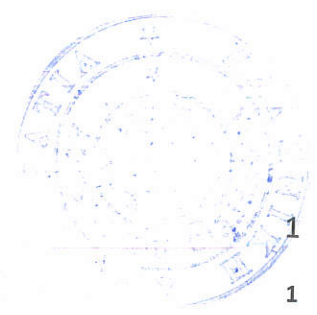
Το παρόν σχέδιο συνοδεύει
 την με αριθ. πρωτ. 26.33
 ΥΠ. ΠΟ. Α. 2024
 ΔΑΒΜΜ/.....22.1.2024
 Απόφαση.

Dr. K. Katsifarakis



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Γενικά – Αντικείμενο του έργου	1
1.2	Διαθέσιμα στοιχεία	2
1.3	Ομάδα έργου	2
1.4	Δομή του έργου	3
1.5	Αξιοποίηση αποτελεσμάτων έργου	3
1.6	Νομοθεσία – Τεχνικές Προδιαγραφές	3
2.	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	5
2.1	Θέση του έργου	5
2.2	Λεκάνες απορροής και δεδομένα ΓΣΠ	8
2.3	Γεωλογικά και εδαφολογικά στοιχεία περιοχής μελέτης	13
2.4	Καλύψεις γης – Χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης	15
2.5	Κλιματικά στοιχεία	16
3.	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	17
4.	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	21
4.1	Γενικά - Υδραυλικό μοντέλο HEC-RAS	21
4.2	Θεωρητικό υπόβαθρο μόνιμης ροής	21
4.2.1	Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας	21
4.2.2	Εξίσωση Manning	22
4.2.3	Αρχή Διατήρησης της Ορμής	23
4.3	Δεδομένα και παραδοχές	24
4.4	Υδραυλικά αποτελέσματα και πιέσεις σχεδιασμού	28
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗ)	40



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Ορια ΥΔ ΕΛ09 – Λεκάνες απορροής και επιφανειακά υδατικά συστήματα (πηγή: 1 ^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας ΕΛ09).	5
Σχήμα 2. Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας (πηγή: 1 ^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας ΕΛ09).	6
Σχήμα 3. Θέση Γέφυρας Πασά σε σχέση με τη ΛΑΠ Αλιάκμονα και το ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας (Απόκομμα από περιβάλλον λογισμικού QGIS, δεδομένα από: gov.gr, Google Earth, 1 ^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας ΕΛ09).	7
Σχήμα 4. Κύριες λεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος GR09 Δυτικής Μακεδονίας (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, Στάδιο Ι, 1 ^η Φάση – Παραδοτέο 4, Πλημμυρικά Υδρογραφήματα, Ιούλιος 2017).	8
Σχήμα 5. Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της παρόχθιας περιοχής του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα (Απόκομμα του περιβάλλοντος του λογισμικού QGIS, δεδομένα από Ελληνικό Κτηματολόγιο και Google Earth).	10
Σχήμα 6. Υδρολιθολογικός Χάρτης του ΥΔ ΕΛ09 (1 ^η Αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ Δυτικής Μακεδονίας, Ιούλιος 2017).	14
Σχήμα 7. Κατηγορίες κάλυψης γης κατά CORINE.	16
Σχήμα 8. Το υδρολογικό μοντέλο HEC-HMS που στήθηκε στα πλαίσια του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας (Στάδιο Ι, 1 ^η Φάση, Πλημμυρικά Υδρογραφήματα, Ιούλιος 2017). Διακρίνεται ο κόμβος J20-GR0902FR0010 ανάντη του Γεφυριού του Πασά σε απόσταση περίπου 1 km που αντιστοιχούν στη δυσμενέστερες πλημμυρικές αιχμές 50, 100 και 1000 ετών.	20
Σχήμα 9. Εφαρμογή της αρχής διατήρησης της ορμής μεταξύ δύο διατομών.	24
Σχήμα 10. α) Περιοχή μελέτης με το τμήμα του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα και τις ισοϋψείς ανά 10 m που προέκυψαν από το DEM του Ελληνικού Κτηματολογίου (ανάλυσης 5m x 5m), β) μεγέθυνση στο τελικό τμήμα του ποταμού που καταλήγει στη θέση του Γεφυριού του Πασά. Με τη βοήθεια του υποβάθρου του Google Earth και των ισοϋψών σχεδιάστηκε ο κεντρικός άξονας του ποταμού και η αριστερή και δεξιά όχθη.	25
Σχήμα 11. Άποψη της περιοχής ανάντη της θέσης του Γεφυριού του Πασά με σχεδιασμένες τον κύριο άξονα του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα και την αριστερή και δεξιά όχθη (υπόβαθρο: Google Earth).	26
Σχήμα 12. Απόκομμα από το περιβάλλον του εργαλείου Ras Mapper του λογισμικού HEC-RAS όπου φαίνονται οι 936 θέσεις των εγκάρσιων διατομών στον κύριο ρου του ποταμού Αλιάκμονα. Το υπόβαθρο είναι το 5m ανάλυσης DEM του Ελληνικού Κτηματολογίου.	27
Σχήμα 13. Απόκομμα από το περιβάλλον του εργαλείου Ras Mapper του λογισμικού HEC-RAS όπου φαίνονται οι τελευταίες διατομές στον κύριο ρου του ποταμού Αλιάκμονα μέχρι και τη διατομή της θέσης του Γεφυριού του Πασά (χιλιομετρική θέση 174m από τέλος). Το υπόβαθρο είναι το 5m ανάλυσης DEM του Ελληνικού Κτηματολογίου.	28
Σχήμα 14. Στάθμη/βάθος ροής περιόδου επαναφοράς T = 1000 ετών.	29
Σχήμα 15. Στάθμη/βάθος ροής περιόδου επαναφοράς T = 1000 ετών στην περιοχή κοντά στη Γέφυρα του Πασά.	30
Σχήμα 16. Ταχύτητες ροής περιόδου επαναφοράς T = 1000 ετών στην περιοχή κοντά στη θέση της Γέφυρας του Πασά.	31

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Κύριες λεκάνες και εκτάσεις ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας GR09 (πηγή: ΣΔΛΑΠ ΥΔ Δυτ. Μακεδονίας GR09).	9
Πίνακας 2. Υδρολογικές υπολεκάνες απορροής της της λεκάνης απορροής GR0902FR0010 (Σχήμα 4) της ΛΑΠ Αλιάκμονα GR0902 (Σχήμα 3) και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά αυτών (δεδομένα από ΣΔΛΑΠ ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας GR09).	10
Πίνακας 3. Κατανομή εκτάσεων ΥΔ09 με βάση τον Χάρτη Κάλυψης CORINE (πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΛΑΠ ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας).	15
Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής GR0902FR0010 (στην οποία ανήκει το γεφύρι του Πασά).	17
Πίνακας 5. Πλημμυρικές αιχμές υπολεκάνων της λεκάνης απορροής GR0902FR0010 της ΛΑΠ Αλιάκμονα GR0902. Με πράσινο σημειώνεται ο κόμβος κοντά στο γεφύρι του πασά με τις δυσμενέστερες πλημμυρικές αιχμές.	18
Πίνακας 6. Πλημμυρικές αιχμές για 50, 100 και 1000 έτη στον κόμβο J20 της λεκάνης απορροής GR0902FR0010, ο οποίος είναι ο δυσμενέστερος και κοντινότερος (ανάντη) της θέσης του Γεφυριού του Πασά.	20
Πίνακας 7. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στις 6 τελευταίες διατομές έως και τη θέση της Γέφυρας του Πασά.	32
Πίνακας 8. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 899,99. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές.	33
Πίνακας 9. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 731. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές.	34
Πίνακας 10. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 633. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές.	35
Πίνακας 11. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 515. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές.	36
Πίνακας 12. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 382. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές.	37
Πίνακας 13. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 174 (Γέφυρα του Πασά). Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές. Εξαγωγή πιέσεων από HEC-RAS.	38
Πίνακας 14. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 174 (Γέφυρα του Πασά). Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές. Εξαγωγή πιέσεων από τον αναλυτικό τύπο υπολογισμού (Εξίσωση 9), οπότε και προκύπτει η δυσμενέστερη τιμή (σημειωμένη με πράσινο).	39

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά – Αντικείμενο του έργου

Η παρούσα έρευνα υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος «Εκπόνηση έρευνας για τη συντήρηση, ενίσχυση, ανακατασκευή και ανάδειξη παραδοσιακών λίθινων κατασκευών μεταξύ των οποίων και παραδοσιακών λίθινων γεφυρών. Κατάθεση προκαταρκτικών διερευνητικών προτάσεων καθώς και τελικών προτάσεων για την υλοποίηση της αναστύλωσης – ανακατασκευής της “Πέτρινης Γέφυρας του Πασά”».

Συγκεκριμένα, η μελέτη αυτή αποτελεί το Παραδοτέο Π6 «Συλλογή υδρολογικών στοιχείων για την πετρογέφυρα του Πασά». Στο Παραδοτέο Π6 γίνεται η παρουσίαση των υδρολογικών στοιχείων όπως συλλέχθηκαν από διάφορες πηγές. Αντικείμενα της μελέτης των υδρολογικών στοιχείων είναι τα εξής:

1. Να προσδιορισθεί η μέγιστη στάθμη της κοίτης του ποταμού σε σχέση με τη γέφυρα του Πασά όταν αυτή θα πάρει την πλήρη μορφή σύμφωνα με την παρούσα πρόταση επισκευής-ανακατασκευής-αναδόμησης.
2. Με βάση αυτή τη μέγιστη στάθμη, να προκύψουν οι υδροδυναμικές πιέσεις που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στον σχεδιασμό για την ασφαλή συμπεριφορά του φορέα της γέφυρας, όταν αυτός θα πάρει την πλήρη μορφή σύμφωνα με την παρούσα πρόταση επισκευής-ανακατασκευής-αναδόμησης.
3. Να προταθούν τυχόν προστατευτικά μέτρα ελέγχου της ροής του ποταμού στην περιοχή ανάντη της πετρογέφυρας του Πασά. Τα μέτρα αυτά, εφόσον κριθούν απαραίτητα, θα στοχεύουν στον έλεγχο της ροής, ώστε η μέγιστη στάθμη να έχει την επιθυμητή τιμή τόσο για τον φορέα της πετρογέφυρας του Πασά όσο και για τον περιβάλλοντα χώρο.
4. Τα στοιχεία της υδρολογικής μελέτης θα χρησιμοποιηθούν για να προταθούν πρόσθετα μέτρα αξιοποίησης του υδάτινου στοιχείου στον ευρύτερο περιβάλλοντα χώρο

Τα υδρολογικά στοιχεία και αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ θα εμπλουτισθούν περαιτέρω, ώστε με τη σχετική εις βάθος επεξεργασία τους να προκύψουν οι τελικές απαντήσεις αναφορικά με τα ανωτέρω αντικείμενα.

Στο παρόν τεύχος, γίνεται μια προκαταρκτική εκτίμηση, ώστε να υιοθετηθεί μια τιμή της μέγιστης στάθμης και ταχύτητας στη διατομή όπου θα ανακατασκευασθεί η πετρογέφυρα. Η τιμή αυτή μαζί με τη μετατροπή της σε υδροστατική πίεση χρησιμοποιείται στο Παραδοτέο Π13 «Προκαταρκτικός δομοστατικός σχεδιασμός της ανακατασκευασμένης πετρογέφυρας του Πασά επί τη βάσει των υφιστάμενων τμημάτων που χρήζουν αποκατάστασης και συντήρησης και των εκτεταμένων τμημάτων που έχουν καταστραφεί».

Στην παρούσα τεχνική έκθεση περιγράφονται οι υδρολογικές και υδραυλικές συνθήκες στο άνω τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Αλιάκμονα σε σχέση με τη θέση της πετρογέφυρας του Πασά. Συλλέγονται από σχετικές μελέτες οι πλημμυρικές παροχές στους κόμβους όπου συμβάλλουν σημαντικές μισγάγγειες και περιγράφονται αναλυτικά οι υδραυλικές συνθήκες με τελικό στόχο τον συντηρητικό υπολογισμό της μέγιστης στάθμης και ταχύτητας ροής στη διατομή της πετρογέφυρας του Πασά για περίοδο επαναφοράς 1000 ετών. Ειδικότερα, η παρούσα τεχνική έκθεση περιλαμβάνει τα κάτωθι:

- Προσδιορισμό της λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης και των φυσικογεωγραφικών, γεωλογικών και οικολογικών της χαρακτηριστικών.
- Εκτίμηση βροχοπτώσεων σχεδιασμού, χρόνου συγκέντρωσης και πλημμυρικής παροχής αιχμής για περίοδο επαναφοράς 1000 ετών.
- Περιγραφή της μεθοδολογίας η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό της ταχύτητας και στάθμης στη διατομή της πετρογέφυρας του Πασά.

- Επιλεγμένες διατομές κατά μήκος του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα στη διατομή της πετρογέφυρας του Πασά και ανάντη αυτής με απεικόνιση της στάθμης ροής για περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 ετών.

1.2 Διαθέσιμα στοιχεία

Κατόπιν αναζήτησης και επικοινωνίας με το αρμόδιο προσωπικό και εκπροσώπους, για τη σύνταξη της παρούσας τεχνικής έκθεσης χρησιμοποιήθηκαν και ελήφθησαν υπόψη τα εξής στοιχεία και πληροφορίες:

- α) Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής (ΣΔΛΑΠ) του Υδατικού Διαμερίσματος (ΥΔ) Δυτικής Μακεδονίας (ΕΛ09),
- β) Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας (GR09),
- γ) 1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής (ΣΔΛΑΠ) του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας (ΕΛ09).
- δ) Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο εδάφους (DEM) υψηλής ανάλυσης με διαστάσεις φατνίου 5m x 5m από το Ελληνικό Κτηματολόγιο (ΕΚΧΑ ΑΕ),
- ε) Αεροφωτογραφίες από το Google Earth και το Ελληνικό Κτηματολόγιο (ΕΚΧΑ ΑΕ),
- στ) Το θεματικό επίπεδο των υπολεκάνων που περιέχει τα πεδία που προβλέπονται τόσο σύμφωνα με την οδηγία inspire όσο και με την κοινοτική οδηγία περί υδάτων (2000/60/ΕΚ),
- ζ) Το θεματικό επίπεδο του υδρογραφικού δικτύου της Ελλάδας όπως αυτό έχει αναρτηθεί από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής,

1.3 Ομάδα έργου

Το ερευνητικό έργο εκτελείται από το Εργαστήριο Πειραματικής Αντοχής Υλικών και Κατασκευών (Ε.Π.Α.Υ.Κ.) του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.) με χρηματοδότηση από την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας (Π.Δ.Μ.) υπό την αιγίδα του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού (ΥΠ.ΠΟ.Α.). Την ομάδα έργου του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας αποτελούν οι:

Επιστημονικώς Υπεύθυνοι:

1. Γεώργιος Χ. Μάνος, Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.
2. Κωνσταντίνος Κατάκαλος, Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ.

Δομοστατικοί Μηχανικοί:

3. Λάμπρος Κωτούλας
4. Λάζαρος Μελίδης
5. Δημήτριος Μπαρές
6. Αλέξανδρος Χόρτης
7. Κατερίνα Κουκουβίκη

Αρχιτέκτονες Μηχανικοί:

8. Ιωάννης Μούρτος
9. Ιορδάνης Σιναμίδης
10. Σταύρος Απότσος
11. Δημοσθένης Σάκκος

Τοπογράφοι Μηχανικοί:

12. Ευστράτιος Στυλιανίδης
13. Ελένη Καραχάλιου
14. Ιωάννης Ταβαντζής
15. Ιωάννης Γιάνναρης

Μηχανικοί Δομικών Υλικών:

16. Μαρία Στεφανίδου

17. Θεανώ Κόλτσου

Γεωτεχνικοί Μηχανικοί:

18. Χρήστος Αναγνωστόπουλος

19. Γεωδυναμική

Υδραυλικοί Μηχανικοί:

20. Κωνσταντίνος Λ. Κατσιφαράκης, Καθηγητής Τμ. Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.

21. Ιωάννης Ν. Κοντός, Δρ Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., Ερευνητής και Εντεταλμένος Διδάσκων Τμ. Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.

22. Ηρακλής Νικολέτος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., Ερευνητής Τμ. Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.

1.4 Δομή του έργου

Το παρόν έργο περιλαμβάνει ένα τεύχος τεχνικής έκθεσης υδρολογικής τεκμηρίωσης και υδραυλικής μελέτης με τα αντίστοιχα αποτελέσματα και με τα συνοδά Παραρτήματα.

1.5 Αξιοποίηση αποτελεσμάτων έργου

Στη συγκεκριμένη μελέτη εφαρμόζεται ένα κατά το δυνατόν ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο διερεύνησης πλημμυρικής επικινδυνότητας σε ένα μεγάλο τμήμα του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα εφαρμόζοντας σύγχρονες μεθόδους υδρολογικής και υδραυλικής προσομοίωσης. Υπάρχει υψηλή αβεβαιότητα λόγω ελλειψών στοιχείων σε μία τεράστια υπολεκάνη απορροής, όπως είναι αυτή του ανάντη τμήματος του ποταμού Αλιάκμονα σε σχέση με την πετρογένεση του Πασά. Ενδεικτικά, η έλλειψη τοπογραφικής αποτύπωσης της παρόχθιας περιοχής του ποταμού Αλιάκμονα οδήγησε στη χρήση DEM από το Ελληνικό Κτηματολόγιο φατινίου 5m x 5m, γεγονός το οποίο εισήγαγε σφάλματα στις προσομοιώσεις. Επίσης, η μη οριοθέτηση του ποταμού Αλιάκμονα οδήγησε στην οριοθέτηση του ποταμού από τους συγγραφείς με βάση το εν λόγω DEM το οποίο εκ νέου εισήγαγε σφάλματα στις προσομοιώσεις. Για τον λόγο αυτό, επιλέχθηκε η κατάλληλη συντηρητική μεθοδολογία, ώστε οι αβεβαιότητες να ωθήσουν τις εκτιμήσεις προς τη μεριά της ασφάλειας.

Τα αποτελέσματα της υδρολογικής και υδραυλικής μελέτης μπορούν να αξιοποιηθούν για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης της συμπεριφοράς του Γεφυριού του Πασά έναντι υδραυλικών καταναγκασμών.

1.6 Νομοθεσία – Τεχνικές Προδιαγραφές

Η υδρολογική ανάλυση και η υδραυλική επίλυση, δεδομένων των αβεβαιοτήτων, συντάσσονται με οδηγό:

α) Τις διατάξεις του νόμου 4258/2014 (ΦΕΚ 94Α'/14.04.2014) άρθρα 1 έως και 10, περί της Διαδικασίας Οριοθέτησης και Ρυθμίσεις Θεμάτων για τα Υδατορέματα.

β) Τις Τεχνικές Προδιαγραφές Σύνταξης του περιεχομένου του Φακέλου Οριοθέτησης και τις Διευκρινήσεις για την Εφαρμογή της Διαδικασίας Οριοθέτησης που αναφέρονται στην Κ.Υ.Α. αριθμ. οικ. 140055/13.01.2017 (ΦΕΚ 428Β' / 15.02.2017).

γ) Τις Προδιαγραφές ΥΠΕΧΩΔΕ (11/2002), Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 8: Αποχέτευση, Στράγγιση, Υδραυλικά Έργα Οδών, ΟΜΟΕ – ΑΣΥΕΟ και ΟΣΜΕΟ - ΑΣΥΕΟ.

δ) Τις Τεχνικές Προδιαγραφές Μελετών Υδραυλικών Έργων (Π.Δ. 696/1974 – τμήμα Δ)

Για την περιοχή μελέτης επίσης λαμβάνονται υπόψη τα αναφερόμενα στο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής (ΣΔΛΑΠ) και το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΚΠ), του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας (ΕΛ09), που εκπονήθηκαν κατ' εφαρμογή των Οδηγιών 2000/60/ΕΚ και 2007/60/ΕΚ αντίστοιχα.

Κατά τη χρονική στιγμή που υποβάλλεται το παρόν τεύχος, έχουν εγκριθεί:

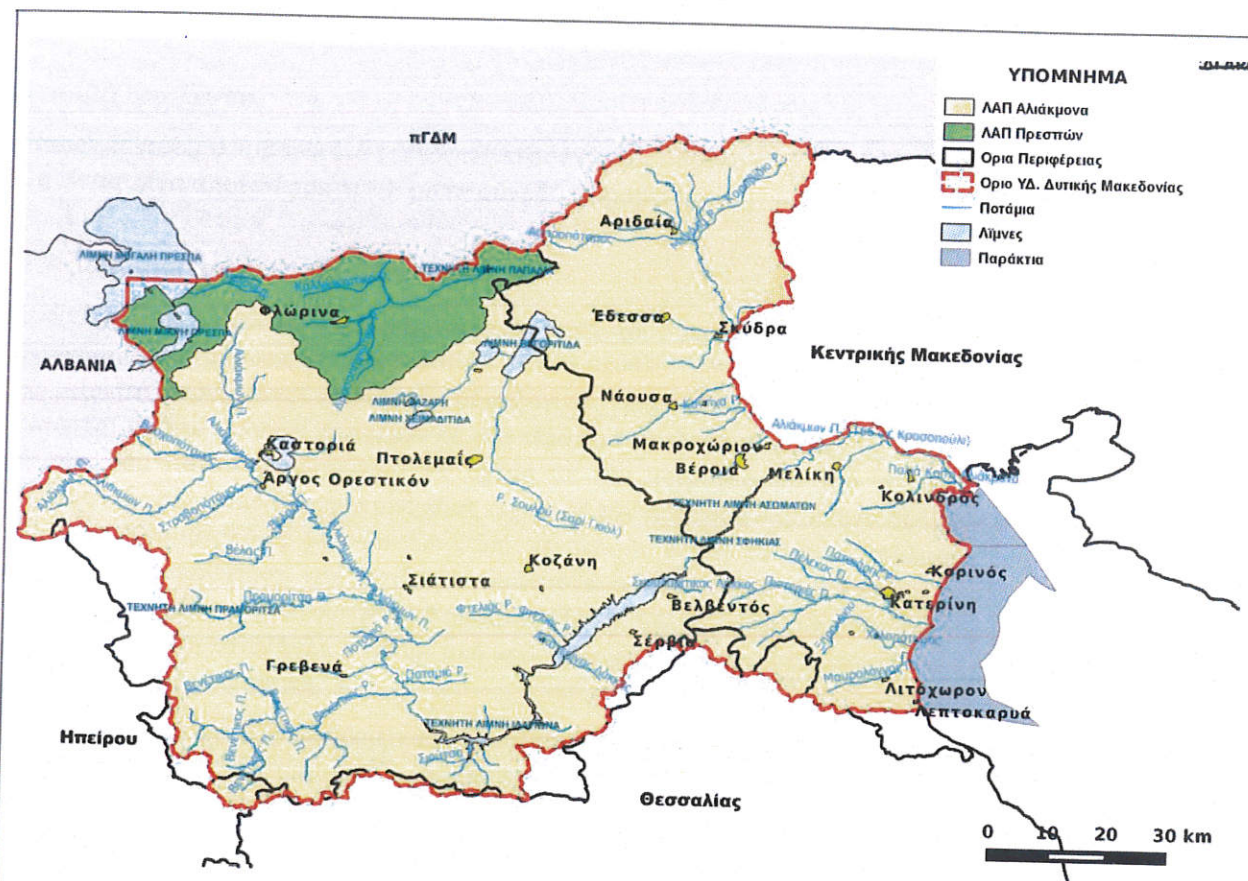
- η 1η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υ.Δ. Δυτικής Μακεδονίας (ΕΛ09) και η αντίστοιχη Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υ.Δ. Δυτικής Μακεδονίας (ΦΕΚ Β' 4682 / 29.12.2017) και έχουν ξεκινήσει οι διαδικασίες διαβούλευσης για τη 2η Αναθεώρηση.
- το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών Υ.Δ. Δυτικής Μακεδονίας (GR09, Στάδιο Ι).



2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Θέση του έργου

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα (ΥΔ) της Δυτικής Μακεδονίας (κωδικός ΥΔ09 ή GR09 στα αρχικά ΣΔΛΑΠ ή ΕΛ09 στην 1^η αναθεώρηση), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Το ΥΔ09, έκτασης 13.615,56 km², σύμφωνα με ην υπ' αριθμ. 706/16.7.2010 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ Β'/1383), αποτελείται από δύο Λεκάνες Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1: τη ΛΑΠ Πρεσπών (ΕΛ0901), με έκταση 1.209,43 km² και τη ΛΑΠ Αλιάκμονα (ΕΛ0902), με έκταση 12.406,13 km².



Σχήμα 1. Όρια ΥΔ ΕΛ09 – Λεκάνες απορροής και επιφανειακά υδατικά συστήματα (πηγή: 1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας ΕΛ09).

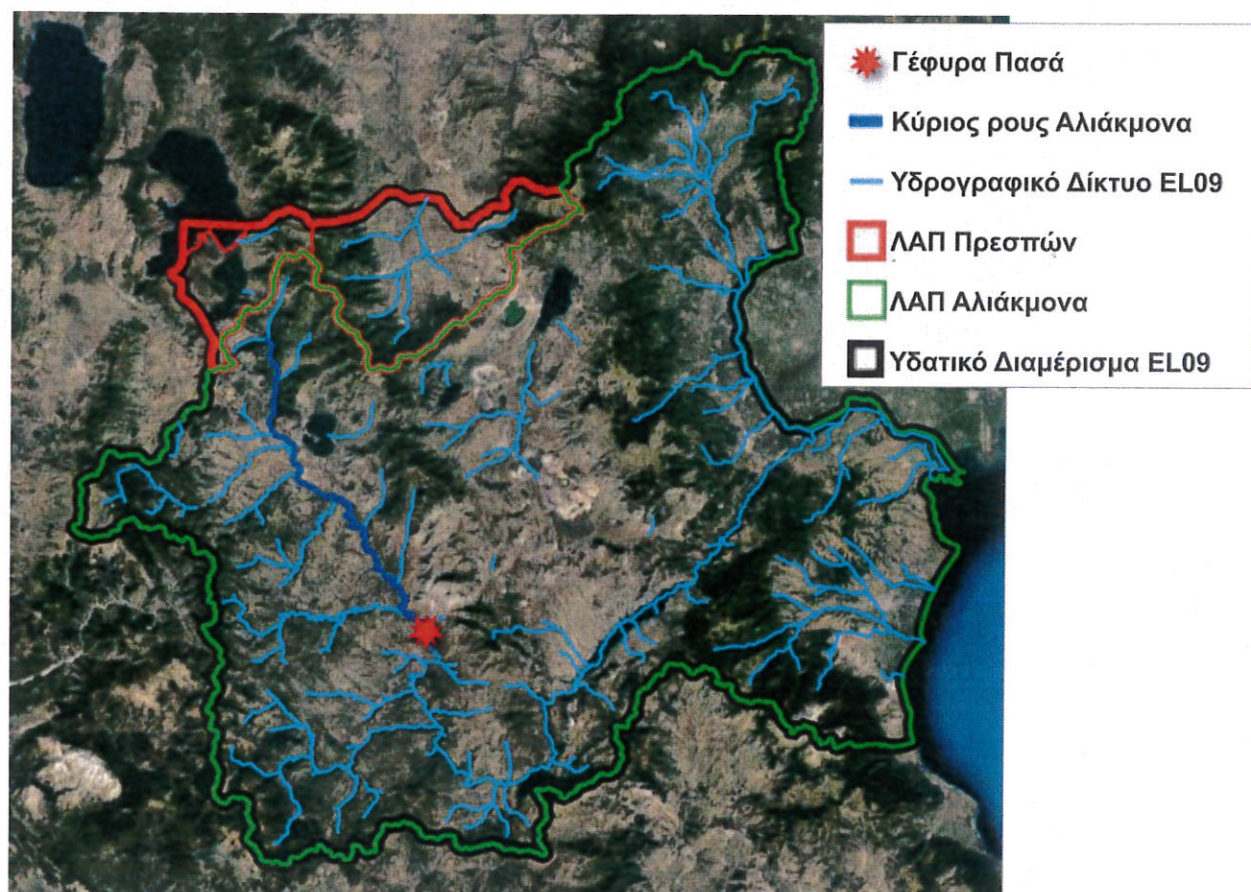
Το ΥΔ ΕΛ09 εντοπίζεται στο βορειοδυτικό τμήμα της χώρας. Οριοθετείται στα βόρεια από τα σύνορα Ελλάδας - Βόρειας Μακεδονίας ενώ στα ανατολικά, με κατεύθυνση από βορρά προς νότο, από το όρος Πάικο, την Περιφερειακή Τάφρο και τον Θερμαϊκό Κόλπο. Στα νότια, με κατεύθυνση από ανατολικά προς δυτικά, από τα όρη Όλυμπος, Καμβούνια και Χάσια και τέλος στα δυτικά, με κατεύθυνση από νότο προς βορρά, από τα όρη Λύγκος, Βόιο και τα σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας. Όσον αφορά στη θέση του σε σχέση με τα άλλα ΥΔ της χώρας (Σχήμα 2), στα ανατολικά και βρίσκεται το ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας (ΥΔ ΕΛ10), στα νότια το ΥΔ Θεσσαλίας (ΥΔ ΕΛ08) και στα δυτικά το ΥΔ Ηπείρου (ΕΛ05).



Σχήμα 2. Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας (πηγή: 1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας ΕΛ09).

Το ανάγλυφο του ΥΔ είναι κυρίως ορεινό-ημιορεινό, καθώς μόνο το 30% της έκτασής του βρίσκεται κάτω από τα 600 m. Κύριο γνώρισμά του αποτελεί η ύπαρξη εννέα κορυφών με υψόμετρο άνω των 2000 m, με χαρακτηριστικότερη αυτή του Ολύμπου (Μύτικας 2.917m). Στο δυτικό και κεντρικό τμήμα του ΥΔ, διακρίνονται δύο μεγάλοι ορεινοί όγκοι με διεύθυνση Β-Ν. Ο πρώτος αποτελείται από τα όρη Βέρνο (2.128 m), Άσκιο (2.111 m) και Βούρινο (1.688 m), ενώ ο δεύτερος από τα όρη Βόρας (2.524 m), Βέρμιο (2.052 m) και Πιέρια (2.180 m). Ανάμεσα σε αυτούς τους ορεινούς όγκους διακρίνονται οι επίπεδες εκτάσεις της Καστοριάς, Φλώρινας, Πτολεμαΐδας και Γρεβενών. Στο ανατολικό τμήμα του ΥΔ το ανάγλυφο γίνεται ομαλό και κυριαρχούν οι πεδινές εκτάσεις της Έδεσσας, της Νάουσας, της Βέροιας και της Πιερίας.

Το γεφύρι του Πασά βρίσκεται στον ποταμό Αλιάκμονα μεταξύ των οικισμών Σιάτιστας και Παλαιοκάστρου από βορειανατολικά, Κοκκινιάς και Ταξιάρχη Γρεβενών από νοτιοδυτικά. Συνεπώς η μελετηθείσα περιοχή εκτείνεται από τις πηγές του Αλιάκμονα, στον Γράμμο, μέχρι το σημείο που ο κύριος ρους του διασταυρώνεται με το Γεφύρι του Πασά. Στην περιοχή αυτή, ο κύριος ρους του Αλιάκμονα έχει μήκος περίπου 100 km (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Θέση Γέφυρας Πασά σε σχέση με τη ΛΑΠ Αλιάκμονα και το ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας (Απόκομμα από περιβάλλον λογισμικού QGIS, δεδομένα από: gov.gr, Google Earth, 1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας EL09).

Κατά τη συγγραφή της παρούσας μελέτης δεν έχει δημοσιευθεί το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, όπως επικαιροποιήθηκε για την 1^η Αναθεώρηση των ΣΔΛΑΠ ΥΔ EL09. Για τον λόγο αυτόν, χρησιμοποιούνται οι λεκάνες απορροής και τα στοιχεία του αντίστοιχου Σχεδίου των αρχικών ΣΔΛΑΠ (Στάδιο Ι, 1^η Φάση – Παραδοτέο 4, Πλημμυρικά Υδρογραφήματα). Με βάση αυτά, η σχετική κύρια λεκάνη του ΥΔ GR09 (όπως ονομάζεται στα αρχικά ΣΔΛΑΠ) είναι η GR0902FR0010 με ονομασία «Αλιάκμονας» και έκταση 2.766,97 km² (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Κύριες λεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος GR09 Δυτικής Μακεδονίας (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, Στάδιο Ι, 1^η Φάση – Παραδοτέο 4, Πλημμυρικά Υδρογραφήματα, Ιούλιος 2017).

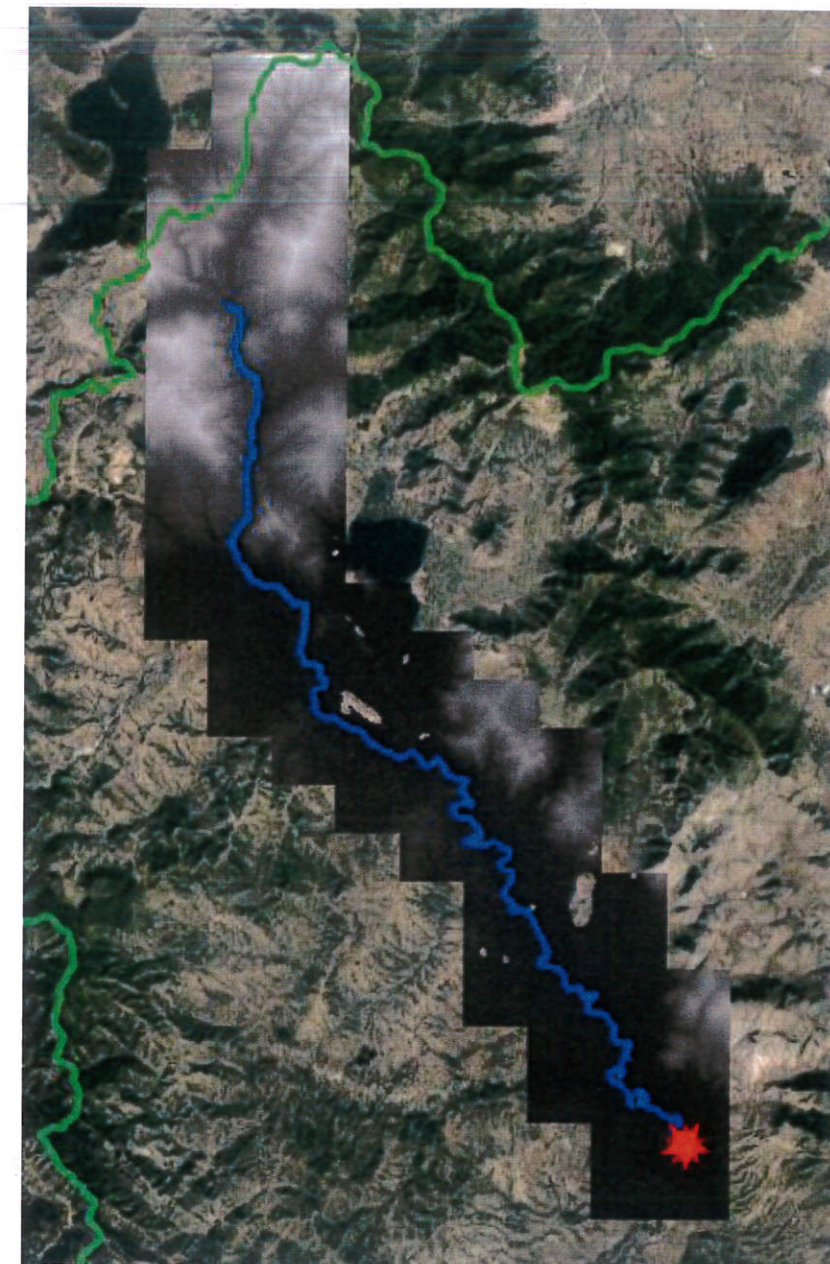
2.2 Λεκάνες απορροής και δεδομένα ΓΣΠ

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι ονομασίες, οι εκτάσεις και οι κωδικοί των κυρίων λεκανών του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, όπως παρουσιάζονται στο Παραδοτέο 4 (Στάδιο Ι, 1^η Φάση) με τίτλο Πλημμυρικά Υδρογραφήματα του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας GR09. Η χωρική τους ανάπτυξη παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Η λεκάνη απορροής GR0902FR0010 έχει ήδη χωρισθεί σε υπολεκάνες κατά την υδρολογική μελέτη που διεξήχθη για τη συγγραφή του ΣΔΛΑΠ GR09. Συνεπώς, δεν απαιτείται χάραξη των υπολεκανών. Όπου στη συνέχεια απαιτείται, γίνεται χρήση του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (ΨΜΕ ή Digital Elevation Model ή DEM) της περιοχής με χρήση χαρτών του Ελληνικού Κτηματολογίου. Το DEM που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα τεχνική έκθεση έχει διάσταση 5m×5m σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης. Στο Σχήμα 5 απεικονίζεται το DEM της παρόχθιας περιοχής του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα.



Πίνακας 1. Κύριες λεκάνες και εκτάσεις ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας GR09 (πηγή: ΣΔΛΑΠ ΥΔ Δυτ. Μακεδονίας GR09).

A/A	Κωδικός λεκάνης	Ονομασία	Έκταση(km ²)
1	GR0902FR0001	Πυξάρι Ποταμός	9,20
2	GR0902FR0003	Λεπτοκαρυά Ποταμός	19,96
3	GR0902FR0005	Τοπολιάνη Ποταμός	27,92
4	GR0902FR0007	Πλατανάκια Ποταμός	103,70
5	GR0902FR0009	Εηρολάκι Ποταμός	95,94
6	GR0902FR0002	Μαυρονέρι Ποταμός	738,90
7	GR0902FR0011	Ρέμα οικ. Ολυμπιακής ακτής	28,50
8	GR0902FR0013	Σμίξη Ποταμός	56,20
9	GR0902FR0015	Καλόγηρος Ποταμός	66,10
10	GR0902FR0017	Άγιος Δημήτριος Ποταμός	47,50
11	GR0902FR0019	Ρέμα ανάντη Αλυκών	20,60
12	GR0902FR0021	Ρέμα ανάντη οικ. Αλυκών	23,30
13	GR0902FR0023	Ρέμα οικ. Αρχαίας Πύδνας	12,00
14	GR0902FR0025	Τρανός Λάκκος Ποταμός	12,70
15	GR0902FL0033	Ταμιευτήρας Πολυφύτου	846,87
16	GR0901FR0F39	Ρέμα ανάντη οικ. Νίκης	61,27
17	GR091FR0F12	Λύγκος Ποταμός	751,20
18	GR0902FL0035	Λίμνη Καστοριάς	279,35
19	GR0901FLAF37	Λίμνες Πρεσπών	1354,00
20	GR0902FR0010	Αλιάκμονας	2766,97
21	GR0902FR0006	Αλιάκμονας	3024,71
22	GR0902FL0008	Ταμιευτήρας Ιλαρίωνας	1624,35
23	GR0902FL0004	Λίμνη Βεγορίτιδα	2095,50
24	GR0902FL0031	Ταμιευτήρας Σφηκιάς	174,96
25	GR0902FL0029	Ταμιευτήρας Ασωμάτων	66,94
26	GR0902FL0027	Ταμιευτήρας Αγίας Βαρβάρας	15,11



Σχήμα 5. Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της παρόχθιας περιοχής του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα (Απόκομμα του περιβάλλοντος του λογισμίου QGIS, δεδομένα από Ελληνικό Κτηματολόγιο και Google Earth).

Οι υδρολογικές λεκάνες στις οποίες διαχωρίστηκε η ΛΑΠ Αλιάκμονα GR0902FR0010 και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Υδρολογικές υπολεκάνες απορροής της της λεκάνης απορροής GR0902FR0010 (Σχήμα 4) της ΛΑΠ Αλιάκμονα GR0902 (Σχήμα 3) και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά αυτών (δεδομένα από ΣΔΛΑΠ ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας GR09).

α/α	Κωδικός υπολεκάνης	Εμβαδόν (km ²)	Μέγιστο μήκος ροής (km)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)
1	GR0902FR001001	389.49	41.7	1241	705
2	GR0902FR001002	20.28	13.08	927	658
3	GR0902FR001003	0.97	1.61	806	730





α/α	Κωδικός υπολεκάνης	Εμβαδόν (km ²)	Μέγιστο μήκος ροής (km)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)
4	GR0902FR001004	18.03	10.44	903	727
5	GR0902FR001005	2.63	2.86	743	699
6	GR0902FR001006	2.95	4.31	716	685
7	GR0902FR001007	38.33	14.43	828	683
8	GR0902FR001008	3.2	4.14	718	681
9	GR0902FR001009	1.18	2.95	694	679
10	GR0902FR001010	34.8	13.51	1061	707
11	GR0902FR001011	2.57	4.89	733	670
12	GR0902FR001012	6.73	6.39	715	669
13	GR0902FR001013	9.22	8.85	689	658
14	GR0902FR001014	18.01	7.33	786	642
15	GR0902FR001015	5.02	4.98	693	635
16	GR0902FR001016	240.78	43.93	1418	803
17	GR0902FR001017	31.48	14.4	1037	735
18	GR0902FR001018	30.5	15.45	961	736
19	GR0902FR001019	41.58	14.25	825	695
20	GR0902FR001020	9.8	10.63	701	658
21	GR0902FR001021	9.71	12.54	680	635
22	GR0902FR001022	73.35	18.73	1132	729
23	GR0902FR001023	39.94	13.63	865	658
24	GR0902FR001024	17.17	9.83	668	616
25	GR0902FR001025	46.81	14.67	726	615
26	GR0902FR001026	32.1	13.59	1247	758
27	GR0902FR001027	15.79	9.33	972	626
28	GR0902FR001028	14.23	5.84	1152	750
29	GR0902FR001029	2.03	3.45	799	709
30	GR0902FR001030	6.73	4.7	1206	777
31	GR0902FR001031	7.78	4.05	1027	710
32	GR0902FR001032	2.4	2.29	1310	967
33	GR0902FR001033	14.98	8.11	1003	676
34	GR0902FR001034	18.7	8.15	883	676
35	GR0902FR001035	1.55	2.61	1064	796
36	GR0902FR001036	15.64	5.81	915	651
37	GR0902FR001037	11.05	6.39	749	650
38	GR0902FR001038	12.92	6.95	687	627
39	GR0902FR001039	123.39	24.01	778	622
40	GR0902FR001040	165.86	32.06	898	635
41	GR0902FR001041	39.72	11.77	718	608
42	GR0902FR001042	9	8.31	659	594
43	GR0902FR001043	43.68	16.87	694	592
44	GR0902FR001044	1.13	2.58	623	587
45	GR0902FR001045	38.16	13.95	818	588



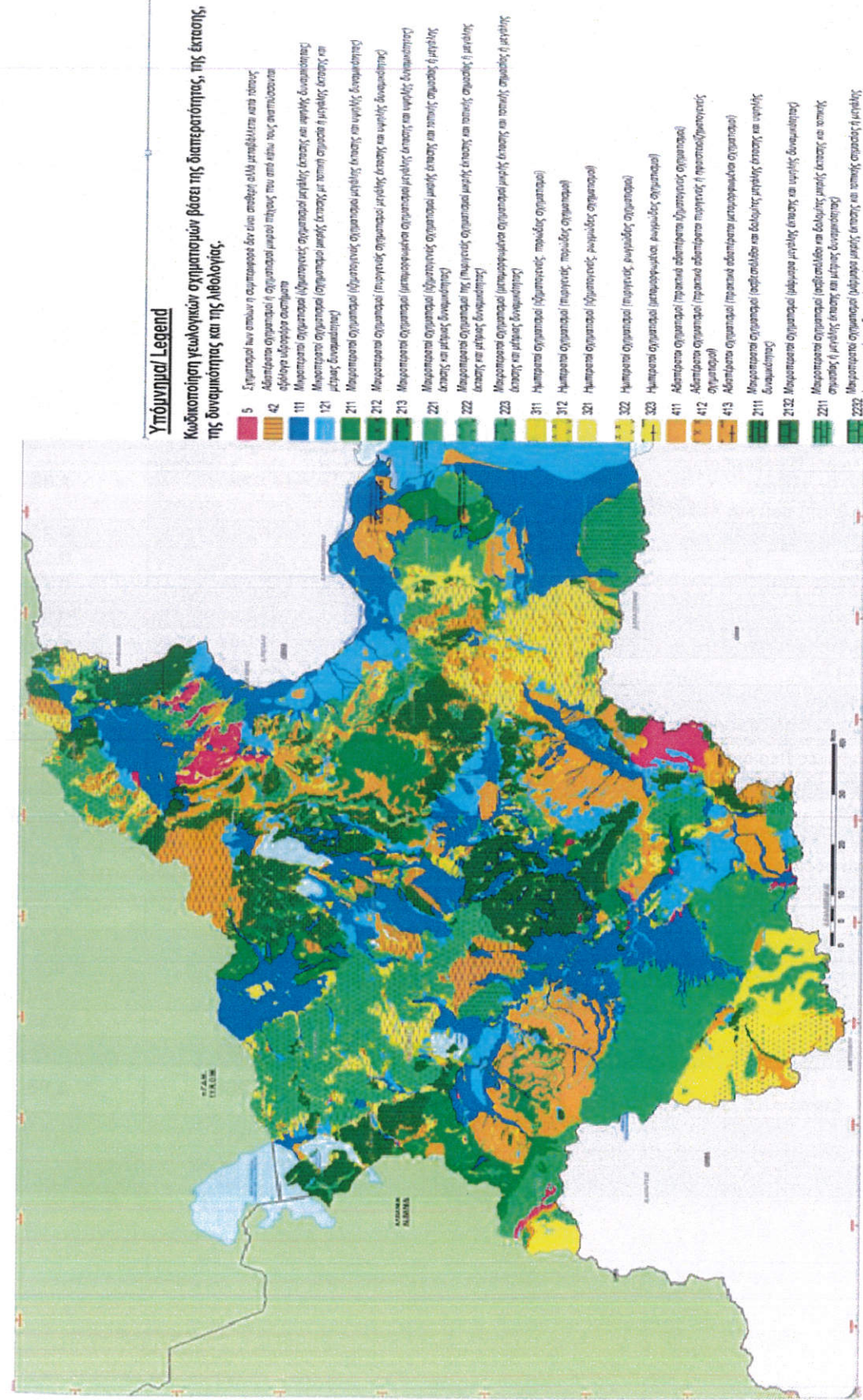
α/α	Κωδικός υπολεκάνης	Εμβαδόν (km ²)	Μέγιστο μήκος ροής (km)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)
46	GR0902FR001046	17.32	9.96	805	575
47	GR0902FR001047	18.28	11.78	683	564
48	GR0902FR001049	17.95	8.55	1163	798
49	GR0902FR001050	74.56	20.66	974	566
50	GR0902FR001051	51.87	15.55	742	597
51	GR0902FR001052	21.15	8.96	694	572
52	GR0902FR001053	6.6	6.35	623	551
53	GR0902FR001054	29.99	13.78	696	550
54	GR0902FR001055	49.76	12.23	1221	804
55	GR0902FR001056	61.27	14.02	1061	609
56	GR0902FR001057	14.15	12.34	625	534
57	GR0902FR001058	41.01	17.8	621	531
58	GR0902FR001059	24.61	13.21	667	546
59	GR0902FR001060	63.87	17.39	1223	847
60	GR0902FR001061	203.63	45.1	940	621
61	GR0902FR001062	38.36	14.97	815	598
62	GR0902FR001063	11.09	8.44	737	572
63	GR0902FR001064	34.02	15.96	747	572
64	GR0902FR001065	45.8	16.29	658	535
65	GR0902FR001066	10.13	9.9	647	520
66	GR0902FR001067	12.97	9.09	597	520
67	GR0902FR001068	6.74	5.93	1040	708
68	GR0902FR001069	1.56	3.68	681	532
69	GR0902FR001070	83.69	26.25	1018	526
70	GR0902FR001071	29.38	12.25	682	506
71	GR0902FR001072	21.67	12.62	648	537
72	GR0902FR001073	2.75	3.44	625	502
73	GR0902FR001074	57.87	17.31	938	495
74	GR0902FR001075	19.87	8.25	721	584
75	GR0902FR001076	12.25	8.83	621	525
76	GR0902FR001077	11.06	7.91	742	599
77	GR0902FR001078	27.82	17.11	624	524
78	GR0902FR001079	10.3	6	601	472
79	GR0902FR001080	7.1	5.09	565	472
80	GR0902FR001081	18.91	13.79	673	544
81	GR0902FR001082	90.61	20.54	802	482
82	GR0902FR001083	40.47	13.38	781	479
83	GR0902FR001084	22.39	8.56	889	645
84	GR0902FR001085	17.92	9.54	770	602
85	GR0902FR001086	45.3	15.22	633	514
86	GR0902FR001087	45.4	21.71	709	514
87	GR0902FR001088	38.52	14.97	659	497



α/α	Κωδικός υπολεκάνης	Εμβαδόν (km ²)	Μέγιστο μήκος ροής (km)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)
88	GR0902FR001089	11.96	9.19	551	450
89	GR0902FR001090	10.97	9.58	563	450
90	GR0902FR001091	24.57	9.53	808	627
91	GR0902FR001092	3.38	3.2	699	619
92	GR0902FR001093	19.6	9.05	703	559
93	GR0902FR001094	0.36	1.41	614	559
94	GR0902FR001095	20.26	12.82	629	434
95	GR0902FR001096	7.3	6.33	512	424
96	GR0902FR001097	14.88	7.45	596	459
97	GR0902FR001098	36.4	17.22	585	432

2.3 Γεωλογικά και εδαφολογικά στοιχεία περιοχής μελέτης

Στην 1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας παρατίθεται ο υδρολιθολογικός χάρτης του ΥΔ (Σχήμα 6).



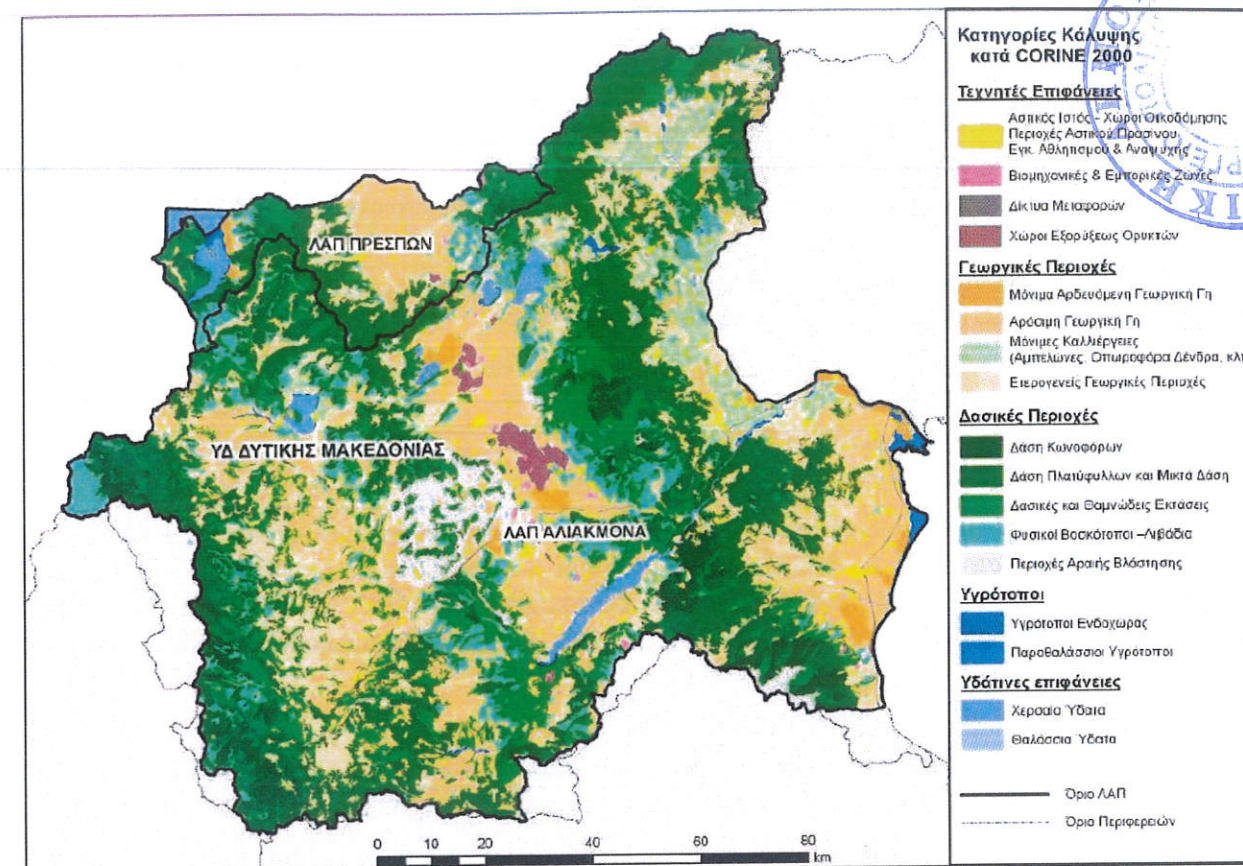
Σχήμα 6. Υδρολιθολογικός Χάρτης του ΥΔ ΕΛ09 (1^η Αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ Δυτικής Μακεδονίας, Ιούλιος 2017).

2.4 Καλύψεις γης – Χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης

Στο ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας οι δασικές περιοχές είναι η κυρίαρχη χρήση με ποσοστό περίπου 55%. Οι ορεινές περιοχές του ΥΔ καλύπτονται από μικτά δάση και δάση πλατύφυλλων κυρίως, ενώ σε μικρότερο βαθμό από δάση κωνοφόρων. Στο παραπάνω ποσοστό περιλαμβάνονται και οι δασικές θαμνώδεις εκτάσεις, στις οποίες εντοπίζονται συνδυασμοί θαμνώδους ή/και πώδους βλάστησης. Σημαντικό είναι επίσης το ποσοστό (9% της συνολικής έκτασης του ΥΔ) που καταλαμβάνουν οι φυσικοί βοσκότοποι και οι λιβαδικές εκτάσεις, καθώς επίσης και οι εκτάσεις με αραιή βλάστηση, οι οποίες εντοπίζονται κυρίως ενδιάμεσα των δασικών εκτάσεων. Η γεωργική γη είναι η αμέσως επόμενη κυρίαρχη χρήση με 38% επί του συνόλου. Η μόνιμα αρδευόμενη γεωργική γη αποτελεί μόνο το 2,5% αυτής, ενώ υπόλοιπο είναι αρόσιμη γη και ετερογενείς γεωργικές περιοχές (ετήσιες καλλιέργειες, σύνθετες καλλιέργειες κ.α.). Η κατανομή των εκτάσεων με βάση τον Χάρτη Κάλυψης CORINE παρουσιάζεται στον Πίνακα 3 και στο Σχήμα 7.

Πίνακας 3. Κατανομή εκτάσεων ΥΔ09 με βάση τον Χάρτη Κάλυψης CORINE (πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΛΑΠ ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας).

Κατηγορία Κάλυψης	Έκταση σε στρέμματα	%
Τεχνητές Επιφάνειες	296.090	2,17
Αστικός Ιστός - Χώροι Οικοδόμησης, Περιοχές Αστικού Πρασίνου, Εγκαταστάσεις Αθλητισμού και Αναψυχής	147.740	1,09
Βιομηχανικές και Εμπορικές Ζώνες	28.211	0,21
Δίκτυα Μεταφορών	16.960	0,12
Χώροι Εξορύξεως Ορυκτών	103.179	0,76
Γεωργικές Περιοχές	5.303.258	38,95
Μόνιμα Αρδευόμενη Γεωργική Γη	133.957	0,98
Αρόσιμη Γεωργική Γη	2.724.980	20,01
Μόνιμες Καλλιέργειες (Αμπελώνες, Οπωροφόρα Δένδρα, Ελαιώνες)	468.551	3,44
Ετερογενείς Γεωργικές Περιοχές	1.975.769	14,51
Δασικές Περιοχές	7.675.377	56,37
Δάση Κωνοφόρων	494.633	3,63
Δάση Πλατύφυλλων και Μικτά Δάση	3.380.301	24,83
Δασικές και Θαμνώδεις Εκτάσεις	2.170.365	15,94
Φυσικοί Βοσκότοποι -Λιβάδια	1.251.345	9,19
Περιοχές Αραιής Βλάστησης	378.734	2,78
Αποτεφρωμένες Εκτάσεις	0	0,00
Υγρότοποι	72.497	0,53%
Υγρότοποι Ενδοχώρας	41.035	0,30
Παραθαλάσσιοι Υγρότοποι	31.462	0,23
Υδάτινες επιφάνειες	268.684	1,98%
Χερσαία Ύδατα (Υδατορεύματα - Επιφάνειες Στάσιμου Ύδατος)	268.265	1,98
Θαλάσσια Ύδατα (Παράκτιες Λιμνοθάλασσες - Εκβολές Ποταμών)	419	0,00
Σύνολο	13.615.906	100



Σχήμα 7. Κατηγορίες κάλυψης γης κατά CORINE.

2.5 Κλιματικά στοιχεία

Το μεγαλύτερο μέρος του Υδατικού Διαμερίσματος έχει ηπειρωτικό κλίμα, ενώ τα παράκτια και τα ορεινά τμήματα έχουν θαλάσσιο και ορεινό κλίμα αντίστοιχα. Η γεωγραφική θέση και το ανάγλυφο του ΥΔ συμβάλλουν στη μεγάλη κλιματική ποικιλία του. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 600 μέχρι 1000 mm, ενώ στα ορεινά τμήματα ξεπερνάει και τα 1.200 mm. Οι χιονοπτώσεις είναι αρκετά συνηθισμένες κατά το διάστημα Νοεμβρίου - Απριλίου. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 14,5°C και 17,0°C, με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο και θερμότερο τον Ιούλιο.



3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η παρούσα μελέτη βασίστηκε στην υδρολογική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, Πλημμυρικά Υδρογραφήματα (ΕΛ09), Ιούλιος 2017. Εκεί περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία εκτίμησης πλημμυρικών υδρογραφημάτων. Για την παραγωγή τους προβλέφθηκαν τα παρακάτω:

- Επεξεργασία ΨΜΕ (DEM) για την εξαγωγή μορφολογικών, γεωγραφικών, εδαφολογικών και άλλων χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης.
- Παραγωγή των υετογραφημάτων καταιγίδας για κάθε υπολεκάνη απορροής.
- Εκτίμηση της ενεργού βροχόπτωσης στη ΛΑΠ.
- Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό HEC-HMS.
- Κατάρτιση πλημμυρογραφημάτων για διάφορα σενάρια.

Οι ονομασίες, οι εκτάσεις, οι κωδικοί και η χωρική ανάπτυξη των κύριων λεκανών απορροής του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και στο Σχήμα 4. Η διαδικασία παραγωγής υδρογραφημάτων έγινε σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2007/60/ΕΚ και τη σχετική Κ.ΥΑ. Η.Π.31822/1542/Ε103/21.7.2010, που την ενσωματώνει στο Εθνικό Δίκαιο. Σύμφωνα με αυτές, για κάθε ποτάμι, ρέμα, χείμαρρο η κατάρτιση των υδρογραφημάτων (μέσων, δυσμενών και ευμενών) γίνεται για τα εξής σενάρια:

- Πλημμύρες με περίοδο επαναφοράς 50 έτη, υψηλής πιθανότητας υπέρβασης.
- Πλημμύρες περιόδου επαναφοράς 100 έτη, μέσης πιθανότητας υπέρβασης
- Πλημμύρες περιόδου επαναφοράς 1000 ετών, χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης και κατ' επέκταση τα πλημμυρογραφήματα παράχθηκαν μέσω του μοντέλου υδρολογικής ανάλυσης HEC-HMS. Η μελετηθείσα περιοχή βρίσκεται εξ ολοκλήρου στη Λεκάνη Απορροής GR0902FR0010 (Σχήμα 4). Οι υπολεκάνες αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Η ταυτότητα της μελετηθείσας λεκάνης απορροής GR0902FR0010 παρουσιάζεται στον Πίνακα 4. Τα αποτελέσματα των παροχών αιχμής για κάθε υπολεκάνη της λεκάνης απορροής GR0902FR0010 παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής GR0902FR0010 (στην οποία ανήκει το γεφύρι του Πασά).

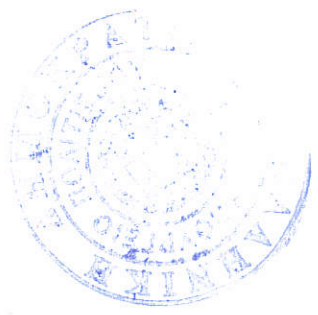
ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ			
Κωδικός λεκάνης απορροής	GR0902FR0010		
Ονομασία λεκάνης απορροής	Αλιάκιονας		
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ			
Έκταση (km ²)	3280.99	Μέση κλίση (%)	29.00
Μέγιστο υψόμετρο (m)	2502	Μέγιστο μήκος υδάτινης διαδρομής (km)	181.00
Μέσο υψόμετρο (m)	935	Χρόνος συγκέντρωσης (h)	27.68
Υψόμετρο εξόδου λεκάνης (m)	424	Διάρκεια βροχής (h)	48



Πίνακας 5. Πλημμυρικές αιχμές υπολεκανών της λεκάνης απορροής GR0902FR0010 της ΛΑΠ Αλιάκιονας GR0902. Με πράσινο σημειώνεται ο κόμβος κοντά στο γεφύρι του πασά με τις δυσμενέστερες πλημμυρικές αιχμές.

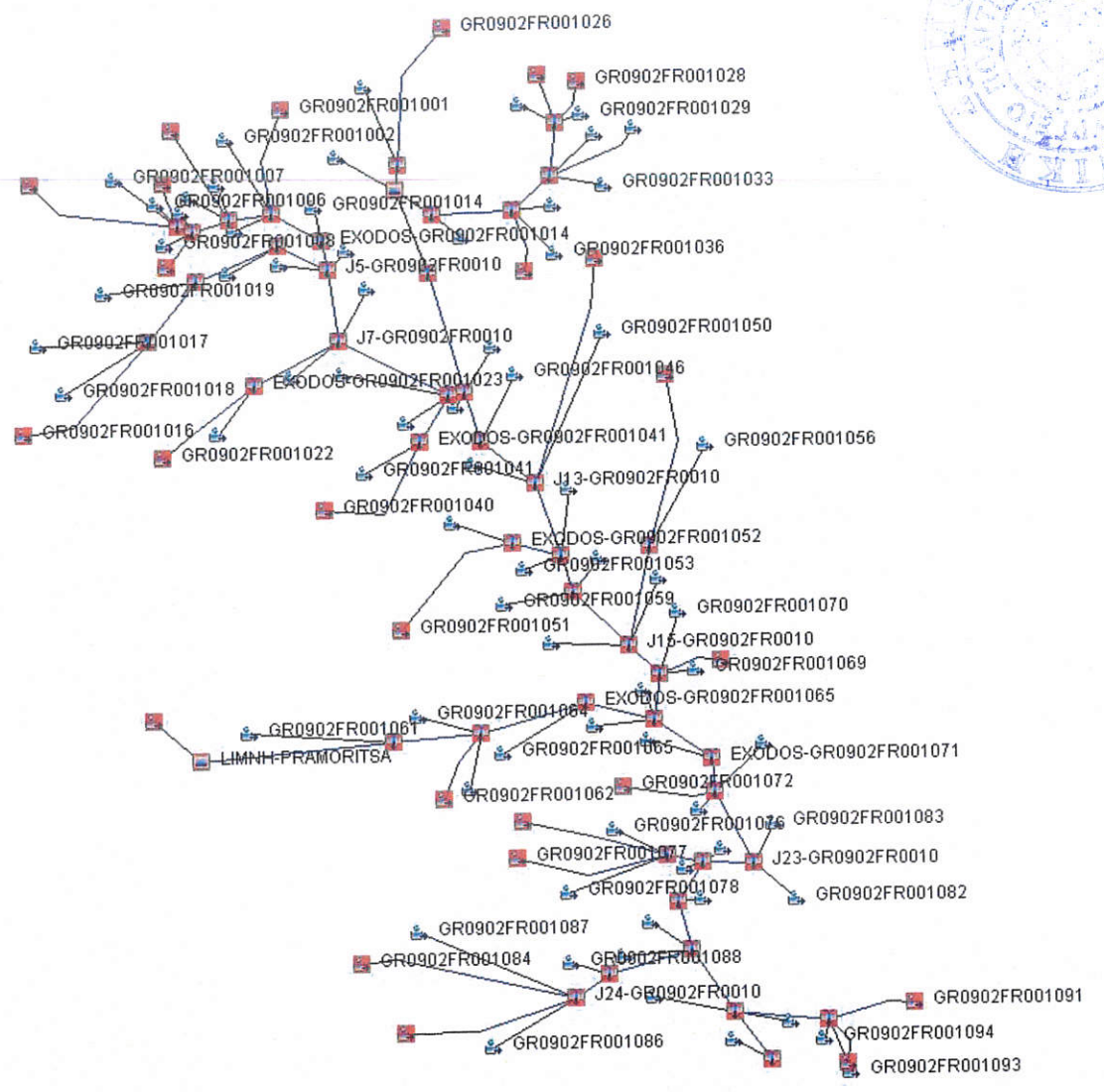
Λεκάνη Απορροής	Πλημμυρικές αιχμές (m3/s)								
	Μέσο υδρογράφημα			Δυσμενές υδρογράφημα			Ευμενές υδρογράφημα		
GR0902FR0010	50	100	1000	50	100	1000	50	100	1000
Υπολεκάνη									
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001014	482	649	1614	1224	1515	2925	35	58	353
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001014	482	649	1614	1224	1515	2925	35	58	353
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001019	719	961	2258	1370	1752	3449	139	223	885
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001020	718	957	2255	1363	1743	3422	139	223	883
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001023	346	459	1043	673	848	1599	54	90	386
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001027	158	207	456	276	343	652	39	59	208
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001038	439	568	1227	721	904	1677	116	174	592
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001039	0	0	0	0	0	10	0	0	0
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001041	324	409	861	608	745	1307	60	89	326
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001046	1665	2254	5265	3419	4388	8359	277	437	1792
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001052	135	165	322	243	290	482	30	41	132
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001056	224	288	603	422	530	914	35	52	203
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001061	410	558	1433	908	1169	2302	38	69	447
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001065	450	613	1543	974	1256	2464	49	85	491
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001071	1991	2687	6125	3963	5094	9547	360	555	2137
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001088	242	309	679	515	630	1099	28	41	201
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001096	2067	2783	6077	4059	5224	9464	393	598	2118
ΕΞΟΔΟΣ-GR0902FR001097	2020	2724	6087	3996	5143	9484	374	573	2122
GR0902FR001001	337	445	1132	887	1093	2094	18	31	219
GR0902FR001003	3	3	7	7	8	12	0	0	1
GR0902FR001004	40	71	146	103	124	226	12	17	57
GR0902FR001005	8	10	18	14	16	26	2	3	7
GR0902FR001010	29	41	125	112	139	298	0	1	6
GR0902FR001016	601	801	1919	1188	1503	2990	106	174	728
GR0902FR001022	265	356	846	534	676	1304	38	65	306
GR0902FR001026	129	168	352	229	279	517	31	47	163
GR0902FR001028	90	114	223	146	176	312	23	35	113
GR0902FR001030	48	62	116	81	99	162	13	19	55
GR0902FR001035	7	9	25	17	22	41	0	0	7
GR0902FR001040	292	369	779	551	673	1185	53	79	296
GR0902FR001049	65	76	132	107	123	193	16	21	57
GR0902FR001051	101	124	237	181	214	352	23	32	99
GR0902FR001055	166	204	395	290	343	574	35	51	168
GR0902FR001060	216	299	779	456	591	1208	24	46	284
GR0902FR001062	63	81	186	145	172	304	5	8	53
GR0902FR001068	2	4	23	24	31	64	0	0	0
GR0902FR001072	46	55	108	82	97	161	10	14	44
GR0902FR001075	42	52	109	85	102	170	5	7	36
GR0902FR001077	23	29	64	51	61	105	2	3	18





Λεκάνη Απορροής GR0902FR0010	Πλημμυρικές αιχμές (m ³ /s)								
	Μέσο υδρογράφημα			Δυσμενές υδρογράφημα			Ευμενές υδρογράφημα		
	50	100	1000	50	100	1000	50	100	1000
Υπολεκάνη									
GR0902FR001084	45	57	129	107	129	223	2	3	29
GR0902FR001085	27	35	82	73	88	151	1	2	15
GR0902FR001091	47	59	132	105	129	221	4	6	37
GR0902FR001092	13	16	29	22	26	41	3	4	12
J1-GR0902FR0010	479	645	1600	1222	1505	2899	35	57	350
J10-GR0902FR0010	422	550	1161	680	870	1604	114	172	567
J11-GR0902FR0010	1657	2243	5255	3413	4372	8360	274	433	1782
J12-GR0902FR0010	1672	2264	5302	3435	4406	8425	278	439	1802
J13-GR0902FR0010	1695	2291	5303	3458	4429	8391	287	451	1816
J14-GR0902FR0010	1725	2327	5350	3494	4468	8437	302	470	1850
J15-GR0902FR0010	1775	2381	5431	3558	4538	8523	320	494	1893
J16-GR0902FR0010	1734	2332	5355	3502	4475	8436	306	475	1857
J17-GR0902FR0010	439	598	1510	957	1236	2423	45	79	478
J18-GR0902FR0010	1998	2694	6154	3981	5113	9601	360	556	2146
J19-GR0902FR0010	1784	2389	5440	3577	4557	8540	320	492	1891
J2-GR0902FR0010	116	166	354	241	298	546	25	37	129
J20-GR0902FR0010	1999	2698	6131	3977	5113	9559	362	558	2137
J21-GR0902FR0010	135	166	337	257	306	511	23	32	123
J22-GR0902FR0010	2024	2732	6107	5160	9521	374	574	2130	
J23-GR0902FR0010	2009	2712	6106	3988	5134	9520	366	564	2129
J24-GR0902FR0010	189	240	531	416	504	886	18	28	147
J25-GR0902FR0010	2056	2769	6107	4047	5209	9513	387	590	2130
J26-GR0902FR0010	97	123	259	196	240	414	13	20	88
J27-GR0902FR0010	2068	2788	6090	4063	5234	9483	393	599	2123
J3-GR0902FR0010	123	175	374	254	313	579	26	39	137
J4-GR0902FR0010	149	211	488	342	431	833	27	39	145
J5-GR0902FR0010	1184	1591	3834	2530	3208	6261	175	281	1234
J6-GR0902FR0010	669	891	2126	1296	1649	3279	123	199	813
J7-GR0902FR0010	1370	1856	4436	2881	3686	7160	216	344	1464
J8-GR0902FR0010	170	223	456	279	354	619	47	71	226
J9-GR0902FR0010	333	430	874	543	678	1227	89	133	439
Λίμνη Καστοριάς	0	0	0	0	0	10	0	0	0
Λίμνη Πραμορίτσα	216	299	779	456	591	1208	24	46	284

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται το υδρολογικό μοντέλο που στήθηκε στο HEC-HMS στα πλαίσια του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας (Στάδιο Ι, 1^η Φάση – Παραδοτέο 4, Πλημμυρικά Υδρογραφήματα, Ιούλιος 2017). Οι πλημμυρικές αιχμές σχεδιασμού που αντιστοιχούν στη δυσμενέστερη περίπτωση (δυσμενές υδρογράφημα απορροής) αντιστοιχούν στον κόμβο J20-GR0902FR0010 που βρίσκεται ανάντη του Γεφυριού του Πασά σε απόσταση περίπου 1 km. Οι σχετικές πλημμυρικές αιχμές παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Οι πλημμυρικές αιχμές αυτές που αντιστοιχούν στο δυσμενές υδρογράφημα χρησιμοποιήθηκαν στην υδραυλική προσομοίωση, ώστε να ληφθεί υπόψη το χειρότερο δυνατό σενάριο υπό το πρίσμα υδροδυναμικών φορτίσεων στη θέση της Γέφυρας του Πασά.



Σχήμα 8. Το υδρολογικό μοντέλο HEC-HMS που στήθηκε στα πλαίσια του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας (Στάδιο Ι, 1^η Φάση, Πλημμυρικά Υδρογραφήματα, Ιούλιος 2017). Διακρίνεται ο κόμβος J20-GR0902FR0010 ανάντη του Γεφυριού του Πασά σε απόσταση περίπου 1 km που αντιστοιχούν στη δυσμενέστερες πλημμυρικές αιχμές 50, 100 και 1000 ετών.

Πίνακας 6. Πλημμυρικές αιχμές για 50, 100 και 1000 έτη στον κόμβο J20 της λεκάνης απορροής GR0902FR0010, ο οποίος είναι ο δυσμενέστερος και κοντινότερος (ανάντη) της θέσης του Γεφυριού του Πασά.

Υπολεκάνη: GR0902FR0010	Πλημμυρικές Αιχμές (m ³ /s)								
	Μέσο Υδρογράφημα			Δυσμενές Υδρογράφημα			Ευμενές Υδρογράφημα		
	50yr	100yr	1000yr	50yr	100yr	1000yr	50yr	100yr	1000yr
Κόμβος: J20-GR0902FR0010	1999	2698	6131	3977	5113	9559	362	558	2137

4. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

4.1 Γενικά - Υδραυλικό μοντέλο HEC-RAS

Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται στη διαδικασία υδραυλικής προσομοίωσης της ροής του ποταμού Αλιάκμονα στο τμήμα από τις πηγές του σχεδόν έως και τη θέση της Γέφυρας του Πασά (Σχήμα 3, Σχήμα 5). Για τη διερεύνηση του πλημμυρικού κινδύνου και, πρακτικά, της ταχύτητας και της στάθμης του νερού στη θέση της Γέφυρας του Πασά εφαρμόζεται το υδραυλικό μοντέλο HEC-RAS Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) στην πλέον πρόσφατη έκδοση (Brunner, 2021). Με την εφαρμογή του υδραυλικού προγράμματος HEC-RAS γίνεται η μονοδιάστατη προσομοίωση της ροής κατά μήκος του τμήματος του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα και ο προσδιορισμός του βάθους ροής ανά διατομή (γραμμές πλημμύρας) για περιόδους επαναφοράς 50, 100 και 1000 ετών με βάση την υφιστάμενη κατάσταση, για τις ανάγκες της δημιουργίας μοντέλου πρόβλεψης της συμπεριφοράς του Γεφυριού του Πασά έναντι υδραυλικών καταναγκασμών. Η ανάλυση εκτελέστηκε ως μονοδιάστατη μόνιμη ροή, καθώς έχουν ληφθεί ήδη υπόψη τα δυσμενέστερα σενάρια από την υδρολογική μελέτη.

Στο κεφάλαιο της υδραυλικής ανάλυσης που περιλαμβάνεται στην τεχνική έκθεση, γίνεται η περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου του υδραυλικού μοντέλου HEC-RAS, της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε για τον καθορισμό των γραμμών πλημμύρας και δίνονται σε μορφή χαρτών υπό κλίμακα η στάθμη της ροής κατά μήκος της διατομής της θέσης της γέφυρας και των κοντινών προς τα ανάντη διατομών, καθώς και οι γραμμές ροής με βάση τις πλημμυρικές αιχμές του δυσμενέστερου και κοντινότερου κόμβου της θέσης της γέφυρας για περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 έτη. Φυσικά, ενδιαφέρουν τα αποτελέσματα της περιόδου επαναφοράς 1000 ετών για τον υπολογισμό των μέγιστων υδροδυναμικών καταναγκασμών (πίεση σχεδιασμού).

Το HEC-RAS έχει σχεδιαστεί για την επίλυση προβλημάτων μη μόνιμης μονοδιάστατης ανάλυσης και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις Saint-Venant στη μονοδιάστατη έκφρασή τους. Η μονοδιάστατη ανάλυση προσομοιώνει με μεγάλη ακρίβεια υδραυλικά προβλήματα στα οποία η ταχύτητα ροής του νερού κατά μήκος των υδατορρευμάτων είναι πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα στην εγκάρσια διεύθυνση.

Η υπολογιστική διαδικασία στηρίζεται στην επίλυση της εξίσωσης ενέργειας, με την ευρύτητα διαδεδομένη, προσεγγιστική μέθοδο του σταθερού βήματος (standard step method) σε συνδυασμό με την εξίσωση Manning για την εκτίμηση της κλίσης της γραμμής ενέργειας (απώλειες λόγω τριβής). Η μέθοδος του σταθερού βήματος επιλύει τη διαφορική μορφή της εξίσωσης ενέργειας με τη χρήση πεπερασμένων διαφορών, όπως αυτές καταγράφονται μεταξύ διαδοχικών φυσικών διατομών του αγωγού. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες που δημιουργούνται από διάφορα εμπόδια στη ροή, όπως γέφυρες, οχετοί και γενικά λόγω διευρύνσεων και στενώσεων κατά μήκος του αγωγού.

Κατά την εκκίνηση της διόδου της ροής δύναται να γίνει εισαγωγή τιμής σταθερής παροχής (μόνιμη ροή) ή η εισαγωγή ενός υδρογραφήματος (χρονικά μεταβαλλόμενη παροχή), οπότε η ροή είναι μη μόνιμη. Επιπλέον, γίνεται εισαγωγή των αρχικών συνθηκών ροής στο υπό μελέτη τμήμα. Για την υδραυλική προσομοίωση της ροής στο μελετώμενο τμήμα του ποταμού, πραγματοποιήθηκε μονοδιάστατη προσομοίωση μόνιμης ροής για τον ακριβή προσδιορισμό της έκτασης της πλημμύρας (γραμμές πλημμύρας) και του βάθους ροής ανά διατομή.

4.2 Θεωρητικό υπόβαθρο μόνιμης ροής

4.2.1 Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας

Η επίλυση της εξίσωσης της διατήρησης της ενέργειας γίνεται από διατομή σε διατομή διαδοχικά με επαναληπτικό αλγόριθμο, με στόχο τη μεγαλύτερη σύγκλιση μεταξύ δυο υπολογισμένων πιεζομετρικών

υψών για την ίδια διατομή. Το HEC-RAS κάνει υπολογισμούς για διάφορες ταχύτητες κατά πλάτος της διατομής. Η τελική εξίσωση διατήρησης της ενέργειας είναι μεταξύ δύο χαρακτηριστικών διατομών ποταμού 2 (ανάντης διατομή) και 1 (κατάντης διατομή) είναι (Εξ. 1):

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} + h_f + h_0 \quad (1)$$

όπου: Z_1, Z_2 η στάθμη του πυθμένα του ποταμού (m), Y_1, Y_2 το βάθος ροής στις διατομές 1 και 2 του ποταμού (m), V_1, V_2 η μέση ταχύτητα ροής (m/s), στις διατομές 1 και 2 του ποταμού, αντίστοιχα, g η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2), h_f απώλειες λόγω τριβής (m), h_0 απώλειες λόγω στενώσεων και διευρύνσεων (m), και a_1, a_2 σταθμικοί συντελεστές της ταχύτητας, στις διατομές 1 και 2, αντίστοιχα.

Η ενέργεια που χάνεται λόγω τριβής, στο τμήμα μεταξύ των διατομών είναι ανάλογη των απωλειών ενέργειας επί το μήκος του τμήματος. Μια απλή προσέγγιση αυτών των απωλειών λόγω τριβής δίνεται από την Εξίσωση (2):

$$h_f = L \cdot \overline{S_f} \quad (2)$$

όπου: L το μήκος της κοίτης μεταξύ των διατομών, και $\overline{S_f}$ η μέση κλίση της γραμμής ενέργειας.

Σε μια απότομη αλλαγή στη γεωμετρία της ροής, λόγω διευρύνσης ή στένωσης της κοίτης και της περιοχής κατάκλυσης, προκαλούνται τοπικές απώλειες ενέργειας ως αποτέλεσμα της αύξησης της εσωτερικής τριβής του ρευστού και των απωλειών τυρβώδους ροής. Οι απώλειες σε στενώσεις και διευρύνσεις υπολογίζονται από την Εξίσωση 3:

$$h_0 = C \cdot \left| \frac{a_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} - \frac{a_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} \right| \quad (3)$$

όπου: C ο συντελεστής συστολής ή διαστολής (με ενδεικτικές τομές 0.3 και 0.1 αντίστοιχα).

Το μήκος L υπολογίζεται από την Εξίσωση 4:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \cdot \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \cdot \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}} \quad (4)$$

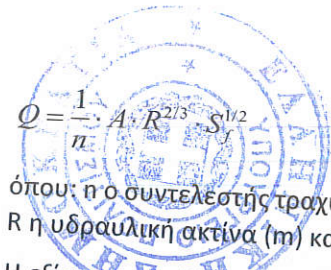
όπου, L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} τα μήκη της αριστερής πλημμυρικής ζώνης, της κεντρικής κοίτης και της δεξιάς πλημμυρικής ζώνης αντίστοιχα, $\overline{Q_{lob}}, \overline{Q_{ch}}, \overline{Q_{rob}}$ οι μέσες παροχές των ανωτέρω τμημάτων της διατομής.

4.2.2 Εξίσωση Manning

Η εμπειρική εξίσωση του Manning που χρησιμοποιείται συνήθως για τους υπολογισμούς της ελεύθερης επιφάνειας του νερού κατά μήκος ενός αγωγού, καθορίζει τη σχέση ανάμεσα στην τραχύτητα της επιφάνειας της κοίτης και των παρειών, την παροχή, τη γεωμετρία της ροής και τον ρυθμό απωλειών λόγω τριβής, για δεδομένο σημείο του ρέματος.

Για τον υπολογισμό της παροχетеυτικότητας και των υδραυλικών στοιχείων της διατομής, υποδιαιρείται η διατομή σε μονάδες τέτοιες στις οποίες η ταχύτητα μπορεί να θεωρηθεί ομοιόμορφη. Η τεχνική που χρησιμοποιείται από το HEC-RAS είναι η υποδιαίρεση της διατομής στην κεντρική κοίτη και στις πλημμυρικές ζώνες μέσω της αλλαγής του συντελεστή τραχύτητας του Manning. Η συνολική παροχетеυτικότητα είναι το άθροισμα των επιμέρους παροχетеυτικότητας των επιμέρους τμημάτων των διατομών. Η εξίσωση Manning δίνεται από την Εξίσωση 5:





$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S_f^{1/2} \quad (5)$$

όπου: n ο συντελεστής τραχύτητας Manning, Q η παροχή ροής (m³/s), A το εμβαδόν της υγρής διατομής (m²), R η υδραυλική ακτίνα (m) και S_f η κλίση απωλειών τριβής.

Η εξίσωση του Manning σε συνδυασμό με την εξίσωση συνέχειας (Εξ. 6), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του ρυθμού των απωλειών ενέργειας λόγω τριβής, μεταξύ διαδοχικών διατομών.

$$Q = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (6)$$

όπου, V₁, V₂ οι ταχύτητες ροής στη διατομή 1 και 2 (m/s), αντίστοιχα και A₁, A₂ τα εμβαδά των υγρών διατομών 1 και 2 (m²), αντίστοιχα.

4.2.3 Αρχή Διατήρησης της Ορμής

Σε περιπτώσεις απότομα μεταβαλλόμενης ροής, όπως σε στενώσεις γεφυρών, σε έντονες τοπικές κατά μήκος κλίσεις, σε αναβαθμούς, σε συμβολές υδατορρευμάτων κ.ά. εφαρμόζεται στο υδραυλικό μοντέλο η Αρχή Διατήρησης της Ορμής. Πιο συγκεκριμένα, στο HEC-RAS, η εξίσωση διατήρησης της ορμής μπορεί να εφαρμοστεί για τις εξής περιπτώσεις:

- Εμφάνιση υδραυλικού άλματος
- Ροή σε θέσεις γεφυρών
- Σε συμβολές υδατορρευμάτων

Η εξίσωση διατήρησης της ορμής είναι αποτέλεσμα του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα. Εφαρμόζοντας τον δεύτερο νόμο της κίνησης του Νεύτωνα σε έναν όγκο νερού μεταξύ δυο διατομών 1 και 2 (Σχήμα 9), η μεταβολή της ορμής στη μονάδα του χρόνου δίνεται από την Εξίσωση 7:

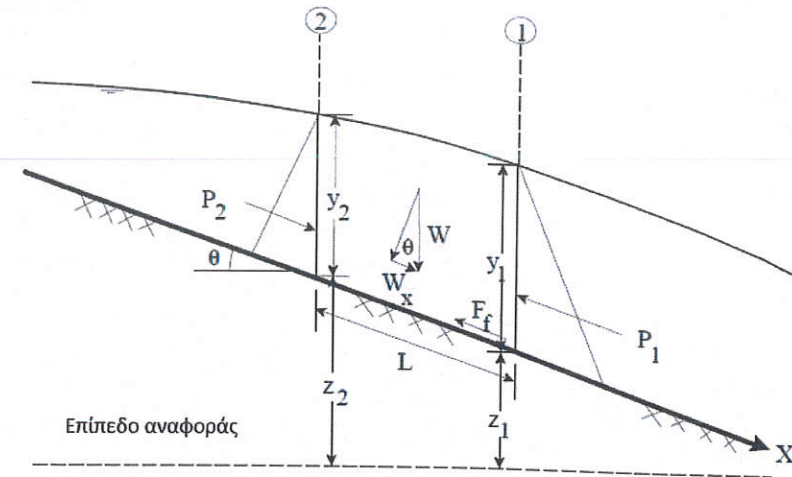
$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x \quad (7)$$

όπου: P η υδροστατική πίεση στις θέσεις 1 και 2, W_x η δύναμη από το βάρος του νερού στη διεύθυνση x, F_f η δύναμη τριβής μεταξύ των θέσεων 1 και 2, Q η παροχή ροής, ρ η πυκνότητα του νερού, και ΔV_x η μεταβολή ταχύτητας μεταξύ των θέσεων 1 και 2 κατά τη διεύθυνση x.

Έπειτα από μετασχηματισμούς, η Εξίσωση (6) παίρνει την παρακάτω μορφή (Εξ. 8):

$$\frac{Q_2^2 \cdot \beta_2}{g \cdot A_2} + A_2 \cdot \bar{Y}_2 + \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot L \cdot S_0 - \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot L \cdot S_f = \frac{Q_1^2 \cdot \beta_1}{g \cdot A_1} + A_1 \cdot \bar{Y}_1 \quad (8)$$

όπου: Q η παροχή ροής, A το εμβαδόν υγρής διατομής, \bar{Y} το βάθος μετρούμενο από την ελεύθερη επιφάνεια μέχρι το κέντρο βάρους της διατομής, L το μήκος μεταξύ των θέσεων 1 και 2 στη διεύθυνση x, S₀ η κλίση του πυθμένα, β συντελεστής ορμής λόγω μεταβολής της ταχύτητας ροής και S_f η κλίση της γραμμής ενέργειας.

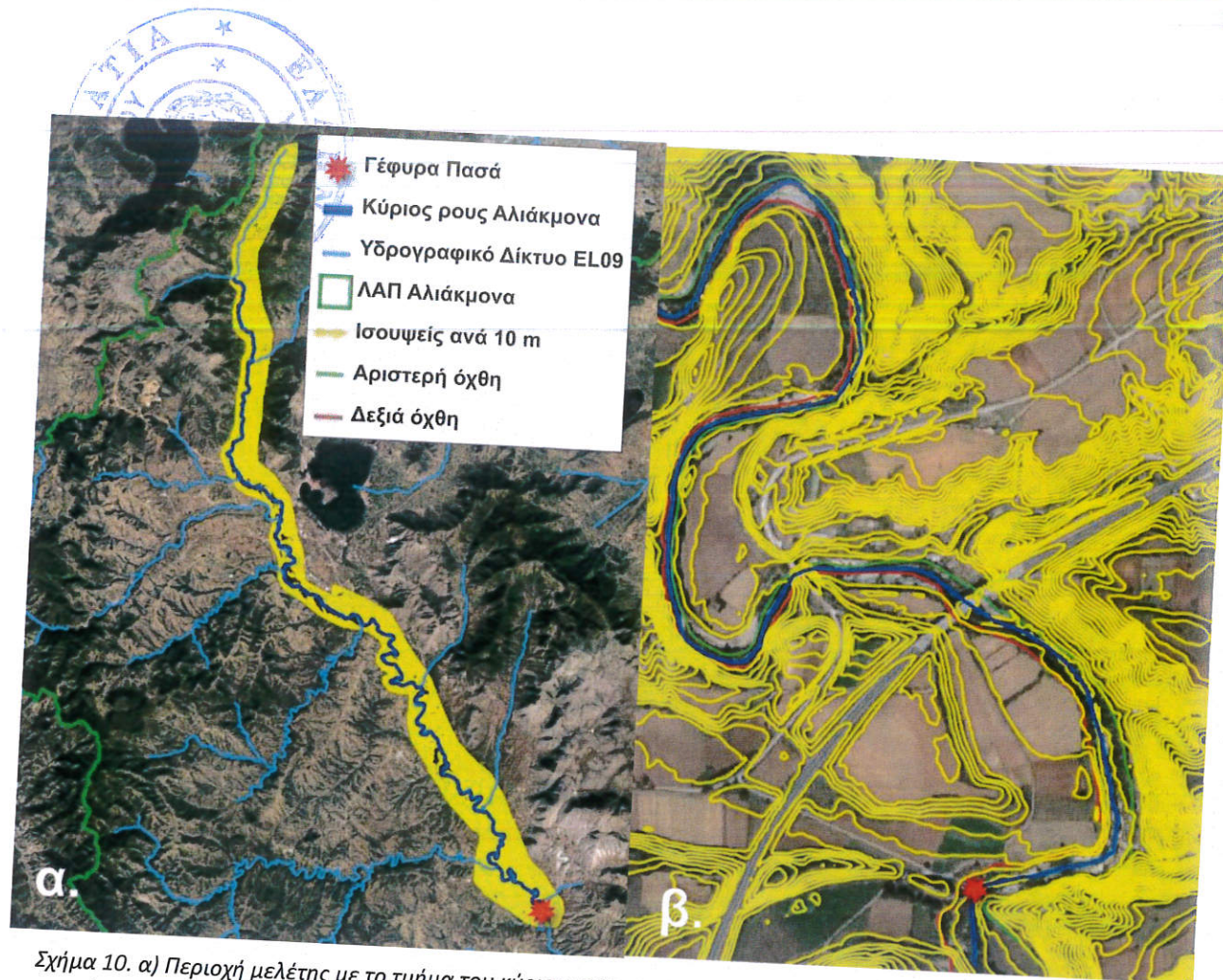


Σχήμα 9. Εφαρμογή της αρχής διατήρησης της ορμής μεταξύ δύο διατομών.

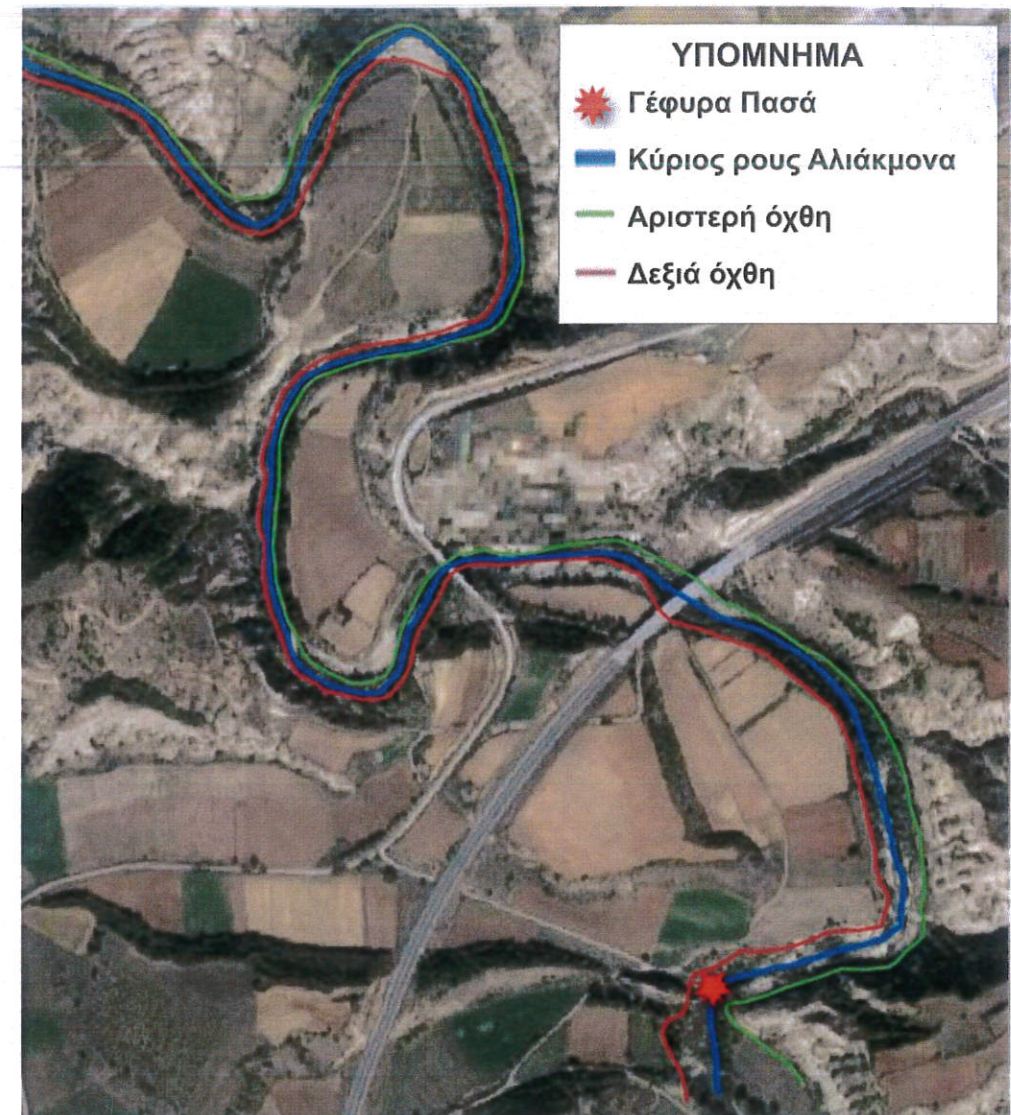
4.3 Δεδομένα και παραδοχές

Η προ-επεξεργασία των δεδομένων εισόδου αλλά και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων στο HEC-RAS μπορούν να γίνουν άμεσα σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μέσω κατάλληλων λογισμικών όπως το QGIS και το RAS Mapper του HEC-RAS. Το RAS Mapper αποτελείται από ένα σύνολο διαδικασιών και εργαλείων για την επεξεργασία των γεωχωρικών δεδομένων στο HEC-RAS. Το περιβάλλον αυτό επιτρέπει την προετοιμασία των γεωμετρικών στοιχείων των ρεμάτων/ποταμών/χειμάρρων (εδώ μόνο του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα) για την εισαγωγή τους στο HEC-RAS.

Αρχικά ορίστηκε σαν Γεωγραφικό Συστήματος Αναφοράς το ΕΓΣΑ 87 ή EPSG: 2100. Για να δημιουργηθεί το αρχείο εισαγωγής, απαιτείται ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM). Το μοντέλο εδάφους που εισήχθη προέρχεται από το ανάλυσης 5m μοντέλο του Ελληνικού Κτηματολογίου (Σχήμα 5). Γίνεται φόρτωση του Ras Terrain σε μορφή TIF, που προέκυψε από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους. Στη συνέχεια γίνεται φόρτωση των αρχείων που αντιστοιχούν στον κύριο ρου του Ποταμού Αλιάκμονα από τη θέση του Γράμμου μέχρι το Γεφύρι του Πασά καθώς και στην οριοθέτηση της κύριας κοίτης. Αξίζει να αναφερθεί πως για την υλοποίηση των προαναφερθέντων αρχείων έγινε σημαντική επεξεργασία, ώστε αυτά να προκύψουν όσο το δυνατόν με περισσότερη ακρίβεια και προς την πλευρά της ασφάλειας. Συγκεκριμένα, σε περιβάλλον του λογισμικού QGIS χαράχθηκαν οι ισοϋψείς ανά 10 m στην παρόχθια περιοχή του υπό μελέτη τμήματος του κύριου ρου ποταμού Αλιάκμονα και με τη βοήθεια του υποβάθρου του Google Earth σχεδιάστηκε ο κεντρικός άξονας του ποταμού, καθώς και η αριστερή και η δεξιά όχθη (Σχήμα 10 και Σχήμα 11).



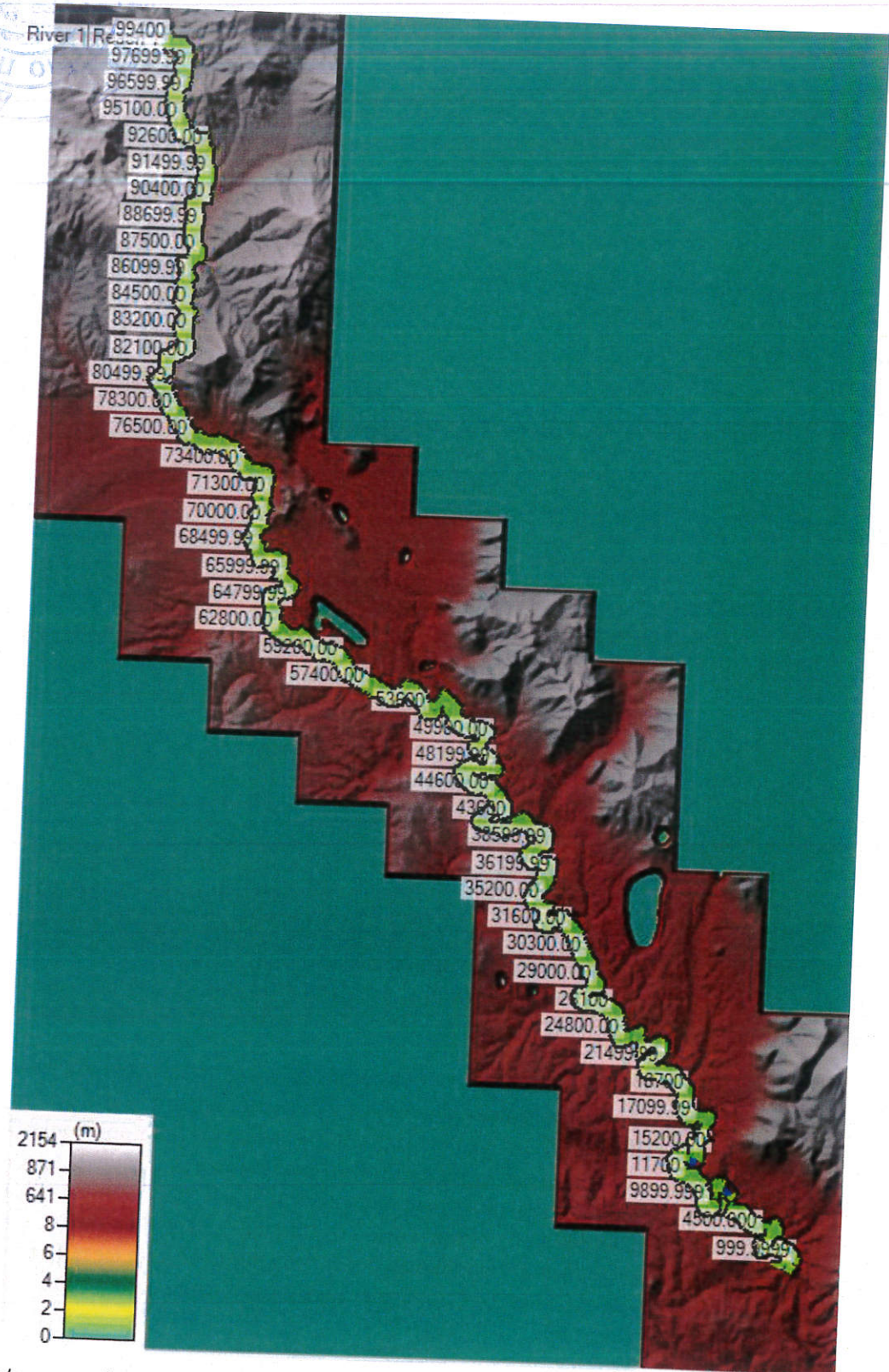
Σχήμα 10. α) Περιοχή μελέτης με το τμήμα του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα και τις ισοψείς ανά 10 m που προέκυψαν από το DEM του Ελληνικού Κτηματολογίου (ανάλυσης 5mx5m), β) μεγέθυνση στο τελικό τμήμα του ποταμού που καταλήγει στη θέση του Γεφυριού του Πασά. Με τη βοήθεια του υποβάθρου του Google Earth και των ισοψιών σχεδιάστηκε ο κεντρικός άξονας του ποταμού και η αριστερή και δεξιά όχθη.



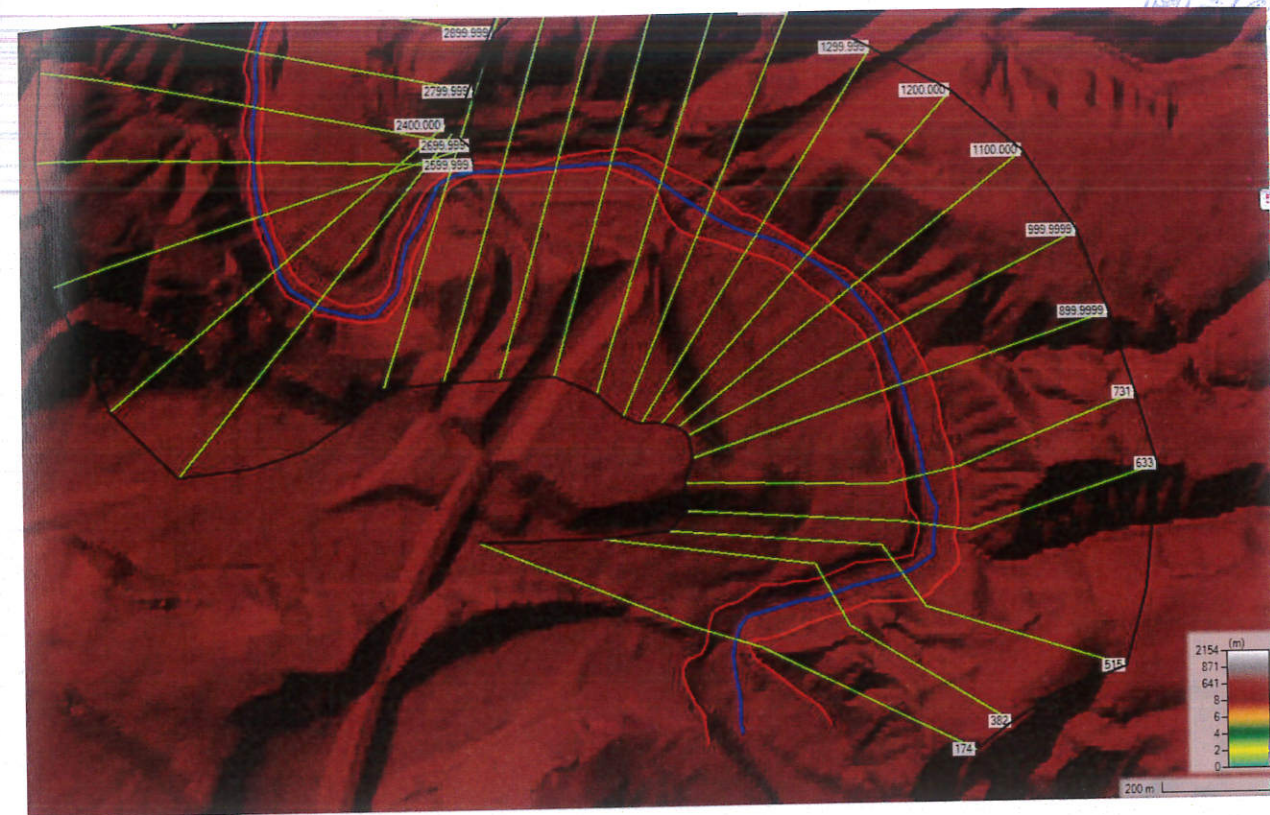
Σχήμα 11. Άποψη της περιοχής ανάντη της θέσης του Γεφυριού του Πασά με σχεδιασμένες τον κύριο άξονα του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα και την αριστερή και δεξιά όχθη (υπόβαθρο: Google Earth).

Στη συνέχεια, τα αρχεία του άξονα και της αριστερής και δεξιάς όχθης μετατράπηκαν σε γεωμετρικά στοιχεία του HEC-RAS. Στο Ras Mapper δημιουργήθηκαν/προστέθηκαν στη συνέχεια, αυτόματα, εγκάρσιες τομές κατά μήκος της κύριας κοίτης ανά 100m στην ανάντη περιοχή με πυκνωση αυτών (interpolation) ή/και χειροκίνητη προσαρμογή/διόρθωση, ειδικά στην περιοχή κοντά στη θέση ενδιαφέροντος (Σχήμα 12). Για το σκοπό αυτό καθορίστηκαν με φορά από τα κατάντη προς τα ανάντη 936 διατομές (Cross Sections) με κωδικούς σε χαρακτηριστικά σημεία ελέγχου της ροής, όπως είναι οι οριζοντιογραφικές καμπύλες και οι απότομες ανυψώσεις ή καταβιβασμοί του πυθμένα. Σημειώνεται ότι το πρόγραμμα δέχεται ως ονομασία της διατομής ένα νούμερο με φθίνουσα σειρά από τα ανάντη προς τα κατάντη. Στις διατομές εισήχθησαν τα εξής στοιχεία:

- η ονομασία διατομής (River Station),
- το μήκος ως την επόμενη κατάντη διατομή (Downstream Reach Length),
- ο καθορισμός της "βαθιάς" κοίτης (main channel bank stations)
- οι συντελεστές τραχύτητας (Manning's values) στην κεντρική "βαθιά" κοίτη (Channel) και στις πλημμυρικές κοίτες (LOB - ROB),
- οι συντελεστές στενώσεως/διευρύνσεως (Con / Exp Coefficient).



Σχήμα 12. Απόκομμα από το περιβάλλον του εργαλείου Ras Mapper του λογισμικού HEC-RAS όπου φαίνονται οι 936 θέσεις των εγκάρσιων διατομών στον κύριο ρου του ποταμού Αλιάκμονα. Το υπόβαθρο είναι το 5m ανάλυσης DEM του Ελληνικού Κτηματολογίου.



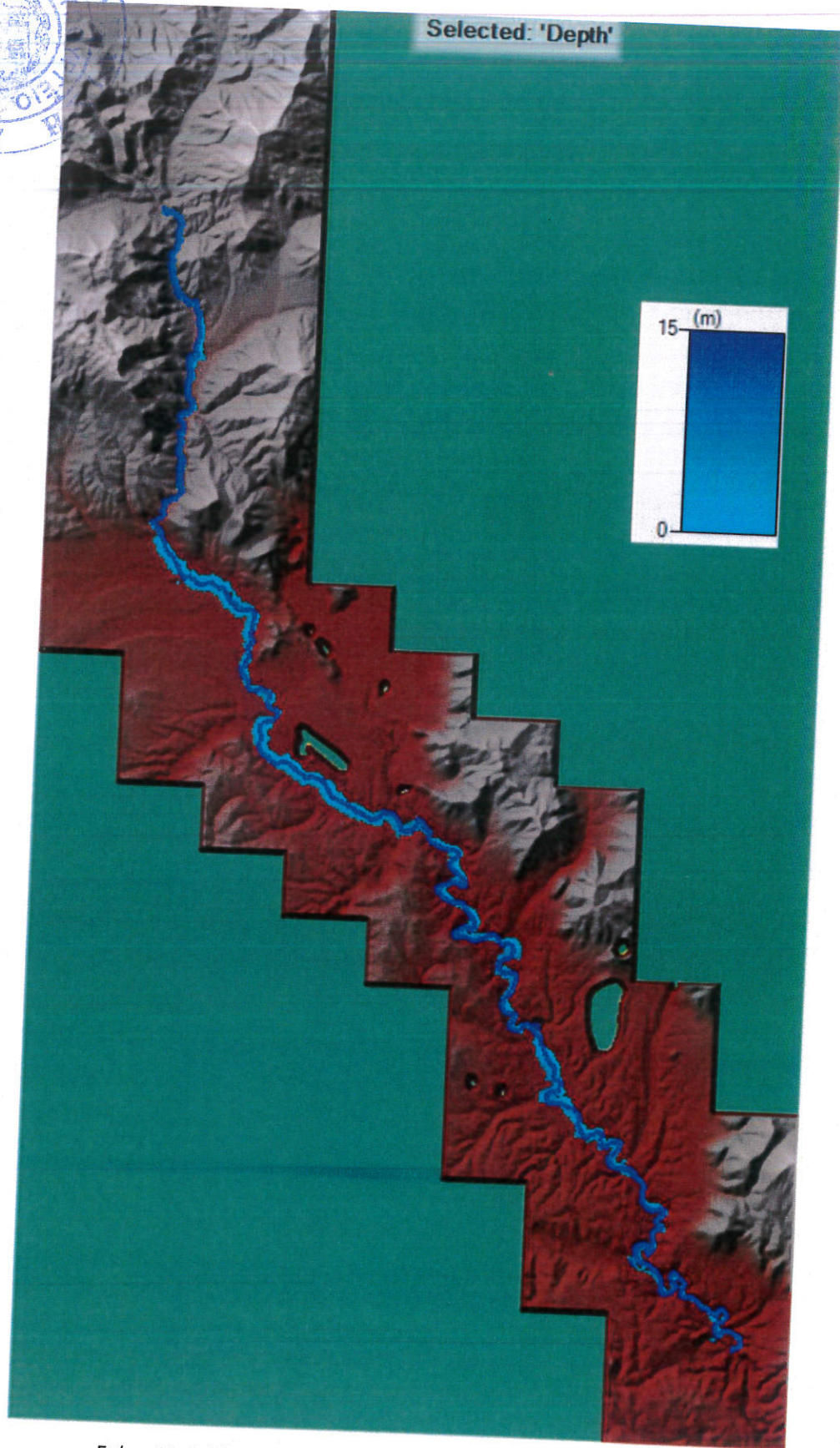
Σχήμα 13. Απόκομμα από το περιβάλλον του εργαλείου Ras Mapper του λογισμικού HEC-RAS όπου φαίνονται οι τελευταίες διατομές στον κύριο ρου του ποταμού Αλιάκμονα μέχρι και τη διατομή της θέσης του Γεφυριού του Πασά (χιλιομετρική θέση 174m από τέλος). Το υπόβαθρο είναι το 5m ανάλυσης DEM του Ελληνικού Κτηματολογίου.

Όσον αφορά στον συντελεστή τραχύτητας Manning, για το φυσικό έδαφος ελήφθη η τιμή $n = 0.04$ για τη βασική κοίτη και 0.06 για τις πλημμυρικές κοίτες του ποταμού. Οι τιμές της παροχής σχεδιασμού για περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 έτη που εισήχθησαν στην είσοδο του κύριου ρου του ποταμού του Αλιάκμονα (Πίνακας 6) είναι 3977 , 5113 και $9559 \text{ m}^3/\text{s}$, αντίστοιχα. Ουσιαστικά, έγινε η υδραυλική προσομοίωση μόνο στην κεντρική κοίτη του Αλιάκμονα με τη μέγιστη παροχή της δυσμενέστερης περίπτωσης για περιόδους επαναφοράς περιόδου επαναφοράς 50, 100 και 1000 ετών με στόχο την όσο πιο ακραία πρόβλεψη ταχύτητας και βάθους ροής. Τα αποτελέσματα της περιόδου επαναφοράς 1000 ετών θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των υδροδυναμικών καταναγκασμών που θα υποστεί το Γεφύρι του Πασά, ώστε η πίεση που θα υπολογισθεί να ληφθεί υπόψη για τον επανασχεδιασμό ή την ενίσχυση της Γέφυρας.

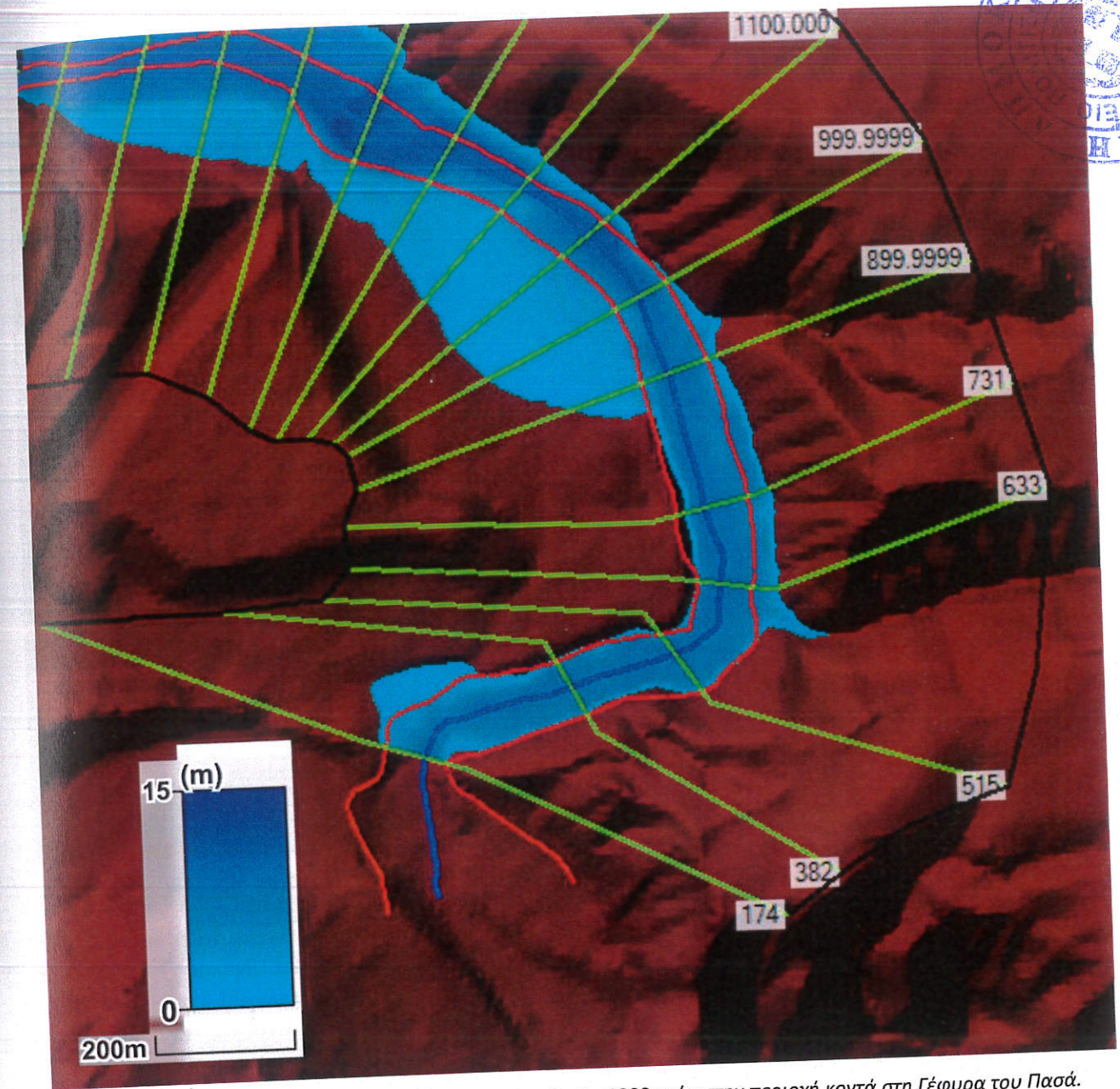
Ως οριακές συνθήκες εισήχθησαν το ομοίμορφο βάθος (normal depth), ορίζοντας την κλίση της γραμμής ενέργειας στα ανάντη και στα κατόντη και για τα δύο τμήματα. Η επίλυση έγινε σε σύνθετο/μεικτό καθεστώς ροής, υποκρίσιμης και υπερκρίσιμης (mixed flow).

4.4 Υδραυλικά αποτελέσματα και πιέσεις σχεδιασμού

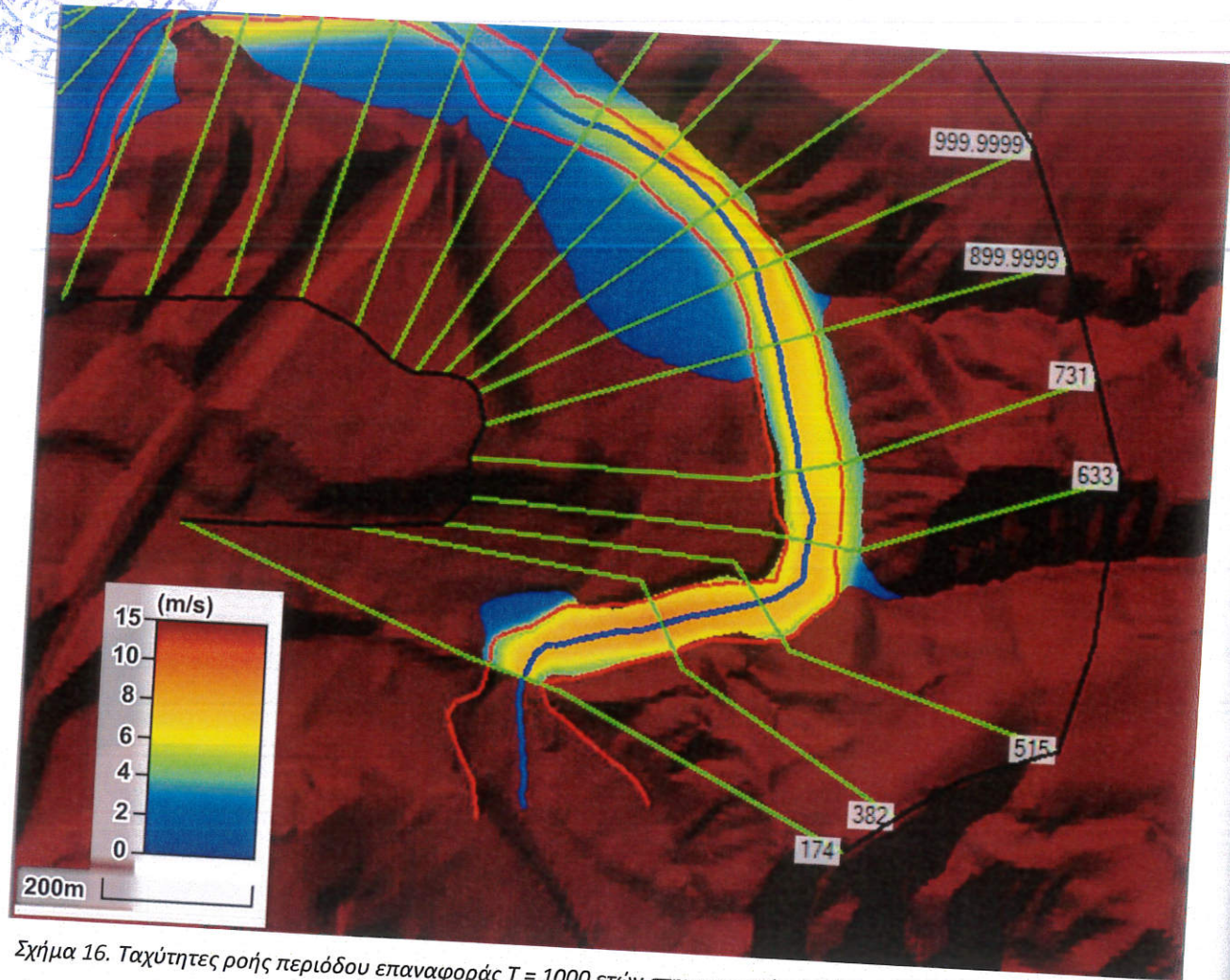
Οι γραμμές πλημμύρας, σύμφωνα με τους ορισμούς του άρθρου 1 του Ν.4258/2014 (ΦΕΚ Α' / 14.04.2014), "περικλείουν την εδαφική περιοχή η οποία κατακλύζεται από τα πλημμυρικά νερά για συγκεκριμένη κάθε φορά περίοδο επαναφοράς". Στο Σχήμα 14 παρουσιάζεται χάρτης με τα βάθη ροής σε όλο το υπό μελέτη τμήμα του κύριου ρου του ποταμού Αλιάκμονα, ενώ στο Σχήμα 15 δίνεται έμφαση στην περιοχή κοντά στη θέση της Γέφυρας του Πασά. Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται χάρτης με τις ταχύτητες ροής στην περιοχή κοντά στη θέση της Γέφυρας του Πασά.



Σχήμα 14. Στάθμη/βάθος ροής περιόδου επαναφοράς $T = 1000$ ετών.



Σχήμα 15. Στάθμη/βάθος ροής περιόδου επαναφοράς $T = 1000$ ετών στην περιοχή κοντά στη Γέφυρα του Πασά.



Σχήμα 16. Ταχύτητες ροής περιόδου επαναφοράς $T = 1000$ ετών στην περιοχή κοντά στη θέση της Γέφυρας του Πασά.

Ο Πίνακας 7 είναι συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στις 5 τελευταίες διατομές έως και τη θέση της Γέφυρας του Πασά. Οι Πίνακας 8, Πίνακας 9 Πίνακας 10, Πίνακας 11, Πίνακας 12 και Πίνακας 13 είναι συνοπτικοί πίνακες αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στις θέσεις ελέγχου διατομών 899.99, 731, 633, 515 και 174 (Γέφυρα του Πασά), αντίστοιχα, με κατανομή σε κύρια κοίτη και κατακλυζόμενες περιοχές. Στον Πίνακα 13, ο υπολογισμός των πιέσεων για τη θέση της Γέφυρας του Πασά γίνεται από το HEC-RAS, ενώ στον Πίνακα 14, ο υπολογισμός γίνεται με τον αναλυτικό τύπο:

$$p = 5.14 \cdot 10^{-4} \cdot C_D \cdot V^2 \quad (9)$$

όπου: p είναι η πίεση που ασκεί το νερό που ρέει στη διεύθυνση ροής (διαμήκη) σε MPa, C_D είναι ο συντελεστής οπισθέλκουσας για βάρη, που για τετραγωνική διατομή είναι ίσος με 1.4, και V είναι η ταχύτητα ροής σχεδιασμού (μέγιστη) σε m/s.

Συγκρίνοντας τις τιμές των πιέσεων από τους Πίνακας 13 και Πίνακας 14, προκύπτει ότι η πιο συντηρητική εκτίμηση της μέγιστης φόρτισης που μπορεί να δεχθεί το Γεφύρι του Πασά για βροχόπτωση περιόδου επαναφοράς 1000 ετών, είναι **0.0489 MPa**.

Στο Παράρτημα Α περιλαμβάνονται σκαριφήματα των 6 τελευταίων διατομών έως και τη θέση της Γέφυρας του Πασά, καθώς και σκαρίφημα της αρχιτεκτονικής όψης της Γέφυρας του Πασά με σχεδιασμένη τη βρεχόμενη διατομή για βροχόπτωση περιόδου επαναφοράς 1000 ετών.



Πίνακας 7. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στις 6 τελευταίες διατομές έως και τη θέση της Γέφυρας του Πασά.

Χ. Θέση	Περίοδος Επαναφοράς (Ετη)	Παροχή (m ³ /s)	Ελάχ. Υψόμ. (m)	Στάθμη Νερού (m)	Στάθμη Γραμμής Ενέργειας (m)	Ενεργειακή Κλίση (m/m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βρεχόμενη Διατομή (m ²)	Μέγιστο Πλάτος (m)	Αριθμός Froude
899.99	50	3977.0	504.56	513.28	515.20	0.005190	6.36	749.67	188.42	0.78
	100	5113.0	504.56	515.05	516.62	0.003345	5.97	1147.75	251.71	0.65
	1000	9559.0	504.56	520.58	521.55	0.001300	5.2	2967.66	408.69	0.44
731	50	3977.0	504.06	512.52	514.33	0.004688	6.22	707.67	107.59	0.74
	100	5113.0	504.06	513.90	515.94	0.004337	6.62	858.69	111.07	0.73
	1000	9559.0	504.06	519.18	521.15	0.002661	6.78	1913.72	330.17	0.61
633	50	3977.0	503.38	511.56	513.80	0.005441	6.95	653.73	104.19	0.81
	100	5113.0	503.38	512.92	515.44	0.004980	7.42	798.01	108.93	0.8
	1000	9559.0	503.38	517.43	520.70	0.003916	8.67	1409.85	258.15	0.76
515	50	3977.0	502.58	510.60	513.07	0.006474	6.96	574.04	88.75	0.86
	100	5113.0	502.58	512.07	514.79	0.005633	7.31	707.93	93.31	0.82
	1000	9559.0	502.58	515.00	519.93	0.007004	9.89	1004.04	126.84	0.96
382	50	3977.0	500.77	508.70	512.00	0.008767	8.07	499.04	78.29	0.99
	100	5113.0	500.77	509.92	513.78	0.008276	8.72	596.87	81.76	0.99
	1000	9559.0	500.77	515.32	517.84	0.003306	7.81	2049.12	489.18	0.68
174 (Γεφ.)	50	3977.0	498.87	506.51	507.88	0.006756	6.25	1011.07	342.46	0.85
	100	5113.0	498.87	507.05	508.61	0.007282	6.82	1202.08	363.01	0.89
	1000	9559.0	498.87	508.83	510.89	0.007856	8.25	1929.98	456.14	0.96



Πίνακας 8. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 899,99. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές.

Χ. Θέση	Περίοδος Επαναφοράς (Ετη)	Τμήμα Κατανομής	Συντελεστής Manning	Βρεχόμενη Διατομή (m ²)	Παροχή (m ³ /s)	Πλάτος Επιφάνειας (m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βρεχόμενη Περιμέτρος (m)	Πίεση (N/m ²)
899.99	50	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	24.85	45.76	12.49	1.84	13.09	96.66
		Κύρια Κοίτη	0.04	580.31	3692.59	86.40	6.36	87.39	338.00
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	144.51	238.65	89.53	1.65	89.59	135.58
899.99	100	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	52.28	96.71	18.83	1.85	19.67	161.29
		Κύρια Κοίτη	0.04	733.26	4378.12	86.40	5.97	87.39	275.27
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	362.20	638.17	146.48	1.76	146.58	81.06
899.99	1000	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	198.12	381.09	32.67	1.92	34.6	173.01
		Κύρια Κοίτη	0.04	1211.80	6305.49	86.40	5.20	87.39	376.83
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	1557.74	2872.42	289.62	1.84	289.86	168.53



Πίνακας 9. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 731. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές.

Χ. Θέση	Περίοδος Επαναφοράς (Ετη)	Τμήμα Κατανομής	Συντελεστής Manning	Βρεχόμενη Διατομή (m ²)	Παροχή (m ³ /s)	Πλάτος Επιφάνειας (m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βρεχόμενη Περιμέτρος (m)	Πίεση (N/m ²)
731	50	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	142.09	457.06	28.46	3.22	30.03	217.56
		Κύρια Κοίτη	0.04	565.57	3519.94	79.12	6.22	81.58	318.73
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
731	100	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	182.57	637.19	30.14	3.49	32.2	241.15
		Κύρια Κοίτη	0.04	676.12	4475.81	80.93	6.62	83.85	342.89
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
731	1000	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	359.83	1308.8	37.60	3.64	41.35	277.08
		Κύρια Κοίτη	0.04	1129.39	7651.69	89.80	6.78	93.8	344.23
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	424.50	598.52	202.77	1.41	203.3	54.49



Πίνακας 10. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 633. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές.

Χ. Θέση	Περίοδος Επαναφοράς (Έτη)	Τμήμα Κατανομής	Συντελεστής Manning	Βρεχόμενη Διατομή (m ²)	Παροχή (m ³ /s)	Πλάτος Επιφάνειας (m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βρεχόμενη Περιμέτρος (m)	Πίεση (N/m ²)
633	50	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	144.34	461.87	33.50	3.2	34.37	224.06
		Κύρια Κοίτη	0.04	505.41	3510.27	67.60	6.95	69.14	389.99
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	3.98	4.85	3.09	1.22	4.02	52.76
633	100	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	191.81	666.58	36.62	3.48	37.77	248.04
		Κύρια Κοίτη	0.04	596.94	4432.1	67.60	7.42	69.14	421.63
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	9.26	14.32	4.71	1.55	6.14	73.67
633	1000	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	374.71	1572.57	43.97	4.2	46.42	309.97
		Κύρια Κοίτη	0.04	901.61	7813.96	67.60	8.67	69.14	500.70
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	133.53	172.48	146.58	1.29	149.46	34.31



Πίνακας 11. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 515. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές.

Χ. Θέση	Περίοδος Επαναφοράς (Έτη)	Τμήμα Κατανομής	Συντελεστής Manning	Βρεχόμενη Διατομή (m ²)	Παροχή (m ³ /s)	Πλάτος Επιφάνειας (m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βρεχόμενη Περιμέτρος (m)	Πίεση (N/m ²)
515	50	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Κύρια Κοίτη	0.04	570.36	3972.39	85.26	6.96	88.53	409.03
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	3.68	4.61	3.49	1.25	4.08	57.28
515	100	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Κύρια Κοίτη	0.04	697.05	5095.49	86.78	7.31	90.65	424.79
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	10.88	17.52	6.52	1.61	7.46	80.62
515	1000	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	1.59	1.65	1.92	1.04	2.49	43.95
		Κύρια Κοίτη	0.04	954.65	9445.55	88.50	9.89	92.83	706.33
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	47.80	111.8	36.42	2.34	37.94	86.53



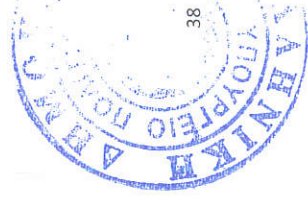
Πίνακας 12. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 382. Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχελιζουσες περιοχές

Χ. Θέση	Περίοδος Επαναφοράς (Έτη)	Τμήμα Κατανομής	Συντελεστής Manning	Βρεχόμενη Διατομή (m ²)	Παροχή (m ³ /s)	Πλάτος Επιφάνειας (m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βρεχόμενη Περιμέτρος (m)	Πίεση (N/m ²)
382	50	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Κύρια Κοίτη	0.04	492.43	3965.19	73.32	8.05	77.19	548.52
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	6.61	11.81	4.57	1.79	5.39	105.39
382	100	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	0.31	0.20	0.71	0.64	1.12	22.25
		Κύρια Κοίτη	0.04	582.94	5083.72	74	8.72	77.64	609.40
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	13.63	29.09	7.05	2.13	8.16	135.58
382	1000	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	16.83	25.78	5.47	1.53	8.33	165.52
		Κύρια Κοίτη	0.04	982.34	7667.57	74	7.81	77.64	610.23
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	1049.95	1865.65	409.71	1.78	416.75	345.14



Πίνακας 13. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 174 (Γέφυρα του Πασά). Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχελιζουσες περιοχές. Εξαγωγή πιέσεων από HEC-RAS.

Χ. Θέση	Περίοδος Επαναφοράς (Έτη)	Τμήμα Κατανομής	Συντελεστής Manning	Βρεχόμενη Διατομή (m ²)	Παροχή (m ³ /s)	Πλάτος Επιφάνειας (m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βρεχόμενη Περιμέτρος (m)	Πίεση (N/m ²)
174 (Γεφ)	50	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Κύρια Κοίτη	0.04	404.99	2530.79	73.65	6.25	76.37	351.36
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	606.08	1446.21	268.82	2.39	270.49	148.46
174 (Γεφ)	100	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Κύρια Κοίτη	0.04	445.06	3037.44	74.94	6.82	77.79	408.61
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	757.02	2075.56	288.07	2.74	290.38	186.18
174 (Γεφ)	1000	Αρ. Υπ. Περ.	0.06	1.28	0.91	3.75	0.71	3.85	25.68
		Κύρια Κοίτη	0.04	582.45	4804.7	78.10	8.25	81.09	553.36
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	1346.24	4753.39	374.29	3.53	377.59	274.67



Πίνακας 14. Συνολτικός πίνακας αποτελεσμάτων υδραυλικής ανάλυσης στη θέση ελέγχου διατομών 174 (Γέφυρα του Πασιά). Κατανομή σε κύρια κοίτη και υπερχειλίζουσες περιοχές. Εξαγωγή πιέσεων από τον αναλυτικό τύπο υπολογισμού (Εξίσωση 9), οπότε και προκύπτει η δυσμενέστερη τιμή (σημειωμένη με πράσινο).

Χ. Θέση	Περίοδος Επαναφοράς (Ετη)	Τμήμα Κατανομής	Συντελεστής Manning	Βρεχόμενη Διατομή (m ²)	Παροχή (m ³ /s)	Πλάτος Επιφάνειας (m)	Ταχύτητα Ροής (m/s)	Βρεχόμενη Περιμέτρος (m)	Πίεση (N/m ²)
174 (Γεφ)	50	Αρ. Υπ. Περ. Κύρια Κοίτη	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.04	404.99	2530.79	73.65	N/A	N/A	N/A
174 (Γεφ)	100	Αρ. Υπ. Περ. Κύρια Κοίτη	0.06	606.08	1446.21	268.82	6.25	76.37	0.0281
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.04	N/A	N/A	N/A	2.39	270.49	0.0041
174 (Γεφ)	1000	Αρ. Υπ. Περ. Κύρια Κοίτη	0.06	445.06	3037.44	74.94	6.82	N/A	N/A
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	757.02	2075.56	288.07	2.74	77.79	0.0334
		Αρ. Υπ. Περ. Κύρια Κοίτη	0.04	1.28	0.91	3.75	0.71	290.38	0.0054
		Δεξ. Υπ. Περ.	0.06	582.45	4804.7	78.10	8.25	3.85	0.0003
			0.06	1346.24	4753.39	374.29	3.53	81.09	0.0489
								377.59	0.0089



5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗ)

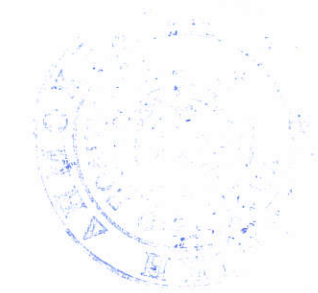
Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Δερμίσης, Β. (2011). Διευθετήσεις υδατορρευμάτων. Εκδόσεις Τζιόλα. ISBN 978-960-418-296-1
- Κουτσογιάννης, Δ. (1997). Στατιστική Υδρολογία. Πανεπιστημιακό Σύγγραμμα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Έκδοση 4, 312 σελ.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ξανθόπουλος, Θ. (1999). Τεχνική Υδρολογία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης, Δ. (2010). Υδρολογική μελέτη ισχυρών βροχοπτώσεων στη λεκάνη του Κηφισού. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ευστρατιάδης, Α., Μαμάσης, Ν., Δημητριάδης, Π., Μαχαίρας, Α. (2013). ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ - Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων.
- Κωτσόπουλος Σ. (2006). Υδρολογία. Εκδόσεις ΙΩΝ. ISBN13: 9789604115488
- Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. (2001). «Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη.
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων. (2017). Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας (EL08) – 1η Αναθεώρηση. Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων. Έργο: «1η Αναθεώρηση σχεδίων διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών των 14 υδατικών διαμερισμάτων της χώρας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν.3199/2003όπως τροποποιήθηκε και ισχύει και του ΠΔ 51/2007» - Μελέτη Μ2 «Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (EL04), Ηπείρου (EL05) και Θεσσαλίας (EL08)». Κοινοπραξία: «1ης Αναθεώρησης ΣΔΛΑΠ Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτ. Στερεάς Ελλάδας», Γ. Καραβοκύρης & Συνεργάτες Συμβ. Μηχαν. ΑΕ, Περγλέρος Β., ENVECO ΑΕ, ΕΠΕΜ Εταιρία Περιβαλ. Μελετών ΑΕ, ΟΜΙΚΡΟΝ Οικον. & Αναπτυξιακές Μελέτες ΑΕ, ΕΜΒΗΣ ΑΕ, Οικονόμου Κ., 260 σελ. Πηγή: http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2017/12/EL08_SDLAP_APPROVED.pdf, Τελευταία προσπέλαση: 18-06-2023
- ΟΠΕΚΕΠΕ. (2015). Εδαφολογικός Χάρτης Ελλάδας, Κλίμακα 1:30,000, Στα πλαίσια του έργου: «Ανάπτυξη ενιαίου συστήματος γεωπληροφοριακών εδαφολογικών δεδομένων και οριοθέτησης αγροτικών ζωνών της χώρας». Επιστημονικά Υπεύθυνος: Ν. Μισόπουλος, καθηγητής ΑΠΘ. Αναθέτουσα Αρχή: Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (ΟΠΕΚΕΠΕ), Ανάδοχος: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης/Επιτροπή Ερευνών/Ειδικός Λογαριασμός Κονδυλίων Έρευνας – Ένωση εταιριών «Ελληνική Φωτογραμμετρική Ε.Π.Ε.». Πηγή: <https://iris.gov.gr/SoilServices/js/pdf/SOIL%20MAP%20OF%20GREECE%20e-SOILBOOK.pdf>, Τελευταία προσπέλαση: 16-06-2023
- ΥΠΕΚΑ – Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Γραμματεία Υδάτων. (2019). Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων της Χώρας - Προδιαγραφές μελετών, 27 σελ., Πηγή: http://floods.ypeka.gr/egyFloods/reports/SDKP_Prodiagrafes_Meleton.pdf, Τελευταία προσπέλαση: 11-06-2023

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Collier, C.G., Hardaker, P.J. (1996). Estimating probable maximum precipitation using a storm model approach. Journal of Hydrology, 183(3):277-306. doi:10.1016/0022-1694(95)02953-2
- Chow, T.V., Maidment, D.R., Mays, L.W. (1988). Applied hydrology. McGraw-Hill, 572p. ISBN 0-07-010810-2
- Giandotti, M. (1934). Previsione delle piene e delle magre dei corsi d'acqua. Istituto Poligrafico dello Stato, 8:107-117.
- Hjelmfelt, A.T. (1985). Negative Outflows from Muskingum Flood Routing. Journal of Hydraulic Engineering, 111(6):1010-1014. doi:10.1061/(ASCE)0733-9429(1985)111:6(1010)





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

- Jones, A, Fernandes-Ugalde, O., Scarpa, S., Eiselt, B. (2022). LUCAS 2022, EUR 30331 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, JRC121253, ISBN 978-92-76-21079-5, doi:10.2760/74624
- Koutsyiannis, D. (1994). A stochastic disaggregation method for design storm and flood synthesis. *Journal of Hydrology*, 156(1):193-225. doi:10.1016/0022-1694(94)90078-7
- Panagos, P., Van Liedekerke, M., Jones, A., Montanarella, L. (2012). European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements. *Land Use Policy*, 29(2):329-338. doi:10.1016/j.landusepol.2011.07.003
- Ponce, V.M., Hawkins, R.H. (1996). Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity? *Journal of Hydrologic Engineering*, 1(1):11-19. doi:10.1061/(ASCE)1084-0699(1996)1:1(11)
- Sherman, L., 1932. Streamflow from rainfall by the unit graph method. *Engineering News Record*, 108:501-505.
- Soil Conservation Service (SCS). (1972) National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology (NEH-4), U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- Toth, G., Jones, A., Montanarella, L. (eds.). 2013. LUCAS Topsoil Survey. Methodology, data and results. JRC Technical Reports. Luxembourg. Publications Office of the European Union, EUR26102 – Scientific and Technical Research series – ISSN 1831-9424 (online); ISBN 978-92-79-32542-7; doi:10.2788/97922
- U.S Army Corps of Engineers (2020). Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) version 4.5.0. Hydrologic Engineering Center.
- U.S Army Corps of Engineers (2021). River Analysis System Hydraulic Reference Manual version 6.0. Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS).
- U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation. (1977). Design of Arch Dams, U.S. Government Printing Office, Denver, CO, USA.

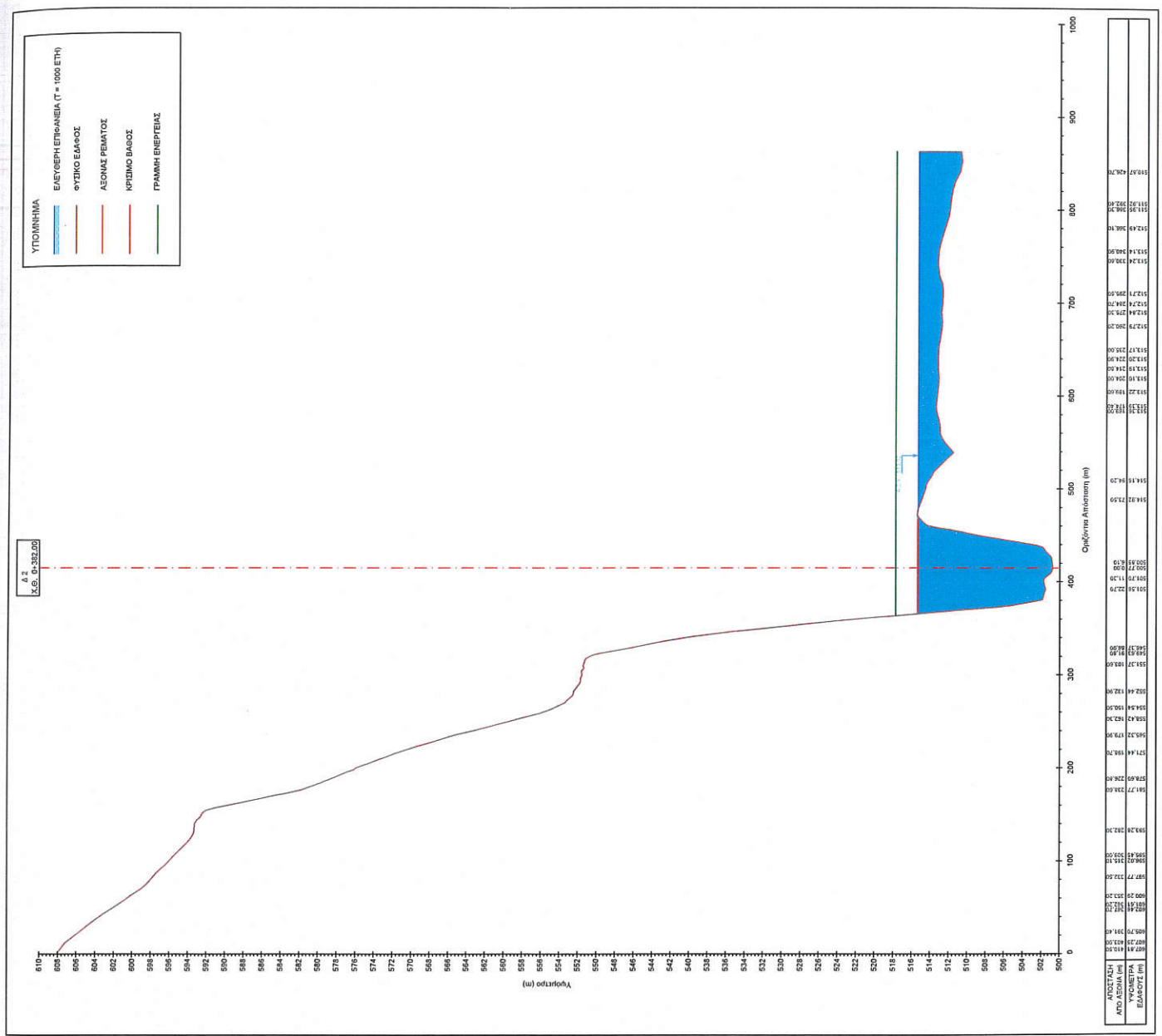
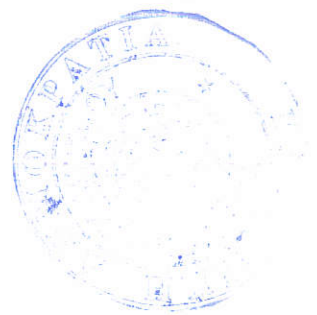
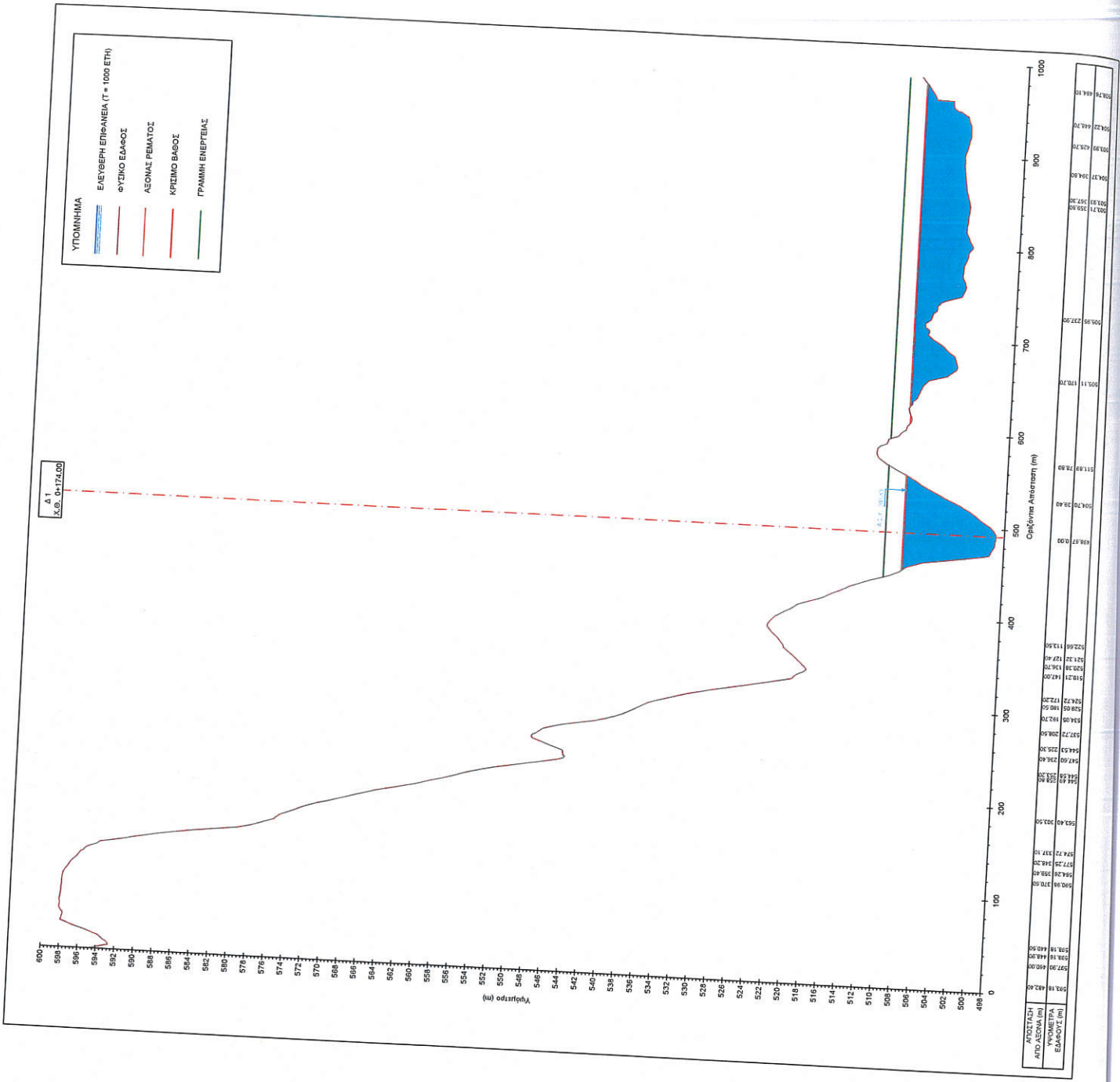
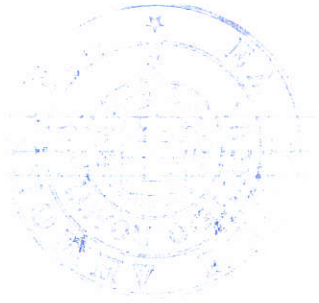
Διαδικτυακές Πηγές

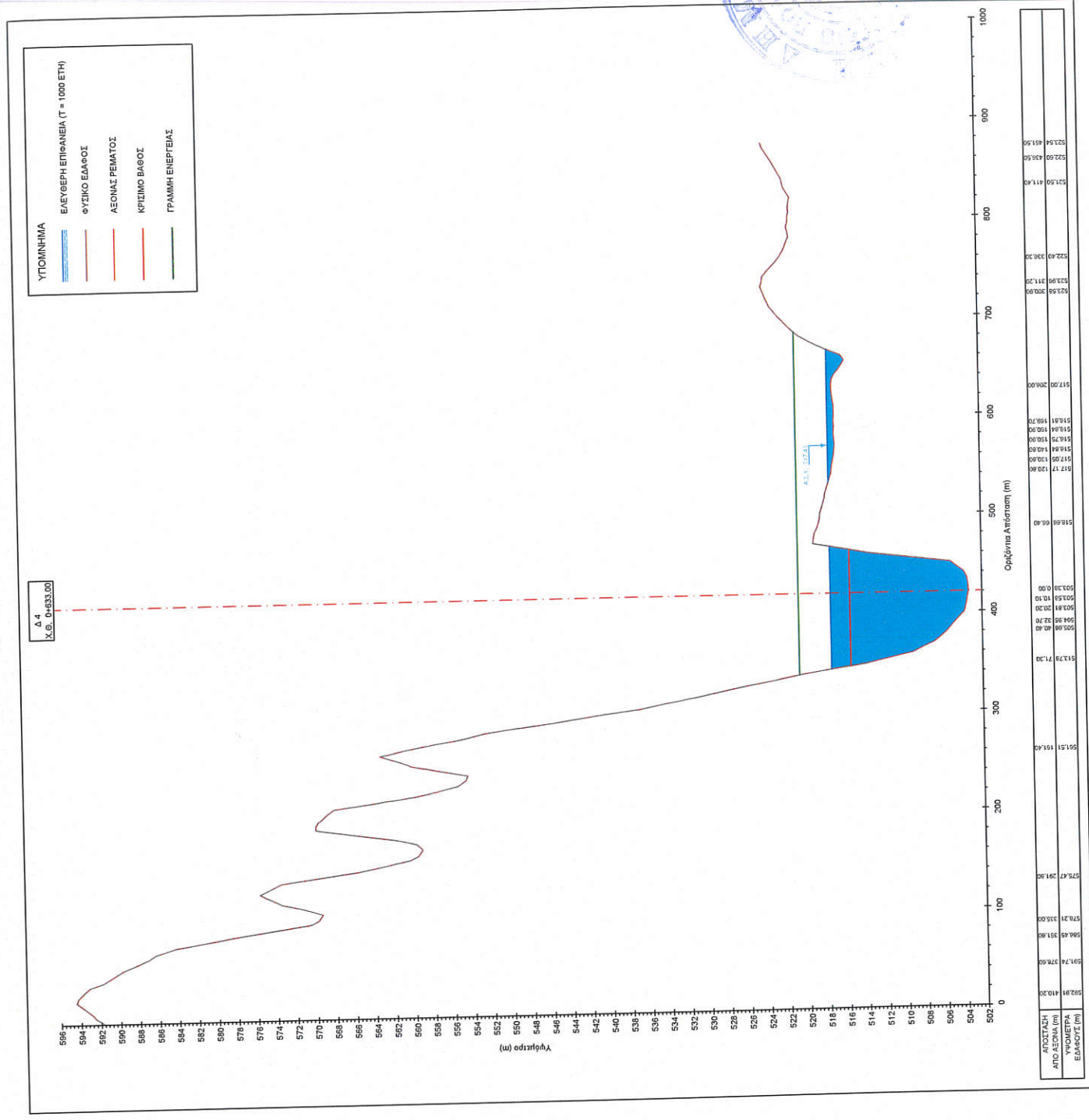
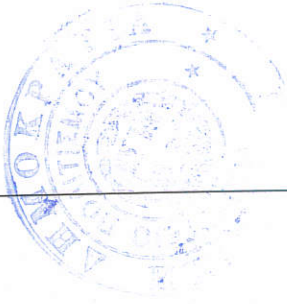
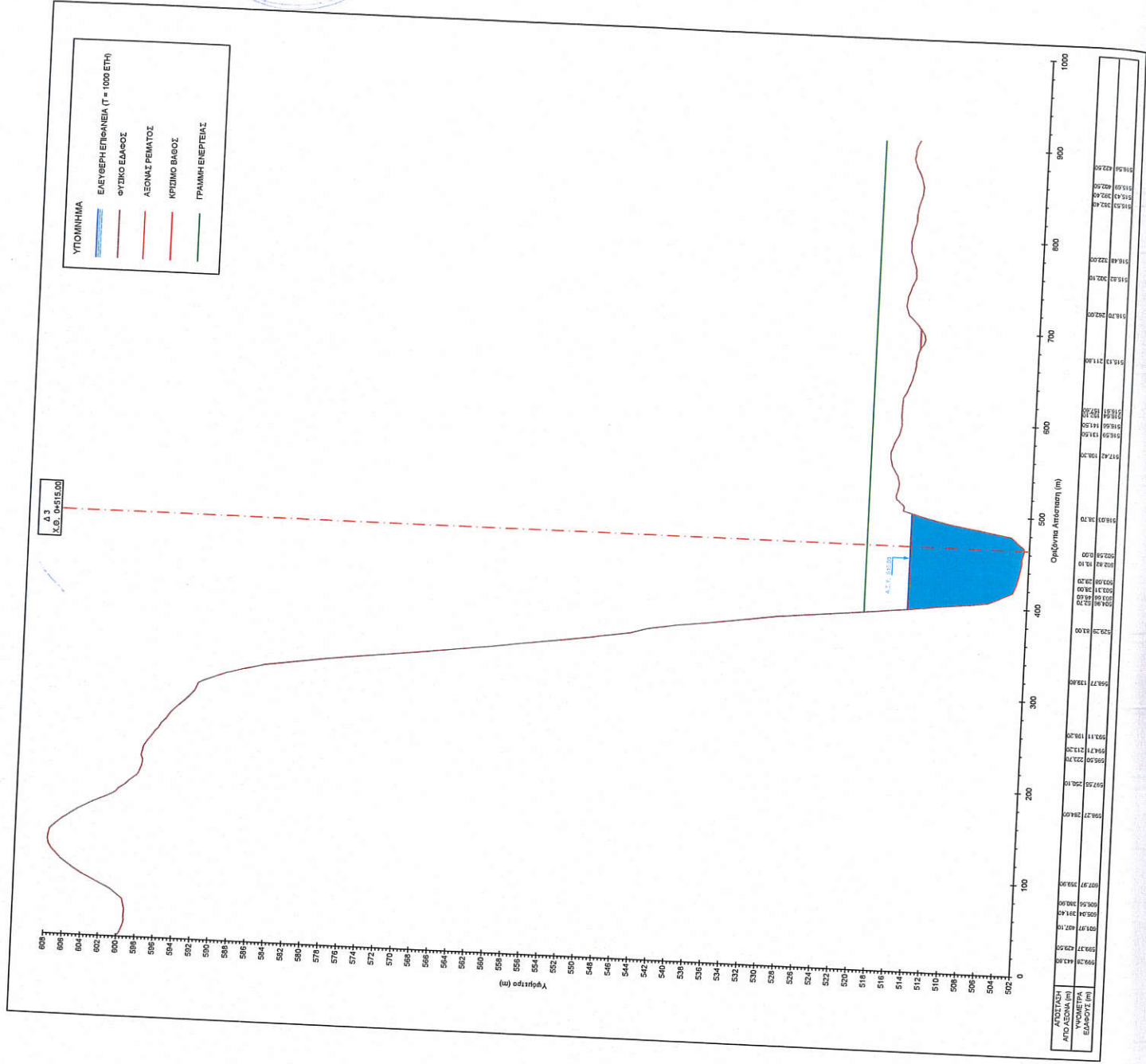
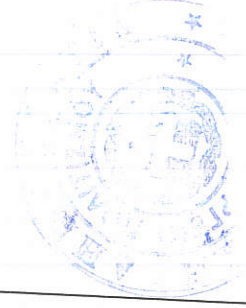
- CLIMA – Cultural Landscape risk Identification, Management and Assessment. Πηγή: <http://www.clima-project.eu/case-studies/faleriinovi/land-use>, Τελευταία προσπέλαση: 11-06-2023
- European Soil Data Centre (ESDAC), European Commission, Joint Research Centre. Πηγή: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu>, Τελευταία προσπέλαση: 11-07-2023
- Natura 2000 Network Viewer, European Environment Agency. Πηγή: <https://natura2000.eea.europa.eu>, Τελευταία προσπέλαση: 11-06-2023

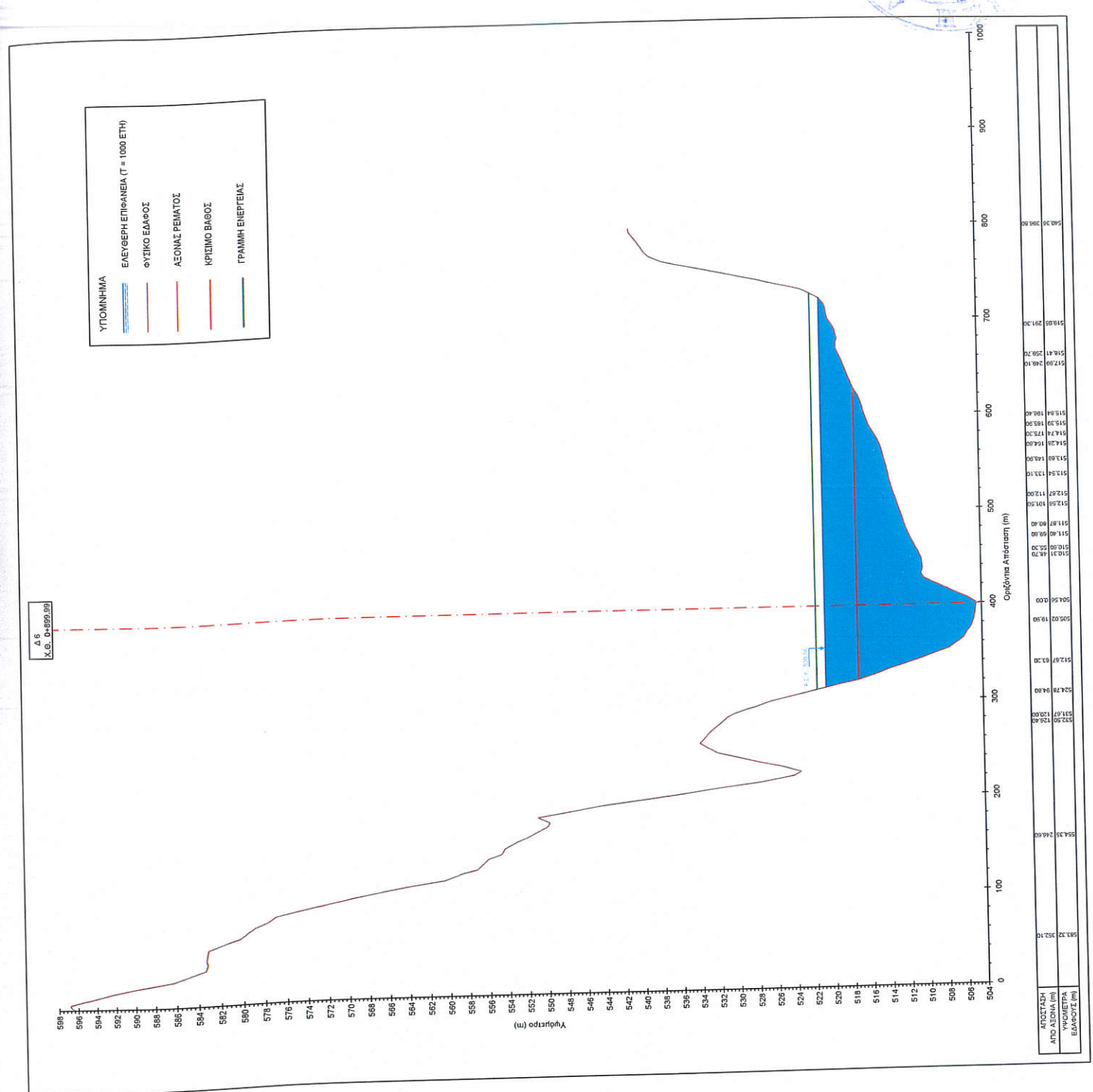
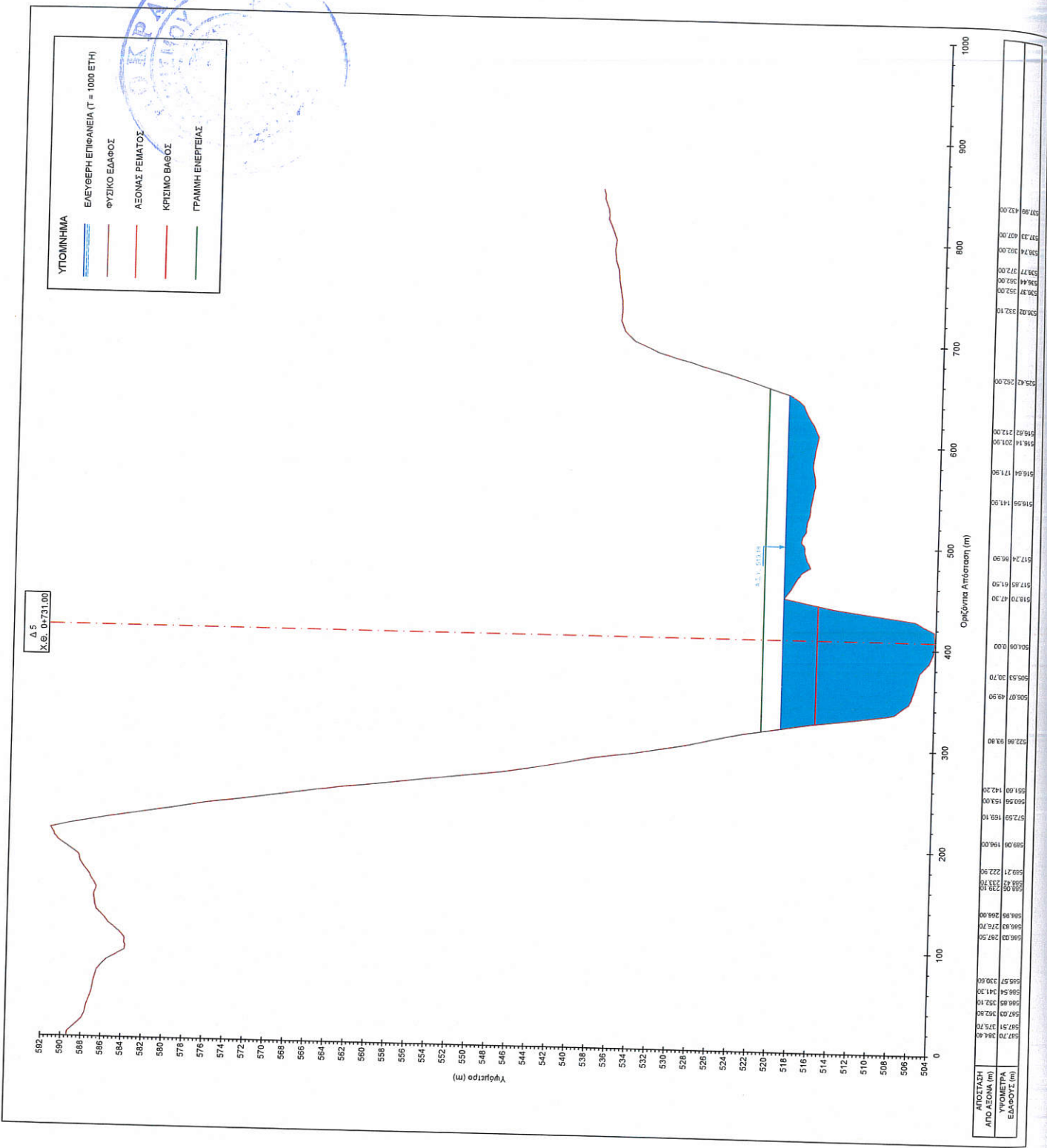
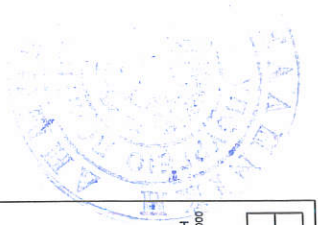
Νομοθεσία

- Π.Δ. 696/1974 (ΦΕΚ 301/Α` 8.10.1974). Περί αμοιβών μηχανικών δια σύνταξιν μελετών, επίβλεψιν, παραλαβήν κλπ Συγκοινωνιακών, Υδραυλικών και Κτιριακών Εργων, ως και Τοπογραφικών, Κτηματογραφικών και Χαρτογραφικών Εργασιών και σχετικών τεχνικών προδιαγραφών μελετών.
- Ν. 4258/2014 (ΦΕΚ Α 94/14-4-2014) Διαδικασία Οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορρέυματα ρυθμίσεις Πολεοδομικής νομοθεσίας και άλλες διατάξεις.

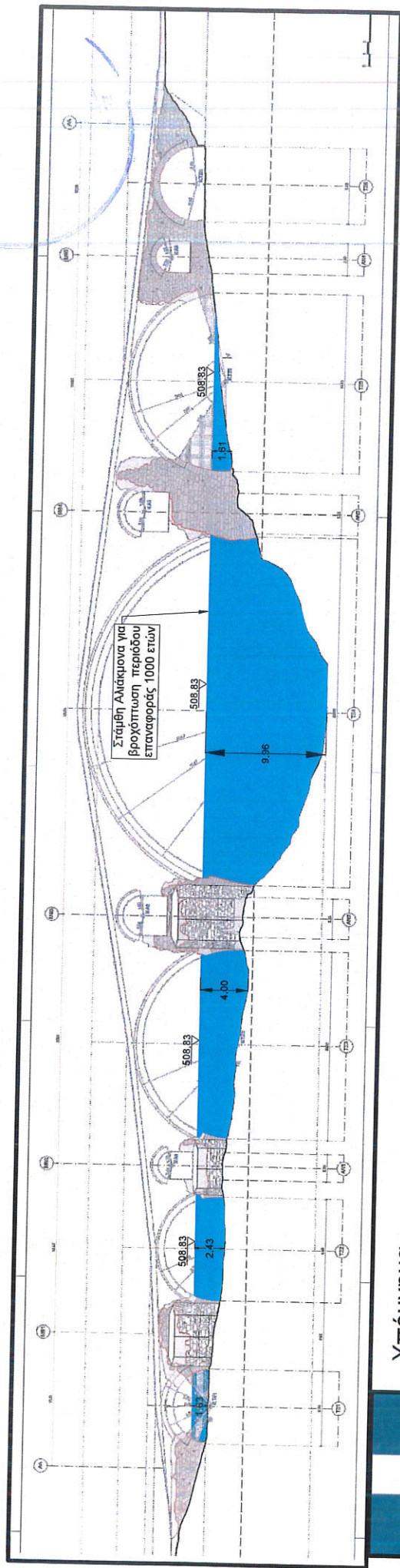




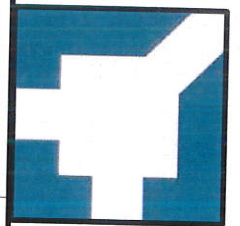




ΑΠΟΣΤΑΣΗ
ΑΠΟ ΛΕΩΝΙΑ (m)
ΥΨΟΜΕΤΡΑ
ΕΔΑΦΟΣ (m)



Υπόμνημα



Βροχόμενη Διατομή

