



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Σύγχρονες Τεχνολογίες Διαχείρισης Περιβαλλοντικών Κινδύνων»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Προσομοίωση υδραυλικών παραμέτρων σε τμήμα του
ποταμού Πάμισου**

Μαρία Ψωμιάδου

A.Γ.Μ.: M061922008

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια/ Επιβλέπων Καθηγητής:

1. Φαρσιρώτου Ευαγγελία, Καθηγήτρια Τ.Γ.Ι.Υ.Π.
2. Αλαμανής Νικόλαος, Αναπλ. Καθηγητής Τ.Γ.Α.

Βόλος, Οκτώβριος 2023



UNIVERSITY OF THESSALY

INTERDEPARTMENTAL POSTGRADUATE STUDIES PROGRAMME

“Advanced Technologies for Environmental Risk Management”

POSTGRADUATE MASTER’ S THESIS

**Simulation of hydraulic parameters in a
section of Pamisos river**

Maria Psomiadou

PN: M061922008

Supervisors:

1. Farsirotou Evangelia, Professor D.I.A.E.
2. Alamanis Nicolaos, Associate Professor D.A.A

Volos, October 2023

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Σύγχρονες Τεχνολογίες Διαχείρισης Περιβαλλοντικών Κινδύνων»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΕΛ)

«Προσομοίωση υδραυλικών παραμέτρων σε τμήμα του ποταμού Πάμισου»

POSTGRADUATE MASTER'S THESIS (EN)

«Simulation of hydraulic parameters in a section of Pamisos river»

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14/10/2023

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια/ Επιβλέπων Καθηγητής:

1. Φαρσιρώτου Ευαγγελία, Καθηγήτρια Τ.Γ.Ι.Υ.Π.
2. Αλαμανής Νικόλαος, Αναπλ. Καθηγητής Τ.Γ.Α.

Κωτσόπουλος Σπυρίδων
Καθηγητής Π.Θ.
Μέλος

Αλαμανής Νικόλαος
Αν. Καθηγητής Τ.Γ.Α.
Μέλος

Μαρία Ψωμιάδου

Πολιτικός Μηχανικός Τ.Ε.

Copyright © Μαρία Ψωμιάδου, (2023)

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται στη συγγραφέα.

Το περιεχόμενο της διπλωματικής εργασίας εκφράζει τις απόψεις της συγγραφέα και ουδεμία ευθύνη για το περιεχόμενο φέρουν οι επιβλέποντες και η εξεταστική επιτροπή γι' αυτό.

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπογράφως ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή.

Έχω αναφέρει πλήρως και με σαφείς αναφορές, όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης.

Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των ανωτέρω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στη Διπλωματική μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης του Μεταπτυχιακού Τίτλου των Μεταπτυχιακών Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων.

Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Μ.Δ.Ε. προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας.

Μαρία Ψωμιάδου

Υπογραφή:

Ημερομηνία: Οκτώβριος 2023

Στην Αλεξάνδρα και στον Θεμιστοκλή

Να κυνηγάτε τα όνειρά σας..

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στους Επιβλέποντες καθηγητές της εργασίας αυτής, την κα Ευαγγελία Φαρσιρώτου και τον κ. Νικόλαο Αλαμανή για την ευκαιρία που μου έδωσαν να εργαστώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα, για την πολύτιμη βοήθειά τους, τη διαρκή υποστήριξη και ενθάρρυνσή τους και για τις χρήσιμες συμβουλές τους σε πολλά σημεία της εργασίας μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω και τον υποψήφιο διδάκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Νικόλαο Ξαφούλη, για τη συμβολή και την πολύτιμη βοήθειά του, την καθοδήγηση και ενθάρρυνσή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον σύζυγό μου και ιδιαιτέρως στα παιδιά μου για τον χρόνο που τους στέρησα από εμένα και για την ανοχή τους καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου. Ένα μεγάλο ευχαριστώ επίσης στους γονείς μου, που είναι πάντα δίπλα μου σε ότι κάνω, με στηρίζουν στις αποφάσεις μου και με βοηθούν με κάθε δυνατό τρόπο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Αντικείμενο της εργασίας.....	1
1.2 Διάρθρωση της εργασίας	1
1.3 Γενικά	3
1.3.1 Υδρολογικός κύκλος / Κύκλος του νερού	3
1.3.2 Πλημμύρες	4
1.3.3 Μέτρα προστασίας από κινδύνους πλημμύρας	5
1.3.4 Οδηγία 2007/60/ΕΚ	6
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	8
2.1 Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας.....	8
2.2 Γεωλογικές – Υδρογεωλογικές Συνθήκες.....	10
2.3 Θέση και διοικητική διαίρεση περιοχής μελέτης.....	11
2.4 Χρήσεις γης	12
2.5 Προστατευόμενες περιοχές	13
2.6 Λεκάνη απορροής περιοχής μελέτης	14
2.1 Ιστορικά γεγονότα πλημμύρας στην ευρύτερη περιοχή μελέτης.....	16
2.1.1 Γενικά	16
2.1.2 Μεσογειακός κυκλώνας «Ιανός».....	21
2.1.2.1 Καταστροφές από τον Μεσογειακό κυκλώνα «Ιανό» στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας	23
2.1.2.2 Καταστροφές από τον Μεσογειακό κυκλώνα «Ιανό» στην περιοχή μελέτης.....	26
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	28
3.1 Υδραυλική προσομοίωση	28
3.1.1 Το λογισμικό HEC-RAS	28
3.1.1.1 Γενικά για το λογισμικό	28

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3.1.1.2	Εξισώσεις υπολογισμού της στάθμης ελεύθερης επιφάνειας	29
3.1.1.3	Εξίσωση Manning	31
3.1.1.4	Αρχή διατήρησης της ορμής.....	32
3.1.1.5	Υδραυλική προσομοίωση γεφυρών	33
3.1.2	Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα HEC-RAS	34
3.1.2.1	Εισαγωγή γεωμετρικών δεδομένων	34
3.1.2.2	Εισαγωγή υδρολογικών δεδομένων	40
3.1.3	Υδραυλική προσομοίωση μέσω του λογισμικού HEC-RAS	44
3.1.3.1	Προσομοίωση Μόνιμης ροής (Steady Flow).....	44
3.1.3.2	Προσομοίωση Μη Μόνιμης ροής (Unsteady Flow).....	46
3.2	Συλλογή στοιχείων πλημμυρικών συμβάντων στην περιοχή του Μουζακίου	
	Καρδίτσας, με τη χρήση της πλατφόρμας ArcGIS Survey123	47
3.2.1	Γενικά για την πλατφόρμα Survey123.....	47
3.2.1.1	Ροή εργασίας Survey123	48
3.2.1.2	Τύποι ερωτήσεων.....	49
3.2.1.3	Επιλογές ερωτήσεων	50
3.2.1.4	Άλλες επιλογές	50
3.2.2	Δημιουργία Πλατφόρμας συλλογής στοιχείων πλημμυρικών συμβάντων στην περιοχή του Μουζακίου	51
3.2.2.1	Βήματα για τη δημιουργία και δημοσίευση της έρευνας	51
4.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	55
4.1	Αποτελέσματα υδραυλικής προσομοίωσης	55
4.1.1	Μόνιμη ροή.....	55
4.1.2	Μη Μόνιμη ροή	61
4.1.3	Ανάλυση αποτελεσμάτων μόνιμης και μη μόνιμης ροής – Σύγκριση	67

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

4.1.3.1	Σύγκριση μόνιμης ροής ανά διατομή για όλα τα σενάρια	67
4.1.3.2	Σύγκριση μόνιμης και μη μόνιμης ροής ανά διατομή	69
4.2	Προβολή αποτελεσμάτων πλατφόρμας συλλογής πλημμυρικών φαινομένων	80
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	81
5.1	Σύνοψη	81
5.2	Γενικά συμπεράσματα.....	81
5.3	Ειδικά συμπεράσματα.....	82
5.4	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα – Συζήτηση	83
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ο κύκλος του νερού (Πηγή: https://physicsgg.me/).....	3
Εικόνα 2. Λεκάνες Απορροής Ποταμών στο ΥΔ Θεσσαλίας (κόκκινο χρώμα) και κύριοι ποταμοί και λίμνες (Πηγή: 1η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θεσσαλίας (ΕΛ 08), 2017).....	8
Εικόνα 3. Μορφολογικός χάρτης του ΥΔ Θεσσαλίας (Πηγή: 1η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θεσσαλίας (ΕΛ 08), 2017).....	9
Εικόνα 4. Περιοχή μελέτης και Πάμισος ποταμός (μπλε χρώμα) (Υπόβαθρο: google maps). 12	
Εικόνα 5. Χάρτης χρήσεων γης (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Ηπείρου, Δυτικής Στερεάς Ελλάδας και Θεσσαλίας, ίδια επεξεργασία).....	13
Εικόνα 6. Θέση περιοχής μελέτης εκτός δικτύου Natura 2000 (Πηγή: https://natura2000.eea.europa.eu/ , ίδια επεξεργασία).....	14
Εικόνα 7. Σχηματοποίηση των υπολεκανών και των κόμβων του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης (Πηγή: ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, 2018, ίδια επεξεργασία)....	15
Εικόνα 8. Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας από ποτάμιες ροές (Πηγή: https://floods.ypeka.gr/ , ίδια επεξεργασία)	16
Εικόνα 9. Κυριότερες ειδήσεις για την έντονη και μεγάλης διάρκειας κακοκαιρία «Daniel» στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας (Πηγή: https://www.google.com/).....	20
Εικόνα 10. Πλημμυρικά φαινόμενα στον Δήμο Μουζακίου κατά την κακοκαιρία «Διομήδης» (Πηγή: https://mouzakinews.gr/).	21
Εικόνα 11. Εκκένωση οικισμού στην Καρδίτσα κατά την κακοκαιρία «Θησέας» (Πηγή: https://www.thepressroom.gr/).....	21
Εικόνα 12. Πλημμύρα λόγω υπερχειλίσης του ποταμού Καλέντζη στο νομό Καρδίτσας (Πηγή: https://www.newsnowgr.com/).	21
Εικόνα 13. Πλημμύρα στους Σοφάδες Καρδίτσας το 2011 (Πηγή: https://www.newsbeast.gr/).	21

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 14. Χάρτης των επιθεωρήσεων των γεφυρών οι οποίες πραγματοποιήθηκαν 2 και 3 Οκτωβρίου 2020 στην περιοχή γύρω από την Καρδίτσα (Πηγή: Zekkos D. et al., 2020).....	24
Εικόνα 15. Παραδείγματα δημοσιεύσεων σε μέσα κοινωνικής δικτύωσης (tweets) αναφορικά με το φαινόμενο του «Ιανού» στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας.	25
Εικόνα 16. Κατάρρευση γέφυρας στο σημείο 11 (Εικ. 14), στην περιοχή μελέτης λόγω των επιπτώσεων του μεσογειακού κυκλώνα «Ιανού» (Πηγή: https://longform.protothema.gr/) 26	26
Εικόνα 17. Ορθοφωτογραφία της γέφυρας στο σημείο 11 (Εικ. 14), κοντά στο χωριό Μουζάκι (2 Οκτωβρίου 2020) (Πηγή: Zekkos D. et al., 2020).....	27
Εικόνα 18. Περιοχή μελέτης – Διατομές υδατορρεύματος και θέση γέφυρας (Υπόβαθρο: google maps)	36
Εικόνα 19. Εισαγωγή υδρολογικών δεδομένων στο HEC-RAS για μόνιμη ροή.....	41
Εικόνα 20. Εισαγωγή υδρολογικών δεδομένων στο HEC-RAS για μη μόνιμη ροή	43
Εικόνα 21. Ρύθμιση παραμέτρων για εκτέλεση προσομοίωσης μόνιμης ροής.....	45
Εικόνα 22. Εκτέλεση προσομοίωσης μόνιμης ροής.....	45
Εικόνα 23. Ρύθμιση παραμέτρων για εκτέλεση προσομοίωσης μη μόνιμης ροής.....	46
Εικόνα 24. Εκτέλεση προσομοίωσης μη μόνιμης ροής	47
Εικόνα 25. Διάταξη πλατφόρμας Survey123.	52
Εικόνα 26. Προσθήκη ερωτήσεων στην έρευνα και προεπισκόπηση.....	53
Εικόνα 27. Πλημμυρισμένες περιοχές στην περιοχή της Θεσσαλίας κατά τη διάρκεια του καιρικού φαινομένου «Daniel» (Πηγή: /Copernicus EU).	84
Εικόνα 28. Πλημμυρισμένες περιοχές στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας, κατά τη διάρκεια του καιρικού φαινομένου «Ιανός» (Πηγή: /Copernicus EU).....	84
Εικόνα 29. Συνολικό ύψος βροχής σε χιλιοστά για το χρονικό διάστημα 4-8/09/2023. Σκίαση: Περιοχές άνω των 300 χιλιοστών. (Πηγή: https://worldview.earthdata.nasa.gov/).	86

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Συντελεστής τραχύτητας manning (Πηγή: U.S. Army Corps of Engineers, 2016) .	34
Πίνακας 2. Εισαγωγή συντελεστή τραχύτητας Manning στην κεντρική κοίτη και στις όχθες	40
Πίνακας 3. Δεδομένα Παροχών αιχμής για διαφορετικές συνθήκες και περιόδους επαναφοράς στον κόμβο J5 (Πηγή: ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας)	42
Πίνακας 4. Τύποι ερωτήσεων που μπορούν να προστεθούν στην έρευνα	49
Πίνακας 5. Ετικέτες ερωτήσεων που έχουν δημοσιευθεί στην έρευνα, κείμενο υπόδειξης και λεπτομέρειες.....	54
Πίνακας 6. Επεξήγηση υπομνήματος σεναρίων μόνιμης ροής.....	55
Πίνακας 7. Συγκριτικός πίνακας μόνιμης με μη μόνιμη ροή - Στάθμες νερού ανά διατομή..	79
Πίνακας 8. Τα 8 μεγαλύτερα ύψη βροχής. Σύγκριση «Ιανού» -«Daniel» (πηγή: meteo, Εθνικό Αστεροσκοπείο).	85

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση της αρχής διατήρησης της ορμής μεταξύ δυο διατομών (Πηγή: Hydrologic Engineering Center)	33
Σχήμα 2. Διατομές του υπό μελέτη υδατορρεύματος και θέση νέας γέφυρας.....	37
Σχήμα 3. Διαμορφωμένες διατομές ανάντη και κατάντη της γέφυρας.....	38
Σχήμα 4. Όψη τεχνικού (Πηγή: Οριστική Στατική Μελέτη «Αποκατάσταση των ζημιών στις υφιστάμενες οδικές καθώς και σε λοιπές υποδομές στην Περιφέρεια Θεσσαλίας που προκλήθηκαν από τον μεσογειακό κυκλώνα «Ιανός» στις 18 & 19 Σεπτεμβρίου 2020»)	39
Σχήμα 5. Περιβάλλον παραθύρου Cross Section.....	39
Σχήμα 6. Υδρογράφημα για δυσμενείς συνθήκες και περίοδο επαναφοράς 100 έτη	44
Σχήμα 7. Ροή εργασίας του Survey123 (Πηγή: https://doc.arcgis.com/).....	48
Σχήμα 8. Επιλογή για δημιουργία κενής έρευνας (Πηγή: https://survey123.arcgis.com/). ...	52
Σχήμα 9. Διατομή 209 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.....	56
Σχήμα 10. Διατομή 208 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.....	56
Σχήμα 11. Διατομή 207 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.....	57
Σχήμα 12. Διατομή 206 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.....	57
Σχήμα 13. Διατομή 205 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.....	58
Σχήμα 14. Διατομή 204 ανάντη γέφυρας - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.....	58
Σχήμα 15. Διατομή 204 κατάντη γέφυρας - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.....	59
Σχήμα 16. Διατομή 203 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.....	59

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 17. Διατομή 202 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.....	60
Σχήμα 18. Μηκοτομή - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα προφίλ	60
Σχήμα 19. Διατομή 207 - Αποτελέσματα προσομοίωσης με μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στον χρόνο έναρξης και λήξης του υδρογραφήματος και στους ενδιάμεσους χρόνους.	61
Σχήμα 20. Διατομή 209 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.....	62
Σχήμα 21. Διατομή 208 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.....	62
Σχήμα 22. Διατομή 207 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.....	63
Σχήμα 23. Διατομή 206 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.....	63
Σχήμα 24. Διατομή 205 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.....	64
Σχήμα 25. Διατομή 204 ανάντη της γέφυρας - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.	64
Σχήμα 26. Διατομή 204 κατόντη της γέφυρας - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος	65
Σχήμα 27. Διατομή 203 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.....	65
Σχήμα 28. Διατομή 202 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.....	66
Σχήμα 29. Μηκοτομή - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα προφίλ.	66
Σχήμα 30. Σύγκριση στάθμης νερού ανά διατομή υπό συνθήκες μόνιμης ροής, ευμενείς συνθήκες, για περιόδους επαναφοράς 50, 100, 1000 έτη.....	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 31. Σύγκριση στάθμης νερού ανά διατομή υπό συνθήκες μόνιμης ροής, μέσες συνθήκες, για περιόδους επαναφοράς 50, 100, 1000 έτη.....	68
Σχήμα 32. Σύγκριση στάθμης νερού ανά διατομή υπό συνθήκες μόνιμης ροής, δυσμενείς συνθήκες, για περιόδους επαναφοράς 50, 100, 1000 έτη.....	68
Σχήμα 33. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 209.	70
Σχήμα 34. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 208.	71
Σχήμα 35. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 207.	72
Σχήμα 36. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 206.	73
Σχήμα 37. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 205	74
Σχήμα 38. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 204, ανάντη της γέφυρας.	75
Σχήμα 39. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 204, κατόντη της γέφυρας.	76
Σχήμα 40. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 203.	77
Σχήμα 41. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 202.	78
Σχήμα 42. Διάγραμμα Στάθμης νερού ανά διατομή για μόνιμη και μη μόνιμη ροή.....	79

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΥΔ	Υδατικό διαμέρισμα
ΛΑΠ	Λεκάνη Απορροής
ΥΠ.ΕΝ.	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΖΔΥΚΠ	Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας
Τ.Κ.	Τοπικές Κοινότητες
ΨΜΕ	Ψηφιακό μοντέλο εδάφους
ΒΔ	Βορειοδυτικά
ΣΔΛΑΠ	Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

MEDICANE	Mediterranean Hurricane
(1D)	Μονοδιάστατη
(2D)	Δισδιάστατη
HEC	Hydrologic Engineering Center
RAS	River Analysis System
GIS	Geographical Information Systems
U.S.A.C.E.	United States Army Corps of Engineers
U.S.	United States
204 BR U	204 Bridge Upstream
204 BR D	204 Bridge Downstream

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αποτελεί η προσομοίωση των υδραυλικών παραμέτρων σε ένα τμήμα του ποταμού Πάμισου, κοντά στην περιοχή του Μουζακίου, του Ν. Καρδίτσας, η οποία επλήγη από πλημμυρικά συμβάντα. Πλημμυρικά φαινόμενα εμφανίζονται εδώ και πολλά χρόνια σε πολλές χώρες με καταστροφικές πολλές φορές συνέπειες, με αποτέλεσμα να γίνονται σημαντικές προσπάθειες για την πρόληψη και αντιμετώπιση τους.

Στα πλαίσια της εκτίμησης του πλημμυρικού κινδύνου, εφαρμόστηκε υδραυλική προσομοίωση της ροής κατά μήκος τμήματος του φυσικού υδατορρεύματος του ποταμού «Πάμισου», Νοτιοδυτικά της περιοχής του Μουζακίου Καρδίτσας. Η περιοχή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς έχει εμφανίσει στο παρελθόν αρκετά πλημμυρικά φαινόμενα με τελευταίο αυτό της κακοκαιρίας «Daniel», τον Σεπτέμβρη του 2023, καθώς και τον μεσογειακό κυκλώνα «Ιανός», τον Σεπτέμβρη του 2020, με καταστροφικές συνέπειες για την περιοχή. Μεταξύ των υπολοίπων καταστροφών κατά τη διάρκεια του φαινομένου «Ιανός», η παλαιά γέφυρα Πευκόφυτου- Μουζακίου καταστράφηκε και στη θέση της κατασκευάστηκε η νέα γέφυρα της περιοχής μελέτης της παρούσας εργασίας, με ημερομηνία παράδοσης τον Μάιο του 2023.

Η υδραυλική προσομοίωση τμήματος του φυσικού υδατορρεύματος έχει γίνει με τη βοήθεια του λογισμικού HEC-RAS. Στη φύση οι ροές είναι συνήθως μη μόνιμες και ανομοιόμορφες, μιας και τα φυσικά μεγέθη που της προσδιορίζουν όπως η παροχή, η ταχύτητα και η πίεση μεταβάλλονται συνεχώς κατά μήκος της ροής. Αρχικά, η αριθμητική προσομοίωση πραγματοποιήθηκε υπό συνθήκες μόνιμης ροής για εννέα διαφορετικά σενάρια. Τα σενάρια που εξετάστηκαν κατηγοριοποιούνται βάση της πιθανότητας πλημμύρας σε χαμηλή (ευμενείς συνθήκες), μέση (μέσες συνθήκες), υψηλή (δυσμενείς συνθήκες) για περιόδους επαναφοράς τα 50, 100 και 1000 έτη. Για συνθήκες μη μόνιμης ροής επιλέχθηκε να εξετασθεί το σενάριο των δυσμενών συνθηκών με περίοδο επαναφοράς τα 100 έτη, καθώς είναι ένα σύνηθες σενάριο, υπέρ της ασφάλειας.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των υδραυλικών προσομοιώσεων, δίνουν τη δυνατότητα προσδιορισμού των διατομών με αυξημένη πιθανότητα υπερχείλισης,

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ενώ παράλληλα συγκρίνονται τα σενάρια και η ροή σε συνθήκες μόνιμης και μη μόνιμης ροής.

Τέλος, στην παρούσα εργασία δημιουργήθηκε μια διαδικτυακή πλατφόρμα συλλογής στοιχείων για πλημμυρικά συμβάντα της περιοχής του Μουζακίου, με σκοπό την ανάρτηση φωτογραφιών ή/και βίντεο από κατοίκους της ευρύτερης περιοχής, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντική έρευνα για την αξιολόγηση των αριθμητικών αποτελεσμάτων των υδραυλικών μοντέλων και τη βαθμονόμησή τους.

Λέξεις κλειδιά: (Πλημμύρα, Μουζάκι, Ιανός, Διαχείριση κινδύνου, Μόνιμη ροή, Μη μόνιμη ροή)

ABSTRACT

Subject of this master's thesis is the simulation of hydraulic parameters in a section of Pamisos river, near to the region of Mouzaki in Karditsa, which was affected by flood events. Floods have been occurring for many years in many countries with often disastrous consequences, therefore, significant efforts are being made to prevent and deal with the phenomenon.

For evaluating flood risk assessment, hydraulic simulation of the flow hydraulic parameters was applied along a part of the "Pamisos" river, placed Southwest of Mouzaki area in Karditsa region. The area is of particular interest as it has experienced several flooding events in the past, most recently with the Mediterranean cyclone "Daniel" in September 2023 and "Ianos" in September 2020, which had devastating consequences for the area. Among others, during the "Ianos" phenomenon, the old Pefkophyto - Mouzaki bridge was destroyed, and the new bridge studied in the current thesis, was built in its place and completed in May 2023.

The hydraulic simulation of the natural water flow will be made with the HEC-RAS software. In nature, flows are usually unsteady and non-uniform, since the physical quantities that define them such as flow, velocity and pressure are constantly varied along the flow. Firstly, the simulation was performed under steady flow conditions for nine different scenarios. The considered scenarios are categorized based on flood probability into low (favorable conditions), medium (average conditions), high (adverse conditions) for return periods of 50, 100 and 1000 years. and with unsteady flow. For unsteady flow conditions the scenario of adverse conditions with a return period of 100 years was considered, as it is a common scenario, in favor of safety.

Results obtained from the hydraulic simulations give the possibility to determine the cross-sections with an increased probability of overflow, while at the same time all scenarios are compared and the river flow under steady and unsteady flow conditions.

Finally, in this thesis of an online data collection platform is developed for flood events in the Mouzaki region for the purpose of posting photos and/or videos from residents of the wider area, in order to be used in future research to evaluate the numerical results of the hydraulic models and their calibration.

Key words: (Flood, Mouzaki, Ianos, Risk Management, Steady flow, Unsteady flow)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο της εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου και ο έλεγχος της υδραυλικής επάρκειας σε νέα τεχνικά έργα στον οικισμό Μουζακίου του νομού Καρδίτσας, ο οποίος επλήγη από το πλημμυρικό συμβάν του μεσογειακού κυκλώνα «Ιανού». Η παραπάνω εκτίμηση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού HEC-RAS. Υλοποιήθηκε προσομοίωση στην περιοχή μελέτης, η οποία βρίσκεται ανάντη της περιοχής του Μουζακίου Καρδίτσας. Αποτέλεσμα της προσομοίωσης ήταν ο υπολογισμός της στάθμης του νερού σε εννιά διαφορετικά σενάρια μόνιμης ροής και σε μη μόνιμη ροή για δυσμενείς συνθήκες και περίοδο επαναφοράς τα 100 έτη.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Περιφερειακή Ενότητα της Θεσσαλίας και συγκεκριμένα βορειοδυτικά του Δήμου Καρδίτσας, σε απόσταση 3,14 χιλιόμετρα και νοτιοδυτικά του οικισμού του Μουζακίου. Η υδραυλική προσομοίωση της παρούσας εργασίας λαμβάνει χώρα στην περιοχή ανάντη του οικισμού του Μουζακίου, στη θέση της νέας οδικής γέφυρας Πευκόφυτου- Μουζακίου που κατασκευάστηκε και δόθηκε σε κυκλοφορία τον Μάιο του 2023 σε αντικατάσταση της παλιάς γέφυρας η οποία καταστράφηκε από τα πλημμυρικά φαινόμενα του μεσογειακού κυκλώνα «Ιανού» τον Σεπτέμβρη του 2020. Η περιοχή του Μουζακίου επιλέχθηκε για την υδραυλική μελέτη καθώς έχει πληγεί και στο παρελθόν από πλημμυρικά φαινόμενα.

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία απαρτίζεται από τα παρακάτω κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στο φαινόμενο των πλημμυρών, με αναφορά στον κύκλο του νερού, αναλύεται το φαινόμενο της πλημμύρας και των μέτρων που μπορεί να ληφθούν για την προστασία από πλημμυρικά φαινόμενα και αναφέρεται η Οδηγία της Ευρωπαϊκής ένωσης 2007/60/EK για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας.

Το δεύτερο κεφάλαιο αποτελεί την παρουσίαση της περιοχής μελέτης. Περιγράφεται αρχικά το Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας, αναφέρονται οι γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής Πηνειού και της λεκάνης απορροής ρεμάτων Αλμυρού –

Πηλίου και γίνεται περιγραφή της θέσης και της διοικητικής διαίρεσης της περιοχής μελέτης. Στη συνέχεια αναφέρονται οι χρήσεις γης και η ύπαρξη η όχι προστατευόμενων περιοχών στην περιοχή μελέτης. Κατόπιν, περιγράφεται η λεκάνη απορροής του Πάμισου ποταμού και τέλος γίνεται αναφορά στις ιστορικές πλημμύρες της ευρύτερης περιοχής μελέτης και ιδιαίτερα στον μεσογειακό κυκλώνα «Ιανό». Αναφορά στον μεσογειακό κυκλώνα «Daniel» δεν γίνεται καθώς η εργασία είχε προγραμματιστεί και ολοκληρωθεί σε μεγάλο μέρος πριν από την εμφάνισή του.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται τα υλικά και οι μέθοδοι της εκπόνησης της υδραυλικής προσομοίωσης. Αρχικά αναγράφονται κάποια βασικά στοιχεία για το λογισμικό HEC-RAS, με το οποίο πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση και αναφέρονται οι παραδοχές και εξισώσεις πάνω στις οποίες στηρίζεται η δομή του προγράμματος. Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή της εισαγωγής της γεωμετρίας του υδατορρεύματος και των υδραυλικών παραμέτρων στο πρόγραμμα και αναγράφεται η διαδικασία που ακολουθείται για την προσομοίωση της ροής. Επιπλέον, γίνεται μια γενική αναφορά των δυνατοτήτων και χαρακτηριστικών της πλατφόρμας ArcGIS Survey123. Η συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία μιας πλατφόρμας συλλογής στοιχείων διαφόρων πλημμυρικών συμβάντων στην περιοχή του Μουζακίου. Στη συνέχεια αναγράφονται τα στάδια δημιουργίας και δημοσίευσης της συγκεκριμένης πλατφόρμας συλλογής πληροφοριών.

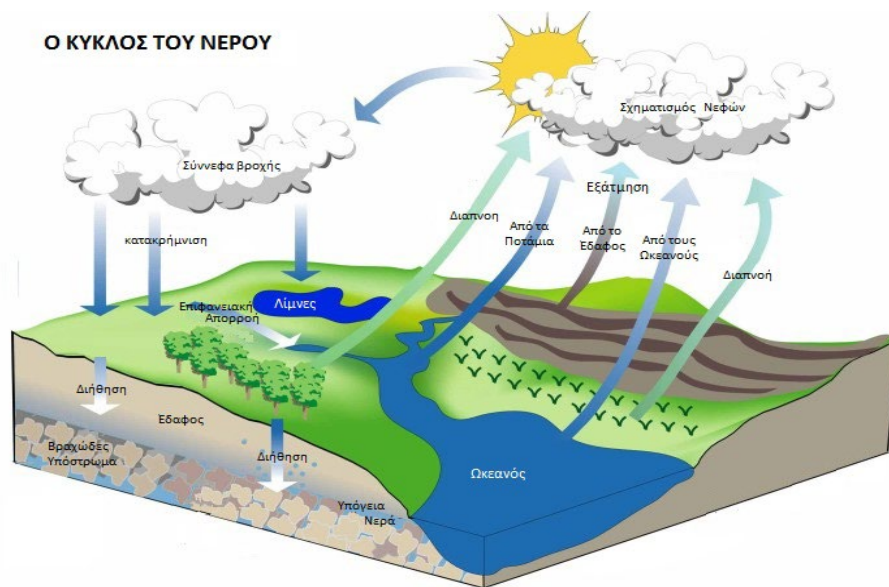
Στο τέταρτο κεφάλαιο προβάλλονται τόσο τα αποτελέσματα της υδραυλικής προσομοίωσης για συνθήκες μόνιμης και μη μόνιμης ροής όσο και τα αποτελέσματα από τη δημοσίευση της πλατφόρμας συλλογής πληροφοριών.

Το πέμπτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και υπάρχουν προτάσεις για μελλοντική έρευνα, με βάση και την πρόσφατη κακοκαιρία «Daniel» και το πλημμυρικό φαινόμενο που έπληξε το μεγαλύτερο μέρος της Θεσσαλίας, κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, τον Σεπτέμβριο του 2023.

1.3 Γενικά

1.3.1 Υδρολογικός κύκλος / Κύκλος του νερού

Με τον όρο κύκλος του νερού, ή αλλιώς υδρολογικός κύκλος, εννοούμε τη συνεχή ανακύκλωση του νερού που υπάρχει στην υδρόσφαιρα της γης, στη λιθόσφαιρα (στο έδαφος και το υπέδαφος) και στην ατμόσφαιρα. Η κυκλική διαδικασία που ακολουθείται επιτυγχάνεται λόγω της ακτινοβολίας του ήλιου, η οποία αποτελεί την κινητήριο δύναμη για την εκκίνησή της. Έτσι, ανακυκλώνεται ουσιαστικά η ποσότητα του νερού και παραμένει σταθερή, δισεκατομμύρια τώρα χρόνια (Εικ. 1).



Εικόνα 1. Ο κύκλος του νερού (Πηγή: <https://physicsgg.me/>).

Η φυσική κατάσταση του κύκλου του νερού αλλάζει συνεχώς, από τη στερεά μορφή με τους πάγους, στην υγρή μορφή των θαλασσών, των λιμνών και των ποταμών και τέλος στην αέρια μορφή των υδρατμών. Ο κύκλος του νερού δεν έχει αρχή και τέλος, θα μπορούσε όμως η αρχική του κατάσταση να θεωρηθεί στην ατμόσφαιρα. Το νερό από την ατμόσφαιρα κατακρημνίζεται στη γη με τη μορφή της βροχής, του χιονιού, του χαλαζιού. Ένα μέρος αυτού του νερού εξατμίζεται και ένα μέρος εισχωρεί μέσα στο έδαφος και κινείται είτε μέσα στους υπόγειους υδροφορείς, είτε προς τις πιο χαμηλές σε υψόμετρο περιοχές, με αποτέλεσμα να καταλήξει στις θάλασσες στις λίμνες ή στα ποτάμια.

Μία από τις κύριες διεργασίες του κύκλου του νερού είναι η *επιφανειακή απορροή*, με τη δημιουργία ρεμάτων τα οποία καταλήγουν στη θάλασσα. Η μεγαλύτερη ποσότητα άλλωστε των κατακρημνισμάτων καταλήγει απευθείας στους ωκεανούς. Εκτός από τους ωκεανούς, μπορεί να καταλήξει σε λίμνες και ποταμούς, οι οποίες είναι οι δύο κύριες αποθήκες γλυκού νερού. *Κατακρήμνιση* είναι η διαδικασία κατά την οποία το νερό μέσω των διάφορων φάσεων του (βροχή, χαλάζι ή χιόνι), καταλήγει στη γήινη ή υδάτινη επιφάνεια. Η *υπόγεια απορροή* είναι μια άλλη διεργασία, μέσω της οποίας οι κατακρημνίσεις του νερού καταλήγουν στις υδάτινες επιφάνειες. Η *εξάτμιση* είναι η διεργασία κατά την οποία η θερμική ενέργεια προκαλεί το νερό να ανέβει στα ανώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας, υδρατμών. Η εξάτμιση των ωκεανών είναι μάλιστα το κύριο μέσο με το οποίο το νερό περνάει στην ατμόσφαιρα

1.3.2 Πλημμύρες

Οι φυσικοί κίνδυνοι, τις τελευταίες δεκαετίες, προκαλούν αρκετά σημαντικές ζημιές τόσο στο φυσικό, όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Οι πλημμύρες συγκαταλέγονται και αυτές μεταξύ των πλέον καταστροφικών κινδύνων, οι οποίοι έχουν σχέση με το νερό, ευθύνονται για την απώλεια ανθρώπινων ζωών κυρίως, τις ζημιές που μπορεί να προκαλέσουν στις υποδομές, καθώς και τις οικονομικές απώλειες (Tsakiris, 2014).

Οι πλημμύρες συμβαίνουν για διάφορους λόγους, όπως υπερχειλίση ποταμών, έντονες βροχοπτώσεις, τσουνάμι ή παράκτιες καταιγίδες. Οι πλημμύρες στις ορεινές λεκάνες είναι έντονες, λόγω των μεγάλων κλίσεων και οι βροχοπτώσεις είναι χρονικά και χωρικά μεταβλητές και δε δίνουν χρόνο για προειδοποιήσεις. Οι αστραπιαίες πλημμύρες συνήθως συμβαίνουν σε ορεινές λεκάνες απορροής των ποταμών, οι οποίες αποστραγγίζουν λιγότερο από 1.000 km². Οι πλημμύρες αποτελούν ένα κοινό αλλά εξαιρετικά επικίνδυνο φυσικό φαινόμενο με πολλές επιπτώσεις. Το 40% περίπου των θανάτων οι οποίοι συνδέονται με πλημμύρες στην Ευρώπη μεταξύ 1950 και 2006 αφορούν αστραπιαίες πλημμύρες. Η Μεσόγειος είναι μία από τις πιο επιρρεπείς σε πλημμύρες περιοχή στον κόσμο, εξαιτίας των κλιματικών, γεωγραφικών και περιβαλλοντικών συνθηκών της, με πλημμύρες οι οποίες συμβαίνουν κατά μέσο όρο κάθε δύο χρόνια. Οι πλημμύρες είναι ένας από τους πιο θανατηφόρους και καταστροφικούς φυσικούς κινδύνους στη Μεσόγειο. Η Ελλάδα πλήττεται επίσης από πλημμύρες που προκαλούνται κυρίως από έντονες βροχοπτώσεις (π.χ.

πλημμύρες στην πόλη της Καρδίτσας η οποία προκλήθηκε από τον μεσογειακό κυκλώνα «Ianos» και η πρόσφατη πλημμύρα εξαιτίας της κακοκαιρίας «Daniel» η οποία έπληξε όλη τη Θεσσαλία), υπερχείλιση ποταμών και αστραπιαίες πλημμύρες (π.χ. πλημμύρα στη Μάνδρα με 24 νεκρούς η οποία προκλήθηκε από τον κυκλώνα Numa-Zenon). Η Ελλάδα έχει επίσης βιώσει πολλά πλημμυρικά φαινόμενα κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών (Xafooulis et al., 2023).

Η Ευρωπαϊκή ένωση κατατάσσει τις πλημμύρες στις παρακάτω κατηγορίες, αν και στην πραγματικότητα το φαινόμενο της πλημμύρας είναι αρκετά πολύπλοκο.

- Οι *παράκτιες πλημμύρες* είναι αυτές που δημιουργούνται λόγω της μεγάλης έντασης των ανέμων οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν μεγάλα κύματα. Σε κάποιες μάλιστα περιπτώσεις μπορούν να δημιουργηθούν παλίρροιες ή τσουνάμι, κατακλύζοντας μεγάλο μέρος της στεριάς.
- Οι *ποτάμιες πλημμύρες* είναι αυτές που σχηματίζονται κατά μήκος ποταμών και κυρίως τον χειμώνα, με το λιώσιμο του χιονιού και την υπερχείλιση λόγω συγκέντρωσης μεγάλης ποσότητας νερού.
- Οι *αστικές πλημμύρες* δημιουργούνται εξαιτίας της ανθρώπινης παρέμβασης με την κατασκευή δρόμων, κτιρίων κ.α. και την αλλαγή της δασικής περιοχής.
- Οι *πλημμύρες κατάκλισης*, οφείλονται σε περίσσεια των συσσωρευόμενων επιφανειακών υδάτων που γεμίζουν το αποχετευτικό σύστημα με αποτέλεσμα την αδυναμία απορρόφησής τους.
- Οι *αιφνίδιες πλημμύρες* τέλος, δημιουργούνται λόγω των ξαφνικών και έντονων βροχοπτώσεων με μεγάλη διάρκεια. Αυτή η κατηγορία πλημμυρών είναι και η πιο καταστροφική λόγω του ότι είναι απρόβλεπτη και δεν δίνεται χρονικό περιθώριο για αντίδραση από την πολιτεία.

1.3.3 Μέτρα προστασίας από κινδύνους πλημμύρας

Από τα αρχαία ακόμα χρόνια, οι άνθρωποι έδειχναν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τις πλημμύρες, μελετώντας όμως την πλημμύρα σε τοπικό επίπεδο, μη δίνοντας έμφαση στα ανάντη και κατάντη του ποταμού. Στις μέρες μας γίνεται μια ολοκληρωμένη μελέτη της λεκάνης απορροής με συνεργασία επιστημών πολλών κλάδων για την καλύτερη διαχείριση του φαινομένου.

Οι απώλειες που θα καταγραφούν από μια βροχοπτώση η οποία θα προκαλέσει πλημμύρα, εξαρτώνται κυρίως από την παρουσία ή μη αντιπλημμυρικών έργων, από το κατά πόσο έχει αλλοιωθεί το φυσικό περιβάλλον στη λεκάνη απορροής, την ανθρώπινη δραστηριότητα, καθώς και την ετοιμότητα που έχουν σε κάθε περίπτωση οι μηχανισμοί της πολιτικής προστασίας (Οικονόμου, 2013).

Με την κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων, εξασφαλίζεται η ασφαλής εισροή των παροχών πλημμύρας και το νερό μεταφέρεται και αποθηκεύεται σε άλλες περιοχές. Αντιπλημμυρικά έργα μπορεί να είναι η κατασκευή δικτύων αποχέτευσης και ομβρίων σε αστικές περιοχές, ταμειυτήρες ανάντη της λεκάνης απορροής για συγκέντρωση υδάτων, αναχώματα για συγκράτηση του νερού, η διαπλάτυνση ποταμού κ.α..

Εκτός όμως των κατασκευαστικών έργων, μπορεί να γίνει διαχείριση της πλημμύρας με μη κατασκευαστικά έργα, τα οποία έχουν ως στόχο τον περιορισμό των ροών πλημμύρας, τον μηχανισμό πρόγνωσης του κινδύνου, σχετική ενημέρωση πολιτών, συντήρηση υποδομών και αποκατάσταση βλαβών από τυχόν πλημμυρικά φαινόμενα. Κάποια από αυτά τα μη κατασκευαστικά έργα είναι τα συστήματα πρόβλεψης καταιγίδων, η συντήρηση των δικτύων ομβρίων και αποχέτευσης και η αναδάσωση των περιοχών που διαθέτουν μεγάλο κίνδυνο πλημμύρας.

Ένας σημαντικός ακόμα παράγοντας υπέρ της πρόληψης και μείωσης των απωλειών από τα πλημμυρικά φαινόμενα, είναι η παροχή αξιόπιστων πληροφοριών σε σχέση με τον κίνδυνο πλημμύρας σε μια περιοχή, με τη βοήθεια των πλημμυρικών χαρτών. Οι πλημμυρικοί χάρτες, εκτός του εντοπισμού των περιοχών οι οποίες είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες στο μέλλον, μπορεί να χρησιμεύσουν και σε επιχειρήσεις διάσωσης, οι οποίες έχουν σχέση με πλημμύρες. Τα έργα χαρτογράφησης στην Ευρώπη, σε μεγάλο ποσοστό ξεκίνησαν περίπου στα τέλη της δεκαετίας του 1990, και αυτό σαν συνέπεια των πλημμυρών που είχαν εμφανιστεί εκείνη την περίοδο. Το αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι ότι αρκετές πλέον ευρωπαϊκές χώρες διαθέτουν πλημμυρικούς χάρτες, οι οποίοι δημιουργούνται από οργανισμούς της κάθε χώρας και ασφαλιστικούς οργανισμούς.

1.3.4 Οδηγία 2007/60/ΕΚ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση στις 23 Οκτωβρίου 2007 δημιούργησε ένα πλαίσιο για την αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Η οδηγία αυτή είναι η επέκταση της οδηγίας

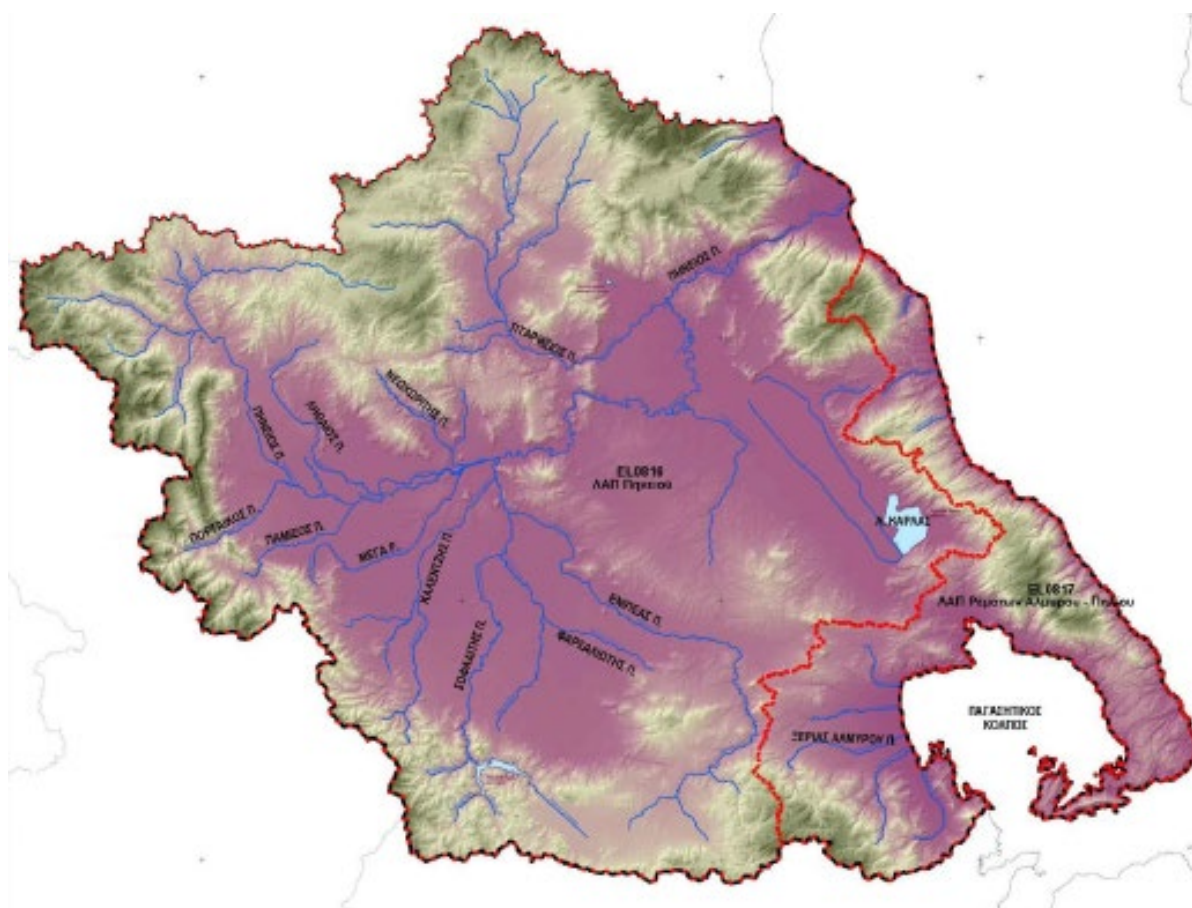
2000/60/Εκ για τα νερά. Στο πρώτο στάδιο της οδηγίας (Κεφάλαιο II) περιλαμβάνει προκαταρκτική αξιολόγηση για τους κινδύνους πλημμύρας και δημιουργία χαρτών με παρουσίαση τοπογραφικών χαρακτηριστικών και των χρήσεων γης των υπολεκανών. Εντοπίζονται μάλιστα οι ευάλωτες σε πλημμύρα περιοχές, οι οποίες διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο. Στο δεύτερο στάδιο (Κεφάλαιο III) της οδηγίας 2007/60/ΕΚ, απαιτούνται χάρτες πλημμυρικού κινδύνου απ' όλα τα κράτη - μέλη και χάρτες επικινδυνότητας για λεκάνες που έχουν από χαμηλή έως υψηλή επικινδυνότητα για πλημμύρα. Στους χάρτες επικινδυνότητας αναφέρονται οι συνέπειες όλων των πιθανών σεναρίων πλημμύρας ανά περιοχή. Σύμφωνα μάλιστα με την οδηγία, σε αυτό το στάδιο, οι Ευρωπαϊκές χώρες είχαν προθεσμία για την ολοκλήρωση των χαρτών επικινδυνότητας μέχρι το 2013. Στο τρίτο στάδιο και το τελευταίο, (Κεφάλαιο IV), τα κράτη – μέλη ολοκλήρωσαν τη δημιουργία των σχεδίων διαχείρισης της πλημμυρικής διακινδύνευσης με προθεσμία το 2015. Τα σχέδια αυτά δίνουν έμφαση στην πρόληψη από κινδύνου πλημμύρας, στην προστασία των περιοχών με μεγάλη πιθανότητα πλημμύρας και στην ετοιμότητα, με ενημέρωση του κόσμου για το τι πρέπει να κάνει σε περίπτωση πλημμύρας.

Τα τρία αυτά στάδια επαναλαμβάνονται κάθε έξι χρόνια, σεβόμενα παράλληλα την προηγούμενη οδηγία 2000/60/ΕΚ. Σε περιπτώσεις διακρατικών περιοχών, υπάρχει συντονισμός με βάση τον οποίο θα πρέπει να χειρίζονται από κοινού τα ζητήματα, χωρίς επιβαρύνσεις ή μια για την άλλη. Όλες οι χώρες οφείλουν να δείχνουν ενδιαφέρον και συμμετοχή στη διαδικασία αυτή και να δημοσιοποιούν τα σχέδια πλημμυρικού κινδύνου όταν αυτό είναι απαραίτητο.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας (κωδικός ΥΔ GR 08), σύμφωνα με την ειδική Γραμματεία Υδάτων και το Υπουργείο Περιβάλλοντος, το οποίο αποτελεί ένα από τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο τμήμα του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, το οποίο σχεδόν συμπίπτει με το αντίστοιχο γεωγραφικό διαμέρισμα, εκτείνεται εντός της Περιφέρειας Θεσσαλίας και περιλαμβάνει ένα μικρό μέρος από την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας και ελάχιστο από την Περιφέρεια Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας. (Εικ. 2).

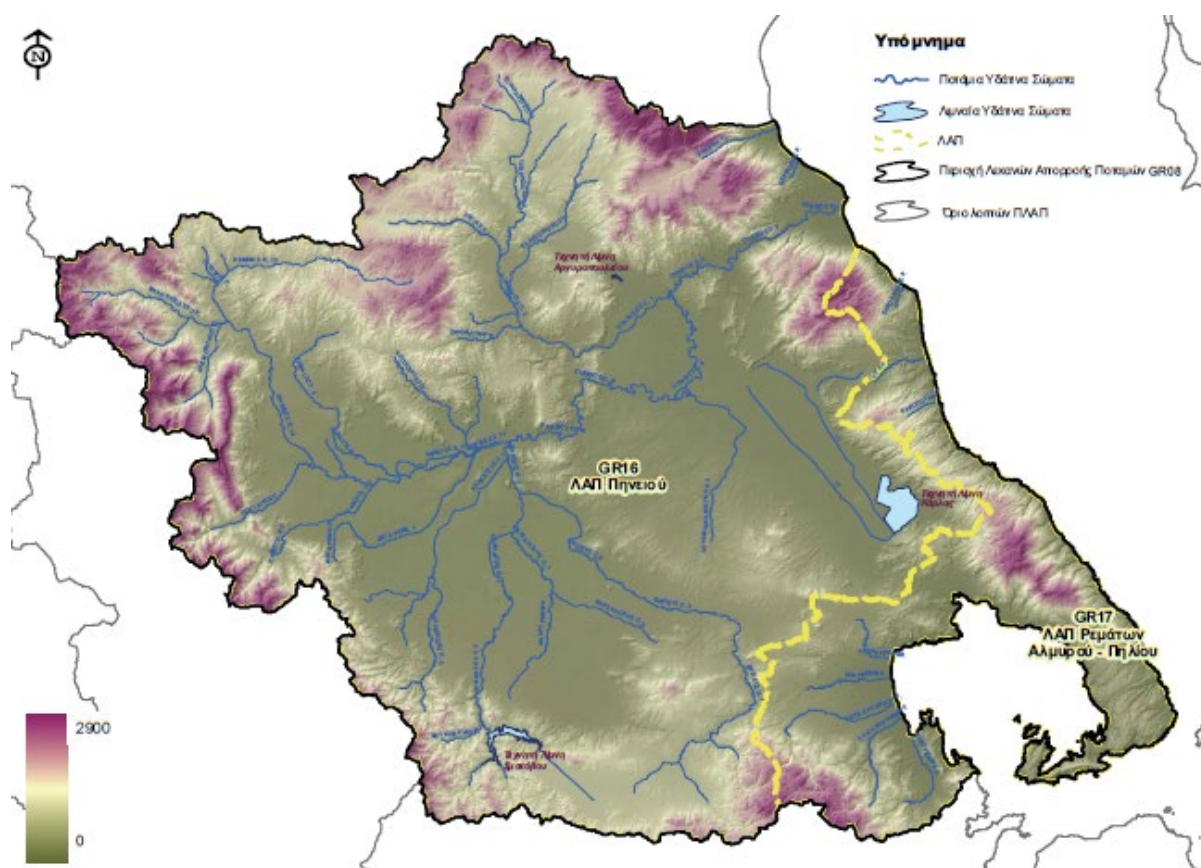


Εικόνα 2. Λεκάνες Απορροής Ποταμών στο ΥΔ Θεσσαλίας (κόκκινο χρώμα) και κύριοι ποταμοί και λίμνες (Πηγή: 1η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θεσσαλίας (ΕΛ 08), 2017).

Η συνολική έκταση του ΥΔ Θεσσαλίας εκτιμάται στα 13.377km². Το ΥΔ Θεσσαλίας έχει απλή γεωμορφολογική εικόνα, έχοντας ορεινά τμήματα περιμετρικά και στα κεντρικά τμήματα πεδινές περιοχές. Το Θεσσαλικό πεδίο, το οποίο αποτελεί και το μεγαλύτερο τμήμα του

διαμερίσματος, περιβάλλεται στα βόρεια από την οροσειρές του Ολύμπου - Καμβουνίων, στα δυτικά από την οροσειρά της Πίνδου, στα νότια από το όρος Όθρυς και ανατολικά από το όρο Πηλίου-Όσσας.

Το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας περιλαμβάνει δύο κύριες υδρολογικές λεκάνες (Εικ. 3), αυτή του Πηνειού (έκταση 11.062 km²) και αυτή των ρεμάτων Αλμυρού - Πηλίου (έκταση 2.079 km²) (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, 2018).



Εικόνα 3. Μορφολογικός χάρτης του ΥΔ Θεσσαλίας (Πηγή: 1η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θεσσαλίας (ΕΛ 08), 2017).

2.2 Γεωλογικές – Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Λεκάνη Απορροής (ΛΑΠ) Πηνειού (EL0816)

Στη Λεκάνη Απορροής (ΛΑΠ) του Πηνειού συναντάμε τις παρακάτω γεωτεκτονικές ζώνες και τα τεκτονικά παράθυρα: Ζώνη Πίνδου, Ενότητα Κόζιακα, Μαλιακή Ζώνη, Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα, Πελαγονική Ζώνη στην Ανατολική και Βόρεια Θεσσαλία, Ενότητα Αμπελακίων, Ενότητα Ολύμπου-Όσσας, Ενότητα Κρανιάς -Ελασσόνας, Σχηματισμοί Μεσοελληνικής Αύλακας (Πηγή: 1η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θεσσαλίας (EL 08), 2017).

Στους προαναφερόμενους σχηματισμούς, στα βυθίσματα των λεκανών, υπάρχουν νεογενείς σχηματισμοί όπως, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, μάργες, άργιλοι κ.α. και αποθέσεις τεταρτογενείς όπως υλικά αναβαθμίδων, αλλουβιακές αποθέσεις, κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα καθώς και παράκτιοι σχηματισμοί. Οι πιο νεογενείς αποθέσεις βρίσκονται στους λόφους μεταξύ της ανατολικής και της δυτικής Θεσσαλικής πεδιάδας και στο Σαραντάπορο. Οι τεταρτογενείς τέλος αποθέσεις βρίσκονται στο πεδινό τμήμα της Θεσσαλίας. Καθώς απομακρυνόμαστε από τους κύριους κώνους των χειμάρρων και των ποταμών οι οποίοι εκβάλλουν στα πεδινά και έχουν αδρομερή υλικά, παρατηρούμε ότι μειώνεται γενικά η κοκκομετρία των υλικών. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις της πεδινής ζώνης ποικίλουν σε πάχος, το οποίο δύναται να ξεπεράσει και τα 400m.

Στη ΛΑΠ Πηνειού, το κυρίαρχο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον έχει να κάνει με τις τεταρτογενείς αποθέσεις και αυτό γιατί σε αυτές υπάρχουν υπόγειες υδροφορίες υψηλού δυναμικού και μετά στα καρστικά συστήματα τα οποία φιλοξενούνται στις πεδινές εκτάσεις.

Δύο είναι τα κύρια υδρογεωλογικά κοκκώδη συστήματα της Θεσσαλικής πεδιάδας: Αυτό της δυτικής και αυτό της ανατολικής πεδιάδας. Στην πεδιάδα υπάρχουν και υδροφορίες επίσης, τοπικής σημασίας, στους γνευσιακούς σχηματισμούς, οι οποίες εκφορτίζονται μέσω πηγών που καλύπτουν τοπικές ανάγκες στον Κάτω Όλυμπο, στην Όσσα, στο Πήλιο, στο Μαυροβούνι και στη Χάσια.

Η δυναμικότητα στους υπόγειους υδροφορείς ποικίλει και εξαρτάται από την τροφοδοτική δυνατότητά τους και την κοκκομετρία στα αλλούβια και από την έκταση της αντίστοιχης υδρογεωλογικής λεκάνης και τον βαθμό καρστικοποίησης στους καρστικούς υδροφορείς. Οι

υδροφορίες των πετρωμάτων που είναι διερρηγμένα τέλος, εξαρτώνται σημαντικά από το ύψος της βροχής και από τον βαθμό της τεκτονικής καταπόνησης των διάφορων σχηματισμών, καθώς και το πάχος του αποσαθρωμένου μανδύα.

Λεκάνη Απορροής (ΛΑΠ) ρεμάτων Αλμυρού - Πηλίου (EL0817)

Στη ΛΑΠ των ρεμάτων Αλμυρού υπάρχουν γεωλογικοί σχηματισμοί της Ζώνης της Πίνδου. Η ζώνη αυτή καταλαμβάνει μια μικρή έκταση ανατολικά της ΛΑΠ. Υπάρχουν επίσης στην περιοχή το Ηωελληνικό τεκτονικό Κάλυμμα, η Μαλιακή Ζώνη, η Ενότητα των Αμπελακίων και Πελαγονική Ζώνη. Στα βυθίσματα των λεκανών έχουν αποτεθεί και νεογενείς σχηματισμοί, ασύμφωνα πάνω στους σχηματισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω, όπως ψαμμίτες, άργιλοι. Κροκαλοπαγή, μάργες κ.ά. Έχουν αποτεθεί επίσης τεταρτογενείς αποθέσεις όπως υλικά αναβαθμίδων, κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα, αλλουβιακές αποθέσεις καθώς και παράκτιοι σχηματισμοί. Τις αποθέσεις αυτές τις συναντάμε στα πεδινά του Αλμυρού και του Βόλου.

Όσον αφορά τις υπόγειες υδροφορίες της Λεκάνης Απορροής, αυτές απαντώνται στους ανθρακικούς σχηματισμούς και επηρεάζονται από το κατά πόσο διεισδύει η θάλασσα, καθώς επίσης και στους κοκκώδεις σχηματισμούς τεταρτογενών αποθέσεων στην πεδιάδα του Αλμυρού και στην πεδινή περιοχή του Βόλου. Η δυναμικότητά τους εξαρτάται από τις συνθήκες που τροφοδοτούνται και από την κοκκομετρία τους. Σε οφιολιθικά και πετρώματα μεταμορφωμένα των γνευσιοσχιστόλιθων συναντώνται υδροφορίες τοπικής σημασίας, οι οποίες εκφορτίζονται μέσω πηγών.

2.3 Θέση και διοικητική διαίρεση περιοχής μελέτης

Η λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας οριοθετείται και Νοτιοδυτικά του οικισμού του Μουζακίου Καρδίτσας (Εικ. 4). Την περιοχή μελέτης διασχίζει ο ποταμός Πάμισος, ο οποίος έχει συνολικό μήκος 25km. Ο Πάμισος ή αλλιώς Παλιούρης είναι ποταμός στο Νομό Καρδίτσας και Τρικάλων. Πηγάζει από τα Άγραφα, από την κορυφή Καρανούλα στη Ν. Πίνδο, κοντά στο χωριό Οξιά. Ο ποταμός διαρρέει τη δυτική πεδιάδα της Θεσσαλίας με κυριότερο τον οικισμό του Μουζακίου και συμβάλει στον Πηνειό, πριν εισέλθει στο Στενό Ζάρκου – Τίτανου.



Εικόνα 4. Περιοχή μελέτης και Πάμισος ποταμός (μπλε χρώμα) (Υπόβαθρο: google maps)

Ο Δήμος Μουζακίου, με έδρα το Μουζάκι, εντοπίζεται στα ΒΔ του Ν. Καρδίτσας. Η περιοχή ανήκει διοικητικά, σύμφωνα με το Πρόγραμμα Καλλικράτης (Ν.3852/2010), στην Περιφέρεια Θεσσαλίας (GR05). Η συνολική έκτασή του Δήμου είναι 313,048km².

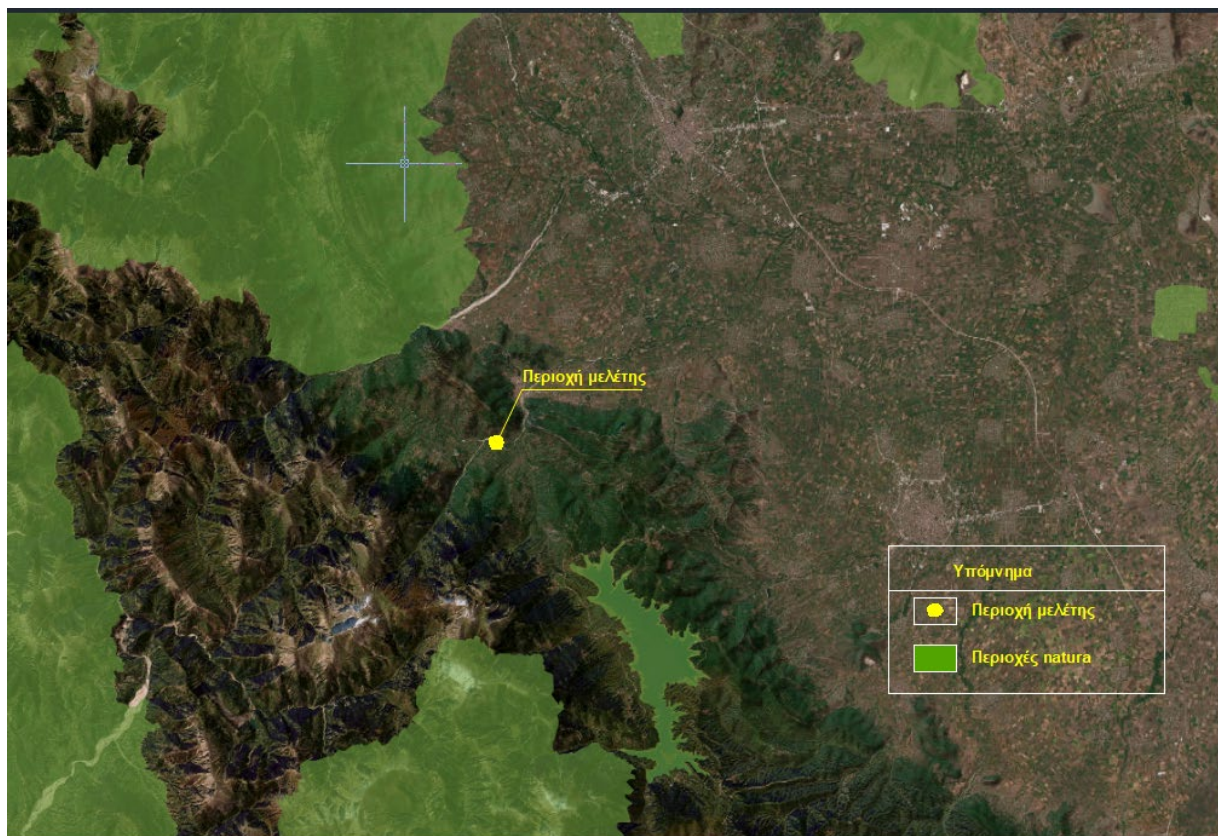
Ο δήμος Μουζακίου αποτελείται από 27 Τοπικές Κοινότητες και από πολυάριθμους οικισμούς. Ο αριθμός των κατοίκων στις 27 Τοπικές Κοινότητές του, ανέρχεται στους 13.768 κατοίκους, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή, ο πραγματικός πληθυσμός του όμως ξεπερνά τους 15.000 κατοίκους (15.935) (Πηγή: <https://www.mouzaki.gr/>).

2.4 Χρήσεις γης

Το μεγαλύτερο μέρος των χρήσεων γης στην ευρύτερη περιοχή του Μουζακίου, σύμφωνα με το χάρτη χρήσεων γης του Σχέδιου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Ηπείρου, Δυτικής Στερεάς Ελλάδας και Θεσσαλίας, αποτελείται από δάση με συγκόμωση >80%, δάση με συγκόμωση 50-80%, ευρείες γραμμικές

2.5 Προστατευόμενες περιοχές

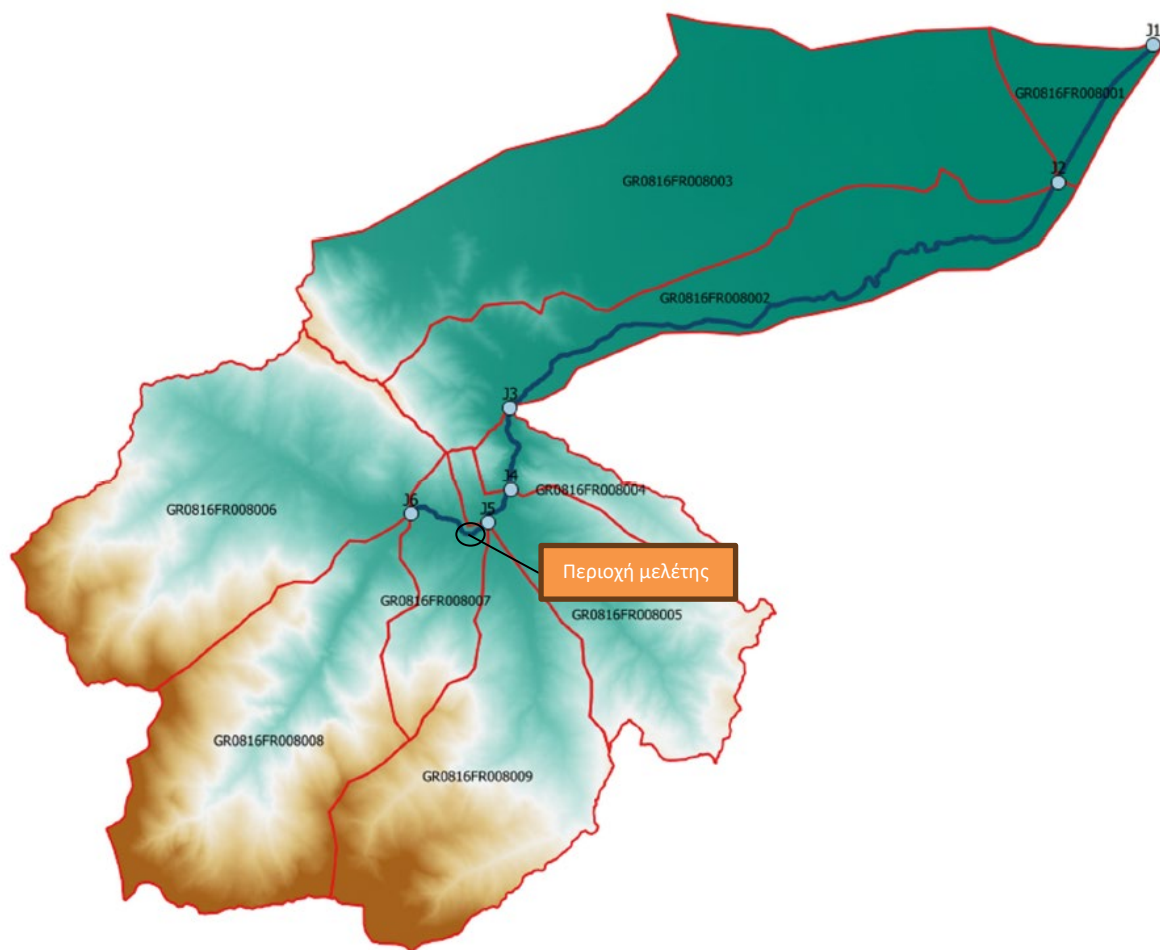
13



Εικόνα 6. Θέση περιοχής μελέτης εκτός δικτύου Natura 2000 (Πηγή: <https://natura2000.eea.europa.eu/>, ίδια επεξεργασία)

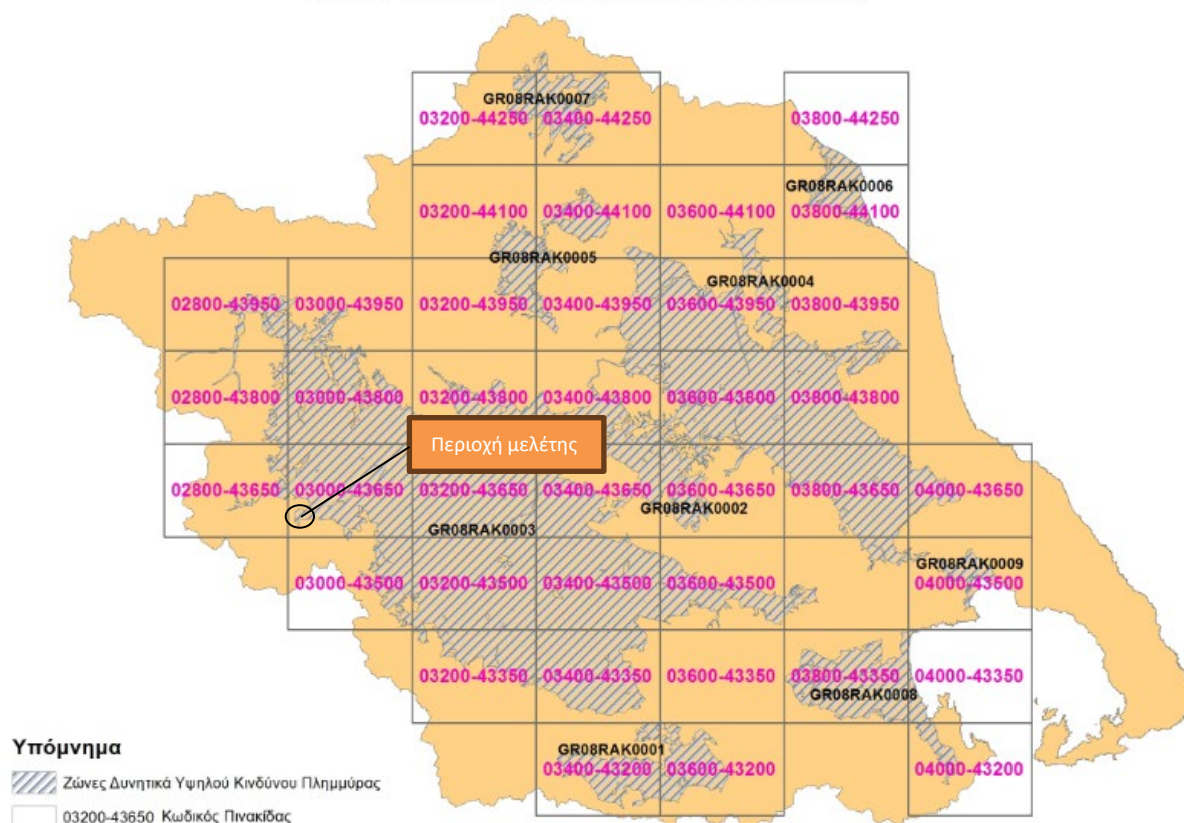
2.6 Λεκάνη απορροής περιοχής μελέτης

Η λεκάνη απορροής στην οποία εντάσσεται η περιοχή μελέτης, ουσιαστικά αποτελεί τη ΛΑΠ του ποταμού Πάμισου. Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή μελέτης εντοπίζεται ανάντη της συμβολής του Πάμισου με τον Πηνειό Ποταμό. Η σχηματοποίηση της υδρολογικής προσομοίωσης, όπως αυτή παρουσιάζεται στο ΣΔΛΑΠ του ΥΔ Θεσσαλίας αποτελείται από 9 υπολεκάνες, 6 κόμβους και 5 κλάδους στο υδρογραφικό δίκτυο. Η λεκάνη απορροής του Πάμισου έχει έκταση 247,70 km², μέσο υψόμετρο 450,20m, μέγιστο μήκος ροής 41,59km και υψόμετρο στο σημείο εξόδου 450,20m. Στον χάρτη της παρακάτω εικόνας (Εικ. 7), παρουσιάζονται οι υπολεκάνες απορροής της ευρύτερης περιοχής μελέτης και το υδρογραφικό δίκτυο. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην υπολεκάνη GR0816FR008007, μεταξύ του κόμβου J6 και J5 (Εικ. 7).



Εικόνα 7. Σχηματοποίηση των υπολεκανών και των κόμβων του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης
(Πηγή: ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, 2018, ίδια επεξεργασία)

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται εντός της Ζώνης Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ) «Ποταμός Πηνειός και Παραπόταμοι μαζί με την κλειστή λεκάνη της Λίμνης Κάρλας» με κωδικό GR08RAK0003 (Εικ. 8).



Εικόνα 8. Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας από ποτάμιες ροές (Πηγή: <https://floods.vpeka.gr/>, ίδια επεξεργασία)

Οι πιο σημαντικοί παραπόταμοι του Πηνειού που βρίσκονται εντός της ΖΔΥΚΠ είναι στη νότια μεριά ο Ενιπέας με μήκος 132 km, ο Φαρσαλιώτης με μήκος 38 km, ο Καλέντζης με μήκος 58 km και ο Σοφαδίτης με μήκος 56 km. Στα δυτικά - νοτιοδυτικά βρίσκεται ο Πάμισος με μήκος 25 km και ο Πορταϊκός με μήκος 24 km. Ανατολικά βρίσκεται το ρέμα Κουσμπασανιώτικο με μήκος 34 km, ενώ βόρεια βρίσκεται ο Ληθαίος ποταμός με μήκος 63 km, ο Τιταρήσιος ποταμός με μήκος 96 km και ο Νεοχωρίτης ποταμός με μήκος 27 km). Στον Πηνειό ποταμό, συμβάλλουν επίσης και άλλα μικρότερα υδατορρεύματα (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, 2018).

2.1 Ιστορικά γεγονότα πλημμύρας στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

2.1.1 Γενικά

Τα πλημμυρικά γεγονότα τα οποία έχουν καταγραφεί τα τελευταία χρόνια στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας ξεπερνούν τα εκατό και οφείλονται στους υετούς, οι οποίοι

διαρκούν από τον Οκτώβριο μέχρι τον Απρίλιο συνήθως. Τα πλημμυρικά αυτά γεγονότα δημιουργούνται από τις αρκετά έντονες βροχοπτώσεις που συμβαίνουν στην περιοχή κατά την περίοδο των υετών, ενώ στη Νότια Ελλάδα αυτά δημιουργούνται με μορφή καταιγίδας.

Τα πλημμυρικά φαινόμενα που εμφανίζουν συγκεκριμένα κίνδυνο, οφείλονται σε διαρκείς και έντονες βροχοπτώσεις ή καταιγίδες οι οποίες εξελίσσονται ταχύτατα και σπάνια οφείλονται σε άλλα φαινόμενα, όπως για παράδειγμα το λιώσιμο του χιονιού. Σημαντικό ρόλο σε πλημμυρικά φαινόμενα που εμφανίζονται στην περιοχή της Θεσσαλίας παίζουν ο Πηνειός ποταμός με τους παραπόταμους του, τον Ενιπέα, τον Φαρσαλιώτη, τον Πάμισο και τον Σοφαδίτη οι οποίοι και βρίσκονται σε μεγάλες λεκάνες απορροής.

Η Καρδίτσα πιο συγκεκριμένα, έχει πληγεί σε μεγάλο βαθμό από τα πλημμυρικά φαινόμενα που έχουν εμφανιστεί κατά καιρούς στην περιοχή με μεγαλύτερα αυτά της πλημμύρας στη Μεταμόρφωση Καρδίτσας το 1994, όπου το χωριό πλημμύρισε μετά από καταρρακτώδη βροχή, το έντονο πλημμυρικό φαινόμενο του μεσογειακού Κυκλώνα «Ιανού», το 2020 καθώς και το ακόμη πιο πρόσφατο φαινόμενο της κακοκαιρίας «Daniel», τον Σεπτέμβρη του 2023. Τα κυριότερα λοιπόν επεισόδια πλημμύρας των τελευταίων είκοσι ετών είναι τα εξής:

04/09/2023 – Κακοκαιρία «Daniel»

Πολλά προβλήματα προέκυψαν κατά τη διάρκεια της κακοκαιρίας “Daniel”, η οποία συνέβη τον Σεπτέμβρη του 2023, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής. Λόγω της έντονης βροχόπτωσης, η οποία μάλιστα είχε μεγάλη διάρκεια (τέσσερις ημέρες συνεχόμενης έντονης βροχόπτωσης), πολλά είναι τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν σε όλη τη Θεσσαλία και κατ’ επέκταση στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Δεκάδες άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους, οι δρόμοι πλημμύρισαν στην πόλη της Καρδίτσας, εκκενώθηκαν χωριά στη Δυτική Αργιθέα και στο Δήμο Μουζακίου, πλημμύρισαν ολοσχερώς πολλοί οικισμοί στην περιοχή, όπως η Μεταμόρφωση Καρδίτσας, ο Παλαμάς, ο Βλοχός κ.α., ενώ αξίζει να αναφερθεί ότι τα έντονα καιρικά φαινόμενα έπληξαν και όλη την υπόλοιπη Θεσσαλία, με πολύ έντονα προβλήματα στην περιοχή του Βόλου, στα Τρίκαλα και στη Λάρισα (Εικ. 9).

11/01/2022 – Κακοκαιρία «Διομήδης»

Λόγω της επέλασης του «Διομήδη» εκκενώθηκαν προληπτικά τα χωριά Κοσκινά και Ψαθοχώρι στον Δήμο Παλαμά, λόγω της υποχώρησης του φράγματος του ποταμού Καλέντζη με αποτέλεσμα την άνοδο της στάθμης του νερού. Σοβαρά προβλήματα λόγω των

πλημμυρικών φαινομένων δημιούργησε η κακοκαιρία και στην περιοχή του Μουζακίου καθώς κλείσανε δρόμοι που πλημμύρισαν, για λόγους ασφαλείας (Εικ. 10). Επιπλέον, πλημμύρισαν αρκετές κτηνοτροφικές μονάδες λόγω του χιονιού που έπεσε από τα πεδινά, ενώ διακόπηκε η κυκλοφορία στην οδό Μαγουλίτσα - Μαγούλα και Μαγουλίτσα - Μεγάλα Καλύβια λόγω ύπαρξης νερού στο οδόστρωμα. Πέραν των ζημιών που προκάλεσε η κακοκαιρία, είχε σαν αποτέλεσμα την απώλεια της ζωής δυο ανθρώπων, έναν στις Σέρρες και έναν στην περιοχή της λίμνης Πλαστήρα.

17/09/2020 – Μεσογειακός κυκλώνας «Ιανός»

Ο μεσογειακός κυκλώνας «Ιανός» με τα πολύ υψηλά φορτία βροχής έπληξε πολλές περιοχές της Θεσσαλίας και ιδιαίτερα την Καρδίτσα, ενώ χάθηκαν και ανθρώπινες ζωές. Τεράστια καταστροφή από το πέρασμα του κυκλώνα υπέστη το Μουζάκι Καρδίτσας. Ο κυκλώνας «Ιανός» θα αναλυθεί εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο.

13/1/2018 – Κακοκαιρία «Θησέας»

Η κακοκαιρία «Θησέας» κατά τη διάρκεια της εμφάνισής του είχε σαν αποτέλεσμα την εκκένωση οικισμού αθίγγανων στην περιοχή Μαυρίκα του Δήμου Καρδίτσας, λόγω της αυξημένης στάθμης του παρακείμενου ποταμού (Εικ. 11).

29/12/2012 – Υπερχείλιση ποταμού Καλέντζη

Μεγάλες καταστροφές προκάλεσε το 2012 το κύμα κακοκαιρίας στην Καρδίτσα. Λόγω της υπερχειλίσης του ποταμού Καλέντζη μετά από διήμερη έντονη βροχόπτωση, χρειάστηκε η μεταφορά κατοίκων σε ασφαλή σημεία, ενώ πλημμύρισαν χιλιάδες στρέμματα καλλιεργήσιμης γης (Εικ. 12). Πλημμύρισαν επίσης 10 κατοικίες περίπου στην Ψαθοχώρα του Δήμου Παλαμά λόγω υποχώρησης του φράγματος, ενώ διακόπηκε η κυκλοφορία των οχημάτων στην οδό Μακρυχωρίου- Ψαθοχώρας.

02/08/2012 – Πλημμύρα λόγω καταιγίδων

Λόγω ισχυρών καταιγίδων στον Δήμο Καρδίτσας και στο Δήμο Σοφάδων, προκλήθηκαν μεγάλες καταστροφές, με αποτέλεσμα πολλές ζημιές σε υποδομές, σε καλλιέργειες και ξερίζωση δέντρων.

05/02/2012 - Υπερχείλιση ποταμού Καλέντζη

Στην περιοχή Μαυρίκα, στον Δήμο Καρδίτσας ο ποταμός Καλέτζης υπερχείλισε, με αποτέλεσμα να συγκεντρωθούν μεγάλες ποσότητες υδάτων στην περιοχή και να πλημμυρίσουν γεωργικές εκτάσεις.

30/05/2011 – Πλημμύρα από έντονες βροχοπτώσεις

Λόγω έντονων πλημμυρών στην περιοχή των Σοφάδων Καρδίτσας, πλημμύρισαν αγροτικές καλλιέργειες, με ανυπολόγιστες ζημιές. Υπήρξαν μάλιστα περιπτώσεις, κυρίως στις περιοχές Κυψέλη, Πασχαλίτσα, Ματαράγκα, Μοσχολούρι, Πύργο Κιερίου και Καρποχώρι, όπου τα πλημμυρικά φαινόμενα ήταν αρκετά εμφανή και έντονα (Εικ. 13).

23/09/2006 – Πλημμύρες στην Καρδίτσα

Οι έντονες βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου του 2006, είχαν σαν αποτέλεσμα να πλημμυρίσουν γεωργικές εκτάσεις και να επηρεαστούν υποδομές.

28/01/2003 – Πλημμύρες στην Καρδίτσα

Οι πλημμύρες τον Φεβρουάριο του 2003, είχαν σαν αποτέλεσμα δημιουργία καθιζήσεων, καταστροφές σε καλλιέργειες και προβλήματα σε αγροτικούς δρόμους στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας.



kathimerini

Κακοκαιρία «Daniel»: Σώθηκε η πόλη,
βούλιαξαν τα χωριά

Πριν από 7 ώρες

News247

Κακοκαιρία: Δύο νεκροί σε
Βόλο και Παλαμά

Πριν από 1 ώρα



in In.gr

Κακοκαιρία Daniel: Δύο
νεκροί σε Βόλο και Παλαμά
Καρδίτσας

Πριν από 1 ώρα



Capital.gr

Κακοκαιρία Daniel: Νεκρές
δύο γυναίκες στην Αστρίτσα
Καρδίτσας, στους 6 οι...

Πριν από 1 ημέρα



LIFO

Κακοκαιρία Daniel-
Καρδίτσα: Παιδιά ανέβηκαν
στις στέγες των σπιτιών γι...

Πριν από 3 ώρες



Επίσης, στις ειδήσεις

CNN Greece

Κακοκαιρία Daniel:
Υπερχειλίσσε ο Πηνειός - Τα
νερά μπήκαν στη Λάρισα,...

Πριν από 3 ώρες



NEWSBOMB

Κακοκαιρία Daniel:
Προειδοποίηση
Αρναούτογλου - Οι...

Πριν από 59 λεπ.



Εικόνα 9. Κυριότερες ειδήσεις για την έντονη και μεγάλης διάρκειας κακοκαιρία «Daniel» στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας (Πηγή: <https://www.google.com/>).



Εικόνα 10. Πλημμυρικά φαινόμενα στον Δήμο Μουζακίου κατά την κακοκαιρία «Διομήδης» (Πηγή: <https://mouzakinews.gr/>).



Εικόνα 11. Εκκένωση οικισμού στην Καρδίτσα κατά την κακοκαιρία «Θησέας» (Πηγή: <https://www.thepressroom.gr/>).

Θάλασσα ο κάμπος από τη σημερινή πλημμύρα του Πηνειού σε Τρίκαλα – Καρδίτσα

2012-12-30 22:43:11

[Tweet](#)



Τεράστιες ποσότητες νερού έχει κατεβάσει σήμερα ο Πηνειός ποταμός και όλοι οι παραπόταμοί του, μετά και την διήμερη έντονη βροχόπτωση. Αποτέλεσμα, να πλημμυρίσουν χιλιάδες στρέμματα καλλιεργήσιμης γης σε Τρίκαλα και Καρδίτσα. Το σημερινό βίντεο του trikalala.gr είναι αντιπροσωπευτικό της κατάστασης που επικρατούσε σήμερα στις πλημμυρισμένες περιοχές. Οι εικόνες που θα δείτε, είναι από τις περιοχές του δήμου Φαρκαδόνας, Πηνειάδα, Ζάрко, Κεραμίδι και περιοχές της Καρδίτσας που συνορεύουν με αυτές.

Εικόνα 12. Πλημμύρα λόγω υπερχείλισης του ποταμού Καλνέντζη στο νομό Καρδίτσας (Πηγή: <https://www.newsnowgr.com/>).

Πλημμύρισαν οι Σοφάδες Καρδίτσας

Μεγάλες ζημιές στις καλλιέργειες

30/05/2011 14:14

ΕΛΛΑΔΑ

1 σελίδα



Εικόνα 13. Πλημμύρα στους Σοφάδες Καρδίτσας το 2011 (Πηγή: <https://www.newsbeast.gr/>).

2.1.2 Μεσογειακός κυκλώνας «Ιανός»

Ένας «medi-cane» ή μεσογειακός τροπικός κυκλώνας, είναι ένα βαρομετρικό χαμηλό με μεγάλο βάθος, το οποίο αντλεί την ενέργειά του από τη μεταφορά θερμότητας λόγω καταιγίδων που δημιουργούνται κοντά στο κέντρο του (Zekkos D. et al., 2020). Τα χαρακτηριστικά των μεσογειακών κυκλώνων είναι παρόμοια με τους τροπικούς κυκλώνες. Στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί έξι Μεσογειακοί Κυκλώνες από το 1982, τέσσερις μάλιστα στην περίοδο 2016 έως 2020. Δεν πρόκειται επομένως για πρωτοφανές καιρικό φαινόμενο,

αλλά έχει μια αυξητική τάση έντασης και εμφάνισης στην Ανατολική Μεσόγειο, πράγμα το οποίο επιφέρει ανησυχία στους επιστήμονες.

Τις ημέρες 17-20 Σεπτεμβρίου του 2020 το μεσογειακός κυκλώνας «Ιανός», επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την Ελλάδα, με αποτέλεσμα να προκαλέσει μεγάλες ζημιές εξαιτίας των ανέμων που επικράτησαν και των έντονων βροχοπτώσεων. Η ποσότητα μάλιστα της βροχόπτωσης σε διάστημα 48 ωρών περίπου, ήταν αρκετά υψηλή και σε ορισμένες περιοχές ξεπέρασε και τη μέση ετήσια βροχόπτωση. Η έκταση των περιοχών που επλήγησαν ήταν πολύ μεγάλη σε δυτική, νότια και κεντρική Ελλάδα και έφτανε και μέχρι την Κρήτη. Οι περιοχές που επλήγησαν ιδιαίτερα είναι τα νησιά του Ιονίου, περιοχές γύρω από τη Λαμία και την Καρδίτσα.

Η μεγάλη ποσότητα βροχόπτωσης τις ημέρες εμφάνισης του φαινομένου είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία κατολισθήσεων, κάποιες από τις οποίες αφορούσαν εδάφη και πετρώματα θραυσμένα και αποσαθρωμένα, κάποιες άλλες αφορούσαν πτώσεις βράχων και δομικά ελεγχόμενες αστοχίες πετρωμάτων, ενώ παρατηρήθηκαν και ροές κορημάτων. Στην περιοχή της Καρδίτσας μόνο, γύρω από τη Λίμνη Πλαστήρα, εντοπίστηκαν με τη βοήθεια δορυφορικών εικόνων πάνω από 1.400 κατολισθήσεις. Κάποιες από αυτές καταγράφηκαν στο πεδίο, η πρόσβαση όμως στα ορεινά επηρέασε τη συλλογή των δεδομένων. Αρκετά τμήματα της πόλης της Καρδίτσας και περιοχές με χαμηλό υψόμετρο πλημμύρισαν, ενώ κάποιες κοινότητες στη γύρω περιοχή βυθίστηκαν εντελώς. Η μεγάλη ποσότητα του νερού είχε ως αποτέλεσμα να κινδυνέψει σε πολλές περιοχές το οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, αφού καταστράφηκαν τα αναχώματα ή διαταράχθηκε η λειτουργικότητά τους μέσω των κατολισθήσεων. Έντονες ήταν και οι ζημιές σε διάφορες γέφυρες των περιοχών που επλήγησαν. Οι ζημιές αυτές είτε ήταν μικρής κλίμακας, όπως για παράδειγμα μετακίνηση γεφυρών, ή ήταν αρκετά μεγάλες, με πλήρη κατάρρευση της γέφυρας λόγω υποσκαφής των θεμελίων.

Οι εκτάσεις των περιοχών που επλήγησαν ήταν κατά πολύ μεγαλύτερες από οποιαδήποτε άλλη καταστροφή, όπως λόγω σεισμών ή βροχοπτώσεων. Η ποικιλομορφία μάλιστα των ζημιών που εμφανίστηκαν στις περιοχές αυτές, εγείρει την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση των συγκεκριμένων κοινοτήτων σε φυσικές καταστροφές τέτοιου μεγέθους όπως ο καταστροφικός αυτός κυκλώνας.

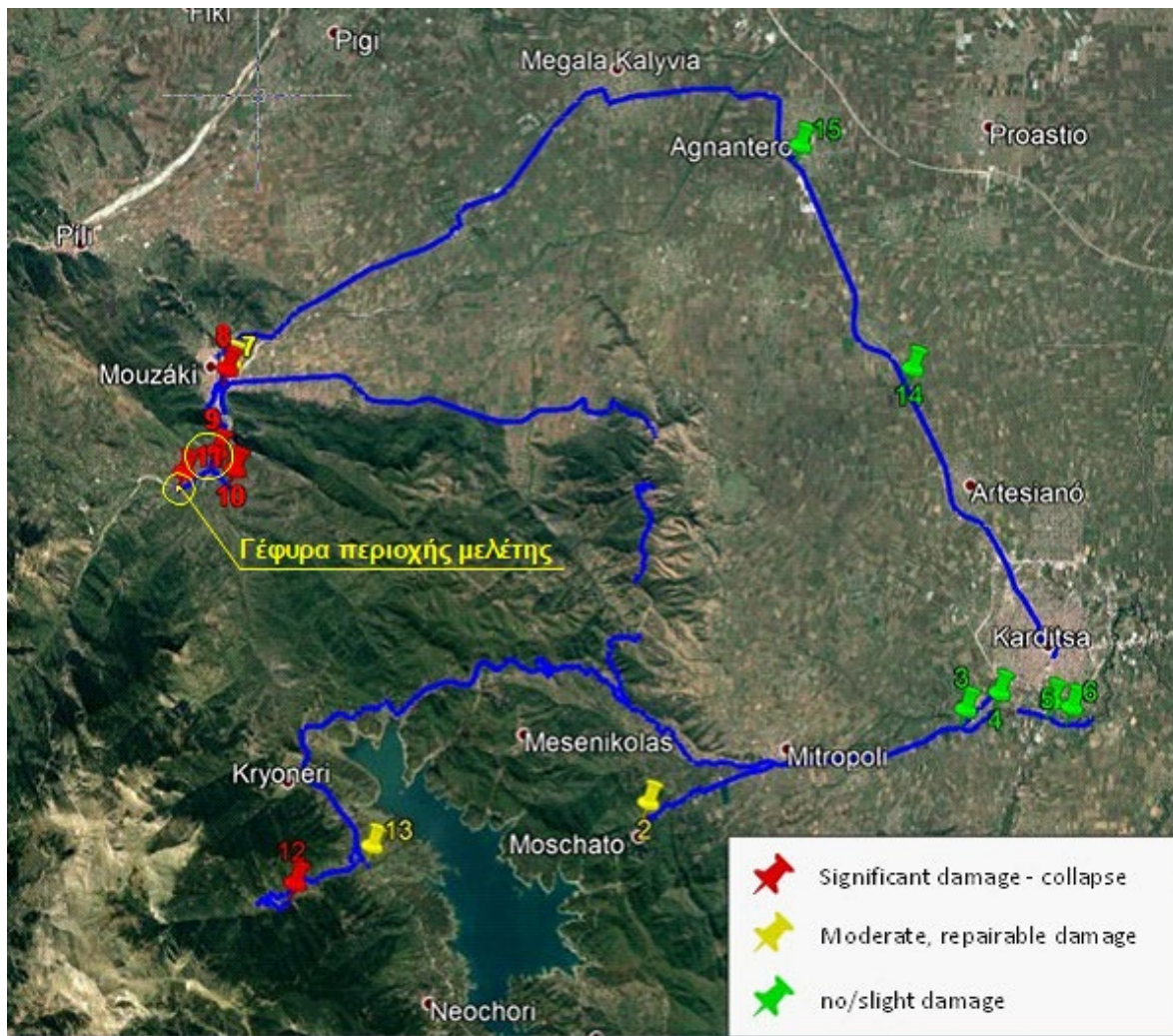
2.1.2.1 Καταστροφές από τον Μεσογειακό κυκλώνα «Ιανό» στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας

Μια από τις περιοχές που επλήγησαν σημαντικά, από δευτερογενή φαινόμενα τα οποία πυροδοτήθηκαν από τον Μεσογειακό κυκλώνα «Ιανό», είναι η πόλη της Καρδίτσας καθώς και το Μουζάκι Καρδίτσας, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Οι δομικές ζημιές που προκάλεσε ο κυκλώνας, περιλαμβάνουν αστοχίες πρανών και φαινόμενα διάβρωσης και πλημμύρας στις όχθες των ποταμών.

Αστοχίες πρανών, κατολισθήσεις, πτώσεις βράχων, ροές κορημάτων και γης εντοπίστηκαν επίσης στην ορεινή περιοχή της Καρδίτσας, στο χωριό Αργιθέα, στο χωριό Αμάραντος και στο χωριό Βλάσσι, με σοβαρές επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Οι ροές κορημάτων φαίνεται να ήταν οι πιο καταστροφικές καθώς είχαν σαν αποτέλεσμα την καταστροφή οδών, γεφυρών και μέρος οικισμών.

Το οδικό δίκτυο υπέστη αρκετά σοβαρές ζημιές σε διάφορα σημεία λόγω βλαβών σε επιχώματα, ή και κατάρρευση γεφυρών. Η περιοχή που επηρεάστηκε περισσότερο είναι ο οικισμός του Μουζακίου και οι δρόμοι οι οποίοι οδηγούν στα ορεινά, δηλαδή η οδός που οδηγεί στο Πευκόφυτο (περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας), καθώς και ο δρόμος που οδηγεί στην Οξυά. Επιπλέον, πλημμύρισαν πολλές περιοχές του λεκανοπεδίου Καρδίτσας, μέσα σε αυτές και η πόλη της Καρδίτσας.

Στην ορεινή περιοχή, δυτικά της Καρδίτσας και περιμετρικά της λίμνης Πλαστήρα, μεγάλος αριθμός γεφυρών υπέστησαν ζημιές, προκαλώντας διαταραχές στην κυκλοφορία των οδών (Εικ. 14).



Εικόνα 14. Χάρτης των επιθεωρήσεων των γεφυρών οι οποίες πραγματοποιήθηκαν 2 και 3 Οκτωβρίου 2020 στην περιοχή γύρω από την Καρδίτσα (Πηγή: Zekkos D. et al., 2020).

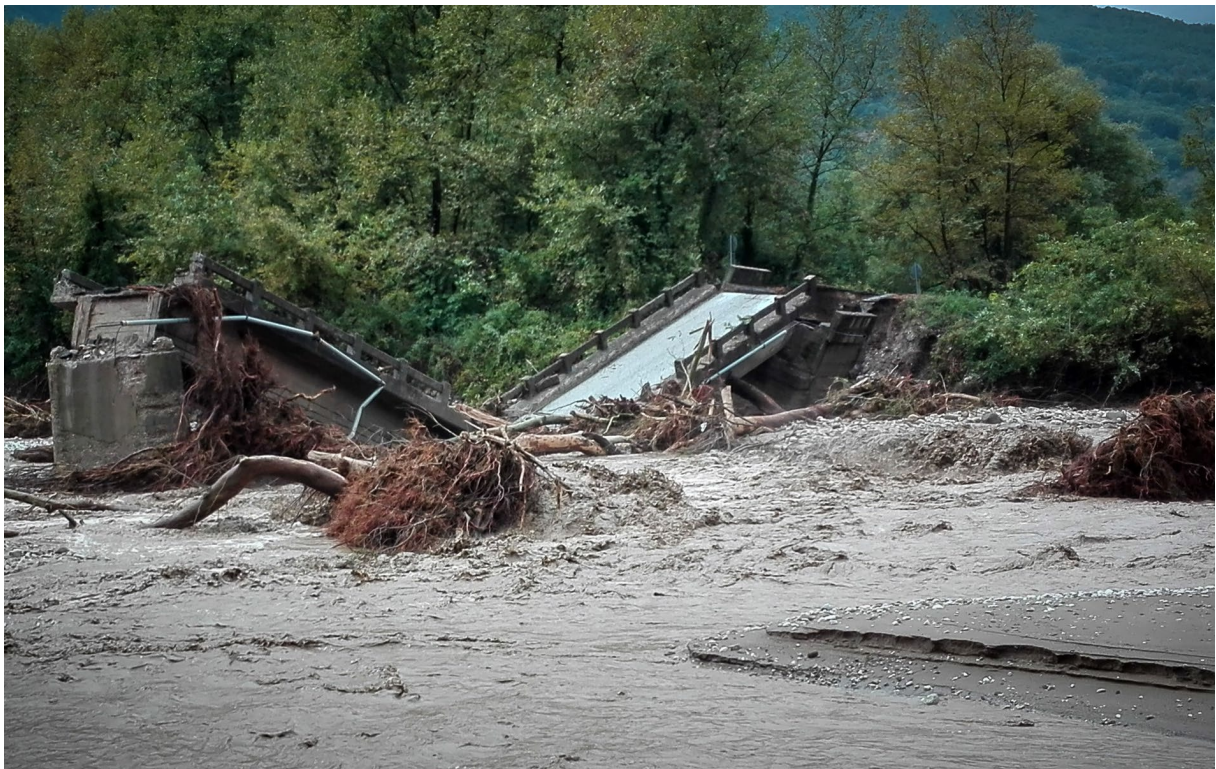
Τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης κατά τη διάρκεια του περάσματος του «Ιανού» ήταν ιδιαίτερα ενεργά (Εικ. 15). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι έγιναν 2.154 διαδικτυακές δημοσιεύσεις εκείνες τις ημέρες οι οποίες αφορούσαν την εξέλιξη και τις ζημιές που προκλήθηκαν σε όλον τον Ελλαδικό χώρο. Η πτώση της δραστηριότητας ήταν εμφανής με το πέρασμα των ημερών.



Εικόνα 15. Παραδείγματα δημοσιεύσεων σε μέσα κοινωνικής δικτύωσης (tweets) αναφορικά με το φαινόμενο του «Ιανού» στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας.

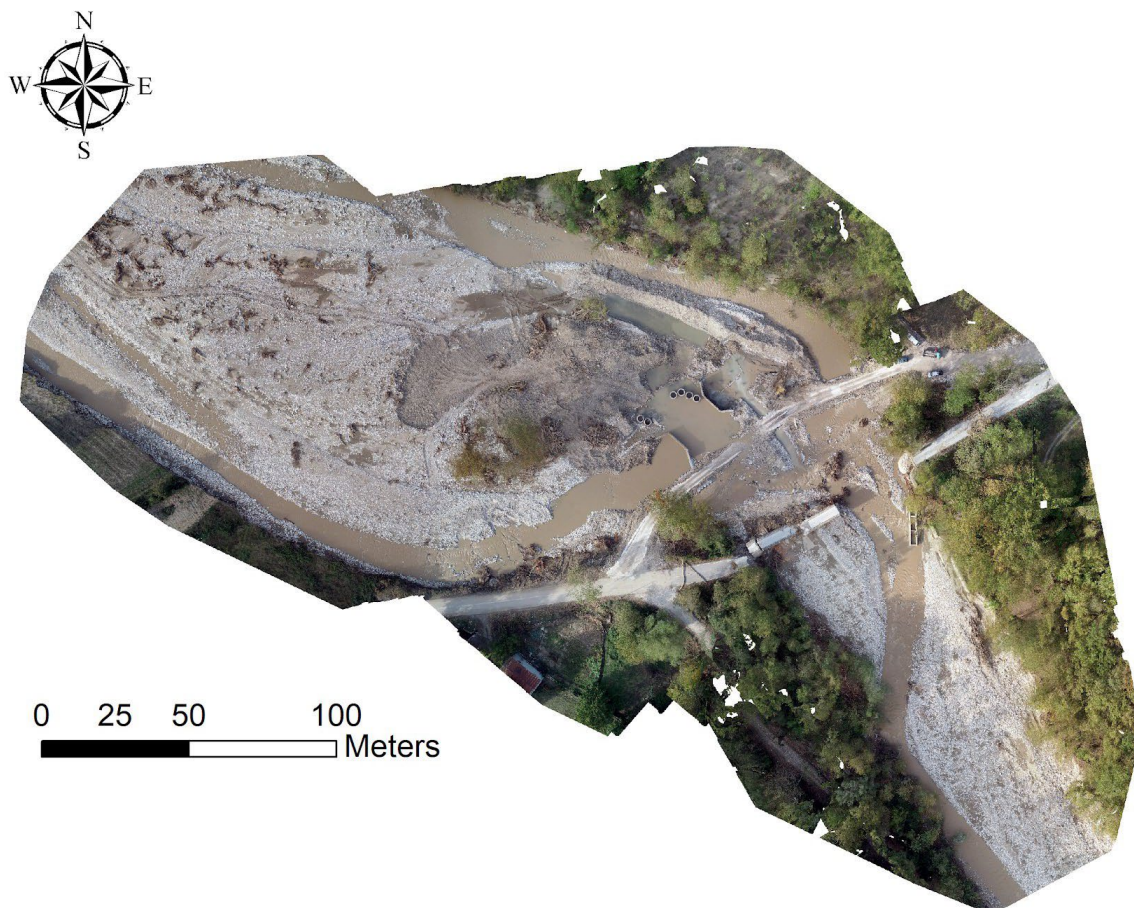
2.1.2.2 Καταστροφές από τον Μεσογειακό κυκλώνα «Ιανό» στην περιοχή μελέτης

Ανάμεσα στο πλήθος των γεφυρών οι οποίες υπέστησαν ζημιές κατά τη διάρκεια του φαινομένου, είναι και η γέφυρα της περιοχής μελέτης της παρούσας εργασίας, η γέφυρα «Μπαλάνου» μεταξύ Μουζακίου και Πευκοφύτου, στον Πάμισο ποταμό, η οποία ενώνει το Μουζάκι με την Ανατολική Αργιθέα. Η γέφυρα αυτή με την αρίθμηση 11 (Εικ. 14), διασχίζει τον Πάμισο, σε οριζόντια απόσταση 3,2 χιλιομέτρων, ανάντη από το Μουζάκι. Η γέφυρα κατέρρευσε εξ ολοκλήρου (Εικ. 16), λόγω της διάβρωσης των στηριγμάτων και του καταστρώματος, προβλήματα τα οποία βέβαια προϋπήρχαν πριν την εκδήλωση του φαινομένου και προβλέπονταν η κατασκευή νέας γέφυρας.



Εικόνα 16. Κατάρρευση γέφυρας στο σημείο 11 (Εικ. 14), στην περιοχή μελέτης λόγω των επιπτώσεων του μεσογειακού κυκλώνα «Ιανού» (Πηγή: <https://longform.protothema.gr/>)

Εκτεταμένη διάβρωση της όχθης του ποταμού Πάμισου, η οποία οδήγησε σε αστοχίες αναχωμάτων παρατηρήθηκε επίσης στην περιοχή μελέτης κατά τη διάρκεια εμφάνισης του φαινομένου. Οι αστοχίες αυτές της διάβρωσης ήταν εντονότερες στον λιθολογικό σχηματισμό μεικτού τύπου φλύσχη και ειδικότερα στον σχιστολιθικό φλύσχη. Στην ορθοφωτογραφία της Εικ.17 απεικονίζεται η γέφυρα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 17. Ορθοφωτογραφία της γέφυρας στο σημείο 11 (Εικ. 14), κοντά στο χωριό Μουζάκι (2 Οκτωβρίου 2020) (Πηγή: Zekkos D. et al., 2020)

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Υδραυλική προσομοίωση

3.1.1 Το λογισμικό HEC-RAS

3.1.1.1 Γενικά για το λογισμικό

Το λογισμικό HEC-RAS είναι ελεύθερο λογισμικό, το οποίο έχει δημιουργηθεί από το U.S Army Corps of Engineers - U.S.A.C.E. (Σώμα Μηχανικών του Αμερικάνικου Στρατού), με κύριο σκοπό την πραγματοποίηση υπολογισμών της μεταβολής της ελεύθερης επιφάνειας του νερού σε φυσικά υδατορρέυματα, για συνθήκες μόνιμης και μη μόνιμης ροής. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας είναι η 6.3.1.

Με το λογισμικό δίνεται η δυνατότητα της προσομοίωσης της στάθμης του ύδατος, καθώς και της προσομοίωσης μεταφοράς και απόθεσης των φερτών υλικών στην περιοχή.

Αναλυτικότερα, το γραφικό περιβάλλον του HEC-RAS, προσφέρει διάφορες επιλογές όπως αποθήκευση, διαχείριση και επεξεργασία των δεδομένων εισόδου και των δεδομένων εξόδου.

Τα βασικά είδη προσομοίωσης και εξαγωγής αποτελεσμάτων που προσφέρει το λογισμικό αναφέρονται παρακάτω (Δρόσου, 2015):

- 1) Μόνιμη ροή των επιφανειακών υδάτων
- 2) Μη μόνιμη ροή των επιφανειακών υδάτων
- 3) Μεταφορά φερτών υλικών μέσω προσομοίωσης με μεταβλητά όρια
- 4) Ανάλυση της ποιότητας του νερού

Κατά την επίλυση και τον υπολογισμό του προφίλ της ροής του ύδατος, εμφανίζεται η στάθμη του ύδατος, η ταχύτητά του με τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές της αντίστοιχα, καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης (U.S. Army Corps of Engineers, 2016)

Με το λογισμικό HEC-RAS, μπορεί να γίνει προσομοίωση της ροής του ποταμού σε μονοδιάστατη (1D), δισδιάστατη (2D) ανάλυση και με συνδυασμό τους (1D/2D). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιείται μονοδιάστατη υδραυλική ανάλυση. Για τη δισδιάστατη ροή εφαρμόζονται εξισώσεις της ποσότητας της κίνησης και της συνέχειας, οι

οποίες στηρίζονται αντίστοιχα στην αρχή διατήρησης της ορμής και στην αρχή διατήρησης της μάζας.

Σε περιπτώσεις που έχουμε ανοικτούς αγωγούς συγκεκριμένης διατομής και σε περιοχές που έχουν έντονο ανάγλυφο και απότομες κλίσεις, εφαρμόζουμε υδραυλική προσομοίωση μονοδιάστατης ανάλυσης (1D), ενώ δισδιάστατη ανάλυση εφαρμόζουμε όταν έχουμε υψηλή ποιότητα ψηφιακού μοντέλου εδάφους (ΨΜΕ) και όταν έχουμε ήπιες σχετικά κλίσεις. Η δισδιάστατη ανάλυση θα πρέπει να εφαρμόζεται σε περιπτώσεις ύπαρξης ροής στις δύο κατευθύνσεις, όπως επίσης και σε περιπτώσεις που θέλουμε να εξετάσουμε τη θραύση ενός φράγματος και τον κίνδυνο της ανακατεύθυνσης της ροής σε πολλές διευθύνσεις. Ο συνδυασμός μονοδιάστατης και δισδιάστατης ανάλυσης εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου η περιοχή μελέτης αποτελείται από αστικό και μη αστικό περιβάλλον. Για να προσομοιωθεί το υδραυλικό δίκτυο χρησιμοποιείται μονοδιάστατη ανάλυση, ενώ η δισδιάστατη χρησιμοποιείται για τις πεδινές εκτάσεις (Δεβελέκου, 2020).

Το HEC – RAS αποτελείται από τα εξής επιμέρους δομικά στοιχεία:

- Την εισαγωγή γεωμετρικών δεδομένων
- Την εισαγωγή δεδομένων μόνιμης ή μη μόνιμης ροής
- Την εισαγωγή ιζηματολογικών δεδομένων
- Την εισαγωγή δεδομένων υδραυλικού σχεδιασμού και
- Το παράθυρο διαχείρισης των ανωτέρω στοιχείων

Η μοντελοποίηση πραγματοποιείται στα παρακάτω στάδια:

- 1) Κατασκευή γεωμετρικού υπόβαθρου
- 2) Προσδιορισμός συνθηκών ροής
- 3) Προσομοίωση
- 4) Αποτελέσματα
- 5) Έλεγχος αποτελεσμάτων και αποδοχή ή όχι

3.1.1.2 Εξισώσεις υπολογισμού της στάθμης ελεύθερης επιφάνειας

Με την αρχή διατήρησης της ενέργειας υπολογίζουμε το προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας μεταξύ των διατομών, με την προσεγγιστική μέθοδο του σταθερού βήματος (standard step method). Η εξίσωση (Εξ. 1) της ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται, είναι η εξής:

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

Όπου:

Z_1, Z_2 : υψόμετρα στον πυθμένα των διατομών,

Y_1, Y_2 : το βάθος ροής στις διατομές,

V_1, V_2 : η μέση ταχύτητα ροής στις διατομές,

a_1, a_2 : οι συντελεστές ταχύτητας στις διατομές, υπολογίζονται κατά τη διαδικασία επίλυσης από το λογισμικό HEC-RAS,

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας,

h_e : η απώλεια φορτίου μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών

Οι απώλειες ενέργειας λόγω τριβής μεταξύ των διατομών λόγω των στενώσεων και των διευρύνσεων των διατομών δίνονται από την παρακάτω εξίσωση (Εξ. 2):

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

Όπου:

L : το ανοιγμένο μήκος μεταξύ δυο διατομών

$\bar{S}_f$: η κλίση της πιεζομετρικής γραμμής μεταξύ δύο διατομών

C : ο συντελεστής στενώσεως ή διευρύνσεως (ενδεικτικές τιμές: 0.3 και 0.1 αντίστοιχα για ήπιες συνθήκες μεταβολής γεωμετρίας)

Το ανοιγμένο μήκος μεταξύ των διατομών υπολογίζεται από τη σχέση (Εξ. 3) :

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_c \bar{Q}_c + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{rob} + \bar{Q}_c} \quad (3)$$

Όπου:

L_{lob}, L_{rob}, L_c : το μήκος της αριστερής, δεξιάς και κεντρικής κοίτης αντίστοιχα

Q_{lob}, Q_{rob}, Q_c : οι μέσες παροχές των αντιστοίχων τμημάτων της διατομής

3.1.1.3 Εξίσωση Manning

Η εμπειρική εξίσωση του Manning, χρησιμοποιείται για τη μελέτη ροής εντός ανοικτών αγωγών και καθορίζει τη σχέση μεταξύ της τραχύτητας της επιφάνειας της κοίτης,

Η εξίσωση Manning (Εξ. 4) δίνεται από τη σχέση:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Όπου:

n : ο συντελεστής τραχύτητας του Manning

Q : η παροχή της ροής

A : το εμβαδόν της υγρής διατομής

R : η υδραυλική ακτίνα και

S_f : η κλίση των απωλειών λόγω τριβής

Η παροχετευτικότητα και τα υδραυλικά στοιχεία της διατομής υπολογίζονται με βάση την υποδιαίρεση της διατομής σε τέτοιες μονάδες στις οποίες μπορεί η ταχύτητα να θεωρηθεί κατανομημένη ομοιόμορφα με την τεχνική της υποδιαίρεσης της διατομής της κεντρικής κοίτης και των πλημμυρικών κοιτών, μέσω της αλλαγής του συντελεστή τραχύτητας του Manning. Η συνολική παροχετευτικότητα προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους τμημάτων των διατομών.

Η εξίσωση του Manning, σε συνδυασμό με την εξίσωση συνέχειας (Εξ. 5), χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ρυθμού απώλειας της ενέργειας λόγω τριβής μεταξύ δυο διατομών σε συνέχεια.

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad (5)$$

Όπου:

V_1, V_2 : οι ταχύτητες ροής στις αντίστοιχες διατομές

A_1, A_2 : τα εμβαδά των υγρών διατομών

3.1.1.4 Αρχή διατήρησης της ορμής

Σε περιπτώσεις όπου η ελεύθερη επιφάνεια του νερού υπερβαίνει το κρίσιμο βάθος, δηλαδή σε στενώσεις γεφυρών, σε αναβαθμούς, σε περιοχές με έντονες τοπικά κατά μήκος κλίσεις κ.α., δεν μπορεί να εφαρμοστεί η εξίσωση διατήρησης την ενέργειας λόγω του ότι δεν έχουμε συνθήκες μεταβαλλόμενης βαθμιαίας ροής, αλλά η μετάβαση από υπερκρίσιμη σε υποκρίσιμη ροή και το αντίστροφο είναι ταχέως μεταβαλλόμενη. Σε αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζεται η αρχή διατήρησης της ορμής στο υδραυλικό μοντέλο του HEC-RAS. Η εξίσωση διατήρησης της ορμής εφαρμόζεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Σε υδραυλικό άλμα
- Σε θέσεις γεφυρών
- Σε συμβολή υδατορρευμάτων

Η εξίσωση διατήρησης της ορμής βασίζεται στον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα.

Δύναμη = Μάζα x Επιτάχυνση

Εάν εφαρμόσουμε τον δεύτερο νόμο κίνησης του Νεύτωνα στον όγκο του νερού που εμπεριέχεται μεταξύ δυο διατομών 1 και 2 (Σχ. 1), η μεταβολή της ορμής στον χρόνο δίνεται από την παρακάτω εξίσωση (Εξ. 6):

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \times P \times \Delta V_x \quad (6)$$

Όπου:

P_1, P_2 : η υδροστατική πίεση στις αντίστοιχες θέσεις

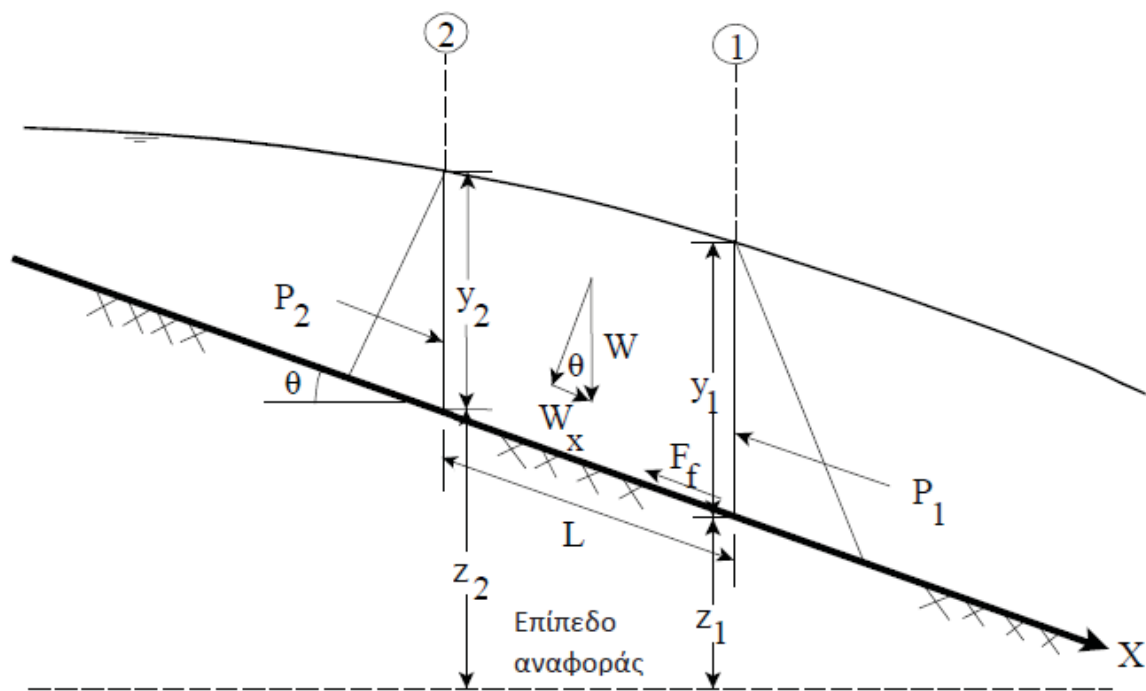
W_x : η δύναμη του βάρους του νερού στη διεύθυνση x

F_f : η δύναμη λόγω απωλειών τριβής μεταξύ της θέσης 1 και 2

Q : η παροχή

P : η πυκνότητα του νερού

ΔV_x : η μεταβολή της ταχύτητας μεταξύ των δύο θέσεων κατά τη διεύθυνση x



Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση της αρχής διατήρησης της ορμής μεταξύ δυο διατομών (Πηγή: Hydrologic Engineering Center)

Μετά από μετασχηματισμούς, η εξίσωση 6, παίρνει την παρακάτω μορφή (Εξ. 7):

$$\frac{Q_2^2 B_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_o - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_f = \frac{Q_1^2 B_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1 \quad (7)$$

Όπου:

Q : η παροχή

A : το εμβαδόν της υγρής διατομής

$\bar{Y}$: το βάθος του νερού από την ελεύθερη επιφάνεια μέχρι το κέντρο βάρους της διατομής

L : το μήκος μεταξύ των διατομών 1 και 2, στη διεύθυνση x

S_o : η κλίση του πυθμένα

β : ο συντελεστής της ορμής λόγω της μεταβολής της ταχύτητας της ροής

S_f : η κλίση της γραμμής ενέργειας

3.1.1.5 Υδραυλική προσομοίωση γεφυρών

Σημαντικό σημείο στη μοντελοποίηση των φυσικών υδατορρευμάτων μέσω του λογισμικού HEC-RAS είναι και η προσομοίωση των γεφυρών που βρίσκονται στην πλημμυρική κοίτη. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εξετάστηκε η νέα γέφυρα «Μπαλάνου» η οποία συνδέει το Μουζάκι με τα χωριά της Ανατολικής Αργιθέας η οποία έχει άνοιγμα στην κοίτη του ποταμού

Πάμισου και επηρεάζει τη ροή του ποταμού και τα αντιπλημμυρικά έργα που έχουν γίνει στην ευρύτερη περιοχή.

3.1.2 Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα HEC-RAS

3.1.2.1 Εισαγωγή γεωμετρικών δεδομένων

Αρχικά δημιουργήθηκε νέο Project και επιλέχθηκαν μονάδες μέτρησης στο **System International (Metric System)**. Η δισδιάστατη απεικόνιση της κοίτης του υδατορρεύματος και ο υπολογισμός της παροχευευστικότητας των διατομών έγινε με βάση την εισαγωγή των βασικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών του υδατορρεύματος (τις διατομές, τις όχθες και τα τεχνικά που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης (γέφυρα)), σε συνδυασμό με τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του.

Η γεωμετρία του υδατορρεύματος ορίζεται με βάση τις θέσεις, το υψόμετρο και στις συντεταγμένες x (station) και y (elevation) των διατομών του. Η κλίση του υδατορρεύματος ορίζεται με βάση το υψόμετρο του πυθμένα των διατομών. Οι τιμές Manning αφορούν στη μεταβολή του συντελεστή της τραχύτητας Manning και προσδιορίζουν την αντίσταση στην κίνηση του νερού (τριβή ανάλογα με το εδαφικό υλικό). Η τιμή του συντελεστή Manning επιλέχθηκε 0.025, με βάση τον παρακάτω πίνακα (Πιν. 1).

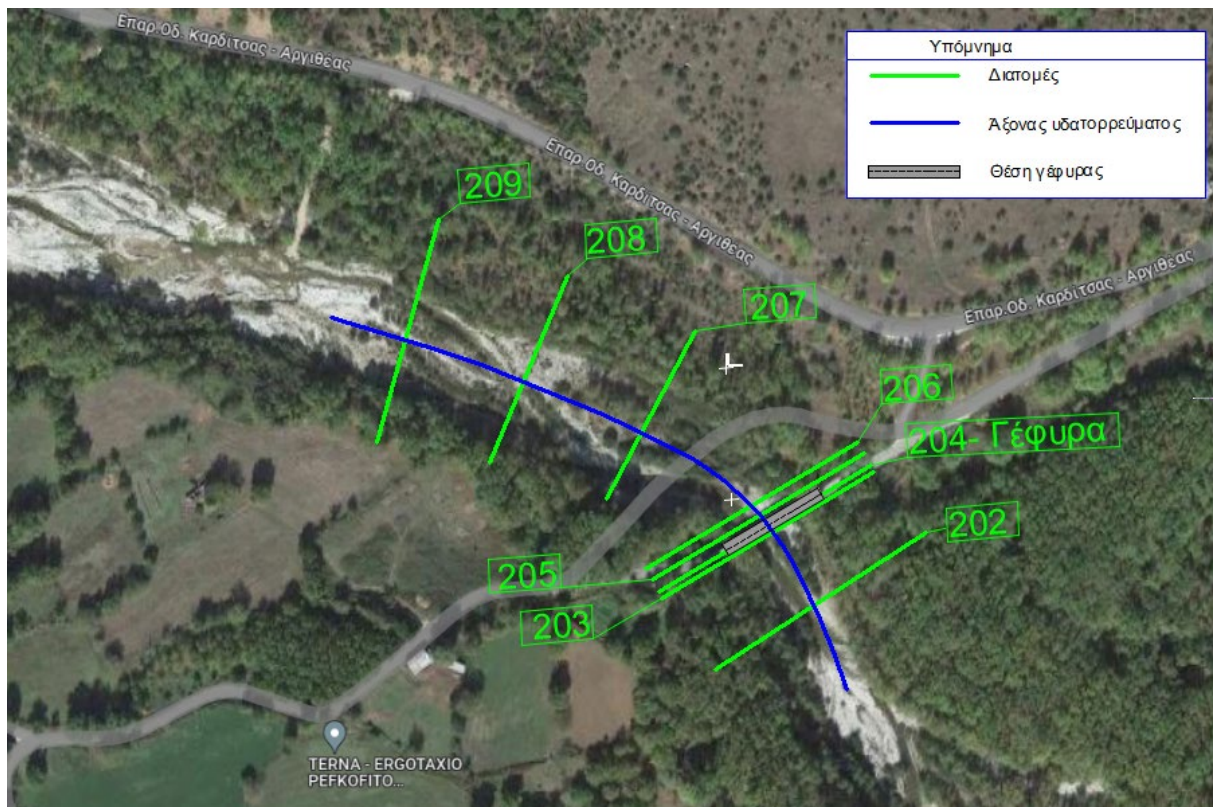
Πίνακας 1. Συντελεστής τραχύτητας manning (Πηγή: U.S. Army Corps of Engineers, 2016)

Είδος Αγωγού	Κατάσταση επιφάνειας ροής			
	Άριστη	Καλή	Μέτρια	Κακή
3. Ανοιχτοί αγωγοί με επένδυση				
3.1. Επιφάνειες από αργούς λίθους χωρίς κονίαμα	0.025	0.030	0.033	0.035
3.2. Όπως οι 3.1, αλλά με κονίαμα	0.017	0.020	0.025	0.030
3.3. Επένδυση με εκτοξευμένο σκυρόδεμα	0.014	0.016	0.019	0.021
3.4. Επένδυση με πολύ λείο σκυρόδεμα	0.010	0.011	0.012	0.013
3.5. Συνηθισμένη επένδυση σκυροδέματος χυμένου σε χαλύβδινα καλούπια	0.013	0.014	0.014	0.015
3.6. Επένδυση σκυροδέματος χυμένου σε ξύλινα καλούπια	0.015	0.016	0.016	0.018

Για την εφαρμογή της υδραυλικής προσομοίωσης του υπό εξέταση υδατορρεύματος της περιοχής μελέτης μας, απαιτούνται από το λογισμικό ArcGis διανυσματικά αρχεία (Vector) όπως η υπολεκάνη μελέτης και το υδρογραφικό δίκτυο. Χρειάζεται με τη βοήθεια του ArcGis επίσης να γεωαναφερθεί ο χάρτης των χρήσεων γης της Εικ. 5, για τον εντοπισμό των χρήσεων γης της περιοχής μελέτης μας.

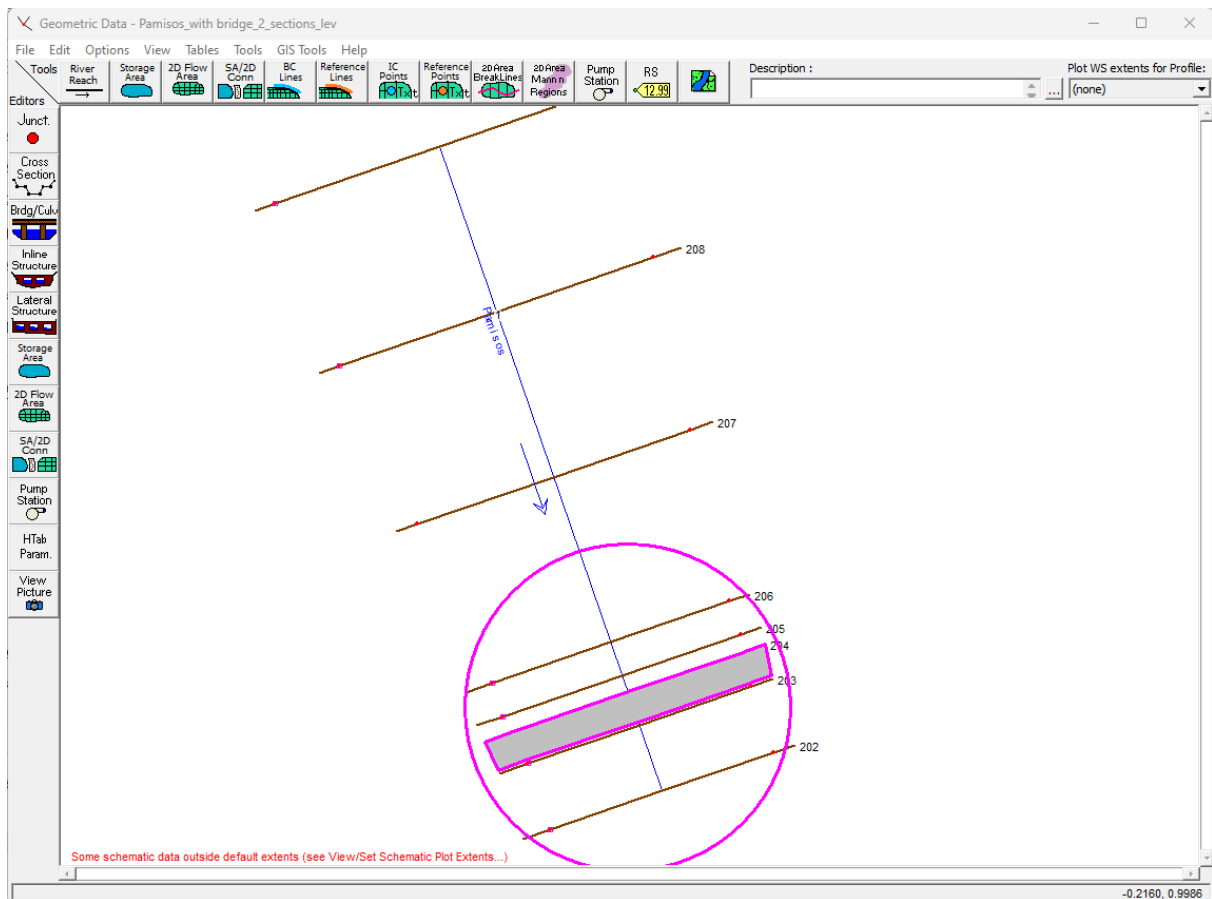
Το υπό μελέτη τμήμα του ποταμού Πάμισου είναι στην περιοχή της γέφυρας από το Μουζάκι προς το Πευκόφυτο. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών του Πάμισου και την νέας γέφυρας που κατασκευάσθηκε στην περιοχή μελέτης σε αντικατάσταση της υπάρχουσας, η οποία καταστράφηκε από τον μεσογειακό κυκλώνα «Ιανό» είναι τμήμα της οριστικής στατικής μελέτης και της μελέτης οδοποιίας για το έργο «Αποκατάσταση των ζημιών στις υφιστάμενες οδικές καθώς και σε λοιπές υποδομές στην Περιφέρεια Θεσσαλίας που προκλήθηκαν από τον μεσογειακό κυκλώνα «Ιανός» στις 18 & 19 Σεπτεμβρίου 2020», του οποίου ανάδοχος εταιρεία είναι η Τέρνα Α.Ε. από την οποία λήφθηκε και η γεωμετρία των διατομών.

Η γεωμετρία του υπό μελέτη τμήματος αποτελείται από τις διατομές (209), (208), (207), (206), (205), (204), (203), (202). Η διατομή (209) είναι η πρώτη ανάντη διατομή και η διατομή (202) είναι η τελευταία κατάντη διατομή του ποταμού. Οι διατομές τοποθετούνται κάθετα στη ροή του υδατορρεύματος και οι (209), (208), (207), (206), (202) απέχουν 50m μεταξύ τους. Ενδιάμεσα στις διατομές (206) και (202), για τις ανάγκες της προσομοίωσης του προγράμματος παρεμβάλλονται δυο ακόμα διατομές, η (205) και η (203) και τοποθετείται και η γέφυρα (204), μεταξύ της διατομής (205) και (203), σε απόσταση 10m από τη διατομή (206). Με βάση τα παραπάνω, στην Εικ. 18 απεικονίζονται οι θέσεις των διατομών και η θέση της γέφυρας στο υπο μελέτη τμήμα, σε υπόβαθρο του google maps.



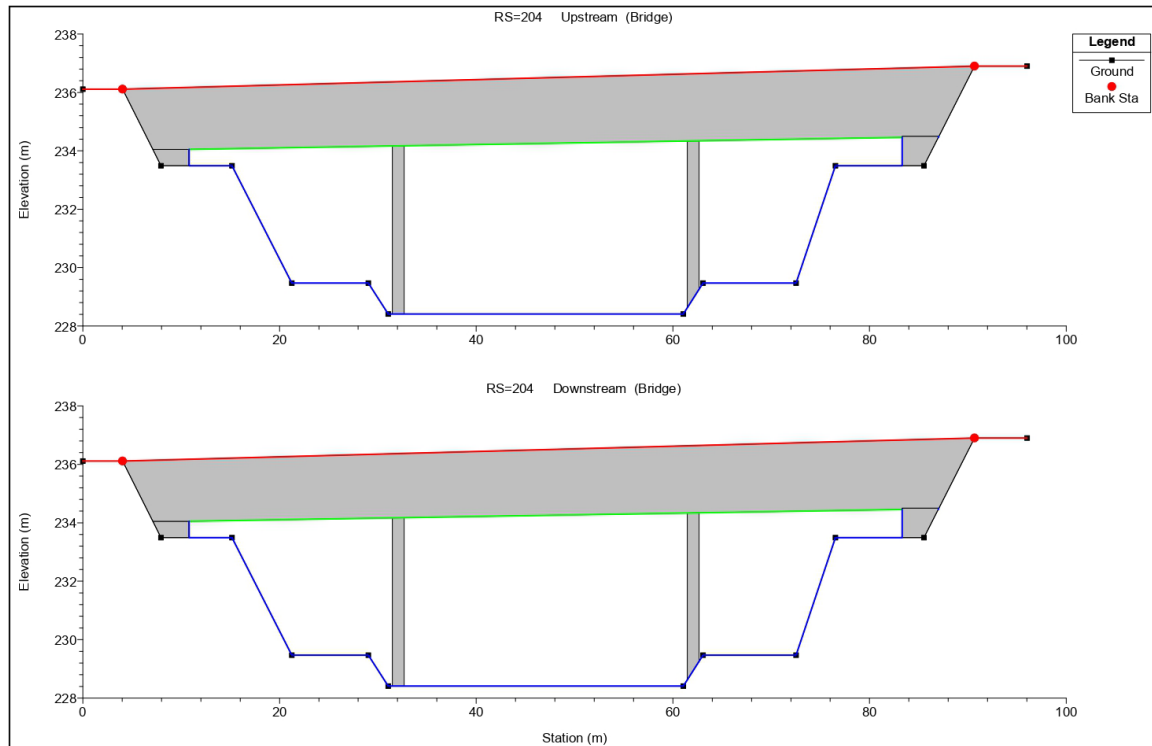
Εικόνα 18. Περιοχή μελέτης – Διατομές υδατορρεύματος και θέση γέφυρας (Υπόβαθρο: google maps)

Η εισαγωγή των γεωμετρικών δεδομένων πραγματοποιείται από το μενού του HEC-RAS, επιλέγοντας από την καρτέλα **Edit-> Geometric Data**. Στη συνέχεια χαράσσεται ο άξονας του υδατορρεύματος μέσω της επιλογής **River Reach** και εισάγονται τα δεδομένα των διατομών μέσω της επιλογής **Cross Section** και τα δεδομένα της γέφυρας με την επιλογή **Bridge/Culv** (Σχ. 2).



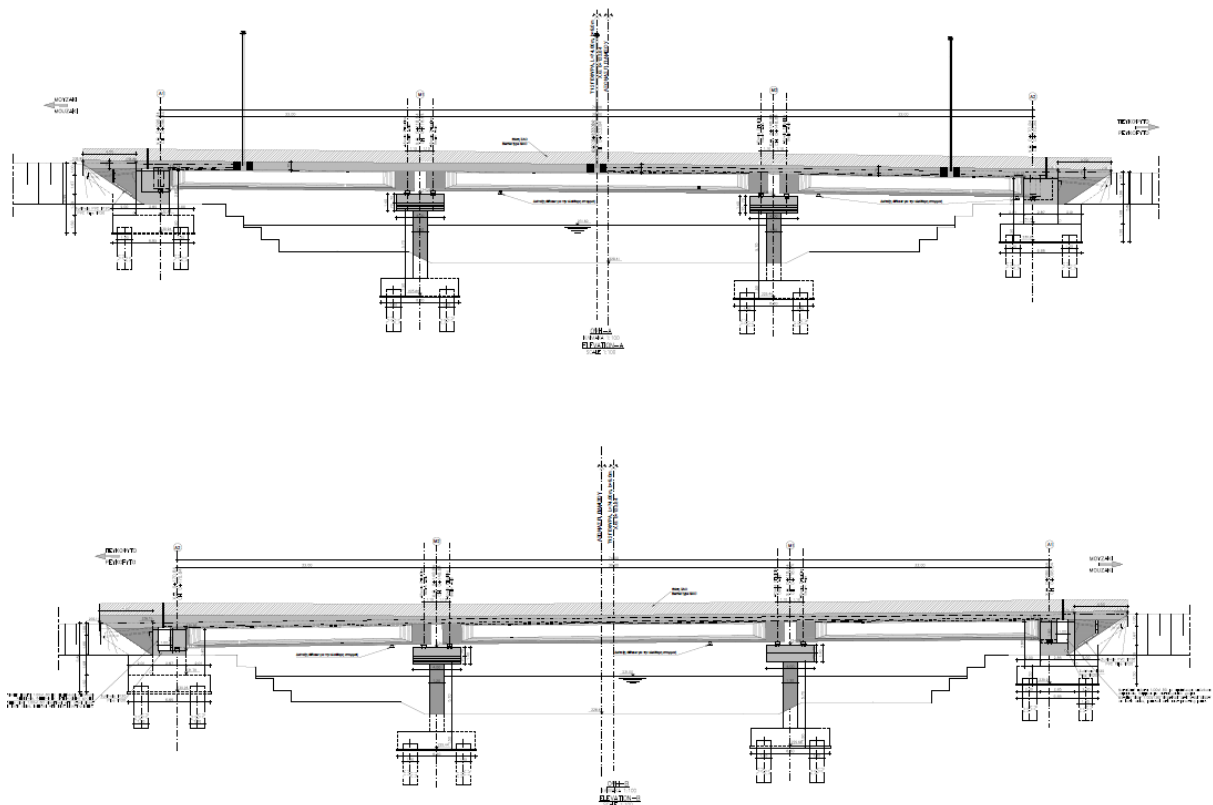
Σχήμα 2. Διατομές του υπό μελέτη υδατορρεύματος και θέση νέας γέφυρας

Τα γεωμετρικά δεδομένα στις θέσεις των γεφυρών περιλαμβάνουν την απόσταση του άνω ορίου του καταστρώματος της γέφυρας από την ανάντη διατομή της γέφυρας, το πλάτος του καταστρώματος της γέφυρας, τις συντεταγμένες της γέφυρας (Station, high chord, low chord ανάντη και κατάντη) και τα στοιχεία των βάθρων και των υποστηλωμάτων της γέφυρας (πλάτος, θέση, ύψος κτλ). Κατά τη διάρκεια των υδραυλικών υπολογισμών στην περιοχή της γέφυρας, το πρόγραμμα διαμορφώνει δυο επιπλέον διατομές, η μία ανάντη και η άλλη κατάντη της γέφυρας (Σχ. 3).



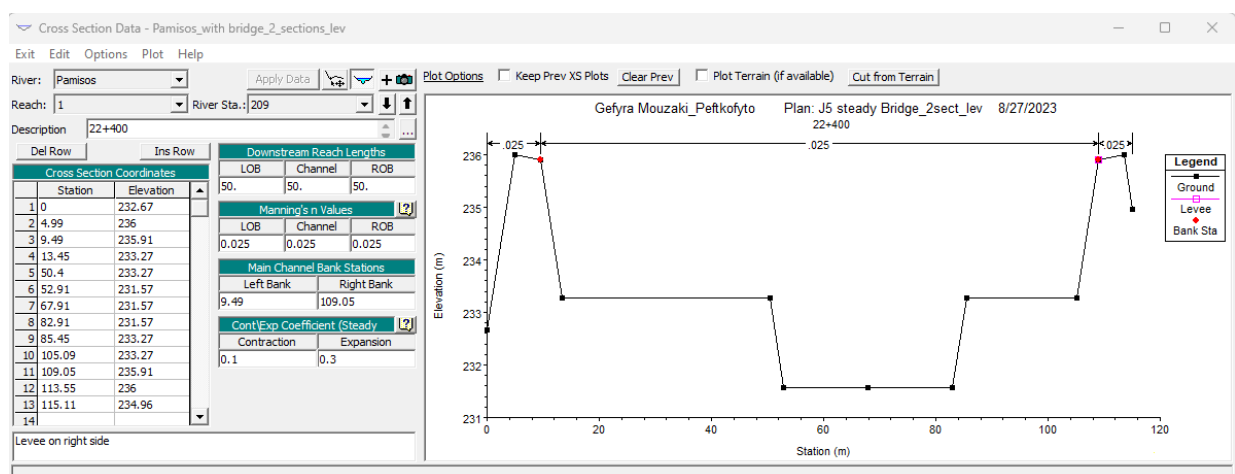
Σχήμα 3. Διαμορφωμένες διατομές ανάντη και κατόντη της γέφυρας

Τα γεωμετρικά στοιχεία των συγκεκριμένων διατομών διαφοροποιήθηκαν από τον χρήστη, έτσι ώστε να προσομοιώνουν την πραγματική κατάσταση. Στο Σχ. 4 απεικονίζεται η όψη της γέφυρας, σύμφωνα με την Οριστική Στατική Μελέτη.



Σχήμα 4. Όψη τεχνικού (Πηγή: Οριστική Στατική Μελέτη «Αποκατάσταση των ζημιών στις υφιστάμενες οδικές καθώς και σε λυτές υποδομές στην Περιφέρεια Θεσσαλίας που προκλήθηκαν από τον μεσογειακό κυκλώνα «Ιανός» στις 18 & 19 Σεπτεμβρίου 2020»)

Στο περιβάλλον της γεωμετρίας και μέσω του **View/Edit Cross Section**, εισάγονται τα στοιχεία της κάθε διατομής και προβάλλονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της. Πιο συγκεκριμένα, μεταξύ άλλων, προβάλλεται το όνομα της διατομής, οι συντεταγμένες των σημείων της διατομής, οι θέσεις της αριστερής και δεξιά όχθης, οι τιμές του συντελεστή τραχύτητας Manning και η απόσταση από την κατάντη διατομή (Σχ. 5).



Σχήμα 5. Περιβάλλον παραθύρου Cross Section

Ο συντελεστής τραχύτητας του Manning λαμβάνεται $n=0.025$ στο κεντρικό κανάλι και στις όχθες καθώς αφορά σε διατομές επενδεδυμένες με συρματοκυβώτια. Τα παραπάνω εμφανίζονται συγκεντρωτικά στην καρτέλα **tables-> Manning's n or k values** της Γεωμετρίας (Πιν. 2).

Πίνακας 2. Εισαγωγή συντελεστή τραχύτητας Manning στην κεντρική κοίτη και στις όχθες

	River Station	Frcn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	209	n	0.025	0.025	0.025
2	208	n	0.025	0.025	0.025
3	207	n	0.025	0.025	0.025
4	206	n	0.025	0.025	0.025
5	205	n	0.025	0.025	0.025
6	204	Bridge			
7	203	n	0.025	0.025	0.025
8	202	n	0.025	0.025	0.025

3.1.2.2 Εισαγωγή υδρολογικών δεδομένων

Στην παρούσα εργασία για συνθήκες μόνιμης ροής χρησιμοποιήθηκαν τα υδρολογικά δεδομένα της προσομοίωσης που έχουν δημοσιευθεί στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας και αφορούσαν την περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα εισόδου του κόμβου J5, ο οποίος βρίσκεται στην περιοχή GR0816FR008007 όπως φαίνεται στην (Εικ. 7) της παραγράφου 2.6.

Από την παραπάνω μελέτη ελήφθησαν υπόψη τα υδρολογικά σενάρια για περιόδους επαναφοράς 50, 100 και 1000 έτη και για ευμενείς, μέσες και δυσμενείς συνθήκες αντίστοιχα, για μόνιμη ροή. Για συνθήκες μη μόνιμης ροής η προσομοίωση έγινε για δυσμενείς συνθήκες και περίοδο επαναφοράς 100 έτη. Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους.

3.1.2.2.1 Μόνιμη ροή (Steady Flow)

Τα δεδομένα ροής εισάγονται μέσω της εντολής **Edit-> Steady Flow Data** του κύριου μενού στο HEC-RAS. Τα στοιχεία που εισάγονται αφορούν τον αριθμό των προφίλ ροής για τους

υπολογισμούς, τις παροχές αιχμής για κάθε περίοδο επαναφοράς και τις οριακές συνθήκες. Η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε για εννιά διαφορετικά προφίλ, για περιόδους επαναφοράς 50, 100 και 1000 έτη και για ευμενείς (Evm), μέσες (Mes), δυσμενείς (Dysm) συνθήκες. Οι οριακές συνθήκες εισάγονται μέσω της επιλογής Reach Boundary Condition. Στην επιλογή **Normal Depth**, εισάγεται την κλίση της γραμμής ενέργειας, έτσι ώστε να υπολογιστεί το ομοιόμορφο βάθος για κάθε προφίλ ροής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η κλίση της γραμμής ενέργειας προκύπτει από την κλίση του πυθμένα και είναι η τιμή **S=0.0136**. Για την προσομοίωση της ροής του υδατορρεύματος και για τις συνθήκες μικτής ροής, απαιτούνται οριακές συνθήκες στην είσοδο και στην έξοδο του της ροής του ποταμού. Επιλέγεται λοιπόν για όλα τα προφίλ ροής η οριακή συνθήκη Normal Depth και ορίστηκε η κλίση του πυθμένα ανάντη και κατόντη (Εικ. 19).

Steady Flow Data - J5 paroxi

Description : J5 paroxi

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): 9

Locations of Flow Data Changes

River: Pamisos

Reach: 1 River Sta.: 209

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates									
River	Reach	RS	Q Evm_50	Q Evm_100	Q Evm_1000	Q Mes_50	Q Mes_100	Q Mes_1000	Q Dysm_50	Q Dysm_100	Q Dysm_1000	
1	Pamisos	1	209	89.06	115.34	426.61	500.96	613.11	1306.51	894.03	1111.79	2253.15

Steady Flow Boundary Conditions

☒ Set boundary for all profiles ☐ Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

Known W.S. Critical Depth Normal Depth Rating Curve Delete

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Pamisos	1	all	Normal Depth S = 0.0136	Normal Depth S = 0.0136

Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ...

OK Cancel Help

Select Boundary condition for the upstream side of selected reach.

Εικόνα 19. Εισαγωγή υδρολογικών δεδομένων στο HEC-RAS για μόνιμη ροή

Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της υδρολογικής προσομοίωσης στην παρούσα εργασία, εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 3).

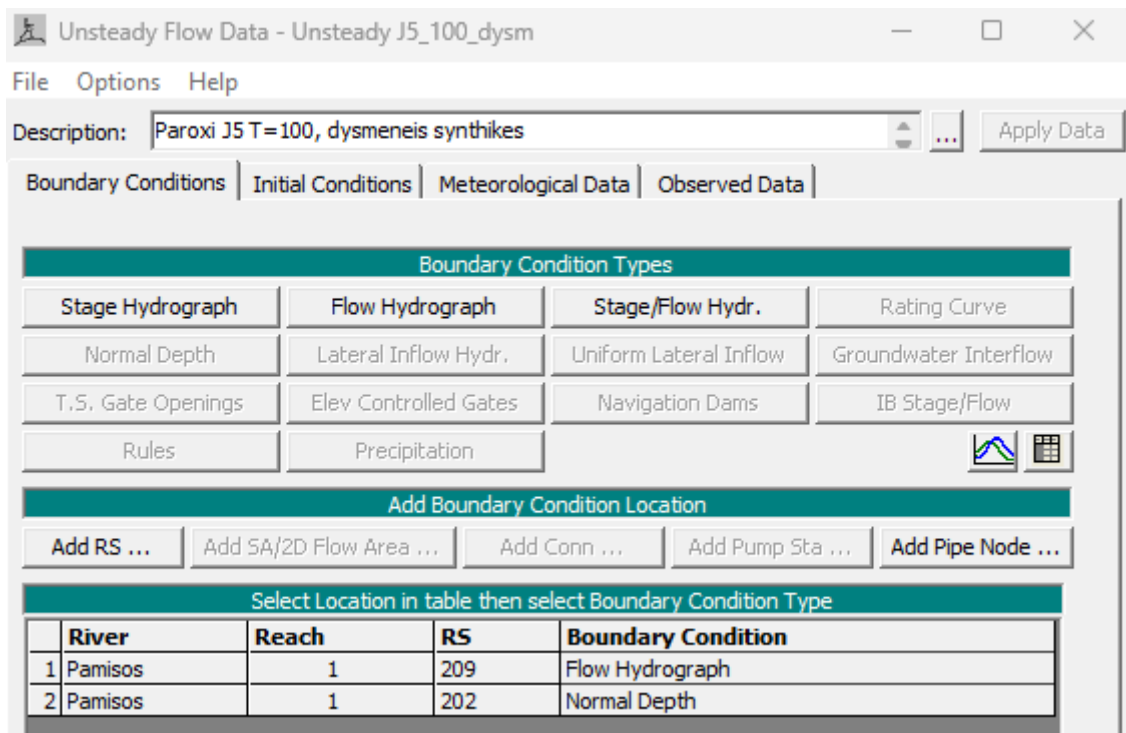
Πίνακας 3. Δεδομένα Παροχών αιχμής για διαφορετικές συνθήκες και περιόδους επαναφοράς στον κόμβο J5
(Πηγή: ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας)

	Ευμενείς συνθήκες	Μέσες συνθήκες	Δυσμενείς συνθήκες
	Συνολική παροχή αιχμής (m ³ /s)		
T=50	89.06	500.96	894.03
T=100	115.34	613.11	1111.79
T=1000	426.61	1306.51	2253.15

3.1.2.2 Μη μόνιμη ροή (Unsteady Flow)

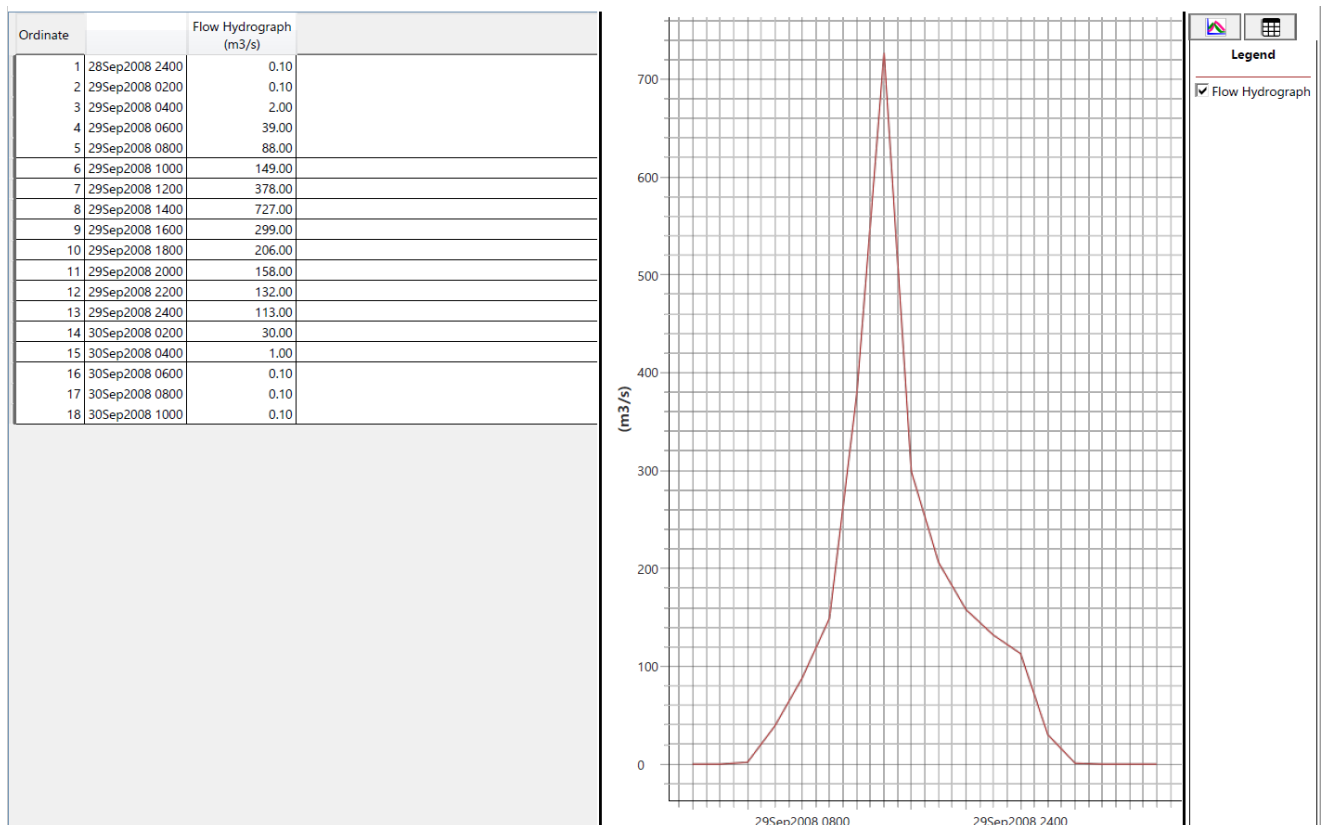
Τα δεδομένα εισάγονται μέσω της εντολής **Edit-> Unsteady Flow Data** του κύριου μενού στο HEC-RAS. Εισάγονται οι οριακές συνθήκες οι οποίες απαιτούνται για τον υπολογισμό της προσομοίωσης και οι αρχικές συνθήκες.

Οι οριακές συνθήκες για τη διατομή εισόδου και τη διατομή εξόδου εισάγονται μέσω της καρτέλας **Boundary Condition**. Σαν οριακή συνθήκη στην ανάντη διατομή ορίζουμε το υδρογράφημα παροχής (**Flow Hydrograph**) για δυσμενείς συνθήκες και περίοδο επαναφοράς 100 έτη, ενώ σαν οριακή συνθήκη για την κατάντη διατομή ορίζουμε το ομοιόμορφο βάθος [**Normal Depth (S= 0.0136)**] (Εικ. 20). Επιλέγουμε τις συγκεκριμένες συνθήκες (περίοδος επαναφοράς 100 έτη, δυσμενείς συνθήκες), καθώς αποτελούν σύννηθες σενάριο, υπέρ της ασφάλειας.



Εικόνα 20. Εισαγωγή υδρολογικών δεδομένων στο HEC-RAS για μη μόνιμη ροή

Το υδρογράφημα των παραπάνω συνθηκών, εμφανίζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 6). Οι τιμές ελήφθησαν από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας και αφορούν περίοδο επαναφοράς 100 έτη και δυσμενείς συνθήκες. Σαν οριακή συνθήκη κατάντη, ορίζεται το **Normal depth (S= 0.0136)**.



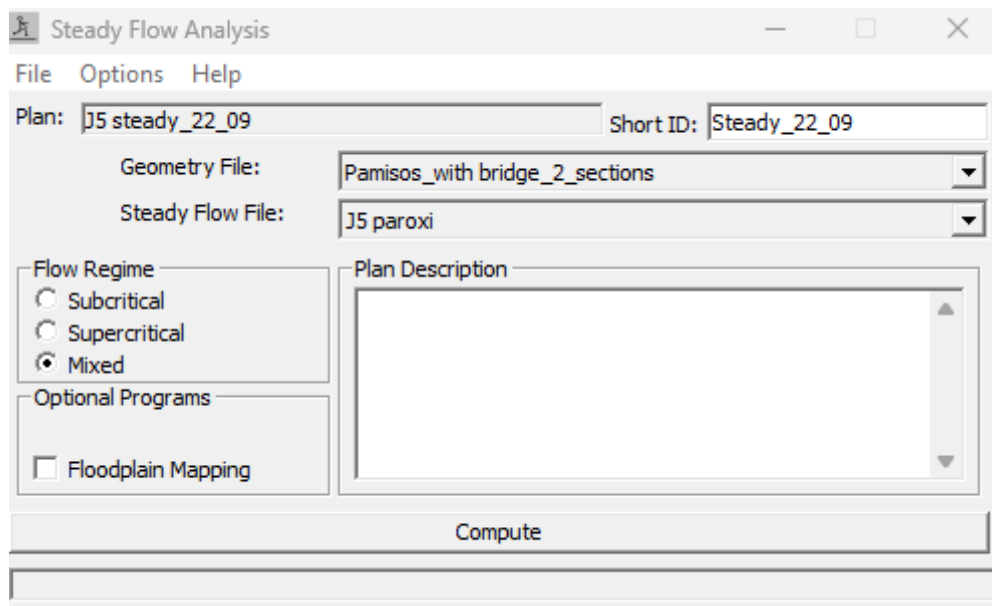
Σχήμα 6. Υδρογράφημα για δυσμενείς συνθήκες και περίοδο επαναφοράς 100 έτη

3.1.3 Υδραυλική προσομοίωση μέσω του λογισμικού HEC-RAS

Μετά την εισαγωγή των γεωμετρικών και υδρολογικών δεδομένων ακολουθεί η προσομοίωση της ροής του υπό μελέτη τμήματος του ποταμού. Γίνεται προσομοίωση για συνθήκες μόνιμης (Steady Flow) και μη μόνιμης ροής (Unsteady Flow). Η προσομοίωση υλοποιείται για συνθήκες μικτής ροής (Mixed flow regime), τόσο στη μόνιμη, όσο και στη μη μόνιμη ροή. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης τόσο για τη μόνιμη όσο και για τη μη μόνιμη ροή, παρουσιάζονται στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων.

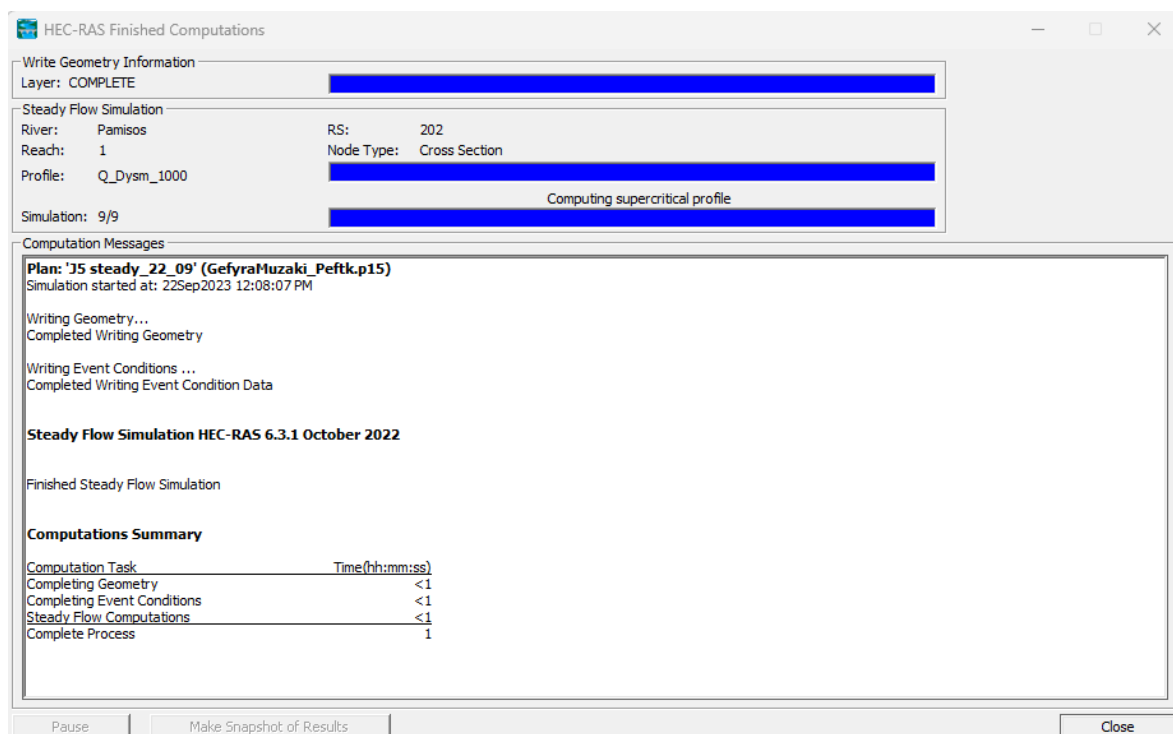
3.1.3.1 Προσομοίωση Μόνιμης ροής (Steady Flow)

Για την προσομοίωση της μόνιμης ροής, η οποία είναι μια σχετικά απλή διαδικασία, επιλέγεται από το κύριο μενού του HEC-RAS η εντολή **Run-> Steady Flow Analysis**. Επιλέγεται το αρχείο της γεωμετρίας, το κατάλληλο αρχείο υδραυλικών δεδομένων και ορίζονται οι συνθήκες ροής (Εικ. 21).



Εικόνα 21. Ρύθμιση παραμέτρων για εκτέλεση προσομοίωσης μόνιμης ροής

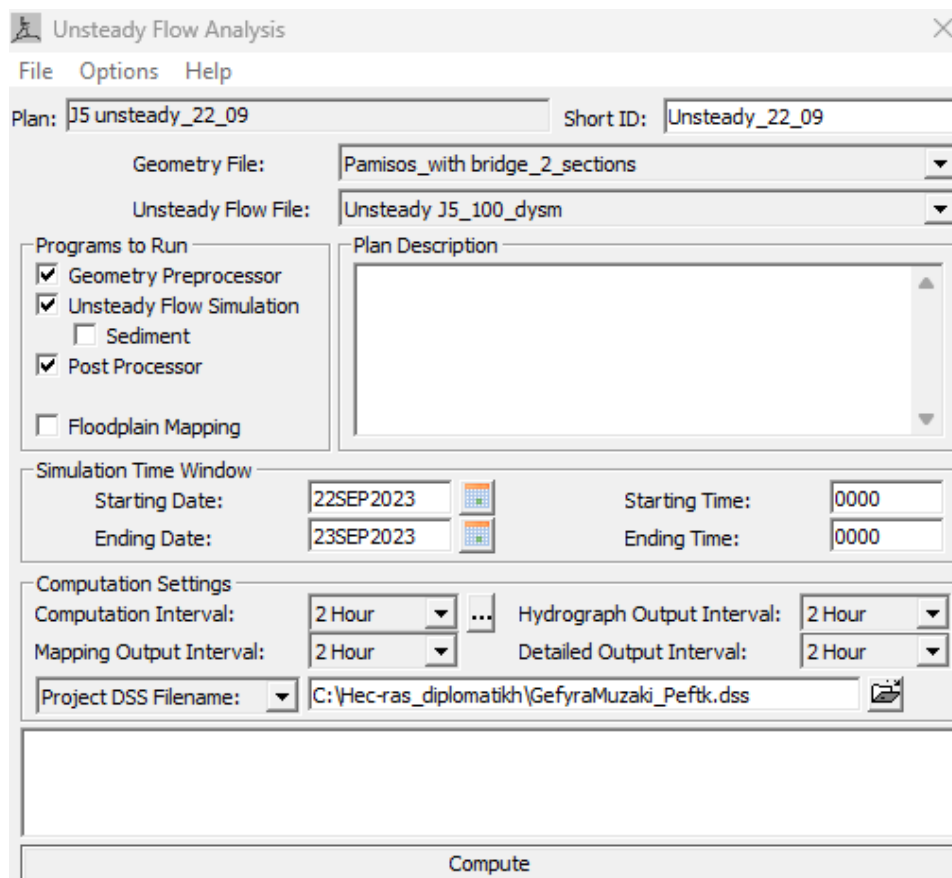
Στη συνέχεια, εκτελείται η προσομοίωση με την επιλογή **Compute**, με βάση τα δεδομένα που έχουν επιλεγεί (Εικ. 22).



Εικόνα 22. Εκτέλεση προσομοίωσης μόνιμης ροής

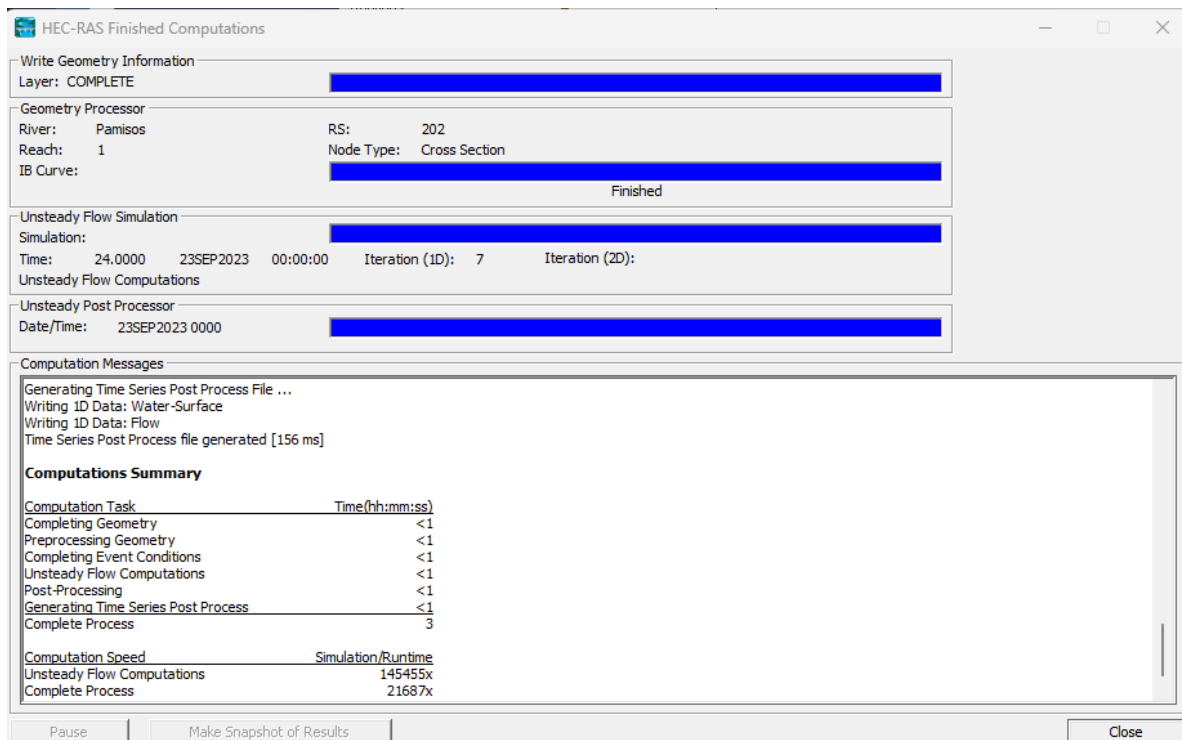
3.1.3.2 Προσομοίωση Μη Μόνιμης ροής (Unsteady Flow)

Η προσομοίωση της ροής υπό συνθήκες μη μόνιμης ροής είναι μια πιο περίπλοκη διαδικασία. Για να επιτευχθεί χρειάστηκαν δομικές στο χρονικό βήμα υπολογισμού, οι οποίες δεν εξασφάλισαν την επιτυχή ολοκλήρωση της διαδικασίας και γι' αυτό τον λόγο έγιναν τροποποιήσεις στην ανάλυση των παραμέτρων, μεταβάλλοντας τον αριθμό των σημείων των διατομών σε 30 μέσω της εντολής HTAB Param. Ορίστηκαν οι ημερομηνίες και οι ώρες αρχής και τέλους της προσομοίωσης. Το χρονικό βήμα για τους υπολογισμούς ορίστηκε σε 2 ώρες, όπως και το χρονικό βήμα για την εξαγωγή των χαρτογραφημένων αποτελεσμάτων. Σε δύο ώρες ορίστηκαν επίσης τα χρονικά βήματα των υδρογραφημάτων και των λεπτομερών αποτελεσμάτων που εξάγονται (Εικ. 23).



Εικόνα 23. Ρύθμιση παραμέτρων για εκτέλεση προσομοίωσης μη μόνιμης ροής

Στη συνέχεια, εκτελείται η προσομοίωση με την επιλογή **Compute**, με βάση τα δεδομένα που έχουν επιλεγεί (Εικ. 24).



Εικόνα 24. Εκτέλεση προσομοίωσης μη μόνιμης ροής

3.2 Συλλογή στοιχείων πλημμυρικών συμβάντων στην περιοχή του Μουζακίου Καρδίτσας, με τη χρήση της πλατφόρμας ArcGIS Survey123

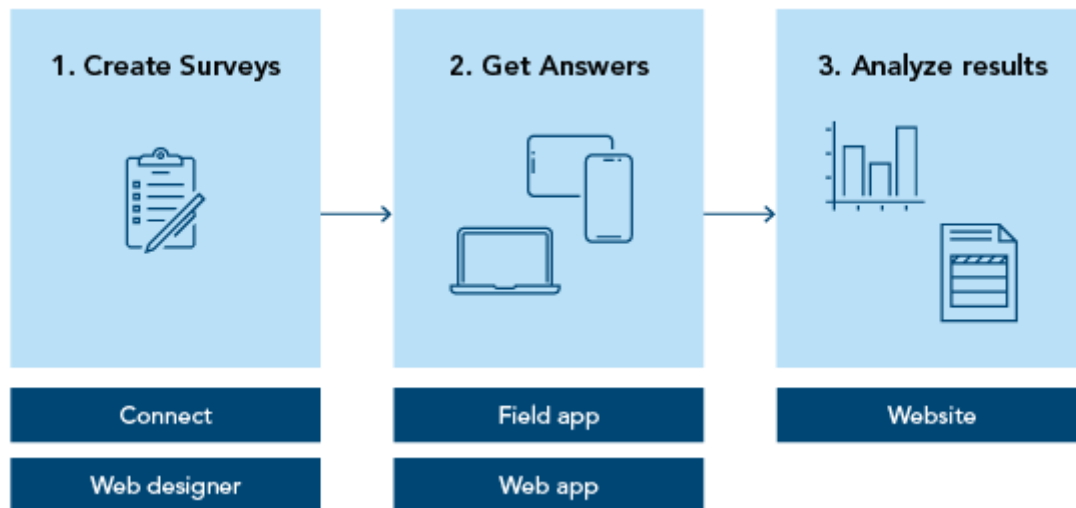
3.2.1 Γενικά για την πλατφόρμα Survey123

Το ArcGIS Survey123 αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση για την κοινή χρήση και την ανάλυση ερευνών. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία φορμών με προεπιλογές και με υποστήριξη σε πολλές γλώσσες. Με το ArcGIS Survey123 μπορούν να συλλεχθούν δεδομένα με τη βοήθεια του διαδικτύου (web) ή κινητής συσκευής, ακόμα και εάν δεν υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο. Τα δεδομένα ανεβαίνουν στη φόρμα με ασφάλεια και αναλύονται τα αποτελέσματα στο διαδίκτυο (web) ή σε κάποια εφαρμογή ArcGIS.

Ο σχεδιαστής ιστοσελίδων ArcGIS Survey123, ο οποίος χρησιμοποιεί διεπαφή μεταφοράς και απόθεσης για να λειτουργήσει, παρέχει μια μεγάλη ποικιλία τύπων ερωτήσεων, οι οποίες μπορούν να διαμορφωθούν με διάφορους τρόπους. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιείται προδιαγραφή XLSForm.

3.2.1.1 Ποή εργασίας Survey123

Το 1-2-3 στο όνομα της πλατφόρμας δηλώνει τη φιλοσοφία της. Το Survey123 παρέχει ότι χρειάζεται για (1) την δημιουργία έρευνας, (2) τη λήψη απαντήσεων και (3) την ανάλυση των αποτελεσμάτων (Σχ. 7).



Σχήμα 7. Ποή εργασίας του Survey123 (Πηγή: <https://doc.arcgis.com/>)

Με το Survey123 μπορούν να δημιουργηθούν φόρμες για τη συλλογή πληροφοριών σε σχέση με κάποιο συμβάν, με ένα άτομο, με μία δομή ή με σχεδόν οτιδήποτε. Οι έρευνες αυτές μπορούν να αποτελούνται από κείμενο, από ήχο ή από εικόνες σαν επεξηγήσεις για τον ερωτώμενο στην έρευνα χρήστη και να επιτρέπουν την εισαγωγή τους. Οι έρευνες, ανάλογα με την επιλογή του συντάκτη, μπορεί να είναι είτε ελεύθερες, είτε κανονιστικές. Οι ερωτήσεις, υπάρχει η δυνατότητα να είναι ορατές ή και κρυφές με βάση την επιλογή που έχει γίνει.

Οι ερωτηθέντες μπορεί να είναι είτε άτομα από το ευρύ κοινό, είτε χρήστες του οργανισμού ArcGIS. Οι χρήστες μπορούν να επεξεργαστούν και να προσαρμόσουν τις υπάρχουσες καρτέλες ή να καταγράψουν νέες.

Μετά την ολοκλήρωση της έρευνας, τα αποτελέσματα διατίθενται στον συντάκτη μέσω του ιστοτόπου Survey123. Η αναπαράσταση των απαντήσεων μπορεί να γίνει με μορφή γραφημάτων, τα οποία είναι αρκετά βοηθητικά στη λήψη αποφάσεων, ή σαν ανεπεξέργαστα δεδομένα για τη χρήση τους σε άλλες εφαρμογές του ArcGIS.

3.2.1.2 Τύποι ερωτήσεων

Στον παρακάτω πίνακα (Πίν. 4) αναγράφονται οι τύποι ερωτήσεων που μπορούν να προστεθούν στην έρευνα και πως υλοποιούνται μέσω της προδιαγραφής XLSForm.

Πίνακας 4. Τύποι ερωτήσεων που μπορούν να προστεθούν στην έρευνα

Ερώτηση Survey123 web designer	Περιγραφή	Υλοποίηση XLSForm
Κείμενο μίας γραμμής	Πλαίσιο κειμένου με εισαγωγή μίας γραμμής	Ερώτηση κειμένου
Κείμενο πολλών γραμμών	Πλαίσιο κειμένου με πολλές γραμμές εισόδου	Ερώτηση κειμένου, εμφάνιση πολλαπλών γραμμών
Αριθμός	Αριθμητική εισαγωγή η οποία μπορεί να είναι ακέραιος ή δεκαδικός αριθμός	Ακέραια ή δεκαδική ερώτηση
Ημερομηνία	Εισαγωγή ημερομηνίας	Ερώτηση ημερομηνίας
Ώρα	Εισαγωγή χρόνου	Ερώτηση ώρας
Ημερομηνία και ώρα	Εισαγωγή ημερομηνίας και ώρας	Ερώτηση ημερομηνίας - ώρας
Email	Περιορισμένο πλαίσιο κειμένου, το οποίο απορρίπτει εισόδους οι οποίες δεν έχουν μορφή διεύθυνσης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.	Ερώτηση κειμένου με περιορισμό κανονικής έκφρασης
Ιστότοπος	Περιορισμένο πλαίσιο κειμένου, το οποίο απορρίπτει εισόδους οι οποίες δεν έχουν μορφή διεύθυνσης URL ιστότοπου	Ερώτηση κειμένου με περιορισμό κανονικής έκφρασης
Μονή επιλογή	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής. Μπορεί να επιλεγεί μόνο μία επιλογή	Ερώτηση με μια μόνο επιλογή
Πολλαπλή επιλογή	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής. Μπορούν να επιλεγούν πολλές επιλογές	Ερώτηση με πολλαπλές επιλογές
Πλέγμα μονής επιλογής	Σειρά ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής με πανομοιότυπες επιλογές. Μόνο μία επιλογή μπορεί να επιλεγεί για κάθε μία	Πολλές ερωτήσεις με μια μόνο επιλογή, χρησιμοποιώντας την ίδια λίστα επιλογών σε μια ομάδα, χρησιμοποιώντας εμφάνιση λίστας πινάκων
Αναπτυσσόμενο μενού	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής με επιλογές που εμφανίζονται σε μια αναπτυσσόμενη λίστα. Μόνο μία επιλογή μπορεί να επιλεγεί	Ερώτηση με μια μόνο επιλογή, ελάχιστη εμφάνιση ή εμφάνιση αυτόματης συμπλήρωσης
Κλίμακα Likert	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής. Επιλέξτε μία από μια σειρά επιλογών χρησιμοποιώντας μια συμμετρική κλίμακα Συμφωνώ-Διαφωνώ	Ερώτηση με μια μόνο επιλογή, εμφάνιση Likert
Βαθμολογία	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής. Επιλέξτε έναν από μια σειρά αριθμών	Ερώτηση με μια μόνο επιλογή

Κατάταξη	Λίστα επιλογών που μπορούν να παραγγελθούν	Ερώτηση κατάταξης
Χάρτης	Συλλέγει ένα σημείο, μια γραμμή ή ένα πολύγωνο στο χάρτη	Ερώτηση γεωσημείου, γεωσχήματος ή γεωίχνους
Διεύθυνση	Πλαίσιο κειμένου που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μιας διεύθυνσης	Ερώτηση κειμένου, εμφάνιση γεωκώδικα
Εικόνα	Τραβήξτε μία ή περισσότερες φωτογραφίες με την κάμερα ή ανεβάστε αρχεία εικόνας από τη συσκευή.	Ερώτηση εικόνας, ενδεχομένως με εμφάνιση πολλών γραμμών
Μεταφόρτωση αρχείου	Αποδέχεται ένα αρχείο στη συσκευή.	Ερώτηση αρχείου
Ήχου	Εγγραφή ή μεταφόρτωση αρχείου ήχου.	Ηχητική ερώτηση
Υπογραφή	Εισαγωγή σχεδίου που προορίζεται για υπογραφή.	Ερώτηση εικόνας, εμφάνιση υπογραφής
Σημείωση	Εμφανίζει κείμενο στην οθόνη.	Σημείωση ερώτησης
Σελίδα	Παρουσιάζει ερωτήσεις σε ξεχωριστή σελίδα.	Έναρξη ερωτήσεων ομάδας και τερματισμού ομάδας, στυλ σελίδων
Ομάδα	Τακτοποιεί τις ερωτήσεις σε μια ομάδα.	Έναρξη ομαδικών και τελικών ομαδικών ερωτήσεων

3.2.1.3 Επιλογές ερωτήσεων

Με την προσθήκη μίας ερώτησης στην έρευνα , υπάρχουν κάποιες επιλογές διαθέσιμες, πρόσθετες, για την αλλαγή του τρόπου εμφάνισης ή της συμπεριφοράς της ερώτησης κατά τη συμπλήρωση και υποβολή της έρευνας από τον χρήστη. Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες από αυτές τις επιλογές όπως η “προεπιλεγμένη τιμή”, η “εμφάνιση επιλογών με τυχαία σειρά”, ο “ υπολογισμός”, το “να επιτρέπεται η επιλογή «Άλλο»”, η “μέγιστη τιμή” κ.α..

3.2.1.4 Άλλες επιλογές

Προσωρινή απάντηση—Με την υποβολή της έρευνας, όταν ο χρήστης θα ανοίξει την έρευνα, η απάντηση αυτή θα έχει συμπληρωθεί αυτόματα. Το συγκεκριμένο δεν έχει κάποιο ισοδύναμο XLSForm, η εφαρμογή όμως Survey123 έχει την επιλογή του ορισμού και της εφαρμογής αγαπημένων απαντήσεων, που λειτουργεί παρομοίως.

Μόνο για ανάγνωση—Εδώ ο κάθε χρήστης δεν μπορεί να δώσει κάποια απάντηση στην ερώτηση. Η ερώτηση είναι δυνατόν να περιέχει προεπιλογές μόνο ή αποτελέσματα από υπολογισμούς. Στο XLSForm, ορίζεται η στήλη μόνο για ανάγνωση για τη συγκεκριμένη ερώτηση σε «ναι».

Απόκρυψη από έρευνα—Σε αυτή την περίπτωση ο χρήστης δεν είναι δυνατόν να δει την ερώτηση. Μπορούν όμως να αποθηκευτούν απαντήσεις από προεπιλογές ή από υπολογισμούς. Η επιλογή αυτή διατίθεται για ερωτήσεις μόνο οι οποίες υποστηρίζουν υπολογισμούς ή προεπιλογές. Για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη λειτουργία στο XLSForm, ρυθμίζεται η στήλη εμφάνισης της ερώτησης σε «κρυφή».

Να μην υποβληθεί η απάντηση—Δεν θα υπάρχει διαθέσιμο πεδίο και δε θα υποβληθεί απάντηση στην ερώτηση. Στο XLSForm, ρυθμίζεται η στήλη εμφάνισης της ερώτησης σε «κενό».

3.2.2 Δημιουργία Πλατφόρμας συλλογής στοιχείων πλημμυρικών συμβάντων στην περιοχή του Μουζακίου

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα γίνει επεξήγηση βήμα- βήμα της δημιουργίας της πλατφόρμας που έχει σαν σκοπό τη συλλογή στοιχείων πλημμυρικών συμβάντων της περιοχής του Μουζακίου και τη χρήση τους σε μελλοντική έρευνα βαθμονόμησης μοντέλων.

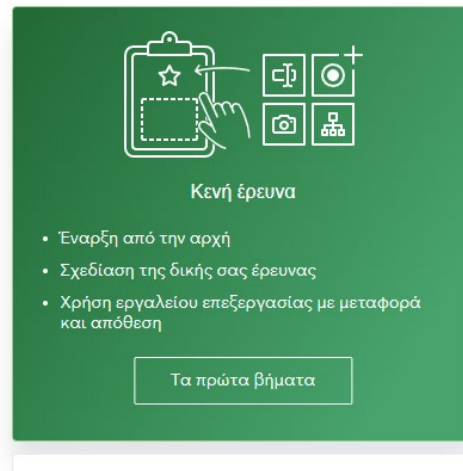
3.2.2.1 Βήματα για τη δημιουργία και δημοσίευση της έρευνας

Για τη δημιουργία και δημοσίευση της έρευνάς μας ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

1. Άνοιγμα του ιστότοπου Survey123 και σύνδεση στον λογαριασμό του ArcGIS με μετάβαση στο παρακάτω σύνδεσμο: <https://survey123.arcgis.com> και κλικ στην επιλογή **Είσοδος**.
2. Επιλογή **Νέα έρευνα**.
3. Επιλογή **Γρήγορα αποτελέσματα** στο κουμπί **Κενή έρευνα** (Σχ. 8).

Νέα έρευνα

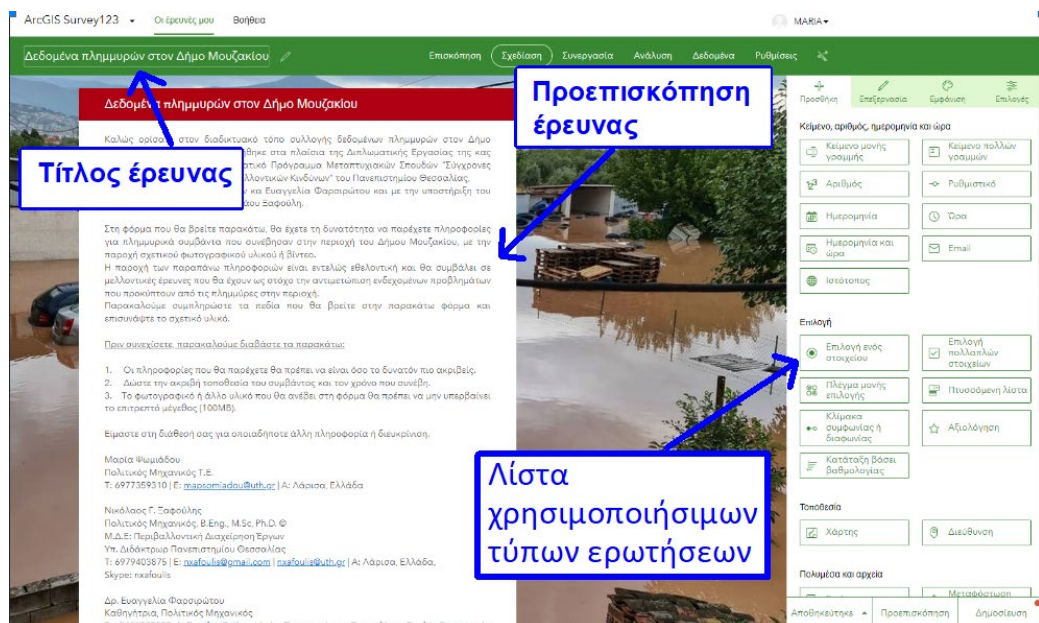
Χρήση του web εργαλείου σχεδίασης



Σχήμα 8. Επιλογή για δημιουργία κενής έρευνας (Πηγή: <https://survey123.arcgis.com/>).

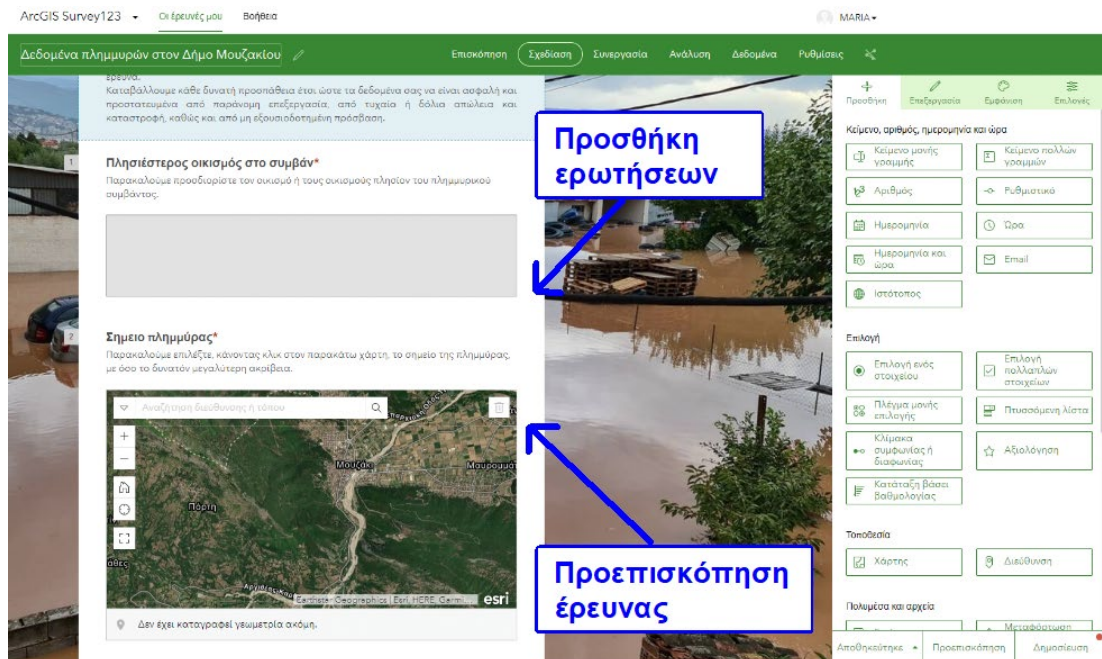
4. Επιλέγουμε **Τα πρώτα βήματα**.

Ανοίγει και δημιουργείται μια έρευνα για προβολή. Στα αριστερά εμφανίζεται η προεπισκόπηση της έρευνας, ενώ στα δεξιά το παράθυρο περιέχει μια λίστα χρησιμοποιήσιμων τύπων ερωτήσεων. Κάνοντας κλικ στον τίτλο της έρευνας στη γραμμή πλοήγησης μπορούμε να τον αλλάξουμε (Εικ. 25).



Εικόνα 25. Διάταξη πλατφόρμας Survey123.

5. Προστίθενται οι ερωτήσεις που θέλουμε για την έρευνά μας. Μπορούμε να κάνουμε προεπισκόπηση της έρευνας με το αντίστοιχο κουμπί σε οποιοδήποτε σημείο της δημιουργίας της έρευνας (Εικ. 26).



Εικόνα 26. Προσθήκη ερωτήσεων στην έρευνα και προεπισκόπηση

6. Σε κάθε ερώτηση μπορούμε να προσθέσουμε επεξηγηματικό κείμενο, εάν αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Τα πεδία των ερωτήσεων που καλείται ο χρήστης να συμπληρώσει, με τη μορφή εμφάνισής τους στην πλατφόρμα δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίν. 5), μαζί με τα κείμενα υπόδειξης για την καθεμία:

Πίνακας 5. Ετικέτες ερωτήσεων που έχουν δημοσιευθεί στην έρευνα, κείμενο υπόδειξης και λεπτομέρειες.

Ετικέτα ερώτησης	Κείμενο υπόδειξης	Λεπτομέρειες
Πλησιέστερος οικισμός στο συμβάν	<i>Παρακαλούμε προσδιορίστε τον οικισμό ή τους οικισμούς πλησίον του πλημμυρικού συμβάντος.</i>	Απαιτούμενη ερώτηση
Σημείο πλημμύρας	<i>Παρακαλούμε επιλέξτε, κάνοντας κλικ στον παρακάτω χάρτη, το σημείο της πλημμύρας, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια.</i>	-Εργαλείο σχεδίασης: Σημείο -Δεν υπάρχει προεπιλεγμένη τοποθεσία - Απαιτούμενη ερώτηση
Ημερομηνία και ώρα έναρξης συμβάντος	<i>Παρακαλούμε εισάγετε την ημερομηνία και ώρα έναρξης του πλημμυρικού συμβάντος.</i>	Απαιτούμενη ερώτηση
Ημερομηνία και ώρα λήξης συμβάντος	<i>Παρακαλούμε εισάγετε την ημερομηνία και ώρα λήξης του πλημμυρικού συμβάντος.</i>	Απαιτούμενη ερώτηση
Ανάρτηση φωτογραφικού υλικού ή βίντεο από το συμβάν	<i>Παρακαλούμε ανεβάστε φωτογραφικό υλικό ή βίντεο από το πλημμυρικό συμβάν (μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος: 100MB).</i>	-Ελάχιστος αριθμός αρχείων: 1 -Μέγιστος αριθμός αρχείων: 10 -Μέγιστο μέγεθος αρχείου: 100MB -Επιτρεπόμενοι τύποι αρχείων: Όλοι οι τύποι αρχείων
Προσδιορισμός ύψος στάθμης νερού	<i>Παρακαλούμε προσδιορίστε το ύψος της στάθμης του νερού για κάθε φωτογραφία που ανεβάσατε.</i>	Απαιτούμενη ερώτηση
Υπήρξαν τραυματισμοί ή απώλεια ζωών κατά το συμβάν;	-	-Επιλογές: Ναι, Όχι, Δε γνωρίζω -Να επιτρέπεται η επιλογή «Άλλο» -Εμφάνιση: οριζόντια -Απαιτούμενη ερώτηση
Υπήρξαν ζημιές, καταστροφές από το συμβάν;	-	-Επιλογές: Ναι, Όχι, Δε γνωρίζω -Να επιτρέπεται η επιλογή «Άλλο» -Εμφάνιση: οριζόντια -Απαιτούμενη ερώτηση
Στοιχεία επικοινωνίας	<i>Παρακαλούμε εισάγετε τα στοιχεία σας σε περίπτωση που χρειαστεί να επικοινωνήσουμε μαζί σας.</i>	-Απαιτούμενη ερώτηση

7. Επιλέγουμε το κουμπί **Δημοσίευση** κάτω δεξιά.

Η έρευνά μας είναι πλέον διαθέσιμη για άνοιγμα και τον χρήση από τους χρήστες με τη διεύθυνση URL που παρέχεται στο κουμπί **Σύνδεση** επάνω δεξιά.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αποτελέσματα υδραυλικής προσομοίωσης

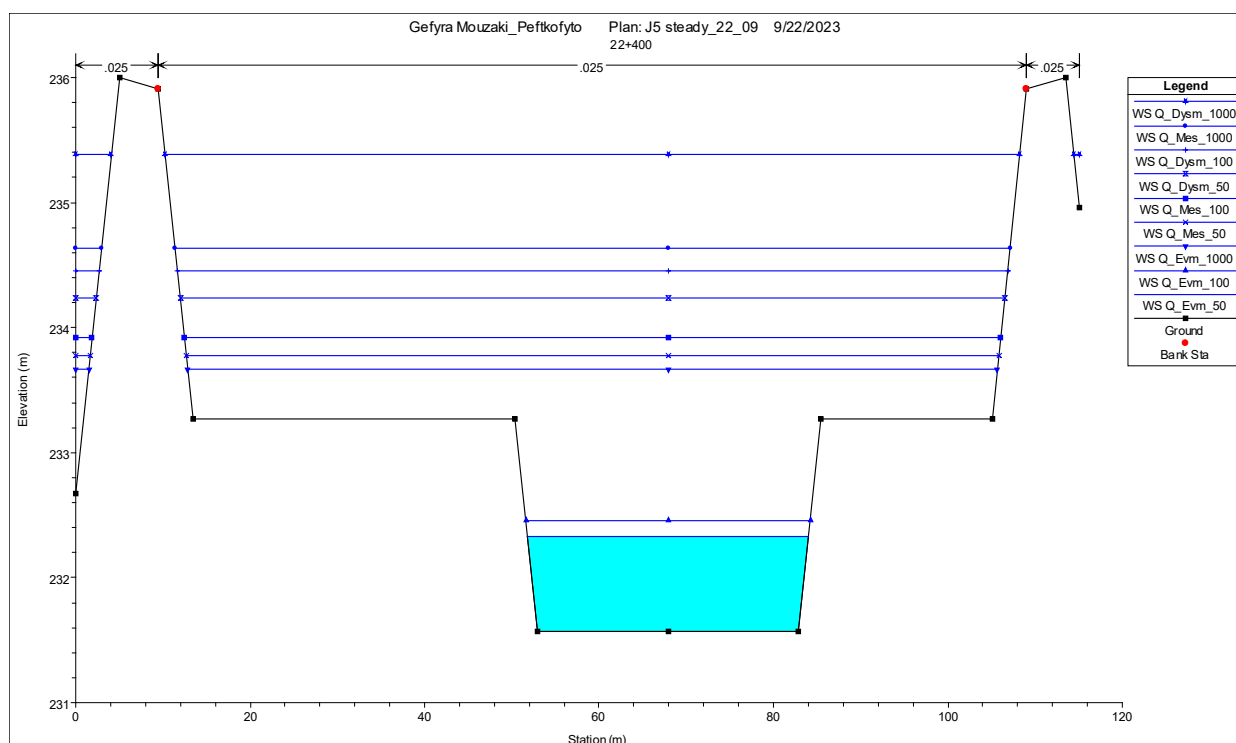
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υδραυλικής προσομοίωσης του υπό μελέτη υδατορρεύματος τόσο για συνθήκες μόνιμης, όσο και για συνθήκες μη μόνιμης ροής. Τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν σε διάφορες μορφές, όπως πίνακες και γραφήματα και σκαριφήματα.

4.1.1 Μόνιμη ροή

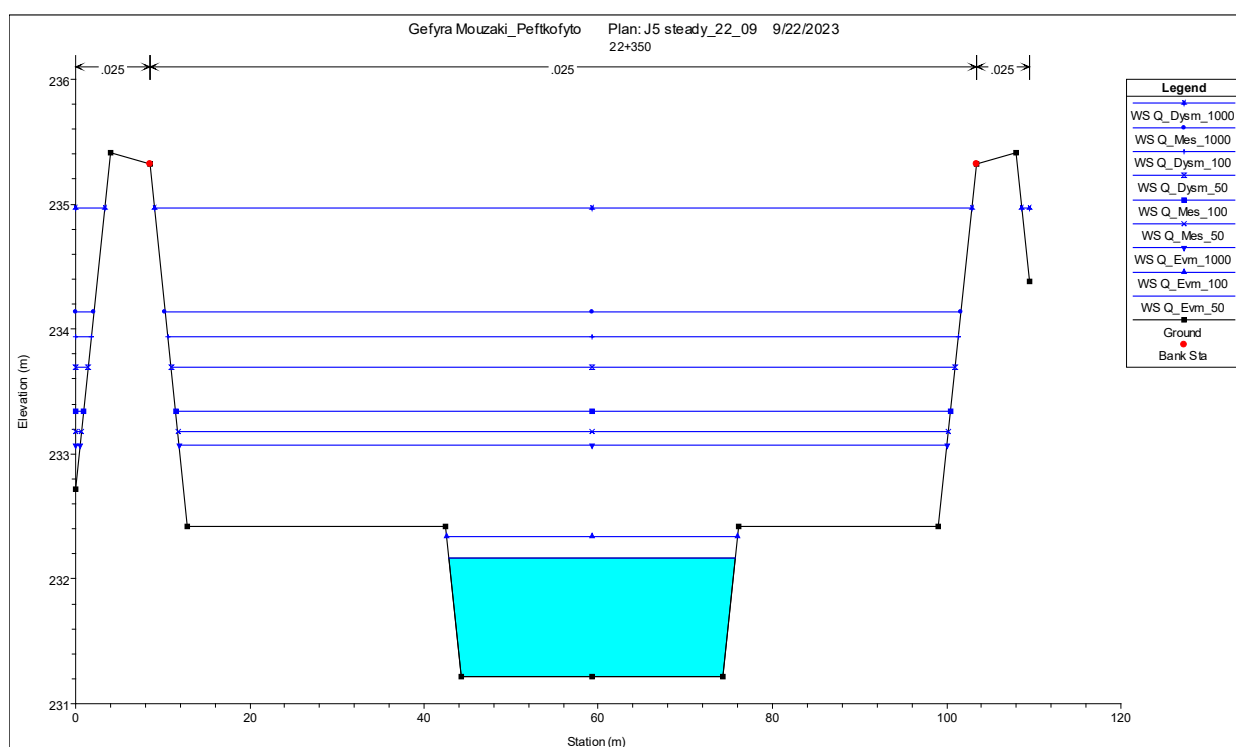
Στα παρακάτω σχήματα (Σχ. 9 - Σχ. 17) παρουσιάζονται γραφικά οι στάθμες της ελεύθερης επιφάνειας του νερού στις διατομές του υπό μελέτη υδατορρεύματος για εννιά σενάρια, δηλαδή για περιόδους επαναφοράς 50, 100, 1000 έτη και για ευμενείς, μέσες και δυσμενείς συνθήκες. Στον παρακάτω πίνακα (Πίν. 6) γίνεται επεξήγηση του υπομνήματος των εννιά σεναρίων:

Πίνακας 6. Επεξήγηση υπομνήματος σεναρίων μόνιμης ροής

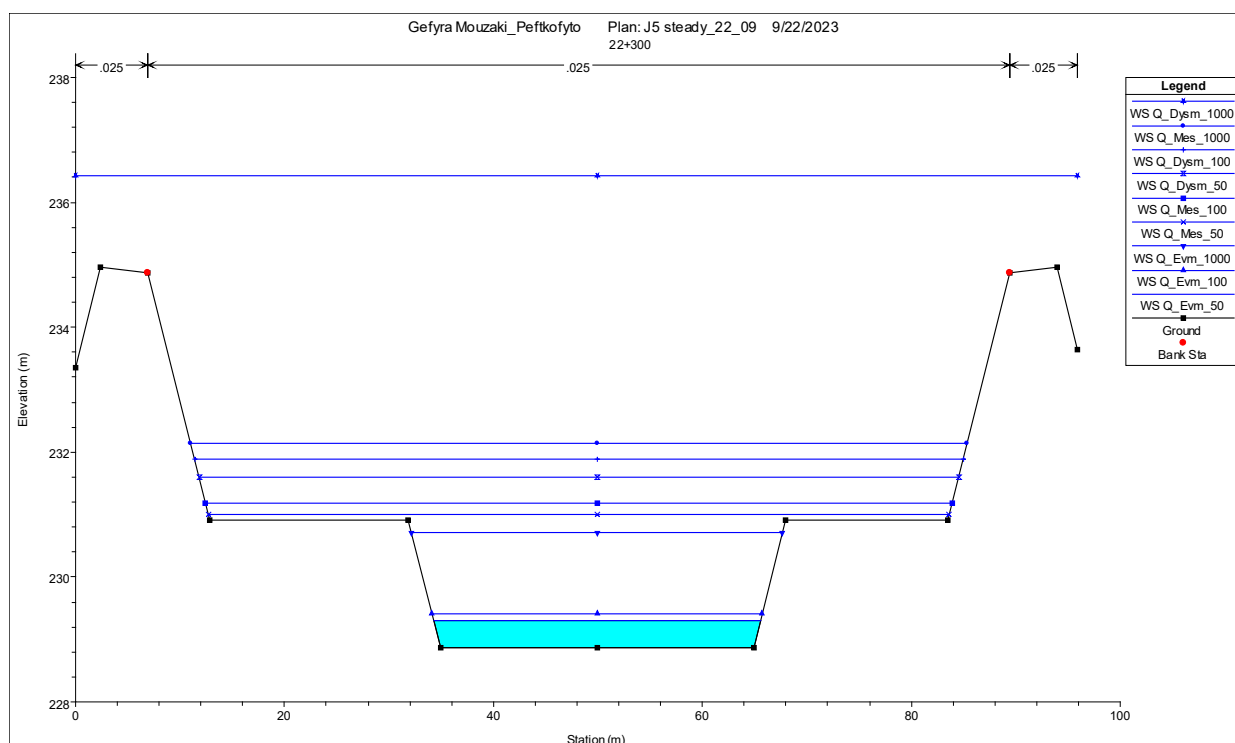
	Ευμενείς συνθήκες	Μέσες συνθήκες	Δυσμενείς συνθήκες
T=50	Ws_Q_Evm_50	Ws_Q_Mes_50	Ws_Q_Dysm_1000
T=100	Ws_Q_Evm_100	Ws_Q_Mes_100	Ws_Q_Dysm_1000
T=1000	Ws_Q_Evm_1000	Ws_Q_Mes_1000	Ws_Q_Dysm_1000



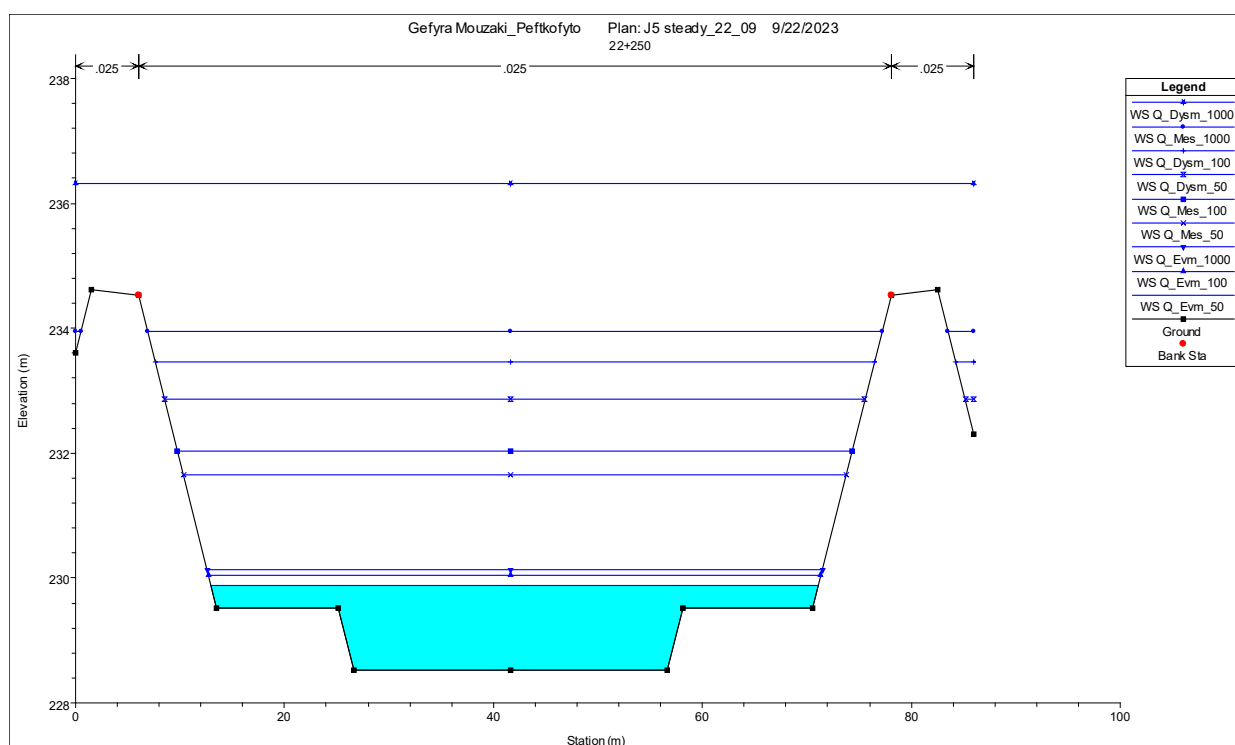
Σχήμα 9. Διατομή 209 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.



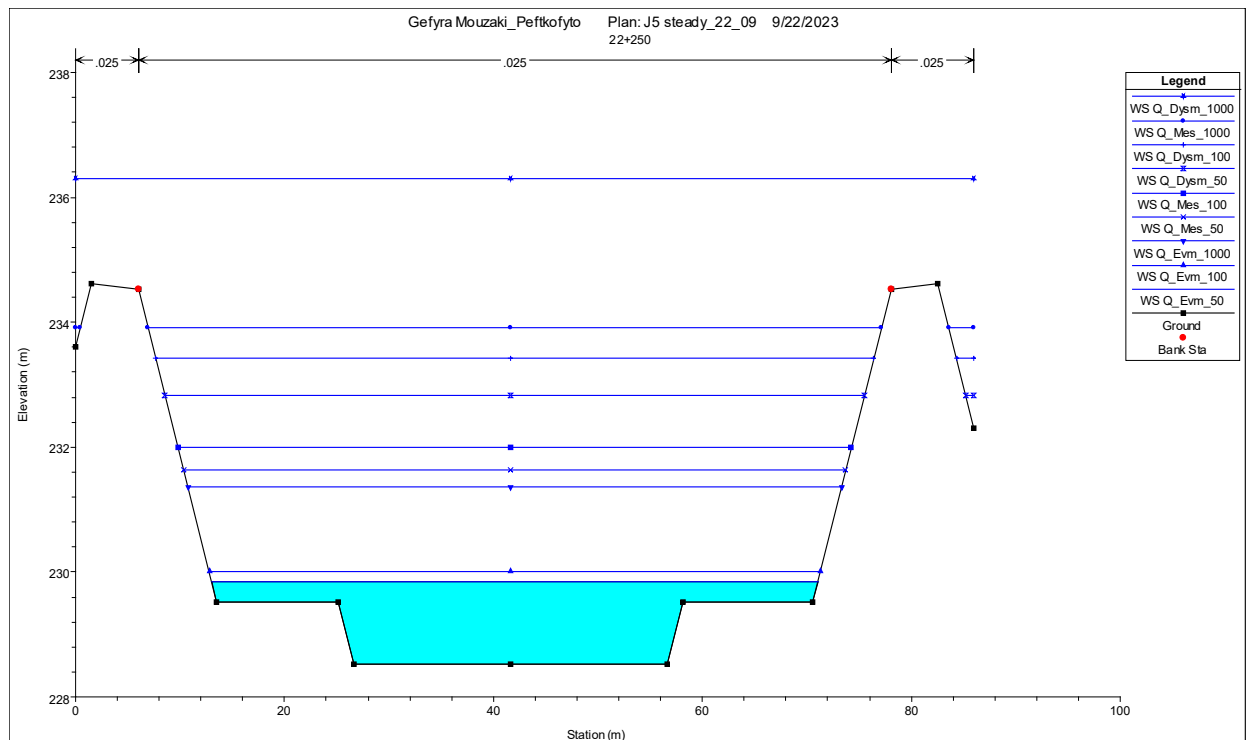
Σχήμα 10. Διατομή 208 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.



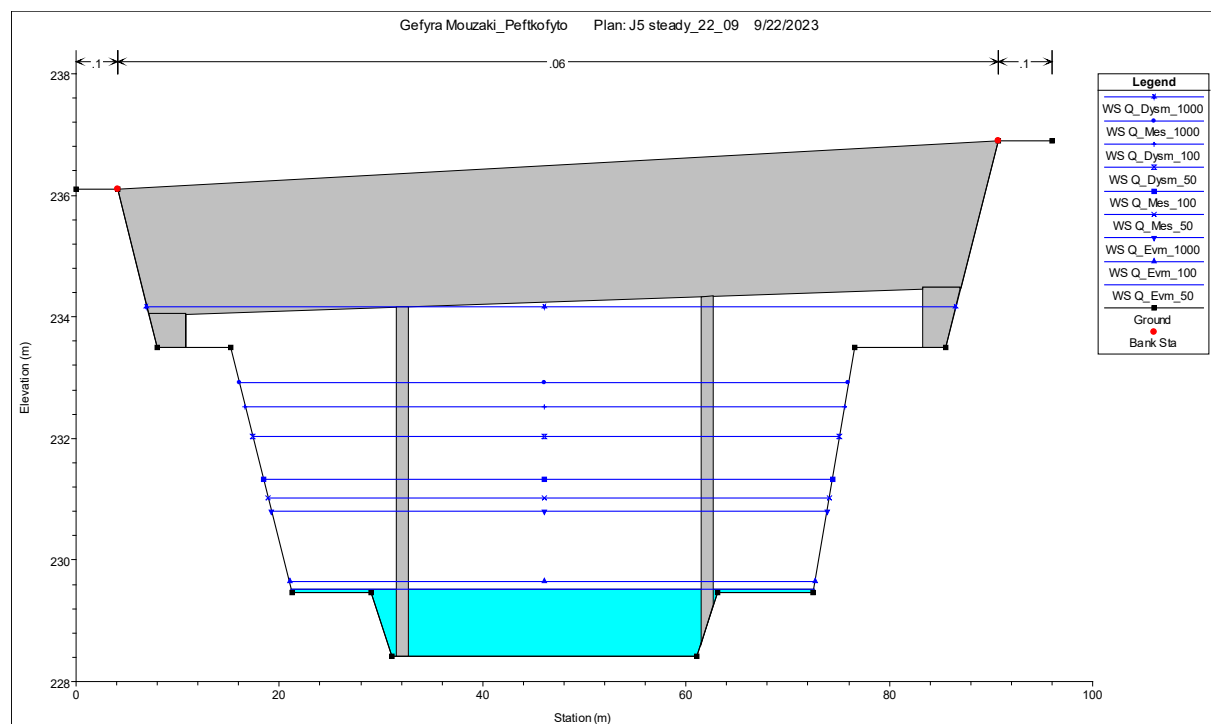
Σχήμα 11. Διατομή 207 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια



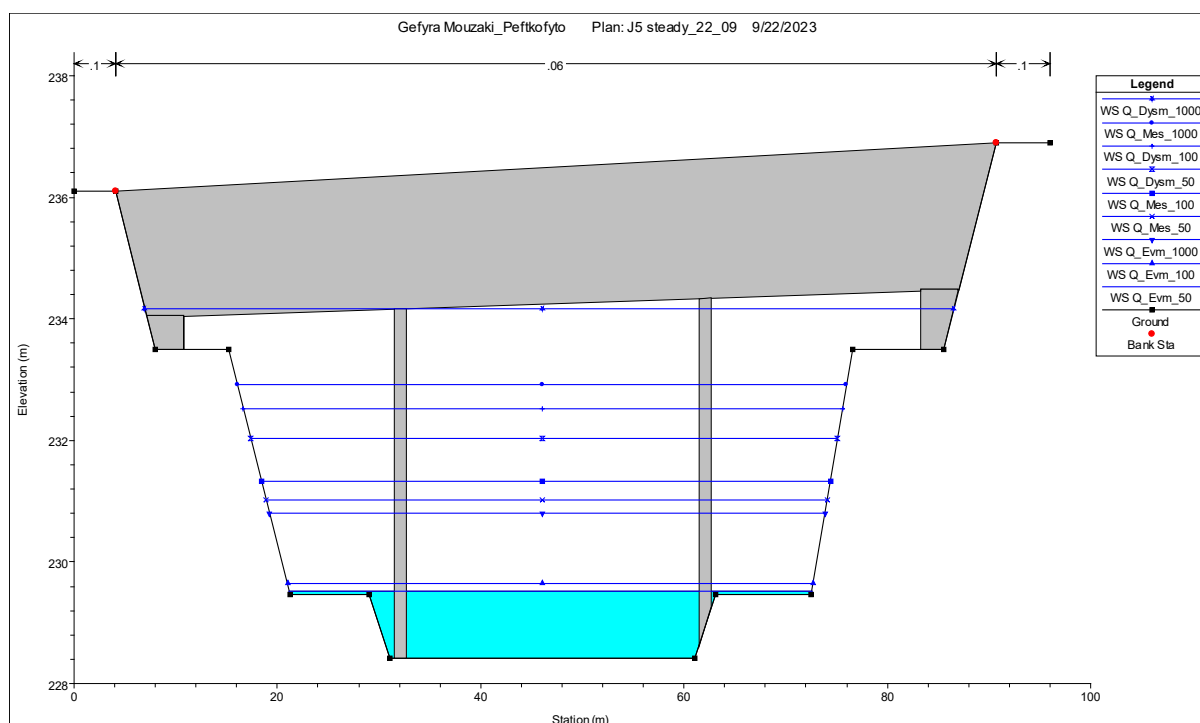
Σχήμα 12. Διατομή 206 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια



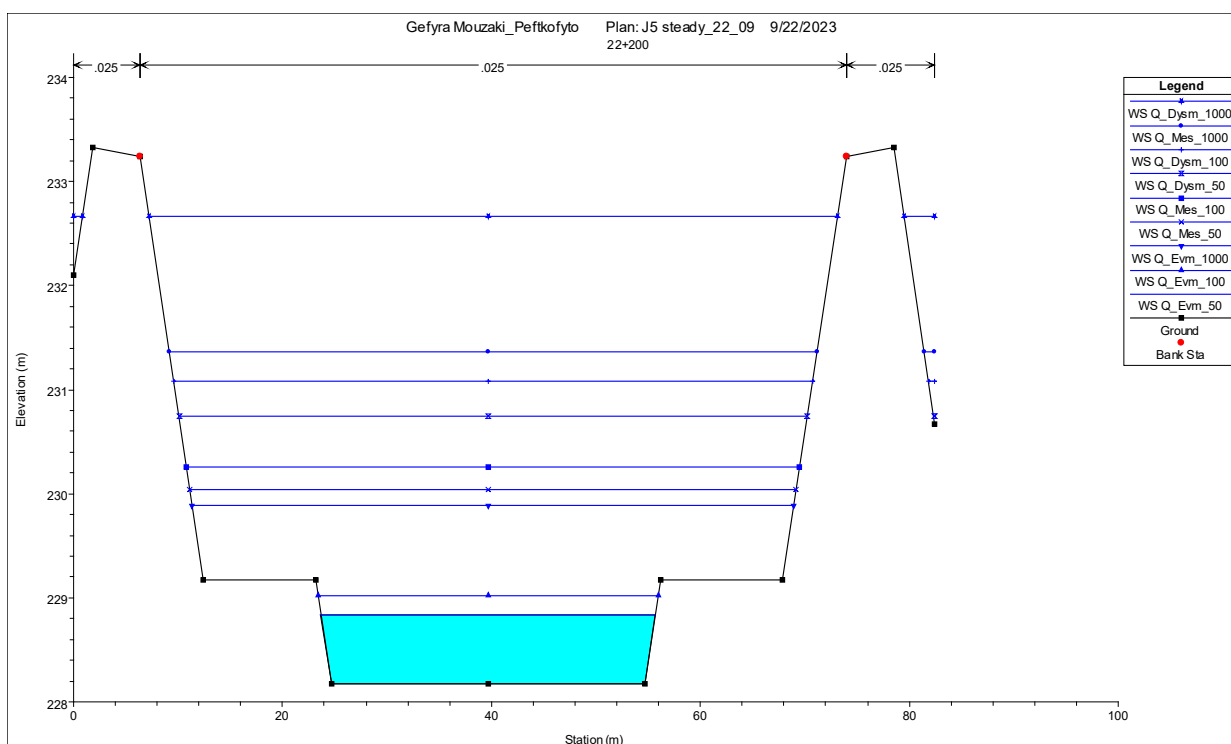
Σχήμα 13. Διατομή 205 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.



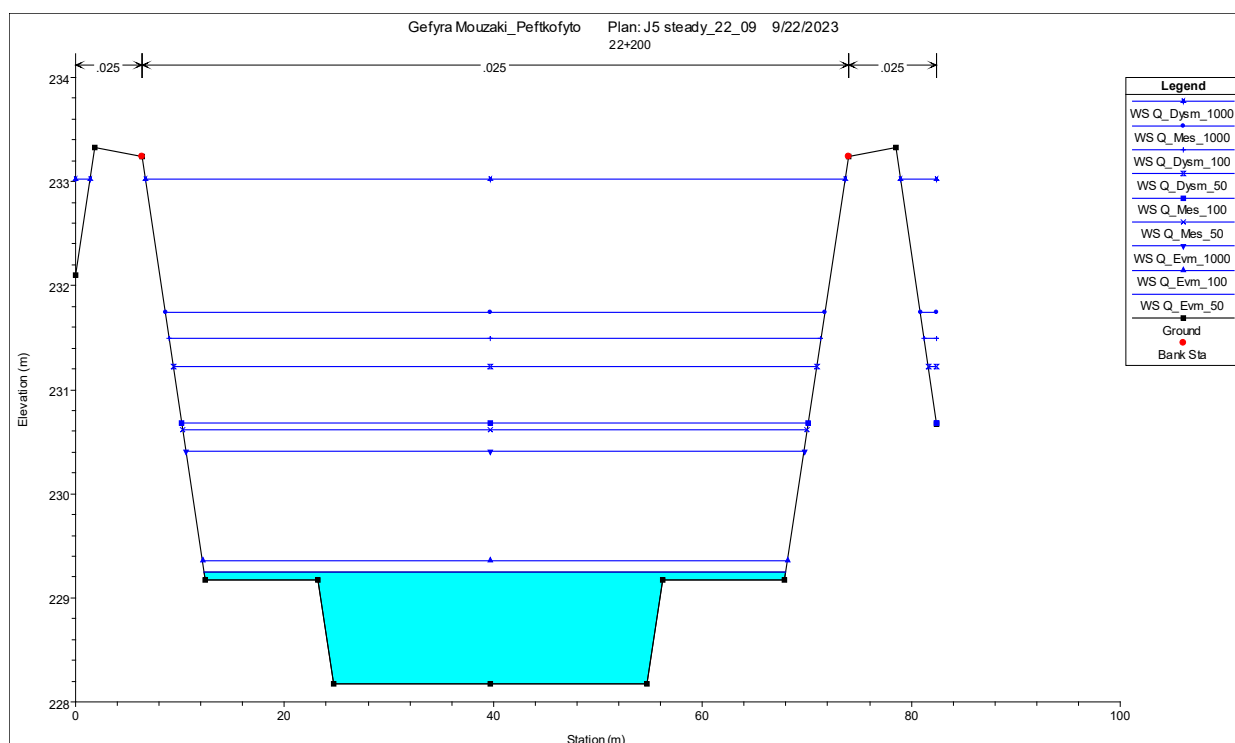
Σχήμα 14. Διατομή 204 ανάντη γέφυρας - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.



Σχήμα 15. Διατομή 204 κατάντη γέφυρας - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.

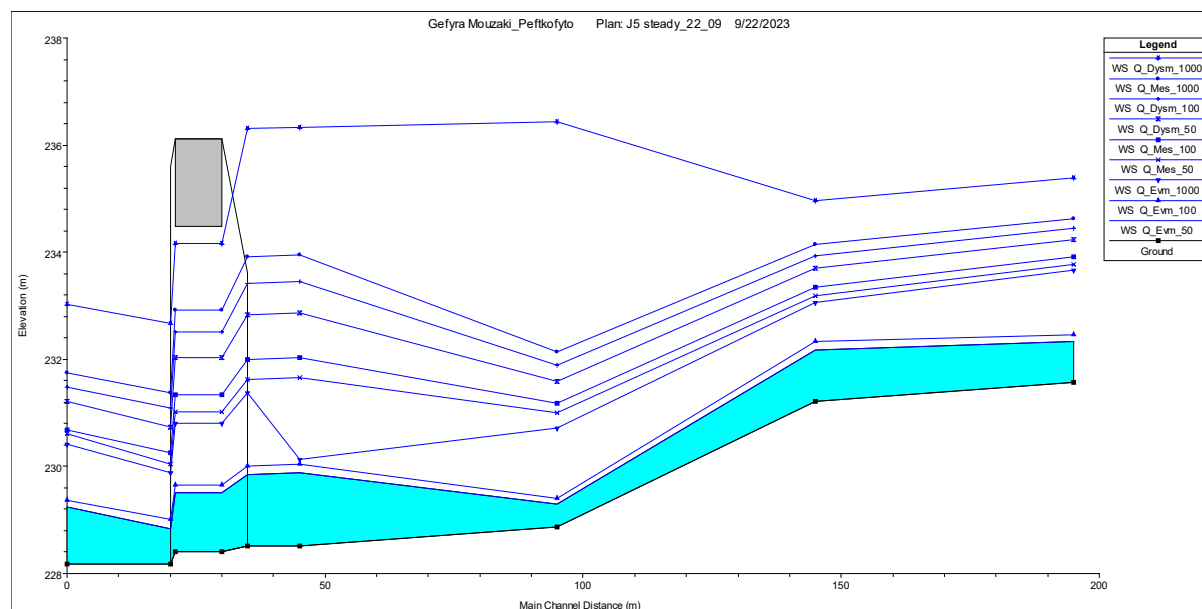


Σχήμα 16. Διατομή 203 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.



Σχήμα 17. Διατομή 202 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα σενάρια.

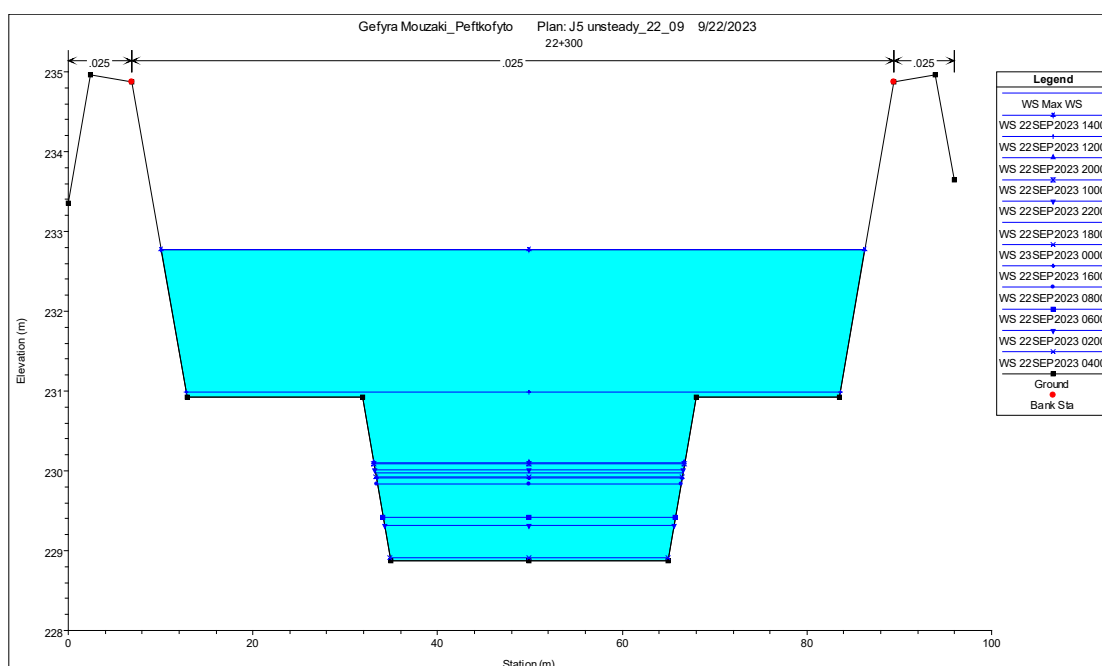
Οι στάθμες επίσης του νερού κατά μήκος του ποταμού για τα προφίλ που έχουν δημιουργηθεί, φαίνονται συγκεντρωτικά στην μηκοτομή της παρακάτω εικόνας (Σχ. 18).



Σχήμα 18. Μηκοτομή - Αποτελέσματα προσομοίωσης μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα προφίλ

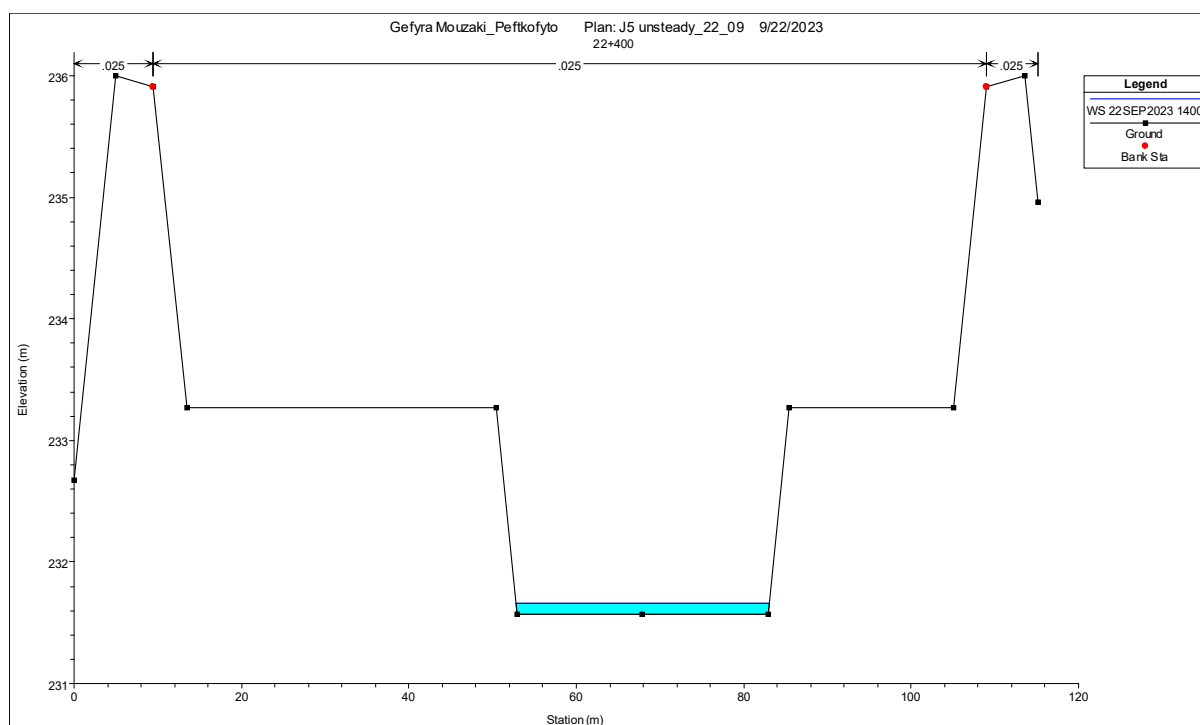
4.1.2 Μη Μόνιμη ροή

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υδραυλικής προσομοίωσης υπό συνθήκες μη μόνιμης ροής για το σενάριο των δυσμενών συνθηκών και περίοδο επαναφοράς 100 έτη. Επιλέχθηκε αυτό το σενάριο σαν το πιο σύνηθες σενάριο υπέρ της ασφάλειας. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η στάθμη του νερού ενδεικτικά για τη διατομή 207, στον χρόνο έναρξης και λήξης του υδρογραφήματος (0 και 24 ώρες), καθώς και τους ενδιάμεσους χρόνους όπου η στάθμη του νερού παίρνει ελάχιστες και μέγιστες τιμές (Σχ. 19).

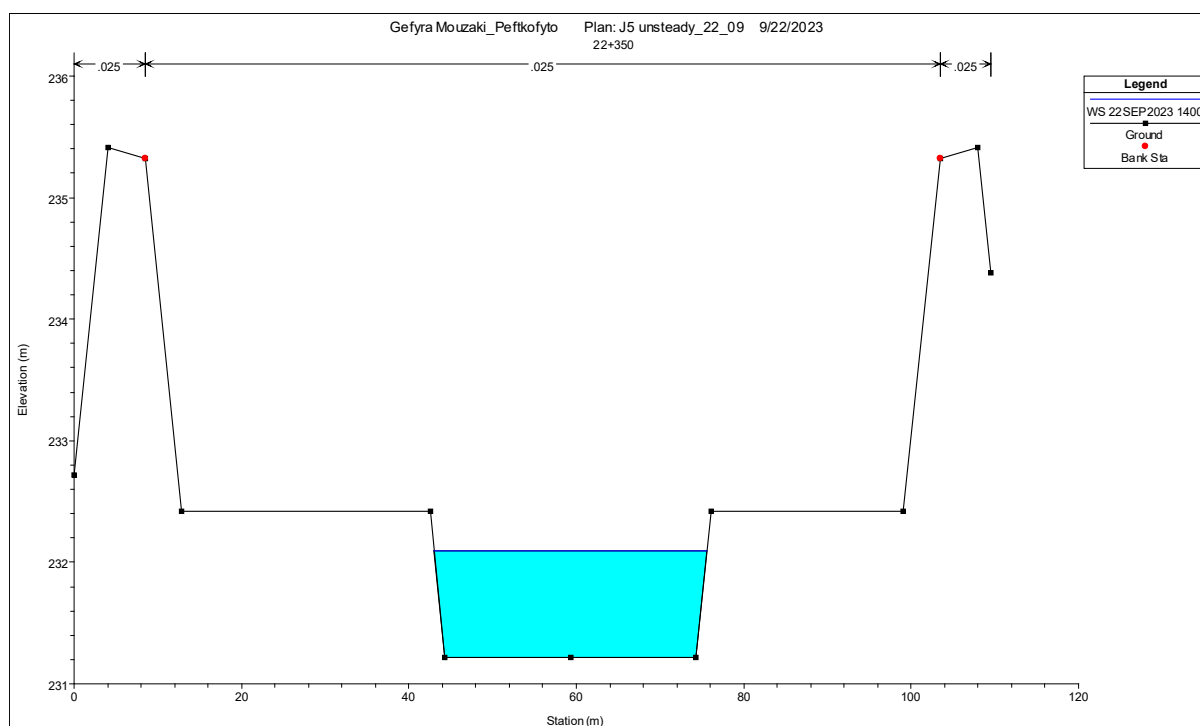


Σχήμα 19. Διατομή 207 - Αποτελέσματα προσομοίωσης με μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στον χρόνο έναρξης και λήξης του υδρογραφήματος και στους ενδιάμεσους χρόνους.

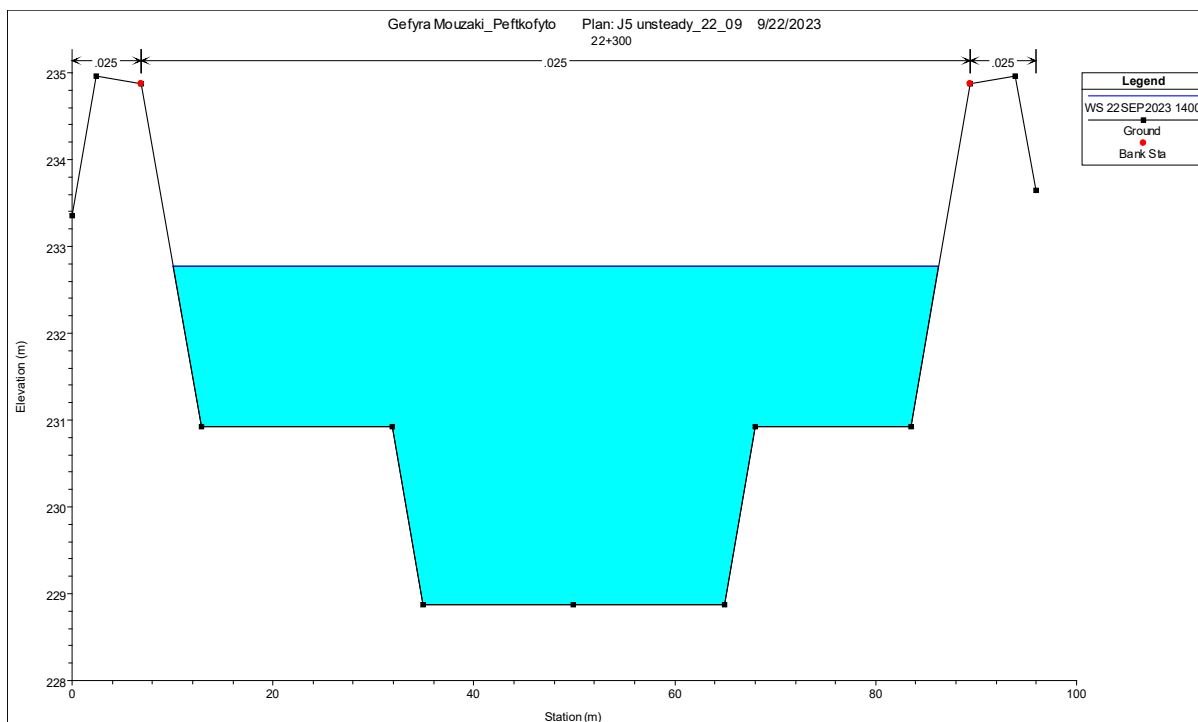
Στα παρακάτω σχήματα (Σχ. 20 - Σχ. 28) παρουσιάζονται γραφικά οι στάθμες της ελεύθερης επιφάνειας του νερού των διατομών του υπό μελέτη υδατορρεύματος για το σενάριο που έχει επιλεγεί και για τη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος (στις 14 ώρες), για προσομοίωση της δυσμενέστερης κατάστασης.



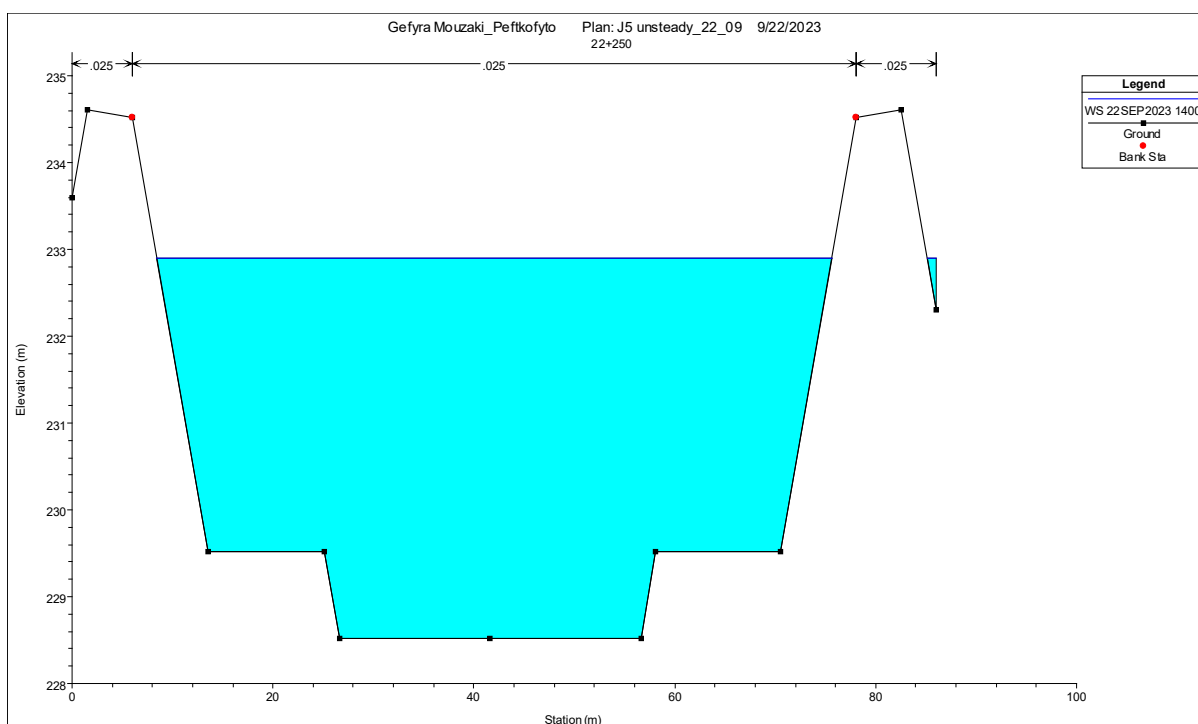
Σχήμα 20. Διατομή 209 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.



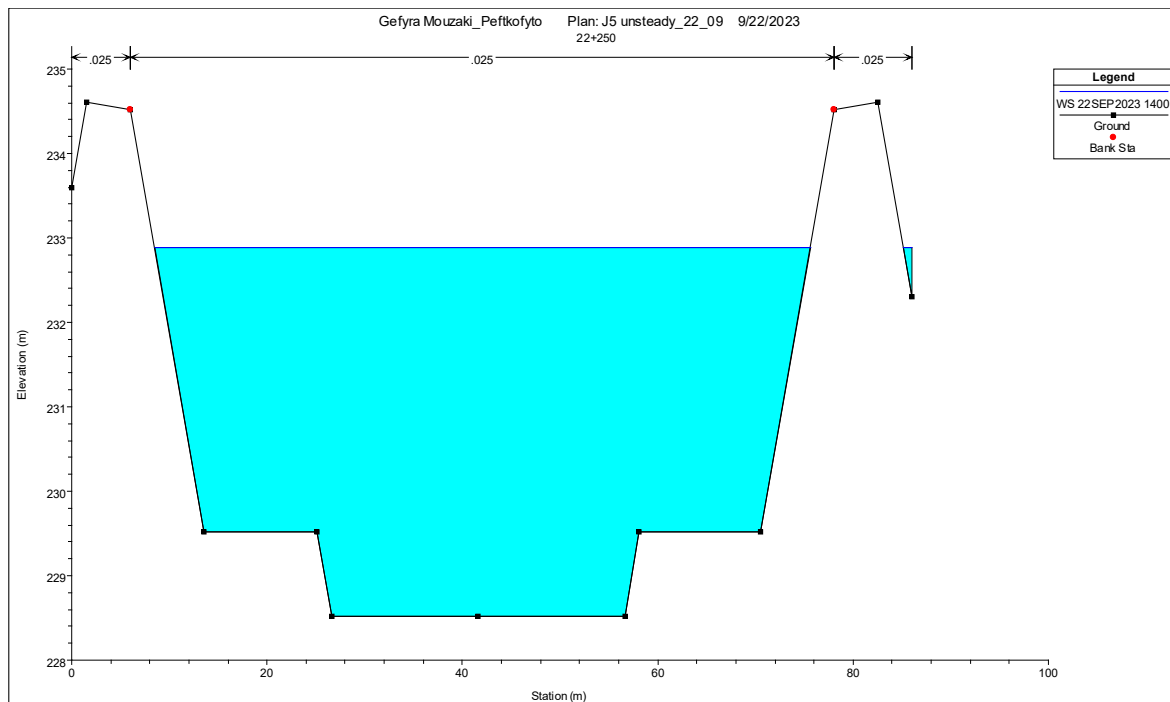
Σχήμα 21. Διατομή 208 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος



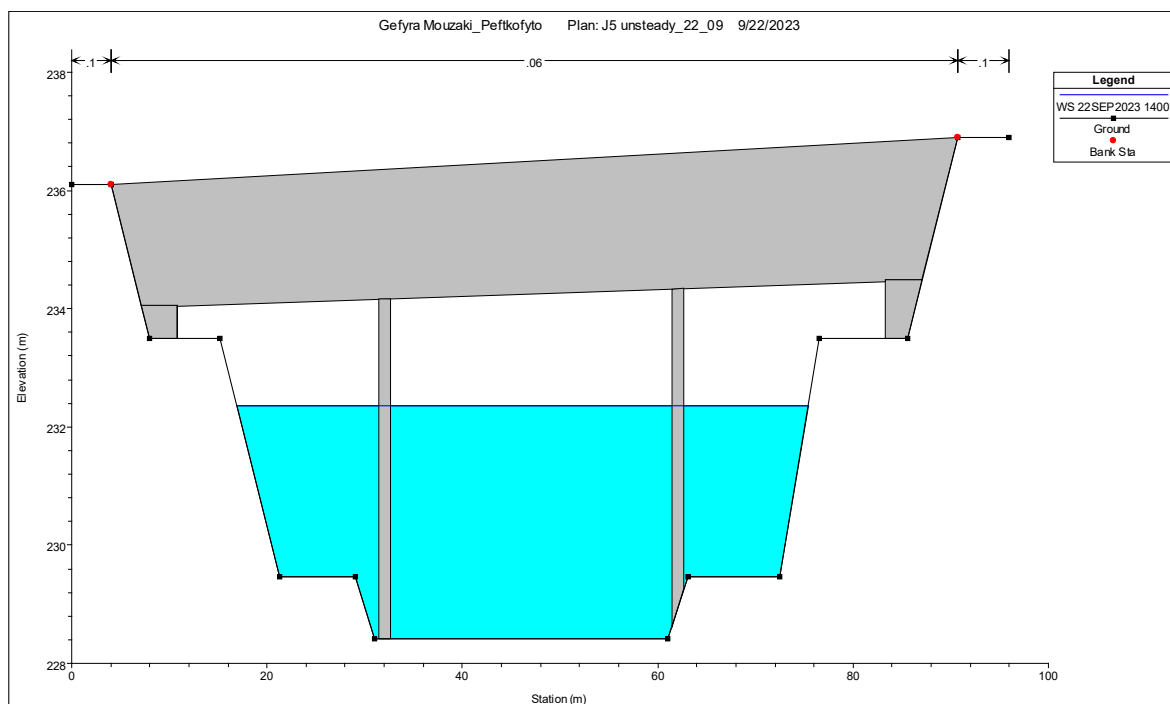
Σχήμα 22. Διατομή 207 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.



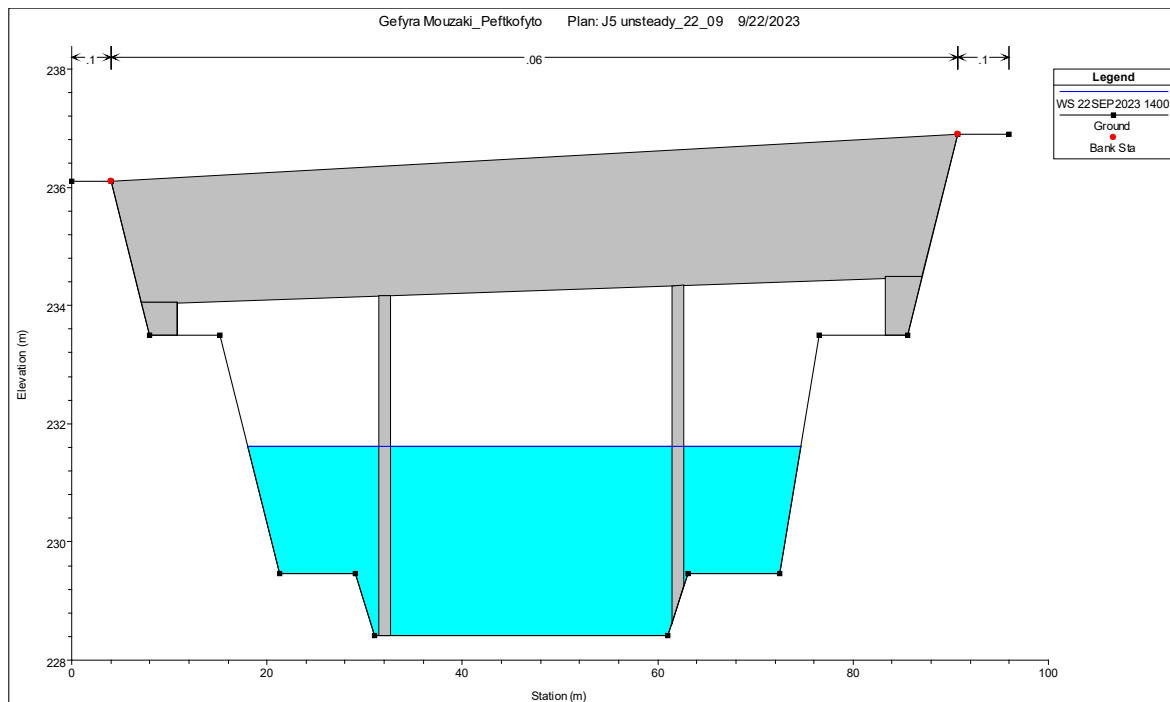
Σχήμα 23. Διατομή 206 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.



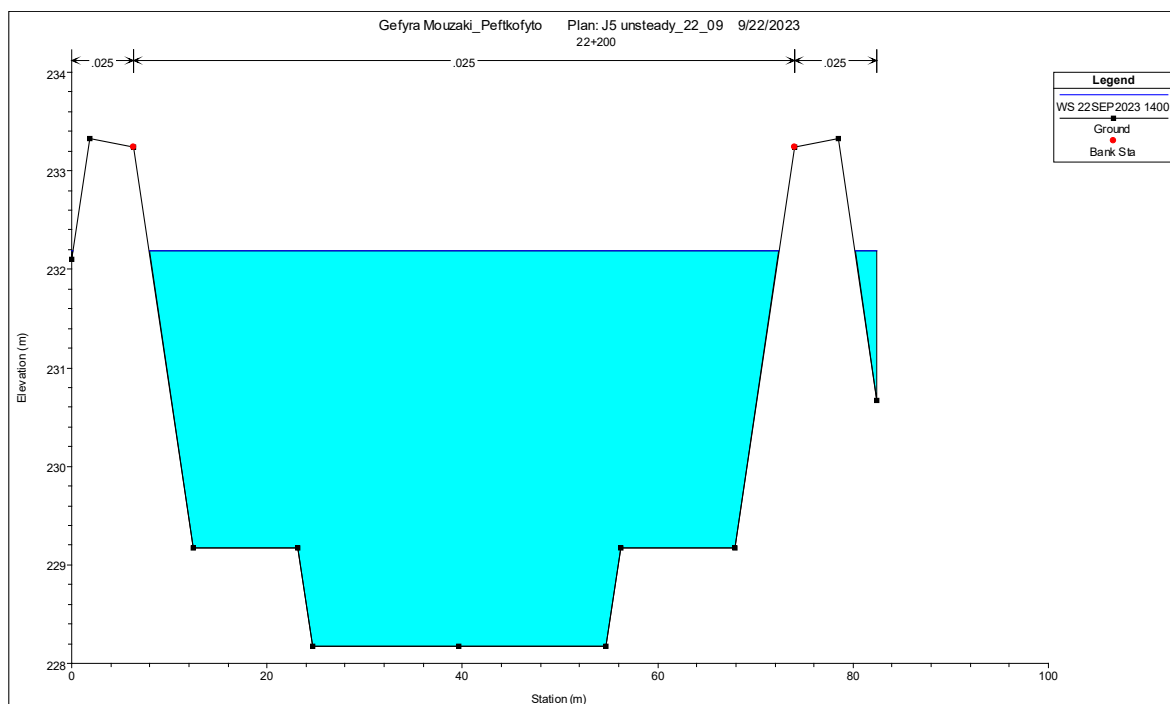
Σχήμα 24. Διατομή 205 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.



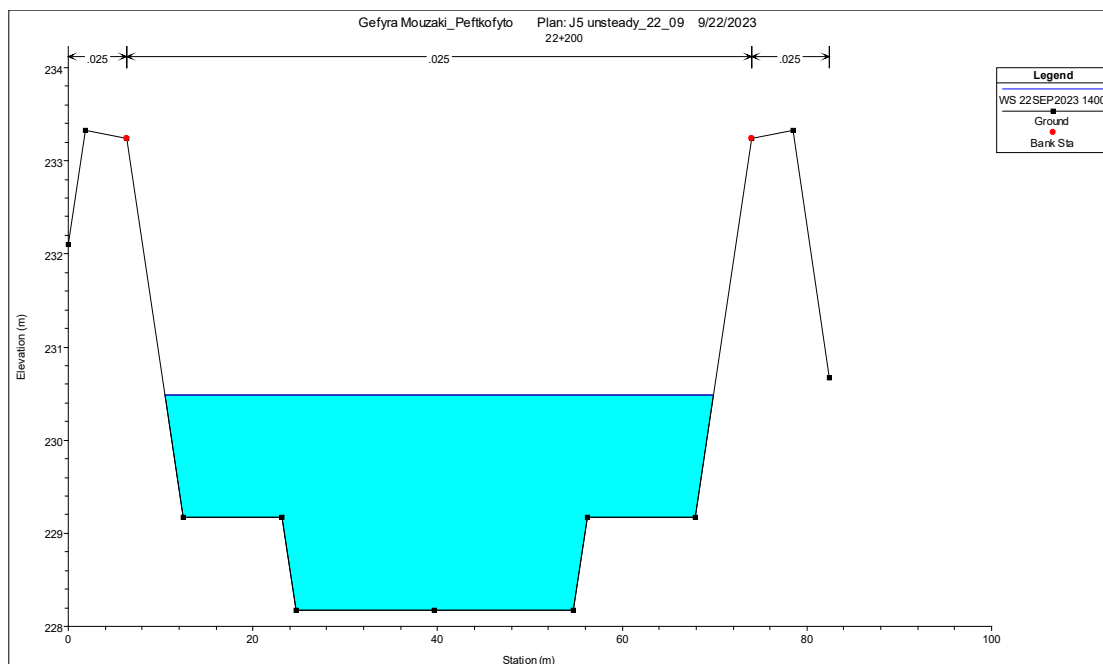
Σχήμα 25. Διατομή 204 ανάντη της γέφυρας - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.



Σχήμα 26. Διατομή 204 κατάντη της γέφυρας - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος

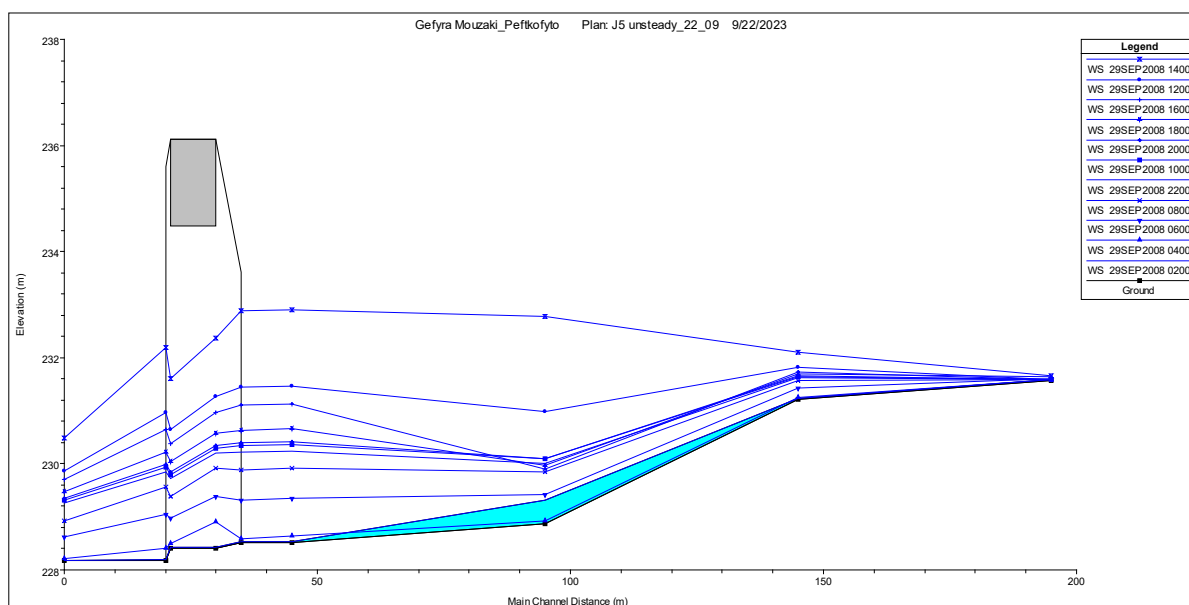


Σχήμα 27. Διατομή 203 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.



Σχήμα 28. Διατομή 202 - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού στη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος.

Οι στάθμες επίσης του νερού κατά μήκος του ποταμού για τα προφίλ που έχουν δημιουργηθεί, φαίνονται συγκεντρωτικά στην μηκοτομή της παρακάτω εικόνας (Σχ. 29).

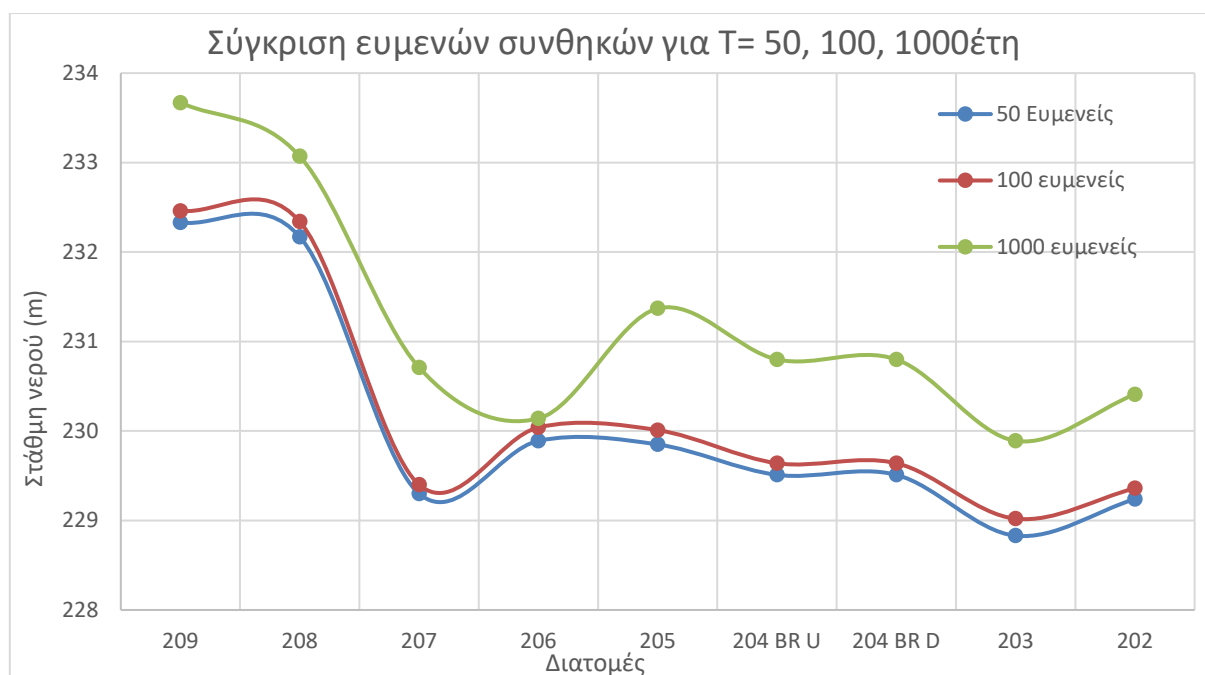


Σχήμα 29. Μηκοτομή - Αποτελέσματα προσομοίωσης μη μόνιμης ροής – Στάθμη νερού για όλα τα προφίλ.

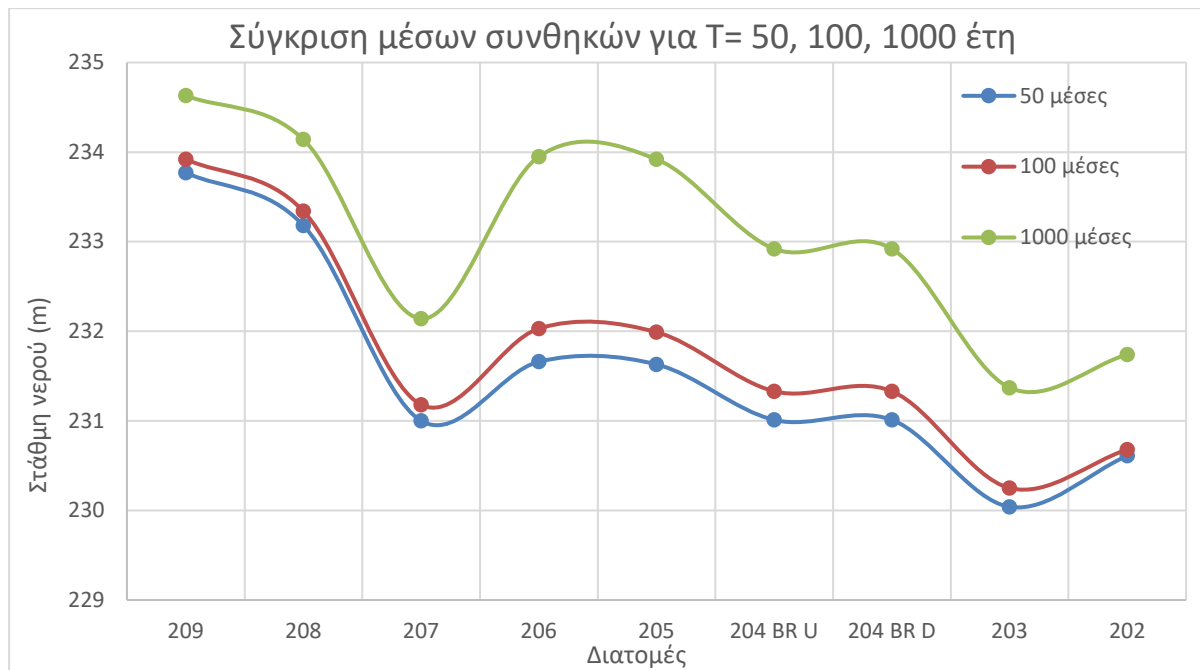
4.1.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων μόνιμης και μη μόνιμης ροής – Σύγκριση

4.1.3.1 Σύγκριση μόνιμης ροής ανά διατομή για όλα τα σενάρια

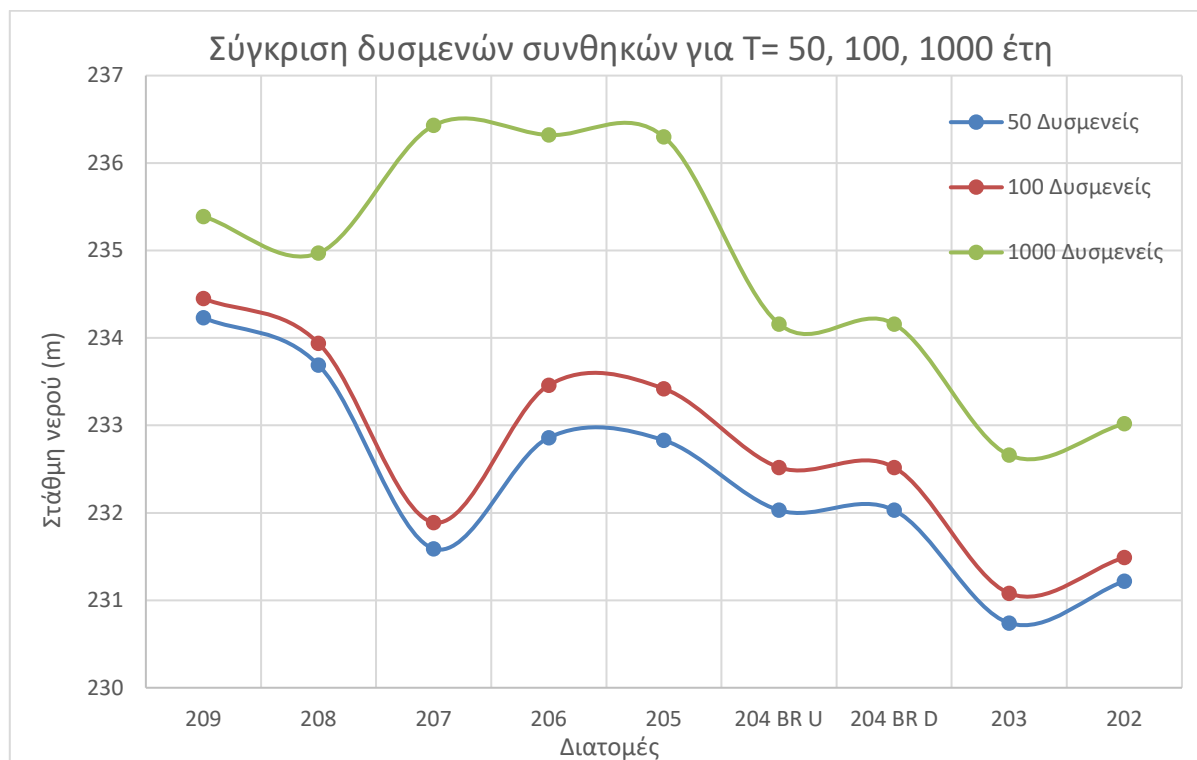
Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της αριθμητικής προσομοίωσης προέκυψαν οι συγκρίσεις οι οποίες φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα. Συγκεκριμένα, στα σχήματα (Σχ. 30 – Σχ. 32) παρουσιάζεται η μεταβολή της στάθμης νερού ανά διατομή για περιόδους επαναφοράς **50, 100 και 1000 έτη** και για **ευμενείς, μέσες και δυσμενείς συνθήκες** και για **μόνιμη ροή**.



Σχήμα 30. Σύγκριση στάθμης νερού ανά διατομή υπό συνθήκες μόνιμης ροής, ευμενείς συνθήκες, για περιόδους επαναφοράς 50, 100, 1000 έτη.



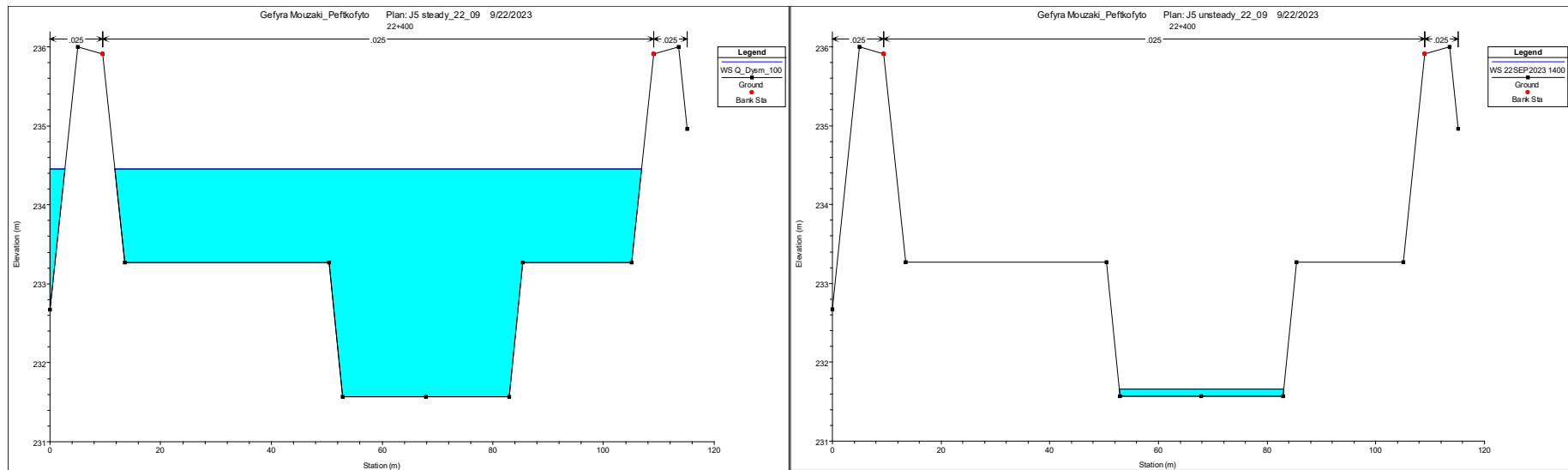
Σχήμα 31. Σύγκριση στάθμης νερού ανά διατομή υπό συνθήκες μόνιμης ροής, μέσες συνθήκες, για περιόδους επαναφοράς 50, 100, 1000 έτη.



Σχήμα 32. Σύγκριση στάθμης νερού ανά διατομή υπό συνθήκες μόνιμης ροής, δυσμενείς συνθήκες, για περιόδους επαναφοράς 50, 100, 1000 έτη.

4.1.3.2 Σύγκριση μόνιμης και μη μόνιμης ροής ανά διατομή

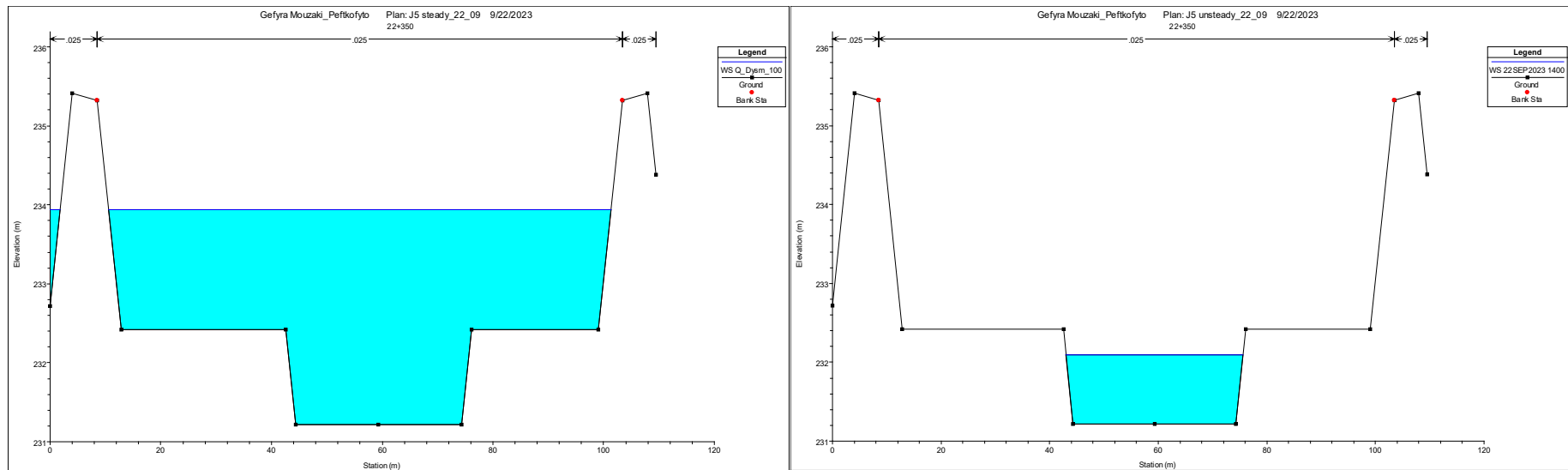
Αντίστοιχα, στα Σχήματα (Σχ. 33 – Σχ. 41) γίνεται σύγκριση της στάθμης του νερού όπως αυτή προέκυψε υπό συνθήκες μόνιμης και μη μόνιμης ροής για περίοδο επαναφοράς τα 100 έτη και δυσμενείς συνθήκες, σε όλες τις υπό μελέτη διατομές του ποταμού. Για την μη μόνιμη ροή παρουσιάζεται η στάθμη νερού που προκύπτει μετά από 14 ώρες.



(α)

(β)

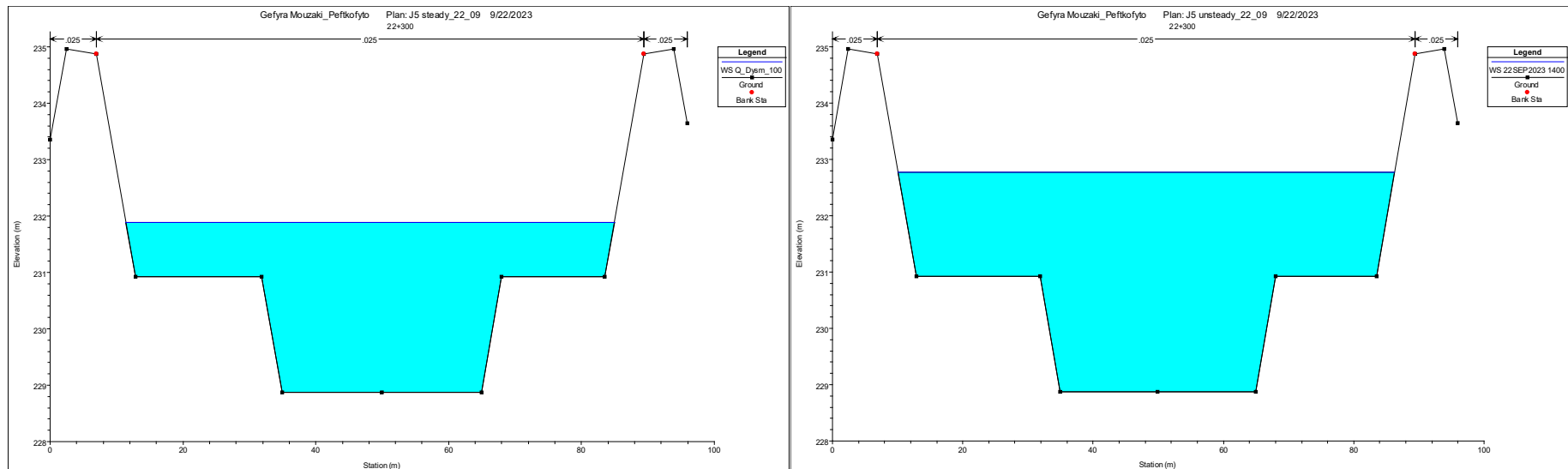
Σχήμα 33. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 209.



(α)

(β)

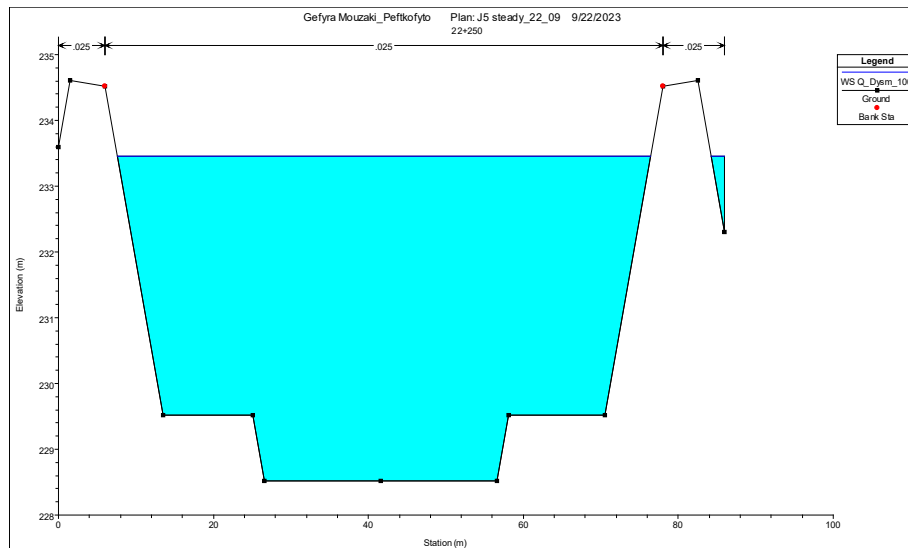
Σχήμα 34. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 208.



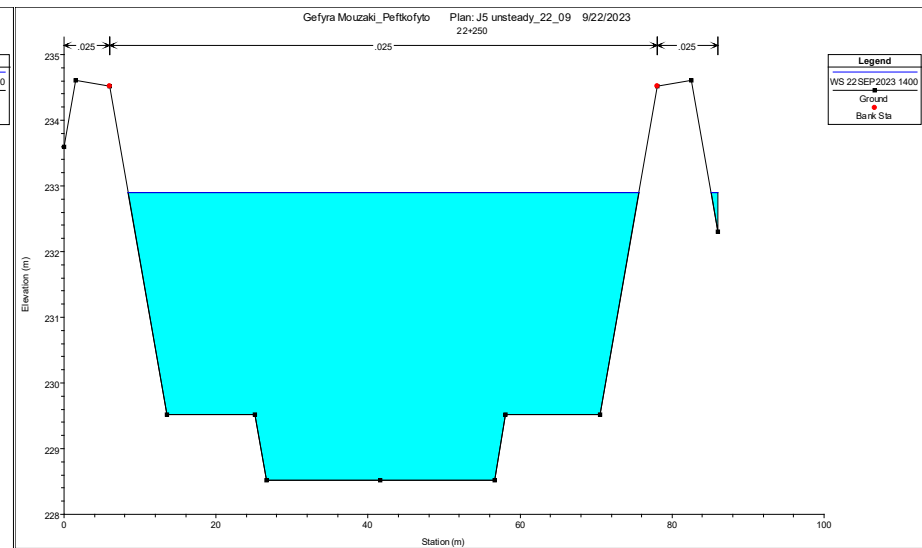
(α)

(β)

Σχήμα 35. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 207.

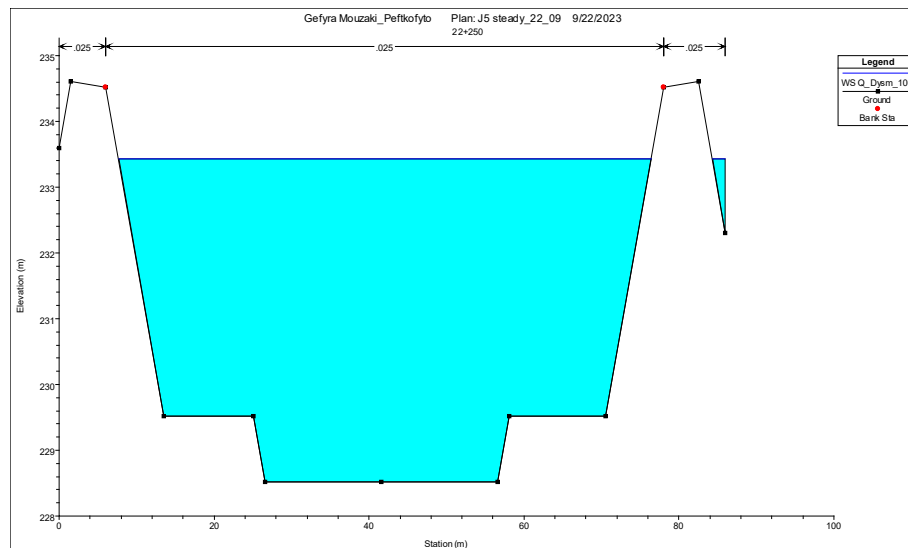


(α)

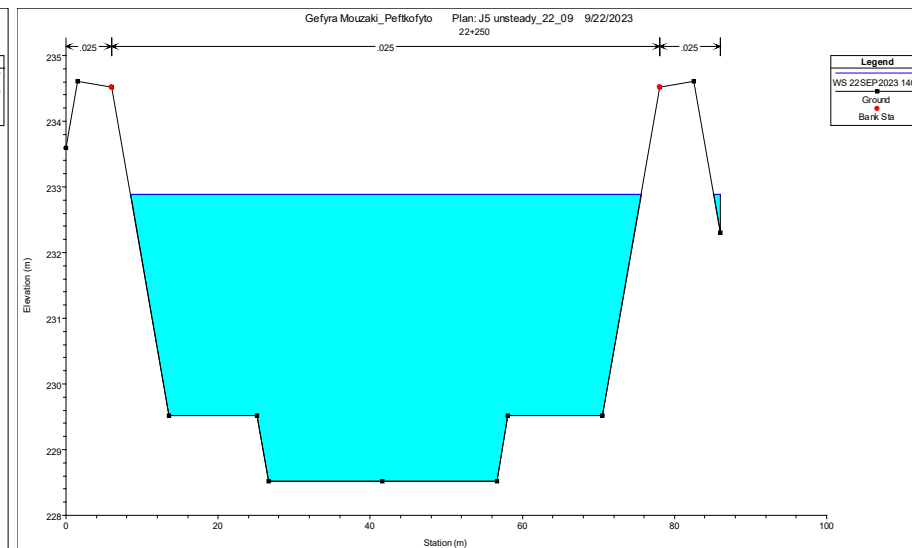


(β)

Σχήμα 36. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 206.

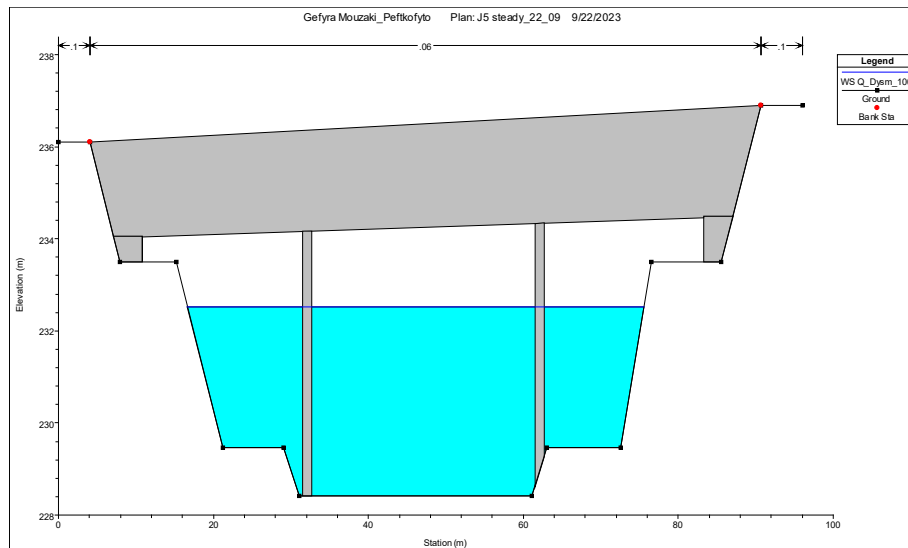


(α)

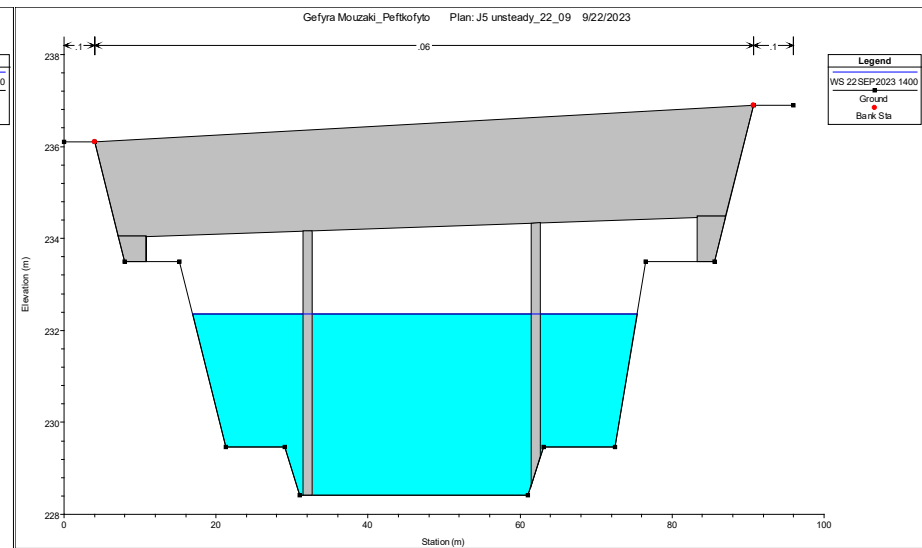


(β)

Σχήμα 37. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 205

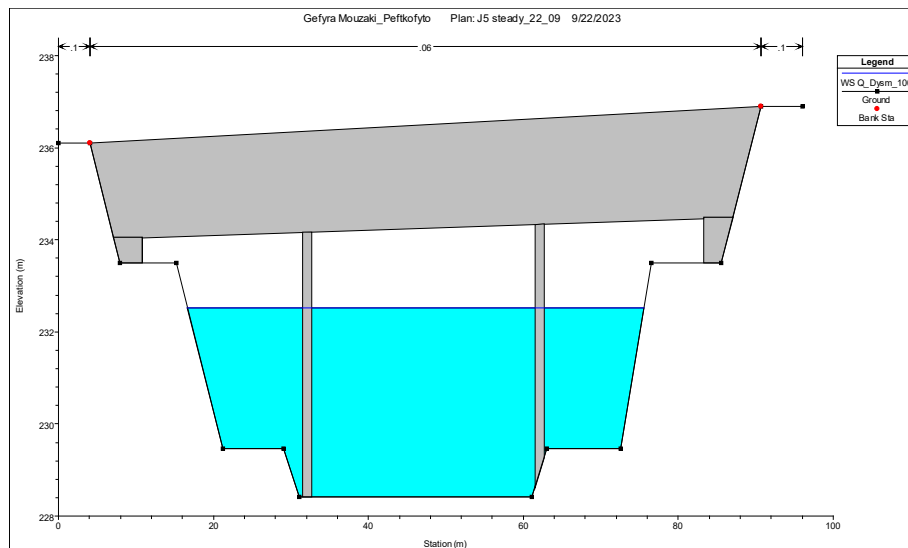


(α)

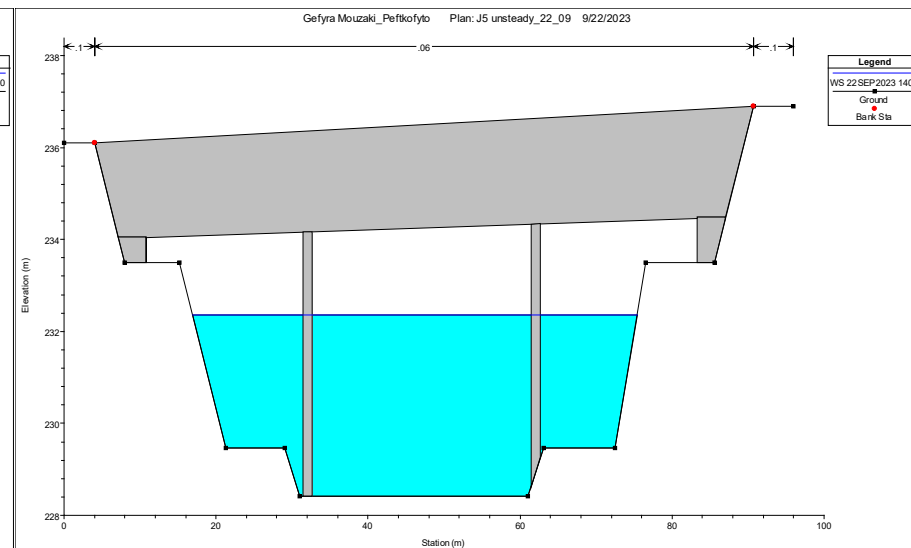


(β)

Σχήμα 38. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 204, ανάντη της γέφυρας.

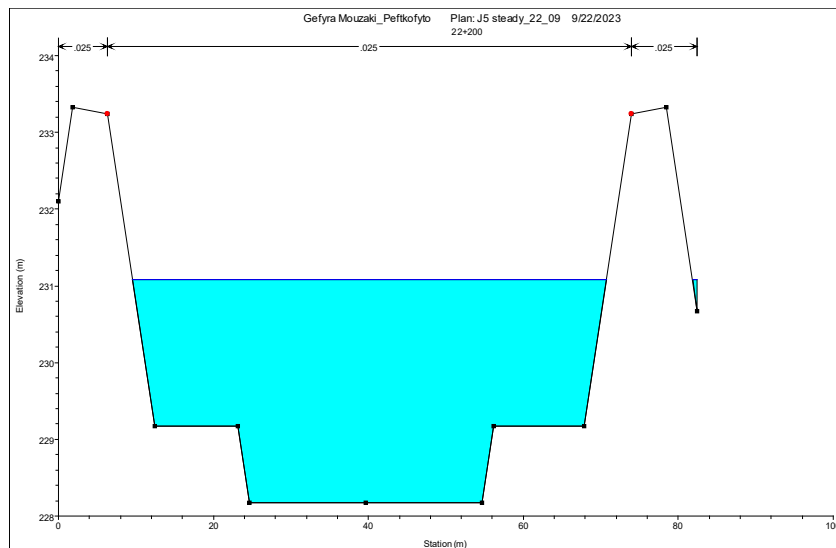


(α)

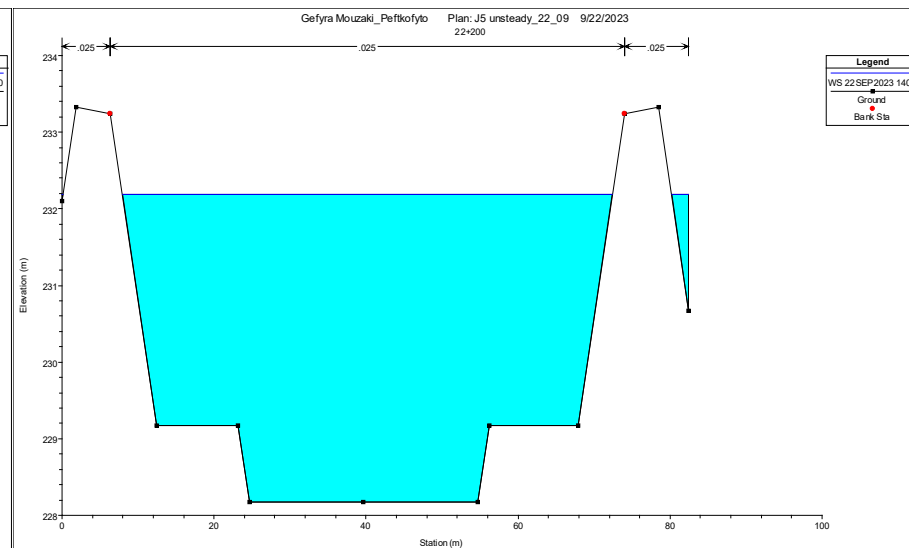


(β)

Σχήμα 39. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 204, κατάντη της γέφυρας.

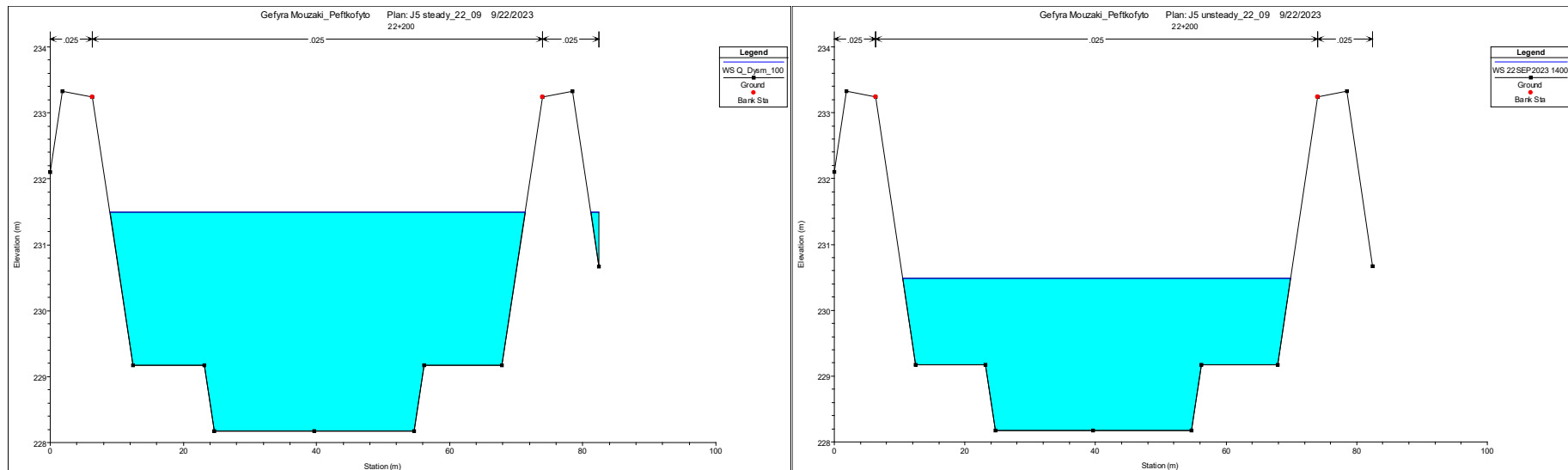


(α)



(β)

Σχήμα 40. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 203.



(α)

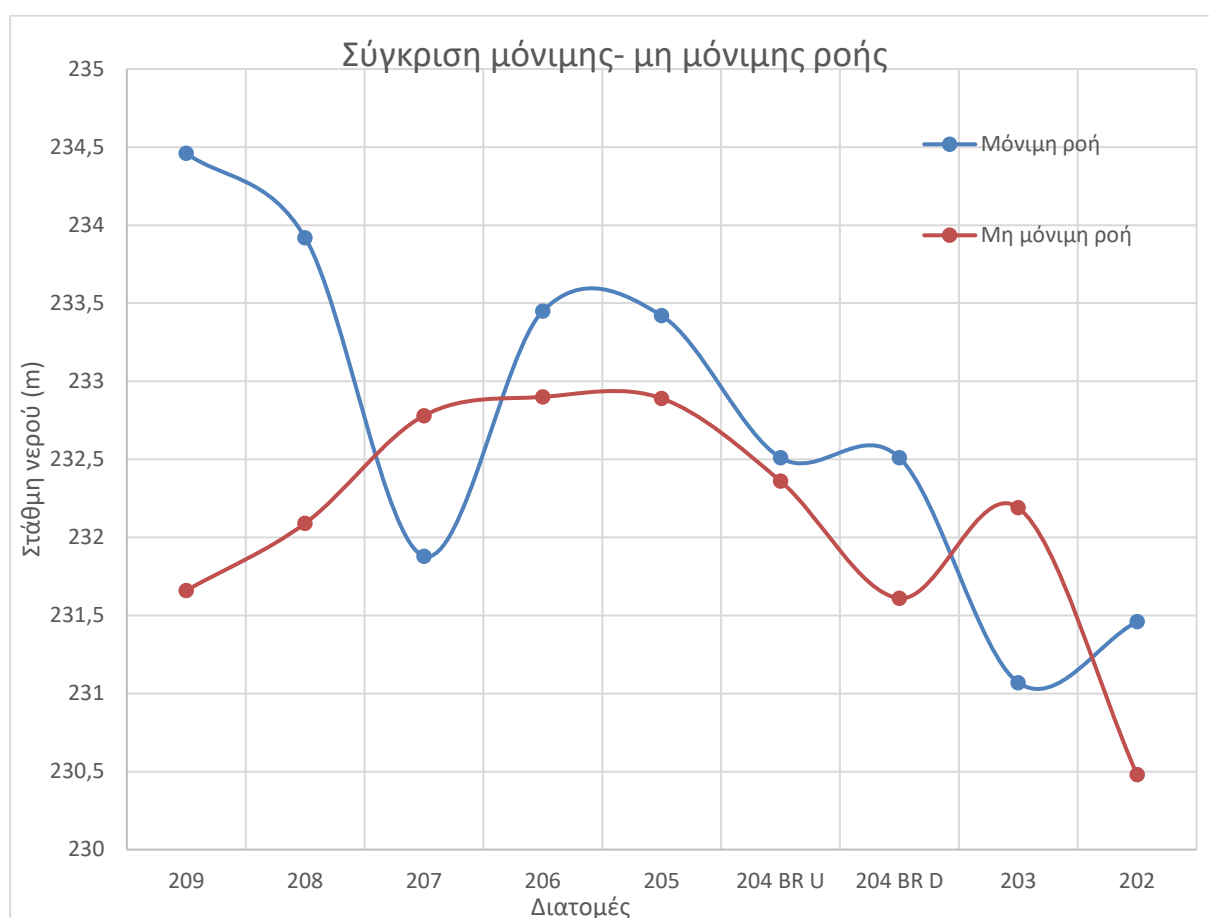
(β)

Σχήμα 41. Σύγκριση μόνιμης (α) με μη μόνιμη ροή (β) για περίοδο επαναφοράς 100 έτη, για δυσμενείς συνθήκες – Διατομή 202.

Με βάση τα παραπάνω σχήματα, έχουμε τον παρακάτω συγκριτικό πίνακα της μόνιμης με τη μη μόνιμη ροή (Πιν. 7) και το διάγραμμα του Σχ. 42.

Πίνακας 7. Συγκριτικός πίνακας μόνιμης με μη μόνιμη ροή - Στάθμες νερού ανά διατομή.

Διατομή	Στάθμη νερού (m)	
	Μόνιμη ροή	Μη μόνιμη ροή
209	234,45	231,66
208	233,94	232,09
207	231,89	232,78
206	233,46	232,9
205	233,42	232,89
204 BR U	232,52	232,36
204 BR D	232,51	231,62
203	231,08	232,19
202	231,49	230,48



Σχήμα 42. Διάγραμμα Στάθμης νερού ανά διατομή για μόνιμη και μη μόνιμη ροή.

4.2 Προβολή αποτελεσμάτων πλατφόρμας συλλογής πλημμυρικών φαινομένων

Για την προβολή των αποτελεσμάτων της έρευνας, ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Άνοιγμα του ιστότοπου Survey123 και σύνδεση στον λογαριασμό του ArcGIS με μετάβαση στο παρακάτω σύνδεσμο: <https://survey123.arcgis.com> και επιλέγουμε **Είσοδος**.
2. Επιλογή της έρευνας που έχουμε δημιουργήσει. Στην καρτέλα **Επισκόπηση** και στην καρτέλα **Δεδομένα**, μπορούμε να δούμε τις καταχωρήσεις της έρευνας που έχουμε υποβάλει.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Σύνοψη

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου και ο έλεγχος της υδραυλικής επάρκειας σε νέα τεχνικά έργα στην περιοχή μελέτης. Αρχικά, με την εισαγωγή των γεωμετρικών και υδρολογικών δεδομένων, γίνεται η υδραυλική προσομοίωση για συνθήκες μόνιμης και μη μόνιμης ροής, μέσω του λογισμικού HEC-RAS. Στη συνέχεια υποδεικνύονται τα βήματα για τη δημιουργία online πλατφόρμας για συλλογή στοιχείων πλημμυρικών συμβάντων στην περιοχή μελέτης, μέσω του Survey123 του ArcGIS online. Με την υδραυλική προσομοίωση επιτεύχθηκε η εκτίμηση της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας του νερού για μόνιμη ροή και για περιόδους επαναφοράς 50, 100, 1000 έτη, σε ευμενείς, μέσες και δυσμενείς συνθήκες, καθώς και για μη μόνιμη ροή, όπου επιλέχθηκε το σενάριο των δυσμενών συνθηκών για περίοδο επαναφοράς του φαινομένου 100 έτη.

5.2 Γενικά συμπεράσματα

Με την εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναφέρθηκε παραπάνω στην περιοχή μελέτης, προκύπτουν τα παρακάτω γενικά συμπεράσματα:

- Το υδραυλικό μοντέλο HEC-RAS, μειώνει αισθητά τον χρόνο της υπολογιστικής διαδικασίας εκτίμησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Η δόμηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ωστόσο, απαιτεί γνώσεις υδραυλικής. Τα αποτελέσματα, το οποία εξαρτώνται πάντα από τα δεδομένα που εισάγονται, παρέχουν ικανοποιητική ακρίβεια και μπορούν να παρουσιαστούν με διάφορους τρόπους όπως διαγράμματα και πίνακες).
- Η διαδικασία προσομοίωσης της μόνιμης ροής είναι μια σχετικά απλή διαδικασία, η οποία απαιτεί περιορισμένο αριθμό δεδομένων. Αντιθέτως, η διαδικασία προσομοίωσης σε συνθήκες μη μόνιμης ροής είναι μια πιο απαιτητική διαδικασία, με πολλές παραμέτρους που την επηρεάζουν (υδρογράφημα εισροών, χρονικό βήμα κ.λ.π.).

- Όσον αφορά την υλοποίηση της online πλατφόρμας για τη συλλογή στοιχείων-δεδομένων για πλημμυρικά συμβάντα μέσω του Survey123 του ArcGIS online, η διαδικασία είναι αρκετά απλή και η πλατφόρμα είναι φιλική στον χρήστη, χωρίς την απαίτηση ιδιαίτερων γνώσεων και χωρίς ειδικές απαιτήσεις. Τα αποτελέσματα παρόλα αυτά, θα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την πρόβλεψη των πλημμυρικών φαινομένων και θα βασίζονται σε πραγματικά γεγονότα και όχι σε θεωρητικό υπόβαθρο.

5.3 Ειδικά συμπεράσματα

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναφέρθηκε παραπάνω στην περιοχή μελέτης, οδηγεί στα παρακάτω πιο ειδικά συμπεράσματα:

- Τα προβλήματα πλημμυρών που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης, σύμφωνα και με τα ιστορικά στοιχεία, οφείλονται στην υπερχείλιση του φυσικού υδατορρεύματος του Πάμισου. Από την εφαρμογή του υδραυλικού μοντέλου στο υδατόρρευμα, προέκυψαν τα σημεία υψηλής επικινδυνότητας μέσω των σεναρίων που εφαρμόστηκαν σε συνθήκες μόνιμης και μη μόνιμης ροής.
- Από την αριθμητική προσομοίωση που εκτελέστηκε υπό συνθήκες μόνιμης ροής προέκυψε ότι η γεωμετρία των διατομών του υπό μελέτη υδατορρεύματος μπορεί να εξασφαλίσει την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής, με εξαίρεση κάποιες διατομές που παρατηρούνται πλημμυρικά φαινόμενα για δυσμενείς συνθήκες και περίοδο επαναφοράς τα 1000 έτη. Η γέφυρα η οποία τοποθετείται φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στα πλημμυρικά φαινόμενα που παρατηρούνται, καθώς οι διατομές οι οποίες δείχνουν κίνδυνο πλημμύρας είναι οι διατομές ανάντη της γέφυρας. Με τη χρήση του υδραυλικού μοντέλου μπορούν να προσδιοριστούν οι θέσεις των αντιπλημμυρικών έργων και το ύψος των αναχωμάτων για την αποφυγή της πιθανής πλημμύρας στην περιοχή.
- Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων για συνθήκες μόνιμης ροής και για όλα τα εννιά πιθανά σενάρια που μελετήθηκαν ($T = 50, 100, 1000$ έτη και ευμενείς, μέσες και δυσμενείς συνθήκες αντίστοιχα), προκύπτει ότι η στάθμη του ύδατος εξαρτάται από την περίοδο επαναφοράς. Πιο συγκεκριμένα, η χαμηλότερη στάθμη εντοπίζεται σε

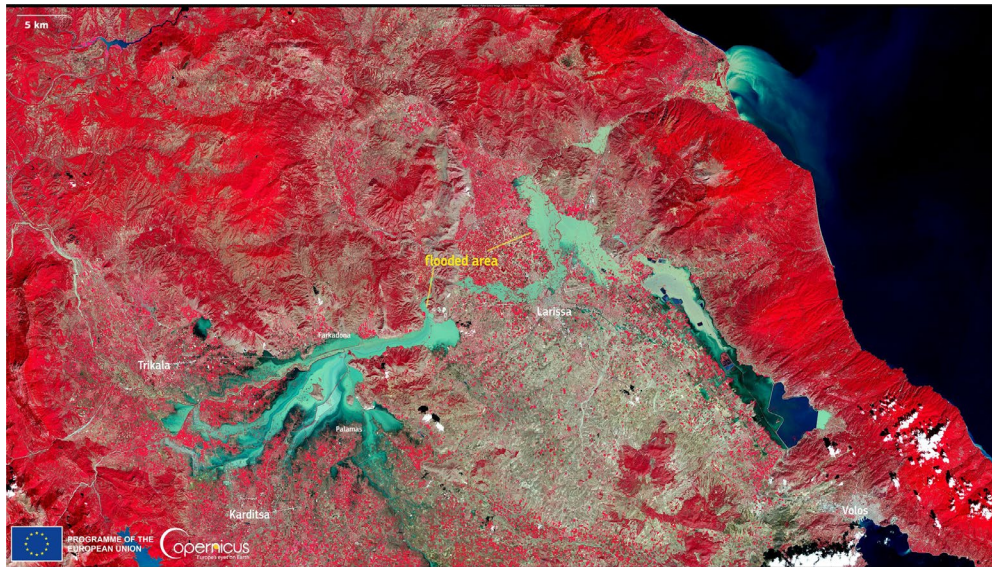
περιόδους επαναφοράς τα 50 έτη, ακολουθεί η στάθμη για τα 100 έτη και τέλος η υψηλότερη στάθμη εντοπίζεται για περίοδο επαναφοράς τα 1000 έτη. Τα παραπάνω παρατηρούνται για όλες τις συνθήκες (ευμενείς, μέσες, δυσμενείς).

- Κατά τον υπολογισμό και τον έλεγχο των διατομών σε συνθήκες μη μόνιμης ροής, όπως οι συνθήκες που επικρατούν στη φύση και με περίοδο επαναφοράς τα 100 έτη και δυσμενείς συνθήκες, προκύπτει ότι οι διατομές του υδατορρεύματος επαρκούν και δεν υπάρχει κίνδυνος πλημμύρας, ακόμα και στις διατομές ανάντη της γέφυρας και με τη μέγιστη τιμή του υδρογραφήματος, τις 14 ώρες.
- Κατά τη σύγκριση της στάθμης του ύδατος που προκύπτει υπό συνθήκες μόνιμης και μη μόνιμης ροής για περίοδο επαναφοράς τα 100 έτη και δυσμενείς συνθήκες, όπου για τη μη μόνιμη ροή επιλέχθηκε το προφίλ των 14 ωρών, προκύπτει ότι η στάθμη του ύδατος στη μη μόνιμη ροή είναι χαμηλότερη στις περισσότερες διατομές (εκτός δύο διατομών) σε σχέση με τη μόνιμη ροή. Αυτό σημαίνει ότι η προσομοίωση σε συνθήκες μόνιμης ροής είναι μια πολύ ικανοποιητική προσέγγιση, καθώς τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι γενικά υπερ της ασφάλειας, όχι τόσο όμως και υπερ της οικονομίας.

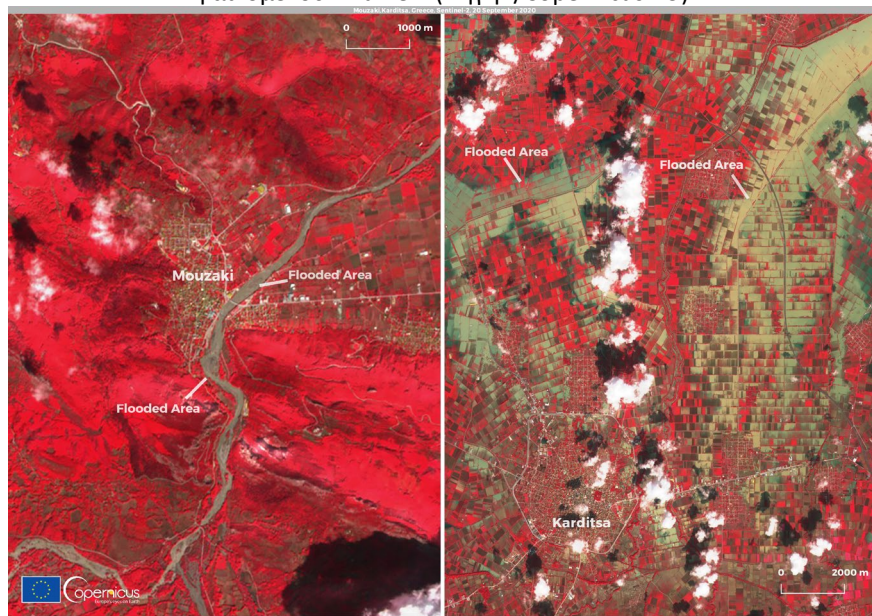
5.4 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα – Συζήτηση

- Κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, προέκυψαν τα παρακάτω θέματα τα οποία χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης: Στο πολύ πρόσφατο πλημμυρικό φαινόμενο «Daniel» το οποίο έκανε την εμφάνισή του κατά τη συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας (Σεπτέμβριος 2023), τα προβλήματα που προέκυψαν λόγω των πλημμυρικών φαινομένων που εμφανίστηκαν στην περιοχή μελέτης ήταν πολλά, δεκάδες ανθρώπινες ζωές χάθηκαν, οι ζημιές ήταν ανυπολόγιστες, το μέγεθος των οποίων δεν έχει καταγραφεί ακόμα.
- Στις 10 Σεπτεμβρίου του 2023, το Sentinel2 (αποστολή του προγράμματος Copernicus για την παρατήρηση της Γης, η οποία αποτυπώνει συστηματικά οπτικές εικόνες πάνω από τα παράκτια ύδατα και την ξηρά με υψηλή χωρική ανάλυση) έχει καταγράψει την παρακάτω εικόνα (Εικ. 27), στην περιοχή της Θεσσαλίας. Οι πλημμυρισμένες εκτάσεις της κακοκαιρίας «Daniel» υπολογίζονται στα 720.000 στρέμματα (πηγή: <https://www.protothema.gr/>).

- Οι πλημμυρισμένες εκτάσεις του μεσογειακού κυκλώνα «Ιανός», ήταν περίπου 155.800 στην Καρδίτσα. (Πηγή: <https://www.cnn.gr/>). Το Sentinel2 είχε αποτυπώσει αντίστοιχα την παρακάτω εικόνα (Εικ. 28) τον Σεπτέμβρη του 2020, κατά τη διάρκεια του μεσογειακού κυκλώνα «Ιανού».



Εικόνα 27. Πλημμυρισμένες περιοχές στην περιοχή της Θεσσαλίας κατά τη διάρκεια του καιρικού φαινομένου «Daniel» (Πηγή: /Copernicus EU).



Εικόνα 28. Πλημμυρισμένες περιοχές στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας, κατά τη διάρκεια του καιρικού φαινομένου «Ιανός» (Πηγή: /Copernicus EU).

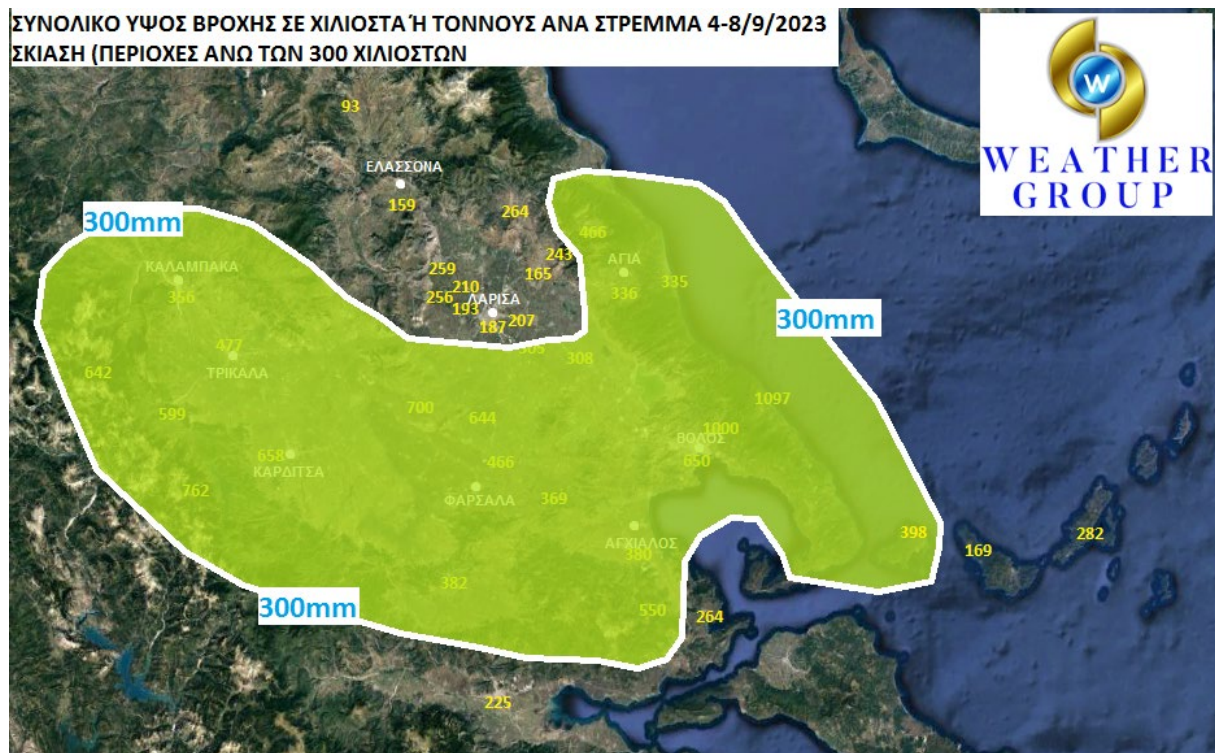
Σύμφωνα με το meteo.gr, τα ύψη της βροχόπτωσης που καταγράφηκαν μέσω της κακοκαιρίας «Daniel» είναι πολύ μεγαλύτερα από αυτά του «Ιανού». Τα ύψη της βροχόπτωσης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 8). Το meteo μάλιστα διευκρινίζει ότι

κάποιοι από τους μετεωρολογικούς σταθμούς κατά τη διάρκεια της κακοκαιρίας, είτε έχασαν μέρος των δεδομένων τους, είτε σταμάτησαν να μεταδίδουν, λόγω της διακοπής ρεύματος και της πολύ μεγάλης έντασης των φαινομένων.

Πίνακας 8. Τα 8 μεγαλύτερα ύψη βροχής. Σύγκριση «Ιανού» -«Daniel» (πηγή: meteo, Εθνικό Αστεροσκοπείο).

Τα 8 μεγαλύτερα ύψη βροχής <i>ΙΑΝΟΥ</i> και <i>DANIEL</i> (mm)			
<i>ΙΑΝΟΣ</i> (17/09-20/09/2020) αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης		<i>DANIEL</i> (04/09-07/09/2023) αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης	
Περτούλι	317	Ζαγορά Πηλίου ¹	910
Μουζάκι	274	Πορταριά Πηλίου ²	885
Ιθάκη	227	Ανήλιο Μετσόβου Χ/Κ	695
Μυρική Καρπενησίου	224	Πεζούλα Καρδίτσας ³	660
Καρδίτσα	213	Καρδίτσα Πόλη	659
Καρπενήσι	187	Βόλος ⁴	617
Βαθιά Λογγά Φθιώτιδας	183	Κωφοί Μαγνησίας	550
Ασκούφου Χανίων	164	Χαλκιάδες Φαρσάλων	466

Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι στο μεγαλύτερο τμήμα της Νοτιοδυτικής και Νοτιοανατολικής Θεσσαλίας, τα χιλιοστά βροχής ξεπέρασαν τα 500-600, ενώ στα ορεινά τμήματα, τα 800-900 χιλιοστά. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το συνολικό ύψος βροχής σε χιλιοστά για τις ημέρες 4-8/09/2023. Στη σκιαγραφμισμένη περιοχή φαίνονται τα μέρη με βροχόπτωση άνω των 300 χιλιοστών (Εικ. 29).



Εικόνα 29. Συνολικό ύψος βροχής σε χιλιοστά για το χρονικό διάστημα 4-8/09/2023. Σκίαση: Περιοχές άνω των 300 χιλιοστών. (Πηγή: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>).

- Συγκρίνοντας τα δύο καιρικά φαινόμενα φαίνεται ότι η πρόσφατη κακοκαιρία «Daniel» είναι πολύ μεγαλύτερης έντασης και έκτασης, με περισσότερες ανθρώπινες απώλειες και υλικές ζημιές. Ίσως είναι μάλιστα η πιο σοβαρή κακοκαιρία των τελευταίων 150 ετών. Εάν μάλιστα σκεφτούμε τις υποδομές στη χώρα μας σε σχέση με 100, 150 χρόνια, η πρόσφατη κακοκαιρία ήταν εκτός οποιαδήποτε εκτίμησης και προετοιμασίας (Πανακόγλου, 2023). Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της παρούσας εργασίας, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, φαίνεται οι διατομές του υδατορρεύματος να εξασφαλίζουν την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής. Η πραγματικότητα όμως, σύμφωνα και με το πρόσφατο πλημμυρικό φαινόμενο φαίνεται να διαφέρει κατά πολύ. Τα δεδομένα των παροχών που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση, τα οποία ελήφθησαν από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, φαίνεται να μην είναι επαρκή για τη μελέτη και προσομοίωση της πραγματικής κατάστασης σε δυσμενείς συνθήκες σαν αυτή της πρόσφατης κακοκαιρίας «Daniel».

- Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δεν αποτυπώνονται μόνο στο μέγεθος των ακραίων φυσικών φαινομένων αλλά και στη συχνότητα αύξησής τους. Η πιθανότητα να συμβούν στην ίδια περιοχή δυο γεγονότα όπως ο «Ιανός» και ο «Daniel» είναι σχεδόν μηδενική, σύμφωνα με τα έως τώρα δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας. Τα δυο γεγονότα όμως συνέβησαν τελικά με διαφορά μόλις τριών ετών. Αυτό που θα μπορούσε να γίνει είναι να βρεθούν εναλλακτικοί τρόποι για τη συλλογή δεδομένων και επικαιροποίησή τους, μέσω αναθεώρησης των πλημμυρικών χαρτών και των σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας, με βάση τα νέα δεδομένα, γεγονός που προβλέπεται και στην οδηγία 2007.

Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να συμβεί με τη δημιουργία πλατφόρμας συλλογής πλημμυρικών δεδομένων για διάφορες περιοχές με μεγάλη πιθανότητα πλημμύρας, όπως η πλατφόρμα που δημιουργήθηκε στην παρούσα εργασία. Με τη δημοσίευση της έρευνας στις διάφορες περιοχές οι οποίες είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες, θα μπορούν να αποτυπωθούν τα πλημμυρικά γεγονότα κατά την εμφάνισή τους, με τη συμβολή των φορέων και των κατοίκων της περιοχής, για χρησιμοποίησή τους σε μελλοντική έρευνα βαθμονόμησης μοντέλων, ενισχύοντας έτσι τον μηχανισμό πρόγνωσης πλημμυρικού κινδύνου.

- Με τα δυο τελευταία πλημμυρικά φαινόμενα στην περιοχή, εγείρεται η ανάγκη για περεταίρω διερεύνηση της ανθεκτικότητας των περιοχών που επλήγησαν για δεύτερη φορά σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα, υπό το πρίσμα μάλιστα αυτού του νέου «κανόνα», με πιο έντονες βροχοπτώσεις, όπως οι τελευταίες.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Γινόπουλος Ζ. (2012). Πρόληψη και Διαχείριση Πλημμυρικών Κινδύνων από Τσουνάμι και Μετεωρολογική Παλίρροια στην Παράκτια Ζώνη. *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία*. Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη.
2. Δεβελέκου Μ. (2020), Εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου στο βορειοδυτικό τμήμα της περιφερειακής ενότητας ηρακλείου, *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία*. Ε.Μ.Π, Αθήνα. <http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.20115>
3. Δρόσου Αθ. (2015), Κατάρτιση πλημμυρικών χαρτών στον Άραχθο ποταμό, *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία*. Ε.Μ.Π, Αθήνα. <http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.8373>
4. Ειδική Γραμματεία Υδάτων. (2017). Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας (ΕΛ08) - 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 (ΕΛ04), Ηπείρου (ΕΛ05) και Θεσσαλίας (ΕΛ08)». Κοινοπραξία: «1ης Αναθεώρησης ΣΔΛΑΠ Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτ. Στερεάς Ελλάδας», Γ. Καραβοκύρης & Συνεργάτες Συμβ. Μηχαν. ΑΕ, Περγλέρος Β., ΕΝΝΕCO ΑΕ, ΕΠΕΜ Εταιρία Περιβαλ. Μελετών ΑΕ, ΟΜΙΚΡΟΝ Οικον. & Αναπτυξιακές Μελέτες ΑΕ, ΕΜΒΗΣ ΑΕ, Οικονόμου Κ.
5. Ε.Υ.Δ.Ε. Κ.Σ.Σ.Υ. Τμήμα μελετών και προγραμματισμού, Τμήμα κατασκευών (2022). Οριστική μελέτη του έργου: «Αποκατάσταση των ζημιών στις υφιστάμενες οδικές καθώς και σε λοιπές υποδομές στην Περιφέρεια Θεσσαλίας που προκλήθηκαν από τον μεσογειακό κυκλώνα «Ιανός» στις 18 & 19 Σεπτεμβρίου 2020», Αθήνα
6. Οικονόμου, Αθ. (2013). Διερεύνηση λειτουργίας λογισμικών υδραυλικής προσομοίωσης στην εξέλιξη πλημμυρικής κατάκλυσης, εφαρμογή στην πεδιάδα της Θεσσαλίας. *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία*. Ε.Μ.Π., Αθήνα. <http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.2944>
7. Πετρίσης Ε. (2022), Υδρολογική-Υδραυλική προσομοίωση στον Πάμισο ποταμό Θεσσαλίας», *Διπλωματική εργασία*. Ε.Μ.Π, Αθήνα. <http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.23727>
8. Φωτόπουλος Ε. (2022), Υδρολογική προσομοίωση – ανάλυση στερεομεταφοράς του Ιανού στη λεκάνη απορροής του Πάμισου Καρδίτσας. *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία*. Ε.Μ.Π, Αθήνα. <http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.23740>

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Cook A. , Merwade V. (2009). Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping, *Journal of Hydrology*, Volume 377, Issues 1–2, 2009, Pages 131-142, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.015>
2. Papaioannou, G., Efstratiadis, A., Vasiliades, L., Loukas, A., Papalexiou, S. M., Koukouvinos, A., Tsoukalas, I. and Kossieris, P. (2018). An Operational Method for Flood Directive Implementation in Ungauged Urban Areas. *Hydrology*. 5(2), 24. <https://doi.org/10.3390/hydrology5020024>
3. Tsakiris, G. (2014). Flood risk assessment: concepts, modelling, applications, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 1361–1369, <https://doi.org/10.5194/nhess-14-1361-2014>
4. U.S. Army Corps of Engineers (2016). River Analysis System HEC-RAS. *User's Manual, Version 5.0.*, U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, USA.
5. Xafoulis, N.; Kontos, Y.; Farsirotou, E.; Kotsopoulos, S.; Perifanos, K.; Alamanis, N.; Dedousis, D.; Katsifarakis, K. (2023). Evaluation of Various Resolution DEMs in Flood Risk Assessment and Practical Rules for Flood Mapping in Data-Scarce Geospatial Areas: A Case Study in Thessaly, Greece. *Hydrology* 2023, 10, 91. <https://doi.org/10.3390/hydrology10040091>
6. Zekkos D., Zalachoris G., Alvertos, A. E., Amatya P. M., Blunts P., Clark M., Dafis S., Farmakis I., Ganas A., Hille M., Kalimogiannis V., Karagiannidis A., Karantanellis E., Khan K., Kirshbaum D., Kourkoulis R., Kotroni V., Ktenidou O.-J., Lagouvardos K., Loli M., Makriniakas A., Marinos V., Manousakis J., Nikas K., Panousis D., Papathanassiou G., Saroglou C., Simopoulos A., Stanley T., Tsavalas A., Valkaniotis S. (2020). The September 18-20 2020 Medicane Ianos Impact on Greece - Phase I Reconnaissance Report. *Geotechnical Extreme Events Reconnaissance Report*, GEER-068, <https://doi.org/10.18118/G6MT1T>

ΔΙΑΔΙΚΥΤΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. Ιστότοπος αυτοδιοίκηση. Πηγή: <https://www.aftodioikisi.gr/koinonia/kakokairia-diomidis-deyteros-nekros-stin-karditsa/>
Τελευταία προσπέλαση: 18-07-2023
2. Ιστοσελίδα Δήμου Μουζακίου. Πηγή: [Δήμος Μουζακίου - ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ \(mouzaki.gr\)](http://mouzaki.gr)
Τελευταία προσπέλαση: 11-07-2023
3. Ιστότοπος Karditsa Live.Net . Πηγή: <https://www.karditsalive.net/karditsa/topiki-epikerotita/plimmyrisan-spitia-stin-psathoxora-nekros-sto-vathylakko>
Τελευταία προσπέλαση: 19-07-2023

4. Ιστότοπος Mouzaki news. Πηγή: <https://mouzakinews.gr/kakokairia-diomidis-provlimata-sto-dimo-moyzakioy-me-plimmyres-kai-chionia-sta-oreina-kleisane-dromoi-video/>
Τελευταία προσπέλαση: 18-07-2023
5. Ιστότοπος newsbeast. Πηγή: [Πλημμύρισαν οι Σοφάδες Καρδίτσας - Newsbeast](#)
Τελευταία προσπέλαση: 19-07-2023
6. Ιστότοπος NewsNowgr. Πηγή: <https://www.newsnowgr.com/article/318859/thalassa-o-kampos-apo-ti-simerini-plimmyra-tou-pineiou-se-trikala--karditsa.html>
Τελευταία προσπέλαση: 18-07-2023
7. Ιστότοπος pressroom. Πηγή: <https://www.thepressroom.gr/ellada/kakokairia-theseas-megala-problemata-sten-thessalia-ekkenose-oikismoy>
Τελευταία προσπέλαση: 18-07-2023
8. Ιστότοπος weathergroup. Πηγή: <https://weathergroup.gr/>
Τελευταία προσπέλαση: 17-09-2023
9. ArcGIS Survey123 Web designer essentials. Πηγή: [Web designer essentials—ArcGIS Survey123 | Documentation](#)
Τελευταία προσπέλαση: 08-08-2023
10. ArcGIS Survey123 What is ArcGIS Survey123. Πηγή: [What is ArcGIS Survey123—ArcGIS Survey123 | Documentation](#)
Τελευταία προσπέλαση: 08-08-2023
11. Google search. Πηγή: [ΚΑΚΟΚΑΙΡΙΑ DANIEL - Αναζήτηση Google](#)
Τελευταία προσπέλαση: 12-09-2023