

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ



ΕΡΓΟ

**ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (ΜΕΕΠ)
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ
ΛΙΜΕΝΑ ΛΕΜΕΣΟΥ – ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ 2 (ΒΑΣΙΛΙΚΟ)**

ΤΙΤΛΟΣ ΕΓΓΡΑΦΟΥ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ – ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

ΑΡ. ΕΓΓΡΑΦΟΥ

1184-A8-E2

ΗΜΕΡ. ΕΓΓΡΑΦΟΥ

20 Δεκεμβρίου 2023

ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ



Τ Ο Υ Μ Α Ζ Ι Σ

Dion. Toumazis & Associates L.L.C.

Ρωμανού 4, 1070 Λευκωσία
Τηλ. 22374027, Φαξ. 22374933
e-mail: mail@diontoumazis.com
www.diontoumazis.com



Ρογκάν & Συνεργάτες Α.Ε

Χατζηγιάννη Μέξη 5, 11528 Αθήνα, Ελλάδα
Τηλ. +30-210-7782405
e-mail: rogan@otenet.gr
www.roganassoc.gr

Σύνταξη	Δρ Αντώνης Τουμαζής
Έλεγχος	Μιχαέλλα Στυλιανού

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.1.	ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ.....	3
1.2.	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ	5
1.3.	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΛΥΣΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ	8
2.	ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	9
3.	ΓΕΦΥΡΕΣ ΠΛΗΣΙΟΝ ΕΚΒΟΛΗΣ	12
4.	ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ.....	14
5.	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – HEC-RAS.....	18
6.	ΙΖΗΜΑΤΑ	25
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	27
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΣΥΝΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ HEC-RAS	29

2	20/12/2023	Για υποβολή		
1	15/12/2023	Υποβολή στο ΤΑΥ για προκαταρκτικές απόψεις		
0	14/12/2023	Για Εσωτερική χρήση		
Έκδοση	Ημερ.	Περιγραφή	Ετοιμασία	Έλεγχος

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Αρχή Λιμένων Κύπρου προγραμματίζει την επέκταση του λιμένα Λεμεσού – Τερματικό 2 (Βασιλικό) προς τα ανατολικά.

Η παρούσα έκθεση εξετάζει το υδρολογικό και υδραυλικό μέρος του έργου και συγκεκριμένα τον ποταμό Βασιλικό ο οποίος εκβάλλει στην υφιστάμενη του κατάσταση ανατολικά του λιμένα. Το προτεινόμενο έργο επέκτασης του λιμένα το οποίο θα επηρεάσει την εκβολή του ποταμού και οι εναλλακτικές λύσεις επίλυσης του θέματος αναλύονται πιο κάτω.

Η συγκεκριμένη έκθεση αποτελεί το Παράρτημα 8 της Μελέτης Εκτίμησης Επιπτώσεων στο Περιβάλλον (ΜΕΕΠ).

1.1. ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ

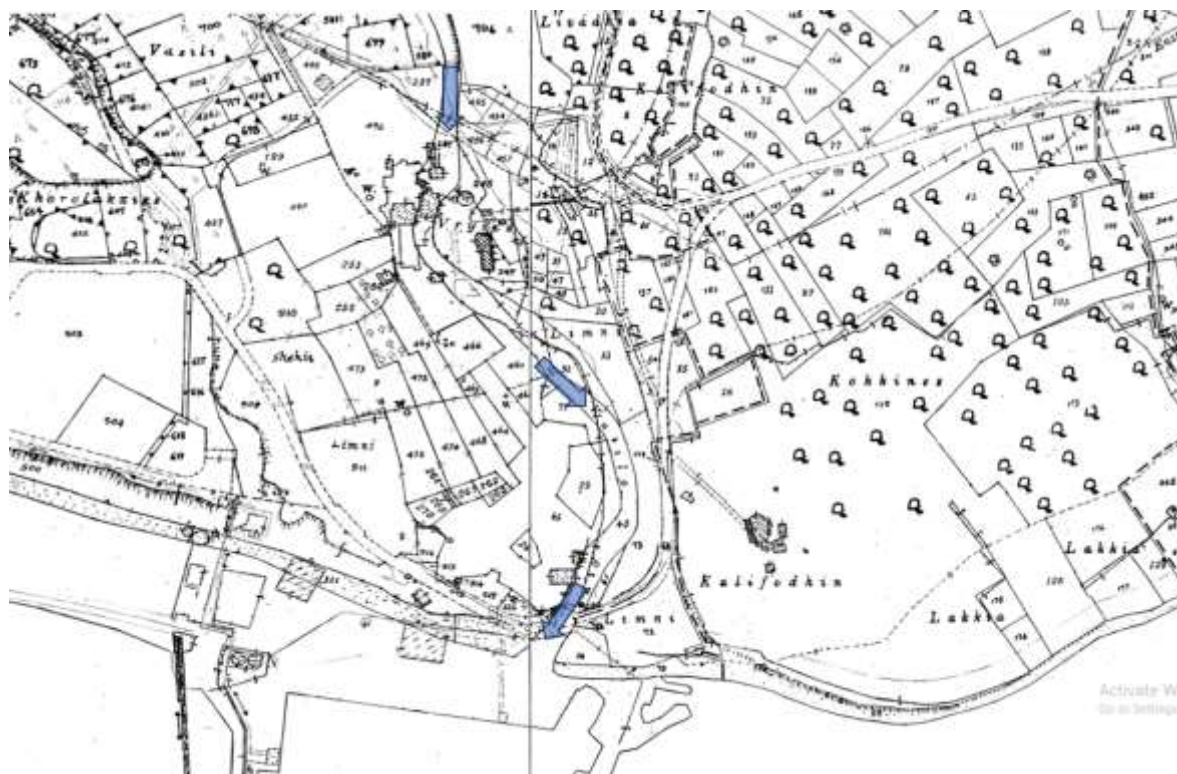
Σύμφωνα με τα επίσημα κτηματολογικά σχέδια η εκβολή του ποταμού Βασιλικού όταν ετοιμάστηκαν οι χάρτες βρισκόταν εντός των ορίων του λιμένα Βασιλικού. (**Εικόνα 1-1** και **Εικόνα 1-2**).

Η εκβολή του ποταμού μετατοπίστηκε στα ανατολικά κατά το στάδιο κατασκευής του υφιστάμενου λιμένα Βασιλικού (**Εικόνα 1-3** και **Εικόνα 1-4**).

Η εκτροπή/ μετατόπιση αυτή αποφεύγει την διαταραχή της λιμενολεκάνης και την είσοδο φερτών υλικών.



Εικόνα 1-1 Η εκβολή του ποταμού Βασιλικού το 1963 (πηγή Τμήμα Κτηματολογίου και Χωρομετρίας (ΤΚΧ))



Εικόνα 1-2 Η εκβολή του ποταμού Βασιλικού σύμφωνα με τα κτηματολογικά σχέδια (πηγή ΤΚΧ)



Εικόνα 1-3 Η εκβολή του ποταμού Βασιλικού στην υφιστάμενη κατάσταση (πηγή ΤΚΧ)



Εικόνα 1-4: Εκβολή ποταμού – Φωτογραφία περιοχής

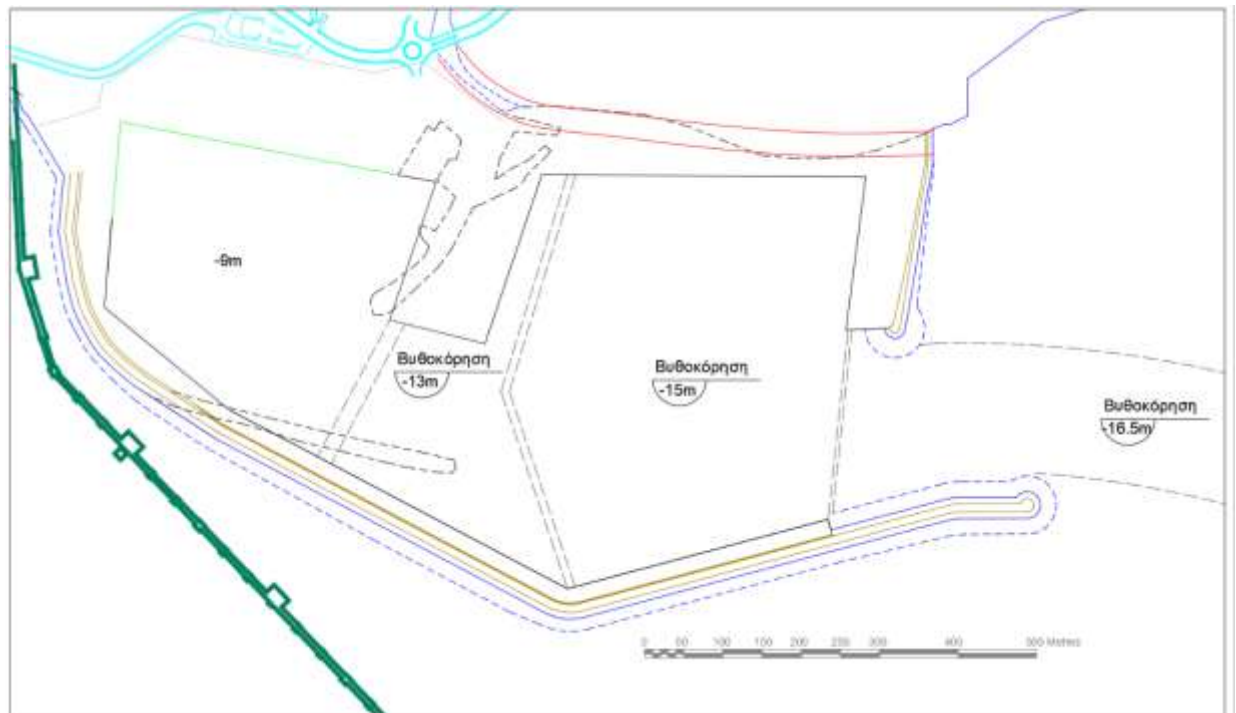
1.2. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ

Με την προτεινόμενη επέκταση του λιμένα στα ανατολικά η εκβολή βρίσκεται εντός της νέας λιμενολεκάνης. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν εξετάστηκαν οι πιο κάτω εναλλακτικές λύσεις:

1. Εκτροπή του ποταμού στα ανατολικά, με την εκβολή να βρίσκεται εκτός της λιμενολεκάνης (**Εικόνα 1-5**)
2. Εκβολή εντός της λιμενολεκάνης (**Εικόνα 1-6**)
3. Κατασκευή αντλιοστασίου για εκβολή μέσω αγωγού εκτός του λιμένα

Λύση 1:

Η εναλλακτική λύση της εκτροπής εκτός της λιμενολεκάνης συνεπάγεται τη δημιουργία ανοικτού καναλιού μήκους 560 μέτρων (**Εικόνα 1-5**). Λόγω της χαμηλής στάθμης της κοίτης του ποταμού, το μεγαλύτερο μήκος του καναλιού θα έχει συνεχώς θαλασσινό νερό. Η εναλλαγή του νερού θα γίνεται όταν υπάρχει ροή στον ποταμό και μικρή εναλλαγή λόγω της παλίρροιας.



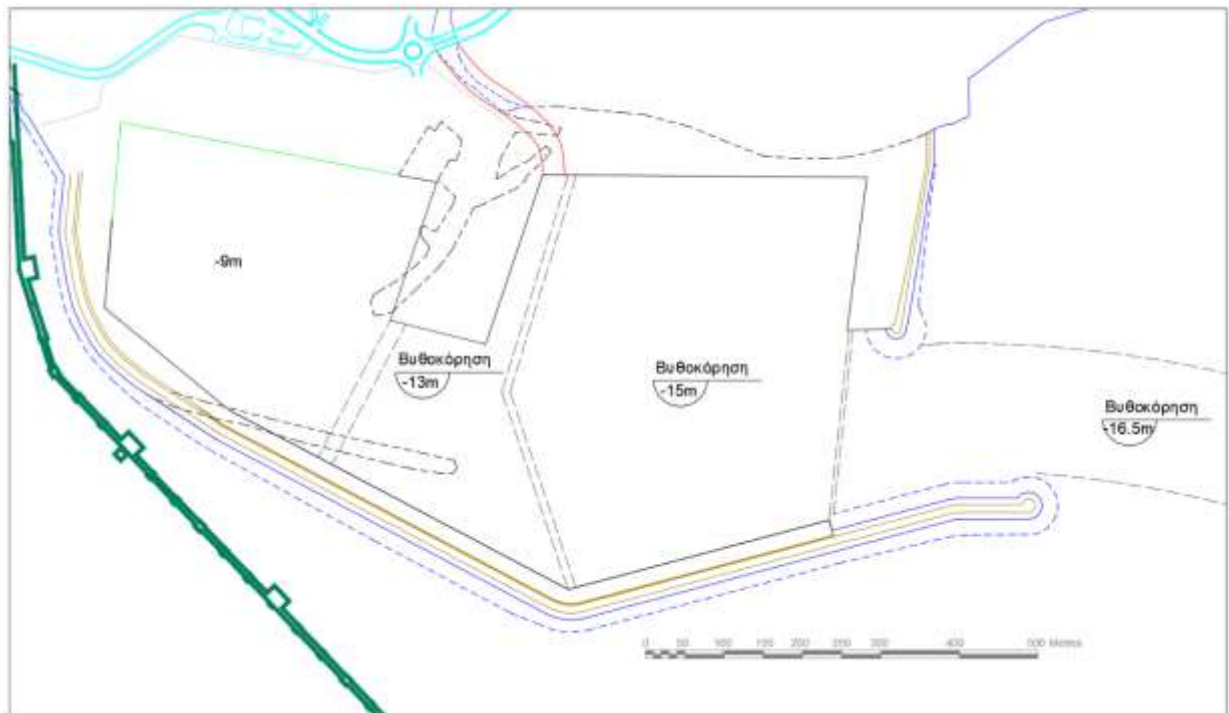
Εικόνα 1-5: Εναλλακτική λύση 1 - διαμόρφωσης εκβολής ποταμού εκτός λιμενολεκάνης

Πλεονέκτημα της λύσης αυτής είναι ότι αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τα δυνητικά προβλήματα της λιμενολεκάνης, όπως και στην υφιστάμενη κατάσταση. Εντούτοις έχει τα ακόλουθα μειονεκτήματα:

1. Αν το κανάλι είναι κλειστό, τότε αντίκειται στην πολιτική του Κράτους για μη εγκιβωτισμό ποταμών.
2. Το κανάλι δεν μπορεί να συντηρείται εύκολα.
3. Αν το κανάλι είναι ανοικτό, τότε περιορίζονται οι χερσαίοι χώροι για μελλοντικές αναπτύξεις.
4. Θα υπάρχουν στάσιμα νερά σε μεγάλο μήκος όταν δεν υπάρχει ροή στον ποταμό.

Λύση 2:

Η εναλλακτική λύση της εκβολής εντός της λιμενολεκάνης διαλαμβάνει την προέκταση του ποταμού και την εκβολή σε «νεκρό» χώρο της νέας λιμενολεκάνης (**Εικόνα 1-6**).



Εικόνα 1-6: Εναλλακτική λύση 2 - διαμόρφωσης εκβολής ποταμού εντός λιμενολεκάνης

Η λύση αυτή έχει τα πιο κάτω πλεονεκτήματα:

1. Ο ποταμός παραμένει ανοικτός (συνάδει με την πολιτική του Κράτους).
2. Μπορεί να γίνεται εύκολα συντήρηση/ καθαρισμός της κοίτης του ποταμού.
3. Η εκβολή δεν επηρεάζει τη λειτουργία της λιμενολεκάνης.
4. Δημιουργείται φυσικός διαχωρισμός χρήσεων στο χερσαίο λιμενικό χώρο.

Η λύση 2 έχει τα πιο κάτω μειονεκτήματα:

1. Σε περιπτώσεις έντονης ροής του ποταμού (ο οποίος είναι εποχικός και φραγμένος) θα εισέρχονται στο λιμάνι απορροές που θα περιέχουν φερτά υλικά.
2. Σε περιόδους που δεν ρέει ο ποταμός θα υπάρχουν στάσιμα νερά, όπως και στη λύση 1, αλλά σε μικρότερη έκταση.

Για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων αυτών:

1. Θα πρέπει να γίνεται περιοδικός καθαρισμός/ απομάκρυνση φερτων υλικών και ειδικός καθαρισμός μετά από ακραία συμβάντα.
2. Θα πρέπει να τίθεται σε λειτουργία αντλία η οποία θα μεταφέρει νερό από τη λιμενολεκάνη στα ανάντη της στάθμης θάλασσας στο κανάλι ώστε να υπάρχει κυκλοφορία του νερού στο κανάλι.

Λύση 3:

Η τρίτη εναλλακτική λύση προνοεί την κατασκευή αντλιοστασίου στην εκβολή του ποταμού και μεταφορά των απορροών μέσω αγωγών εκτός της λιμενολεκάνης. Η λύση αυτή είναι πάρα πολύ δαπανηρή, ενεργοβόρα και μη φιλική στο περιβάλλον.

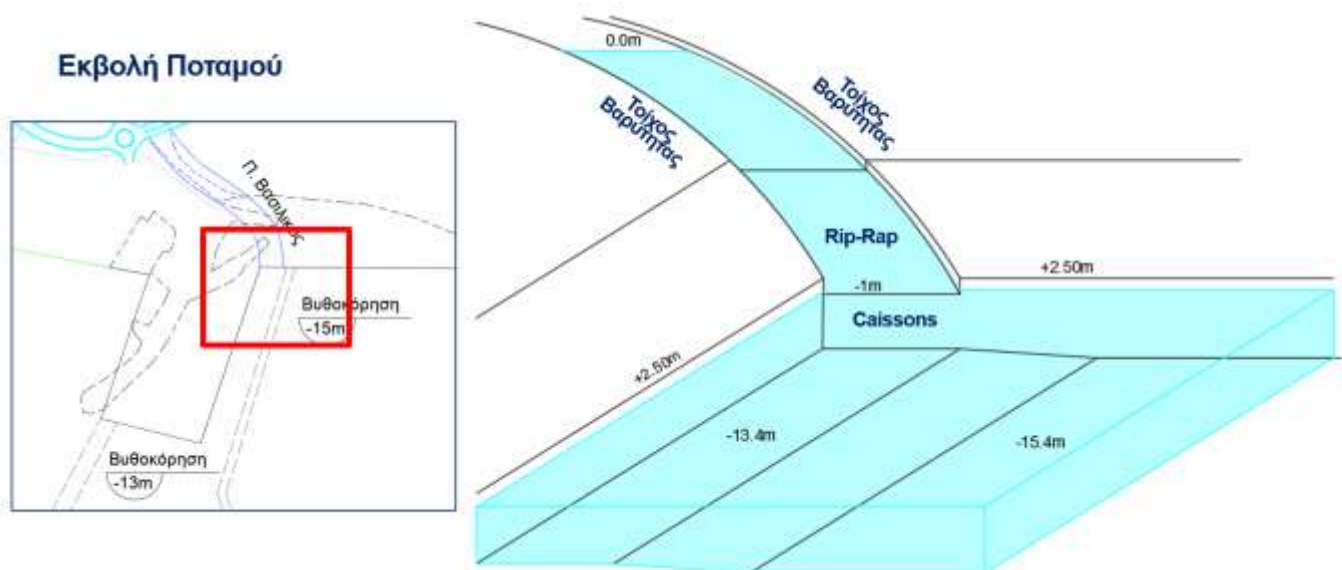
1.3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΛΥΣΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ

Με βάση τα πιο πάνω προκρίνεται και προτείνεται η Λύση 2. Η εκβολή του ποταμού μετατοπίζεται στη νέα λιμενολεκάνη. Το μήκος του ποταμού επεκτείνεται κατά περίπου 100 μέτρα. Η επέκταση αυτή γίνεται με ανοικτό κανάλι. Ο ποταμός/ κανάλι αποτελεί και διαχωρισμό των λειτουργιών του λιμένα. (Εικόνα 1-7).

Το πλάτος του καναλιού προτείνεται να είναι 30 μέτρα σε όλο το μήκος της επέκτασης με κλίση όπως την υφιστάμενη 0.5%. Στη εκβολή στη λιμενολεκάνη η στάθμη είναι στο -1m ΜΣΘ ώστε να υπάρχει σχετικά ήπια προσαρμογή.

Λόγω της λιμενικής χρήσης του χερσαίου χώρου εκατέρωθεν του καναλιού τα τοιχώματα του καναλιού προτείνεται να είναι τοίχοι αντιστήριξης, για παράδειγμα τοίχοι βαρύτητας/ τύπος κρηπιδώματος. Η κοίτη του καναλιού προτείνεται να είναι με φυσικούς ογκόλιθους (rip-rap) ώστε να αποτρέπεται η διάβρωση.

Στην εκβολή (εντός της λιμενολεκάνης όπου ο πυθμένας είναι στη στάθμη -15.4m ΜΣΘ) απαιτείται η κατασκευή κρηπιδώματος. Προτείνεται η κατασκευή κυψελωτών κιβωτίων (Caissons) τα οποία γεμίζουν με αδρανή και στην άνω επιφάνεια τοποθετούνται ογκόλιθοι.



Εικόνα 1-7: Σκαρίφημα της διάταξης της εκβολής του ποταμού/ καναλιού

2. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Ο ποταμός Βασιλικός ή Βασιλοπόταμος έχει λεκάνη απορροής 150 km². Ο ποταμός αυτός είναι φραγμένος από το φράγμα Καλαβασού. Το φράγμα αυτό, χωρητικότητας 17.1 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού, κατασκευάστηκε το 1985. Η λεκάνη απορροής του φράγματος είναι 95.5 km²(**Εικόνα 2-1**).

Υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία καταγραφής μέγιστων μηνιαίων ροών σε τρεις (3) θέσεις, όπως παρουσιάζονται στην **Εικόνα 2-1** και περιγράφονται στον πιο κάτω πίνακα (**Πίνακας 1**). Τα στοιχεία λήφθηκαν από το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (ΤΑΥ).

Πίνακας 1 Θέσεις σταθμών μέτρησης ροής και μέγιστες ροές

Station Name	Station no.	Catchment (km ²)	Readings	Max. discharge (m ³ /s)	Date
Kalavassos	8-9-7-50	130	9/1963 - 9/2022	110	20/9/1963
Lageia	8-9-5-40		10/1983 - 9/2022	51	2/2003
Coast	8-9-7-95	150	10/1970 – 7/1984	13	5/6/1974

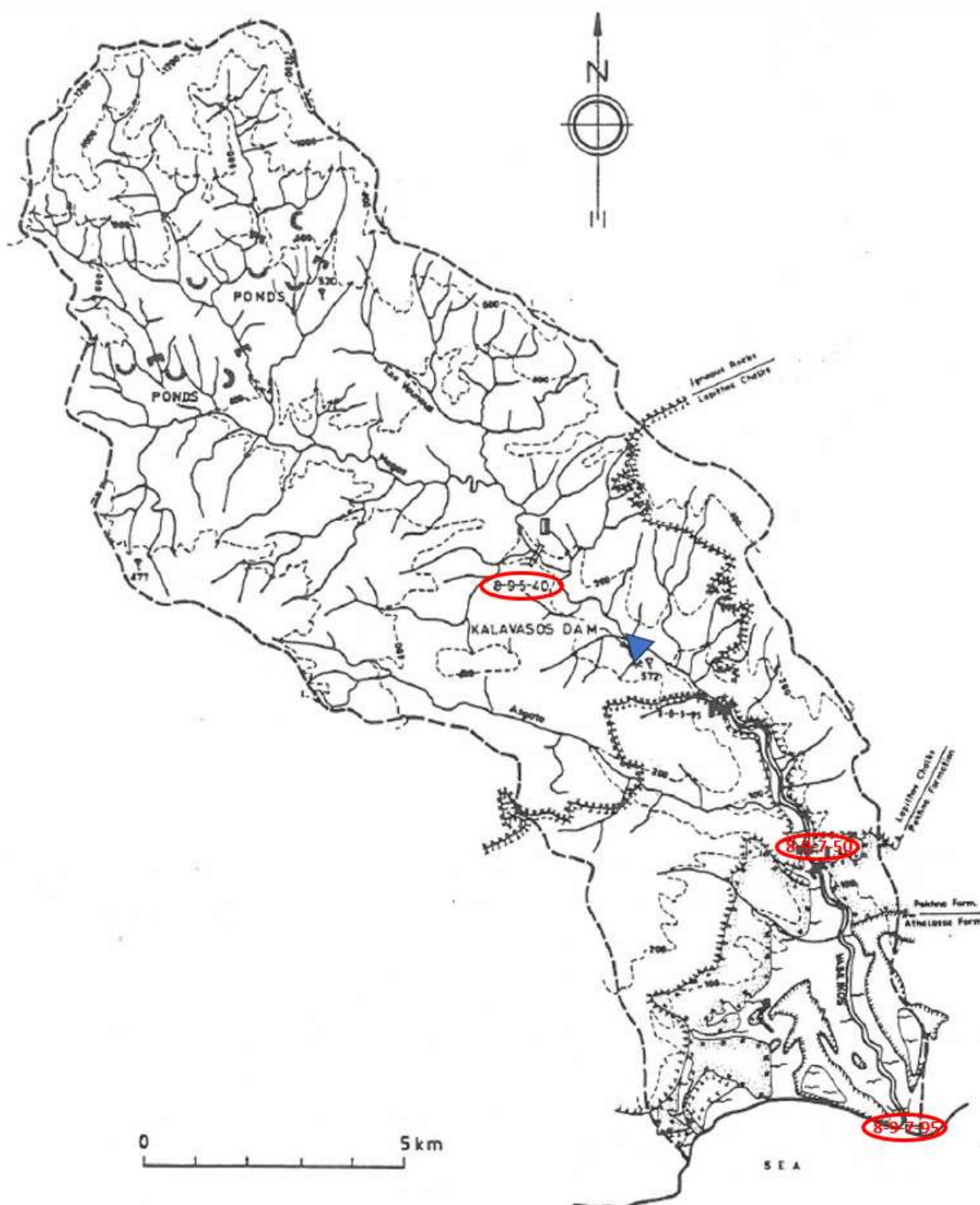
Η μέγιστη παροχή που καταγράφηκε κατόντη του φράγματος (μετά την κατασκευή του το 1985) στο σταθμό Καλαβασός ήταν **32 m³/s** και καταγράφηκε το Μάιο 2004.

Σύμφωνα με τις καταγραφές της στάθμης του φράγματος Καλαβασού, το φράγμα υπερχείλισε 6 φορές από το 1985 (τα τελευταία 37 χρόνια):

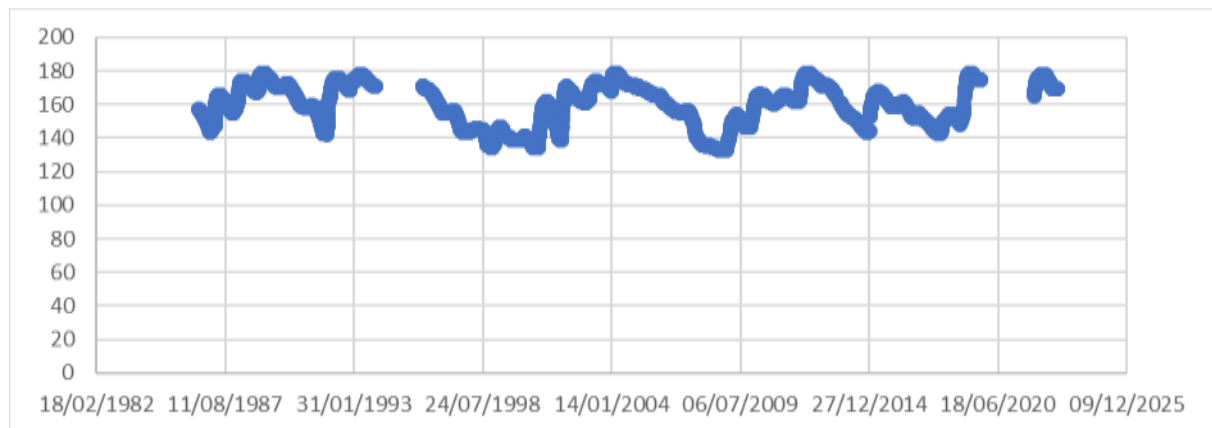
- Μάρτιος 1989
- Μάιος 1993
- Μάρτιος 2004
- Απρίλιος 2012
- Απρίλιος 2019
- Μάιος 2022

Υπάρχουν δημοσιεύματα ότι το φράγμα υπερχείλισε και τον Ιανουάριο 2020, περίοδος όπου υπήρξε διακοπή στις μετρήσεις.

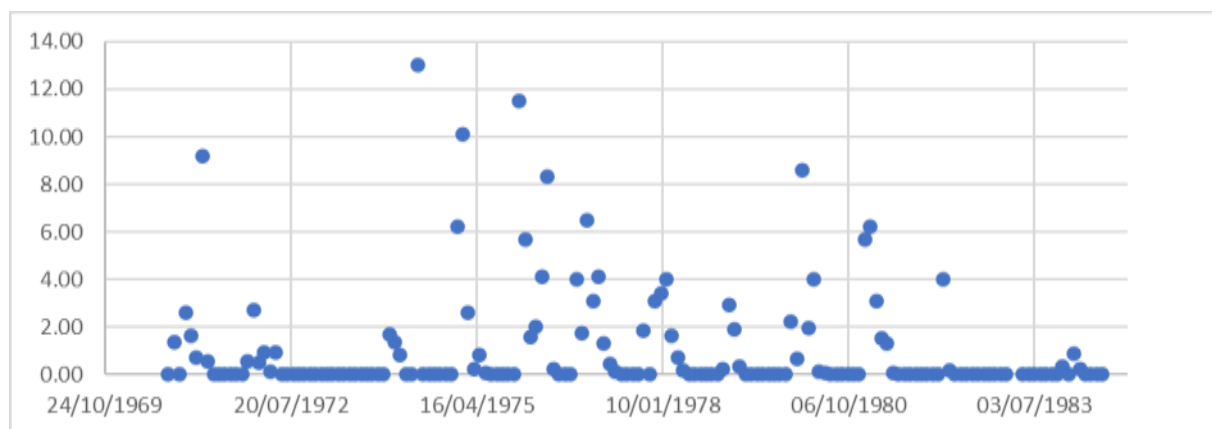
Η στάθμη νερού στο φράγμα Καλαβασού για την περίοδο 1986-2022 καθώς και οι παροχές στην εκβολή του ποταμού και στο σταθμό της Καλαβασού παρουσιάζονται στα πιο κάτω σχήματα (**Σχήμα 2-1**, **Σχήμα 2-2**, **Σχήμα 2-3**).



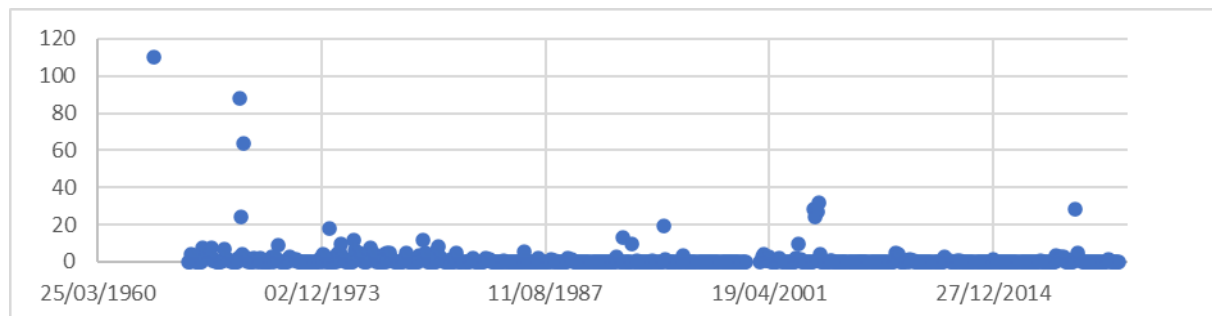
Εικόνα 2-1: Η λεκάνη απορροής του ποταμού Βασιλικού (πηγή ΤΑΥ).
Υποδεικνύονται: Το φράγμα Καλαβασού και οι θέσεις τριών σταθμών μετρητών.



Σχήμα 2-1 Στάθμη νερού στο φράγμα Καλαβασού (m) 7/1986 – 12/2022



Σχήμα 2-2 Παροχή στην εκβολή του ποταμού (m³/s)



Σχήμα 2-3 Παροχή στο σταθμό Καλαβασού (m³/s)

Με βάση τις μετρήσεις:

1. Η μέγιστη παροχή που καταγράφηκε στο σταθμό Καλαβασού πριν την κατασκευή του φράγματος ήταν $110 \text{ m}^3/\text{s}$ (αμέσως μετά την εγκατάσταση του μετρητή).
2. Η μέγιστη παροχή που καταγράφηκε στο σταθμό Καλαβασού μετά την κατασκευή του φράγματος ήταν $32 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Η μέγιστη παροχή που καταγράφηκε στην εκβολή του ποταμού πριν την κατασκευή του φράγματος ήταν $13 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. ΓΕΦΥΡΕΣ ΠΛΗΣΙΟΝ ΕΚΒΟΛΗΣ

Σε απόσταση 120 μέτρων από την σημερινή θέση της εκβολής του ποταμού (220 μέτρων από την προτεινόμενη λιμενολεκάνη) βρίσκονται δύο γέφυρες. Η μία γέφυρα προϋπήρχε και η δεύτερη κατασκευάστηκε πρόσφατα 2022-2023 στα πλαίσια της βελτίωσης του οδικού δικτύου της περιοχής Βασιλικού. Η αρχική γέφυρα (**Εικόνα 3-1**) αποτελείται από δώδεκα (12) ορθογωνικούς οχετούς συνολικού πλάτους 28.83 m και ύψους καθαρού 1.66 m.

Η νέα γέφυρα (**Εικόνα 3-2**) έχει το ίδιο πλάτος με αυτό της υφιστάμενης, 28.83 m, αλλά έχει έξι (6) ορθογωνικά ανοίγματα (αντί 12) και ύψος 1.66 m στην ανάντη πλευρά και 2m στην κατάντη πλευρά.

Οι δύο γέφυρες βρίσκονται η μια δίπλα από την άλλη όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3-3**.

Η παροχετευτική ικανότητα της αρχικής γέφυρας είναι της τάξης των 180 m³/s.



Εικόνα 3-1: Αρχική γέφυρα – ανάντη πλευρά (φωτογραφία περιοχής)



Εικόνα 3-2: Νέα γέφυρα – κατάντη πλευρά (φωτογραφία περιοχής)



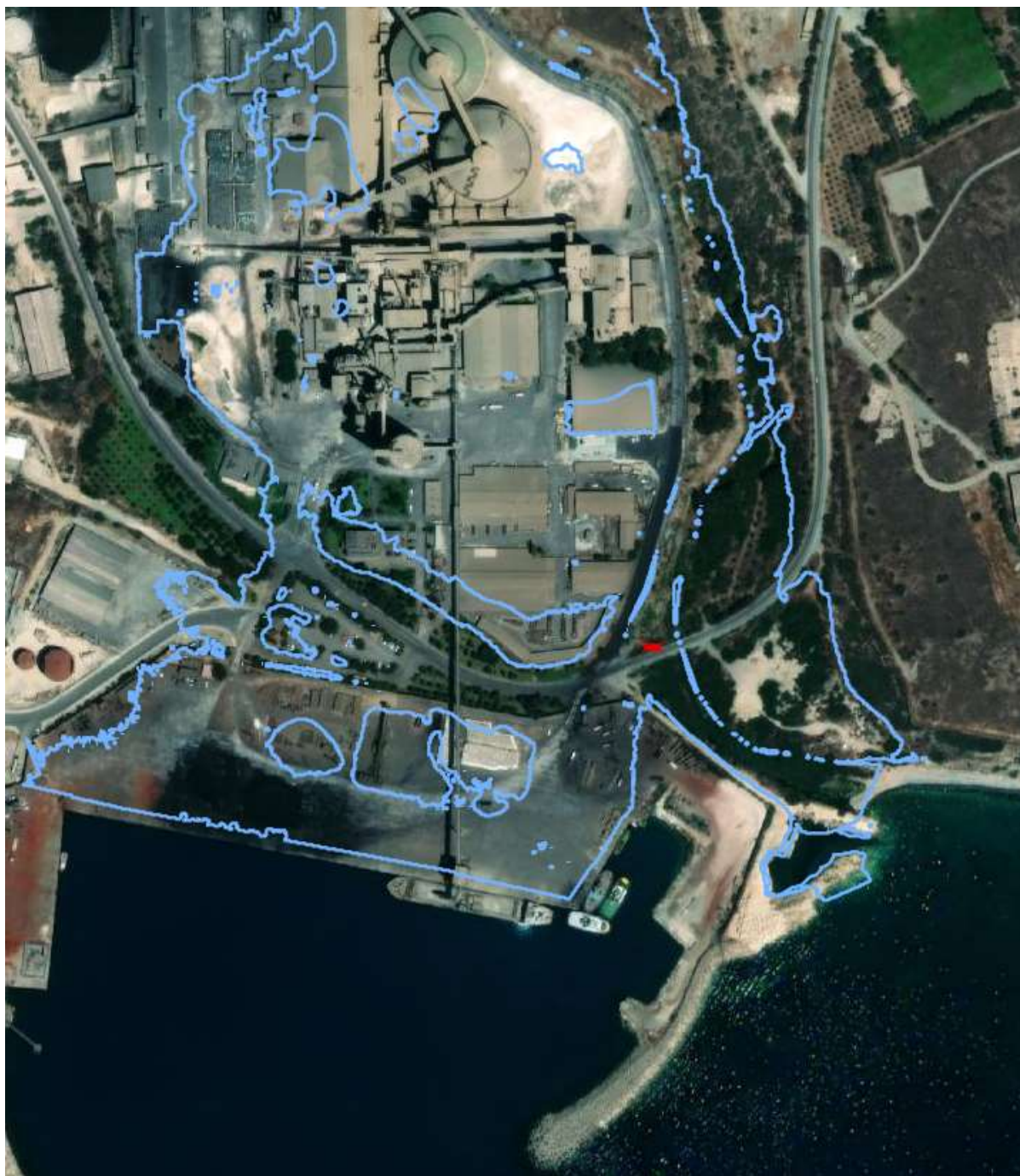
Εικόνα 3-3: Νέα γέφυρα (αριστερά) – Αρχική γέφυρα (δεξιά) (φωτογραφία περιοχής)

4. ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Το ΤΑΥ έχει δημοσιεύσει χάρτες Επικινδυνότητας και Κινδύνων Πλημμύρας με πιθανότητα 1 στα 20 (Εικόνα 4-1), 1 στα 100 (Εικόνα 4-2) και 1 στα 500 (Εικόνα 4-3) σε οποιοδήποτε έτος.



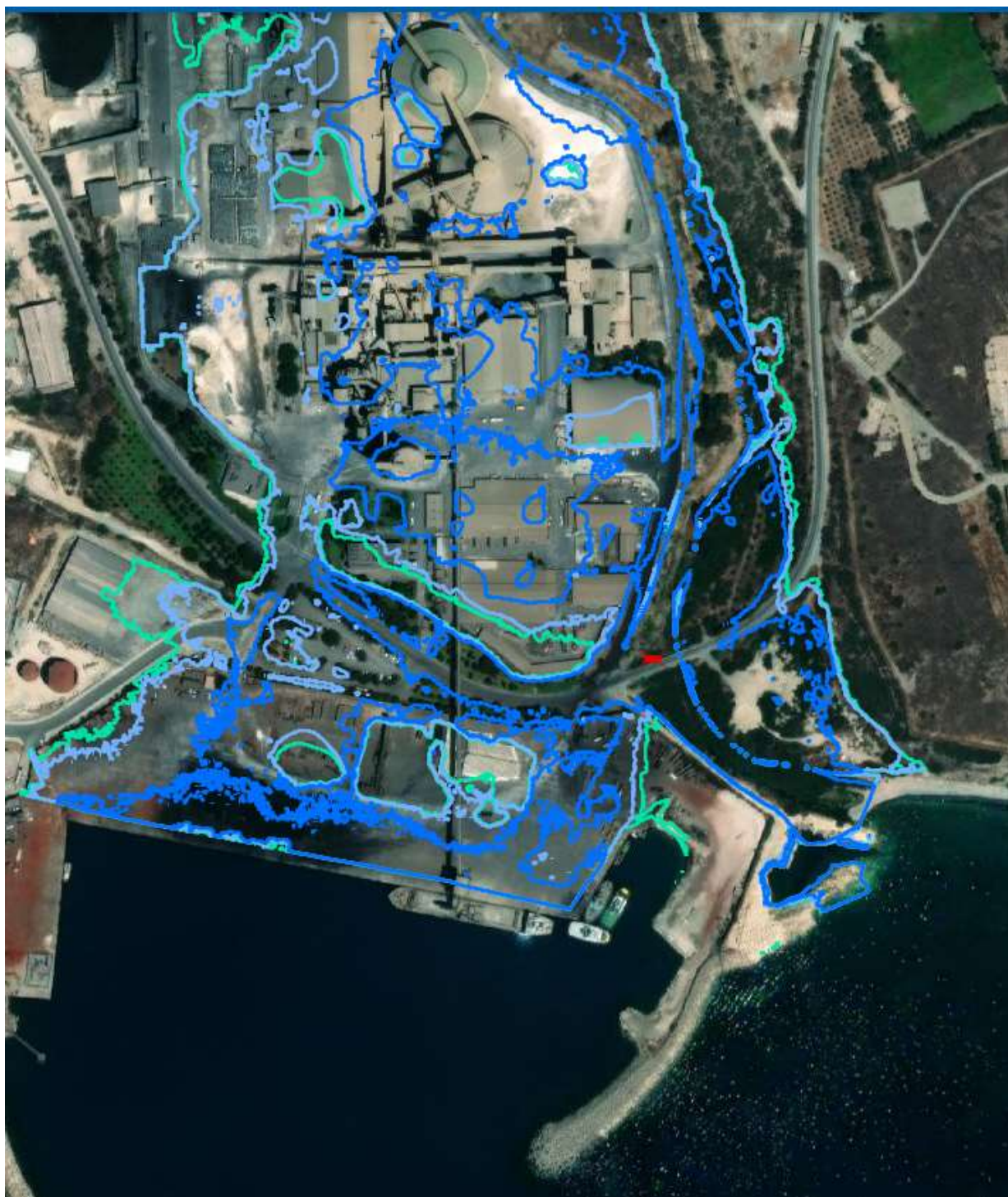
Εικόνα 4-1: Χάρτης πλημμύρας με πιθανότητα 1 στα 20 (5%) σε οποιοδήποτε έτος (πηγή ΤΑΥ)



Εικόνα 4-2: Χάρτης πλημμύρας με πιθανότητα 1 στα 100 (1%) σε οποιοδήποτε έτος (πηγή ΤΑΥ)



Εικόνα 4-3: Χάρτης πλημμύρας με πιθανότητα 1 στα 500 (0.2%) σε οποιοδήποτε έτος (πηγή ΤΑΥ)



Εικόνα 4-4: Χάρτης πλημμύρας με πιθανότητα 1 στα 20 (μπλε χρώμα), 1 στα 100 (ουρανί χρώμα) και 1 στα 500 (πράσινο χρώμα)

Οι παροχές στην εκβολή του ποταμού που σχετίζονται με τους πιο πάνω χάρτες είναι:

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| • 1 στα 20 χρόνια | 128 m ³ /s |
| • 1 στα 100 χρόνια | 224 m ³ /s |
| • 1 στα 500 χρόνια | 271 m ³ /s |

Όπως προκύπτει από τους χάρτες και τις παροχές:

1. Υπάρχει υπερχείλιση της όχθης του ποταμού και πλημμυρίζει μέρος του λιμένα σε συμβάντα με περίοδο επαναφοράς 20 έτη.
2. Η έκταση πλημμυρισμένης περιοχής (βρεγμένης), όπως αναμένεται, μεγαλώνει για συμβάντα με περίοδο επαναφοράς 100 έτη και ακόμη περισσότερο για περίοδο επαναφοράς 500 έτη.
3. Οι τιμές των παροχών υπερβαίνουν σημαντικά τις παροχές που καταμετρήθηκαν.

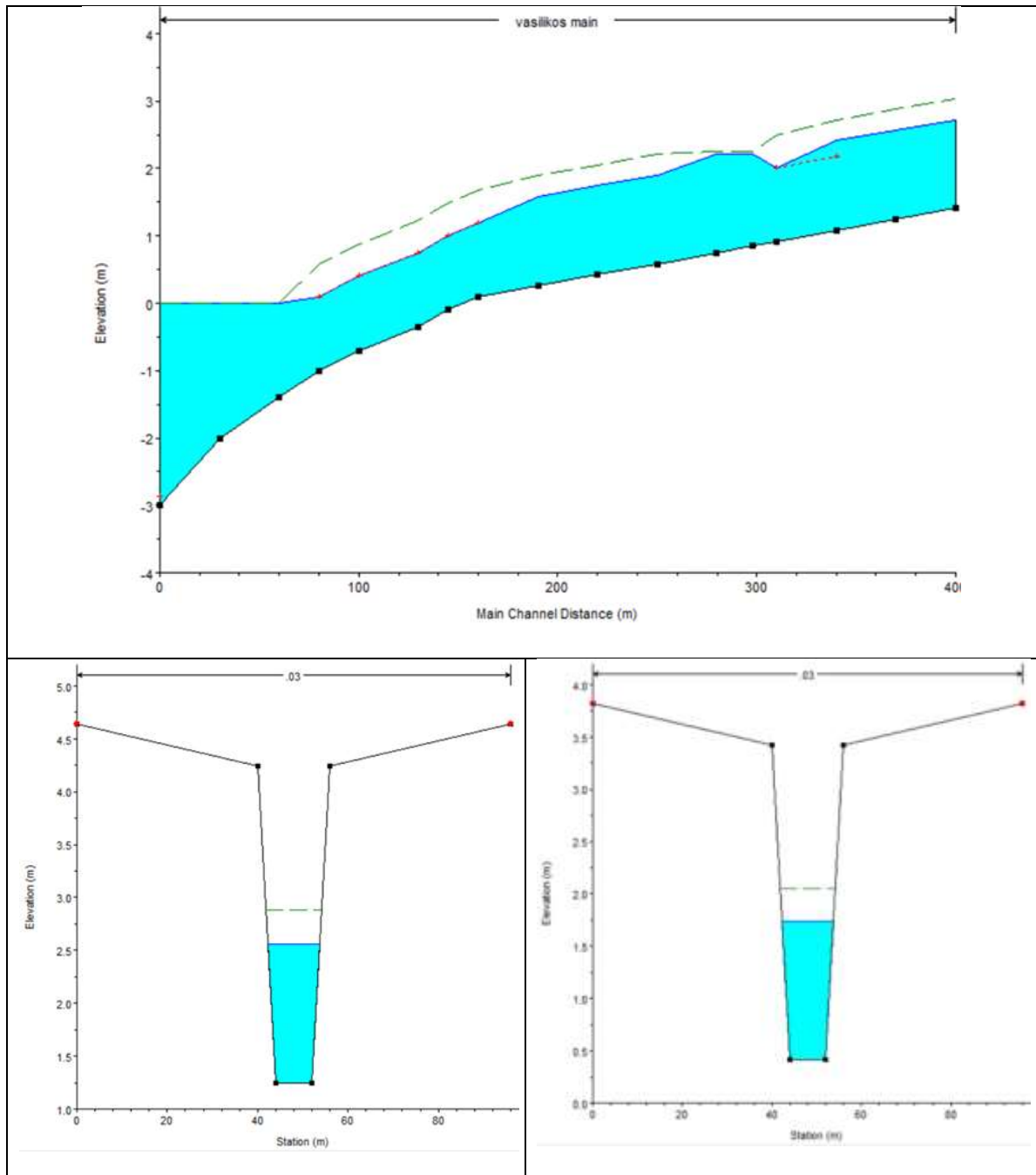
5. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – HEC-RAS

Στην παρούσα μελέτη εκπονήθηκε υδραυλική ανάλυση για τα ακόλουθα σενάρια:

- Σενάριο 1: Υφιστάμενη διάταξη για παροχή $32\text{m}^3/\text{s}$ (1:20)
- Σενάριο 2: Υφιστάμενη διάταξη για παροχή $128\text{m}^3/\text{s}$ (1:100)
- Σενάριο 3: Υφιστάμενη διάταξη για παροχή $220\text{m}^3/\text{s}$ (1:500)
- Σενάριο 4: Προτεινόμενη διάταξη για παροχή $32\text{m}^3/\text{s}$ (1:20)
- Σενάριο 5: Προτεινόμενη διάταξη για παροχή $128\text{m}^3/\text{s}$ (1:100)
- Σενάριο 6: Προτεινόμενη διάταξη για παροχή $220\text{m}^3/\text{s}$ (1:500)

Τα αποτελέσματα του μοντέλου HEC-RAS για κάθε σενάριο παρουσιάζονται στις πιο κάτω εικόνες (**Εικόνα 5-1** μέχρι **Εικόνα 5-6**).

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του μοντέλου HEC-RAS η προτεινόμενη διατομή του καναλιού δεν επηρεάζει την υδραυλική συμπεριφορά του ποταμού.

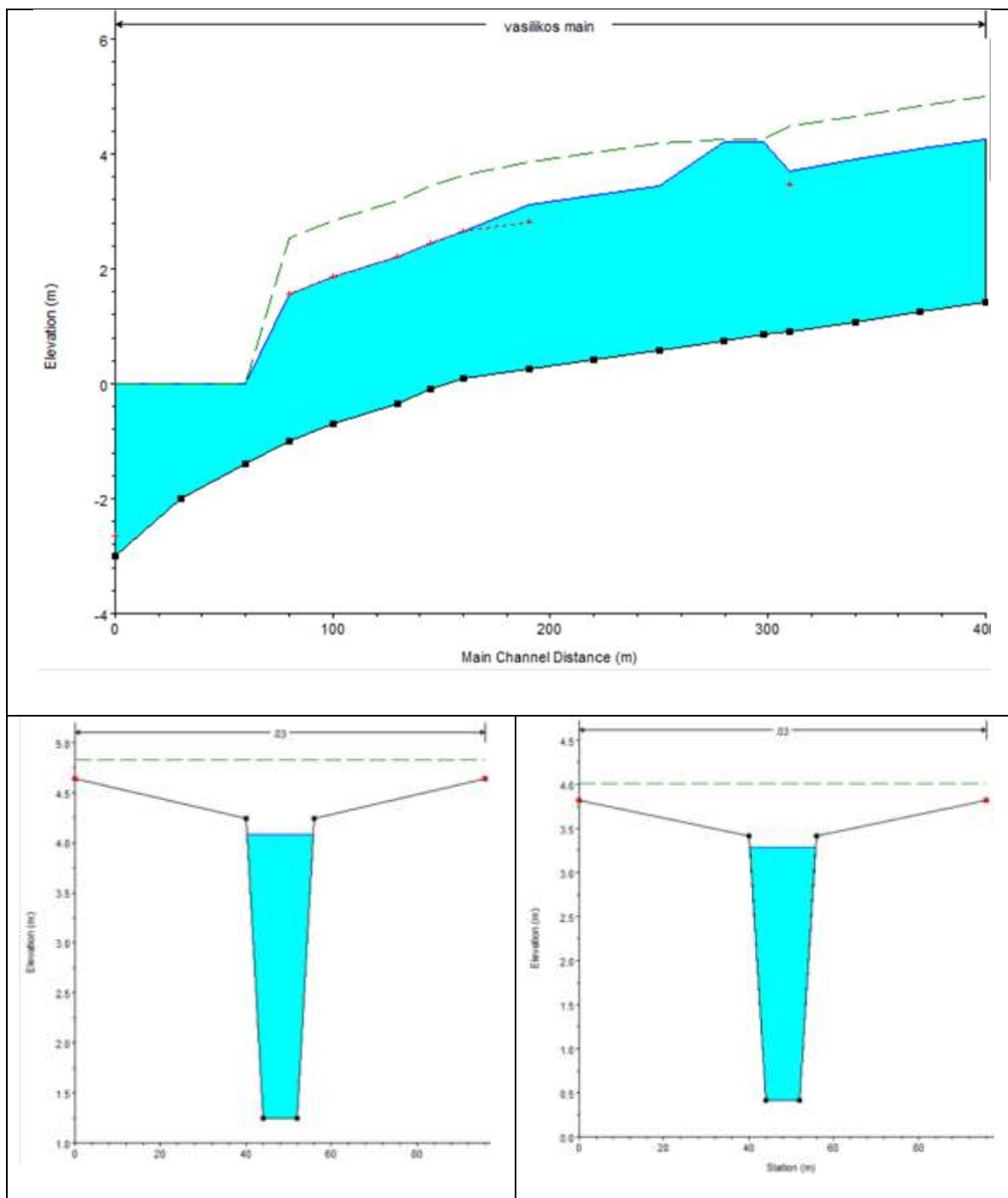


Εικόνα 5-1: Σενάριο 1 - $Q=32\text{m}^3/\text{s}$ – Υφιστάμενη διάταξη

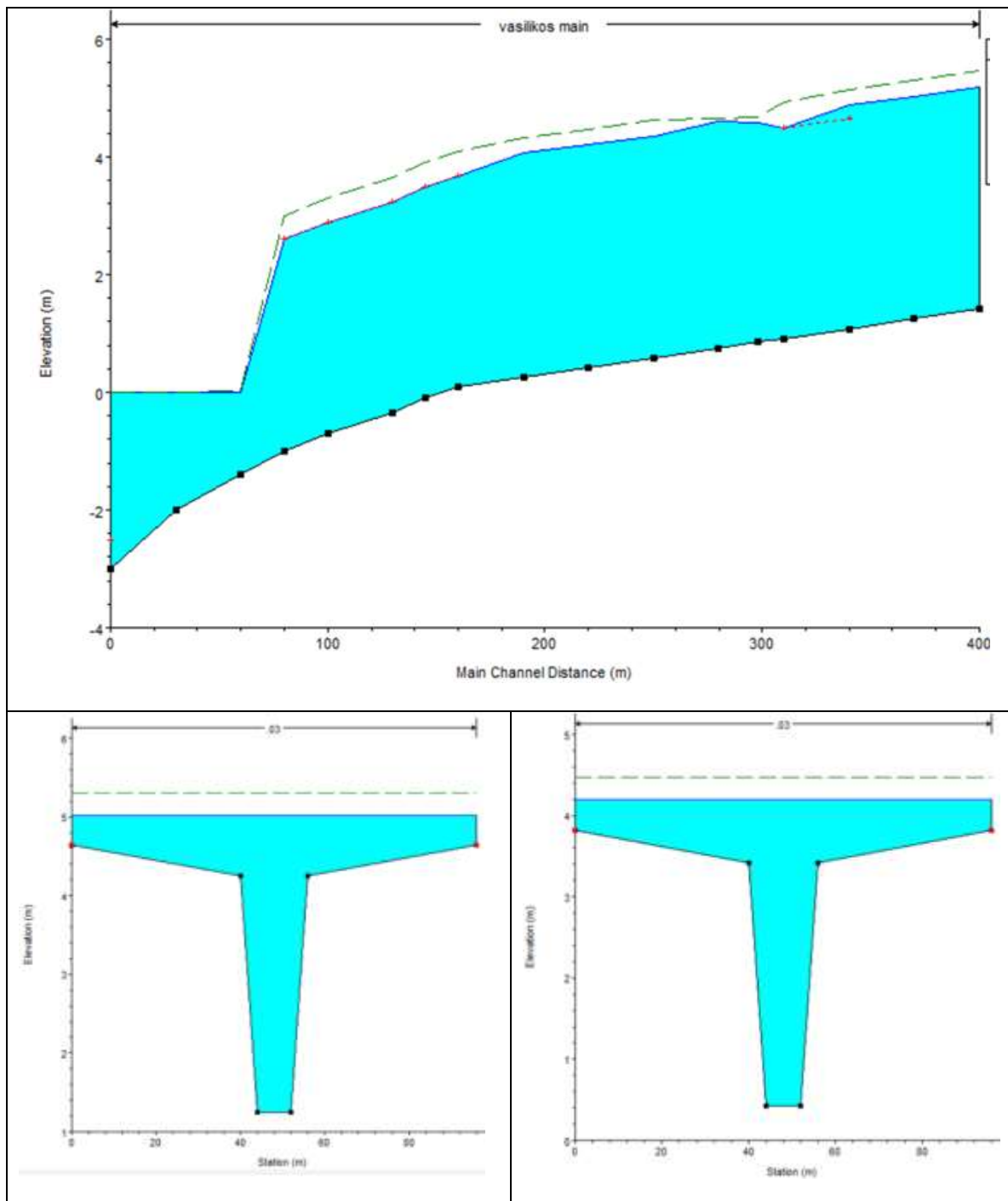
Πάνω: Μηκτομή HEC-RAS

Κάτω αριστερά: Διατομή ανάντη (υφιστάμενος ποταμός)

Κάτω Δεξιά: Διατομή κατόντη (υφιστάμενος ποταμός)



Εικόνα 5-2: Σενάριο 2 - $Q=128\text{m}^3/\text{s}$ – Υφιστάμενη διάταξη
Πάνω: Μηκοτομή HEC-RAS
Κάτω αριστερά: Διατομή ανάντη (υφιστάμενος ποταμός)
Κάτω Δεξιά: Διατομή κατόντη (υφιστάμενος ποταμός)

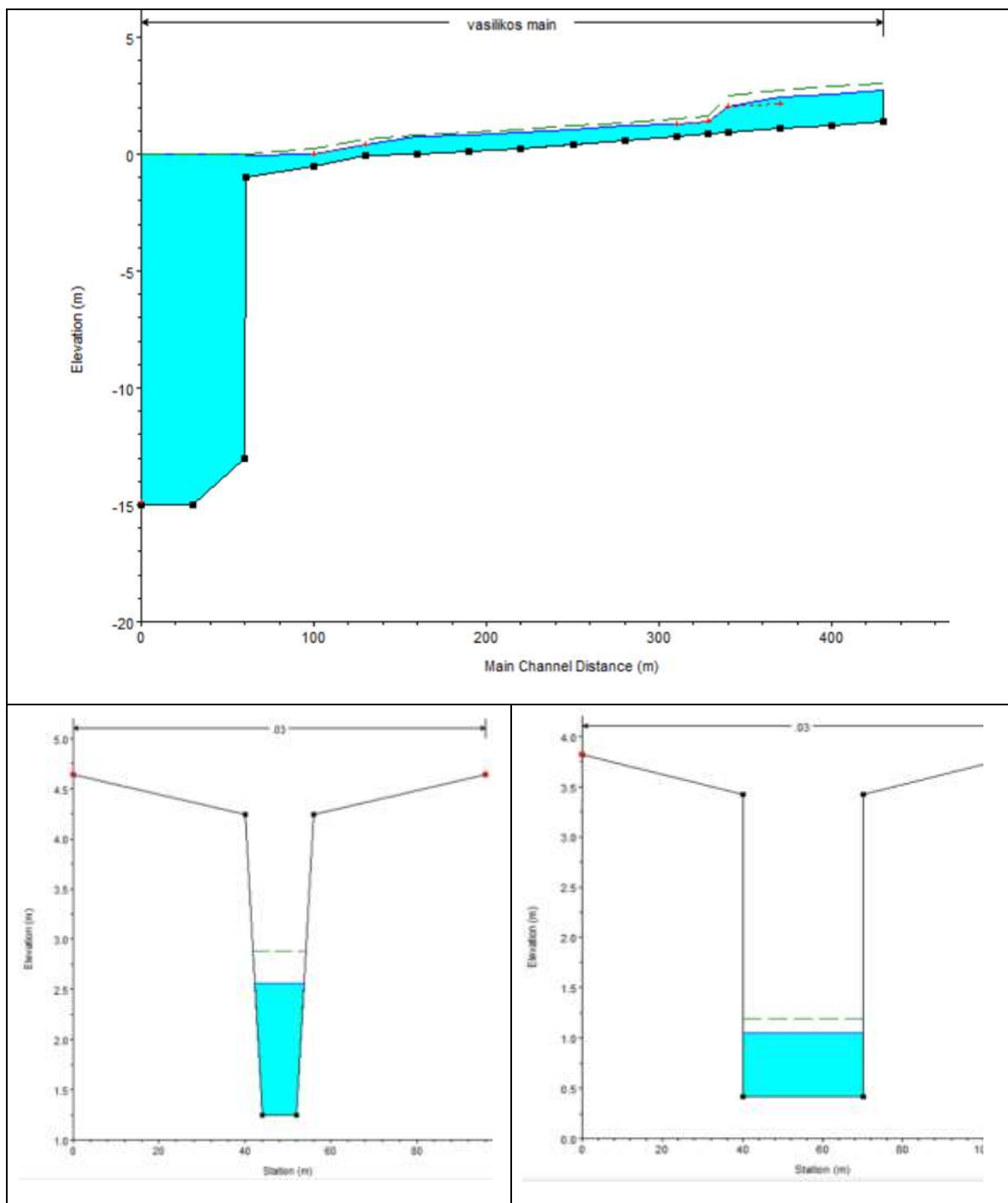


Εικόνα 5-3: Σενάριο 3 - $Q=220\text{m}^3/\text{s}$ – Υφιστάμενη διάταξη

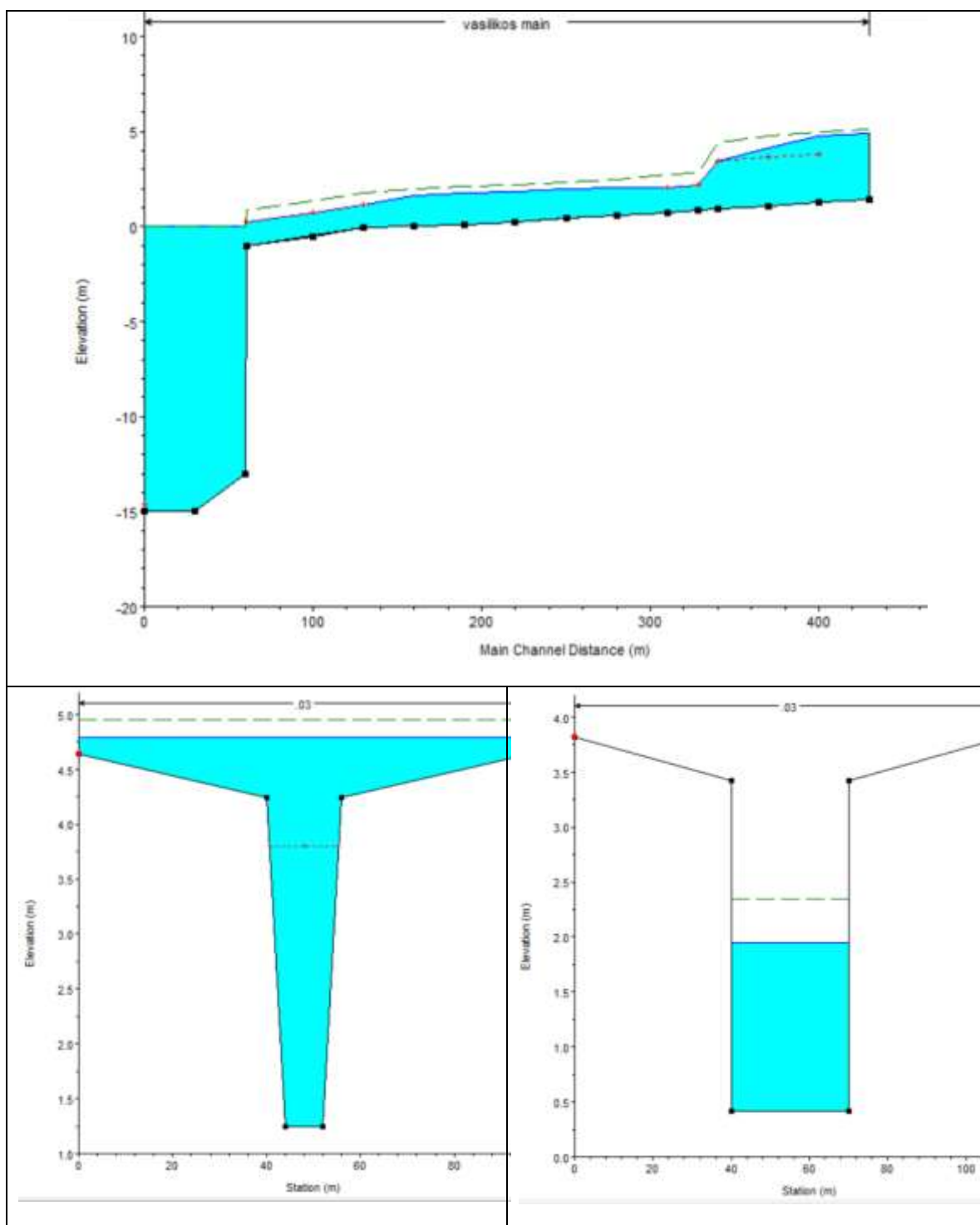
Πάνω: Μηκοτομή HEC-RAS

Κάτω αριστερά: Διατομή ανάντη (υφιστάμενος ποταμός)

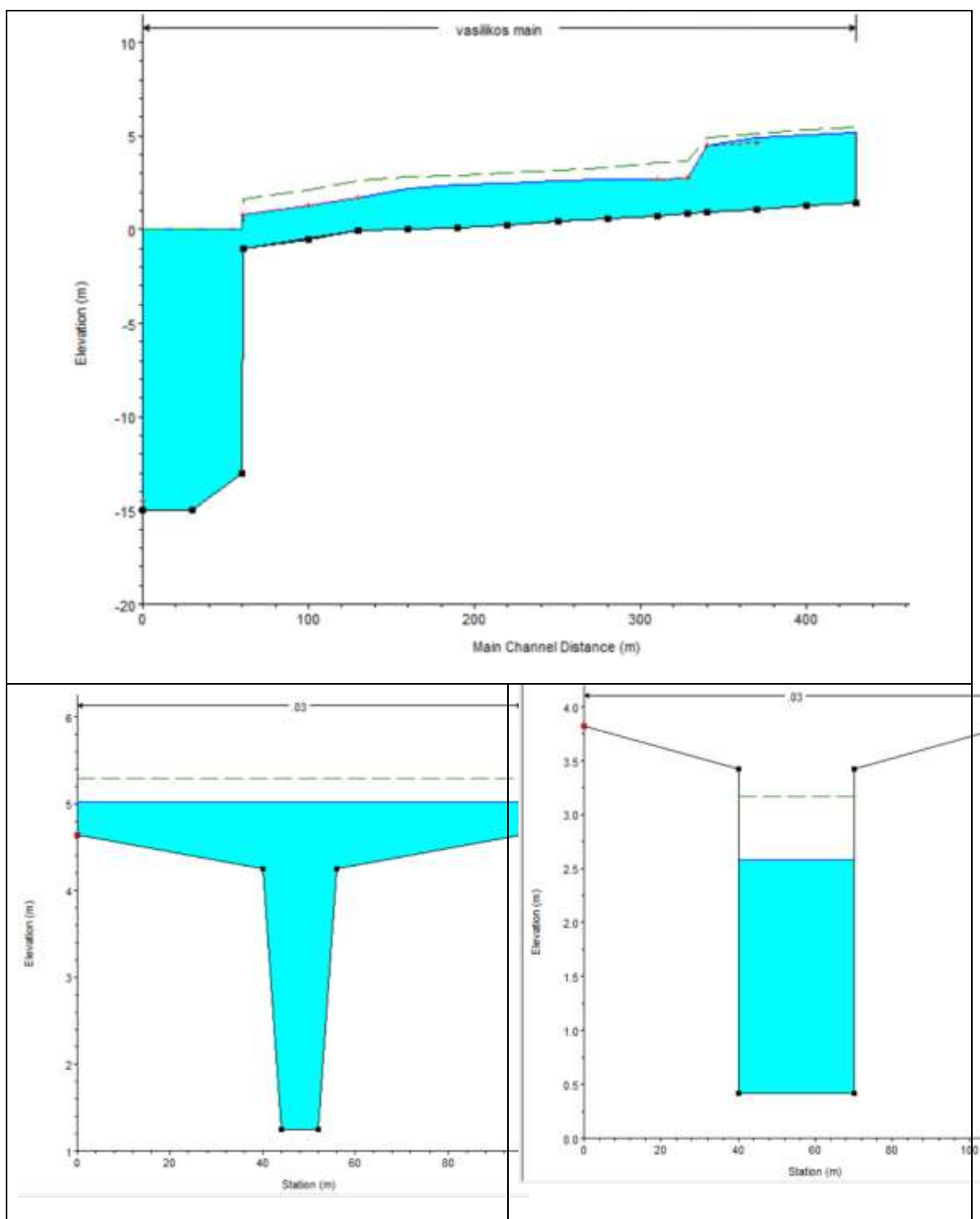
Κάτω Δεξιά: Διατομή κατόντη (υφιστάμενος ποταμός)



Εικόνα 5-4: Σενάριο 4 - $Q=32\text{m}^3/\text{s}$ – Προτεινόμενη διάταξη
 Πάνω: Μηκοτομή HEC-RAS
 Κάτω αριστερά: Διατομή ανάντη (υφιστάμενος ποταμός)
 Κάτω Δεξιά: Διατομή κατόντη (ανοικτό κανάλι)



Εικόνα 5-5: Σενάριο 5 - $Q=128\text{m}^3/\text{s}$ – Προτεινόμενη διάταξη
 Πάνω: Μηκοτομή HEC-RAS
 Κάτω αριστερά: Διατομή ανάντη (υφιστάμενος ποταμός)
 Κάτω Δεξιά: Διατομή κατόντη (ανοικτό κανάλι)



Εικόνα 5-6: Σενάριο 6 - $Q=220\text{m}^3/\text{s}$ – Προτεινόμενη διάταξη
 Πάνω: Μηκοτομή HEC-RAS
 Κάτω αριστερά: Διατομή ανάντη (υφιστάμενος ποταμός)
 Κάτω Δεξιά: Διατομή κατάντη (ανοικτό κανάλι)

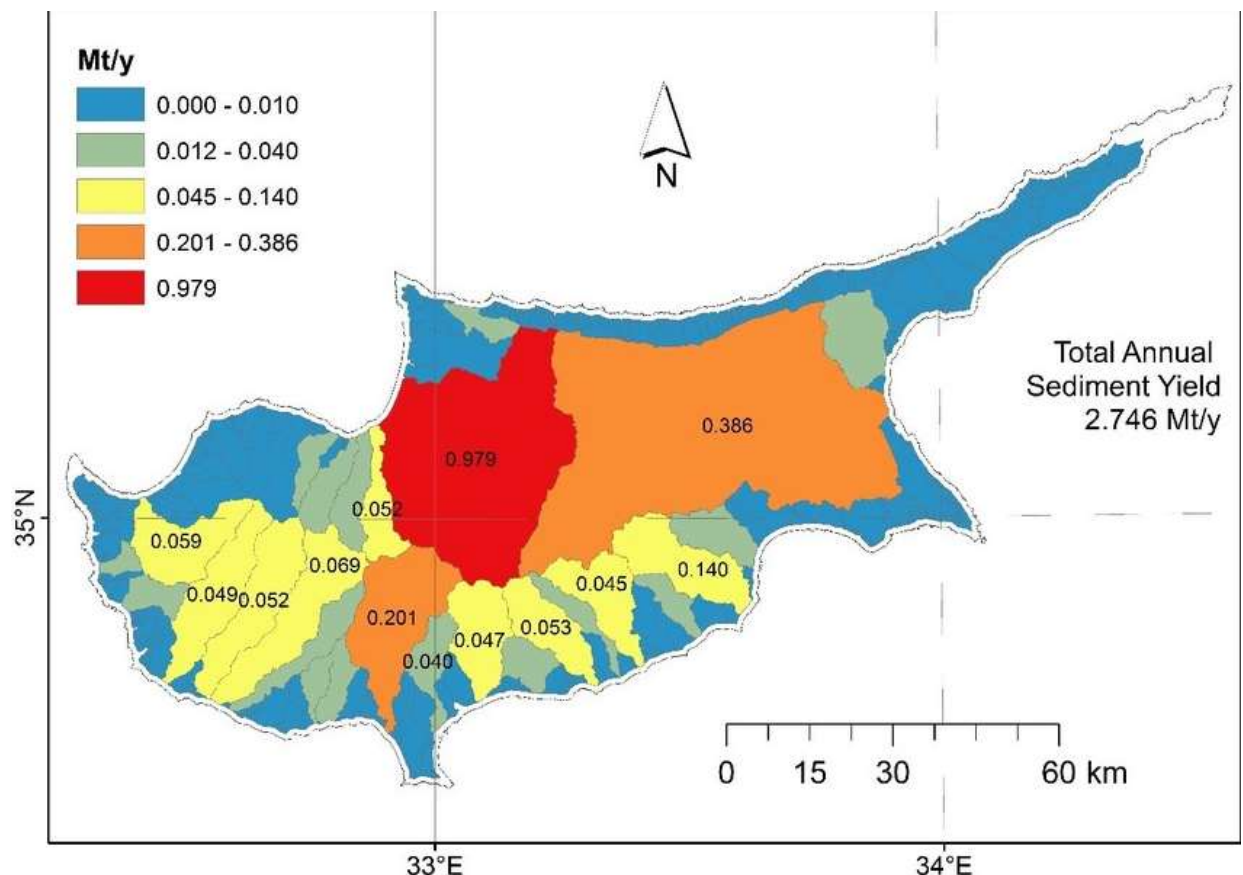
6. ΙΖΗΜΑΤΑ

Σε δημοσίευση του έτους 2016 (*Christos G. Karydas & Panos Panagos (2016): Modelling monthly soil losses and sediment yields in Cyprus, International Journal of Digital Earth*) (**Εικόνα 6-1**):

- Ο μέσος ετήσιος ρυθμός διάβρωσης (mean annual erosion rate) εκτιμάται σε $11.75 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$
- Ο ρυθμός διάβρωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Βασιλικού είναι 0.053 Mt/y .

Η λεκάνη απορροής στην εκβολή του ποταμού έχει έκταση 20 km^2 (εμβαδόν συνολικής λεκάνης απορροής, 150 km^2 – εμβαδόν λεκάνης απορροής φράγματος 130 km^2).

Με βάση την πιο πάνω δημοσίευση το ιζημα που καταλήγει στην εκβολή είναι ($20/150 \times 0.053 \text{ Mt}$) 7 100 t/year . Για πυκνότητα υλικού 1.6 t/m^3 , η ποσότητα ιζήματος εκτιμάται σε $4 \text{ 440 m}^3/\text{year}$.



Εικόνα 6-1: Ρυθμός διάβρωσης εδάφους (πηγή G. Karydas et al)

Σε άλλη προηγούμενη δημοσίευση (*Hrissanthou M et al, Estimate of Sedimentation in Kalavassos Reservoir, 10th Intern Symposium on river sedimentation, Moscow, 2007*) αναφέρεται ότι:

- Ο ρυθμός διάβρωσης του εδάφους λόγω της βροχόπτωσης είναι 0.5 mm/year.
- Για το φράγμα Καλαβασού η ετήσια ποσότητα ιζημάτων που συγκεντρώνεται στο φράγμα εκτιμάται σε 30 700 m³.

Με βάση την δημοσίευση αυτή το ίζημα που καταλήγει στην εκβολή είναι (20/130 x 30 700 m³) 4 700 m³/year.

Με βάση τις δύο πιο πάνω δημοσιεύσεις εκτιμάται ότι η μέση ετήσια ιζηματομεταφορά είναι της τάξης των 4-5 χιλιάδων κυβικών μέτρων.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την πιο πάνω μελέτη προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

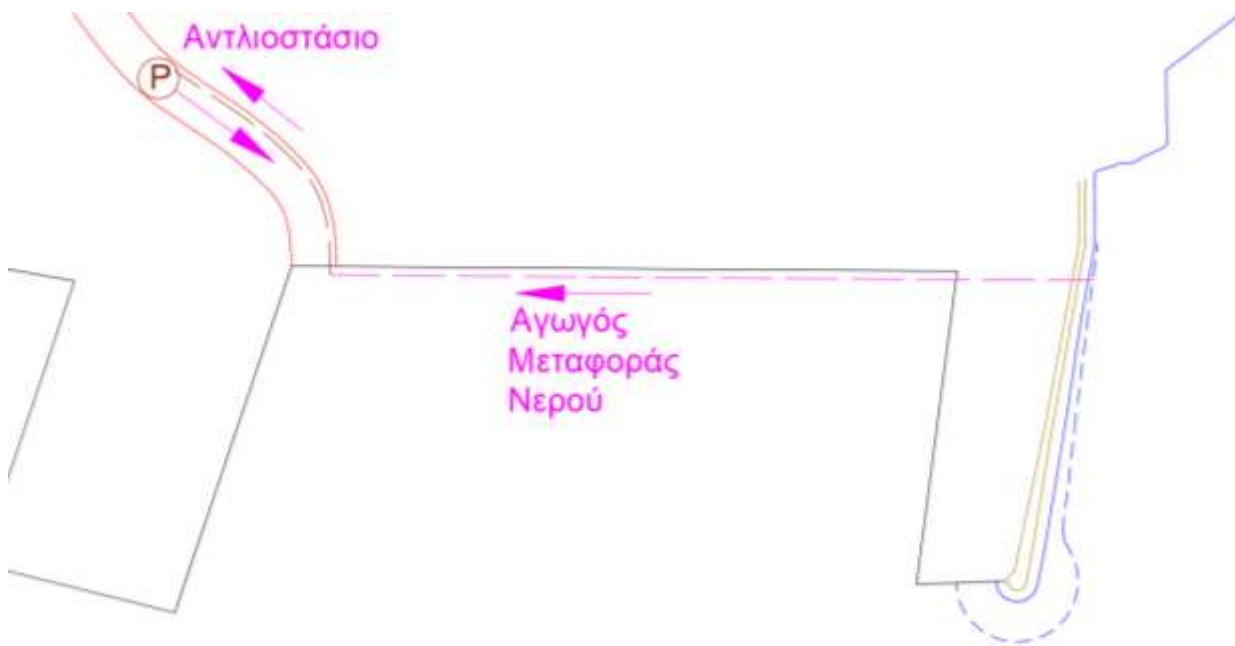
1. Η ροή στην εκβολή του ποταμού εξαρτάται από την πληρότητα του φράγματος. Το φράγμα υπερχειλίζει έξι φορές τα τελευταία 38 χρόνια.
2. Η μέγιστη παροχή που καταγράφηκε στην εκβολή πριν την κατασκευή του φράγματος (1970-1984) ήταν $13 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Η μέγιστη παροχή που καταγράφηκε στο σταθμό Καλαβασού (κατάντη του φράγματος) πριν την κατασκευή του φράγματος ήταν $110 \text{ m}^3/\text{s}$ και μετά την κατασκευή ήταν $32 \text{ m}^3/\text{s}$.
4. Στη μελέτη για την ετοιμασία των χαρτών πλημμύρας οι τιμές παροχής στην εκβολή ήταν
 - 1 στα 20 χρόνια: $128 \text{ m}^3/\text{s}$
 - 1 στα 100 χρόνια: $224 \text{ m}^3/\text{s}$
 - 1 στα 500 χρόνια: $271 \text{ m}^3/\text{s}$

Σε όλες τις περιπτώσεις η μελέτη αυτή παρουσιάζει πλημμυρισμένο μέρος της Τσιμεντοποιίας Βασιλικού και του λιμένα.

5. Η υδραυλική ανάλυση για επέκταση της κοίτης του ποταμού ως ανοικτό ορθογωνικό κανάλι με τοιχώματα από σκυρόδεμα και κοίτη από ογκόλιθους (rip-rap) δείχνει ότι δεν επηρεάζεται η υδραυλική συμπεριφορά του ποταμού.
6. Η στερεομεταφορά από στην εκβολή του ποταμού εκτιμάται να είναι της τάξης των 4-5 χιλιάδων κυβικών μέτρων το χρόνο.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της στερεομεταφοράς προτείνεται όπως γίνεται:

- περιοδικός/ τακτικός καθαρισμός της λιμενολεκάνης και
 - περιστασιακός καθαρισμός μετά από ακραία συμβάντα/ υπάρχει σημαντική απόθεση ιζημάτων.
7. Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει ροή στον ποταμό προτείνεται να υπάρχει υποβοήθηση της εναλλαγής του νερού εντός του καναλιού, πέραν της παλίσροιας (**Εικόνα 7-1**). Προτείνεται η εγκατάσταση αγωγού ανακύκλωσης του νερού ο οποίος μεταφέρει με βαρύτητα νερό από την ανοικτή θάλασσα σε πηγάδι πλησίον του καναλιού σε απόσταση 100 μέτρων από τη λιμενολεκάνη. Από εκεί αντλείται το νερό στο κανάλι προκαλώντας έτσι ροή από το κανάλι προς τη λιμενολεκάνη.



Εικόνα 7-1: Σύστημα για υποβοήθηση της εναλλαγής του νερού εντός του καναλιού
Κάτοψη βόρειου μέρους νέας/ ανατολικής λιμενολεκάνης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΣΥΝΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ HEC-RAS

River Analysis System (HEC-RAS) was developed by the Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers. This software allows the performance of one-dimensional steady flow, unsteady flow calculations.

General Philosophy of the Modeling System

HEC-RAS is an integrated system of software, designed for interactive use in a multi-tasking environment. The system is comprised of a graphical user interface (GUI), separate hydraulic analysis components, data storage and management capabilities, graphics and reporting facilities.

The Steady Flow Water Surface Profiles component of the modeling system is intended for calculating water surface profiles for steady gradually varied flow. The system can handle a full network of channels, a dendritic system, or a single river reach. The steady flow component is capable of modeling subcritical, supercritical, and mixed flow regime water surface profiles.

The basic computational procedure is based on the solution of the one-dimensional energy equation. Energy losses are evaluated by friction (Manning's equation) and contraction/expansion (coefficient multiplied by the change in velocity head). The momentum equation is utilized in situations where the water surface profile is rapidly varied. These situations include mixed flow regime calculations (i.e., hydraulic jumps), hydraulics of bridges, and evaluating profiles at river confluences (stream junctions).

The effects of various obstructions such as bridges, culverts, weirs, and structures in the flood plain may be considered in the computations. The steady flow system is designed for application in flood plain management and flood insurance studies to evaluate floodway encroachments. Also, capabilities are available for assessing the change in water surface profiles due to channel improvements, and levees.

Special features of the steady flow component include: multiple plan analyses; multiple profile computations; multiple bridge and/or culvert opening analysis; and split flow optimization.