



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΘΕΜΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
9^ο ΕΞΑΜΗΝΟ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Εκπόνηση:

Αρβανιτίδης Ηλίας

Γιαννούτσος Ανδρέας

Κουτσοκέρας Επαμεινώνδας

Διδάσκοντες:

Ευστρατιάδης Α., Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Μαμάσης Ν., Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Δήμας Π., Υποψήφιος Διδάκτορας ΕΜΠ

Μωραΐτης Γ., Υποψήφιος Διδάκτορας ΕΜΠ

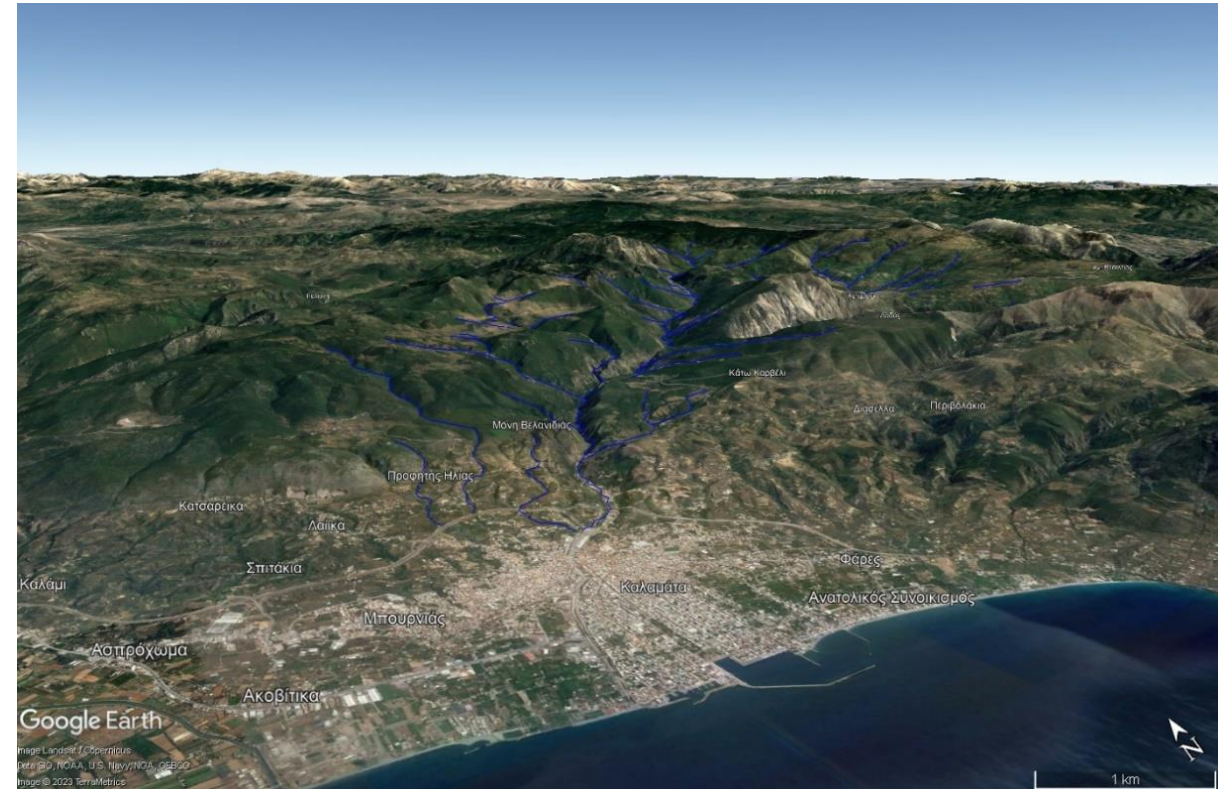
Σχεδιασμός έργων και μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας της Καλαμάτας

Διερεύνηση πλημμυρικού κινδύνου στον ποταμό Νέδοντα

- Υδρολογία ανάντη λεκανών
- Υδραυλική μελέτη διευθετημένης κοίτης

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

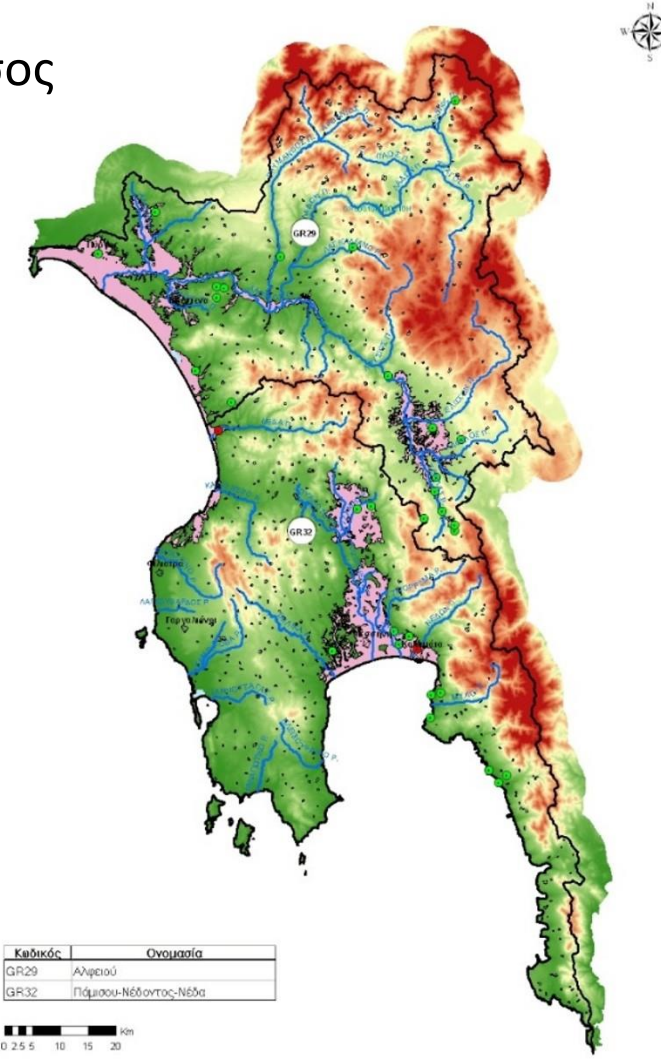
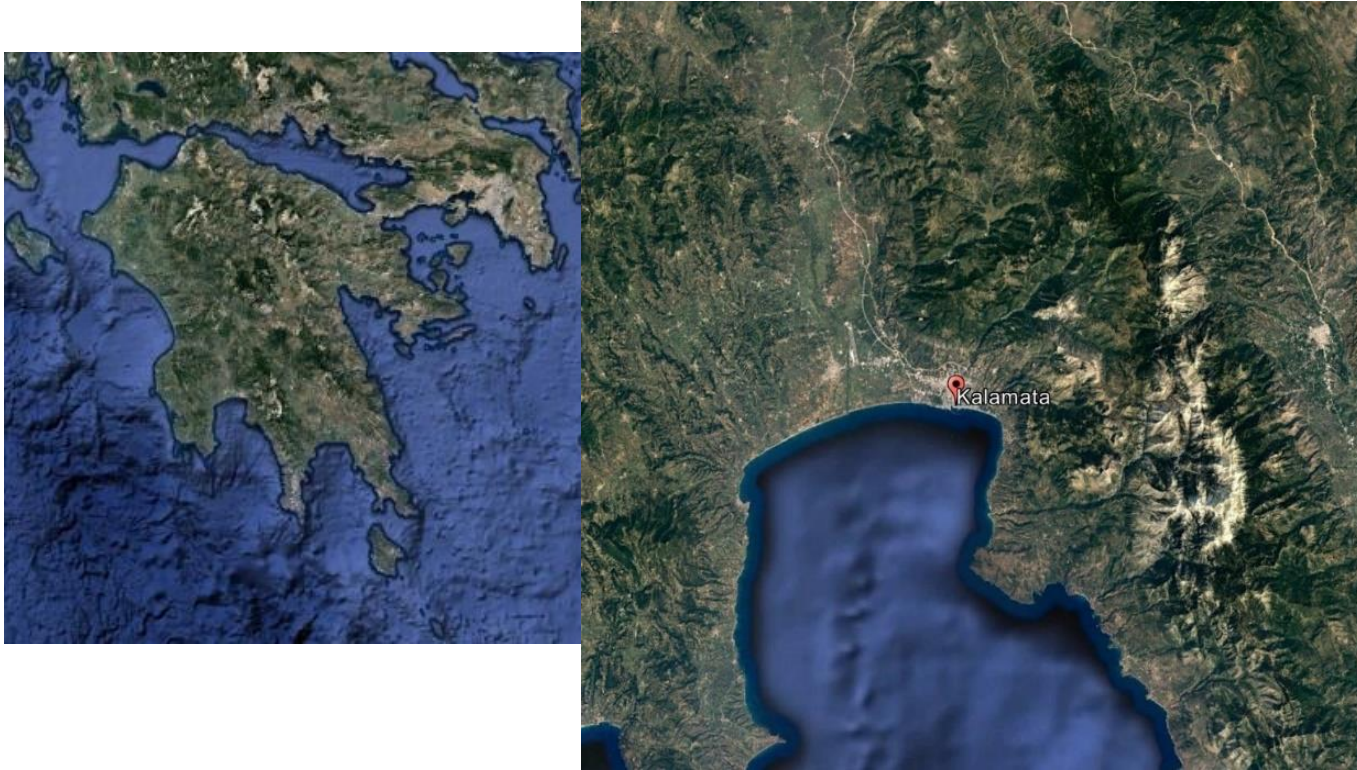
Ασφαλής παροχетеυτικότητα



Χαρακτηριστικές Θέσεις Περιοχή μελέτης

Περιφέρεια Πελοποννήσου
Περιφερειακή Ενότητα Μεσσηνίας
Δήμος Καλαμάτας

1^ο Υδατικό Διαμέρισμα «Δυτική Πελοπόννησος
ΔΙΑΧΕΙΡΣΙΤΚΟ Ε.Γ.Υ.



Χαρακτηριστικές Θέσεις Ιστορικά στοιχεία

- Ιστορικές πλημμύρες: 1862, 1881, 1903, 1924, 1929
- Κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων εκτός πόλης (1920):
 - 135 λιθόδητα φράγματα (αναβαθμοί)
 - 558 ξηρολίθινα φράγματα
- Κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων εντός πόλης:
 - Εκβάθυνση κοίτης (1937)
 - **Κατασκευή καλυμμένου τμήματος μήκους 807 m (1970-1980)**



Διαχρονικά, το πιο προβληματικό τμήμα (έμφραξη λόγω φερτών)
Παροχετεύει μόλις 75 m³/s (Λημναίου κ.α. 2010)

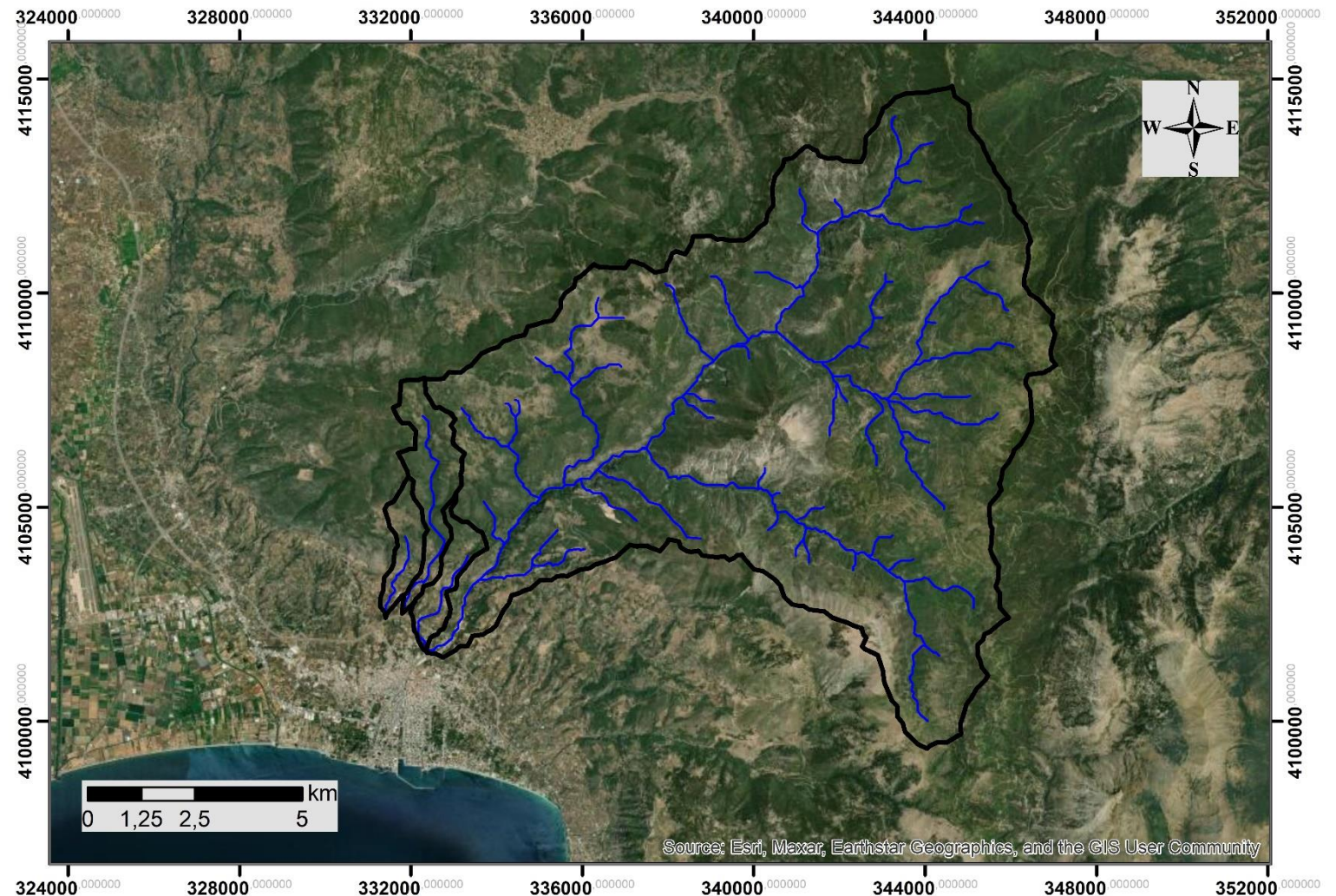


Χαρακτηριστικές Θέσεις Ποταμός Νέδων

Μήκος 25.16 km

Λεκάνη απορροής 124.19 km²

- Διευθετημένη κοίτη από σκυρόδεμα και αρκετά τεχνικά στην Καλαμάτα για 3.20 km
- Εκβολή δίπλα από τη μαρίνα της Καλαμάτας



Χαρακτηριστικές Θέσεις (1) Γέφυρα Σπάρτης



Χαρακτηριστικές Θέσεις (2) Γέφυρα ΟΣΕ



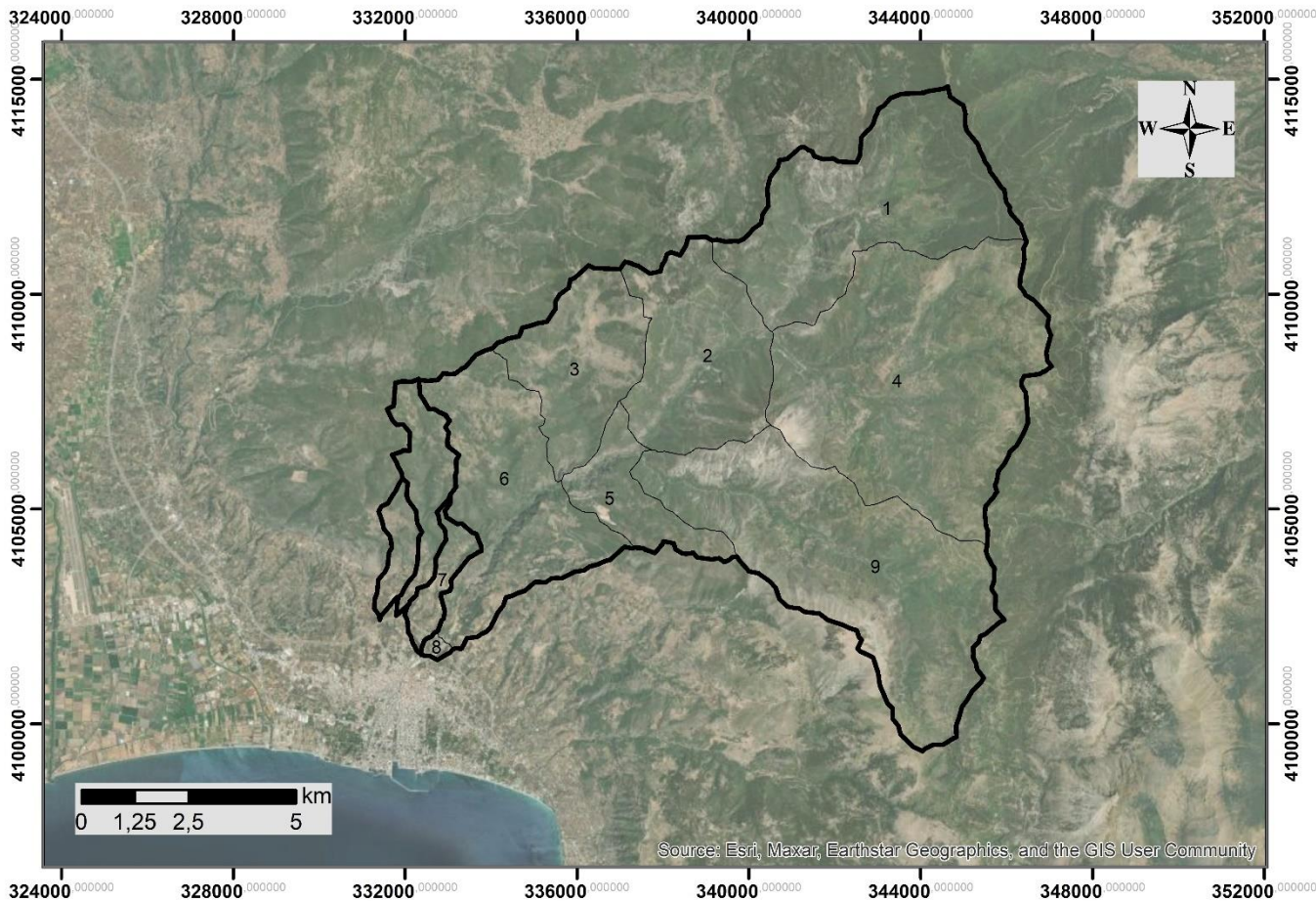
Χαρακτηριστικές Θέσεις (3) Σκεπασμένο τμήμα



Χαρακτηριστικές Θέσεις (4) Εκβολή

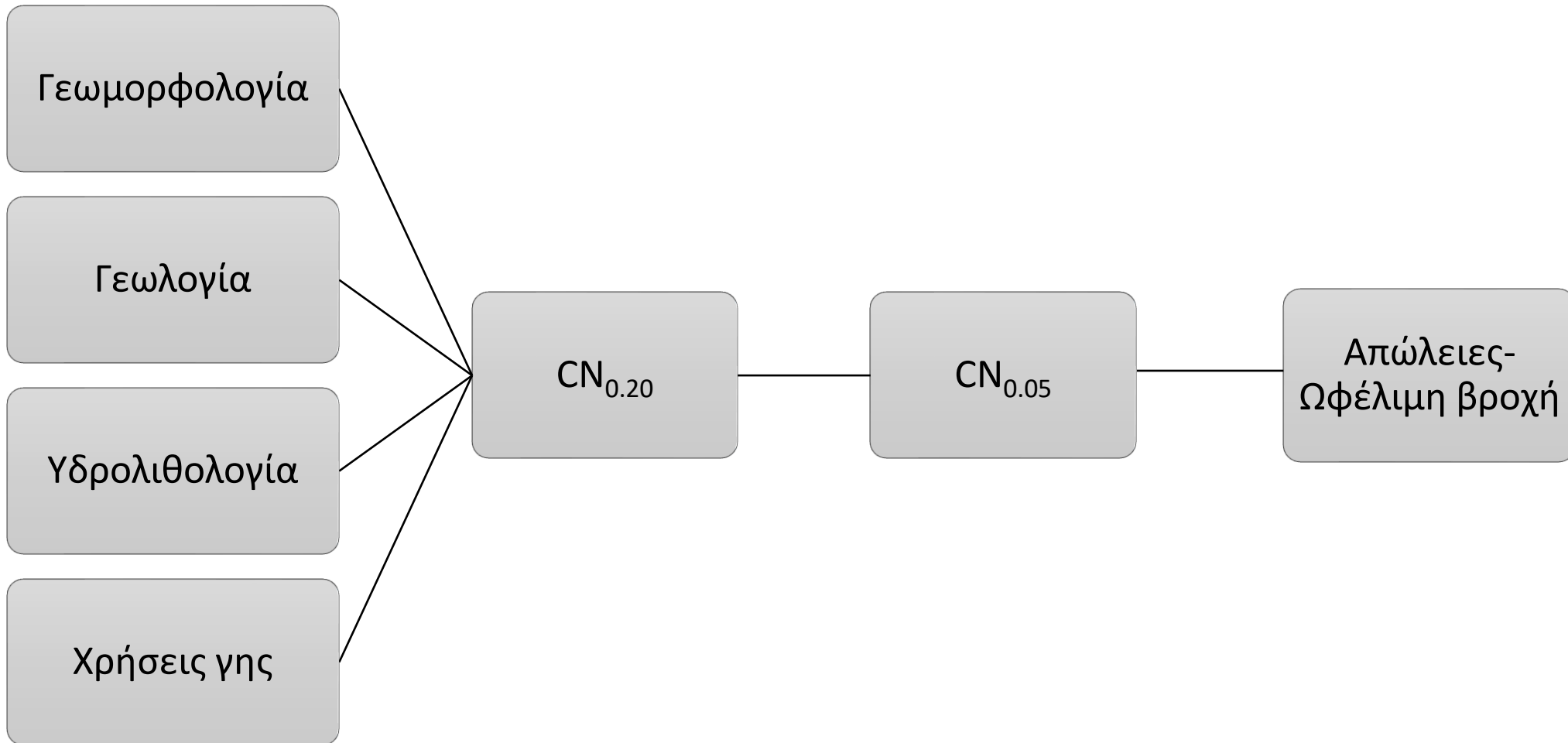


Λεκάνες απορροής

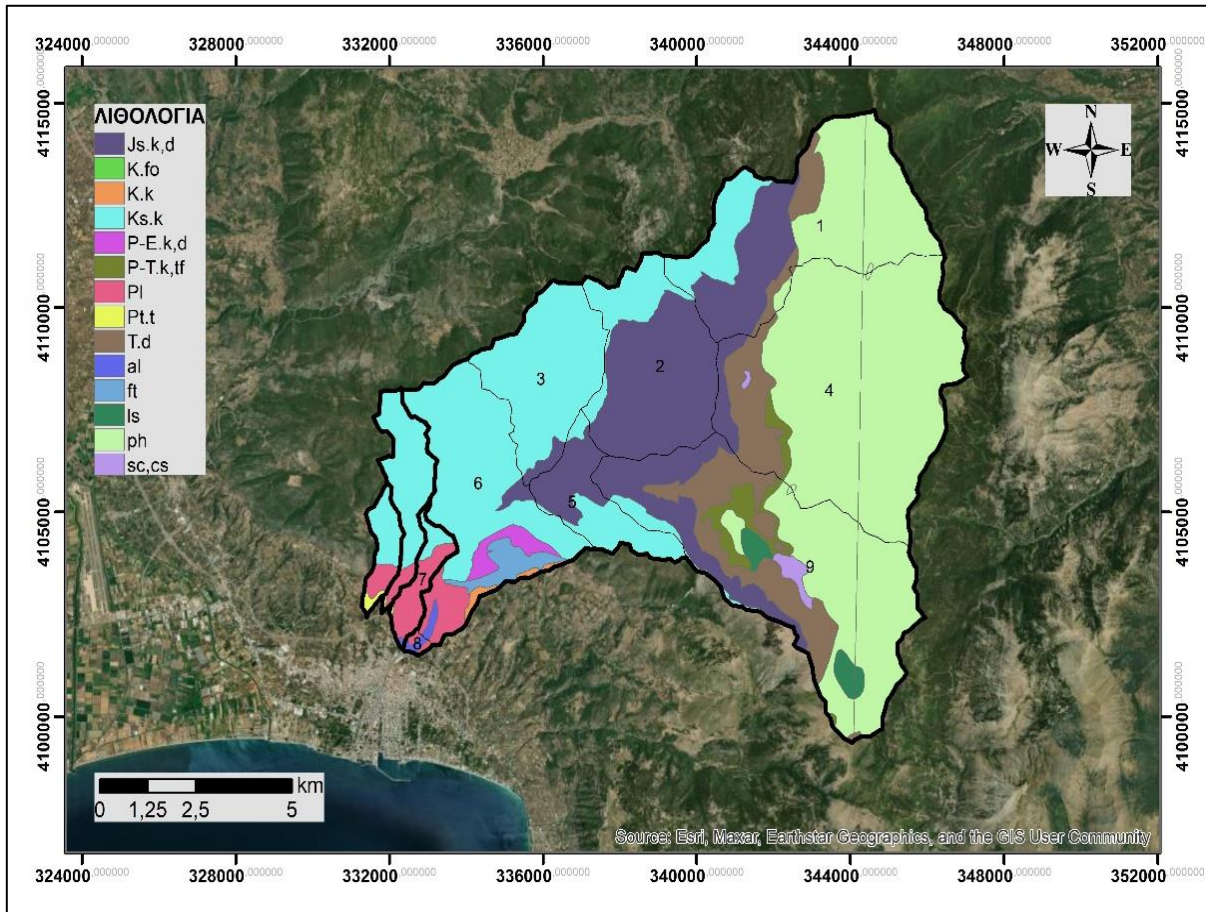


ΛΕΚΑΝΗ	Έκταση (km ²)	Απόσταση εξόδου έως υδροκρίτη (km)	H _{μέση} (m)	H _{εξόδου}
1	19.65	8.65	1017.04	390.97
2	12.86	6.96	756.60	256.99
3	9.68	7.05	844.88	249.50
4	31.39	9.91	978.12	393.58
5	5.08	5.16	601.38	190.00
6	15.28	8.87	520.35	33.50
8	0.28	0.96	49.51	32.64
9	27.04	12.87	933.36	260.00
Καραμπογιάς	2.05	4.76	231.06	32.64
Λαγκάδα	4.09	6.93	654.95	83.38
Ελαφογκρέμης	1.86	3.71	329.76	65.06

Ωφέλιμη Βροχή – ΜΕΘΟΔΟΣ SCS



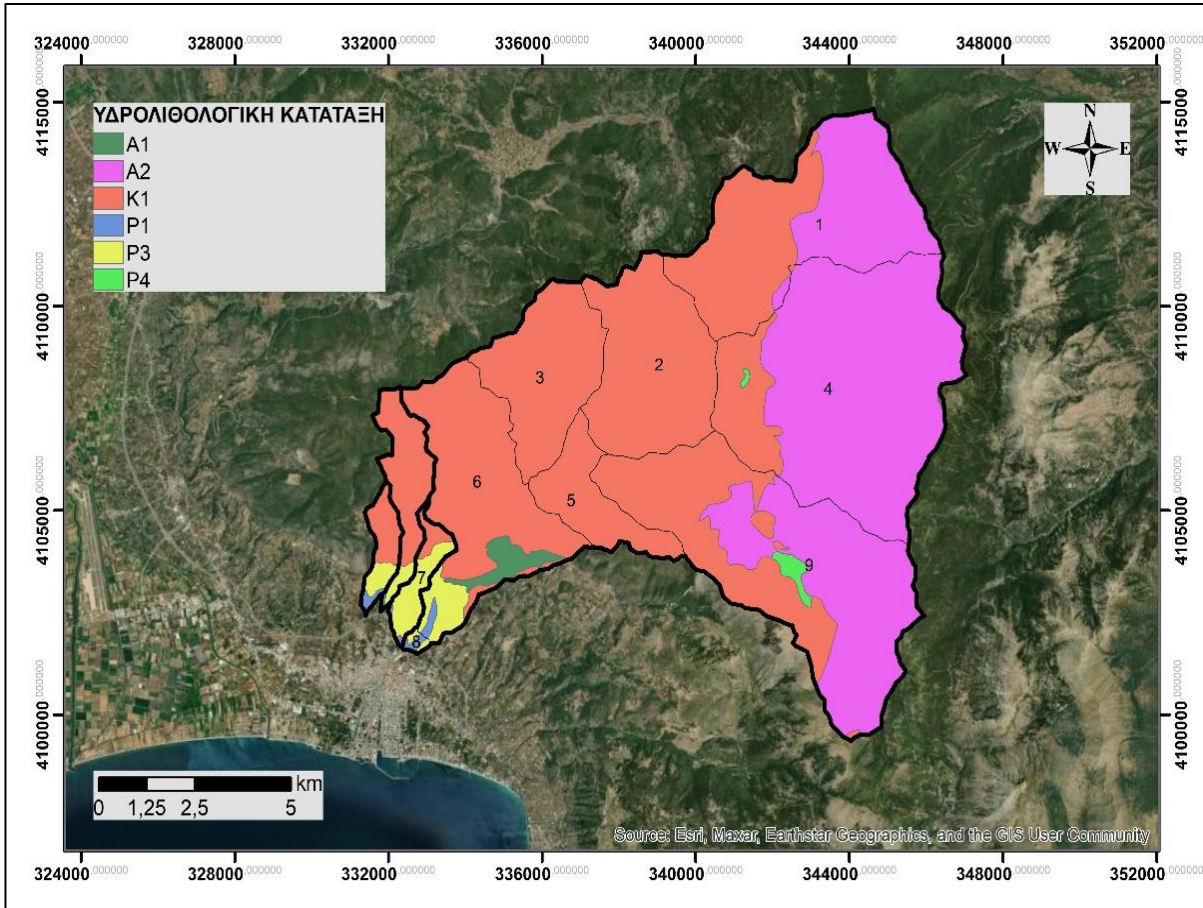
Γεωλογία



ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

- Δυτικά: ασβεστόλιθοι (Ks.k)
- Ανατολικά: σχιστόλιθοι (ph)
- Μεταβατική ζώνη: έντονα κερματισμένοι ασβεστόλιθοι και δολομίτες

Υδρολιθολογία

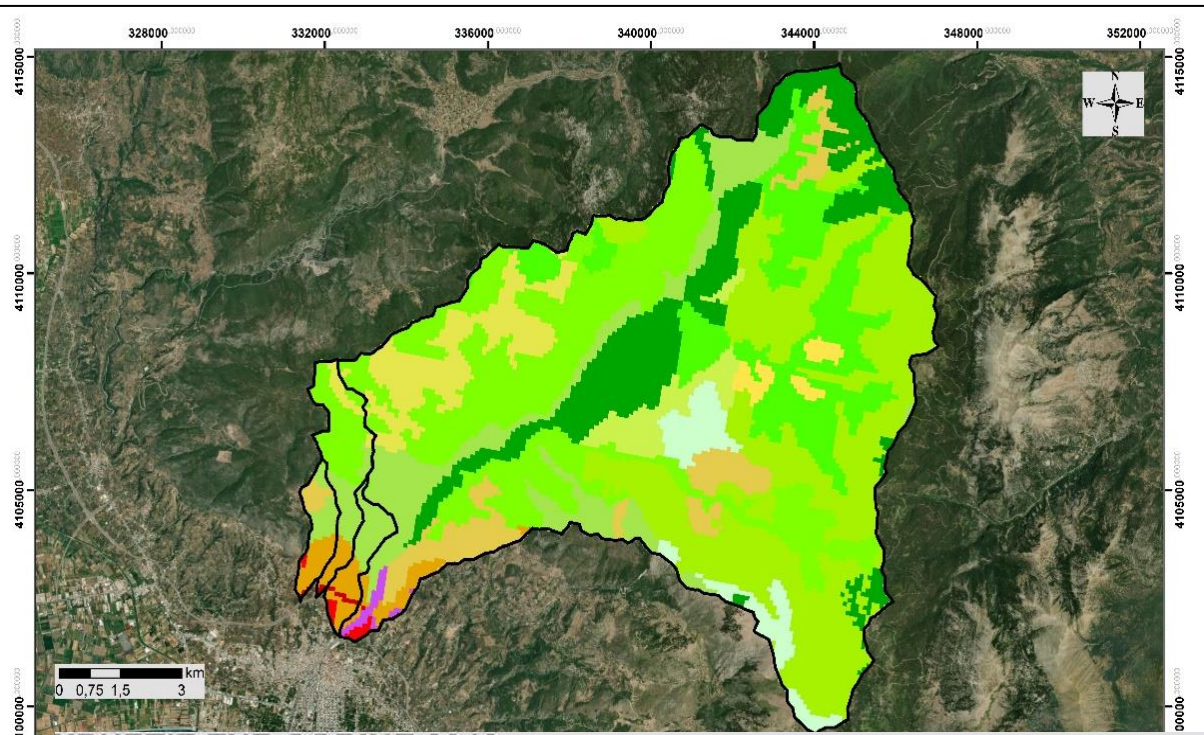


ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

- i. Βραχώδεις σχηματισμοί μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας (K1)
- ii. Βραχώδεις σχηματισμοί μέτριας υδροπερατότητας (K2)
- iii. Βραχώδεις σχηματισμοί πρακτικά αδιαπέρατοι (A1)
- iv. Βραχώδεις σχηματισμοί με επιλεκτική κυκλοφορία νερού (A2)
- v. Υδροπερατοί εδαφικοί σχηματισμοί (P1)
- vi. Συνεκτικοί σχηματισμοί μέτριας περατότητας (P2)

Κατηγορία διηθητικότητας	Ρυθμός διήθησης	Επιφάνεια εδαφικού σχηματισμού (km ²)	Ποσοστό σχηματισμού στην λεκάνη (%)
A	Μεγάλος	31.70	25.50
B	Μέσος	41.34	33.30
C	Μικρός	51.15	41.20

Χρήσεις γης



ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ-CORINE 2018

Discontinuous urban fabric	Complex cultivation patterns	Natural grasslands
Industrial or commercial units	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	Sclerophyllous vegetation
Road and rail networks and associated land	Broad-leaved forest	Transitional woodland-shrub
Olive groves	Coniferous forest	Sparsely vegetated areas
Pastures	Mixed forest	

Ελληνική περιγραφή	Corine Land Cover	CODE 18	SC
αστικές περιοχές με πυκνή δόμηση	Discontinuous urban fabric	112	770
αδιαπέρατες επιφάνειες	Industrial or commercial units	121	100
αδιαπέρατες επιφάνειες	Road and rail networks and associated land	122	100
δενδροκαλλιέργεια	Olive groves	223	500
βοσκοτόπια	Pastures	231	400
σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	Complex cultivation patterns	242	320
καλλιέργειες σιτηρών	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	243	320
πλατύφυλλα	Broad-leaved forest	311	690
κωνοφόρα	Coniferous forest	312	665
δάσος με συγκόμωση 50-80%	Mixed forest	313	665
λιβάδια	Natural grasslands	321	400
σκληρόφυλλη βλάστηση	Sclerophyllous vegetation	323	400
δάση με συγκόμωση 10-50%	Transitional woodland-shrub	324	630
εκτάσεις με αραιή βλάστηση	Sparsely vegetated areas	333	200

Curve Number (CN)

- Τιμές από 0 μέχρι 100
 - 0: μηδενική απορροή
 - 100: μηδενικές απώλειες
- Επηρεάζεται από:
 - συνθήκες εδάφους
 - χρήσης γης στη λεκάνη απορροής
 - προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας.
- Η SCS ορίζει τρεις τύπους προηγούμενων συνθηκών υγρασίας, I, II, και III.

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ:

- Κατηγορία A - Σχηματισμοί υψηλής υδατοπερατότητας
- Κατηγορία B - Σχηματισμοί μέτριας - υψηλής υδατοπερατότητας
- Κατηγορία C - Σχηματισμοί μέτριας - χαμηλής υδατοπερατότητας
- Κατηγορία D - Σχηματισμοί χαμηλής υδατοπερατότητας

ΠΙΝΑΚΕΣ ΓΙΑ $I_a=0.2S$ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ II

Περιγραφή χρήσης γης	Υδρολογική Κατάσταση ⁵	Υδρολογικός τύπος εδάφους			
		A	B	C	D
Γυμνό έδαφος		77	86	91	94
Ευρείες γραμμικές καλλιέργειες σε κεκλιμένο έδαφος ⁶	φτωχή	72	81	88	91
	καλή	67	78	85	89
Ευρείες γραμμικές καλλιέργειες σε βαθμίδες ⁷	φτωχή	66	74	80	82
	καλή	62	71	78	81
Καλλιέργειες σιτηρών σε κεκλιμένο έδαφος	φτωχή	65	76	84	88
	καλή	63	75	83	87

ΕΓΥ

Κωδικός SC	Υποκατηγορία κάλυψης	Υδρολογική Κατάσταση
100	Αδιαπέρατες επιφάνειες	Δεν απαιτείται η εκτίμηση της υδρολογικής κατάστασης (HC= 0)
200	Γυμνό έδαφος	Δεν απαιτείται η εκτίμηση της υδρολογικής κατάστασης (HC= 0)
310	Ευρείες γραμμικές καλλιέργειες	Φτωχή Υδρολογική Κατάσταση HC= 1
320	Καλλιέργειες σιτηρών	Καλή Υδρολογική Κατάσταση HC= 3
330	Πυκνές καλλιέργειες	Καλή Υδρολογική Κατάσταση HC= 3
400	Χορτολιβαδικές εκτάσεις	Μέτρια Υδρολογική Κατάσταση HC= 2

Curve Number (CN)

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ CN ΣΕ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ

- Merge, σε περιβάλλον GIS, της υδρολιθολογικής κατάταξης της περιοχής με τις χρήσεις γης. Εξαγωγή του attribute table σε EXCEL.
- Για δεδομένη χρήση γης σε έδαφος συγκεκριμένου υδρολογικού τύπου είναι γνωστός ο CN_i , βάσει πινάκων, καθώς και η έκταση της χρήσης γης του εκάστοτε υδρολογικού τύπου A_i .

$$CN_{0.20, \text{υπολεκ}} = \frac{\sum CN_i A_i}{A_{\text{tot}, \text{υπολεκ}}}$$

Σύμφωνα με επιστημονικές δημοσιεύσεις που αφορούν υδρολογικές μελέτες στην Ελλάδα, προκύπτει ότι ο συντελεστής λ ($Ia = \lambda S$) είναι της τάξης του 5% (0.05). Σχέση αναγωγής:

$$CN_{0.05} = \frac{CN_{0.20}}{1.42 - 0.0042 CN_{0.20}}$$

ΛΕΚΑΝΗ	CN($\lambda=0.20$)	CN($\lambda=0.05$)	S(0.05) (mm)	Ia=0.05*S (mm)
1	65	57	194.21	9.71
2	40	32	541.02	27.05
3	41	33	519.03	25.95
4	70	62	154.58	7.73
5	41	33	519.03	25.95
6	54	45	307.25	15.36
8	92	89	31.36	1.57
9	68	60	169.73	8.49
Καραμπογιάς	77	70	107.74	5.39
Λαγκάδα	46	37	423.41	21.17
Ελαφογκρέμης	64	56	202.88	10.14

Χρόνος συγκέντρωσης

Υπολογισμός κατά Giandotti: $t_{Gian} = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}}$

ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ



T=5 έτη

- A: η επιφάνεια της λεκάνης απορροής σε km²
- L: το μήκος της κύριας μισγάγκειας σε km
- ΔH: η διαφορά του μέσου υψομέτρου της λεκάνης από το υψόμετρο εξόδου της σε m

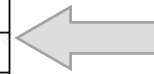


GIS



Αναγωγή
(Ευστρατιάδης και συν. 2012)

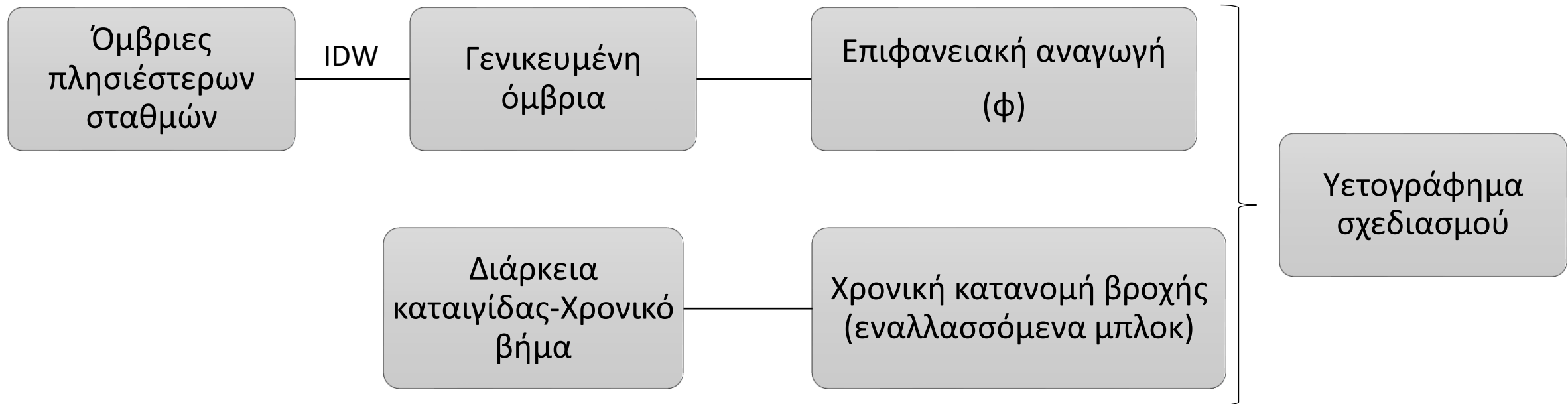
ΛΕΚΑΝΗ	t_{Gian} (hr)	t_c (hr) T=50	t_{lag} (min) T=50	t_c (hr) T=100	t_{lag} (min) T=100
1	1.53	1.21	43	1.13	41
2	1.39	1.09	39	1.02	37
3	1.18	0.93	33	0.87	31
4	1.93	1.52	55	1.42	51
5	1.03	0.81	29	0.76	27
6	1.64	1.29	46	1.21	44
8	1.08	0.85	31	0.80	29
Καραμπογιάς	1.93	1.52	55	1.43	51
Λαγκάδα	1.14	0.90	32	0.84	30
Ελαφογκρέμης	0.97	0.76	27	0.71	26



$$t_c = t_{Gian} \sqrt{\frac{i(T=5)}{i(T)}}$$

$$t_{lag} = 0.6t_c$$

Βροχόπτωση σχεδιασμού



Υδρολογική μελέτη

Μέρος 4^ο

Όμβριες καμπύλες (1)

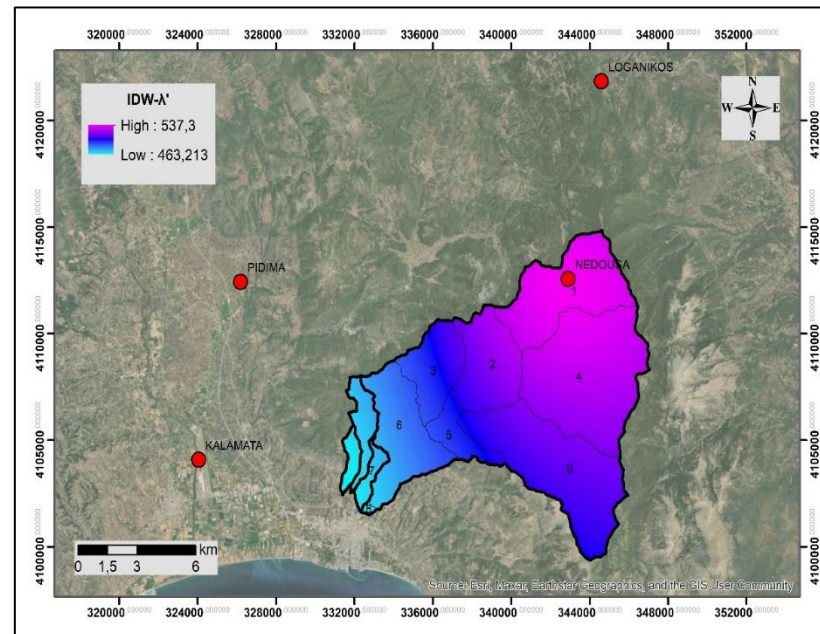
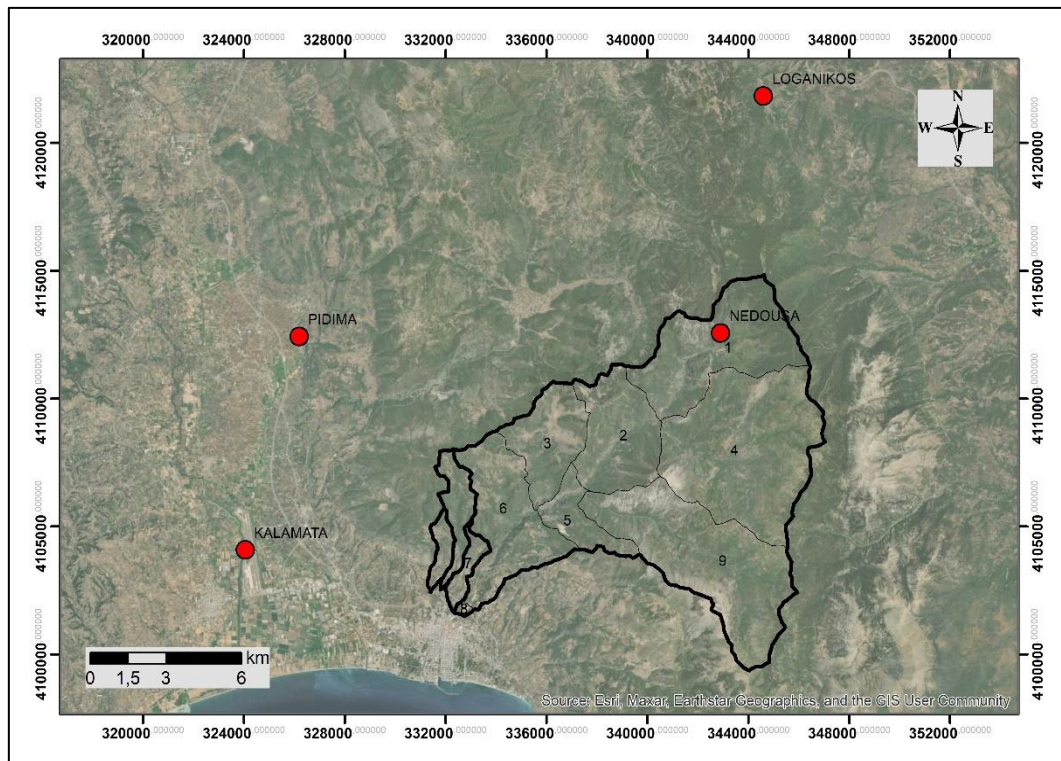
ΕΓΥ:
$$i(d,T) = \frac{\lambda'(T^k + \psi')}{(1+d/\theta)^\eta}, \quad k \neq 0$$

Σταθμός	X	Y	Z	κ	λ'	ψ'	θ	η
Καλαμάτα	324,055.80	4,104,082.20	6.3	0.113	436.7	0.682	0.089	0.724
Νέδουσα	342,906.00	4,112,566.00	730.0	0.113	537.3	0.500	0.089	0.724
Πήδημα	326,197.31	4,112,429.75	36.3	0.113	473.2	0.687	0.089	0.724
Λογκανίκος	344,600.19	4,121,834.50	738.4	0.113	509.4	0.704	0.089	0.724

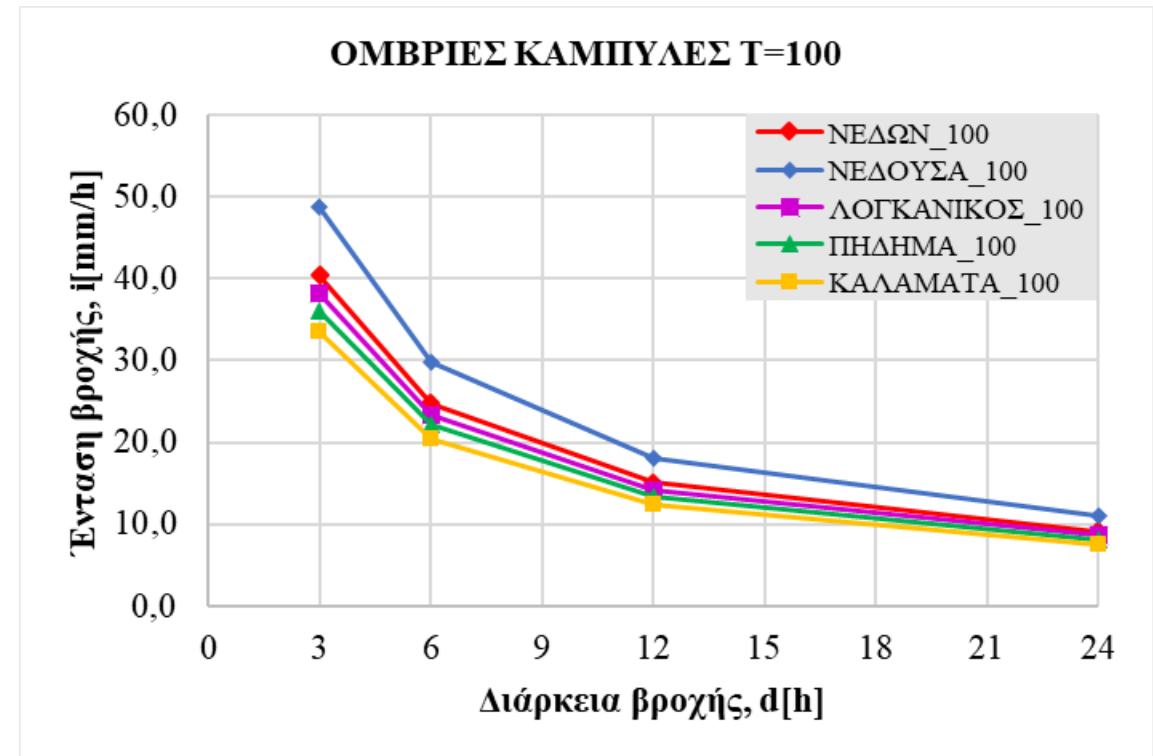
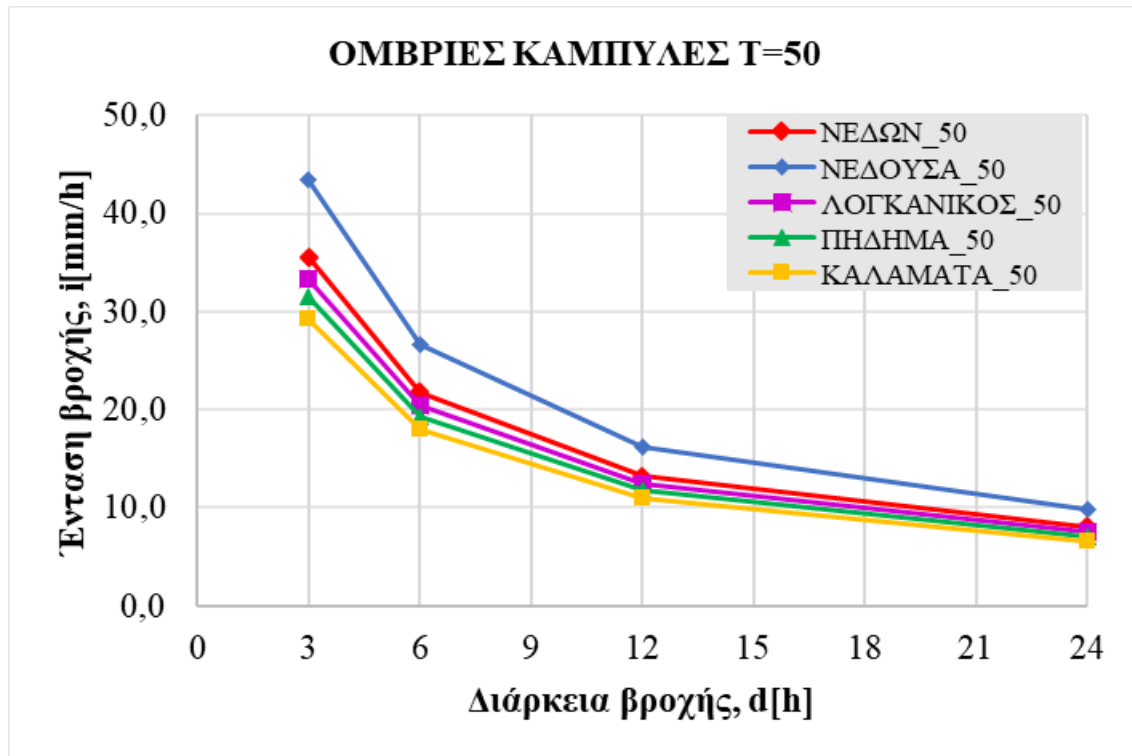
Γενίκευση σε όλη τη λεκάνη

Χωρική παρεμβολή (IDW, THIESSEN)

λ'	ψ'
495.3	0.619



Όμβριες καμπύλες (2)

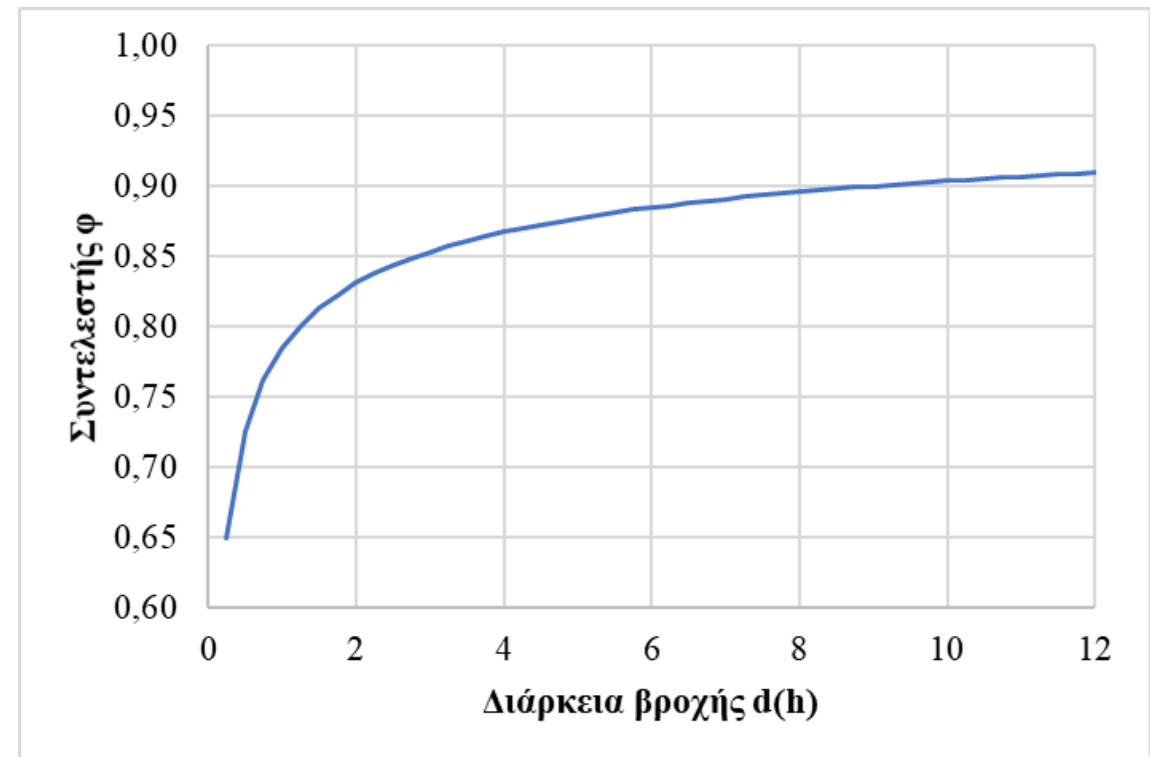


Όμβριες καμπύλες (3)

Επιφανειακή αναγωγή των σημειακών τιμών βροχής της όμβριας.

Η σχέση υπολογισμού του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής που προτείνεται και στο ΣΔΚΠ είναι η ακόλουθη (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 1999):

$$\phi = \max \left(1 - \frac{0.048A^{0.36} - 0.01 \ln A}{d^{0.35}} ; 0.25 \right)$$



Υδρολογική μελέτη

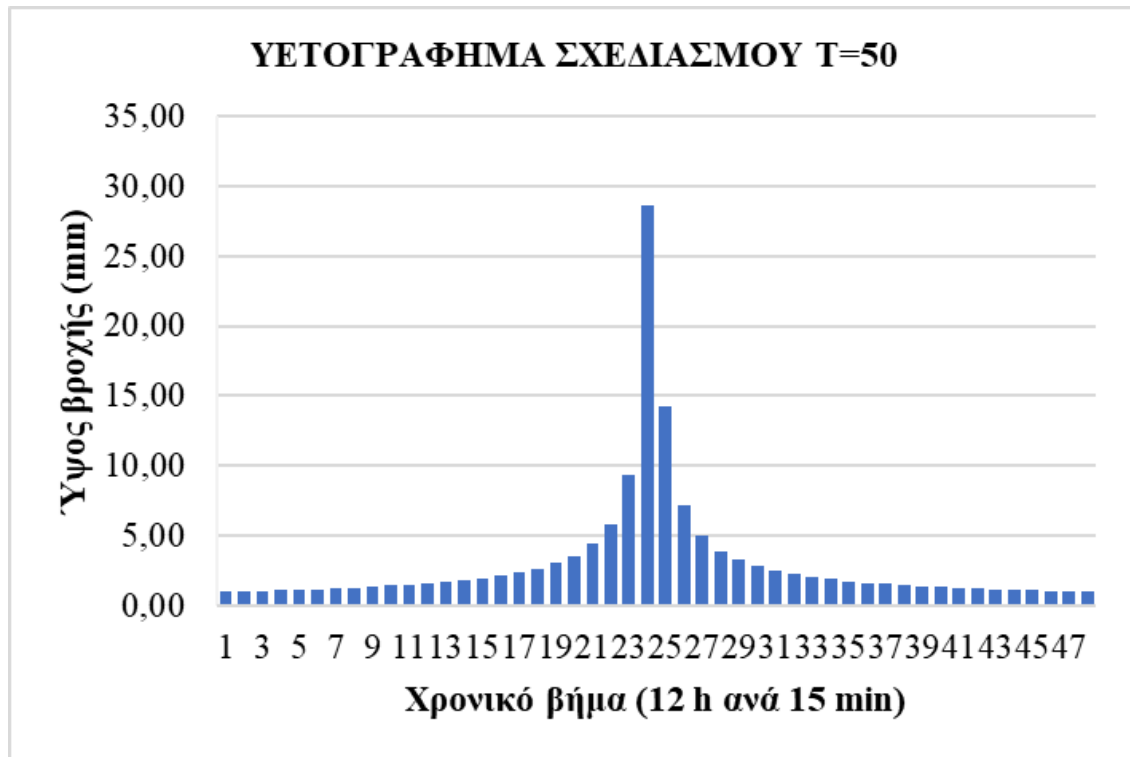
Μέρος 4^ο

Βροχή σχεδιασμού

Καταιγίδα: 12 h (ΣΔΚΠ)

Χρονικό βήμα: 15 min (Δt_c)

Εναλλασσόμενα block (αιχμή στο μέσον)



Υδρολογική μελέτη

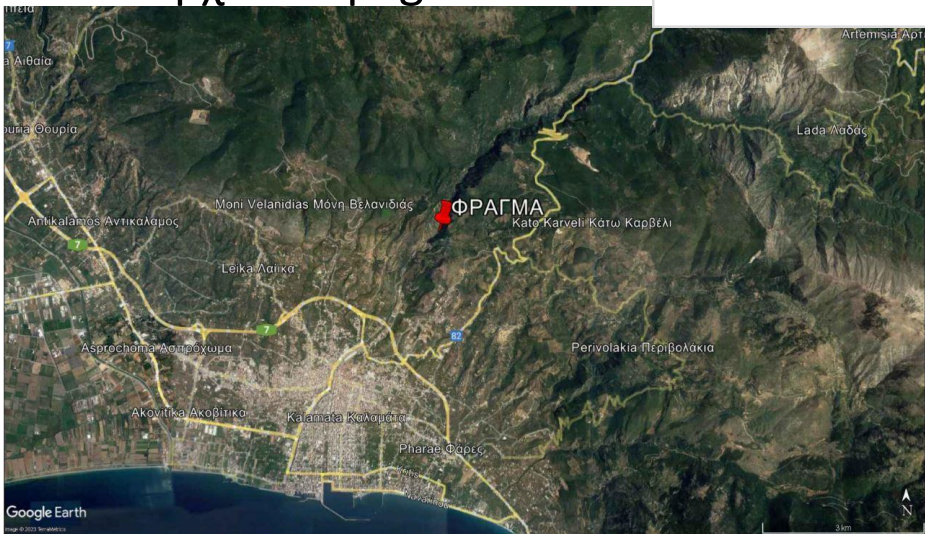
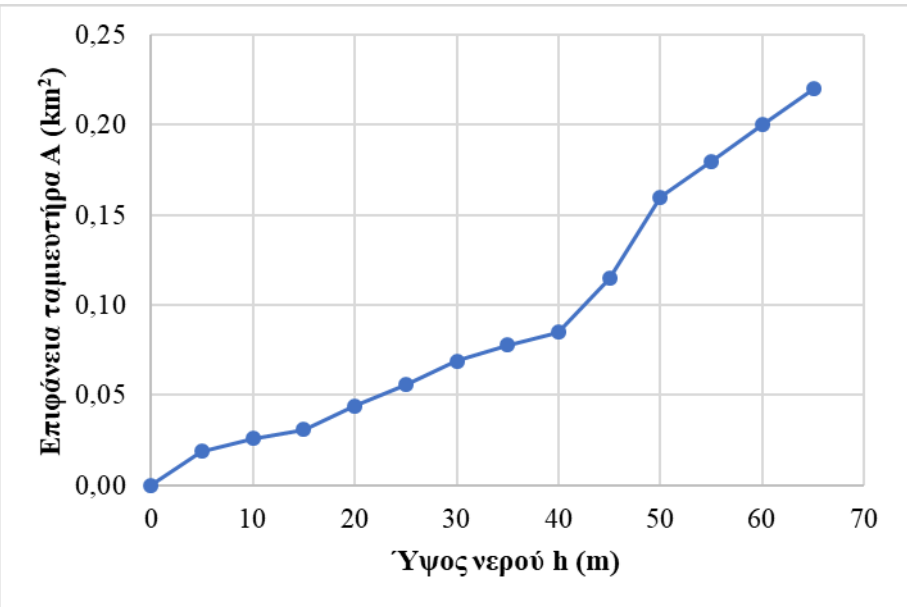
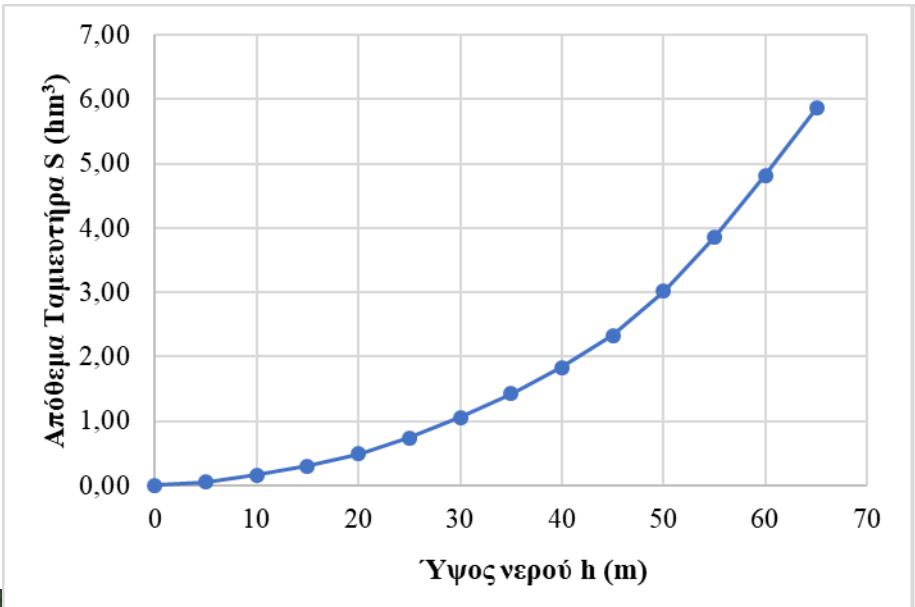
Μέρος 5^ο

Σενάρια

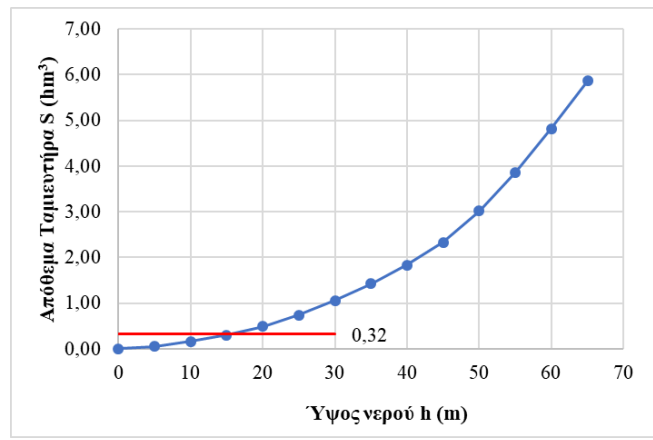
- Υφιστάμενο (50 έτη)
- Φράγμα (50 έτη)
- Φράγμα (100 έτη)

ΦΡΑΓΜΑ (+120 m)

- RCC
- 25 m
- Υπερχείλιση ogee

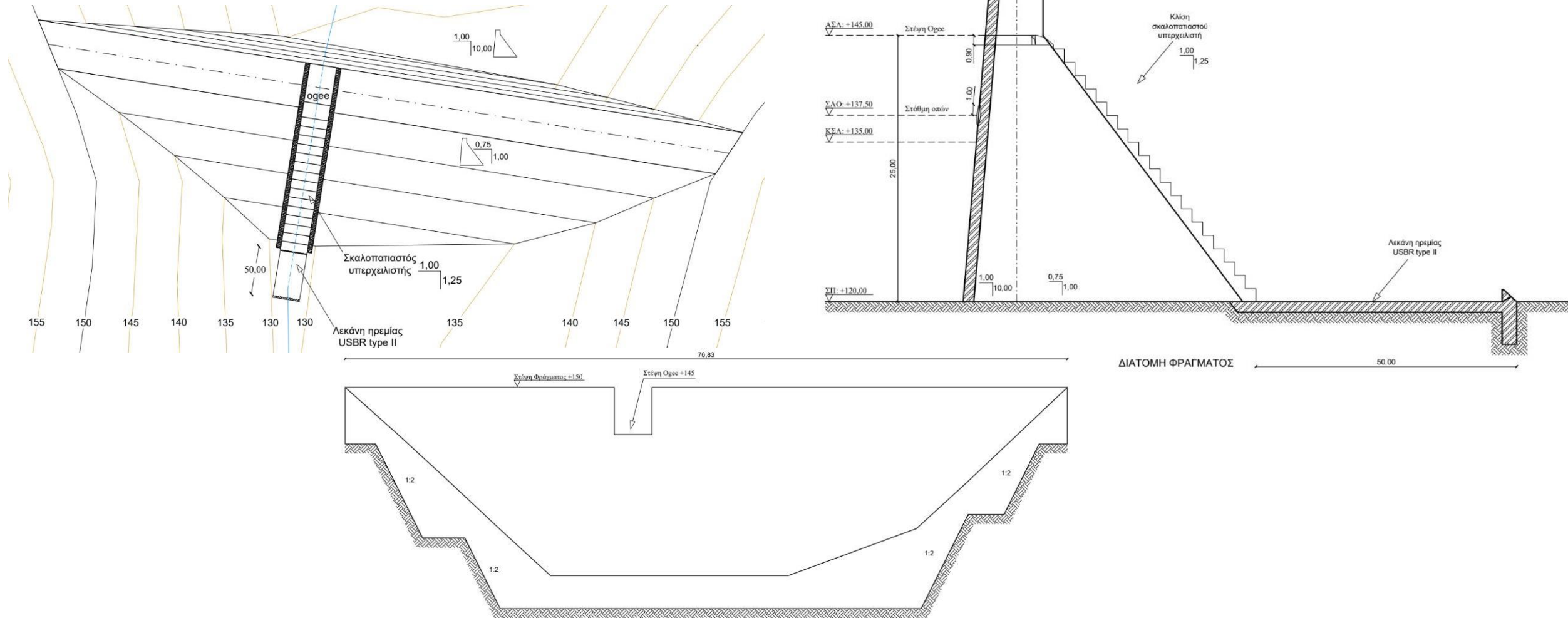


Στερεομεταφορά κατά Gavrilovic: όγκος φερτών 0.32 hm³

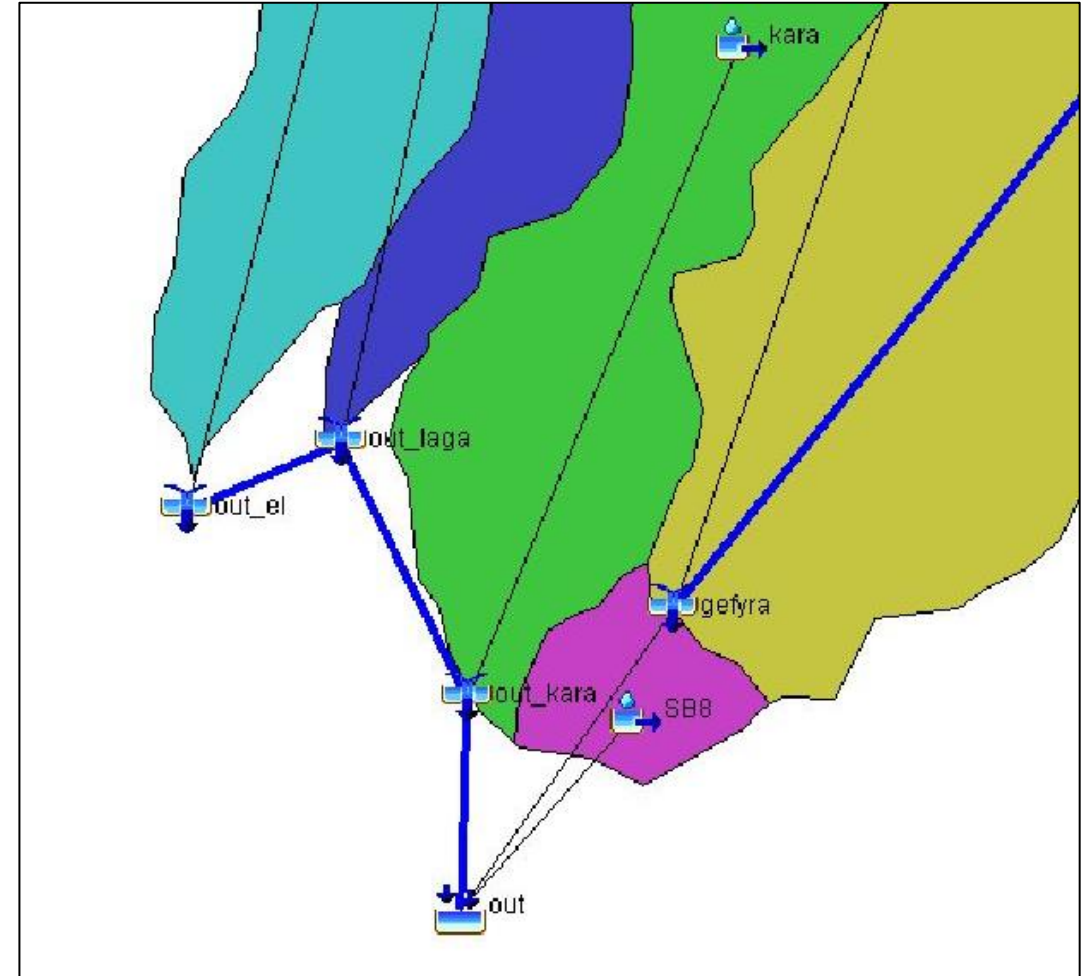
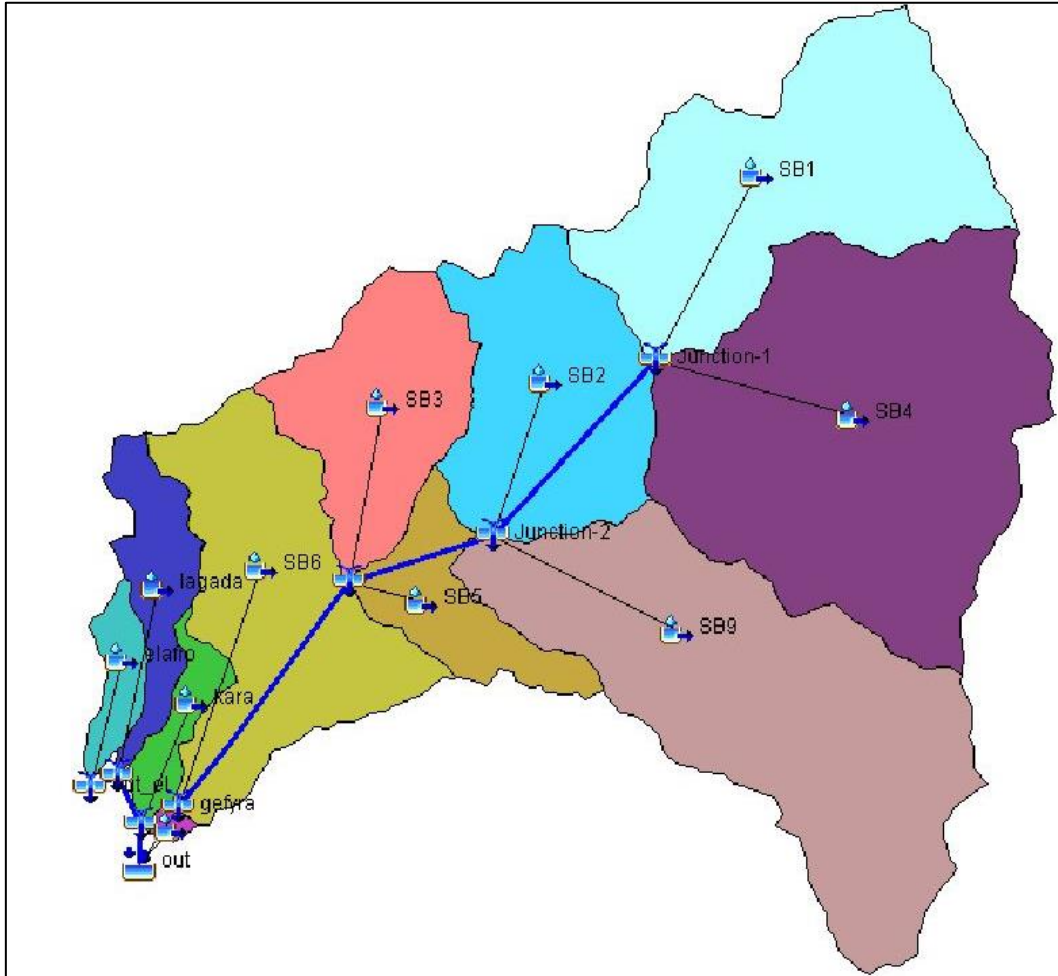


ΚΣΛ: +135 m

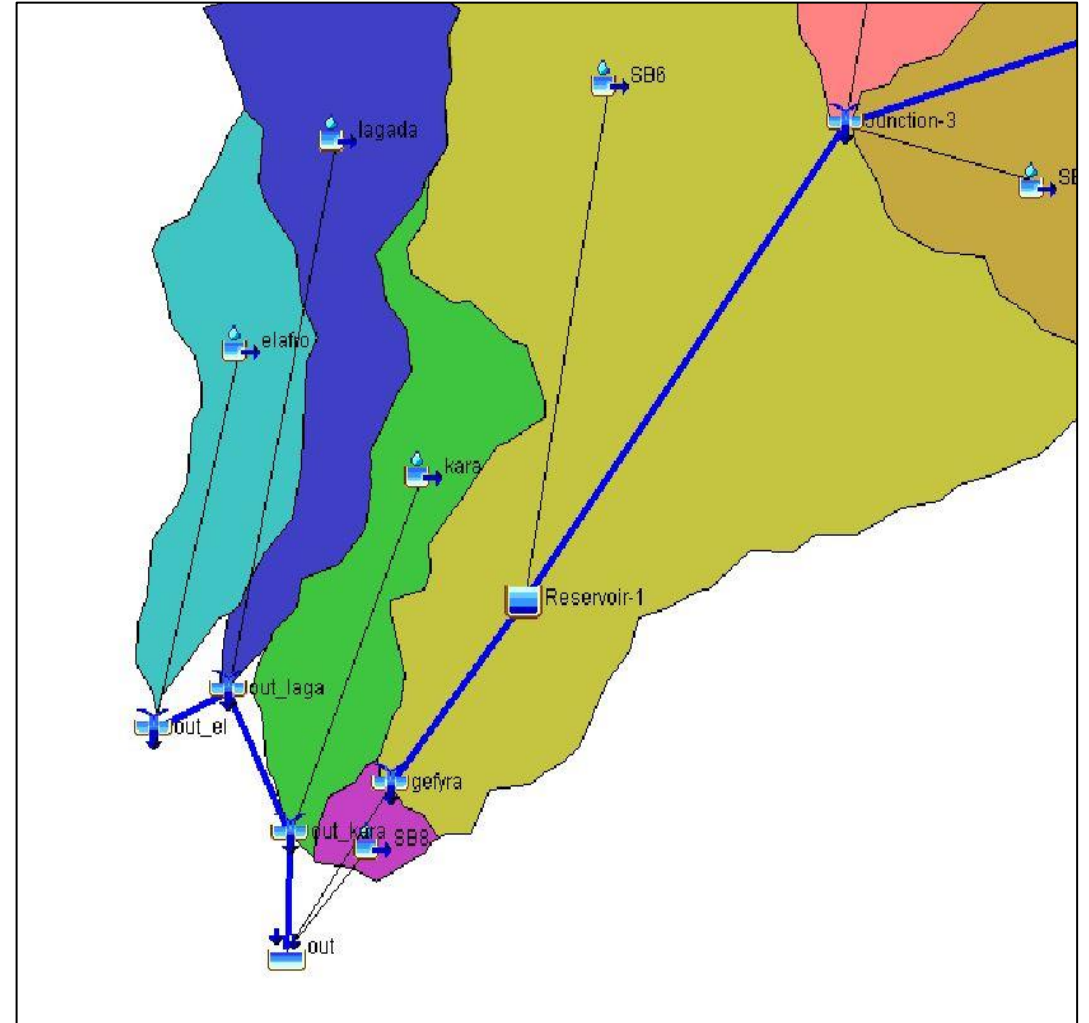
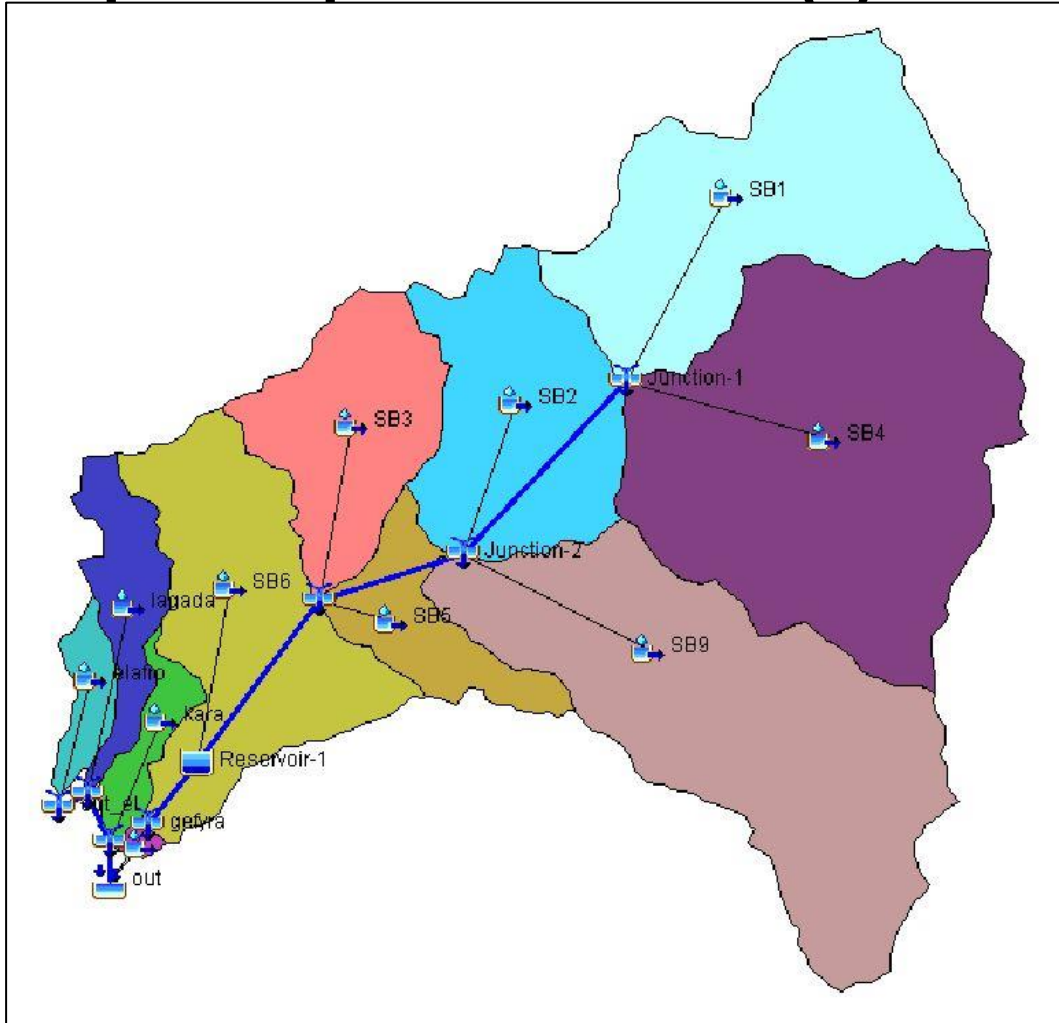
ΣΧΕΔΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ



Προσομοίωση στο HEC-HMS (1)



Προσομοίωση στο HEC-HMS (2)



Προσομοίωση στο HEC-HMS (3)

- + Basin Models
- + Meteorologic Models
- + Control Specifications
- + Time-Series Data

- + Basin Models
- + Meteorologic Models
- + Control Specifications
- + Time-Series Data
- Paired Data
- + Elevation-Storage Functions

Components Compute Results

Subbasin Loss Transform Options

Basin Name: basins
Element Name: SB1

Description:

Downstream: Junction-1

*Area (KM2) 19,65

Latitude Degrees:

Longitude Degrees:

Discretization Method: --None--

Canopy Method: --None--

Surface Method: --None--

Loss Method: SCS Curve Number

Transform Method: SCS Unit Hydrograph

Baseflow Method: --None--

Components Compute Results

Subbasin Loss Transform Options

Basin Name: basins
Element Name: SB1

Initial Abstraction (MM) 9,71

*Curve Number: 57

*Impervious (%) 0,0

Components Compute Results

Subbasin Loss Transform Options

Basin Name: basins
Element Name: SB1

Graph Type: Standard (PRF 484)

*Lag Time (MIN) 45

Basin Models

- basins
 - SB4
 - SB1
 - Junction-1
 - Reach-1
 - SB9
 - SB2
 - Junction-2
 - Reach-2
 - SB3
 - SB5
 - Junction-3
 - Reach-7
 - SB6
 - Reach-3
 - gefyra
 - lagada
 - elafro
 - out_el
 - Reach-4
 - out_laga
 - Reach-5
 - kara
 - out_kara
 - Reach-6
 - SB8
 - out

Basin Models

- basins
 - SB4
 - SB1
 - Junction-1
 - Reach-1
 - SB9
 - SB2
 - Junction-2
 - Reach-2
 - SB3
 - SB5
 - Junction-3
 - Reach-7
 - SB6
 - Reservoir-1
 - Reach-3
 - gefyra
 - lagada
 - elafro
 - out_el
 - Reach-4
 - out_laga
 - Reach-5
 - kara
 - out_kara
 - Reach-6
 - SB8
 - out

Προσομοίωση στο HEC-HMS (4)

Components Compute Results

Reach Routing Options

Basin Name: basins
Element Name: Reach-1

Description:

Downstream: Junction-2

Routing Method: Lag

Loss/Gain Method: --None--

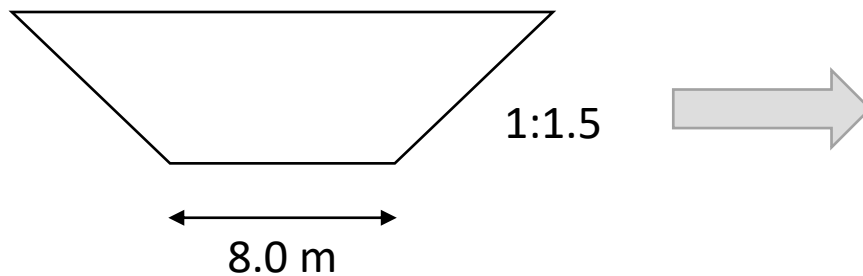
Components Compute Results

Reach Routing Options

Basin Name: basins
Element Name: Reach-1

Initial Type: Discharge = Inflow

*Lag (MIN) 20



- Υπολογισμός γο από Manning (Q , κλίση, n : γνωστά)
- Υπολογισμός υγρής διατομής A
- Υπολογισμός ταχύτητας $V=Q/A$
- Υπολογισμός χρόνου διόδευσης (γνωστό το μήκος)

Προσομοίωση στο HEC-HMS (5)



Components Compute Results

Reservoir Options

Basin Name: basins
Element Name: Reservoir-1

Description:

Downstream: Reach-3

Method: Outflow Structures

Storage Method: Elevation-Storage

*Elev-Stor Function: NEW

Initial Condition: Elevation

*Initial Elevation (M) 145

Main Tailwater: Assume None

Auxiliary: --None--

Time Step Method: Automatic Adaption

Outlets: 3

Spillways: 1

Dam Tops: 0

Pumps: 0

Dam Break: No

Dam Seepage: No

Release: No

Evaporation: No

Components Compute Results

Reservoir Outlet 1 Options

Basin Name: basins
Element Name: Reservoir-1

Method: Orifice Outlet

Direction: Main

Number Barrels: 1

*Center Elevation (M) 137,5

*Area (M2) 3,14

*Coefficient: 0,8

Components Compute Results

Reservoir Spillway 1 Options

Basin Name: basins
Element Name: Reservoir-1

Method: Broad-Crested Spillway

Direction: Main

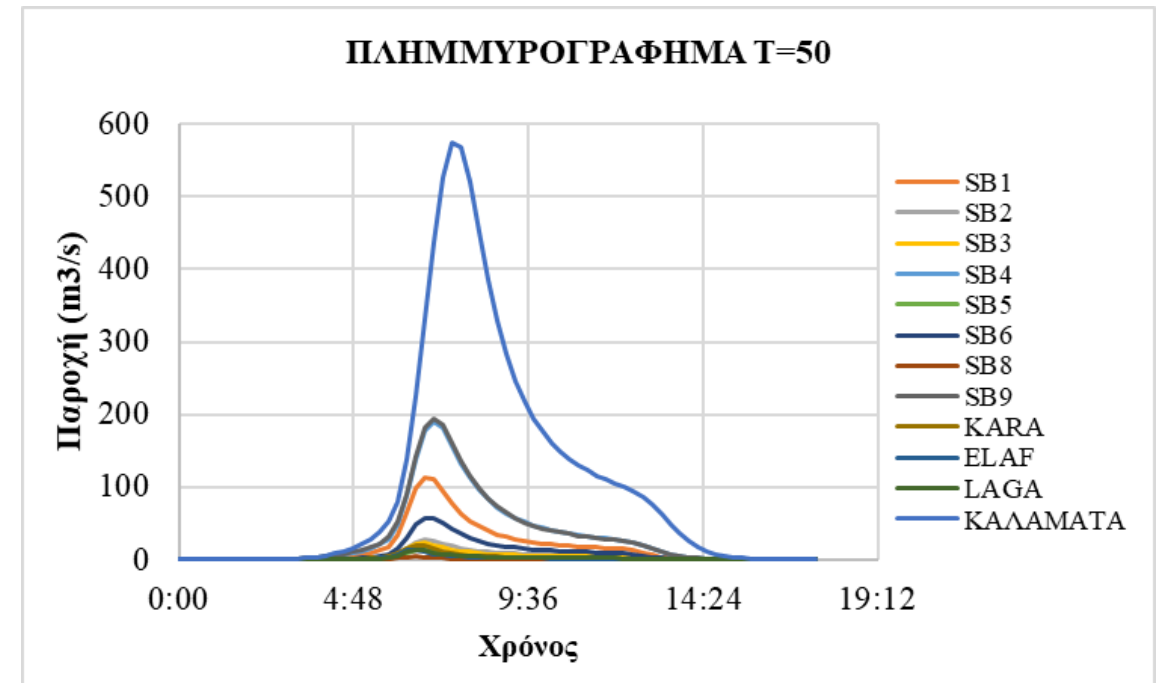
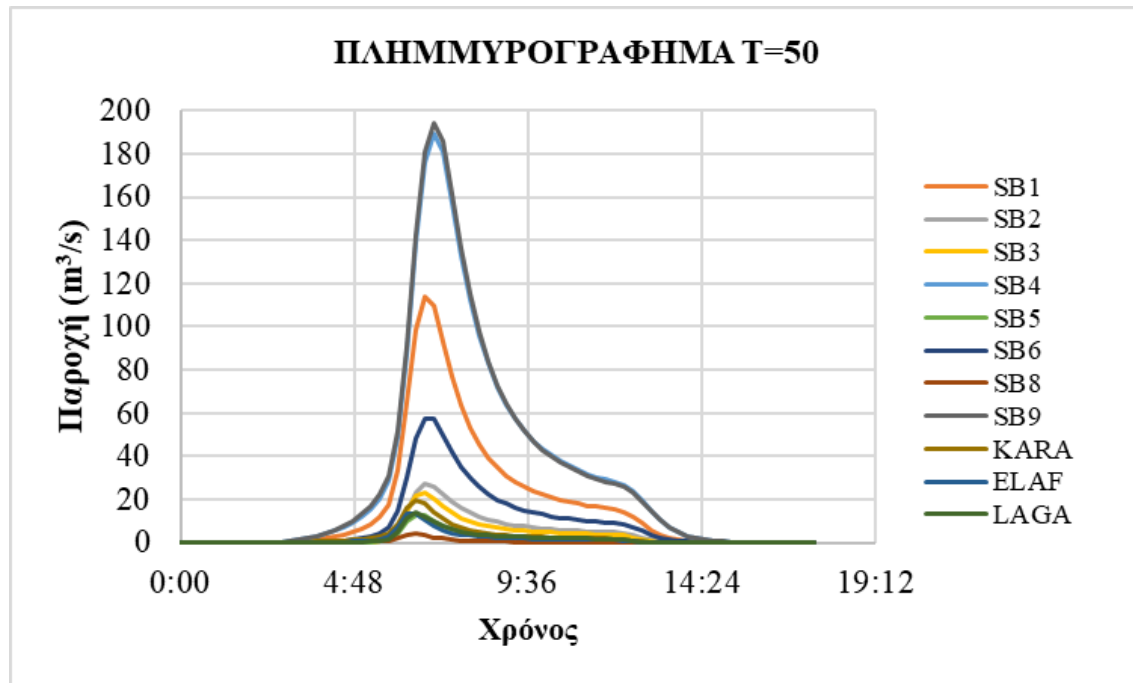
*Elevation (M) 145

*Length (M) 7

*Coefficient (M^{0.5}/S) 2

Gates: 0

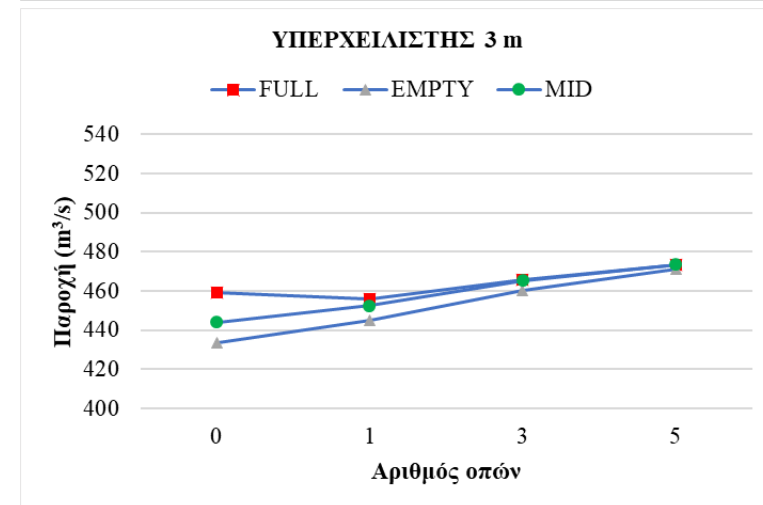
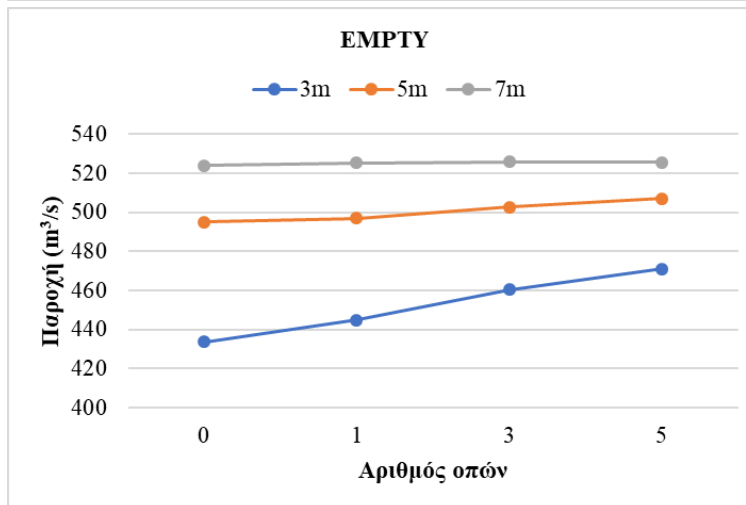
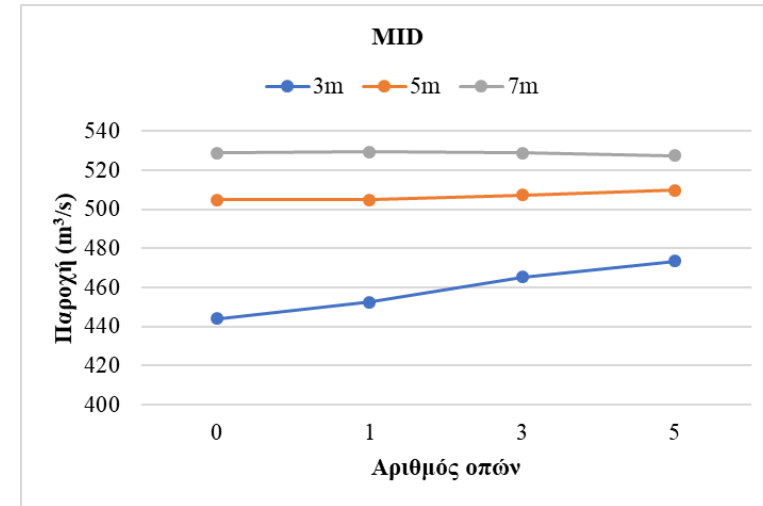
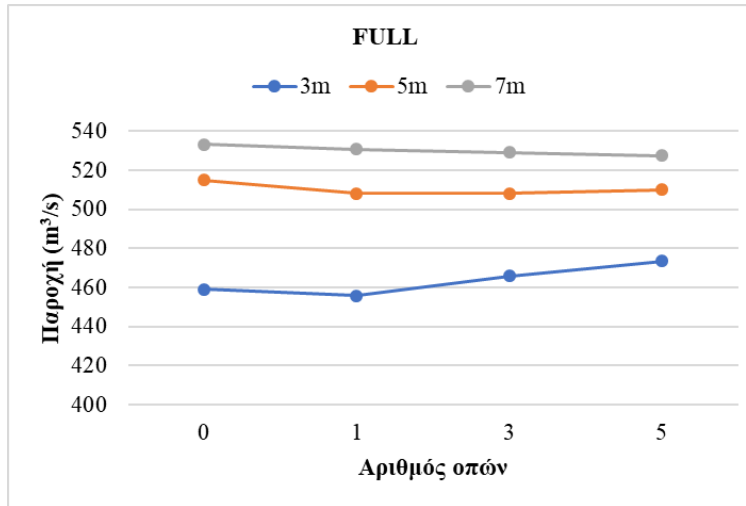
Αποτελέσματα υδρολογικής ανάλυσης T=50 (ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ)



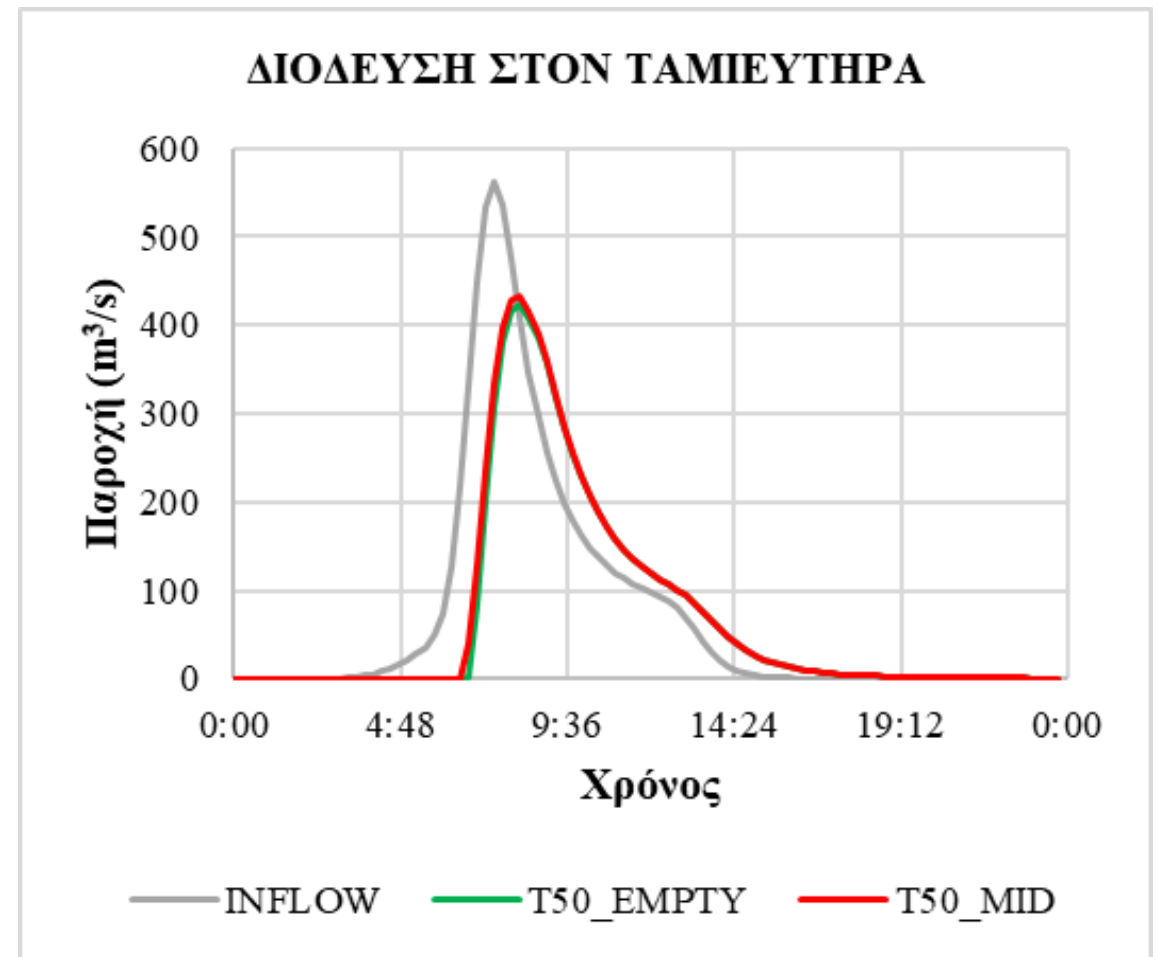
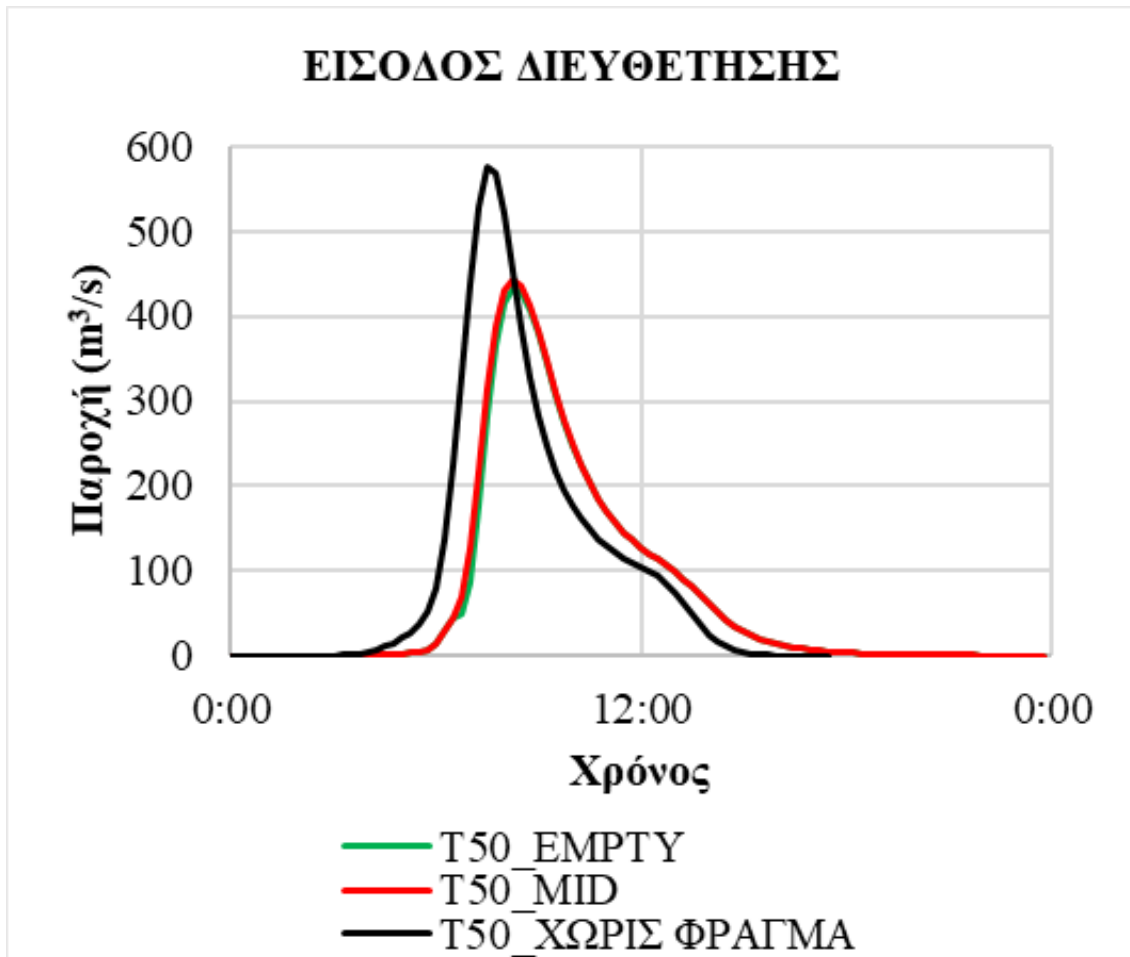
Q=574.8 m³/s

Αποτελέσματα υδρολογικής ανάλυσης T=50 (1)

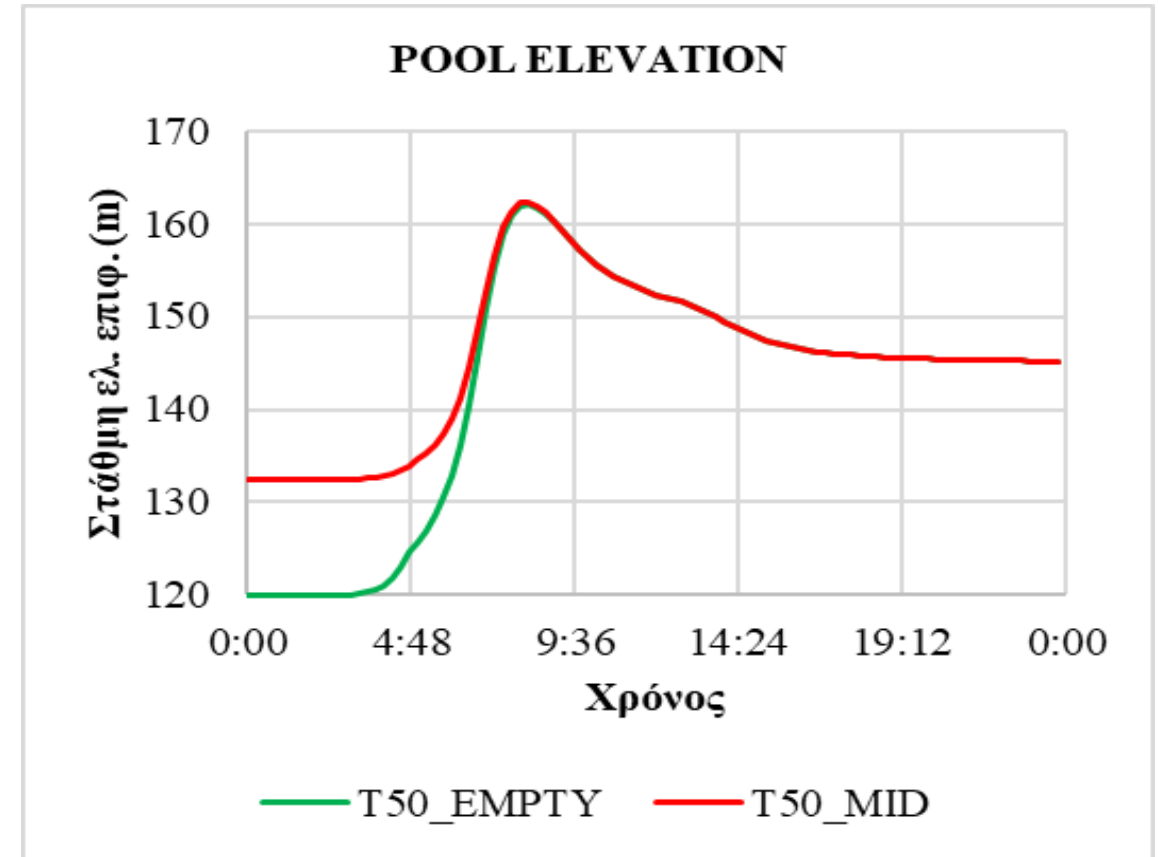
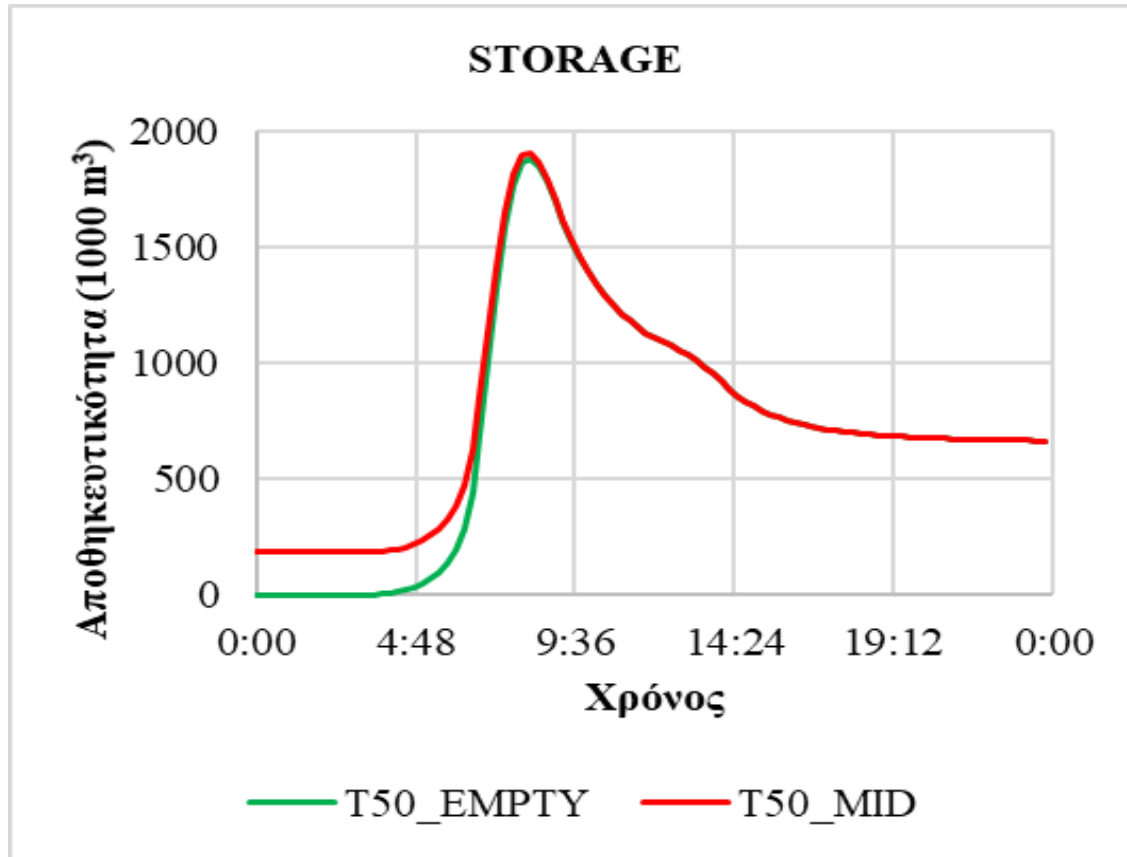
Πλάτος υπερχειλιστή i (m)	Σενάριο (T=50)			
	αριθμός οπών εκκένωσης j			
	0	1	3	5
	FULL RES			
3	459.0	455.8	465.9	473.5
5	515.0	508.0	508.0	509.9
7	533.2	530.8	529.2	527.6
	MID RES			
3	443.9	452.4	465.2	473.4
5	504.7	504.9	507.4	509.8
7	528.8	529.3	528.8	527.5
	EMPTY RES			
3	433.6	444.7	460.2	470.9
5	495.1	497.0	502.6	506.9
7	523.8	525.2	525.8	525.6



Αποτελέσματα υδρολογικής ανάλυσης T=50 (2)

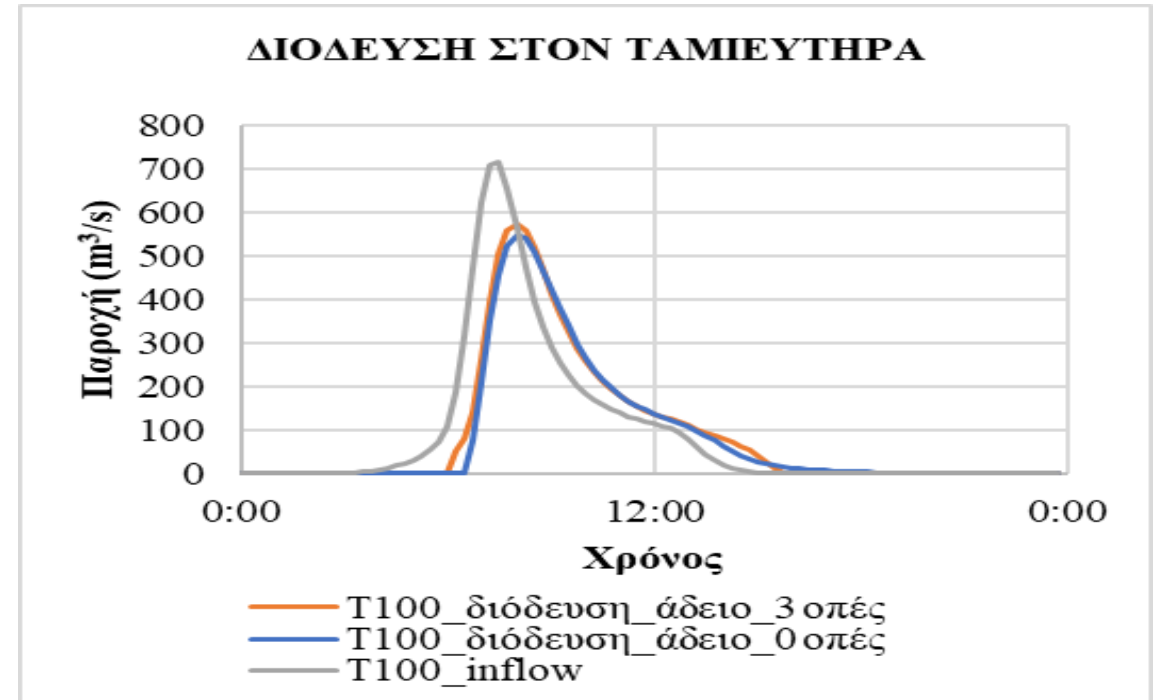
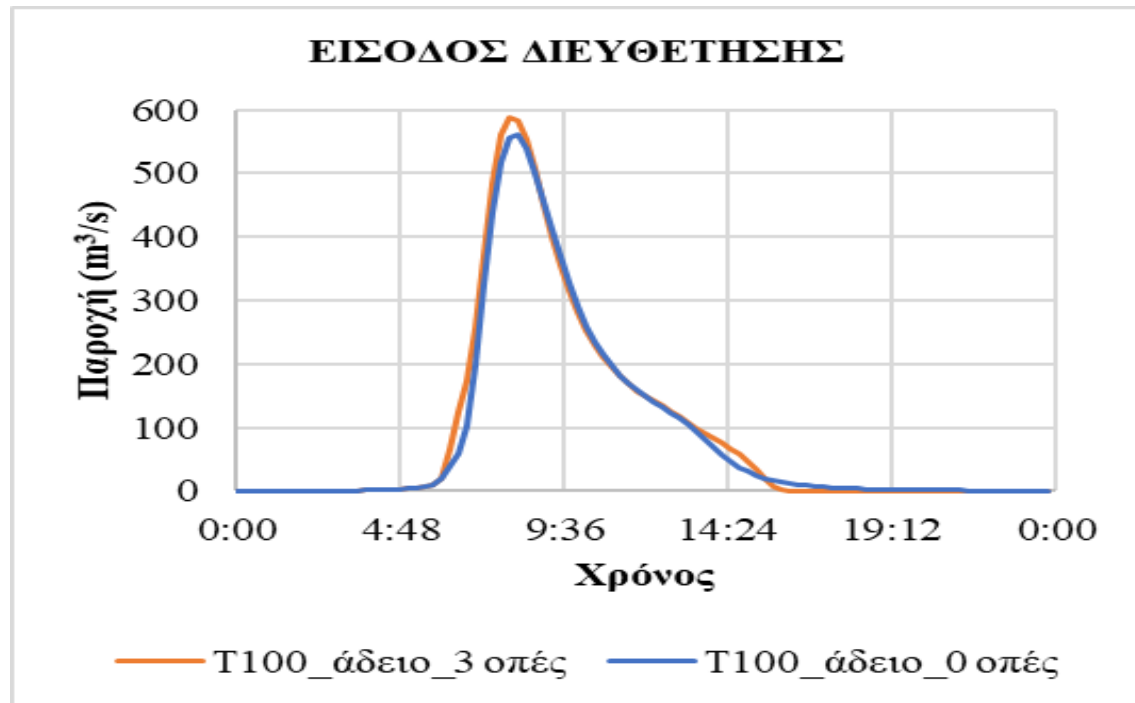


Αποτελέσματα υδρολογικής ανάλυσης T=50 (3)



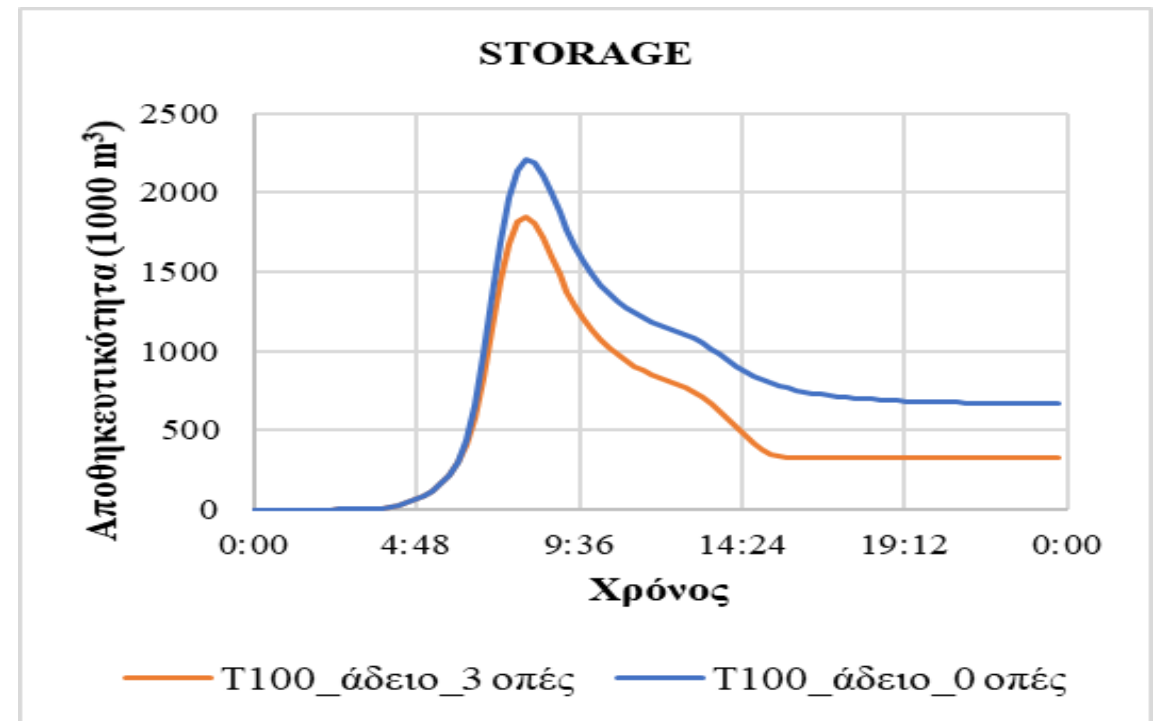
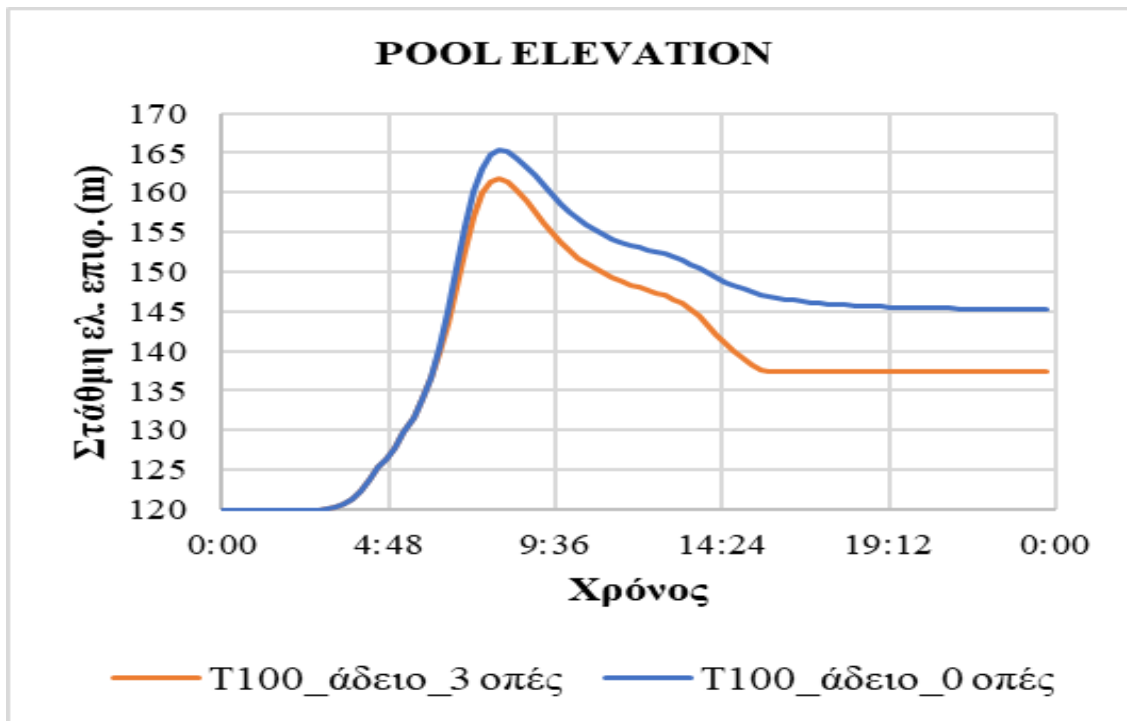
Αποτελέσματα υδρολογικής ανάλυσης T=100 (1)

Πλάτος υπερχειλιστή i (m)	Σενάριο (T=100)	
	αριθμός οπών εκκένωσης j	
	0	3
	EMPTY RES	
3	560.4	588.5

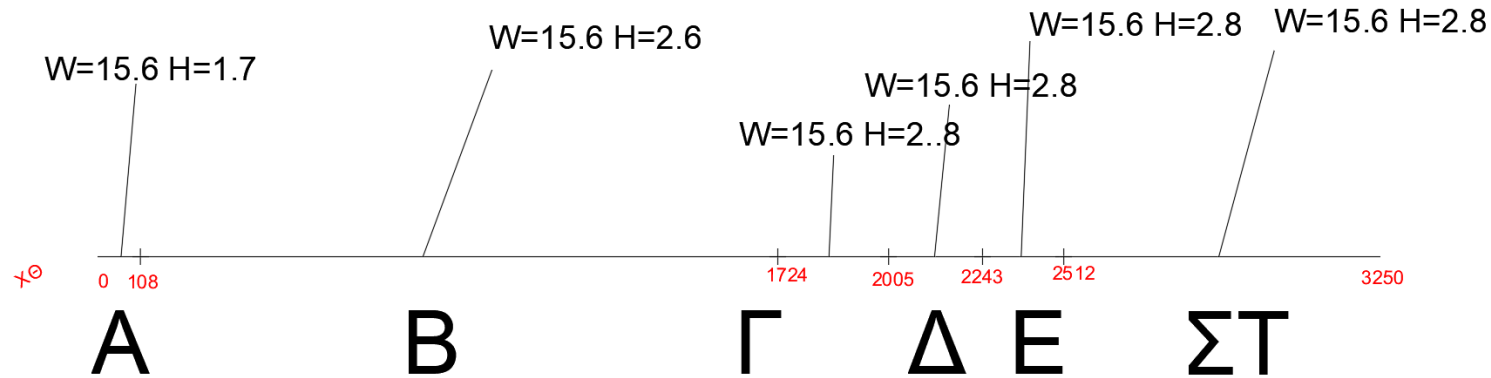


Αποτελέσματα υδρολογικής ανάλυσης T=100 (2)

Πλάτος υπερχειλιστή i (m)	Σενάριο (T=100)	
	αριθμός οπών εκκένωσης j	
	0	3
	EMPTY RES	
3	560.4	588.5

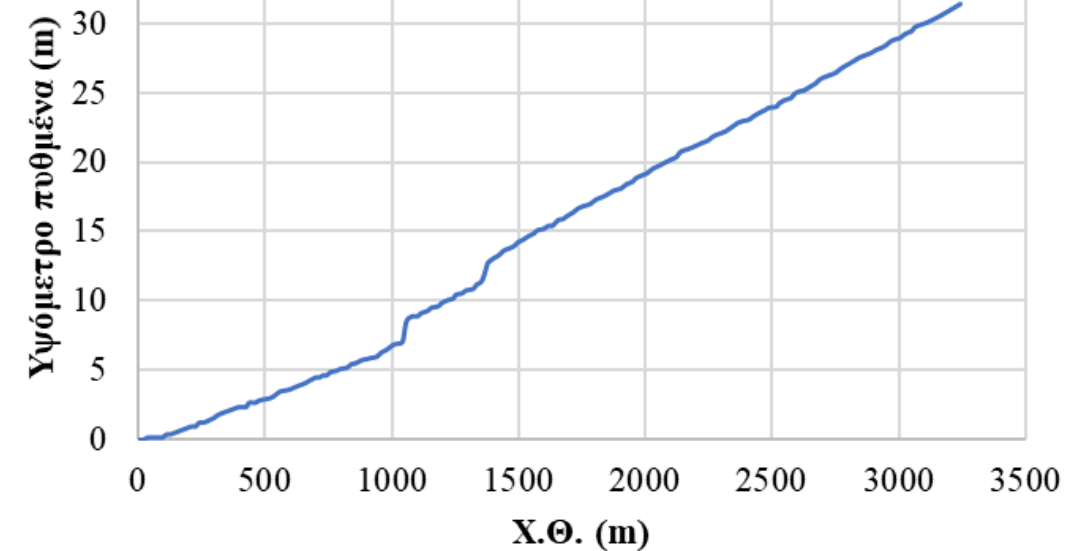


Υδραυλική μελέτη Γεωμετρία (1)



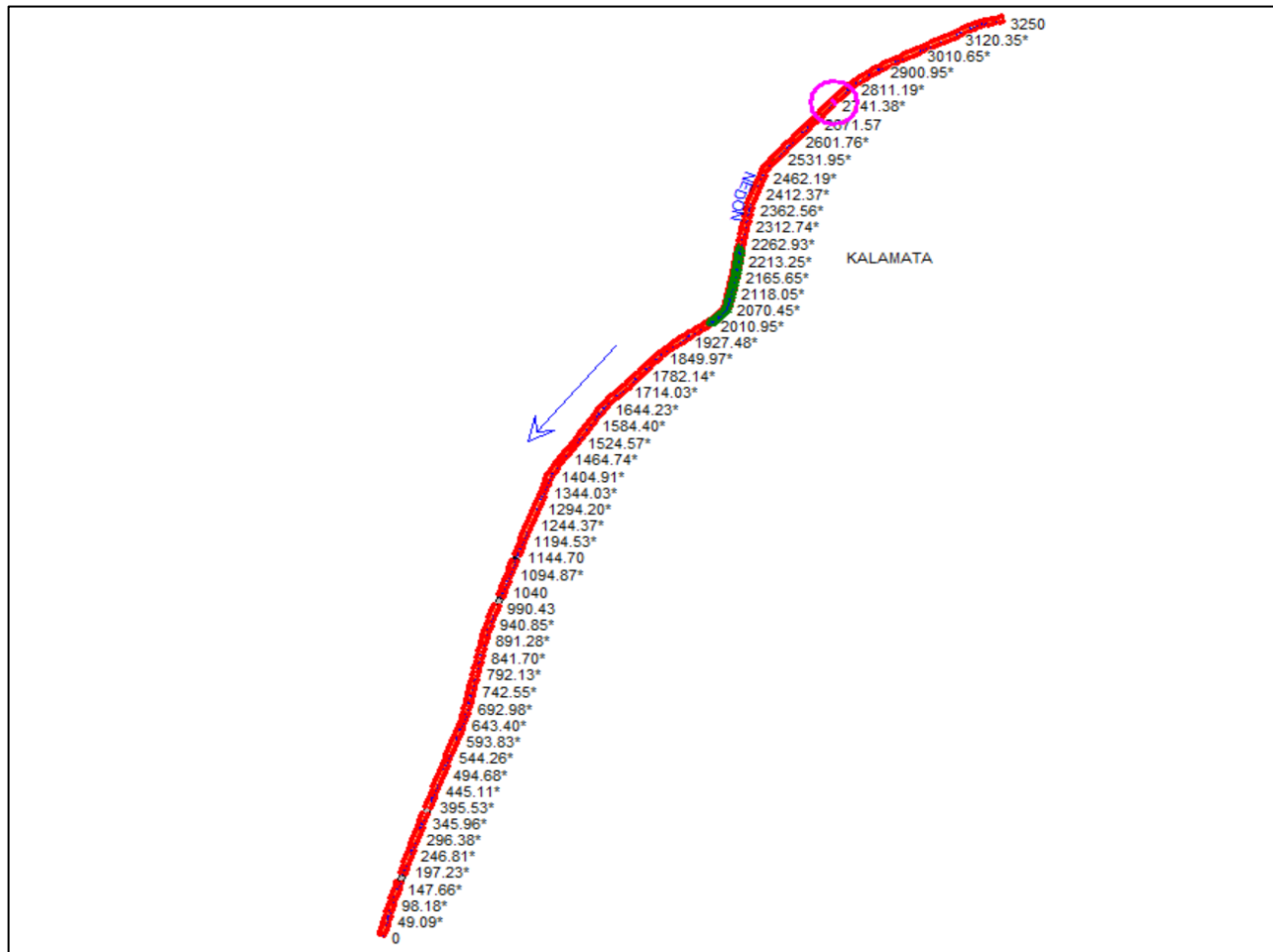
Μέση κλίση: <math><1\%</math>
Δύο αναβαθμοί

Υψόμετρα



- Γ, Δ, Ε : καλυμμένα τμήματα με πλάκα σκυροδέματος
- Εγκάρσια κλίση 1:8-1:11
- Κλίση παρειών 1:5
- Δ : με υποστυλώματα ανά 6m με διαστάσεις 0.6x0.6 m

ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ

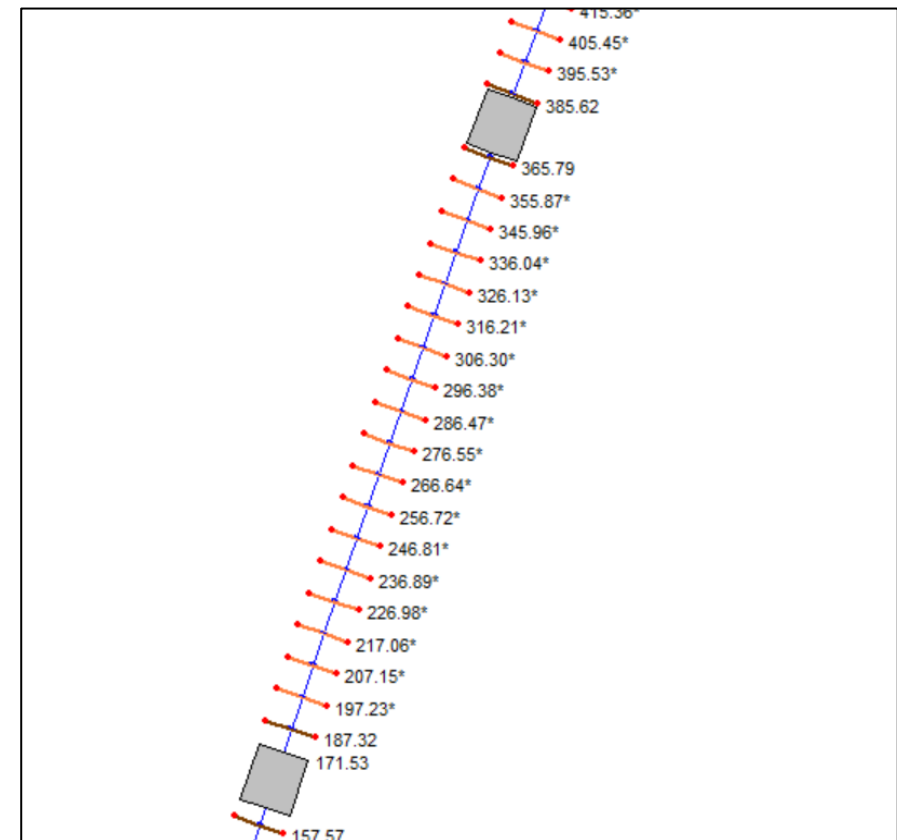


- 23 διατομές στα κύρια σημεία αλλαγής της γεωμετρίας
- Με γραμμική παρεμβολή ανά 10 m εισήχθησαν άλλες 315
- $D_x < 20 * B$
- $D_x < 1/2 S$
- $D_x < 0.2 D/S$

Υδραυλική μελέτη Γεωμετρία (3)

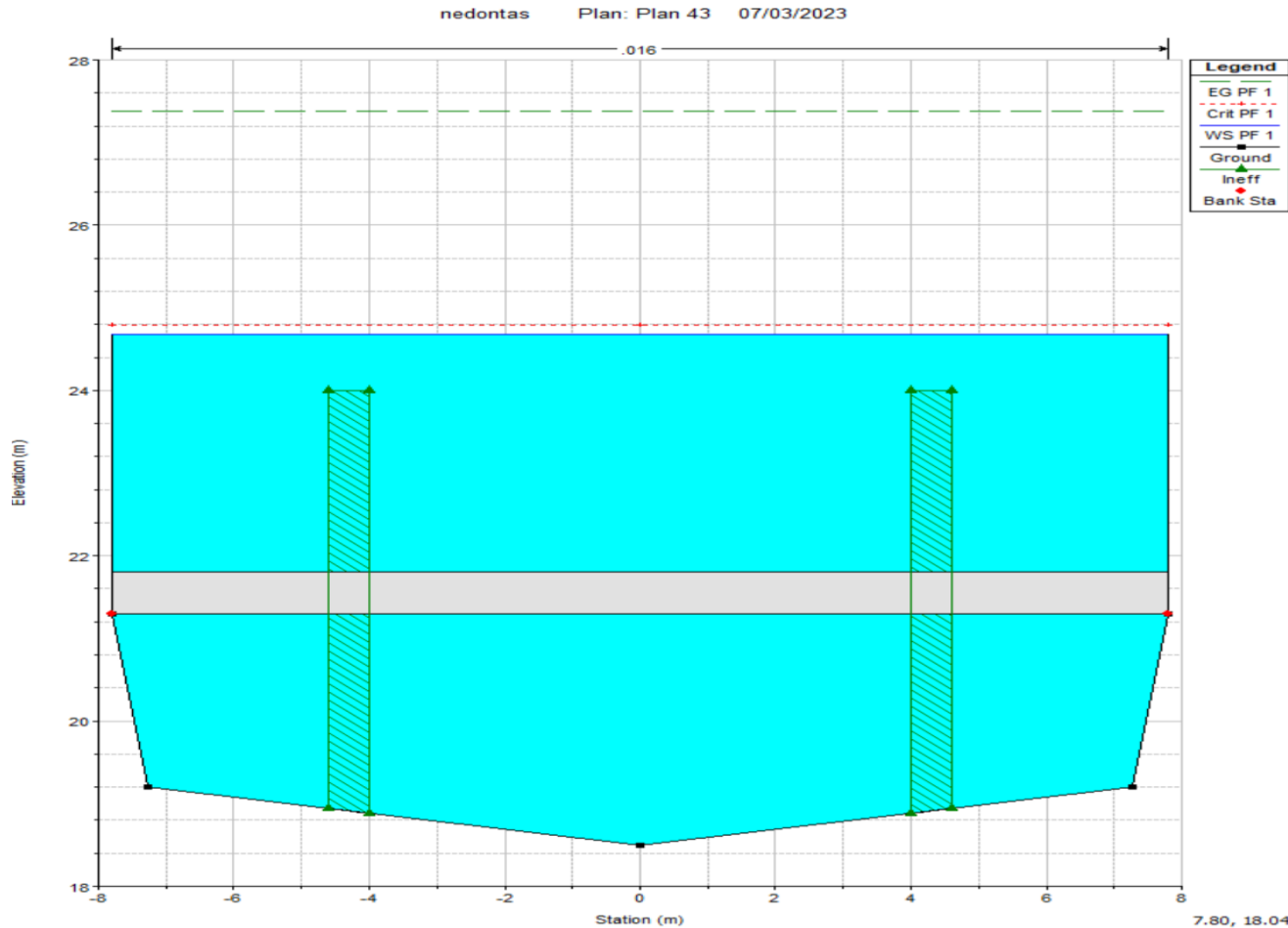
ΓΕΦΥΡΕΣ

		ΧΘ (m)	Πλάτος (m)	Ύψος καταστρώματος (m)
1	Γέφυρα Οδού Σπάρτης	3175	8.5	1.3
2	Πεζογέφυρα	2940	5	0.5
3	Γέφυρα Αγοράς	2685	10.8	0.9
4	Γέφυρα Οδού Παλαμά	1704	14	1
5	Πεζογέφυρα	1135	3	1
6	Γέφυρα Οδού Μακεδονίας	1003.6	17.2	2
7	Γέφυρα Οδού Λυκούργου	375.9	17.2	0.9
8	Γέφυρα Οδού Ευαγγελιστρίας	171.53	17.2	0.6



Υδραυλική μελέτη

Τυπική διατομή Δ



- Με Manning $V = \underbrace{y_0}^{2/3} \times J^{1/2} \times \frac{1}{n}$
 - $y_0 = 2.6 \text{ m}$
 - $J = 0.01$
 - $n = 0.016$
- $V = 11.8 \text{ m/s}$
 - $Q = 239 \text{ m}^3/\text{s} < 574.8$
 - **Ανεπαρκής διατομή**

Υδραυλική μελέτη Μοντέλο HEC-RAS

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

Where: Z_1, Z_2 = elevation of the main channel inverts

Y_1, Y_2 = depth of water at cross sections

V_1, V_2 = average velocities (total discharge/ total flow area)

a_1, a_2 = velocity weighting coefficients

g = gravitational acceleration

h_e = energy head loss

	Contraction	Expansion
No transition loss computed	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Typical Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

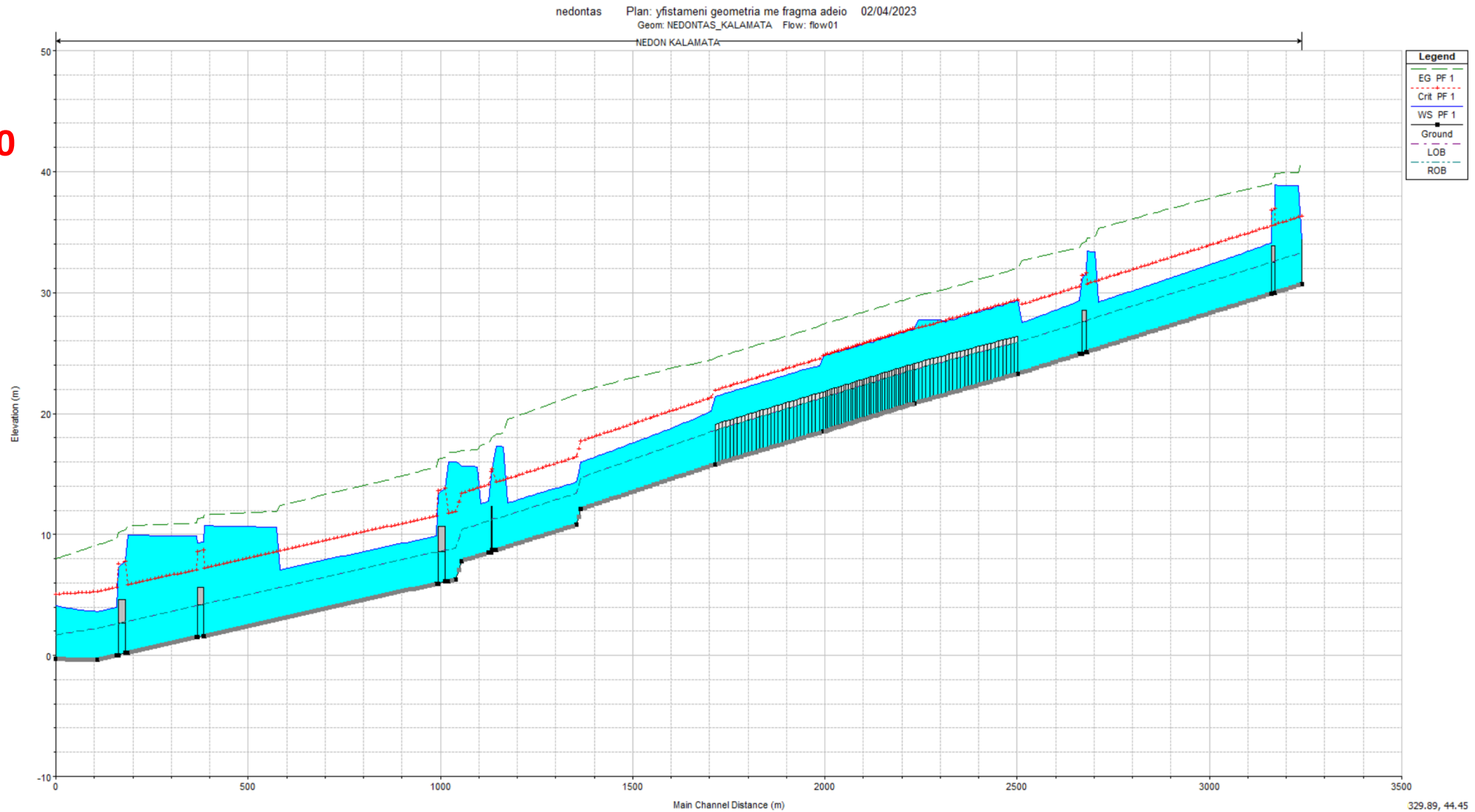
Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>B. Lined or Built-Up Channels</i>			
1. Concrete			0.015
a. Trowel finish	0.011	0.013	0.016
b. Float Finish	0.013	0.015	0.020
c. Finished, with gravel bottom	0.015	0.017	0.020
d. Unfinished	0.014	0.017	0.023
e. Gunite, good section	0.016	0.019	0.025

- Επίλυση της μονοδιάστατης εξίσωσης ενέργειας με μόνιμη ροή
- Γραμμικές απώλειες με σταθμισμένο μέσο συντελεστών Manning: 0.016
- Τοπικές απώλειες: μέσω contraction/expansion coefficients
- Για διατομές με μικρές αλλαγές γεωμετρίας: 0.1-0.3
- Για διατομές γεφυρών: 0.2-0.4

Υδραυλική μελέτη

Ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης ($Q=574.8 \text{ m}^3/\text{s}$)

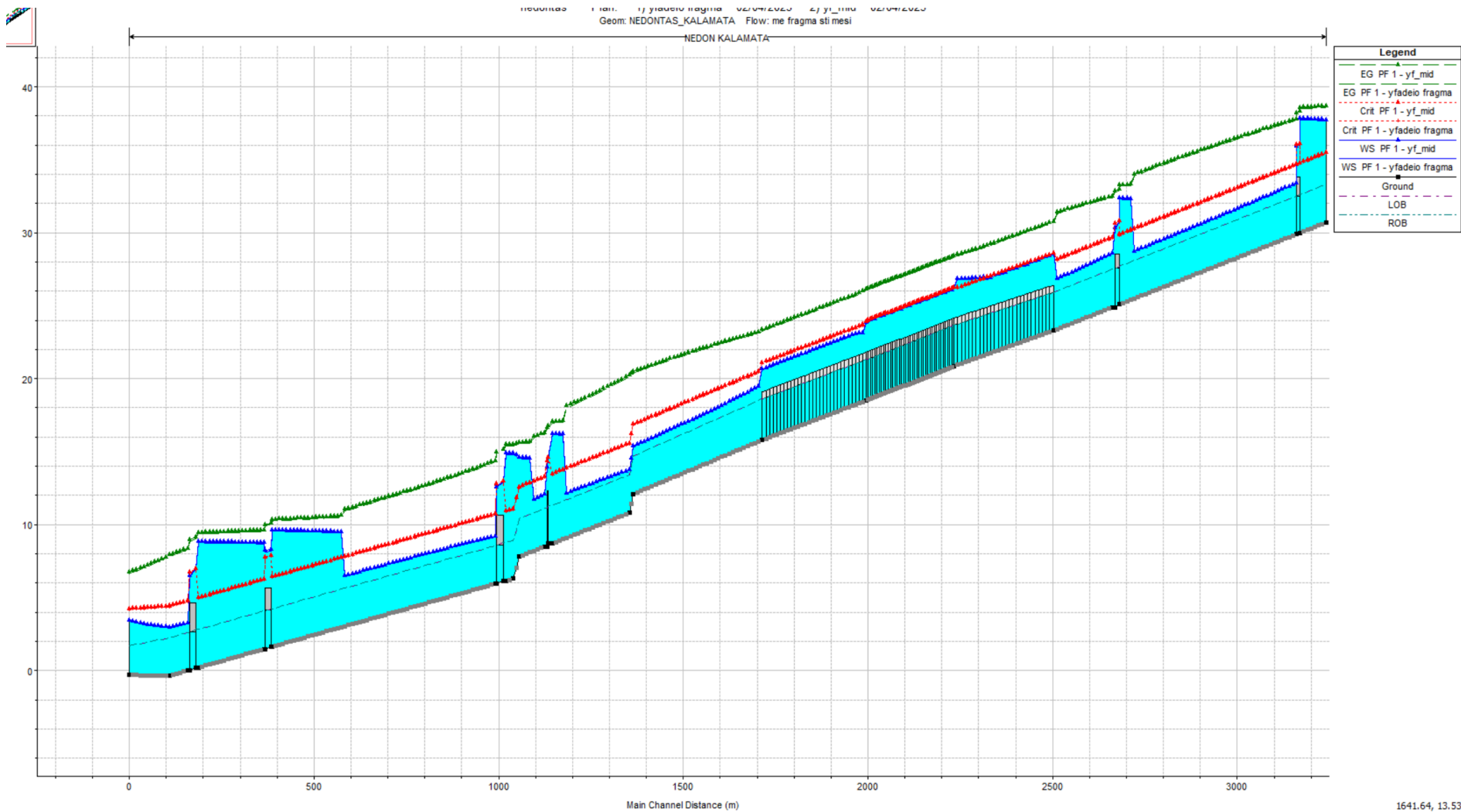
T=50



Υδραυλική μελέτη

Ανάλυση υφιστάμενης κοίτης με φράγμα ανάντη ($Q=433.6 \text{ m}^3/\text{s}$ και $Q=443.9 \text{ m}^3/\text{s}$)

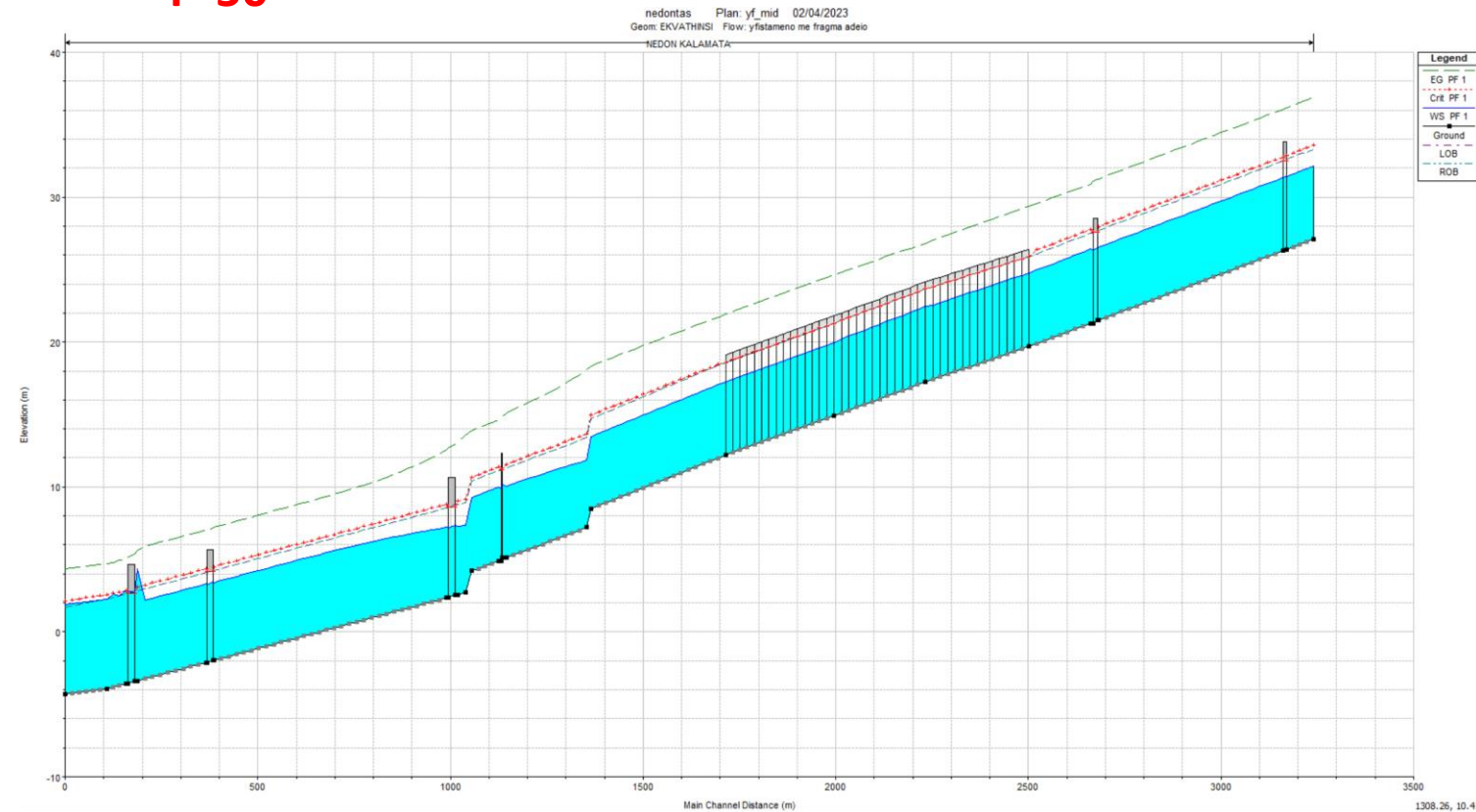
T=50



Υδραυλική μελέτη

Ανάλυση με φράγμα ανάντη και εκβάθυνση 4 m

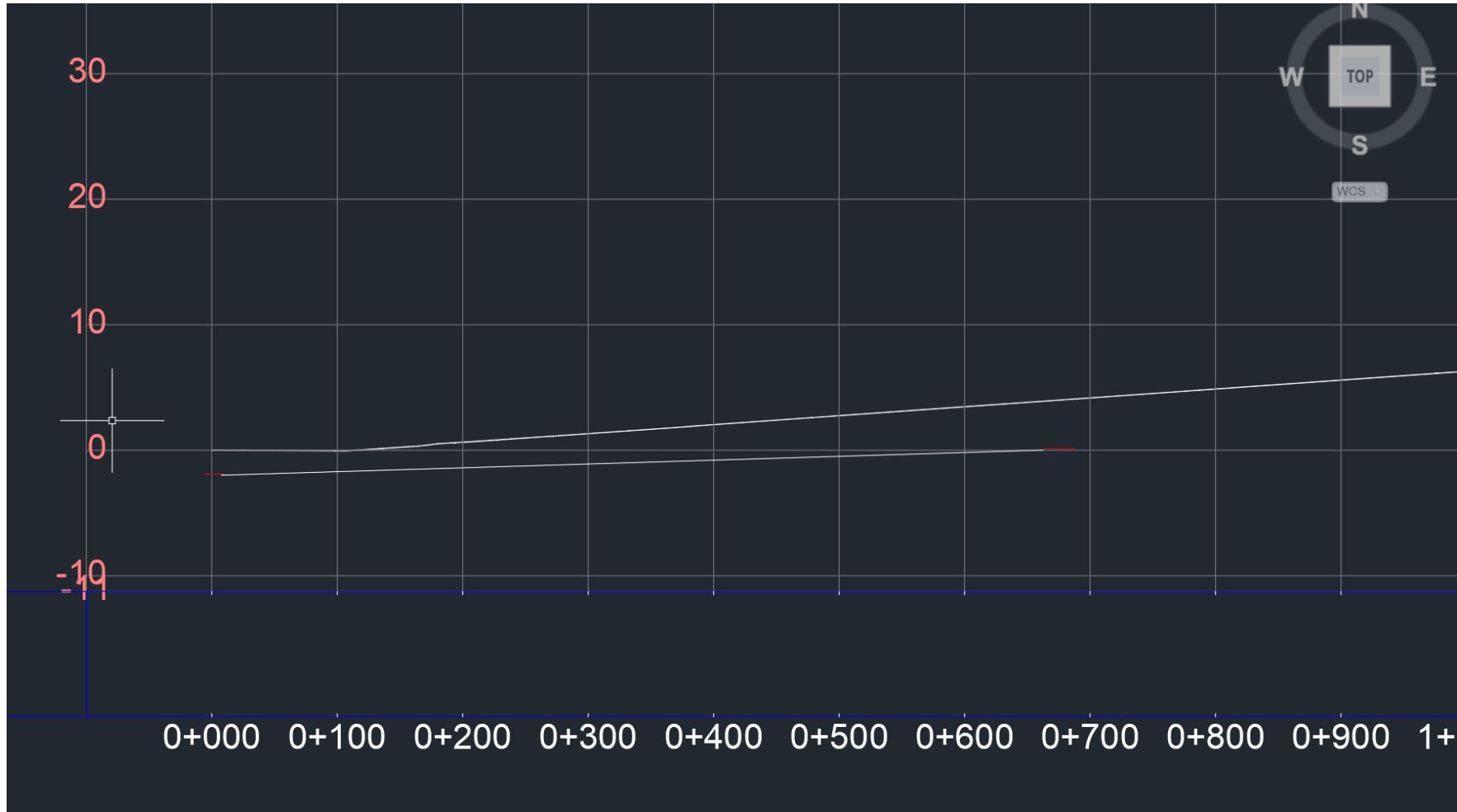
T=50



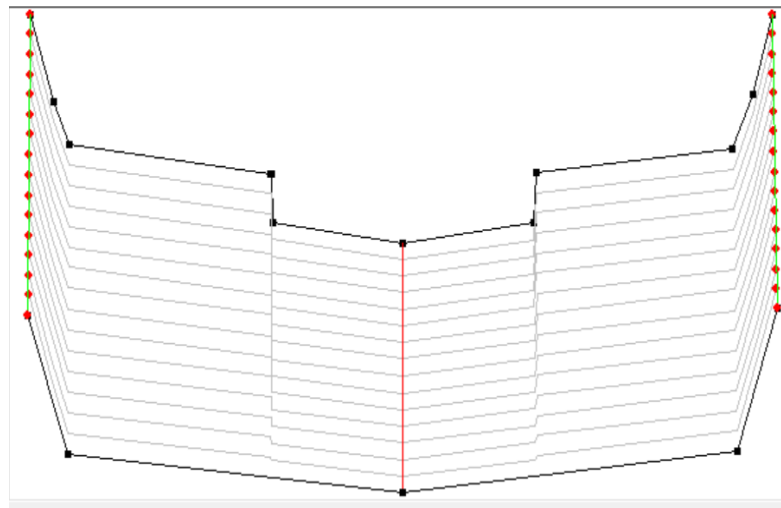
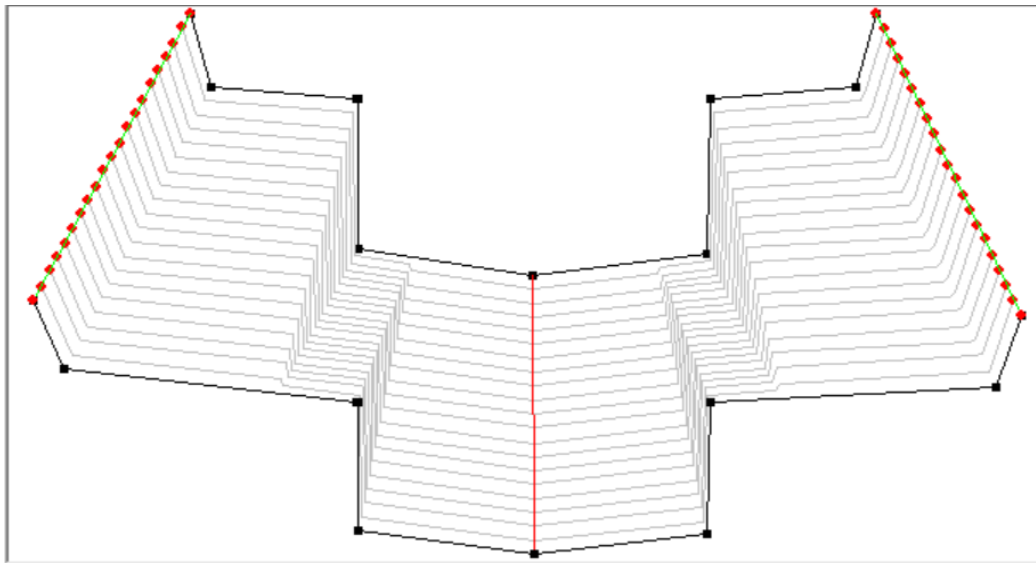
- Η λύση επαρκεί για την πλήρη διοχέτευση της πλημμύρας σε όλες τις διατομές πλην των γεφυρών Ευαγγελιστριάς και Λυκούργου, οι οποίες χρειάζονται ανασήκωμα.
- Πρόβλημα: Το θαλασσινό νερό εισχωρεί τους καλοκαιρινούς μήνες μέχρι ΧΘ 673 όπου υψόμετρο βαθιάς γραμμής +0.
- Για εκβάθυνση στην εκβολή ίση με 0.5 m, η εισχώρηση θάλασσας θα είναι 80 m. (Koutsogiannis 2022).

Υδραυλική μελέτη

Σταδιακή απομείωση εκβάθυνσης



Υδραυλική μελέτη Φράγμα με εκβάθυνση και συναρμογή διαπλάτυνσης (1)



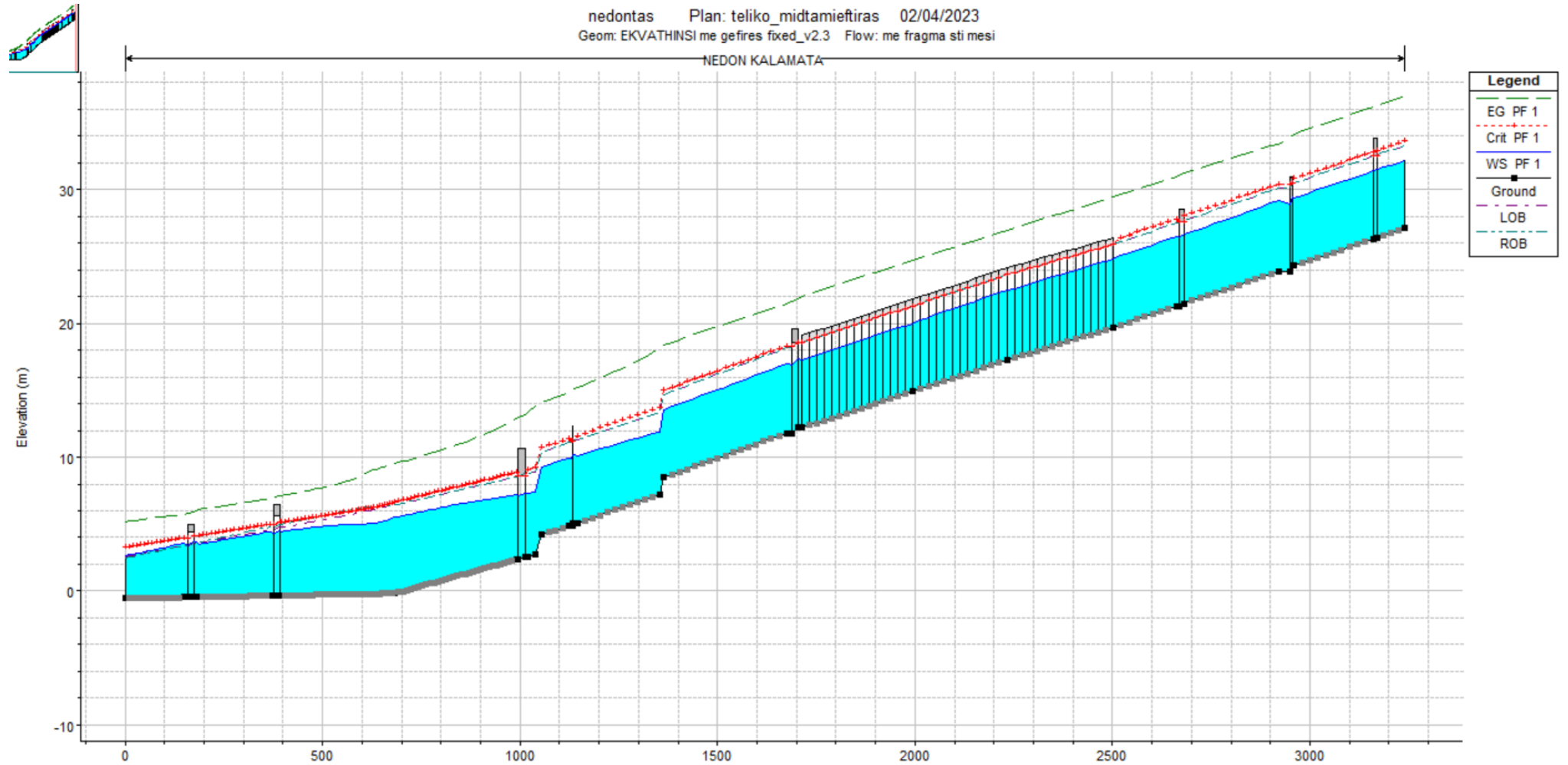
- Από ΧΘ 683 διαπλάτυνση με γραμμική αύξηση σε ζώνη 100 m από 7.8 σε 10.8 m.
- Μείωση εκβάθυνσης από 4 m σε 0.5 m γραμμικά από ΧΘ 683 μέχρι ΧΘ 0.



Κλίση όχθης κατά μήκος: 3%

Υδραυλική μελέτη Φράγμα με εκβάθυνση και συναρμογή διαπλάτυνσης (2)

T=50



Υδραυλική μελέτη Παρατηρήσεις (1)

ΓΕΝΙΚΑ

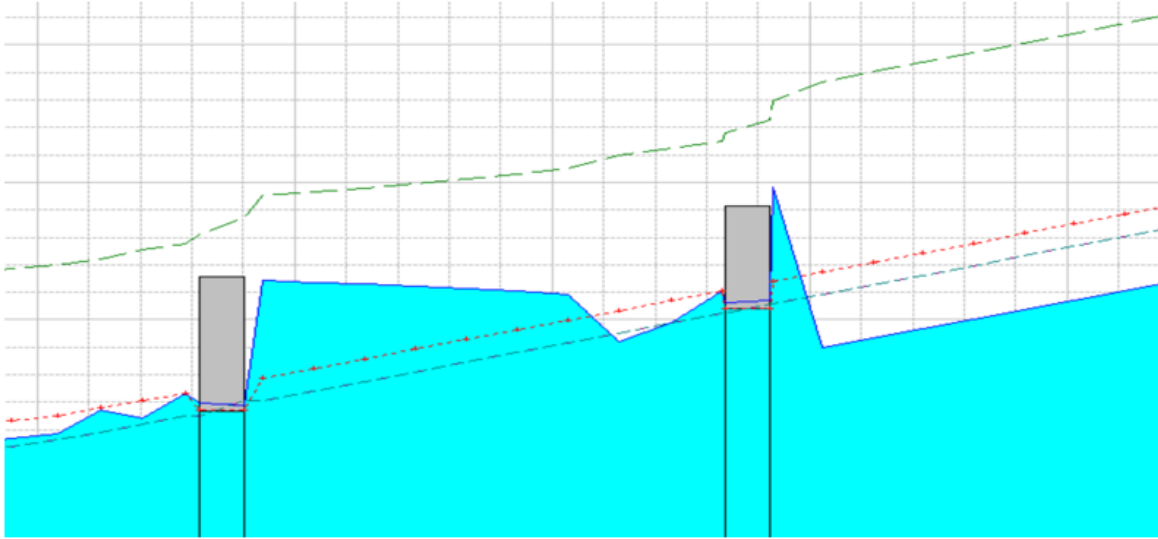
- Για ροή με ταμιευτήρα στη μέση στάθμη, οι πλημμυρικοί όγκοι παροχετεύονται σε όλο το μήκος της κοίτης.
- Η ροή είναι υπερκρίσιμη και η διαπλάτυνση τείνει να μειώσει το ύψος της ελεύθερης επιφάνειας στο ίδιο σημείο που αλλάζει η κλίση της βαθιάς γραμμής, η οποία μόνη της τείνει να αυξήσει και μάλιστα σημαντικά το ύψος της ελεύθερης επιφάνειας.
- Στο τμήμα ΧΘ 683-0 η κλίση της βαθιάς γραμμής μειώνεται από 1% σε 0.1%.
- Η διαπλάτυνση χρειάζεται και για την αποφυγή υδραυλικού άλματος λόγω μείωσης της κλίσης. Υπολογίζεται ότι η κρίσιμη κλίση είναι 0.15% και χωρίς διαπλάτυνση, οι όγκοι θα πέρναγαν από υπερκρίσιμη σε υποκρίσιμη ροή.

Περίπτωση (iii)
 Ροή υπερκρίσιμη ($Fr > 1$) και $db/dx > 0$.
 Από την εξίσωση (3.8) προκύπτει ότι $dy/dx < 0$.

$$J_c = \frac{Q^2 \times n^2}{b^2 \times y_c^2} \left(\frac{1}{y_c} + \frac{2}{b} \right)^{4/3}$$

Η κρίσιμη κλίση για $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$, $n=0.016$ και $y_c=4.8 \text{ m}$ και πλάτος ίσο με το υφιστάμενο $b=15.6 \text{ m}$ υπολογίζεται γύρω στο 0.15%. Άρα με κλίση νέου αγωγού ίση με 0.1 % η ροή θα γινόταν υποκρίσιμη, θα υπήρχε υδραυλικό άλμα και η ελεύθερη επιφάνεια θα υψωθεί. Αυξάνοντας το πλάτος με τη διαπλάτυνση, μειώνεται η κρίσιμη κλίση και η ροή μένει αμετάβλητη.

ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΦΥΡΩΝ



- Οι γέφυρες οδού Ευαγγελιστρίας και Λυκούργου χρειάζονται ανασήκωμα 0.5 m. Γιατί αλλιώς οι τοπικές απώλειες δημιουργούν υδραυλικά άλματα.
- Εκεί το ίσως να χρειάζεται 2D μοντέλο και πιο λεπτομερής αναπαράσταση γεωμετρίας με τοπογραφικό μοντέλο.

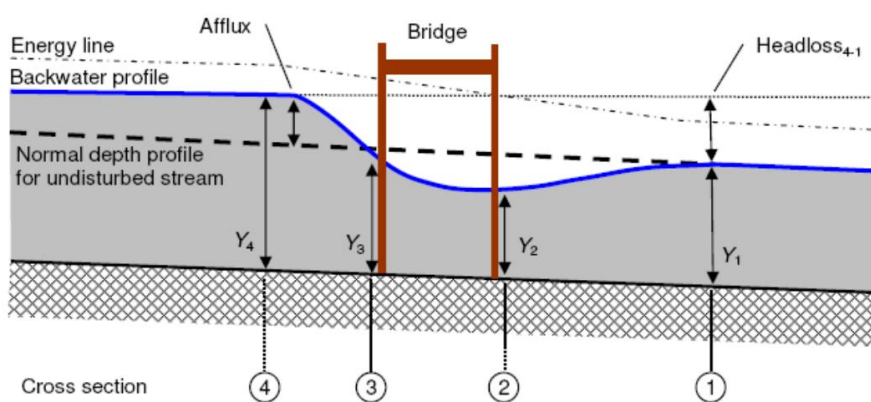
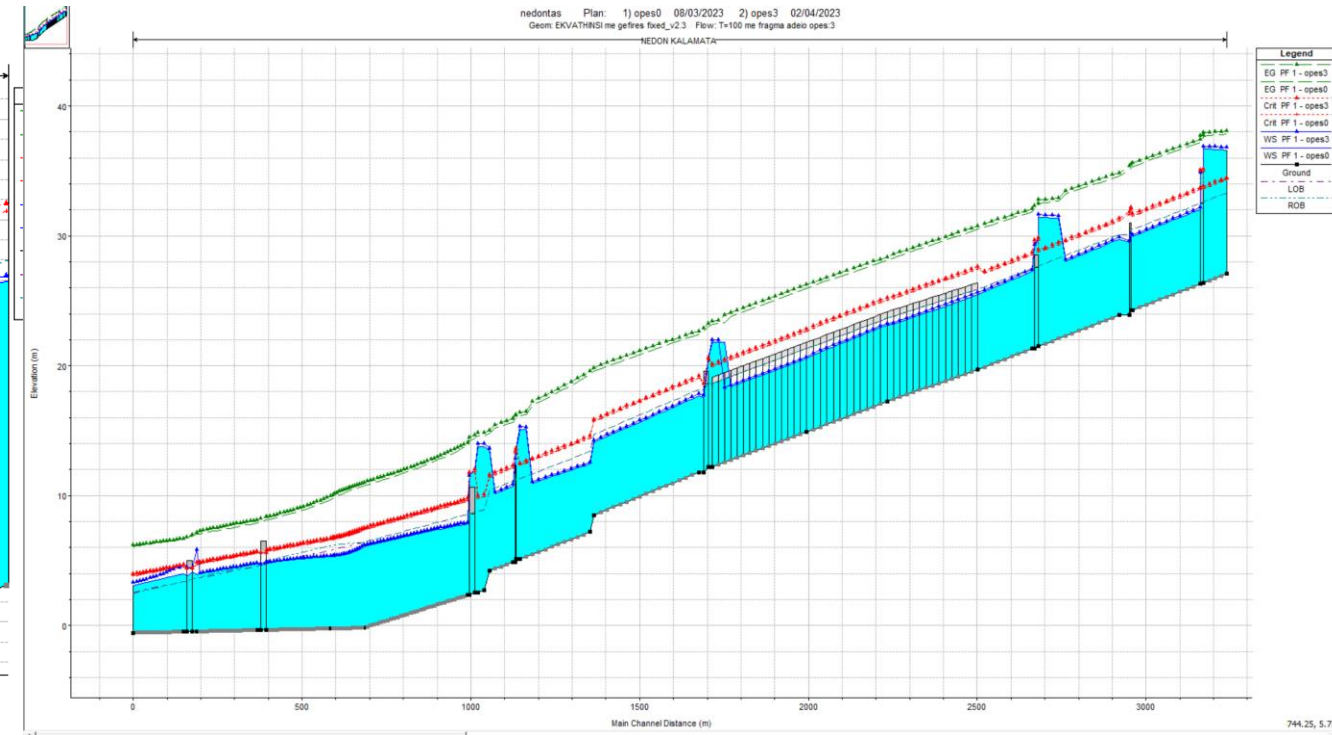
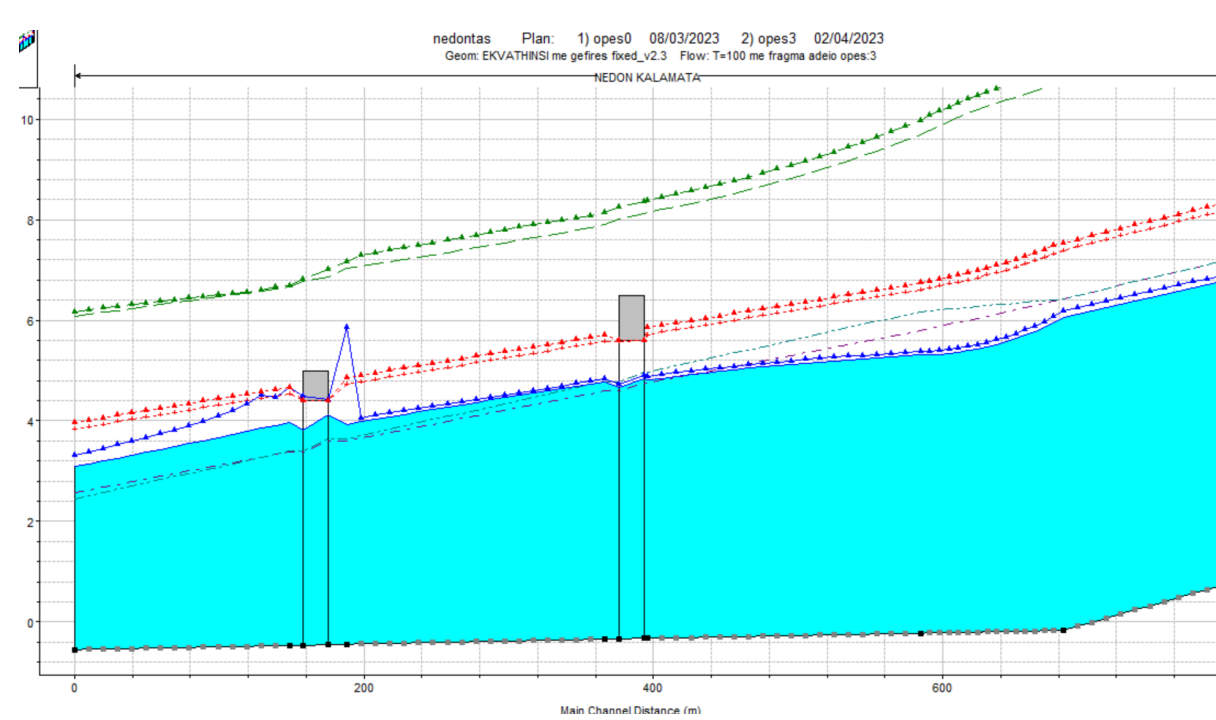


Figure 7.22
Bridge afflux

ΚΑΤΑΙΓΙΔΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ T=100 ΕΤΗ



ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΑΛΜΑΤΑ 2-4 m

Υδραυλική μελέτη Εκβολή (1)

- Το ποτάμι υπερχειλίζει από τη ΧΘ 150 μέχρι την εκβολή.
- Σε αυτό το τμήμα υπάρχει γη χωρίς χρήση που μπορεί να λειτουργήσει ως δευτερεύουσα κοίτη και έχει πλάτος από 3 έως 20 m.
- Θα χρειαστεί σίγουρα 2D διερεύνηση της ροής.
- Το νερό κρατιέται εντός των ορίων της διευθέτησης σε όλες τις υπόλοιπες θέσεις πλην των γεφυρών.
- Θα χρειαστεί μελέτη ρίσκου για να αποφασιστεί ποιες θα ανακατασκευαστούν και με το χρονοδιάγραμμα.
- Μέχρι τότε: εξέταση σχεδίου άμεσου κινδύνου με κλείσιμο της κυκλοφορίας των γεφυρών

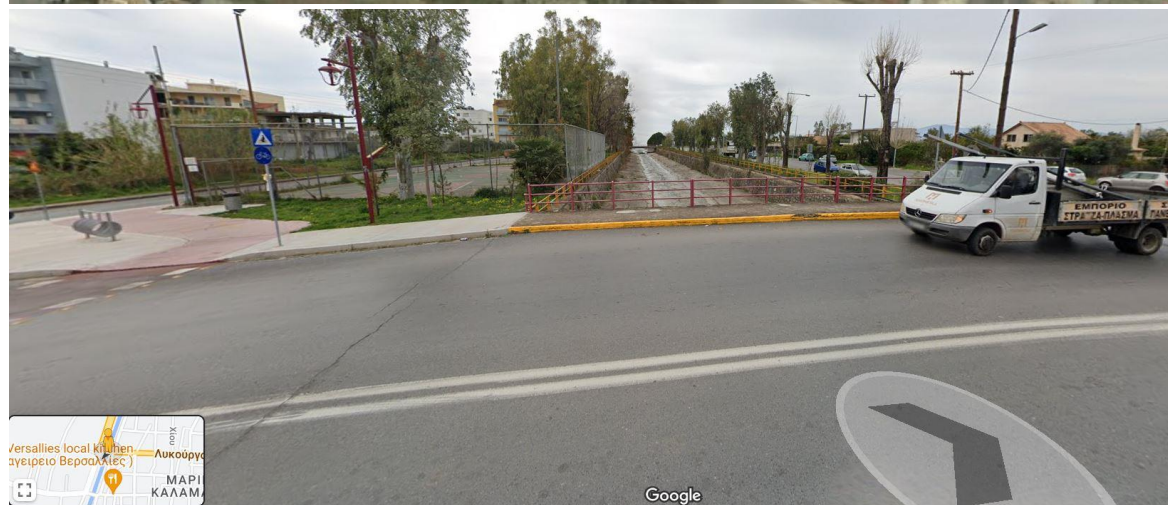




ΓΕΦΥΡΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ ΕΚΒΟΛΗ

Υδραυλική μελέτη Απαλλοτριώσεις

- Στη βόρεια όχθη: επαρκές πλάτος και δε τροποποιείται το οδικό δίκτυο.
- Στη νότια όχθη: απαλλοτρίωση 3 χώρων αθλητικών δραστηριοτήτων.
- Το πάρκο διατηρείται καθώς η έκταση απαλλοτρίωσης είναι μικρή ως προς το μέγεθος του.



ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ