

Μάθημα: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

5^η Διάλεξη : Ποτάμιες Πλημμύρες

Ανάπτυξη διαχειριστικού μοντέλου τύπου win-win μείωσης πλημμυρών και μεγιστοποίησης παραγόμενης ενέργειας στον διακρατικό ποταμό Άρδα

Καθηγητής **Φώτιος Π. Μάρης**



Διακρατικές υδρολογικές λεκάνες και ποταμοί

- Οι ποταμοί δεν αναγνωρίζουν και ούτε ακολουθούν τα πολιτικά σύνορα
- 148 χώρες μοιράζονται διακρατικές υδρολογικές λεκάνες
- Υπάρχουν 276 διακρατικές υδρολογικές λεκάνες:
 - 64 στην Αφρική
 - 60 στην Ασία
 - 68 στην Ευρώπη
 - 46 στη Βόρεια Αμερική
 - 38 στη Νότια Αμερική
- Οι παραπάνω ποταμοί μοιράζονται σε δύο ή περισσότερες χώρες, όπως π.χ. ο Δούναβης που μοιράζεται σε 18 χώρες

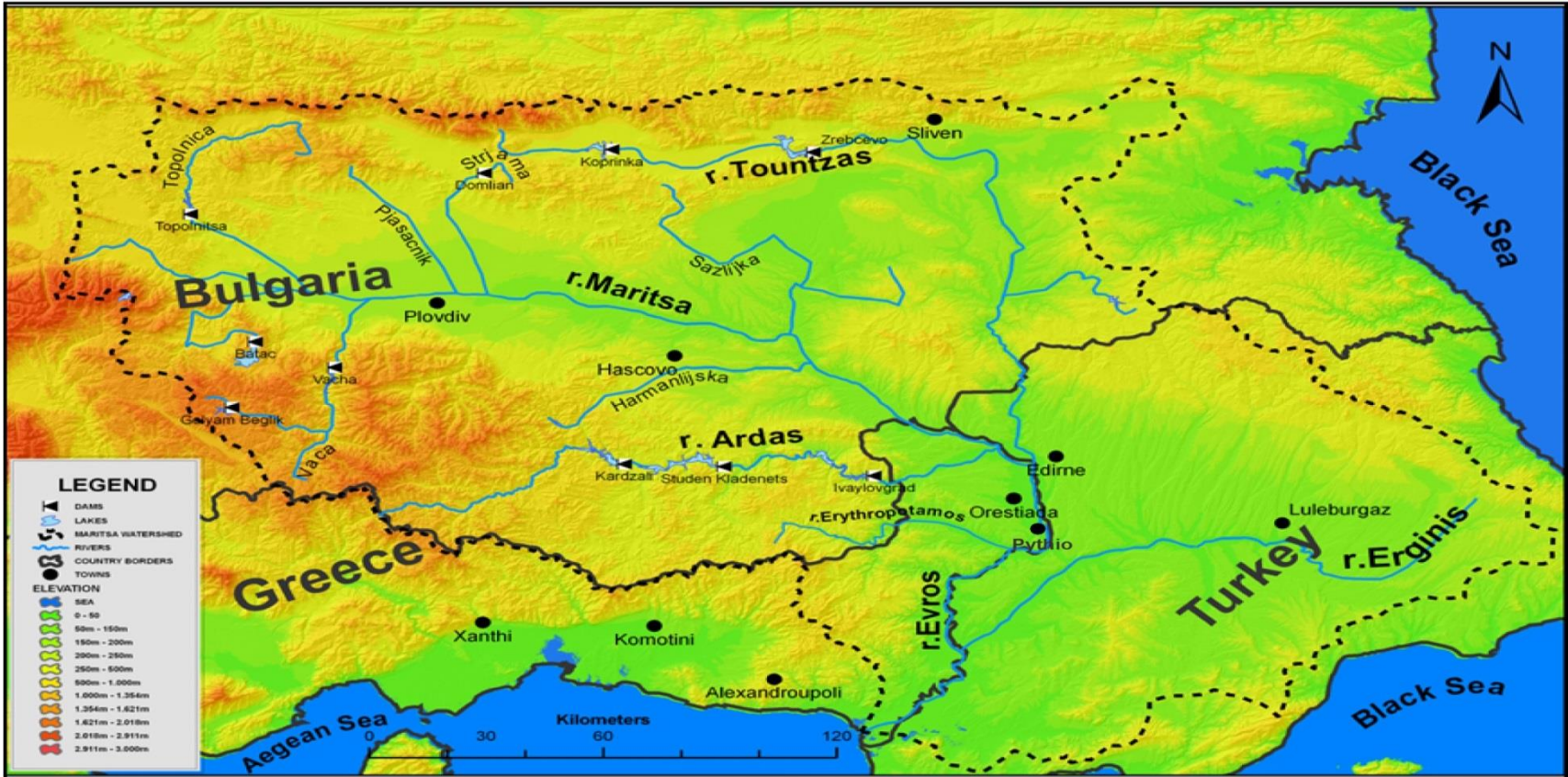


Διακρατικές υδρολογικές λεκάνες και ποταμοί

- Στην Ελλάδα έχουμε επίσης αρκετούς και μεγάλους διακρατικούς ποταμούς, όπως:
 - Έβρος
 - Άρδας
 - Ερυθροπόταμος
 - Νέστος
 - Στρυμόνας
 - Αξιός
 - Αώος

- Διεθνώς έχουν θεσπιστεί αρχές (κανόνες) για τη διαχείριση διακρατικών υδάτινων πόρων:
 - The Berlin Rules (2004)
 - United Nations Convention on Non-Navigational Uses of International Watercourses (1997)
 - Helsinki Rules (1966)

Διακρατική Υδρολογική Λεκάνη Ποταμού Έβρου/Maritsa/Meric (53.000 km²)





Διακρατική Υδρολογική Λεκάνη Ποταμού Άρδα



- Το συνολικό εμβαδό της λεκάνης απορροής του ποταμού Άρδα είναι 5.600 km^2
- Μόλις 345 km^2 εντός του Ελληνικού εδάφους
- Στο Βουλγαρικό έδαφος υπάρχουν 3 μεγάλα φράγματα συνολικής χωρητικότητας $1085 \times 10^6 \text{ m}^3$, που ελέγχουν πλήρως την απορροή, είναι πολλαπλής σκοπιμότητας, αλλά κύρια για παραγωγή ενέργειας

Διακρατική Υδρολογική Λεκάνη Ποταμού Άρδα

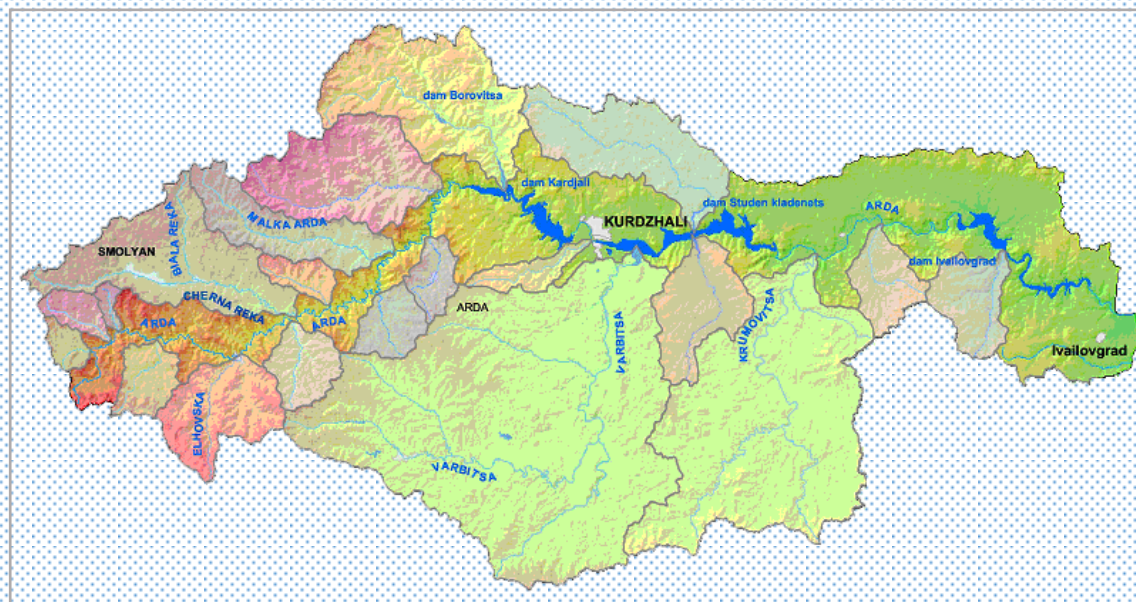


Λόγω του **ορεινού** χαρακτήρα του μεγαλύτερου μέρους της υδρολογικής λεκάνης, του μεγάλου **μεγέθους** της, αλλά και των **κλιματικών** συνθηκών, προκαλούνται πολύ συχνά μεγάλες πλημμυρικές απορροές με τεράστιες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες τόσο για τη Βουλγαρία, αλλά κυρίως για την Ελλάδα και την Τουρκία, που είναι οι κατόντη χώρες.

“Στην λεκάνη του Άρδα προκαλούνται τις περισσότερες φορές ξαφνικές και επικίνδυνες πλημμύρες, που οφείλονται σε καταρρακτώδεις βροχές και απότομη τήξη χιονιού, ως συνέπεια του κλίματος”



Διακρατική Υδρολογική Λεκάνη Ποταμού Άρδα



- Οι πλημμύρες συνήθως συμβαίνουν προς το τέλος του χειμώνα, αν και όχι σπάνια υπήρξαν πλημμυρικά γεγονότα μέσα στο καλοκαίρι καθώς και στις άλλες εποχές.
- Παρά την ύπαρξη τριών μεγάλων ταμιευτήρων στο Βουλγαρικό τμήμα κυρίως για παραγωγή ενέργειας, αρκετά συχνά δημιουργούνται προβλήματα και πλημμύρες μετά τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα.



Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

1. Ενέργειες πριν τις πλημμύρες με σκοπό τη μείωση της ευπάθειας έναντι των πλημμυρών

Σχεδιασμός *χρήσεων γης*, έλεγχος στην ανάπτυξη περιοχών με υψηλό κίνδυνο πλημμυρών, αντιπλημμυρική προστασία (μέσω υψομετρικής διαφοράς, αναχωμάτων, στεγανοποίησης, κ.λπ.), **συστήματα πρόγνωσης και έγκαιρης προειδοποίησης**, αύξηση επαγρύπνησης – πληροφόρησης - εκπαίδευσης στις πλημμύρες, πολιτική προστασία, **ασφάλιση για τον κίνδυνο, νομοθεσία.**

2. Αντιπλημμυρικά Έργα

Φράγματα, ταμιευτήρες, τάφροι, αναχώματα, έργα εκτροπής, βελτίωση παροχετευτικότητας ποταμών, διαχείριση της υδρολογικής λεκάνης, αύξηση χώρων προσωρινής αποθήκευσης – κατάκλισης και υγροτόπων, αύξηση διήθησης και διαπερατών επιφανειών, διαχείριση φυτοκάλυψης, δασοκάλυψης, κ.λπ.

3. Ενέργειες μείωσης συνεπειών πλημμυρών (κατά τη διάρκεια και μετά τις πλημμύρες)

Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

Τα μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας διακρίνονται σε:

- Κατασκευαστικά – **structural (“hard”)** ή
- Μη κατασκευαστικά – **ήπιες δράσεις (“soft”)**

Τα κατασκευαστικά μέτρα, όπως φράγματα, αναχώματα κ.λπ. έχουν μακρά παράδοση, καθώς κατασκευάζονται εδώ και 4000 χρόνια. Κατασκευάζοντας ταμιευτήρες, όπου το περίσσειμα του νερού μπορεί να αποθηκευτεί προσωρινά, ρυθμίζεται η κατανομή της πλημμυρικής παροχής, και αποφεύγεται η πλημμύρα με τη μείωση της αιχμής.

“Στόχος μας είναι να διερευνηθεί ο ρόλος των ήπιων δράσεων, ώστε να αυξηθεί η ικανότητά μας στην πρόγνωση, στον μετριασμό των αρνητικών συνεπειών και εδώ εντάσσεται η παρούσα εργασία”



ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ



European Territorial Cooperation Programme
Greece-Bulgaria 2007-2013
INVESTING IN OUR FUTURE

ARDA
FORECAST

Co-funded by the European Union (ERDF)
and National Funds of Greece and Bulgaria



Εγκατάσταση/Δημιουργία συστήματος προειδοποίησης
πλημμυρών στη λεκάνη του Ποταμού Άρδα
για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου
στη διασυνοριακή περιοχή

Έργου
ARDAFORECAST

<http://arda.hydro.bg/>



ΔΗΜΟΚΡΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ

ARDA
FORECAST

ARDAFORECAST

**Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for
Minimizing the Risk in the Cross Border Area -**

ARDAFORECAST

Contract B2.11.01/20.03.2012



European Territorial Cooperation Programme

Greece-Bulgaria 2007-2013

INVESTING IN OUR FUTURE



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Διακρατικό Πρόγραμμα ARDAFORECAST

ARDA
FORECAST

Η Ελλάδα και η Βουλγαρία συνεργάστηκαν στα πλαίσια του «Ευρωπαϊκού προγράμματος διασυνοριακής συνεργασίας Ελλάδας – Βουλγαρίας 2007-2013» σε ένα κοινό έργο με τίτλο:

«Εγκατάσταση συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρών στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού Άρδα για τη μείωση του κινδύνου στη διασυνοριακή ζώνη – ARDAFORECAST»

προκειμένου να αντιμετωπίσουν από κοινού το πλημμυρικό πρόβλημα.

Προϋπολογισμός: **823,220.50 €**

Υλοποίηση: **2012 – 2014**

Εταίροι



NATIONAL INSTITUTE OF METEOROLOGY AND HYDROLOGY – BULGARIA

Contact person: Dobri Dimitrov
66, Tsarigradsko Chaussee, Sofia 1784, Bulgaria
E-mail: ardaforecast@meteo.bg
www.meteo.bg



EAST AEGEAN RIVER BASIN DIRECTORATE – BULGARIA

Contact person: Eng. Gergana Georgieva
35, Yanko Sakazov Str., Plovdiv 4000, Bulgaria
E-mail: ardaforecast@abv.bg
www.earbd.org



**DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE – SPECIAL ACCOUNT –
DEP. OF CIVIL ENGINEERING – GREECE**

Contact person: Professor Nikolaos Kotsovinos
University Campus – Dep. of Civil Engineering, Vas. Sofias 12, 67100 Xanthi, Greece
E-mail: kotsovin@civil.duth.gr, www.duth.gr



REGIONAL DEVELOPMENT FUND OF EAST MACEDONIA – THRACE – GREECE

Contact person: Christos Partsiyas
D. Tsetine 7, Komotini, Greece
E-mail: c.partsias@pta-emth.gr
www.pamth.gov.gr, www.pta-emth.gr



- Πρόβλεψη βροχόπτωσης
- Εκτίμηση απορροής με βάση την πρόβλεψη βροχόπτωσης
- Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών
- Διόδευση πλημμυρικού κύματος και χάρτες πλημμυρισμού
- Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης και προστασία από τις πλημμύρες – πολιτική προστασία
- Σύστημα υδρομετεωρολογικών πληροφοριών
- Εγκατάσταση πρόσθετων υδρομετρικών και μετεωρολογικών σταθμών



ΔΗΜΟΚΡΑΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Σημαντική Τιμητική Διάκριση

ARDA
FORECAST

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επέλεξε **28 έργα** από **όλα τα προγράμματα** (όχι μόνο τα INTERREG), ως παραδείγματα για το πως τα Ευρωπαϊκά χρήματα **«πιάνουν τόπο»** για τους Ευρωπαίους πολίτες.

Ένα από τα 28 το ARDAFORECAST

http://ec.europa.eu/regional_policy/index.cfm/en/projects/bulgaria/ardaforecast-a-reliable-flood-warning-system-developed-for-the-cross-border-arda-river

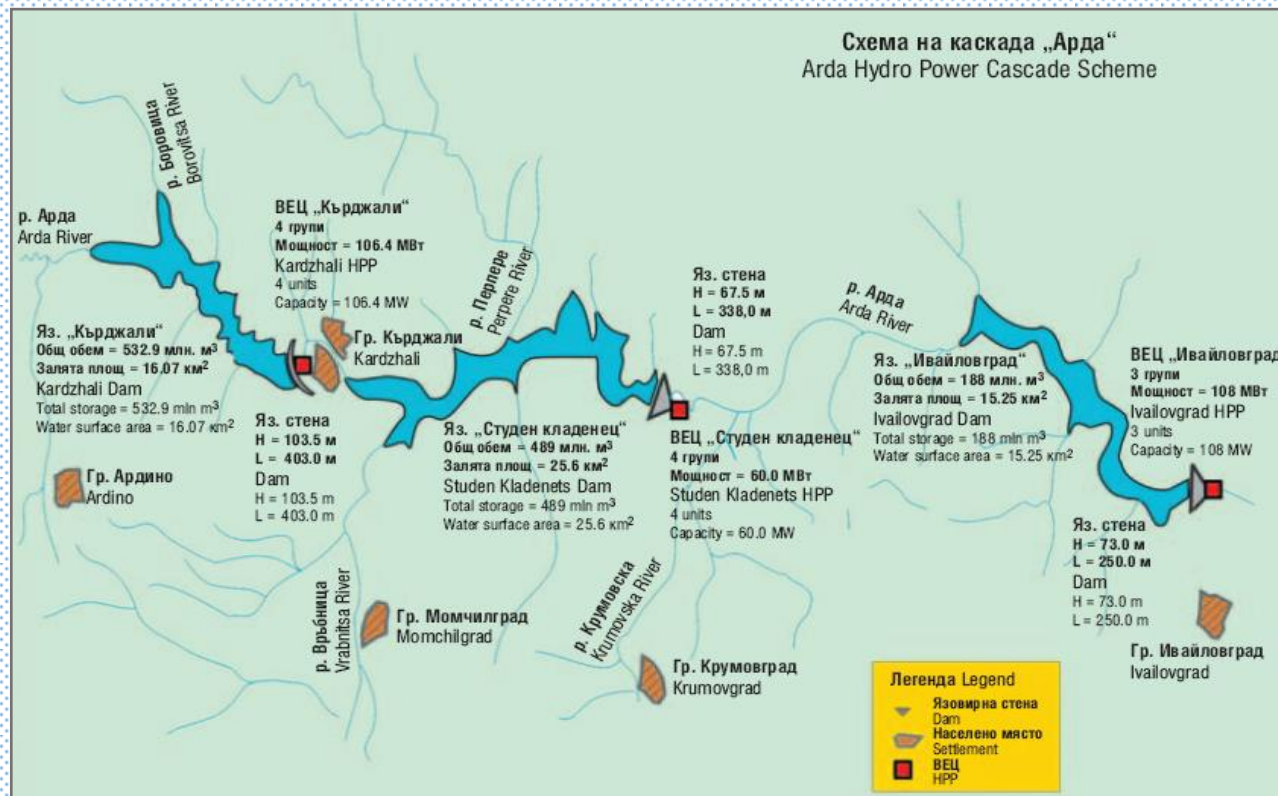


ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Τα μεγάλα φράγματα στην υδρολογική λεκάνη του Διακρατικού Ποταμού Άρδα

ARDA
FORECAST

- Στην υδρολογική λεκάνη του Άρδα έχουν γίνει μεγάλες κατασκευαστικές παρεμβάσεις με την κατασκευή 3 διαδοχικών φραγμάτων, που ελέγχουν σχεδόν το σύνολο της απορροής.
- Για τον λόγο αυτό πρέπει να διερευνηθεί ο ρόλος ήπιων δράσεων (μη κατασκευαστικών παρεμβάσεων) στο πλημμυρικό φαινόμενο.





Τα μεγάλα φράγματα στην υδρολογική λεκάνη του Διακρατικού Ποταμού Άρδα



Η αντιμετώπιση των πλημμυρών γίνεται πολύ δυσκολότερη, όταν πρόκειται για διακρατική υδρολογική λεκάνη, όπου εμπλέκονται περισσότερες χώρες, όπως στην περίπτωση του διακρατικού ποταμού Άρδα, όπου η **υδρολογική λεκάνη** μοιράζεται σε δύο χώρες, τη **Βουλγαρία** που είναι η ανάντη χώρα και την **Ελλάδα**, που είναι η κατάντη χώρα, αλλά οι **απορροές** του Άρδα **επηρεάζουν** **δυσμενώς** και την Τουρκία.

Ιδιαίτερα δε, όταν η ανάντη χώρα, που **κατασκεύασε μεγάλα φράγματα**, ενδιαφέρεται κύρια για την **οικονομική** τους εκμετάλλευση, η οποία **αντιστρατεύεται** την αντιπλημμυρική προστασία των **κατάντη** χωρών.

- Τα φράγματα παρεμβαίνουν αποφασιστικά στις φυσικές ροές των ποταμών μεταβάλλοντας την παροχή αιχμής, τον χρόνο εμφάνισης και τη διάρκεια της πλημμύρας, έτσι ώστε να μειώνονται οι αρνητικές συνέπειες κατάντη.
- Όμως όταν απελευθερώνονται γρήγορα μεγάλες ποσότητες νερού μέσω των υπερχειλιστών, είναι δυνατό να προκληθούν δυσμενείς πλημμυρικές συνέπειες στα κατάντη.

Kardjali



Studen - Kladenets



Ivaylovgrad





Το ARDAFORECAST είναι ένα σύνθετο σύστημα, που ενσωματώνει επιστημονική έρευνα και περίπλοκα μοντέλα προσομοίωσης φυσικών διαδικασιών (μετεωρολογικών, υδρολογικών και υδραυλικών), και που λαμβάνει υπόψη του μια σειρά από παραμέτρους (συμπεριλαμβανομένης και της οικονομικής διάστασης του θέματος).

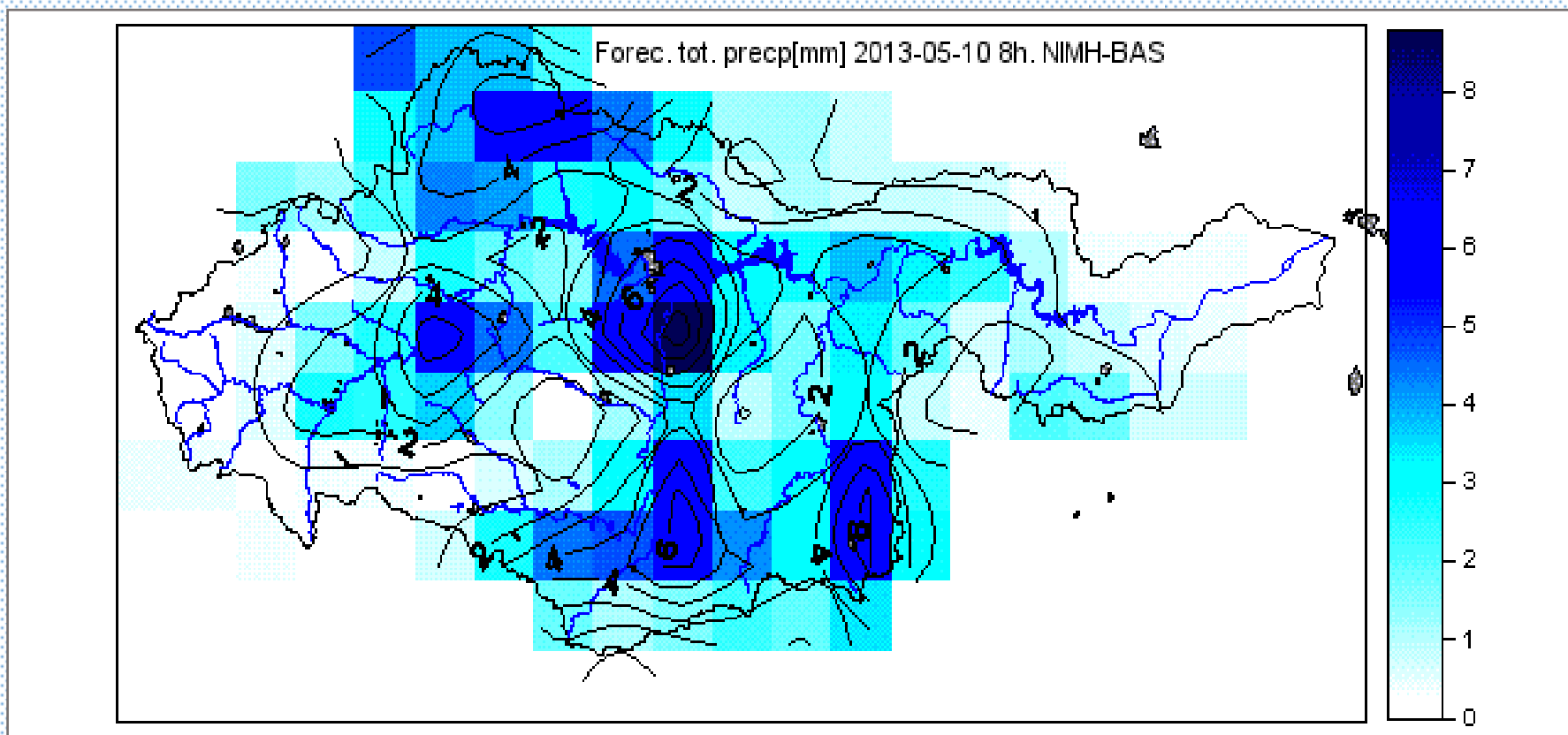
Οι βασικές δράσεις του είναι:

- Πρόβλεψη βροχόπτωσης
- Εκτίμηση απορροής με βάση την πρόβλεψη βροχόπτωσης
- Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών
- Προσομοίωση της λειτουργίας των 3 φραγμάτων του Άρδα, με στόχο τη μεγιστοποίηση παραγωγής ενέργειας και της αποφυγής πλημμύρας



Πρόβλεψη βροχόπτωσης

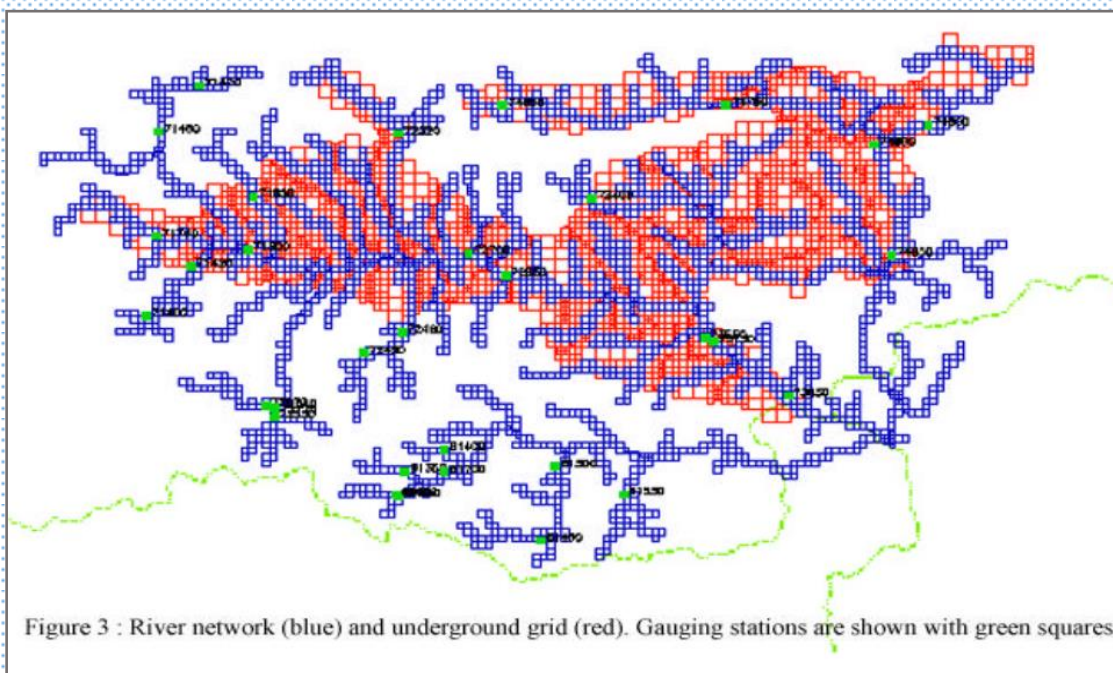
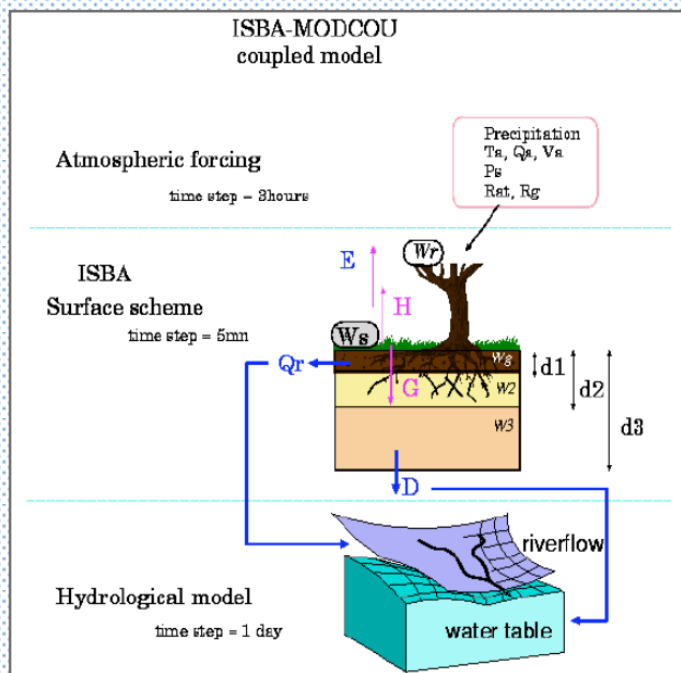
Με βάση σύγχρονες μετεωρολογικές μεθόδους γίνεται πρόβλεψη βροχόπτωσης για τις επόμενες 5 μέρες, ανά 3ωρο, σε τετραγωνικά κελιά διαστάσεων 8 x 8 Km (NIMH).





Εκτίμηση απορροής με βάση την πρόβλεψη βροχόπτωσης

Με τη χρήση υδρολογικών μοντέλων (MODCOU και άλλων) γίνεται προσομοίωση της επιφανειακής και της υπόγειας απορροής. Η υδρολογική λεκάνη χωρίζεται σε **κελιά** ή σε **υπολεκάνες**. Γίνεται διόδευση της επιφανειακής απορροής μέσω του δικτύου υδατορρευμάτων (NIMH – DUTH).





ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ

Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών (DUTH)

ARDA
FORECAST

Η βασική ιδέα, που προτείνουμε, είναι, ότι ο χρόνος των 5 ημερών για τις οποίες μπορεί να γίνει πρόβλεψη βροχόπτωσης και απορροής, είναι σημαντικός και κρίσιμος για να αμυνθούμε έναντι των πλημμυρών.

The screenshot displays the ARDAS FLOODS software interface. The main window shows a top menu bar with buttons for 'IMPORT RUNOFF FOR BULGARIAN DAMS', 'IMPORT INITIAL DATA (OPTIONAL)', 'IMPORT RAIN DATA (OPTIONAL)', 'RUN SIMULATION', 'VIEW RESULT', 'OUTPUT TABLES', 'HELP', 'CONFIGURE PARAMETERS', and 'EXIT'. Below this is a 'Simulation Parameters' dialog box with the following settings:

- Routing Parameters:
 - Simulation space step (m): 1000
 - Overall time of solution (hr): 0
 - Simulation time step (sec): [empty]
- Initial Conditions - Simulation Duration:
 - Use Imported Data
 - Use Custom Data
 - Kardzali reservoir initial water level (285 - 324.3m): 325
 - St. Kladenets reservoir initial water level (204 - 225 m): 225
 - Ivaylovgrad reservoir initial water level (74.5 - 120.2m): 120
 - Start Time: 31/12/2012, Hour: 21
 - End Time: 31/12/2012, Hour: 21
- Choose the type of simulation you would like to run:
 - Run using predefined utilization factors for dam hydropower plants

A table within the dialog shows the utilization factors for the dams:

Dam	Utilization Factor
Kardzhali	
Studen Kladenets	
Ivaylovgrad	

The background of the software shows a 3D topographic map of a river basin with four dams marked: Kardzali Dam, St. Kladenets Dam, Ivaylovgrad Dam, and Therapio Dam. The desktop environment includes various icons and a taskbar at the bottom showing the date 11/05/2013 and time 08:04.



Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών (DUTH)

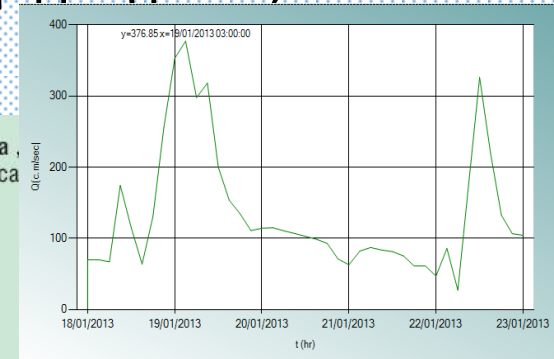
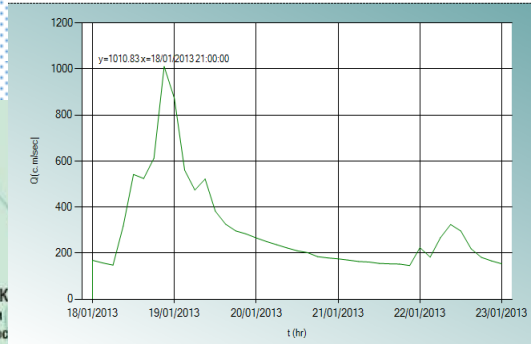
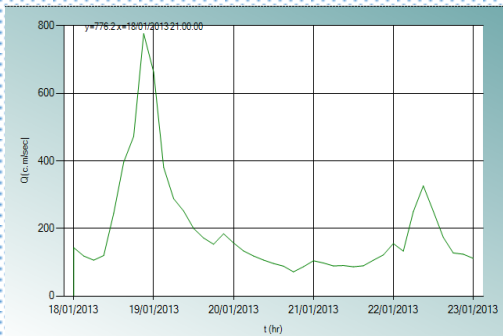


Πως μπορούμε να αμυνθούμε;

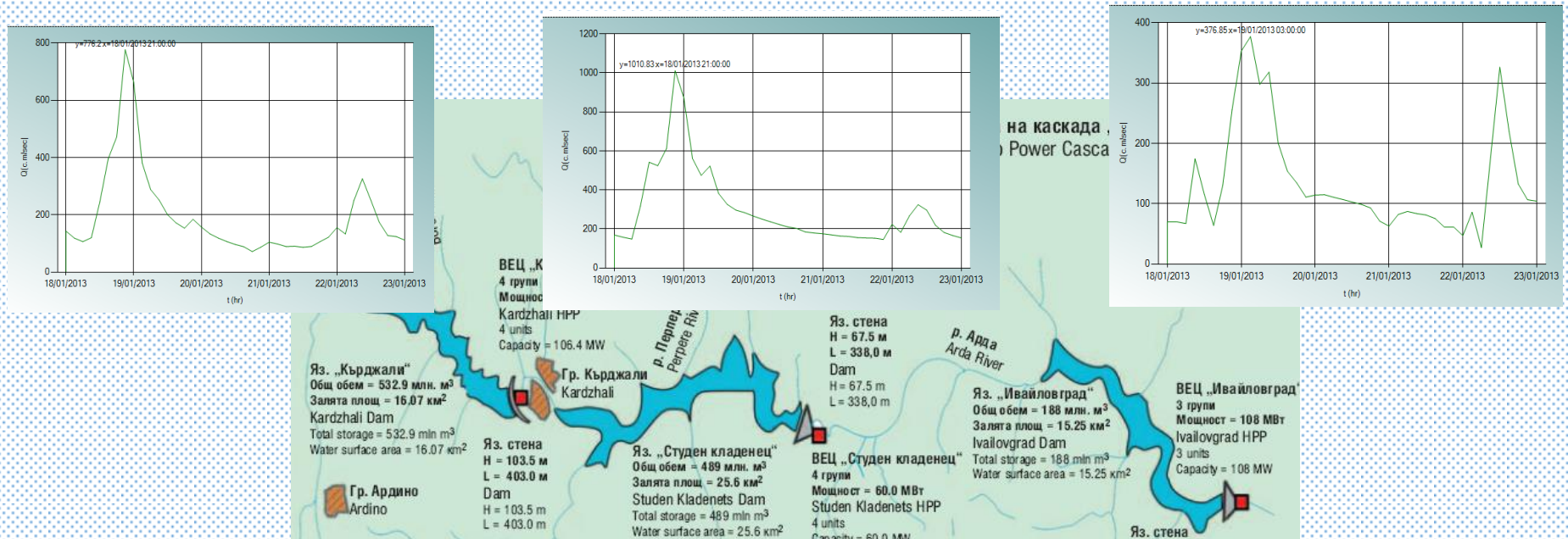
- Γνωρίζοντας ποια θα είναι η βροχή και τελικά η **εισροή** σε κάθε ταμιευτήρα για τις **επόμενες 5 ημέρες**, μπορούμε να αδειάζουμε τους ταμιευτήρες, ώστε να μπορέσουν να χωρέσουν την επερχόμενη εισροή.
- Για να μη έχουμε **οικονομική απώλεια**, το άδειασμα των ταμιευτήρων θα γίνεται παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια ακόμα και σε ώρες που δεν τη χρειαζόμαστε (π.χ. όλο το 24ωρο), ώστε να εκμεταλλευτούμε όσο γίνεται καλύτερα το νερό.

Όμως πόσο νερό πρέπει να αδειάσουμε από το κάθε φράγμα; Η απάντηση δεν είναι εύκολη, ούτε τετριμμένη, γιατί εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως:

- Πόση είναι η αναμενόμενη εισροή σε κάθε ταμιευτήρα και με ποια χρονική κατανομή;
- Ποια είναι η αρχική στάθμη του κάθε ταμιευτήρα; Μήπως χωρέσει το νερό που πρόκειται να εισέλθει;
- Ποια ποσότητα ενδέχεται να υπερχειλίσει από κάθε φράγμα, σε ποια χρονική στιγμή και πως θα επηρεάσει τα κατάντη φράγματα;



- Πόσο χρόνο θα κάνει για να φτάσει η εκροή από ένα φράγμα στο κατάντη φράγμα; Ο χρόνος αυτός δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες ροής.
- Πόσο γρήγορα ανεβαίνει ή κατεβαίνει η στάθμη του ταμιευτήρα, λόγω εισροής και εκροής;
- Πόσο χάνουμε ή κερδίζουμε οικονομικά;





Προσομοίωση στον Η/Υ της λειτουργίας των 3 φραγμάτων του Άρδα, με στόχο τη μεγιστοποίηση παραγωγής ενέργειας και την αποφυγή πλημμύρας

Σκοπός: Συνεχής προσομοίωση της ροής μέσω των ταμιευτήρων και μέσω του ποταμού με ένα πρόγραμμα Η/Υ για τις επόμενες 5 μέρες. Η προσομοίωση περιλαμβάνει όλους τους εναλλακτικούς τρόπους λειτουργίας των υδροηλεκτρικών εργοστασίων, τη διόδευση κάθε φορά της ροής μέσω του ποταμού και των ταμιευτήρων με στόχο τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας και την αποφυγή πλημμύρας.

Εισαγωγή δεδομένων:

- Εκτίμηση απορροής των επόμενων 5 ημερών και αρχικές στάθμες ταμιευτήρων

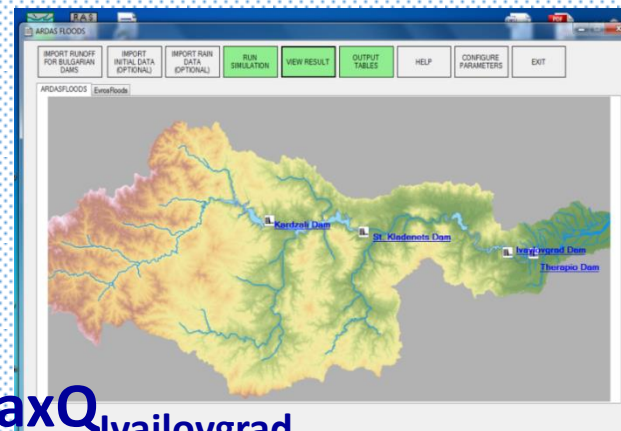
Αποτέλεσμα: Βέλτιστος χειρισμός απελευθερώσεων νερού από τα 3 φράγματα για μεγιστοποίηση παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας και αποφυγή πλημμυρών.



Προσομοίωση στον Η/Υ της λειτουργίας των 3 φραγμάτων του Άρδα, με στόχο τη μεγιστοποίηση παραγωγής ενέργειας και την αποφυγής πλημμύρας

Περιορισμοί:

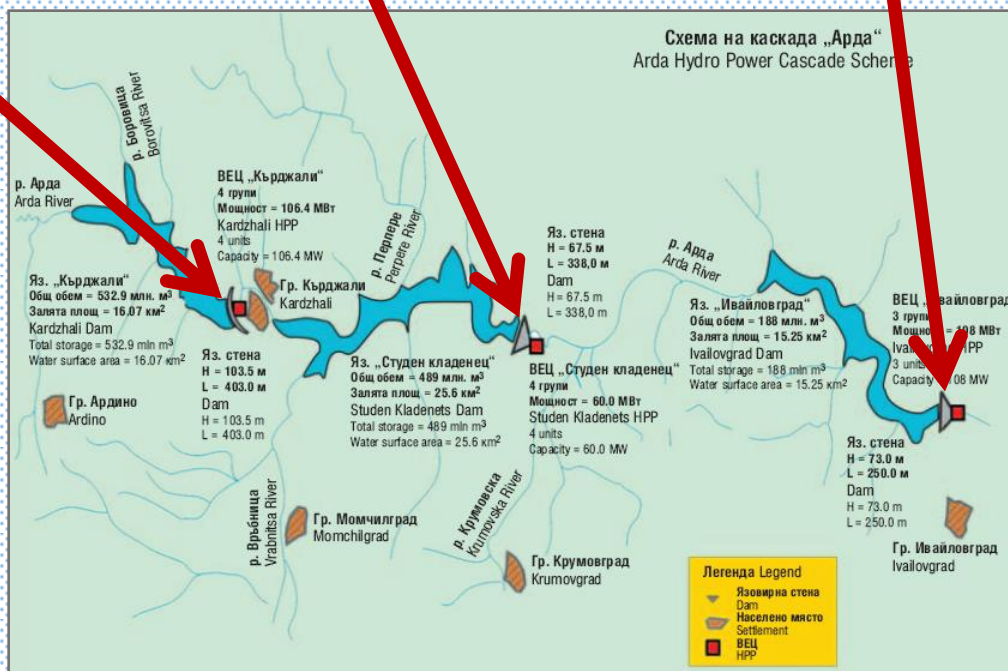
Μέγιστες επιτρεπόμενες παροχές κατόντη των φραγμάτων πέρα από τις οποίες δημιουργούνται πλημμύρες.



$MaxQ_{Kardjali}$

$MaxQ_{Stud.Klad.}$

$MaxQ_{Ivailovgrad}$

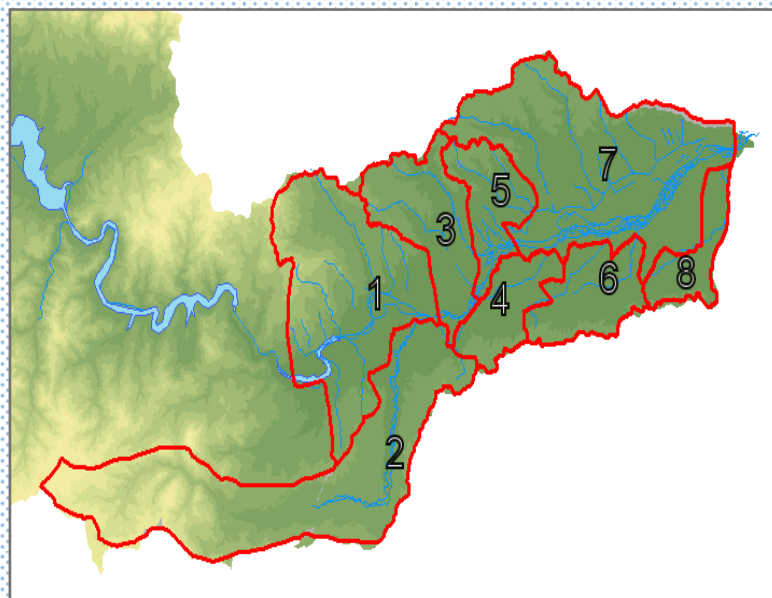


- Εξετάζει όλους τους εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης στα τρία φράγματα και κάνει όλους τους υδραυλικούς υπολογισμούς για κάθε έναν από αυτούς.
- Για να προσομοιωθεί η λειτουργία των υδροηλεκτρικών εργοστασίων για συγκεκριμένες ώρες και όχι για 24ωρη λειτουργία εισήχθη ο συντελεστής χρησιμοποίησης (Utilization Factor), ο οποίος λαμβάνει τιμές από 0% (για μηδενική λειτουργία) έως 100% (για 24ωρη λειτουργία). Ο συντελεστής χρησιμοποίησης υπολογίζεται από το αναπτυχθέν λογισμικό, όταν αναζητείται η βέλτιστη λύση.
- Ταυτόχρονα υπολογίζει την παραγόμενη κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου υδροηλεκτρική ενέργεια καθώς και τη δυνάμενη να παραχθεί με το αποθηκευμένο στους ταμιευτήρες νερό στο τέλος του επεισοδίου.



➤ Υδρολογική προσομοίωση

Στο Ελληνικό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης και έχοντας πρόβλεψη βροχόπτωσης για τις επόμενες πέντε μέρες, ανά 3ωρο, σε τετραγωνικά κελιά διαστάσεων 8 x 8 Km προερχόμενη από το NIMH, μετασχηματίζει τη βροχή σε άμεση απορροή με τη μέθοδο του Συνθετικού Μοναδιαίου Υδρογραφήματος του Snyder σε συνδυασμό με την μέθοδο Horton για τον υπολογισμό των απωλειών λόγω διήθησης.





Διόδευση υδρογραφημάτων διαμέσου υδατορευμάτων

- Η διόδευση των υδρογραφημάτων διαμέσου των υδατορευμάτων γίνεται με τη διακριτοποίηση και αριθμητική επίλυση των εξισώσεων του κινηματικού κύματος.
- Οι βασικές εξισώσεις που περιγράφουν τη γενική μονοδιάστατη ασταθή ροή του νερού σε ανοικτούς αγωγούς και χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι η εξίσωση της συνέχειας και της ορμής (εξισώσεις St. Venant):

Συνέχεια:
$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = q_L + (i - f)$$

Ορμή:
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} = g(S_0 - S_f) - q_L \frac{(u - v)}{y}$$

Μετά από
απλοποιήσεις:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$Q = aA^m$$

Διόδευση υδρογραφημάτων διαμέσου ταμιευτήρων

- Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του υδατικού ισοζυγίου σε συνδυασμό τις σχέσεις «στάθμης νερού» – «όγκου νερού» στους ταμιευτήρες:

$$\frac{dS}{dt} = I - Q$$

όπου dS/dt είναι η μεταβολή του αποθηκευμένου όγκου νερού σε χρονικό διάστημα dt , I είναι η εισροή νερού στον ταμιευτήρα, Q είναι η εκροή νερού από τον ταμιευτήρα είτε μέσω των υδροστροβίλων, είτε μέσω του υπερχειλιστή.

- Για την εκροή από τον υπερχειλιστή χρησιμοποιήθηκε σχέση της μορφής:

$$Q_{\varepsilon} = C \cdot B \cdot d \cdot H^{1.5}$$



Επιλέγεται το βέλτιστο διαχειριστικό σχέδιο με 2 τρόπους:

➤ 1^{ος} Τρόπος

- Κατατάσσει τις εναλλακτικές λύσεις με βάση το οικονομικό όφελος, δηλαδή με βάση την παραγόμενη ενέργεια. Η κατάταξη γίνεται κατά φθίνουσα σειρά από τη μεγαλύτερη ενέργεια προς τη μικρότερη.
- Παράλληλα, με βάση τις πλημμυρικές αιχμές, που δημιουργούνται κατόπιν των τριών φραγμάτων, αποκλείονται τα σενάρια εκείνα που προκαλούν πλημμύρες.
- Οπότε, ως βέλτιστη επιλογή προτείνεται εκείνο το σενάριο διαχείρισης, όπου παράγεται η μέγιστη ενέργεια (από τον κατάλογο κατά φθίνουσα σειρά), αλλά ταυτόχρονα δεν δημιουργεί πλημμύρα κατόπιν των φραγμάτων.**

Result Viewer

Optimum Solution | Graphs | Output Tables

Simulation for Viewing	Kardzali UF(%)	St. Kladenets UF (%)	Ivaylovgrad UF (%)	Total Energy Production plus the remaining energy (kWh)	Max flow downstream Kardzhali (m3/s)	Max flow downstream St. Kladenets (m3/s)	Max flow downstream Ivaylovgrad (m3/s)	Max flow downstream Ardas river (m3/s)
<input type="checkbox"/>	80	40	80	277,565	162.0	561.1	668.4	645.7
<input type="checkbox"/>	100	100	60	277,084	162.0	516.3	795.4	768.2
<input type="checkbox"/>	100	60	80	276,951	162.0	569.5	722.6	694.2
<input type="checkbox"/>	60	40	60	276,812	162.0	530.0	717.5	687.5
<input type="checkbox"/>	100	20	100	276,800	162.0	624.8	579.3	576.8
<input type="checkbox"/>	60	80	40	276,613	162.0	482.8	779.8	738.5
<input type="checkbox"/>	40	100	100	276,406	685.9	482.8	568.8	564.0
<input type="checkbox"/>	80	60	60	276,243	162.0	534.2	756.6	719.7

Flood Detected in Scenario
 Flood Danger Detected in Scenario
 No Flood Danger

Flood Limit At downstream of Ardas (m3/s): 800
 Flood Limit At downstream of Kardzali Dam (m3/s): 600
 Flood Limit At downstream of St. Kladenets Dam (m3/s): 600
 Flood Limit At downstream of Ivaylovgrad Dam (m3/s): 800

Export to .csv file

- Εάν η πρώτη επιλογή (μεγαλύτερη ενέργεια) δημιουργεί ροές στον Άρδα που η αιχμή τους δεν ξεπερνάει τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια που τέθηκαν, τότε αυτή είναι η βέλτιστη λύση.
- Αλλιώς πάμε στη 2η επιλογή, ή στην 3^η, κ.ο.κ.

➤ 2^{ος} Τρόπος

Βασίζεται σε ένα συνθετικό κριτήριο αξιολόγησης με στόχο τη συνολική βελτιστοποίηση του συστήματος, που ορίζεται ως εξής:

- Οικονομική αποτίμηση της παραγόμενης ενέργειας και παράλληλα οικονομική αποτίμηση των (ενδεχόμενων) ζημιών πλημμυρών από τη διόδευση των πλημμυρικών κυμάτων στον ποταμό Άρδα διαμέσου των τριών Βουλγάρικων φραγμάτων.
- Έτσι η αξιολόγηση και η κατάταξη όλων των σεναρίων διαχείρισης των φραγμάτων γίνεται με βάση το όφελος από την παραγωγή ενέργειας μείον το αντιστοιχούν λόγω των απελευθερωμένων ποσοτήτων νερού από τα τρία φράγματα (ενδεχόμενο) κόστος πλημμυρών.



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Επιλογή βέλτιστης διαχείρισης με τον 2^ο τρόπο

Result Viewer

OPTIMUM SOLUTION - Initial water level at reservoirs: Kardzhaly-314m, St. Kladenets-220m, Ivaylovgrad-120m

Scenario (UF% for Kardzhaly / St.Kladenets / Ivaylovgrad)	Max flow downstream Ivaylovgrad (m3/s)	Return Period (yrs)	Flood Maps & Graphs	Total Profit (million euros)	Energy Profit (million euros)	Flood cost (million euros)	Total Weighted Energy (including remaining energy)(MWh)	Total Energy Production plus the remaining energy (MWh)	Max flow downstream Kardzhali (m3/s)	Max flow downstream St. Kladenets (m3/s)	Max flow at Ardas outlet (m3/s)	Total E during
100% / 100% / 100%	1,181.2	9	T10	20.98	23.43	2.46	334.762	341.439	532.3	877.5	1,180.9	
75% / 100% / 100%	1,187.9	10	T10	20.70	23.37	2.67	333.851	339.918	625.8	896.3	1,184.5	
50% / 100% / 100%	1,189.7	10	T10	20.53	23.28	2.75	332.540	337.675	687.4	912.4	1,188.1	

Choose Scenario from the above table selecting the appropriate row

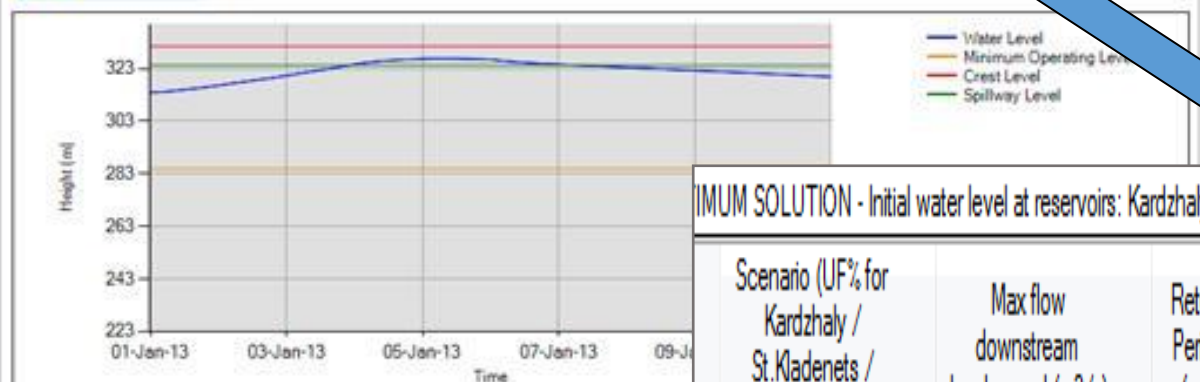
DETAILS FOR SCENARIO: UF FOR KARDZHALY:100% / ST.KLADENETS:100% IVAYLOVGRAD DAM:100%



Graphs Output Tables

Discharge Graphs Water Level Graphs Energy Graphs

Kardzhali



Hydraulic Capacity (GMAX) at downstream of:

Ardas (m3/s):	1000
Kardzali Dam (m3/s):	900
St. Kladenets Dam (m3/s):	897.7
Ivaylovgrad Dam (m3/s):	958

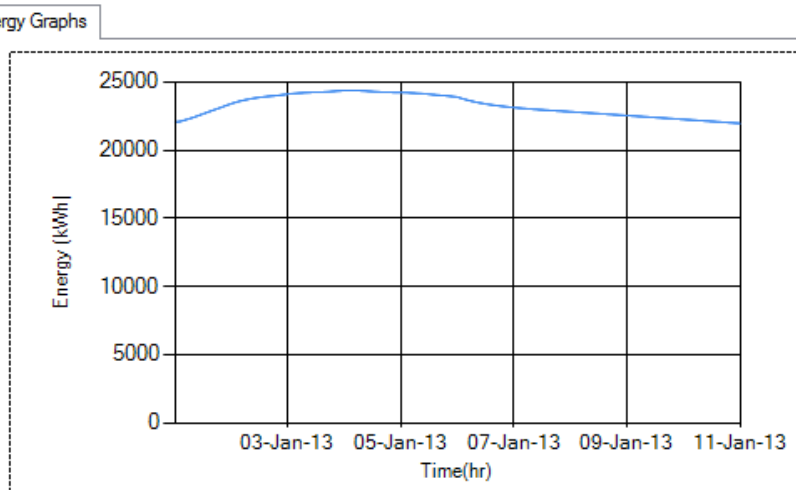
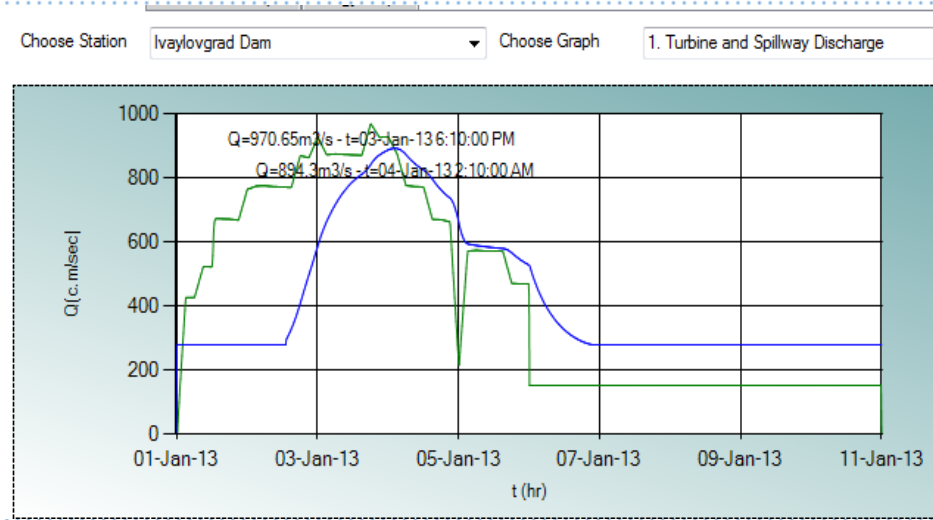
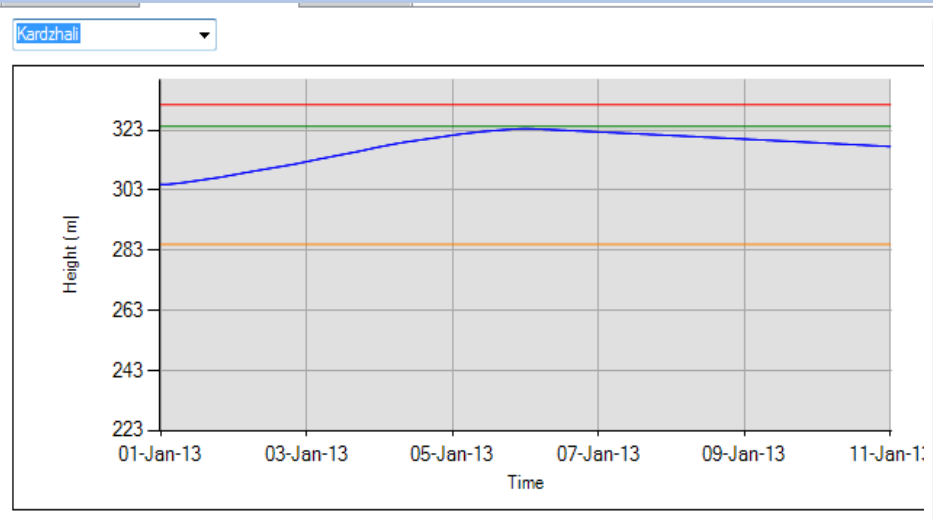
OPTIMUM SOLUTION - Initial water level at reservoirs: Kardzhaly-314m, St. Kladenets-220m, Ivaylovgrad-120m

Scenario (UF% for Kardzhaly / St.Kladenets / Ivaylovgrad)	Max flow downstream Ivaylovgrad (m3/s)	Return Period (yrs)	Flood Maps & Graphs	Total Profit (million euros)	Energy Profit (million euros)	Flood cost (million euros)	Total (m)
100% / 100% / 100%	1,181.2	9	T10	20.98	23.43	2.46	
75% / 100% / 100%	1,187.9	10	T10	20.70	23.37	2.67	
50% / 100% / 100%	1,189.7	10	T10	20.53	23.28	2.75	

Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για την επιλογή του βέλτιστου διαχειριστικού σχεδίου;

- Η απάντηση στο ερώτημα ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για την επιλογή του βέλτιστου διαχειριστικού σχεδίου έρχεται αμέσως μόλις εισαχθούν στο λογισμικό ρεαλιστικά δεδομένα.
- **Και οι δύο τρόποι οδηγούν στο ίδιο αποτέλεσμα**, καθώς το κόστος της πλημμύρας είναι συνήθως τάξεις μεγέθους μεγαλύτερο από το επιπλέον όφελος από την παραγωγή ενέργειας με διαφορετικούς χειρισμούς κατά τη διάρκεια της πλημμυρικής κρίσης.
- **Συνεπώς, τα πραγματικά δεδομένα οδηγούν στη μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας, αλλά και στην αποφυγή πλημμύρας με κάθε τρόπο.**

Παράγεται ποικιλία γραφημάτων και πινάκων αναφορικά με τα υδρογραφήματα εισροής – εκροής στους ταμιευτήρες και στα υδατορεύματα, την παραγόμενη ενέργεια συναρτήσει του χρόνου, την εξέλιξη της στάθμης στους ταμιευτήρες



Discharge Tables Dams' Reservoir Water Balance

Kardzhali

Time	Initial Elevation (m)	Water in Reservoir (X 1,000,000 m3)	Total Reservoir Inflow (m3/s)	Plant Discharge (m3/s)	Crest Discharge (m3/s)	Outflow (m3/s)	Energy Produced
01-Jan-13 12:00:00	320.95	393.49	0	0	0	0	0
01-Jan-13 12:00:00	320.95	393.49	0	162	0	162	22087.69
01-Jan-13 12:00:00	320.94	393.39	29.77	162	0	162	22086.02
01-Jan-13 12:00:00	320.94	393.31	100.61	162	0	162	22085.27
01-Jan-13 12:00:00	320.93	393.28	151.87	162	0	162	22085.09
01-Jan-13 12:00:00	320.93	393.27	201.87	162	0	162	22085.65
01-Jan-13 12:00:00	320.93	393.29	251.22	162	0	162	22086.76
01-Jan-13 12:00:00	320.94	393.35	300.18	162	0	162	22088.43
01-Jan-13 12:00:00	320.95	393.43	348.87	162	0	162	22090.85

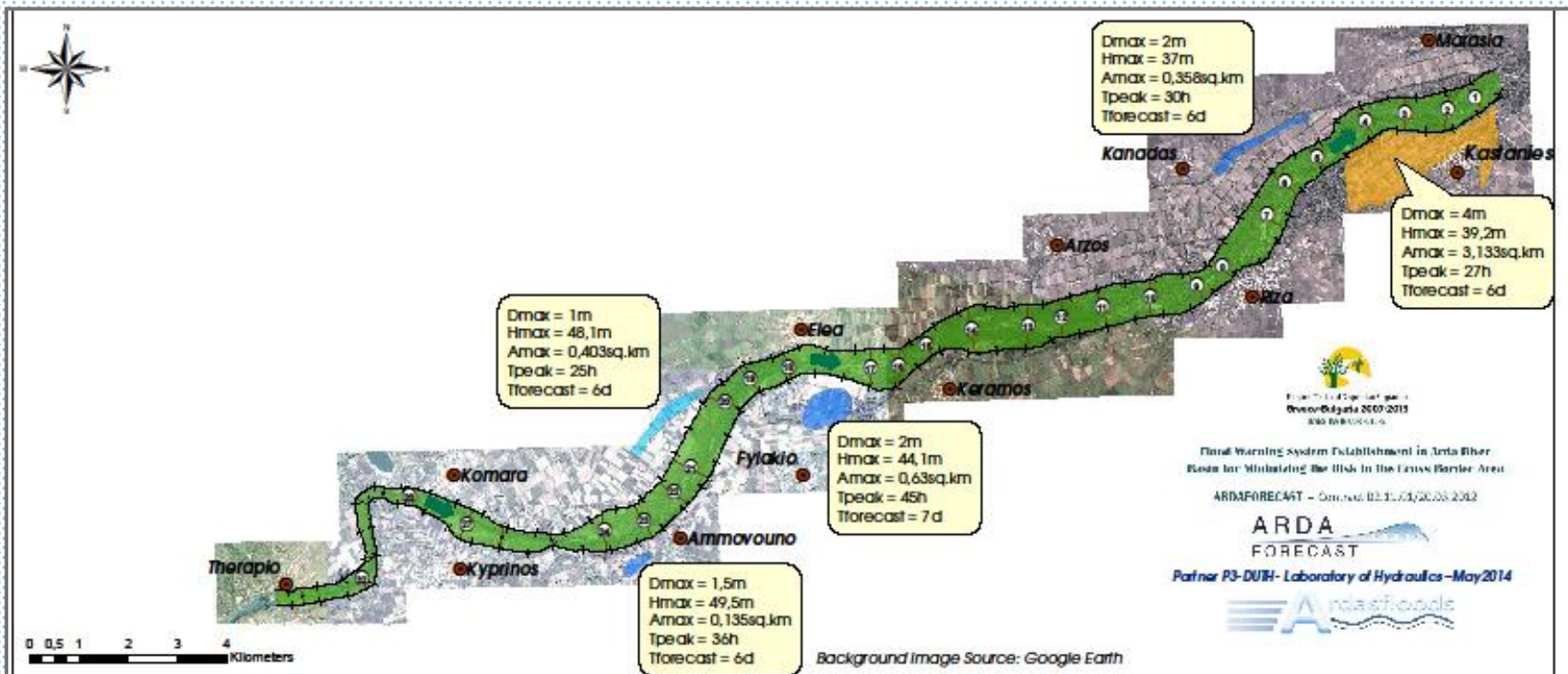
Export to Excel



ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Με βάση την παροχή αιχμής στο Ελληνικό έδαφος εμφανίζεται πλημμυρικός χάρτης

ARDA
FORECAST



INUNDATION MAP FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD T = 10 yrs

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
1.201 cu.m/s

MAP LEGEND

- Settlement
 - +— Ardas river banks
 - River cross-section
 - Flow between Arda's levees
- Maximum depth (Dmax)
- <1m
 - 1m - 2m
 - 2m - 4m
 - 4m - 6m

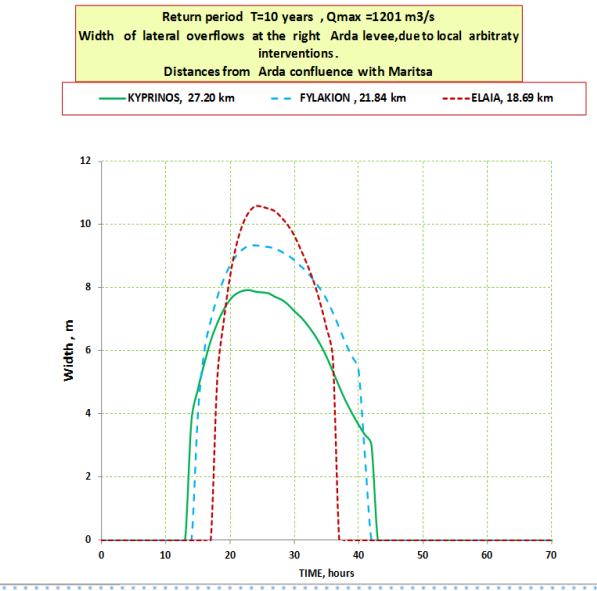
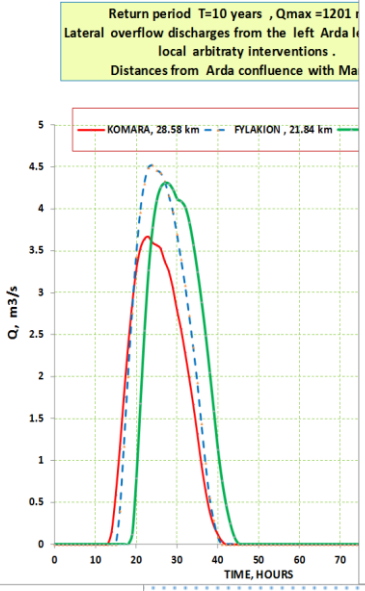
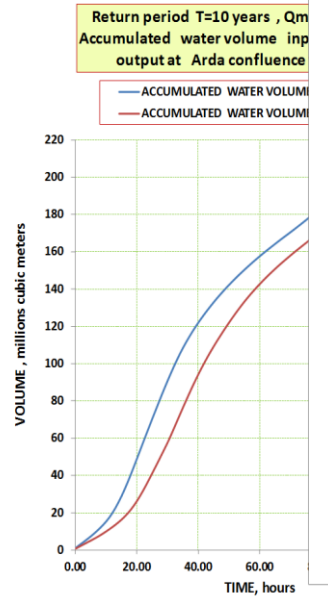
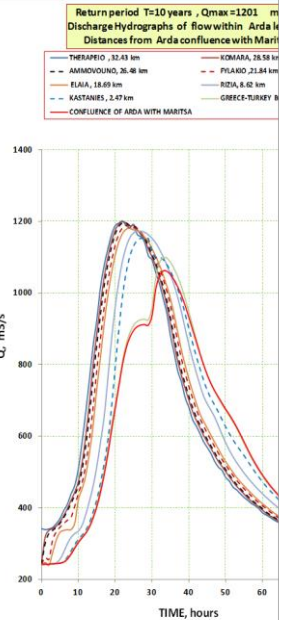
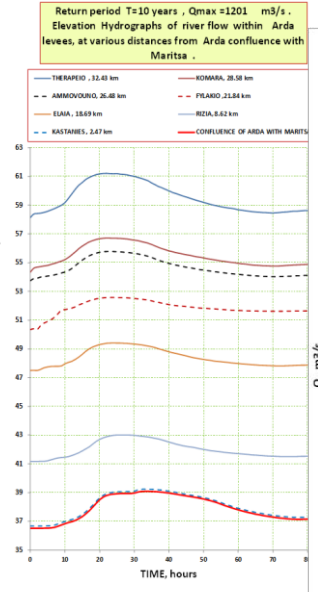
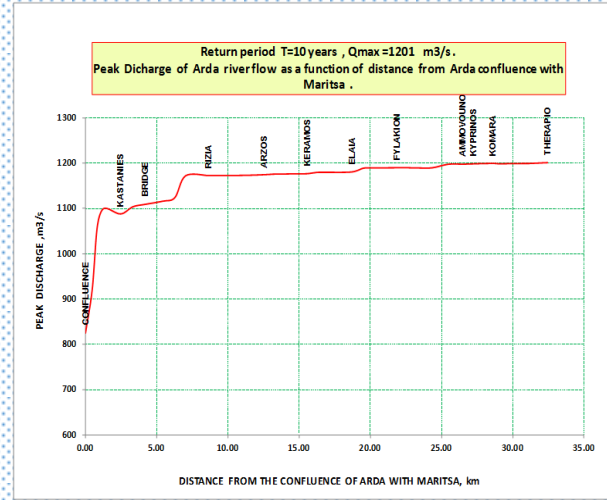
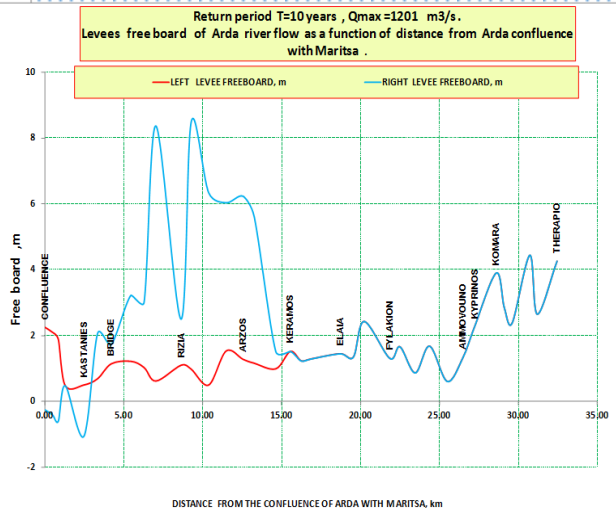
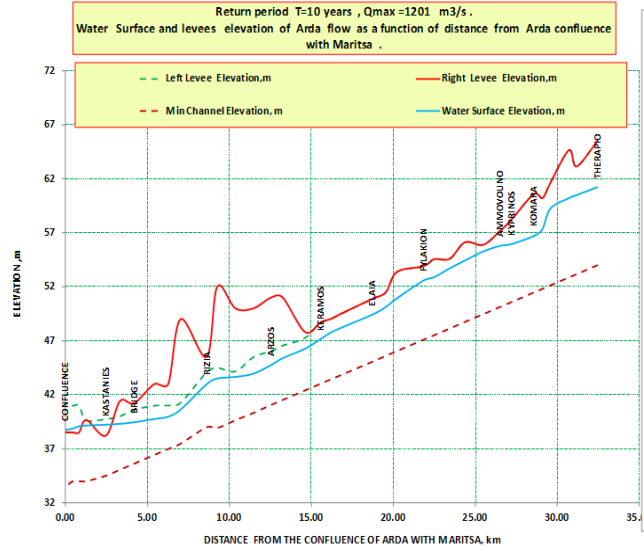
FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
Dmax	Max depth in the inundated area, in m
Hmax	Max free surface elevation in the inundated area, in m
Tpeak	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam, hours
Tforecast	Forecasted time of max Depth, in days
Amax	Max inundation area, km ²



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΡΕΝΧΕΣΤΡΟΦΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Με βάση την παροχή αιχμής στο Ελληνικό έδαφος εμφανίζεται πλήθος γραφημάτων εξέλιξης του πλημμυρικού υδρογραφήματος



- Οι δύο χώρες Ελλάδα και Βουλγαρία έχουν συνειδητοποιήσει τη σπουδαιότητα της συνεργασίας για την επίλυση του προβλήματος των πλημμυρών, που από τεχνική άποψη δεν είναι ούτε απλό, ούτε τετριμμένο.
- Έχει γίνει σημαντική επιστημονική ανάλυση και έρευνα και η παρούσα εργασία αποτελεί ένα μέρος της συνολικής αυτής συνεργατικής προσπάθειας.
- Απομένει τώρα να προχωρήσουν περισσότερο αποφασιστικά στην εφαρμογή και στη χρήση όσων αναπτύχθηκαν σε ημερήσια βάση με πνεύμα ειλικρινούς συνεργασίας, αφήνοντας στο παρελθόν την καχυποψία και την μετάθεση ευθυνών.

- Πιστεύουμε, πως ο καλύτερος τρόπος επίλυσης προβλημάτων διασυνοριακών λεκανών είναι:
 - ✓ *η εύρεση λύσεων και εναλλακτικών στρατηγικών* σε τεχνικό επίπεδο από μικτές (κοινές) επιστημονικές ομάδες και
 - ✓ στη συνέχεια με διαπραγματεύσεις σε **διπλωματικό επίπεδο** οι ενδιαφερόμενες χώρες θα επιλέξουν από κοινού τη βέλτιστη στρατηγική μοιραζόμενες από κοινού τα οφέλη αλλά και τα αναλογούντα κόστη.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επέλεξε 28 έργα από όλα τα προγράμματα (όχι μόνο τα INTERREG), ως παραδείγματα για το πως τα Ευρωπαϊκά χρήματα «πιάνουν τόπο» για τους Ευρωπαίους πολίτες.

Μέσα σε αυτά βρίσκεται το ARDAFORECAST.

http://ec.europa.eu/regional_policy/index.cfm/en/projects/bulgaria/ardaforecast-a-reliable-flood-warning-system-developed-for-the-cross-border-arda-river



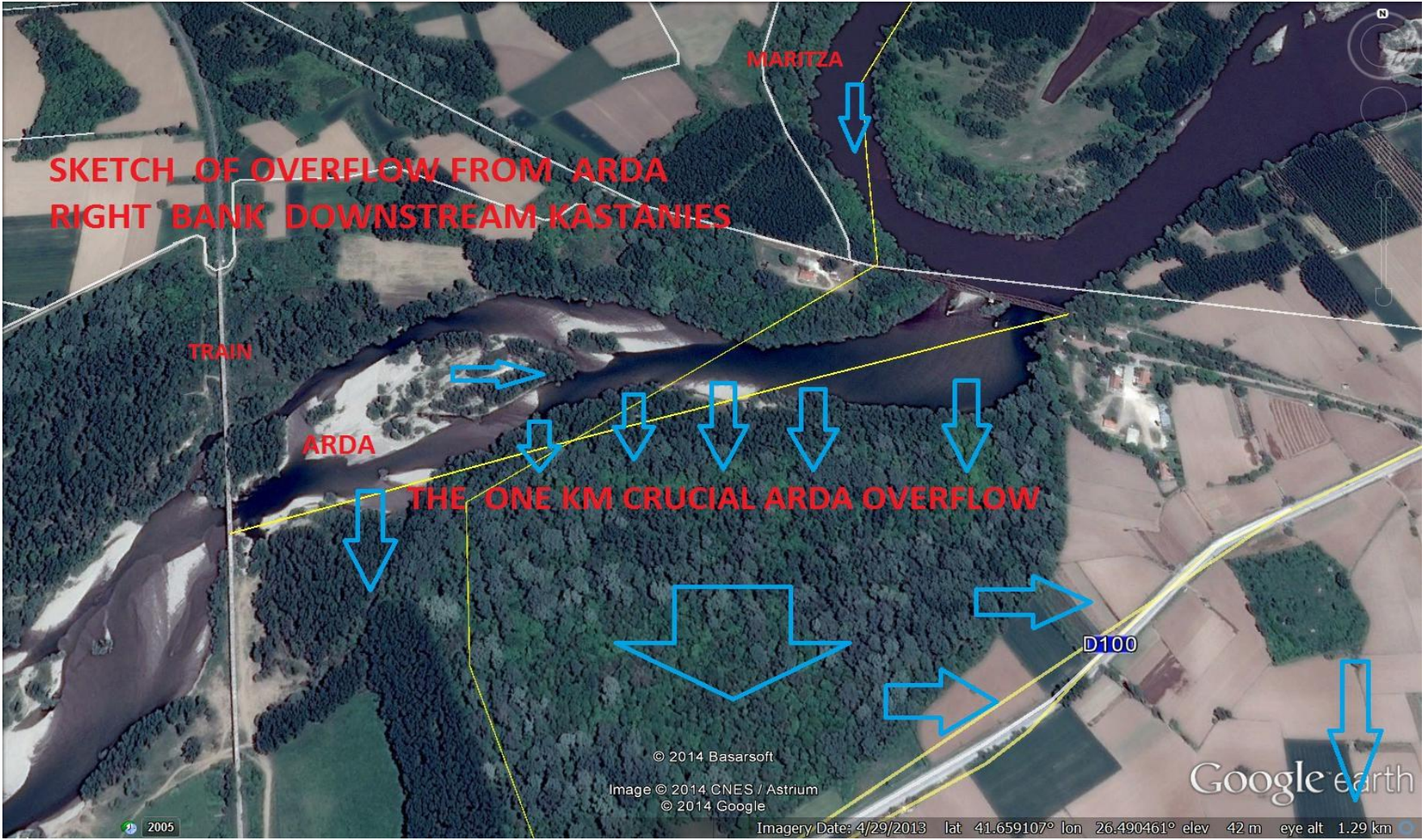
ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Σημαντική Τιμητική Διάκριση

ARDA
FORECAST







**SKETCH OF OVERFLOW FROM ARDA
RIGHT BANK DOWNSTREAM KASTANIES**

TRAIN

ARDA

MARITZA

THE ONE KM CRUCIAL ARDA OVERFLOW

D100

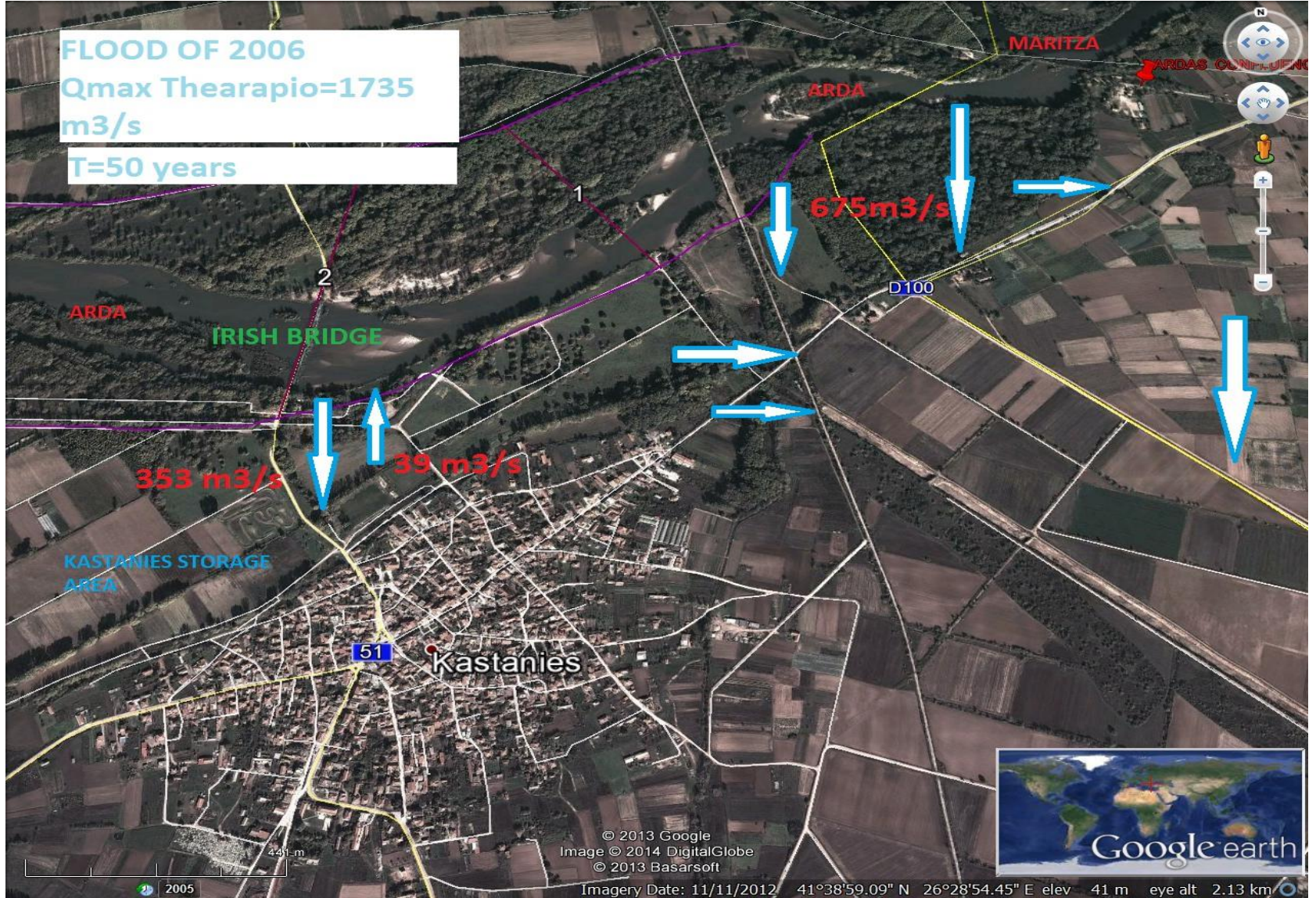
© 2014 Basarsoft

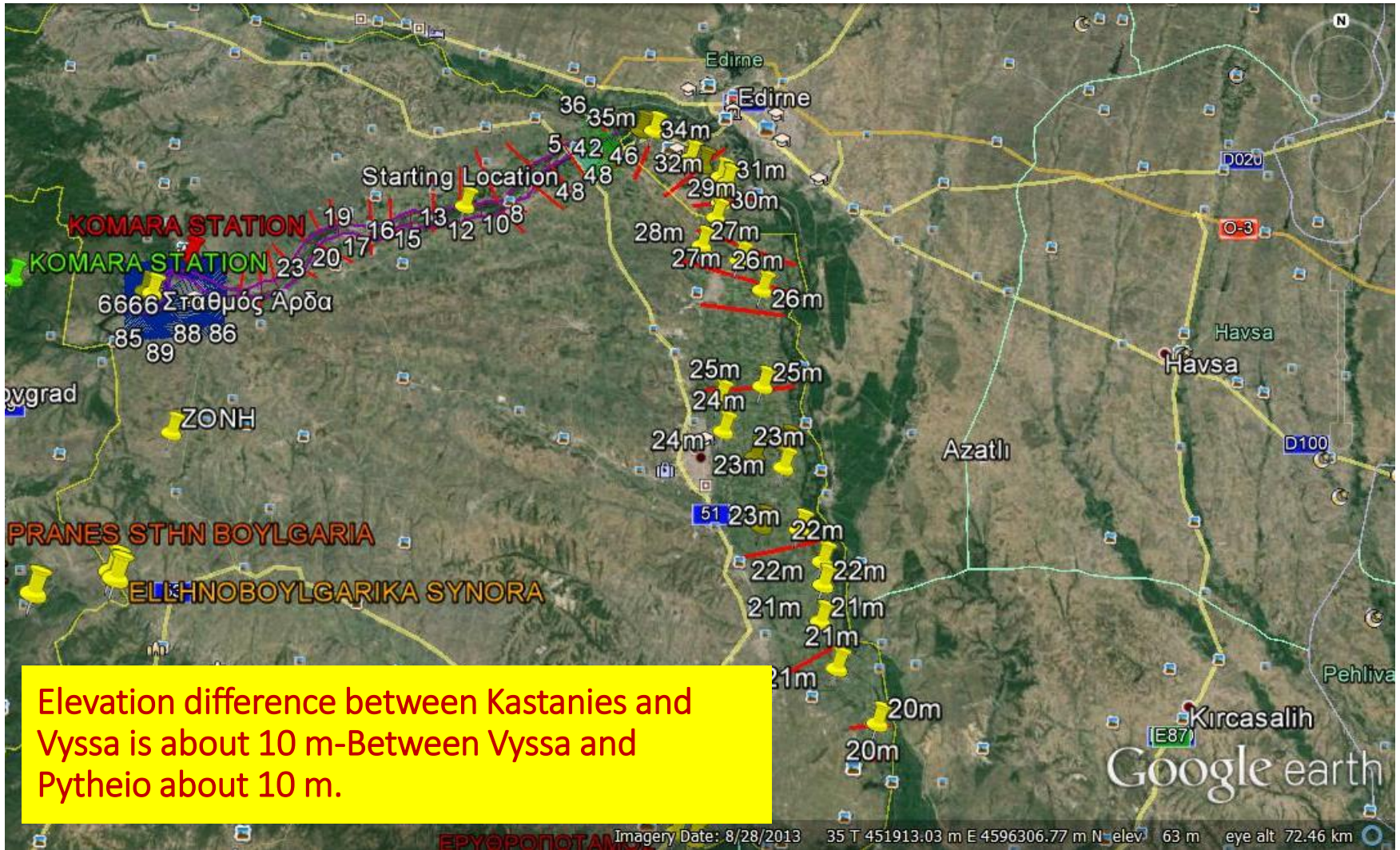
Image © 2014 CNES / Astrium
© 2014 Google

Imagery Date: 4/29/2013 lat 41.659107° lon 26.490461° elev 42 m eye alt 1.29 km

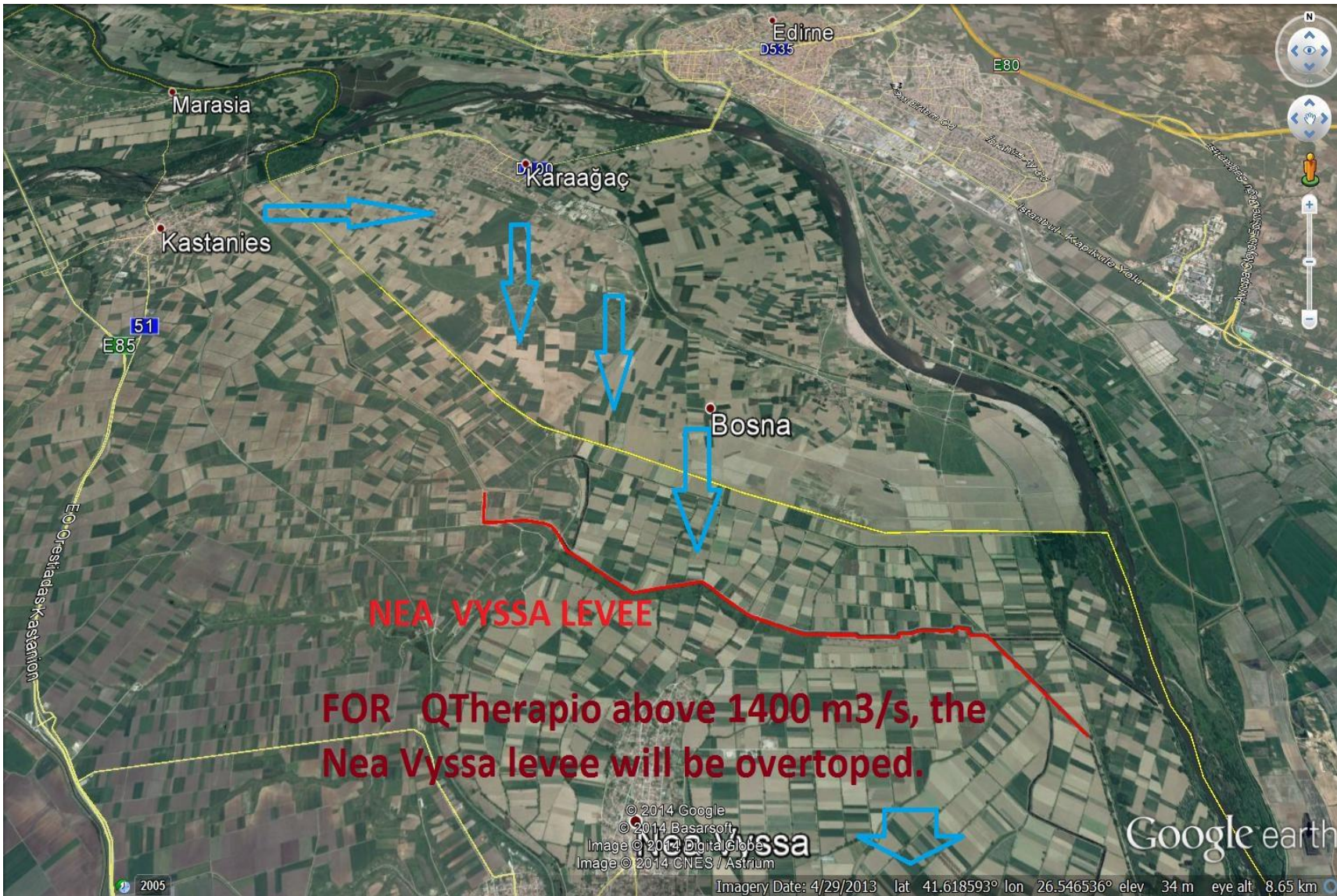
Google earth

2005





Elevation difference between Kastanies and Vyssa is about 10 m-Between Vyssa and Pytheio about 10 m.





VOLUME OF OVERFLOW WATER DOWNSTREAM KASTANIES WHICH CONTRIBUTES TO FLOODS OF NEA VYSSA -ORESTIADA

T, return period, years	$Q_{Therapio}$, m³/s	Volume overflow, million m³	NEW VYSSA LEVEE
5	958	1	OK
10	1201	13	OK
20	1434	28	PROBABLE OVERTOP
50	1735	50	OVERTOP
100	1961	69	OVERTOP
500	2483	116	OVERTOP
1000	2707	139	OVERTOP
10000	3452	204	OVERTOP



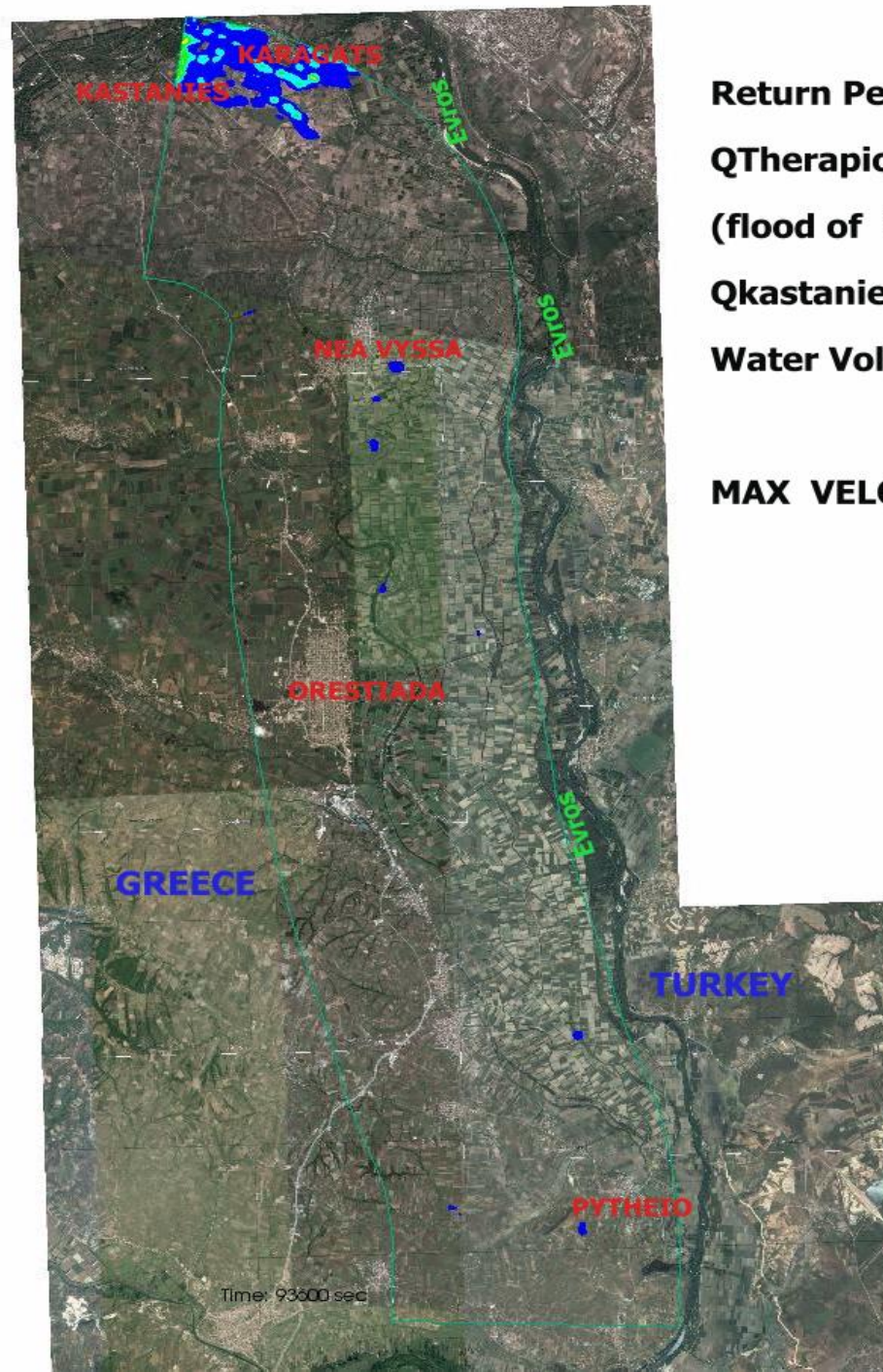
**WE MADE TWO DIMENSIONAL
SIMULATION OF ARDA FLOOD
WATERS MOVEMENT IN FLOOD
REGION III FOR THE SCENARIO:**

Return period $T=50$ years

$Q_{\max \text{ Therapio}} = 1735 \text{ m}^3/\text{s}$

**The Nea Vyssa levee will be
overtopped.**





Return Period T=50 Years

$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

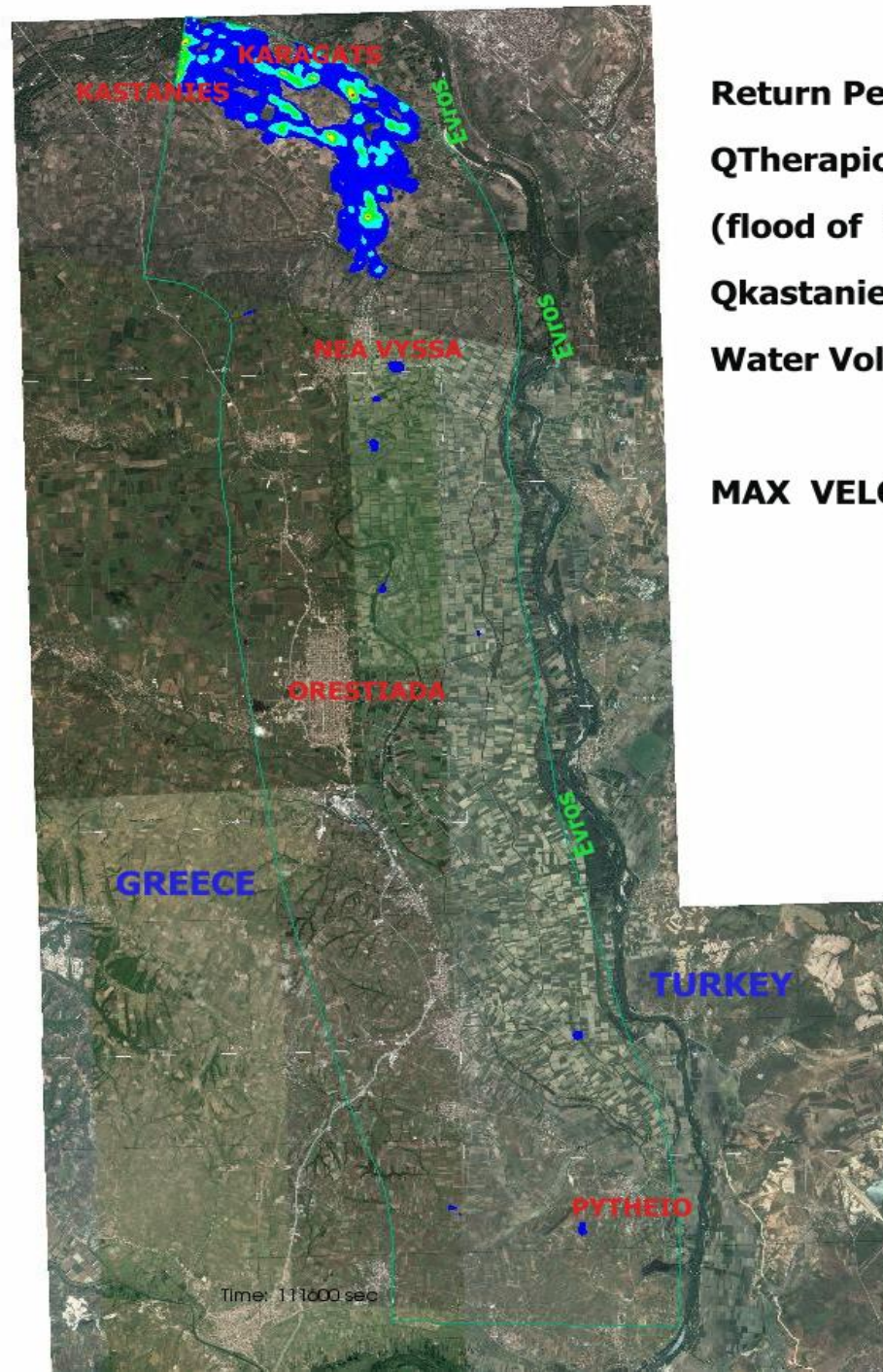
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period T=50 Years

$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

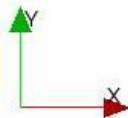
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

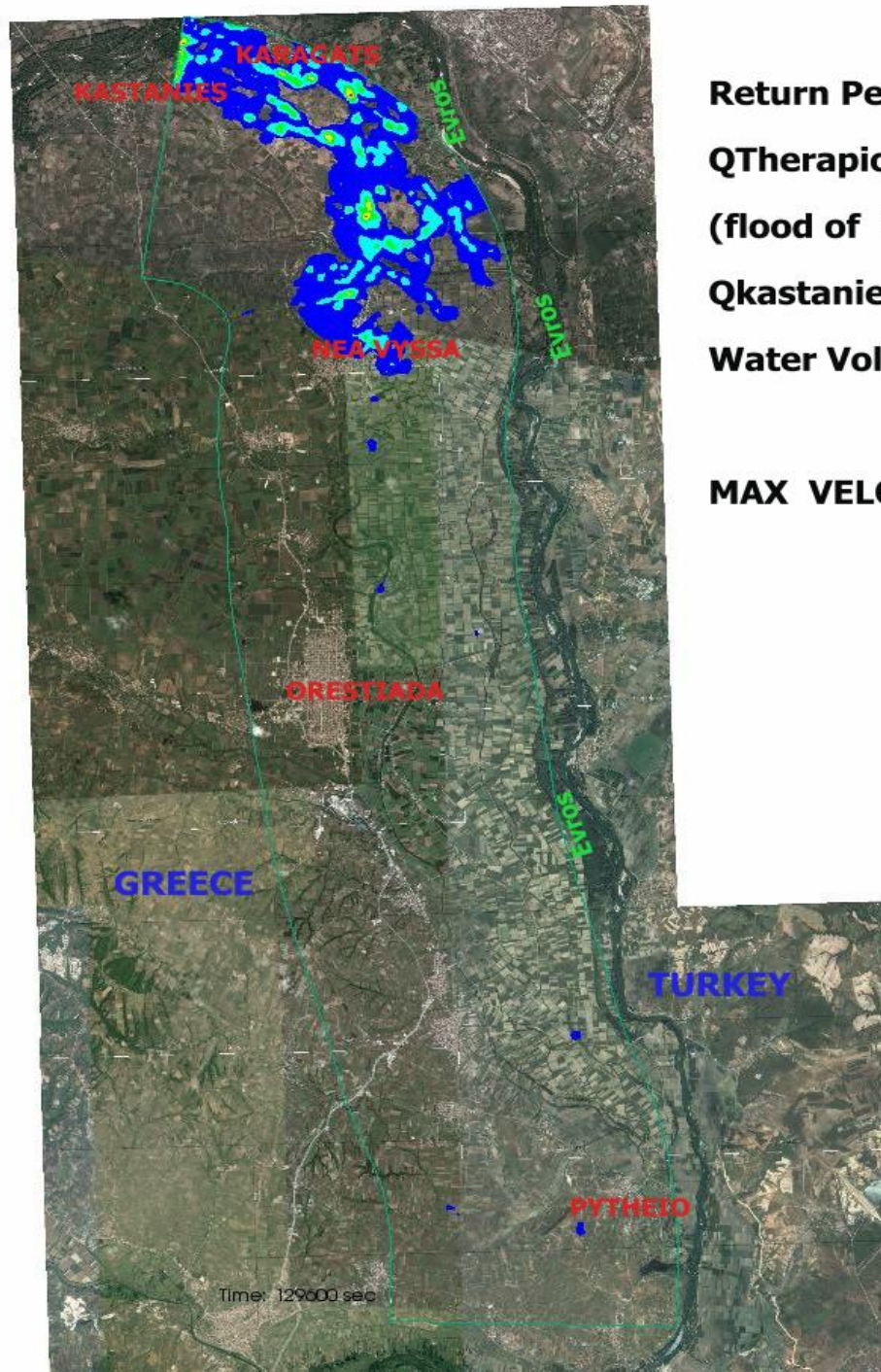
Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s

Velocity (magnitude Max)



Time: 111600 sec



Return Period T=50 Years

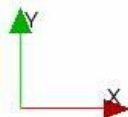
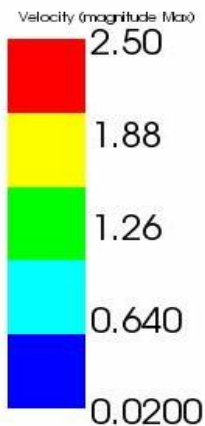
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

(flood of 2006)

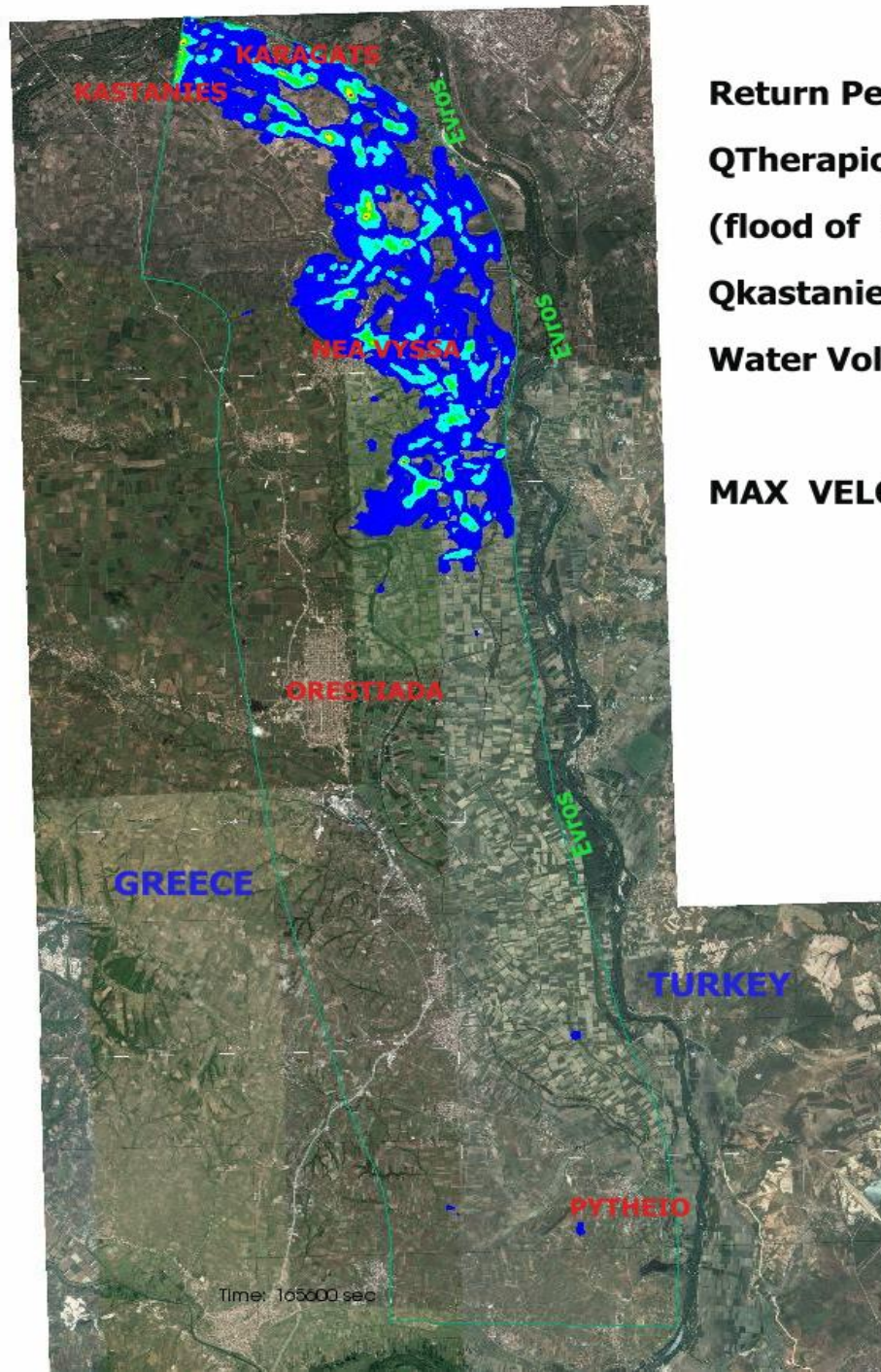
$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s



Time: 129600 sec



Return Period T=50 Years

$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

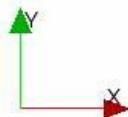
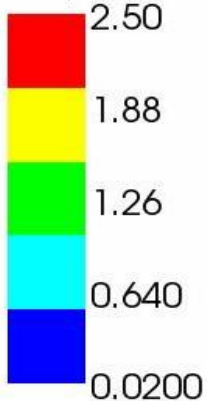
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

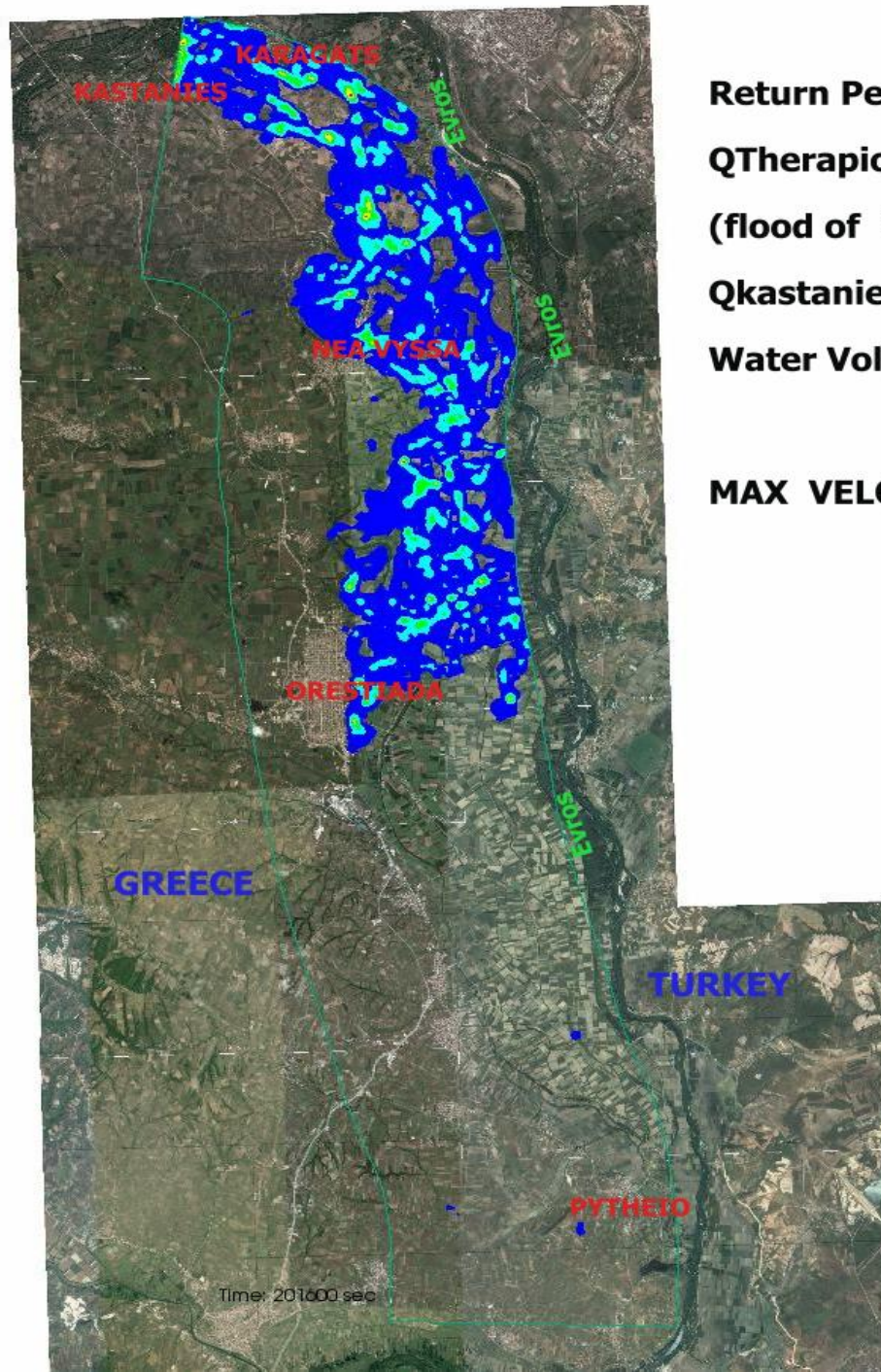
Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s

Velocity (magnitude Max)



Time: 105000 sec



Return Period T=50 Years

$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

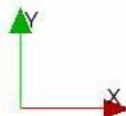
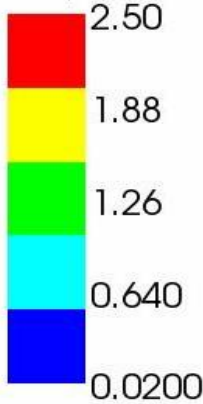
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

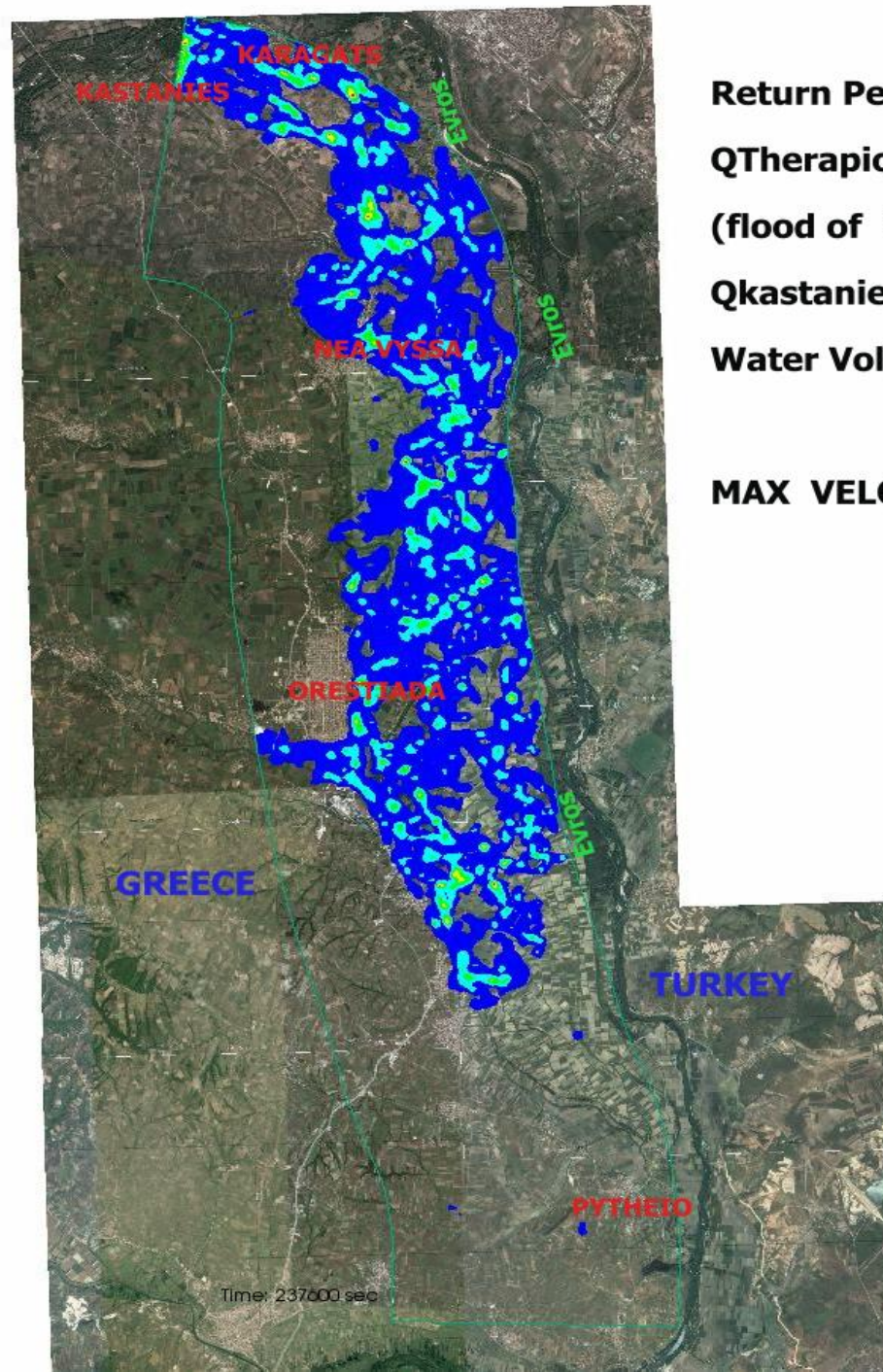
Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s

Velocity (magnitude Max)



Time: 201600 sec



Return Period T=50 Years

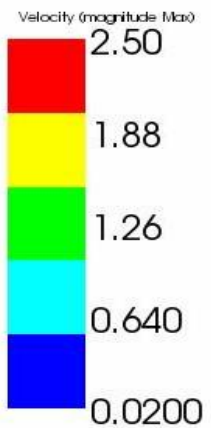
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

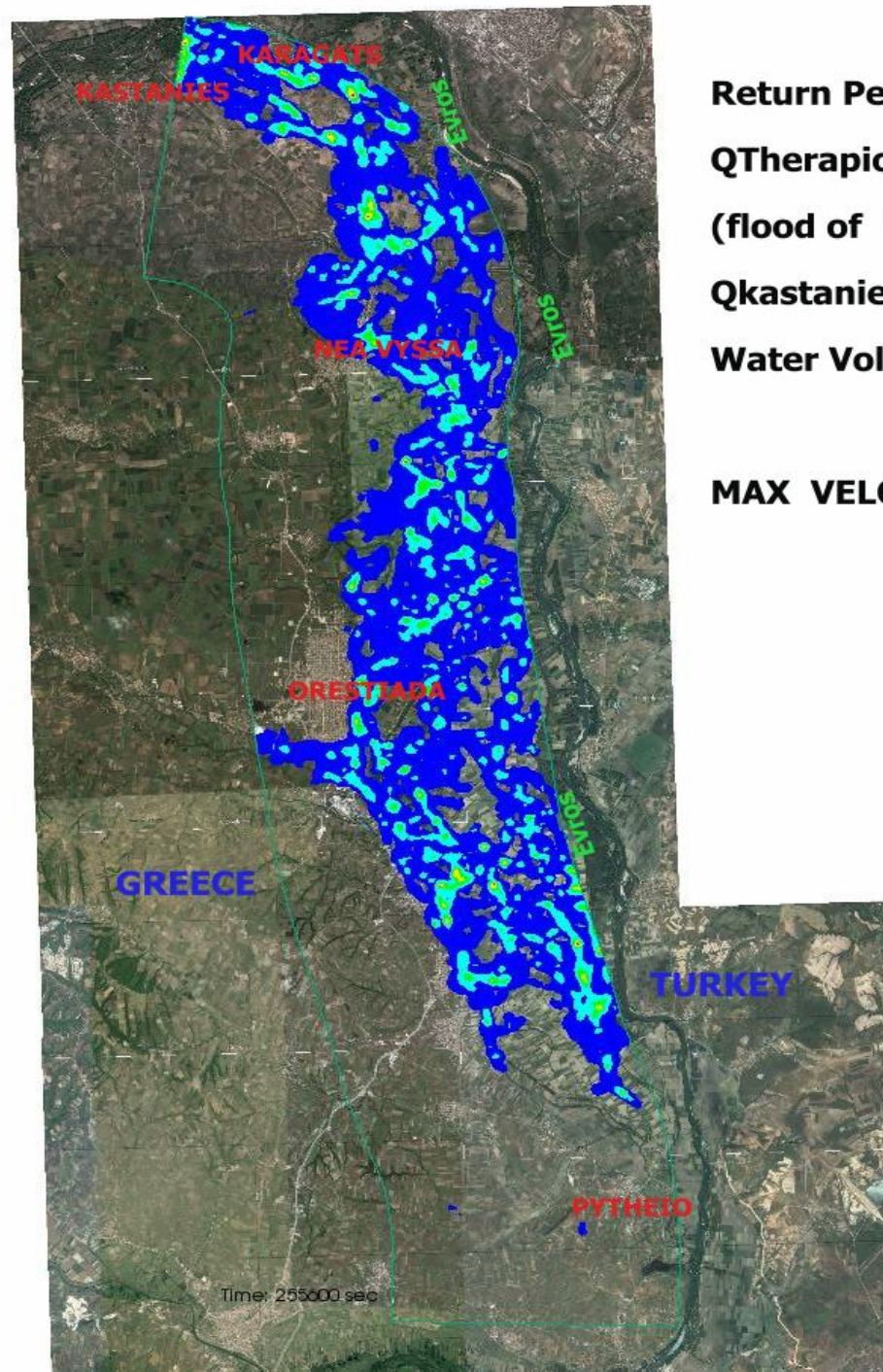
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=50$ Years

$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

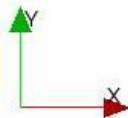
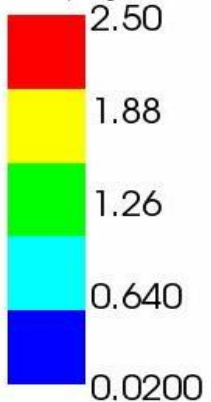
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

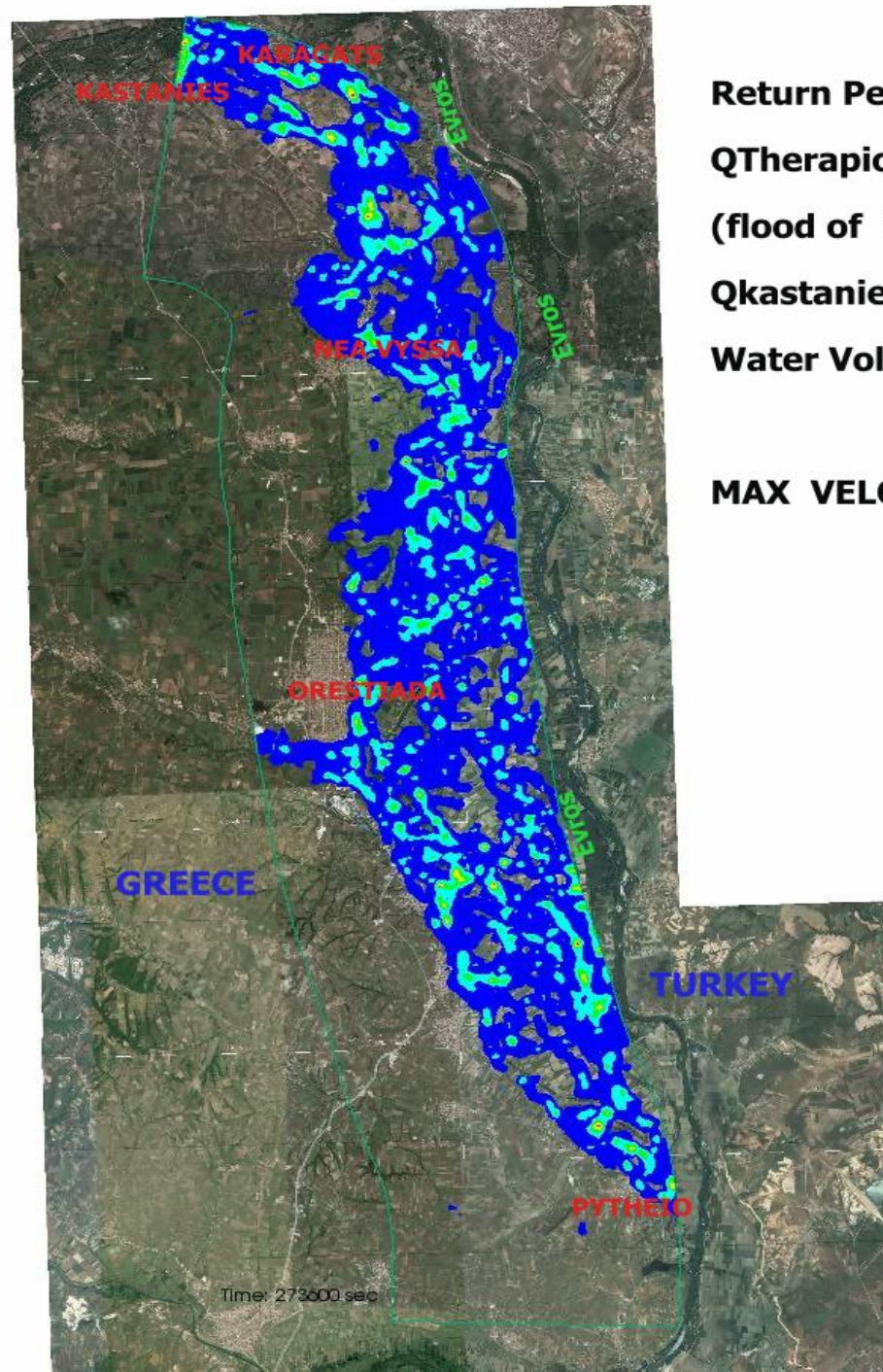
Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s

Velocity (magnitude Max)



Time: 255000 sec



Return Period T=50 Years

$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

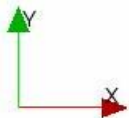
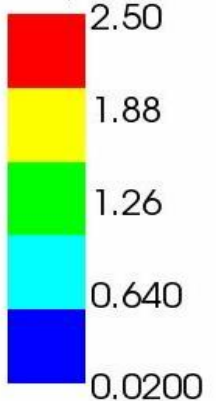
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

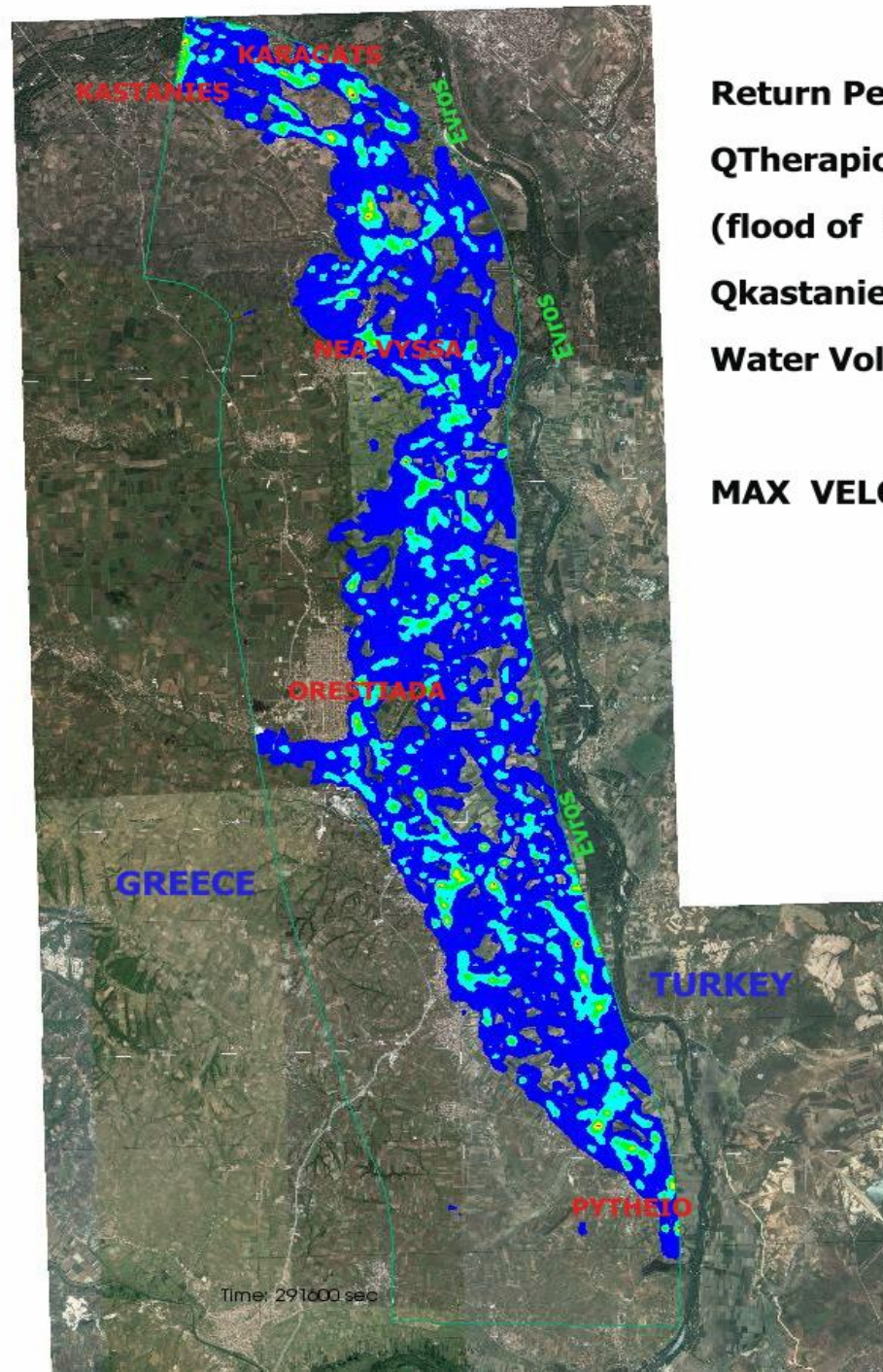
Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s

Velocity (magnitude Max)



Time: 273600 sec



Return Period T=50 Years

$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

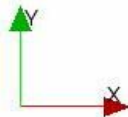
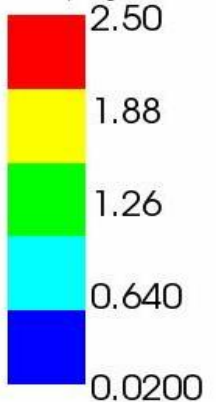
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s

Velocity (magnitude Max)



Time: 291600 sec



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE

Βύσσα, 2006







ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΒΡΑΧΗΣ
DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE

Ορεστιάδα, 2006







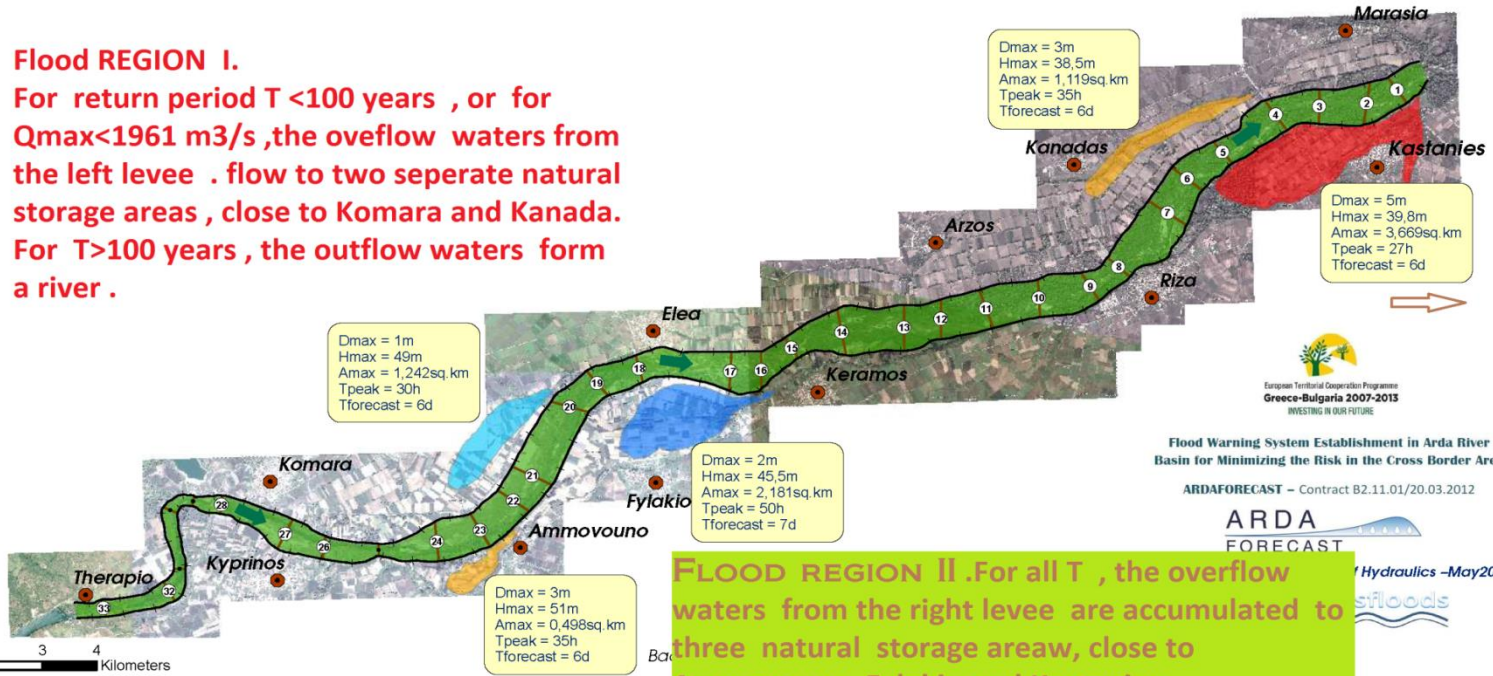
According to the Federal Emergency Management Agency (FEMA) of USA a levee should be designed, constructed, and maintained to withstand and reduce flood hazard posed by 1% annual chance flood (T=100 years return period). The flood having a 1% chance of being equaled or exceeded in any given year is called base flow. For Arda downstream Therapio the discharge hydrograph with T=100 years has a peak discharge 1961 m³/s.

We present subsequently the flood maps for the base flow-return Period T=100 years, $Q_{\max \text{ Therapio}} = 1961 \text{ m}^3/\text{s}$.



Flood REGION I.

For return period $T < 100$ years , or for $Q_{max} < 1961$ m³/s , the overflow waters from the left levee . flow to two separate natural storage areas , close to Komara and Kanada .
For $T > 100$ years , the outflow waters form a river .



Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST – Contract B2.11.01/20.03.2012

ARDA
FORECAST









Hydraulics –May2014
floods

FLOOD REGION II .For all T , the overflow waters from the right levee are accumulated to three natural storage area, close to Ammovouno, Fylakio and Kastanies.

INUNDATION MAP FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD $T = 100$ yrs

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
1.961 cu.m/s

MAP LEGEND

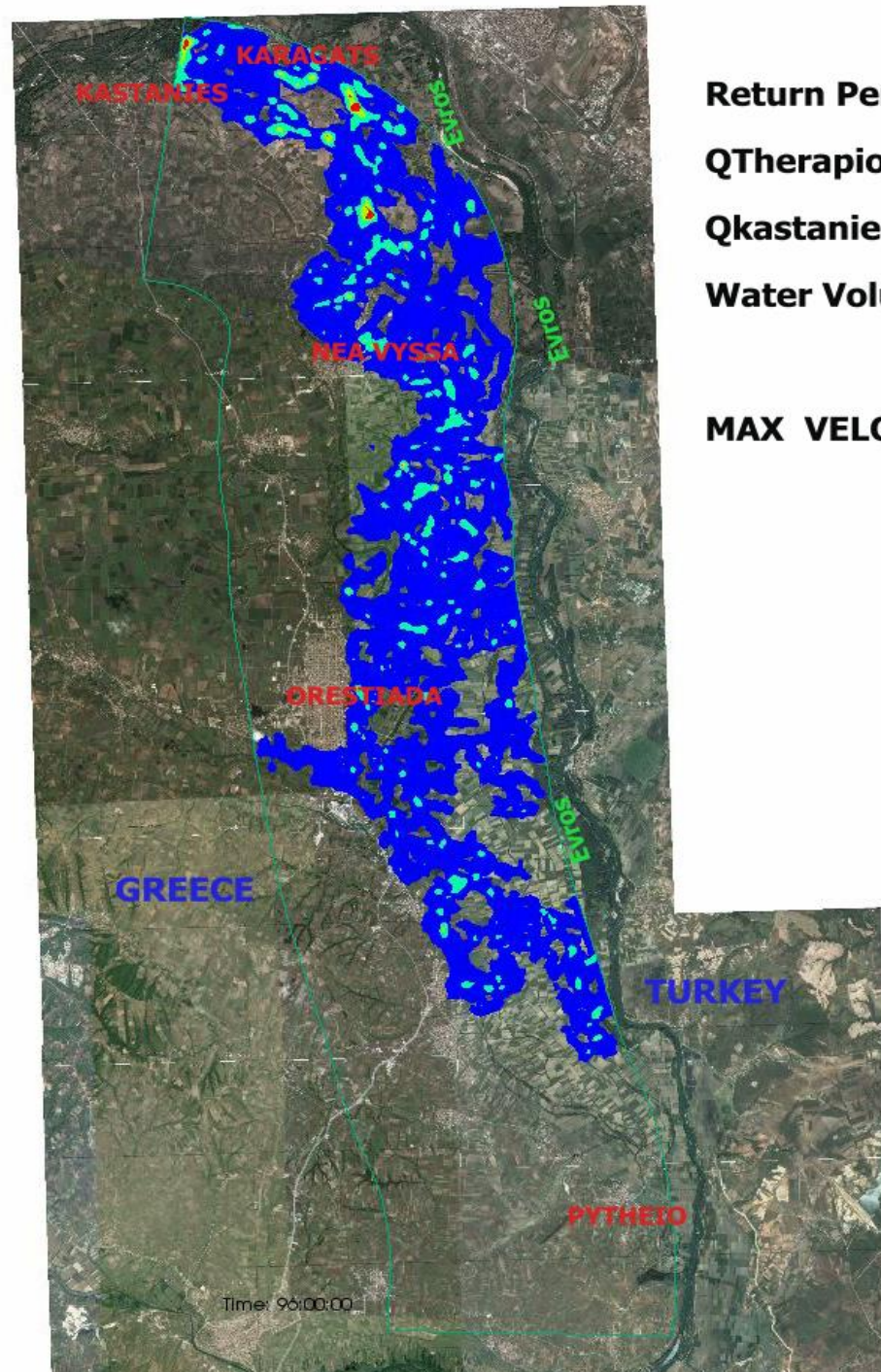
-  Settlement
-  Ardas river banks
-  River cross-section
-  Flow between Arda's levees
- Maximum depth (Dmax)**
-  <1m
-  1m - 2m
-  2m - 4m
-  4m - 6m

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
Dmax	Max depth in the inundated area , in m
Hmax	Max free surface elevation in the inundated area , in m
Tpeak	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam , hours
Tforecast	Forecasted time of max Depth , in days
Amax	Max inundation area, km ²



FLOOD REGION III.
The overflow waters from right levee ,downstream Kastanies, flows south east , towards Nea Vyssa, Orestiada and Pythio.
Inundation area about 70 km².



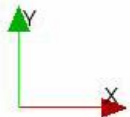
Return Period T=100 Years

QTherapio=1961 m³/s

Qkastanies-confluence=847 m³/s

Water Volume=92 million m³

MAX VELOCITY , m/s



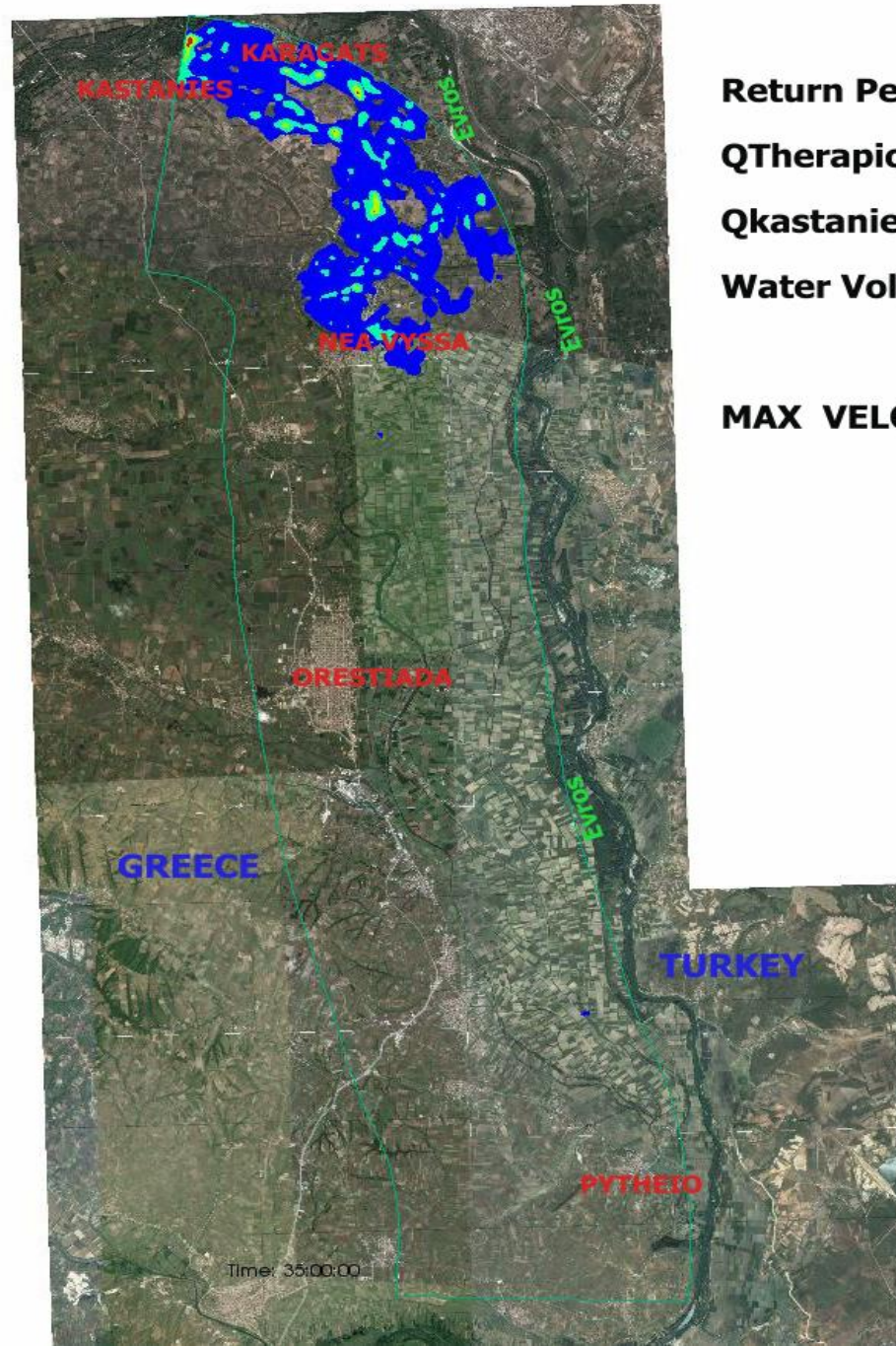
Time: 95:00:00



TWO DIMENSIONAL SIMULATION OF ARDA FLOOD WATERS MOVEMENT IN FLOOD REGION III FOR THE SCENARIO:

Return period $T=100$ years

$$Q_{\max \text{ Therapio}} = 1961 \text{ m}^3/\text{s}$$



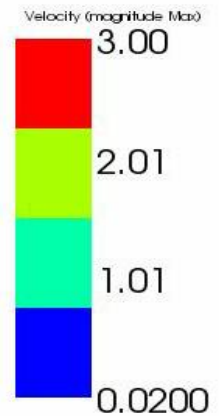
Return Period T=100 Years

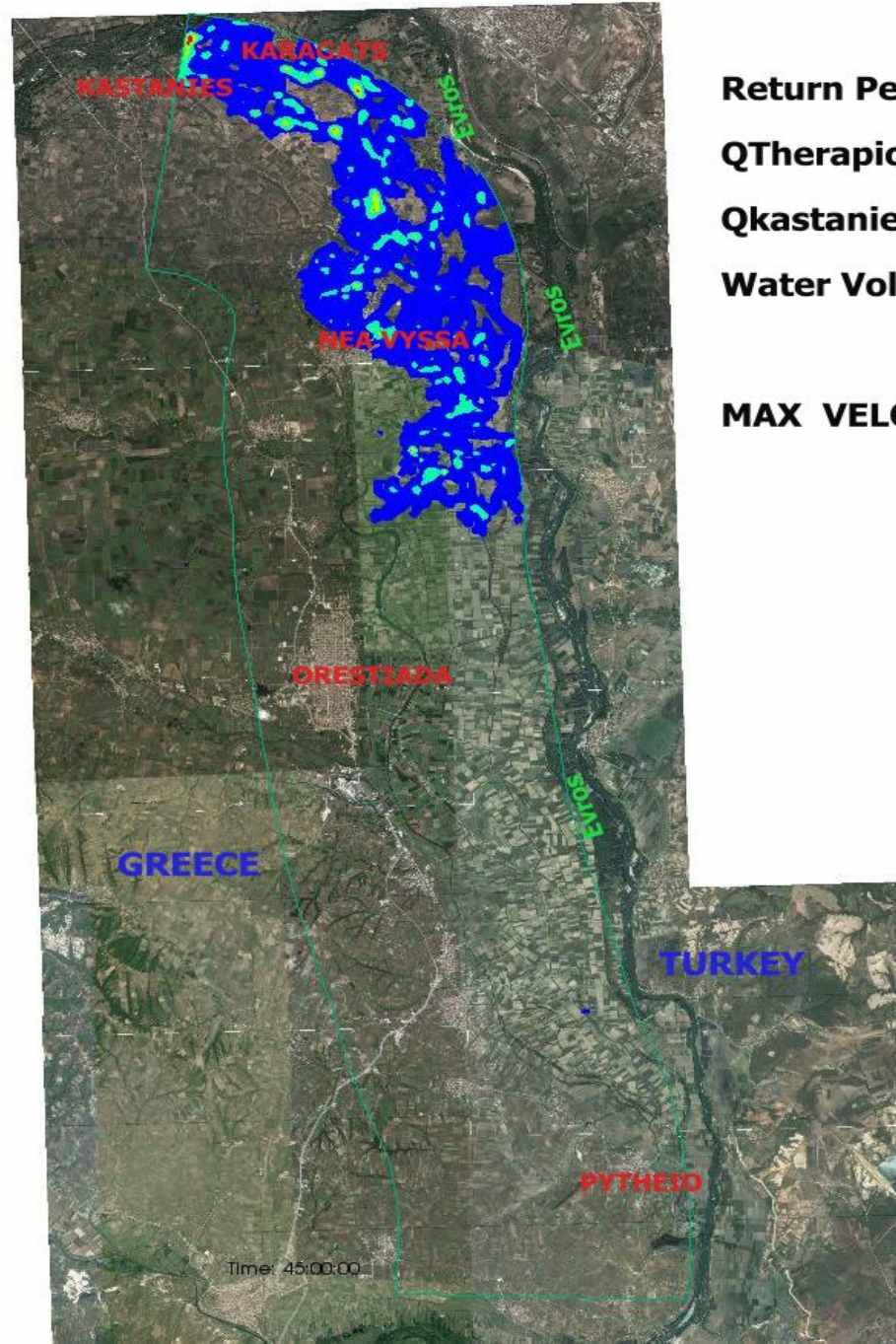
QTherapio=1961 m³/s

Qkastanies-confluence=847 m³/s

Water Volume=92 million m³

MAX VELOCITY , m/s





Return Period T=100 Years

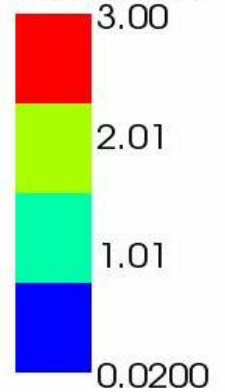
QTherapio=1961 m³/s

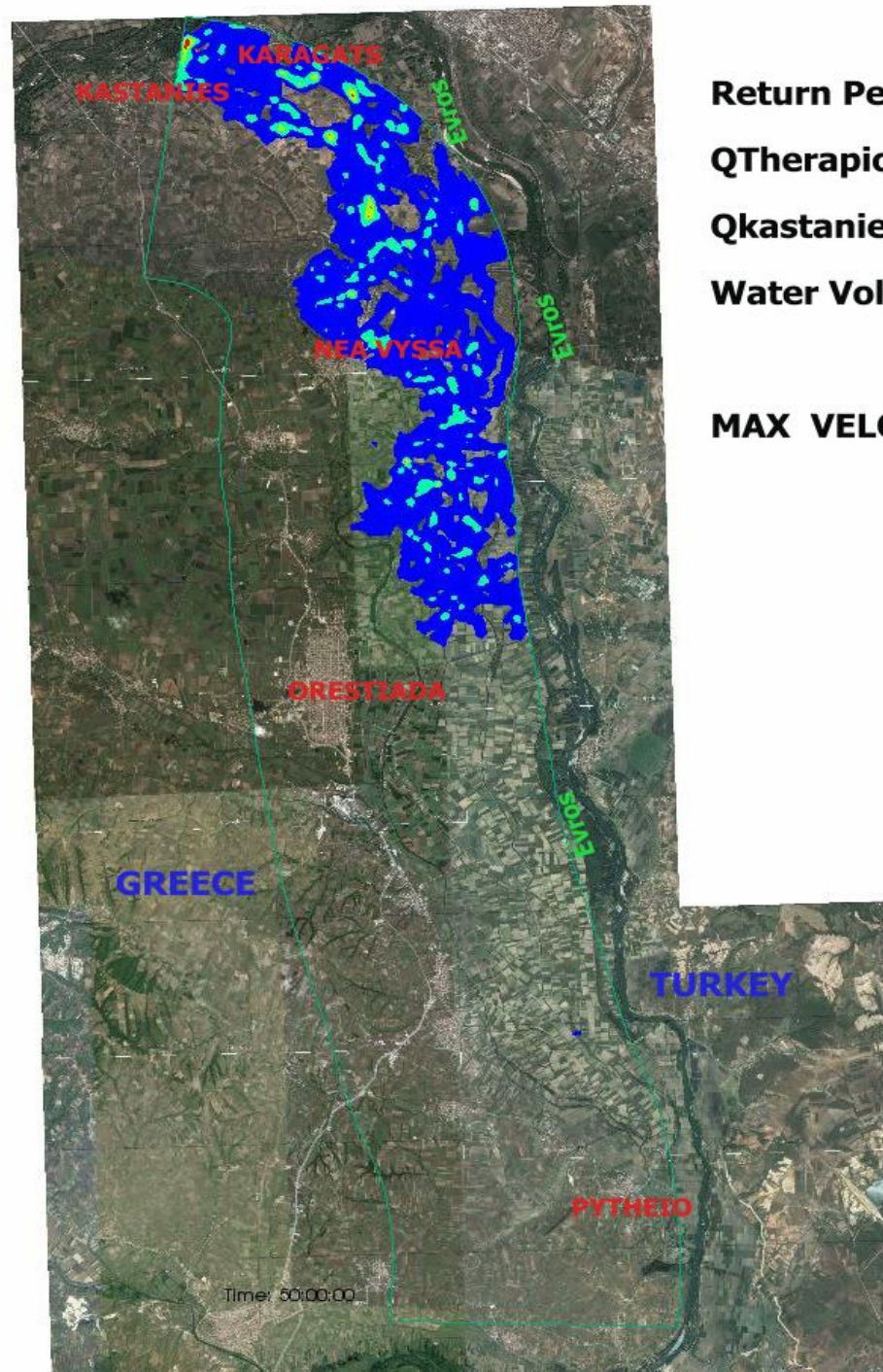
Qkastanies-confluence=847 m³/s

Water Volume=92 million m³

MAX VELOCITY , m/s

Velocity (magnitude Max)





Return Period $T=100$ Years

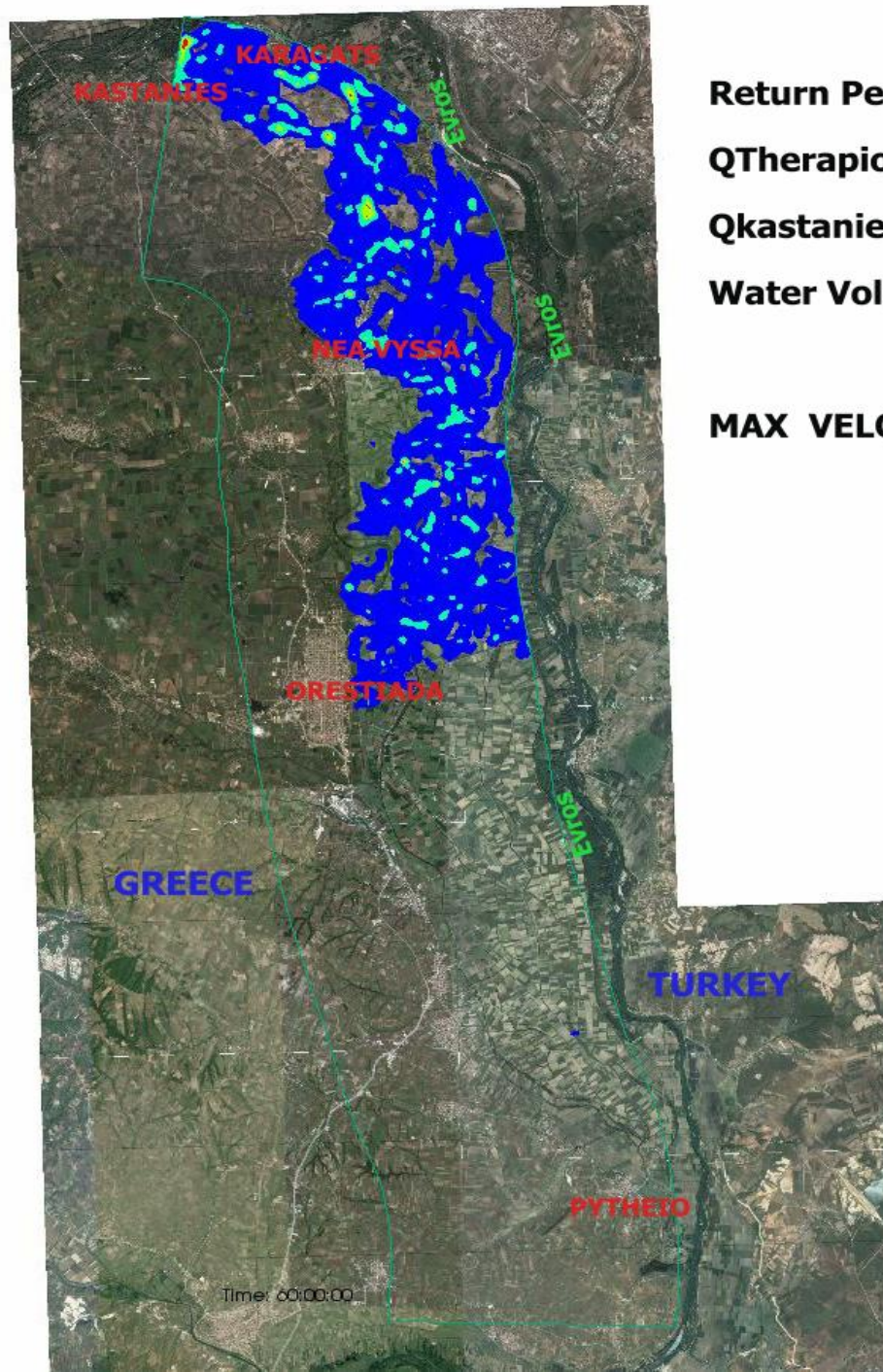
$Q_{Therapio}=1961 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{kastanies-confluence}=847 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=92 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period T=100 Years

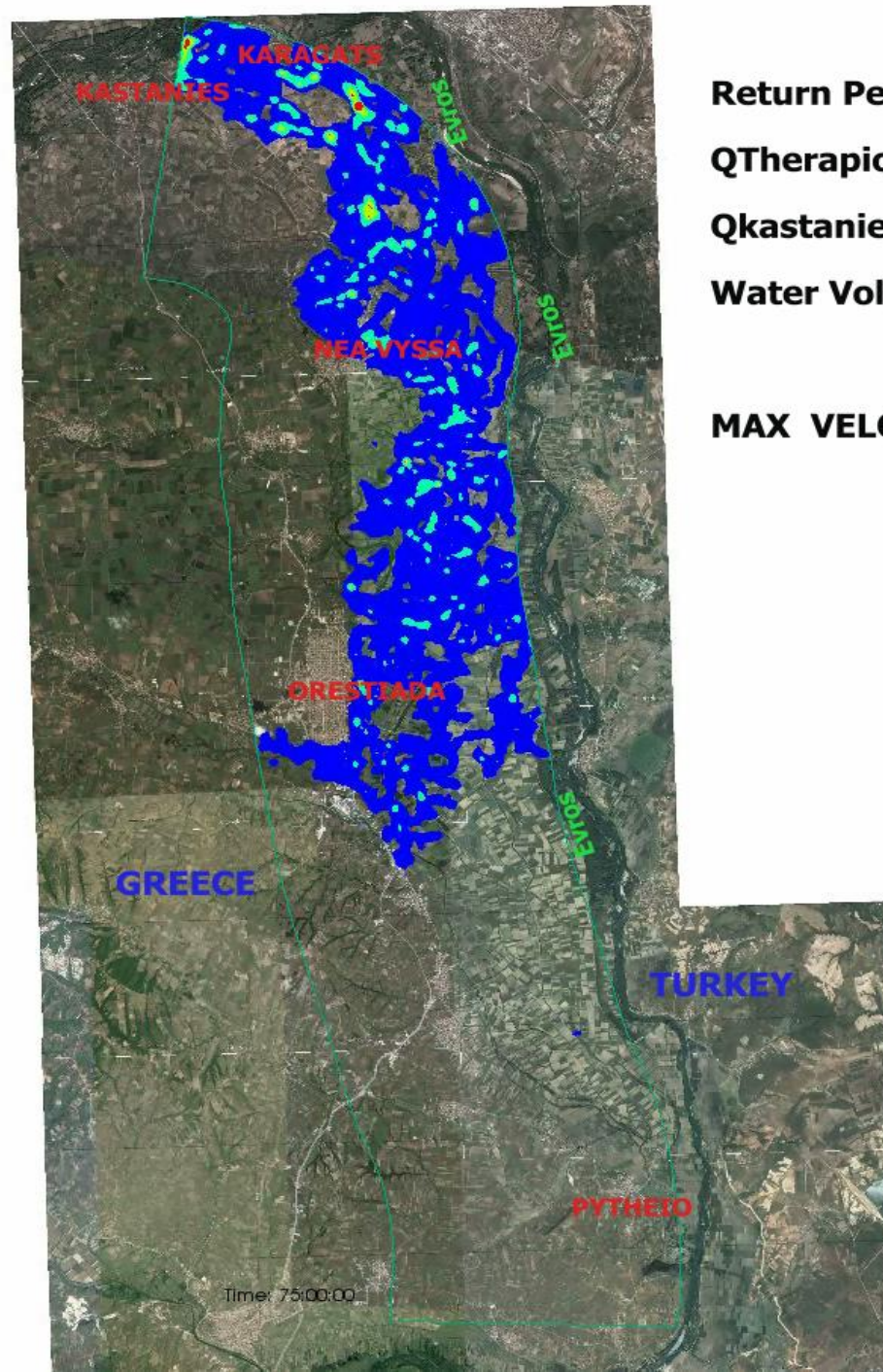
QTherapio=1961 m³/s

Qkastanies-confluence=847 m³/s

Water Volume=92 million m³

MAX VELOCITY , m/s





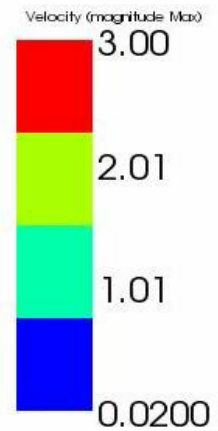
Return Period T=100 Years

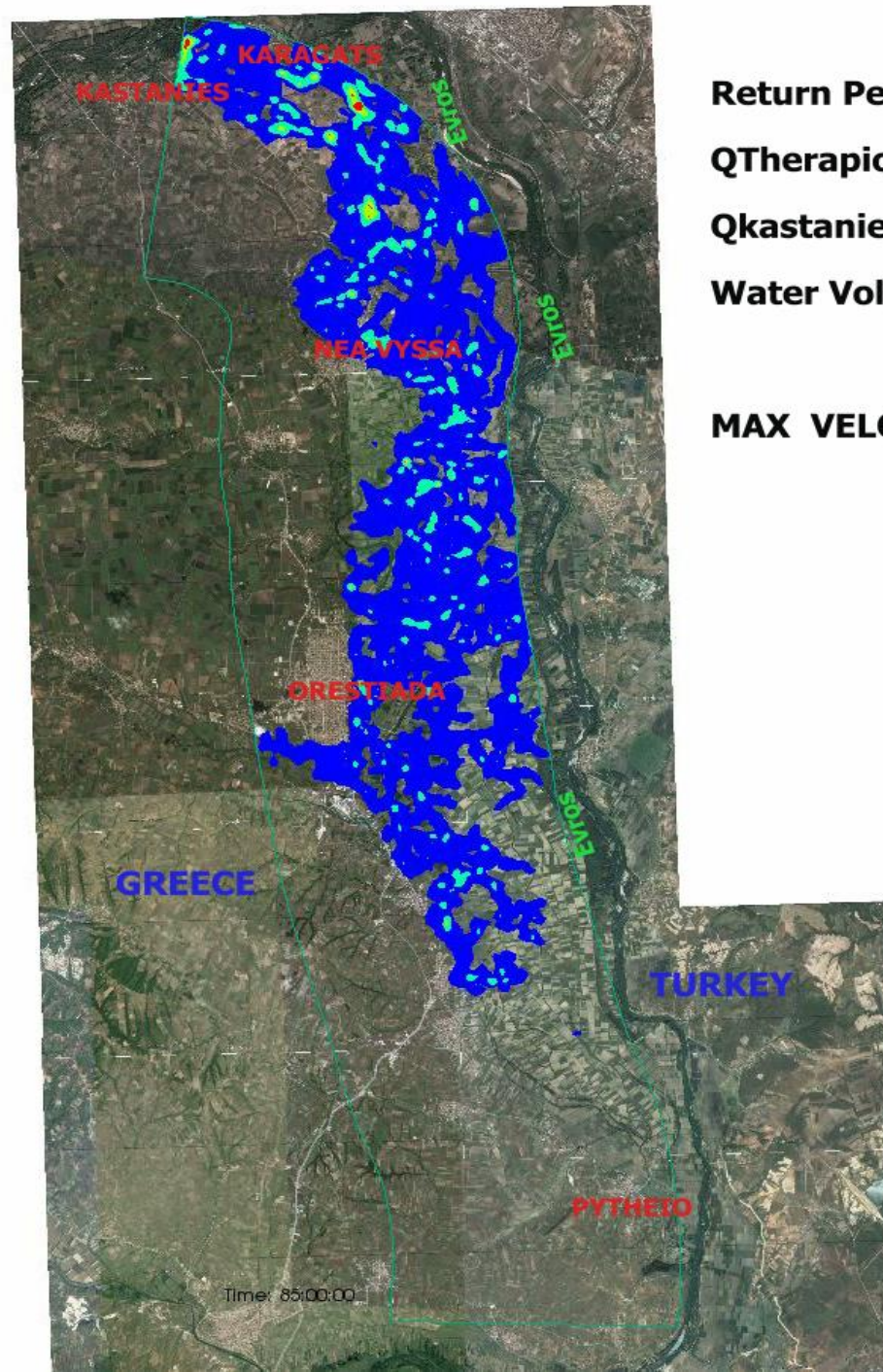
$Q_{Therapio}=1961 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{kastanies-confluence}=847 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=92 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=100$ Years

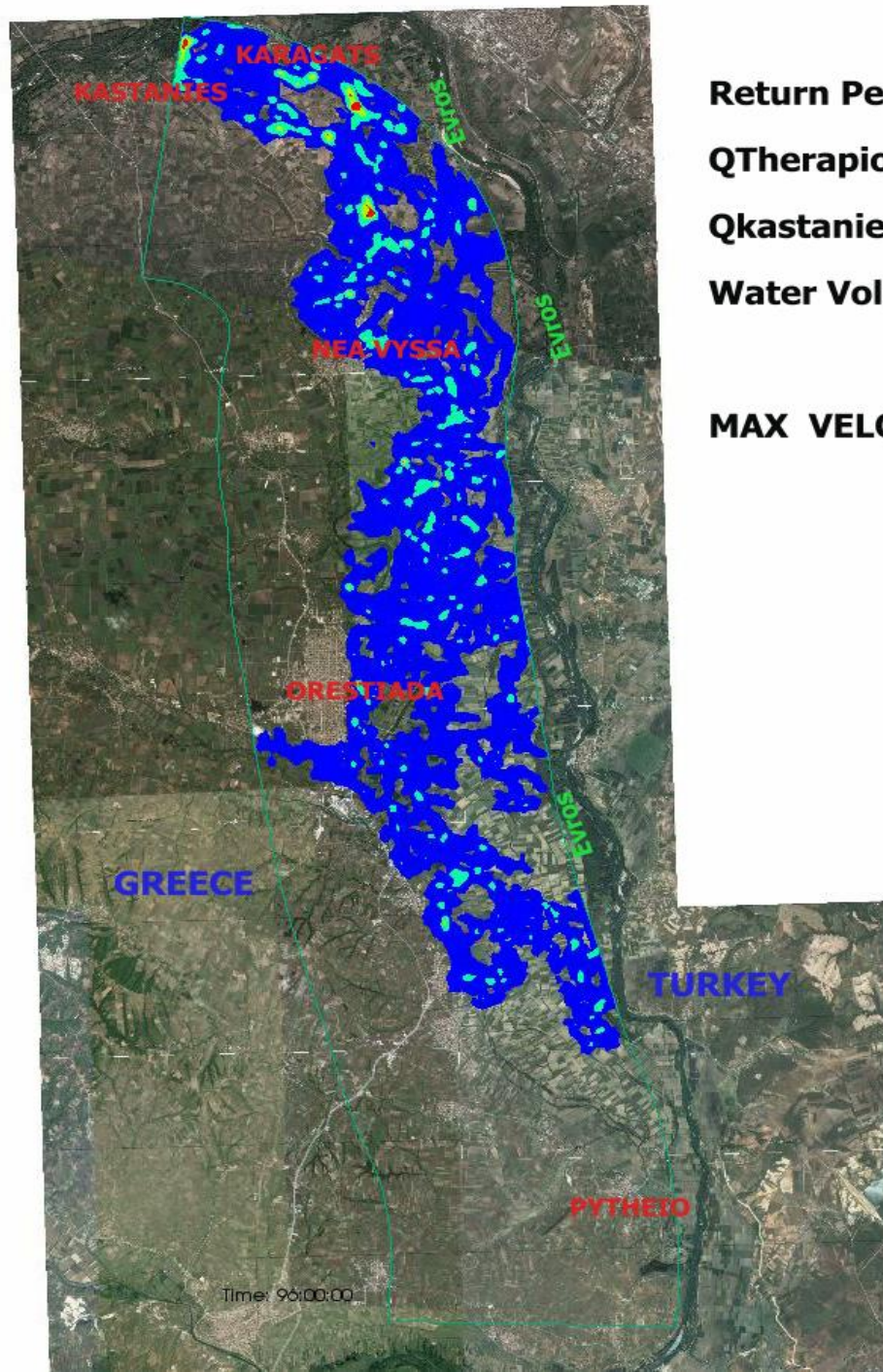
$Q_{Therapio}=1961 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{kastanies-confluence}=847 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=92 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=100$ Years

$Q_{Therapio}=1961 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{kastanies-confluence}=847 \text{ m}^3/\text{s}$

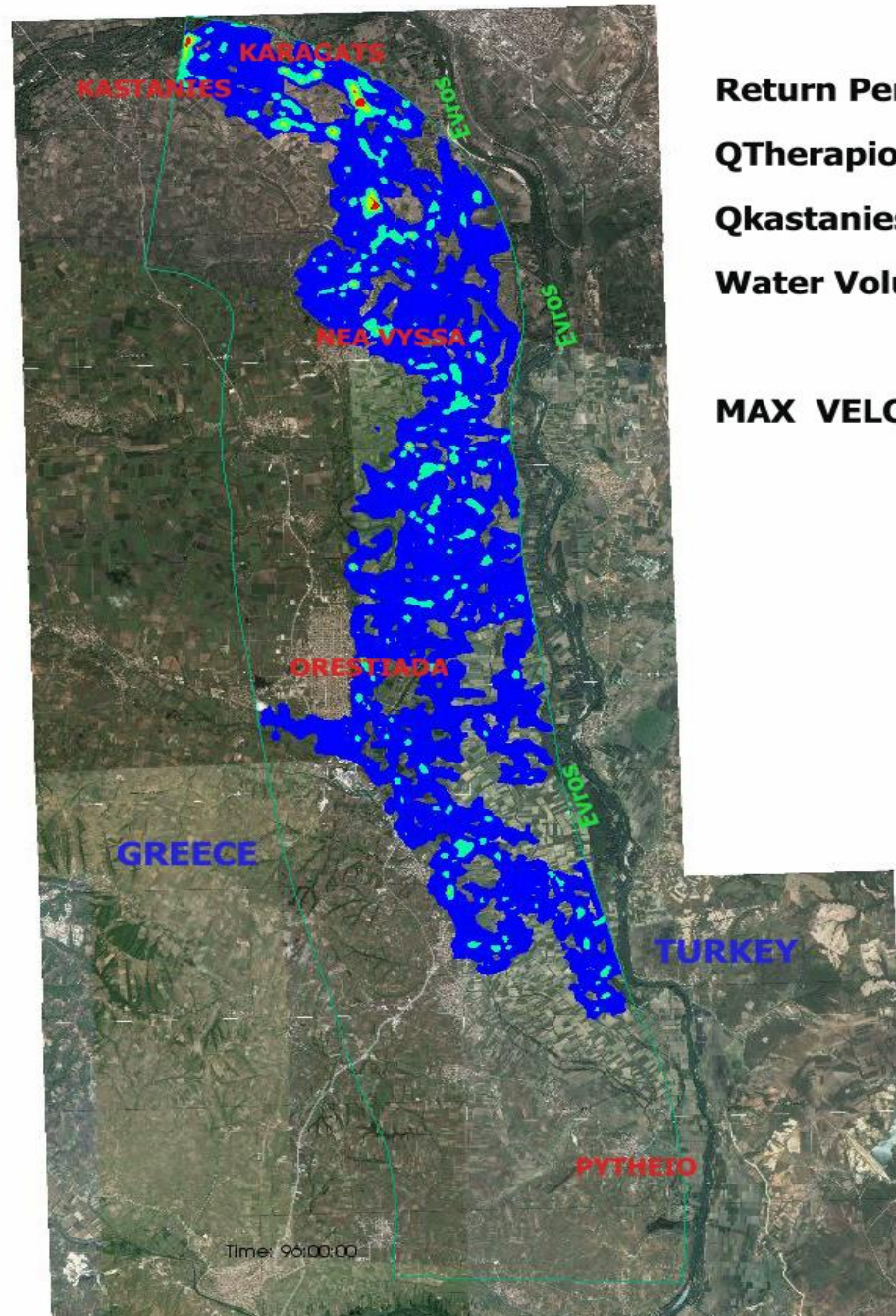
Water Volume=92 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





FLOOD REGION III.
The overflow waters from right levee, downstream Kastanies, flows south east, towards Nea Vyssa, Orestiada and Pythio. Inundation area about 70 km².



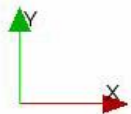
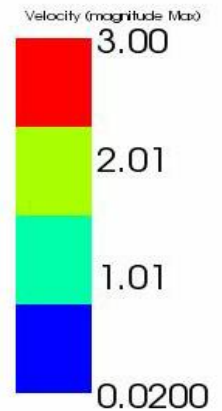
Return Period T=100 Years

QTherapio=1961 m³/s

Qkastanies-confluence=847 m³/s

Water Volume=92 million m³

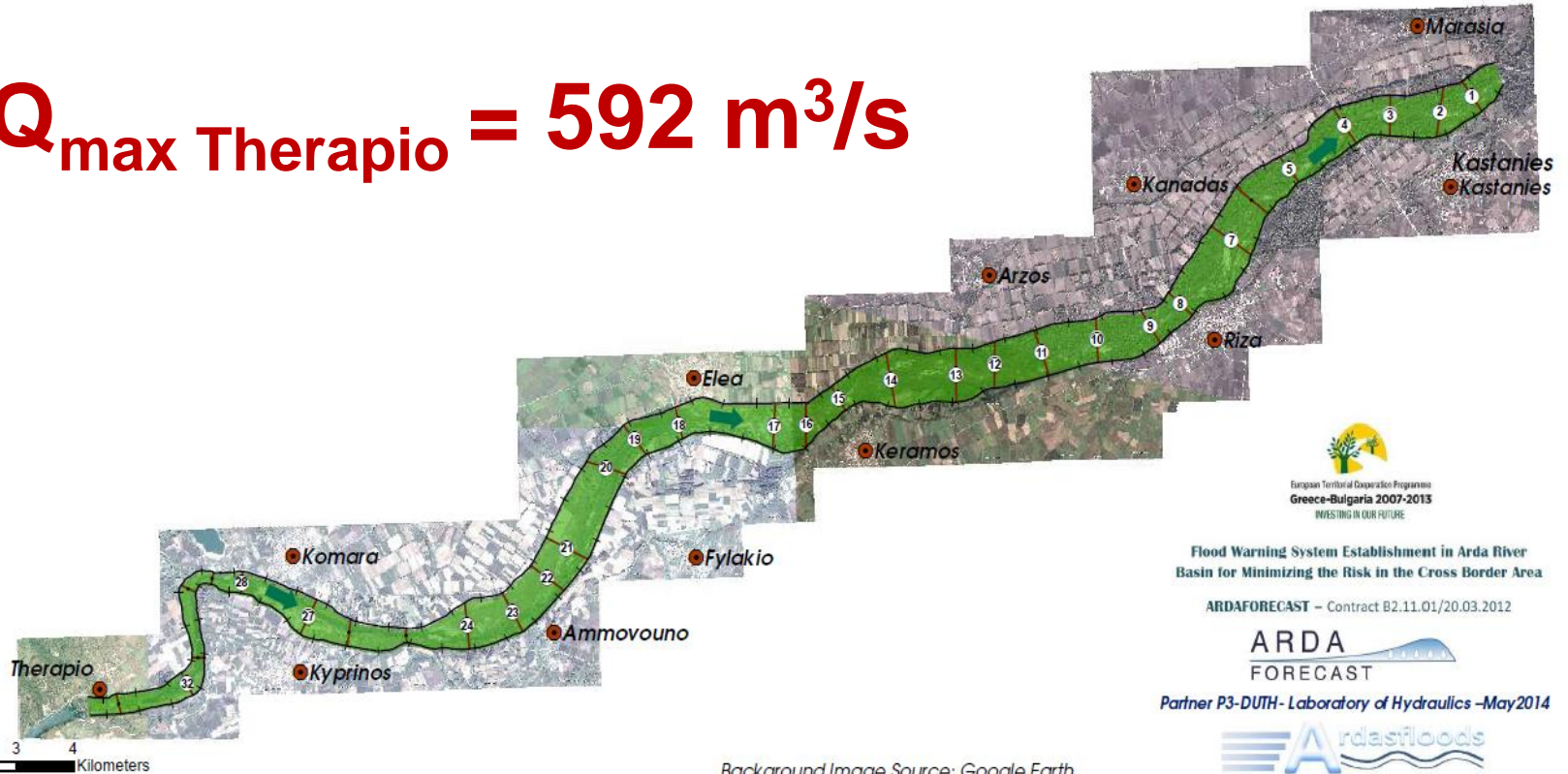
MAX VELOCITY , m/s



Time: 96:00:00



$$Q_{\text{max Therapio}} = 592 \text{ m}^3/\text{s}$$



INUNDATION MAP

FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD

$T = 2 \text{ yrs}$

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
592 cu.m/s

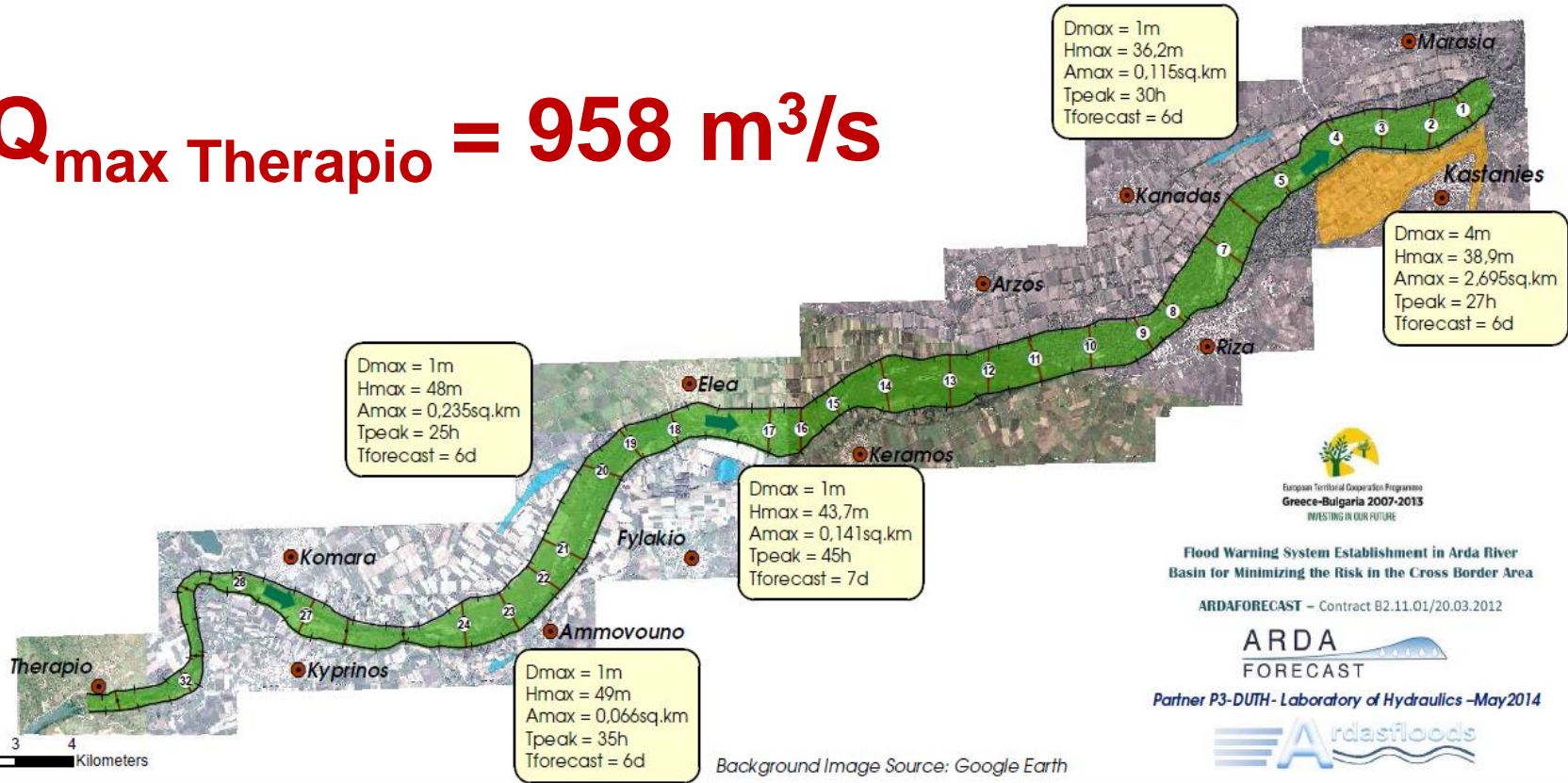
Flow within the Arda river levees - No overflow from Arda levees

MAP LEGEND

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| Settlement | Maximum depth (Dmax) |
| Ardas river banks | <1m |
| River cross-section | 1m - 2m |
| Flow between Arda's levees | 2m - 4m |
| | 4m - 6m |



$Q_{\max} \text{ Therapio} = 958 \text{ m}^3/\text{s}$



Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST - Contract B2.11.01/20.03.2012



Partner P3-DUTH - Laboratory of Hydraulics - May 2014



INUNDATION MAP FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD $T = 5 \text{ yrs}$

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
958 cu.m/s

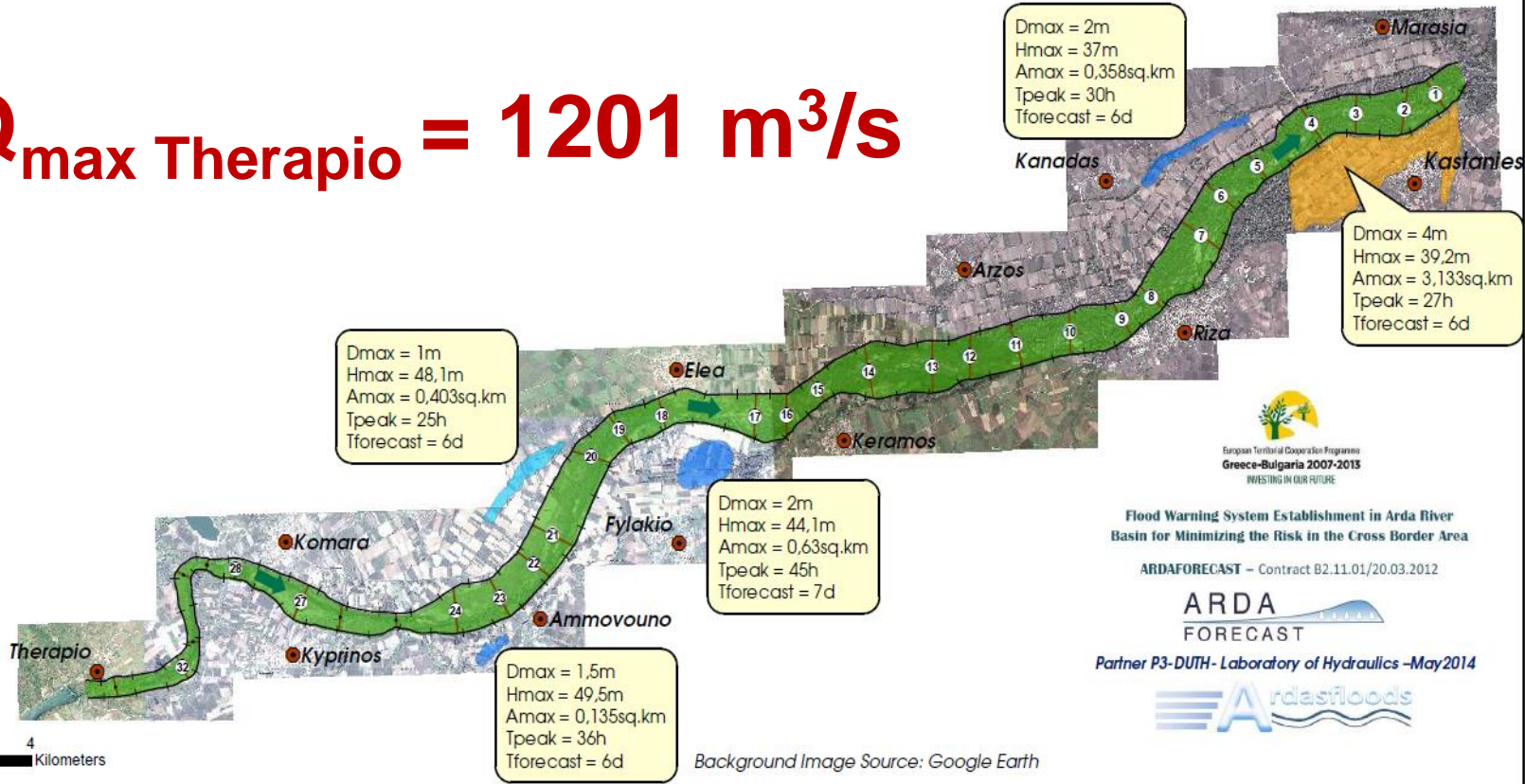
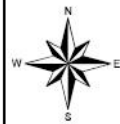
MAP LEGEND

- | | |
|----------------------------|--|
| Settlement | Maximum depth (D_{max}) |
| Ardas river banks | <1m |
| River cross-section | 1m - 2m |
| Flow between Arda's levees | 2m - 4m |
| | 4m - 6m |

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
D _{max}	Max depth in the inundated area , in m
H _{max}	Max free surface elevation in the inundated area , in m
T _{peak}	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam , hours
T _{forecast}	Forecasted time of max Depth , in days
A _{max}	Max inundation area, km ²

Q_{max} Therapio = 1201 m³/s



Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST – Contract B2.11.01/20.03.2012



Partner P3-DUTH- Laboratory of Hydraulics –May2014



INUNDATION MAP
FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD
T = 10 yrs

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
 1.201 cu.m/s

MAP LEGEND

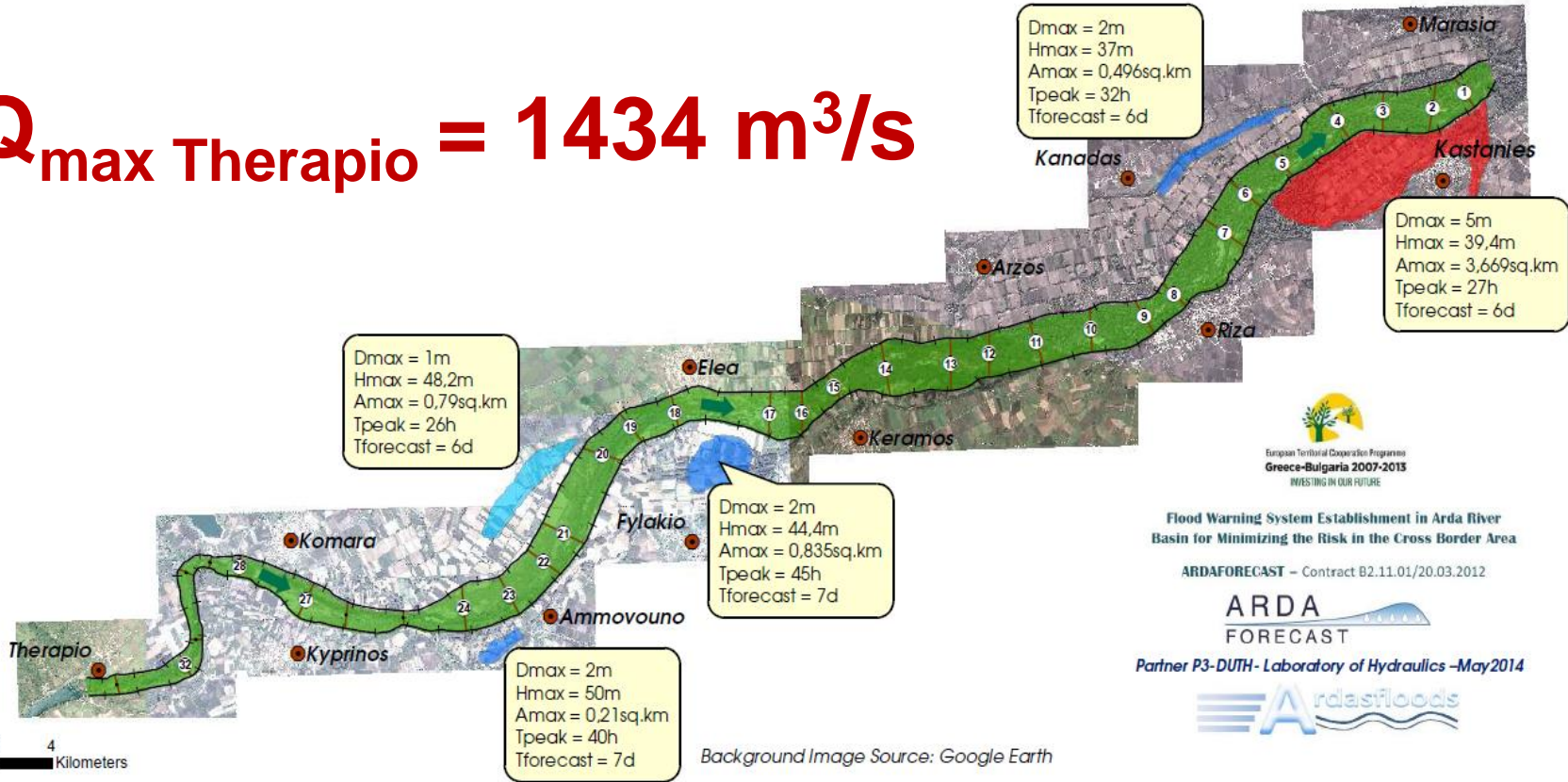
Settlement	Maximum depth (Dmax)
Ardas river banks	<1m
River cross-section	1m - 2m
Flow between Arda's levees	2m - 4m
	4m - 6m

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
Dmax	Max depth in the inundated area , in m
Hmax	Max free surface elevation in the inundated area , in m
Tpeak	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam , hours
Tforecast	Forecasted time of max Depth , in days
Amax	Max inundation area, km ²



Q_{max Therapio} = 1434 m³/s



Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST – Contract B2.11.01/20.03.2012

ARDA FORECAST

Partner P3-DUTH - Laboratory of Hydraulics - May 2014



INUNDATION MAP

FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD
T = 20 yrs

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
1.434 cu.m/s

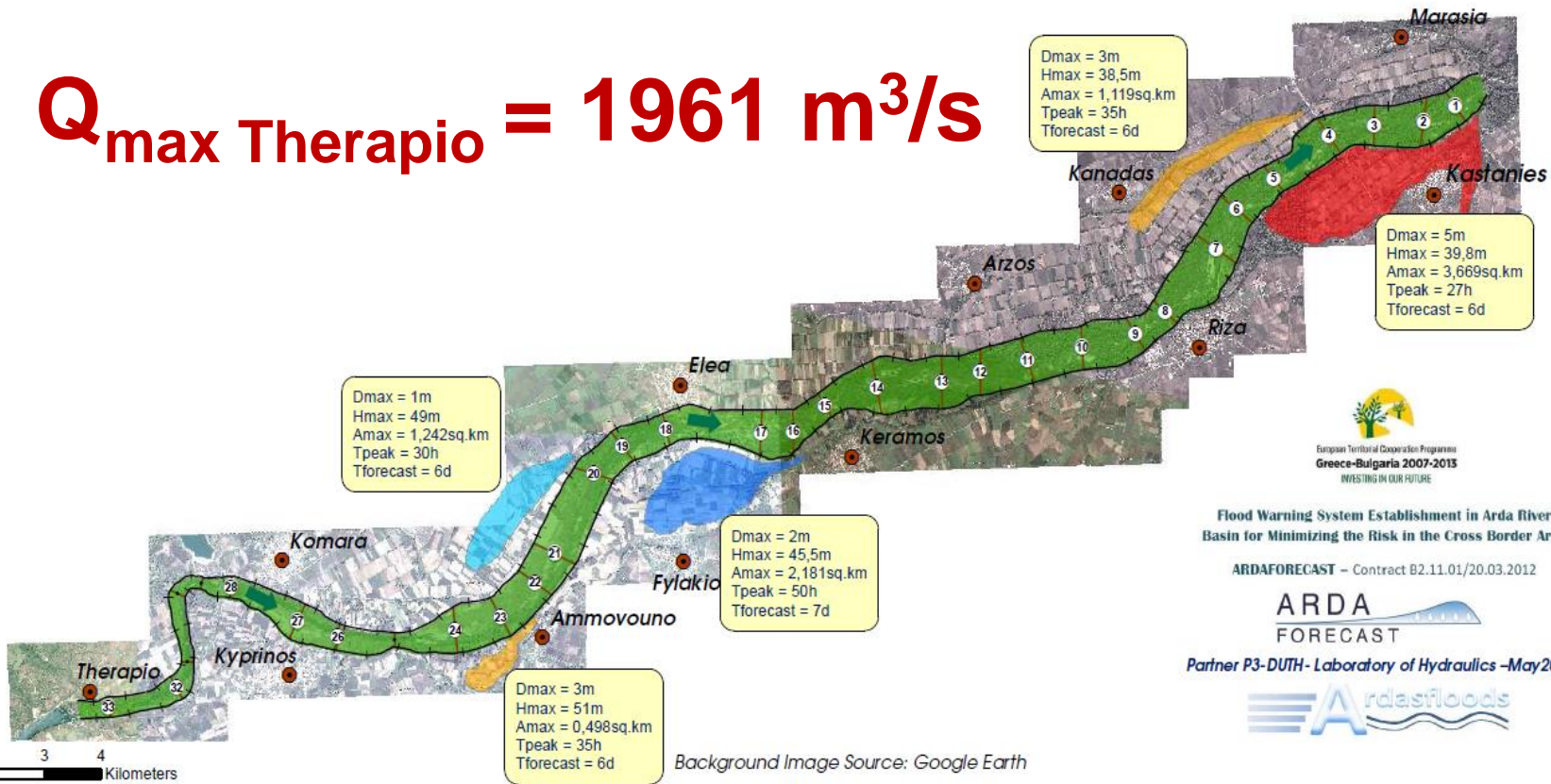
MAP LEGEND

- Settlement
 - +— Ardas river banks
 - River cross-section
 - 🌿 Flow between Arda's levees
- Maximum depth (D_{max})**
- 🟡 <1m
 - 🟢 1m - 2m
 - 🟠 2m - 4m
 - 🔴 4m - 6m

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
D _{max}	Max depth in the inundated area , in m
H _{max}	Max free surface elevation in the inundated area , in m
T _{peak}	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam , hours
T _{forecast}	Forecasted time of max Depth , in days
A _{max}	Max inundation area, km ²

Q_{max} Therapio = 1961 m³/s



European Territorial Cooperation Program
Greece-Bulgaria 2007-2013
INVESTING IN OUR FUTURE

Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST – Contract B2.11.01/20.03.2012

ARDA FORECAST

Partner P3-DUTH- Laboratory of Hydraulics –May2014

INUNDATION MAP FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD T = 100yrs

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
1.961 cu.m/s

MAP LEGEND

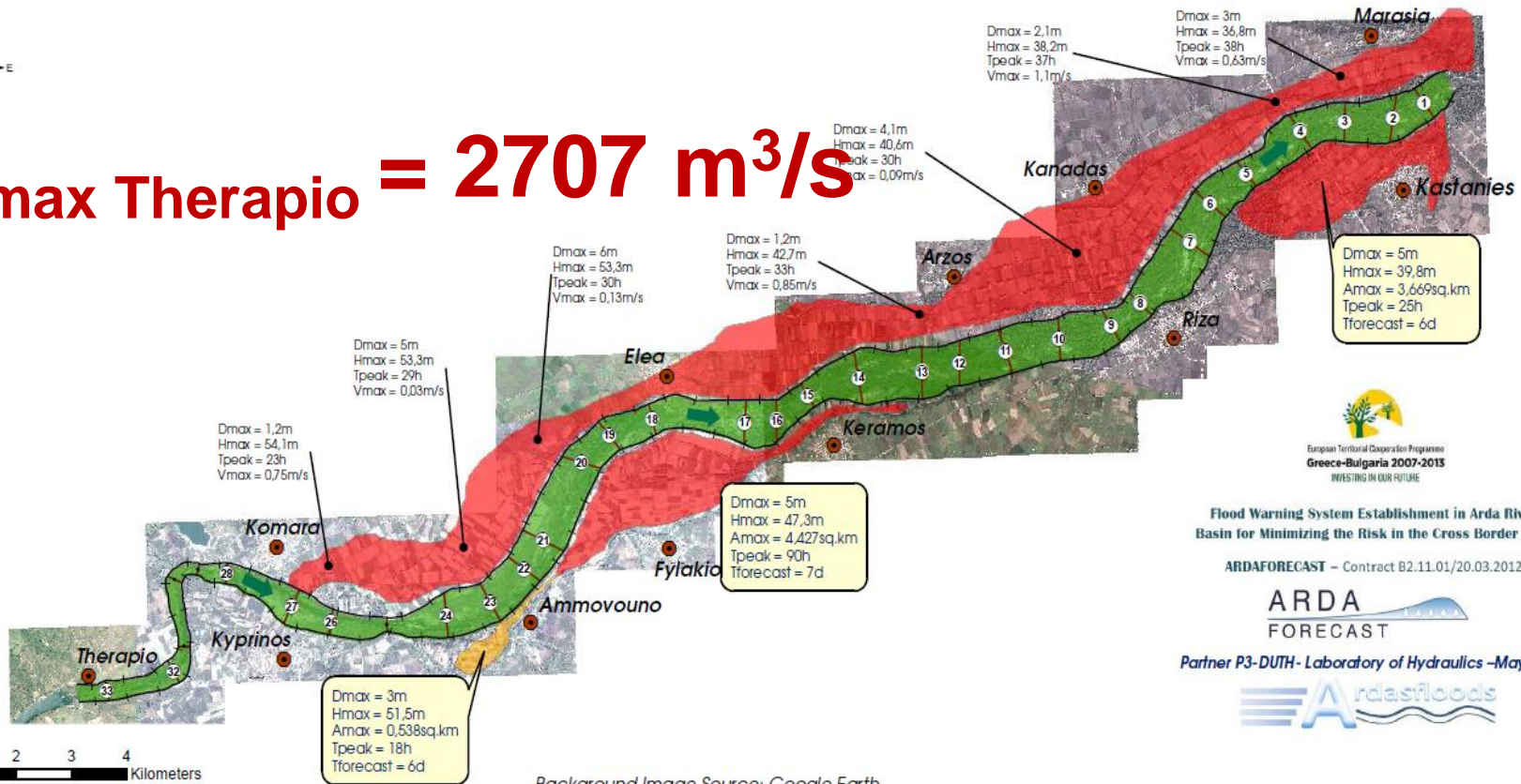
- Settlement
 - Ardas river banks
 - River cross-section
 - Flow between Arda's levees
- Maximum depth (D_{max})**
- <1m
 - 1m - 2m
 - 2m - 4m
 - 4m - 6m

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
D _{max}	Max depth in the inundated area, in m
H _{max}	Max free surface elevation in the inundated area, in m
T _{peak}	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam, hours
T _{forecast}	Forecasted time of max Depth, in days
A _{max}	Max inundation area, km ²



Q_{max Therapio} = 2707 m³/s



Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST – Contract B2.11.01/20.03.2012



Partner P3-DUTH- Laboratory of Hydraulics –May2014



Background Image Source: Google Earth

**INUNDATION MAP
FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD
T = 1.000yrs**

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
2.707 cu.m/s

MAP LEGEND

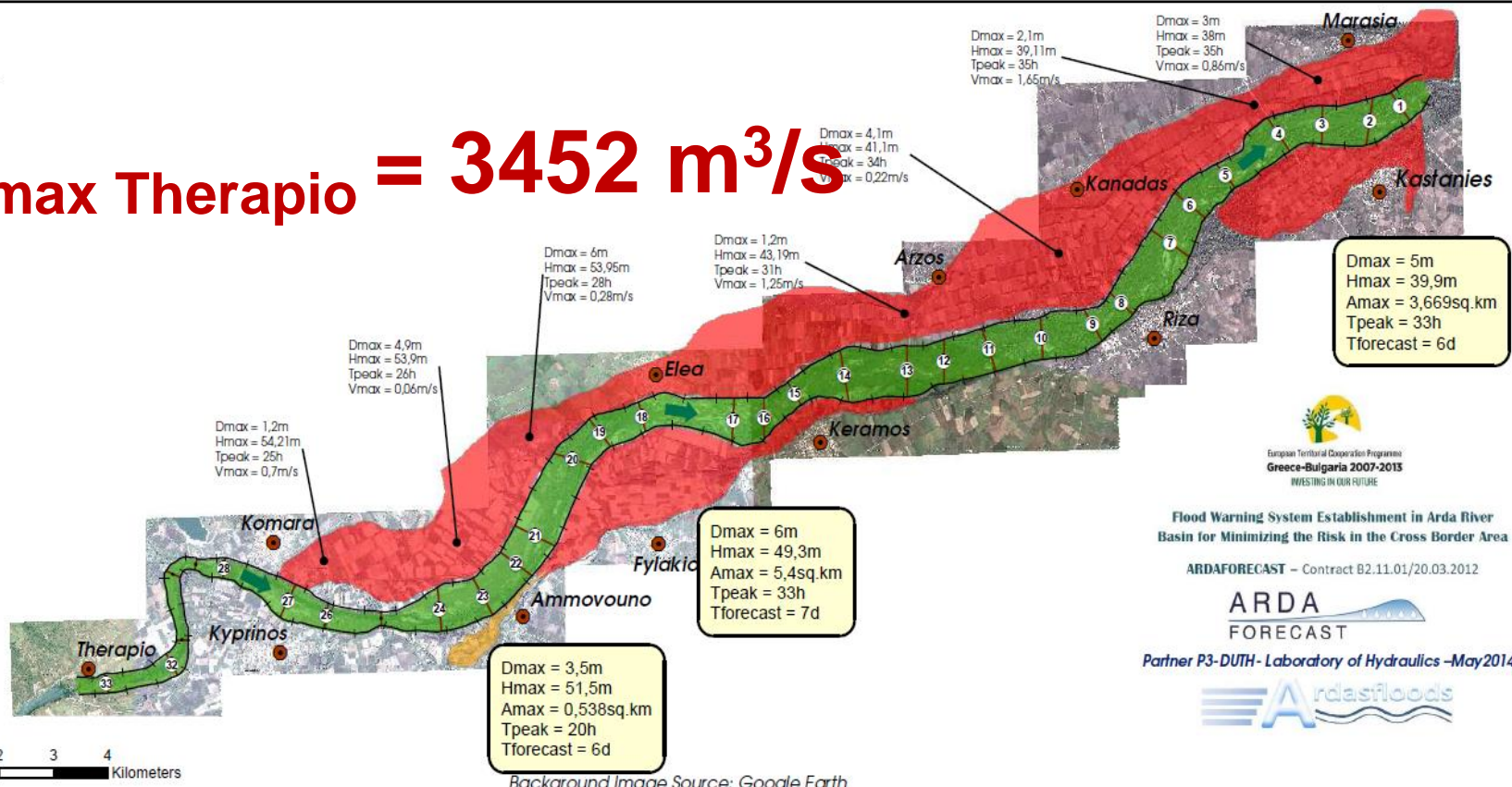
- Settlement
 - +— Ardas river banks
 - River cross-section
 - Flow between Arda's levees
- Maximum depth (Dmax)**
- <1m
 - 1m - 2m
 - 2m - 4m
 - 4m - 6m

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
Dmax	Max depth in the inundated area , in m
Hmax	Max free surface elevation in the inundated area , in m
Tpeak	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam , hours
Tforecast	Forecasted time of max Depth , in days
Amax	Max inundation area, km ²



Q_{max} Therapio = 3452 m³/s



Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST – Contract B2.11.01/20.03.2012

ARDA FORECAST

Partner P3-DUTH - Laboratory of Hydraulics - May 2014



**INUNDATION MAP
FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD
T = 10.000yrs**

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
3.452 cu.m/s

MAP LEGEND

- Settlement
 - +— Ardas river banks
 - River cross-section
 - Flow between Arda's levees
- Maximum depth (Dmax)**
- <1m
 - 1m - 2m
 - 2m - 4m
 - 4m - 6m

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
Dmax	Max depth in the inundated area , in m
Hmax	Max free surface elevation in the inundated area , in m
Tpeak	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam , hours
Tforecast	Forecasted time of max Depth , in days
Amax	Max inundation area, km ²



HAZARD CLASSIFICATION - FLOOD RISK

1. European flood directive requests flood extent maps for an extreme (low probability) and an >100-years scenario (medium probability). Moreover, where appropriate, a high probability scenario can be added.
2. For $T = 5, 10, 20, 50, 100, 1000$ and 10000 years, we run simulations for the free surface elevation of flood waters at flooded areas close to villages, roads or other important sites and we compare it with the elevation of the villages.



HAZARD CLASSIFICATION THRESHOLDS FOR VILLAGES WITHOUT DANGER FOR FLOODING

VILLAGE	ELEVATION m	THRESHOLDS m ³ /s	
		“Warning”	“Alert”
THERAPIO	65	2707	3452
KOMARA	65	2707	3452
KYPRINOS	63	2707	3452
AMMOVOUNO	63	2707	3452
FYLAKION	61	2707	3452
ELAIA	52	2707	3452
KERAMOS	54	2707	3452
RIZIA	56	2707	3452
BRIDGE (NATIONAL ROAD KASTANIES ORMENIO)	47	2707	3452

HAZARD CLASSIFICATION THRESHOLDS,m³/s

VILLAGE	ELEVATION m	“Warning”	“Alert”	“Flooding”
ARZOS	43	958	1961	3452
RIZIA, Irish bridge, lowest elevation on south levee	43.35	958	1201	1434
KANADAS	40	1434	1735	3452
KASTANIES , Irish bridge ,lowest elevation on south levee	38.2	500	592	958
KASTANIES (Church)	38.6	500	592	958
KASTANIES (Road Kastanies -Erdine)	39	592	958	1201
KASTANIES , pavement elevation of road Kastanies -Erdine, in the opening under the train embankment	39.2	592	958	1201
KASTANIES , 970 m east of Church , drainage channel under the train embankment , ground elevation	40	592	1434	3452
KASTANIES , 970 m east of Church ,invert elevation (lowest inside point) of drainage channel , under the train embankment	36	500	592	958
MARASIA	40	1201	1434	1735?
NEA VYSSA VILLAGE	32	1201	1434	1735?
NEA VYSSA PLAIN	28	958	1201	1434?
ORESTIADA TOWN	40	1201	1735	3452?
ORESTIADA PLAIN	26	958	1201	1434?

**Hazard to People Classification Ground at Kastanies Church (ground elevation= 38.6 m)
using Hazard Rating (HR= d x (v + 0.5) + DF)**

RETURN PERIOD T (years) , AND MAX Q (m ³ /s)AT THERAPIO	MAX WATER ELEVATION AT KASTANIES	d , max WATER DEPTH AT CHURCH GROUND , m	v , max VELOCITY ,m/s	max Debris Factor (DF)	HAZARD RATING HR= d * (v + 0.5) + DF	Degree of Flood Hazard
T=5, Q _{peakTherapio} =958	38.9	0.3	0.2	0	0.21	Low
T=10, Q _{peakTherapio} =1201	39.2	0.6	0.4	0.5	1.04	Moderate
T=20, Q _{peakTherapio} =1434	39.4	0.8	0.6	0.5	1.38	Significant
T=50, Q _{peakTherapio} =1735	39.6	1	0.7	0.5	1.7	Significant
T=100, Q _{peakTherapio} =1961	39.8	1.2	0.8	1	2.56	Extreme
T=1000, Q _{peakTherapio} =2707	39.9	1.3	1	1	2.95	Extreme
T=10000, Q _{peakTherapio} =3452	39.9	1.3	1	1	2.95	Extreme

**Hazard to People Classification at Kastanies, Road Pavement Kastanies -Erdine (road pavement elevation= 39.0 m)
using Hazard Rating (HR= d x (v + 0.5) + DF)**

RETURN PERIOD T (years) AND MAX Q (m³/s) AT THERAPIO	MAX WATER ELEVATION, ROAD KASTANIES- ERDINE PAVEMENT, m	d, max WATER DEPTH AT ROAD PAVEMENT, m	v, max VELOCITY, m/s	max Debris Factor (DF)	HAZARD RATING HR= d * (v + 0.5) + DF	Degree of Flood Hazard
T=5, Q_{peakTherapio}=958	38.9	0	0	0	0	Low
T=10, Q_{peakTherapio}=1201	39.2	0.2	0.4	0.5	0.68	Low
T=20, Q_{peakTherapio}=1434	39.4	0.4	0.6	0.5	0.94	Moderate
T=50, Q_{peakTherapio}=1735	39.6	0.6	0.7	0.5	1.22	Moderate
T=100, Q_{peakTherapio}=1961	39.8	0.8	0.8	1	2.04	Significant
T=1000, Q_{peakTherapio}=2707	39.9	0.9	1	1	2.35	Significant
T=10000, Q_{peakTherapio}=3452	39.9	0.9	1	1	2.35	Significant



Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας!!