



BEACHMED-e: Υποπρόγραμμα 3.3

«Διαχείριση των αποθεμάτων άμμου λόγω παρεμβάσεων στην ακτή ή σε ποταμούς - Ανάκτηση της στερεομεταφοράς (GESA)»

Ερευνητές: Μ. Ανδρεδάκη, Α. Σαμαράς, Α. Βαλσαμίδης, Α. Γεωργουλός, Β. Χρυσάνθου, Π. Αγγελίδης, Ν. Κωτσοβίνος



ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: Η ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΣΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

ΤΑ ΦΕΡΤΑ ΓΕΜΙΣΑΝ ΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ



ΣΚΟΠΟΣ



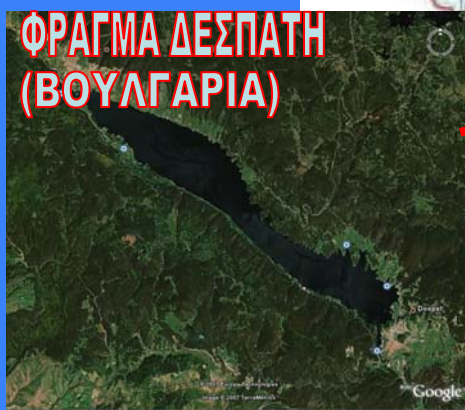
- Υπολογισμός του στερεοφορτίου του ποταμού Νέστου.
- Εξαγωγή ποσοτικών αποτελεσμάτων για το ισοζύγιο μεταφοράς φερτών υλών από τη λεκάνη απορροής του π. Νέστου στην παράκτια περιοχή των εκβολών του, **πριν** και **μετά** την κατασκευή των φραγμάτων Θησαυρού και Πλατανόβρυσης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

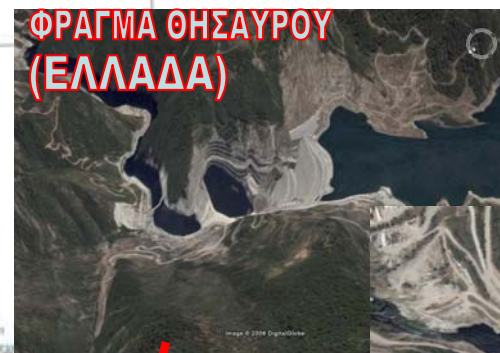


ΝΕΣΤΟΣ

	ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΣΥΝΟΛΟ
Μήκος	94 km	140 km	234 km
Εμβαδό λεκάνης απορροής	3600 km ²	1960 km ²	5560 km ²
Φράγματα (εμβαδό λεκάνης απορροής)	Δεσπάτης (565 km ²)	Θησαυρός (4315.50 km ²), Πλατανόβρυση (405.01 km ²)	



**ΦΡΑΓΜΑ ΔΕΣΠΑΤΗ
(ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ)**



**ΦΡΑΓΜΑ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
(ΕΛΛΑΔΑ)**



**ΦΡΑΓΜΑ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗΣ
(ΕΛΛΑΔΑ)**

**ΕΞΟΔΟΣ ΤΟΞΟΤΩΝ
(ΔΕΛΤΑ Π. ΝΕΣΤΟΥ)
(ΕΛΛΑΔΑ)**



ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΝΕΣΤΟΥ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ



ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΕ ΜΙΑ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ:

- Απορροή λόγω βροχόπτωσης,
- Διάβρωση εδάφους λόγω βροχής και απορροής,
- Εισροή υλικών διάβρωσης σε χειμάρρους, και
- Μεταφορά φερτών υλικών στο κύριο υδατόρρευμα.

Ο υπολογισμός των στοιχείων των επιμέρους διαδικασιών οδηγεί στον υπολογισμό της ποσότητας των φερτών υλικών στην έξοδο της λεκάνης απορροής.

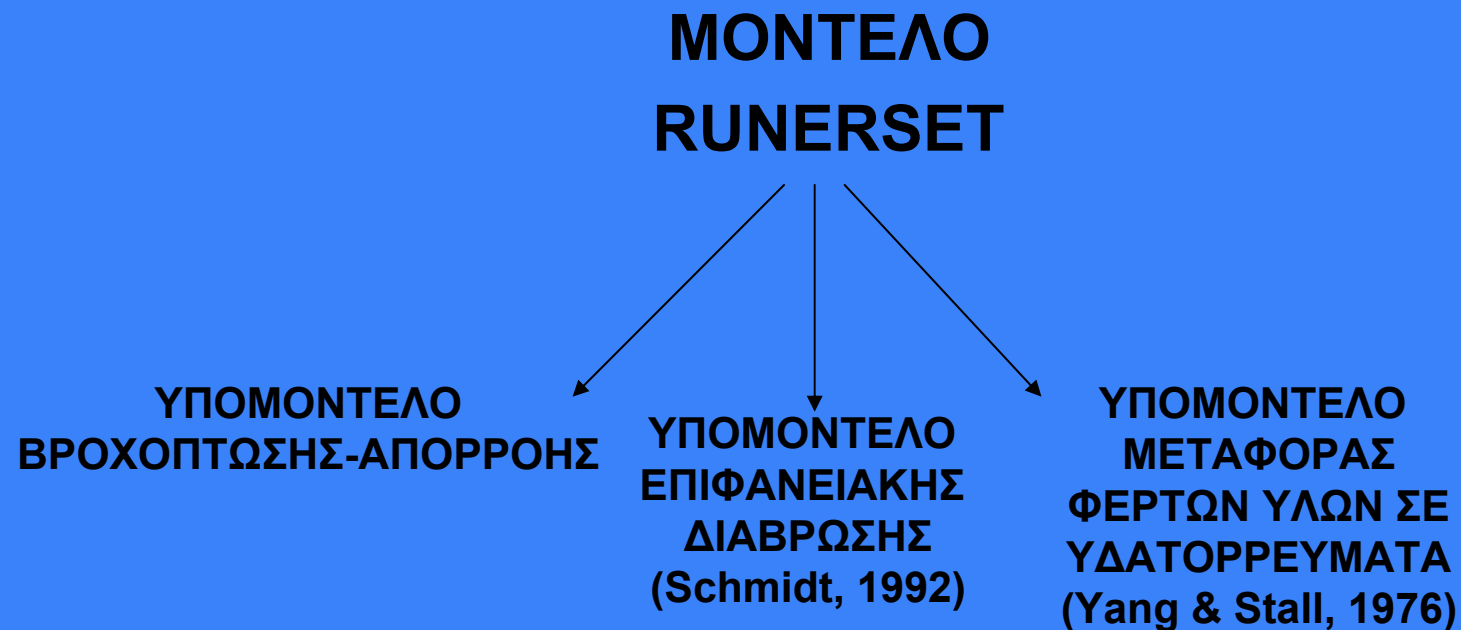


ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ



RUNERSET (Hrissanthou, 2002;2005)

- rainfall-**RUN**off-surface **ER**osion-stream **SE**diment **T**ransport model



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ



ΥΠΟΜΟΝΤΕΛΟ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ-ΑΠΟΡΡΟΗΣ:

- Απαιτούμενα δεδομένα: μηνιαία ύψη βροχής, θερμοκρασίες, ώρες ηλιοφάνειας, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, υψόμετρα, γεωγρ. πλάτη, χρήση γης και εδαφολογική σύσταση.
- Απλοποιημένο μοντέλο υδατικού ισοζυγίου για τον υπολογισμό της απορροής, $h_o(\text{mm})$

$$S'_n = S_{n-1} + N_n - E_{pn}$$

Εαν $S'_n < 0$ τότε $S_n = 0$, $h_{on} = 0$ και $IN_n = 0$

Εαν $0 \leq S'_n \leq S_{\max}$ τότε $S_n = S'_n$, $h_{on} = 0$ και $IN_n = 0$

Εαν $S'_n > S_{\max}$ τότε $S_n = S_{\max}$, $h_{on} = k(S'_n - S_{\max})$ και $IN_n = k'(S'_n - S_{\max})$ όπου $k' = 1 - k$

(SCS, 1972): $S_{\max} = 25.4[(1000 / CN) - 10]$ όπου $CN = \text{o curve number}(0 < CN < 100)$.

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή, E_p (mm), υπολογίζεται με τη μέθοδο της ακτινοβολίας (Doorenbos & Pruitt, 1977).

N (mm) : μηνιαίο ύψος βροχής

E_p (mm) : δυνητική εξατμισοδιαπνοή

S (mm) : εδαφική υγρασία

n : χρονικό βήμα

S_n (mm) : διαθέσιμη εδαφική υγρασία

IN (mm) : βαθιά διήθηση

$S_{\max}$ (mm) : μέγιστη διαθέσιμη εδαφική υγρασία

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ



ΥΠΟΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ (Schmidt, 1992) :

- Απαιτούμενα δεδομένα: (αναφορικά με το υπομοντέλο βροχόπτωσης-απορροής) γωνία κλίσης εδαφικής επιφάνειας, εμβαδό υπολεκάνης, συντελεστής εδαφοκάλυψης, μήκος κύριου υδατορρεύματος υπολεκάνης, διάμετρος κόκκων, πυκνότητα φερτών υλικών και νερού, συντελεστής τραχύτητας και κρίσιμη ταχύτητα διάβρωσης.
- Η πρόσκρουση των σταγόνων της βροχής στην εδαφική επιφάνεια και η επιφανειακή απορροή είναι ανάλογες προς τη «ροή της ορμής» που περιέχεται στις σταγόνες και την επιφανειακή απορροή, αντίστοιχα.

$$\varphi_r = Cr\rho Au_r \sin a$$

$$u_r = 4.5r^{0.12}$$

Η «ροή της ορμής», που ασκείται από την επιφανειακή απορροή:

$$\varphi_f = q\rho bu$$

φ_r (kg m s^{-2}) : ροή της ορμής
 C : συντελεστής εδαφοκάλυψης
 r (m s^{-1}) : ένταση βροχόπτωσης
 ρ (kg m^{-3}) : πυκνότητα των σταγόνων
 A (m^2) : θεωρούμενη επιφάνεια
 u_r (m s^{-1}) : μέση ταχύτητα πτώσης των σταγόνων
 a ($^\circ$) : γωνία κλίσης εδαφικής επιφάνειας
 q ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-1}$) : παροχή της επιφανειακής ροής ανά μονάδα πλάτους
 b (m) : πλάτος της θεωρούμενης επιφάνειας
 u (m s^{-1}) : μέση ταχύτητα ροής (μέσω εξίσωσης Manning)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ



ΥΠΟΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ (Schmidt, 1992) :

Η διαθέσιμη στερεοπαροχή λόγω βροχής και επιφανειακής απορροής στη θεωρούμενη επιφάνεια :

$$q_{rf} = (1.7E - 1.7)10^{-4}$$

Όπου,

$$E = (\varphi_r + \varphi_f) / \varphi_{cr} \quad E > 1$$

Η κρίσιμη «ροή της ορμής», φ_{cr} (kg m s^{-2}), που χαρακτηρίζει τη διαβρωσιμότητα του εδάφους, υπολογίζεται ως εξής:

$$\varphi_{cr} = q_{cr} \rho b u$$

Η μεταφορική ικανότητα, q_t (kg /m s), της επιφανειακής απορροής υπολογίζεται ως εξής:

$$q_t = c_{\max} \rho_s q$$

Η συγκέντρωση, $c_{\max}$, υπολογίζεται:

$$c_{\max} = \frac{1}{x} \frac{\varphi_r + \varphi_f}{\rho_s A w^2}$$

q_{cr} ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-1}$) : κρίσιμη παροχή της επιφανειακής απορροής που χαρακτηρίζει την έναρξη μεταφοράς υλικού

$c_{\max}$ ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) : συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων στην κατάσταση μέγιστης μεταφοράς φερτών υλικών

ρ_s (kg m^{-3}) : πυκνότητα φερτών υλικών

x : εμπειρικός συντελεστής (εξαρτώμενος από την κλίση)

w (m s^{-1}) : ταχύτητα καθίζησης αιωρούμενων σωματιδίων

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ



ΥΠΟΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (Yang & Stall, 1976):

- Απαιτούμενα δεδομένα: (αναφορικά με τα προηγούμενα υπομοντέλα) για το κύριο υδατόρρευμα κάθε υπολεκάνης: βασική απορροή, κλίση πυθμένα, πλάτος πυθμένα, τραχύτητα, διάμετρος αιωρούμενων υλικών, διάμετρος κόκκων υλικού πυθμένα και κινηματικό ιξώδες νερού.
- Η στερεοπαροχή στην έξοδο του θεωρούμενου υδατορρεύματος δύναται να εκτιμηθεί βάσει της έννοιας της μεταφορικής ικανότητας του υδατορρεύματος.

$$\log c_t = 5.435 - 0.286 \log \frac{wD_{50}}{\nu} - 0.457 \log \frac{u_*}{w} + \left(1.799 - 0.409 \log \frac{wD_{50}}{\nu} - 0.314 \log \frac{u_*}{w} \right) \log \left(\frac{ui}{w} - \frac{u_{cr}i}{w} \right)$$

$$\frac{u_{cr}}{w} = \frac{2.5}{\log(u_* D_{50} / \nu) - 0.06} + 0.66$$

εάν
 $1.2 < u_* D_{50} / \nu < 70$

$$\frac{u_{cr}}{w} = 2.05$$

εάν $u_* D_{50} / \nu \geq 70$

c_t (ppm) : συνολική συγκέντρωση φερτών κατά βάρος

D_{50} (m) : διάμεση διάμετρος κόκκων

i : κλίση γραμμής ενέργειας

u (m s⁻¹) : μέση ταχύτητα ροής

u_{cr} (m s⁻¹) : κρίσιμη ταχύτητα ροής

u^* (m s⁻¹) : διατμητική ταχύτητα

w (m s⁻¹) : τελική ταχύτητα καθίζησης

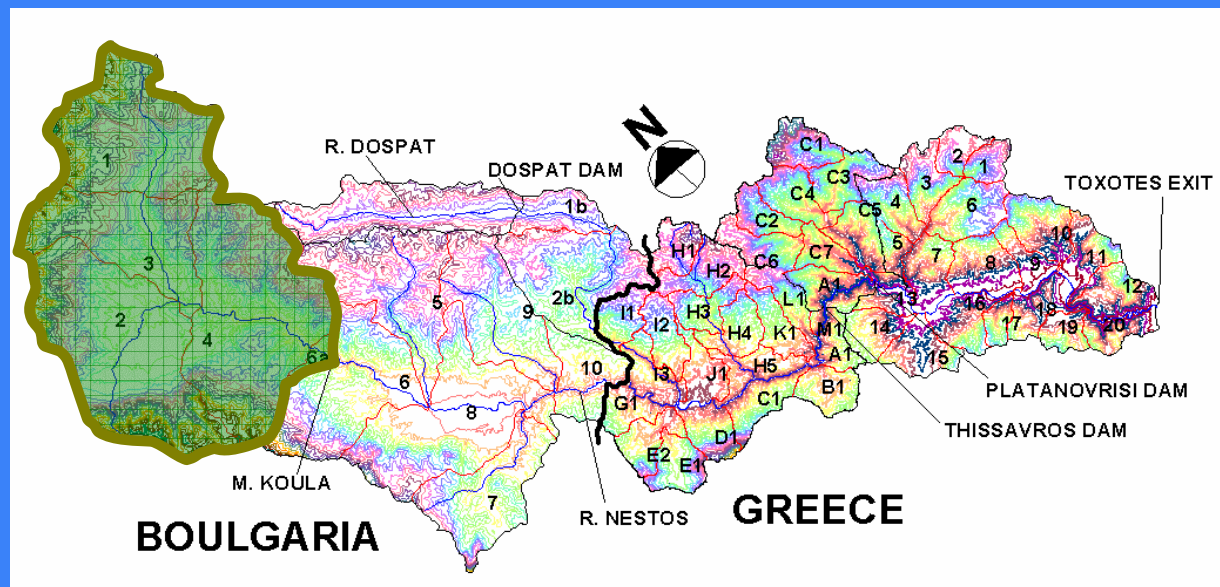
ν (m² s⁻¹) : κινηματικό ιξώδες νερού

ΚΑΛΙΜΠΡΑΡΙΣΜΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΗ Μ. ΚΟΥΛΑ:

- Μετρήσεις για το χρονικό διάστημα 1937-1989 (53 έτη)
- Μαθηματική προσομοίωση για την ίδια περίοδο.
- ΘΕΩΡΗΣΗ: Μ. ΚΟΥΛΑ σε ορεινή περιοχή ➡
φορτίο κοίτης/αιωρούμενο υλικό=0,25.



ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΠΟΕΚΤΙΜΑ ΤΟ ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΣΤΕΡΕΟΦΟΡΤΙΟ ΚΑΤΑ
18%.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ



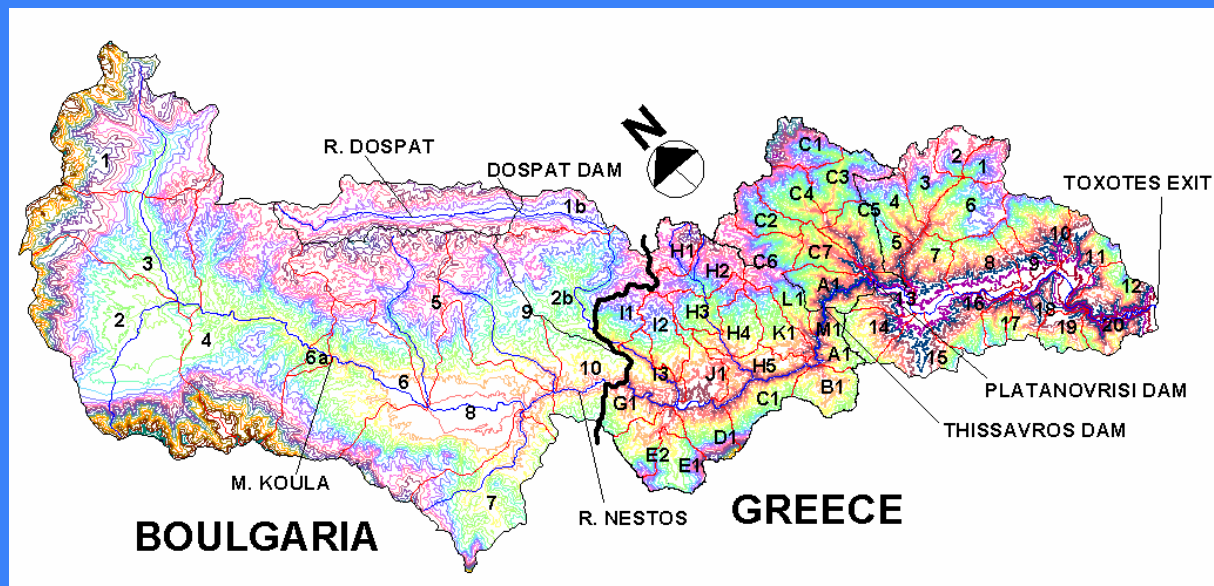
ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ:

- Συλλογή των απαραίτητων μετεωρολογικών δεδομένων από 22 σταθμούς σε Ελλάδα και Βουλγαρία.
- Διαχωρισμός της λεκάνης απορροής σε 58 υπολεκάνες.
- Κατασκευή θεματικών χαρτών για ακριβείς μετρήσεις διαφόρων παραμέτρων του μοντέλου RUNERSET (εμβαδό υπολεκανών, μέση κλίση εδαφικής επιφάνειας και κύριου υδατορρεύματος κάθε υπολεκάνης, ποσοστά πολυγώνων Thiessen, ποσοστά εδαφολογικής σύστασης και χρήσης γης κ.α.).

**ΤΟ ΚΑΛΙΜΠΡΑΡΙΣΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΤΡΕΞΕ ΓΙΑ
10 ΕΤΗ**

ΘΕΜΑΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Χάρτης ισοϋψών καμπύλων και υπολεκανών



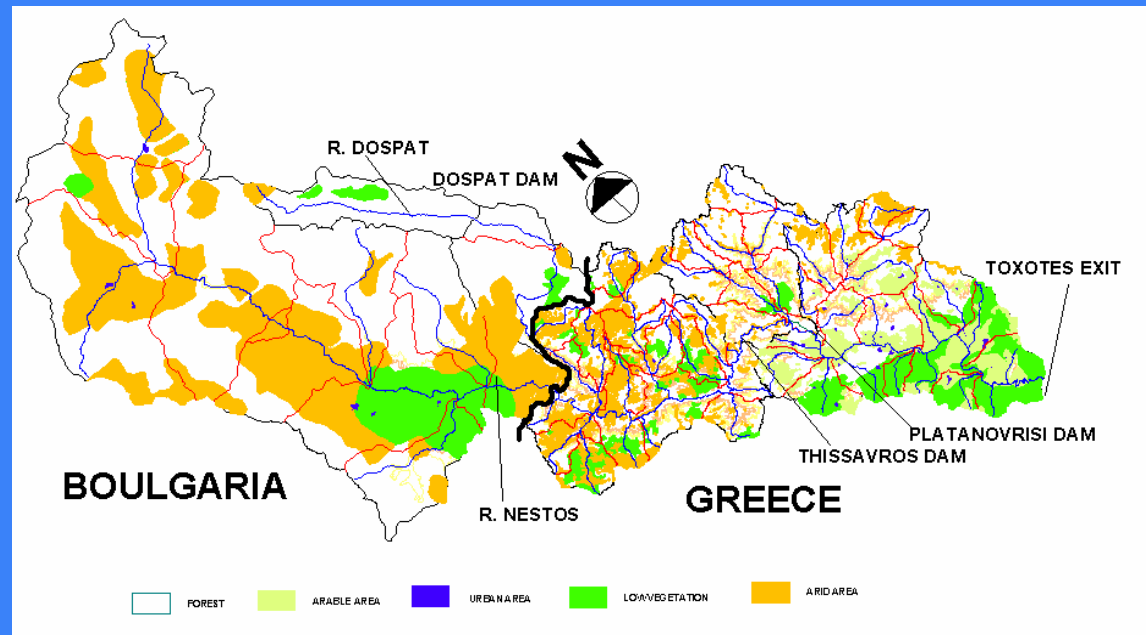
ΘΕΜΑΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Χάρτης βροχομετρικών σταθμών και πολυγώνων Thiessen



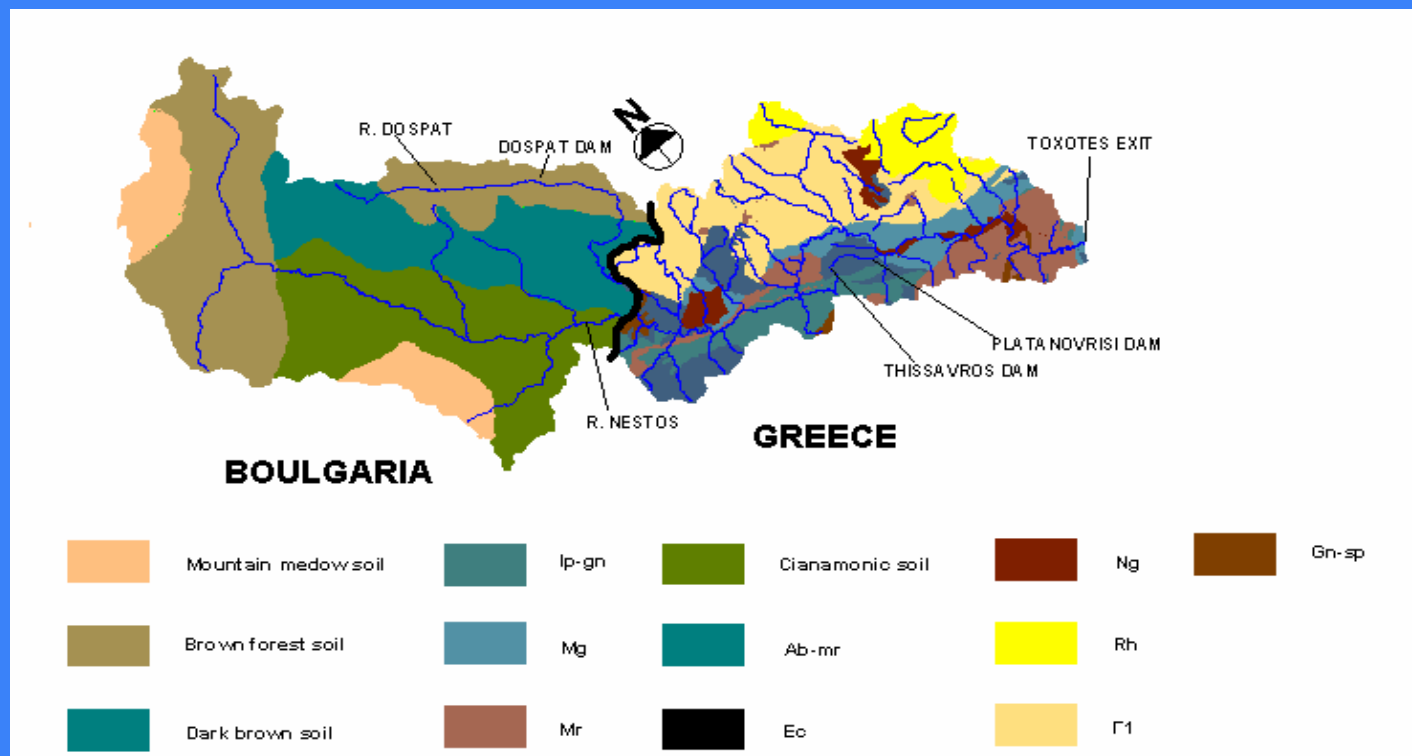
ΘΕΜΑΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Χάρτης χρήσεων γης



ΘΕΜΑΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Χάρτης εδαφολογικής σύστασης





ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ– πριν την κατασκευή των φραγμάτων

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ

ΕΜΒΑΔΟ: 4315.50 km²

ΜΟΝΤΕΛΟ: RUNERSET

ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ: 29

ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΣΤΕΡΕΟΦΟΡΤΙΟ: 1 794 275 t/έτος

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗΣ

ΕΜΒΑΔΟ: 405.01 km²

ΜΟΝΤΕΛΟ: RUNERSET

ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ: 9

ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΣΤΕΡΕΟΦΟΡΤΙΟ: 274 887 t/έτος

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΥ

ΕΜΒΑΔΟ: 840.00 km²

ΜΟΝΤΕΛΟ: RUNERSET

ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ: 20

ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΣΤΕΡΕΟΦΟΡΤΙΟ: 325 340 t/έτος

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΝΕΣΤΟΥ



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ– μετά την κατασκευή των φραγμάτων

Το στερεοφορτίο που προέρχεται από τη λεκάνη απορροής του Θησαυρού συγκρατείται στο φράγμα Θησαυρού, ενώ το στερεοφορτίο στην έξοδο της λεκάνης απορροής της Πλατανόβρυσης συγκρατείται αντίστοιχα στο φράγμα Πλατανόβρυσης.

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟ

ΕΜΒΑΔΟ: 840.00 km²

ΜΟΝΤΕΛΟ: μοντέλο RUNERSET

ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ: 20

ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΣΤΕΡΕΟΦΟΡΤΙΟ: 325 340 t/έτος



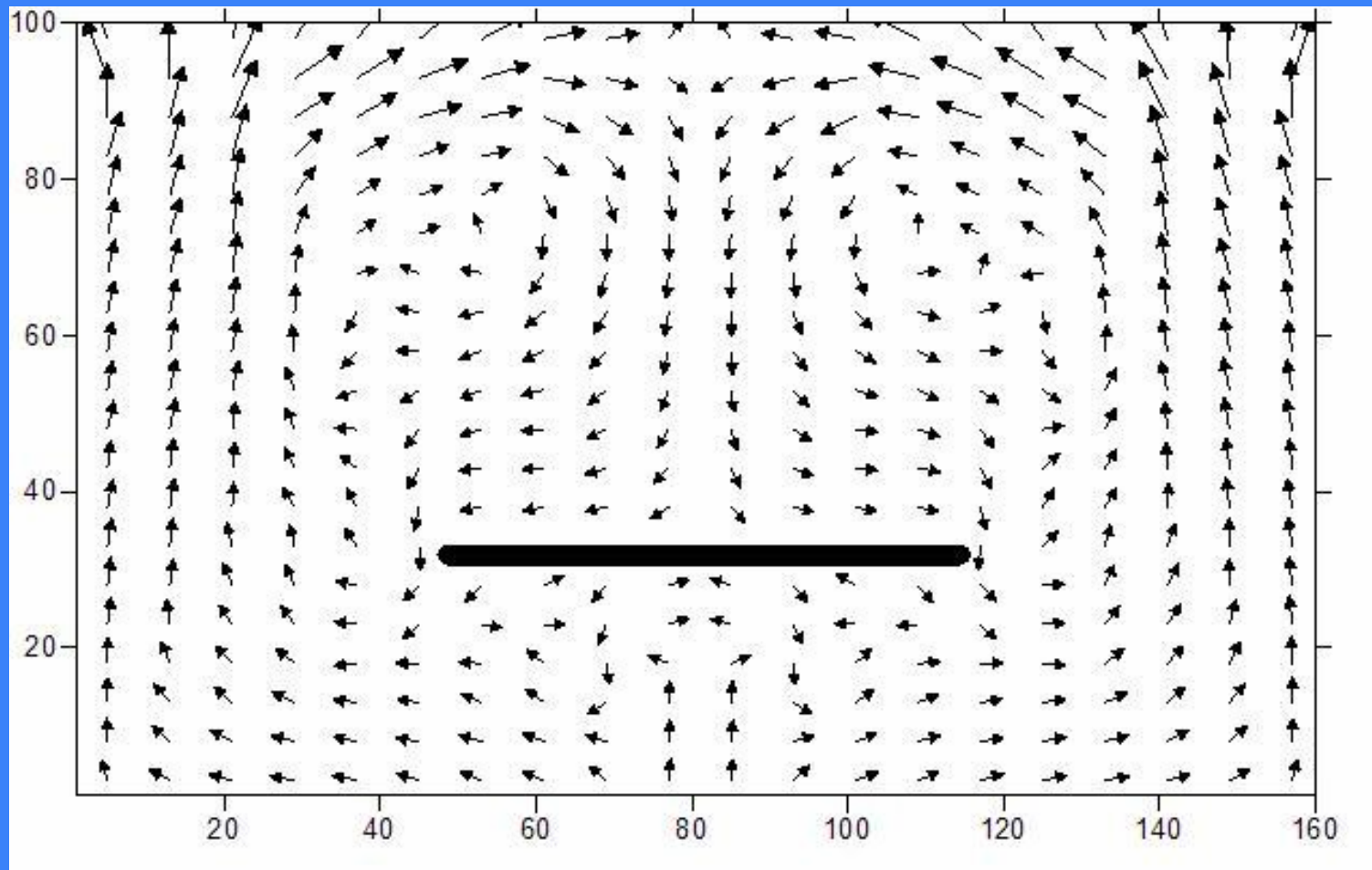
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



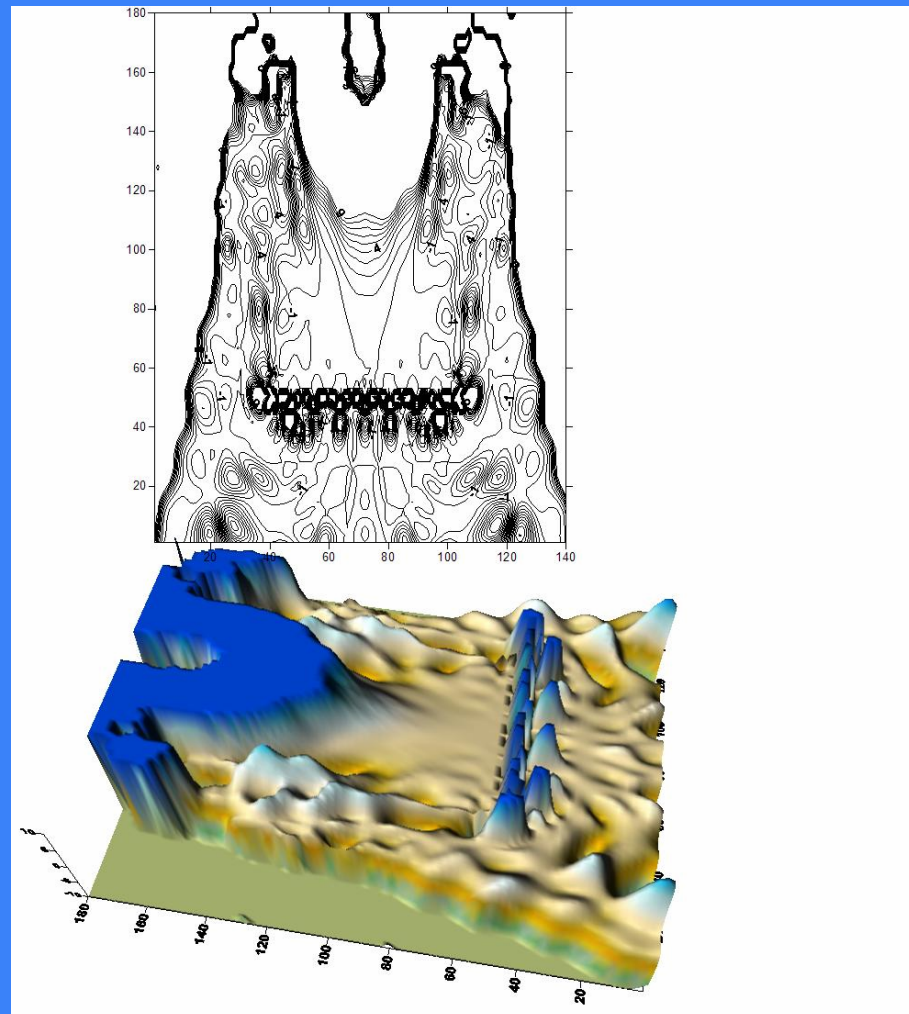
- Το μέσο στερεοφορτίο στην έξοδο των Τοξοτών έχει μειωθεί περίπου κατά 2.100.000 t/έτος (περίπου κατά 82%), μετά την κατασκευή των φραγμάτων.
- Το ισοζύγιο μεταφοράς φερτών υλών από τη λεκάνη απορροής του π. Νέστου στην παράκτια περιοχή των εκβολών του έχει διαταραχθεί σημαντικά.

ΜΕΡΟΣ II
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ
ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ

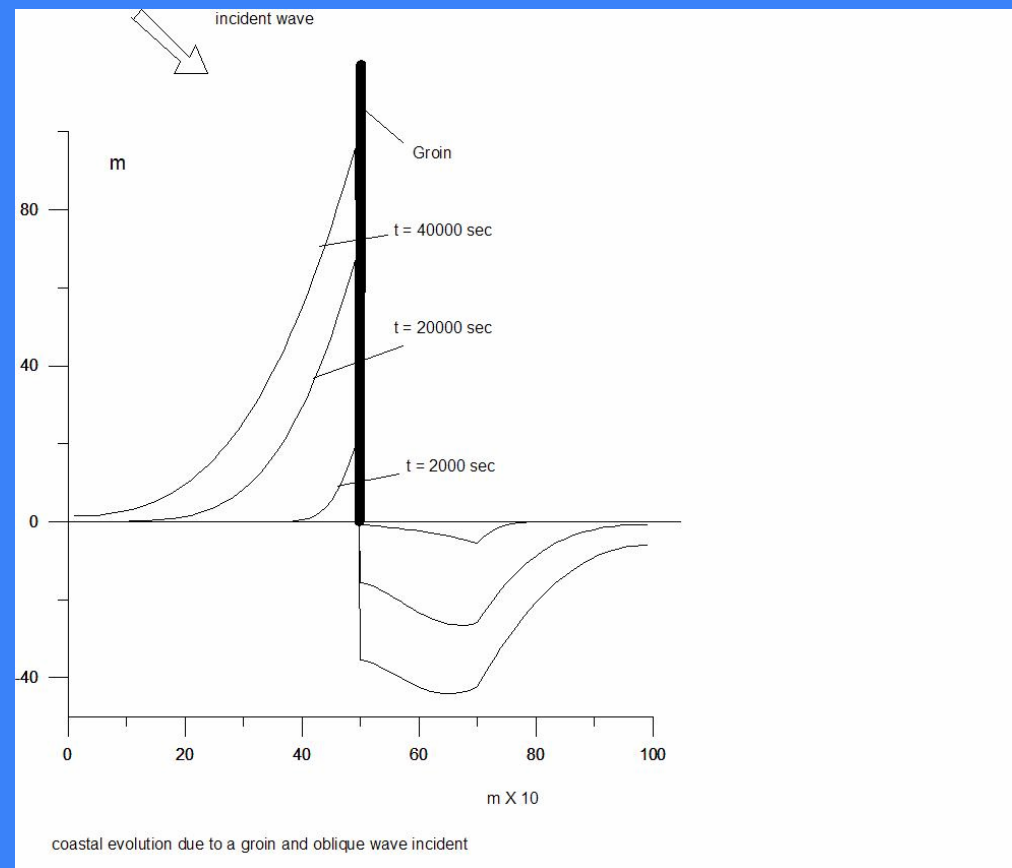
ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΚΥΜΑΤΟΘΡΥΣΤΗ



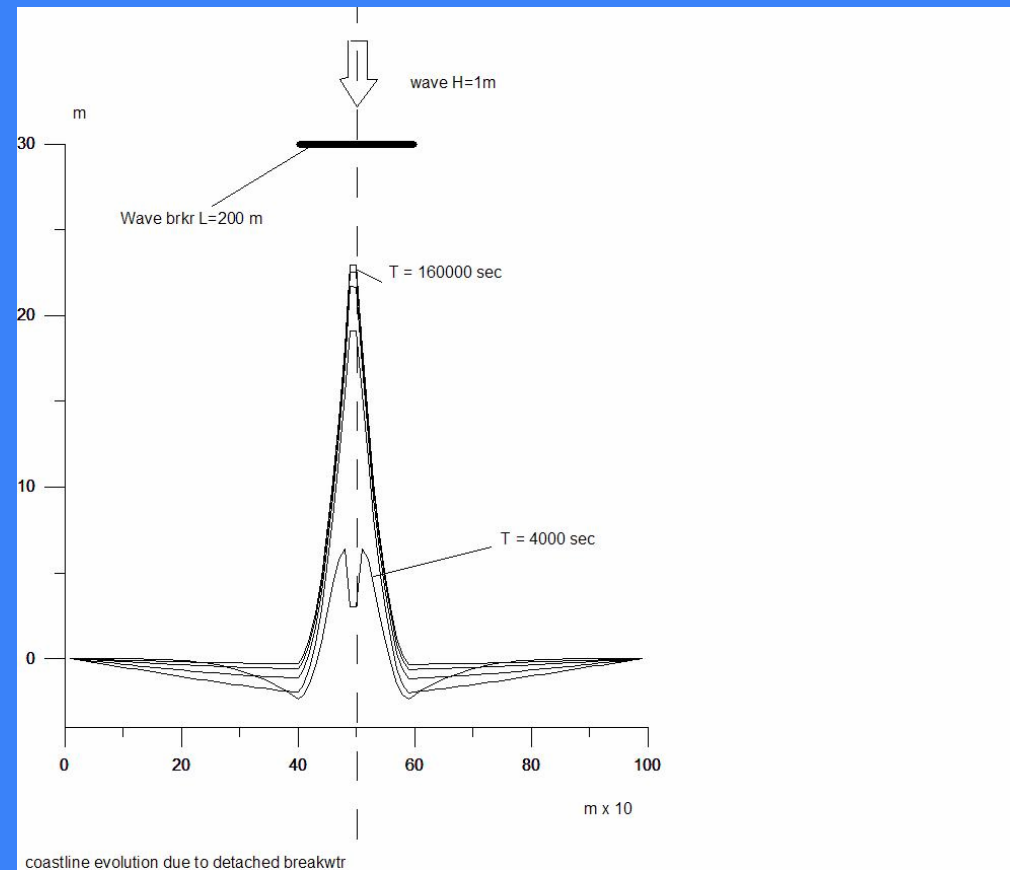
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣΑΜΜΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΗ



ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΑΠΟ ΔΙΑΒΡΩΣΕΙΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΜΜΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΒΡΑΧΙΟΝΑ



ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΗ



ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

- Συλλογή τοπογραφικών και μετεωρολογικών στοιχείων
- Εκτίμηση κυματικού κλίματος και μέσων ετησίων κυματικών συνθηκών
- Υπολογισμός για τυπικές ετήσιες συνθήκες της κατανομής των υψών κύματος στην περιοχή μελέτης, του κυματογενούς ρεύματος και των ρυθμών δημιουργίας θετικών και αρνητικών αποθεμάτων άμμου. Εκτίμηση του ετήσιου ισοζυγίου άμμου.
- Οργάνωση της λύσης είτε με συμπληρωματικά παράκτια τεχνικά έργα είτε με δυναμική διαχείριση των φερτών υλών.

Η ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΩΝ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΒΥΘΟΚΟΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ (ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΑΜΜΟΥ) ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΘΩΝ

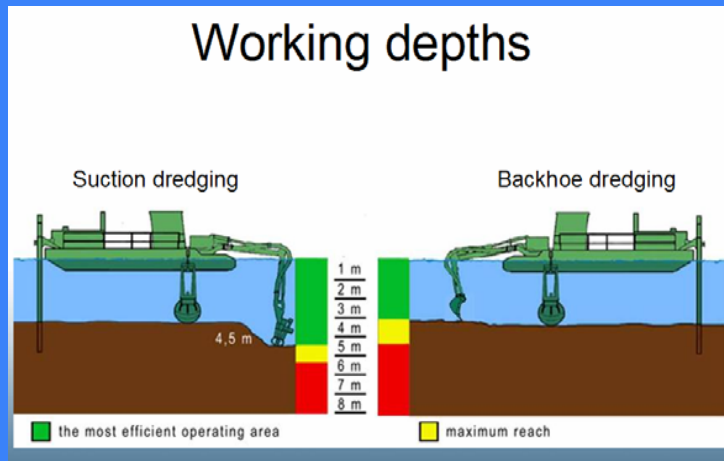
- Τα συχνότερα προβλήματα αντίξοης εξέλιξης αποθεμάτων άμμου στον παράκτιο χώρο
 1. Απόφραξη εκβολών υδατορευμάτων από άμμο στην περίοδο χαμηλών ή μηδενικών παροχών
 2. Πρόσχωση και ρήχωση εισόδων μικρών λιμένων και λιμενολεκανών
 3. Διάβρωση ακτών λόγω παράκτιας ή/και εγκάρσιας προς την ακτή απαγωγής άμμου.

Ζητήματα που χρονίζουν, που υποβαθμίζουν επιχειρησιακά και οικονομικά τις παράκτιες κοινότητες και δημιουργούν προβλήματα ασφάλειας.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΒΥΘΟΚΟΡΩΝ

- Βιομηχανικά προϊόντα με υψηλές τεχνικές προδιαγραφές (εγγύηση ασφαλούς 10ετους λειτουργίας, 1000000 m³ ωφέλιμη παραγωγή,
- Χαμηλό κόστος αγοράς (400000-500000€) και κόστος λειτουργίας (1-1.5€/m³)
- Εύκολη οδική μεταφορά, αυτοδυναμία κίνησης στη θάλασσα και στην είσοδο-έξοδο από το νερό
- Εργασία σε βάθη 1-5m.
- Πολλαπλή χρήση (βυθοκόρηση, κοπή καλαμιών, πασαλόπηξη)
- Τεράστια η προστιθέμενη αξία, (πέρα από το χαμηλό κόστος της μονάδας βυθοκορούμενου όγκου), από την αδιάκοπη και ασφαλή λειτουργία των λιμένων, των τουριστικών μονάδων και των υδατορευμάτων στην περιοχή δράσης της βυθοκόρου.

ΟΨΕΙΣ ΕΝΟΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ





ΠΟΤΑΜΙΑ ΘΑΣΟΥ



© 2006 Europa Technologies
Image © 2006 DigitalGlobe

© 2006 Google

er 40°42'34.71" N 24°45'51.18" E elev 35 m

Streaming |.||||| 71%

Eye alt 94

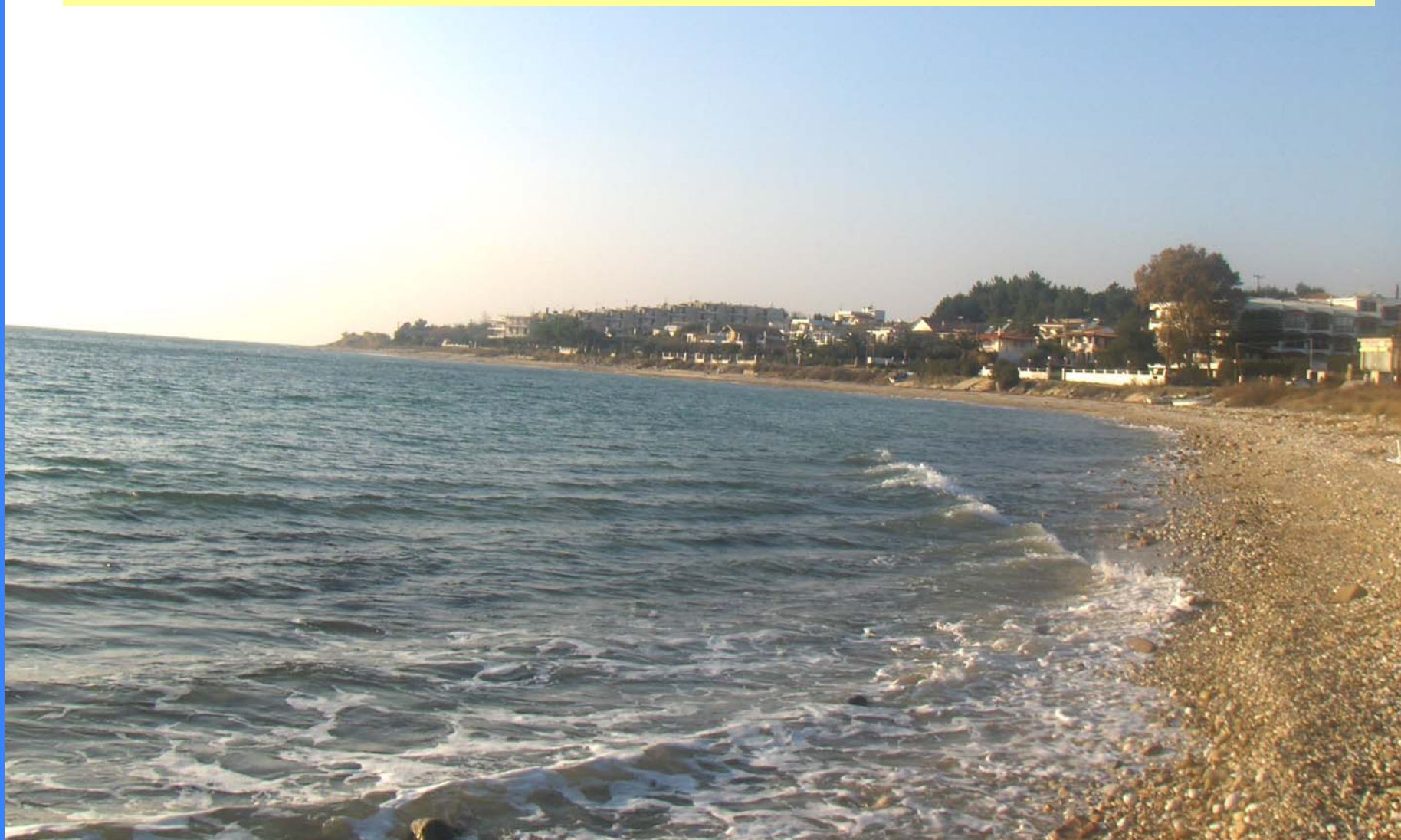
ΠΟΤΑΜΙΑ ΘΑΣΟΥ



**ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΛΙΕΥΤΙΚΟ ΚΑΤΑΦΥΓΕΙΟ ΣΤΗ ΝΕΑ ΚΑΡΙΑΝΗ
ΝΟΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ (ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2007)**



Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ-ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΡΙΑΝΗΣ



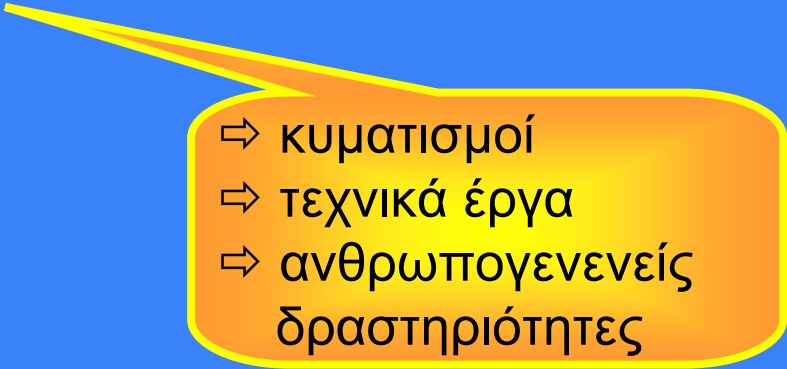
CAREIRA - FIRENZE-ITALY





Το λογισμικό CEDAS (σύστημα NEMOS)

- Σύνολο υπολογιστικών μοντέλων
- Σκοπός: Μακροπρόθεσμη περιγραφή μεταβολών στην ακτομορφολογία



⇒ κυματισμοί
⇒ τεχνικά έργα
⇒ ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Το λογισμικό CEDAS (σύστημα NEMOS)

Βασικά Μοντέλα

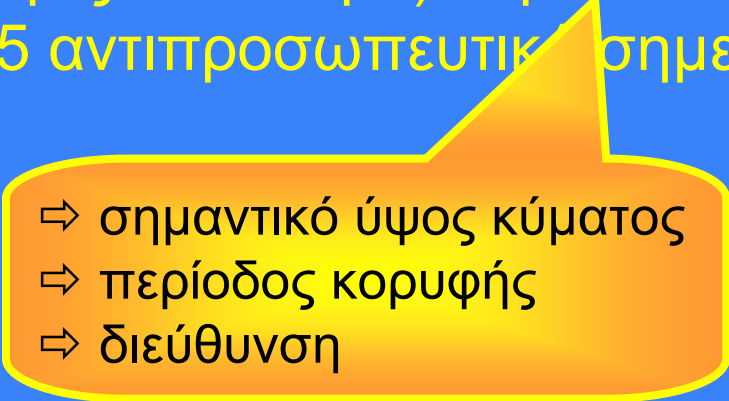
- **GENESIS**: μοντέλο μεταβολής ακτογραμμής
- **STWAVE**: κυματικό (φασματικό) μοντέλο

Βοηθητικοί Κώδικες

- **SPECGEN**: δημιουργία κατευθυντικών φασμάτων
- **GRIDGEN**: δημιουργία υπολογιστικών κανάβων
- **WSAV**: στατιστική ανάλυση κυματικών χαρακτηριστικών
- **WMV**: οπτικοποίηση αποτελεσμάτων
- **WWWL**: επεξεργασία δεδομένων
- **WISPH3**: απλοποιημένη φασματική μετατροπή κύματος

Περιοχή μελέτης και Θέσεις δεδομένων

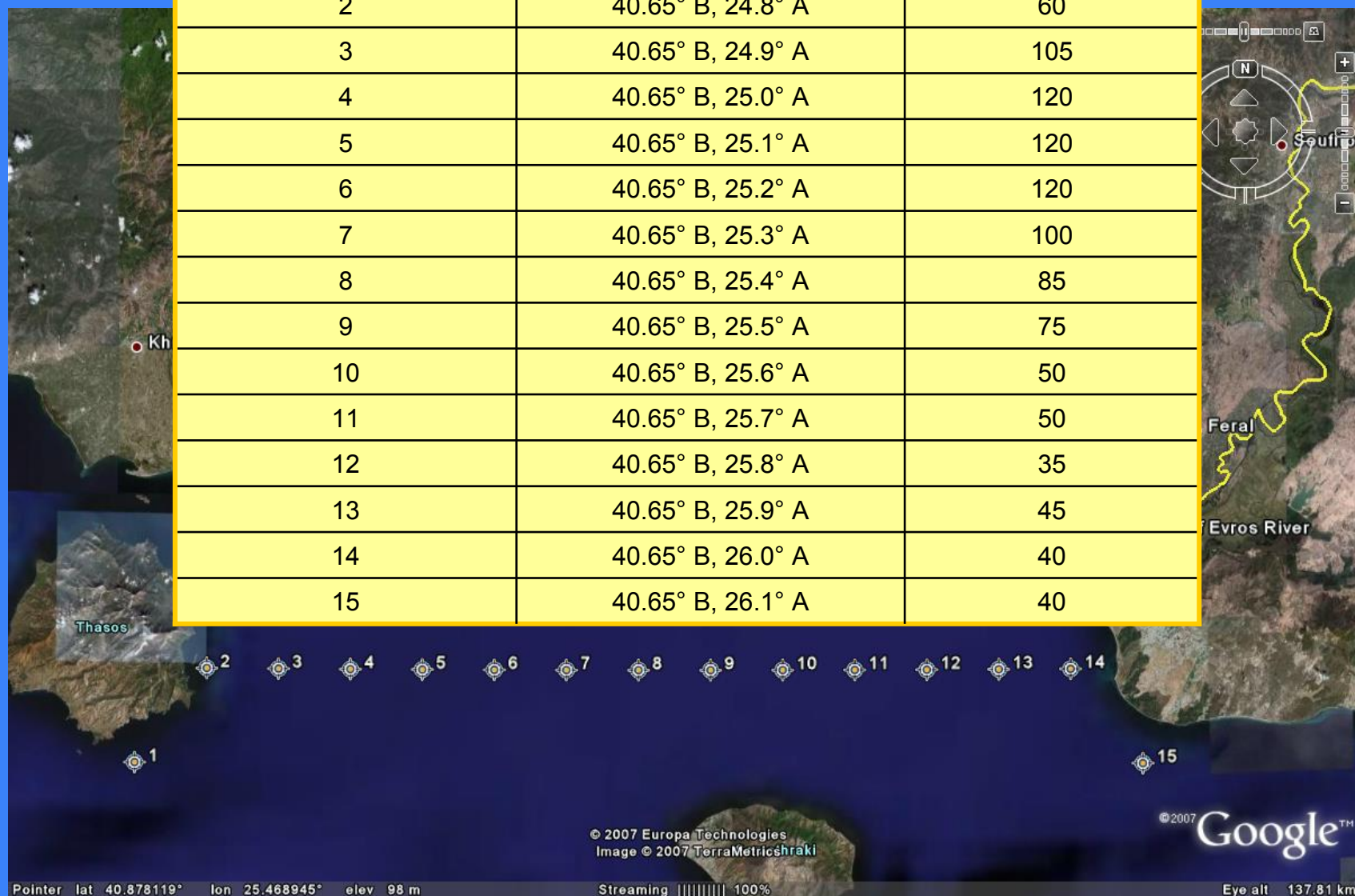
- Παράκτια περιοχή Περιφέρειας Α. Μακεδονίας - Θράκης
- Χρονοσειρές (καταγραφές ανά 3ωρο) κυματικών χαρακτηριστικών σε 15 αντιπροσωπευτικά σημεία



⇒ σημαντικό ύψος κύματος
⇒ περίοδος κορυφής
⇒ διεύθυνση

Περιοχή μελέτης και Θέσεις δεδομένων

Σημείο	Γεωγραφικές Συντεταγμένες	Βάθος [m]
1	40.55° B, 24.7° A	110
2	40.65° B, 24.8° A	60
3	40.65° B, 24.9° A	105
4	40.65° B, 25.0° A	120
5	40.65° B, 25.1° A	120
6	40.65° B, 25.2° A	120
7	40.65° B, 25.3° A	100
8	40.65° B, 25.4° A	85
9	40.65° B, 25.5° A	75
10	40.65° B, 25.6° A	50
11	40.65° B, 25.7° A	50
12	40.65° B, 25.8° A	35
13	40.65° B, 25.9° A	45
14	40.65° B, 26.0° A	40
15	40.65° B, 26.1° A	40



Περιοχή μελέτης και Θέσεις δεδομένων

- Παράκτια περιοχή Περιφέρειας Α. Μακεδονίας - Θράκης
- Χρονοσειρές (καταγραφές ανά 3ωρο) κυματικών και ανεμολογικών χαρακτηριστικών σε 15 αντιπροσωπευτικά σημεία
- Δύο αντιπροσωπευτικά πεδία
 - εκβολές του ποταμού Νέστου
 - λιμένας Αλεξανδρούπολης

Εφαρμογή για το Νέστο



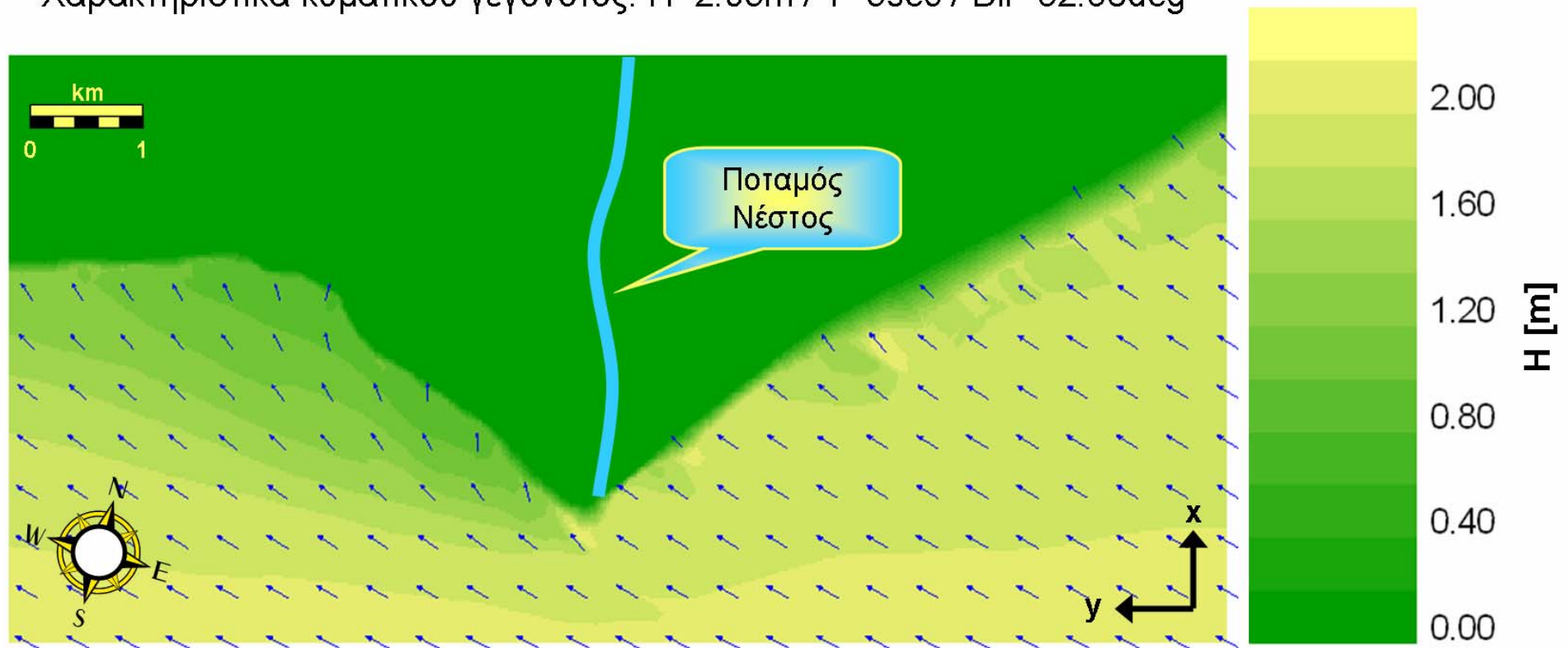
Εφαρμογή για το Νέστο

Προσομοίωση κυματικού κλίματος

- Διακριτοποίηση σε κυματικά γεγονότα

Αποτελέσματα Προσομοίωσης STWAVE

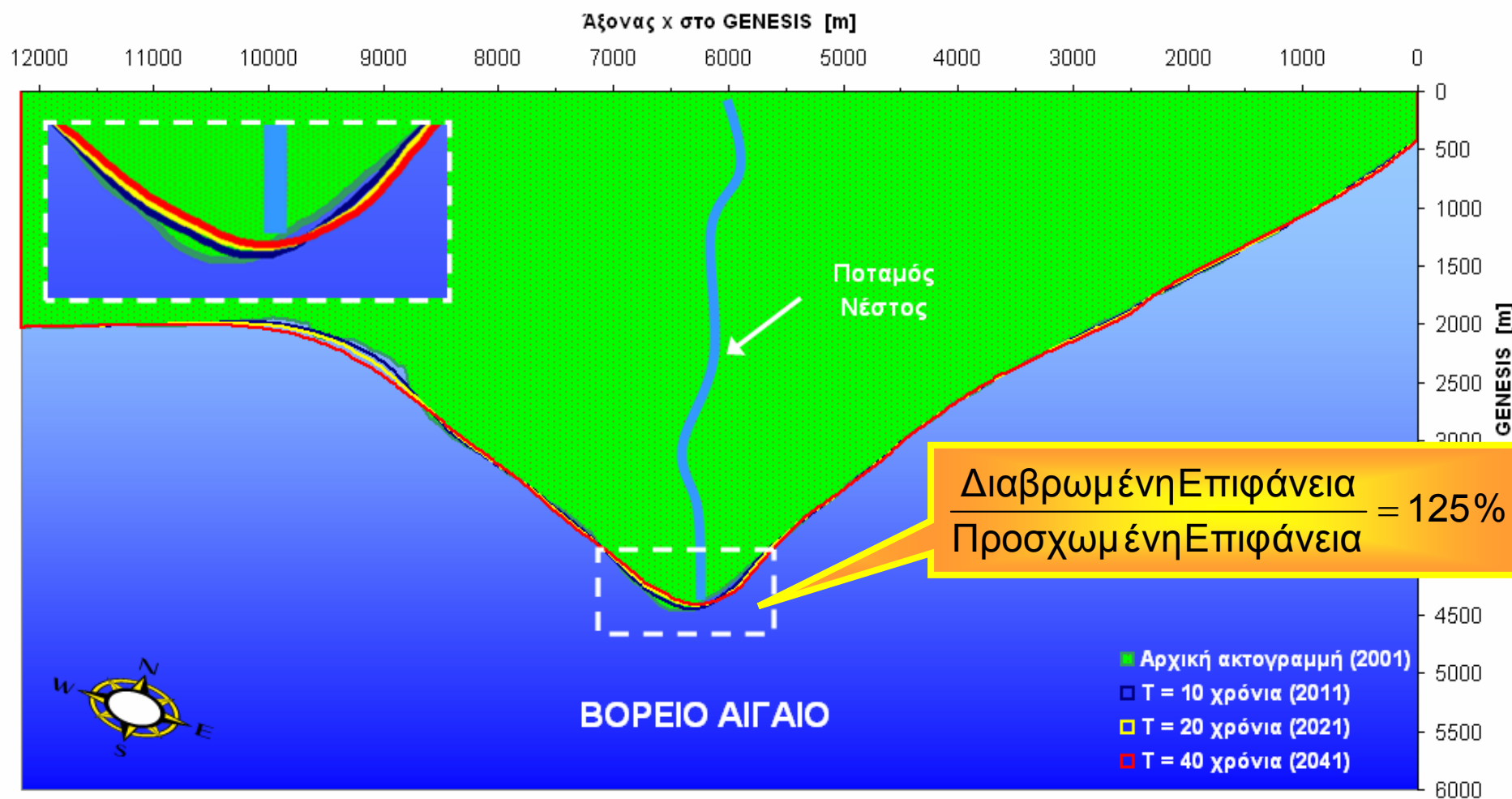
Χαρακτηριστικά κυματικού γεγονότος: $H=2.05\text{m}$ / $T=5\text{sec}$ / $\text{Dir}=62.98\text{deg}$



Εφαρμογή για το Νέστο

Προσομοίωση μεταβολής ακτογραμμής

Αριθμητική προσομοίωση της μεταβολής της ακτογραμμής στην περιοχή των εκβολών του Νέστου
χρήσει του λογισμικού CEDAS (μοντέλο GENESIS)



Εφαρμογή για την Αλεξανδρούπολη



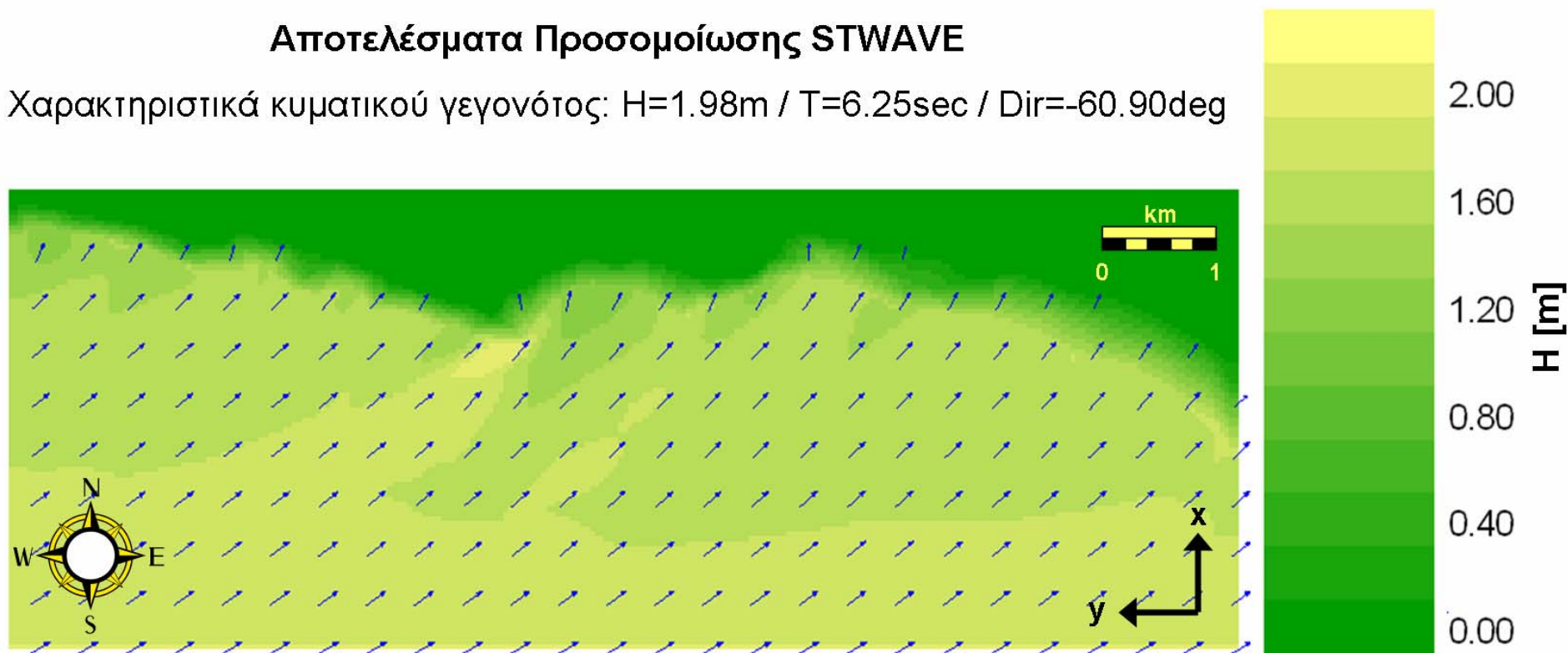
Εφαρμογή για την Αλεξανδρούπολη

Προσομοίωση κυματικού κλίματος

- Διακριτοποίηση σε κυματικά γεγονότα

Αποτελέσματα Προσομοίωσης STWAVE

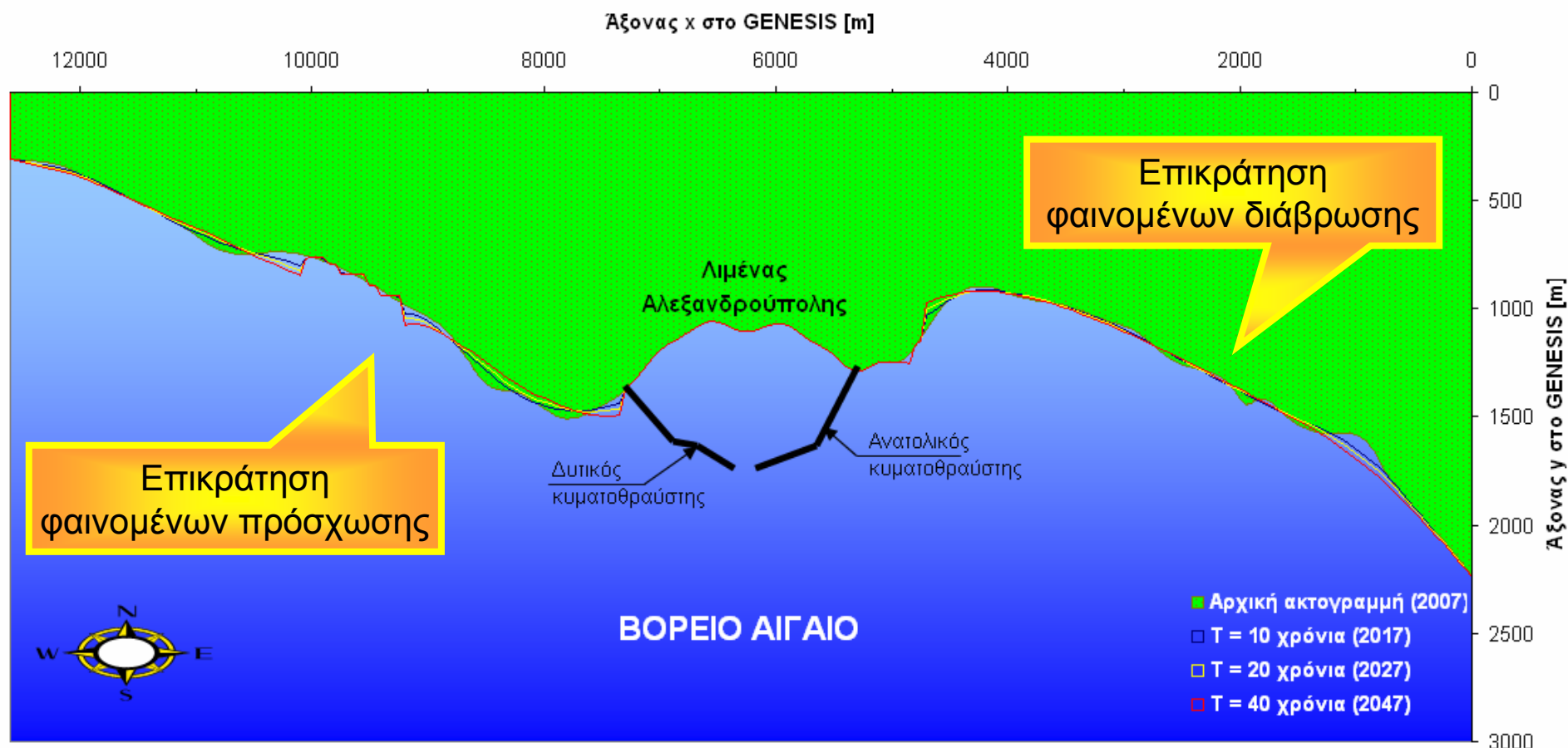
Χαρακτηριστικά κυματικού γεγονότος: $H=1.98\text{m}$ / $T=6.25\text{sec}$ / $\text{Dir}=-60.90\text{deg}$



Εφαρμογή για την Αλεξανδρούπολη

Προσομοίωση μεταβολής ακτογραμμής

Αριθμητική προσομοίωση της μεταβολής της ακτογραμμής στην περιοχή του Λιμένα Αλεξανδρούπολης
χρήσει του λογισμικού CEDAS (μοντέλο GENESIS)





ΜΕΡΟΣ III
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΦΕΡΤΩΝ
ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΌ
ΤΗΝ ΑΚΤΗ - ΡΕΜΑΤΑ
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

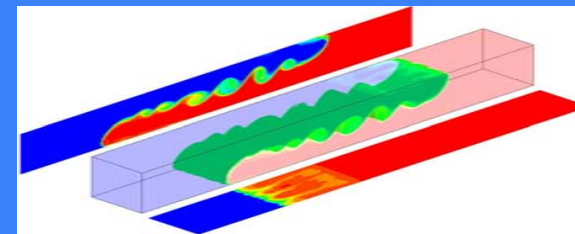


Nestos River Delta



•Πιθανή δημιουργία υπέρπυκνων ροών (Turbidity currents) κατά την διάρκεια πλημμυρικών παροχών του ποταμού.

TURBIDITY CURRENT MODELING (Prof. Kotsovinos Nikolaos) (Georgoulas Anastasios, MSc Civil Engineer)



Evros River Delta



- Αριθμητική προσομοίωση ρευμάτων θολότητας (Turbidity Currents) χρησιμοποιώντας το λογισμικό FLUENT.
- Μελέτη της μεταφοράς και εξάπλωσης αιρουμένων φερτών υλών από τους ποταμούς στην θάλασσα.
- Μελέτη των χαρακτηριστικών της ροής των εν λόγω ρευμάτων καθώς και των διαδικασιών διάβρωσης και εναπόθεσης φερτών υλών στον πυθμένα της θάλασσας.
- Εφαρμογή στον Έβρο και Νέστο [1].

•Πιθανή δημιουργία υπέρπυκνων ροών (Turbidity currents) κατά την διάρκεια πλημμυρικών παροχών του ποταμού.



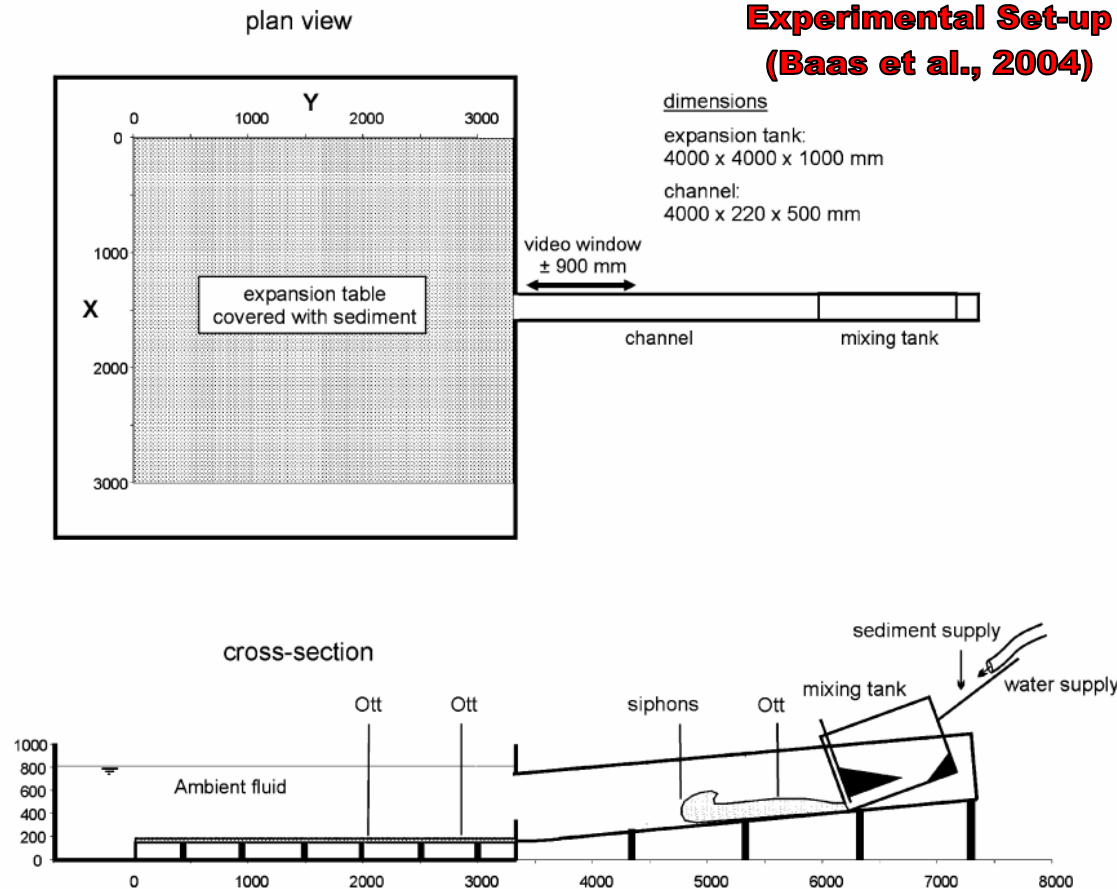
DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

Department of Civil Engineering
Hydraulic Structures Sector - Hydraulics & Hydraulic Structures Laboratory

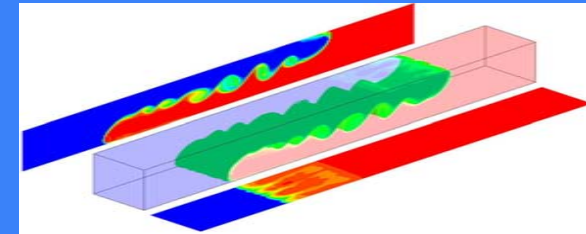


TURBIDITY CURRENT MODELING (Prof. Kotsovinos Nikolaos) (Georgoulas Anastasios, MSc Civil Engineer)

Experimental Set-up (Baas et al., 2004)



• Έλεγχος αξιοπιστίας του προτεινόμενου αριθμητικού μοντέλου ρευμάτων θολότητας προσομοιώνοντας τα εργαστηριακά πειράματα των *BAAS κ.α. (2004)* [2] και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των εργαστηριακών και αριθμητικών προσομοιώσεων [1].



- Αρχικές Συνθήκες εργαστηριακών και αριθμητικών πειραμάτων (Πείραμα 3):
- Μέση Διάμετρος κόκκων = 0.235 mm
- Αρχική κατά όγκο συγκέντρωση φερτών = 35% (by Vol.)
- Κλίση καναλιού = 8.6°
- Τραχύτητα πυθμένα = Smooth
- Ταχύτητα Εισόδου = 1.24 m/sec

- Αποτελέσματα Πειράματος 3 (Baas κ.α.) :
- Ταχύτητα Μετώπου Ρεύματος = 0.952 m/sec[a]
- Γωνία εξάπλωσης ρεύματος = 28.5°[b]
- 3 sec μετά το πέρασμα του μετώπου από τη θέση Ott1 σταθεροποιείται η ροή στο κυρίως σώμα του ρεύματος[c].
- Σχηματισμός εσωτερικού υδραυλικού άλματος στην είσοδο στην περιοχή εξάπλωσης[d].
- Δημιουργία Ρευμάτων 2 στρώσεων. Μια πυκνή στρώση, στο κάτω μέρος, κινούμενη παράλληλα στον πυθμένα και μια αραιή στρώση ανάμειξης με το περιβάλλον ρευστό στο πάνω[e].



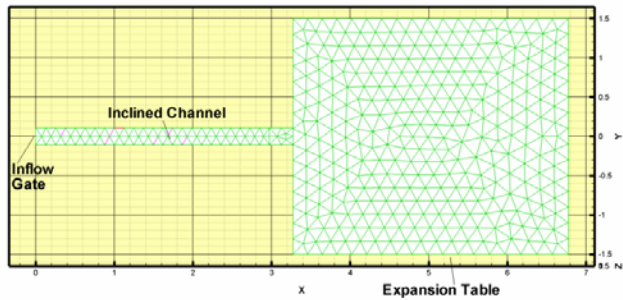
DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

Department of Civil Engineering
Hydraulic Structures Sector - Hydraulics & Hydraulic Structures Laboratory

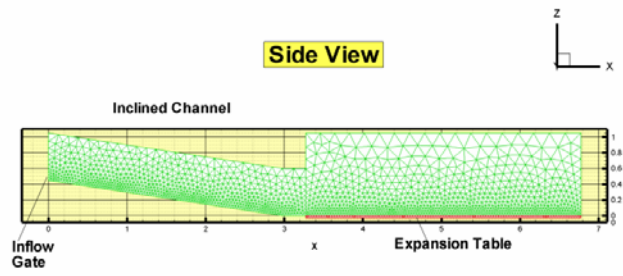


Numerical Model Geometry, Mesh and Results

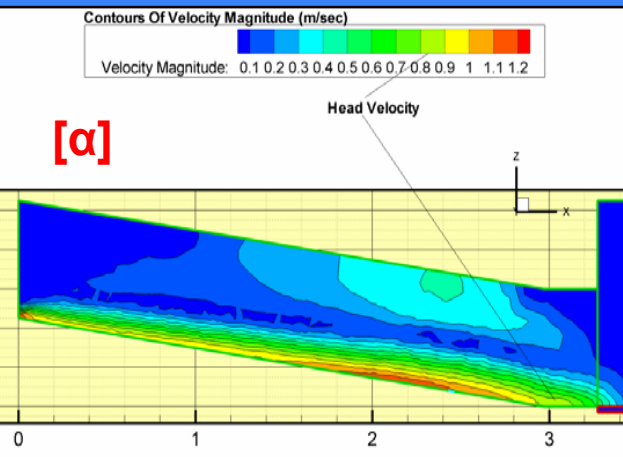
Top View



Side View



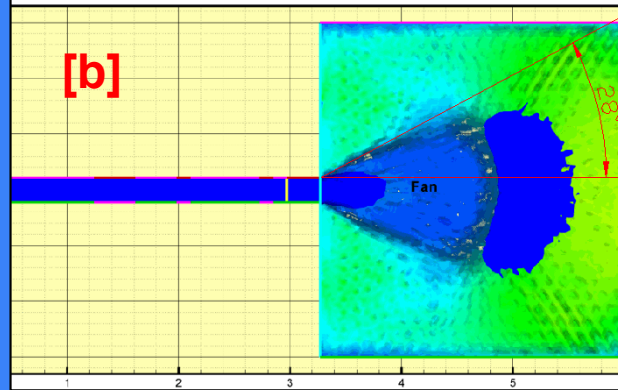
[α]



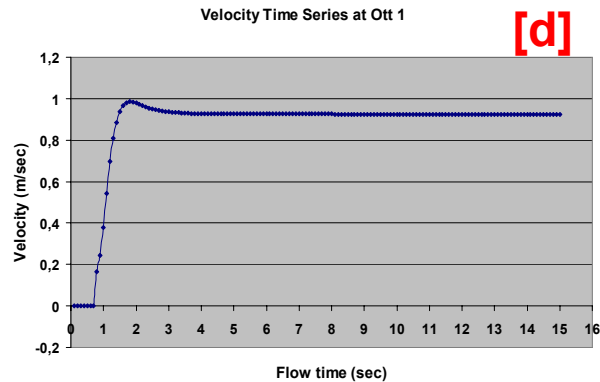
0.05 0.11 0.17 0.23 0.29 0.35 0.41 0.47 0.53 0.59

Isosurfaces Of Sediment Volume Fraction

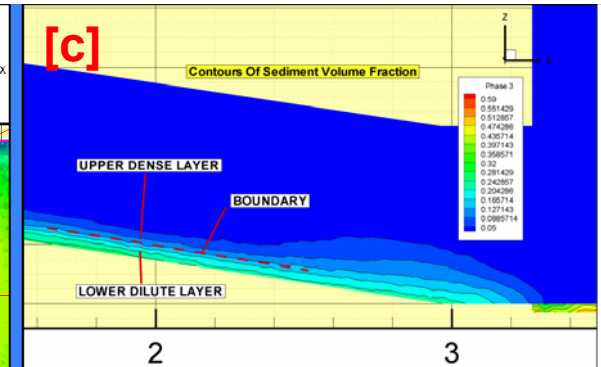
[b]



Velocity Time Series at Ott 1



[c]



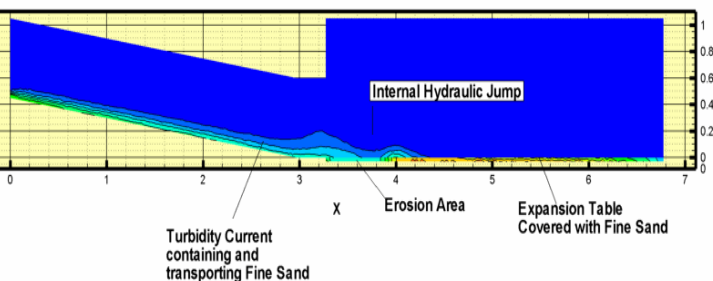
**TURBIDITY CURRENT MODELING
(Prof. Kotsovinos Nikolaos)
(Georgoulas Anastasios, MSc Civil Engineer)**



- Σύγκριση πειραματικών αποτελεσμάτων (a,b,c,d,e) με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων shown in previous figures
- Συμπεραίνεται ότι το αριθμητικό μοντέλο προβλέπει την συμπεριφορά των εν λόγω εργαστηριακών ρευμάτων με αρκετή ακρίβεια.
- Επομένως, το προτεινόμενο αριθμητικό μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί και σε κλίμακα πεδίου για την μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών αλλά και των διαδικασιών διάβρωσης και εναπόθεσης αιρούμενων φερτών υλών.

0.05 0.11 0.17 0.23 0.29 0.35 0.41 0.47 0.53 0.59

Contours of Sediment Volume Fraction





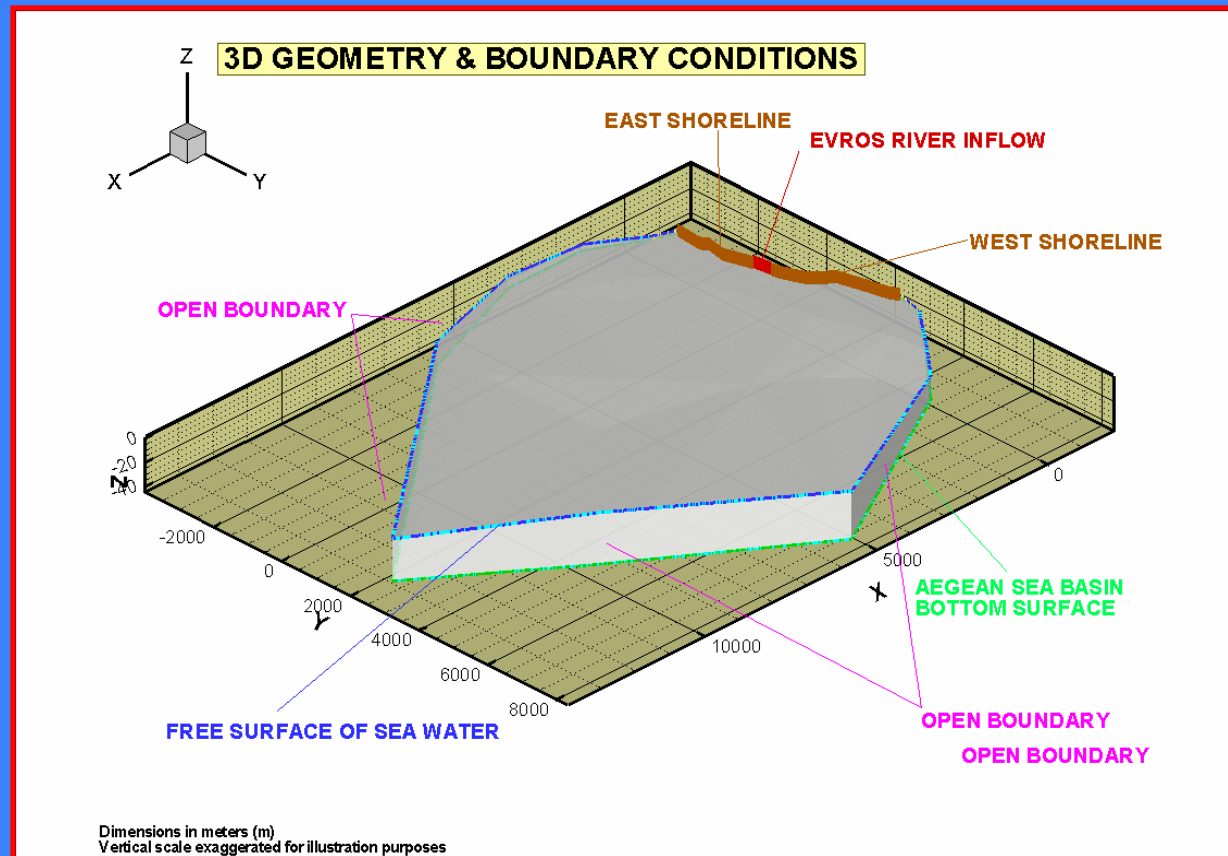
Εφαρμογή Μοντέλου σε Κλίμακα Πεδίου

-Προσομοίωση της πορείας και της μορφής εναπόθεσης των αιωρούμενων φερτών υλών οι οποίες μεταφέρονται από τον ποταμό Έβρο στο γειτονικό πυθμένα του θαλάσσιου αποδέκτη του Βορείου Αιγαίου σε περιπτώσεις μεγάλων πλημμυρών, όπου η συγκέντρωση των αιωρούμενων φερτών του ποταμού παίρνει τις μέγιστες τιμές.

Αποτελέσματα

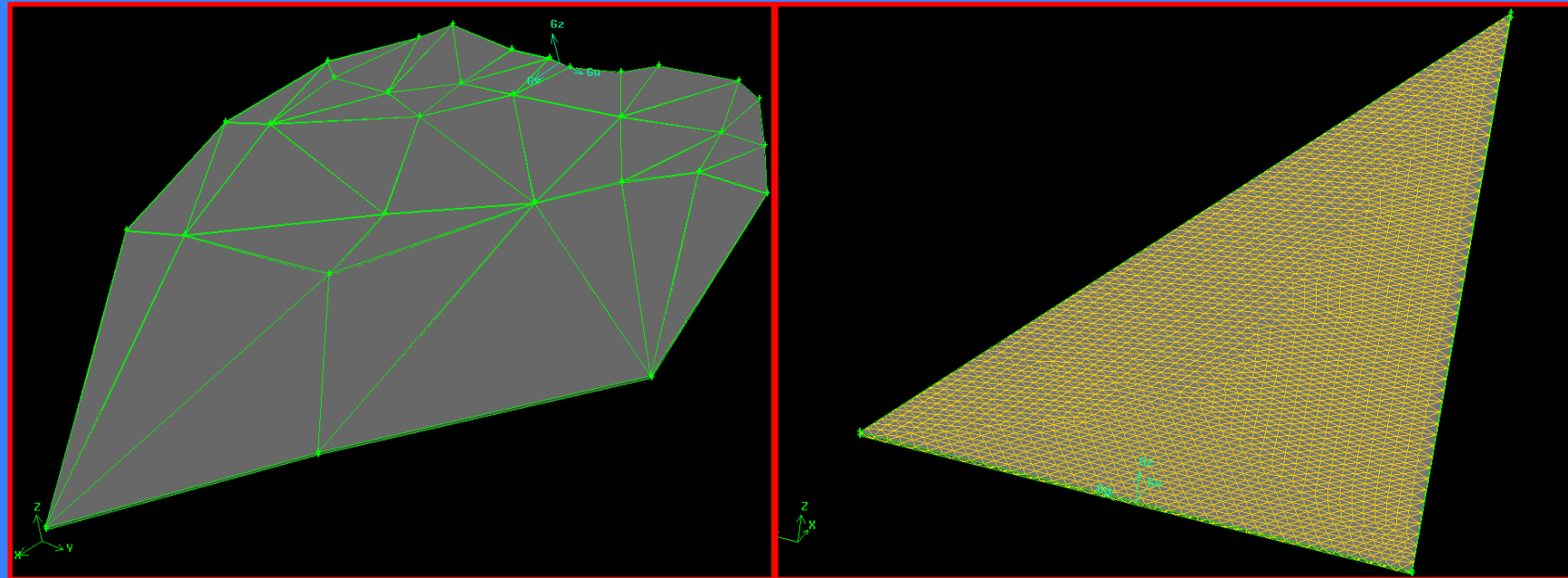
-Το φορτωμένο με φερτά νερό του ποταμού Έβρου μεταφέρει τις αιωρούμενες φερτές ύλες σε μεγάλες αποστάσεις από την έξοδο του ποταμού στη θάλασσα.
-Σε απόσταση 3,5 km η εν λόγω εκροή του ποταμού και κατά επέκταση το ρεύμα πυκνότητας αιωρούμενων φερτών υλών που δημιουργείται, εκτρέπεται προς τα δεξιά λόγω της επίδρασης της δύναμης Coriolis σχηματίζοντας μικρούς κυκλώνες και αντικυκλώνες, χάνοντας και βαθμιαία εναποθέτοντας φερτές ύλες.





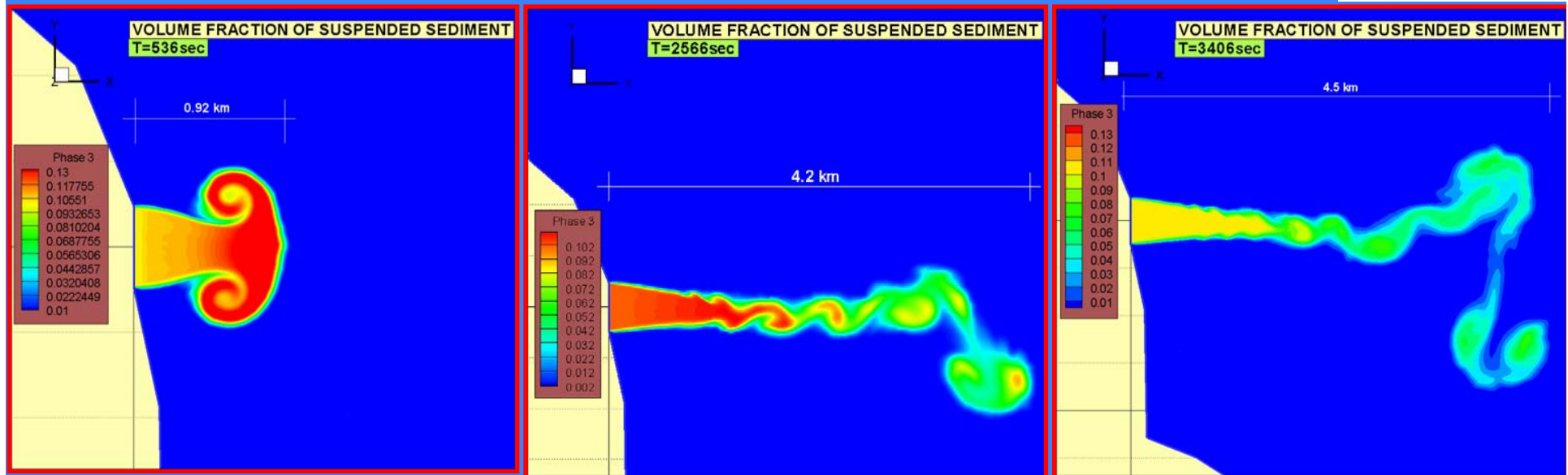
Εικόνα 1. Τρισδιάστατη γεωμετρία και εφαρμοζόμενες οριακές συνθήκες.





Εικόνα 2. Γεωμετρία και πλεγματοποίηση των υποδιαίρέσεων του πεδίου ροής.

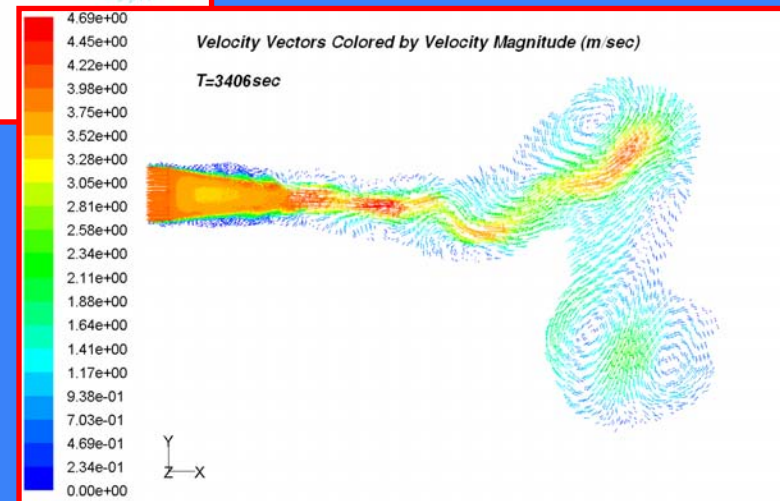
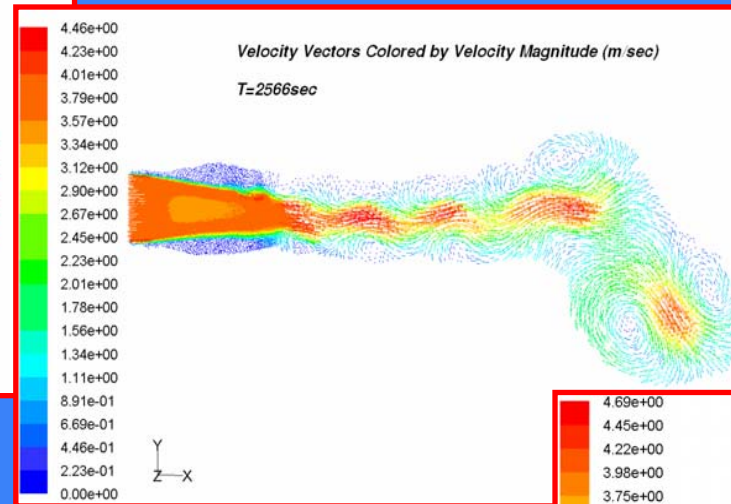
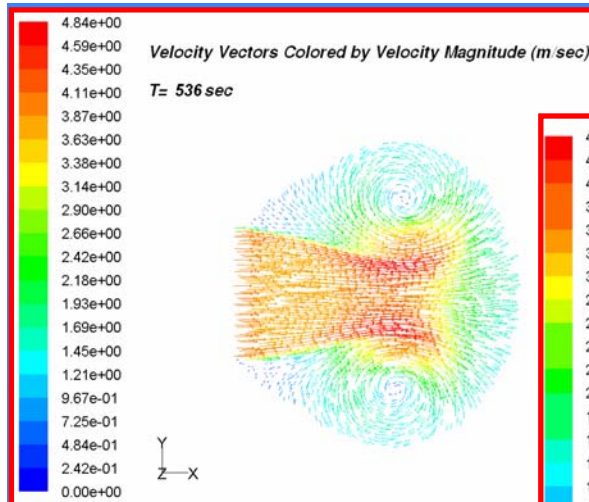




Εικόνα 3. Γραμμές ίσης κατά όγκο συγκέντρωσης φερτών υλών 536 και 2566 sec και 3406 sec από την έναρξη της προσομοίωσης (Τομή κάθετη στον Z άξονα στο ύψος της ελεύθερης επιφάνειας).

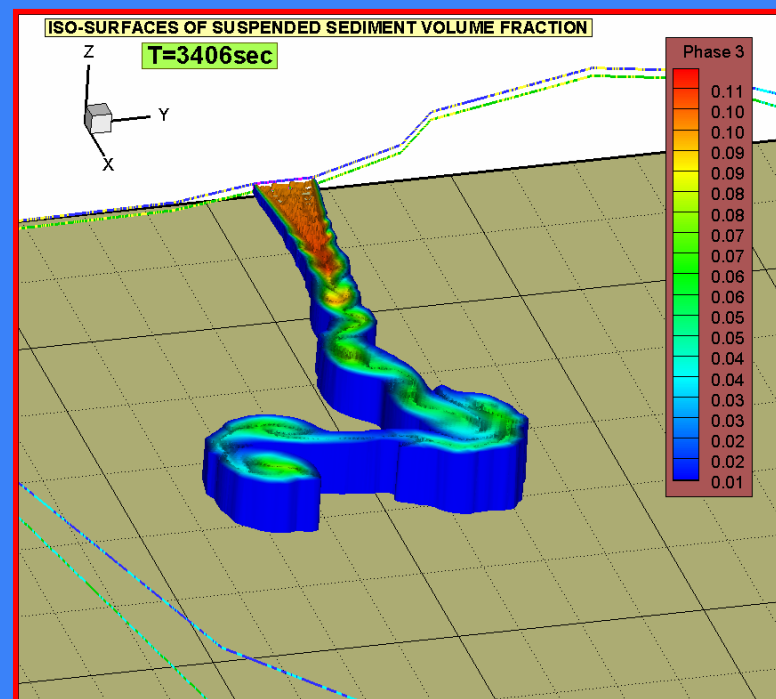
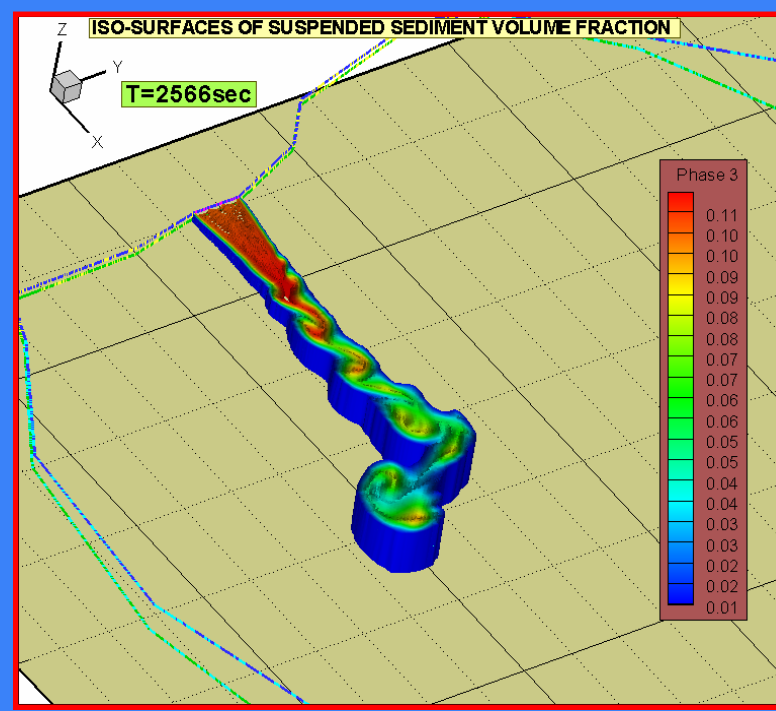
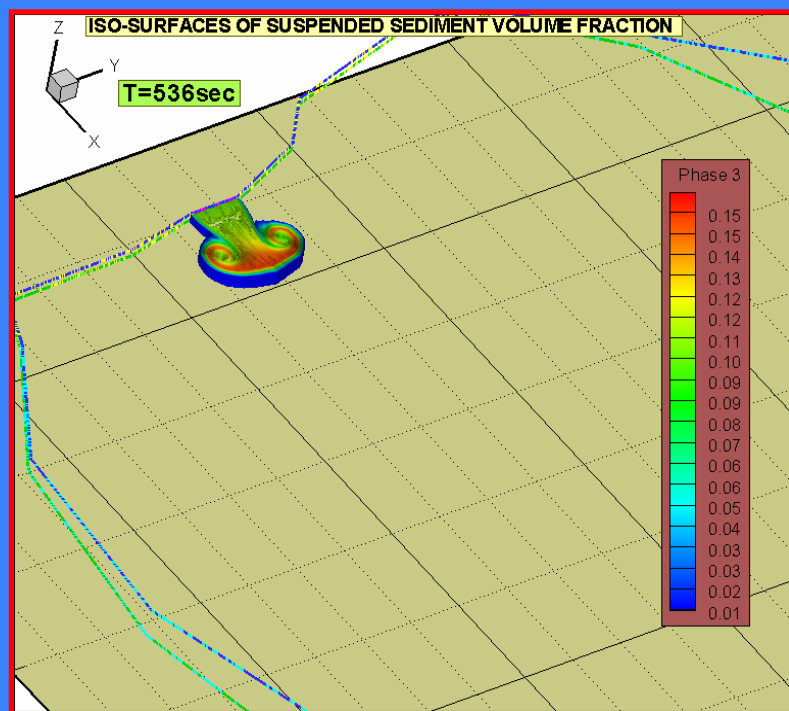
• Είναι προφανές ότι μετά από μία απόσταση περίπου 3.5 km από την έξοδο του ποταμού, το φορτωμένο με φερτές ύλες ρεύμα στα δεξιά της πορείας του εξαιτίας της επίδρασης της δύναμης Coriolis.





Εικόνα 4. Διανυσματικό πεδίο ταχυτήτων 536, 2566 και 3406 sec από την έναρξη της προσομοίωσης (Τομή κάθετη στον Z άξονα στο ύψος της ελεύθερης επιφάνειας).





Εικόνα 5. Τρισδιάστατες ισο-επιφάνειες κατά όγκο συγκέντρωσης αιωρούμενων φερτών υλών 536, 2566 και 3406 sec από την έναρξη της προσομοίωσης.

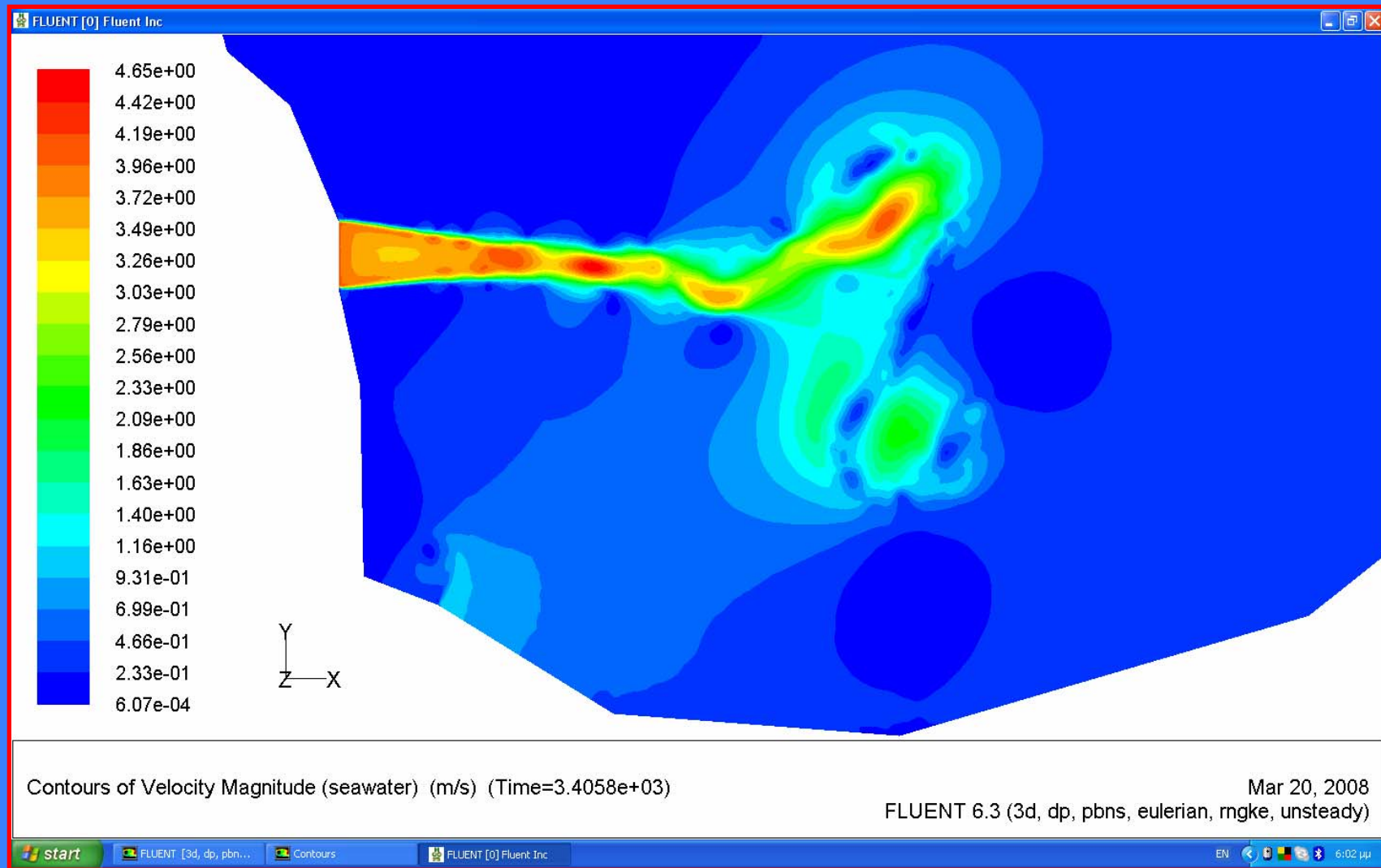
TURBIDITY CURRENT MODELING
(Prof. Kotsovinos Nikolaos)
(Georgoulas Anastasios, MSc Civil Engineer)



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

Department of Civil Engineering
 Hydraulic Structures Sector - Hydraulics & Hydraulic Structures Laboratory





Εικόνα 7. Γραμμές ίσου μέτρου ταχύτητας σε m/s, για την χρονική στιγμή $t = 3406 \text{ sec}$.

TURBIDITY CURRENT MODELING
(Prof. Kotsovinos Nikolaos)
(Georgoulas Anastasios, MSc Civil Engineer)



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

Department of Civil Engineering
Hydraulic Structures Sector - Hydraulics & Hydraulic Structures Laboratory



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Το φορτωμένο με φερτές ύλες ρεύμα του ποταμού Έβρου που δημιουργείται μέσα στο περιβάλλον θαλασσινό νερό, μεταφέρει τα αιωρούμενα σωματίδια σε μεγάλες αποστάσεις από την έξοδο του στην θάλασσα.
- Σε μια απόσταση 3.5 km εκτρέπεται προς τα δεξιά της αρχικής του κατεύθυνσης εξαιτίας της επίδρασης της δύναμης Coriolis, σχηματίζοντας κυκλώνες και αντικυκλώνες εγκλωβίζοντας συνεχώς περιβάλλον θαλασσινό νερό. Έτσι το εν λόγω ρεύμα αραιώνει συνεχώς χάνοντας την δύναμή του και αποθέτοντας σταδιακά το αιωρούμενο φορτίο του.
- Το προτεινόμενο μοντέλο προσομοιώνει ικανοποιητικά την πορεία και εξάπλωση των αιωρούμενων φερτών υλών που μεταφέρονται από τον ποταμό Έβρο στον πυθμένα της θαλάσσιας λεκάνης του βορείου Αιγαίου. Επομένως η εν λόγω μεθοδολογία προσομοίωσης μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για την πρόβλεψη της πορείας και εξάπλωσης των αιωρούμενων φερτών υλών που εκρέουν από φορτωμένα με φερτές ύλες ποτάμια μέσα στην θάλασσα.

TURBIDITY CURRENT MODELING
(Prof. Kotsovinos Nikolaos)
(Georgoulas Anastasios, MSc Civil Engineer)



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

Department of Civil Engineering
Hydraulic Structures Sector - Hydraulics & Hydraulic Structures Laboratory



5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Georgoulas A. (2008), *Numerical simulation of Turbidity Currents*, Technical Report, Hydraulics and Hydraulic Structures Laboratory, Democritus University of Thrace, Greece, Number T-1-08.**
2. **Baas et. al (2004), *Deposits of depletive high-density turbidity currents: a flume analogue of bed geometry, structure and texture*, *Sedimentology* (2004) 51, 1053-1088.**

