



Παρατηρητήριο **Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της Παράκτιας Ζώνης:** Ένα έργο της Διαχειριστικής Αρχής της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, Ελλάδα

AI Triantafyllou (1, 2), DA Natsiopoulos (1), A Michailidou (1, 2), E Tzanou (3) GS Vergos (1), GM Tsakoumis (2, 1)

(1) Laboratory of Gravity Field Research and Applications – GravLab, Department of Geodesy and Surveying, AUTH, Greece

(2) Consortis LP., Phoenix Centre, 27 Georgikis Scholis Avenue, PO Box 4316, 57001, Pylaia, Thessaloniki, Greece

(3) Dept. of Surveying and Geoinformatics Engineering, International Hellenic University, Greece.



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ **ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**



ARISTOTLE
UNIVERSITY OF
THESSALONIKI

C O N S O R T I S



Εισαγωγή

Λόγω της κλιματικής αλλαγής, οι φυσικές καταστροφές γίνονται όλο και πιο συχνές και σοβαρές, με αντίκτυπο

- στο περιβάλλον,
- την οικονομία και
- τις ανθρώπινες ζωές.

Υπό αυτή την σκοπιά, πολλές αρχές υιοθετούν πλέον πολιτικές πρόληψης κρίσεων έναντι της μετέπειτα αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών με σκοπό τη μείωση του κινδύνου.

Αυτή την κατεύθυνση ακολούθησε και η Διαχειριστική Αρχή της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, η οποία χρηματοδότησε το παρόν έργο.

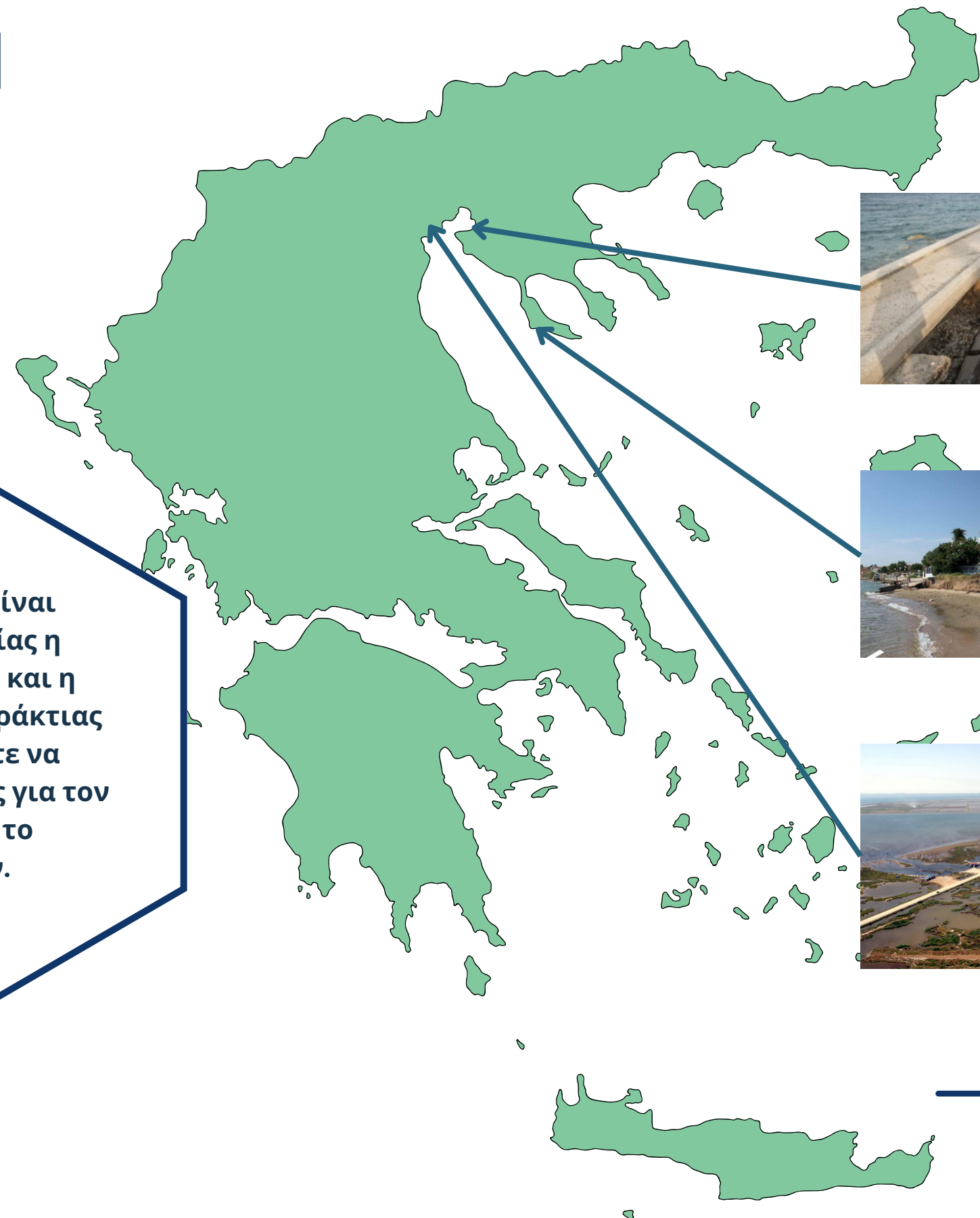


Παράκτια Διάβρωση στην ΠΚΜ

Η ακτογραμμή της ΠΚΜ χαρακτηρίζεται από μια ποικιλία γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών, που την καθιστούν ευάλωτη στη διάβρωση.

Η διάβρωση των ακτών στην ΠΚΜ έχει ήδη προκαλέσει σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της απώλειας γης, των ζημιών στις υποδομές και της απώλειας οικοτόπων.

Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας η παρακολούθηση και η διαχείριση της παράκτιας διάβρωσης ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.



Το παρατηρητήριο

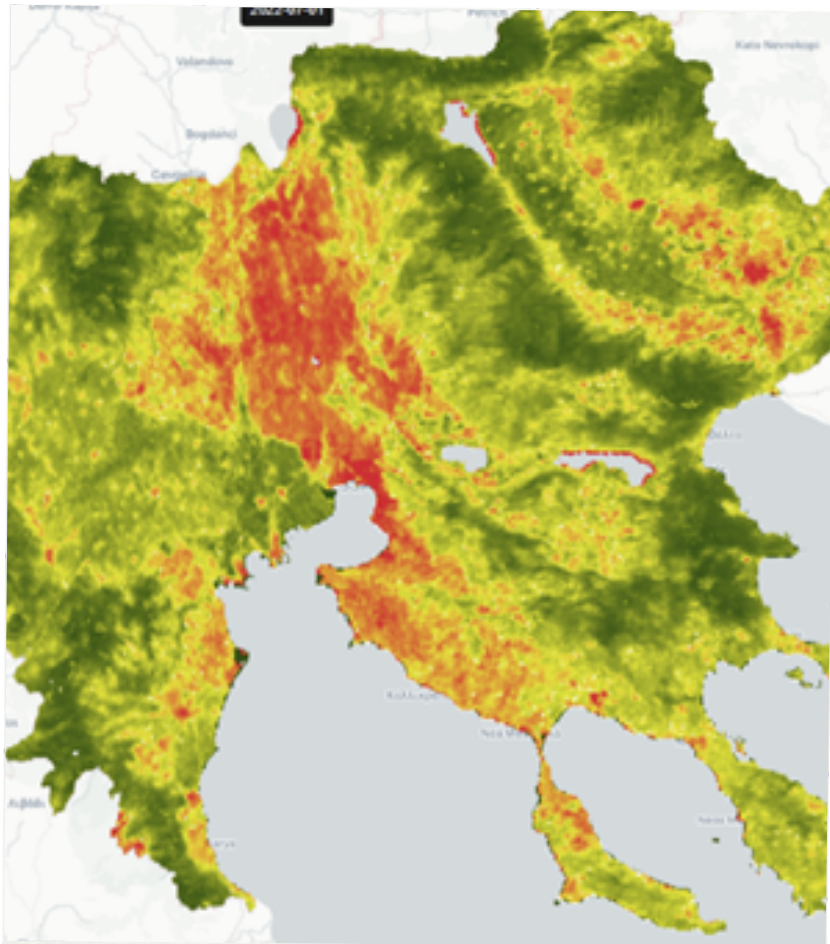
Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε συνδυάζει δεδομένα Παρατήρησης Γης με insitu δεδομένα, προηγμένους αλγορίθμους και αναλυτικά μοντέλα.

Όλα αυτά ενσωματώθηκαν σε μια εφαρμογή Web-GIS για την υποστήριξη τακτικών λήψης αποφάσεων και την αξιολόγηση εναλλακτικών στρατηγικών ανάπτυξης της παράκτιας ζώνης.

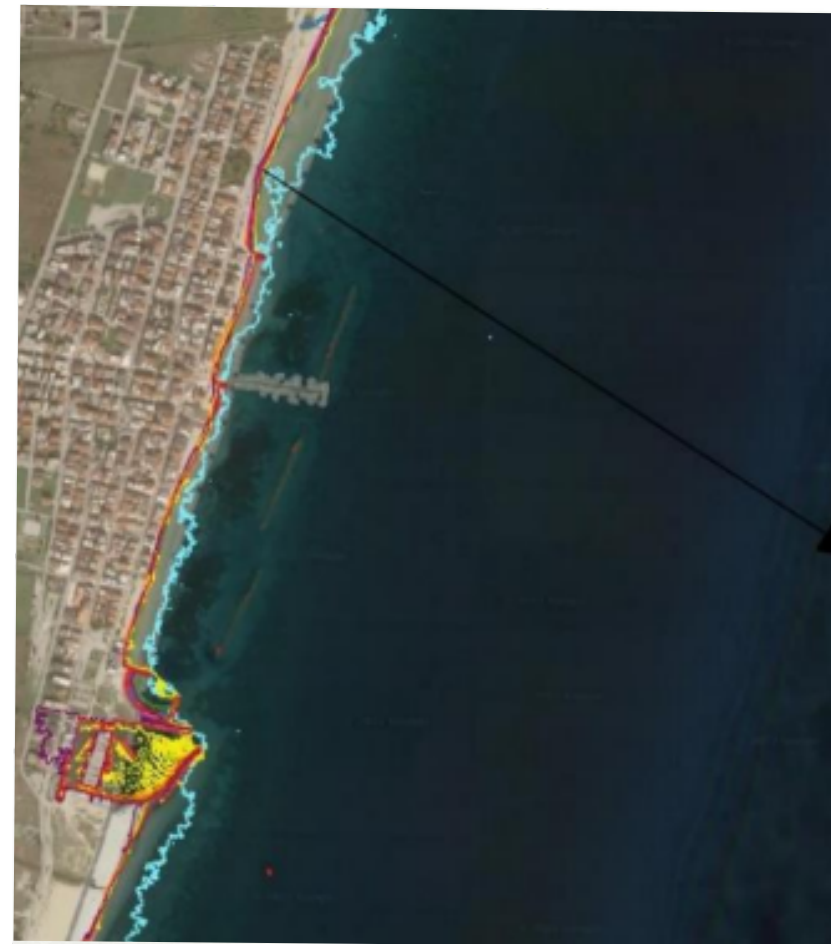


Συλλογή Τηλεπισκοπικών Δεδομένων

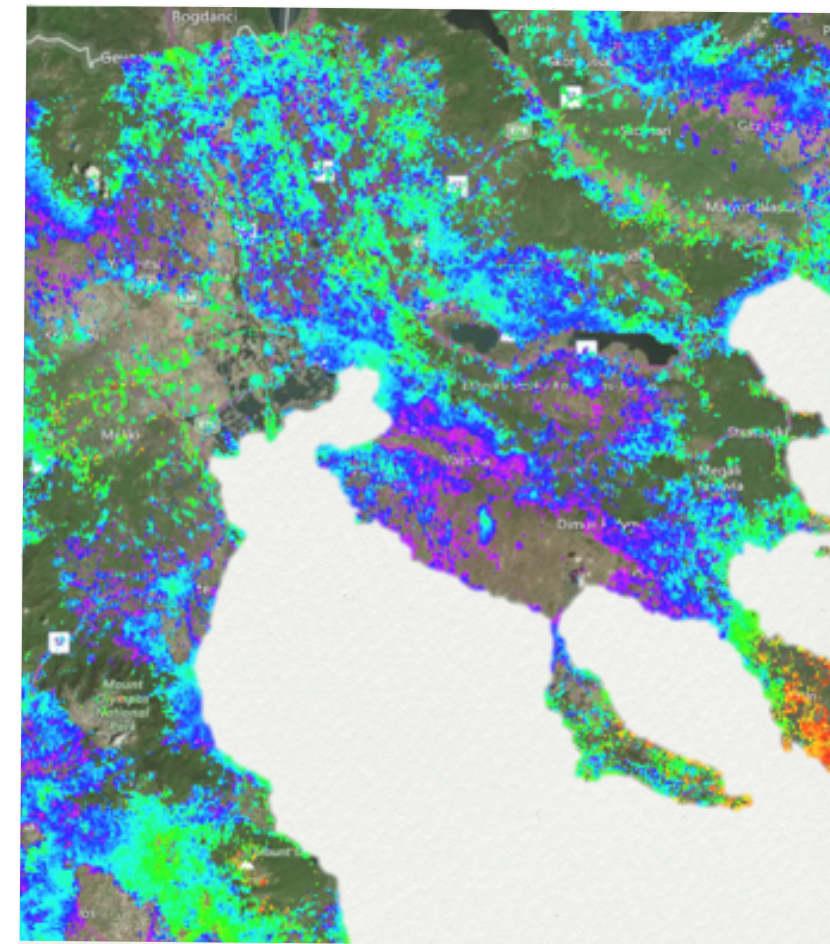
Το πρώτο βήμα περιελάμβανε τη συλλογή/παραγωγή χαρτογραφικών προϊόντων μικρής κλίμακας για την επιθεώρηση των διαχρονικών αλλαγών της περιοχής.



Sentinel-2: παρακολούθηση των αλλαγών στην παράκτια βλάστηση, τις χρήσεις γης κ.λπ.



Landsat: παρακολούθηση των αλλαγών στις παράκτιες χρήσεις γης και του φαινομένου της διάβρωσης με την πάροδο του χρόνου.



Sentinel-1: ανίχνευση επιφανειακών παραμορφώσεων.



Sentinel-3: εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με τη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας, τις ανωμαλίες της στάθμης της θάλασσας, τη θερμοκρασία της επιφάνειας της ξηράς και το χρώμα των ωκεανών.

Υπολογισμός Τρωτότητας

Η παρακολούθηση των παράκτιων περιοχών με τη χρήση δεδομένων Παρατήρησης Γης, έδωσε πολύτιμες πληροφορίες για τις περιοχές που φαίνεται να έχουν αυξημένο βαθμό επικινδυνότητας.

Με βάση αυτές τις πληροφορίες, επιλέχθηκαν τρεις συγκεκριμένες πιλοτικές περιοχές για περαιτέρω διερεύνηση, στις οποίες έγινε συλλογή in situ δεδομένων για να αποκτηθεί μια λεπτομερέστερη κατανόηση των τοπικών συνθηκών.





Οι Πιλοτικές Περιοχές



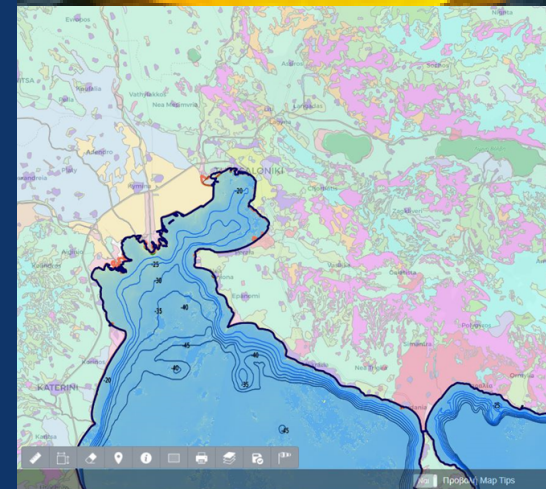
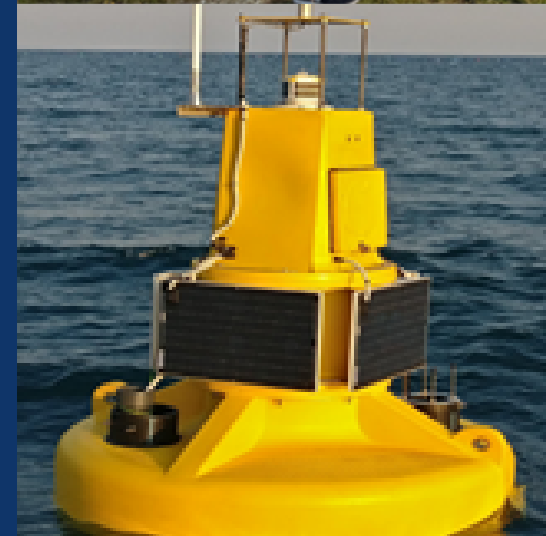
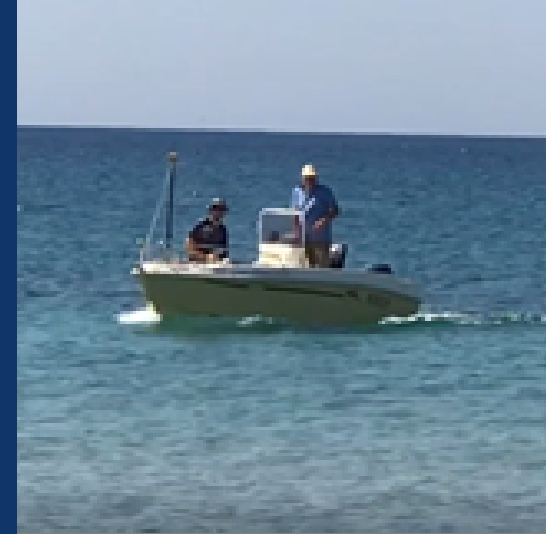
Δεδομένα In-situ

Χαρτογραφικά προϊόντα
μεγάλης κλίμακας

Η συλλογή δεδομένων υψηλής ανάλυσης
παρείχε ακριβείς και λεπτομερείς
πληροφορίες σχετικά με την τοπογραφία και
τη βαθυμετρία των ακτών, οι οποίες είναι
ζωτικής σημασίας για τον σχεδιασμό
αποτελεσματικών στρατηγικών.

Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από τους
πλωτήρες παρείχαν επίσης σημαντικές
πληροφορίες σχετικά με το ύψος, την
κατεύθυνση και τη συχνότητα των κυμάτων,
οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στην
παρακολούθηση και την πρόβλεψη
κινδύνων.

Συνδυάζοντας αυτές τις τεχνικές,
αναπτύχθηκε μια πιο ολοκληρωμένη
προσέγγιση για τη διαχείριση της παράκτιας
διάβρωσης και την προστασία των
παράκτιων κοινοτήτων και οικοσυστημάτων.



Ηχοβολήσεις

Απεικόνιση του βυθού με τη χρήση Sonar

Τοπογραφικές Αποτυπώσεις Υψηλής Ακρίβειας

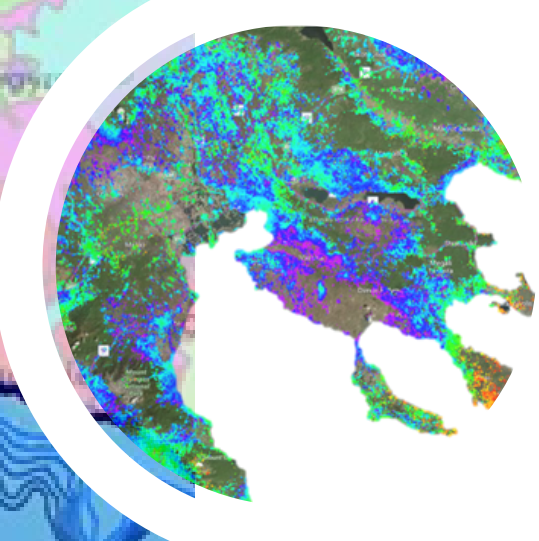
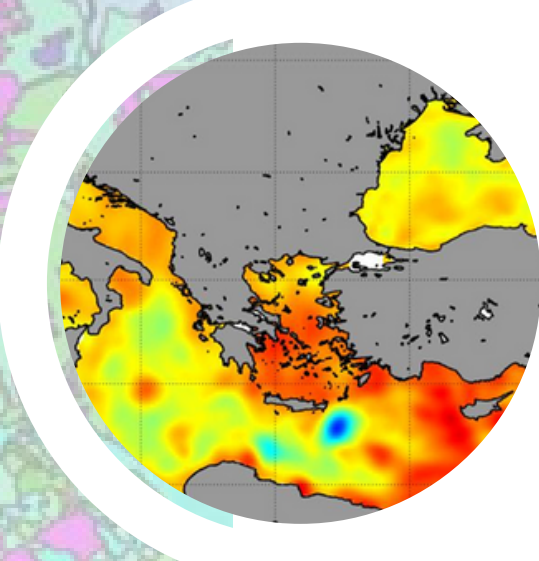
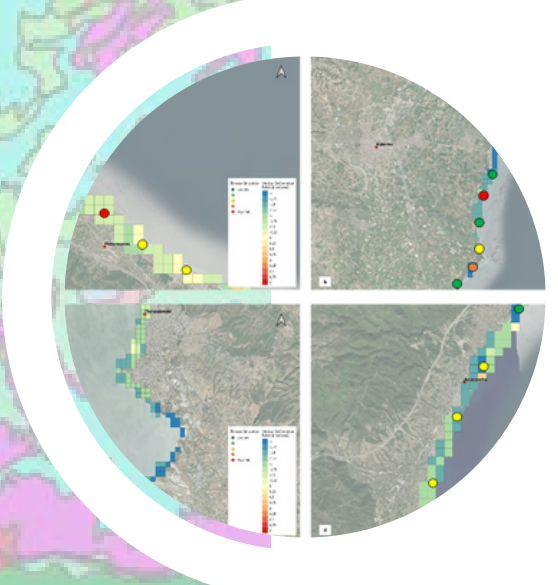
Αποτύπωση υψηλής ακρίβειας με χρήση
UAV, DRONE, GPS, Total Stations

Δεδομένα Πλωτήρα σε Πραγματικό Χρόνο

Χρήση τηλεμετρικών αισθητήρων για την
καταγραφή των ωκεάνιων και καιρικών
συνθηκών

Γεωχωρική Ανάλυση

Συσχέτιση των δεδομένων μεταξύ τους
αλλά και με τις ανθρώπινες
δραστηριότητες



Αποτελέσματα

Μέσω της μεθοδολογίας αναπτύχθηκε μια σειρά προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου προηγμένων αλγορίθμων με σκοπό τη μοντελοποίηση της τρωτότητας σε διάβρωση και κατάκλιση υπό την πίεση των κυμάτων, για 3 διαφορετικές περιπτώσεις καταιγίδας και της ανόδου της στάθμης της θάλασσας την επόμενη 50ετία και 100ετία.



Παράκτια Τρωτότητα



Ο υπολογισμός της παράκτιας τρωτότητας περιλάμβανε την εφαρμογή προηγμένων αριθμητικών μοντέλων για την προσομοίωση της παράκτιας υδροδυναμικής, της δυναμικής των κυμάτων και της μεταφοράς ιζημάτων*.

Τα μοντέλα βαθμονομήθηκαν και επικυρώθηκαν με τη χρήση in situ δεδομένων και δορυφορικών δεδομένων Παρατήρησης Γης για τον υπολογισμό του δείκτη τρωτότητας.

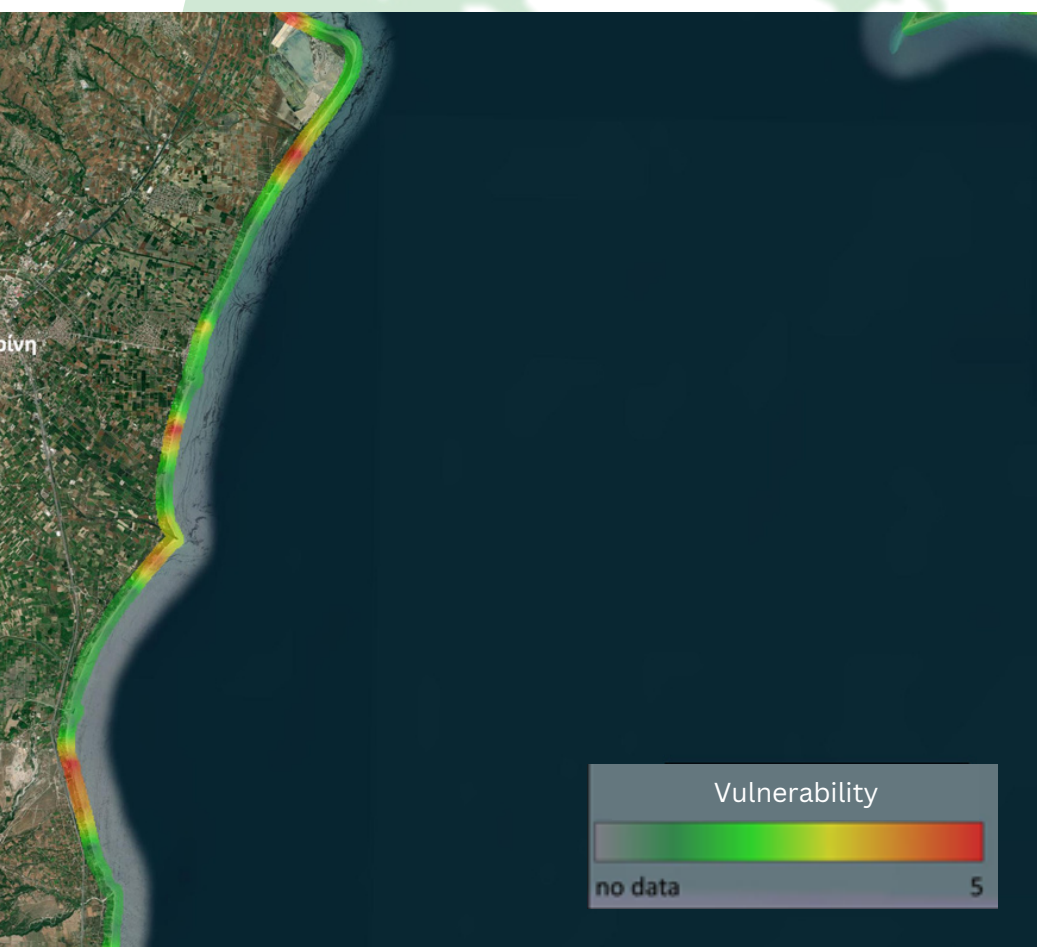
* Prinos, P., Karambas, T., Kapelonis, Z. Z., Krestenitis, N. Y., Galiatsatou, P., Makris, V. C., Koftis, T., Kokkinos, D., Androulidakis, Y., Kombiadou, K., Baltikas, V., Tolika, K., Anagnostopoulou, C., Velikoy, K., Tegoulas, I., Rusu, E., Athanassoulis, A. G., Tragou, E., & Vagenas, C. (2015). CCSEAWAVS-THALIS. <https://www.researchgate.net/project/CCSEAWAVS-THALIS>





Τρωτότητα σε Διάβρωση

Χρονική Περίοδος 2000-2049, Κατηγορία Καταιγίδας 5



Κατερίνη



Φούρκα



Ασπροβάλτα



Τρωτότητα σε Διάβρωση

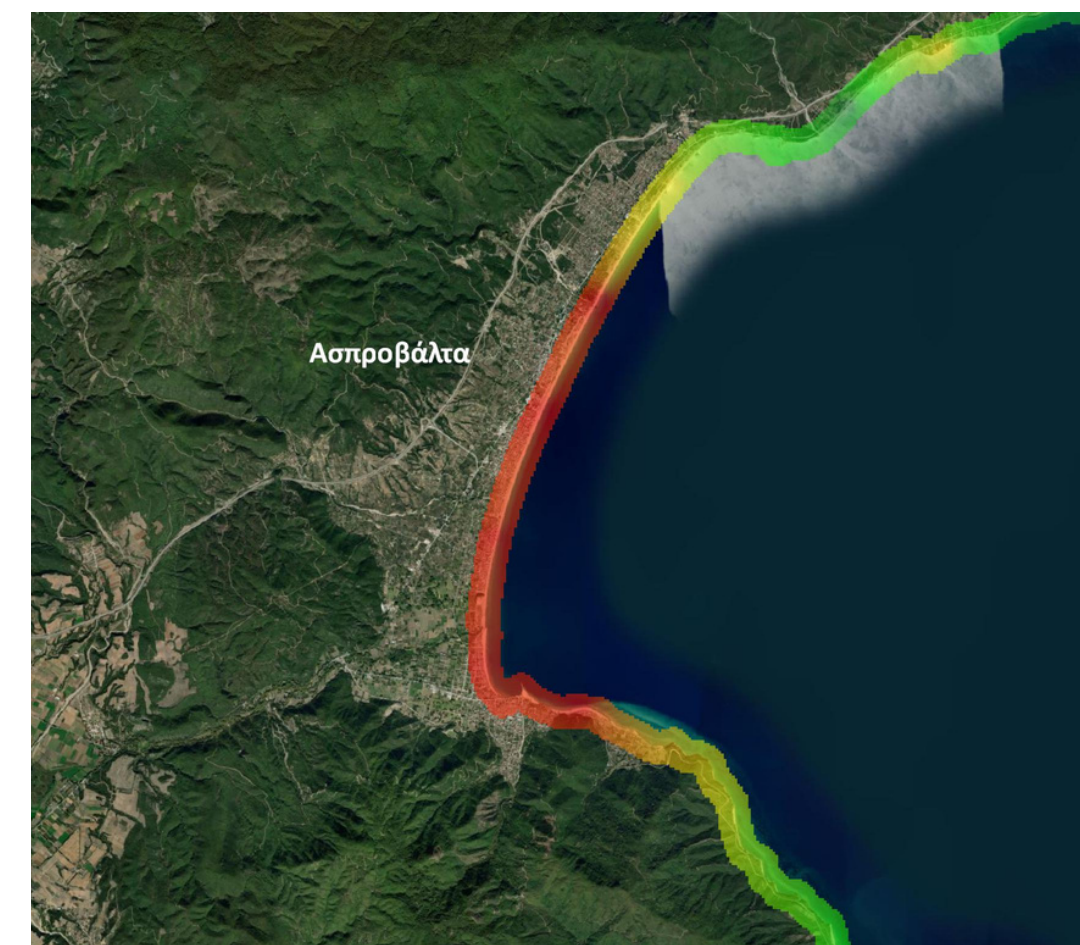
Χρονική Περίοδος 2050-2099, Κατηγορία Καταιγίδας 5



Κατερίνη



Φούρκα

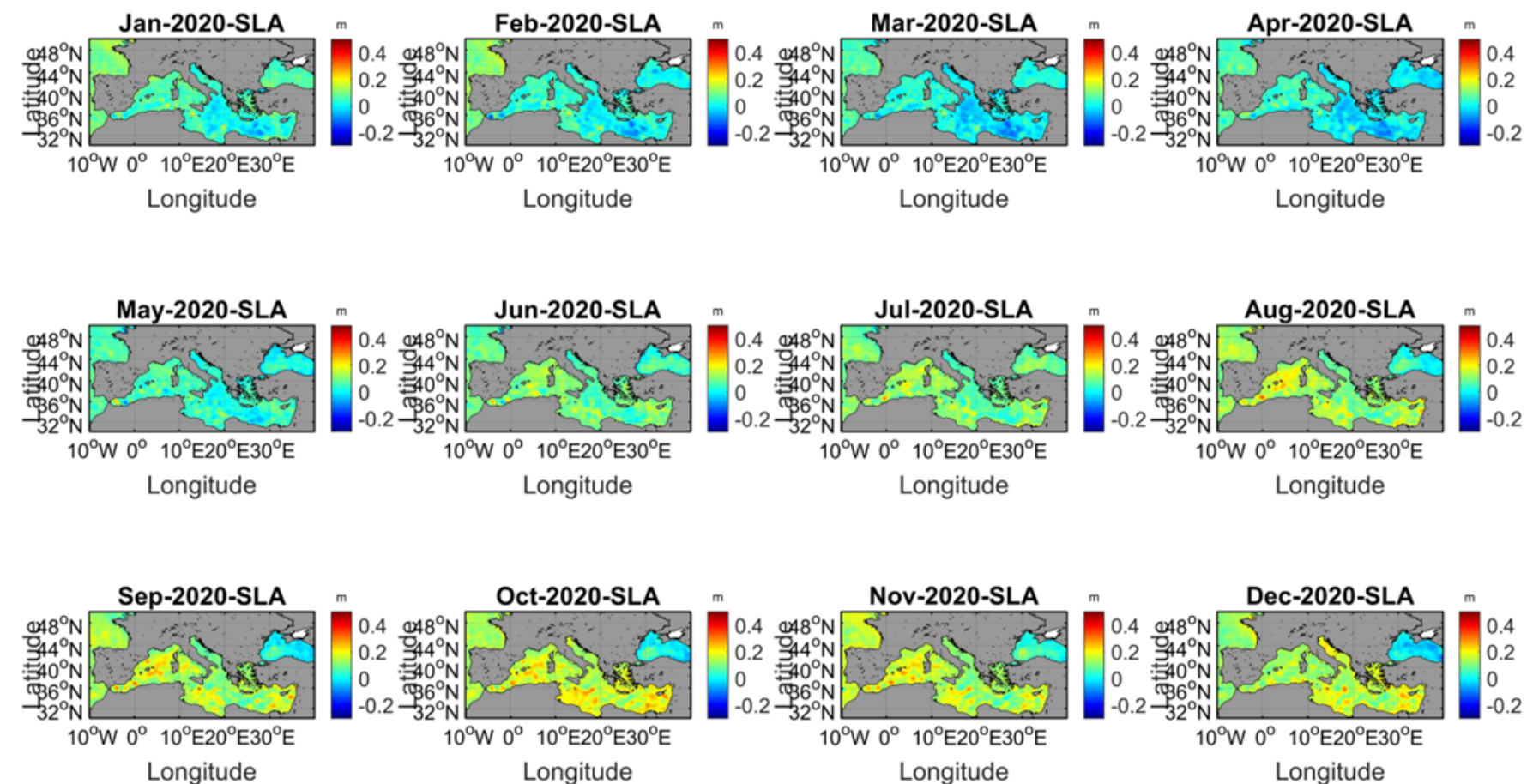


Ασπροβάλτα

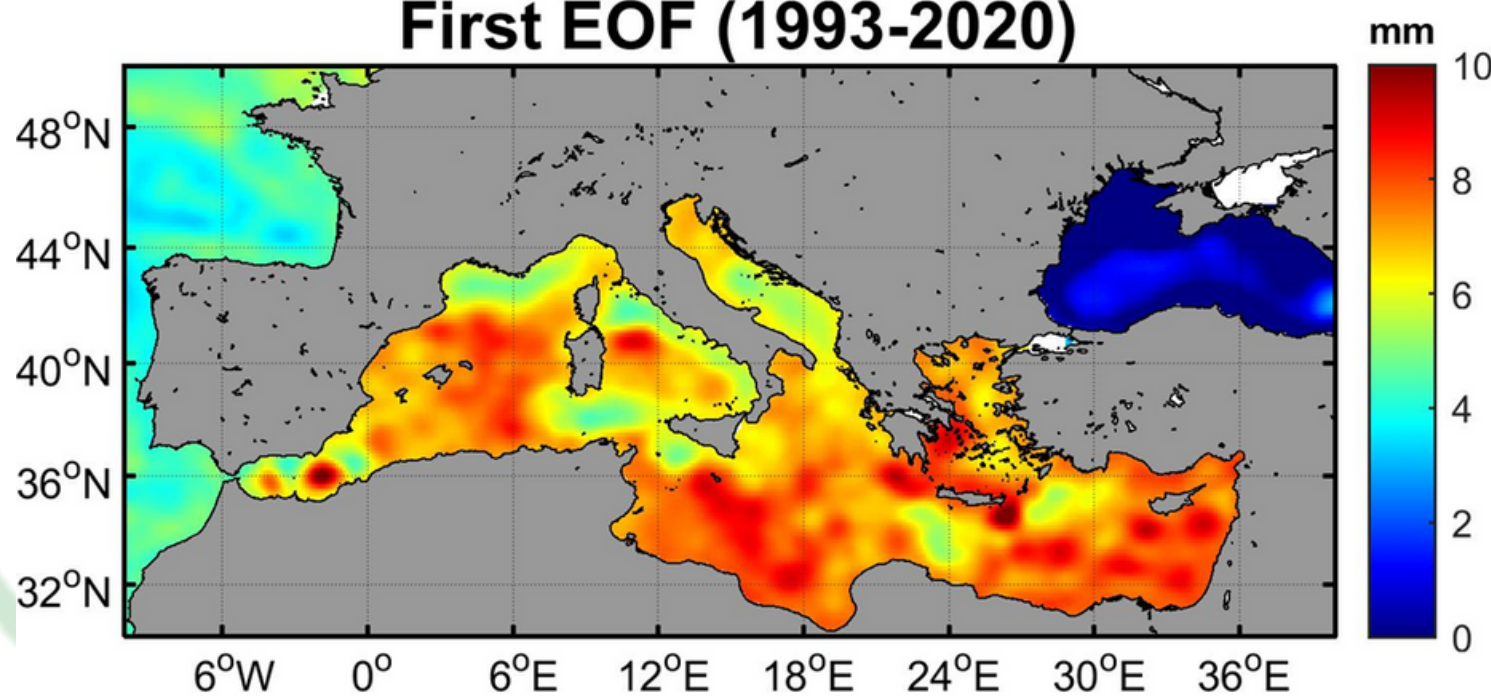
Πολυδορυφορική πολυετής αλιμετρία για την πρόγνωση παράκτιας πλημμύρας

Χρησιμοποιήθηκε μια χρονοσειρά 28 ετών (μέση εποχή 2007.0) μηνιαίων δεδομένων από τους δορυφόρους Jason1/2/3, Sentinel 3a/3b, Cryosat, Saral/Altika.

Στα δεδομένα εφαρμόστηκε η ανάλυση EOF για την απομάκρυνση της εποχιακής μεταβλητότητας και των τάσεων, ώστε να υπολογιστεί μια μέση προσέγγιση της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας - SLA στην ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου.



First EOF (1993-2020)

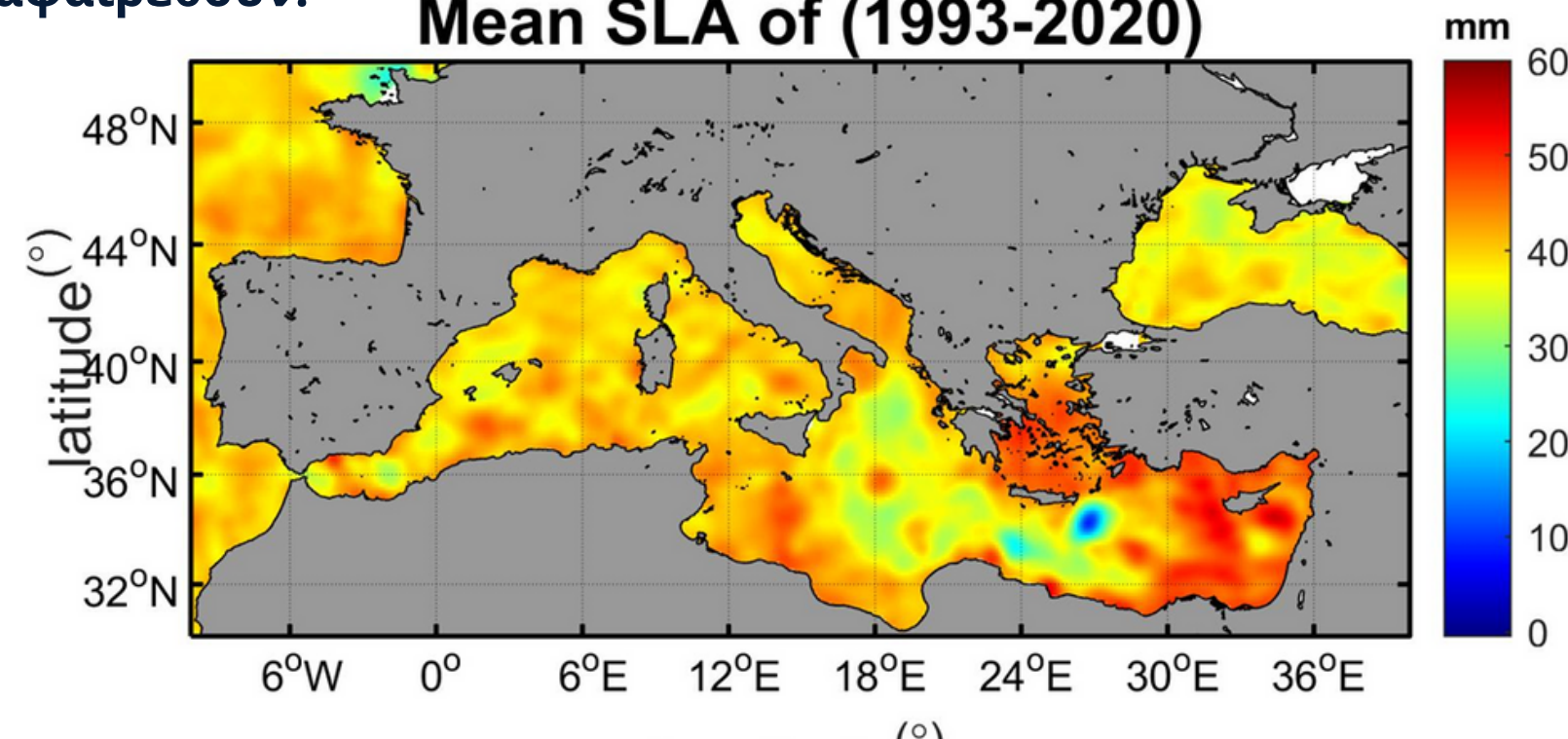


Η μέση SLA προσομοιάζει τη σταθερή απόκλιση της Μέσης Επιφάνειας Θάλασσας - MSS πάνω από το γεωειδές.

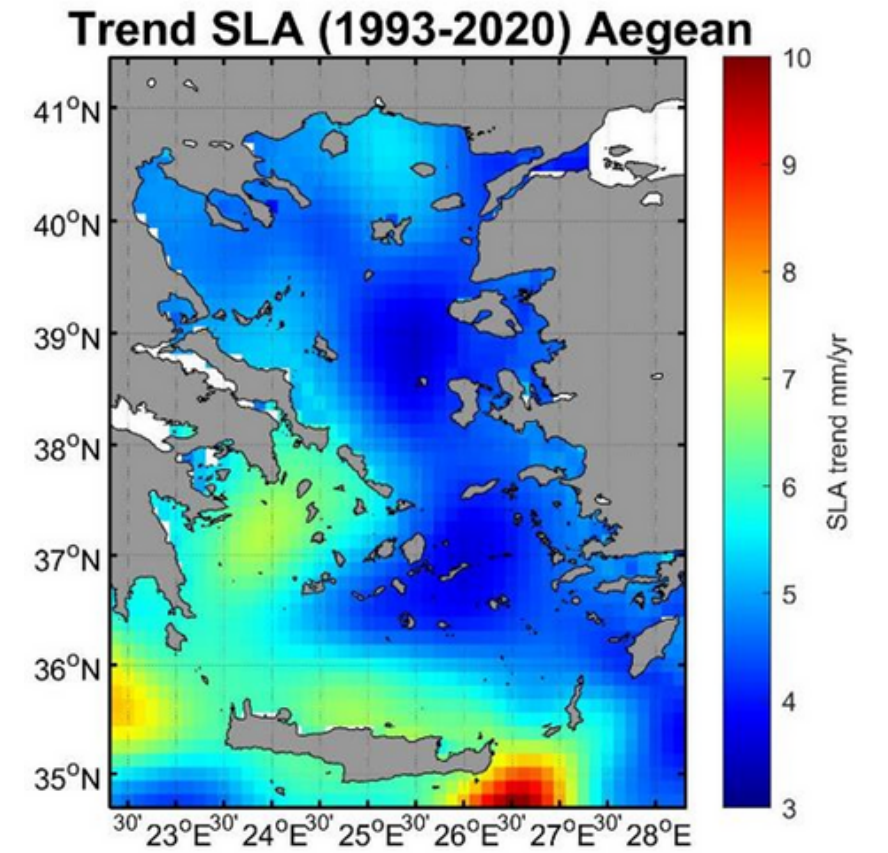
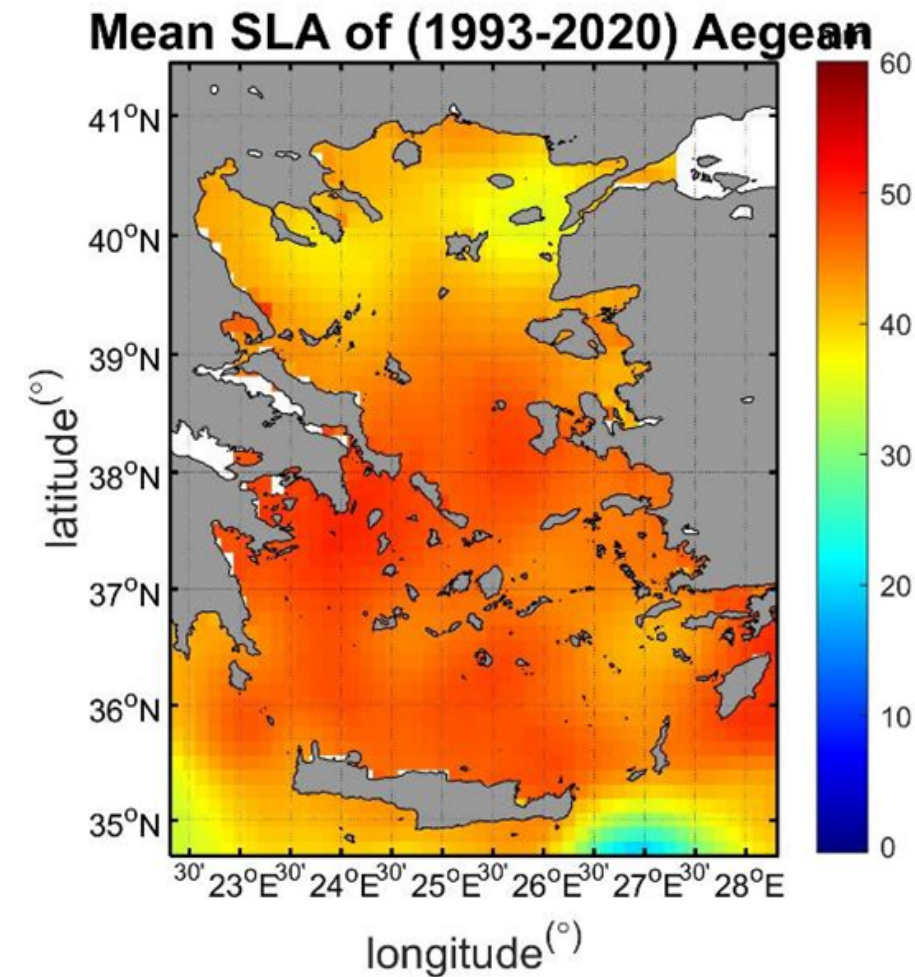
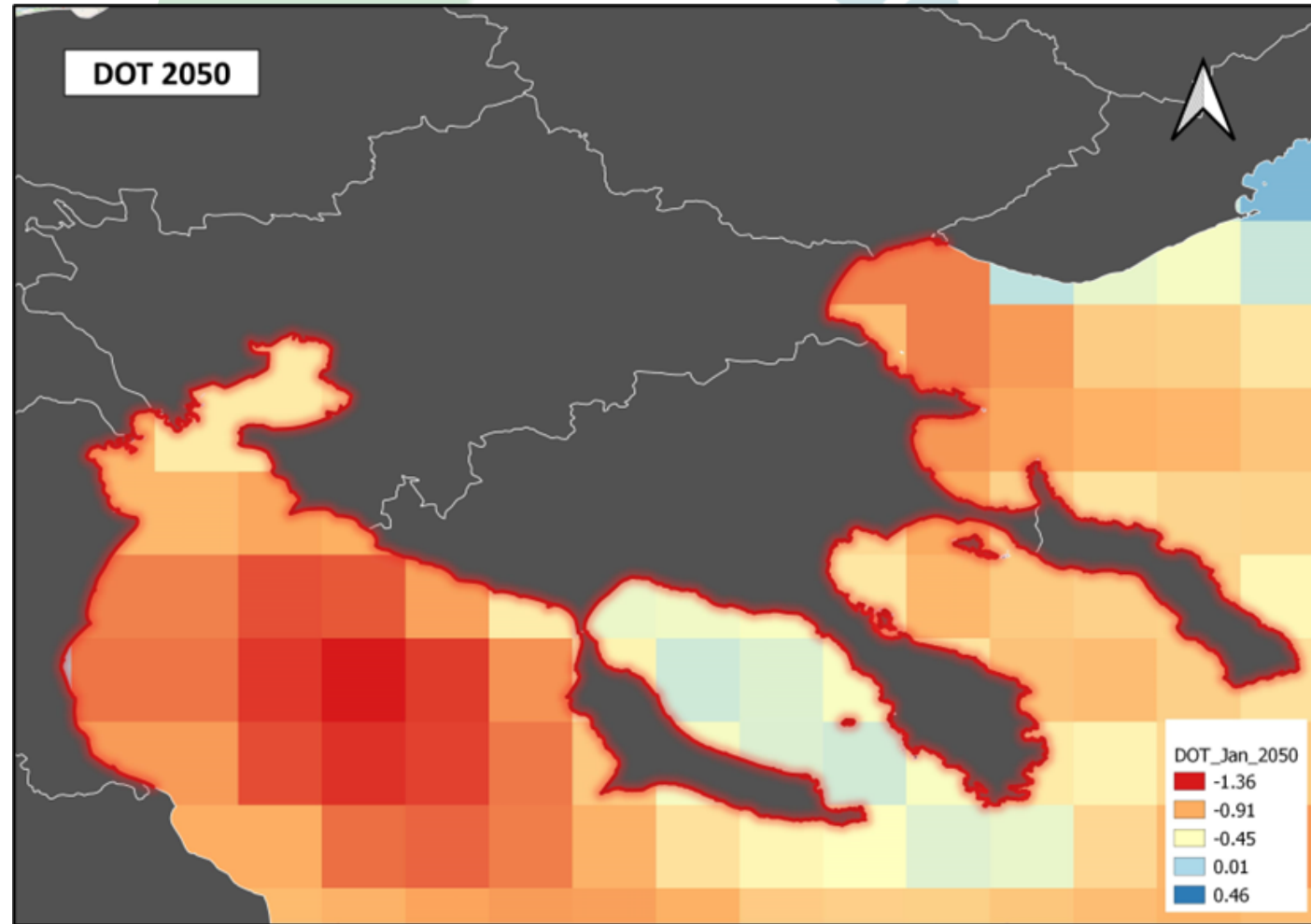
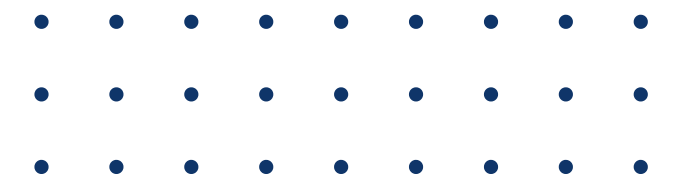
Παρατηρήθηκαν ετήσιες έως ημερήσιες τάσεις, ωστόσο ήταν εμφανής μια κυκλική σταθερότητα 1 έτους.

Τα αποτελέσματα της πρώτης ανάλυσης (First EOF) περιέχουν τόσο χωρικά όσο και χρονικά μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά που έπρεπε να αφαιρεθούν.

Mean SLA of (1993-2020)



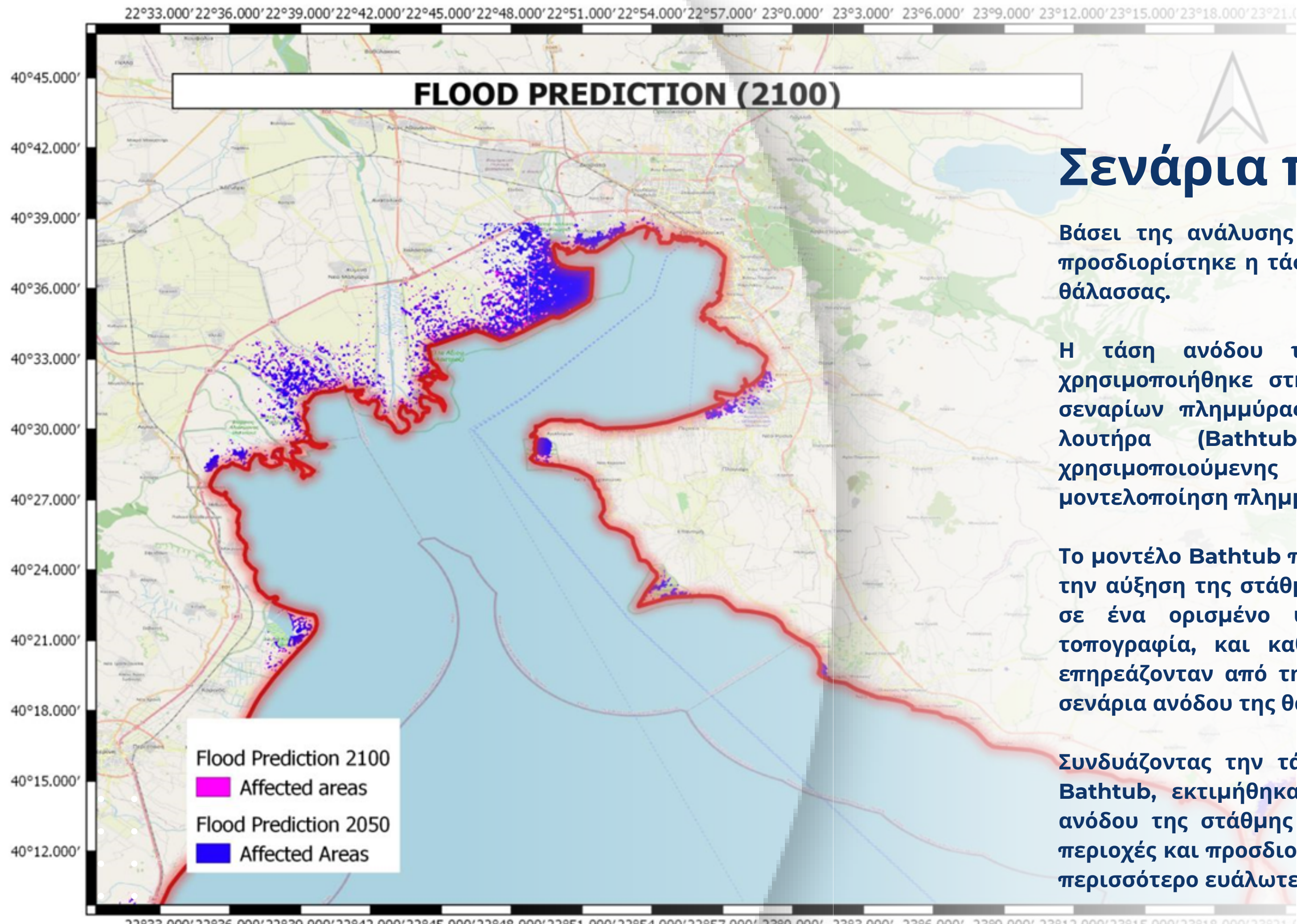
Πολυδορυφορική πολυετής αλιμετρία για την πρόγνωση παράκτιας πλημμύρας



$$SLA_{2007.0} + MSSH - N = DOT_{2007.0}$$

$$DOT_{YY} = DOT_{2007.0} + trend[mm/yr] \times YY$$

*YY=the target year



Σενάρια πλημμύρας

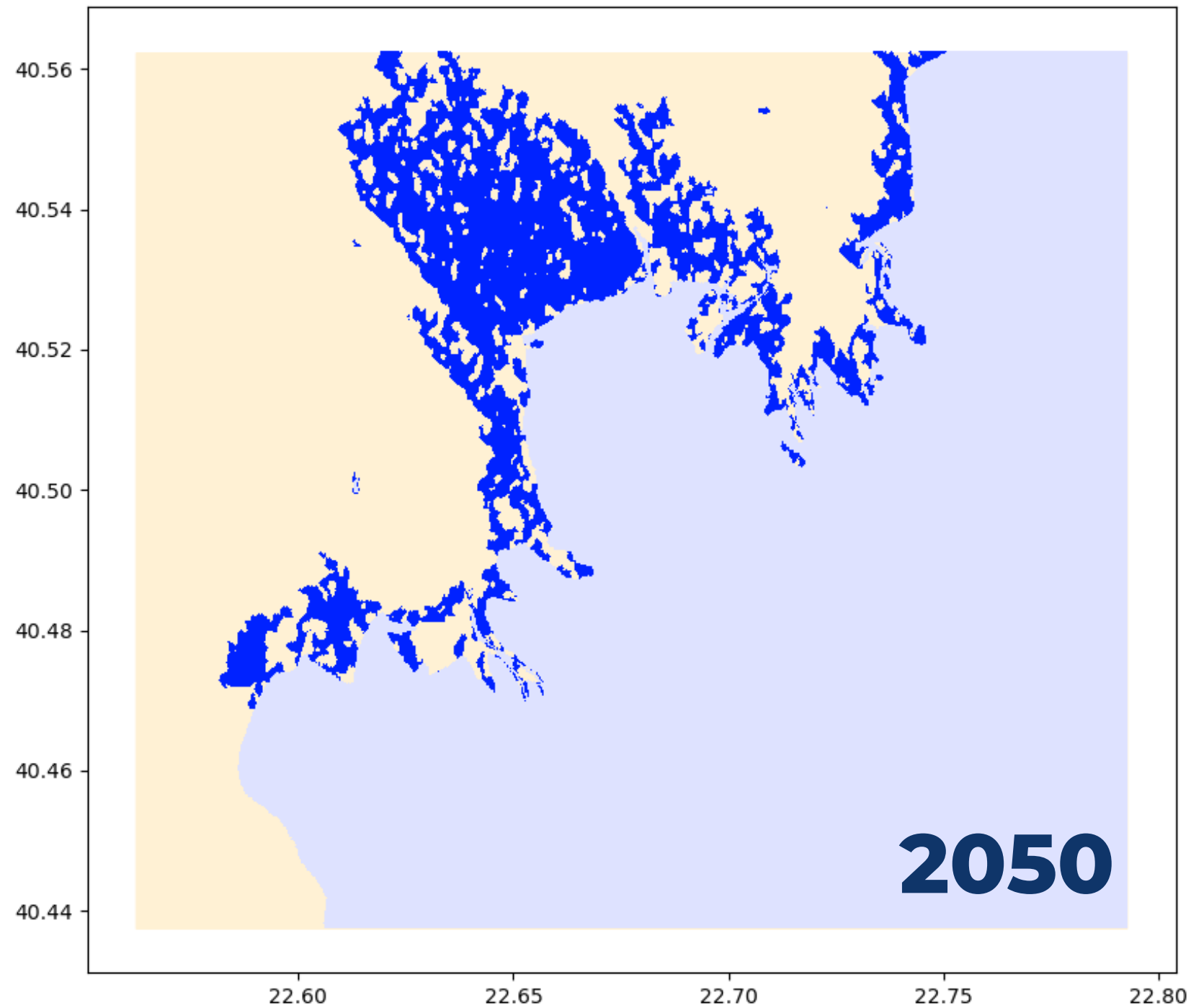
Βάσει της ανάλυσης EOF που πραγματοποιήθηκε, προσδιορίστηκε η τάση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.

Η τάση ανόδου της στάθμης της θάλασσας χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια για την εκτέλεση σεναρίων πλημμύρας με τη χρήση του μοντέλου λουτήρα (Bathtub Model), μιας ευρέως χρησιμοποιούμενης προσέγγισης για τη μοντελοποίηση πλημμυρών.

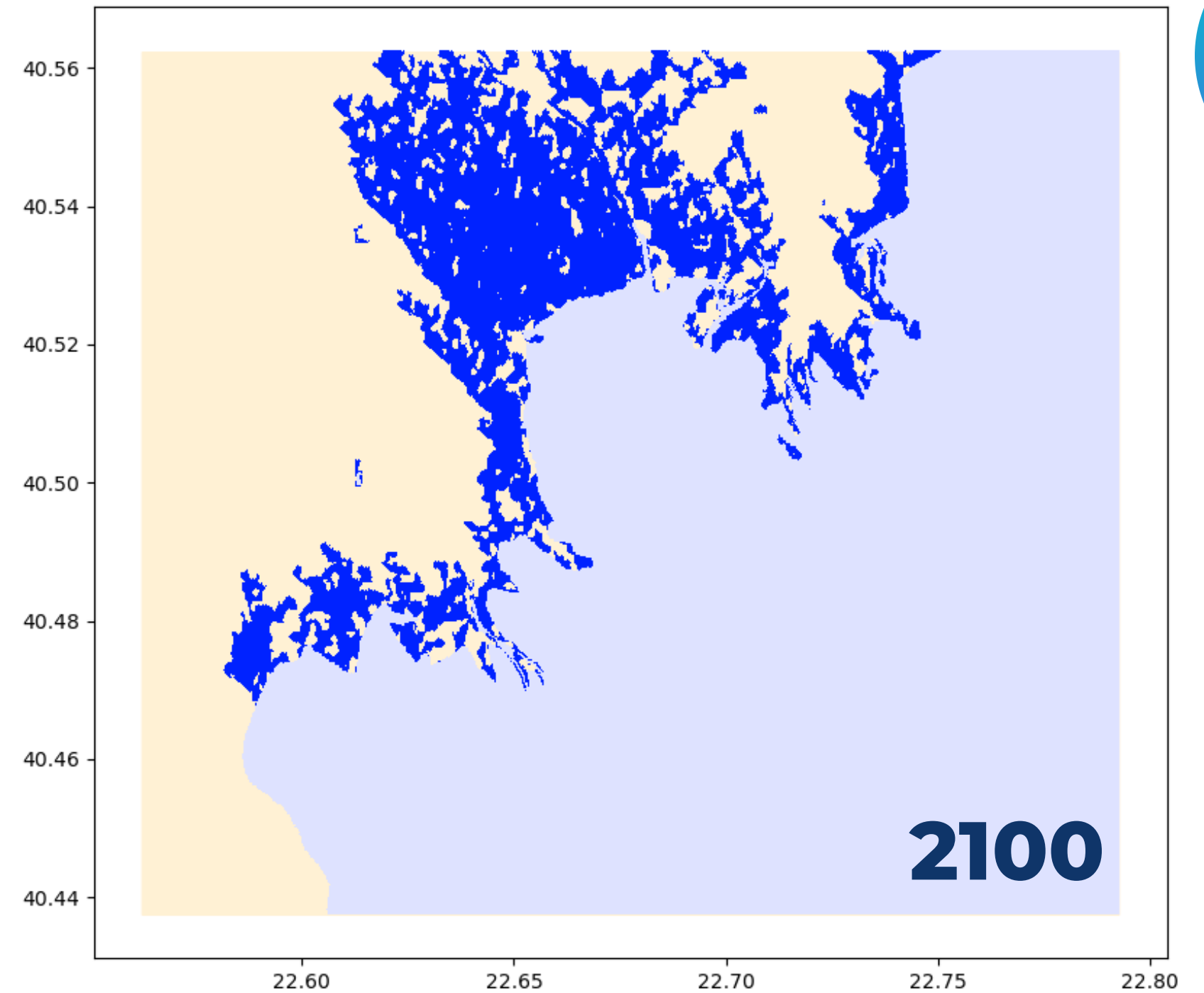
Το μοντέλο Bathtub προσομοιώνει την πλημμύρα με την αύξηση της στάθμης του νερού μέχρι να φτάσει σε ένα ορισμένο ύψος, με βάση την τοπική τοπογραφία, και καθορίζει τις περιοχές που θα επηρεάζονταν από την πλημμύρα υπό διαφορετικά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.

Συνδυάζοντας την τάση ανύψωσης με το μοντέλο Bathtub, εκτιμήθηκαν οι πιθανές επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές και προσδιορίστηκαν οι περιοχές που είναι περισσότερο ευάλωτες στις πλημμύρες.

Flooded Map with rectangular approach

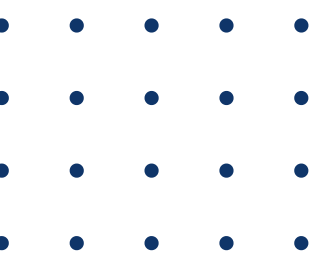


Flooded Map with rectangular approach



Σενάρια Πλημμύρας

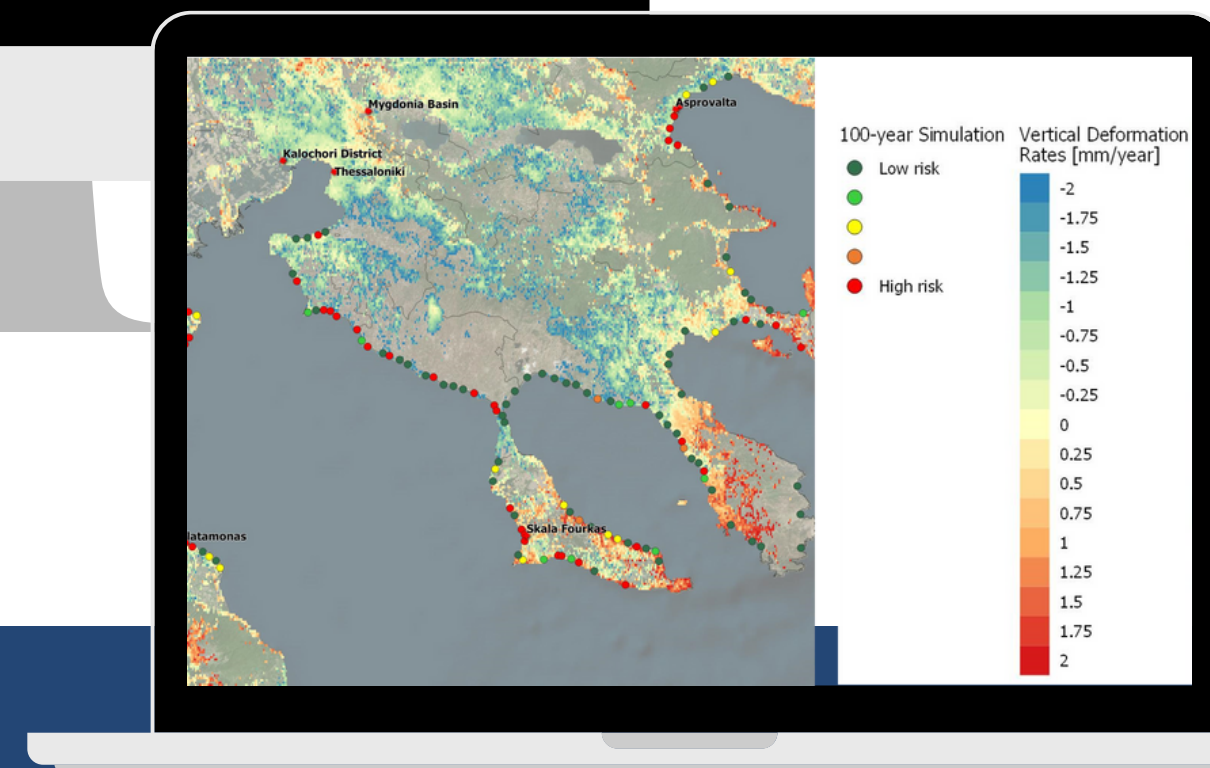
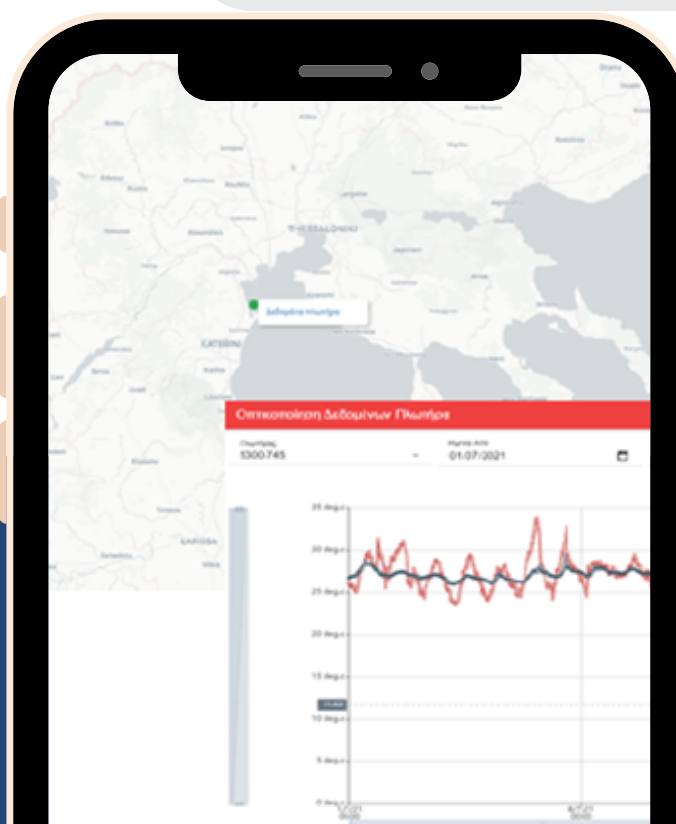
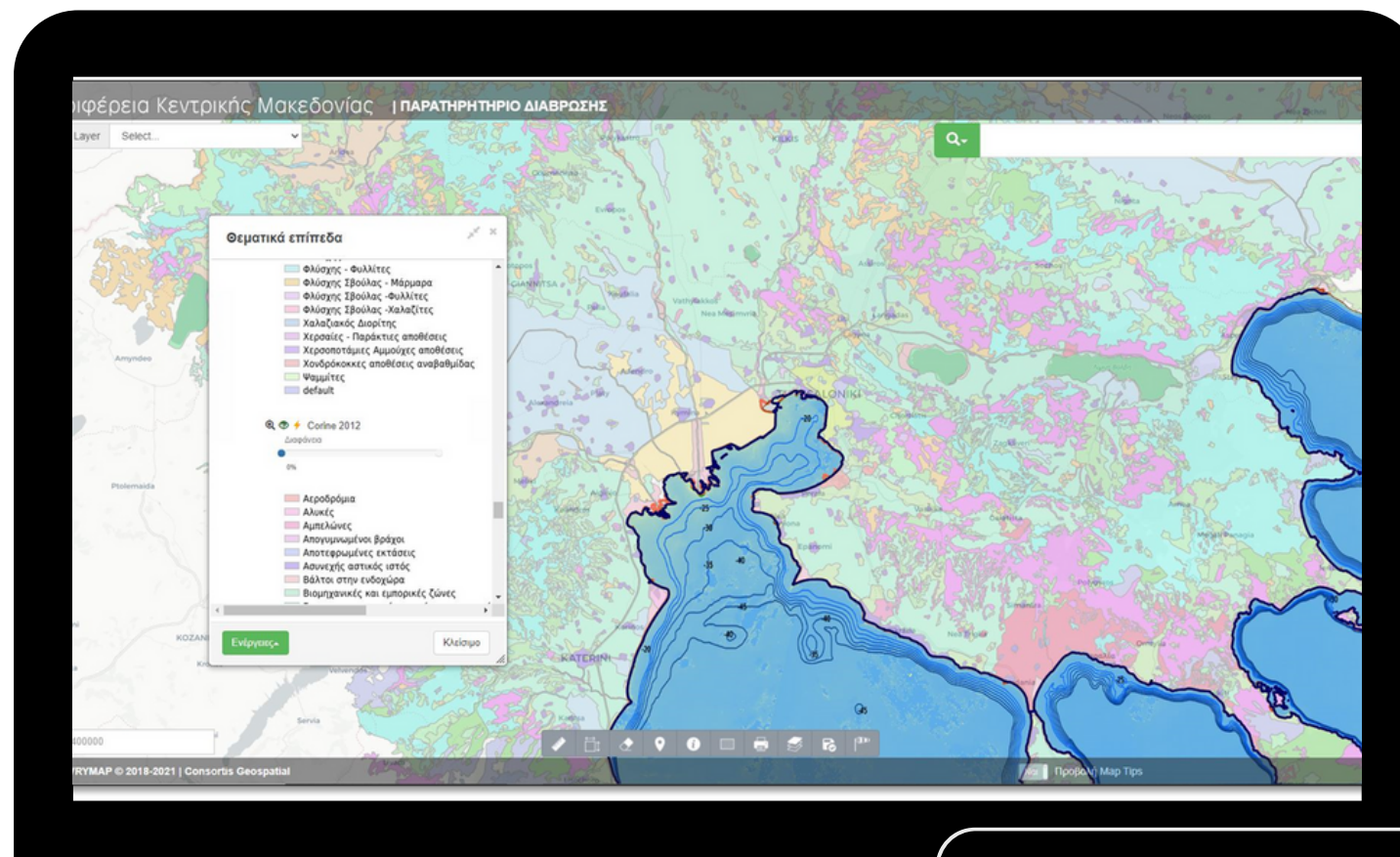
Με βάση την εφαρμογή του μοντέλου Bathub, η περιοχή του Αξιού, καθώς και οι παράκτιες περιοχές της Περαίας, της Επανομής και του αεροδρομίου της Μακεδονίας στην Ελλάδα, κινδυνεύουν να αντιμετωπίσουν πλημμύρες στο μέλλον.



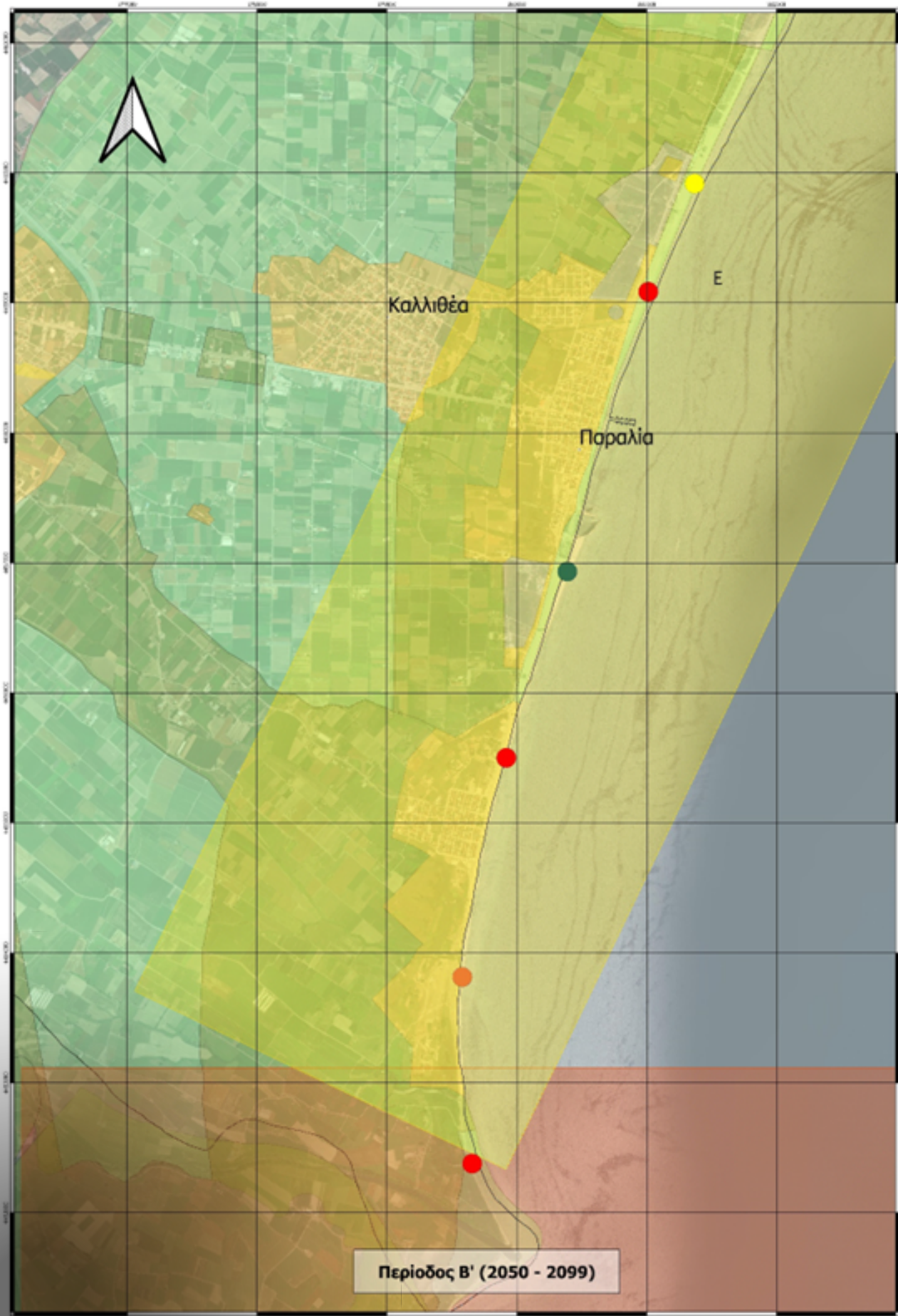


Η εφαρμογή Web-GIS

Όλα τα προϊόντα ενσωματώθηκαν σε μια διαδικτυακή, φιλική προς το χρήστη, εφαρμογή GIS που επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδράσουν με τα δεδομένα και τα αποτελέσματα, παρέχοντας ένα πολύτιμο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση της παράκτιας ζώνης.



Προτεινόμενα Μέτρα Παρέμβασης




ΖΩΝΗ 1 (Τ. 1. ΤΕΡΜΟΣ)	
Μ.Α.2	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.3	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.4	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.5	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.6	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.7	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.8	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.9	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.10	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.11	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.12	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.13	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.14	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.15	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.16	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.17	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.18	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.19	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.20	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.21	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.22	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.23	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.24	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.25	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.26	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.27	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.28	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.29	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων
Μ.Α.30	Προστασία αρμενικών αλιείων, κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων, κατασκευή κωπηλατικών κέντρων

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΩΝ	
ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΒΑΘΜΟΔΟΤΗΣΗΣ ΑΒΑΘΩΝ	
ΧΩΡΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	
🟡	Κατάσταση περιβάλλοντος (οικιστική ανάπτυξη)
🟢	Κατάσταση περιβάλλοντος (αποκατάσταση διάβρωσης και ανάπτυξης)
🟠	Κατάσταση περιβάλλοντος (πράσινο)
🟣	Κατάσταση περιβάλλοντος (κατασκευή κωπηλατικών θαλάμων (κωπηλατική κέντρα))
🟤	Κατάσταση περιβάλλοντος (αποκατάσταση κωπηλατικών θαλάμων)
ΒΑΘΜΟΣ ΤΡΟΠΟΤΗΤΑΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ	
🟢	1 - ΠΟΛΥ ΚΑΛΩΝΗ
🟠	2 - ΚΑΛΩΝΗ
🟡	3 - ΜΕΤΡΙΑ
🟠	4 - ΜΕΤΩΝΗ
🔴	5 - ΠΟΛΥ ΜΕΤΩΝΗ

Χάρτης Οθύνης



- **Πολεοδομικός σχεδιασμός: νέα νομοθεσία σχετικά με την επανεξέταση των χρήσεων γης στις παράκτιες περιοχές, και την κατασκευή υποδομών και κτιρίων (νόμοι για τη χωροθέτηση που περιορίζουν την ανάπτυξη σε περιοχές επιρρεπείς στη διάβρωση, κανονισμοί που απαιτούν αποστάσεις από την ακτογραμμή, ανάπτυξη παράκτιων πάρκων, ζωνών πρασίνου ή άλλων δημόσιων χώρων που προωθούν την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και προστασία).**
- **Μέτρα φιλικά προς το περιβάλλον: αποκατάσταση παράκτιων οικοτόπων όπως αμμόλοφοι, манγκρόβια και υγροβιότοποι.**
- **Κώδικες και κανονισμοί: οικοδομικοί κώδικες και κανονισμοί που απαιτούν την κατασκευή υποδομών που να αντέχουν στην παράκτια διάβρωση και τα κύματα καταιγίδων.**



Ευχαριστώ για
την προσοχή
σας!

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η χρηματοδότηση του παρόντος έργου έγινε στο πλαίσιο των έργων "Παρακολούθηση της διάβρωσης των ακτών που προκαλείται από την κλιματική αλλαγή στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας με δορυφορικά και in situ δεδομένα" και "Λειτουργία του παρατηρητηρίου για την ολοκληρωμένη διαχείριση της παράκτιας ζώνης", τα οποία χρηματοδοτήθηκαν από τη Διαχειριστική Αρχή της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.