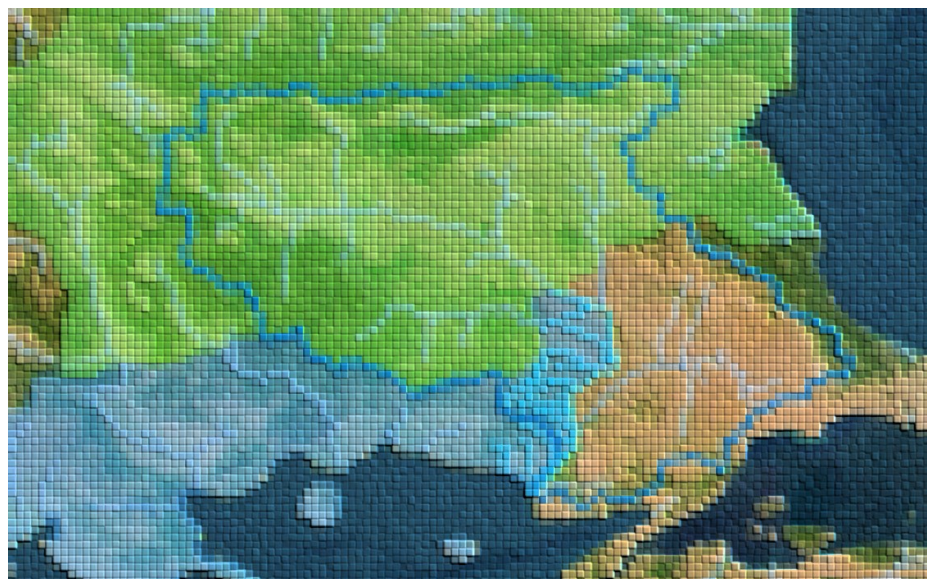




HELLENIC REPUBLIC



MINISTRY OF ENVIRONMENT AND ENERGY
GENERAL SECRETARIAT FOR NATURAL
ENVIRONMENT AND WATER
DIRECTORATE GENERAL FOR WATER



Interreg Greece-Bulgaria FLOODGUARD



European Regional Development Fund

FLOODGUARD

Integrated actions for joint coordination and responsiveness to
flood risks in the Cross Border area

DELIVERABLE 4.6.1.B – HIGH RESOLUTION DIGITAL TERRAIN MODEL (DEM) FOR THE RIPARIAN AREA OF EVROS RIVER

ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ (ΕΛ)



EMVIS Consultants SA

July 2023

The Project is co-funded by the European Regional Development Fund (ERDF) and by national funds of the countries participating in the Interreg V-A “Greece-Bulgaria 2014-2020” Cooperation Programme



Έκδοση	Ημερομηνία	Σχόλια
1.0	Μάιος 22, 2023	1 ^η έκδοση
2.0	Ιούλιος 24, 2023	2 ^η έκδοση βασισμένη στην αναθεωρημένη έκδοση του πλήρους κειμένου (στα αγγλικά)

Η παρούσα έκθεση συντάχθηκε από την ΕΜΒΗΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί για λογαριασμό της Γενικής Γραμματείας Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων, Γενική Διεύθυνση Υδάτων, στο πλαίσιο του έργου INTERREG "Integrated actions for joint coordination and responsiveness to flood risks in the Cross Border area - FLOODGUARD".

Αποποίηση ευθυνών: Το περιεχόμενο της παρούσας έκθεσης αποτελεί αποκλειστική ευθύνη της Γενικής Γραμματείας Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων, Γενική Διεύθυνση Υδάτων και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αντικατοπτρίζει τις απόψεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, των συμμετεχουσών χωρών, της Διαχειριστικής Αρχής και της Κοινής Γραμματείας.

ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πλημμύρες είναι μία από τις πιο καταστροφικές και συχνές φυσικές καταστροφές παγκοσμίως, προκαλώντας κάθε χρόνο μεγάλες απώλειες ανθρώπινων ζωών και οικονομικές ζημιές. Η χαρτογράφηση των κινδύνων πλημμύρας και η αποτελεσματική διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε δεδομένα εδάφους υψηλής ποιότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην βελτίωση των μοντέλων προσομοίωσης ποταμών και της επιφάνειας πλημμύρας. Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DTM) ή Ψηφιακά Υψομετρικά Μοντέλα (DEM) που αναπαριστούν με ακρίβεια την τοπογραφία και το υψόμετρο αποτελούν βασική πληροφορία για την υδρολογική και υδραυλική μοντελοποίηση υδάτων, για τη χαρτογράφηση πλημμυρικών γεγονότων, την αξιολόγηση των κινδύνων πλημμύρας και την ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης.

Η παρούσα έκθεση παρουσιάζει την ανάπτυξη ενός DEM υψηλής ανάλυσης που καλύπτει την πλημμυρική ζώνη του ποταμού Έβρου κατά μήκος των συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Τουρκίας, καθώς και ένα τμήμα εντός της Τουρκικής επικράτειας (περιοχή Αδριανούπολης- Edirne). Ο ποταμός Έβρος είναι ευάλωτος σε μεγάλες καταστροφικές πλημμύρες, μεταξύ άλλων και λόγω του διασυνοριακού χαρακτήρα της μεγάλης λεκάνης απορροής του και της αξιοποίησης και διαχείρισης της ροής των υδάτων του στα ανάντη. Στόχος της παρούσας ενέργειας είναι η ανάπτυξη ενός DEM υψηλής υψομετρικής και οριζοντιογραφικής ακρίβειας, μικρότερης του 1 m, για την υποστήριξη βελτιωμένων μοντέλων παρακολούθησης και πρόβλεψης πλημμυρών για την ευρύτερη περιοχή. Το DEM δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας στερεοσκοπικές δορυφορικές εικόνες με σημεία επίγειου ελέγχου (GCP) που ερευνήθηκαν στο πεδίο με τη χρήση εξοπλισμού παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος πλοήγησης (GNSS) υψηλής ακρίβειας. Η αυστηρή αξιολόγηση της ποιότητας επικύρωσε την ακρίβεια του τελικού προϊόντος DEM.

Το DEM υψηλής ανάλυσης που αναπτύχθηκε από αυτό το έργο παρέχει σημαντική βελτίωση της ακρίβειας των δεδομένων εδάφους για τη διασυνοριακή λεκάνη απορροής του ποταμού Έβρου. Θα επιτρέψει στις ελληνικές και βουλγαρικές αρχές να έχουν ένα κοινό ακριβές σύνολο δεδομένων που θα μπορούν να χρησιμοποιούν για το συντονισμό της διαχείρισης του κινδύνου πλημμύρας. Το DEM μπορεί να υποστηρίξει διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων της οριοθέτησης της πλημμυρικής κοίτης, της χαρτογράφησης κινδύνων πλημμύρας και της ανάπτυξης συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης. Το έργο αυτό καταδεικνύει την αξία του συνδυασμού ερευνών ακριβείας GCP με στερεοσκοπικές δορυφορικές εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης για την παραγωγή ακριβών υψομετρικών δεδομένων, ακόμη και σε απομακρυσμένες περιοχές που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες.

ΣΚΟΠΟΣ

Ο ποταμός Έβρος ρέει κατά μήκος των συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Τουρκίας για πάνω από 200 χιλιόμετρα πριν εκβάλει στο Αιγαίο Πέλαγος. Αποστραγγίζει μια μεγάλη διασυνοριακή λεκάνη απορροής άνω των 53.000 km² που εκτείνεται και στις τρεις χώρες. Ο Έβρος είναι επιρρεπής σε συχνές, σοβαρές πλημμύρες λόγω των ισχυρών βροχοπτώσεων και του αναγλύφου της λεκάνης απορροής. Έντονες πλημμύρες προκαλούν σημαντικές ζημιές στις κοινότητες εντός της λεκάνης απορροής. Απαιτείται ακριβής εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας και αποτελεσματικά συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για να βοηθήσουν στη διαχείριση του σημαντικού κινδύνου πλημμύρας. Τα δεδομένα εδάφους υψηλής ανάλυσης είναι απαραίτητα για τη μοντελοποίηση των πλημμυρών και των επιπτώσεων κατά μήκος του ποταμού και των παραποτάμων του. Ωστόσο, τα υπάρχοντα δεδομένα υψομέτρων στην περιοχή είναι ξεπερασμένα ή έχουν ανεπαρκή ανάλυση.

Οι δορυφορικές στερεοσκοπικές εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή ψηφιακών μοντέλων επιφάνειας (DSM) υψηλής ανάλυσης, τα οποία μπορούν να επεξεργαστούν για την παραγωγή μοντέλου εδάφους γυμνής γης (DEM). Οι φωτογραμμετρικές τεχνικές αντιστοιχίζουν εικονοστοιχεία από επικαλυπτόμενες στερεο-εικόνες για τη δημιουργία τρισδιάστατων συντεταγμένων. Υπολογίζονται στερεοσκοπικές συσχετίσεις για την αναδημιουργία της μορφολογίας του εδάφους. Η ακρίβεια του δορυφορικού DSM μπορεί να βελτιωθεί με την ενσωμάτωση σημείων επίγειου ελέγχου (GCP) που έχουν καταγραφεί με διαφορικό GNSS. Το έργο αυτό αξιοποίησε στερεοσκοπικές δορυφορικές εικόνες WorldView-3 και SuperView Neo ανάλυσης κάτω του μέτρου μαζί με GCPs ακριβείας για τη δημιουργία ενός ακριβούς DEM υψηλής ανάλυσης για εφαρμογές μοντελοποίησης πλημμυρών.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει ολόκληρη την πλημμυρική ζώνη του ποταμού Έβρου κατά μήκος των συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Τουρκίας, καθώς και ένα τμήμα εντός της Τουρκικής επικράτειας (περιοχή Αδριανούπολης-Edirne). Η περιοχή είναι περίπου 140 km x 90 km. Ο Έβρος ρέει για περίπου 204 km από την πηγή του κοντά στη βουλγαρική πόλη Inaylongrad έως την εκροή του στο Αιγαίο Πέλαγος. Οι δορυφορικές εικόνες εισόδου αποτελούνταν από 11 στερεοσκοπικά ζεύγη παγχρωματικών και πολυφασματικών εικόνων που αποκτήθηκαν από τους δορυφόρους WorldView-3 και SuperView Neo. χωρικής ανάλυσης 0.3 m.

Τον Απρίλιο του 2023 μετρήθηκαν συνολικά 190 σημεία GCP υψηλής ακρίβειας σε όλη την περιοχή μελέτης με τη χρήση διαφορικών δεκτών GNSS Leica GS08+. Τα GCPs στόχευαν σε χαρακτηριστικά υψηλής αντίθεσης, όπως γωνίες κτιρίων και διασταυρώσεις δρόμων που διακρίνονται στις δορυφορικές εικόνες. Οι τρισδιάστατες συντεταγμένες τους μετρήθηκαν με ακρίβεια εκατοστών σε κινητική λειτουργία σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας το δίκτυο CORS METRICA SmartNet Greece.

Τα DEM εξήχθησαν από τις δορυφορικές στερεοσκοπικές εικόνες χρησιμοποιώντας φωτογραμμετρικές τεχνικές στο λογισμικό ERDAS Imagine. Οι εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία τρισδιάστατων σημειακών νεφών (point cloud) μέσω πυκνής αντιστοίχισης εικόνων (dense image matching) με Semi-Global Matching. Τα GCPs χρησιμοποιήθηκαν για να βελτιώσουν τον προσανατολισμό και να αποδώσουν πληροφορίες απόλυτων συντεταγμένων. Τα επιμέρους DEM συντέθηκαν σε ένα συνεχές DEM που περιλαμβάνει ολόκληρη την πλημμυρική ζώνη, όπως αυτή ορίστηκε στα προηγούμενα.

Πραγματοποιήθηκε αυστηρή αξιολόγηση της ποιότητας με βάση την κατακόρυφη και οριζόντια ακρίβεια των DEM σε ανεξάρτητα σημεία ελέγχου:

- Κατακόρυφη ακρίβεια - Το DEM συγκρίθηκε με τα υψόμετρα των GCPs.
- Οριζόντια ακρίβεια - Οι συντεταγμένες του DEM συγκρίθηκαν με 115 σημεία ελέγχου σε χάρτες αναφοράς ανάλυσης 0.5 m.
- Οπτικοί έλεγχοι - Το DEM ελέγχθηκε για τεχνουργήματα, σφάλματα και ανωμαλίες στην επιφάνεια.

Το επιτευχθέν επίπεδο κατακόρυφης και οριζόντιας ακρίβειας, το οποίο είναι σύμφωνο με τις προδιαγραφές, υπερβαίνει σημαντικά οποιοδήποτε άλλο υπάρχον DEM που καλύπτει τη λεκάνη του Έβρου. Το ακριβές μοντέλο εδάφους υψηλής ανάλυσης παρέχει νέες δυνατότητες για τη μοντελοποίηση των πλημμυρών και την εκτίμηση των κινδύνων κατά μήκος του ποταμού. Η αυστηρή αξιολόγηση της ακρίβειας επιβεβαίωσε ότι το DEM έχει κατακόρυφη και οριζόντια ακρίβεια κάτω του μέτρου.

Το παρόν DEM θα αξιοποιηθεί ως βασική πληροφορία για το 2D υδροδυναμικό μοντέλο ροής του ποταμού καταμήκος της ορισμένης πλημμυρικής, ποτάμιας ζώνης, για τη χαρτογράφηση των πλημμυρικών βαθών,

ταχυτήτων και εκτάσεων για ιστορικά ή μελλοντικά (πρόγνωση – προσομοίωση) πλημμυρικά γεγονότα. Οι δυναμικοί χάρτες πλημμυρικής κατάκλισης αποτυπώνουν αποτελεσματικά τους κινδύνους που συνδέονται με διάφορα σενάρια πλημμύρα. Επιπλέον, θα υποστηρίξει τον διασυνοριακό συντονισμό για την παρακολούθηση των πλημμυρών μεταξύ Ελλάδας και Βουλγαρίας. Το παρόν έργο κατέδειξε μια αποτελεσματική μεθοδολογία για την ανάπτυξη DEM υψηλής ακρίβειας για τη μοντελοποίηση πλημμυρών σε απομακρυσμένες περιοχές με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων και επίγειων ερευνών.