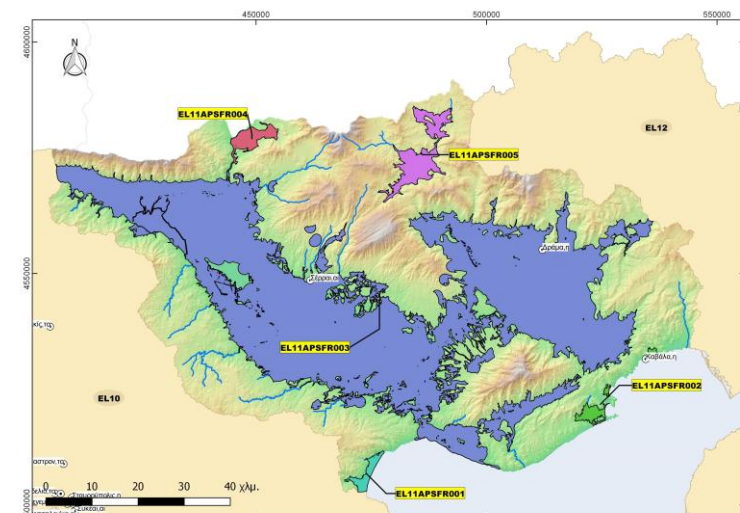




ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ



1^η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ
ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ
των Λεκανών Απορροής Ποταμών του
Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Μακεδονίας (EL11)

Στάδιο 1 - Παραδοτέο 4
ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ
Τεχνική Έκθεση



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ταμείο Συνοχής

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΡΓΟ : 1^η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ

ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ : 1^η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΑΠ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΘΡΑΚΗΣ:

ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε

ECOS ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Α.Ε

ENVIROPLAN ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ – ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ Α.Ε.

ΛΙΖΑ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ του Αβραάμ

ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΟΙ ΙΚΕ

ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΤΣΙΝΤΣΑΡΗΣ του Δημητρίου

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ 1^{ΗΣ} ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04: ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Αναθεωρήσεις:

Έκδοση	Ημερομηνία	Παρατηρήσεις
1	31/07/2023	1 ^η Υποβολή για έλεγχο και διόρθωση
2	29/09/2023	2 ^η Υποβολή σύμφωνα με τις παρατηρήσεις της Υπηρεσίας

Τεύχη και Χάρτες που συνοδεύουν το παρόν Παραδοτέο

A/A	Τίτλος	Κλίμακα	Αριθμός Τεύχους/ Χάρτη
	ΤΕΥΧΗ		
1	Τεχνική Έκθεση		Π04-T1
2	Παραρτήματα Τεχνικής Έκθεσης		Π04-T2
I	Ταυτότητες Λεκανών - Υετογραφήματα καταιγίδας		Π04-P1
II	Στοιχεία εισόδου στο υδρολογικό μοντέλο του HEC-HMS		Π04-P2
III	Αποτελέσματα Υδρολογικού Μοντέλου		Π04-P3
IV	Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού π. Στρυμόνα στη είσοδο από Βουλγαρία		Π04-P4
V	Σύγκριση αποτελεσμάτων με 1 ^ο κύκλο		Π04-P5
	ΧΑΡΤΕΣ		
1	Χάρτης κατανομής αριθμών CN για μέσες συνθήκες υγρασίας (τύπου II)	1:400.000	Π04-X1
2	Χάρτης απεικόνισης της σχηματοποίησης του υδρολογικού μοντέλου (υδρογραφικό δίκτυο, υπολεκάνες, κόμβοι)	1:400.000	Π04-X2

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΈΚΘΕΣΗΣ	1
1.2	ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ	4
1.3	ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ	5
1.4	ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΈΚΘΕΣΗΣ	5
1.5	ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΝ 1 ^ο ΚΥΚΛΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2007/60/ΕΚ	6
1.5.1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ 1 ^η ΑΝΑΘ. ΣΔΚΠ	6
1.5.2	ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ 1 ^ο ΚΥΚΛΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2007/60/ΕΚ	7
2	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	8
2.1	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	8
2.1.1	ΖΩΝΕΣ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΥΨΗΛΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ	8
2.1.2	ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ – ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	10
2.1.3	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΈΡΓΑ ΤΑΜΙΕΥΣΗ ΝΕΡΟΥ	12
2.2	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	12
2.2.1	ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ	12
2.2.2	ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	18
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	24
3.1	ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	24
3.2	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	25
3.3	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	25
3.4	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	26
3.4.1	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	26
3.4.2	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ	26
3.4.3	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ	27
3.4.4	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ	29
3.5	ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	30
3.5.1	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ SCS-CN	30

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04	Πλημμυρικά Υδρογραφήματα ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ
3.5.2 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΕ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ	34
3.5.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΜΥ	36
3.5.4 ΒΑΣΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ	37
3.5.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	38
3.6 ΔΙΟΔΕΥΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	38
3.6.1 ΓΕΝΙΚΑ	38
3.6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ MUSKINGUM	39
3.6.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ	42
3.6.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ	42
3.7 ΔΙΟΔΕΥΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΜΕΣΩ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ	44
4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	46
4.1 ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ	46
4.2 ΚΑΛΥΨΗ ΓΗΣ	48
4.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	49
4.4 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	50
4.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ CN	50
4.6 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ CN.	56
4.7 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ CN ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΠΡΩΤΟ ΚΥΚΛΟ.	56
5 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΥΔ EL11	58
5.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ	58
5.1.1 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	58
5.1.2 ΛΙΜΝΕΣ-ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ-ΦΡΑΓΜΑΤΑ	76
5.1.3 ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	81
5.1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	81
5.1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ	84
5.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΟΧΥΡΟΥ	87
5.2.1 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	87
5.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	90
5.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΩΝ Ρ. ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ, Ρ. ΠΗΓΑΔΟΥΛΙ, Ρ. ΠΛΑΤΑΝΟΡΕΜΑ, Ρ. ΜΑΡΜΑΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑΣ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ	93
5.3.1 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	93
5.3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	98

5.4	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ 1^ο ΚΥΚΛΟ	100
–	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	109
–	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	111
–	ΧΑΡΤΕΣ	112

Πίνακες

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1:	ΖΩΝΕΣ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΥΨΗΛΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΥΔ 11 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	9
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2:	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΔΙΑΤΕΘΗΚΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ [ΠΗΓΗ: (ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ, 2 ^η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (EL11) – ΥΠΟ ΕΚΠΟΝΗΣΗ)]	21
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1:	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΤΜΗΜΕΝΩΝ ΛΕΙΟΥ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ SCS.	35
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1:	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΚΛΑΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ.....	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΕ HSG ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ (ΑΒΑΘΗ ΕΔΑΦΗ)	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3:	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ.....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4:	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ-ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΥΠΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ CN _{II}	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5:	ΑΡΙΘΜΟΙ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ CN ΓΙΑ ΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ)	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6:	ΑΡΙΘΜΟΙ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ CN ΓΙΑ ΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΟΧΥΡΟΥ).....	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7:	ΑΡΙΘΜΟΙ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ CN ΓΙΑ ΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΩΝ Ρ. ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ, Ρ. ΠΗΓΑΔΟΥΛΙ, Ρ. ΠΛΑΤΑΝΟΡΕΜΑ, Ρ. ΜΑΡΜΑΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑΣ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ).....	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8:	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ CN _{II} / ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΚΑΝΩΝ (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.).....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1:	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΣΤΡΥΜΟΝΑ.....	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2:	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3:	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΛΑΔΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ (ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΑ) ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4:	ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ Φ	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5:	ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ Κ.....	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6:	ΣΤΑΘΜΗ/ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7:	ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ ΣΤΟΝ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ.....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8:	ΠΑΡΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ T=50 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII) – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ(BS) ΜΕ ΕΥΜΕΝΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟ(ΕΥΜ) ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9:	ΠΑΡΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ T=100 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII) – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ(BS) ΜΕ ΕΥΜΕΝΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟ(ΕΥΜ) ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10:	ΠΑΡΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ T=1000 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII) – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ(BS) ΜΕ ΕΥΜΕΝΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟ(ΕΥΜ) ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11:	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΛΕΚΑΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΧΥΡΟΥ	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12:	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΟΧΥΡΟΥ	89

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΛΑΔΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ (ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΑ) ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΟΧΥΡΟΥ.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14: ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΟΧΥΡΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ Φ.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15: ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΟΧΥΡΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ Κ.....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.16: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΛΕΚΑΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΩΝ Ρ. ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ, Ρ. ΠΗΓΑΔΟΥΛΙ, Ρ. ΠΛΑΤΑΝΟΡΕΜΑ, Ρ. ΜΑΡΜΑΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑΣ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ.....	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.17: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.18: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΛΑΔΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ (ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΑ) ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.19: ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ Φ.....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.20: ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ Κ.....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.21: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ / ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΚΑΝΩΝ (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.).....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.22: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ / ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΚΑΝΩΝ (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.).....	100

Κατάλογος Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 2-1:	ΟΙ ΠΕΝΤΕ (5) ΖΩΝΕΣ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΥΨΗΛΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΖΔΥΚΠ ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	10
ΣΧΗΜΑ 2-2:	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	12
ΣΧΗΜΑ 2-3:	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Η.....	14
ΣΧΗΜΑ 2-4:	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Β.....	14
ΣΧΗΜΑ 2-5:	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Λ.....	15
ΣΧΗΜΑ 2-6:	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Ν ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ EL1106FR00F219 ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	16
ΣΧΗΜΑ 2-7:	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Λ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ EL1106FR00F219 ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	17
ΣΧΗΜΑ 2-8:	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Β ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ EL1106FR00F219 ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	18
ΣΧΗΜΑ 2-9:	ΘΕΣΕΙΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΔΙΑΤΕΘΗΚΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ [ΠΗΓΗ: (ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ, 2 ^η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (EL11) – ΥΠΟ ΕΚΠΟΝΗΣΗ)]	20
ΣΧΗΜΑ 3-1:	ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΩΝ ΜΠΛΟΚ.....	28
ΣΧΗΜΑ 3-2:	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΩΝ ΜΠΛΟΚ.....	28
ΣΧΗΜΑ 3-3:	ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ.....	29
ΣΧΗΜΑ 3-4:	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΥΕΤΟΓΡΑΜΜΑ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ.....	29
ΣΧΗΜΑ 3-5:	ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ SCS-CN (ΠΗΓΗ: ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΑΙ ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ, 1999)	31
ΣΧΗΜΑ 3-6:	ΕΥΡΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ CN ΓΙΑ ΞΗΡΕΣ ΚΑΙ ΥΓΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ, ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (ΠΗΓΗ: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Π04 1 ^{ΟΥ} ΣΔΚΠ ΥΔ EL04 (ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2018).....	34
ΣΧΗΜΑ 3-7:	ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΜΥ ΚΑΤΑ SCS	36
ΣΧΗΜΑ 4.1:	ΤΡΙΓΩΝΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ USDA ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΕ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ (WANG, 2020).....	47
ΣΧΗΜΑ 4.2:	RASTER ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ EL1106FR00287 ΤΟΥ ΥΔ ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	51
ΣΧΗΜΑ 4.3:	RASTER ΑΡΙΘΜΩΝ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ CN _{II} ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ EL1106FR00287 ΤΟΥ ΥΔ ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	52
ΣΧΗΜΑ 4-4:	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ CN _{II} (1 ^{ΟΣ} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^Η ΑΝΑΘ.).....	57
ΣΧΗΜΑ 5-1:	ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΣΤΟΝ ΟΠΟΙΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΤΑΙ Η ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΚΑΙ ΚΛΑΔΩΝ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ.....	60

ΣΤΑΔΙΟ 1 – ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΣΧΗΜΑ 5-2:	ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΤΟΥ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ Φ.....	72
ΣΧΗΜΑ 5-3:	ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΤΟΥ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ Κ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ.....	75
ΣΧΗΜΑ 5-4:	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΩΝ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΚΑΤΑΝΤΗ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΛΙΘΟΤΟΠΟΥ (ΕΚΡΟΗ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗ) ΣΕ ΑΝΤΙΠΑΡΑΒΟΛΗ ΜΕ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΥΔΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ. ΠΗΓΗ: ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ, 2Η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (EL11) – ΥΠΟ ΕΚΠΟΝΗΣΗ.	78
ΣΧΗΜΑ 5.5:	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΚΕΡΚΙΝΗΣ 25/1/2015-15/4/2015 ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΡΟΗΣ ΠΡΟΣ ΣΤΡΥΜΟΝΑ	79
ΣΧΗΜΑ 5-6:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ T=50 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII)	82
ΣΧΗΜΑ 5-7:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ T=100 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII)	83
ΣΧΗΜΑ 5-8:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ T=1000 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII).....	83
ΣΧΗΜΑ 5-9:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ T=50 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII) – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ(BS) ΜΕ ΕΥΜΕΝΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟ(ΕΥΜ) ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ	84
ΣΧΗΜΑ 5-10:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ T=100 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII) – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ(BS) ΜΕ ΕΥΜΕΝΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟ(ΕΥΜ) ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ	85
ΣΧΗΜΑ 5-11:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΓΙΑ T=1000 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII) – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ(BS) ΜΕ ΕΥΜΕΝΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟ(ΕΥΜ) ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ	85
ΣΧΗΜΑ 5-12:	ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΣΤΟΝ ΟΠΟΙΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΤΑΙ Η ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΚΑΙ ΚΛΑΔΩΝ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΟΧΥΡΟΥ	88
ΣΧΗΜΑ 5-13:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΠΟΤΑΜΩΝ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΟΧΥΡΟΥ ΓΙΑ T=50 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII)	91
ΣΧΗΜΑ 5-14:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΠΟΤΑΜΩΝ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΟΧΥΡΟΥ ΓΙΑ T=100 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII)	91
ΣΧΗΜΑ 5-15:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΠΟΤΑΜΩΝ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΟΧΥΡΟΥ ΓΙΑ T=1000 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII)	92
ΣΧΗΜΑ 5-16:	ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΣΤΟΝ ΟΠΟΙΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΤΑΙ Η ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΚΑΙ ΚΛΑΔΩΝ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ	95
ΣΧΗΜΑ 5-17:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΩΝ Ρ. ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ,Ρ. ΠΗΓΑΔΟΥΛΙ, Ρ. ΠΛΑΤΑΝΟΡΕΜΑ, Ρ. ΜΑΡΜΑΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑΣ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ ΓΙΑ T=50 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII).....	98
ΣΧΗΜΑ 5-18:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΩΝ Ρ. ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ,Ρ. ΠΗΓΑΔΟΥΛΙ, Ρ. ΠΛΑΤΑΝΟΡΕΜΑ, Ρ. ΜΑΡΜΑΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑΣ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ ΓΙΑ T=100 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII)	99
ΣΧΗΜΑ 5-19:	ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΩΝ Ρ. ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ,Ρ. ΠΗΓΑΔΟΥΛΙ, Ρ. ΠΛΑΤΑΝΟΡΕΜΑ, Ρ. ΜΑΡΜΑΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑΣ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ ΓΙΑ T=1000 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (CNII)	99

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΣΧΗΜΑ 5-20:	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (ΜΕΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ) T50 (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.).....	101
ΣΧΗΜΑ 5-21:	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (ΜΕΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ) T100 (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.).....	102
ΣΧΗΜΑ 5-22:	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (ΜΕΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ) T1000 (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.).....	103
ΣΧΗΜΑ 5-23:	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΙΧΜΗΣ (ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ CNI) T50 (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.)	104
ΣΧΗΜΑ 5-24:	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΙΧΜΗΣ (ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ CNI) T50 (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.)	105
ΣΧΗΜΑ 5-25:	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΙΧΜΗΣ (ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ CNI) T100 (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.)	106
ΣΧΗΜΑ 5-26:	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΙΧΜΗΣ (ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ CNI) T1000 (1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ/ 1 ^η ΑΝΑΘ.)....	107

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Συντομογραφίες	Επεξήγηση
ΓΓΠΠ:	Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας
ΓΓΦΠΥ:	Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων
ΓΔΥ:	Γενική Διεύθυνση Υδάτων
ΓΟΕΒ:	Γενικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΓΣΠ:	Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών
ΓΥΣ:	Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού
Δ.:	Δήμος
ΔΑΕΕ	Δ/ση Αντιπλημμυρικών & Εγγειοβελτιωτικών Έργων
ΔΕΗ:	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΚΠ:	Διαχείριση Κινδύνων Πλημμύρας
ΔΤΥ:	Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών
ΕΓΥ:	Ειδική Γραμματεία Υδάτων
ΕΛΚΕΘΕ	Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΖΔΥΚΠ:	Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας
Κ/Ξ:	Κοινοπραξία
ΚΥΑ:	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΟΠΕΚΕΠΕ:	Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων
ΟΠΥ:	Οδηγία-Πλαίσιο για τα Ύδατα
Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α	Οργανισμός Φυσικού Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής
Π.Ε.:	Περιφερειακή Ενότητα
ΠΑΚΠ:	Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας
ΠΑΜΘ:	Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης
ΠΕ:	Περιφερειακή Ενότητα
ΣΔΚΠ:	Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας
ΣΔΛΑΠ:	Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών
ΣΜΥ	Συνθετικό Μοναδιαίο Υδρογράφημα
ΤΟΕΒ:	Τοπικός Οργανισμός Έγγειων Βελτιώσεων
ΤΣ:	Τεχνικός Σύμβουλος
ΥΑ:	Υπουργική Απόφαση
ΥΔ:	Υδατικό Διαμέρισμα
ΥΕΒ	Υπηρεσία Έγγειων Βελτιώσεων
ΥΠΑΑΤ:	Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων
ΥΠΑΝ:	Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας
ΥΠΑΠΕΝ:	Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος & Ενέργειας
ΥΠΕΚΑ:	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΥΠΕΝ:	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΥΠΕΞ:	Υπουργείο Εξωτερικών

Συντομογραφίες	Επεξήγηση
ΥΠΕΣ:	Υπουργείο Εσωτερικών
ΥΠΕΧΩΔΕ:	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΥΠΟΙΚ:	Υπουργείο Οικονομικών
ΥΠΥΜΕ:	Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών
ΥΠΥΜΕΔΙ:	Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών & Δικτύων
ΥΣ:	Υδατικό Σύστημα
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως
ΨΜΕ	Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους
GIS	Geographical Information Systems
HEC	Hydrologic Engineering Center
HMS	Hydrologic Modeling System
NRCS	Natural Resources Conservation Service
SCS-CN	Soil Conservation Service – Curve Number

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο Έκθεσης

Με την από 30.08.2022 σύμβαση, το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας ανέθεσε το έργο «1^η Αναθεώρηση Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης» με κωδικό πράξης MIS 5051042 και ενάριθμο έργου 2020ΣΕ27510072, ενταγμένο στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2014-2020» (CPV: 90713000-8)» στην Κ/Ξ των κάτωθι γραφείων μελετών:

ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.

ECOS ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Α.Ε.

ENVIROPLAN ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ – ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ Α.Ε.

ΛΙΖΑ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ του Αβραάμ

ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΟΙ ΙΚΕ

ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΤΣΙΝΤΣΑΡΗΣ του Δημητρίου

Σύμφωνα με τη Σύμβαση, το έργο διαρθρώνεται σε **δύο στάδια** με τα εξής επιμέρους αντικείμενα, ως ακολούθως.

▪ **1^ο Στάδιο με αντικείμενα :**

1. Βελτίωση των τοπογραφικών δεδομένων του εδάφους και παραγωγή ψηφιακού μοντέλου εδάφους υψηλής ανάλυσης και ακρίβειας τουλάχιστον στις περιοχές με ήπιο ανάγλυφο καθώς και σε ζώνες υψηλού και πολύ υψηλού κινδύνου, όπως αυτές προέκυψαν από τους χάρτες αποτίμησης επιπτώσεων πλημμύρας του 1^{ου} κύκλου εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και περιγράφονται στο αντίστοιχο Μέτρο των ΣΔΚΠ.
2. Κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας στις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνων Πλημμύρας, όπως αυτές έχουν προσδιοριστεί στην 1^η Αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας, σύμφωνα με το άρθρο 6 της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και το άρθρο 5 παρ. 3 της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/21.7.2010 με τη χρήση επικαιροποιημένων πλημμυρικών υδρογραφημάτων, που θα προκύψουν μετά την επικαιροποίηση των όμβριων καμπυλών.
3. Κατάρτιση Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας στις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνων Πλημμύρας, όπως αυτές έχουν προσδιοριστεί στην 1^η Αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας, σύμφωνα με το άρθρο 6 της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και το άρθρο 5 παρ. 3 της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/21.7.2010.

■ 2^ο Στάδιο με αντικείμενα :

1. Κατάρτιση της 1^{ης} Αναθεώρησης των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, σύμφωνα με το άρθρο 7 της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και τα άρθρα 6 και 7 της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/21.7.2010, με βασικό στόχο τη μείωση των δυνητικών αρνητικών συνεπειών των πλημμυρών στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και την οικονομική δραστηριότητα.
2. Σύνταξη της σχετικής Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων σύμφωνα με την υπ. αριθ. ΕΥΠΕ/οικ.107017/2006 Κοινή Υπουργική Απόφαση «Εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2001/42/ΕΚ "σχετικά με την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων" του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27^{ης} Ιουνίου 2001» (Β'1225), όπως τροποποιήθηκε με την Κοινή Υπουργική Απόφαση οικ. 40238/2017 (Β'3759).
3. Μέριμνα ώστε η 1^η Αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας (ΠΑΚΠ), των Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας (ΧΕΠ), των Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας (ΧΚΠ), των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ) και οι Στρατηγικές Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) να καθίστανται διαθέσιμα στο κοινό.
4. Προώθηση της ενεργούς συμμετοχής όλων των ενδιαφερομένων, στο πλαίσιο εφαρμογής του άρθρου 10 της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, καθώς και συντονισμό, κατά περίπτωση, της ενεργούς συμμετοχής των ενδιαφερομένων στο πλαίσιο του άρθρου 14 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ.
5. Ανάρτηση των αποτελεσμάτων της 1^{ης} Αναθεώρησης των ΧΕΠ, ΧΚΠ και ΣΔΚΠ στο ηλεκτρονικό σύστημα WISE (Water Information System for Europe), σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος.
6. Ανάρτηση όλων των παραγόμενων δεδομένων της 1^{ης} Αναθεώρησης (2^{ος} κύκλος εφαρμογής Οδηγίας 2007/60/ΕΚ) στον ιστότοπο <https://floods.ypreka.gr> και στις βάσεις δεδομένων της Γενικής Γραμματείας Φυσικού Περιβάλλοντος & Υδάτων, στις σχετικές ιστοσελίδες του ΥΠΕΝ και όπου αλλού απαιτηθεί από την Γενική Διεύθυνση Υδάτων καθώς και λειτουργία και συντήρηση αυτών.

Σύμφωνα με τη Διακήρυξη, το Έργο περιλαμβάνει 23 Παραδοτέα, τα εξής :

■ 1^ο Στάδιο:

- Παραδοτέο 1:** Παραγωγή ψηφιακού μοντέλου εδάφους υψηλής ανάλυσης και ακρίβειας στις περιοχές με ήπιο ανάγλυφο καθώς και σε ζώνες υψηλού και πολύ υψηλού κινδύνου, όπως αυτές προέκυψαν από τους χάρτες αποτίμησης επιπτώσεων πλημμύρας του 1^{ου} κύκλου εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και περιγράφονται στο αντίστοιχο Μέτρο των ΣΔΚΠ (Τεχνική Έκθεση με τα δεδομένα, τη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα των εργασιών παραγωγής ψηφιακού μοντέλου εδάφους).
- Παραδοτέο 2:** Ανάλυση Χαρακτηριστικών Περιοχής και Μηχανισμών Πλημμύρας (Τεχνική Έκθεση και Χάρτες).
- Παραδοτέο 3:** Έκθεση αυτοψιών στις θέσεις όπου έχουν εμφανιστεί στο παρελθόν σημαντικές πλημμύρες αλλά δεν συμπεριλαμβάνονται στις ΖΔΥΚΠ.

- Παραδοτέο 4:** Πλημμυρικά Υδρογραφήματα (Τεχνική Έκθεση με τα δεδομένα, τη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα των εργασιών παραγωγής των πλημμυρικών υδρογραφημάτων καθώς και τους αναλυτικούς υπολογισμούς και λοιπά υποστηρικτικά στοιχεία).
- Παραδοτέο 5:** Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας (Χάρτες και Τεχνική Έκθεση με τα δεδομένα, τη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της κατάρτισης των Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας καθώς και τους αναλυτικούς υπολογισμούς και λοιπά υποστηρικτικά στοιχεία).
- Παραδοτέο 6:** Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας – Κείμενα με βάση τις απαιτήσεις για την υποβολή εκθέσεων στην ΕΕ (το παραδοτέο αυτό τα παραδοθεί μόνο σε ψηφιακή μορφή).
- Παραδοτέο 7:** Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας (Χάρτες και Τεχνική Έκθεση με τα δεδομένα, τη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της κατάρτισης των Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας καθώς και τους αναλυτικούς υπολογισμούς και λοιπά υποστηρικτικά στοιχεία).
- Παραδοτέο 8:** Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας – Κείμενα με βάση τις απαιτήσεις για την υποβολή εκθέσεων στην ΕΕ (το παραδοτέο αυτό θα παραδοθεί μόνο σε ψηφιακή μορφή).
- Παραδοτέο 9:** Επικαιροποίηση διαδικτυακής πύλης από τον Ανάδοχο με ανάρτηση των κειμένων και χαρτών της παρούσας σύμβασης (το παραδοτέο αυτό θα παραδοθεί μόνο σε ψηφιακή μορφή).

•2^ο Στάδιο :

- Παραδοτέο 10:** Κατάλογος Αρμόδιων Αρχών.
- Παραδοτέο 11:** Προσχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ανά Υδατικό Διαμέρισμα.
- Παραδοτέο 12:** Προσχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ανά Υδατικό Διαμέρισμα (μη Τεχνική Έκθεση)
- Παραδοτέο 13:** Έκθεση επίδρασης κλιματικής αλλαγής στην Αξιολόγηση και διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας.
- Παραδοτέο 14:** Πρόγραμμα διαβούλευσης ανά Υδατικό Διαμέρισμα.
- Παραδοτέο 15:** Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων ανά Υδατικό Διαμέρισμα.
- Παραδοτέο 16:** Έκθεση Αποτελεσμάτων Διαβούλευσης.
- Παραδοτέο 17:** Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ανά Υδατικό Διαμέρισμα.
- Παραδοτέο 18:** Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ανά Υδατικό Διαμέρισμα – Κείμενα με βάση τις απαιτήσεις για την υποβολή εκθέσεων στην ΕΕ (το παραδοτέο αυτό θα παραδοθεί μόνο σε ψηφιακή μορφή).
- Παραδοτέο 19:** Μετάφραση στην Αγγλική γλώσσα των περιληπτικών αναφορών των μεθοδολογιών και των αποτελεσμάτων των μελετών των Παραδοτέων, όπου προβλέπονται.
- Παραδοτέο 20:** Ενημέρωση των γεωχωρικών δεδομένων και ιστοτόπων από τον Ανάδοχο με ανάρτηση των κειμένων και χαρτών της παρούσας σύμβασης καθώς και καταχώρηση των σχολίων από τους συμμετέχοντες στη διαβούλευση (παραδοτέο σε ψηφιακή μορφή).

Παραδοτέο 21: Εκπαίδευση των στελεχών της Α.Α. καθώς και των Δ/νσεων Υδάτων της Απ Διοίκησης σε όλα τα αντικείμενα των παραδοτέων (μοντέλα, μεθοδολογίες κλπ).

Παραδοτέο 22: Παράδοση ανά σύμβαση ενός Η/Υ στην Α.Α. και ενός ανά Υ.Δ στην αρμόδια και συναρμόδια Δ/νση Υδάτων, που θα περιλαμβάνουν το σύνολο των παραδοτέων συμπεριλαμβανομένων πάσης φύσεως μοντέλων, υπολογισμών, δεδομένων εισόδου και–αποτελεσμάτων, γεωχωρικής πληροφορίας κτλ. σε ψηφιακή επεξεργάσιμη μορφή καθώς και τις αναθεωρημένες Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας. Εκπαίδευση των στελεχών της Α.Α. καθώς και των Δ/νσεων Υδάτων της Απ Διοίκησης.

Παραδοτέο 23: Έκθεση μεγάλων πλημμυρικών συμβάντων που έλαβαν χώρα στο Υδατικό Διαμέρισμα

Το παρόν Τεύχος αποτελεί το Παραδοτέο 4 του 1^{ου} Σταδίου και αφορά στη κατάρτιση των πλημμυρικών υδρογραφημάτων που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή των Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας.

1.2 Ομάδα Μελέτης

Η Ομάδα Μελέτης αποτελείται από τους:

1. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ Αικατερίνη, Δρ. Πολιτικός – Υδραυλικός Μηχ/κός
2. ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ Λίζα, Πολιτικός Μηχανικός -Υδραυλικός Μηχ/κός Περιβάλλοντος M.Sc.
3. ΠΑΠΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Βασίλειος, Πολιτικός Μηχ/κός, Υδραυλικός Μηχ/κός Περιβ/ντος MSc
4. ΚΩΝΗΣ Αλέξανδρος, Πολιτικός Μηχ/κός MSc
5. ΧΑΤΖΗΠΕΤΡΟΥ Μαριάννα, Πολιτικός Μηχ/κός MSc
6. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΟΥ Μαρία – Ειρήνη, Πολιτικός Μηχ/κός ΜΔΕ
7. ΔΡΕΠΑΝΙΩΤΗ Ε., Πολιτικός Μηχ/κός
8. ΛΕΒΕΝΤΗΣ Παντελής, Πολιτικής Μηχανικός ΜΔΕ
9. ΤΣΕΡΓΑΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ, Πολιτικός Μηχανικός
10. ΑΚΟΥΜΙΑΝΑΚΗ ΟΛΙΑΝΝΑ, Μηχανικός Περιβάλλοντος ΜΔΕ
11. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ιωάννης, Γεωπόνος
12. ΤΣΙΝΤΣΑΡΗΣ Αντώνιος, Δασολόγος
13. ΠΑΝΑΓΟΥ Μαρία, Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός
14. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ Βελισσάριος, Τοπογράφος Μηχανικός MSc
15. ΣΑΛΑΧΩΡΗΣ Μιχάλης, Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός
16. ΚΟΥΚΟΥΒΙΝΟΣ Αντώνης, Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός
17. ΠΕΠΠΑΣ Γεώργιος, Πολιτικός Μηχ/κός MSc
18. ΚΟΥΡΑΚΟΣ Βασίλης, Πολιτικός Μηχανικός, MSc
19. ΣΤΑΥΡΙΔΗΣ ΚΟΥΒΑΡΑΣ Αλέξανδρος, Πολιτικός Μηχ/κός
20. ΔΗΛΑΡΗ Ιωάννα, Τεχνολόγος Πολιτικός Μηχανικός
21. ΝΙΑΔΑΣ Ιωάννης, Πολιτικός Μηχ/κός MSc /DIC

1.3 Επιτροπή Παρακολούθησης και Παραλαβής

Την επιτροπή Παρακολούθησης – Παραλαβής απαρτίζουν τα ακόλουθα στελέχη της Δ/νσης Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος του ΥΠΕΝ:

- Αθανασίου Ελένη, Προϊσταμένη Τμήματος στη Δ/νση Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος, ΠΕ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ με Α' βαθμό, Πρόεδρος Επιτροπής
- Φωκαεύς Άννα, Υπάλληλος στη Δ/νση Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος, ΠΕ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ με Α' βαθμό, μέλος
- Κουτράκης Στυλιανός, Υπάλληλος στη Δ/νση Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος, ΠΕ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ με Α' βαθμό, μέλος

Με αναπληρωματικούς τους:

- Παρδάλη Αθανασία, Υπάλληλος στη Δ/νση Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος, ΠΕ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ με Α' βαθμό
- Παπασπυρόπουλος Κωνσταντίνος, Υπάλληλος στη Δ/νση Σχεδιασμού και Διαχείρισης Υπηρεσιών Ύδατος, ΠΕ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ με Α' βαθμό
- Μαρίνος Διονύσιος, Υπάλληλος στη Δ/νση Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος, ΠΕ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ με Α' βαθμό

Η παρακολούθηση και παραλαβή των παραδοτέων πραγματοποιήθηκε με την τεχνική υποστήριξη του Συμβούλου της Γενικής Γραμματείας Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων (ΓΓΦΠΥ) σε θέματα εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, βάσει του από 01-07-2022 συμφωνητικού παροχής υπηρεσιών «Υπηρεσίες Συμβούλου Υποστήριξης της Γενικής Γραμματείας Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων στην κατάρτιση της 1^{ης} Αναθεώρησης των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας», μεταξύ της ΓΓΦΠΥ/ΓΔΥ του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας και του νομικού προσώπου με την επωνυμία ΕΜΒΗΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

1.4 Δομή της Παρούσας Έκθεσης

Η παρούσα έκθεση περιλαμβάνει πέντε (5) κεφάλαια:

- το πρώτο (παρόν) κεφάλαιο περιλαμβάνει την εισαγωγή
- το 2ο κεφάλαιο περιλαμβάνει αναφορά στην περιοχή μελέτης και στις λεκάνες απορροής όπου γίνεται υδρολογική ανάλυση. Τα μορφομετρικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των λεκανών που μελετώνται παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5. Επίσης, στο 2ο κεφάλαιο δίνονται τα βροχομετρικά και υδρομετρικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα.
- Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα για την υδρολογική προσομοίωση και την παραγωγή πλημμυρικών υδρογραφημάτων στις ΖΔΥΚΠ που εξετάζονται.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία εκτίμησης του αριθμού καμπύλης απορροής που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των απωλειών στα μοντέλα υδρολογικής προσομοίωσης που κατασκευάστηκαν.

- Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται ανά υδρολογικό σύστημα τα μοντέλα υδρολογικής προσομοίωσης που κατασκευάστηκαν, τα βασικά δεδομένα και τα αποτελέσματα της υδρολογικής προσομοίωσης. Στο τέλος του κεφαλαίου σχολιάζονται οι διαφορές των αποτελεσμάτων σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του 1^{ου} κύκλου

1.5 Διαφοροποιήσεις από τον 1^ο κύκλο εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ

1.5.1 Αντικείμενο Αναθεώρησης 1^{ης} Αναθ. ΣΔΚΠ

Σε εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/21.7.2010, όπως τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 177772/924/2017 (ΦΕΚ 2140/Β'/22.06.2017) και ισχύει, έχει ολοκληρωθεί ο 1^{ος} κύκλος εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, ο οποίος περιλαμβάνει την Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας, τους Χάρτες Επικινδυνότητας και Κινδύνων Πλημμύρας και τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας όλων των Υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας.

Στο πλαίσιο του 2^{ου} κύκλου εφαρμογής της Οδηγίας, έχει ολοκληρωθεί η 1^η Αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας σε επίπεδο χώρας (άρθ. 4, 5 και 14 της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ & άρθ. 4 της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/21.7.2010, όπως ισχύει), έχουν αξιολογηθεί οι σημαντικές ιστορικές πλημμύρες, από πλευράς επιπτώσεων, και έχουν προσδιορισθεί οι αναθεωρημένες Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας.

Με βάση τα ανωτέρω, στο πλαίσιο του 2^{ου} κύκλου της Οδηγίας θα πραγματοποιηθεί η 1^η Αναθεώρηση των Χαρτών Επικινδυνότητας και Κινδύνων Πλημμύρας και των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας όλων των Υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας.

Σύμφωνα με το Παράρτημα Β της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/21.7.2010, στοιχεία της Αναθεώρησης των Σχεδίων Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας αποτελούν:

- οποιεσδήποτε μεταβολές ή επικαιροποιήσεις μετά τη δημοσίευση της προηγούμενης έκδοσης του Σχεδίου Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας καθώς και σύνοψη των επανεξετάσεων που πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις διατάξεις των άρθρων 4 (παρ. 7), 5 (παρ.9) και 6 (παρ.10) της ΚΥΑ
- αξιολόγηση της προόδου που πραγματοποιήθηκε όσον αφορά την επίτευξη των στόχων του άρθρου 6 παράγραφος 4 της ΚΥΑ
- περιγραφή τυχόν μέτρων τα οποία προβλέπονταν στην προηγούμενη έκδοση του Σχεδίου Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας και τα οποία είχαν προγραμματισθεί αλλά δεν εφαρμόστηκαν καθώς και σχετική επεξήγηση.
- περιγραφή τυχόν συμπληρωματικών μέτρων μετά τη δημοσίευση της προηγούμενης έκδοσης του Σχεδίου Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας.

Στο πλαίσιο αυτό οι βασικοί άξονες (και εν γένει σκοπός και αντικείμενο) της υλοποίησης της 1^{ης} Αναθεώρησης των Σχεδίων Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας ανταποκρίνονται στα ακόλουθα:

1. Να περιληφθεί το σύνολο των απαιτήσεων που απορρέουν από τα Κατευθυντήρια Κείμενα που έχουν εκδοθεί από την ΕΕ για το σκοπό αυτό.

1. Να καλυφθούν οι λοιπές συστάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής όπως αποτυπώνονται σε λοιπά κείμενα και έγγραφα (όπως η 1^η Ετήσια Έκθεση Εφαρμογής του Προγράμματος Μέτρων των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, 2022)
2. Να ληφθούν υπόψη τα νεότερα δεδομένα και μεθοδολογίες που έχουν προκύψει από την 1^η αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας και μετά την έγκριση των πρώτων ΣΔΚΠ (και των παρατηρήσεων που ανέκυψαν κατά τη διαβούλευσή τους) συμπληρώνοντας ή/και επικαιροποιώντας τις πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε αυτά (όπως το νέο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους και οι επικαιροποιημένες Όμβριες Καμπύλες σε επίπεδο χώρας) σημειώνοντας την ανάγκη επέκτασης της ανάλυσης στις επικαιροποιημένες ΖΔΥΚΠ και της ενσωμάτωσης των νεότερων προβλέψεων και μεθοδολογικών προσεγγίσεων για την κλιματική αλλαγή.
3. Να αξιοποιηθούν τα νεότερα στοιχεία και δεδομένα των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμού ώστε να επιτευχθεί η σύνδεση των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας με τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών όπως απαιτείται από τις Οδηγίες 2000/60/ΕΚ και 2007/60/ΕΚ.
4. Να επανεξεταστούν και να αξιολογηθούν τα Παραδοτέα των πρώτων ΣΔΚΠ και να επικαιροποιηθούν όπου κριθεί αναγκαίο.

1.5.2 Διαφοροποιήσεις παραδοτέου παραγωγής πλημμυρικών υδρογραφημάτων από τον 1^ο κύκλο εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ

Το παρόν τεύχος επικαιροποιεί, όπου απαιτείται, και συμπληρώνει το παραδοτέο Π04 του 1^{ου} ΣΔΚΠ του ΥΔ EL11, λαμβάνοντας υπόψη :

- ο Την αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας που περιλαμβάνει επικαιροποίηση/επέκταση ΖΔΥΚΠ 1ου κύκλου.
- ο Τις νέες όμβριες καμπύλες που καταρτίστηκαν σε επίπεδο χώρας (ΥΠΕΝ 2023, Παραγωγή χαρτών με τις επικαιροποιημένες παραμέτρους των όμβριων καμπυλών σε επίπεδο χώρας - εφαρμογή της Οδηγίας ΕΕ 2007/60/ΕΚ στην Ελλάδα, ΕΜΠ) ύστερα από συμπλήρωση των χρονοσειρών των υδρομετεωρολογικών δεδομένων με τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα καθώς και τα δεδομένα από νέους σταθμούς, όπου υπήρχαν, που πραγματοποιήθηκε για τα Υδατικά Διαμερίσματα EL 11 και EL12 στο πλαίσιο της παρούσας σύμβασης.
- ο Τις κατευθύνσεις της επίβλεψης για την μεθοδολογική προσέγγιση του αντικειμένου.
- ο Τις νέες τιμές CN σύμφωνα με τη μεθοδολογία που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4.
- ο Τα νέα στοιχεία λειτουργίας και απόκρισης των θυροφραγμάτων και του ταμιευτήρα της Λίμνης Κερκίνης σε συνθήκες πλημμυρικών επεισοδίων.
- ο Τα νέα δεδομένα διασυννοριακών εισροών στην είσοδο του π. Στρυμόνα στην Ελληνική επικράτεια από τη Βουλγαρία.

Σημειώνεται ότι στο κεφάλαιο 5 (και αναλυτικά στο Παράρτημα Π5) σχολιάζονται οι διαφορές των αποτελεσμάτων σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του 1^{ου} κύκλου.

2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2.1 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης καλύπτει τις λεκάνες απορροής του ΥΔ EL11 “Ανατολική Μακεδονία” που τροφοδοτούν τις ΖΔΥΚΠ όπως αυτές καθορίστηκαν στην 1^η Αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας (ΥΠΕΝ, 2019). Οι λεκάνες αυτές προσδιορίστηκαν στο παραδοτέο Π02 της παρούσας σύμβασης (Ανάλυση Χαρακτηριστικών Περιοχής και Μηχανισμών Πλημμύρας, Ιούλιος 2023).

2.1.1 Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας

Στα πλαίσια της [1^{ης} Αναθεώρησης της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας](#) (ΓΓΦΠΥ / ΓΔΥ του ΥΠΕΝ, 2019) ορίστηκαν οι παρακάτω Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας (όπως δείχνονται στον παρακάτω Χάρτη):

1. Χαμηλή ζώνη λεκάνης ρ. Ασπροβάλτας (EL11APSFR001)
2. Χαμηλές ζώνες ρεμάτων παραλίας Ν. Καβάλας από Νέα Πέραμο έως Καβάλα (EL11APSFR002)
3. Χαμηλή ζώνη λεκάνης π. Στρυμόνα και παραλίμνια ζώνης της Κερκίνης, χαμηλή ζώνη λεκάνης π. Αγγίτη, συμπεριλαμβανομένου του κάμπου των Τεναγών Φιλίππων, και ρεμάτων Πηγαδούλι, Πλατανόρεμα και Μαρμαρά (EL11APSFR003)
4. Χαμηλή ζώνη άνω ρου Στρυμόνα αμέσως κατάντη των συνόρων (EL11APSFR004)
5. Χαμηλή ζώνη κλειστής λεκάνης Οχυρού (EL11APSFR005)

Στον Πίνακα που ακολουθεί δίνονται ο κωδικός, η ονομασία και η έκταση των Αναθεωρημένων Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας του Υδατικού Διαμερίσματος EL11, με παρουσίαση των βασικών αλλαγών/διαφοροποιήσεων σε σχέση με την 1η Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας του 2012.

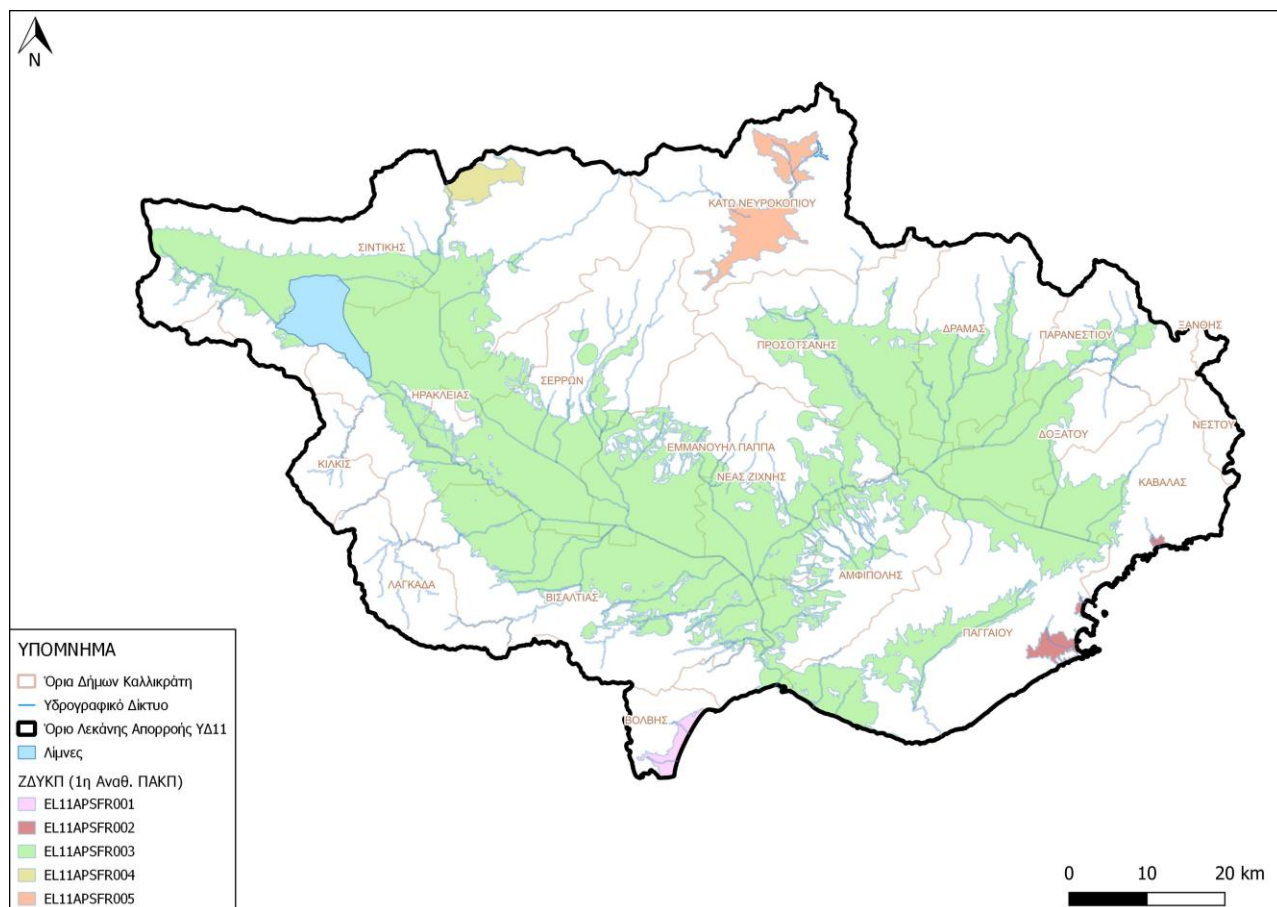
Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται οι ΖΔΥΚΠ που καθορίστηκαν για το ΥΔ 11 «Ανατολική Μακεδονία» στην αναθεώρηση της ΠΑΚΠ.

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Πίνακας 2.1: Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας ΥΔ 11 Ανατολικής Μακεδονίας

α/α	1 ^η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ (2019)				ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ (2012)		
	Κωδικός	Ονομασία	Έκταση (km ²)	Αλλαγές στη 2 ^η Προκαταρκτική	Κωδικός	Ονομασία	Έκταση (km ²)
1	EL11APSFR001	Χαμηλή ζώνη λεκάνης ρ. Απροβάλτας		Διευρύνεται με βάση τα αποτελέσματα του 1 ^{ου} ΣΔΚΠ για πλημμύρες T1000	GR11RAK0001	Χαμηλή ζώνη λεκάνης ρ. Απροβάλτας	18
2	EL11APSFR002	Χαμηλές ζώνες ρεμάτων παραλίας Ν. Καβάλας από Νέα Πέραμο έως Καβάλα		Διευρύνεται με βάση τα αποτελέσματα του 1 ^{ου} ΣΔΚΠ για πλημμύρες T1000, Εντάσσονται χαμηλές ζώνες παραλιακής ζώνης έως την Καβάλα όπου έχουν καταγραφεί ιστορικά συμβάντα. Αλλαγή Ονομασίας	GR11RAK0002	Χαμηλή ζώνη λεκάνης ρ. Ν. Περάμου	16
3	EL11APSFR003	Χαμηλή ζώνη λεκάνης π. Στρυμόνα και παραλίμνια ζώνης της Κερκίνης, χαμηλή ζώνη λεκάνης π. Αγγίτη, συμπεριλαμβανομένου του κάμπου των Τεναγών Φιλύπων, και ρεμάτων Πηγαδούλι, Πλατανόρεμα και Μαρμαρά		Διευρύνεται με βάση τα αποτελέσματα του 1 ^{ου} ΣΔΚΠ για πλημμύρες T1000, Εντάσσονται χαμηλές ζώνες πλησίον της περιοχής όπου έχουν καταγραφεί ιστορικά συμβάντα	GR11RAK0003	Χαμηλή ζώνη λεκάνης π. Στρυμόνα και παραλίμνια ζώνης της Κερκίνης, χαμηλή ζώνη λεκάνης π. Αγγίτη, συμπεριλαμβανομένου του κάμπου των Τεναγών Φιλύπων, και ρεμάτων Πηγαδούλι, Πλατανόρεμα και Μαρμαρά	2.664
4	EL11APSFR004	Χαμηλή ζώνη άνω ρου Στρυμόνα αμέσως κατάντη των συνόρων		Διευρύνεται με βάση τα αποτελέσματα του 1 ^{ου} ΣΔΚΠ για πλημμύρες T1000	GR11RAK0004	Χαμηλή ζώνη άνω ρου Στρυμόνα αμέσως κατάντη των συνόρων	31
5	EL11APSFR005	Χαμηλή ζώνη κλειστής λεκάνης Οχυρού		Διευρύνεται με βάση τα αποτελέσματα του 1 ^{ου} ΣΔΚΠ για πλημμύρες T1000	GR11RAK0005	Χαμηλή ζώνη κλειστής λεκάνης Οχυρού	87
	ΣΥΝΟΛΟ						2.817
	Ποσοστό στο σύνολο του ΥΔ (%)						38,5%



Σχήμα 2-1: Οι πέντε (5) Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας ΖΔΥΚΠ του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας.

Πηγή: [ΓΓΦΠΥ / ΓΔΥ του ΥΠΕΝ, 2019](#)

2.1.2 Υδρογραφικό Δίκτυο – Λεκάνες Απορροής

Με βάση τον διαχωρισμό της ελληνικής επικράτειας σε 14 Υδατικά Διαμερίσματα και 45 λεκάνες απορροής η οποία δημοσιεύθηκε στην υπ. αριθ. 706/16.7.2010 (ΦΕΚ 1383/Β/2010) της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΕΕΥ), το ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας αποτελείται από μία (1) λεκάνη απορροής, αυτή του Στρυμόνα (EL1106). Επίσης διατίθενται Υπολεκάνες Απορροής που αντιστοιχούν κατά κύριο λόγο στον διαχωρισμό επιφανειακών λεκανών απορροής σε συγκεκριμένα υδατορέματα ή/και παραποτάμους αυτών, σε κλειστές (ενδορροϊκές) λεκάνες ή σε συνενώσεις λεκανών απορροής μικρότερων υδατορευμάτων σε παράκτιες περιοχές.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης (αντικείμενο του παραδοτέου Π02 «Ανάλυση Χαρακτηριστικών Περιοχής και Μηχανισμών Πλημμύρας, Ιούλιος 2023» του 1ου Σταδίου της μελέτης) καθορίστηκαν οι υδρολογικές λεκάνες και τα υδατορέματα (χείμαρροι ή ποταμοί) που απορρέουν στις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ).

Ο διαχωρισμός των λεκανών έλαβε υπόψη:

- τους κόμβους σε θέσεις συμβολής του κύριου υδατορέματος/ποταμού με σημαντικούς παραποτάμους
- τους κόμβους εισόδου του υδρογραφικού δικτύου σε περιοχές με εμφάνιση ιστορικών γεγονότων πλημμύρας ή στις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας.
- την παρουσία φραγμάτων και ταμιευτήρων.
- την ομοιομορφία των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών κάθε υπολεκάνης.

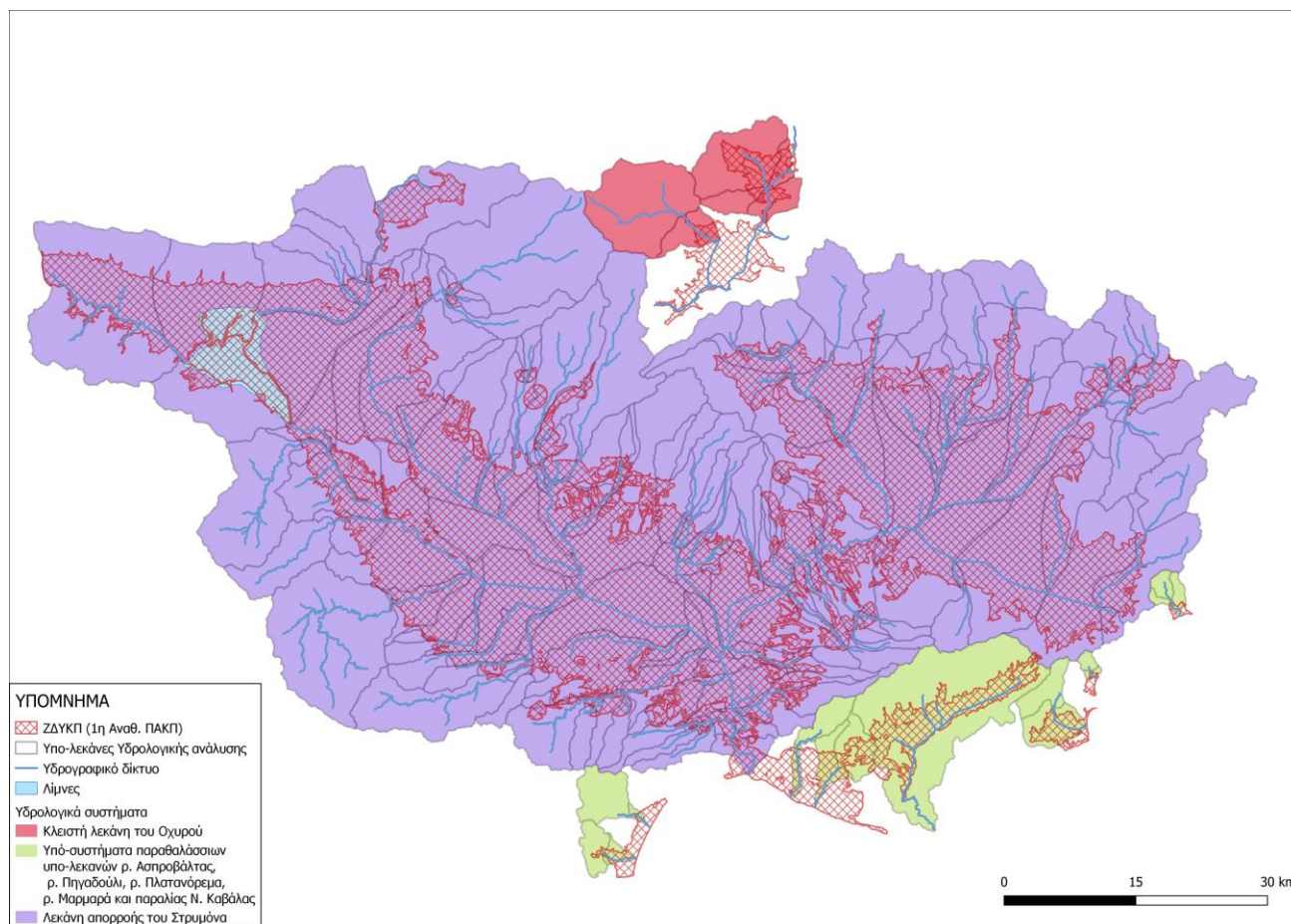
Συγκεκριμένα, τα όρια των λεκανών απορροής έχουν λάβει υπόψη τους υδροκρίτες που είχαν οριστεί στο 1^ο ΣΔΚΠ του ΥΔ EL11 τα οποία είχαν βασιστεί στα στοιχεία του έργου «Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007» καθώς και τα υδάτινα σώματα που καθορίστηκαν με βάση τις επεξεργασίες του ψηφιακού μοντέλου εδάφους που υλοποιήθηκαν για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης (βλ. Παραδοτέο Π02 1^{ου} Σταδίου).

Η διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκανών γίνεται με την υποστήριξη Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ), με τη βοήθεια των οποίων, για κάθε υπολεκάνη, υπολογίζονται τα απαραίτητα γεωμετρικά μεγέθη (έκταση, μήκος κύριου υδατορέματος, μέσο υψόμετρο, υψόμετρο κόμβου εξόδου κ.α), για την τελική εξαγωγή των υδρογραφημάτων.

Για τις ανάγκες της Υδρολογικής Ανάλυσης, στο ΥΔ EL11 διαμορφώνονται τρία (3) συνολικά, υδρολογικά συστήματα, με διαφορετικά χαρακτηριστικά:

1. η λεκάνη απορροής του Στρυμόνα στην οποία εμπεριέχονται η τεχνητή λίμνη Κερκίνη, οι μεγάλοι ποταμοί του ΥΔ11 (ο κλάδος του ελληνικού τμήματος του Στρυμόνα ανάντη και κατάντη της λίμνης και ο παραπόταμός του Αγγίτης), οι δευτερεύοντες ποταμοί (οι π. Μπέλιτσα, Κρουσοβίτης και οι ανάντη παραπόταμοι του Αγγίτη), η στραγγιστική τάφρος των Τεναγών των Φιλίππων καθώς και οι μικρότερες λεκάνες υδατορευμάτων διαλείπουσας ή εφήμερης ροής.
2. Η κλειστή λεκάνη του Οχυρού που αποτελείται από ένα υδρογραφικά απομονωμένο σύστημα χειμάρρων οι οποίοι αποστραγγίζουν την περιοχή σε καταβόθρες διοχετεύοντας το υπόγειο καρστικό σύστημα.
3. Υπό-συστήματα παραθαλάσσιων υπο-λεκανών ρ. Ασπροβάλτας, ρ. Πηγαδούλι, ρ. Πλατανόρεμα, ρ. Μαρμαρά και παραλίας Ν. Καβάλας. Τα υπο-συστήματα αυτά διατρέχονται από μικρού μήκους χειμάρρους και αποτελούν αυτόνομες λεκάνες οι οποίες και εξετάστηκαν ξεχωριστά αλλά για λόγους απλοποίησης της διαχείρισης των αποτελεσμάτων προσομοίωσης ομαδοποιήθηκαν σε κοινό μοντέλο προσομοίωσης.

Τα χαρακτηριστικά και σχηματοποίηση των τριών (3) υδρολογικών συστημάτων του ΥΔ11 αναλύονται στο Κεφάλαιο 5 της παρούσας. Στο παρακάτω χάρτη παρουσιάζεται η κατανομή των συστημάτων αυτών στο ΥΔ11.



Σχήμα 2-2: Κατανομή των Υδρολογικών συστημάτων του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας

2.1.3 Υφιστάμενα έργα ταμείωση νερού

Στο ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας περιλαμβάνονται δύο λίμνες, αμφότερες τεχνητές: η λίμνη Κερκίνη (46,1 km²) και η Τ.Λ. Λευκογείων (1,1 km²). Οι λίμνες χρησιμοποιούνται κυρίως για άρδευση, ωστόσο η λίμνη Κερκίνη έχει εξελιχθεί σε σπουδαίο και διεθνούς εμβέλειας υδροβιότοπο, προστατευόμενο από διεθνείς συμβάσεις.

Στα πλαίσια της Υδρολογικής ανάλυσης έχει περιληφθεί η λίμνη Κερκίνη η οποία και αναλύεται στο Κεφάλαιο 5 της παρούσας.

2.2 Υδρολογικά Δεδομένα

2.2.1 Ομβρίες Καμπύλες

Για τον υπολογισμό των καταιγίδων σχεδιασμού και την παραγωγή του υετογραφήματος που περιγράφει την χρονική εξέλιξη της καταιγίδας, γίνεται χρήση των όμβριων καμπυλών κάθε υπολεκάνης. Για τη μαθηματική περιγραφή των ομβρίων καμπυλών, που εκτιμούν την ένταση βροχής δεδομένης χρονικής κλίμακας (διάρκειας) και περιόδου επαναφοράς T, εφαρμόζεται η παρακάτω σχέση που δίνεται στο έργο «Παραγωγή χαρτών με τις επικαιροποιημένες παραμέτρους των όμβριων

καμπυλών σε επίπεδο χώρας, (εφαρμογή της Οδηγίας (ΕΕ) 2007/60/ΕΚ στην Ελλάδα)» (Κουτσογιάννης κ.ά., 2023¹), που ανατέθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας στο ΕΜΠ. Στο πλαίσιο του έργου αυτού πραγματοποιήθηκε ενοποίηση των παραμέτρων των όμβριων καμπυλών στο σύνολο της Ελληνικής Επικράτειας. Σκοπός ήταν η παραγωγή όμβριων καμπυλών (σχέσεων έντασης-διάρκειας-περιόδων επαναφοράς βροχόπτωσης) ή καμπυλών έντασης – διάρκειας βροχόπτωσης (intensity-duration-frequency curves IDF) για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Για τον σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν τα επικαιροποιημένα βροχομετρικά δεδομένα όλων των Υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας.

$$x = \lambda \frac{(T/\beta)^\xi - 1}{(1 + k/\alpha)^\eta} \quad (2.1)$$

Όπου :

x = ένταση βροχής x σε mm/h

T = Περίοδος επαναφοράς (έτη)

k = χρονική κλίμακα (διάρκεια βροχόπτωσης) σε h

λ = παράμετρος κλίμακας της έντασης βροχής (διαστάσεις LT^{-1}), χαρακτηριστική της στιγμιαίας έντασης ($k=0$) περιόδου επαναφοράς ενός έτους ($T=1$ year)

β = παράμετρος κλίμακας περιόδου επαναφοράς (διάσταση $[T]$) που εκφράζει τη μέση χρονική απόσταση δύο βροχερών περιόδων (π.χ. ημερών)

ξ = Δείκτης ουράς της κατανομής του ύψους ή της έντασης βροχής (αδιάστατος).

α = Παράμετρος χρονικής κλίμακας (διάσταση $[T]$) που εκφράζει το ρυθμό απόκλισης του όρου $A:=1/(1+k/\alpha)^\eta$ από την καθαρή σχέση δύναμης $B:=(\alpha/k)^\eta$.

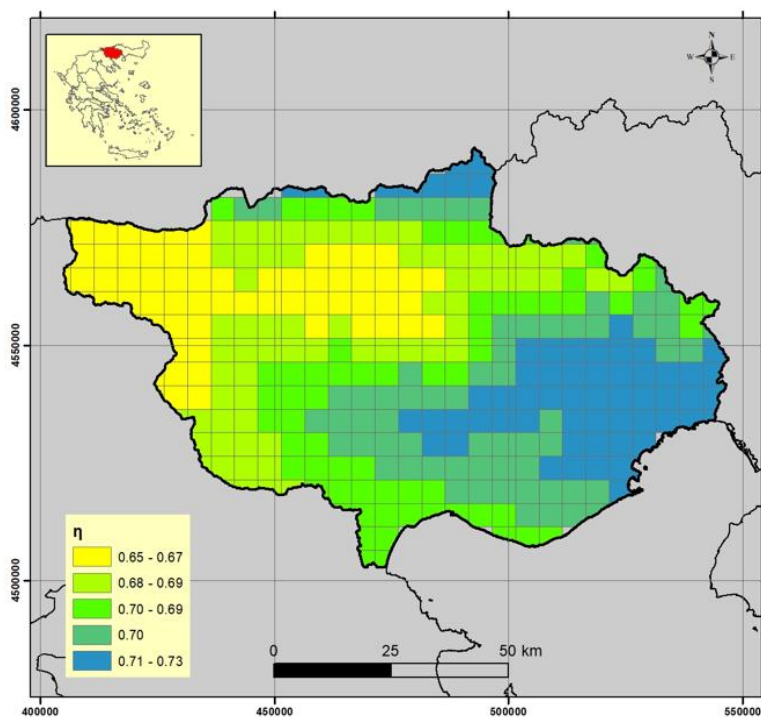
η = παράμετρος εμμονής (αδιάστατη), όπου μεγαλύτερες τιμές δείχνουν μικρότερη εμμονή.

Η παράμετρος χρονικής κλίμακας α λαμβάνει ενιαία τιμή στο σύνολο της χώρας, $\alpha=0.18$ h, όπως και η παράμετρος σχήματος (δείκτης ουράς) $\xi=0.18$. Οι υπόλοιπες τρεις παράμετροι (η παράμετρος κλίμακας έντασης βροχής λ (mm/h), η παράμετρος χρονικής κλίμακας κατανομής β (έτη) και η παράμετρος εμμονής η (αδιάστατη) μεταβάλλονται χωρικά.

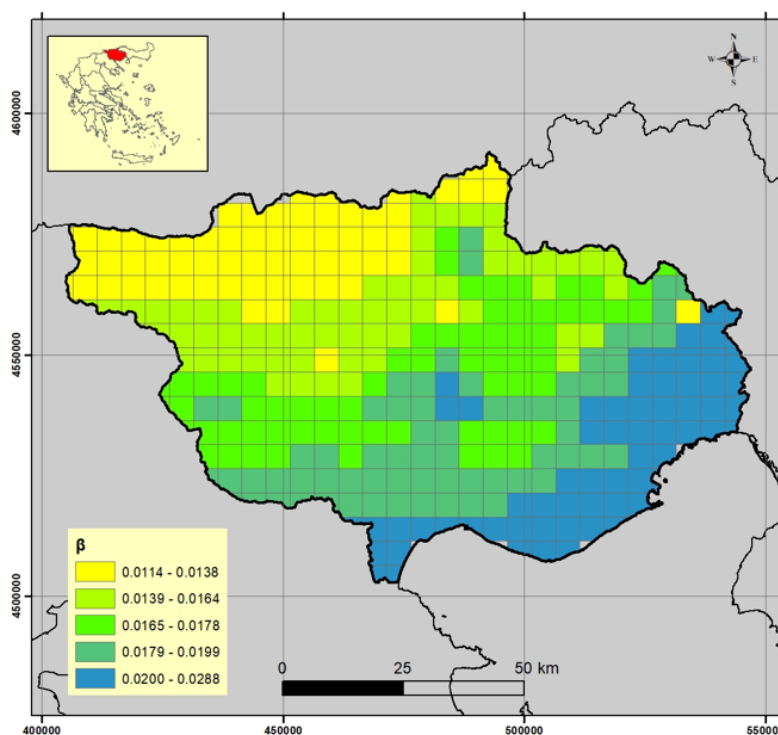
Οι χωρικά μεταβαλλόμενες παράμετροι διατίθενται σε κάρτα 5 km για το σύνολο της χώρας όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα (η , β και λ αντίστοιχα).

¹ Δ. Κουτσογιάννης, Θ. Ηλιοπούλου, Α. Κουκουβίνος, Ν. Μαλάμος, Ν. Μαμάσης, Π. Δημητριάδης, Ν. Τεπετίδης, και Δ. Μαρκαντώνης, Technical Report, Παραγωγή χαρτών με τις επικαιροποιημένες παραμέτρους των όμβριων καμπυλών σε επίπεδο χώρας (εφαρμογή της Οδηγίας ΕΕ 2007/60/ΕΚ στην Ελλάδα), Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2023.

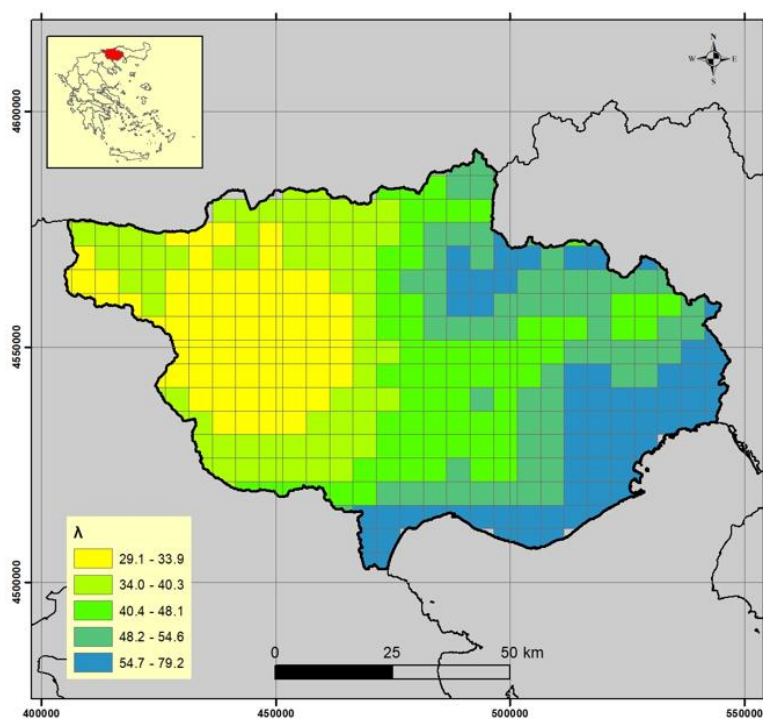
<https://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/2273/>



Σχήμα 2-3: Γεωγραφική κατανομή παραμέτρου η .



Σχήμα 2-4: Γεωγραφική κατανομή παραμέτρου β

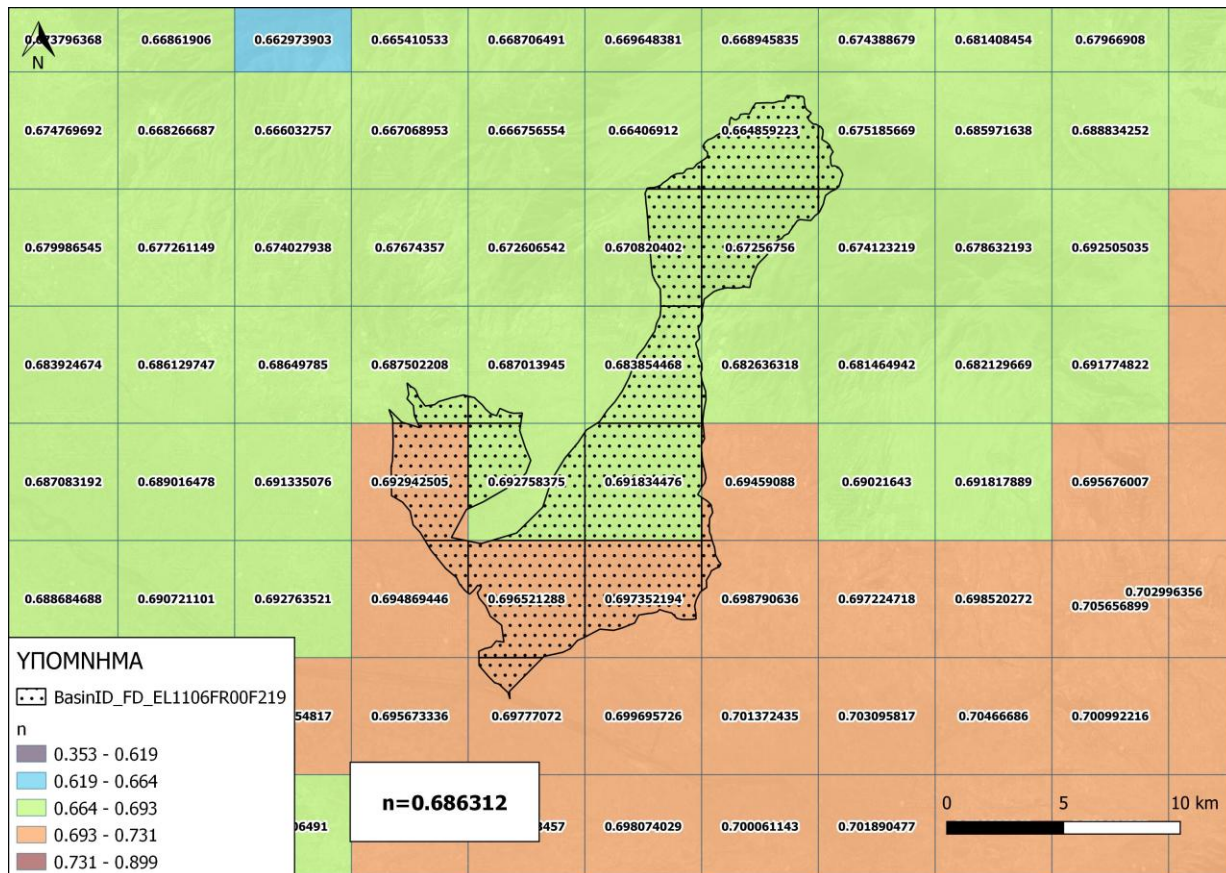


Σχήμα 2-5: Γεωγραφική κατανομή παραμέτρου λ

Στα Σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται ενδεικτικά για την λεκάνη EL1106FR00F219 του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας, η χωρική απεικόνιση της μεταβολής των παραμέτρων η, λ και β.

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

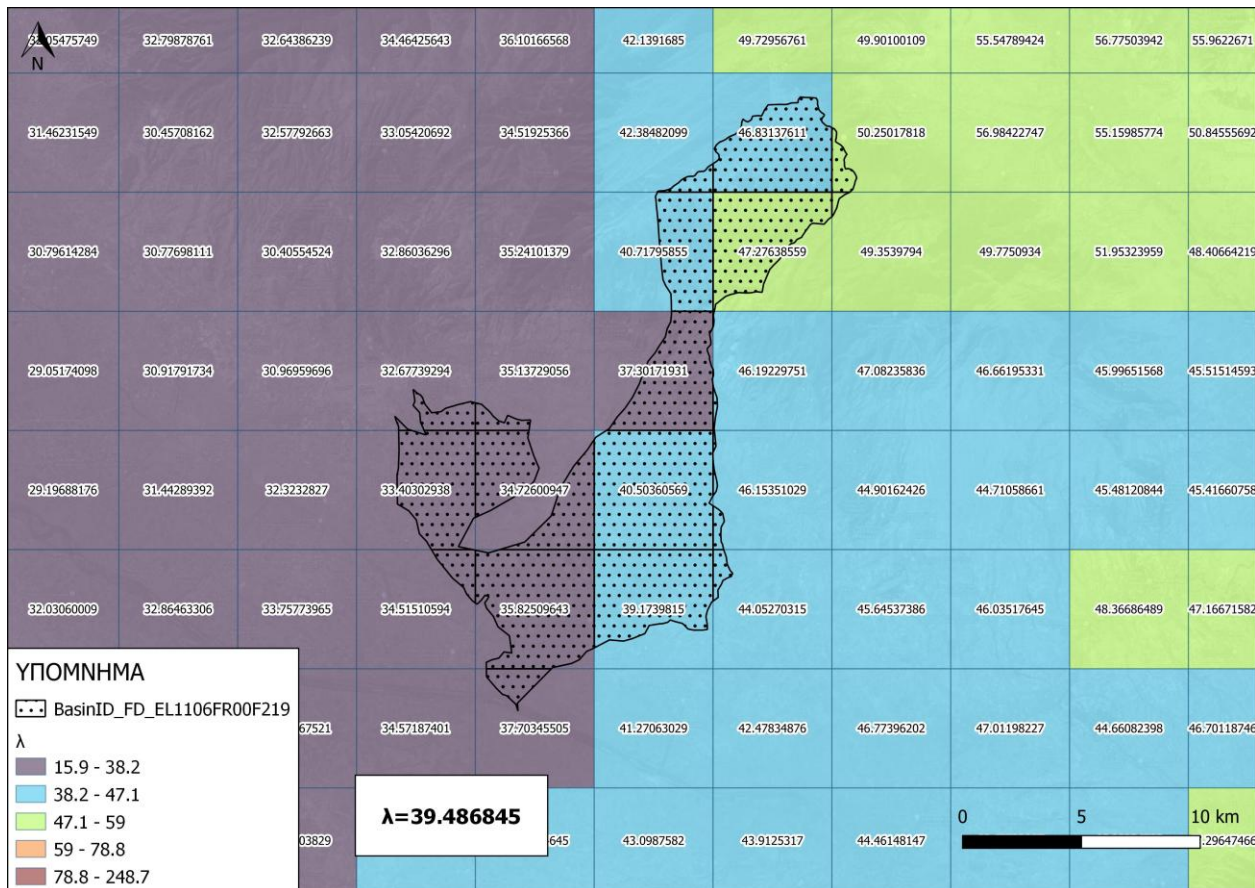
Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ



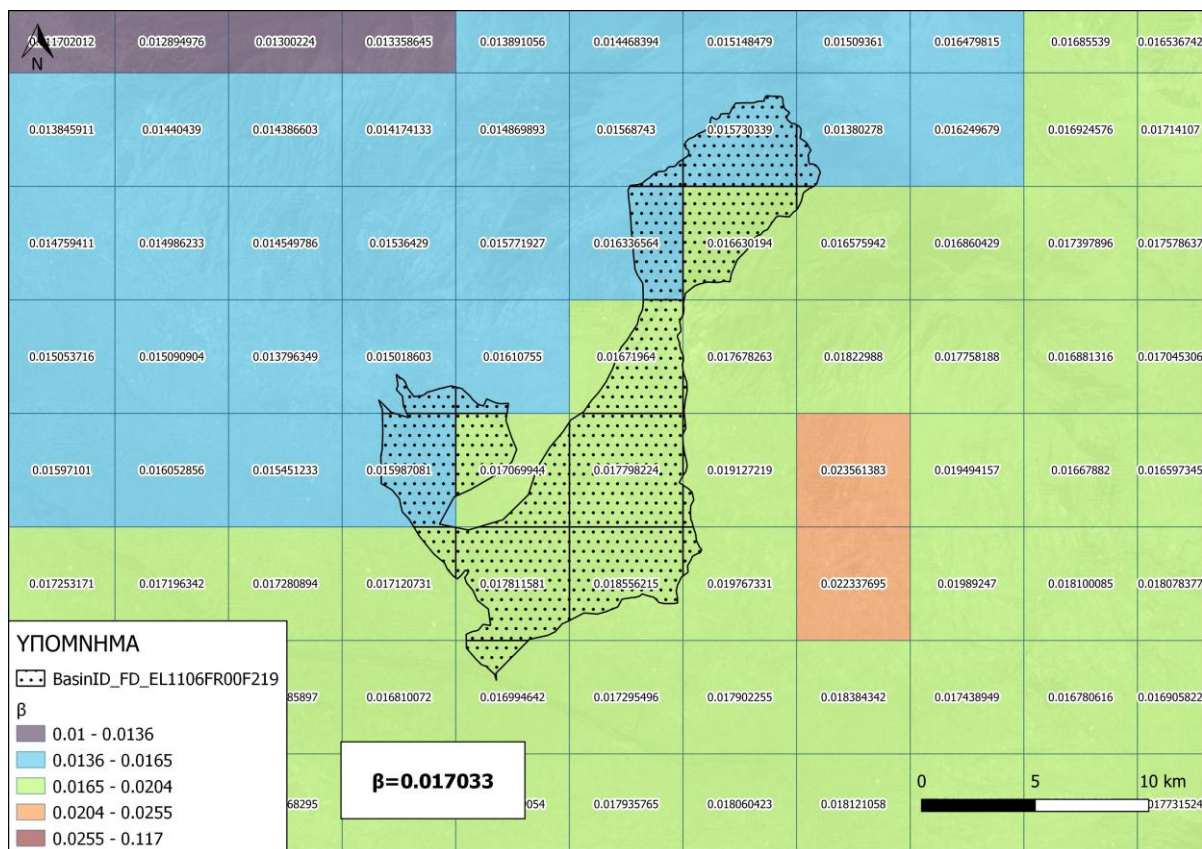
Σχήμα 2-6: Παράδειγμα εκτίμησης τιμής παραμέτρου n της λεκάνης EL1106FR00F219 του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ



Σχήμα 2-7: Παράδειγμα εκτίμησης τιμής παραμέτρου λ της λεκάνης EL1106FR00F219 του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας



Σχήμα 2-8: Παράδειγμα εκτίμησης τιμής παραμέτρου β της λεκάνης EL1106FR00F219 του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας

Σύμφωνα με τη μελέτη «Κουτσογιάννης κ.ά., 2023», για την κατάρτιση της όμβριας καμπύλης σε επίπεδο λεκάνης απορροής, με βάση τις γενικευμένες όμβριες καμπύλες που παραδίδονται σε ψηφιακή μορφή (πολυγωνικό shapefile), ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία, η οποία υλοποιείται σε περιβάλλον Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας:

1. Χρησιμοποιείται το πολύγωνο της λεκάνης απορροής ενδιαφέροντος για να επιλεγούν με χωρική επεξεργασία (clip) τα πολύγωνα του κανάβου που βρίσκονται εντός των ορίων της
2. Εκτιμάται το ποσοστό της έκτασης κάθε πολυγώνου στη λεκάνη απορροής
3. Η τιμή της κάθε παραμέτρου εκτιμάται ως σταθμισμένος μέσος όρος των τιμών των πολυγώνων, με βάρος ίσο με το ποσοστό της έκτασης κάθε πολυγώνου στη λεκάνη (όπως εφαρμόζεται και στη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen).

Στο Παράρτημα Π1 παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων της εξίσωσης της όμβριας καμπύλης για τις λεκάνες του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας που προέκυψαν με εφαρμογή της ανωτέρω διαδικασίας.

2.2.2 Υδρομετρικά Δεδομένα

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, συστήνεται στις περιπτώσεις όπου διατίθενται αξιόπιστοι υδρογραφικοί σταθμοί ανάντη των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμυρών ή μέσα σε αυτές

καθώς και αντίστοιχοι βροχογραφικοί σταθμοί, να επιλεγούν 2-3 μεγάλα πλημμυρογραφήματα με τις αντίστοιχες καταιγίδες τους, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για βαθμονόμηση των παραμέτρων απορροής.

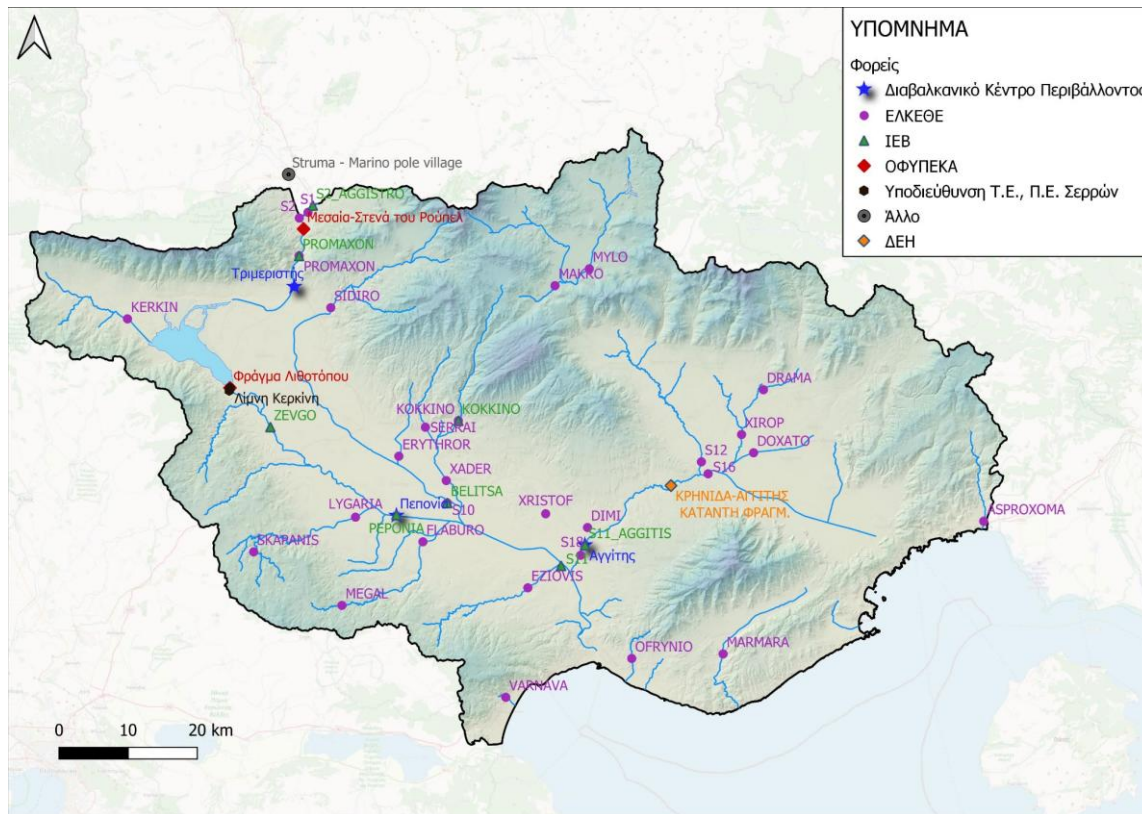
Στο πλαίσιο αναζήτησης πρωτογενούς Υδρομετρικής πληροφορίας έγινε επικοινωνία από την ομάδα μελέτης με κύριους φορείς συλλογής δεδομένων στη χώρα μας όπως στις κεντρικές υπηρεσίες, όπως η ΕΜΥ, η ΔΕΗ, το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ, τέως Υπουργείο Γεωργίας), το ΥΠΕΝ (που διαχειρίζεται τους σταθμούς του δικτύου του τ. ΥΠΕΧΩΔΕ) και οι επιμέρους υπηρεσίες ή διευθύνσεις τους, καθώς αναζητήθηκαν και δεδομένα ποσοτικά που καταγράφονται στα πλαίσια του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης από τον Ελληνικό Γεωργικός Οργανισμός "ΔΗΜΗΤΡΑ" (ΙΕΒ) και το ΕΛΚΕΘΕ.

Επίσης, άλλες υπηρεσίες και διευθύνσεις που τηρούν αρχείο μετρήσεων υδρομετρικών παραμέτρων για την εξυπηρέτηση του δικού τους αντικειμένου στους οποίους απευθύνθηκε ο Μελετητής με σχετικό αίτημα παροχής των διαθέσιμων δεδομένων, είναι: το Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος, η Αναπτυξιακή Εταιρεία Σερρών, η Υποδιεύθυνση Τεχνικών Έργων ΠΕ Σερρών, η Διεύθυνση Αντιπλημμυρικών και Εγγειοβελτιωτικών Έργων (ΔΑΕΕ) του ΥΠΟΜΕΔΙ, ο ΓΟΕΒ Πεδιάδας Σερρών, η εταιρεία ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΥΔΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α.Ε και ο Ο.Φ.Υ.ΠΕ.Κ.Α.- Μονάδα Διαχείρισης Λίμνης Κερκίνης. Επίσης, παρατηρήσεις μετρήσεων στάθμης-παροχής εντοπίστηκαν και σε βιβλιογραφικές αναφορές. (όπως μεταπτυχιακές διατριβές και δημοσιεύσεις).

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης συλλέχθηκαν δεδομένα παροχών και στάθμης για ένα πλήθος σταθμών των παραπάνω φορέων όπως δείχνονται στο παρακάτω σχήμα και στον παρακάτω πίνακα. Τα πρωτογενή αυτά δεδομένα κρίθηκαν μη επαρκή σε συνέχεια, περιοδικότητα και συχνότητα μετρήσεων, διάρκεια και πληρότητα στοιχείων και ως εκ τούτου δεν επεξεργάστηκαν περαιτέρω.

Συνεπώς, θεωρούμε ότι, στην περιοχή μελέτης δεν διατίθενται αξιόπιστα υδρογραφικά στοιχεία ανάντη των Ζωνών Δυσνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμυρών, ή μέσα σε αυτές, προκειμένου να επιλεγούν πλημμυρογραφήματα, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για βαθμονόμηση των παραμέτρων απορροής.

Παρόλα αυτά συνιστάται σε επόμενη μελέτη να επαναξιολογηθούν για ενδεχόμενη αξιοποίηση τα προαναφερόμενα υδρομετρικά δεδομένα σε συνδυασμό με την επεξεργασία που έχουν υποστεί στην υπό εκπόνηση μελέτη «2^{ης} Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας (EL11)» (Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης, 2023).



Σχήμα 2-9: Θέσεις σταθμών όλων των φορέων για τους οποίους διατέθηκε πληροφορία Υδρομετρήσεων [Πηγή: (Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης, 2^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας (EL11) – υπό εκπόνηση)]

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Πίνακας 2.2: Πρωτογενή Υδρομετρικά δεδομένα για τους οποίους διατέθηκε πληροφορία [Πηγή: (Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης, 2^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας (EL11) – υπό εκπόνηση)]

Α/Α	Υπηρεσία / Φορέας	Ονομασία σταθμού	Κωδικός σταθμού	Συντεταγμένες Σταθμού ^[1]		Χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος				Χρονικό βήμα καταγραφής		Πλήθος μετρήσεων	
						Στάθμη		Παροχή		Στάθμη	Παροχή	Στάθμη	Παροχή
				Χ	Υ	Έναρξη	Λήξη	Έναρξη	Λήξη				
1	ΔΕΗ	ΚΡΗΝΙΔΑ-ΑΓΓΙΤΗΣ-ΚΑΤΑΝΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ	400030441	498416.4	4540260	Οκτ-06	Ιουν--11	Οκτ-06	Μαρ-11	15’/20’	ΜΗΝΙΑΙΟ	143705	74
2	ΔΚΠ	Τριμεριστής ^[3]	900999001	443922.7	4569017	Ιαν-13	Μαϊ-17	Ιαν-13	Ιουν-16	ΗΜΕΡΗΣΙΟ	ΗΜΕΡΗΣΙΟ	1565	1070
3	ΔΚΠ	Πεπονία	900999002	458707	4535938	Φεβ-13	Φεβ-17			ΗΜΕΡΗΣΙΟ	-	1460	0
4	ΔΚΠ	Αγγίτης	900999003	485969	4531661	Μαρ-13	Μαϊ-15	Μαρ-13	Μαϊ-15	ΗΜΕΡΗΣΙΟ	ΗΜΕΡΗΣΙΟ	1049	846
5	ΕΛΚΕΘΕ	ASPROXOMA	800999002	543642.6	4535115	Απρ-15	Σεπ-15	Απρ-15	Σεπ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	2	2
6	ΕΛΚΕΘΕ	DIMI	800999003	486345	4534208	Σεπ-15	Σεπ-15	-	-	-		1	0
7	ΕΛΚΕΘΕ	DOXATO	800999004	510366.6	4545010	Μαρ-15	Σεπ-15	Μαρ-15	Σεπ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	2	2
8	ΕΛΚΕΘΕ	DRAMA	800999005	511790.1	4554119	Μαρ-15	Μαρ-15	Μαρ-15	Μαρ-15			1	1
9	ΕΛΚΕΘΕ	ERYTHROR	800999006	459057.8	4544511	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15			1	1
10	ΕΛΚΕΘΕ	EZIOVIS	800999007	477716	4525495	Μαρ-15	Σεπ-15	Μαρ-15	Σεπ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	2	2
11	ΕΛΚΕΘΕ	FLABURO	800999009	462538	4532144	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15			1	1
12	ΕΛΚΕΘΕ	KERKIN	800999010	419813	4564360	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15			1	1
13	ΕΛΚΕΘΕ	KOKKINO	800999011	467664.5	4549639	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15			1	1
14	ΕΛΚΕΘΕ	LYGARIA	800999012	452790.2	4535704	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15		-	1	1
15	ΕΛΚΕΘΕ	MAKRO	800999013	481640.1	4569163	Μαρ-15	Οκτ-15	Μαρ-15	Οκτ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	2	2
16	ΕΛΚΕΘΕ	MARMARA	800999014	505963	4515934	Μαρ-15	Σεπ-15	Μαρ-15	Σεπ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	2	2
17	ΕΛΚΕΘΕ	MEGAL	800999015	450831.4	4522947	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15			1	1
18	ΕΛΚΕΘΕ	MYLO	800999016	486606.1	4571595	Οκτ-15	Οκτ-15	Οκτ-15	Οκτ-15			1	1
19	ΕΛΚΕΘΕ	OFRYNIO	800999017	492744	4515283	Μαρ-15	Σεπ-15	Μαρ-15	Μαρ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	2	1
20	ΕΛΚΕΘΕ	PROMAXON	800999020	444634.5	4573454	Σεπ-12	Αυγ-15	Σεπ-12	Αυγ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	3	4
21	ΕΛΚΕΘΕ	S1	800999021	445919.7	4579755	Ιουλ-14	Αυγ-15	Ιουλ-13	Αυγ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	2	3
22	ΕΛΚΕΘΕ	S10	800999022	466053.8	4537760	Ιουλ-14	Ιουλ-14	Ιουλ-14	Ιουλ-14			1	1

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Α/Α	Υπηρεσία / Φορέας	Ονομασία σταθμού	Κωδικός σταθμού	Συντεταγμένες Σταθμού ^[1]		Χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος				Χρονικό βήμα καταγραφής		Πλήθος μετρήσεων	
						Στάθμη		Παροχή		Στάθμη	Παροχή	Στάθμη	Παροχή
				Χ	Υ	Έναρξη	Λήξη	Έναρξη	Λήξη				
23	ΕΛΚΕΘΕ	S12	800999024	502818.6	4543699	Αυγ-14	Αυγ-15	Αυγ-14	Αυγ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	2	2
24	ΕΛΚΕΘΕ	S16	800999025	503787.2	4541970	Αυγ-15	Αυγ-15	-	-	-	-	1	0
25	ΕΛΚΕΘΕ	S18	800999026	485348	4530196	Αυγ-14	Αυγ-14	Αυγ-14	Αυγ-14			1	1
26	ΕΛΚΕΘΕ	S2	800999027	444658.5	4578934	Σεπ-12	Αυγ-15	Σεπ-12	Αυγ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	3	3
27	ΕΛΚΕΘΕ	SERRAI	800999028	462898	4548701	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15			1	1
28	ΕΛΚΕΘΕ	SIDIRO	800999029	449220	4565978	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15			1	1
29	ΕΛΚΕΘΕ	SKAPANIS	800999030	438060.1	4530690	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15			1	1
30	ΕΛΚΕΘΕ	VARNAVA	800999032	474523	4509665	Μαρ-15	Σεπ-15	Μαρ-15	Σεπ-15	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	2	2
31	ΕΛΚΕΘΕ	XADER	800999033	465918.9	4540994	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15	Σεπ-15			1	1
32	ΕΛΚΕΘΕ	XIROP	800999034	508623.8	4547646	Νοε-15	Νοε-15	Νοε-15	Νοε-15			1	1
33	ΕΛΚΕΘΕ	XRISTOF	800999035	480291	4536192	Οκτ-15	Οκτ-15	Οκτ-15	Οκτ-15			1	1
34	ΙΕΒ	BELITSA	010999001	466053.8	4537760	Ιαν-19	Σεπ-20	Ιαν-19	Σεπ-20	ΜΗΝΙΑΙΟ	ΜΗΝΙΑΙΟ	22	22
35	ΙΕΒ	KOKKINO	010999002	467664.5	4549639	Ιαν-14	Ιουλ-20	Ιουν-13	Ιουλ-20	ΜΗΝΙΑΙΟ	ΜΗΝΙΑΙΟ	48	53
36	ΙΕΒ	PEPONIA	010999003	458712.6	4536032	Σεπ-13	Μαρ-20	Σεπ-13	Μαρ-20	ΜΗΝΙΑΙΟ	ΜΗΝΙΑΙΟ	49	46
37	ΙΕΒ	PROMAXON	010999004	444634.5	4573454	Ιουλ-13	Σεπ-20	Ιουλ-13	Σεπ-20	ΜΗΝΙΑΙΟ	ΜΗΝΙΑΙΟ	61	61
38	ΙΕΒ	S11	010999005	482523.2	4528682	Ιουν-13	Σεπ-20	Ιουν-13	Σεπ-20	ΜΗΝΙΑΙΟ	ΜΗΝΙΑΙΟ	60	60
39	ΙΕΒ	S11_AGGITIS	010999006	485984	4531665	Ιαν-19	Σεπ-20	Ιαν-19	Σεπ-20	ΜΗΝΙΑΙΟ	ΜΗΝΙΑΙΟ	22	22
40	ΙΕΒ	S2_AGGISTRO	010999007	446608	4580748	Ιαν-19	Σεπ-20	Ιαν-19	Σεπ-20	ΜΗΝΙΑΙΟ	ΜΗΝΙΑΙΟ	21	21
41	ΙΕΒ	ZEVGO	010999008	440477	4548724	Δεκ-14	Δεκ-14	Δεκ-14	Δεκ-14			1	0
42	Μεταπτ. Διατριβή ΑΠΘ ^[4]	Λίμνη Κερκίνη	014999001	434633	4554386	Απρ-02	Σεπ-09	-	-	ΗΜΕΡΗΣΙΟ		1265	0
43	ΟΦΥΠΕΚΑ ^[2]	Φράγμα Λιθοτόπου	012999001	434633	4554386	Μαρ-14	Σεπ-20	-	-	Δεκάλεπτο	-	7184	0
44	ΟΦΥΠΕΚΑ	Μεσαία-Στενά του Ρούπελ	012999002	445281.8	4577355	Δεκ-10	Σεπ-20	-	-	Τριαντάλεπτο	-	169838	0

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Α/Α	Υπηρεσία / Φορέας	Ονομασία σταθμού	Κωδικός σταθμού	Συντεταγμένες Σταθμού ^[1]		Χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος				Χρονικό βήμα καταγραφής		Πλήθος μετρήσεων	
						Στάθμη		Παροχή		Στάθμη	Παροχή	Στάθμη	Παροχή
				X	Y	Έναρξη	Λήξη	Έναρξη	Λήξη				
45	ΥΤΕΠΕΣ	Λίμνη Κερκίνη & στοιχεία λειτουργίας θυροφραγμάτων	013999001	434633	4554386	Ιαν-14	Σεπ-20	-	-	ΗΜΕΡΗΣΙΟ	-	2450	0
46	ΥΤΕΠΕΣ	Παροχή ΥΗΣ Κερκίνης	013999002	434525	4553996	-	-	Ιαν-14	Μαρ-20	-	ΗΜΕΡΗΣΙΟ	0	1416
47	Άλλο ¹	Struma - Marino pole village	014999002	443112	4585246	-	-	Ιαν-00	Δεκ-06	-	ΗΜΕΡΗΣΙΟ	-	2202
48	Άγνωστο ²	Λίμνη Κερκίνη	014999003	434633	4554386	Ιαν-01	Δεκ-06	-	-	ΗΜΕΡΗΣΙΟ	-	2189	0

Σημειώσεις:

- [1] Οι αναγραφόμενες συντεταγμένες είναι σύμφωνα με την ΚΥΑ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΠΔΥΠ/107168/1444/19.10.2021 (ΦΕΚ Β' 5384/2021) εκτός όπου η λειτουργία του σταθμού δεν έχει συνεχίσει, οπότε οι συντεταγμένες του είναι διαθέσιμες μόνο από την ΚΥΑ Αριθμ. οικ. 140384/19.08.2011 (ΦΕΚ Β' 2017/2011).
- [2] Αφορά σε σχετική διαφορά στάθμης από σταθμήμετρο Υ1. Η στάθμη αναφοράς προσδιορίστηκε σε τηλεφωνική επικοινωνία σε περίπου +30.50m ωστόσο εκκρεμεί η ακριβής μέτρηση του απόλυτου υψομέτρου στα πλαίσια μελέτης που έχει ανατεθεί.
- [3] Οι συντεταγμένες του σταθμού έχουν ληφθεί προσεγγιστικά από το google earth.
- [4] Διαχείριση Αρδευτικού Νερού σε Δίκτυα της Πεδιάδας Σερρών, Δημήτριος Θ. Χατζηγεωργίου, Θεσσαλονίκη 2019.

¹ Σταθμός επί του π. Στρυμόνα στη Βουλγαρική επικράτεια. Πηγή δεδομένων: Doulgeris, C., I. Halkidis and D. Papadimos, 2008. Use of Modern Technology for the Protection and Management of Water Resources in Strymonas/Struma River Basin. The Goulandris Natural History Museum-Greek Biotope/Wetland Centre, Thermi, Greece, 82 p.

² Doulgeris, C., I. Halkidis and D. Papadimos, 2008. Use of Modern Technology for the Protection and Management of Water Resources in Strymonas/Struma River Basin. The Goulandris Natural History Museum-Greek Biotope/Wetland Centre, Thermi, Greece, 82 p.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

3.1 Σχηματοποίηση Υδρολογικού Συστήματος

Για την κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας (flood hazard maps) στις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμυρών (ΖΔΥΚΠ), όπως προβλέπεται στα άρθρα 5 και 6 της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και το άρθρο 5 της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/21.7.2010, απαιτείται η παραγωγή πλημμυρικών υδρογραφημάτων στις εισόδους των ΖΔΥΚΠ και σε επιλεγμένες ενδιάμεσες θέσεις του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης.

Προκειμένου να παραχθούν πλημμυρικά υδρογραφήματα στις εισόδους των υπό εξέταση ΖΔΥΚΠ, είναι απαραίτητη η υδρολογική προσομοίωση όλη της ανάντη λεκάνης απορροής, καθώς και των ενδιάμεσων (πλευρικών) υπολεκανών, σε μια αντίστοιχη χωρική κλίμακα. Για τον λόγο αυτό, η σχηματοποίηση των υδρολογικών διεργασιών βασίζεται σε μια ημικατανεμημένη (semi-distributed) διακριτοποίηση σε όλη την έκταση της λεκάνης απορροής εντός της οποίας αναπτύσσεται η ΖΔΥΚΠ, όπου εφαρμόζεται η προσέγγιση πλημμυρικού επεισοδίου (event-based).

Στο πλαίσιο αυτό, η λεκάνη απορροής θεωρείται ότι αποτελεί ένα ενιαίο υδρολογικό σύστημα, το οποίο διαχωρίζεται σε υπολεκάνες, που με τη σειρά τους διασυνδέονται μέσω του υδρογραφικού δικτύου. Η διαδικασία της σχηματοποίησης προϋποθέτει την τοποθέτηση των σημείων ελέγχου (κόμβοι) πάνω σε ένα αρχικό δίκτυο, το οποίο οριστικοποιείται με τη διαμόρφωση των κλάδων.

Η διαδρομή μεταξύ δύο κόμβων καλείται κλάδος ή τμήμα υδατορέματος ή απλούστερα υδατόρεμα. Η τοπολογία του δικτύου ορίζεται πλήρως από τον ανάντη και κατάντη κόμβο κάθε υδατορέματος. Ανάντη κάθε κόμβου μπορούν να συμβάλλουν ένας ή περισσότεροι κλάδοι, ενώ κατάντη επιτρέπεται να ξεκινά ένας και μόνο κλάδος. Ακόμη, κάθε κλάδος διασχίζει μία και μόνο υπολεκάνη, η απορροή της οποίας μετασχηματίζεται σε υδρογράφημα εισόδου του κατάντη κόμβου. Με την υπόθεση αυτή, το υδατόρεμα που διασχίζει την υπολεκάνη θεωρείται «κλειστό», καθώς δεν μπορεί να δεχτεί πλευρικές εισροές από την υπολεκάνη. Το τελικό υδρογραφικό δίκτυο, που στη γενική περίπτωση είναι δενδροειδούς τύπου, κατά κανόνα καταλήγει απαραίτητα στον έναν και μοναδικό κόμβο εξόδου της λεκάνης (outlet).

Η τοπολογία του συστήματος ορίζεται πλήρως ως εξής:

- Η συνολική λεκάνη απορροής απορρέει στον έναν και μοναδικό τελικό κόμβο εξόδου.
- Από κάθε κόμβο του υδρογραφικού δικτύου ξεκινά ένα και μόνο υδατόρεμα (με εξαίρεση τον τελικό κόμβο εξόδου).
- Κάθε υδατόρεμα ορίζεται από έναν ανάντη και έναν κατάντη κόμβο.
- Κάθε υπολεκάνη απορρέει σε έναν και μόνο κόμβο.
- Κάθε υπολεκάνη διατρέχεται από ένα και μόνο υδατόρεμα, με εξαίρεση τις πλέον ανάντη υπολεκάνες που δεν διατρέχονται από υδατόρεμα.

Η χωρική κλίμακα της σχηματοποίησης εξαρτάται από την κλίμακα της συνολικής λεκάνης και το επίπεδο λεπτομέρειας που απαιτεί η εκάστοτε μελέτη για την αναπαράσταση των πλημμυρικών ροών.

Η λειτουργία του υδρολογικού συστήματος που διαμορφώνεται περιγράφεται από ένα μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης, το οποίο αναπαριστά την χωρική και χρονική εξέλιξη του πλημμυρικού επεισοδίου. Ειδικότερα, σε κάθε υπολεκάνη εφαρμόζεται η συνδυαστική μέθοδος NRCS-CN και μοναδιαίου υδρογραφήματος (unit hydrograph). Η πρώτη υλοποιεί τον μετασχηματισμό της βροχής που δέχεται η υπολεκάνη σε επιφανειακή απορροή (στην οποία προστίθεται και μια σταθερή βασική ροή), ενώ η δεύτερη υλοποιεί τη διόδευση της ολικής επιφανειακής απορροής που παράγεται ανά υπολεκάνη έως τον αντίστοιχο κόμβο εξόδου. Στη συνέχεια, γίνεται η σύνθεση των παραγόμενων υδρογραφημάτων όλων των υπολεκανών στους κόμβους του υδρογραφικού δικτύου, ενώ, τέλος, με εφαρμογή εννοιολογικών προσεγγίσεων, τα υδρογραφήματα διοδεύονται μέσω των κλάδων του δικτύου μέχρι την έξοδο της λεκάνης.

Η σχηματοποίηση του υδρολογικού συστήματος και η παραγωγή των απαιτούμενων χωρικών δεδομένων εισόδου (γεωμετρικά, γεωμορφολογικά και φυσιογραφικά δεδομένα υπολεκανών και υδρογραφικού δικτύου), γίνεται με την υποστήριξη συστήματος γεωγραφικής πληροφορίας.

3.2 Λογισμικό Υδρολογικής Προσομοίωσης

Για την προσομοίωση χρησιμοποιείται το λογισμικό Hydrologic Modeling System (HEC-HMS, <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>), το οποίο αναπτύχθηκε από το U.S. Army Corp of Engineers. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται η τελευταία έκδοση (4.10). Στην πραγματικότητα, δεν πρόκειται για μεμονωμένο μοντέλο αλλά υπολογιστική πλατφόρμα, η οποία υποστηρίζει εναλλακτικές εκδοχές μοντέλων για τις διάφορες διεργασίες του κύκλου μιας πλημμύρας (κατά κανόνα σε επίπεδο επεισοδίου), συγκεκριμένα:

- μοντέλα εκτίμησης υδρολογικών ελλειμμάτων
- μοντέλα εκτίμησης άμεσης απορροής
- μοντέλα εκτίμησης βασικής απορροής
- μοντέλα διόδευσης πλημμυρών

3.3 Υδρολογικά Σενάρια

Σύμφωνα με τα Τεύχη του Διαγωνισμού, ζητείται η ανάλυση των ακόλουθων σεναρίων :

- πλημμύρες υψηλής πιθανότητας υπέρβασης, που θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς 50 χρόνια,
- πλημμύρες μέσης πιθανότητας υπέρβασης, που θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς 100 χρόνια και
- πλημμύρες χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης, που θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς 1000 χρόνια.

Τα ως άνω σενάρια εξετάστηκαν για τις μέσες συνθήκες και επιπλέον παρήχθησαν και τα αντίστοιχα ευμενή και δυσμενή υδρογραφήματα με αναφορά στις τιμές συντελεστή CN ως ακολούθως:

- ❖ Το μέσο υδρογράφημα παράγεται με βάση την τιμή του CNII (μέσες αρχικές συνθήκες εδαφικής υγρασίας).
- ❖ Το δυσμενές υδρογράφημα παράγεται με βάση την τιμή του CNIII (υγρές συνθήκες).
- ❖ Το ευμενές υδρογράφημα παράγεται με βάση την τιμή του CNI (ξηρές συνθήκες).

3.4 Βροχοπτώσεις Σχεδιασμού

3.4.1 Εκτίμηση Χρονικών Μεγεθών Βροχόπτωσης

Αρχικά καθορίζονται δύο θεμελιώδη χρονικά μεγέθη, που είναι η συνολική διάρκεια, D , και η χρονική διακριτότητα, Δt , της βροχόπτωσης σχεδιασμού (δηλαδή η διάρκεια κάθε τμηματικού ύψους βροχής), που καθορίζει και το χρονικό βήμα υπολογισμών.

Η διάρκεια της βροχόπτωσης σχεδιασμού θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του χρόνου συγκέντρωσης της λεκάνης απορροής, ώστε να εξασφαλίζεται η συμμετοχή ακόμα και των πιο απομακρυσμένων περιοχών της στην παραγωγή της πλημμυρικής απορροής στην έξοδο. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, ο χρόνος συγκέντρωσης εκτιμάται μέσω της εμπειρικής σχέσης του Giandotti:

$$t_c = \text{Error!} \quad (3.1)$$

όπου t_c ο χρόνος συγκέντρωσης (h), A η επιφάνεια της λεκάνης (km^2), L το μήκος της μεγαλύτερης διαδρομής νερού στη λεκάνη (km) και Δz η υψομετρική διαφορά του μέσου υψομέτρου της λεκάνης από το υψόμετρο του κόμβου εξόδου της (m). Τα παραπάνω μεγέθη υπολογίζονται με εφαρμογές χωρικής επεξεργασίας σε περιβάλλον ΣΓΠ.

Με βάση τη διεθνή πρακτική, και με δεδομένο ότι στην κατάρτιση των υετογραφημάτων σχεδιασμού εφαρμόζονται οι μέθοδοι των εναλλασσόμενων μπλοκ και της δυσμενέστερης διάταξης (βλ. κεφάλαιο 3.4.3), η διάρκεια βροχής θα πρέπει να είναι σημαντικό πολλαπλάσιο (αρκετά μεγαλύτερο του διπλάσιου) του χρόνου συγκέντρωσης της λεκάνης. Γενικά, στις μεγάλης κλίμακας λεκάνες της μελέτης εφαρμόζονται διάρκειες βροχής 48 h, ενώ στις μικρότερες εφαρμόζονται βροχές διάρκειας 12 ή 24 h.

Σχετικά με τη χρονική διακριτότητα της βροχόπτωσης, που καθορίζει και το χρονικό βήμα D των υπολογισμών της υδρολογικής προσομοίωσης, η σύγχρονη βιβλιογραφία συνιστά να επιλέγεται ίση με το 1/3 του μικρότερου από τους χρόνους συγκέντρωσης των υπολεκανών, για την υπόψη περίοδο επαναφοράς. Γενικά, το χρονικό βήμα του υετογράμματος προτείνεται να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο των 10min. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το ελάχιστο μέγεθος υπολεκανών είναι γενικά 10 km^2 , στην παρούσα μελέτη επιλέγεται **χρονικό βήμα υπολογισμών $D=20\text{min}$** , για την καλύτερη προσέγγιση της αιχμής του υετογραφήματος.

Τα χρονικά μεγέθη D και Δt είναι κοινά για όλα τα υδρολογικά σενάρια, παρόλο που όσο γίνονται πιο δυσμενείς οι συνθήκες βροχόπτωσης, τόσο μειώνεται ο χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης (βλ. κεφάλαιο 3.5.3).

3.4.2 Εκτίμηση Παραμέτρων Όμβριων Καμπυλών Υπολεκανών

Στα μοντέλα πλημμυρών που εφαρμόζουν προσεγγίσεις τύπου επεισοδίου θεωρείται ότι η πλημμύρα που αντιστοιχεί σε μια δεδομένη περίοδο επαναφοράς παράγεται από επεισόδιο βροχής (καταιγίδα

σχεδιασμού) της ίδιας περιόδου επαναφοράς. Ως συνέπεια της ημικατανεμημένης προσέγγισης που υιοθετείται στη μοντελοποίηση της λεκάνης απορροής, οι καταιγίδες σχεδιασμού διαφοροποιούνται ανά υπολεκάνη.

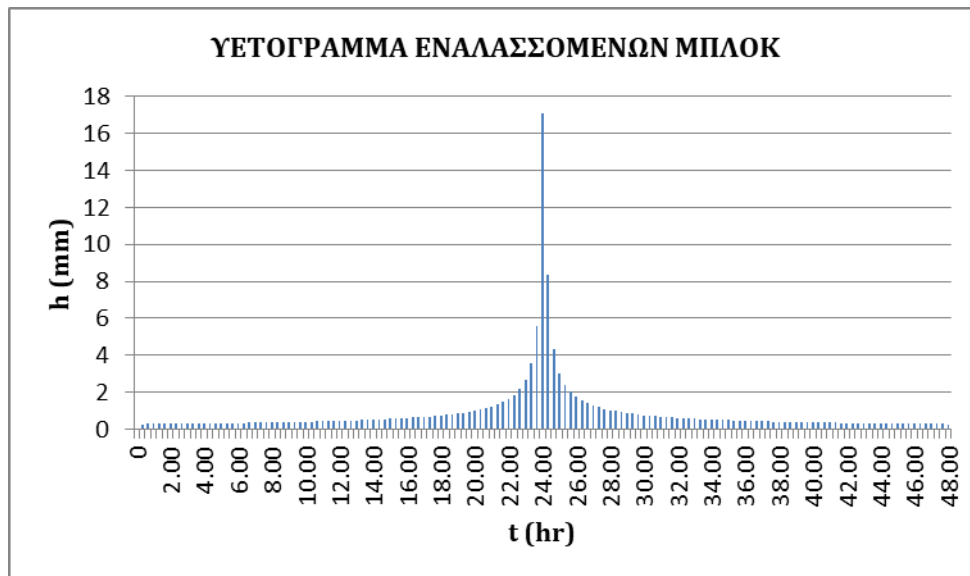
Η παραγωγή του υετογραφήματος που περιγράφει τη χρονική εξέλιξη της καταιγίδας σχεδιασμού, βασίζεται στη χρήση των όμβριων καμπυλών κάθε υπολεκάνης (βλ. κεφάλαιο 2.2.1).

3.4.3 Παραγωγή Υετογραφήματος Σχεδιασμού Υπολεκάνων

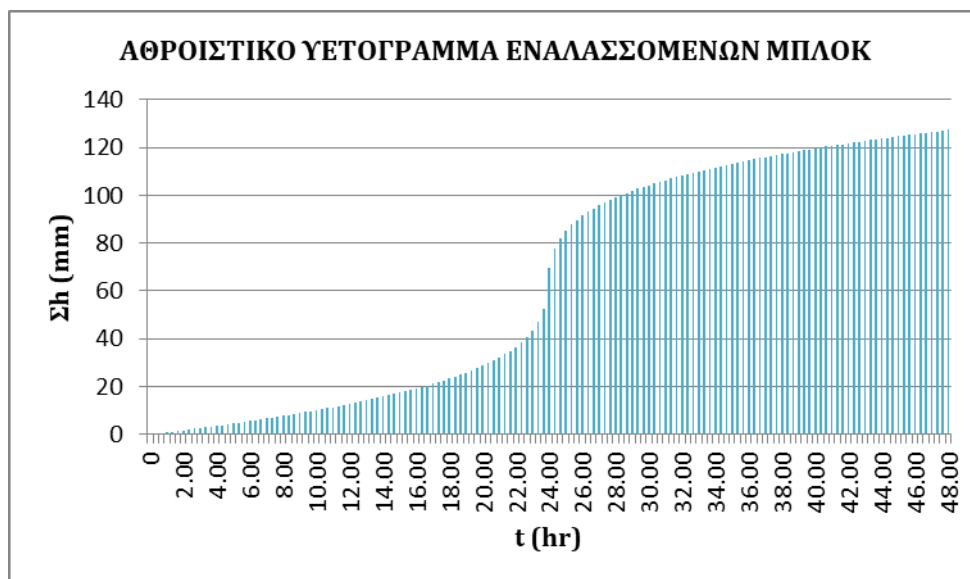
Η βασικότερη παραδοχή στην κατάρτιση της καταιγίδας σχεδιασμού αφορά στη χρονική κατανομή του συνολικού ύψους βροχής. Στην πράξη χρησιμοποιούνται διάφορες απλοποιημένες μέθοδοι, που υποθέτουν μια δεδομένη χρονική κατανομή, με την οποία παράγονται δυσμενή πλημμυρογραφήματα. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της μελέτης, για περιόδους επαναφοράς 50 και 100 ετών εφαρμόζεται η μέθοδος των *εναλλασσόμενων μπλοκ* (alternating block method· Sutcliffe, 1978, σ. 31-35, Chow *et al.*, 1988, σ. 466), ενώ για περιόδους επαναφοράς 1000 ετών εφαρμόζεται η μέθοδος της *δυσμενέστερης διάταξης* του υετογραφήματος σχεδιασμού (ή worst profile· U.S. Department of the Interior, 1977, σ. 817· Koutsoyiannis, 1994). Με τις μεθόδους αυτές προσδιορίζονται τα τμηματικά ύψη βροχής των επιμέρους διαρκειών με βάση την όμβρια καμπύλη της υπολεκάνης, για την υπόψη περίοδο επαναφοράς. Τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται στη συνέχεια με τρόπο ώστε να προκύπτει ένας ρεαλιστικός και ταυτόχρονα αρκετά δυσμενής συνδυασμός, στην περίπτωση της μεθόδου των εναλλασσόμενων μπλοκ, ή ο δυσμενέστερος δυνατός συνδυασμός, δηλαδή αυτός που μεγιστοποιεί την αιχμή της παραγόμενης πλημμύρας, στην περίπτωση της μεθόδου της δυσμενέστερης διάταξης.

Βασική παραδοχή και των δύο μεθόδων είναι ότι, σε κάθε επιμέρους διάρκεια, το προκύπτον ύψος βροχής έχει την ίδια περίοδο επαναφοράς με το τελικό (συνολικό) ύψος βροχής. Έστω ότι για κάποια υπολεκάνη είναι γνωστές οι αντιπροσωπευτικές παράμετροι της όμβριας καμπύλης της υπολεκάνης, η οποία δίνεται από τη σχέση (2.1). Για διάρκεια βροχής D και χρονικό βήμα Δt υπολογίζονται $N = D/\Delta t$ τμηματικές εντάσεις βροχής $i(d, T)$, εφαρμόζοντας τη σχέση (2.1) για N χρονικές κλίμακες, δηλαδή για διάρκειες $\Delta t, 2\Delta t, \dots, D$, και υποθέτοντας την ίδια περίοδο επαναφοράς T για κάθε διάρκεια. Στη συνέχεια, από τις εντάσεις αυτές παράγονται τα αθροιστικά ύψη βροχής, πολλαπλασιάζοντας με τις διαδοχικές διάρκειες, και, τέλος, από τα αθροιστικά ύψη υπολογίζονται τα αντίστοιχα τμηματικά.

Στη **μέθοδο των εναλλασσόμενων μπλοκ**, τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται σε χρονική ακολουθία με το μέγιστο στο μέσο της επιλεγμένης συνολικής διάρκειας βροχής και τα υπόλοιπα σε φθίνουσα σειρά εναλλακτικά αριστερά και δεξιά από το κεντρικό μπλοκ.



Σχήμα 3-1: Υετόγραμμα εναλλασσόμενων μπλοκ

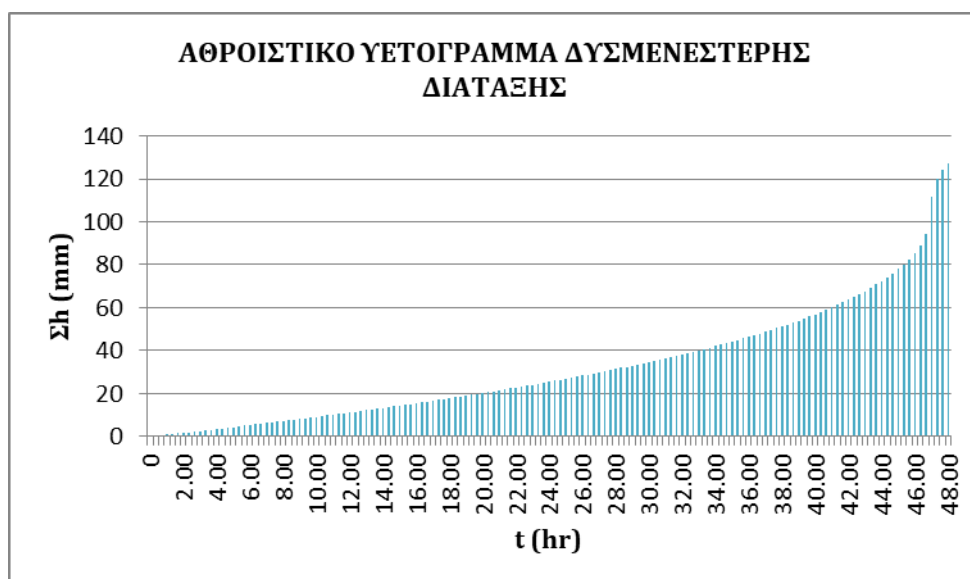


Σχήμα 3-2: Αθροιστικό υετόγραμμα εναλλασσόμενων μπλοκ

Στη **μέθοδο της δυσμενέστερης διάταξης**, που εφαρμόζεται για $T = 1000$ έτη, το υετογράφημα σχεδιασμού προκύπτει με την εξής μεθοδολογία: Τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται σε χρονική αντιστοιχία με τις τεταγμένες του μοναδιαίου υδρογραφήματος σε τρόπο ώστε το μέγιστο ύψος βροχής να είναι απέναντι από τη μέγιστη τεταγμένη του μοναδιαίου υδρογραφήματος, το αμέσως μικρότερο απέναντι από την αμέσως μικρότερη τεταγμένη, κ.ο.κ. Η διάταξη αυτή στη συνέχεια αντιστρέφεται και έτσι προκύπτει το τελικό υετογράφημα. Αποδεικνύεται θεωρητικά ότι η τεχνική αυτή πράγματι δίνει τη μέγιστη παροχή αιχμής, όταν συνδυαστεί με το μοναδιαίο υδρογράφημα της λεκάνης.



Σχήμα 3-3: Υετόγραμμα δυσμενέστερης διάταξης



Σχήμα 3-4: Αθροιστικό υετόγραμμα δυσμενέστερης διάταξης

3.4.4 Επιφανειακή Αναγωγή Σημειακών Εντάσεων Βροχής

Επειδή οι παράμετροι των όμβριων καμπυλών έχουν προκύψει με βάση στατιστικές αναλύσεις σημειακών δειγμάτων βροχής (συγκεκριμένα, δείγματα μέγιστων βροχοπτώσεων από βροχόμετρα και βροχογράφους), θεωρείται ότι οι όμβριες καμπύλες των υπολεκανών αναφέρονται στη σημειακή κλίμακα. Ωστόσο, όταν η χωρική κλίμακα του επεισοδίου βροχής είναι σχετικά μεγάλη, η σημειακή ένταση βροχής, χ , είναι αισθητά μεγαλύτερη από τη μέση επιφανειακή ένταση, χ_m . Συνεπώς, απαιτείται αναγωγή (απομείωση) των σημειακών εντάσεων (ή υψών βροχής) σε επιφανειακές μέσες εντάσεις (ή ύψη βροχής) της λεκάνης απορροής.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, η απομείωση υπολογίζεται με εφαρμογή του λεγόμενου *συντελεστή επιφανειακής αναγωγής* (areal reduction factor) $\varphi := \chi_m/\chi$. Ο συντελεστής αυτός, που είναι εξ ορισμού μικρότερος της μονάδας, είναι φθίνουσα συνάρτηση της έκτασης της λεκάνης και αύξουσα συνάρτηση της διάρκειας βροχής. Ακόμη, εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από την περίοδο επαναφοράς και φαίνεται ότι η αύξηση της περιόδου επαναφοράς οδηγεί σε ασθενή μείωση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής· ωστόσο δεν υπάρχουν ακόμη κατηγορηματικά συμπεράσματα για αυτή την εξάρτηση, η οποία δεν έχει διερευνηθεί σε αντίστοιχο βαθμό με αυτές που αναφέρονται στη διάρκεια και την έκταση.

Στη μελέτη εφαρμόζεται η αναλυτική έκφραση των Κουτσογιάννη και Ξανθόπουλου (1999):

$$\varphi = \max \text{Error!} \quad (3.2)$$

όπου φ ο αδιάστατος συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, A η έκταση της λεκάνης σε km^2 και d η διάρκεια βροχής σε h . Η παραπάνω σχέση έχει προκύψει με βάση πινακοποιημένα αποτελέσματα του UK-NERC (1975), τα οποία είναι και τα πληρέστερα παγκοσμίως τόσο ως προς το εύρος μεταβολής της διάρκειας (από 1 min ως 25 ημέρες) όσο και της έκτασης (από 1 ως 30 000 km^2).

Η διαδικασία επιφανειακής αναγωγής, με εφαρμογή του συντελεστή φ , γίνεται κατά τον υπολογισμό των τμηματικών εντάσεων βροχής $\chi(k, T)$, θεωρώντας την έκταση της συνολικής λεκάνης, A (και όχι τις επιμέρους εκτάσεις των υπολεκάνων). Η διαδικασία αυτή οδηγεί βεβαίως σε σημαντικές μειώσεις των παραγόμενων υψών βροχής, που ωστόσο αντισταθμίζονται από τις μεγάλες διάρκειες των επεισοδίων σχεδιασμού. Επισημαίνεται ότι η χρονική κατανομή των τμηματικών υψών βροχής για την παραγωγή του υετογραφήματος σχεδιασμού της υπολεκάνης, είτε με τη μέθοδο των εναλλασσόμενων μπλοκ είτε με αυτή της δυσμενέστερης διάταξης, γίνεται μετά την εφαρμογή του συντελεστή $\varphi(k, A)$ στα τμηματικά ύψη.

Σημειώνεται ότι στην παρούσα μελέτη για τη λεκάνη του Στρυμόνα δεν υιοθετήθηκε η συνολική έκταση A της Λεκάνης αλλά χωρίστηκε σε αντιπροσωπευτικές περιοχές από ανάντη προς κατάντη για την ακριβέστερη εκτίμηση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής. Η ομαδοποίηση αυτή αναλύεται στο Κεφάλαιο 5.

3.5 Πλημμυρογραφήματα Σχεδιασμού

3.5.1 Εκτίμηση Υδρολογικών Ελλειμμάτων με τη Μέθοδο SCS-CN

Ο μετασχηματισμός της βροχόπτωσης σχεδιασμού σε πλημμυρική απορροή γίνεται με αφαίρεση των υδρολογικών ελλειμμάτων, δηλαδή του τμήματος της βροχής που αρχικά κατακρατείται στο έδαφος και τη βλάστηση και, στη συνέχεια, είτε εξατμίζεται είτε διηθείται. Γνωρίζοντας τη χρονική εξέλιξη του επεισοδίου βροχής (π.χ., μέσω του υετογραφήματος σχεδιασμού) και τα συνολικά ελλείμματα, μπορεί να προσδιοριστεί το τμήμα της ολικής βροχόπτωσης που μετατρέπεται σε απορροή, που είναι γνωστό ως *ενεργός βροχόπτωση* (effective rainfall) ή *πλεόνασμα βροχόπτωσης* (rainfall excess).

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, για δεδομένο υετογράφημα σχεδιασμού, η ενεργός βροχόπτωση εκτιμάται με τη μέθοδο SCS-CN, η οποία αναπτύχθηκε από την Soil Conservation Service (1972, αναφέρεται πλέον ως Natural Resources Conservation Service, NRCS) και είναι από τις πλέον διαδεδομένες παγκοσμίως. Η μέθοδος περιγράφει τη χρονική εξέλιξη των ελλειμμάτων, εφαρμόζοντας

μια απλή αλλά ρεαλιστική εννοιολογική διαδικασία, που βασίζεται στις ακόλουθες παραδοχές (U.S. Department of the Interior, 1977· βλ. και Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999, σ. 274-278):

Για ένα αρχικό διάστημα t_{a0} , όλη η ποσότητα της βροχόπτωσης h_{a0} μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε έλλειμμα (αρχικό έλλειμμα), χωρίς να δίνει καθόλου ενεργή βροχόπτωση. Κατά συνέπεια, μετά το χρόνο t_{a0} , το μέγιστο ενεργό ύψος βροχής h_e δεν μπορεί να υπερβεί το δυνητικό μέγεθος $h - h_{a0}$, όπου h το ολικό ύψος βροχής.

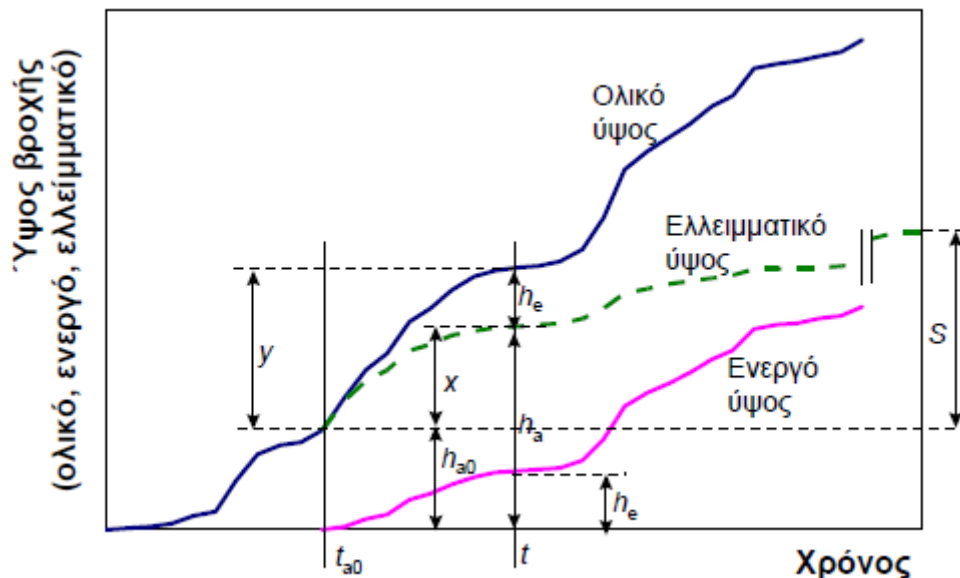
Το επιπλέον, πέραν του αρχικού h_{a0} , ελλειμματικό ύψος κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης βροχόπτωσης δεν μπορεί να ξεπεράσει μια μέγιστη τιμή S , η οποία καλείται μέγιστη δυνητική κατακράτηση (potential maximum retention).

Σε κάθε χρονική στιγμή $t > t_{a0}$, οι λόγοι του ενεργού (καθαρού) ύψους βροχής h_e και του ελλειμματικού μείον το αρχικό έλλειμμα ($h_a - h_{a0}$), προς τα αντίστοιχα δυνητικά μεγέθη ($h_a - h_{a0}$ και S , αντίστοιχα), είναι ίσοι.

Βάσει των παραπάνω παραδοχών, προκύπτει η ακόλουθη εμπειρική σχέση:

$$h_e = \text{Error!} \quad (3.3)$$

Η σχέση (3.3) μπορεί να εφαρμοστεί όχι μόνο για το τελικό ύψος βροχής της καταιγίδας αλλά και για ενδιάμεσες τιμές του, οπότε προκύπτει η χρονική εξέλιξη του φαινομένου.



Σχήμα 3-5: Σκαρίφημα για τη μέθοδο εκτίμησης ελλειμμάτων σύμφωνα με τη μέθοδο SCS-CN (Πηγή: Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999)

Στη βιβλιογραφία συστήνεται η επιπλέον παραδοχή ότι το αρχικό έλλειμμα h_{a0} αντιστοιχεί στο 20% της μέγιστης δυνητικής κατακράτησης, S . Το ποσοστό αυτό έχει προκύψει ως μέσος όρος του 50% των παρατηρήσεων πεδίου, κυρίως από μετρήσεις διήθησης σε μικρές αγροτικές λεκάνες στις ΗΠΑ,

ενώ το πλήρες εύρος των παρατηρημένων ποσοστών απωλειών κυμαίνεται από 9.5 ως 38% (Ponce and Hawkins, 1996). Στη μελέτη εφαρμόζεται, βάσει των προδιαγραφών, το τυπικό ποσοστό της βιβλιογραφίας, δηλαδή 20%.

Με την υπόθεση ότι $h_{a0} = 0.2 S$, η σχέση (3.3) διατυπώνεται αποκλειστικά συναρτήσει της μέγιστης δυνατικής κατακράτησης S , δηλαδή:

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq 0.2 S \\ \frac{(h - 0.2 S)^2}{h + 0.8 S} & h > 0.2 S \end{cases} \quad (3.4)$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι το τελικό ύψος των υδρολογικών ελλειμμάτων μπορεί να φτάσει ασυμπτωτικά (για βροχόπτωση πολύ μεγάλου ύψους) την τιμή $1.2 S$.

Σύμφωνα με την τυπική πρακτική της βιβλιογραφίας, η τιμή της παραμέτρου S εκτιμάται εμπειρικά, συναρτήσει του αριθμού καμπύλης απορροής (runoff curve number, CN) της λεκάνης, σύμφωνα με τη σχέση:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (3.5)$$

Η παράμετρος CN, που συμπυκνώνει τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης σε μία τιμή, εξαρτάται από τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά και τις χρήσεις γης, και τις προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας στη λεκάνη. Η παράμετρος παίρνει τιμές από 0 μέχρι 100 και εκτιμάται, όπως προβλέπουν οι προδιαγραφές του έργου, μέσω της κλασσικής διαδικασίας που προτείνεται από την Soil Conservation Service (1972).

Αρχικά, η SCS κατατάσσει τα εδάφη σε τέσσερις ομάδες, ανάλογα με τη διαπερατότητά τους:

- Ομάδα Α:** Εδάφη με μεγάλους ρυθμούς διήθησης, π.χ. αμμώδη και χαλκώδη με πολύ μικρό ποσοστό ιλύος και αργίλου.
- Ομάδα Β:** Εδάφη με μέσους ρυθμούς διήθησης, π.χ. αμμώδης πηλός.
- Ομάδα C:** Εδάφη με μικρούς ρυθμούς διήθησης, π.χ. εδάφη από αργιλοπηλό, εδάφη με σημαντικό ποσοστό αργίλου, εδάφη φτωχά σε οργανικό υλικό.
- Ομάδα D:** Εδάφη με πολύ μικρούς ρυθμούς διήθησης, π.χ. εδάφη που διογκώνονται σημαντικά όταν διαβραχούν, πλαστικές άργιλοι, εδάφη μικρού βάθους με σχεδόν αδιαπέρατους ορίζοντες κοντά στην επιφάνεια.

Στη συνέχεια, ορίζει τρεις τύπους προηγούμενων συνθηκών υγρασίας:

- Τύπος Ι:** Ξηρές συνθήκες (εδάφη ξηρά, αλλά πάνω από το σημείο μαρασμού), που αντιστοιχούν στην περίπτωση που η βροχόπτωση των προηγούμενων πέντε ημερών είναι μικρότερη από 13 mm (ή μικρότερη των 35 mm, για φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).
- Τύπος ΙΙ:** Μέσες συνθήκες, που αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων πέντε ημερών μεταξύ 13 και 38 mm (ή μεταξύ 35 και 53 mm, για φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

Τύπος ΙΙΙ: Υγρές συνθήκες (εδάφη σχεδόν κορεσμένα), που αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων πέντε ημερών μεγαλύτερη των 38 mm (ή μεγαλύτερη των 53 mm, για φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

Οι παραπάνω τιμές έχουν προκύψει από μεγάλο αριθμό παρατηρημένων πλημμυρικών επεισοδίων σε μικρές αγροτικές λεκάνες στις ΗΠΑ, και θεωρείται ότι έχουν πιθανότητα υπέρβασης 10, 50 και 90% (για υγρές, μέσες και ξηρές συνθήκες, αντίστοιχα).

Με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφεται στο κεφάλαιο 4 παρήχθησαν οι χάρτες κατανεμημένων τιμών της παραμέτρου CN_{II} της περιοχής μελέτης. Για τις άλλες συνθήκες προηγούμενης υγρασίας εδάφους, που αντιστοιχούν σε ξηρές και υγρές αρχικές συνθήκες, εφαρμόζονται οι ακόλουθες σχέσεις αναγωγής:

$$CN_I = \frac{4.2 CN_{II}}{10 - 0.058 CN_{II}} \quad (3.6)$$

$$CN_{III} = \frac{23 CN_{II}}{10 + 0.13 CN_{II}} \quad (3.6)$$

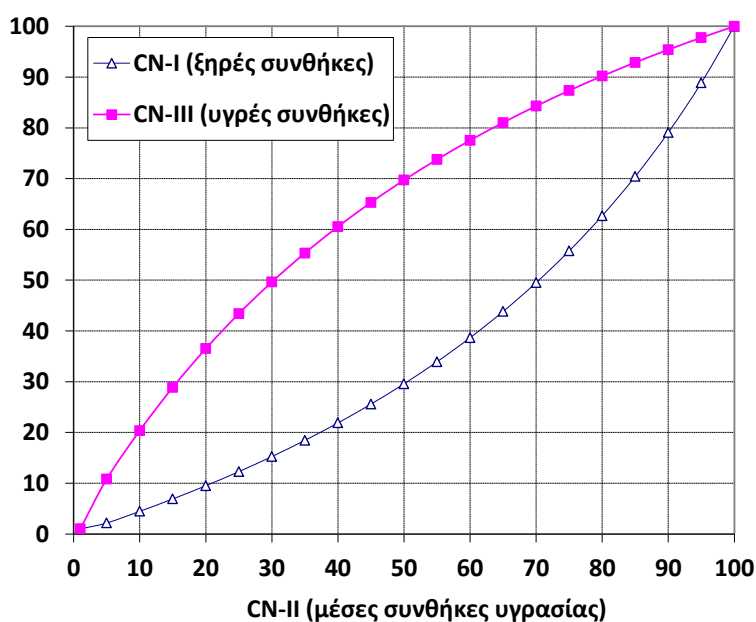
Η σχέση (3.5) εφαρμόζεται για την εκτίμηση των τιμών της παραμέτρου S για τα υπόψη σενάρια. Η υπολογιστική διαδικασία εκτίμησης των υδρολογικών ελλειμμάτων και διαχωρισμού της ενεργού από την ολική βροχόπτωση γίνεται στο περιβάλλον του HEC-HMS.

Η εφαρμογή της μεθόδου SCS-CN γίνεται σε κλίμακα υπολεκάνης, θεωρώντας το υετογράφημα σχεδιασμού για την αντίστοιχη περίοδο επαναφοράς και υδρολογική συνθήκη. Θεωρώντας $h_{a0} = 0.20S$, μοναδικό δεδομένο εισόδου είναι ο αριθμός CN της υπολεκάνης. Η παράμετρος CN εκτιμάται ως η μέση τιμή των κατανεμημένων CN, που θεωρείται αντιπροσωπευτική των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών της υπολεκάνης. Σημειώνεται ότι με την κατάτμηση της συνολικής λεκάνης απορροής σε σχετικά μικρού μεγέθους υπολεκάνες, επιτυγχάνεται ικανοποιητική ομοιογένεια των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών τους, με την οποία εξασφαλίζεται η αντιπροσωπευτικότητα της μέσης τιμής του CN.

Σημειώνεται ότι το εύρος τιμών της παραμέτρου CN, μεταξύ των ακραίων συνθηκών τύπου I και ΙΙΙ, είναι πολύ μεγάλο, και μάλιστα μεγιστοποιείται στην τιμή $CN_{II} = 50$, για την οποία προκύπτει $CN_{II} = 30$ και $CN_{III} = 70$. Το εύρος μεταβολής του αριθμού CN ανάλογα με τις συνθήκες υγρασίας απεικονίζεται στο διάγραμμα του παρακάτω σχήματος (Σχήμα 3.6). Η ισχυρή εξάρτηση του CN από τις συνθήκες υγρασίας έχει ακόμα πιο έντονη επίδραση στη μεταβλητότητα της χωρητικότητας κατακράτησης, S . Στην πλέον ακραία περίπτωση, δηλαδή για $CN_{II} = 50$, η τιμή της παραμέτρου S που αντιστοιχεί σε μέσες συνθήκες υγρασίας είναι 254 mm, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για ξηρές και υγρές συνθήκες είναι 110 και 605 mm. Συνεπώς, προκύπτει ένα εξαιρετικά μεγάλο εύρος τιμών της μέγιστης δυνατικής κατακράτησης, που οδηγεί σε σημαντικές διαφορές στις εκτιμήσεις των πλημμυρικών μεγεθών, παρόλο που θεωρείται η ίδια περίοδος επαναφοράς της βροχόπτωσης σχεδιασμού.

Θα πρέπει ακόμη να επισημανθεί ότι πρόσφατες πιθανοτικές αναλύσεις των καταστάσεων εδαφικής υγρασίας στην Ελλάδα καταδεικνύουν ότι οι υποθέσεις της SCS, ότι δηλαδή οι ξηρές συνθήκες έχουν

90%, οι μέσες συνθήκες έχουν 50%, και οι υγρές συνθήκες έχουν 10% πιθανότητα υπέρβασης, σε καμία περίπτωση δεν είναι αντιπροσωπευτικές του υδροκλιματικού καθεστώτος της χώρας. Μάλιστα, από τις αναλύσεις προέκυψε ότι στην Ανατολική Ελλάδα η συχνότητα εμφάνισης ξηρών συνθηκών είναι σημαντικά υψηλότερη, ενώ αντίθετα στη Δυτική Ελλάδα είναι πολύ υψηλότερη η συχνότητα εμφάνισης υγρών συνθηκών (Ευστρατιάδης κ.ά., 2014).



Σχήμα 3-6: Εύρος μεταβολής παραμέτρου CN για ξηρές και υγρές συνθήκες, συναρτήσει την παραμέτρου που αναφέρεται σε μέσες συνθήκες (πηγή: Παραδοτέο Π04 1^{ου} ΣΔΚΠ ΥΔ EL04 (Δεκέμβριος 2018))

3.5.2 Μετασχηματισμός Επιφανειακής Απορροής σε Πλημμυρογράφημα

Η ενεργός βροχόπτωση που εκτιμάται με τη μέθοδο SCS-CN αντιπροσωπεύει την χωρικά ομοιόμορφη επιφανειακή απορροή που παράγεται σε όλη την έκταση της υπολεκάνης. Η απορροή αυτή διοδεύεται μέσω του υδρογραφικού δικτύου καθώς και μέσω άλλων διαδρομών (π.χ. υπεδάφια, ως υποδερμική ροή) έως τον κόμβο εξόδου της. Ο χωροχρονικός μετασχηματισμός της απορροής σε πλημμυρική παροχή στην έξοδο της λεκάνης γίνεται με εφαρμογή της θεωρίας του μοναδιαίου υδρογραφήματος.

Ως γνωστό, αν είναι γνωστή η χρονική εξέλιξη της ενεργού βροχόπτωσης h_t σε διακριτό χρόνο, και το μοναδιαίο υδρογράφημα (ΜΥ) της λεκάνης για διάρκεια ίση με την χρονική διακριτότητα της ενεργού βροχόπτωσης Δt , τότε ο υπολογισμός του πλημμυρογραφήματος εξόδου γίνεται με εφαρμογή της αρχής της επαλληλίας. Ειδικότερα, από κάθε επιμέρους τμήμα της ενεργού βροχόπτωσης στο χρονικό διάστημα $[t, t + \Delta t]$ παράγεται το επιμέρους πλημμυρογράφημα, πολλαπλασιάζοντας το ύψος βροχής h_t με τις τεταγμένες του ΜΥ. Αν D είναι η συνολική διάρκεια της βροχόπτωσης σχεδιασμού, τότε παράγονται $N = D/\Delta t$ υδρογραφήματα, που αθροίζονται χρονικά ώστε να προκύψει το συνολικό πλημμυρογράφημα στην έξοδο της υπολεκάνης.

Το ΜΥ μιας δεδομένης διάρκειας βροχής αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε υπολεκάνης, για την εκτίμηση του εφαρμόζεται, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, το «λείο» συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα (ΣΜΥ) της Soil Conservation Service (SCS), που είναι γνωστό ως Standard (PRF 484). Οι

τεταγμένες του ΜΥ δίνονται σε αδιαστατοποιημένη μορφή (χρόνος t προς χρόνο ανόδου t_p , παροχή Q προς παροχή αιχμής Q_p), με βάση τον Πίνακα 3.1. Η γραφική απεικόνιση του αδιαστατοποιημένου ΣΜΥ, το οποίο θεωρείται κατάλληλο για μικρής κλίμακας λεκάνες, απεικονίζεται στο Σχήμα 3-7.

Χαρακτηριστικό μέγεθος του ΜΥ είναι ο χρόνος υστέρησης t_L , που ορίζεται ως η απόσταση του κέντρου βάρους του ΜΥ, διάρκειας D , από το κέντρο βάρους της βροχόπτωσης, που αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή $t = D/2$. Δεδομένου ότι ο χρόνος υστέρησης μπορεί να εκτιμηθεί συναρτήσει του χρόνου συγκέντρωσης t_c από την τυπική βιβλιογραφική σχέση $t_L = 0.6 t_c$, και με την υπόθεση ότι το κέντρο βάρους του ΜΥ ταυτίζεται χρονικά με την αιχμή, ο χρόνος ανόδου t_p εκτιμάται ως συνάρτηση της διάρκειας βροχής D και του χρόνου συγκέντρωσης t_c , μέσω της σχέσης:

$$t_p = t_L + D/2 = 0.6 t_c + D/2 \quad (3.7)$$

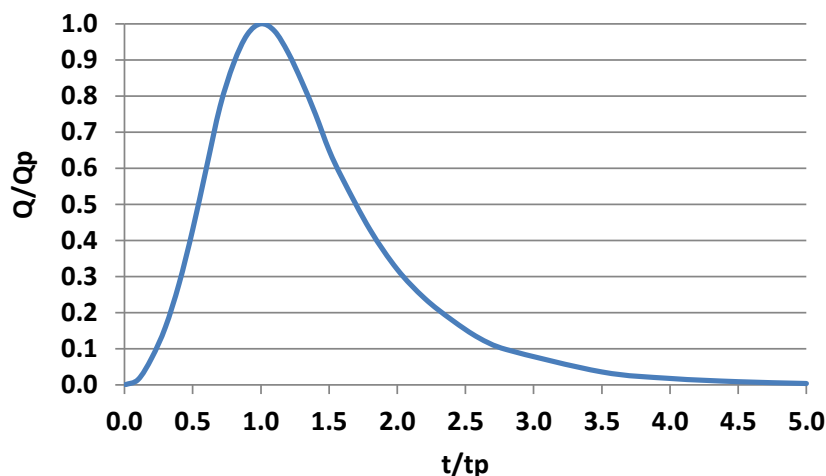
Το ΜΥ έχει χρόνο βάσης $t_b = 5t_p$, ενώ η παροχή αιχμής του δίνεται από τη σχέση:

$$Q_p = 2.08 A / t_p \quad (3.8)$$

όπου A η έκταση της υπολεκάνης (km^2) και t_p ο χρόνος ανόδου (h). Η παραπάνω σχέση προκύπτει από την εξίσωση συνέχειας, δεδομένου ότι ο όγκος του ΜΥ πρέπει να είναι ίσος με τον όγκο της αντίστοιχης μοναδιαίας βροχόπτωσης, δηλαδή $V_0 = h_0 A$, με $h_0 = 10 \text{ mm}$.

Πίνακας 3.1: Υπολογισμός τετμημένων λείου μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS.

Χρόνος, t / t_p	Παροχή Q / Q_p	Χρόνος, t / t_p	Παροχή Q / Q_p	Χρόνος, t / t_p	Παροχή Q / Q_p
0	0	0.9	0.97	2.00	0.32
0.1	0.015	1	1.00	2.20	0.24
0.2	0.075	1.1	0.98	2.40	0.18
0.3	0.16	1.2	0.92	2.60	0.13
0.4	0.28	1.3	0.84	2.80	0.10
0.5	0.43	1.4	0.75	3.50	0.04
0.6	0.6	1.5	0.65	4.00	0.02
0.7	0.77	1.6	0.57	4.50	0.01
0.8	0.89	1.8	0.43	5.00	0.00



Σχήμα 3-7: Αδιαστατοποιημένο ΣΜΥ κατά SCS

Με βάση τα παραπάνω, αν είναι γνωστός ο χρόνος συγκέντρωσης t_c της υπολεκάνης, υπολογίζεται μέσω της σχέσης (3.7) ο χρόνος ανόδου t_p και μέσω της σχέσης (3.8) η παροχή αιχμής, οπότε προσδιορίζεται πλήρως το συνθετικό ΜΥ της υπολεκάνης, με βάση τον Πίνακα 3.1. Στη μελέτη, η κατάρτιση του συνθετικού ΜΥ γίνεται στο περιβάλλον του HEC-HMS, δίνοντας ως είσοδο τον χρόνο υστέρησης t_L .

Στην μελέτη, για κάθε υδρολογικό σενάριο διαμορφώνεται διαφορετικό ΣΜΥ, αφού η τιμή του χρόνου συγκέντρωσης κάθε υπολεκάνης (και συνεπώς όλων των χρονικών παραμέτρων της υδρολογικής προσομοίωσης) διαφοροποιείται συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς, όπως εξηγείται στην επόμενη ενότητα.

3.5.3 Εκτίμηση Χρόνου Συγκέντρωσης Υπολεκανών και Διαμόρφωση ΣΜΥ

Ο χρόνος συγκέντρωσης, t_c , αποτελεί χαρακτηριστική χρονική παράμετρο της λεκάνης και ορίζεται, θεωρητικά, ως ο χρόνος που απαιτείται για να φθάσει το νερό που απορρέει επιφανειακά από το υδραυλικά πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης μέχρι τη διατομή εξόδου. Ο χρόνος συγκέντρωσης αποτελεί τυπική παράμετρο εισόδου πληθώρας μεθόδων υδρολογικής ανάλυσης, μεταξύ των οποίων η μέθοδος που εφαρμόζεται στη μελέτη. Προφανώς, λόγω της πολυπλοκότητας του φαινομένου, δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός του στη βάση των φυσικών νόμων. Για το λόγο αυτό, στις εφαρμογές της πράξης εφαρμόζονται συνήθως εμπειρικές σχέσεις της βιβλιογραφίας, οι οποίες εκτιμούν τον χρόνο συγκέντρωσης συναρτήσει χαρακτηριστικών γεωμετρικών μεγεθών της λεκάνης. Ειδικότερα, η σχέση του Giandotti (3.1) έχει παραχθεί με ανάλυση δεδομένων σε 12 λεκάνες, με εύρος μεγεθών από 170 έως 70 000 km². Πρόκειται για την πλέον διαδεδομένη προσέγγιση στην ελληνική πρακτική, και είναι αυτή που συστήνεται στις προδιαγραφές της μελέτης.

Δεδομένου ότι η ταχύτητα ροής του νερού, τόσο πάνω στην επιφάνεια του εδάφους όσο και κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου, δεν είναι σταθερή αλλά αυξάνει με την παροχή, αντίστοιχος ο χρόνος συγκέντρωσης μειώνεται με την παροχή. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι οι Grimaldi *et al.* (2012), αναλύοντας μεγάλο αριθμό επεισοδίων πλημμυρών, διαπίστωσαν ότι η ποσότητα t_c μπορεί να διαφέρει ακόμα και τάξη μεγέθους μεταξύ επεισοδίων καταιγίδας διαφορετικής έντασης. Η

μεταβλητότητα αυτή εξηγείται φυσικά από την εξάρτηση της ταχύτητας του κινηματικού κύματος από την παροχή, που είναι ένα μη γραμμικό φαινόμενο (Koussis, 2009). Προφανώς, όσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή επιφανειακής απορροής, τόσο πιο γρήγορα θα φτάσει η απορροή αυτή στην έξοδο της λεκάνης. Για τον λόγο αυτό, στις προδιαγραφές της μελέτης συστήνεται η μείωση του χρόνου που προκύπτει από την σχέση Giandotti, σύμφωνα με την εμπειρική σχέση των Ευστρατιάδη κ.ά. (2014):

$$t_c(T) = t_c \text{ Error!} \quad (3.9)$$

όπου $i(5)$ η κρίσιμη ένταση βροχής που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς $T = 5$ έτη, για την οποία θεωρείται αντιπροσωπευτική η εκτίμηση του χρόνου συγκέντρωσης κατά Giandotti, και $i(T)$ η ένταση βροχής που αντιστοιχεί στην περίοδο επαναφοράς της μελέτης. Συνδυάζοντας την (3.9) με την εξίσωση της όμβριας καμπύλης της υπολεκάνης (εξ. 2.1), προκύπτει:

$$t_c(T) = t_c \sqrt{\frac{(5/\beta)^\xi - 1}{(T/\beta)^\xi - 1}} \quad (3.10)$$

Με την παραπάνω σχέση εκτιμάται ο χρόνος συγκέντρωσης για περιόδους επαναφοράς $T = 50, 100$ και $1\,000$ έτη. Γενικά, η μείωση που επιτυγχάνεται σε σχέση με τον χρόνο αναφοράς κατά Giandotti είναι της τάξης του 25% για $T = 50$ έτη και 30% για $T = 100$ έτη, ενώ φτάνει στο 40% για $T = 1000$ έτη.

3.5.4 Βασική Απορροή

Η βασική απορροή αποτελεί μικρό ποσοστό της συνολικής παροχής, που μειώνεται περαιτέρω (ως ποσοστό) όσο αυξάνει η περίοδος επαναφοράς. Στις μελέτες πλημμυρών, συνήθως θεωρείται μια σταθερή τιμή ίση με τη μέση ετήσια παροχή του ποταμού (ή τη μέση παροχή του υγρότερου μήνα).

Στην παρούσα μελέτη, στη λεκάνη του π. Στρυμόνα θεωρήθηκε η βασική ροή του 1^{ου} ΣΔΚΠ η οποία εκτιμήθηκε από τη μέση υπερετήσια παροχή του ποταμού, με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος με τίτλο "LIFE-STRYMON/GR/ 000217" του Ε.Κ.Β.Υ. (Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων - Υγροτόπων) του Μουσείου Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας (Ισ. Βαλμάς, 2007), σε συνδυασμό με τα στοιχεία από την «Έκθεση Επιχειρησιακής Παρακολούθησης των Ποτάμιων Συστημάτων στο Ελληνικό Τμήμα της Διασυνοριακής Λεκάνης Απορροής του Ποταμού Στρυμόνα» (Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος και ΑΠΘ, 2010) καθώς και από την μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία με τίτλο «Διαχείριση Υδρολογικής Λεκάνης Στρυμόνα» (Ορφανίδου Ειρήνη, ΑΠΘ, 2008). Για τον υπολογισμό της θεωρήθηκε μέσο ετήσιο ύψος βροχής ίσο με 675χλστ και μέσος ετήσιος συντελεστής απορροής ίσος με 0.40. Συνολικά, για τον π. Στρυμόνα, η βασική ροή είναι της τάξης των 50 m³/s στην έξοδο του στην θάλασσα, στην τάφρο Μπέλιτσα και στον Αγγίτη υπολογίζεται μέση τιμή περίπου ίση με 10-15 m³/s συνολικά. Οι τιμές αυτές επιβεβαιώνονται και από τις μετρήσεις του LIFE.

Στις υπόλοιπες λεκάνες, θεωρήθηκε το ίδιο μέσο ετήσιο ύψος βροχής ίσο με 675χλστ και μέσος ετήσιος συντελεστής απορροής ίσος με 0.40 για τον υπολογισμό της βασικής ροής.

Κατά τη διάρκεια των πλημμυρικών επεισοδίων, η βασική ροή αποτελεί μικρό μόνο ποσοστό της συνολικής παροχής, που γίνεται πιο αμελητέο όσο αυξάνει η περίοδος επαναφοράς. Σημειώνεται ότι η

αβεβαιότητα που οφείλεται στην εκτίμηση της βασικής ροής είναι γενικά επουσιώδης, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες αβεβαιότητες της διαδικασίας υδρολογικής προσομοίωσης.

Στο λογισμικό HEC-HMS εισάγεται η σταθερή τιμή της βασικής ροής με τη μέθοδο **Constant monthly flow**.

3.5.5 Παραγωγή Τελικών Υδρογραφημάτων Σχεδιασμού

Για κάθε υπολεκάνη διαμορφώνονται τα δεδομένα εισόδου των 3 υδρολογικών σεναρίων, δηλαδή:

- ❖ παράγονται τα υετογραφήματα σχεδιασμού για τις τρεις περιόδους επαναφοράς των ομβρίων καμπυλών,
- ❖ εκτιμάται η μέγιστη δυνητική κατακράτηση συναρτήσει του CNII, καθώς και τα αρχικά ελλείμματα ως ποσοστό 20% αυτής
- ❖ παράγονται τα συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα της SCS, που εκτιμώνται με βάση τον τροποποιημένο, με βάση την κρίσιμη ένταση βροχής, χρόνο συγκέντρωσης της υπολεκάνης
- ❖ εκτιμάται η βασική απορροή.

Η παραγωγή των υδρογραφημάτων σχεδιασμού των υπολεκανών γίνεται στο περιβάλλον του HEC-HMS, και περιλαμβάνει τρεις συνιστώσες:

- ❖ το διαχωρισμό των υδρολογικών ελλειμμάτων από το συνολικό υετογράφημα, με τη μέθοδο SCS-CN, ώστε να προκύψει η επιφανειακή απορροή κάθε υπολεκάνης
- ❖ το μετασχηματισμό της επιφανειακής απορροής σε πλημμυρογράφημα σε έξοδο της υπολεκάνης, με εφαρμογή της θεωρίας του μοναδιαίου υδρογραφήματος
- ❖ την προσθήκη της βασικής ροής της υπολεκάνης.

Τα υδρογραφήματα σχεδιασμού καταλήγουν στον κόμβο εξόδου της υπολεκάνης. Προφανώς, αν σε κάποιον κόμβο συμβάλλουν περισσότερες υπολεκάνες, τότε τα υδρογραφήματά τους αθροίζονται. Στη συνέχεια, επιλύεται το πρόβλημα διόδευσης των απορροών των υπολεκανών στο υδρογραφικό δίκτυο, που στην παρούσα μελέτη αντιμετωπίζεται με απλουστευμένες υδρολογικές προσεγγίσεις.

Σημειώνεται ότι η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα τρία εξεταζόμενα σενάρια όσον αφορά τις μέσες αρχικές συνθήκες εδαφικής υγρασίας (μέσες, ευμενείς, δυσμενείς).

3.6 Διόδευση Υδρογραφημάτων στο Υδρογραφικό Δίκτυο

3.6.1 Γενικά

Είναι γνωστό ότι εφόσον κατά μήκος ενός υδατορέματος δεν πραγματοποιούνται πλευρικές εισροές, ένα υδρογράφημα (πλημμυρικό κύμα) που εισάγεται ανάντη θα εμφανιστεί στα κατάντη με χρονική υστέρηση, μειωμένη αιχμή και αυξημένη χρονική διασπορά. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως διόδευση (routing), ενώ το σχετικό πρόβλημα, δηλαδή η μαθηματική αναπαράσταση της χωρικής και χρονικής εξέλιξης της στάθμης και παροχής του υδατορέματος, περιγράφεται από τις διαφορικές εξισώσεις μονοδιάστατης μη μόνιμης ροής βαθμιαίας μεταβολής σε αγωγούς με ελεύθερη επιφάνεια.

Η απλούστερη και πλέον εύχρηστη κατηγορία αριθμητικών τεχνικών είναι οι υδρολογικές μέθοδοι, οι οποίες δεν αντιμετωπίζουν την πλήρη χωροχρονική εξέλιξη του φαινομένου αλλά ελέγχουν την στάθμη και την παροχή σε δύο σημεία, ανάντη και κατάντη (είσοδος και έξοδος υδατορέματος). Το ενδιαμέσο τμήμα του αγωγού θεωρείται ως κλειστό υδρολογικό σύστημα, όπου η εξίσωση ποσότητας κίνησης αντικαθίσταται από μια συνάρτηση απόκρισης κλειστού τύπου ή από μια εννοιολογική σχέση (Κουτσογιάννης, 2011). Ειδικότερα, αντί της εξίσωσης ορμής εφαρμόζεται μια σχέση έκφρασης του αποθηκευμένου όγκου συναρτήσει άλλων μεταβλητών που υπεισέρχονται στην εξίσωση συνέχειας:

$$S(t) = \varphi[I(t), O(t)] \quad (3.11)$$

όπου $I(t)$ η εισροή στην ανάντη διατομή και $O(t)$ η εκροή στην κατάντη διατομή.

Στη μελέτη, για τη διόδευση των πλημμυρικών παροχών σε κάθε κλάδο του υδρογραφικού δικτύου (υδατόρεμα) επιλέγεται με μία από τις ακόλουθες εναλλακτικές μεθόδους:

- ❖ τη μέθοδο Muskingum, που ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων διάχυσης κύματος και δημιουργεί ένα εξομαλυσμένο και χρονικά μετατοπισμένο υδρογράφημα εξόδου
- ❖ τη μέθοδο του γραμμικού κινηματικού κύματος (ή απλούστερα, μέθοδος χρονικής υστέρησης), η οποία επιβάλλει μια απλή χρονική μετάθεση της απορροής, χωρίς να μεταβάλλει το σχήμα του υδρογραφήματος

Γενικά, η μέθοδος Muskingum εφαρμόζεται για υδατορέματα μικρής κλίσης (ενδεικτικά, <1%), ενώ για μεγαλύτερης κλίσης υδατορέματα εφαρμόζεται η μέθοδος της χρονικής υστέρησης. Αν L είναι το μήκος του υδατορέματος, ενώ z_α και z_κ είναι τα υψόμετρα του ανάντη και κατάντη κόμβου, αντίστοιχα, η κλίση αυτή εκτιμάται ως:

$$J = \frac{z_\alpha - z_\kappa}{L} \quad (3.12)$$

Επισημαίνεται ότι η παραπάνω σχέση αποτελεί αδρομερή μόνο εκτιμήτρια της μέσης κλίσης του υδατορέματος, για την οποία θα πρέπει να ληφθούν διατομές και σε ενδιάμεσες θέσεις.

3.6.2 Μέθοδος Muskingum

Στη μέθοδο Muskingum, η εξίσωση συνέχειας διατυπώνεται ως εξίσωση διαφορών:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = I(t) - O(t) \quad (3.13)$$

όπου $S(t)$ ο όγκος νερού που είναι αποθηκευμένος μεταξύ της ανάντη και κατάντη διατομής, $I(t)$ το γνωστό υδρογράφημα εισροής και $O(t)$ το ζητούμενο υδρογράφημα εκροής. Η αριθμητική προσέγγιση της παραπάνω σχέσης στο χρονικό διάστημα $\Delta t = [t, t - 1]$ μέσω ενός απλού σχήματος οπίσθιων διαφορών γράφεται:

$$\frac{S_t - S_{t-1}}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t-1}}{2} - \frac{O_t + O_{t-1}}{2} \quad (3.14)$$

Μεταφέροντας τα άγνωστα μεγέθη S_t , O_t στο αριστερό μέλος λαμβάνεται η σχέση:

$$\left(\frac{S_t}{\Delta t} + \frac{O_t}{2}\right) = \left(\frac{I_t + I_{t-1}}{2}\right) + \left(\frac{S_{t-1}}{\Delta t} - \frac{O_{t-1}}{2}\right) \quad (3.15)$$

Για την επίλυση της (3.14) απαιτείται ο προσδιορισμός μιας ακόμη σχέσης της μορφής 3.12 που συνδέει την εκροή $O(t)$ με την αποθήκευση $S(t)$. Η μέθοδος Muskingum χρησιμοποιεί την εμπειρική γραμμική σχέση:

$$S(t) = K [\theta I(t) + (1 - \theta)O(t)] \quad (3.16)$$

όπου θ αδιάστατη παράμετρος (συντελεστής βάρους) και K χρονική παράμετρος, η οποία εκφράζει το μέσο χρόνο διαδρομής από την είσοδο μέχρι την έξοδο του υδατορέματος (ακριβέστερα, την χρονική απόσταση μεταξύ των κέντρων βάρους των υδρογραφημάτων εισροής και εκροής). Η παραπάνω εμπειρική σχέση περιλαμβάνει δύο συνιστώσες αποθήκευσης, την *πρισματική* (prism storage) και τη *σφηνοειδή* (wedge storage). Η πρισματική συνιστώσα, $K O(t)$, εκφράζει τον όγκο που αποθηκεύεται μεταξύ των διατομών σε συνθήκες ομοιόμορφης ροής, στις οποίες το βάθος ροής είναι σταθερό, ενώ η σφηνοειδής αποθήκευση, $K \theta [I(t) - O(t)]$, σχετίζεται με τη μεταβολή της στάθμης κατά μήκος του αγωγού. Σύμφωνα με την παραπάνω υπόθεση, στα αρχικά στάδια της χρονικής εξέλιξης του φαινομένου η στάθμη μειώνεται από τα ανάντη προς τα κατόντη, καθώς αποθηκεύεται νερό στο ποτάμι λόγω ανάσχεσης της πλημμύρας, ενώ στη συνέχεια η στάθμη αυξάνει από τα ανάντη προς τα κατόντη, καθώς ο αποθηκευμένος όγκος απορρέει με υστέρηση.

Συνδυάζοντας τις (3.17) και (3.18) προκύπτει η ακόλουθη αναδρομική εξίσωση:

$$O_t = c_0 I_t + c_1 I_{t-1} + c_2 O_{t-1} \quad (3.17)$$

όπου c_0 , c_1 , c_2 συντελεστές βάρους που εκτιμώνται από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} c_0 &= \frac{-2K\theta + \Delta t}{2K(1 - \theta) + \Delta t} \\ c_1 &= \frac{2K\theta + \Delta t}{2K(1 - \theta) + \Delta t} \\ c_2 &= \frac{2K(1 - \theta) - \Delta t}{2K(1 - \theta) + \Delta t} \end{aligned} \quad (3.18), (3.19), (3.20)$$

Οι συντελεστές βάρους ικανοποιούν την προφανή σχέση $c_0 + c_1 + c_2 = 1$. Με δεδομένο το υδρογράφημα εισόδου, και συνεπώς γνωστές την τρέχουσα και προηγούμενη τιμή της εισροής I_t και I_{t-1} , αντίστοιχα, και με γνωστή την εκροή του προηγούμενου βήματος O_{t-1} , είναι δυνατός ο βήμα προς βήμα υπολογισμός της επίκαιρης εκροής O_t .

Για την εφαρμογή της αναδρομικής σχέσης απαιτείται ο προσδιορισμός των μεγεθών K , θ και Δt . Το υπολογιστικό βήμα Δt ταυτίζεται με το χρονικό βήμα της προσομοίωσης, που εξαρτάται από τον χρόνο συγκέντρωσης της μικρότερης υπολεκάνης (στη μελέτη κατά κανόνα θεωρείται χρονικό βήμα

20 min). Οι παράμετροι K και θ εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του υδατορέματος (διατομή, μήκος, κλίση, συντελεστής απωλειών). Γενικά, για δεδομένο μήκος L , όσο μειώνεται η κλίση ο χρόνος K αυξάνει, ενώ, αντίθετα, η τιμή της παραμέτρου θ μειώνεται. Η παράμετρος θ τείνει να γίνει μηδενική για υδατορέματα εξαιρετικά ήπιας κλίσης και με πλευρική υπερχείλιση, οπότε η ροή προσομοιάζει τη λειτουργία γραμμικού ταμιευτήρα. Αντίθετα, για σχετικά απότομες κλίσεις και καλά διαμορφωμένες διατομές, η παράμετρος θ προσεγγίζει την θεωρητικά μέγιστη τιμή 0.50.

Στις υδρολογικές αναλύσεις, για τα υδατορέματα για τα οποία επιλέγεται η εφαρμογή της μεθόδου Muskingum, λαμβάνεται $\theta = 0.20$, που είναι η τυπική βιβλιογραφική τιμή για φυσικούς αγωγούς. Όσον αφορά στη χρονική παράμετρο K , δεδομένου ότι αυτή εκφράζει έναν μέσο χρόνο διαδρομής από την είσοδο μέχρι την έξοδο του υδατορέματος, εκτιμάται με βάση τον χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης και τις κλίσεις των υδατορευμάτων, σύμφωνα με την εμπειρική προσέγγιση του εδαφίου 3.6.4. Κατά συνέπεια, για μήκος διαδρομής L ισχύει $K = L/V$. Η τιμή αυτή λαμβάνεται για τα πλημμυρικά επεισόδια περιόδου επαναφοράς 50 ετών. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η αύξηση της ταχύτητας ροής, και συνακόλουθα η μείωση του χρόνου ροής λόγω της αυξημένης παροχής για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς, η τιμή της παραμέτρου K μειώνεται, με αναφορά στον χρόνο συγκέντρωσης της συνολικής λεκάνης απορροής (βλ. κεφάλαιο 3.6.4).

Θεωρητικά, το χρονικό βήμα θα πρέπει να επιλέγεται με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι εκτιμώμενες εκροές είναι μη αρνητικές. Στην ιδανική περίπτωση, θα πρέπει $K = \Delta t$, που σημαίνει ότι το υπολογιστικό βήμα ταυτίζεται με το μέσο χρόνο διαδρομής του κύματος στο υδατόρεμα. Αν αυτό δεν είναι εφικτό, τότε για την αποφυγή αρνητικών παροχών, το υπολογιστικό βήμα Δt θα πρέπει να κυμαίνεται στο διάστημα (Hjelmfelt, 1985):

$$2 K \theta \leq \Delta t \leq 2 K(1 - \theta) \quad (3.21)$$

Πρακτικά, για να υπάρχει ακρίβεια στους υπολογισμούς, το χρονικό βήμα θα πρέπει να λαμβάνεται μεταξύ των τιμών $K/3$ και $K/4$ (Κουτσογιάννης, 2011). Στην υλοποίηση της διαδικασίας διόδευσης, με δεδομένο ότι το χρονικό βήμα Δt είναι δεδομένα, η αριθμητική ευστάθεια εξασφαλίζεται με χωρική διακριτοποίηση κάθε κλάδου μήκους L σε N επιμέρους τμήματα (υπο-κλάδους) μήκους, $\Delta L = L/N$, έτσι ώστε ο χρόνος διαδρομής στα εν λόγω τμήματα να ικανοποιεί της συνθήκες ευστάθειας. Το (ακέραιο) πλήθος των υπο-κλάδων του υδατορέματος προκύπτει από τη σχέση:

$$N = \text{Round}(K/\Delta t) \quad (3.22)$$

Έχοντας προσδιορίσει το πλήθος N , η αναδρομική σχέση (3.19) εφαρμόζεται διαδοχικά στους υπο-κλάδους, θεωρώντας κοινό χρόνο διαδρομής $K' = K/N$ και υπολογίζοντας τους συντελεστές βάρους c_0 , c_1 και c_2 συναρτήσει των K' , θ και Δt . Στη συνέχεια, με γνωστό το υδρογράφημα εισροής του πρώτου υπο-κλάδου, παράγεται το υδρογράφημα εκροής, το οποίο ταυτίζεται με το υδρογράφημα εισροής του δεύτερου υπο-κλάδου. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι την έξοδο του τελευταίου υπο-κλάδου, όπου παράγεται το υδρογράφημα εκροής του κατάντη κόμβου του υπόψη υδατορέματος. Τονίζεται ότι μεταξύ των υποκλάδων δεν πραγματοποιούνται εισροές ή εκροές νερού. Οι διεργασίες αυτές αναφέρονται αποκλειστικά στους κόμβους του υδρογραφικού δικτύου και όχι στους ενδιάμεσους (υπολογιστικούς) κόμβους του αριθμητικού σχήματος επίλυσης.

Τέλος, όσον αφορά στις αρχικές συνθήκες, σε όλους τους κλάδους θεωρείται μια ελάχιστη τιμή ροής, η οποία διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης, ώστε να εξασφαλίζεται η συνθήκη μη

μηδενικής παροχής. Η τιμή αυτή προκύπτει αθροίζοντας τη βασική απορροή που παράγεται από όλες τις υπολεκάνες ανάντη κάθε υδατορέματος.

3.6.3 Μέθοδος Χρονικής Υστέρησης

Η υλοποίηση του μοντέλου χρονικής υστέρησης είναι εξαιρετικά απλή, καθώς το υδρογράφημα εξόδου προκύπτει με απλή χρονική μετατόπιση των τεταγμένων του υδρογραφήματος εισόδου:

$$O_t = I_{t-K} \quad (3.23)$$

όπου K ο χρόνος υστέρησης του συγκεκριμένου κλάδου του υδρογραφικού δικτύου, που αποτελεί τη μοναδική παράμετρο του μοντέλου. Αν L το μήκος του υδατορέματος, τότε η ποσότητα L/K εκφράζει την ταχύτητα του γραμμικού κινηματικού κύματος, το οποίο μετακινείται προς τα κατάντη χωρίς καμία μεταβολή του σχήματός του, και συνεπώς χωρίς εξομάλυνση της παροχής αιχμής. Το μοντέλο του κινηματικού κύματος εφαρμόζεται σε τμήματα του δικτύου με σχετικά μεγάλη κλίση, τέτοια ώστε η μεταβολή της στάθμης να είναι πολύ μικρή σε σχέση με την κλίση του πυθμένα. Εφόσον $K < \Delta t$, θεωρείται ότι στον κλάδο δεν πραγματοποιείται διόδευση, δηλαδή το υδρογράφημα που εισέρχεται στον ανάντη κόμβο του υδατορέματος μεταφέρεται κατάντη χωρίς χρονική υστέρηση και, κατά συνέπεια, χωρίς μεταβολή των χαρακτηριστικών του.

3.6.4 Εκτίμηση Χρονικής Παραμέτρου Μοντέλου Διόδευσης

Ανεξαρτήτως του σχήματος διόδευσης που επιλέγεται, σε κάθε υδατόρεμα απαιτείται η εκτίμηση μιας χρονικής παραμέτρου K , που εκφράζει, απλουστευτικά, έναν μέσο χρόνο ροής μεταξύ του ανάντη και κατάντη κόμβου. Η εκτίμηση του χρόνου ροής στους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου μιας λεκάνης απορροής βασίζεται σε μια ψευδο-υδραυλική προσέγγιση, η οποία εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στις μελέτες πλημμυρών της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ για το ΥΔ Ηπείρου (Ευστρατιάδης κ.ά., 2016), ενώ βελτιώθηκε περαιτέρω σε επόμενες ερευνητικές εργασίες (Michailidi *et al.*, 2018· Risva *et al.*, 2020).

Στην προσέγγιση αυτή θεωρείται η σχέση ομοιόμορφης ροής του Manning, ήτοι:

$$V_i = \frac{1}{n_i} R_i^{2/3} J_i^{1/2} \quad (3.24)$$

όπου V_i η ταχύτητα ροής στον κλάδο i , n_i ο συντελεστής τραχύτητας κατά Manning, R_i η υδραυλική ακτίνα και J_i η υδραυλική κλίση, που στην ομοιόμορφη ροή ταυτίζεται με τη μέση κλίση του πυθμένα. Από τα παραπάνω μεγέθη, η τραχύτητα μπορεί να εκτιμηθεί μακροσκοπικά, με βάση την κατάσταση της κοίτης και της διατομής (ύπαρξη φερτών και άλλων εμποδίων, βλάστηση, κτλ.), ενώ η κλίση εκτιμάται προσεγγιστικά από τη σχέση (3.13). Αντίθετα, η υδραυλική ακτίνα απαιτεί υδραυλικούς υπολογισμούς, καθώς εξαρτάται από τη γεωμετρία της διατομής και το βάθος ροής, που είναι συνάρτηση της παροχής.

Οι υπολογισμοί απλουστεύονται δραστικά αν ο όρος της υδραυλικής ακτίνας θεωρηθεί ως ένα χαρακτηριστικό μέγεθος (παράμετρος) του υδρογραφικού δικτύου, ήτοι:

$$c = R_i^{2/3} \quad (3.25)$$

Αν είναι γνωστή η τιμή του c , τότε ο χρόνος ροής στους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$t_i = \frac{L_i}{V_i} = \frac{n_i L_i}{c J_i^{1/2}} \quad (3.26)$$

όπου L_i το μήκος του κλάδου i .

Η παράμετρος c εκτιμάται με εφαρμογή της ακόλουθης ημιεμπειρικής μεθοδολογίας:

Έστω λεκάνη απορροής, με γνωστό χρόνο συγκέντρωσης t_c . Σύμφωνα με τον ορισμό του t_c , πρόκειται για τον χρόνο που απαιτείται για να μεταφερθεί η απορροή από το πλέον απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης μέχρι τον κόμβο εξόδου. Η διαδρομή αυτή περιλαμβάνει τη ροή κατά μήκος του κύριου υδατορέματος της λεκάνης και τη ροή στην κύρια μισγάγκεια της υπολεκάνης που αποστραγγίζεται στον πλέον ανάντη κόμβο. Κατά κανόνα, το κύριο υδατόρεμα της συνολικής λεκάνης ακολουθεί τη μέγιστη διαδρομή κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου, ενώ αν στον ανάντη κόμβο συμβάλλουν περισσότερες υπολεκάνες, θεωρείται αυτή με το μέγιστο χρόνο συγκέντρωσης, t_u . Επισημαίνεται ότι στο υδρολογικό μοντέλο, οι ανάντη μισγάγκειες δεν απεικονίζονται ως κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου, καθώς οι απορροές των ανάντη υπολεκανών διοδεύονται απευθείας στους κόμβους εξόδου.

Έχοντας καθορίσει την μέγιστη διαδρομή στη λεκάνη, είναι προφανές ότι ο χρόνος που απαιτείται για τη μεταφορά της απορροής από τον πλέον ανάντη κόμβο του κύριου υδατορέματος μέχρι τον κόμβο εξόδου είναι:

$$t_r = t_c - t_u \quad (3.27)$$

όπου t_c και t_u οι χρόνοι συγκέντρωσης της συνολικής λεκάνης απορροής και την πλέον ανάντη υπολεκάνης της, αντίστοιχα. Υπενθυμίζεται ότι οι χρόνοι αυτοί εκτιμώνται με βάση μια διαδικασία που θεωρείται αντιπροσωπευτική για μικρές περιόδους επαναφοράς, συγκεκριμένα έως 5 έτη, ενώ μειώνονται με βάση τη σχέση αναγωγής (3.10) για μεγάλες περιόδους επαναφοράς.

Έστω ότι το κύριο υδατόρεμα λεκάνης περιλαμβάνει N κλάδους, για κάθε έναν από τους οποίους είναι γνωστά το μήκος L_i , η τραχύτητα n_i , και η μέση κλίση J_i . Ο συνολικός χρόνος ροής, t_r , είναι ίσος με το άθροισμα των επιμέρους χρόνων, ήτοι:

$$t_r = t_1 + t_2 + \dots + t_N \quad (3.28)$$

Η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$t_r = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \dots + \frac{L_N}{V_N} \quad (3.29)$$

Αντικαθιστώντας την (3.27) προκύπτει:

$$t_r = \frac{1}{c} \left(\frac{n_1 L_1}{J_1^{1/2}} + \frac{n_2 L_2}{J_2^{1/2}} + \dots + \frac{n_N L_N}{J_N^{1/2}} \right) \quad (3.30)$$

Συνδυάζοντας τις (Error! Reference source not found.) και (3.28) προκύπτει:

$$c = \frac{1}{t_c - t_u} \left(\frac{n_1 L_1}{J_1^{1/2}} + \frac{n_2 L_2}{J_2^{1/2}} + \dots + \frac{n_N L_N}{J_N^{1/2}} \right) \quad (3.31)$$

Συνεπώς, η παράμετρος της υδραυλικής ακτίνας είναι αντιστρόφως ανάλογη της χρονικής διαφοράς $t_c - t_u$, που μειώνεται όσο αυξάνει η περίοδος επαναφοράς, και του όρου στην παρένθεση, που εξαρτάται από τα γεωμετρικά (μήκος, κλίση) και υδραυλικά (τραχύτητα) χαρακτηριστικά των κλάδων κατά μήκος της κύριας διαδρομής.

Με γνωστή πλέον την παράμετρο c , μπορούν να εκτιμηθούν η μέση ταχύτητα ροής σε κάθε κλάδο του υδρογραφικού δικτύου και ο αντίστοιχος χρόνος ροής, που εξισώνεται με τη χρονική παράμετρο του μοντέλου διόδευσης, K . Η διαδικασία αυτή εξασφαλίζει την εσωτερική συνέπεια του μοντέλου, καθώς το άθροισμα των χρόνων ροής κατά μήκος του κυρίου υδατορέματος είναι συνεπές με τον χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης.

Σημειώνεται ότι στην παρούσα μελέτη για τον υπολογισμό της χρονικής παραμέτρου k σε λεκάνες πολλαπλών διακλαδώσεων της λεκάνης του π. Στρυμόνα, οι υπολεκάνες και τα συσχετιζόμενα υδατορέματα χωρίστηκαν σε αντιπροσωπευτικές περιοχές (αυτόνομες λεκάνες) και για την εκτίμηση της χρονικής παραμέτρου k θεωρήθηκε κοινή παράμετρος c για όλους τους κλάδους κάθε περιοχής (ομάδας). Συγκεκριμένα, σε κάθε αντιπροσωπευτική περιοχή επιλέγεται η διαδρομή (αλληλουχία κλάδων) με το μεγαλύτερο μήκος ροής από την πλέον ανάντη υπολεκάνη μέχρι την έξοδο της Λεκάνης και μόνο γι' αυτούς τους κλάδους υπολογίζεται με βάση την προαναφερθείσα μεθοδολογία ο συντελεστής c και ο συντελεστής k . Στη συνέχεια για τους κλάδους των υπόλοιπων διακλαδώσεων της αυτόνομης λεκάνης που δεν συμπεριλήφθηκαν στην επιλεγμένη διαδρομή των υπολογισμών, χρησιμοποιείται ο κοινός συντελεστής c για τον υπολογισμό του συντελεστή k των κλάδων αυτών. Η ανάλυση αυτή παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 5.

3.7 Διόδευση Πλημμυρών μέσω Ταμιευτήρα

Στην περίπτωση που ένα ή περισσότερα υδατορέματα εκρέουν σε ταμιευτήρα, τότε η μεταφορά των πλημμυρικών ροών κατάντη γίνεται μέσω των διαθέσιμων διατάξεων υδροληψίας (π.χ. αγωγός προσαγωγής, σε περίπτωση υδροηλεκτρικού ταμιευτήρα), ενώ αν η στάθμη ανάντη υπερβεί τη στάθμη υπερχειλίσης, τότε η πλεονάζουσα ποσότητα εκρέει του υπερχειλιστή του φράγματος. Ωστόσο, λόγω της πεπερασμένης παροχετευτικότητας του υπερχειλιστή, η οποία μάλιστα αυξάνει με την άνοδο της στάθμης ανάντη, γίνεται ανασχεση μέρους της πλημμυρική απορροής και προσωρινή αποθήκευσή της στον ταμιευτήρα.

Το φαινόμενο αυτό, που αναφέρεται ως διόδευση μέσω ταμιευτήρα, περιγράφεται από την εξίσωση συνέχειας:

$$s(t) = i(t) - q(t) \quad (3.32)$$

όπου $s(t)$ η αποθήκευση νερού στον ταμιευτήρα, $i(t)$ το υδρογράφημα εισροής, και $q(t)$ το υδρογράφημα εκροής. Το υδρογράφημα εισροής προκύπτει από την υδρολογική προσομοίωση της υπολεκάνης ανάντη του φράγματος, ενώ οι άλλες δύο μεταβλητές είναι συνάρτηση της στάθμης στον ταμιευτήρα. Ειδικότερα, η αποθήκευση στον ταμιευτήρα εκτιμάται από τη σχέση στάθμης-

αποθέματος, $s = f(z)$, που είτε δίνεται ως μια σημειοσειρά ζευγών στάθμης και όγκου αποθήκευσης, είτε περιγράφεται μέσω κάποιας αναλυτικής σχέσης.

Ομοίως, η εκροή μέσω του υπερχειλιστή είναι συνάρτηση του υδραυλικού φορτίου, $q = g(h)$, το οποίο ορίζεται ως η διαφορά της ανάντη στάθμης από τη στέψη του υπερχειλιστή, δηλαδή:

$$h = z - z_c \quad (3.33)$$

Στην τυπική περίπτωση ελεύθερου υπερχειλιστή, η σχέση στάθμης-παροχής γράφεται:

$$q = c b h^{3/2} \quad (3.34)$$

όπου b το ενεργό πλάτος του υπερχειλιστή και c συντελεστής, με τυπικό εύρος τιμών 1.6 έως 2.3 (θεωρώντας ότι τα μεγέθη b και h δίνονται σε m, ενώ η παροχή σε m³/s).

Η σχέση (3.32) γράφεται ως εξίσωση διαφορών στο χρονικό διάστημα $\Delta t = t_j - t_{j-1}$, δηλαδή:

$$s(z_j) - s(z_{j-1}) = [i_{j-1} + i_j - q(z_j) - q(z_{j-1})] \Delta t / 2 \quad (3.35)$$

Σε κάθε χρονικό βήμα j , είναι γνωστά τα μεγέθη $s(z_{j-1})$, $q(z_{j-1})$, i_{j-1} και i_j , ενώ είναι άγνωστα τα μεγέθη s_j και q_j , που είναι μη γραμμικές εξισώσεις της στάθμης z_j . Η εξίσωση επιλύεται είτε βήμα προς βήμα είτε ως σύστημα εξισώσεων.

Κατά την προσομοίωση, γίνονται οι εξής παραδοχές:

- ❖ Κατά την έναρξη της πλημμύρας ($j = 0$), ο ταμιευτήρας βρίσκεται στην ανώτατη στάθμη λειτουργίας, δηλαδή $z_0 = z_c$ (συντηρητική παραδοχή)
- ❖ Οι λοιπές υδροληψίες (π.χ. στρόβιλοι) λειτουργούν με πλήρη παροχετευτικότητα, q_0 , συνεπώς για $z \leq z_c$ δεν πραγματοποιείται υπερχείλιση, ενώ για $z > z_c$ διέρχεται παροχή q_0 από τις υδροληψίες και παροχή $q - q_0$ από τον υπερχειλιστή.

Το πρόβλημα διόδευσης γίνεται πιο σύνθετο αν γίνεται ρύθμιση των εκροών από τις υδροληψίες ή αν υπάρχουν έργα ελέγχου (θυροφράγματα).

Στην παρούσα μελέτη, εφαρμόζεται μοντέλο διόδευσης στον ταμιευτήρα της Κερκίνης με ρύθμιση εκροής από θυροφράγματα όπου αναλύονται στο κεφάλαιο 5.1.2.

4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

4.1 Εδαφικοί τύποι

Τα εδάφη έχουν ταξινομηθεί σε τέσσερις υδρολογικούς εδαφικούς τύπους (Hydrologic Soil Groups-HSG) με βάση την εκτίμηση της δυνητικής απορροής τους. Η ταξινόμηση αυτή γίνεται με βάση την παραδοχή ότι η δυνητική απορροή είναι αντιστρόφως ανάλογη της Υδραυλικής Αγωγιμότητας Κορεσμού και συνεπώς της ταχύτητας διήθησης (cm/h). Στις περιπτώσεις όπου δεν διατίθενται στοιχεία υδραυλικής αγωγιμότητας οι αποφασιστικοί παράγοντες μπορεί να είναι η υφή, η συμπίεση, η συνεκτικότητα και η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (USDA-NRCS, 2009).

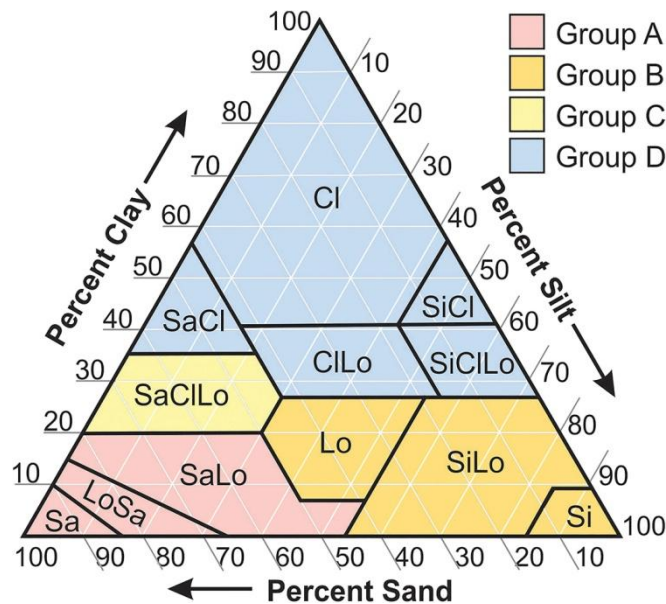
Τύπος Α: Χαμηλή δυνητική απορροή. Εδάφη με μεγάλη ταχύτητα διήθησης, ακόμη και μετά από διαβροχή. Αφορά κυρίως βαθιά, καλά στραγγιζόμενα βαθιά εδάφη, ελαφρά με αδρή υφή αμμώδη, πηλοαμμώδη και αμμοπηλώδη. Ταχύτητα διήθησης $> 0,76$ cm/h.

Τύπος Β: Εδάφη με μεσαία ταχύτητα διήθησης μετά από καλή διαβροχή. Αφορά κυρίως εδάφη με ορίζοντα που παρεμποδίζει τη διήθηση και εδάφη λεπτής υφής αμμοαργιλοπηλώδη με μικρή διηθητικότητα. Ταχύτητα διήθησης μεταξύ 0,4 και 0,76 cm/h.

Τύπος Γ: Εδάφη με μικρή ταχύτητα διήθησης μετά από καλή διαβροχή. Αφορά κυρίως εδάφη είτε με ορίζοντα ή στρώση που περιορίζει την κατείσδυση είτε με μέση έως λεπτή κοκκομετρία. Ταχύτητα διήθησης μεταξύ 0,12 και 0,4 cm/h.

Τύπος Δ: Υψηλή δυνητική απορροή. Εδάφη με πολύ μικρή ταχύτητα διήθησης μετά από καλή διαβροχή. Αφορά κυρίως εδάφη πολύ λεπτής υφής αργιλοπηλώδη, ιλυοαργιλοπηλώδη, αμμοαργιλώδη, ιλυοαργιλώδη και αργιλώδη με υψηλή δυνητική διόγκωση. Ταχύτητα διήθησης μικρότερη των 0,12 cm/h. Εδώ κατατάσσονται και τα αβαθή εδάφη (<50cm) πάνω σε αδιαπέρατο μητρικό πέτρωμα είτε με μόνιμο υδροφορέα σε μικρό βάθος, είτε με αργιλικό ορίζοντα ή στρώση που περιορίζει την κατείσδυση σε μικρό βάθος.

Τα ανωτέρω σε συνδυασμό με τα περιλαμβανόμενα στο Σχήμα 4.1 δημιουργούν τα δεδομένα του Πίνακα 4.1.



Σχήμα 4.1: Τρίγωνο Μηχανικής Σύστασης Εδαφών της USDA και διάκρισης τους σε Υδρολογικούς Εδαφικούς Τύπους (Wang, 2020)

Πίνακας 4.1: Συσχέτιση Εδαφικού Τύπου και Κλάσης Μηχανικής Σύστασης

Εδαφικός Τύπος	Κλάση Μηχανικής Σύστασης
A	Αμμώδη (S)- Πηλοαμμώδη (LS)- Αμμοπηλώδη (SL)
B	Ιλυοπηλώδη(SiL)- Πηλώδη (L) - Ιλυώδη (Si)
C	Αμμοαργιλοπηλώδη (SCL)
D	Αμμοαργιλώδη (SC) - Αργιλοπηλώδη (CL)- Ιλυοαργιλοπηλώδη (SiCL) - Ιλυοαργιλώδη (SiC)-Αργιλώδη (C)

Για την κατάταξη σε υδρολογικούς εδαφικούς τύπους τα εδάφη της περιοχής διαχωρίστηκαν σε **αλλόχθονα** και **αυτόχθονα**.

Στα **αλλόχθονα εδάφη** περιλαμβάνονται εδάφη γεωργικά (καλλιεργειών και ημιφυσικών βοσκοτόπων) και εδάφη διαταραγμένα (περιαστικά και αστικά), υπό τον όρο να μην έχουν υποστεί συμπίεση. Για την κατάταξη των αλλόχθονων εδαφών της περιοχής μελέτης στους τέσσερις εδαφικούς τύπους χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία της βάσης γεωπληροφοριακών εδαφολογικών δεδομένων του ΟΠΕΚΕΠΕ, με ταξινόμηση σε 5 ομάδες με βάση την κοκκομετρία, και διάκριση σε τρία βάθη εδαφοληψίας (0-25,25-75, >75).

Στα **αυτόχθονα εδάφη** περιλαμβάνονται εδάφη δασικά ή κλιμακικά (φυσικών χορτολίβαδων). Στοιχεία ή δεδομένα για τα εδάφη αυτά σε επίπεδο λεπτομέρειας αντίστοιχο με τους εδαφολογικούς χάρτες ή τις μελέτες των γεωργικών εδαφών δεν διατίθενται, αφού το επίπεδο εκμετάλλευσης και

οικονομικής απόδοσης των εδαφών αυτών δεν επέτρεψε τη χρηματοδότηση και διεξαγωγή αντίστοιχων ερευνών.

Λόγω έλλειψης Εθνικών χαρτογραφικών δεδομένων για την υφή των ορεινών δασικών εδαφών ως βάση χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του «LUCAS topsoil data» της European Soil Data Centre (ESDAC). Καλύπτει όλο τον Ελλαδικό χώρο σε μορφή raster ανάλυσης 500X500m και περιλαμβάνει τον χαρακτηρισμό της επιφανειακής στρώσης του εδάφους σε κατηγορίες μηχανικής σύστασης σύμφωνα με το σύστημα της USDA.

Στα αβαθή δασικά εδάφη η κατάταξη έχει γίνει με βάση το γεωλογικό υπόβαθρο. Για τον προσδιορισμό του βάθους του εδάφους χρησιμοποιήθηκαν οι χάρτες γαιών της Δασικής Υπηρεσίας. Στις κατηγορίες βάθους 6, 7, 8 και 9 των Χαρτών Γαιών της Δ.Υ. η ταχύτητα διήθησης κρίνεται μόνο από τη γεωλογική πληροφορία της περατότητας των πετρωμάτων με βάση τη λιθολογική ομαδοποίηση σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 4.2: Ταξινόμηση σε HSG με βάση τη διαπερατότητα πετρωμάτων (αβαθή εδάφη)

HSG	A	Περατότητα $10^{-1} - 10^{-4}$ (m/s)	Ταχ. Διήθησης 3600 mm/h
	Ασβεστόλιθοι	Μάρμαρα, Ολισθόλιθοι	Ασβεστόλιθοι & δολομίτες Τύρφη
HSG	B	Περατότητα $10^{-5} - 10^{-6}$ m/s	Ταχ. Διήθησης 7,2-3,6 mm/h
	Αλλουβιακές και παράκτιες αποθέσεις, Προσχώσεις	Κροκαλοπαγή συνεκτικά, Συνεκτικά πλευρικά κορήματα	Ασύνδετα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων
HSG	C	Περατότητα $10^{-6} - 10^{-7}$ m/s	Ταχ. Διήθησης 3,6 - 0,36 mm/h
	Ψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση	Αργιλοψαμμιτικοί σχηματισμοί	Φλύσχης Τραβερτίνες
HSG	D	Περατότητα $< 10^{-7}$ m/s	Ταχ. Διήθησης 0,36 - 0,108 mm/h
	Σχιστόλιθοι, Γνεύσιοι, Γνεύσιοι γνευσιοσχιστόλιθοι,	Γρανίτες, γρανοδιορίτες, Γάβροι	Μάργες, λιμναίες αποθέσεις από μάργες.
	Υπερβασικά πετρώματα & οφιόλιθοι	Ηφαιστειακά-ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί	

4.2 Κάλυψη Γης

Για την αποτύπωση της κάλυψης γης, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα (ilot) του ΟΠΕΚΕΠΕ (2021), τα οποία παρουσιάζουν πολύ καλή και αναλυτική χωρική ακρίβεια. Για πιο αντιπροσωπευτική αποτύπωση της κάλυψης γης έλαβε χώρα επαναχαρακτηρισμός της κάλυψης των ilot με βάση πρόσφατες δορυφορικές λήψεις Sentinel-2 και μωσαϊκών του Google Earth.

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα της μεθόδου NCRS έγινε κατάταξη των καλύψεων γης σε 12 κατηγορίες σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.3: Κατηγορίες καλύψεων γης

Κωδικός	Κατηγορία κάλυψης γης	Περιγραφή
100	Αδιαπέρατες επιφάνειες και επιφάνειες νερού	Κάθε αδιαπέρατη επιφάνεια, ύδατα ή κορεσμένα με νερό εδάφη.
200	Γυμνό έδαφος	Κάθε φυσική επιφάνεια που είναι ακάλυπτη από βλάστηση ή καλύπτεται από πολύ αραιά βλάστηση. Όπως, θίνες, σάρες, διαβρωσιγενείς επιφάνειες, λατομεία, μεταλλεία, χωματόδρομοι κλπ.
310	Ευρείες γραμμικές καλλιέργειες	Γραμμικές καλλιέργειες με μεγάλη απόσταση μεταξύ των γραμμών καλλιέργειας που αφήνουν λωρίδες εδάφους ακάλυπτες όπως βαμβάκι, καπνός, πατάτες, αμπέλια κλπ. Οι καλλιέργειες αυτού του τύπου είναι συνήθως πεδινές και λαμβάνονται οι αντίστοιχοι αριθμοί καμπύλης απορροής
320	Καλλιέργειες σιτηρών	Αροτραίες καλλιέργειες με σχετικά πυκνές γραμμές που καλύπτουν το έδαφος πλήρως. Οι καλλιέργειες αυτές είναι συνήθως μη αρδευόμενες σε κεκλιμένο έδαφος. Λαμβάνονται οι αντίστοιχοι αριθμοί καμπύλης για κεκλιμένο έδαφος
330	Πυκνές καλλιέργειες	Πυκνές καλλιέργειες μηδικής και λειμώνες. Οι καλλιέργειες αυτού του τύπου είναι συνήθως αρδευόμενες σε πεδινό έδαφος. Λαμβάνονται οι αντίστοιχοι αριθμοί καμπύλης απορροής για πεδινό έδαφος
400	Χορτολιβαδικές εκτάσεις	Περιλαμβάνει όλες τις χορτολιβαδικές εκτάσεις και ποσοστό κάλυψης με δέντρα και θάμνους <10%.
600	Δενδρόκηποι ή δενδροκαλλιέργειες	Οπωρώνες, Αμυγδαλέωνες, Ελαιώνες και άλλες δενδροκομικές καλλιέργειες.
630	Δάση με συγκόμωση 10-50%	Στην κατηγορία αυτή εκτός από τα δάση κωνοφόρων και φυλλοβόλων πλατύφυλλων υπάγονται και τα δάση και οι θαμνώνες αειφύλλων πλατυφύλλων.
665	Δάση με συγκόμωση 50-80%	
690	Δάση με συγκόμωση >80%	
720	Χωριά και οικισμοί με αραιά δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες <40%)	
770	Αστικές περιοχές με πυκνή δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες >40%)	

4.3 Υδρολογική κατάσταση

Περαιτέρω, οι κατηγορίες κάλυψης γης χαρακτηρίζονται σε συνάρτηση με την υδρολογική τους κατάσταση (φτωχή, μέτρια ή καλή) έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη παράγοντες που διαφοροποιούν ποιοτικά τις ίδιες μορφές κάλυψης όπως η πίεση βοσκής στις χορτολιβαδικές εκτάσεις, η κατάσταση της υποβλάστησης και του δασικού τάπητα στα δάση και οι καλλιεργητικές πρακτικές που ευνοούν τη διήθηση στις καλλιέργειες όπως η κάλυψη του εδάφους με υπολείμματα. Αυτό σημαίνει ότι σε περιοχές με φτωχή υδρολογική κατάσταση, οι παράγοντες δεν ευνοούν τη διήθηση και τείνουν να αυξήσουν την απορροή και σε περιοχές με καλή υδρολογική κατάσταση, οι παράγοντες ευνοούν την διήθηση που τείνουν να μειώσουν την απορροή.

4.4 Προηγούμενες Συνθήκες Υγρασίας

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι τρεις τύποι προηγούμενων συνθηκών υγρασίας ορίζονται ως εξής:

- Τύπος Ι :** Ξηρές συνθήκες (εδάφη ξηρά, αλλά πάνω από το σημείο μαρασμού), που αντιστοιχούν στην περίπτωση που η βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών είναι μικρότερη από 13 mm (ή μικρότερη των 35 mm, για φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης)
- Τύπος ΙΙ :** Μέσες συνθήκες, που αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών μεταξύ 13 και 38 mm (ή μεταξύ 35 και 53 mm, για φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης)
- Τύπος ΙΙΙ :** Υγρές συνθήκες (εδάφη σχεδόν κορεσμένα), που αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών μεγαλύτερη των 38 mm (ή μεγαλύτερη των 53 mm, για φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

4.5 Εκτίμηση Αριθμού Καμπύλης Απορροής CN

Για τις συνθήκες υγρασίας τύπου ΙΙ, η SCS δίνει αναλυτικούς πίνακες με τιμές του CN για κάθε υδρολογική ομάδα εδαφών και για διάφορες χρήσεις γης.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές του CN_{II} ανά κατηγορία κάλυψης γης-υδρολογική κατάσταση και τύπο εδάφους.

Πίνακας 4.4: Αντιστοίχιση κατηγοριών καλύψεων γης-υδρολογικής κατάστασης και τύπων εδαφών με CN_{II}

Κατηγορία κάλυψης γης	Υδρολογική Κατάσταση	Κωδικός LC	Υδρολογικός τύπος εδάφους			
			A	B	C	D
100: Αδιαπέρατες επιφάνειες και επιφάνειες νερού	-	1000	98	98	98	98
200: Γυμνό έδαφος	-	2000	77	86	91	94
310: Ευρείες γραμμικές καλλιέργειες	φτωχή	3101	66	74	80	82
	καλή	3103	62	71	78	81
320: Καλλιέργειες Σιτηρών	φτωχή	3201	65	76	84	88
	καλή	3203	63	75	83	87
330: Πυκνές Καλλιέργειες	φτωχή	3301	63	73	80	83
	καλή	3303	51	67	76	80
400: Χορτολιβαδικές εκτάσεις	φτωχή	4001	68	79	86	89
	μέτρια	4002	49	69	79	84
	καλή	4003	39	61	74	80
500: Δενδρόκηποι ή Δενδροκαλλιέργειες	φτωχή	5001	57	73	82	86
	μέτρια	5002	43	65	76	82
	καλή	5003	35	58	72	79
630: Δάση με συγκόμωση 10-50%	φτωχή	6301	61	75	83	87
	μέτρια	6302	45	66	77	83
	καλή	6303	36	59	73	79
665: Δάση με συγκόμωση 50-80%	φτωχή	6651	53	71	80	85
	μέτρια	6652	41	63	75	81
	καλή	6653	33	57	71	78

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

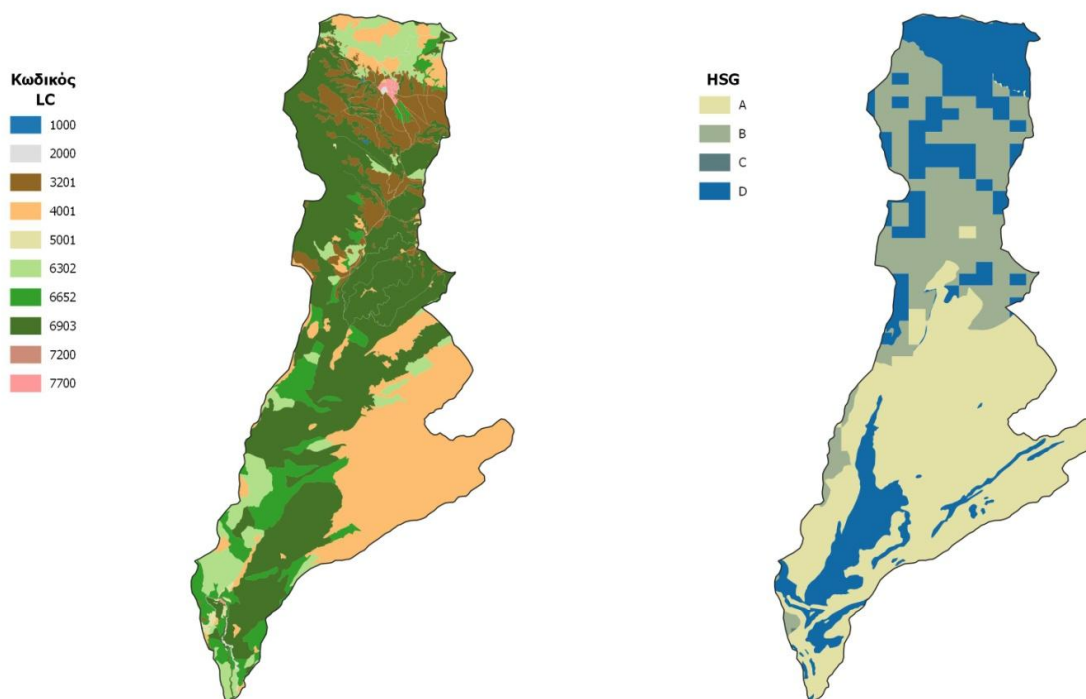
Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κατηγορία κάλυψης γης	Υδρολογική Κατάσταση	Κωδικός LC	Υδρολογικός τύπος εδάφους			
			A	B	C	D
690: Δάση με συγκρόμωση > 80%	φτωχή	6901	47	67	78	84
	μέτρια	6902	37	61	74	80
	καλή	6903	31	56	70	77
720: Χωριά και οικισμοί με αραιή δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες < 40%)	-	7200	51	68	79	84
770: Αστικές περιοχές με πυκνή δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες > 40%)	-	7700	80	87	91	93

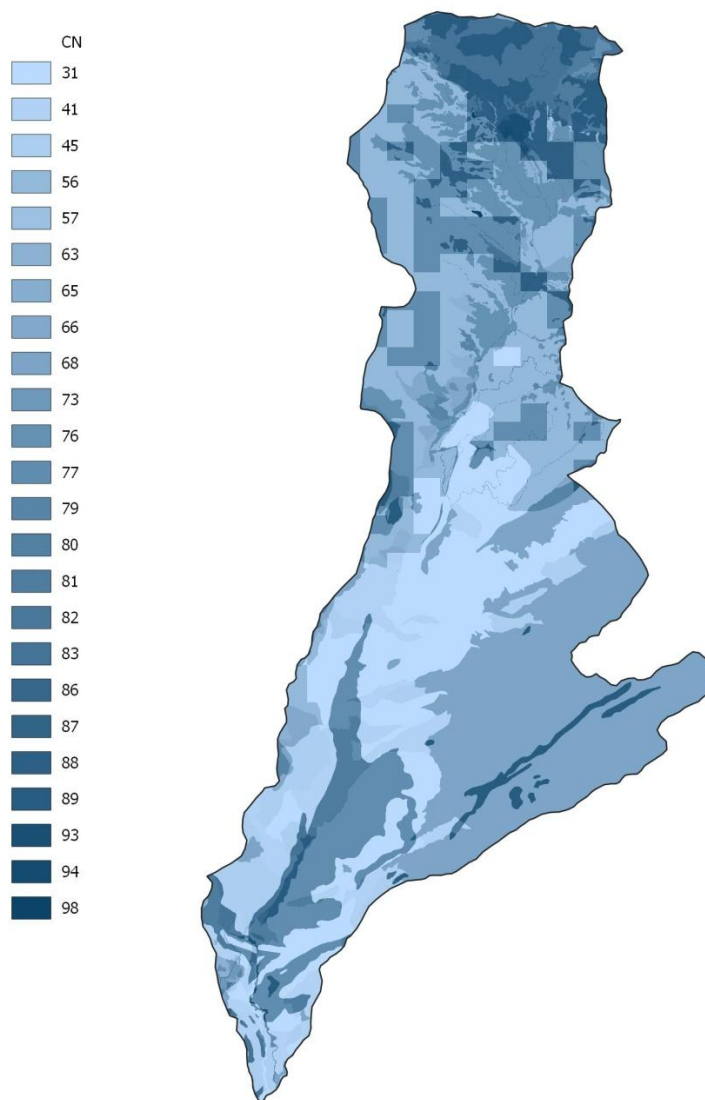
Για τον υπολογισμό του CN_{II} που ισχύει για μέσες συνθήκες υγρασίας (τύπου II) σε επίπεδο λεκάνης απορροής, έγινε χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Χρησιμοποιήθηκαν οι χάρτες κάλυψης γης, εδαφικών τύπων και των λεκανών απορροής.

Αρχικά έγινε υπέρθεση και «τομή» των θεματικών επιπέδων χρήσεων γης και εδαφικών τύπων. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν υποπεριοχές (πολύγωνα) στις οποίες μπορεί να αντιστοιχιστεί μία τιμή CN_{II} σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα.

Στα Σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται ενδεικτικά για την λεκάνη EL1106FR00287 του ΥΔ Αν. Μακεδονίας, τα θεματικά επίπεδα χρήσεων γης και εδαφικών τύπων καθώς και οι υποπεριοχές των αριθμών καμπύλης απορροής CN_{II} που πρόέκυψαν με εφαρμογή της ανωτέρω διαδικασίας.



Σχήμα 4.2: Raster κάλυψης γης και εδαφικών τύπων της λεκάνης EL1106FR00287 του ΥΔ Αν. Μακεδονίας



Σχήμα 4.3: Raster αριθμών καμπύλης απορροής CN_{II} της λεκάνης EL1106FR00287 του ΥΔ Αν. Μακεδονίας.

Όπως αναφέρθηκε και στο εδάφιο 3.4.1, με τη χρήση των σχέσεων (3.6) και (3.7) υπολογίζονται οι σχετικά υψηλές και οι σχετικά χαμηλές τιμές του CN που αναφέρονται σε συνθήκες υγρασίας τύπου III και I αντίστοιχα.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι τιμές των αριθμών καμπύλης απορροής CN_I , CN_{II} και CN_{III} που προέκυψαν με την ανωτέρω μεθοδολογία για τις λεκάνες του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας ανά Υδρολογικό σύστημα.

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**Πίνακας 4.5: Αριθμοί καμπύλης απορροής CN για τις λεκάνες του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας
(Υδρολογικό σύστημα Λεκάνης απορροής του Στρυμόνα)**

Κωδικός Λεκάνης	CN _{II}	CN _{III}	CN _I	Κωδικός Λεκάνης	CN _{II}	CN _{III}	CN _I
EL1106FR00F005	39.28	59.81	21.37	EL1106FR00F115	81.52	91.03	64.95
EL1106FR00F007	40.15	60.68	21.98	EL1106FR00F117	85.78	93.28	71.70
EL1106FR00F008	71.68	85.34	51.53	EL1106FR00F119	73.52	86.46	53.83
EL1106FR00F009	40.16	60.69	21.99	EL1106FR00F121	82.04	91.31	65.74
EL1106FR00F011	71.86	85.45	51.75	EL1106FR00F123	62.95	79.62	41.64
EL1106FR00F013	76.44	88.18	57.68	EL1106FR00F125	72.94	86.11	53.10
EL1106FR00F015	47.94	67.93	27.89	EL1106FR00F127	64.19	80.48	42.95
EL1106FR00F017	68.00	83.01	47.16	EL1106FR00F129	84.05	92.38	68.88
EL1106FR00F021	71.05	84.95	50.76	EL1106FR00F131	81.21	90.86	64.48
EL1106FR00F025	47.47	67.52	27.51	EL1106FR00F133	68.34	83.23	47.55
EL1106FR00F027	81.07	90.78	64.27	EL1106FR00F135	69.03	83.68	48.35
EL1106FR00F029	51.56	71.00	30.89	EL1106FR00F137	84.64	92.69	69.83
EL1106FR00F031	72.11	85.60	52.06	EL1106FR00F139	58.57	76.48	37.26
EL1106FR00F033	60.57	77.94	39.22	EL1106FR00F141	79.68	90.02	62.22
EL1106FR00F035	75.99	87.92	57.07	EL1106FR00F143	80.82	90.65	63.90
EL1106FR00F037	46.45	66.61	26.70	EL1106FR00F145	85.23	92.99	70.79
EL1106FR00F039	70.95	84.89	50.64	EL1106FR00F147	75.80	87.81	56.81
EL1106FR00F041	42.31	62.78	23.55	EL1106FR00F149	77.35	88.71	58.92
EL1106FR00F043	86.64	93.72	73.15	EL1106FR00F151	74.56	87.08	55.18
EL1106FR00F045	60.34	77.77	38.99	EL1106FR00F153	84.26	92.49	69.22
EL1106FR00F047	61.59	78.67	40.24	EL1106FR00F155	87.28	94.04	74.24
EL1106FR00F049	74.17	86.85	54.67	EL1106FR00F157	81.32	90.92	64.64
EL1106FR00F053	81.28	90.90	64.58	EL1106FR00F159	78.95	89.61	61.17
EL1106FR00F055	46.73	66.86	26.92	EL1106FR00F161	76.71	88.34	58.04
EL1106FR00F057	86.06	93.42	72.17	EL1106FR00F163	74.56	87.08	55.18
EL1106FR00F059	51.78	71.18	31.08	EL1106FR00F165	71.47	85.21	51.27
EL1106FR00F061	79.20	89.75	61.53	EL1106FR00F167	78.36	89.28	60.33
EL1106FR00F063	62.63	79.40	41.31	EL1106FR00F169	71.21	85.05	50.95
EL1106FR00F065	72.65	85.93	52.73	EL1106FR00F171	75.72	87.76	56.71
EL1106FR00F067	51.66	71.08	30.98	EL1106FR00F173	79.39	89.86	61.80
EL1106FR00F069	58.62	76.52	37.30	EL1106FR00F175	75.60	87.69	56.55
EL1106FR00F071	60.22	77.69	38.87	EL1106FR00F177	79.92	90.15	62.57
EL1106FR00F073	83.75	92.22	68.40	EL1106FR00F179	46.17	66.36	26.48
EL1106FR00F075	53.13	72.28	32.25	EL1106FR00F181	84.31	92.51	69.30
EL1106FR00F077	53.07	72.23	32.20	EL1106FR00F183	49.00	68.85	28.75

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός Λεκάνης	CN _{II}	CN _{III}	CN _I	Κωδικός Λεκάνης	CN _{II}	CN _{III}	CN _I
EL1106FR00F079	58.86	76.69	37.54	EL1106FR00F185	69.70	84.10	49.14
EL1106FR00F081	67.79	82.88	46.92	EL1106FR00F187	49.51	69.28	29.17
EL1106FR00F083	71.80	85.41	51.68	EL1106FR00F189	64.61	80.77	43.40
EL1106FR00F085	81.12	90.81	64.34	EL1106FR00F191	68.64	83.43	47.90
EL1106FR00F087	79.41	89.87	61.83	EL1106FR00F193	65.40	81.30	44.25
EL1106FR00F089	82.68	91.65	66.72	EL1106FR00F195	64.13	80.44	42.89
EL1106FR00F091	84.22	92.47	69.15	EL1106FR00F197	67.87	82.93	47.01
EL1106FR00F093	44.41	64.76	25.12	EL1106FR00F199	86.22	93.50	72.44
EL1106FR00F095	70.54	84.63	50.14	EL1106FR00F201	78.69	89.47	60.80
EL1106FR00F097	83.76	92.23	68.42	EL1106FR00F203	82.90	91.77	67.06
EL1106FR00F099	70.54	84.63	50.14	EL1106FR00F205	48.89	68.75	28.66
EL1106FR00F101	80.38	90.41	63.24	EL1106FR00F207	75.34	87.54	56.20
EL1106FR00F103	82.13	91.36	65.87	EL1106FR00F209	65.20	81.16	44.04
EL1106FR00F105	47.52	67.56	27.55	EL1106FR00F211	87.09	93.95	73.91
EL1106FR00F107	82.82	91.73	66.94	EL1106FR00F213	80.08	90.24	62.80
EL1106FR00F109	79.42	89.87	61.84	EL1106FR00F215	77.82	88.97	59.57
EL1106FR00F111	77.40	88.73	58.99	EL1106FR00F217	85.80	93.29	71.73
EL1106FR00F113	83.86	92.28	68.58	EL1106FR00F219	72.79	86.02	52.91
EL1106FR00F227	72.26	85.70	52.25	EL1106FR00F221	68.82	83.54	48.11
EL1106FR00F229	73.07	86.19	53.26	EL1106FR00F223	44.85	65.16	25.46
EL1106FR00F231	75.41	87.58	56.29	EL1106FR00F225	73.21	86.27	53.44
EL1106FR00F233	66.07	81.75	44.99	EL1106FR00F275	54.31	73.22	33.30
EL1106FR00F235	59.94	77.48	38.59	EL1106FR00F277	50.01	69.71	29.59
EL1106FR00F237	71.85	85.45	51.74	EL1106FR00F279	69.25	83.82	48.61
EL1106FR00F239	42.50	62.96	23.69	EL1106FR00F281	60.43	77.84	39.08
EL1106FR00F241	77.76	88.94	59.49	EL1106FR00F283	68.02	83.03	47.18
EL1106FR00F243	76.98	88.49	58.41	EL1106FR00F285	49.48	69.26	29.15
EL1106FR00F245	77.89	89.01	59.67	EL1106FR00F287	61.93	78.91	40.59
EL1106FR00F247	79.32	89.82	61.70	EL1106FR00F289	70.35	84.51	49.91
EL1106FR00F249	56.72	75.09	35.50	EL1106FR00F293	41.81	62.30	23.18
EL1106FR00F251	77.25	88.65	58.78	EL1106FR00F297	39.79	60.32	21.73
EL1106FR00F253	68.53	83.36	47.77	EL1106FR00F303	72.66	85.94	52.75
EL1106FR00F255	45.49	65.75	25.95	EL1106FR00F307	57.49	75.67	36.22
EL1106FR00F257	72.27	85.70	52.26	EL1106FR00F317	48.75	68.63	28.55
EL1106FR00F259	59.91	77.46	38.56	EL1106FR00F319	69.02	83.67	48.34
EL1106FR00F261	51.26	70.75	30.64	EL1106FR00F321	49.87	69.59	29.47
EL1106FR00F263	62.27	79.15	40.94	EL1106FR00F327	78.06	89.11	59.91

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός Λεκάνης	CN _{II}	CN _{III}	CN _I	Κωδικός Λεκάνης	CN _{II}	CN _{III}	CN _I
EL1106FR00F265	49.40	69.19	29.08	EL1106FR00F329	54.72	73.54	33.67
EL1106FR00F267	68.98	83.65	48.29	EL1106FR00F331	62.17	79.08	40.84
EL1106FR00F269	68.70	83.47	47.97	EL1106FR00F333	63.11	79.74	41.81
EL1106FR00F271	64.68	80.81	43.47	EL1106FR00F335	58.85	76.69	37.53
EL1106FR00F273	63.02	79.67	41.72	EL1106FR00F337	75.89	87.86	56.93
EL1106FR00F341	61.63	78.70	40.28	EL1106FR00F339	73.49	86.44	53.80

Πίνακας 4.6: Αριθμοί καμπύλης απορροής CN για τις λεκάνες του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας (Υδρολογικό σύστημα Κλειστής λεκάνης του Οχυρού)

Κωδικός Λεκάνης	CN _{II}	CN _{III}	CN _I
EL1106FL00F311	61.99	78.95	40.65
EL1106FR00F299	53.38	72.48	32.47
EL1106FR00F301	48.11	68.08	28.03
EL1106FR00F305	53.95	72.93	32.98
EL1106FR00F309	61.58	78.66	40.23
EL1106FR00F313	55.02	73.78	33.94

Πίνακας 4.7: Αριθμοί καμπύλης απορροής CN για τις λεκάνες του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας (Υδρολογικά υποσυστήματα Παραθαλάσσιων υπο-λεκανών ρ. Ασπροβάλτας, ρ. Πηγαδούλι, ρ. Πλατανόρεμα, ρ. Μαρμαρά και παραλίας Ν. Καβάλας)

Κωδικός Λεκάνης	CN _{II}	CN _{III}	CN _I
EL1106FR00F001	75.94	87.89	57.00
EL1106FR00F002	74.98	87.33	55.73
EL1106FR00F003	46.11	66.31	26.44
EL1106FR00F004	55.69	74.30	34.55
EL1106FR00F006	72.77	86.01	52.88
EL1106FR00F010	67.06	82.40	46.09
EL1106FR00F012	72.23	85.68	52.21
EL1106FR00F014	65.99	81.69	44.90
EL1106FR00F016	69.11	83.73	48.44
EL1106FR00F018	75.87	87.85	56.91
EL1106FR00F019	66.80	82.23	45.80
EL1106FR00F023	48.18	68.14	28.08
EL1106FR00F051	66.07	81.75	44.99
EL1106FR00F323	53.09	72.25	32.22
EL1106FR00F325	62.11	79.04	40.77

4.6 Επίδραση των πυρκαγιών στον Αριθμό Καμπύλης Απορροής CN.

Η εκτίμηση της επίδρασης των πυρκαγιών στους αριθμούς καμπύλης απορροής πραγματοποιήθηκε με κατώτατο χωρικό κατώφλι το 5% της συνολικής έκτασης της υπολεκάνης απορροής και για ένα μέγιστο χρονικό ορίζοντα 7 ετών (από το 2014 και μετά).

Τα αποτελέσματα των πυρκαγιών μέχρι πριν το 2020 έχουν αποτυπωθεί στους χάρτες κάλυψης και η μείωση του βαθμού δασικής κάλυψης λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό των αριθμών καμπύλης απορροής (CN). Για τις περιοχές που έχουν πληγεί από πυρκαγιές από το 2020 και μετά η επιρροή της πυρκαγιάς στους δείκτες CN γίνεται με βάση τον βαθμό επίδρασης στη δασική βλάστηση (σφοδρότητα της πυρκαγιάς) που εκτιμάται από δεδομένα δορυφορικών καταγραφών σε συνδυασμό με επίγειες αξιολογήσεις ανάλογα με την προσβασιμότητα της περιοχής.

Στο ΥΔ 11 μετά το 2020 δεν καταγράφηκαν πυρκαγιές τέτοιας έκτασης και έντασης που να απαιτείται ο συνυπολογισμός του βαθμού επίδρασης τους στο υδρολογικό καθεστώς των υπολεκανών.

4.7 Μεταβολές των τιμών του CN σε σχέση με τον πρώτο κύκλο.

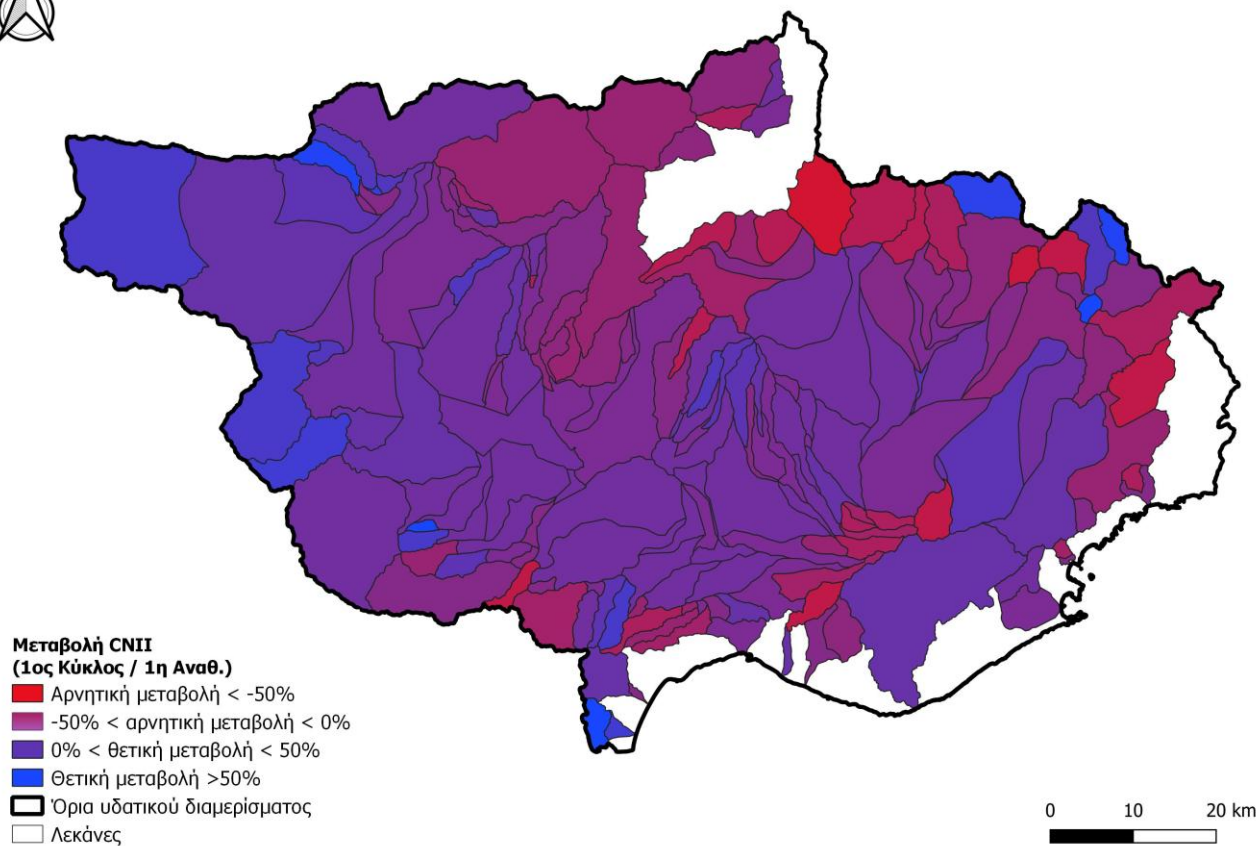
Σε σχέση με το προηγούμενο κύκλο στο σύνολο του ΥΔ 11 δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στο μέσο CN (65,86 έναντι 65,24). Ωστόσο σε επίπεδο υπολεκανών σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρούνται σημαντικές διαφορές, όπως δείχνονται στον παρακάτω πίνακα και χάρτη, που οφείλονται στις παρακάτω αιτίες:

Η φυτοκάλυψη επανεκτιμήθηκε με βάση τα νεότερα στοιχεία των χρήσεων γης (ΟΠΕΚΕΠΕ 2021) και φωτοερμηνεία επί πρόσφατων εικόνων sentinel 2 και Google Earth. Στις πιο πρόσφατες εικόνες αποτυπώνεται η φυτοκάλυψη μετά τις τυχόν μεταβολές που επήλθαν λόγω δασώσεων, αναδάσωσης και πυρκαγιών.

Τα εδάφη επανεκτιμήθηκαν με βάση τα δεδομένα του «LUCAS topsoil data» της European Soil Data Centre (ESDAC) που δεν ήταν διαθέσιμα στον 1ο κύκλο. Η χρήση της LUCAS πλεονεκτεί γιατί βασίζεται σε δειγματοληψίες και όχι σε ανασφαλείς υποθέσεις για την υφή του εδάφους με βάση το μητρικό υλικό. Επίσης ελήφθησαν υπόψη τα αβαθή εδάφη και για το λόγο αυτό υπάρχει μια σημαντική διαφορά στα ποσοστά συμμετοχής των διαφόρων εδαφικών τύπων σε σχέση με τον 1ο κύκλο. Δηλαδή έχουμε μια σημαντική μετακίνηση εδαφών από τον τύπο C στον τύπο A.

Πίνακας 4.8: Μεταβολή αριθμού CNii / Ποσοστό λεκανών (1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)

	Cnii
θετική μεταβολή >50%	0%
0% < θετική μεταβολή < 50%	20%
-50% < αρνητική μεταβολή < 0%	80%
αρνητική μεταβολή > -50%	0%



Σχήμα 4-4: Μεταβολή αριθμού CNii (1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)

5 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΥΔ EL11

5.1 Σύστημα Λεκανών ποταμού Στρυμόνα

5.1.1 Συνολικά στοιχεία υδρολογικού μοντέλου

Το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης της λεκάνης απορροής του ποταμού Στρυμόνα περιλαμβάνει 159 υπολεκάνες, 116 κόμβους και 113 κλάδους του υδρογραφικού δικτύου. Στο σύστημα των Λεκανών του Στρυμόνα εμπεριέχονται οι μεγάλοι ποταμοί μόνιμης ροής του ΥΔ11 (ο κλάδος του ελληνικού τμήματος του Στρυμόνα και ο παραπόταμός του Αγγίτης), οι δευτερεύοντες ποταμοί (οι π. Μπαλίτσα, Κρουσοβίτης και οι ανάντη παραπόταμοι του Αγγίτη), η στραγγιστική τάφρος των Τεναγών των Φιλίππων καθώς και οι μικρότερες λεκάνες υδατορευμάτων διαλείπουσας ή εφήμερης ροής. Στον κόμβο 'RESERVOIR' βρίσκεται το φράγμα της Κερκίνης. Ανάντη του φράγματος αναπτύσσεται ο ομώνυμος ταμιευτήρας, έκτασης που κυμαίνεται από 50 km² έως 80 km². Η λεκάνη απορροής ανάντη του φράγματος έχει έκταση 880.037 km². Κατάντη του φράγματος, ο ποταμός Στρυμόνας ρέει κατά μήκος της διαδρομής J3-J1-J2-J4-J5-J7-J8-J20-J21-J22- J44-J43, μέχρι την εκβολή του στο Στρυμονικό Κόλπο, ενώ στον κόμβο J8 συμβάλλει με τη Μπέλιτσα και στον κόμβο J22 συμβάλλει με τη με τον Αγγίτη. Κατά συνέπεια, οι πλημμυρικές απορροές της λεκάνης είναι σε μεγάλο βαθμό ρυθμιζόμενες, κυρίως μέσω του ταμιευτήρα της Κερκίνης. Η ΖΔΥΚΠ καλύπτει το μεγαλύτερο πεδινό τμήμα της λεκάνης.

Τα χαρακτηριστικά γεωμετρικά μεγέθη των κλάδων και υπολεκανών του υδρογραφικού δικτύου δίνονται στους επόμενους πίνακες. Επίσης, στον χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζεται η σχηματοποίηση του υδρολογικού συστήματος όπου δείχνονται τα ρέματα, οι κόμβοι, και οι υπολεκάνες απορροής.

Τα αναλυτικά δεδομένα της υδρολογικής προσομοίωσης (δεδομένα εισόδου μοντέλου, σε μορφή πινάκων και γραφημάτων) παρουσιάζονται στα αντίστοιχα παραρτήματα:

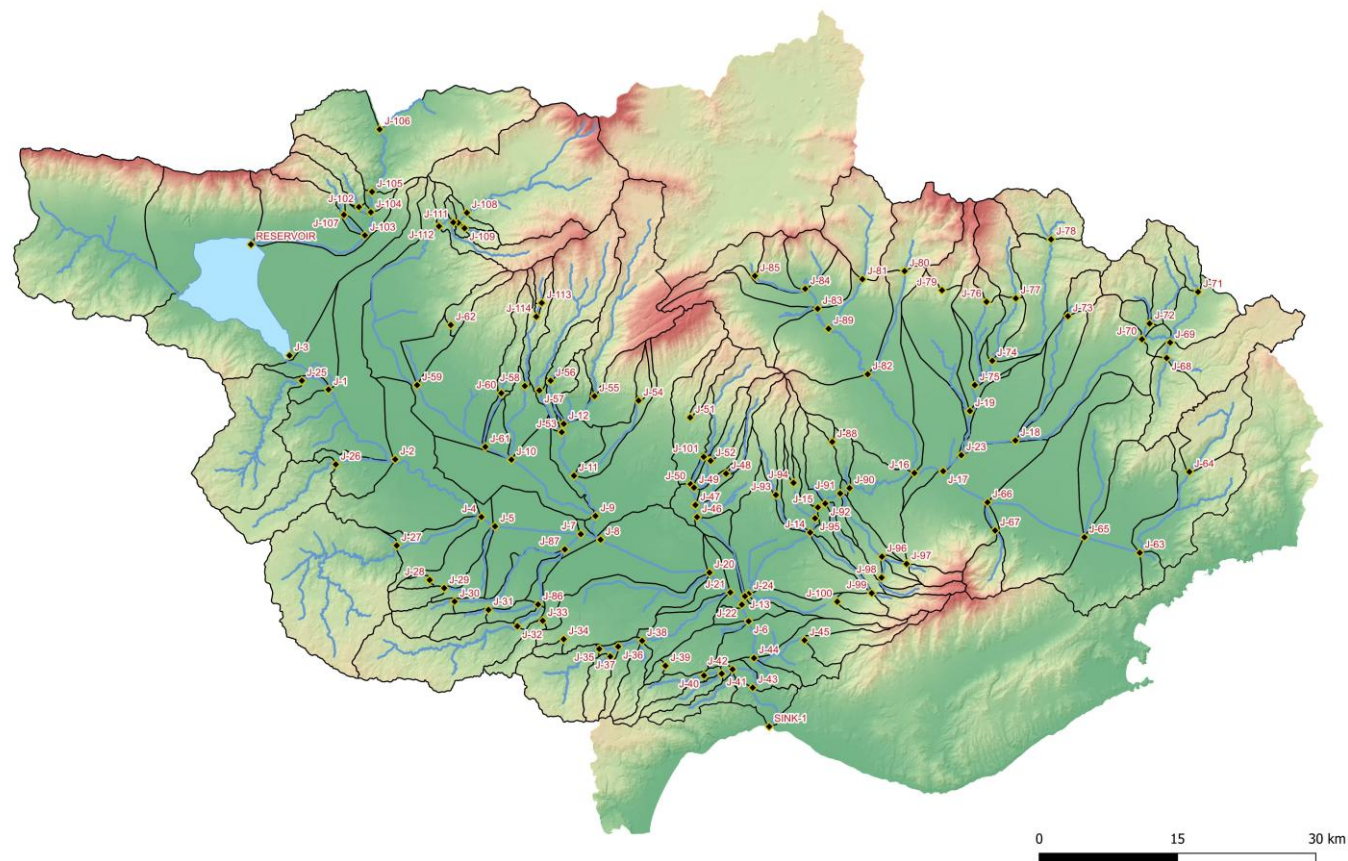
- Στο Παράρτημα Π1 δίνονται οι παράμετροι Ομβρίων, τα στοιχεία βροχοπτώσεων και οι ταυτότητες των υπολεκανών συνοδευόμενες με τα Υετογραφήματα καταιγίδας.
- Στο Παράρτημα Π2 αναλύονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη των κλάδων που υδρογραφικού δικτύου και δίνονται οι τιμές βασικής ροής και οι υπολογισμένοι χρόνοι συρροής των υπολεκανών.

Επίσης, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για το σύνολο της Λεκάνης του Στρυμόνα το εμβαδό της λεκάνης, το ύψος βροχής για κάθε περίοδο επαναφοράς (ως σταθμισμένος μέσος όρος ανά υπολεκάνη), η βασική απορροή (ως σταθμισμένος μέσος όρος ανά υπολεκάνη) και η αιχμή πλημμύρας (για κάθε περίοδο επαναφοράς, για το μέσο CN).

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά μεγέθη Λεκάνης Στρυμόνα

ΛΕΚΑΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΒΡΟΧΗΣ (hr)	Βασική απορροή (m ³ /s)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ T_50 (mm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ T_100 (mm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ T_1000 (mm)	ΑΙΧΜΗ T_50 (m ³ /s)	ΑΙΧΜΗ T_100 (m ³ /s)	ΑΙΧΜΗ T_1000 (m ³ /s)
ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ	5980.4	i	0.8	104.71	122.9	202.6	1780.8	2442.7	5566.9

* Σημειώνεται ότι η διάρκεια βροχόπτωσης σχεδιασμού στη λεκάνη του Στρυμόνα διαχωρίζεται για τις επί μέρους υπολεκάνες όπως αναλύεται και παρακάτω στο παρόν κεφάλαιο.



Σχήμα 5-1: Χάρτης περιοχής μελέτης, στον οποίο απεικονίζεται η σχηματοποίηση των κόμβων και κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκάνων συστήματος Λεκανών ποταμού Στρυμόνα

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά μεγέθη υπολεκανών συστήματος Λεκανών ποταμού Στρυμόνα

Κωδικός	Κωδικός (συντ/φια μοντέλου)	Υπολεκάνη	Ανάπτυξη	Κατάπτυξη	Μήκος (km)	Μέση κλίση
R_J25J1	Str 13 - 1	EL1106FR00F171	J25	J1	3.27	0.0037
R_J26J2	Str 12 - 1	EL1106FR00F127	J26	J2	6.87	0.0097
R_J27J4	Str 11 - 1	EL1106FR00F099	J27	J4	10.38	0.0043
R_J28J4	Str 11 - 2	EL1106FR00F111	J28	J4	10.00	0.0097
R_J29J5	Str 10 - 1	EL1106FR00F095	J29	J5	12.17	0.0112
R_J30J87	Str 9 - 2	EL1106FR00F085	J30	J87	6.13	0.0232
R_J31J86	Str 9 - 4	EL1106FR00F053	J31	J86	6.13	0.0142
R_J32J86	Str 9 - 5	EL1106FR00F049	J32	J86	4.33	0.0104
R_J86J87	Str 9 - 3	EL1106FR00F083	J86	J87	7.68	0.0046
R_J87J7	Str 9 - 1	-	J87	J7	2.25	0.0023
R_J34J20	Str 7 - 1	EL1106FR00F073	J34	J20	21.35	0.0082
R_J35J36	Str 6 - 3	EL1106FR00F027	J35	J36	1.78	0.0156
R_J37J36	Str 6 - 4	-	J37	J36	1.78	0.0158
R_J36J38	Str 6 - 2	EL1106FR00F033	J36	J38	3.11	0.0092
R_J38J21	Str 6 - 1	EL1106FR00F061	J38	J21	12.69	0.0042
R_J39J6	Str 4 - 1	EL1106FR00F035	J39	J6	11.75	0.0103
R_J40J41	Str 2 - 3	EL1106FR00F011	J40	J41	2.15	0.0196
R_J41J42	Str 2 - 2	EL1106FR00F013	J41	J42	1.30	0.0112
R_J42J43	Str 2 - 1	EL1106FR00F017	J42	J43	4.46	0.0083
R_J62J59	Bel 5 - 1	EL1106FR00F213	J62	J59	10.25	0.0125
R_J60J61	Bel 3 - 1	EL1106FR00F159	J60	J61	6.31	0.0103
R_J113J114	Bel 2 - 1 - 2	EL1106FR00F329	J113	J114	1.67	0.0538
R_J114J58	Bel 2 - 1 - 1	EL1106FR00F253	J114	J58	8.98	0.0462
R_J58J10	Bel 2 - 1	EL1106FR00F181	J58	J10	9.48	0.0142
R_J57J53	Bel 1 - 5	EL1106FR00F163	J57	J53	5.18	0.0126
R_J56J12	Bel 1 - 6	EL1106FR00F185	J56	J12	5.32	0.0218
R_J12J53	Bel 1 - 3	-	J12	J53	1.05	0.0045
R_J54J11	Bel 1 - 7	EL1106FR00F201	J54	J11	12.19	0.0227
R_J55J12	Bel 1 - 4	-	J55	J12	5.09	0.0130
R_J53J11	Bel 1 - 2	-	J53	J11	5.60	0.0032
R_J11J9	Bel 1 - 1	EL1106FR00F219	J11	J9	5.70	0.0007
R_J51J50	Agg 1 - 8	EL1106FR00F189	J51	J50	9.47	0.0262
R_J101J50	Agg 1 - 5	EL1106FR00F125	J101	J50	3.65	0.0158
R_J50J49	Agg 1 - 4	-	J50	J49	0.47	0.0031
R_J49J47	Agg 1 - 3	-	J49	J47	2.14	0.0088

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός	Κωδικός (συντ/φια μοντέλου)	Υπολεκάνη	Ανάπτυξη	Κατάπτυξη	Μήκος (km)	Μέση κλίση
R_J52J49	Agg 1 - 6	EL1106FR00F147	J52	J49	4.13	0.0166
R_J48J47	Agg 1 - 7	EL1106FR00F119	J48	J47	5.93	0.0181
R_J47J46	Agg 1 - 2	EL1106FR00F141	J47	J46	1.46	0.0075
R_J46J13	Agg 1 - 1	EL1106FR00F101	J46	J13	10.54	0.0028
R_J85J84	Agg 9 - 6	EL1106FR00F263	J85	J84	6.46	0.0375
R_J84J83	Agg 9 - 5	EL1106FR00F257	J84	J83	2.59	0.0059
R_J83J89	Agg 9 - 4	-	J83	J89	5.57	0.0010
R_J81J89	Agg 9 - 3	-	J81	J89	6.82	0.0302
R_J89J82	Agg 9 - 2	-	J89	J82	7.40	0.0034
R_J80J82	Agg 9 - 7	-	J80	J82	12.99	0.0232
R_J82J16	Agg 9 - 1	EL1106FR00F247	J82	J16	15.14	0.0042
R_J78J74	Agg 14 - 2	EL1106FR00F259	J78	J74	18.62	0.0137
R_J77J74	Agg 14 - 3	EL1106FR00F225	J77	J74	8.07	0.0277
R_J76J75	Agg 14 - 4	EL1106FR00F251	J76	J75	10.29	0.0226
R_J79J19	Agg 13 - 1	EL1106FR00F243	J79	J19	18.16	0.0191
R_J74J75	Agg 14 - 1	EL1106FR00F203	J74	J75	3.81	0.0039
R_J75J19	Agg 14	EL1106FR00F217	J75	J19	2.31	0.0046
R_J19J23	Agg 13	EL1106FR00F155	J19	J23	7.21	0.0020
R_J68J69	Agg 17 - 1	-	J68	J69	2.51	0.0123
R_J71J69	Agg 17	EL1106FR00F233	J71	J69	8.06	0.0100
R_J69J70	Agg 16	EL1106FR00F207	J69	J70	4.00	0.0103
R_J72J70	Agg 16 - 1	EL1106FR00F221	J72	J70	2.21	0.0247
R_J70J18	Agg 15	EL1106FR00F227	J70	J18	19.52	0.0061
R_J73J18	Agg 15 - 1	EL1106FR00F215	J73	J18	16.72	0.0126
R_J18J23	Agg 12	EL1106FR00F199	J18	J23	6.86	0.0025
R_J64J63	TF - 4	EL1106FR00F139	J64	J63	11.93	0.0134
R_J63J65	TF - 3	EL1106FR00F135	J63	J65	6.24	0.0001
R_J65J66	TF - 2	EL1106FR00F175	J65	J66	11.46	0.0002
R_J67J66	TF2 - 1	EL1106FR00F109	J67	J66	3.31	0.0197
R_J66J17	TF - 1	EL1106FR00F133	J66	J17	6.08	0.0000
R_J23J17	Agg 11	EL1106FR00F211	J23	J17	2.13	0.0020
R_J97J96	Agg 7 - 2	EL1106FR00F079	J97	J96	3.01	0.0526
R_J98J96	Agg 7 - 3	EL1106FR00F077	J98	J96	2.57	0.0454
R_J96J91	Agg 7 - 1	EL1106FR00F113	J96	J91	9.53	0.0233
R_J88J90	Agg 8 - 1	EL1106FR00F137	J88	J90	7.24	0.0371
R_J94J95	Agg 4 - 1	EL1106FR00F129	J94	J95	5.13	0.0371

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός	Κωδικός (συντ/φια μοντέλου)	Υπολεκάνη	Ανάπτυξη	Κατάπτυξη	Μήκος (km)	Μέση κλίση
R_J93J14	Agg 3 - 1	EL1106FR00F143	J93	J14	6.14	0.0271
R_J99J14	Agg 3a - 1	EL1106FR00F091	J99	J14	10.11	0.0389
R_J100J24	Agg 2 - 1	EL1106FR00F065	J100	J24	10.90	0.0180
R_J45J44	Str 3 - 1	EL1106FR00F039	J45	J44	6.67	0.0135
R_J106J105	Str 17	EL1106FR00F307	J106	J105	8.17	0.1775
R_J105J104	Str 16	EL1106FR00F283	J105	J104	2.31	0.0016
R_J102J104	Str 15 - 1	EL1106FR00F273	J102	J104	1.65	0.0309
R_J104J103	Str 15	EL1106FR00F279	J104	J103	2.78	0.0020
R_J107J103	Str 18	EL1106FR00F319	J107	J103	3.79	0.0274
R_J103RESERVOIR	Str 14	EL1106FL00F315	J103	RESERVOIR	13.48	0.0005
R_J108J110	Bel 8	EL1106FR00F333	J108	J110	1.48	0.0173
R_J109J110	Bel 7 - 1	EL1106FR00F337	J109	J110	1.14	0.0550
R_J110J111	Bel 7	EL1106FR00F339	J110	J111	0.54	0.0174
R_J111J112	Bel 6	EL1106FR00F341	J111	J112	2.08	0.0166
R_J112J59	Bel 5	EL1106FR00F303	J112	J59	24.40	0.0056
R_J59J61	Bel 4	EL1106FR00F241	J59	J61	10.45	0.0007
R_J61J10	Bel 3	EL1106FR00F157	J61	J10	3.06	0.0006
R_J10J9	Bel 2	EL1106FR00F149	J10	J9	11.95	0.0003
R_J9J8	Bel 1	-	J9	J8	2.89	0.0011
R_J17J16	Agg 10	EL1106FR00F211	J17	J16	3.36	0.0001
R_J16J90	Agg 9	EL1106FR00F131	J16	J90	10.10	0.0012
R_J90J91	Agg 8	EL1106FR00F117	J90	J91	1.09	0.0009
R_J91J92	Agg 7	EL1106FR00F145	J91	J92	2.50	0.0010
R_J92J15	Agg 6	EL1106FR00F153	J92	J15	1.14	0.0163
R_J15J95	Agg 5	-	J15	J95	1.35	0.0027
R_J95J14	Agg 4	-	J95	J14	1.68	0.0018
R_J14J24	Agg 3	EL1106FR00F121	J14	J24	10.49	0.0003
R_J24J13	Agg 2	-	J24	J13	0.60	0.0043
R_J13J22	Agg 1	-	J13	J22	1.02	0.0020
R_J3J1	Str 13	EL1106FR00F231	J3	J1	7.60	0.0007
R_J1J2	Str 12	EL1106FR00F289	J1	J2	12.33	0.0007
R_J2J4	Str 11	EL1106FR00F169	J2	J4	13.73	0.0001
R_J4J5	Str 10	-	J4	J5	1.80	0.0002
R_J5J7	Str 9	EL1106FR00F115	J5	J7	9.65	0.0002
R_J7J8	Str 8	EL1106FR00F097	J7	J8	2.57	0.0002
R_J8J20	Str 7	EL1106FR00F103	J8	J20	13.12	0.0004

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός	Κωδικός (συντ/φια μοντέλου)	Υπολεκάνη	Ανάληψη	Κατάληψη	Μήκος (km)	Μέση κλίση
R_J20J21	Str 6	EL1106FR00F087	J20	J21	3.11	0.0002
R_J21J22	Str 5	EL1106FR00F089	J21	J22	1.87	0.0000
R_J22J6	Str 4	EL1106FR00F057	J22	J6	1.97	0.0000
R_J6J44	Str 3	EL1106FR00F043	J6	J44	4.16	0.0001
R_J44J43	Str 2	EL1106FR00F021	J44	J43	4.86	0.0000
R_J43SINK1	Str 1	EL1106FR00F008	J43	SINK1	6.39	0.0000

**Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά μεγέθη κλάδων υδρογραφικού δικτύου (υδατορέματα)
συστήματος Λεκανών ποταμού Στρυμόνα**

Κωδικός	Κλάδος	Κόμβος εξόδου	Έκταση (km ²)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)	Μέγιστο μήκος ροής (km)
EL1106FL00F291	-	RESERVOIR	346.19	260.50	0.00	-
EL1106FL00F295	-	RESERVOIR	239.83	500.58	3.33	29.61
EL1106FL00F315	R_J103RESERVOIR	RESERVOIR	67.99	428.38	35.35	14.69
EL1106FR00F005	-	J-41	11.69	333.83	51.49	13.18
EL1106FR00F007	-	J-40	16.56	364.74	93.50	15.15
EL1106FR00F008	R_J43SINK1	SINK-1	17.56	81.64	0.00	6.48
EL1106FR00F009	-	J-42	14.76	320.17	36.84	14.69
EL1106FR00F011	R_J40J41	J-41	1.88	116.56	51.41	2.27
EL1106FR00F013	R_J41J42	J-42	1.39	88.38	37.42	1.38
EL1106FR00F015	-	J-39	3.32	213.21	122.97	3.95
EL1106FR00F017	R_J42J43	J-43	6.00	51.50	0.00	4.82
EL1106FR00F021	R_J44J43	J-43	11.91	92.29	0.01	4.54
EL1106FR00F025	-	J-35	47.37	484.33	109.51	15.74
EL1106FR00F027	R_J35J36	J-36	2.64	123.61	81.77	2.52
EL1106FR00F029	-	J-38	17.02	388.41	53.16	13.27
EL1106FR00F031	-	J-34	4.14	359.63	175.31	4.96
EL1106FR00F033	R_J36J38	J-38	13.99	358.63	53.32	11.70
EL1106FR00F035	R_J39J6	J-6	24.40	89.69	2.09	12.42
EL1106FR00F037	-	J-33	12.21	393.15	96.62	11.14
EL1106FR00F039	R_J45J44	J-44	32.87	209.37	1.91	17.04
EL1106FR00F041	-	J-32	86.77	564.95	87.32	26.81
EL1106FR00F043	R_J6J44	J-44	32.77	55.65	0.07	10.19
EL1106FR00F045	-	J-45	24.17	604.16	91.60	17.36

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός	Κλάδος	Κόμβος εξόδου	Έκταση (km ²)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)	Μέγιστο μήκος ροής (km)
EL1106FR00F047	-	J-31	13.67	333.59	128.91	9.21
EL1106FR00F049	R_J32J86	J-86	3.97	128.83	42.06	4.37
EL1106FR00F053	R_J31J86	J-86	7.96	130.46	42.06	6.54
EL1106FR00F055	-	J-30	16.49	442.17	148.35	9.55
EL1106FR00F057	R_J22J6	J-6	11.99	32.51	0.65	5.76
EL1106FR00F059	-	J-99	14.45	1069.88	408.04	10.43
EL1106FR00F061	R_J38J21	J-21	29.20	59.18	0.08	14.94
EL1106FR00F063	-	J-100	9.83	468.15	199.50	7.66
EL1106FR00F065	R_J100J24	J-24	25.79	310.28	3.25	20.36
EL1106FR00F067	-	J-29	11.45	407.33	146.63	7.92
EL1106FR00F069	-	J-98	9.04	1222.81	358.32	12.21
EL1106FR00F071	-	J-28	4.04	276.49	103.84	4.39
EL1106FR00F073	R_J34J20	J-20	79.69	72.36	0.10	31.88
EL1106FR00F075	-	J-97	8.70	1120.89	400.19	7.88
EL1106FR00F077	R_J98J96	J-96	6.36	545.53	241.89	5.29
EL1106FR00F079	R_J97J96	J-96	4.16	458.89	242.79	3.14
EL1106FR00F081	-	J-63	8.28	149.78	42.41	5.13
EL1106FR00F083	R_J86J87	J-87	7.50	27.33	6.49	8.35
EL1106FR00F085	R_J30J87	J-87	26.48	68.60	6.26	17.10
EL1106FR00F087	R_J20J21	J-21	16.02	20.35	0.82	11.05
EL1106FR00F089	R_J21J22	J-22	12.04	14.12	0.74	9.18
EL1106FR00F091	R_J99J14	J-14	8.51	203.79	14.37	11.32
EL1106FR00F093	-	J-67	22.62	877.00	105.06	10.12
EL1106FR00F095	R_J29J5	J-5	14.28	90.24	9.73	13.67
EL1106FR00F097	R_J7J8	J-8	5.43	9.87	6.54	2.10
EL1106FR00F099	R_J27J4	J-4	29.96	88.92	8.20	15.79
EL1106FR00F101	R_J46J13	J-13	10.61	31.79	2.76	10.42
EL1106FR00F103	R_J8J20	J-20	110.29	24.50	1.29	13.53
EL1106FR00F105	-	J-27	178.87	535.19	53.15	35.31
EL1106FR00F107	-	J-92	13.56	235.86	20.27	14.02
EL1106FR00F109	R_J67J66	J-66	2.57	71.88	43.27	3.28
EL1106FR00F111	R_J28J4	J-4	27.17	50.89	7.09	1.80
EL1106FR00F113	R_J96J91	J-91	16.68	196.63	20.08	10.23
EL1106FR00F115	R_J5J7	J-7	62.35	18.64	6.95	11.10
EL1106FR00F117	R_J90J91	J-91	1.14	63.48	35.68	1.00

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός	Κλάδος	Κόμβος εξόδου	Έκταση (km ²)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)	Μέγιστο μήκος ροής (km)
EL1106FR00F119	R_J48J47	J-47	5.57	106.54	42.68	5.13
EL1106FR00F121	R_J14J24	J-24	96.36	108.28	5.33	19.36
EL1106FR00F123	-	J-26	51.89	461.58	78.45	19.27
EL1106FR00F125	R_J101J50	J-50	1.76	95.73	62.95	3.84
EL1106FR00F127	R_J26J2	J-2	24.39	142.55	11.65	7.11
EL1106FR00F129	R_J94J95	J-95	17.65	138.98	9.24	9.56
EL1106FR00F131	R_J16J90	J-90	49.75	142.62	36.63	8.76
EL1106FR00F133	R_J66J17	J-17	116.42	256.25	39.62	19.94
EL1106FR00F135	R_J63J65	J-65	124.19	186.76	37.86	17.59
EL1106FR00F137	R_J88J90	J-90	9.23	237.80	27.60	7.24
EL1106FR00F139	R_J64J63	J-63	71.29	341.84	37.34	20.56
EL1106FR00F141	R_J47J46	J-46	33.12	151.27	31.77	13.94
EL1106FR00F143	R_J93J14	J-14	9.00	272.41	10.64	14.44
EL1106FR00F145	R_J91J92	J-92	28.68	215.92	33.20	11.34
EL1106FR00F147	R_J52J49	J-49	11.17	212.47	61.50	11.41
EL1106FR00F149	R_J10J9	J-9	78.65	13.28	4.91	23.00
EL1106FR00F151	-	J-88	4.77	488.82	296.13	5.41
EL1106FR00F153	R_J92J15	J-15	19.73	264.59	14.68	14.04
EL1106FR00F155	R_J19J23	J-23	3.03	57.16	43.82	6.93
EL1106FR00F157	R_J61J10	J-10	10.24	19.35	8.22	7.60
EL1106FR00F159	R_J60J61	J-61	3.20	47.59	11.48	6.44
EL1106FR00F161	-	J-52	12.50	521.78	130.11	11.33
EL1106FR00F163	R_J57J53	J-53	4.44	83.00	27.32	6.01
EL1106FR00F165	-	J-65	59.74	204.92	42.00	24.24
EL1106FR00F167	-	J-94	9.16	674.29	199.48	13.97
EL1106FR00F169	R_J2J4	J-4	116.70	65.46	9.27	13.95
EL1106FR00F171	R_J25J1	J-1	7.61	93.64	21.02	3.06
EL1106FR00F173	-	J-93	23.79	609.38	176.94	16.58
EL1106FR00F175	R_J65J66	J-66	136.53	136.46	39.85	25.44
EL1106FR00F177	-	J-48	12.84	738.44	149.94	15.91
EL1106FR00F179	-	J-64	47.65	675.17	197.19	19.22
EL1106FR00F181	R_J58J10	J-10	25.11	77.09	9.34	10.17
EL1106FR00F183	-	J-25	109.97	473.12	33.16	26.44
EL1106FR00F185	R_J56J12	J-12	9.56	263.44	32.61	8.59
EL1106FR00F187	-	J-68	35.66	583.07	251.67	10.56

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός	Κλάδος	Κόμβος εξόδου	Έκταση (km ²)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)	Μέγιστο μήκος ροής (km)
EL1106FR00F189	R_J51J50	J-50	39.44	400.32	64.97	18.06
EL1106FR00F191	-	J-12	13.96	228.31	32.00	11.08
EL1106FR00F193	-	J-101	30.10	767.38	120.67	18.87
EL1106FR00F195	-	J-54	6.39	690.63	285.33	6.59
EL1106FR00F197	-	J-12	33.98	452.70	31.95	13.14
EL1106FR00F199	R_J18J23	J-23	51.14	80.32	43.86	14.96
EL1106FR00F201	R_J54J11	J-11	20.67	243.36	9.12	20.44
EL1106FR00F203	R_J74J75	J-75	8.40	94.22	69.03	6.13
EL1106FR00F205	-	J-51	13.28	973.79	311.44	11.26
EL1106FR00F207	R_J69J70	J-70	6.32	305.24	179.42	3.96
EL1106FR00F209	-	J-56	14.73	531.23	148.63	11.48
EL1106FR00F211	R_J23J17	J-17	61.51	72.15	48.81	19.00
EL1106FR00F213	R_J62J59	J-59	16.98	72.42	21.60	12.95
EL1106FR00F215	R_J73J18	J-18	29.42	203.69	61.25	17.63
EL1106FR00F217	R_J75J19	J-19	13.88	96.35	58.34	11.71
EL1106FR00F219	R_J11J9	J-9	161.98	388.43	1.61	35.21
EL1106FR00F221	R_J72J70	J-70	8.65	388.42	178.98	5.96
EL1106FR00F223	-	J-68	69.52	809.62	218.87	26.87
EL1106FR00F225	R_J77J74	J-74	14.54	269.30	83.59	7.93
EL1106FR00F227	R_J70J18	J-18	81.38	281.64	60.83	24.24
EL1106FR00F229	-	J-60	18.27	449.78	76.21	15.46
EL1106FR00F231	R_J3J1	J-1	29.76	36.46	18.99	7.62
EL1106FR00F233	R_J71J69	J-69	37.24	427.77	220.10	8.48
EL1106FR00F235	-	J-83	55.12	779.33	96.91	17.24
EL1106FR00F237	-	J-62	12.88	593.28	150.07	11.82
EL1106FR00F239	-	J-73	13.42	693.63	271.81	6.60
EL1106FR00F241	R_J59J61	J-61	116.15	217.83	9.93	24.26
EL1106FR00F243	R_J79J19	J-19	53.73	237.60	58.56	20.03
EL1106FR00F245	-	J-82	97.42	268.40	64.56	10.20
EL1106FR00F247	R_J82J16	J-16	118.38	236.48	40.50	28.13
EL1106FR00F249	-	J-76	5.52	697.06	302.17	4.51
EL1106FR00F251	R_J76J75	J-75	28.16	319.60	68.61	15.96
EL1106FR00F253	R_J114J58	J-58	16.83	632.99	143.50	10.58
EL1106FR00F255	-	J-72	25.03	692.80	233.18	12.59
EL1106FR00F257	R_J84J83	J-83	32.80	356.77	95.79	13.57

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός	Κλάδος	Κόμβος εξόδου	Έκταση (km ²)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)	Μέγιστο μήκος ροής (km)
EL1106FR00F259	R_J78J74	J-74	78.05	454.74	83.77	20.73
EL1106FR00F261	-	J-85	24.63	1028.77	353.61	15.52
EL1106FR00F263	R_J85J84	J-84	18.01	628.11	113.06	10.05
EL1106FR00F265	-	J-84	25.39	746.35	111.16	9.35
EL1106FR00F267	-	J-71	15.06	578.91	300.50	9.76
EL1106FR00F269	-	J-72	30.87	555.45	233.58	16.30
EL1106FR00F271	-	J-57	81.11	868.10	92.38	27.76
EL1106FR00F273	R_J102J104	J-104	1.04	124.53	50.44	1.94
EL1106FR00F275	-	J-77	36.90	1076.19	307.16	15.00
EL1106FR00F277	-	J-79	23.42	1188.85	404.73	12.77
EL1106FR00F279	R_J104J103	J-103	9.11	114.89	42.33	3.02
EL1106FR00F281	-	J-78	38.47	790.04	338.12	9.63
EL1106FR00F283	R_J105J104	J-104	5.02	196.69	47.84	2.41
EL1106FR00F285	-	J-80	56.93	1095.63	365.84	14.05
EL1106FR00F287	-	J-55	110.46	1108.00	98.06	31.28
EL1106FR00F289	R_J1J2	J-2	138.84	97.76	10.00	38.92
EL1106FR00F293	-	J-81	63.31	890.51	295.93	16.15
EL1106FR00F297	-	J-102	22.28	671.71	98.78	13.77
EL1106FR00F303	R_J112J59	J-59	132.67	194.69	17.29	34.16
EL1106FR00F307	R_J106J105	J-105	166.12	429.63	51.50	25.53
EL1106FR00F317	-	J-107	19.49	900.45	146.06	12.30
EL1106FR00F319	R_J107J103	J-103	2.38	71.04	43.77	3.90
EL1106FR00F321	-	J-37	14.95	566.98	109.75	12.00
EL1106FR00F327	-	J-113	6.67	1111.46	648.20	6.14
EL1106FR00F329	R_J113J114	J-114	0.84	654.84	558.62	1.81
EL1106FR00F331	-	J-108	198.44	855.68	222.91	23.21
EL1106FR00F333	R_J108J110	J-110	5.60	363.64	197.27	1.57
EL1106FR00F335	-	J-109	5.90	568.58	250.42	5.55
EL1106FR00F337	R_J109J110	J-110	1.49	299.85	196.25	1.11
EL1106FR00F339	R_J110J111	J-111	2.06	328.34	187.83	3.23
EL1106FR00F341	R_J111J112	J-112	38.02	958.99	153.33	19.79

Για την προσομοίωση του υδρολογικού συστήματος επιλέγεται διάρκεια βροχής $D = 48$ h στις υπολεκάνες των κυρίων ποταμών (Στρυμόνα κατάντη φράγματος, Αγγίτη και Μπέλιτσα), ενώ για τις υπολεκάνες των επί μέρους παραποτάμων εφαρμόζονται διάρκειες βροχής 24 h. Το χρονικό βήμα υπολογισμών είναι $\Delta t = 20$ min.

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3.4.4, για την ακριβέστερη εκτίμηση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής φ για τη λεκάνη του Στρυμόνα δεν υιοθετήθηκε η συνολική έκταση A της Λεκάνης αλλά επιμερίστηκε σε 6 αντιπροσωπευτικές περιοχές από ανάντη προς κατάντη. Συγκεκριμένα, τα 6 επί μέρους υποσυστήματα που διακρίνονται ως εξής:

- i. Η έκταση της λεκάνης του ελληνικού τμήματος του π. Στρυμόνα ανάντη της εκβολής της λίμνης Κερκίνης ($\varphi 1$)
- ii. Η έκταση της λεκάνης του π. Στρυμόνα κατάντη της λίμνης Κερκίνης μέχρι τη συμβολή του με τη τάφρο Μπέλιτσα ($\varphi 13$)
- iii. Η έκταση της λεκάνης του π. Κρουσοβίτη και της τάφρου Μπέλιτσα μέχρι τη συμβολή τους με το π. Στρυμόνα ($\varphi 12$)
- iv. Η έκταση της λεκάνης του π. Στρυμόνα κατάντη της συμβολής του με τη τάφρο Μπέλιτσα μέχρι τη συμβολή του με τον π. Αγγίτη ($\varphi 14$). Σημ: η αντιπροσωπευτική έκταση του συστήματος $\varphi 14$ περιλαμβάνει και τις ανάντη λεκάνες $\varphi 12$ και $\varphi 13$
- v. Η έκταση της λεκάνης του π. Αγγίτη μέχρι τη συμβολή του με το π. Στρυμόνα ($\varphi 16$)
- vi. Η έκταση της λεκάνης του π. Στρυμόνα κατάντη της συμβολής του με τον π. Αγγίτη μέχρι την εκβολή του στο Στρυμονικό Κόλπο ($\varphi 15$). Σημ: η αντιπροσωπευτική έκταση του συστήματος $\varphi 15$ περιλαμβάνει το σύνολο της λεκάνης του π. Στρυμόνα κατάντη της εκβολής από τη λίμνη Κερκίνη, δηλ. $\varphi 14$ και $\varphi 16$.

Η ομαδοποίηση φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και χάρτη.

Πίνακας 5.4: Ομαδοποίηση υποσυστημάτων υδρολογικού μοντέλου συστήματος Λεκανών ποταμού Στρυμόνα για τον υπολογισμό του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής φ

Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ
EL1106FL00F291	$\varphi 1$	EL1106FR00F115	$\varphi 13$	EL1106FR00F227	$\varphi 16$
EL1106FL00F295	$\varphi 1$	EL1106FR00F117	$\varphi 16$	EL1106FR00F229	$\varphi 12$
EL1106FL00F315	$\varphi 1$	EL1106FR00F119	$\varphi 16$	EL1106FR00F231	$\varphi 13$
EL1106FR00F005	$\varphi 15$	EL1106FR00F121	$\varphi 16$	EL1106FR00F233	$\varphi 16$
EL1106FR00F007	$\varphi 15$	EL1106FR00F123	$\varphi 13$	EL1106FR00F235	$\varphi 16$
EL1106FR00F008	$\varphi 15$	EL1106FR00F125	$\varphi 16$	EL1106FR00F237	$\varphi 12$
EL1106FR00F009	$\varphi 15$	EL1106FR00F127	$\varphi 13$	EL1106FR00F239	$\varphi 16$
EL1106FR00F011	$\varphi 15$	EL1106FR00F129	$\varphi 16$	EL1106FR00F241	$\varphi 12$
EL1106FR00F013	$\varphi 15$	EL1106FR00F131	$\varphi 16$	EL1106FR00F243	$\varphi 16$
EL1106FR00F015	$\varphi 15$	EL1106FR00F133	$\varphi 16$	EL1106FR00F245	$\varphi 16$
EL1106FR00F017	$\varphi 15$	EL1106FR00F135	$\varphi 16$	EL1106FR00F247	$\varphi 16$
EL1106FR00F021	$\varphi 15$	EL1106FR00F137	$\varphi 16$	EL1106FR00F249	$\varphi 16$
EL1106FR00F025	$\varphi 14$	EL1106FR00F139	$\varphi 16$	EL1106FR00F251	$\varphi 16$
EL1106FR00F027	$\varphi 14$	EL1106FR00F141	$\varphi 16$	EL1106FR00F253	$\varphi 12$
EL1106FR00F029	$\varphi 14$	EL1106FR00F143	$\varphi 16$	EL1106FR00F255	$\varphi 16$
EL1106FR00F031	$\varphi 14$	EL1106FR00F145	$\varphi 16$	EL1106FR00F257	$\varphi 16$

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

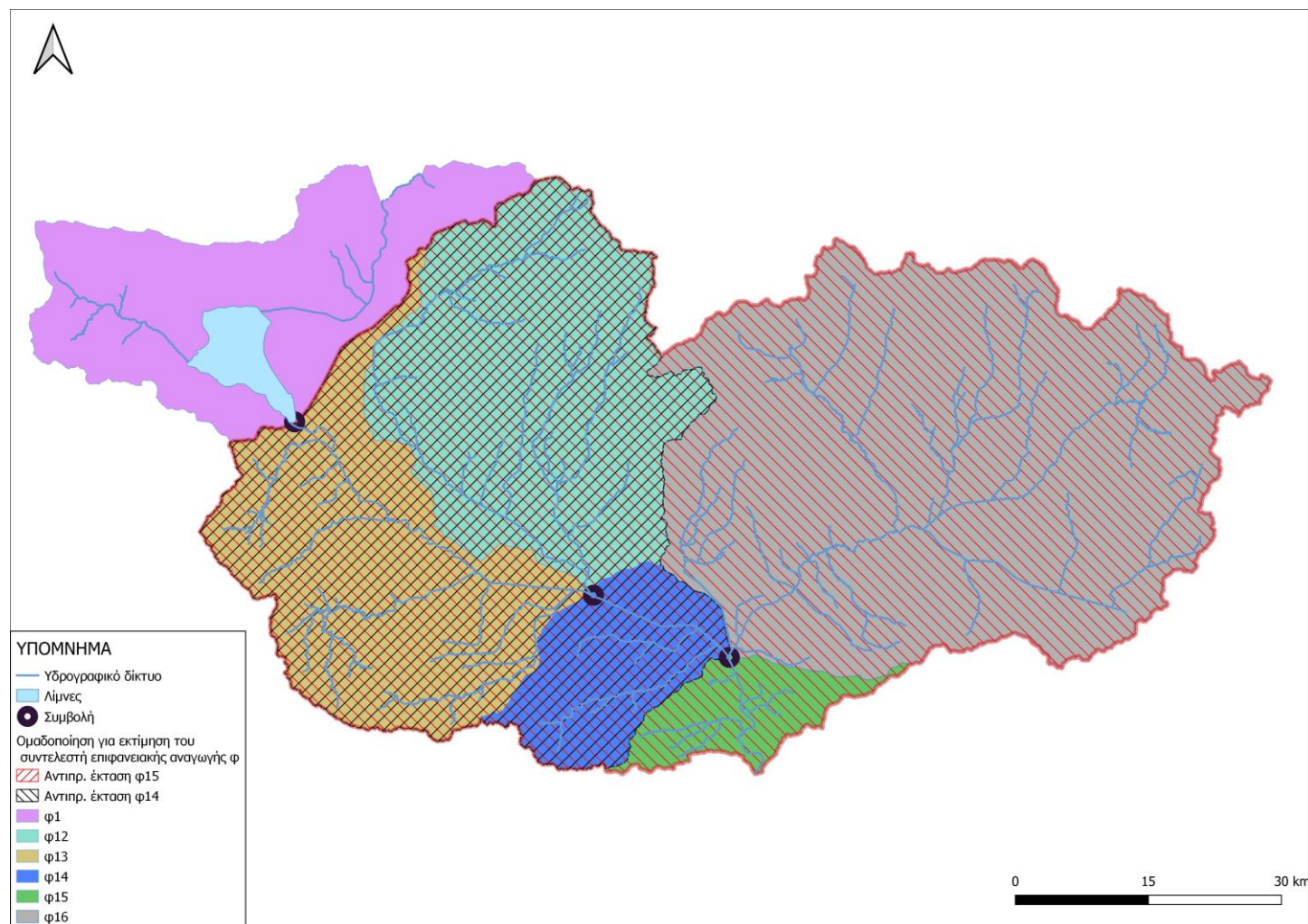
Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ
EL1106FR00F033	φ14	EL1106FR00F147	φ16	EL1106FR00F259	φ16
EL1106FR00F035	φ15	EL1106FR00F149	φ12	EL1106FR00F261	φ16
EL1106FR00F037	φ14	EL1106FR00F151	φ16	EL1106FR00F263	φ16
EL1106FR00F039	φ15	EL1106FR00F153	φ16	EL1106FR00F265	φ16
EL1106FR00F041	φ13	EL1106FR00F155	φ16	EL1106FR00F267	φ16
EL1106FR00F043	φ15	EL1106FR00F157	φ12	EL1106FR00F269	φ16
EL1106FR00F045	φ15	EL1106FR00F159	φ12	EL1106FR00F271	φ12
EL1106FR00F047	φ13	EL1106FR00F161	φ16	EL1106FR00F273	φ1
EL1106FR00F049	φ13	EL1106FR00F163	φ12	EL1106FR00F275	φ16
EL1106FR00F053	φ13	EL1106FR00F165	φ16	EL1106FR00F277	φ16
EL1106FR00F055	φ13	EL1106FR00F167	φ16	EL1106FR00F279	φ1
EL1106FR00F057	φ15	EL1106FR00F169	φ13	EL1106FR00F281	φ16
EL1106FR00F059	φ16	EL1106FR00F171	φ13	EL1106FR00F283	φ1
EL1106FR00F061	φ14	EL1106FR00F173	φ16	EL1106FR00F285	φ16
EL1106FR00F063	φ16	EL1106FR00F175	φ16	EL1106FR00F287	φ12
EL1106FR00F065	φ16	EL1106FR00F177	φ16	EL1106FR00F289	φ13
EL1106FR00F067	φ13	EL1106FR00F179	φ16	EL1106FR00F293	φ16
EL1106FR00F069	φ16	EL1106FR00F181	φ12	EL1106FR00F297	φ1
EL1106FR00F071	φ13	EL1106FR00F183	φ13	EL1106FR00F303	φ12
EL1106FR00F073	φ14	EL1106FR00F185	φ12	EL1106FR00F307	φ1
EL1106FR00F075	φ16	EL1106FR00F187	φ16	EL1106FR00F317	φ1
EL1106FR00F077	φ16	EL1106FR00F189	φ16	EL1106FR00F319	φ1
EL1106FR00F079	φ16	EL1106FR00F191	φ12	EL1106FR00F321	φ14
EL1106FR00F081	φ16	EL1106FR00F193	φ16	EL1106FR00F327	φ12
EL1106FR00F083	φ13	EL1106FR00F195	φ12	EL1106FR00F329	φ12
EL1106FR00F085	φ13	EL1106FR00F197	φ12	EL1106FR00F331	φ12
EL1106FR00F087	φ14	EL1106FR00F199	φ16	EL1106FR00F333	φ12
EL1106FR00F089	φ14	EL1106FR00F201	φ12	EL1106FR00F335	φ12
EL1106FR00F091	φ16	EL1106FR00F203	φ16	EL1106FR00F337	φ12
EL1106FR00F093	φ16	EL1106FR00F205	φ16	EL1106FR00F339	φ12
EL1106FR00F095	φ13	EL1106FR00F207	φ16	EL1106FR00F341	φ12
EL1106FR00F097	φ13	EL1106FR00F209	φ12		
EL1106FR00F099	φ13	EL1106FR00F211	φ16		
EL1106FR00F101	φ16	EL1106FR00F213	φ12		
EL1106FR00F103	φ14	EL1106FR00F215	φ16		
EL1106FR00F105	φ13	EL1106FR00F217	φ16		

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ
EL1106FR00F107	φ16	EL1106FR00F219	φ12		
EL1106FR00F109	φ16	EL1106FR00F221	φ16		
EL1106FR00F111	φ13	EL1106FR00F223	φ16		
EL1106FR00F113	φ16	EL1106FR00F225	φ16		



Σχήμα 5-2: Ομαδοποίηση των υπολεκανών του π. Στρυμόνα για την εκτίμηση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής φ

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Επίσης, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3.6.4, για τον υπολογισμό της χρονικής παραμέτρου k του μοντέλου διόδευσης σε λεκάνες πολλαπλών διακλαδώσεων της λεκάνης του π. Στρυμόνα, οι υπολεκάνες και τα συσχετιζόμενα υδατορέματα χωρίστηκαν σε αντιπροσωπευτικές περιοχές (αυτόνομες λεκάνες), η ομαδοποίηση των οποίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και χάρτη.

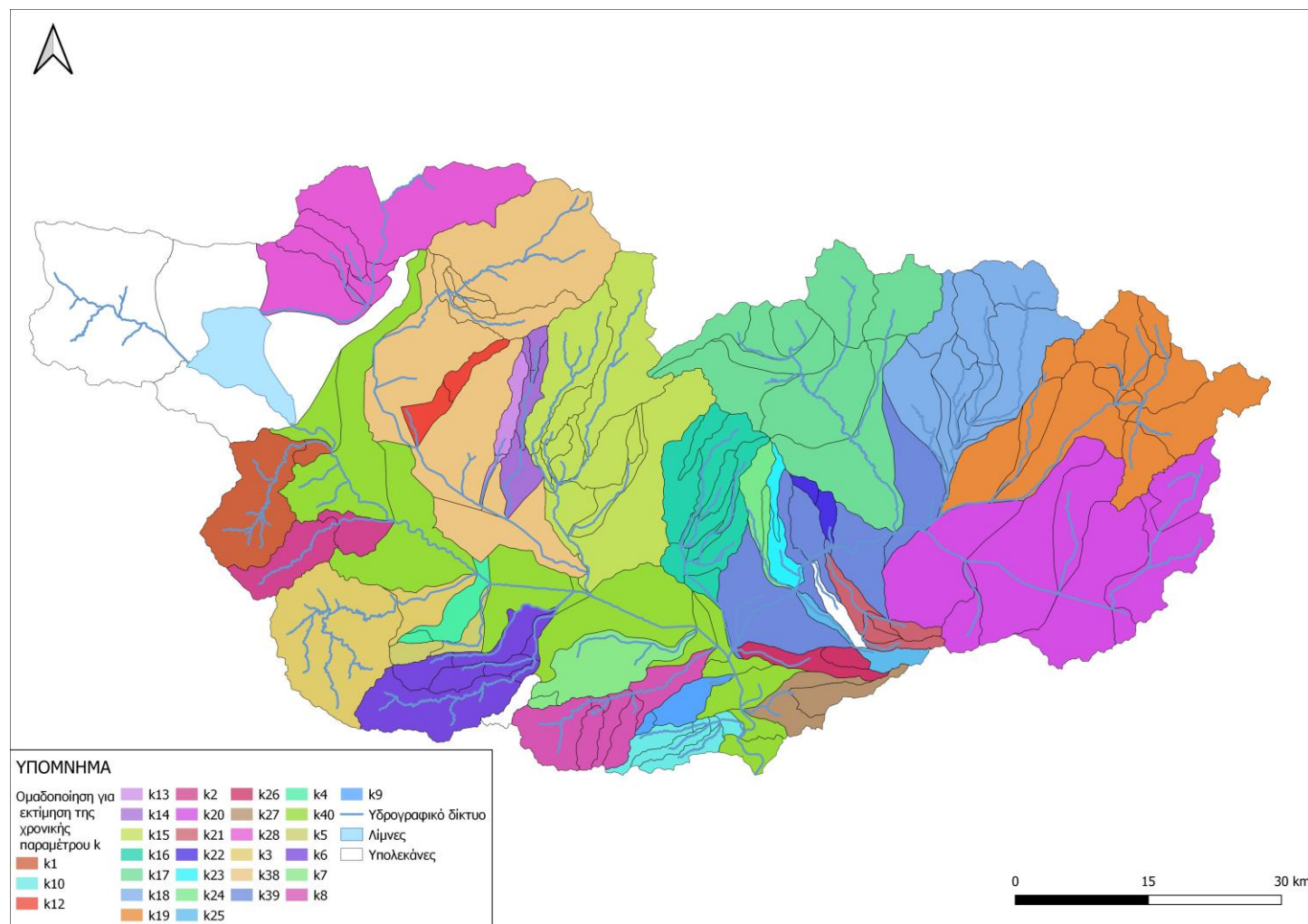
Πίνακας 5.5: Ομαδοποίηση υποσυστημάτων υδρολογικού μοντέλου συστήματος Λεκανών ποταμού Στρυμόνα για τον υπολογισμό της χρονικής παράμετρου του μοντέλου διόδευσης k

Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού k	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού k	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού k
EL1106FL00F315	k28	EL1106FR00F115	k40	EL1106FR00F227	k19
EL1106FR00F005	k10	EL1106FR00F117	K39	EL1106FR00F229	k13
EL1106FR00F007	k10	EL1106FR00F119	k16	EL1106FR00F231	k40
EL1106FR00F008	k40	EL1106FR00F121	k39	EL1106FR00F233	k19
EL1106FR00F009	k10	EL1106FR00F123	k2	EL1106FR00F235	k17
EL1106FR00F011	k10	EL1106FR00F125	k16	EL1106FR00F237	k12
EL1106FR00F013	k10	EL1106FR00F127	k2	EL1106FR00F239	k19
EL1106FR00F015	k9	EL1106FR00F129	k23	EL1106FR00F241	k38
EL1106FR00F017	k10	EL1106FR00F131	K39	EL1106FR00F243	k18
EL1106FR00F021	k40	EL1106FR00F133	k20	EL1106FR00F245	k17
EL1106FR00F025	k8	EL1106FR00F135	k20	EL1106FR00F247	k17
EL1106FR00F027	k8	EL1106FR00F137	k22	EL1106FR00F249	k18
EL1106FR00F029	k8	EL1106FR00F139	k20	EL1106FR00F251	k18
EL1106FR00F031	k7	EL1106FR00F141	k16	EL1106FR00F253	k14
EL1106FR00F033	k8	EL1106FR00F143	k24	EL1106FR00F255	k19
EL1106FR00F035	k9	EL1106FR00F145	K39	EL1106FR00F257	k17
EL1106FR00F039	k27	EL1106FR00F147	k16	EL1106FR00F259	k18
EL1106FR00F041	k6	EL1106FR00F149	k38	EL1106FR00F261	k17
EL1106FR00F043	k40	EL1106FR00F151	k22	EL1106FR00F263	k17
EL1106FR00F045	k27	EL1106FR00F153	K39	EL1106FR00F265	k17
EL1106FR00F047	k6	EL1106FR00F155	k18	EL1106FR00F267	k19
EL1106FR00F049	k6	EL1106FR00F157	k38	EL1106FR00F269	k19
EL1106FR00F053	k6	EL1106FR00F159	k13	EL1106FR00F271	k15
EL1106FR00F055	k6	EL1106FR00F161	k16	EL1106FR00F273	K28
EL1106FR00F057	k40	EL1106FR00F163	k15	EL1106FR00F275	k17
EL1106FR00F059	k25	EL1106FR00F165	k20	EL1106FR00F277	k18
EL1106FR00F061	k8	EL1106FR00F167	k23	EL1106FR00F279	k28
EL1106FR00F063	k27	EL1106FR00F169	k40	EL1106FR00F281	k18
EL1106FR00F065	k27	EL1106FR00F171	k1	EL1106FR00F283	k28
EL1106FR00F067	k5	EL1106FR00F173	k24	EL1106FR00F285	k17

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού k	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού k	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού k
EL1106FR00F069	κ21	EL1106FR00F175	k20	EL1106FR00F287	k15
EL1106FR00F071	k4	EL1106FR00F177	k16	EL1106FR00F289	k40
EL1106FR00F073	k7	EL1106FR00F179	k20	EL1106FR00F293	k17
EL1106FR00F075	κ21	EL1106FR00F181	k14	EL1106FR00F297	k28
EL1106FR00F077	κ21	EL1106FR00F183	k1	EL1106FR00F303	k38
EL1106FR00F079	κ21	EL1106FR00F185	k15	EL1106FR00F307	k28
EL1106FR00F081	k20	EL1106FR00F187	k19	EL1106FR00F317	k28
EL1106FR00F083	k6	EL1106FR00F189	k16	EL1106FR00F319	k28
EL1106FR00F085	k6	EL1106FR00F191	k15	EL1106FR00F321	k8
EL1106FR00F087	k40	EL1106FR00F193	k16	EL1106FR00F327	k14
EL1106FR00F089	k40	EL1106FR00F195	k15	EL1106FR00F329	k14
EL1106FR00F091	k25	EL1106FR00F197	k15	EL1106FR00F331	k38
EL1106FR00F093	k20	EL1106FR00F199	k19	EL1106FR00F333	k38
EL1106FR00F095	k5	EL1106FR00F201	k15	EL1106FR00F335	k38
EL1106FR00F097	k40	EL1106FR00F203	k18	EL1106FR00F337	k38
EL1106FR00F099	k3	EL1106FR00F205	k16	EL1106FR00F339	k38
EL1106FR00F101	k16	EL1106FR00F207	k19	EL1106FR00F341	k38
EL1106FR00F103	k40	EL1106FR00F209	k15	EL1106FR00F219	k15
EL1106FR00F105	k3	EL1106FR00F211	K39	EL1106FR00F221	k19
EL1106FR00F109	k20	EL1106FR00F213	k12	EL1106FR00F223	k19
EL1106FR00F111	k4	EL1106FR00F215	k19	EL1106FR00F225	k18
EL1106FR00F113	κ21	EL1106FR00F217	k18		



Σχήμα 5-3: Ομαδοποίηση των υπολεκανών του π. Στρυμόνα για την εκτίμηση της χρονικής παραμέτρου k του μοντέλου διόδευσης

5.1.2 Λίμνες-ταμιευτήρες-φράγματα

Ο Στρυμόνας στη Ελλάδα εισέρχεται δυτικά του χωριού Προμαχώνας, ανάμεσα των στενών Ρούπελ μεταξύ των οροσειρών Κερκίνης (Μπέλες) και του Όρβηλου (Αγγίστρου). Στο σημείο αυτό, εξαιτίας της απότομης αλλαγής της κλίσης του, ο ποταμός χωρίζεται σε δύο κύριους κλάδους. Ο δυτικός κλάδος εισέρχεται στη λίμνη Κερκίνη και υπερχειλίζει στη νότια πλευρά της, στη συνέχεια ρέει προς τα νοτιοανατολικά, μέχρι που ενώνεται με τον ανατολικό και μεγαλύτερο κλάδο, σχηματίζοντας ενιαία κοίτη, κοντά στο χωριό Λιθότοπος.

Επί βουλγαρικού εδάφους έχει κατασκευαστεί φράγμα και υδροηλεκτρικό εργοστάσιο. Στο ελληνικό έδαφος δημιουργήθηκε το 1932 η λίμνη Κερκίνη, με την κατασκευή φράγματος στη θέση Λιθότοπος, με σκοπό την αντιπλημμυρική προστασία της πεδιάδας των Σερρών, την άρδευση και τη συγκράτηση των φερτών υλών του ποταμού.

Βασικός τροφοδότης της λίμνης Κερκίνης είναι ο ποταμός Στρυμόνας, ενώ σε αυτή εκβάλλει και ο ποταμός Κερκινίτης. Το μέγιστο βάθος της είναι 10μ, αλλά στο μεγαλύτερο έχει βάθος 1 ως 3μ. Η επιφάνειά της κυμαίνεται από 55.000 ως 70.000 στρέμματα, ανάλογα με το ύψος της στάθμης του νερού. Σύμφωνα με στοιχεία της ΔΕΒ Σερρών η χωρητικότητα της Λίμνης σε σχέση με τη στάθμη της σε διάφορες θέσεις λειτουργίας είναι:

Πίνακας 5.6: Στάθμη/χωρητικότητα λίμνης Κερκίνης για διάφορες θέσεις λειτουργίας

	Στάθμη (μ)	Όγκος (εκ. μ3)
Πυθμένας λίμνης	+26.00	-
Βάση υδροληψιών	+30.30	27.56
Κατώτατη άρδευσης	+31.70	86,67
Χειμερινή λειτουργία	+32.00	102,21
Ανώτατη άρδευσης	+35.70	343,59
Ανώτατη ασφαλείας	+36.20	390,00
Στέψη αναχωμάτων	+39.00	592.30

Όταν η στάθμη ξεπεράσει την ανώτατη στάθμη ασφαλείας, τότε ανοίγουν πλήρως όλα τα θυροφράγματα και η πλεονάζουσα παροχή διοχετεύεται στον ποταμό Στρυμόνα, κατάντη. Αξίζει να σημειωθεί ότι μερικά από τα χωριά, όπως η Κερκίνη, τα Χρυσοχώραφα, το Λιμνοχώρι και το Μεγαλοχώρι βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του νερού, όταν η στάθμη ξεπερνά τα 36μ. Όταν ανοίγουν τα θυροφράγματα οι ζημιές στα αναχώματα της κοίτης και στους παραποτάμιους οικισμούς είναι πολύ μεγάλες.

Η διαχείριση της λειτουργίας του φράγματός Λιθοτόπου υπάγεται σε τρία αντιφατικά μεταξύ τους κριτήρια που είναι η αντιπλημμυρική προστασία των κατάντη περιοχών, η άρδευση των γύρω καλλιεργήσιμων εκτάσεων και η οικολογική ποιότητα του υδροβιότοπου της Κερκίνης.

Συμπληρωματικά του φράγματος λειτουργούν δύο διώρυγες υδροληψιών και μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση μικρής ισχύος. Οι παροχές αυτές δεν είναι σταθερές και θεωρήθηκε προτιμότερο να μην

ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς. Επομένως, μόνη διάταξη αποφόρτισης του ταμιευτήρα θεωρήθηκε το φράγμα του Λιθοτόπου.

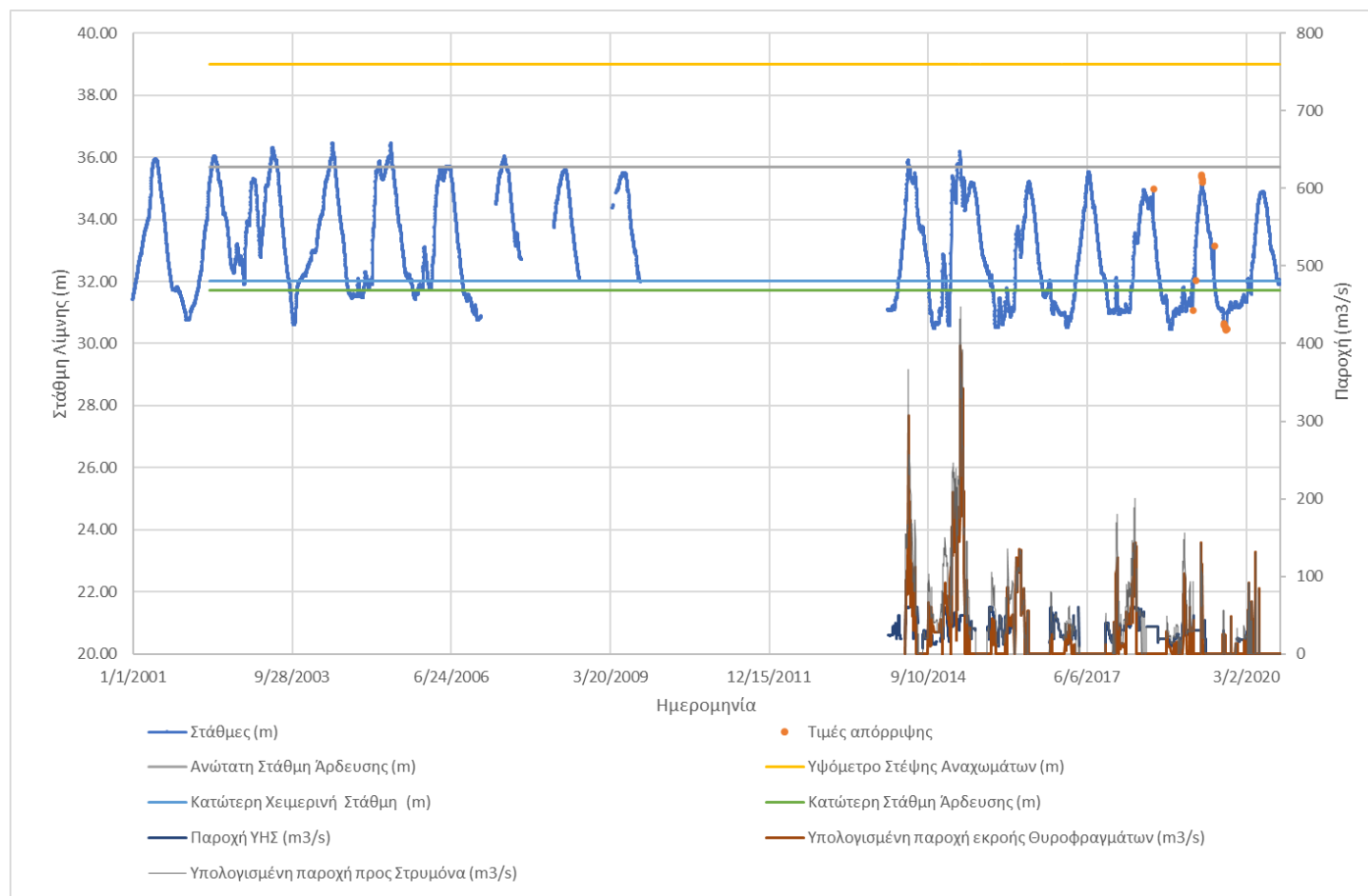
Το φράγμα αποτελείται από 7 θυροφράγματα, από τα οποία τα έξι είναι ενεργά και το ένα εφεδρικό. Όλα τα θυροφράγματα είναι ίδιου τύπου και διαστάσεων. Σύμφωνα με μελέτες (Κωνσταντίνος Δοΐκος, Νοέμβριος 2015, διπλωματική εργασία «Προσομοίωση της ροής του ποταμού Στρυμόνα και διερεύνηση των πλημμυρών της άνοιξης του 2015»), τα θυροφράγματα έχουν τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Συνολικό μήκος φράγματος : 75 m
- Τύπος υπερχειλιστή : Διατομής S (ogee type)
- Υψόμετρο στέψης υπερχειλιστή: 30,5 m
- Τύπος θυροφράγματος : Περιστρεφόμενα (radial gate)
- Πλάτος θυροφράγματος : 9 m
- Υψος θυροφράγματος : 9 m

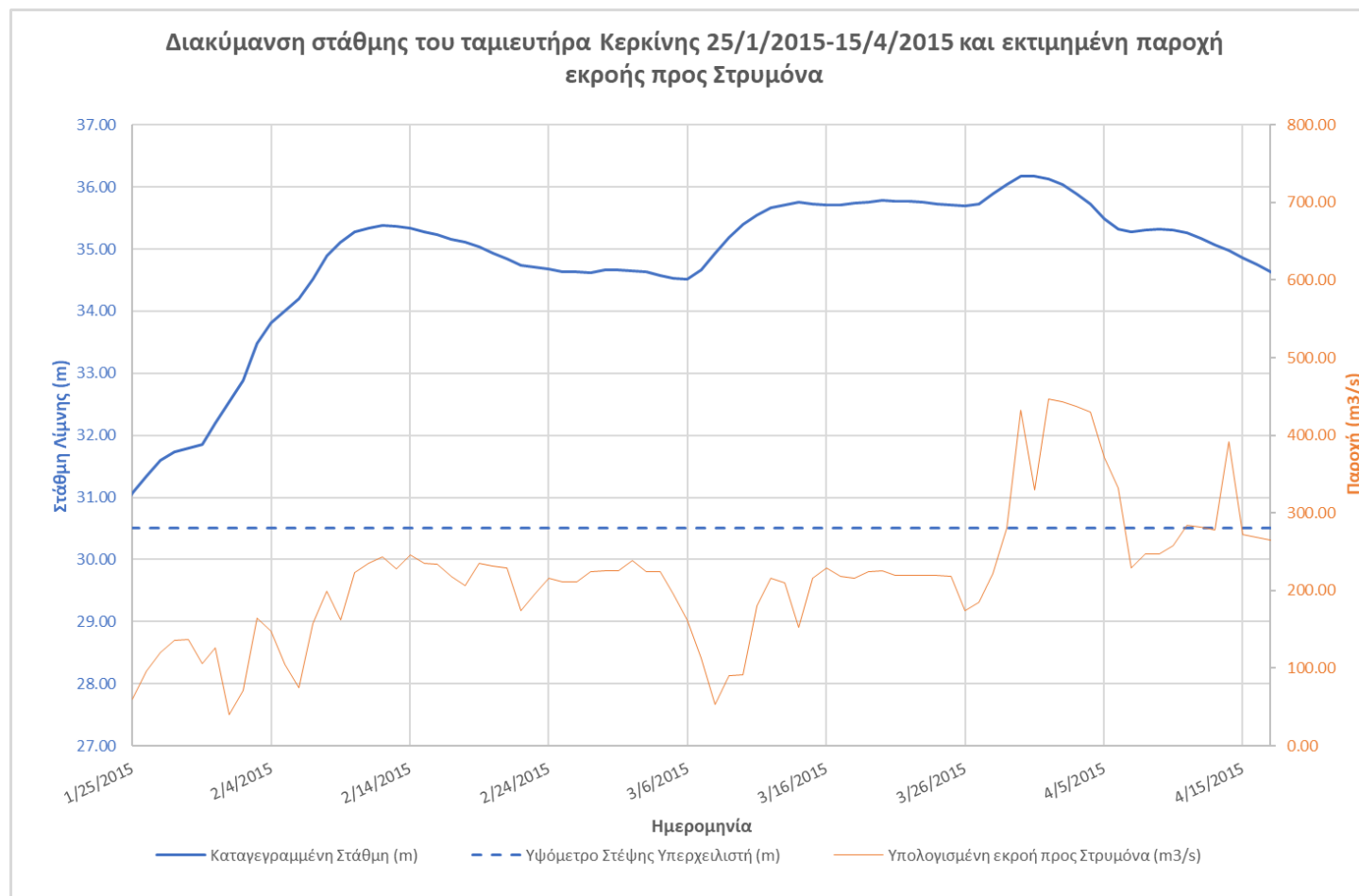
Εκτός από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, η προσομοίωση της εκροής μέσω των θυροφραγμάτων απαιτεί και την γνώση ή την εκτίμηση της πολιτικής που εφαρμόζεται όσον αφορά τον έλεγχο της παροχής. Τα θυροφράγματα ανοίγουν ή κλείνουν ανάλογα με τις ανάγκες της άρδευσης, της αντιπλημμυρικής προστασίας και της διασφάλισης οικολογικής ποιότητας στον υδροβιότοπο της Κερκίνης. Αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός των θυροφραγμάτων που είναι ανοιχτά και το ύψος του νερού που εκρέει πάνω από τον υπερχειλιστή δεν είναι δεδομένα.

Η γενική αρχή λειτουργίας εξαρτάται από την εποχή του χρόνου. Κατά την αρδευτική περίοδο (Απρίλιος-Σεπτέμβριος), τα θυροφράγματα μένουν κλειστά ώστε να καλύπτονται οι απαιτούμενες παροχές των υδροληψιών. Αντίθετα, κατά τη χειμερινή περίοδο, τα θυροφράγματα ανοίγουν ελεγχόμενα με στόχο να εξασφαλισθούν δύο αντικρουόμενες συνθήκες: από τη μία, η διατήρηση της στάθμης της λίμνης κάτω από την ανώτατη στάθμη πλημμυρών και από την άλλη η διατήρηση της παροχής κατάντη του φράγματος κάτω από την παροχетеυτική ικανότητα της κοίτης.

Σύμφωνα με στοιχεία από την υπό εκπόνηση 2^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ του ΥΔ11, οι υπολογισμένες τιμές παροχών εκροής υπερχειλιστή προς τον π. Στρυμόνα κατάντη του φράγματος Λιθοτόπου σε αντιπαραβολή με τις τιμές στάθμης της λίμνης παρουσιάζονται στο Διάγραμμα που ακολουθεί.



Σχήμα 5-4: Υπολογισμένες τιμές παροχών π. Στρυμόνα κατάντη του φράγματος Λιθοτόπου (εκροή υπερχειλιστή) σε αντιπαραβολή με τις τιμές στάθμες ύδατος της λίμνης.
Πηγή: Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης, 2η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας (EL11)



Σχήμα 5.5: Διακύμανση στάθμης του ταμιευτήρα Κερκίνης 25/1/2015-15/4/2015 και εκτιμημένη παροχή εκροής προς Στρυμόνα

Πηγή: Υποδιεύθυνση Τ.Ε. Π.Ε. Σερρών , Επεξεργασία από υπό εκπόνηση 2^η Αναθ. ΣΔΛΑΠ ΥΔ11

Στο μοντέλο HEC HMS η λειτουργία του ταμιευτήρα έχει προσομοιαστεί με τη μέθοδο «outflow structures», εισάγοντας τα στοιχεία των υπερχειλιστών του προηγούμενου πίνακα. Ως αρχική στάθμη στην έναρξη του φαινομένου θεωρήθηκε η +34.00, για περιόδους επαναφοράς $T=50$ και $T=100$, η οποία αποτελεί μια τυπική μέση εαρινή στάθμη σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα και τους υπεύθυνους λειτουργίας του φράγματος με βάση και τη διαχείριση που γίνεται τα τελευταία χρόνια (που επιβεβαιώθηκε σε σχετικές επικοινωνίες της ομάδας μελέτης με τους υπευθύνους). Για περίοδο επαναφοράς $T=1000$ ως αρχική στάθμη θεωρήθηκε το +35.50. Εν γένει, θεωρήθηκαν δυσμενείς περιπτώσεις κατά τις οποίες ο ταμιευτήρας είναι σχετικά γεμάτος και συμβαίνει ένα έντονο πλημμυρικό συμβάν, το οποίο οδηγεί σε άνοιγμα των θυροφραγμάτων.

Για την επιλογή του πλήθους και του ανοίγματος των θυροφραγμάτων διερευνήθηκε λεπτομερώς η λειτουργία της λίμνης κατά τη διάρκεια των πλημμυρικών φαινομένων της 29/03/2015 και 05/04/2015 που εκδηλώθηκαν στους Δήμους Βισαλτίας, Εμμανουήλ Παππά, Ν. Ζίχνης και Αμφίπολης.

Σύμφωνα με πηγές από τον τοπικό τύπο (<https://www.agro24.gr/ypoloipa-themata/ellada/katarreoy-n-ta-anahomata-toy-strymona>, <https://www.agro24.gr/ypoloipa-themata/ellada/prospatheies-gia-na-sothoyn-horafia-kai-zoa-ston-kampo-ton-serron>), η αιτία των πλημμυρικών γεγονότων ήταν το σπάσιμο των αναχωμάτων σε διάφορα σημεία κατά μήκος του Στρυμόνα λόγω αυξημένης παροχής από τους όγκους νερού που φεύγουν από το άνοιγμα των θυροφραγμάτων στη λίμνη Κερκίνη. Η απόφαση να ανοιχτούν τα θυροφράγματα πάρθηκε κατόπιν σύσκεψης έκτακτης ανάγκης στις 28/3, καθώς η λίμνη έχει φτάσει στα όριά της (36.15 m) λόγω εισροών από τη Βουλγαρία, και το ενδεχόμενο να σπάσει το ανατολικό ανάχωμα θα επιφέρει ανυπολόγιστες καταστροφές στους παραλίμνιους οικισμούς, καλλιεργούμενες εκτάσεις και κτηνοτροφικές μονάδες.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μεταβολή της στάθμης της λίμνης Κερκίνη από τις 25/1 έως τις 15/4 από καταγεγραμμένες μετρήσεις της Υποδιεύθυνσης Τ.Ε. Π.Ε. Σερρών σε συνάρτηση με το υψόμετρο στέψης του υπερχειλιστή. Στο ίδιο διάγραμμα δείχνονται και υπολογισμένες εκροές προς το Στρυμόνα σύμφωνα με τις καταγραφές λειτουργίας των θυροφραγμάτων σε επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε στην υπό εκπόνηση 2^η Αναθ. ΣΔΛΑΠ ΥΔ11.

Συνοπτικά, από τα στοιχεία αυτά για την πλημμύρα του 2015 προκύπτει ότι:

- Το άνοιγμα των θυροφραγμάτων είναι περίπου 1m και όχι πάντα και τα 6 ανοικτά.
- Η μέγιστη στάθμη είναι περίπου +36m
- Η μέγιστη υπολογισμένη εκροή του υπερχειλιστή κυμαίνεται από 200m³/s ως 400m³/s.

Επίσης, εξετάστηκαν τα στοιχεία από τη Βιβλιογραφία (Κωνσταντίνος Δόϊκος, Νοέμβριος 2015, διπλωματική εργασία «Προσομοίωση της ροής του ποταμού Στρυμόνα και διερεύνηση των πλημμυρών της άνοιξης του 2015») αλλά και έγιναν επικοινωνίες με την Υποδ/νση Τ.Ε. Π.Ε. Σερρών αναφορικά με τη λειτουργία του φράγματος κατά τη διάρκεια πλημμυρικών επεισοδίων.

Με βάση τα ανωτέρω και για συνθήκες «ρεαλιστικής» κατάστασης λειτουργίας του φράγματος, η τελική επιλογή του αριθμού και του ανοίγματος των θυροφραγμάτων διακρίθηκε ως εξής:

- για περίοδο επαναφοράς $T=50$ επιλέχθηκαν 3 ανοικτά θυροφράγματα με 1m άνοιγμα το καθένα.
- για περίοδο επαναφοράς $T=100$ επιλέχθηκαν 3 ανοικτά θυροφράγματα με 1.1m άνοιγμα (για τις μέσες συνθήκες CNII), 1.2m άνοιγμα (για τις μέσες δυσμενείς CNIII) και 1m άνοιγμα (για τις ευμενείς συνθήκες CNI) το καθένα.

ο για το ακραίο σενάριο για $T=1000$ θεωρήθηκαν πλήρως ανοικτά και τα 6 θυροφράγματα με άνοιγμα τέτοιο (1.6m) ώστε η πλημμυρική αιχμή να μην ξεπερνάει τα $3000\text{m}^3/\text{s}$ που είναι η μέγιστη παροχή υπερχειλίσης (πηγή: Μητρώο Μεγάλων Ελληνικών Φραγμάτων, ΕΕΜΦ, 2013). Σημειώνεται ότι σε αντιπαράθεση των παραπάνω παραδοχών αρχικής στάθμης του φράγματος κατά την προσομοίωση, εξετάστηκε για λόγους σύγκρισης (ανάλυσης ευαισθησίας) και το ευμενές σενάριο με αρχική στάθμη του ταμιευτήρα στα επίπεδα κατώτατης στάθμης άρδευσης (+31.70). Τα αποτελέσματα της σύγκρισης παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.1.5.

5.1.3 Πλημμυρικές Παροχές από την Βουλγαρία

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 5.1.2, ο διασυνοριακός ποταμός του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Μακεδονίας είναι ο Στρυμόνας ο οποίος εισέρχεται στο ελληνικό έδαφος κοντά στην περιοχή του Προμαχώνα.

Με το με α.π. Φ.119/14/ΑΣ 392/5.2.2015 της Ελληνικής Πρεσβείας στη Σόφια της Βουλγαρίας, μεταφέρεται η ρηματική ανακοίνωση του Υπουργείου Εξωτερικών της Βουλγαρίας με α.π. 54-18-27/52.2015, με την οποία παραχωρούνται στοιχεία και μετρήσεις υδάτων των διασυνοριακών ποταμών. Τα στοιχεία αυτά έχουν ως ακολούθως:

Πίνακας 5.7: Πλημμυρικές παροχές από τη Βουλγαρία στον π. Στρυμόνα

Ποταμός	T = 20 έτη Q_p (m^3/s)	T = 50 έτη Q_p (m^3/s)	T = 100 έτη Q_p (m^3/s)	T = 1000 έτη Q_p (m^3/s)
Στρυμόνας (Struma)	808.4	956.5	1065.8	1420.3

Σύμφωνα με την ίδια ρηματική ανακοίνωση, η μέγιστη παροχή «Στρυμόνας» έχει υπολογιστεί με βάση τις μετρήσεις στους σταθμούς επί του π. Στρυμόνα στο Marino pole και επί του ποταμού Pirinska Bistritza στο χωριό Gorno Spanchevo. Σημειώνεται ότι τα ως άνω δεδομένα πλημμυρικών αιχμών δε συνοδεύτηκαν με αντίστοιχα πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού που απαιτούνται ως δεδομένα εισόδου για την προσομοίωση του ελληνικού τμήματος της Λεκάνης του Στρυμόνα.

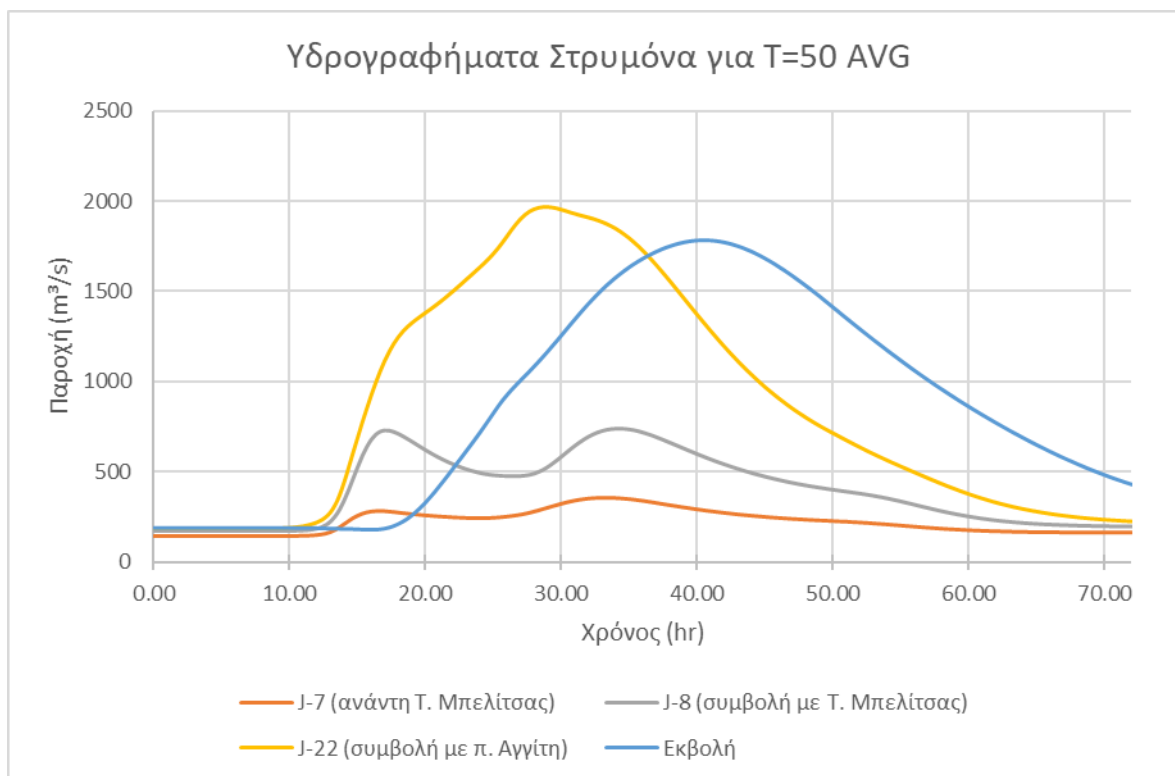
Για την κατάρτιση των αντιπροσωπευτικών πλημμυρογραφημάτων σχεδιασμού που αντιστοιχούν στις προαναφερθείσες πλημμυρικές αιχμές και περιόδους επαναφοράς αναλύθηκαν στην παρούσα μελέτη διαθέσιμα δεδομένα παροχών για τον π. Στρυμόνα στην περιοχή των ελληνοβουλγαρικών συνόρων (στις θέσεις Marino Pole επί βουλγαρικού εδάφους και Φάρος Προμαχώνα του ΥΠΕΝ επί ελληνικού εδάφους) προκειμένου να καταστεί ρεαλιστικότερη η υδραυλική προσομοίωση της εξέλιξης των πλημμυρικών γεγονότων στο ελληνικό έδαφος. Η ανάλυση της παραπάνω διαδικασίας παρουσιάζεται στο Παράρτημα Π4.

5.1.4 Αποτελέσματα Υπολογισμών

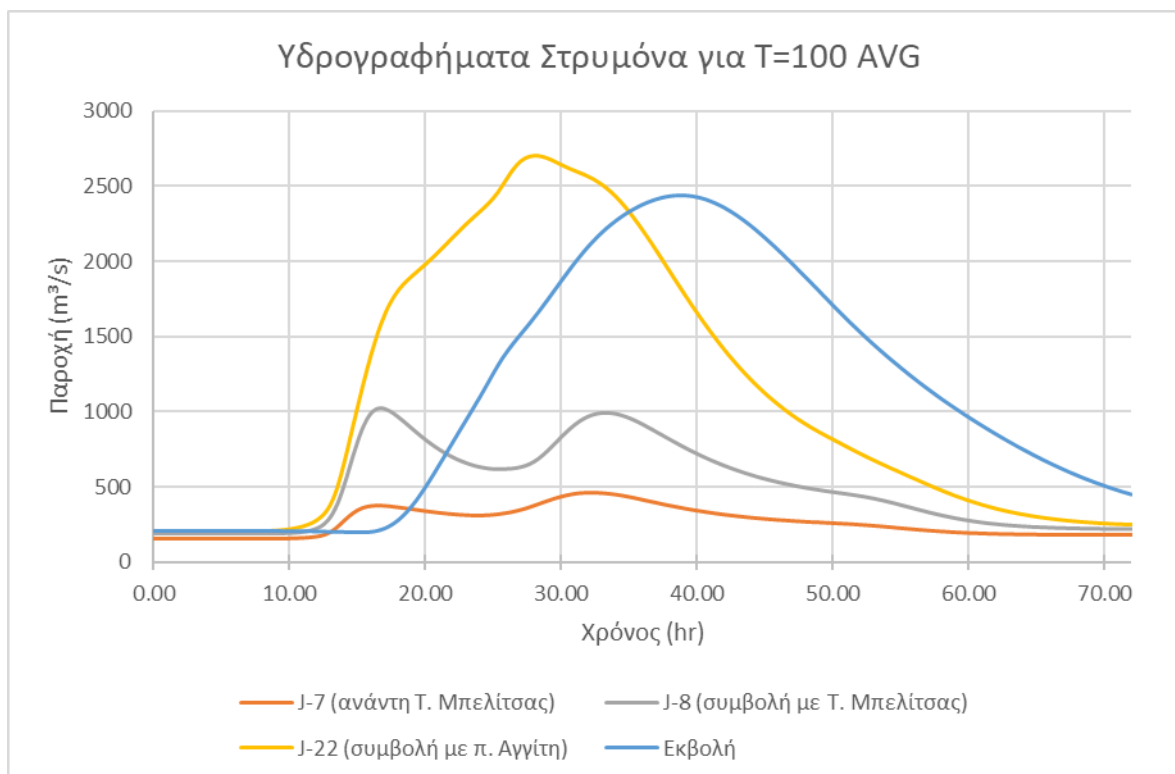
Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται γραφικά τα αποτελέσματα (Υδρογραφήματα σχεδιασμού για $T=50,100,1000$ χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)) κάποιων σημαντικών ποταμών του υδρολογικού συστήματος, σε επιλεγμένους κόμβους.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του μοντέλου προσομοίωσης για όλες τις συνιστώσες του δικτύου (υπολεκάνες, κόμβοι, κλάδοι, ταμιευτήρες) του υδρολογικού συστήματος για $T=50,100,1000$ χρόνια

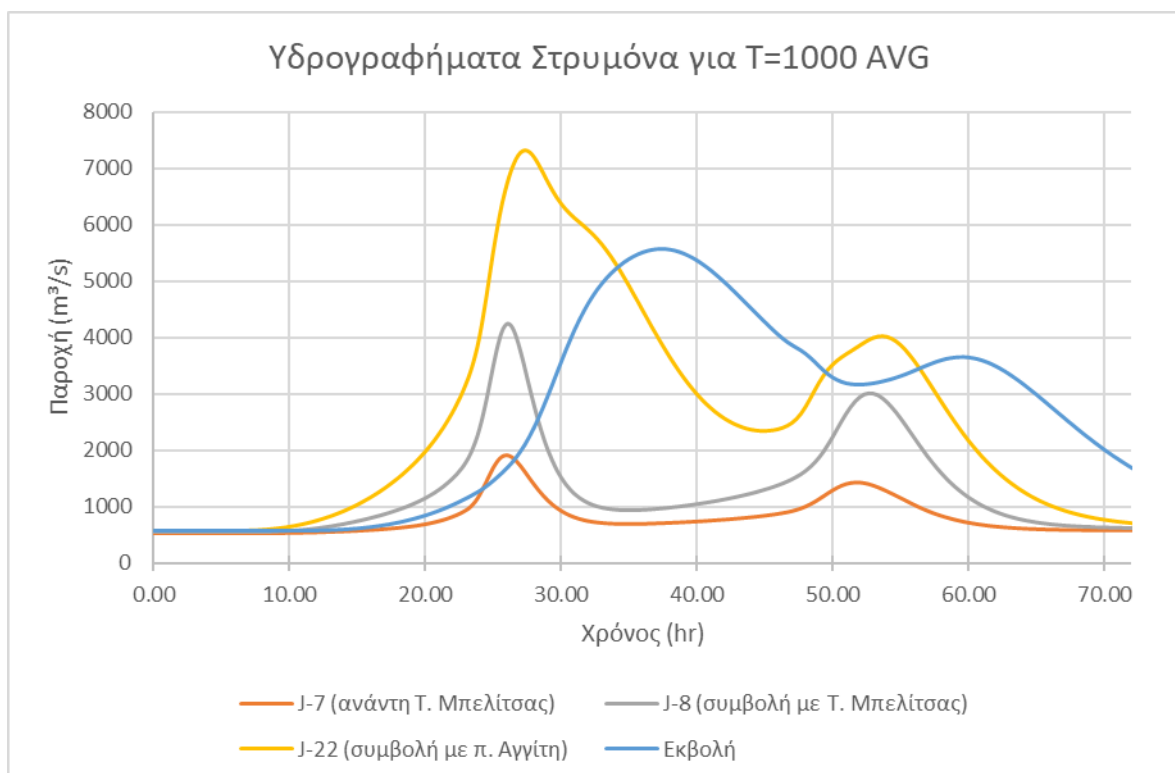
για μέσες (CNII), ευμενείς (CNI), και δυσμενείς (CNIII) συνθήκες, καθώς και τα Υδρογραφήματα σχεδιασμού για T=50,100,1000 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII) παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π3.



Σχήμα 5-6: Υδρογραφήματα π. Στρυμόνα για T=50 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)



Σχήμα 5-7: Υδρογραφήματα π. Στρυμόνα για T=100 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)



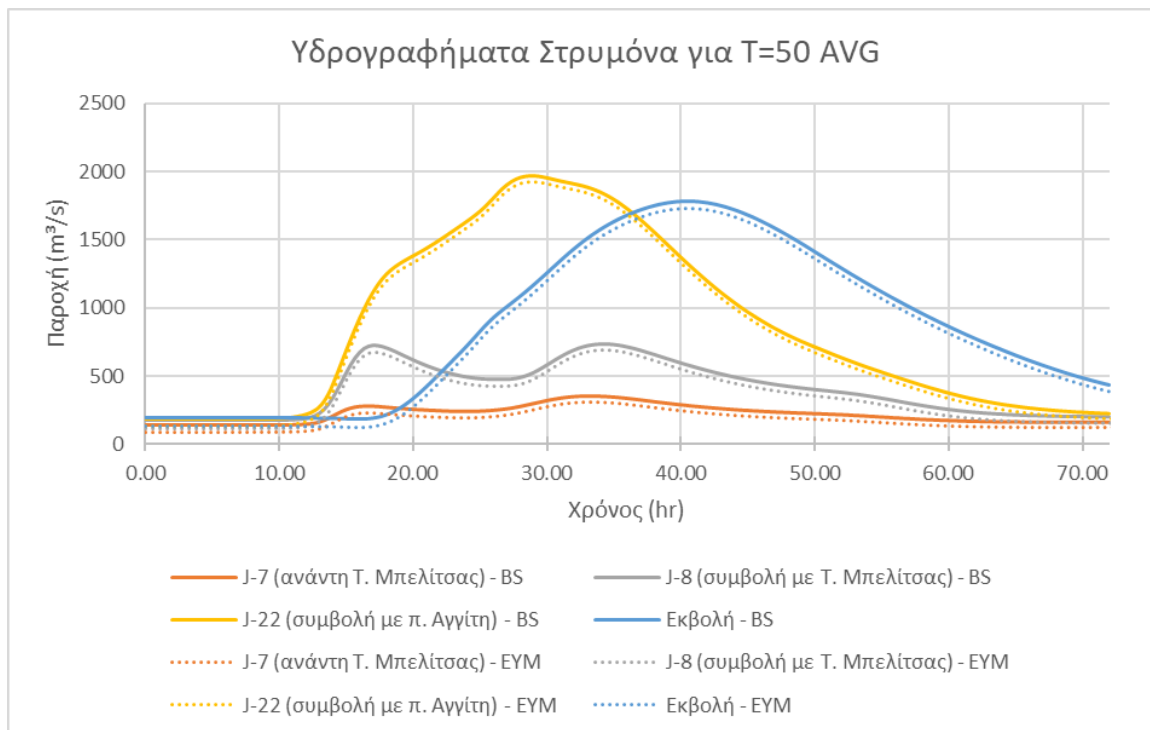
Σχήμα 5-8: Υδρογραφήματα π. Στρυμόνα για T=1000 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)

5.1.5 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Υπολογισμού με ανάλυση ευαισθησίας της αρχικής στάθμης Κερκίνης

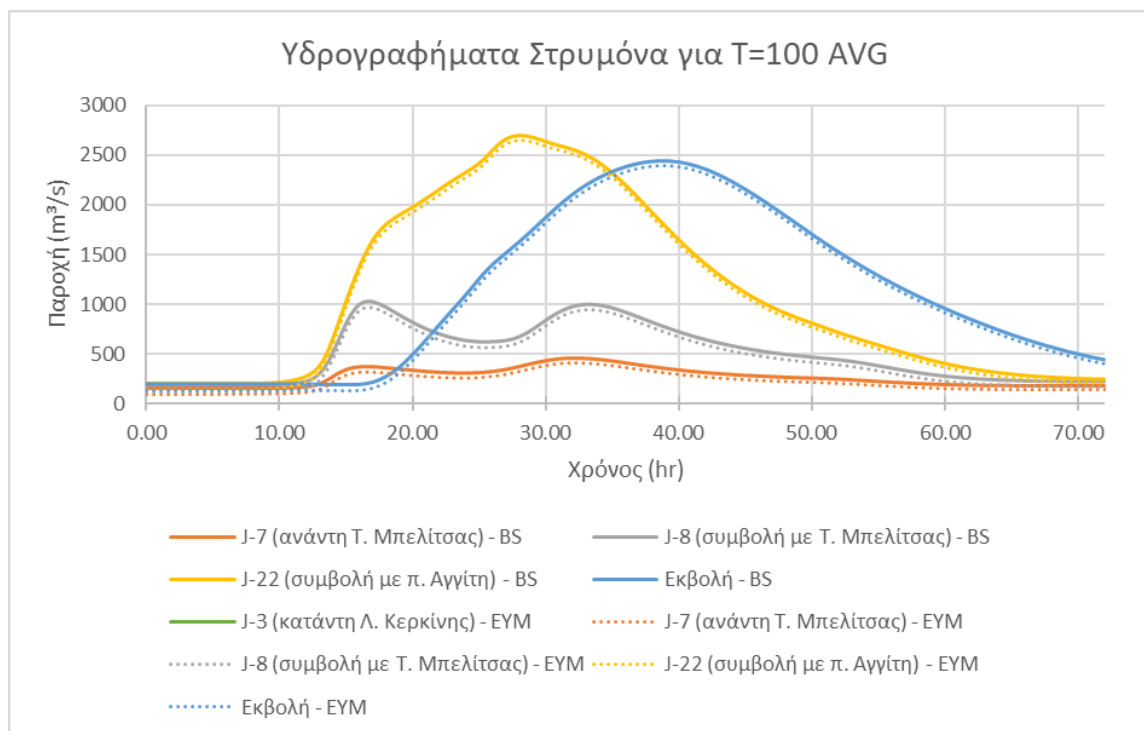
Όπως αναλύθηκε και στο Κεφάλαιο 5.1.2, σε αντιπαράθεση με το βασικό σενάριο κατάστασης λειτουργίας του Ταμιευτήρα Κερκίνης, εξετάστηκε για λόγους σύγκρισης (ανάλυσης ευαισθησίας) και το ευμενές σενάριο με αρχική στάθμη του ταμιευτήρα στα επίπεδα κατώτατης στάθμης άρδευσης (+31.70), με διατήρηση του αριθμού και του ανοίγματος θυροφραγμάτων ανά περίοδο επαναφοράς όπως και στο βασικό σενάριο ανάλυσης.

Στα παρακάτω σχήματα και πίνακες παρουσιάζεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων (για T=50,100,1000 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)) κάποιων σημαντικών ποταμών του υδρολογικού συστήματος, σε επιλεγμένους κόμβους κατάντι του φράγματος.

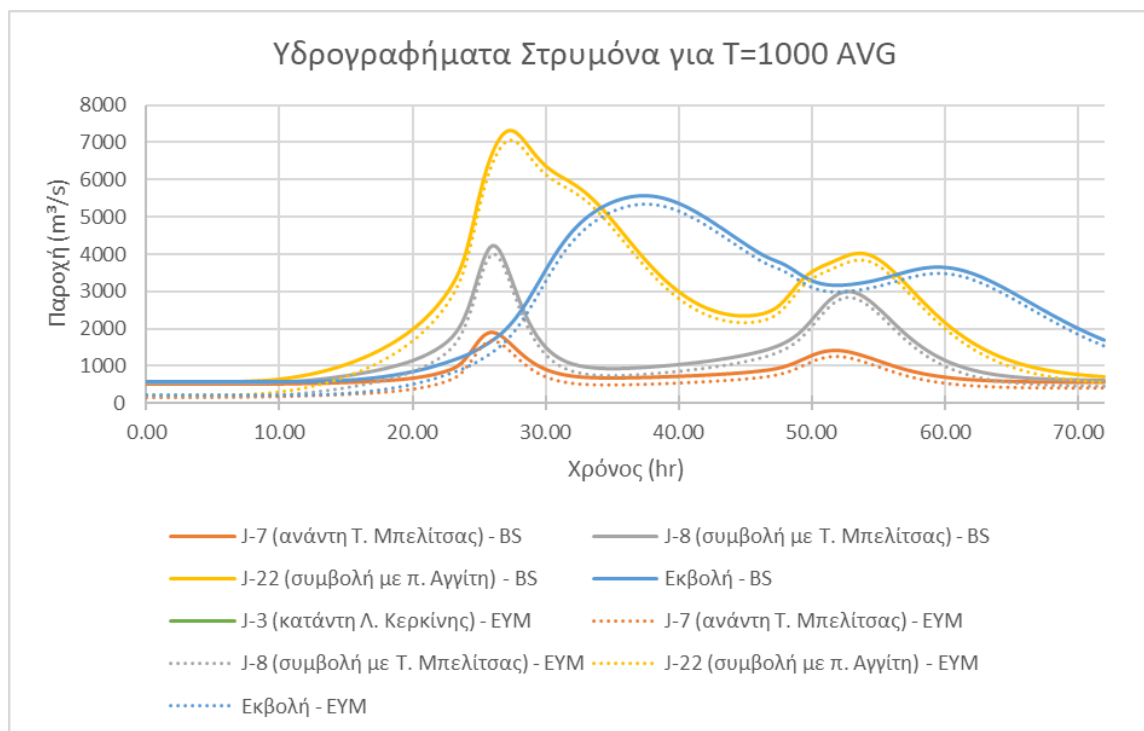
Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η αρχική στάθμη της Λίμνης στην προσομοίωση επιφέρει διαφορά στην παροχή αιχμής που κυμαίνεται μεταξύ 11%-13% στην εκροή του υπερχειλιστή (όπως καταγράφεται στον κόμβο J-3), και η οποία μειώνεται καθώς εξετάζονται κατάντι κόμβοι του Στρυμόνα, με μια μικρή διαφορά της τάξης του 1-3% στην εκβολή του Στρυμόνα. Συμπερασματικά, με δεδομένο ότι διατηρούνται σταθερά τα χαρακτηριστικά ρύθμισης των θυροφραγμάτων, η αρχική στάθμη της λίμνης συμβάλει στην ανάσχεση κυρίως των περιοχών ακριβώς κατάντι του υπερχειλιστή, με μειωμένη επιρροή καθώς υπεισέρχονται οι εισροές από τους κύριους συμβάλλοντες ποταμούς (Μπέλιτσα, Αγγίτης).



Σχήμα 5-9: Υδρογραφήματα π. Στρυμόνα για T=50 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII) – Σύγκριση βασικού σεναρίου(BS) με ευμενές σενάριο(EYM) αρχικής στάθμης Λίμνης Κερκίνης



Σχήμα 5-10: Υδρογραφήματα π. Στρυμόνα για T=100 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII) – Σύγκριση βασικού σεναρίου(BS) με ευμενές σενάριο(EYM) αρχικής στάθμης Λίμνης Κερκίνης



Σχήμα 5-11: Υδρογραφήματα π. Στρυμόνα για T=1000 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII) – Σύγκριση βασικού σεναρίου(BS) με ευμενές σενάριο(EYM) αρχικής στάθμης Λίμνης Κερκίνης

ΣΤΑΔΙΟ 1 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 04

Πλημμυρικά Υδρογραφήματα
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**Πίνακας 5.8: Παροχή αιχμής π. Στρυμόνα για T=50 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII) – Σύγκριση βασικού σεναρίου(BS) με ευμενές σενάριο(ΕΥΜ) αρχικής στάθμης Λίμνης Κερκίνης**

	ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	ΕΥΜΕΝΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	
Όνομα υδρολογικού στοιχείου	Παροχή αιχμής T=50 AVG (m ³ /s)	Παροχή αιχμής T=50 AVG (m ³ /s)	% Διαφορά - Παροχή αιχμής T=50 AVG (m ³ /s)
Εκροή Υπερχειριστή Λίμνης (J-3)	195	172.3	12%
J-7 (ανάντη Τ. Μπέλιτσας)	355.7	309.4	13%
J-8 (συμβολή με Τ. Μπέλιτσας)	738.4	692.2	6%
J-22 (συμβολή με π. Αγγίτη)	1968.3	1920.2	2%
Εκβολή	1780.8	1732.3	3%

Πίνακας 5.9: Παροχή αιχμής π. Στρυμόνα για T=100 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII) – Σύγκριση βασικού σεναρίου(BS) με ευμενές σενάριο(ΕΥΜ) αρχικής στάθμης Λίμνης Κερκίνης

	ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	ΕΥΜΕΝΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	
Όνομα υδρολογικού στοιχείου	Παροχή αιχμής T=100 AVG (m ³ /s)	Παροχή αιχμής T=100 AVG (m ³ /s)	% Διαφορά - Παροχή αιχμής T=100 AVG (m ³ /s)
Εκροή Υπερχειριστή Λίμνης (J-3)	221.2	197.5	11%
J-7 (ανάντη Τ. Μπέλιτσας)	460.6	410.7	11%
J-8 (συμβολή με Τ. Μπέλιτσας)	1028.1	970.8	6%
J-22 (συμβολή με π. Αγγίτη)	2700.7	2648.4	2%
Εκβολή	2442.7	2389.9	2%

Πίνακας 5.10: Παροχή αιχμής π. Στρυμόνα για T=1000 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII) – Σύγκριση βασικού σεναρίου(BS) με ευμενές σενάριο(ΕΥΜ) αρχικής στάθμης Λίμνης Κερκίνης

	ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	ΕΥΜΕΝΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΙΜΝΗΣ	
Όνομα υδρολογικού στοιχείου	Παροχή αιχμής T=1000 AVG (m ³ /s)	Παροχή αιχμής T=1000 AVG (m ³ /s)	% Διαφορά - Παροχή αιχμής T=1000 AVG (m ³ /s)
Εκροή Υπερχειριστή Λίμνης (J-3)	645.4	559.6	13%
J-7 (ανάντη Τ. Μπέλιτσας)	1920.6	1681.8	12%
J-8 (συμβολή με Τ. Μπέλιτσας)	4241.2	3999.2	6%
J-22 (συμβολή με π. Αγγίτη)	7317.1	7073.1	3%
Εκβολή	5566.9	5330.4	4%

5.2 Σύστημα Κλειστής Λεκάνης του Οχυρού

5.2.1 Συνολικά στοιχεία υδρολογικού μοντέλου

Το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης της κλειστής λεκάνης απορροής Οχυρού (Νευροκοπίου) περιλαμβάνει 6 υπολεκάνες, 4 κόμβους και 13 κλάδους του υδρογραφικού δικτύου (εκ των οποίων σε 2 πραγματοποιείται διόδευση). Το σύστημα της κλειστής λεκάνης Οχυρού αποτελείται από ένα υδρογραφικά απομονωμένο σύστημα χειμάρρων οι οποίοι αποστραγγίζουν την περιοχή σε καταβόθρες διοχετεύοντας το υπόγειο καρστικό σύστημα, με κύρια τα ρέματα Βαθυτόπου (βορειοδυτικά), Μακρυπόταμος (νοτιοδυτικά), και Μυλόρεμα (με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ). Στο μοντέλο η διαδρομή του ρέματος Βαθυτόπου με το συμβάλλον ρέμα Πηγών Ακρινού καταλήγει στον κόμβο J-201 στα όρια της ΖΔΥΚΠ και εν τέλει καταλήγει στον κόμβο SINK-201. Αντίστοιχα, οι ανάντη υπολεκάνες και συμβάλλοντες του ρέματος Μυλορέματος καταλήγουν στον κόμβο J-202 στην περιοχή που το ρ. Μυλορέματος συμβάλλει και εν τέλει καταλήγει στον κόμβο SINK-202 ανάντη της πόλης του Κάτω Νευροκοπίου. Η ΖΔΥΚΠ καλύπτει το μεγαλύτερο πεδινό τμήμα της λεκάνης.

Σημειώνεται ότι κατά την προσομοίωση θεωρήθηκε ότι σε συνθήκες πλημμυρική απορροής η αποστράγγιση της περιοχής μέσω των καταβοθρών είναι μηδαμινή.

Τα χαρακτηριστικά γεωμετρικά μεγέθη των κλάδων και υπολεκανών του υδρογραφικού δικτύου δίνονται στους επόμενους πίνακες. Επίσης, στον χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζεται η σχηματοποίηση του υδρολογικού συστήματος όπου δείχνονται τα ρέματα, οι κόμβοι, και οι υπολεκάνες απορροής.

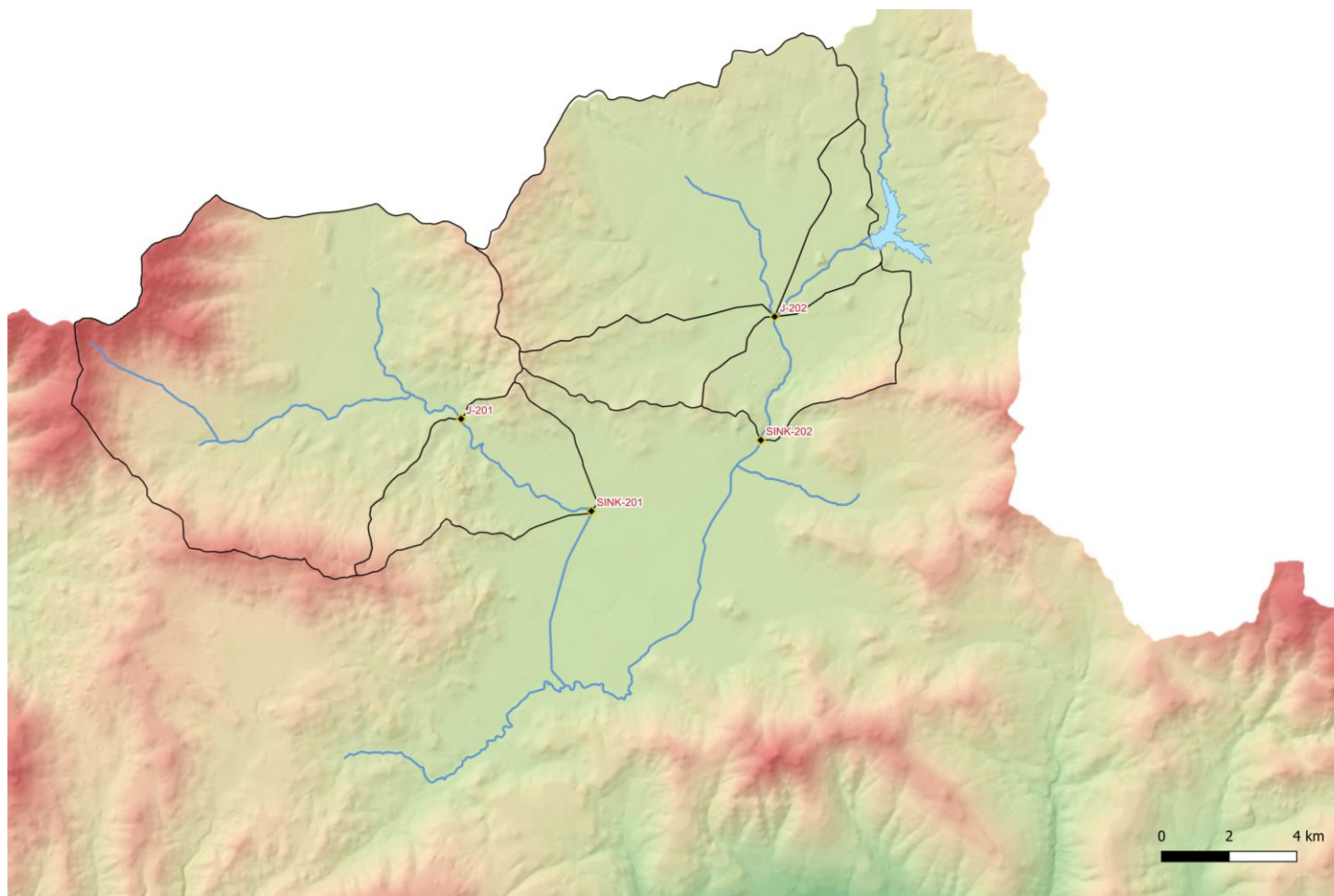
Τα αναλυτικά δεδομένα της υδρολογικής προσομοίωσης (δεδομένα εισόδου μοντέλου, σε μορφή πινάκων και γραφημάτων) παρουσιάζονται στα αντίστοιχα παραρτήματα:

- Στο Παράρτημα Π1 δίνονται οι παράμετροι Ομβρίων, τα στοιχεία βροχοπτώσεων και οι ταυτότητες των υπολεκανών συνοδευόμενες με τα Υετογραφήματα καταιγίδας.
- Στο Παράρτημα Π2 αναλύονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη των κλάδων που υδρογραφικού δικτύου και δίνονται οι τιμές βασικής ροής και οι υπολογισμένοι χρόνοι συρροής των υπολεκανών.

Επίσης, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τις 2 Λεκάνες που προσομοιώθηκαν στο σύστημα του Οχυρού το εμβαδό της λεκάνης, τη διάρκεια βροχής σχεδιασμού, το ύψος βροχής για κάθε περίοδο επαναφοράς (ως σταθμισμένος μέσος όρος ανά υπολεκάνη), η βασική απορροή (ως σταθμισμένος μέσος όρος ανά υπολεκάνη) και η αιχμή πλημμύρας (για κάθε περίοδο επαναφοράς, για το μέσο CN).

Πίνακας 5.11: Χαρακτηριστικά μεγέθη Λεκανών συστήματος Οχυρού

ΛΕΚΑΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΒΡΟΧΗΣ (hr)	Βασική απορροή (m ³ /s)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ T_50 (mm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ T_100 (mm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ T_1000 (mm)	ΑΙΧΜΗ T_50 (m ³ /s)	ΑΙΧΜΗ T_100 (m ³ /s)	ΑΙΧΜΗ T_1000 (m ³ /s)
ΒΑΘΥΤΟΠΟΥ Ρ.	119.1	24	0.78	107.4	125.9	207.0	111.3	176.6	800.5
ΜΥΛΟΡΕΥΜΑ Ρ.	103.6	24	0.44	116.7	136.8	224.7	64.7	106.1	547.9



Σχήμα 5-12: Χάρτης περιοχής μελέτης, στον οποίο απεικονίζεται η σχηματοποίηση των κόμβων και κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκανών του συστήματος Κλειστής Λεκάνης του Οχυρού

Πίνακας 5.12: Χαρακτηριστικά μεγέθη υπολεκανών του συστήματος Κλειστής Λεκάνης του Οχυρού

Κωδικός	Κλάδος	Κόμβος εξόδου	Έκταση (km ²)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)	Μέγιστο μήκος ροής (km)
EL1106FL00F311	-	J-202	8.40	620.99	563.91	563.91
EL1106FR00F299	R_J-201SINK-201	SINK-201	20.29	733.07	555.27	555.27
EL1106FR00F301	-	J-202	13.24	703.54	564.86	564.86
EL1106FR00F305	R_J-202SINK-202	SINK-202	16.99	676.70	551.79	551.79
EL1106FR00F309	-	J-201	98.85	1002.05	584.58	584.58
EL1106FR00F313	-	J-202	65.02	728.55	564.93	564.93

Πίνακας 5.13: Χαρακτηριστικά μεγέθη κλάδων υδρογραφικού δικτύου (υδατορέματα) του συστήματος Κλειστής Λεκάνης του Οχυρού

Κωδικός	Κωδικός (συντ/φια μοντέλου)	Υπολεκάνη	Ανάντη	Κατάντη	Μήκος (km)	Μέση κλίση
R_J201SINK201	Reach-1	EL1106FR00F299	J202	SINK202	4.20	0.0031
R_J202SINK202	Reach-2	EL1106FR00F305	J201	SINK201	5.77	0.0051

Για την προσομοίωση του υδρολογικού συστήματος επιλέγεται διάρκεια βροχής $D = 24 \text{ h}$ εκτός από το ευμενές σενάριο για περίοδο επαναφοράς $T=50$ και όλα τα σενάρια για περίοδο επαναφοράς $T=1000$ έτη, στα οποία επελέγη διάρκεια βροχόπτωσης 48hr προκειμένου να αποτυπωθεί η αιχμή και η κάθοδος του υδρογραφήματος. Το χρονικό βήμα υπολογισμών είναι $\Delta t = 20 \text{ min}$.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.4.4, ο υπολογισμός του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής φ πραγματοποιήθηκε για επί μέρους υποσυστήματα η ομαδοποίηση των οποίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.14: Ομαδοποίηση υποσυστημάτων υδρολογικού μοντέλου του συστήματος Κλειστής Λεκάνης του Οχυρού για τον υπολογισμό του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής φ

Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ
EL1106FL00F311	φ_3
EL1106FR00F299	φ_2
EL1106FR00F301	φ_3
EL1106FR00F305	φ_3
EL1106FR00F309	φ_2
EL1106FR00F313	φ_3

Επίσης, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο υπολογισμός της χρονικής παραμέτρου του μοντέλου διόδευσης k πραγματοποιήθηκε για επί μέρους υποσυστήματα η ομαδοποίηση των οποίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

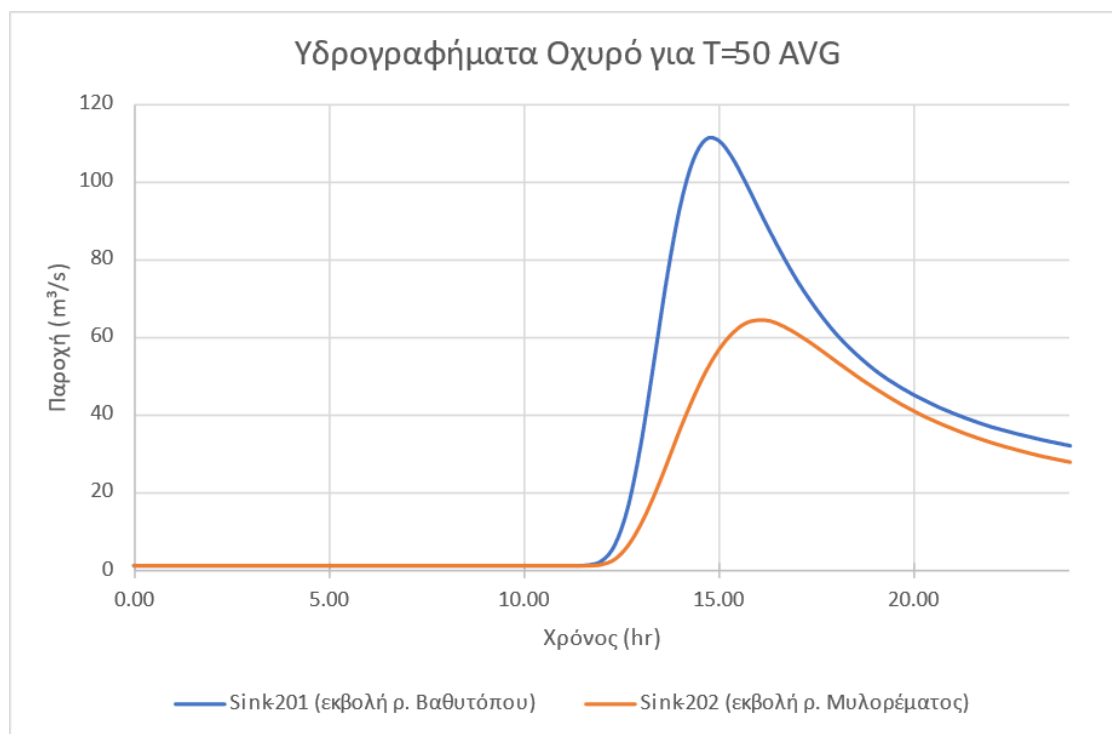
Πίνακας 5.15: Ομαδοποίηση υποσυστημάτων υδρολογικού μοντέλου του συστήματος Κλειστής Λεκάνης του Οχυρού για τον υπολογισμό της χρονικής παραμέτρου του μοντέλου διόδευσης k

Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού k
EL1106FL00F311	k29
EL1106FR00F299	k30
EL1106FR00F301	k29
EL1106FR00F305	k29
EL1106FR00F309	k30
EL1106FR00F313	k29

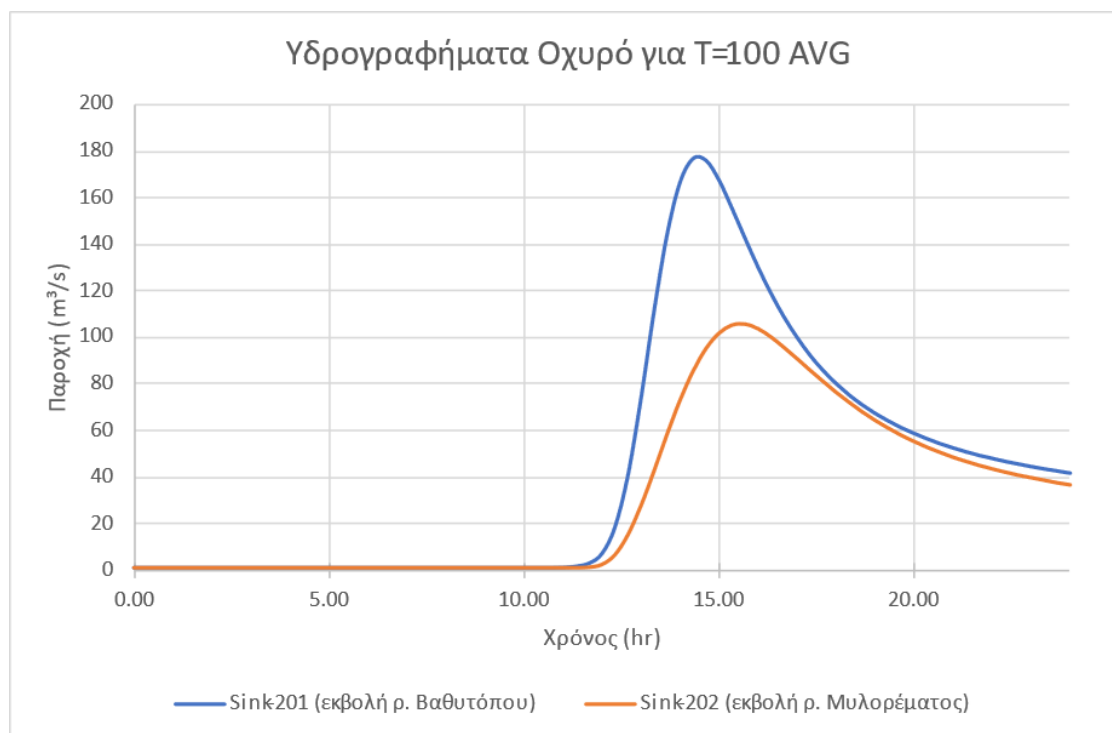
5.2.2 Αποτελέσματα Υπολογισμών

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται γραφικά τα αποτελέσματα (Υδρογραφήματα σχεδιασμού για $T=50,100,1000$ χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)) κάποιων σημαντικών ποταμών του υδρολογικού συστήματος, σε επιλεγμένους κόμβους.

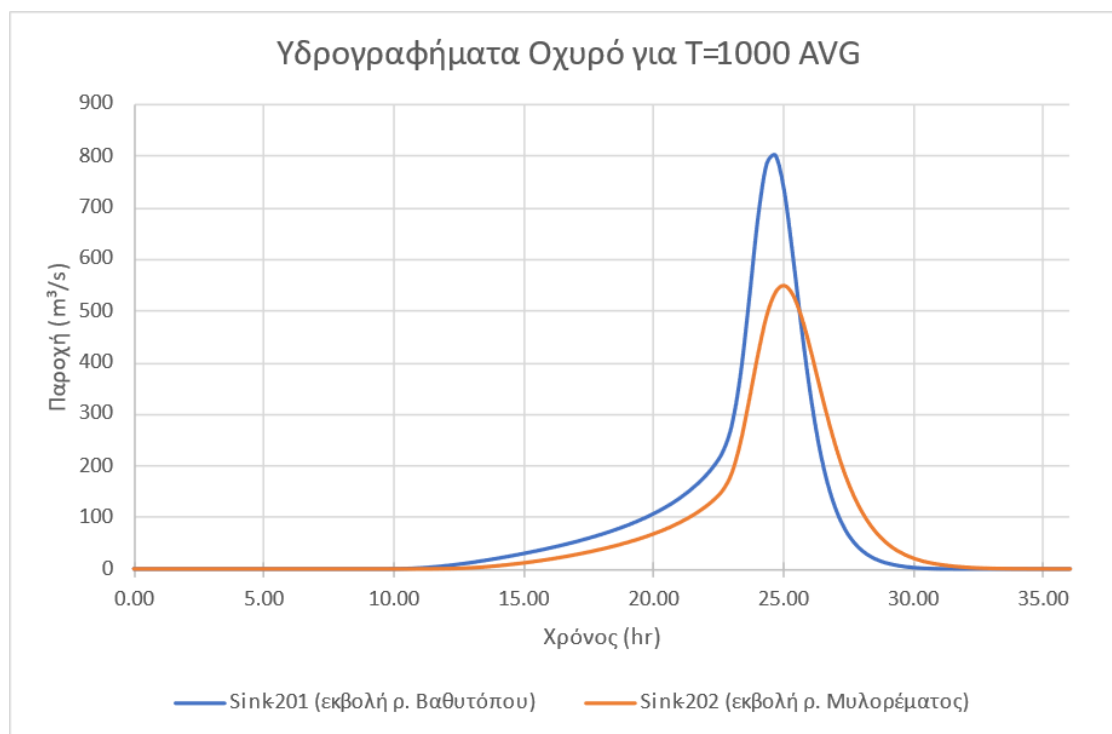
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του μοντέλου προσομοίωσης για όλες τις συνιστώσες του δικτύου (υπολεκάνες, κόμβοι, κλάδοι, ταμιευτήρες) του υδρολογικού συστήματος για $T=50,100,1000$ χρόνια για μέσες (CNII), ευμενείς (CNI), και δυσμενείς (CNIII) συνθήκες, καθώς και τα Υδρογραφήματα σχεδιασμού για $T=50,100,1000$ χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII) παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π3.



Σχήμα 5-13: Υδρογραφήματα ποταμών κλειστής Λεκάνης Οχυρού για T=50 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)



Σχήμα 5-14: Υδρογραφήματα ποταμών κλειστής Λεκάνης Οχυρού για T=100 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)



Σχήμα 5-15: Υδρογραφήματα ποταμών κλειστής Λεκάνης Οχυρού για T=1000 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)

5.3 Σύστημα Παραθαλάσσιων υπο-λεκανών ρ. Ασπροβάλτας, ρ. Πηγαδούλι, ρ. Πλατανόρεμα, ρ. Μαρμαρά και παραλίας Ν. Καβάλας

5.3.1 Συνολικά στοιχεία υδρολογικού μοντέλου

Το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης των Παραθαλάσσιων υπο-λεκανών ρ. Ασπροβάλτας, ρ. Πηγαδούλι, ρ. Πλατανόρεμα, ρ. Μαρμαρά και παραλίας Ν. Καβάλας περιλαμβάνει 15 υπολεκάνες, 14 κόμβους και 17 κλάδους του υδρογραφικού δικτύου (εκ των οποίων σε 7 πραγματοποιείται διόδευση). Ουσιαστικά το μοντέλο αυτό αποτελείται από 8 αυτόνομες λεκάνες (υπο-συστήματα) οι οποίες και εξετάστηκαν ξεχωριστά αλλά για λόγους απλοποίησης της διαχείρισης των αποτελεσμάτων προσομοίωσης ομαδοποιήθηκαν σε κοινό μοντέλο προσομοίωσης. Τα υπο-συστήματα αυτά διατρέχονται από μικρού μήκους χειμάρρους.

Στην περιοχή της Ασπροβάλτας υπάρχουν 2 αυτόνομες λεκάνες και το δίκτυο αποστράγγισης της περιοχής αποτελείται από μικρού μήκους χειμάρρους σε παράλληλη διάταξη γενικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ. Στο μοντέλο κατά τη διαδρομή των ρεμάτων (Ξερολάκι στα ΝΔ και Ανώνυμο στα ΒΔ) συμβάλει κόμβος στα όρια της ΖΔΥΚΠ (J-301 στα ΝΔ και J-302 στα ΒΔ) και εν τέλει τα ρέματα εκβάλλουν στον Στρυμονικό κόλπο (κόλπος Ορφανού) στους κόμβους SINK-301 και SINK-302 αντίστοιχα. Η ΖΔΥΚΠ καλύπτει το μεγαλύτερο πεδινό τμήμα της λεκάνης.

Στην επιμήκη λεκάνη νότια του όρους Παγγαίο υπάρχουν 3 αυτόνομες λεκάνες των τα ρεμάτων Πηγαδούλι, Πλατανόρεμα και Μαρμαρά. Στο μοντέλο κατά τη διαδρομή των ρεμάτων Πηγαδούλι και Πλατανόρεμα συμβάλει κόμβος στα όρια της ΖΔΥΚΠ (J-303 και J-304 αντίστοιχα) και εν τέλει τα ρέματα εκβάλλουν στον Στρυμονικό κόλπο (κόλπος Ορφανού) στους κόμβους SINK-303 και SINK-304 αντίστοιχα. Στο μοντέλο η λεκάνη του ρ. Μαρμαρά έχει σχηματιστεί ως κατανεμημένη χωρίς ενδιάμεσο κόμβο με εκβολή κατευθείαν στον Στρυμονικό κόλπο (κόλπος Ορφανού) στον κόμβο SINK-305. Η ΖΔΥΚΠ καλύπτει το μεγαλύτερο πεδινό τμήμα της επιμήκης λεκάνης νότια του όρους Παγγαίο.

Στην περιοχή της παραλίας Ν. Καβάλας από Νέα Πέραμο έως Καβάλα υπάρχουν 3 αυτόνομες λεκάνες και το δίκτυο αποστράγγισης της περιοχής αποτελείται από μικρού μήκους χειμάρρους σε παράλληλη διάταξη. Στο μοντέλο κατά τη διαδρομή του ρέματος Βρύση (στα ανατολικά της χαμηλής ζώνης άνω ρ. Ν. Περάμου) συμβάλει κόμβος στα όρια της ΖΔΥΚΠ (J-306) το οποίο αποστραγγίζεται στη θάλασσα στον Όρμο Ελευθερών-Κόλπο Καβάλας στον κόμβο SINK-306. Στη δεύτερη Λεκάνη που τοποθετείται στα βόρεια του οικισμού Νέας Ηρακλείτσας, πηγάζει ρέμα που κινείται από βορρά προς νότο, στο οποίο στο μοντέλο συμβάλει κόμβος στα όρια της ΖΔΥΚΠ (J-307) και το οποίο διέρχόμενο μέσα από τον οικισμό Σαράντα εκβάλλει στην ομώνυμη παραλία στον κόμβο SINK-307. Στην Τρίτη Λεκάνη Λεκάνη που τοποθετείται 5 χλμ. περίπου βόρεια της Καβάλας πηγάζει ρέμα που κινείται από βορρά προς Νότο, στο οποίο στο μοντέλο συμβάλει κόμβος στα όρια της ΖΔΥΚΠ (J-308) και το οποίο διέρχόμενο μέσα από την περιοχή Περιγιάλι εκβάλλει στην ομώνυμη παραλία ανατολικά στον κόμβο SINK-308. Η ΖΔΥΚΠ καλύπτει το μεγαλύτερο πεδινό τμήμα της λεκάνης.

Τα χαρακτηριστικά γεωμετρικά μεγέθη των κλάδων και υπολεκανών του υδρογραφικού δικτύου δίνονται στους επόμενους πίνακες. Επίσης, στον χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζεται η σχηματοποίηση του υδρολογικού συστήματος όπου δείχνονται τα ρέματα, οι κόμβοι, και οι υπολεκάνες απορροής.

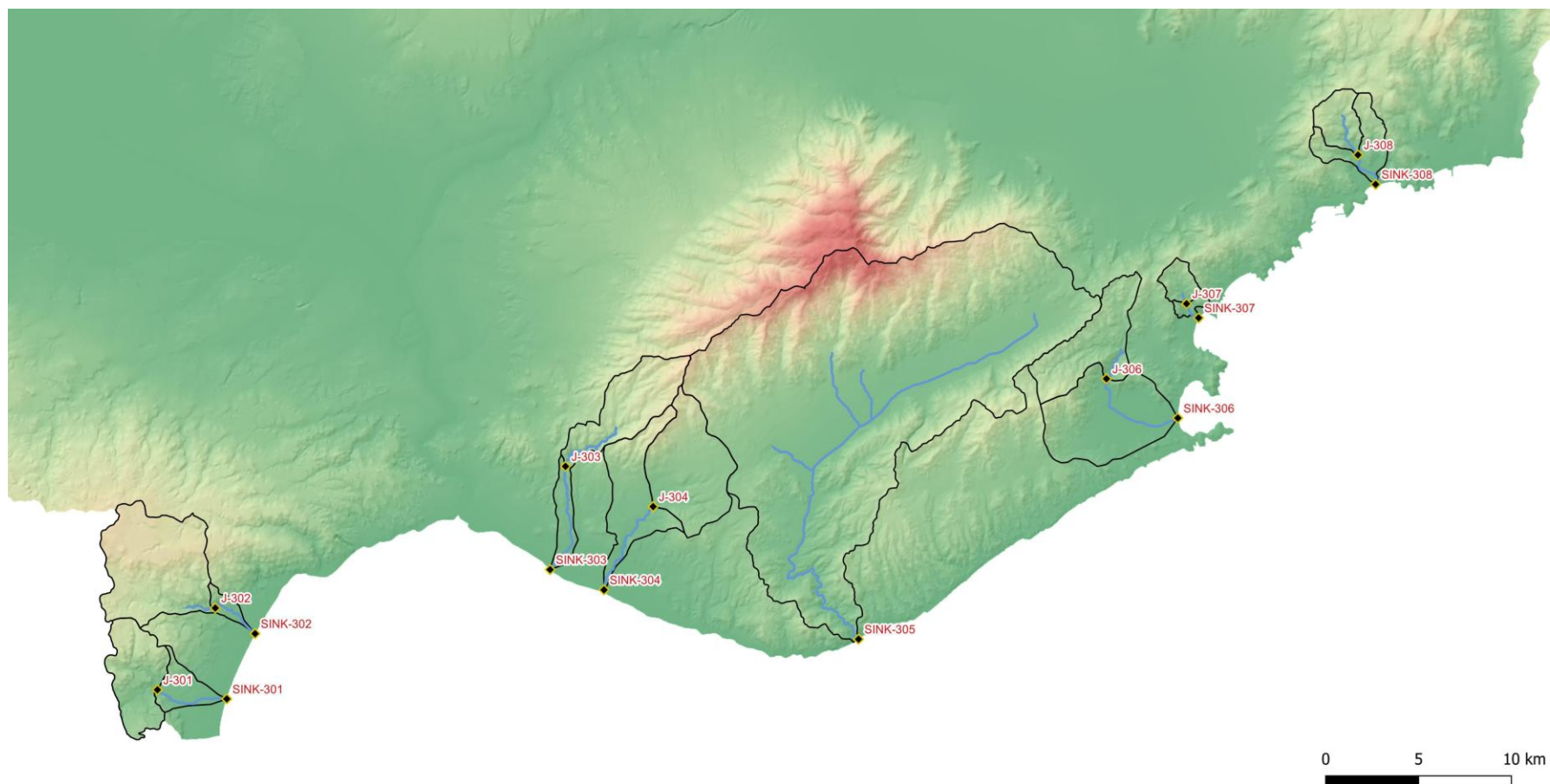
Τα αναλυτικά δεδομένα της υδρολογικής προσομοίωσης (δεδομένα εισόδου μοντέλου, σε μορφή πινάκων και γραφημάτων) παρουσιάζονται στα αντίστοιχα παραρτήματα:

- Στο Παράρτημα Π1 δίνονται οι παράμετροι Ομβρίων, τα στοιχεία βροχοπτώσεων και οι ταυτότητες των υπολεκανών συνοδευόμενες με τα Υετογραφήματα καταιγίδας.
- Στο Παράρτημα Π2 αναλύονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη των κλάδων που υδρογραφικού δικτύου και δίνονται οι τιμές βασικής ροής και οι υπολογισμένοι χρόνοι συρροής των υπολεκανών.

Επίσης, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τις 8 αυτόνομες λεκάνες (υπο-συστήματα) που προσομοιώθηκαν το εμβαδό της λεκάνης, τη διάρκεια βροχής σχεδιασμού, το ύψος βροχής για κάθε περίοδο επαναφοράς (ως σταθμισμένος μέσος όρος ανά υπολεκάνη), η βασική απορροή (ως σταθμισμένος μέσος όρος ανά υπολεκάνη) και η αιχμή πλημμύρας (για κάθε περίοδο επαναφοράς, για το μέσο CN).

**Πίνακας 5.16: Χαρακτηριστικά μεγέθη Λεκανών συστήματος Παραθαλάσσιων υπο-λεκανών
ρ. Ασπροβάλτας, ρ. Πηγαδούλι, ρ. Πλατανόρεμα, ρ. Μαρμαρά και παραλίας Ν. Καβάλας**

ΛΕΚΑΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΒΡΟΧΗΣ (hr)	Βασική απορροή (m ³ /s)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ T_50 (mm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ T_100 (mm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ T_1000 (mm)	ΑΙΧΜΗ T_50 (m ³ /s)	ΑΙΧΜΗ T_100 (m ³ /s)	ΑΙΧΜΗ T_1000 (m ³ /s)
ΞΕΡΟΛΑΚΚΙ	20.4	12.00	0.17	118.55	139.55	231.53	104.00	141.60	377.10
ΑΝΩΝΥΜΟ Ρ. (ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑ)	32.3	12.00	0.29	111.81	131.56	218.06	15.30	30.60	296.30
ΠΗΓΑΔΟΥΛΙ Ρ.	22.1	12.00	0.18	96.35	113.29	187.44	19.30	29.10	183.70
ΠΛΑΤΑΝΟΡΕΜΑ Ρ.	39.8	12.00	0.26	101.87	119.84	198.52	41.90	110.80	409.50
ΜΑΡΜΑΡΑ Π.	234.2	24.00	2.1	119.48	140.56	232.85	296.20	437.90	1535.10
ΒΡΥΣΗ Ρ.	44.3	12.00	0.26	102.91	121.17	201.11	91.10	132.90	455.00
ΑΝΩΝΥΜΟ Ρ. (ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΕΑ ΗΡΑΚΛΕΙΤΣΑ)	4.8	12.00	0.1	107.63	126.61	209.75	16.60	24.00	88.60
ΑΝΩΝΥΜΟ Ρ. (ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΤΗΣ ΚΑΒΑΛΑΣ)	14.1	12.00	0.1	97.13	114.25	189.24	25.80	39.80	184.90



Σχήμα 5-16: Χάρτης περιοχής μελέτης, στον οποίο απεικονίζεται η σχηματοποίηση των κόμβων και κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκανών του συστήματος Παραθαλάσσιων υπολεκανών

Πίνακας 5.17: Χαρακτηριστικά μεγέθη υπολεκανών του συστήματος Παραθαλάσσιων υπολεκανών

Κωδικός	Κλάδος	Κόμβος εξόδου	Έκταση (km ²)	Μέσο υψόμετρο (m)	Υψόμετρο εξόδου (m)	Μέγιστο μήκος ροής (km)
EL1106FR00F001	-	J-301	14.72	346.32	61.38	6.47
EL1106FR00F002	R_J-301SINK-301	SINK-301	5.70	84.93	1.23	5.75
EL1106FR00F003	-	J-302	30.29	735.24	113.03	11.48
EL1106FR00F004	R_J-302SINK-302	SINK-302	2.01	150.63	0.92	3.34
EL1106FR00F006	R_J-303SINK-303	SINK-303	4.88	80.87	0.70	7.21
EL1106FR00F010	R_J-304SINK-304	SINK-304	16.40	252.46	0.50	5.96
EL1106FR00F012	R_J-306SINK-306	SINK-306	26.49	120.06	0.44	7.18
EL1106FR00F014	-	SINK-305	234.20	419.76	1.16	41.54
EL1106FR00F016	R_J-308SINK-308	SINK-308	7.90	253.22	1.42	6.57
EL1106FR00F018	R_J-307SINK-307	SINK-307	1.36	112.41	2.69	1.19
EL1106FR00F019	-	J-304	23.46	307.02	72.31	10.89
EL1106FR00F023	-	J-303	17.30	588.67	145.20	12.33
EL1106FR00F051	-	J-306	17.89	303.46	40.48	9.28
EL1106FR00F323	-	J-308	6.27	373.93	64.70	5.09
EL1106FR00F325	-	J-307	3.51	253.50	42.18	3.01

Πίνακας 5.18: Χαρακτηριστικά μεγέθη κλάδων υδρογραφικού δικτύου (υδατορέματα) του συστήματος Παραθαλάσσιων υπολεκανών

Κωδικός	Κωδικός (συντ/φια μοντέλου)	Υπολεκάνη	Ανάντη	Κατάντη	Μήκος (km)
R_J301SINK301	Reach-1	EL1106FR00F002	J301	SINK301	4.11
R_J302SINK302	Reach-2	EL1106FR00F004	J302	SINK302	2.90
R_J303SINK-303	Reach-3	EL1106FR00F006	J303	SINK-303	6.62
R_J304SINK-304	Reach-4	EL1106FR00F010	J304	SINK-304	5.79
R_J306SINK-306	Reach-6	EL1106FR00F012	J306	SINK-306	5.81
R_J307SINK-307	Reach-7	EL1106FR00F018	J307	SINK-307	1.10
R_J308SINK-308	Reach-8	EL1106FR00F016	J308	SINK-308	2.26

Για την προσομοίωση του υδρολογικού συστήματος επιλέγεται διάρκεια βροχής $D = 12 \text{ h}$ για το σύνολο των υπολεκανών, εκτός της Λεκάνης του ρ. Μαρμαρά (EL1106FR00F014) στην οποία εφαρμόστηκε διάρκεια βροχής $D = 24 \text{ h}$. Ειδικά για την περίοδο επαναφοράς $T=1000$ και προκειμένου να αποτυπωθεί επαρκώς η αιχμή και η κάθοδος των υδρογραφημάτων, υιοθετήθηκε διάρκεια βροχόπτωσης $D=24\text{hr}$ για το σύνολο των υπολεκανών, εκτός της Λεκάνης του ρ.

Μαρμαρά (EL1106FR00F014) στην οποία εφαρμόστηκε διάρκεια βροχής $D = 48$ h. Το χρονικό βήμα υπολογισμών είναι $\Delta t = 20$ min.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.4.4, ο υπολογισμός του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής φ πραγματοποιήθηκε για επί μέρους υποσυστήματα η ομαδοποίηση των οποίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.19: Ομαδοποίηση υποσυστημάτων υδρολογικού μοντέλου του συστήματος Παραθαλάσσιων υπολεκανών για τον υπολογισμό του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής φ

Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού φ
EL1106FR00F001	φ_4	EL1106FR00F016	φ_{11}
EL1106FR00F002	φ_4	EL1106FR00F018	φ_{10}
EL1106FR00F003	φ_5	EL1106FR00F019	φ_7
EL1106FR00F004	φ_5	EL1106FR00F023	φ_6
EL1106FR00F006	φ_6	EL1106FR00F051	φ_9
EL1106FR00F010	φ_7	EL1106FR00F323	φ_{11}
EL1106FR00F012	φ_9	EL1106FR00F325	φ_{10}
EL1106FR00F014	φ_8		

Επίσης, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο υπολογισμός της χρονικής παραμέτρου του μοντέλου διόδευσης k πραγματοποιήθηκε για επί μέρους υποσυστήματα η ομαδοποίηση των οποίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

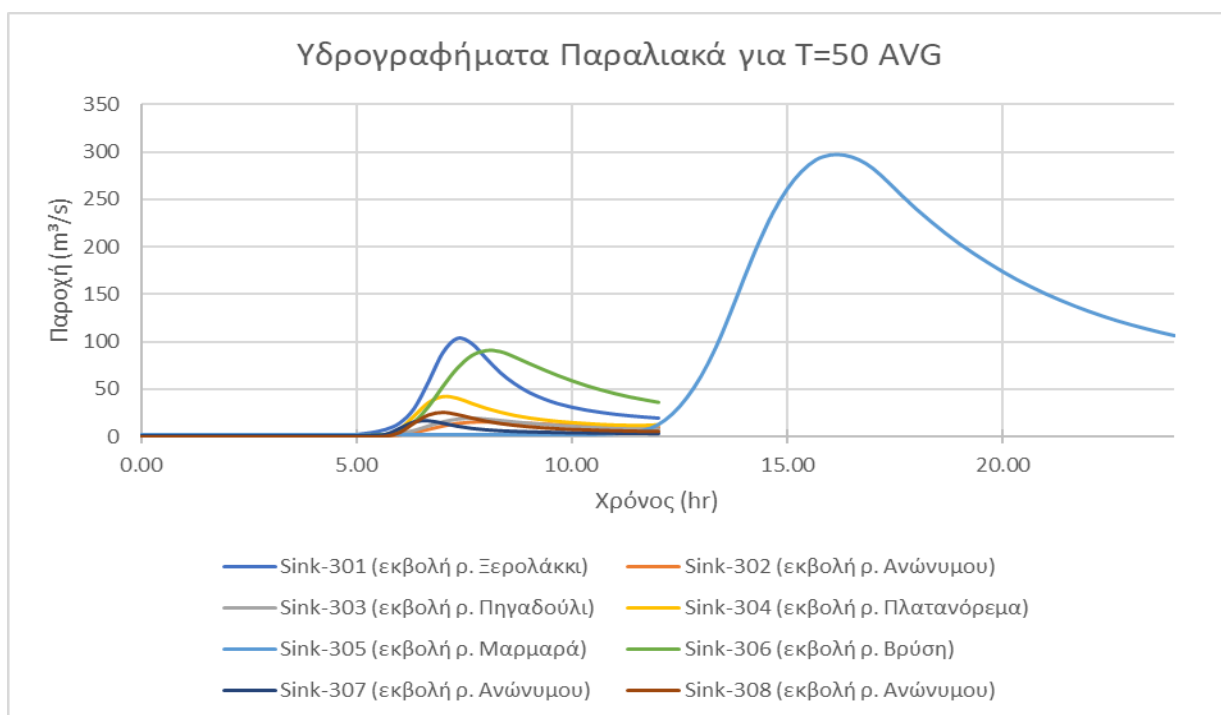
Πίνακας 5.20: Ομαδοποίηση υποσυστημάτων υδρολογικού μοντέλου του συστήματος Παραθαλάσσιων υπολεκανών για τον υπολογισμό της χρονικής παραμέτρου του μοντέλου διόδευσης k

Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού k	Κωδικός Λεκάνης	Ομαδοποίηση υπολογισμού k
EL1106FR00F001	k_{31}	EL1106FR00F016	k_{37}
EL1106FR00F002	k_{31}	EL1106FR00F018	k_{36}
EL1106FR00F003	k_{32}	EL1106FR00F019	k_{34}
EL1106FR00F004	k_{32}	EL1106FR00F023	k_{33}
EL1106FR00F006	k_{33}	EL1106FR00F051	k_{35}
EL1106FR00F010	k_{34}	EL1106FR00F323	k_{37}
EL1106FR00F012	k_{35}	EL1106FR00F325	k_{36}

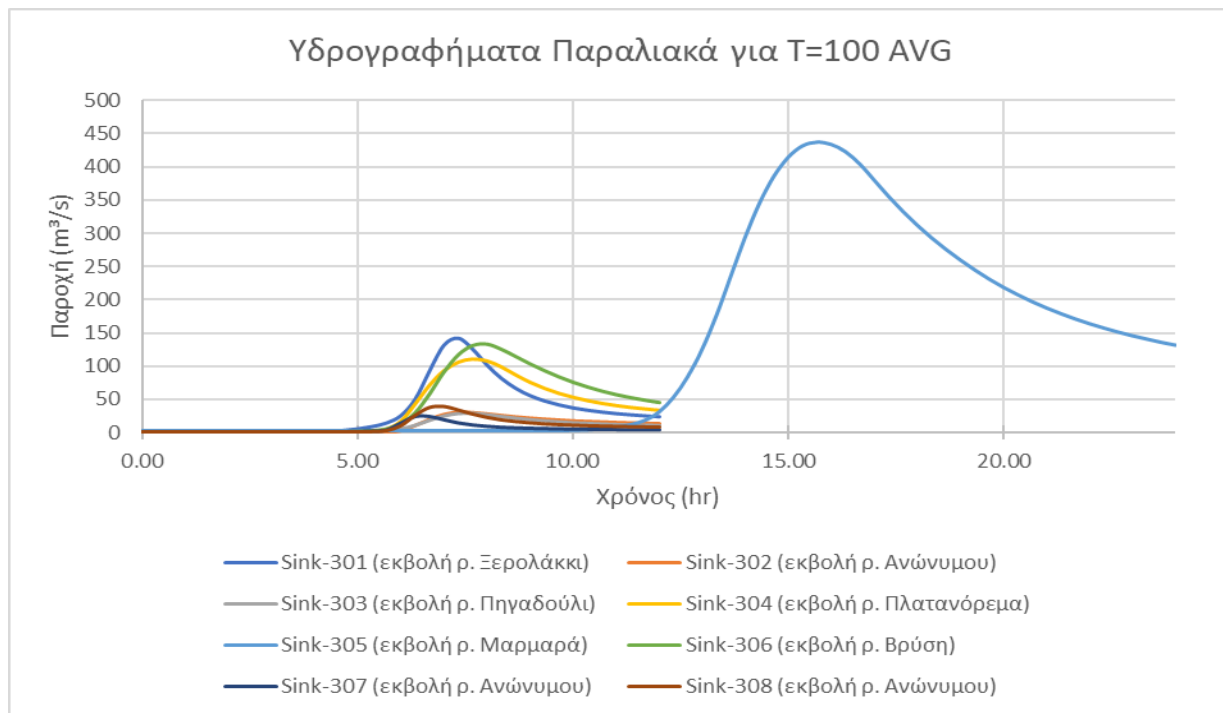
5.3.2 Αποτελέσματα Υπολογισμών

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται γραφικά τα αποτελέσματα (Υδρογραφήματα σχεδιασμού για $T=50,100,1000$ χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)) κάποιων σημαντικών ποταμών των αυτόνομων υδρολογικού υπο-συστημάτων, σε επιλεγμένους κόμβους.

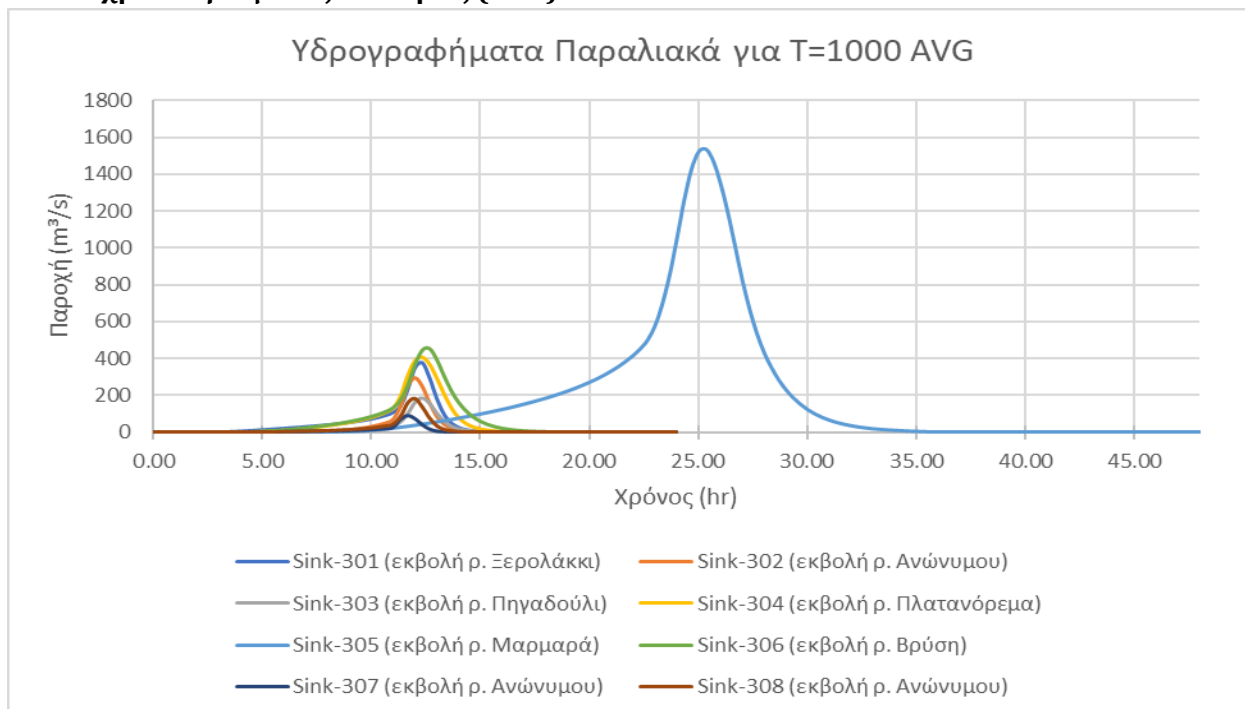
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του μοντέλου προσομοίωσης για όλες τις συνιστώσες του δικτύου (υπολεκάνες, κόμβοι, κλάδοι, ταμιευτήρες) των αυτόνομων υδρολογικού υπο-συστημάτων για $T=50,100,1000$ χρόνια για μέσες (CNII), ευμενείς (CNI), και δυσμενείς (CNIII) συνθήκες, καθώς και τα Υδρογραφήματα σχεδιασμού για $T=50,100,1000$ χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII) παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π3.



Σχήμα 5-17: Υδρογραφήματα Συστήματος Παραθαλάσσιων υπο-λεκανών Ασπροβάλτας,ρ. Πηγαδούλι, ρ. Πλατανόρεμα, ρ. Μαρμαρά και παραλίας Ν. Καβάλας για $T=50$ χρόνια για μέσες συνθήκες (CNII)



Σχήμα 5-18: Υδρογραφήματα Συστήματος Παραθαλάσσιων υπο-λεκανών ρ. Ασπροβάλτας, ρ. Πηγαδούλι, ρ. Πλατανόρεμα, ρ. Μαρμαρά και παραλίας Ν. Καβάλας για T=100 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNI)



Σχήμα 5-19: Υδρογραφήματα Συστήματος Παραθαλάσσιων υπο-λεκανών ρ. Ασπροβάλτας, ρ. Πηγαδούλι, ρ. Πλατανόρεμα, ρ. Μαρμαρά και παραλίας Ν. Καβάλας για T=1000 χρόνια για μέσες συνθήκες (CNI)

5.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων με 1^ο κύκλο

Στα πλαίσια της παρούσας Αναθεώρησης, τα αποτελέσματα της Υδρολογικής Ανάλυσης συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα του 1^{ου} κύκλου για τις υπολεκάνες διατηρήθηκαν ίδιες ή τροποποιήθηκαν ελάχιστα ως προς τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά. Η σύγκριση αφορά τα **α) τα ύψη βροχής σχεδιασμού (μέση επιφανειακή βροχόπτωση)** και **β) τις παροχές αιχμής (για μέσες συνθήκες CNII)** για κάθε υπολεκάνη.

Στους παρακάτω πίνακες και σχήματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μεταβολές για τις εξεταζόμενες τρεις περιόδους επαναφοράς (T50, T100, T1000) και για τις μέσες συνθήκες CNII.

Για το μεγαλύτερο ποσοστό των εξεταζόμενων υπολεκανών (τόσο για τα ύψη βροχής όσο και για τις παροχές αιχμής) παρατηρείται μια εν γένει μειωτική τάση στο διάστημα μεταβολής -50% έως 0%. Οι διαφορές σε σχέση με τα αποτελέσματα του 1^{ου} κύκλου αποδίδονται κυρίως στην εφαρμογή των νέων όμβριων καμπυλών, στις διαφοροποιημένες εν μέρει διάρκειες των βροχοπτώσεων σχεδιασμού σε κάποιες λεκάνες, στην διαφορετική προσέγγιση εφαρμογής του μειωτικού συντελεστή που εφαρμόστηκε για την μετατροπή της σημειακής έντασης βροχόπτωσης σε επιφανειακή μέση ένταση της λεκάνης απορροής και (όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 3.4.4) θεωρώντας την έκταση της συνολικής λεκάνης, Α (και όχι τις επιμέρους εκτάσεις των υπολεκανών που είχε υιοθετηθεί στο 1ο κύκλο) αλλά και στις διαφορές του αριθμού CN.

Τα συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα για το σύνολο των υπολεκανών καθώς και η ανάλυση τους παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π5.

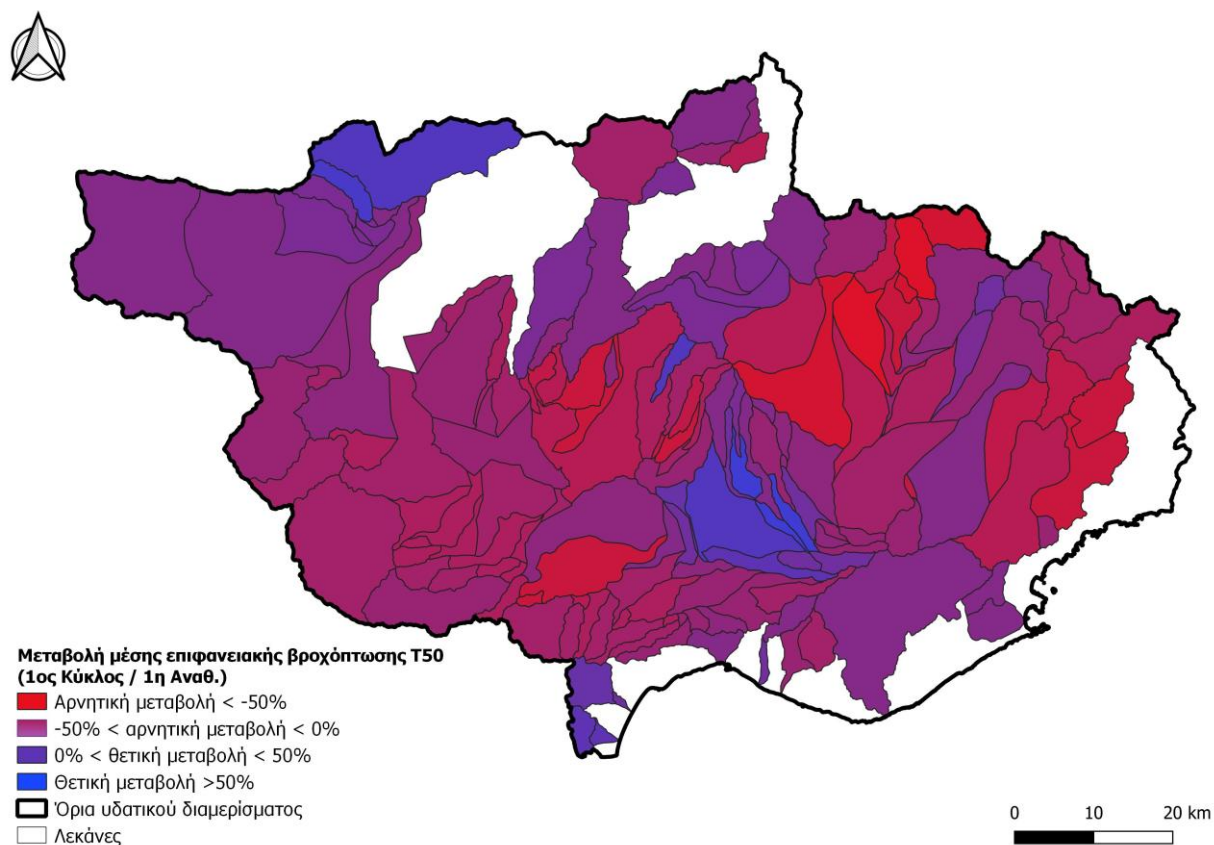
Πίνακας 5.21: Μεταβολή ύψους βροχόπτωσης / Ποσοστό λεκανών (1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)

	Ποσοστό του συνόλου των λεκανών		
	T_50	T_100	T_1000
θετική μεταβολή >50%	0%	0%	2%
0% < θετική μεταβολή < 50%	20%	29%	51%
-50% < αρνητική μεταβολή < 0%	80%	71%	47%
αρνητική μεταβολή > -50%	0%	0%	0%

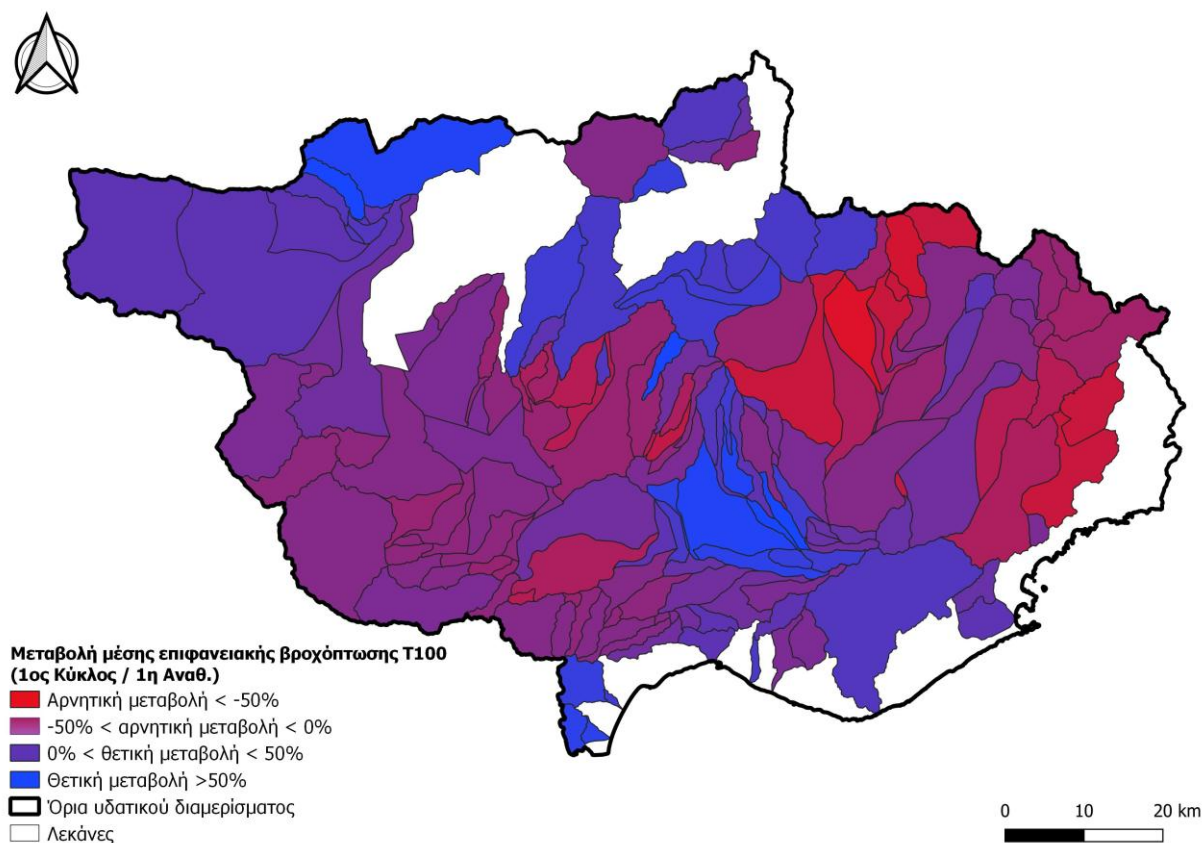
Πίνακας 5.22: Μεταβολή αιχμής πλημμυρογραφήματος / Ποσοστό λεκανών (1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)

	Ποσοστό του συνόλου των λεκανών		
	T_50	T_100	T_1000
θετική μεταβολή >50%	13%	14%	9%
0% < θετική μεταβολή < 50%	10%	11%	20%
-50% < αρνητική μεταβολή < 0%	40%	45%	54%
αρνητική μεταβολή > -50%	37%	30%	16%

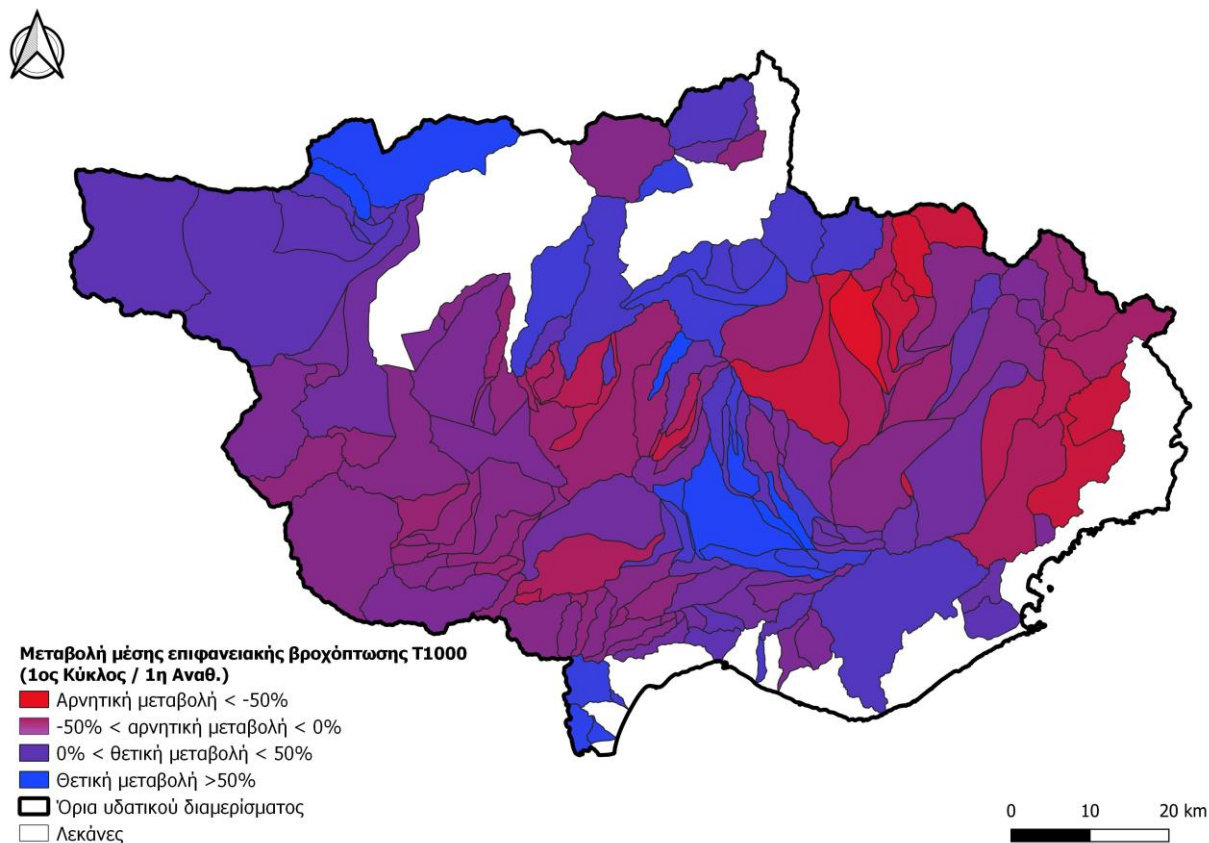
**Σχήμα 5-20: Μεταβολή ύψους βροχής σχεδιασμού (μέση επιφανειακή βροχόπτωση) T50
(1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)**



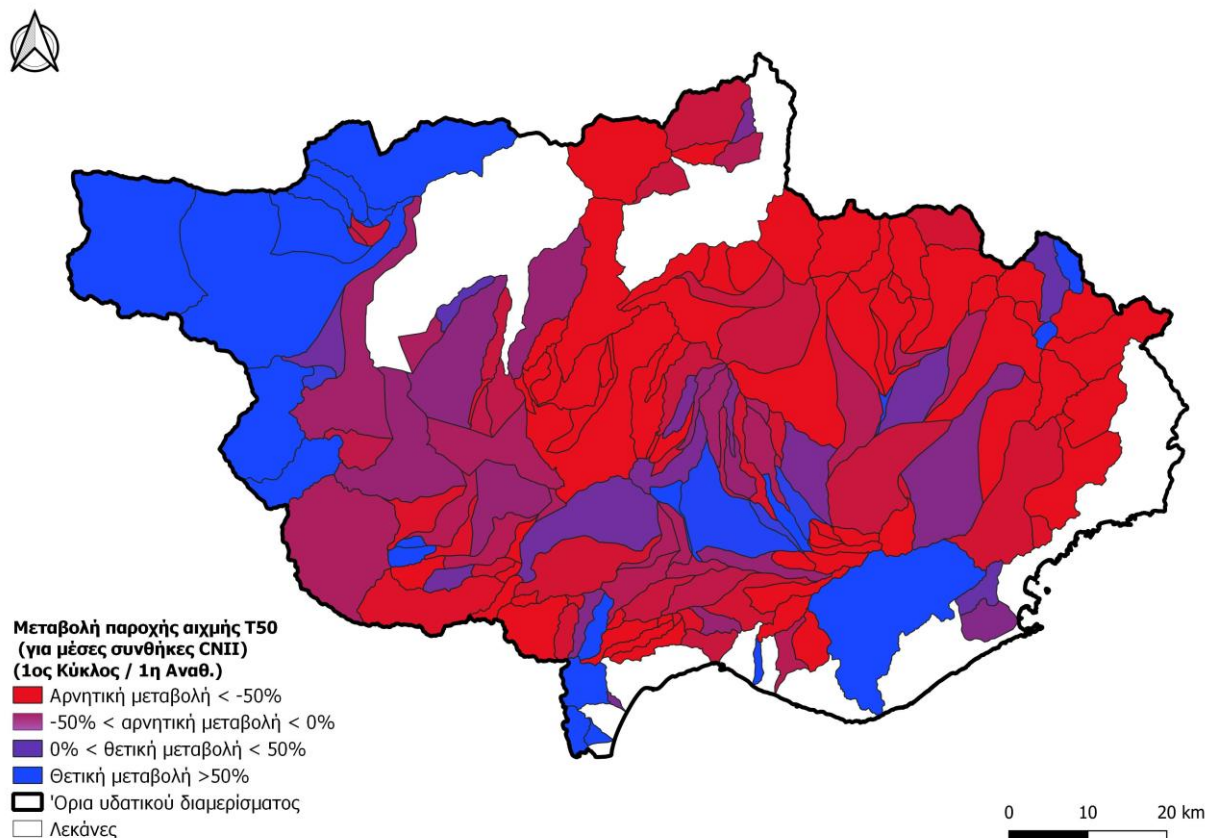
**Σχήμα 5-21: Μεταβολή ύψους βροχής σχεδιασμού (μέση επιφανειακή βροχόπτωση) T100
(1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)**



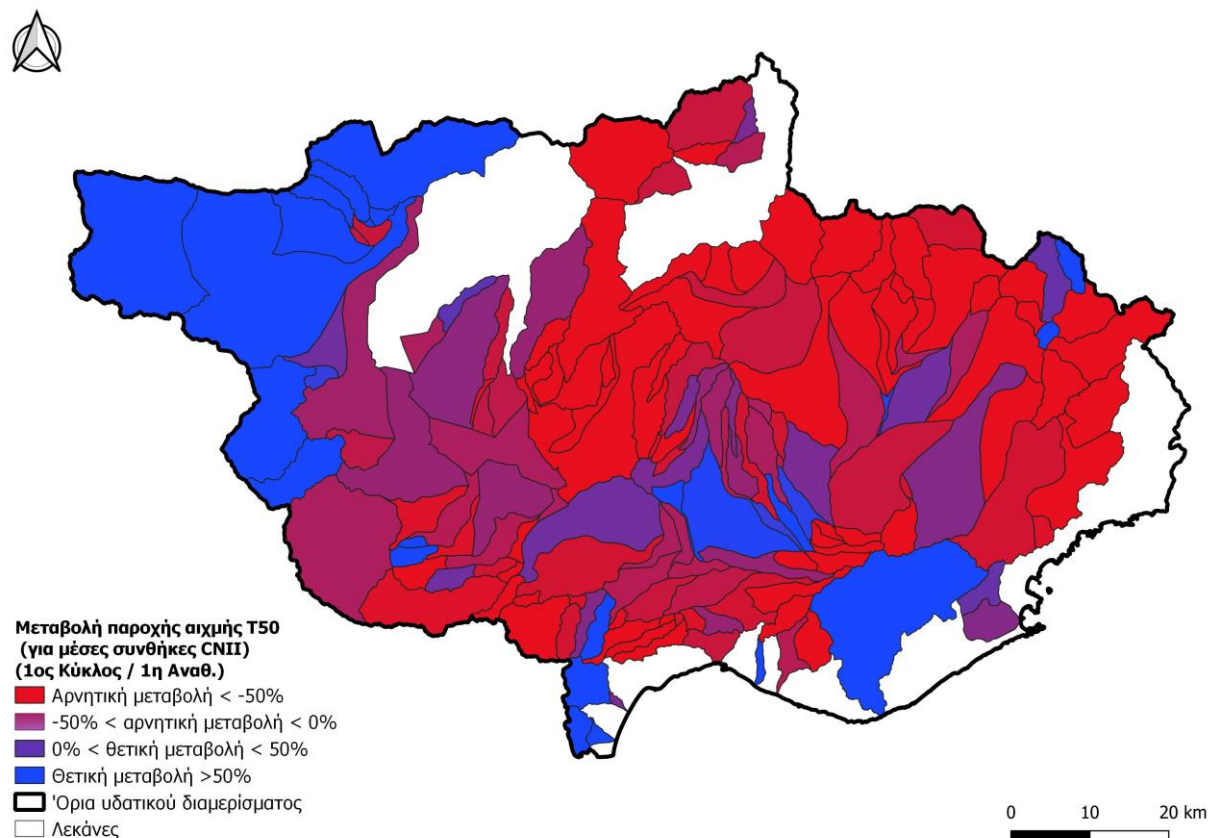
**Σχήμα 5-22: Μεταβολή ύψους βροχής σχεδιασμού (μέση επιφανειακή βροχόπτωση) T1000
(1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)**



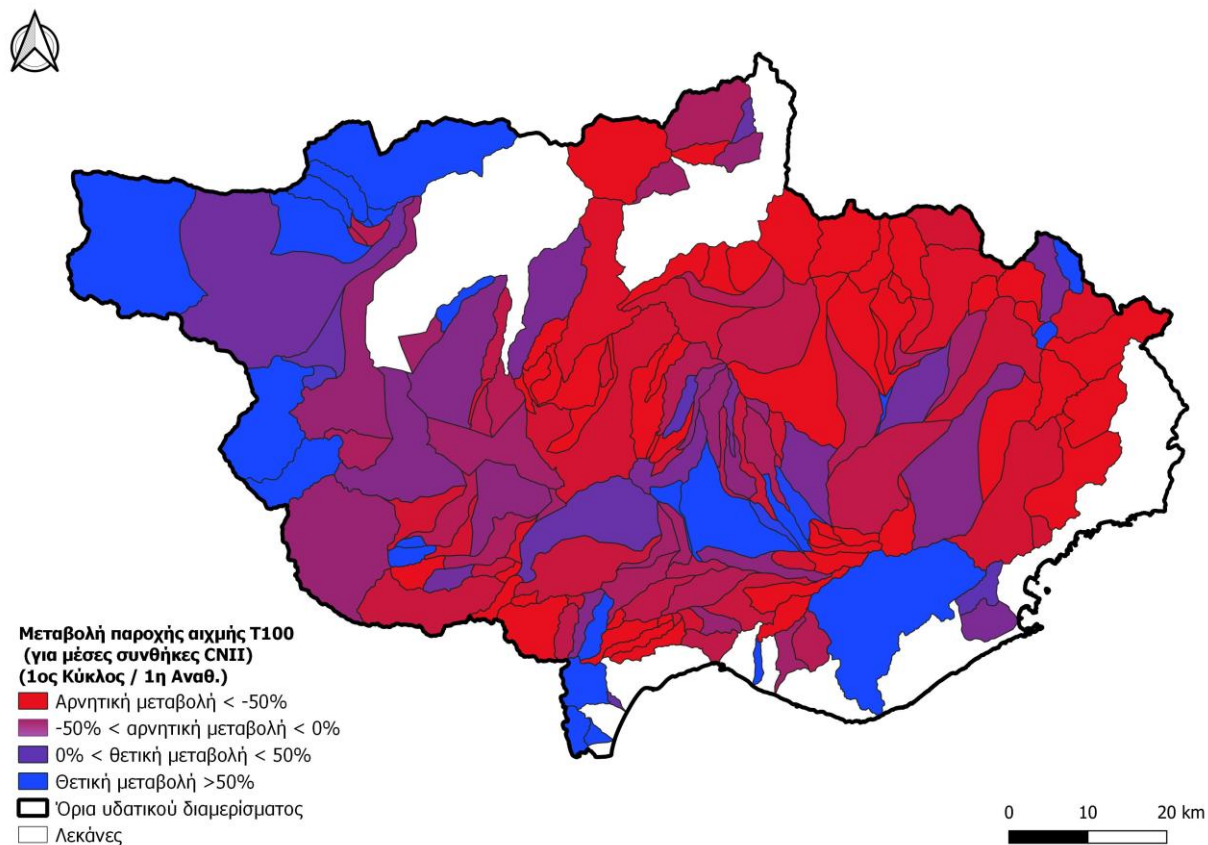
Σχήμα 5-23: Μεταβολή παροχής αιχμής (για μέσες συνθήκες CNII) T50 (1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)



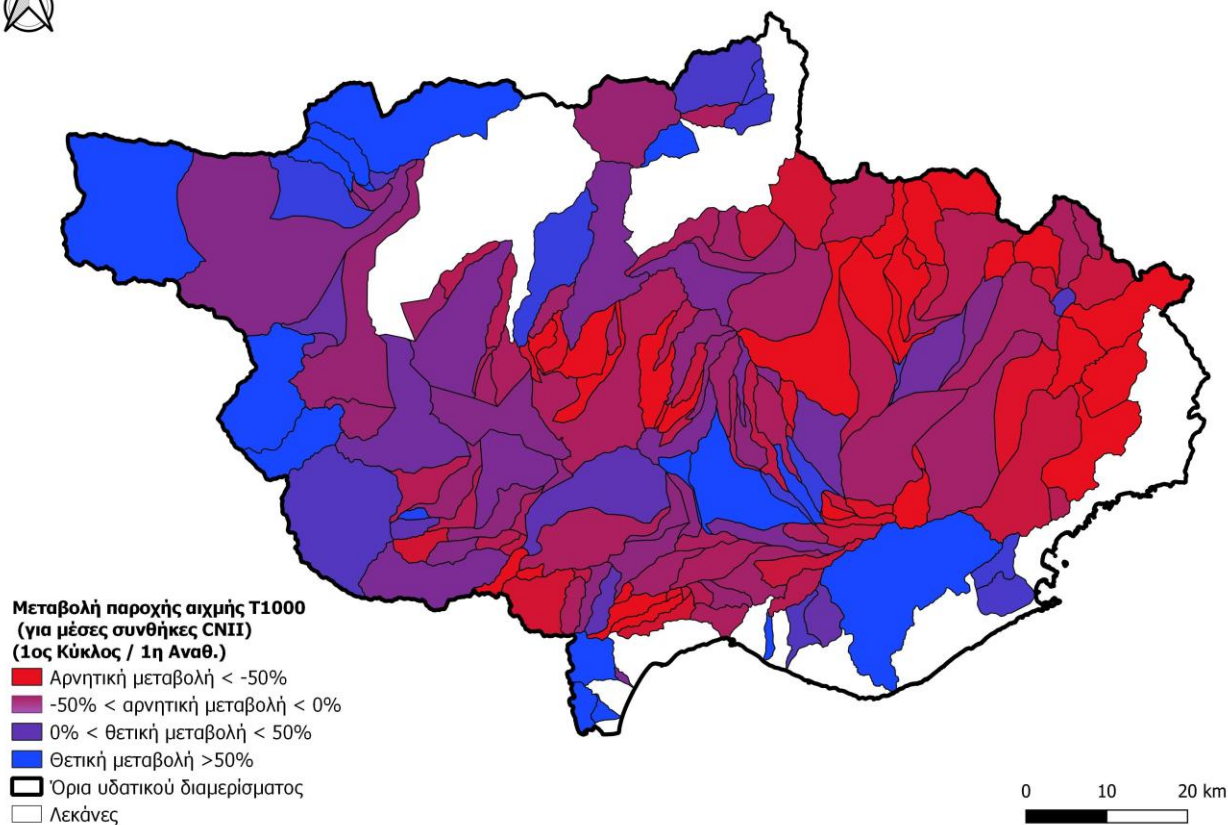
Σχήμα 5-24: Μεταβολή παροχής αιχμής (για μέσες συνθήκες CNII) T50 (1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)



Σχήμα 5-25: Μεταβολή παροχής αιχμής (για μέσες συνθήκες CNII) T100 (1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)



Σχήμα 5-26: Μεταβολή παροχής αιχμής (για μέσες συνθήκες CNII) T1000 (1^{ος} κύκλος/ 1^η Αναθ.)



–ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, W. (1988). Applied Hydrology. McGraw-Hill.
- Doulgeris, C., I. Halkidis and D. Papadimos, 2008. Use of Modern Technology for the Protection and Management of Water Resources in Strymonas/Struma River Basin. The Goulandris Natural History Museum-Greek Biotope/Wetland Centre, Thermi, Greece, 82 p.
- Koutsoyiannis, D. (1994). A stochastic disaggregation method for design storm and flood synthesis. Journal of Hydrology.
- Michailidi, E., S. Antoniadis, A. Koukouvinos, B. Bacchi, and A. Efstratiadis, Timing the time of concentration: shedding light on a paradox, Hydrological Sciences Journal, 63(5), 721–740, doi:10.1080/02626667.2018.1450985, 2018.
- Natural Resources Conservation Service. (1972). National Engineering Handbook. Natural Resources Conservation Service.
- Part 630 Hydrology National Engineering Handbook, Chapter 7, Hydrologic Soil Groups.
- Part 630 Hydrology National Engineering Handbook, Chapter 8, Land Use and Treatment Classes.
- Part 630 Hydrology National Engineering Handbook, Chapter 9, Hydrologic Soil-Cover Complexes.
- Part 630 Hydrology (2010). National Engineering Handbook, USDA, NRCS.
<http://policy.nrcs.usda.gov/viewerFS.aspx?hid=21422>
- Ponce, V.M. and Hawkins, R.H. (1996) Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity? Journal of Hydrologic Engineering, 1, 11-19.
- Risva, K., D. Nikolopoulos, and A. Efstratiadis, Distributed hydrological modelling using spatio-temporally varying velocities, European Geosciences Union General Assembly 2020, Geophysical Research Abstracts, Vol. 22, Vienna, EGU2020-13402, doi:10.5194/egusphere-egu2020-13402, 2020.
- Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης, (2023). **ΥΠΟ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΟΝΤΟΣ** - 2η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Μακεδονίας (EL11), σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007. «Επικαιροποίηση Εργαλείων Διαχείρισης Συγκέντρωση δεδομένων και συμπλήρωση χρονοσειρών» (Ανάδοχος: Κ/Ξ Σχεδίου Διαχείρισης ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας).
- Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος (2010). Έκθεση Επιχειρησιακής Παρακολούθησης των Ποτάμιων Συστημάτων στο Ελληνικό Τμήμα της Διασυνοριακής Λεκάνης Απορροής του Ποταμού Στρυμόνα.
- Δόικος Κωνσταντίνος, Προσομοίωση της ροής του ποταμού Στρυμόνα και διερεύνηση των πλημμυρών της άνοιξης του 2015», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Νοέμβριος 2015, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
- Ε.Κ., Γενική Γραμματεία Περιβάλλοντος (2000). ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (Φ.Ε.Κ I 327, 22/12/2000).

- Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (2013). Μητρώο Μεγάλων Ελληνικών Φραγμάτων.
- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων – Υγροτόπων (2007). Διαχείριση των υδατικών πόρων στη λεκάνη του Στρυμόνα για τη μείωση των επιπτώσεων από τη γεωργία με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων. LIFE03 ENV/GR/000217.
- Ευστρατιάδης, Α., Α. Κουκουβίνος, Ε. Μιχαηλίδη, Ε. Γαλιούνα, Κ. Τζούκα, Α. Δ. Κούσης, Ν. Μαμάσης, και Δ. Κουτσογιάννης, Τεχνική έκθεση περιγραφής περιοχικών σχέσεων εκτίμησης χαρακτηριστικών υδρολογικών μεγεθών, ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων, Ανάδοχοι: ΕΤΜΕ: Πέππας & Συν/τες Ε.Ε., Γραφείο Μαχαίρα, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 146 σ., Σεπτέμβριος 2014.
- Ευστρατιάδης, Α., Ν. Μαμάσης, Π. Κοσιέρης, Ι. Τσουκαλάς, και Α. Τέγος, Πλημμυρικά υδρογραφήματα – Τεχνική έκθεση, Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Δ. Στερεάς Ελλάδας & Ηπείρου (GR04 & GR05), Ανάθεση: Ειδική Γραμματεία Υδάτων – Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ανάδοχος: Καραβοκύρης και Συν/τες, 91 σ., Μάρτιος 2016.
- Κουτσογιάννης, Δ., & Ξανθόπουλος, Θ. (1999). Τεχνική Υδρολογία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κουτσογιάννης, Δ. (2011). Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης Δ., Θ. Ηλιοπούλου, Α. Κουκουβίνος, Ν. Μαλάμος, Ν. Μαμάσης, Π. Δημητριάδης, Ν. Τεπετίδης, και Δ. Μαρκαντώνης, Technical Report, Παραγωγή χαρτών με τις επικαιροποιημένες παραμέτρους των όμβριων καμπυλών σε επίπεδο χώρας (εφαρμογή της Οδηγίας ΕΕ 2007/60/ΕΚ στην Ελλάδα), Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2023. <https://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/2273/>
- Ορφανίδου Ε. (2008). Διαχείριση Υδρολογικής Λεκάνης Στρυμόνα. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Ποντικός Σ., Πιθανοτική διερεύνηση καταστάσεων εδαφικής υγρασίας στην Ελληνική επικράτεια για χρήση τους στον υδρολογικό σχεδιασμό, Διπλωματική εργασία, 83 pages, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Νοέμβριος 2014
- ΥΠΕΝ, ΕΓΥ (2018). Σχέδιο Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Μακεδονίας (EL11). Ειδική Γραμματεία Υδάτων, ΥΠΕΝ (Ανάδοχος: Κ/Ξ Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης).
- ΥΠΕΝ, ΓΓΦΠΥ, ΓΔΥ (2019). 1η Αναθεώρηση Προκαταρκτικής αξιολόγησης κινδύνων πλημμύρας, στα πλαίσια του έργου “Τεχνικός Σύμβουλος Υποστήριξης και Υποβοήθησης της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων στην εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ για την Αξιολόγηση και τη Διαχείριση των Κινδύνων Πλημμύρας”. Δ/ση Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος της Γενικής Γραμματείας Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων ΥΠΕΝ, (Ανάδοχος Κ/Ξ Συμβούλου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας).

–ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

—ΧΑΡΤΕΣ
