

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

των Λεκανών Απορροής Ποταμών του
Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου

ΣΤΑΔΙΟ Ι

2^η ΦΑΣΗ – ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Τεχνική έκθεση

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

**ΕΡΓΟ : ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΔΥΤΙΚΗΣ, ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΚΑΙ
ΚΡΗΤΗΣ**

**Κ/Ξ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΔΥΤΙΚΗΣ, ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΚΑΙ ΚΡΗΤΗΣ :**

ΑΔΤ-ΩΜΕΓΑ ΑΤΕ - ΘΑΛΗΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ ΕΕ - Α. ΠΕΡΔΙΟΥ -Π.ΤΣΙΤΟΥΡΑ - Ι. ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ -

Ε. ΜΙΧΑΗΛΙΔΟΥ - Κ. ΧΑΤΖΗΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ

**ΕΡΓΟ : ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ
ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

ΦΑΣΗ 2 - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4: ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Αναθεωρήσεις:

| Έκδοση | Ημερομηνία | Παρατηρήσεις |
|---------------|-------------------|--|
| Εκδ. 1 | 29/05/2015 | Αρχική Έκδοση |
| Εκδ. 2 | 07/07/2015 | Ενσωμάτωση παρατηρήσεων ΤΣ |
| Εκδ. 3 | 31/08/2015 | Αναμόρφωση υδρολογικού ομοιώματος μετά από σύσκεψη με ΤΣ |
| Εκδ. 4 | 20/05/2016 | Ενσωμάτωση τελικών παρατηρήσεων ΤΣ |
| Εκδ. 5 | 27/01/2017 | Ενσωμάτωση παρατηρήσεων υπηρεσίας και Τ.Σ. |
| Εκδ. 6 | 10/12/2018 | Αναθεώρηση ως προς το εξώφυλλο |

Σημείωση

Διευκρινίζεται ότι ο κωδικός της χώρας "GR" αντικαθίσταται πλέον από τον κωδικό "EL"

Τεύχη και Χάρτες που συνοδεύουν το παρόν Παραδοτέο

| A/A | Τίτλος | Κλίμακα | Αριθμός Τεύχους/ Χάρτη |
|-----|--|---------|------------------------|
| | ΤΕΥΧΗ | | |
| 1 | Τεχνική Έκθεση | | Π04-Τ1 |
| 2 | Παράρτημα Ι : Ταυτότητα λεκανών και υπολεκανών απορροής | | Π04-Π1 |
| 3 | Παράρτημα ΙΙ : Αποτελέσματα | | Π04-Π2 |
| | ΧΑΡΤΕΣ | | |
| 1 | Αδιάστατος λόγος ύψους βροχής κάτω ορίου εμπιστοσύνης προς ύψος βροχής όμβριας καμπύλης για T=50 έτη | | Π04-X1 |
| 2 | Αδιάστατος λόγος ύψους βροχής άνω ορίου εμπιστοσύνης προς ύψος βροχής όμβριας καμπύλης για T=50 έτη | | Π04-X2 |
| 3 | Αδιάστατος λόγος ύψους βροχής κάτω ορίου εμπιστοσύνης προς ύψος βροχής όμβριας καμπύλης για T=100 έτη | | Π04-X3 |
| 4 | Αδιάστατος λόγος ύψους βροχής άνω ορίου εμπιστοσύνης προς ύψος βροχής όμβριας καμπύλης για T=100 έτη | | Π04-X4 |
| 5 | Αδιάστατος λόγος ύψους βροχής κάτω ορίου εμπιστοσύνης προς ύψος βροχής όμβριας καμπύλης για T=1000 έτη | | Π04-X5 |
| 6 | Αδιάστατος λόγος ύψους βροχής άνω ορίου εμπιστοσύνης προς ύψος βροχής όμβριας καμπύλης για T=1000 έτη | | Π04-X6 |
| 7 | Αριθμός καμπύλης απορροής CN | | Π04-X7 |

Περιεχόμενα

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 11 |
| 1.1 | ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΚΘΕΣΗΣ | 11 |
| 1.2 | ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ | 12 |
| 1.3 | ΟΜΑΔΑ ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ | 13 |
| 2 | ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ | 15 |
| 2.1 | ΓΕΝΙΚΑ | 15 |
| 2.2 | ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΚΑΙ ΚΟΜΒΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ | 16 |
| 2.3 | ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΟΜΟΙΩΜΑ | 17 |
| 2.4 | ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΙΔΑΣ | 27 |
| 2.4.1 | ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ | 27 |
| 2.4.2 | ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ | 30 |
| 2.4.3 | ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΤΑΓΙΔΑΣ – ΒΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ | 33 |
| 2.4.4 | ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ | 35 |
| 2.4.5 | ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΗΣ | 37 |
| 2.5 | ΕΝΕΡΓΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ | 40 |
| 2.5.1 | ΜΕΘΟΔΟΣ SOIL CONSERVATION SERVICE | 40 |
| 2.5.2 | ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (RUNOFF CURVE NUMBER) CN | 42 |
| 2.5.3 | ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ CN ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ | 43 |
| 2.6 | ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ | 47 |
| 2.7 | ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ | 50 |
| 2.8 | ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ | 52 |
| 2.9 | ΒΑΣΙΚΗ ΡΟΗ | 53 |
| 2.10 | ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ | 54 |
| 2.11 | ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΟΔΕΥΣΗ | 59 |
| 2.12 | ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ | 60 |
| 3 | ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ | 62 |
| 3.1 | ΓΕΝΙΚΑ | 62 |
| 3.2 | ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | 64 |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| | | |
|------------|--|-----------|
| 3.3 | ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ -ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ | 66 |
| 4 | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ | 69 |
| 4.1 | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ | 69 |
| 4.2 | ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ | 74 |
| 4.3 | ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ | 76 |
| 5 | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 1 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π1: Ταυτότητα λεκανών και υπολεκανών απορροής

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π2: Αποτελέσματα

Σχήματα

| | |
|---|----|
| Σχήμα 2.1 : Υδρολογικό ομοίωμα για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00001 | 19 |
| Σχήμα 2.2: Υδρολογικό ομοίωμα για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00002 | 22 |
| Σχήμα 2.3: Υδρολογικό ομοίωμα για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00003 | 23 |
| Σχήμα 2.4: Υδρολογικό ομοίωμα για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00004 | 24 |
| Σχήμα 2.5: Μεταβολή παραμέτρου σχήματος κ εντός λεκάνης απορροής (Αλφειός π.) | 28 |
| Σχήμα 2.6 : Μεταβολή παραμέτρου κλίμακας λ' εντός λεκάνης απορροής (Αλφειός π.) | 28 |
| Σχήμα 2.7 : Μεταβολή παραμέτρου θέσης ψ' εντός λεκάνης απορροής (Αλφειός π.) | 29 |
| Σχήμα 2.8: Μεταβολή αδιαστατοποιημένου ύψους βροχής για βαθμό εμπιστοσύνης 80 % (κάτω όριο) για T=50 (Αλφειός π.) | 32 |
| Σχήμα 2.9: Μεταβολή αδιαστατοποιημένου ύψους βροχής για βαθμό εμπιστοσύνης 80 % (άνω όριο) για T=50 (Αλφειός π.) | 32 |
| Σχήμα 2.10 : Συσχέτιση χρονικού βήματος και έκτασης της λεκάνης (Maniak, 1997) | 34 |
| Σχήμα 2.11 : Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής (Areal reduction factor) | 36 |
| Σχήμα 2.12 : Υετογράφημα σχεδιασμού με τη μέθοδο των εναλλασσόμενων block | 38 |
| Σχήμα 2.13 : Υετογράφημα σχεδιασμού με τη μέθοδο της δυσμενέστερης διάταξης | 39 |
| Σχήμα 2.14 : Αθροιστικό ολικό και ενεργό ύψος βροχής με χρονική κατανομή δυσμενέστερης διάταξης | 40 |
| Σχήμα 2.15 : Μεταβολή του CN για διαφορετικές συνθήκες αρχικής υγρασίας. | 43 |
| Σχήμα 2.16: Κάλυψη εδάφους (Αλφειός π.) | 45 |
| Σχήμα 2.17: Εδαφικοί τύποι (Αλφειός π.) | 45 |
| Σχήμα 2.18: Κατανομή CN (Αλφειός π.) | 46 |
| Σχήμα 2.19: Αδιάστατο συνθετικό ΜΥ της SCS | 48 |
| Σχήμα 2.20 : Παροχή στο σταθμό Καλαμάτα (Νέδων Π.) (πηγή : Δίκτυο Δευκαλίων) | 54 |
| Σχήμα 2.21 : Παροχή στη θέση «Γέφυρα Αλφειούσας» (Αλφειός Π.) (πηγή ΔΕΗ ΑΕ) | 55 |
| Σχήμα 2.22 : Παροχή στη θέση «Γέφυρα Μεγαλόπολης» (Αλφειός Π.) (πηγή ΔΕΗ ΑΕ) | 55 |
| Σχήμα 2.23 : Παροχή του Χειμάρρου Ελισσώνα. (πηγή ΔΕΗ ΑΕ) | 56 |
| Σχήμα 2.24 : Παροχή στη θέση «Καρύταινα» (Αλφειός Π.) (πηγή ΔΕΗ ΑΕ) | 56 |
| Σχήμα 2.25 : Παροχή του Χειμάρρου Κουτηφαρίνα. (πηγή ΔΕΗ ΑΕ) | 57 |
| Σχήμα 2.26 : Παροχή του Χειμάρρου Ξερίλα (πηγή ΔΕΗ ΑΕ) | 57 |
| Σχήμα 2.27 : Παροχή στη θέση «Νεμούτα» (Ευρύμανθος Π.) (πηγή ΔΕΗ ΑΕ) | 58 |
| Σχήμα 3.1: Μεθοδολογία εργασίας | 65 |
| Σχήμα 3.2 : Όμβριες Καμπύλες λεκάνης / υπολεκάνης GR291371231 | 67 |
| Σχήμα 4.1 : Παροχή υπερχειλίσσης στο ΥΗΣ Λάδωνα την 14-15/12/1981 | 74 |
| Σχήμα 4.2 : Παροχή υπερχειλίσσης στο ΥΗΣ Λάδωνα την 30-31/01/2003 | 75 |

Πίνακες

| | |
|--|----|
| Πίνακας 1.1 Ομάδα μελετητών | 12 |
| Πίνακας 2.1 : Κωδικοί λεκανών μαθηματικού ομοιώματος Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου | 17 |
| Πίνακας 2.2: Περιγραφή υδρολογικού ομοιώματος για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00001 | 19 |
| Πίνακας 2.3: Περιγραφή υδρολογικού ομοιώματος για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00002 | 22 |
| Πίνακας 2.4: Περιγραφή υδρολογικού ομοιώματος για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00003 | 23 |
| Πίνακας 2.5: Περιγραφή υδρολογικού ομοιώματος για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00004 | 24 |
| Πίνακας 2.6 : Διάρκεια υετογραφήματος καταιγίδας για το ΥΔ GR01 | 33 |
| Πίνακας 2.7: Αριθμοί καμπύλης απορροής για προηγούμενες συνθήκες υγρασίας τύπου II | 44 |
| Πίνακας 2.8: Μέση μείωση του χρόνου συγκέντρωσης Giandotti για το ΥΔ GR01 | 52 |
| Πίνακας 2.9 : Δεδομένα υδρομετρήσεων που συγκεντρώθηκαν | 54 |
| Πίνακας 2.10 : Απαιτήσεις σεναρίων για ρέματα και χειμάρρους | 60 |
| Πίνακας 2.11 : Απαιτήσεις σεναρίων για ποταμούς | 61 |
| Πίνακας 3.1: «Ταυτότητα» λεκάνης/υπολεκάνης GR291371261 | 66 |
| Πίνακας 4.1: Παροχή αιχμής για τις λεκάνες της ΖΔΥΚΠ GR01RAK00001 | 69 |
| Πίνακας 4.2: Παροχή αιχμής για τις λεκάνες της ΖΔΥΚΠ GR01RAK00002 | 71 |
| Πίνακας 4.3: Παροχή αιχμής για τις λεκάνες της ΖΔΥΚΠ GR01RAK00003 | 71 |
| Πίνακας 4.4: Παροχή αιχμής για τις λεκάνες της ΖΔΥΚΠ GR01RAK00004 | 72 |
| Πίνακας 4.5 : Σύγκριση παροχών με άλλες μελέτες | 76 |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Αρκτικόλεξα

| | |
|-----------|---|
| DEM : | Digital Elevation Model |
| BHI : | British Hydrology Institute |
| DTM : | Digital Terrain Model |
| ETRS : | European Terrestrial Reference System |
| GIS : | Geographical Information System |
| GPS : | Global Positioning System |
| HEPOS : | Hellenic Positioning System |
| IDW : | Inverse Distance Weight |
| INSPIRE : | Infrastructure for Spatial Information in Europe |
| LSO : | Large Scale Orthophoto |
| MDS : | Mosaic Dataset |
| NRCS : | Natural Resources Conservation Service |
| RMS : | Root Mean Square |
| RTK : | Real Time Kinematic |
| SCS : | Soil Conservation Service |
| WGS : | World Geodetic System |
| WISE : | Water Information System For Europe |
| A/H : | Ατμοηλεκτρική |
| A/Σ : | Αντλιοστάσιο |
| ΑΔΜΗΕ : | Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας |
| ΑΗΣ : | Ατμοηλεκτρικός Σταθμός |
| ΑΠΑ : | Ακαθάριστη Προστιθέμενη Αξία |
| B/Γ : | Βροχογράφος |
| B/M : | Βροχόμετρο |
| ΒΙΠΕ : | Βιομηχανική Περιοχή |
| ΓΑΤ : | Γενική Ακραίων Τιμών |
| ΓΠΣ : | Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο |
| ΓΥΣ : | Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού |
| ΔΔ : | Δημοτικό Διαμέρισμα |
| ΔΕ : | Δημοτική Ενότητα |
| ΔΜΚΘ : | Διευθυνση Μελετών Κατασκευών Υδροηλεκτρικών Έργων |
| ΔΥΗΠ : | Διευθυνση Υδροηλεκτρικής Παραγωγής |
| ΕΑΑ : | Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών |
| ΕΓΣΑ : | Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς |
| ΕΓΥ : | Ειδική Γραμματεία Υδάτων |
| ΕΕ : | Ευρωπαϊκή Ένωση |
| ΕΕΛ : | Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων |
| ΕΖΔ : | Ειδική Ζώνη Διαχείρισης |
| ΕΚ : | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο |
| ΕΛΓΑ : | Οργανισμός Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων |
| ΕΛΣΤΑΤ : | Ελληνική Στατιστική Αρχή |
| ΕΜΥ : | Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία |
| ΕΟ : | Εθνική Οδός |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογράφηματα: Τεχνική Έκθεση

| | |
|-----------|---|
| ΕΠΑΚΠ : | Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας |
| ΕΣΥΕ : | Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος |
| ΕΤΥΜΠ : | Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας |
| ΖΔΥΚΠ : | Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας |
| ΖΕΠ : | Ζώνη Ειδικής Προστασίας |
| Η/Μ : | Ηλεκτρομηχανολογικός |
| ΙΓΜΕ : | Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών |
| ΙΤΥΣ : | Ιδιαίτερος τροποποιημένο υδατικό σύστημα |
| ΚΑΖ : | Καταφύγιο Αδέσποτων Ζώων |
| ΚΠΣ : | Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης |
| ΚΥΑ : | Κοινή Υπουργική Απόφαση |
| ΚΥΤ : | Κέντρο Υπερυψηλής Τάσης |
| ΛΑΓΗΕ : | Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας |
| ΛΑΠ : | Λεκάνη Απορροής Ποταμού |
| ΜΥ : | Μοναδιαίο Υδρογράφημα |
| ΝΕΟ : | Νέα Εθνική Οδός |
| ΝΣΓ : | Νέα Σιδηροδρομική Γραμμή |
| Ο/Φ : | Ορθοφωτοχάρτης |
| ΟΤ : | Οικοδομικό Τετράγωνο |
| ΟΤΑ : | Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης |
| ΠΑΚΠ : | Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνου Πλημμύρας |
| ΠΕ : | Περιφερική Ενότητα |
| ΠΕΟ : | Παλαιά Εθνική Οδός |
| ΠΟΤΑ : | Περιοχή Ολοκληρωμένης Τουριστικής Ανάπτυξης |
| ΣΓ : | Σιδηροδρομική Γραμμή |
| ΣΓΠ : | Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών |
| ΣΔΚΠ : | Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας |
| ΣΧΟΟΑΠ : | Σχέδιο Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτών Πόλεων |
| ΤΟΕΒ : | Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελιώσεων |
| ΤΥΣ : | Τεχνητό Υδατικό Σύστημα |
| Υ/Η : | Υδροηλεκτρική |
| ΥΑΣ : | Υπηρεσία Αποκατάστασης Σεισμοπλήκτων |
| ΥΔ : | Υδατικό Διαμέρισμα |
| ΥΠΑΑΤ : | Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων |
| ΥΠΑΝ : | Υπουργείο Ανάπτυξης |
| ΥΠΓΕ : | Υπουργείο Γεωργίας |
| ΥΠΕΚΑ : | Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και κλιματικής αλλαγής |
| ΥΠΕΧΩΔΕ : | Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων |
| ΥΠΟΜΕΔΙ : | Υπουργείο Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων |
| Φ/Β : | Φωτοβολταϊκό |
| Φ/Χ : | Φύλλο Χάρτη |
| ΦΕΚ : | Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως |
| ΧΑΔΑ : | Χώρος Υγειονομικής Διάθεσης Απορριμμάτων |
| ΧΔΒΑ : | Χώρος Διάθεσης Βιομηχανικών Αποβλήτων |

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο έκθεσης

Η παρούσα Έκθεση με τους χάρτες και τα Παραρτήματα που τη συνοδεύουν, αποτελούν το Παραδοτέο 4 της 2^{ης} Φάσης του 1^{ου} Σταδίου της σύμβασης για την εκπόνηση της μελέτης «Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών των υδατικών διαμερισμάτων Δυτικής, Βόρειας και Ανατολικής Πελοποννήσου και Κρήτης (ΥΔ 01, ΥΔ 02, ΥΔ 03 και ΥΔ13)» η οποία υπογράφηκε στις 02/12/2014 μεταξύ του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) και της Κοινοπραξίας με την επωνυμία «Κοινοπραξία Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας Πελοποννήσου – Κρήτης». Μέλη της Κοινοπραξίας είναι τα ακόλουθα Γραφεία Μελετών:

- «ADT-ΩΜΕΓΑ ΑΤΕ»,
- ΘΑΛΗΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ ΕΕ,
- ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΠΕΡΔΙΟΥ του ΜΙΧΑΗΛ
- ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΣΙΤΟΥΡΑ του ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ
- ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ του ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
- ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΜΙΧΑΗΛΙΔΟΥ του ΧΡΗΣΤΟΥ
- ΚΩΣΤΑΣ ΧΑΤΖΗΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ του ΔΗΜΟΣΘΕΝΗ

Αντικείμενο της μελέτης είναι η ικανοποίηση των επιταγών της **Οδηγίας 2007/60/ΕΚ** σχετικά με την αξιολόγηση και διαχείριση κινδύνων πλημμύρας και συγκεκριμένα η υλοποίηση των δράσεων οι οποίες προβλέπονται στα άρθρα 6,7,8,9 και 10 της Οδηγίας και τα άρθρα 5,6,7,8,9,10 και 11 της **Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/21.7.2010** με την οποία ενσωματώθηκε η εν λόγω Οδηγία στο Εθνικό Δίκαιο.

Το 1ο στάδιο της Σύμβασης περιλαμβάνει την κατάρτιση των Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας (Flood Hazard Maps) και των Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας (Flood Risk Maps) σύμφωνα με το άρθρο 6 της **Οδηγίας 2007/60/ΕΚ** και το άρθρο 5 της **Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/21.7.2010**.

Το παρόν Τεύχος αναφέρεται στο ΥΔ 01 της Δυτικής Πελοποννήσου.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

1.2 Ομάδα μελέτης

Η ομάδα μελέτης, παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 1.1 Ομάδα μελετητών

| ADT ΩΜΕΓΑ ΑΤΕ | |
|---|----------------------------------|
| Χαράλαμπος Ανδρικόπουλος | Πολιτικός Μηχανικός, MSc |
| Ελευθέριος Θεοδώρου | Πολιτικός Μηχανικός |
| Γεώργιος Λαγουδάκος | Πολιτικός Μηχανικός |
| Ιωάννης Κασούνης | Πολιτικός Μηχανικός, MSc |
| Αθανασία Αργυροπούλου | Τοπογράφος Μηχανικός |
| Κωνσταντίνος Χαβδούλας | Πολιτικός Μηχανικός |
| Γρηγόριος Ρουχωτάς | Πολιτικός Μηχανικός, M.Eng |
| Ανδρέας Κακωνάς | Μηχανικός Έργων Υποδομής TE, MSc |
| Βασιλική Κατραμή | Μηχανικός Έργων Υποδομής TE |
| Ιωάννα Ζαλαχώρη | Δρ. Πολιτικός Μηχανικός |
| Δημήτριος Μαλαματάρης | Πολιτικός Μηχανικός, MSc |
| Νικόλαος Αλμπαντάκης | Δρ. Γεωλόγος |
| Χρήστος Μπουρούνης | Γεωλόγος, MSc |
| Ελευθερία Κούσια | Περιβαλλοντολόγος, MSc |
| ΘΑΛΗΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ ΕΕ | |
| Παναγής Τονιόλος | Τοπογράφος Μηχανικός |
| Ευάγγελος Τσιλιμαντός | Πολιτικός Μηχανικός |
| Ηλίας Μαράβας | Τοπογράφος Μηχανικός, MSc |
| Ιωάννης Κόκκινος | Τοπογράφος Μηχανικός, MSc |
| Αναστάσιος Μουντανέας | Τοπογράφος Μηχανικός |
| ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΠΕΡΔΙΟΥ του ΜΙΧΑΗΛ | |
| Αγγελική Περδίου | Μεταλλειολόγος Μηχανικός MSc |
| Κωνσταντίνος Σιαπαρίνας | Γεωλόγος, MSc |
| Ευστάθιος Χατζιόπουλος | Περιβαλλοντολόγος, MSc |
| Αναστασία Χριστοπούλου | Βιολόγος |
| ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ του ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ | |
| Ιωάννης Αγγελίδης | Οικονομολόγος |
| Παναγιώτης Σκούρας | Οικονομολόγος |
| Διονύσιος Θωμάς | Οικονομολόγος |
| Στέλιος Καραγιάνης | Οικονομολόγος |
| ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ του ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ | |
| Γεώργιος Παπαγεωργίου | Αρχιτέκτων Μηχανικός |
| ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΣΙΤΟΥΡΑ του ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ | |
| Παρασκευή Τσιτούρα | Δασολόγος/Περιβαλλοντολόγος |
| Γεώργιος Ζαγαλίκης | Δρ. Δασολόγος/Περιβαλλοντολόγος |
| Νικόλαος Κίγκας | Δασοπόνος |
| ΚΩΣΤΑΣ ΧΑΤΖΗΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ του ΔΗΜΟΣΘΕΝΗ | |
| Κώστας Χατζηπαρασκευάς | Γεωπόνος |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| | |
|--------------------|-------------|
| Σταύρος Αραχωβίτης | Γεωπόνος |
| Βασιλική Αγγελίδη | Γεωπόνος ΤΕ |

Επιπλέον στην εκπόνηση του παρόντος παραδοτέου, έλαβαν μέρος οι ακόλουθοι επιστήμονες:

| Όνομα μέλους ομάδας μελέτης | Ειδικότητα |
|-----------------------------|--|
| Παναγιώτα Στυλιανή Καϊμάκη | Πολιτικός Μηχανικός, MSc |
| Αθανάσιος Ραδαίος | Πολιτικός Μηχανικός, MSc - ADT ΩΜΕΓΑ ΑΤΕ |
| Σωτηρία Τσαντίλα | Πολιτικός Μηχανικός & Μηχανικός Περιβάλλοντος, MSc - ADT ΩΜΕΓΑ ΑΤΕ |
| Ρίχαρντ Ματίσεν | Πολιτικός Μηχανικός - Τεχνικός Σύμβουλος |
| Ελένη Γκουβάτσου | Πολιτικός Μηχανικός, Μηχανικός Περιβάλλοντος MSc/DIC |
| Κωνσταντίνος Παπαποστόλου | Τοπογράφος Μηχανικός |

1.3 Ομάδα επίβλεψης

Την Ομάδα επίβλεψης απαρτίζουν τα ακόλουθα στελέχη της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του ΥΠΕΚΑ:

- Μαρία Γκίνη, ΠΕ Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Προϊσταμένη Διεύθυνσης Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος ΕΓΥ
- Σπυριδούλα Λιάκου, Χημικός Μηχανικός, υπάλληλος της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων
- Πηνελόπη Γκαγκάρη, Δασολόγος, υπάλληλος της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων

Με αναπληρωματικούς τους:

- Αθανασία Παρδάλη, υπάλληλος της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων
- Σπύρος Τασόγλου ΠΕ Γεωτεχνικών – Γεωλόγος υπάλληλος της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων
- Έφη Αλεξάκη, υπάλληλος της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων

2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

2.1 Γενικά

Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές : Για την εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και της σχετικής Κ.Υ.Α. Η.Π.31822/1542/Ε103/21.7.2010, που την ενσωματώνει στο Εθνικό Δίκαιο, προβλέπεται η ανάλυση των ακόλουθων σεναρίων για τους ποταμούς, ρέματα και χειμάρρους:

- πλημμύρες **υψηλής πιθανότητας υπέρβασης**, που ορίζονται ως πλημμύρες με περίοδο επαναφοράς **50 χρόνια**
- πλημμύρες **μέσης πιθανότητας υπέρβασης**, που ορίζονται ως πλημμύρες με περίοδο επαναφοράς **100 χρόνια**
- πλημμύρες **χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης**, που ορίζονται ως πλημμύρες με περίοδο επαναφοράς **1.000 χρόνια**.

Για την παραγωγή των πλημμυρογραφημάτων απαιτούνται:

- η παραγωγή των υετογραφημάτων καταιγίδας για την ανάντη λεκάνη απορροής
- η εκτίμηση της ενεργού βροχόπτωσης στην λεκάνη απορροής και
- η κατάρτιση των σχετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων.

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας και των παραδοχών που ακολουθούνται για την παραγωγή των πλημμυρικών υδρογραφημάτων σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών.

2.2 Καθορισμός υπολεκανών και κόμβων ελέγχου

Για την προσομοίωση της υδρολογικής λειτουργίας μιας λεκάνης απορροής απαιτείται η κατασκευή μαθηματικού ομοιώματος. Το μαθηματικό ομοίωμα αποτελείται από

- Υπολεκάνες, η απορροή των οποίων καταλήγει σε ένα υδατόρευμα
- Κόμβους στους οποίους συμβάλλουν τα υδατορεύματα των επιμέρους λεκανών

Σε κάθε κόμβο συμβάλλουν από ανάντη ένα ή περισσότερα υδατορεύματα και ο κάθε κόμβος ενώνεται προς κατάντη με έναν μοναδικό κόμβο. Τα πλημμυρικά υδρογραφήματα υπολογίζονται σε κάθε κόμβο του μαθηματικού ομοιώματος της λεκάνης.

Κριτήρια για το διαχωρισμό σε υπολεκάνες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Κουκουβίνος, Προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο υδρολογίας πλημμυρών, 2014) αποτελούν

1. Οι θέσεις συμβολής του κύριου υδατορεύματος με σημαντικούς παραποτάμους
2. Η διαμόρφωση τμημάτων του δικτύου που διέρχονται από σημεία ή περιοχές ενδιαφέροντος (μετρήσεις παροχών, ΖΔΥΚΠ)
3. Η ομοιογένεια των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών της υπολεκάνης (π.χ. κλίσεις εδάφους),

Όταν η ΖΔΥΚΠ βρίσκεται στο πλέον κατάντη τμήμα μιας λεκάνης απορροής τότε η λεκάνη αντιμετωπίζεται ενιαία και δεν χωρίζεται σε υπολεκάνες. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις χωρίζονται υπολεκάνες με βάση τα παραπάνω κριτήρια έτσι ώστε να είναι γνώστη η παροχή σε σημαντικούς κλάδους του υδρογραφικού δικτύου, σε θέσεις σημαντικών τεχνικών έργων και στην «είσοδο» των ρεμάτων στις ΖΔΥΚΠ.

Επιπλέον, όπου διατίθενται στοιχεία στάθμης όγκου και στάθμης-παροχής υπερχειλίσης εισάγεται στο μοντέλο και ο ταμιευτήρας. Τέτοια περίπτωση είναι το φράγμα Λάδωνα. Σε συνεργασία με την διεύθυνση υδροηλεκτρικής παραγωγής της Δ.Ε.Η. βρέθηκε η μελέτη του φράγματος και του υπερχειλιστή (καμπύλες στάθμης – επιφάνειας καθρέπτη ταμιευτήρα και στάθμης – όγκου καθώς και η καμπύλη στάθμης υπερχειλίσης). Στον ΥΗΣ Λάδωνα έχουν κατασκευαστεί 2 υπερχειλιστές με θυροφράγματα πάνω στο σώμα του φράγματος. Και οι 2 υπερχειλιστές έχουν λειτουργούν με τη λογική του αυτόματου μηχανισμού.

Η λογική του αυτόματου μηχανισμού βασίζεται στην απλή μηχανική συμπεριφορά ενός αντίβαρου που κρατάει το θυρόφραγμα κλειστό μέχρι η στάθμη του νερού πάνω από το θυρόφραγμα να φτάσει στο υψόμετρο, όπου οριακά αντισταθμίζει τη δύναμη του αντίβαρου. Κάθε άνοδος της στάθμης πάνω από αυτό το σημείο μετατοπίζει το θυρόφραγμα προς τα κάτω. Το αντίβαρο διαγράφει μία κυκλική τροχιά και απομακρύνεται οριζόντια από το σημείο περιστροφής του μηχανισμού, άρα ασκεί μεγαλύτερη ροπή και αντισταθμίζει το επιπλέον βάρος του νερού που πιέζει το θυρόφραγμα προς τα κάτω. Καθώς ανεβαίνει η στάθμη το αντίβαρο φτάνει σε ένα οριακό σημείο όπου ο άξονάς του είναι οριζόντιος και ασκεί τη μέγιστη ροπή στο μοχλοβραχίονα της κατασκευής. Σε αυτό το σημείο το θυρόφραγμα είναι τελείως ανοιχτό (Δημόπουλος & Στεφανάκος, 2008)

Στο υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου έχουμε 30 λεκάνες που δεν χωρίζονται σε επιμέρους λεκάνες απορροής και 6 λεκάνες οι οποίες χωρίζονται σε 20 υπολεκάνες.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

2.3 Μαθηματικό ομοίωμα

Κάθε λεκάνη/υπολεκάνη του μαθηματικού ομοιώματος λαμβάνει έναν μοναδικό κωδικό που ο οποίος περιλαμβάνει τον κωδικό της λεκάνης απορροής στην οποία ανήκει και λαμβάνει αύξουσες τιμές από κατάντη προς ανάντη. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η συσχέτιση αυτού του κωδικού με το αντίστοιχο περιγραφικό πεδίο που υπάρχει στα ψηφιακά γεωγραφικά δεδομένα (HBASINID_FD)

Πίνακας 2.1 : Κωδικοί λεκανών μαθηματικού ομοιώματος Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου

| Κωδικός υδρολογικού Ομοιώματος | HBASINID_FD | Περιγραφή |
|--------------------------------|----------------|---|
| GR291331501 | GR0129FR00F101 | Καβούρι# |
| GR291333201 | GR0129FR00F201 | Παλιοπόταμο# |
| GR291371291 | GR0129FR000291 | Αλφειός Π. ανάντη τμήμα |
| GR291371281 | GR0129FR000281 | Ελισσών Π. |
| GR291371262 | GR0129FR000262 | Λάδων Π. ανάντη φράγματος |
| GR291371261 | GR0129FR000261 | Λάδων Π. από φράγμα έως συμβολή με π. Αλφειό |
| GR291371251 | GR0129FR000251 | Ευρύμανθος Π. |
| GR291371231 | GR0129FR000231 | Κλαδέος π. |
| GR291371224 | GR0129FR000224 | Λεστενίτσας Ρ. άνω ρους έως συμβολή με ρ. Αλήσιο |
| GR291371223 | GR0129FR000223 | Αλήσιο Ρ. |
| GR291371222 | GR0129FR000222 | Λεστενίτσας Ρ. από συμβολή με ρ. Αλήσιο έως συμβολή με π. Αλφειό |
| GR291371221 | GR0129FR000221 | Σελινούς π. |
| GR291371211 | GR0129FR000211 | Ξερίλας ρ. ανάντη τμήμα έως συμβολή με Ξερόρεμα |
| GR291371210 | GR0129FR000210 | Ξερίλας ρ. από Ξερόρεμα έως συμβολή με π. Αλφειό |
| GR291371209 | GR0129FR000209 | Αλφειός Π. περιοχή ορυχείων Μεγαλόπολης |
| GR291371208 | GR0129FR000208 | Αλφειός π. από συμβολή ρ. Ελισσώνα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 |
| GR291371207 | GR0129FR000207 | Αλφειός π. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 έως συμβολή με π. Λάδωνα |
| GR291371206 | GR0129FR000206 | Αλφειός Π. περιοχή Τριπόταμου |
| GR291371205 | GR0129FR000205 | Αλφειός π. από συμβολή με π. Ευρύμανθο έως Λούβρο |
| GR291371204 | GR0129FR000204 | Αλφειός π. από Λούβρο έως συμβολή με π. Κλαδέο |
| GR291371203 | GR0129FR000203 | Αλφειός π. από συμβολή με π. Κλαδέο έως συμβολή με π. Σελινούντα |
| GR291371202 | GR0129FR000202 | Αλφειός π. από συμβολή με π. Σελινούντα έως συμβολή με ρ. Λεστενίτσας |
| GR291371201 | GR0129FR000201 | Αλφειός Π. από συμβολή ρ. Λεστενίτσα έως εκβολή |
| GR291421101 | GR0129FR00F301 | Βουρλιά Ρ. |
| GR291422401 | GR0129FR00F401 | Ξηροχωρήτικη Γράνα Ρ. |
| GR291429902 | GR0129FR00F502 | Ζαχαραίικο ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 |
| GR291429901 | GR0129FR00F501 | Ζαχαραίικο ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 έως εκβολή |
| GR291406901 | GR0129FR00F601 | Γλατσίτικο Ρ. |
| GR291407001 | GR0129FR00F701 | Αλυσίβα Ρ. |
| GR291407601 | GR0129FR00F801 | Βούλγκρεμο Ρ. |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

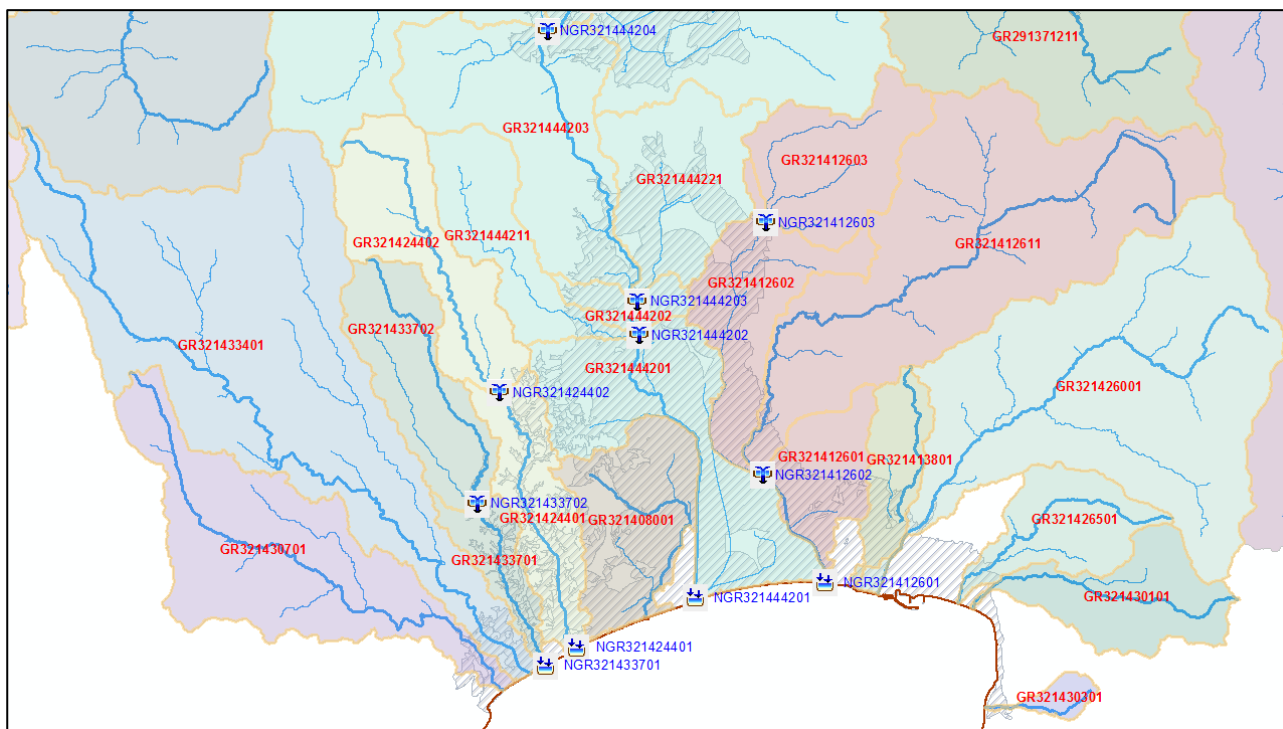
| Κωδικός υδρολογικού Ομοιώματος | HBASINID_FD | Περιγραφή |
|--------------------------------|-----------------|--|
| GR291407501 | GR0129FR00F901 | Θολού P. |
| GR321420301 | GR0132FR001501 | Νέδα Π. |
| GR321412701 | GR0132FR00F1001 | Καμίνια P. |
| GR321412801 | GR0132FR00F1101 | Μποκινιώτη P. |
| GR321412901 | GR0132FR00F1201 | Παρασποριά P. |
| GR321413301 | GR0132FR00F1301 | Πραζέρη P. |
| GR321415001 | GR0132FR001101 | Καλό Νερό P. |
| GR321423101 | GR0132FR00F1401 | Μαύρη Λίμνα P. |
| GR321423201 | GR0132FR00F1501 | Καρτελά P. |
| GR321423501 | GR0132FR00F1601 | Κυπαρισσία B# |
| GR321423601 | GR0132FR00F1701 | Κυπαρισσία N# |
| GR321423701 | GR0132FR00F1801 | Τερψιθέα# |
| GR321426601 | GR0132FR00F1901 | Σπηλιά# |
| GR321426901 | GR0132FR00F2001 | Μάυρη Λίμνη P. |
| GR321427401 | GR0132FR000901 | Φιλιατρινό P. |
| GR321430701 | GR0132FR00F2101 | Κορυάς P. |
| GR321433401 | GR0132FR000301 | Βελίκα P. |
| GR321433702 | GR0132FR00F2202 | Νταλακλαίικο ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 |
| GR321433701 | GR0132FR00F2201 | Τυφλό ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως εκβολή |
| GR321424402 | GR0132FR00F2302 | Μουρτιάς ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 |
| GR321424401 | GR0132FR00F2301 | Μουρτιάς ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως εκβολή |
| GR321408001 | GR0132FR00F2401 | Ρύακας P. |
| GR321444251 | GR0132FR000251 | Ξερίλας P. |
| GR321444242 | GR0132FR000242 | Μεγάλο Ποτάμι ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 |
| GR321444241 | GR0132FR000241 | Μεγάλο Ποτάμι ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως Κεντρικό |
| GR321444231 | GR0132FR000231 | Χουχλοτός ρ. |
| GR321444221 | GR0132FR000221 | Πάμισος Π. από πηγές Αγ. Φλώρου έως συμβολή με ρ. Μαυροζούμενα |
| GR321444211 | GR0132FR000211 | Λιγίδης ρ. |
| GR321444206 | GR0132FR000206 | Τζάμης ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 |
| GR321444205 | GR0132FR000205 | Τζάμης ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως συμβολή με ρ. Μεγάλο Ποτάμι |
| GR321444204 | GR0132FR000204 | Μεγάλο Ποτάμι ρ. από Κεντρικό έως συμβολή με ρ. Χουχλοτός |
| GR321444203 | GR0132FR000203 | Μαυροζούμενα P. |
| GR321444202 | GR0132FR000202 | Πάμισος π. από συμβολή ρ. Μαυροζούμενα έως συμβολή ρ. Λιγίδης |
| GR321444201 | GR0132FR000201 | Πάμισος π. από συμβολή ρ. Λιγίδης έως εκβολή |
| GR321412611 | GR0132FR000211 | Τζιρόρρεμα ρ. |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| Κωδικός υδρολογικού Ομοιώματος | HBASINID_FD | Περιγραφή |
|--------------------------------|-----------------|--|
| GR321412603 | GR0132FR000203 | Άρις ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00001 |
| GR321412602 | GR0132FR000202 | Άρις ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00001 έως συμβολή με ρ. Τζιρρόρεμα |
| GR321412601 | GR0132FR000201 | Άρις ρ. από συμβολή με ρ. Τζιρρόρεμα έως εκβολή |
| GR321413801 | GR0132FR00F2501 | Καλαμάτα# |
| GR321426001 | GR0132FR001701 | Νέδων Π. |
| GR321426501 | GR0132FR00F2601 | Βαθύ Λαγκάδι Ρ. |
| GR321430101 | GR0132FR00F2701 | Ξερίλας Ρ. |
| GR321430301 | GR0132FR00F2801 | Κακό Λαγκάδι Ρ. |

Στα παρακάτω σχήματα και πίνακες δίνεται με συνοπτική μορφή το μαθηματικό ομοίωμα για κάθε ΖΔΥΚΠ του υδατικού διαμερίσματος



Σχήμα 2.1 : Υδρολογικό ομοίωμα για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00001

Πίνακας 2.2: Περιγραφή υδρολογικού ομοιώματος για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00001

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | Κατάντη κόμβος | κωδικός κόμβου |
|-----|-------------|-----------|-------|----------------|----------------|
| 1 | GR321430701 | Κορυάς Ρ. | Λ | | |
| 2 | GR321433401 | Βελίκα Ρ. | Λ | | |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | Κατάντη κόμβος | κωδικός κόμβου |
|-----|-------------|---|-------|---|----------------|
| 3 | GR321433702 | Νταλακλαίικο ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | Είσοδος ρ. Ναλακλαίικο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | NGR321433702 |
| 4 | GR321433701 | Τυφλό ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως εκβολή | Υ | Εκβολή ρ. Τυφλού | NGR321433701 |
| 5 | GR321424402 | Μουρτιάς ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | Είσοδος ρ. Μουρτιάς στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | NGR321424402 |
| 6 | GR321424401 | Μουρτιάς ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως εκβολή | Υ | Εκβολή ρ. Μουρτιάς | NGR321424401 |
| 7 | GR321408001 | Ρύακας Ρ. | Λ | | |
| 8 | GR321444221 | Πάμισος Π. από πηγές Αγ. Φλώρου έως συμβολή με ρ. Μαυροζούμενα | Υ | Συμβολή ρ. Αγ. Φλώρου (πηγές Παμίσου) στο ρ. Μαυροζούμενα | NGR321444203 |
| 9 | GR321444211 | Λιγίδης ρ. | Υ | Συμβολή ρ. Λιγίδης στον π. Πάμισο | NGR321444202 |
| 10 | GR321444203 | Μαυροζούμενα Ρ. | Υ | Συμβολή ρ. Αγ. Φλώρου (πηγές Παμίσου) στο ρ. Μαυροζούμενα | NGR321444203 |
| 11 | GR321444202 | Πάμισος π. από συμβολή ρ. Μαυροζούμενα έως συμβολή ρ. Λιγίδης | Υ | Συμβολή ρ. Λιγίδης στον π. Πάμισο | NGR321444202 |
| 12 | GR321444201 | Πάμισος π. από συμβολή ρ. Λιγίδης έως εκβολή | Υ | Εκβολή π. Παμίσου | NGR321444201 |
| 13 | GR321412611 | Τζιρόρρεμα ρ. | Υ | Συμβολής ρ. Τζιρόρρεμα στο ρ. Άρις | NGR321412602 |
| 14 | GR321412603 | Άρις ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | Είσοδος ρ. Άρις στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | NGR321412603 |
| 15 | GR321412602 | Άρις ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως συμβολή με ρ. Τζιρόρρεμα | Υ | Συμβολής ρ. Τζιρόρρεμα στο ρ. Άρις | NGR321412602 |
| 16 | GR321412601 | Άρις ρ. από συμβολή με ρ. Τζιρόρρεμα έως εκβολή | Υ | Εκβολή ρ. Άρις | NGR321412601 |
| 17 | GR321413801 | Καλαμάτα# | Λ | | |
| 18 | GR321426001 | Νέδων Π. | Λ | | |
| 19 | GR321426501 | Βαθύ Λαγκάδι Ρ. | Λ | | |
| 20 | GR321430101 | Ξερίλας Ρ. | Λ | | |
| 21 | GR321430301 | Κακό Λαγκάδι Ρ. | Λ | | |

Λ : Λεκάνη απορροής που δεν χωρίζεται σε υπολεκάνες

Υ : Υπολεκάνη απορροής

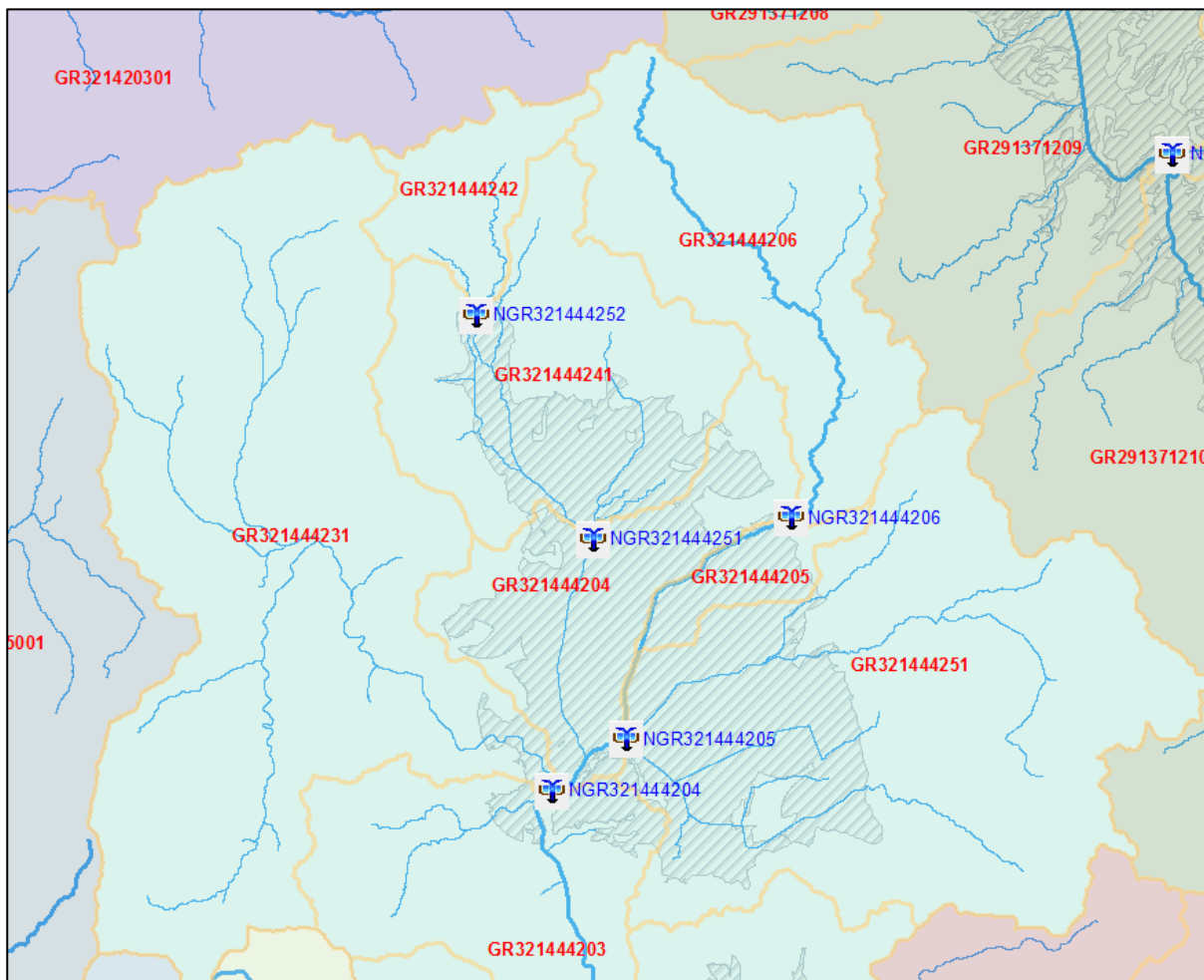
ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

: Για τα ρέματα αυτά δεν βρέθηκε ονομασία στον χάρτη 1:50.000 και δηλώνεται η περιοχή εκβολής τους

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση



Σχήμα 2.2: Υδρολογικό ομοίωμα για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00002

Πίνακας 2.3: Περιγραφή υδρολογικού ομοιώματος για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00002

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | Κατάντη κόμβος | κωδικός κόμβου |
|-----|-------------|--|-------|--|----------------|
| 1 | GR321444251 | Ξερίλας Ρ. | Υ | Συμβολή ρεμάτων Ξερίλας - Τζαμής - Μποτόκος | NGR321444205 |
| 2 | GR321444242 | Μεγάλο Ποτάμι ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | Είσοδος ρ. Μεγάλο Ποτάμι στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0002 | NGR321444252 |
| 3 | GR321444241 | Μεγάλο Ποτάμι ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως Κεντρικό | Υ | Περιοχή Κεντρικού | NGR321444251 |
| 4 | GR321444231 | Χουχλοτός ρ. | Υ | Συμβολή ρ. Χουχλοτός στο ρ. Μαυροζούμενα | NGR321444204 |
| 5 | GR321444206 | Τζάμης ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | Είσοδος ρ. Τζάμης στην ΖΔΥΚΠ GR01RAK0002 | NGR321444206 |
| 6 | GR321444205 | Τζάμης ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως συμβολή με ρ. Μεγάλο Ποτάμι | Υ | Συμβολή ρεμάτων Ξερίλας - Τζαμής - Μποτόκος | NGR321444205 |
| 7 | GR321444204 | Μεγάλο Ποτάμι ρ. από Κεντρικό έως συμβολή με ρ. Χουχλοτός | Υ | Συμβολή ρ. Χουχλοτός στο ρ. Μαυροζούμενα | NGR321444204 |



Σχήμα 2.3: Υδρολογικό ομοίωμα για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00003

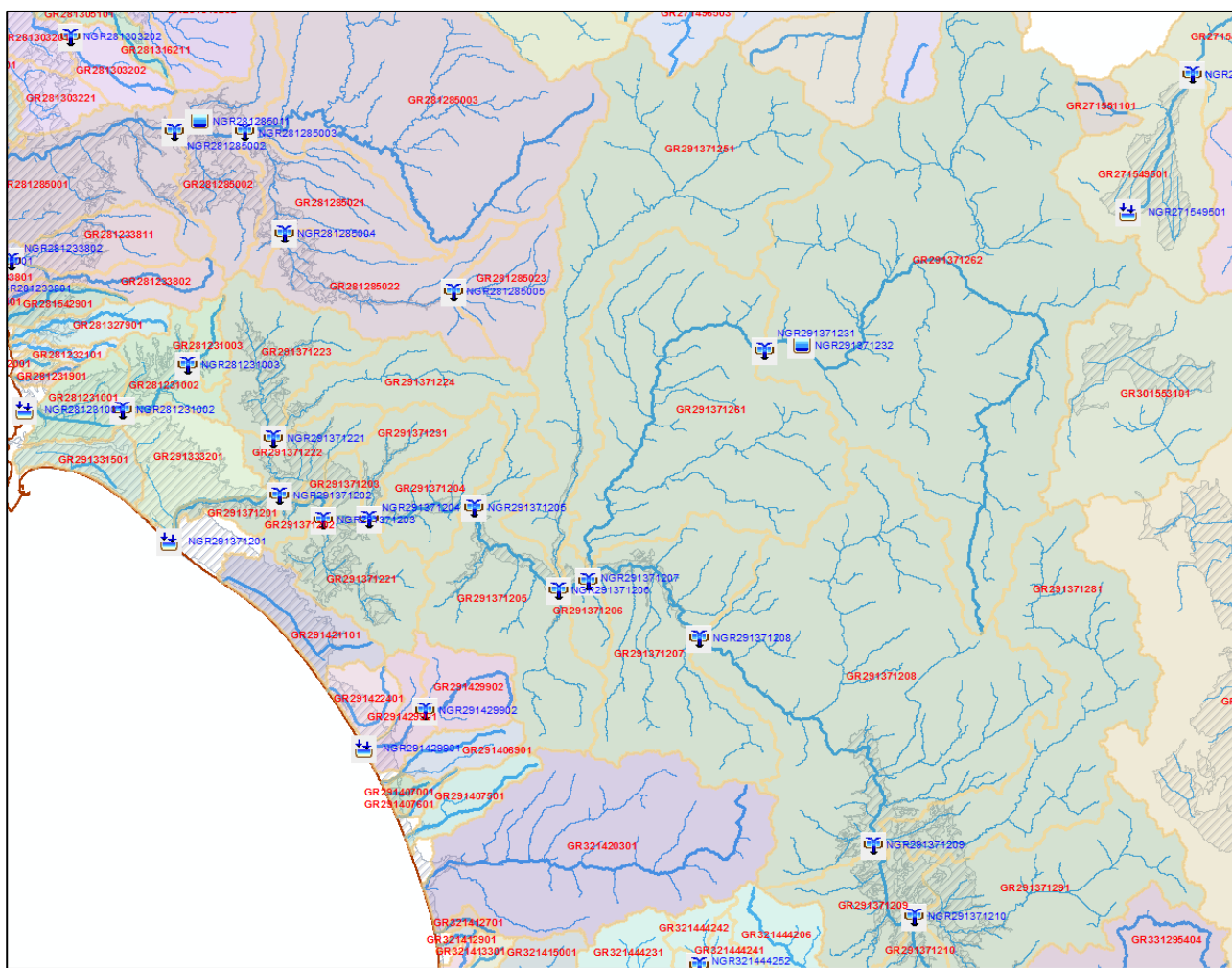
Πίνακας 2.4: Περιγραφή υδρολογικού ομοιώματος για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00003

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | Κατάντη κόμβος | κωδικός κόμβου |
|-----|-------------|-------------------------|-------|--|----------------|
| 1 | GR291371291 | Αλφειός Π. ανάντη τμήμα | Υ | Συμβολή ρ. Κουντιφαρίνα στο ρ. Ξερίλας | NGR291371210 |
| 2 | GR291371281 | Ελισσών Π. | Υ | Συμβολή π. Ελισσώνα στον π. Αλφειό | NGR291371209 |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | Κατάντη κόμβος | κωδικός κόμβου |
|-----|-------------|---|-------|---|----------------|
| 3 | GR291371211 | Ξερίλας ρ. ανάντη τμήμα έως συμβολή με Ξερόρεμα | Υ | Είσοδος ρ. Ξερίλας στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00003 | NGR291371211 |
| 4 | GR291371210 | Ξερίλας ρ. από Ξερόρεμα έως συμβολή με π. Αλφειού | Υ | Συμβολή ρ. Κουντιφαρίνα στο ρ. Ξερίλας | NGR291371210 |
| 5 | GR291371209 | Αλφειός Π. περιοχή ορυχείων Μεγαλόπολης | Υ | Συμβολή π. Ελισσώνα στον π. Αλφειό | NGR291371209 |



Σχήμα 2.4: Υδρολογικό ομοίωμα για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00004

Πίνακας 2.5: Περιγραφή υδρολογικού ομοιώματος για τη ΖΔΥΚΠ GR01RAK00004

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | Κατάντη κόμβος | κωδικός κόμβου |
|-----|-------------|-----------|-------|----------------|----------------|
| 1 | GR291331501 | Καβούρι# | Λ | | |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | Κατάντη κόμβος | κωδικός κόμβου |
|-----|-------------|---|-------|---|----------------|
| 2 | GR291333201 | Παλιοπόταμο# | Λ | | |
| 3 | GR291371262 | Λάδων Π. ανάντη φράγματος | Υ | Τεχνητή λίμνη Λάδωνα | NGR291371232 |
| 4 | GR291371261 | Λάδων Π. από φράγμα έως συμβολή με π. Αλφειό | Υ | Συμβολή π. Λάδωνα στον π. Αλφειό | NGR291371207 |
| 5 | GR291371251 | Ευρύμανθος Π. | Υ | Συμβολή π. Ευρύμανθου στον π. Αλφειό | NGR291371206 |
| 6 | GR291371231 | Κλαδέος π. | Υ | Συμβολή π. Κλαδέου στον π. Αλφειό | NGR291371204 |
| 7 | GR291371224 | Λεστενίτσας Ρ. άνω ρους έως συμβολή με ρ. Αλήσιο | Υ | Συμβολή ρ. Αλήσιο στο ρ. Λεστενίτσας | NGR291371221 |
| 8 | GR291371223 | Αλήσιο Ρ. | Υ | Συμβολή ρ. Αλήσιο στο ρ. Λεστενίτσας | NGR291371221 |
| 9 | GR291371222 | Λεστενίτσας Ρ. από συμβολή με ρ. Αλήσιο έως συμβολή με π. Αλφειό | Υ | Συμβολή ρ. Λεστενίτσας στον π. Αλφειό | NGR291371202 |
| 10 | GR291371221 | Σελινούς π. | Υ | Συμβολή π. Σελινούντα στον π. Αλφειό | NGR291371203 |
| 11 | GR291371208 | Αλφειός π. από συμβολή ρ. Ελισσώνα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 | Υ | Είσοδος π. Αλφειού στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 | NGR291371208 |
| 12 | GR291371207 | Αλφειός π. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 έως συμβολή με π. Λάδωνα | Υ | Συμβολή π. Λάδωνα στον π. Αλφειό | NGR291371207 |
| 13 | GR291371206 | Αλφειός Π. περιοχή Τριπόταμου | Υ | Συμβολή π. Ευρύμανθου στον π. Αλφειό | NGR291371206 |
| 14 | GR291371205 | Αλφειός π. από συμβολή με π. Ευρύμανθο έως Λούβρο | Υ | Περιοχή Λούβρου | NGR291371205 |
| 15 | GR291371204 | Αλφειός π. από Λούβρο έως συμβολή με π. Κλαδέο | Υ | Συμβολή π. Κλαδέου στον π. Αλφειό | NGR291371204 |
| 16 | GR291371203 | Αλφειός π. από συμβολή με π. Κλαδέο έως συμβολή με π. Σελινούντα | Υ | Συμβολή π. Σελινούντα στον π. Αλφειό | NGR291371203 |
| 17 | GR291371202 | Αλφειός π. από συμβολή με π. Σελινούντα έως συμβολή με ρ. Λεστενίτσας | Υ | Συμβολή ρ. Λεστενίτσας στον π. Αλφειό | NGR291371202 |
| 18 | GR291371201 | Αλφειός Π. από συμβολή ρ. Λεστενίτσα έως εκβολή | Υ | Εκβολή π. Αλφειού | NGR291371201 |
| 19 | GR291421101 | Βουρλιά Ρ. | Λ | | |
| 20 | GR291422401 | Ξηροχωρήτικη Γράνα Ρ. | Λ | | |
| 21 | GR291429902 | Ζαχαραίικο ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 | Υ | Είσοδος ρ. Ζαχαραίικο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 | NGR291429902 |
| 22 | GR291429901 | Ζαχαραίικο ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 έως εκβολή | Υ | Εκβολή ρ. Ζαχαραίικο | NGR291429901 |
| 23 | GR291406901 | Γλατσίτικο Ρ. | Λ | | |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | Κατάντη κόμβος | κωδικός κόμβου |
|-----|-------------|----------------|-------|----------------|----------------|
| 24 | GR291407001 | Αλυσίδα Ρ. | Λ | | |
| 25 | GR291407601 | Βούλγκρεμο Ρ. | Λ | | |
| 26 | GR291407501 | Θολού Ρ. | Λ | | |
| 27 | GR321420301 | Νέδα Π. | Λ | | |
| 28 | GR321412701 | Καμίνια Ρ. | Λ | | |
| 29 | GR321412801 | Μποκινιώτη Ρ. | Λ | | |
| 30 | GR321412901 | Παρασποριά Ρ. | Λ | | |
| 31 | GR321413301 | Πραζέρη Ρ. | Λ | | |
| 32 | GR321415001 | Καλό Νερό Ρ. | Λ | | |
| 33 | GR321423101 | Μάυρη Λίμνα Ρ. | Λ | | |
| 34 | GR321423201 | Καρτελά Ρ. | Λ | | |
| 35 | GR321423501 | Κυπαρισσία Β# | Λ | | |
| 36 | GR321423601 | Κυπαρισσία Ν# | Λ | | |
| 37 | GR321423701 | Τερψιθέα# | Λ | | |
| 38 | GR321426601 | Σπηλιά# | Λ | | |
| 39 | GR321426901 | Μάυρη Λίμνη Ρ. | Λ | | |
| 40 | GR321427401 | Φιλιατρινό Ρ. | Λ | | |

2.4 Υετογραφήματα καταιγίδας

Το υετογράφημα της καταιγίδας σχεδιασμού είναι η χρονική κατανομή του ύψους βροχής που πέφτει σε μια λεκάνη. Στη συνήθη πρακτική, χρησιμοποιείται ένα υετογράφημα για όλες τις υπολεκάνες μιας λεκάνης απορροής το οποίο θεωρείται αντιπροσωπευτικό για όλη την ένταση.

Η πρακτική αυτή ακολουθείται ακόμα και σε περιπτώσεις λεκανών απορροής έκτασης πολλών τετραγωνικών χιλιομέτρων, όπου είναι προφανές ότι η εκτίμηση αυτή δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε να γίνει αξιοποίηση όλων των δεδομένων που προέκυψαν κατά το στάδιο κατάρτισης των ομβρίων καμπυλών και να γίνει υπολογισμός διαφορετικών υετογραφημάτων σε κάθε υπολεκάνη. Με αυτό τον τρόπο περιγράφεται με τη μέγιστη διαθέσιμη αξιοπιστία τη χωρική μεταβολή των ισχυρών βροχοπτώσεων.

Για την παραγωγή διαφορετικού υετογραφήματος για κάθε υπολεκάνη είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν οι παράμετροι της όμβριας καμπύλης καθώς και τα άνω και κάτω όρια εμπιστοσύνης αυτής. Η μεθοδολογία γενίκευσης δίνεται στις επόμενες παραγράφους.

2.4.1 Παράμετροι ομβρίων καμπυλών

Στο παραδοτέο 2 υπολογίστηκαν εξισώσεις **σημειακών ομβρίων καμπυλών** στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών. Οι σχέσεις είναι της μορφής :

$$i(d,T) = \frac{\lambda' (T^{\kappa} - \psi')}{(1 + d/\theta)^{\eta}} \quad (2.1)$$

Όπου

$i(d,T)$: Ένταση βροχής (mm/h)

λ' : Παράμετρος κλίμακας

κ : Παράμετρος σχήματος

ψ' : Παράμετρος θέσης

θ : Παράμετρος

η : Παράμετρος

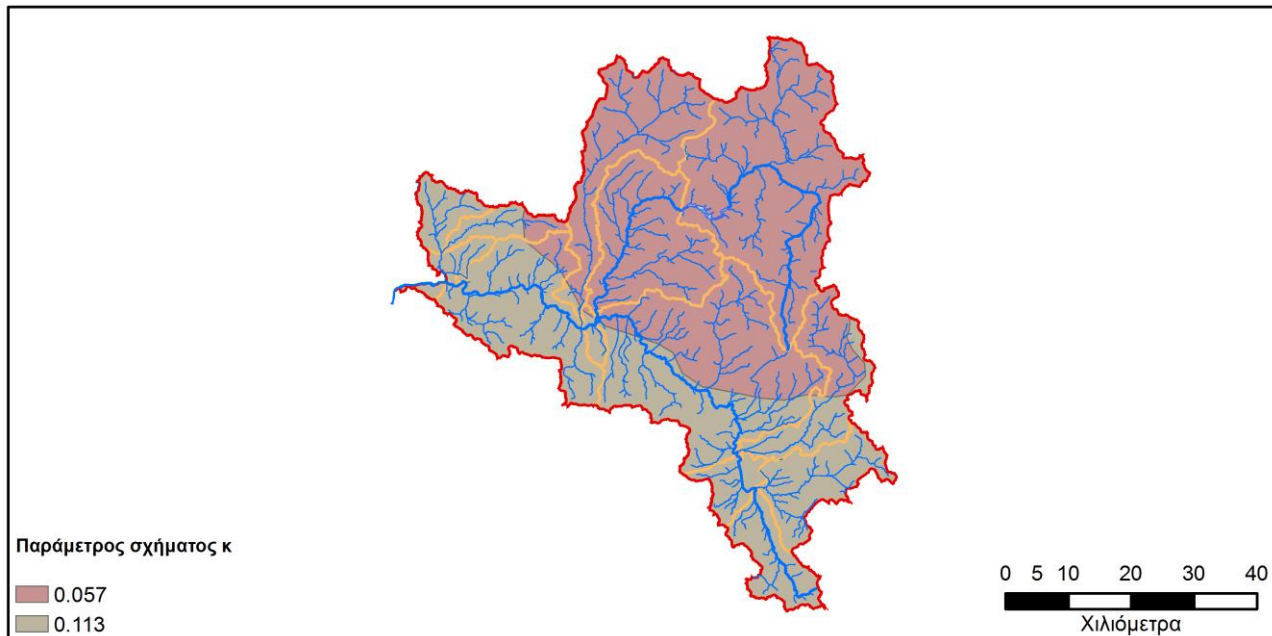
Από τις 5 παραμέτρους της εξίσωσης :

- Οι παράμετροι θ και η είναι σταθερές σε όλο το υδατικό διαμέρισμα
- Η παράμετρος σχήματος κ έχει υπολογιστεί σε ζώνες σταθερής τιμής και απεικονίζεται στον χάρτη Χ3 του παραδοτέου 2 (Όμβριες Καμπύλες).
- Οι παράμετροι λ' και ψ' εμφανίζουν μεγάλη χωρική μεταβλητότητα (συνεχείς τιμές στο χώρο). Η μεταβολή των παραμέτρων έχει υπολογιστεί με χρήση Σ.Γ.Π. σε μορφή κανάβου (raster) διαστάσεως ψηφίδας 100x100 μέτρα και απεικονίζεται στους χάρτες Χ4 και Χ5 του παραδοτέου 2 (Όμβριες Καμπύλες).

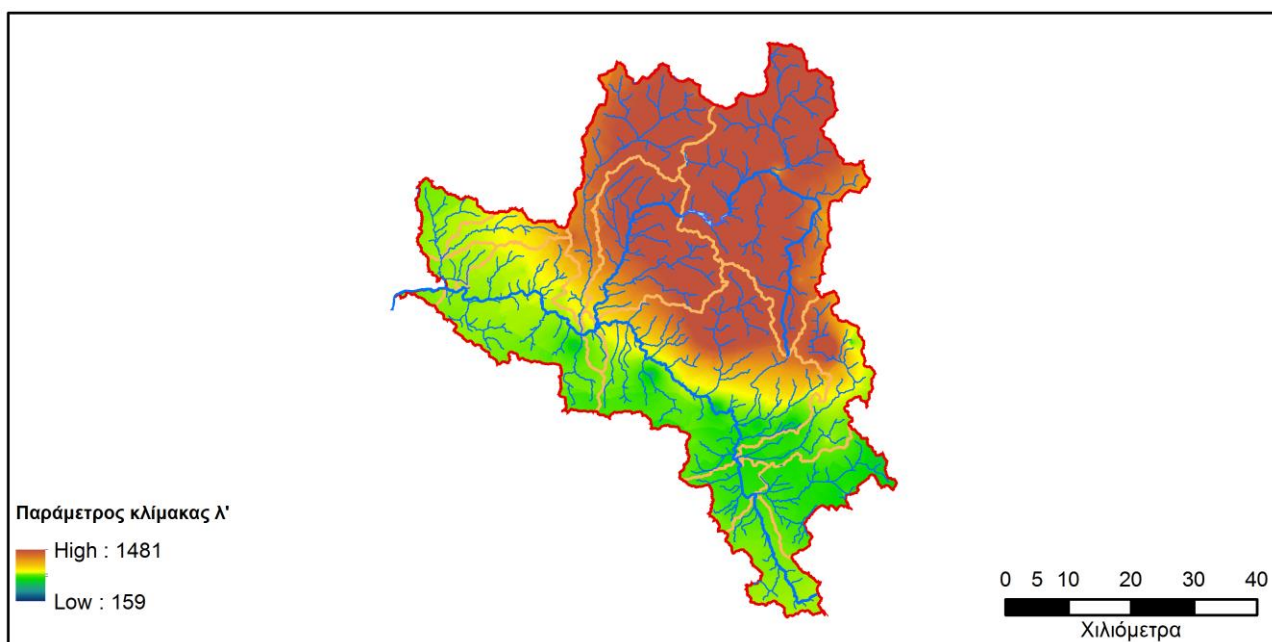
ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

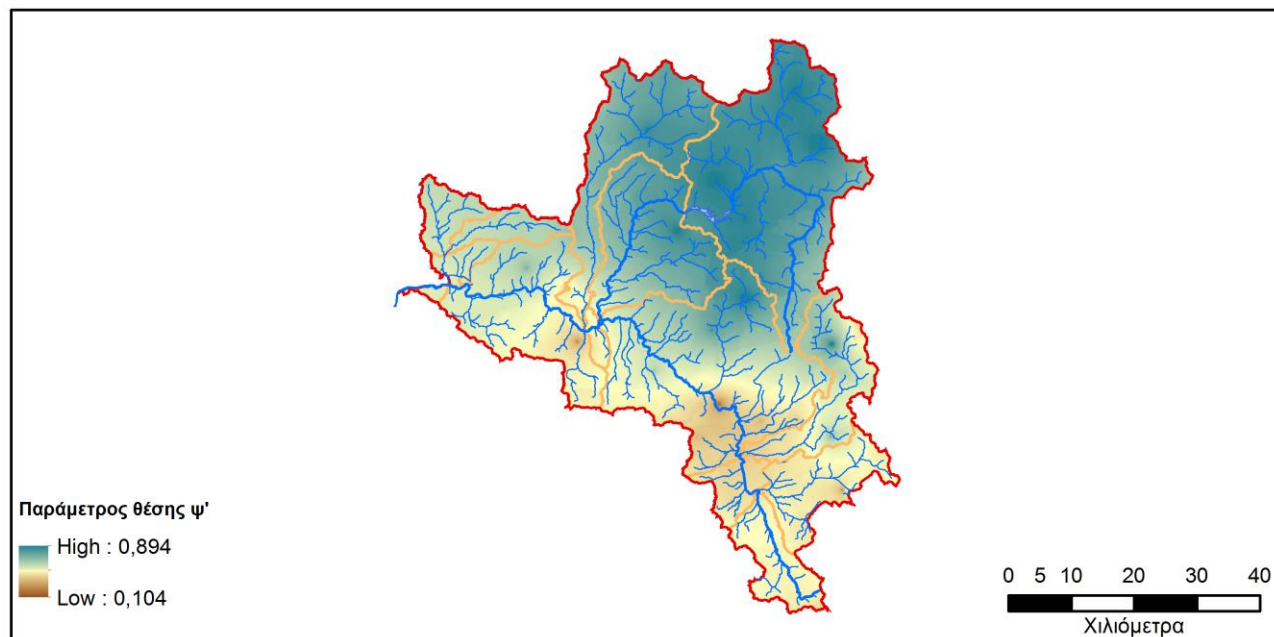
Η χωρική μεταβλητότητα των παραμέτρων εκφράζει τη χωρική μεταβλητότητα των έντονων βροχοπτώσεων. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται ενδεικτικά οι μεταβολές των παραμέτρων εντός λεκάνης απορροής



Σχήμα 2.5: Μεταβολή παραμέτρου σχήματος k εντός λεκάνης απορροής (Αλφειός π.)



Σχήμα 2.6 : Μεταβολή παραμέτρου κλίμακας λ' εντός λεκάνης απορροής (Αλφειός π.)



Σχήμα 2.7 : Μεταβολή παραμέτρου θέσης ψ' εντός λεκάνης απορροής (Αλφειός π.)

Για τη «γενίκευση» σε επίπεδο λεκάνης/υπολεκάνης απορροής, των παραμέτρων της όμβριας καμπύλης ακολουθείται η παρακάτω μεθοδολογία.

- Γίνεται τομή του πολυγωνικού shapfile των υπολεκανών με το πολυγωνικό shapfile των ζωνών σταθερής τιμής κ . Στη συνέχεια η παράμετρος σχήματος εκτιμάται για κάθε υπολεκάνη ως ο σταθμισμένος μέσος όρος της τιμής των επιμέρους πολυγώνων, με συντελεστή βάρους την αντίστοιχη επιφάνεια (βλ Σχήμα 2.5)

$$\kappa = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{A} \kappa_i \right) \quad (2.2)$$

- Για κάθε υπολεκάνη οι παράμετροι λ' και ψ' υπολογίζονται ως ο μέσος όρος των τιμών των κυττάρων του κανάβου (grid) που περικλείονται εντός αυτής

$$\lambda' = \frac{\sum_{i=1}^n (\lambda'_i)}{n} \quad (2.3)$$

$$\psi' = \frac{\sum_{i=1}^n (\psi'_i)}{n} \quad (2.4)$$

- Οι τιμές θ και η είναι σταθερές

2.4.2 Διαστήματα εμπιστοσύνης ομβρίων καμπυλών

Όπως ορίζεται στις τεχνικές προδιαγραφές, ειδικά για τους ποταμούς θα πρέπει πέραν των μέσων υδρογραφημάτων να παραχθούν τα ευμενέ και δυσμενέ υδρογραφήματα, τα οποία αντιστοιχούν στο κάτω και άνω όριο εμπιστοσύνης των ομβρίων καμπυλών, με ευλόγα ευμενείς και δυσμενείς αντίστοιχα παραδοχές υπολογισμού των υδρογραφημάτων. Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται ο τρόπος εκτίμησης του ύψους βροχής για το άνω και κάτω όριο εμπιστοσύνης των ομβρίων καμπυλών καθώς και η διαδικασία γενίκευσης σε επίπεδο υπολεκάνης απορροής.

Στο παραδοτέο 2 (Όμβριες καμπύλες) υπολογίστηκαν τα άνω και κάτω όρια εμπιστοσύνης 80% σε κάθε βροχομετρικό σταθμό. Τα όρια εμπιστοσύνης προκύπτουν από το ενοποιημένο δείγμα όλων των διαθέσιμων χρονικών κλιμάκων, οπότε είναι αδιαστατοποιημένα ως προς τη διάρκεια. Επιπλέον δεν έχουν αναλυτικές εκφράσεις, οπότε οι τιμές δίνονται σε κάθε σταθμό για περιόδους επαναφοράς 50,100 και 1000 έτη (παραδοτέο 2 -«Όμβριες καμπύλες» Πίνακας 14.1).

Το ύψος βροχής που αντιστοιχεί στο άνω και κάτω όριο εμπιστοσύνης 80% δίνεται από τις σχέσεις:

$$h_L(T,d) = \varphi(d) \cdot x_L(T) = \frac{d}{(1+d/\theta)^\eta} x_L(T) \quad (2.5)$$

$$h_U(T,d) = \varphi(d) \cdot x_U(T) = \frac{d}{(1+d/\theta)^\eta} x_U(T) \quad (2.6)$$

Όπου

$h_L(T,d)$: Ύψος βροχής - κάτω όριο - για βαθμό εμπιστοσύνης 80% (mm)

$h_U(T,d)$: Ύψος βροχής - άνω όριο - για βαθμό εμπιστοσύνης 80% (mm)

T : Περίοδος επαναφοράς (έτη)

d : Διάρκεια καταιγίδας (ώρες)

θ : Παράμετρος της όμβριας καμπύλης

η : Παράμετρος της όμβριας καμπύλης

$\varphi(d)$: Συντελεστής αναγωγής που λαμβάνει υπ όψιν την διάρκεια ¹

$x_L(T)$: Αδιαστατοποιημένο όριο εμπιστοσύνης 80% (κάτω)

$x_U(T)$: Αδιαστατοποιημένο όριο εμπιστοσύνης 80% (άνω)

¹ Δεν πρέπει να συγχέεται – λόγω συμβολισμού – με τον συντελεστή επιφανειακής αναγωγής βροχόπτωσης (παρ. 2.4.4)

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Από τις παραπάνω σχέσεις σε κάθε βροχομετρικό σταθμό υπολογίζεται ο λόγος του ύψους βροχής που αντιστοιχεί στο άνω ή κάτω όριο εμπιστοσύνης προς το ύψος βροχής που προκύπτει από την εξίσωση της όμβριας καμπύλης. Ο λόγος αυτός δίνεται από τις σχέσεις

$$\Lambda_L = \frac{x_L(T)}{\lambda'(T^\kappa - \psi')} \quad (2.7)$$

$$\Lambda_U = \frac{x_U(T)}{\lambda'(T^\kappa - \psi')} \quad (2.8)$$

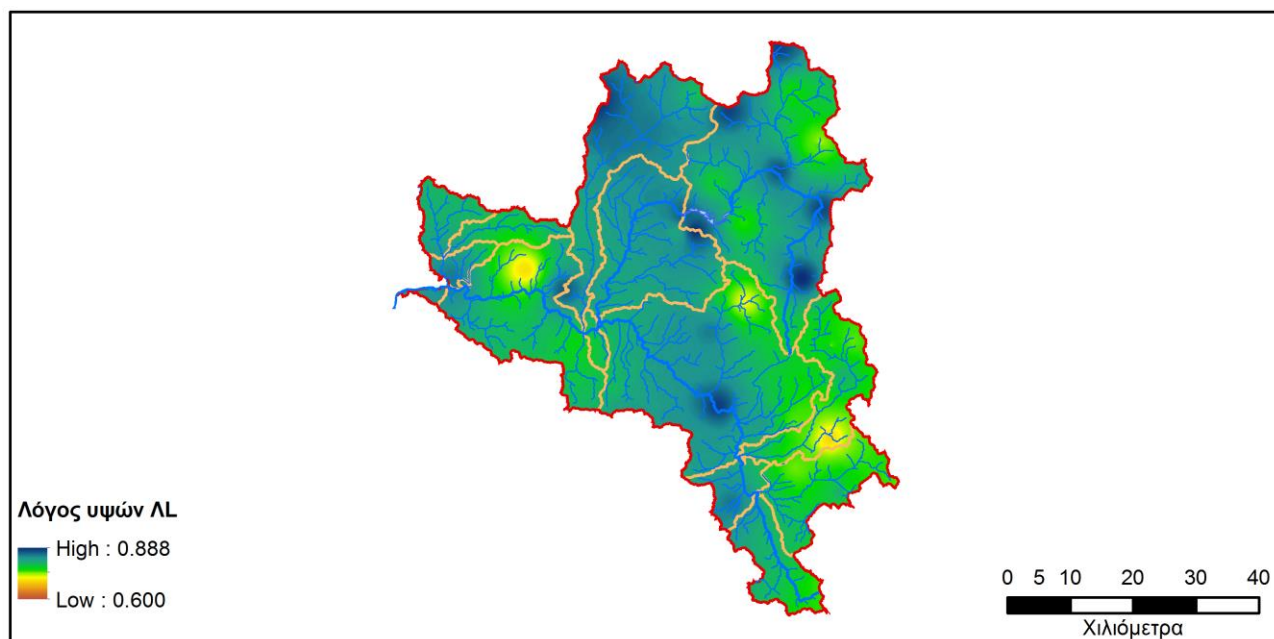
Όπου

- Λ_L : Λόγος ύψους βροχής κάτω ορίου εμπιστοσύνης προς ύψος βροχής όμβριας καμπύλης
 Λ_U : Λόγος ύψους βροχής άνω ορίου εμπιστοσύνης προς ύψος βροχής όμβριας καμπύλης
 $x_L(T)$: Αδιαστατοποιημένο κάτω όριο εμπιστοσύνης 80%
 $x_U(T)$: Αδιαστατοποιημένο άνω όριο εμπιστοσύνης 80%
 λ' : Παράμετρος κλίμακας
 κ : Παράμετρος σχήματος
 ψ' : Παράμετρος θέσης

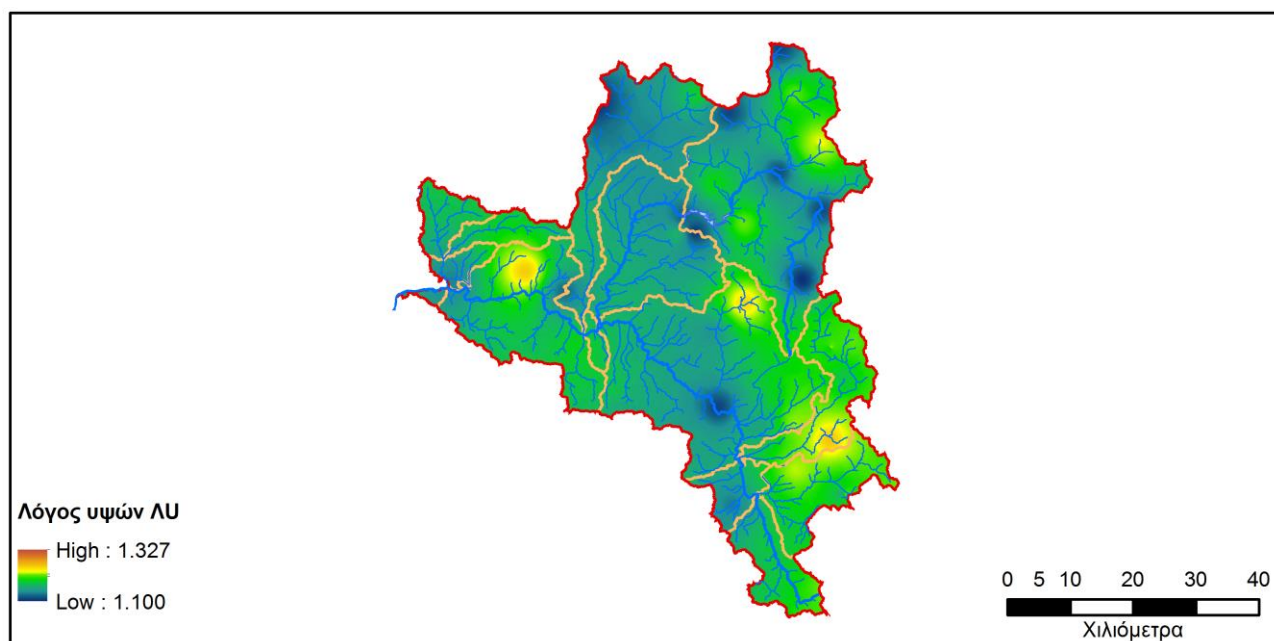
Οι λόγοι Λ_L και Λ_U υπολογίζονται για 50, 100 και 1000 έτη και παρουσιάζονται στους χάρτες X1-X6

Στη συνέχεια παράγονται χάρτες της κατανομής της τιμής του λόγου σε όλο το υδατικό διαμέρισμα (χάρτες X1-X6 του παρόντος Παραδοτέου). Οι χάρτες παράγονται με χρήση συναρτήσεων χωρικής παρεμβολής σε περιβάλλον Σ.Γ.Π. και είναι μορφής κανάβου (raster) με διάσταση κελιού 100x100 μέτρα. Εφαρμόστηκε η μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων IDW (Inverse Distance Weight) που αναπαράγει τις σημειακές τιμές σε κάθε σταθμό (η επιφάνεια παρεμβολής που παράγει το μοντέλο IDW διέρχεται από τα γνωστά σημεία).

Σε κάθε στοιχείο του κανάβου (κύτταρο) δίνεται για κάθε περίοδο επαναφοράς μια τιμή του λόγου του ύψους βροχής. Έτσι μπορεί σε κάθε λεκάνη/υπολεκάνη να υπολογιστεί μια αντιπροσωπευτική τιμή του λόγου ως ο μέσος όρος των τιμών των κυττάρων που περικλείει η αντίστοιχη επιφάνεια αναφοράς.



Σχήμα 2.8: Μεταβολή αδιαστατοποιημένου ύψους βροχής για βαθμό εμπιστοσύνης 80 % (κάτω όριο) για T=50 (Αλφειός π.)



Σχήμα 2.9: Μεταβολή αδιαστατοποιημένου ύψους βροχής για βαθμό εμπιστοσύνης 80 % (άνω όριο) για T=50 (Αλφειός π.)

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

2.4.3 Διάρκεια καταιγίδας – Βήμα υπολογισμών

Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές : “Για την κατάρτιση των υετογραφημάτων για καταιγίδες με τις προαναφερθείσες περιόδους επαναφοράς, η διάρκεια βροχής λαμβάνεται ως πολλαπλάσιο του χρόνου συγκέντρωσης”.

Η διάρκεια του υετογραφήματος σχεδιασμού συνίσταται, να επιλέγεται ίση με το τριπλάσιο, τουλάχιστον, του χρόνου συγκέντρωσης της συνολικής λεκάνης (Κουκουβίνος, 2014).

Με αφετηρία το παραπάνω κριτήριο υπολογισμού, λαμβάνονται 3 διαφορετικές περιπτώσεις διάρκειας υετογραφήματος (12h 24h και 48h) σύμφωνα με την ακολουθούμενη πρακτική στις υδρολογικές μελέτες.. Η ελάχιστη διάρκεια υετογραφήματος είναι 12h. Αυτό ισχύει ακόμα και στις περιπτώσεις που ο χρόνος συγκέντρωσης είναι ιδιαίτερος μικρός, ακόμα και μικρότερος των 4 ωρών. Η μέγιστη διάρκεια είναι 48 ώρες.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η διάρκεια του υετογραφήματος για κάθε λεκάνη

Πίνακας 2.6 : Διάρκεια υετογραφήματος καταιγίδας για το ΥΔ GR01

| Λεκάνη | Ρέμα/Ποταμός | Επιφάνεια (km ²) | Διάρκεια καταιγίδας σχεδιασμού |
|-----------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| GR2913315 | Καβούρι* | 28.66 | 24 |
| GR2913332 | Παλιοπόταμο* | 65.63 | 24 |
| GR2913712 | Αλφειός Π. | 3473.67 | 48 |
| GR2914211 | Βουρλιά Ρ. | 50.65 | 24 |
| GR2914224 | Ξηροχωρήτικη Γράνα Ρ. | 25.03 | 12 |
| GR2914299 | Ζαχαραΐικο Ρ. | 68.28 | 12 |
| GR2914069 | Γλατσίτικο Ρ. | 27.34 | 12 |
| GR2914070 | Αλυσίβα Ρ. | 6.27 | 12 |
| GR2914076 | Βούλγκρεμο Ρ. | 4.75 | 12 |
| GR2914075 | Θολού Ρ. | 28.62 | 12 |
| GR3214203 | Νέδα Π. | 287.14 | 12 |
| GR3214127 | Καμίνια Ρ. | 4.27 | 12 |
| GR3214128 | Μποκινιώτη Ρ. | 2.98 | 12 |
| GR3214129 | Παρασποριά Ρ. | 4.95 | 12 |
| GR3214133 | Πραζέρη Ρ. | 11.25 | 12 |
| GR3214150 | Καλό Νερό Ρ. | 181.89 | 12 |
| GR3214231 | Μάυρη Λίμνη Ρ. | 4.29 | 12 |
| GR3214232 | Καρτελά Ρ. | 14.79 | 12 |
| GR3214235 | Κυπαρισσία Β* | 5.23 | 12 |
| GR3214236 | Κυπαρισσία Ν* | 4.03 | 12 |
| GR3214237 | Τερψιθέα* | 11.93 | 12 |
| GR3214266 | Σπηλιά* | 7.84 | 12 |
| GR3214269 | Μάυρη Λίμνη Ρ. | 29.64 | 12 |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

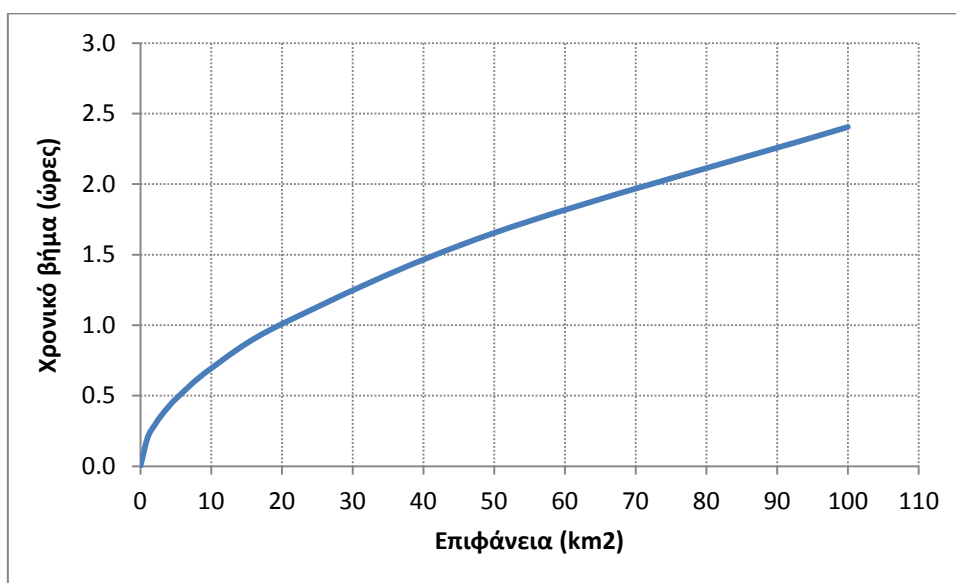
Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| Λεκάνη | Ρέμα/Ποταμός | Επιφάνεια (km ²) | Διάρκεια καταιγίδας σχεδιασμού |
|-----------|-----------------|------------------------------|-----------------------------------|
| GR3214274 | Φιλιατρινό Ρ. | 51.59 | 12 |
| GR3214307 | Κορυάς Ρ. | 65.75 | 12 |
| GR3214334 | Βελίκα Ρ. | 148.58 | 12 |
| GR3214337 | Τυφλό Ρ. | 42.39 | 12 |
| GR3214244 | Μουρτιάς Ρ. | 60.12 | 12 |
| GR3214080 | Ρύακας Ρ. | 31.59 | 24 |
| GR3214442 | Πάμισος Π. | 564.82 | 24 |
| GR3214126 | Άρις Ρ. | 193.17 | 12 |
| GR3214138 | Καλαμάτα* | 14.64 | 12 |
| GR3214260 | Νέδων Π. | 124.19 | 12 |
| GR3214265 | Βαθό Λαγκάδι Ρ. | 22.11 | 12 |
| GR3214301 | Ξερίλας Ρ. | 26.08 | 12 |
| GR3214303 | Κακό Λαγκάδι Ρ. | 3.56 | 12 |

*Για τα ρέματα αυτά δεν βρέθηκε ονομασία στον χάρτη 1:50.000 και δηλώνεται η περιοχή εκβολής τους

Όσον αφορά στη χρονική διακριτότητα της βροχόπτωσης, η οποία καθορίζει και το χρονικό βήμα υπολογισμών της υδρολογικής προσομοίωσης, πρέπει να επιλεγεί μία τιμή επαρκώς μικρή ώστε να μπορεί να περιγραφεί με ακρίβεια το φαινόμενο και να εντοπιστεί η αιχμή αλλά και όχι ιδιαιτέρως μικρή ώστε να καθιστά πολύπλοκο το υπολογιστικό σύστημα. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν εμπειρικές συστάσεις για την επιλογή του χρονικού βήματος.

Σύμφωνα με τον (Maniak, 1997) το χρονικό βήμα συνίσταται να λαμβάνεται 1/3 – 1/5 του χρόνου ανόδου. Με αυτό τον τρόπο περιγράφεται με ικανοποιητική ακρίβεια η αιχμή του πλημμυρογραφήματος. Επιπλέον προτείνεται μία εμπειρική σχέση ανάμεσα στο χρονικό βήμα και την επιφάνεια της λεκάνης απορροής.



Σχήμα 2.10 : Συσχέτιση χρονικού βήματος και έκτασης της λεκάνης (Maniak, 1997)

Το Κέντρο Τεχνικής Υδρολογίας (Hydrologic Engineering Center) του σώματος μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού (U.S. Army Corps of Engineers) συνιστά το βήμα των υπολογισμών να λαμβάνεται μικρότερο από το 30% του χρόνου υστέρησης αιχμής

Σε πρόσφατες εργασίες (Κουκουβίνος, 2014) το χρονικό βήμα συνιστάται να επιλέγεται ίσο με το 1/3 του μικρότερου από τους χρόνους συγκέντρωσης των υπολεκανών, για την υπόψη περίοδο επαναφοράς. Σε λεκάνες μεγαλύτερες των 10km², το χρονικό βήμα μπορεί να λαμβάνεται ωριαίο.

Με βάση τις παραπάνω προτάσεις της βιβλιογραφίας και λαμβάνοντας υπ όψιν την μεγάλη διακύμανση που παρατηρείται στους χρόνους συγκέντρωσης των διαφόρων υπολεκανών, επιλέχθηκε χρονικό βήμα προσομοίωσης 15 λεπτά.

2.4.4 Αναγωγή σημειακής βροχόπτωσης σε επιφανειακή

Με τη διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.4.1 γίνεται γενίκευση των παραμέτρων των ομβρίων καμπυλών σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Σε κάθε περίπτωση όμως, οι τιμές της κρίσιμης έντασης (ή ύψους) βροχόπτωσης που προκύπτουν από την παραπάνω διαδικασία θεωρείται ότι αναφέρονται σε ένα αντιπροσωπευτικό σημείο της λεκάνης.

Για την εκτίμηση των επιφανειακών υψών βροχής, που εφαρμόζονται στο σχεδιασμό (παραγωγή πλημμυρικών υδρογραφημάτων), απαιτείται η αναγωγή των σημειακών τιμών σε επιφανειακές. Η αναγωγή γίνεται με πολλαπλασιασμό επί τον *συντελεστή επιφανειακής αναγωγής* (areal reduction factor). Ο συντελεστής αυτός έχει τις ακόλουθες, εμπειρικά διαπιστωμένες, ιδιότητες (Κουτσογιάνης & Ξανθόπουλος, 1999) :

- **Είναι πάντα μικρότερος της μονάδας:** Όταν καταγράφεται μέγιστη ένταση στη θέση του βροχογραφικού σταθμού, είναι απίθανο την ίδια στιγμή να καταγράφεται μέγιστη ένταση σε όλη την υπόψη επιφάνεια.
- **Είναι φθίνουσα συνάρτηση της έκτασης:** Η αύξηση της έκτασης της επιφάνειας συνεπάγεται τη μείωση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής.
- **Είναι αύξουσα συνάρτηση της διάρκειας:** η αύξηση της διάρκειας βροχής συνοδεύεται από αύξηση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής
- **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

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Εκτεταμένες εμπειρικές διερευνήσεις σχετικά με τη μεταβολή του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής συναρτήσει της μεταβολής της έκτασης και της διάρκειας έχουν γίνει τόσο στις ΗΠΑ, όσο και στη Μεγάλη Βρετανία. Τα αποτελέσματα των διερευνήσεων δίνονται υπό μορφή διαγραμμάτων ή πινάκων. Στα πινακοποιημένα αποτελέσματα του UK-NERC (1975), τα οποία είναι και τα πληρέστερα τόσο ως προς το εύρος μεταβολής της διάρκειας (από 1 min ως 25 ημέρες) όσο και της έκτασης (από 1 ως 30 000 km²) προσαρμόστηκε η ακόλουθη αναλυτική έκφραση (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 1999)

$$\phi = \max \left(1 - \frac{0.048 A^{0.36 - 0.01 \ln A}}{d^{0.35}}, 0.25 \right) \quad (2.9)$$

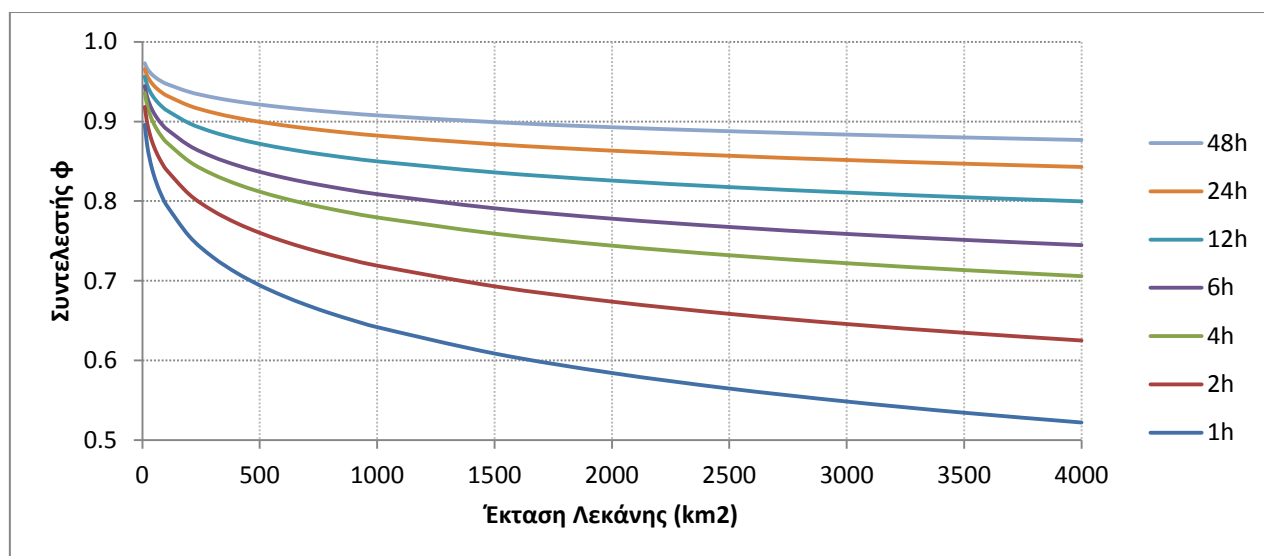
Όπου

ϕ : Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής

A : Έκταση λεκάνης (km²)

d : Διάρκεια βροχής (ώρες)

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται γραφικά η παραπάνω σχέση



Σχήμα 2.11 : Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής (Areal reduction factor)

Στην Ελλάδα δεν έχει γίνει έως τώρα καμία αντίστοιχη συστηματική μελέτη για την εξαγωγή καμπυλών μεταβολής του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής. Βεβαίως τέτοια μελέτη θεωρείται απαραίτητη για να μπορούν να εκτιμώνται με αντικειμενικό τρόπο οι τιμές του συντελεστή αυτού στη χώρα μας. Λόγω αυτής της έλλειψης, για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης θα χρησιμοποιηθούν οι τιμές της παραπάνω σχέσης, όπως προβλέπεται στις τεχνικές προδιαγραφές, δεδομένου ότι οι τιμές του συντελεστή αναγωγής για δεδομένη έκταση και διάρκεια έχουν αρκετά μικρή γεωγραφική μεταβλητότητα σε σχέση με την πολύ μεγαλύτερη μεταβλητότητα των ομβρίων καμπυλών (Collier & Hardaker, 1996).

2.4.5 Χρονική κατανομή συνολικού ύψους βροχής

Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές :

Το υετογράφημα σχεδιασμού παράγεται χρησιμοποιώντας τις σχετικές όμβριες καμπύλες της περιοχής και με βάση:

- **τη μέθοδο των εναλλασσόμενων μπλοκ (alternating block method)** (Chow, Maidment, & Mays, 1988) για πλημμύρες μέσης και υψηλής πιθανότητας υπέρβασης, ήτοι με περιόδους επαναφοράς 50 και 100 χρόνια
- **τη μέθοδο της δυσμενέστερης διάταξης (worst profile) του υετογραφήματος σχεδιασμού** (United States of the Interior, Bureau of Reclamation, 1977), (Koutsoyiannis, 1994) για πλημμύρες χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης, ήτοι με περιόδους επαναφοράς 1.000 και 10.000 χρόνια.

Οι 2 παραπάνω μέθοδοι θεωρούνται ως οι πλεονεκτικότερες και συνεπέστερες από τις απλοποιημένες μεθόδους της πράξης όπως οι αδιάστατες αθροιστικές καμπύλες (Κουτσογιάννης, 2010)

Με τις μεθόδους αυτές προσδιορίζονται τα τμηματικά ύψη βροχής των επιμέρους διαρκειών με βάση την όμβρια καμπύλη της υπό μελέτη λεκάνης, που αντιστοιχεί στην περίοδο επαναφοράς μελέτης και σε χρονική κλίμακα ίση με την υπόψη διάρκεια. 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 προκαλεί τη δυσμενέστερη αιχμή της παραγόμενης πλημμύρας, στην περίπτωση της μεθόδου της δυσμενέστερης διάταξης. (Κουτσογιάννης, Ευστρατιάδης, Μαμάσης, Δημητριάδης, & Μαχαίρας, 2013)

Οι μέθοδοι αυτές παρουσιάζουν 3 σοβαρά πλεονεκτήματα έναντι άλλων απλών μεθόδων της πράξης :

1. Βασίζονται αποκλειστικά σε δεδομένα που έχουν μετρηθεί στην περιοχή μελέτης (όμβριες καμπύλες) και όχι σε διαγράμματα της βιβλιογραφίας.
2. Οδηγούν σε ένα μοναδικό υετογράφημα σχεδιασμού ή ελέγχου, χωρίς να απαιτείται καμιά πρόσθετη παραδοχή.
3. Έχει δειχτεί μέσω σύγκρισης με πληρέστερα στοχαστικά μοντέλα (Koutsoyiannis, 1994) ότι τα αποτελέσματά τους είναι σαφώς πιο εύλογα και συνεπή, σε σχέση με αυτά της μεθόδου των αδιάστατων αθροιστικών καμπυλών.

Η 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. Βεβαίως, η παραδοχή αυτή δεν είναι ρεαλιστική, πράγμα που αποτελεί και το σημαντικότερο μειονέκτημα των δύο μεθόδων. Μολαταύτα θεωρείται ότι η παραδοχή μιας ενιαίας περιόδου επαναφοράς για όλες τις χρονικές κλίμακες είναι πιο ρεαλιστική από την υιοθέτηση μιας αυθαίρετης αδιάστατης χρονικής κατανομής (Κουτσογιάννης, 2010)

Στη συνέχεια δίνεται περιγραφή των 2 μεθόδων :

Μέθοδος των εναλλασσόμενων μπλοκ (alternate blocks method)

- Επιλέγεται η διάρκεια της καταιγίδας (D) και το χρονικό βήμα των υπολογισμών (t_R)
- Σε κάθε χρονική στιγμή t υπολογίζεται το αθροιστικό σημειακό και επιφανειακό ύψος βροχής από την όμβρια καμπύλη και το συντελεστή επιφανειακής αναγωγής.

$$h_p(t, T) = t \frac{\lambda' (T^\kappa - \psi')}{(1 + t/\theta)^\eta} \quad (2.10)$$

$$h_A(t, T) = \varphi(t, A) \cdot t \cdot \frac{\lambda' (T^\kappa - \psi')}{(1 + t/\theta)^\eta} \quad (2.11)$$

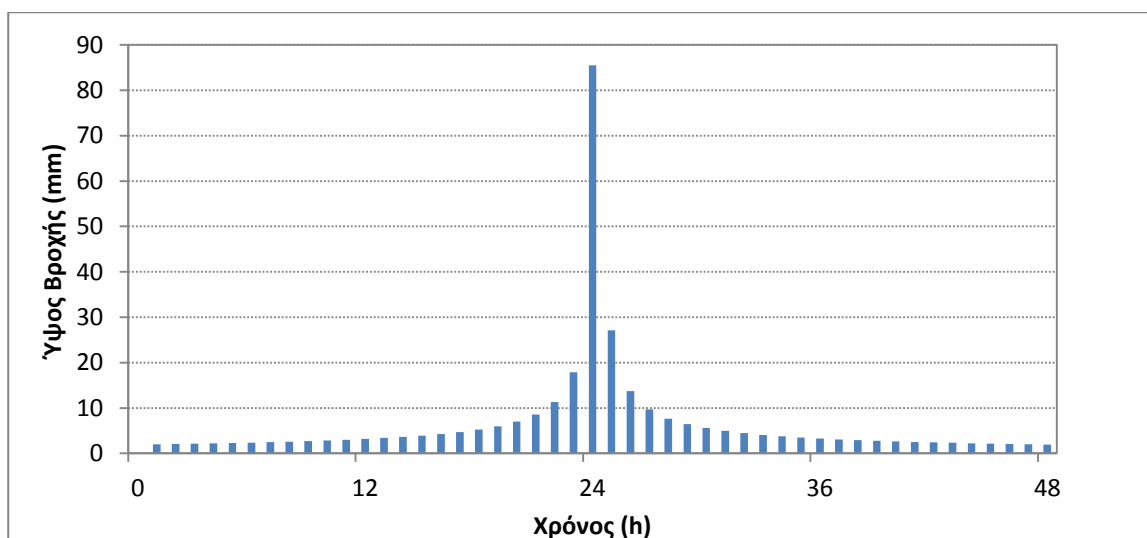
Όπου

- $h_p(t, T)$: Σημειακό ύψος βροχής (αθροιστικό) τη χρονική στιγμή t (mm)
 $h_A(t, T)$: Επιφανειακό ύψος βροχής (αθροιστικό) τη χρονική στιγμή t (mm)
 T : Περίοδος επαναφοράς (έτη)
 $\varphi(t, A)$: Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής
 A : Έκταση λεκάνης

- Σε κάθε χρονική στιγμή υπολογίζεται το τμηματικό ύψος που αντιστοιχεί στη διαφορά του ύψους μιας χρονικής στιγμής από την προηγούμενη

$$h_{A_{\text{τμημ.}}} = h_A(t, T) - h_A(t - \Delta t, T) \quad (2.12)$$

- Τα τμηματικά ύψη βροχής του προηγούμενου βήματος διατάσσονται σε χρονική ακολουθία με το μέγιστο στο μέσο της επιλεγμένης συνολικής διάρκειας βροχής και τα υπόλοιπα σε φθίνουσα σειρά εναλλάξ δεξιά και αριστερά από το κεντρικό μπλοκ.



Σχήμα 2.12 : Υετογράφημα σχεδιασμού με τη μέθοδο των εναλλασσόμενων block

Μέθοδος της δυσμενέστερης διάταξης (worst profile)

- Επιλέγεται η διάρκεια της καταιγίδας (D) και το χρονικό βήμα των υπολογισμών (t_R)
- Για όλα τα χρονικά βήματα t υπολογίζεται το σημειακό και επιφανειακό ύψος βροχής (αθροιστικά) από την όμβρια καμπύλη και το συντελεστή επιφανειακής αναγωγής.

$$h_p(t, T) = t \frac{\lambda' (T^\kappa - \psi')}{(1 + t/\theta)^\eta} \quad (2.13)$$

$$h_A(t, T) = \varphi(t, A) \cdot t \cdot \frac{\lambda' (T^\kappa - \psi')}{(1 + t/\theta)^\eta} \quad (2.14)$$

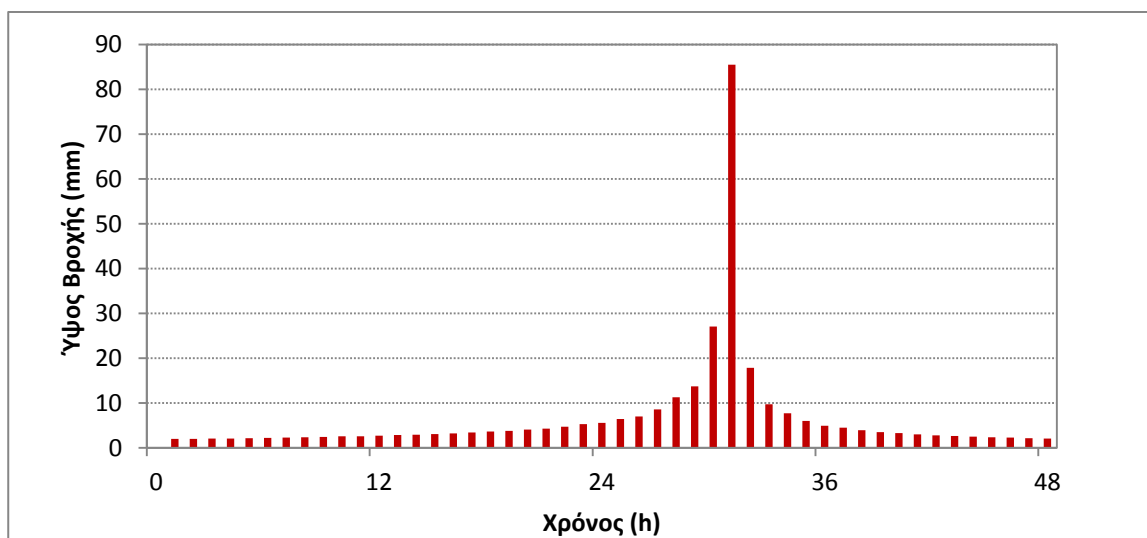
Όπου

- $h_p(t, T)$: Σημειακό ύψος βροχής (αθροιστικό) τη χρονική στιγμή t (mm)
 $h_A(t, T)$: Επιφανειακό ύψος βροχής (αθροιστικό) τη χρονική στιγμή t (mm)
 T : Περίοδος επαναφοράς (έτη)
 $\varphi(t, A)$: Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής
 A : Έκταση λεκάνης

- Για όλα τα χρονικά βήματα υπολογίζεται το τμηματικό ύψος που αντιστοιχεί στη διάφορα του ύψους μιας χρονικής στιγμής από την προηγούμενη

$$h_{A\tau\mu\eta\mu.} = h_A(t, T) - h_A(t - \Delta t, T) \quad (2.15)$$

- Τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται σε χρονική αντιστοιχία με τις τεταγμένες του μοναδιαίου υδρογραφήματος (βλ. και παρ. 2.6) , 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, κοκ. 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. (Κουτσογιάννης, 2010)



Σχήμα 2.13 : Υετογράφημα σχεδιασμού με τη μέθοδο της δυσμενέστερης διάταξης

2.5 Ενεργές Βροχοπτώσεις

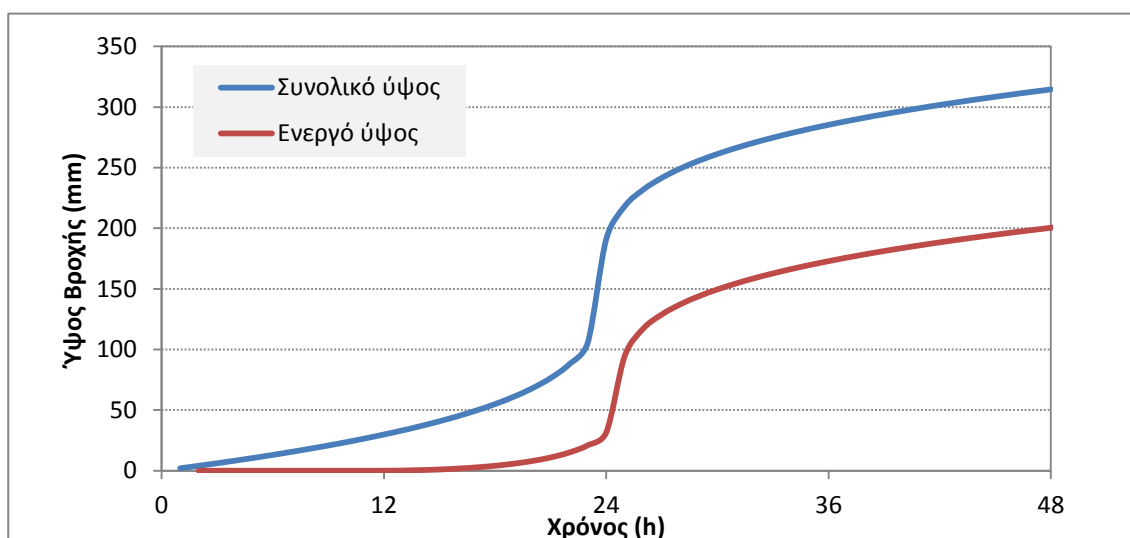
2.5.1 Μέθοδος Soil Conservation Service

Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές για την εκτίμηση του ενεργού ύψους βροχής χρησιμοποιείται η μέθοδος της Soil Conservation Service. (Natural Resources Conservation Service, 1972). Η μέθοδος βασίζεται στις εξής παραδοχές :

- Για ένα αρχικό διάστημα t_{a0} όλη η ποσότητα της βροχόπτωσης 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).
- Το αρχικό έλλειμμα είναι $h_{a0} = 0.2S$
- Σε κάθε χρονική στιγμή $t > t_{a0}$, οι λόγοι του ενεργού ύψους βροχής h_e και του ελλειμματικού μείον το αρχικό έλλειμμα $h_a - h_{a0}$ προς τα αντίστοιχα δυνητικά μεγέθη ($h - h_{a0}$ και S , αντίστοιχα), είναι ίσοι.

Βάσει των παραπάνω παραδοχών, προκύπτει η ακόλουθη εμπειρική σχέση:

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq 0.2S \\ \frac{(h - 0.2S)^2}{h + 0.8S} & h > 0.2S \end{cases} \quad (2.16)$$



Σχήμα 2.14 : Αθροιστικό ολικό και ενεργό ύψος βροχής με χρονική κατανομή δυσμενέστερης διάταξης

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Η μέγιστη δυνητική κατακράτηση υπολογίζεται από την εμπειρική σχέση

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (2.17)$$

Όπου

S : Μέγιστη δυνητική κατακράτηση (mm)

CN : Αριθμός καμπύλης απορροής CN (Curve Number)

2.5.2 Αριθμός Καμπύλης απορροής (runoff Curve Number) CN

Ο αριθμός καμπύλης CN (curve number) αποτελεί μια χαρακτηριστική παράμετρο μιας λεκάνης απορροής που προτάθηκε από την Αμερικανική Soil Conservation Service (Natural Resources Conservation Service, 1972) προκειμένου να συμπυκνώσει τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης σε μία τιμή. Ο αριθμός καμπύλης λαμβάνει τιμές από 0 μέχρι 100 και επηρεάζεται από τις συνθήκες εδάφους, τις χρήσεις γης, καθώς και τις προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας.

Ο αριθμός καμπύλης βρίσκει εφαρμογή στον υπολογισμό μιας σειράς υδρολογικών μεγεθών που εισάγονται σε υδρολογικά μοντέλα πλημμυρών. Η τυπικότερη περίπτωση είναι η μέθοδος της SCS στην οποία ο αριθμός καμπύλης χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του χρόνου συγκέντρωσης και της ενεργού βροχόπτωσης

Η SCS κατατάσσει τα εδάφη σε τέσσερις ομάδες ανάλογα με τη διαπερατότητα τους.

- Ομάδα Α :** Εδάφη με μεγάλους ρυθμούς διήθησης π.χ. αμμώδη και χαλικώδη 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. Στην ίδια ομάδα περιλαμβάνονται εδάφη μικρού βάθους με σχεδόν αδιαπέρατους υπό-ορίζοντες κοντά στην επιφάνεια

Η κατάταξη των εδαφικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης στις παραπάνω κατηγορίες πραγματοποιήθηκε κατά την φάση 1(παραδοτέο 1)

Στη συνέχεια ορίζονται τρεις τύποι προηγούμενων συνθηκών υγρασίας

- 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).

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Για τις συνθήκες υγρασίας τύπου II, η SCS δίνει αναλυτικούς πίνακες με τιμές του CN για κάθε υδρολογική ομάδα εδαφών και για διάφορες χρήσεις γης. Για τις άλλες συνθήκες προηγούμενης υγρασίας, εφαρμόζονται οι ακόλουθες σχέσεις αναγωγής:

$$CN_I = \frac{0.42 CN_{II}}{1 - 0.0058 CN_{II}} \quad (2.18)$$

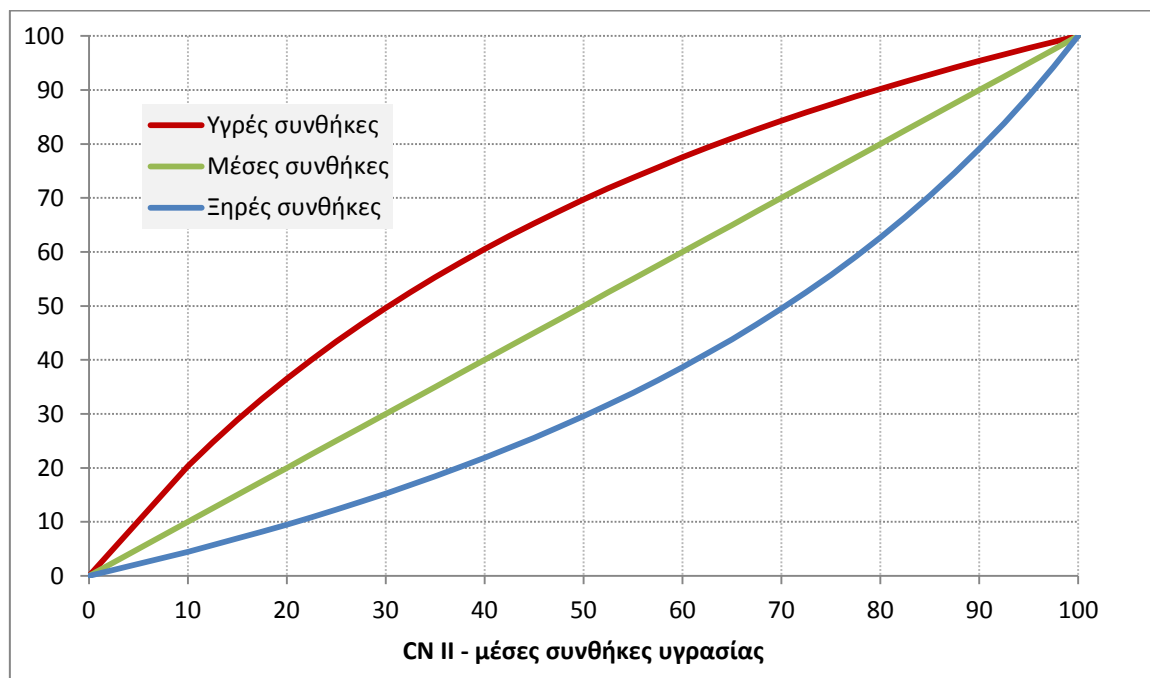
$$CN_{III} = \frac{2.3 CN_{II}}{1 + 0.013 CN_{II}} \quad (2.19)$$

Όπου

CN_I : Curve Number για ξηρές συνθήκες

CN_{II} : Curve Number για μέσες συνθήκες

CN_{III} : Curve Number για υγρές συνθήκες



Σχήμα 2.15 : Μεταβολή του CN για διαφορετικές συνθήκες αρχικής υγρασίας.

2.5.3 Εκτίμηση του CN για μέσες συνθήκες προηγούμενης υγρασίας

Οι αριθμοί καμπύλης απορροής για μέσες συνθήκες προηγούμενης υγρασίας (CN_{II}) δίνονται σε πίνακες για κάθε κατηγορία κάλυψης εδάφους και κάθε εδαφικό τύπο.

Οι τιμές που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

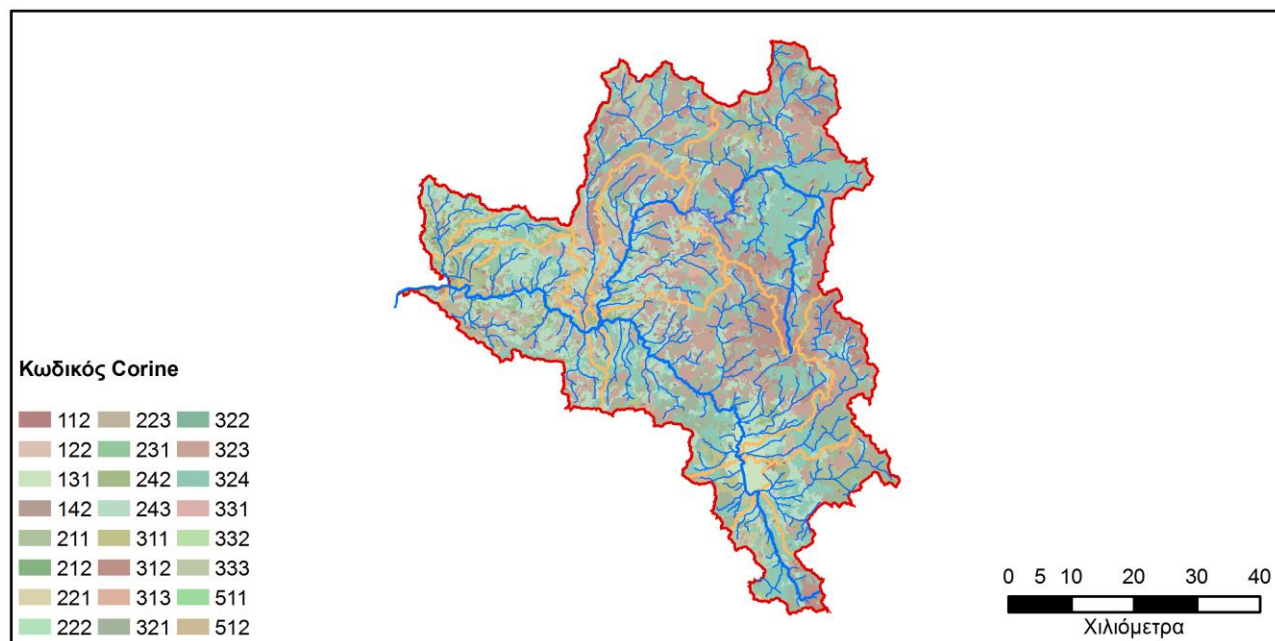
Πίνακας 2.7: Αριθμοί καμπύλης απορροής για προηγούμενες συνθήκες υγρασίας τύπου II

| κωδικός CORINE | Κωδικός SC | Κάλυψη Εδάφους | A | B | C | D |
|-------------------|---------------|--|-----|-----|-----|-----|
| 111 | 720 | Συνεχής αστική οικοδόμηση | 69 | 80 | 87 | 90 |
| 112 | 770 | Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση | 66 | 77 | 83 | 86 |
| 121 | 100 | Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες | 85 | 90 | 93 | 94 |
| 122 | 100 | Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα και γειτνιάζουσα γη | 87 | 92 | 94 | 95 |
| 123 | 100 | Ζώνες λιμένων | 85 | 90 | 93 | 94 |
| 124 | 100 | Αεροδρόμια | 85 | 90 | 93 | 94 |
| 131 | 200 | Χώροι εξορύξεως ορυκτών | 69 | 80 | 87 | 90 |
| 133 | 200 | Χώροι οικοδόμησης | 69 | 80 | 87 | 90 |
| 141 | 630 | Περιοχές αστικού πράσινου | 44 | 65 | 62 | 82 |
| 142 | 200 | Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής | 50 | 70 | 80 | 85 |
| 211 | 320 | Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη | 67 | 76 | 83 | 86 |
| 212 | 330 | Μόνιμα αρδευόμενη γη | 67 | 76 | 83 | 86 |
| 213 | 100 | Ορυζώνες | 59 | 72 | 81 | 85 |
| 221 | 310 | Αμπελώνες | 63 | 72 | 79 | 82 |
| 222 | 600 | Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς | 44 | 66 | 77 | 83 |
| 223 | 600 | Ελαιώνες | 49 | 59 | 72 | 82 |
| 231 | 400 | Λιβάδια | 54 | 70 | 80 | 85 |
| 241 | 600 | Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες | 67 | 76 | 83 | 86 |
| 242 | 320 | Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας | 67 | 76 | 83 | 86 |
| 243 | 320 | Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης | 67 | 76 | 83 | 86 |
| 311 | 665 | Δάσος πλατυφύλλων | 35 | 61 | 74 | 80 |
| 312 | 665 | Δάσος κωνοφόρων | 35 | 61 | 74 | 80 |
| 313 | 665 | Μικτό δάσος | 35 | 61 | 74 | 80 |
| 321 | 400 | Φυσιικοί βοσκότοποι | 49 | 69 | 79 | 84 |
| 322 | 400 | Θάμνοι και χερσότοποι | 42 | 62 | 74 | 80 |
| 323 | 400 | Σκληροφυλλική βλάστηση | 42 | 62 | 74 | 80 |
| 324 | 630 | Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις | 42 | 62 | 74 | 80 |
| 331 | 200 | Παραλίες αμμόλοφοι αμμουδιές | 42 | 62 | 74 | 80 |
| 332 | 200 | Απογυμνωμένοι βράχοι | 76 | 86 | 90 | 92 |
| 333 | 200 | Εκτάσεις με αραιή βλάστηση | 42 | 62 | 74 | 80 |
| 411 | 100 | Βάλτοι στην ενδοχώρα | 95 | 95 | 95 | 95 |
| 421 | 100 | Παραθαλάσσιοι βάλτοι | 95 | 95 | 95 | 95 |
| 422 | 100 | Αλυκές | 95 | 95 | 95 | 95 |
| 511 | 100 | Ροές υδάτων | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 512 | 100 | Συλλογές υδάτων | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 521 | 100 | Παράκτιες λιμνοθάλασσες | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 523 | 100 | Θάλασσα και ωκεανός | 100 | 100 | 100 | 100 |

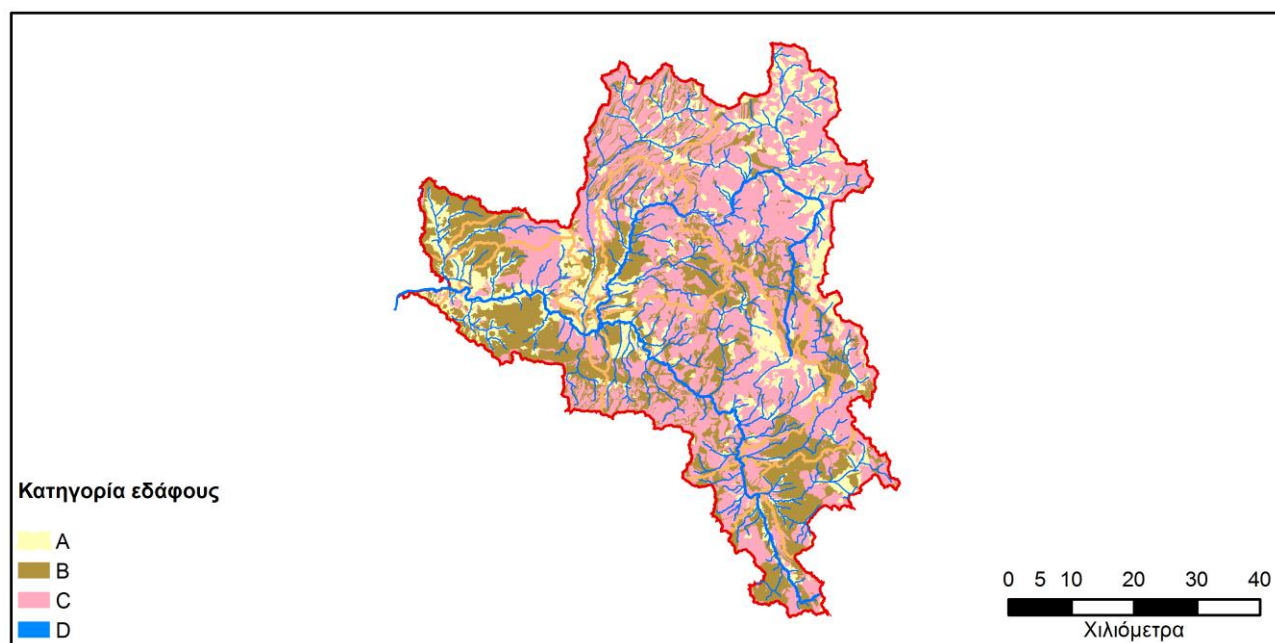
ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Με βάση των παραπάνω πίνακα, σχηματίζεται ο χάρτης κατανομής των αριθμών καμπύλης απορροής σε πολυγωνική και ψηφιδωτή μορφή. (vector και raster αντίστοιχα). Χρησιμοποιούνται τα πολυγωνικά shapefiles με τα θεματικά επίπεδα της κάλυψης εδάφους και των εδαφικών τύπων όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα



Σχήμα 2.16: Κάλυψη εδάφους (Αλφειός π.)

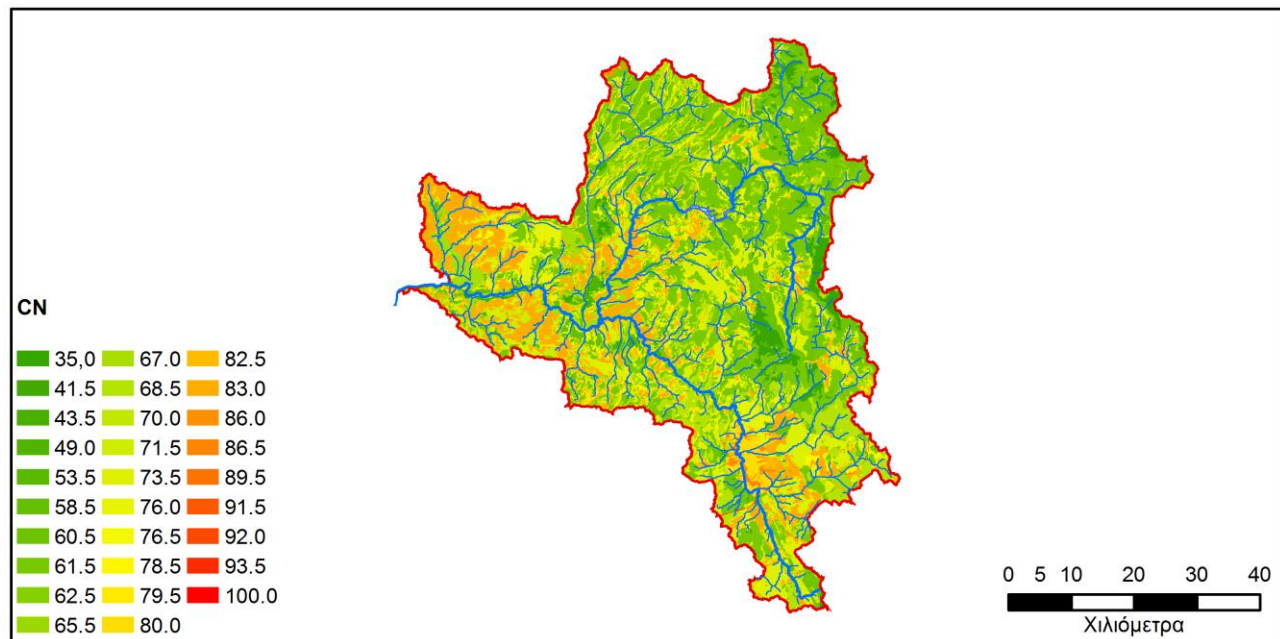


Σχήμα 2.17: Εδαφικοί τύποι (Αλφειός π.)

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Στη συνέχεια γίνεται υπέρθεση και «τομή» των θεματικών επιπέδων κάλυψης εδάφους και εδαφικών τύπων. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει ο **χάρτης συμπλόκων κάλυψης-εδάφους**. Ο Χάρτης συμπλόκων κάλυψης-εδάφους σε συνδυασμό με τα περιεχόμενα του παραπάνω πίνακα (Πίνακας 2.7) δίνει το χάρτη κατανομής των αριθμών καμπύλης απορροής CN



Σχήμα 2.18: Κατανομή CN (Αλφειός π.)

Από τον παραπάνω χάρτη μπορεί να υπολογιστεί σε κάθε λεκάνη ή υπολεκάνη απορροής ένας «μέσος» σταθμισμένος αριθμός καμπύλης απορροής. Αφού γίνει τομή του χάρτη κατανομής των CN με τα πολύγωνα των λεκανών και υπολεκανών γίνεται επιφανειακή ολοκλήρωση σε επίπεδο λεκάνης απορροής, με συντελεστή βαρύτητας το εμβαδόν κάθε υποπεριοχής, έτσι ώστε να προκύψει ένας **σταθμισμένος μέσος αριθμός καμπύλης, για όλη τη λεκάνη** σύμφωνα με τη σχέση :

$$CN = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{A} CN_i \right) \quad (2.20)$$

Όπου

CN : Αριθμός καμπύλης (Curve Number) της λεκάνης

A_i : Έκταση υποπεριοχής

A : Έκταση λεκάνης ή υπολεκάνης

CN_i : Curve Number της υποπεριοχής

Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές ορίζεται ότι «για να αντιμετωπιστεί η αβεβαιότητα στην εκτίμηση του CN λαμβάνονται υπ όψιν οι πλέον πιθανές και όχι ακραίες τιμές. Επίσης για την παραγωγή του ευμενούς ή δυσμενούς πλημμυρογράφηματος χρειάζεται να προσδιοριστούν σχετικά χαμηλές ή υψηλές τιμές του CN. Για το σκοπό αυτό εξετάζονται σχετικά χαμηλές/υψηλές τιμές αρχικής υγρασίας» Με βάση τα παραπάνω επιλέγεται :

- Για το ευμενές πλημμυρογράφημα λαμβάνονται προηγούμενες συνθήκες υγρασίας τύπου I (ξηρές συνθήκες)
- Για το δυσμενές πλημμυρογράφημα λαμβάνονται προηγούμενες συνθήκες υγρασίας τύπου III (υγρές συνθήκες)

2.6 Μοναδιαίο υδρογράφημα

Με τον όρο μοναδιαίο υδρογράφημα (unit hydrograph), διάρκειας βροχής d νοείται το καθαρό πλημμυρογράφημα μιας λεκάνης που παράγεται από μια ενεργό βροχόπτωση μοναδιαίου ύψους $H_o = 1cm$ και έντασης $i = H_o / d$ ομοιόμορφα κατανεμημένης στο χώρο και το χρόνο.

Στην πράξη, το μοναδιαίο υδρογράφημα (ΜΥ) περιγράφει έναν χρονικό μετασχηματισμό της ενεργού βροχόπτωσης σε άμεση (επιφανειακή) απορροή, και αποτελεί σταθερό χαρακτηριστικό της λεκάνης. Συνεπώς, για κάθε διάρκεια ενεργού βροχής d αντιστοιχεί ένα και μόνο ΜΥ.

Η μέθοδος του ΜΥ διατυπώθηκε από τον Sherman (1932), με αφετηρία τη θεωρία γραμμικών συστημάτων και διέπεται από δύο θεμελιώδεις αρχές:

1. **Αρχή της αναλογίας:** Δύο ενεργές βροχοπτώσεις ίδιας διάρκειας, διαφορετικού ύψους και σταθερής χρονικά και χωρικά έντασης, παράγουν υδρογράφημα με την ίδια χρονική βάση, όπου σε κάθε χρονική στιγμή ο λόγος των παροχών τους είναι ίσος με τον λόγο των υψών τους (ή, ισοδύναμα, των εντάσεων).
2. **Αρχή της επαλληλίας:** Το συνολικό υδρογράφημα που παράγεται από διαδοχικές βροχοπτώσεις είναι το υδρογράφημα με τεταγμένες (δηλαδή τιμές επιφανειακής παροχής) το άθροισμα των τεταγμένων των επιμέρους υδρογραφημάτων.

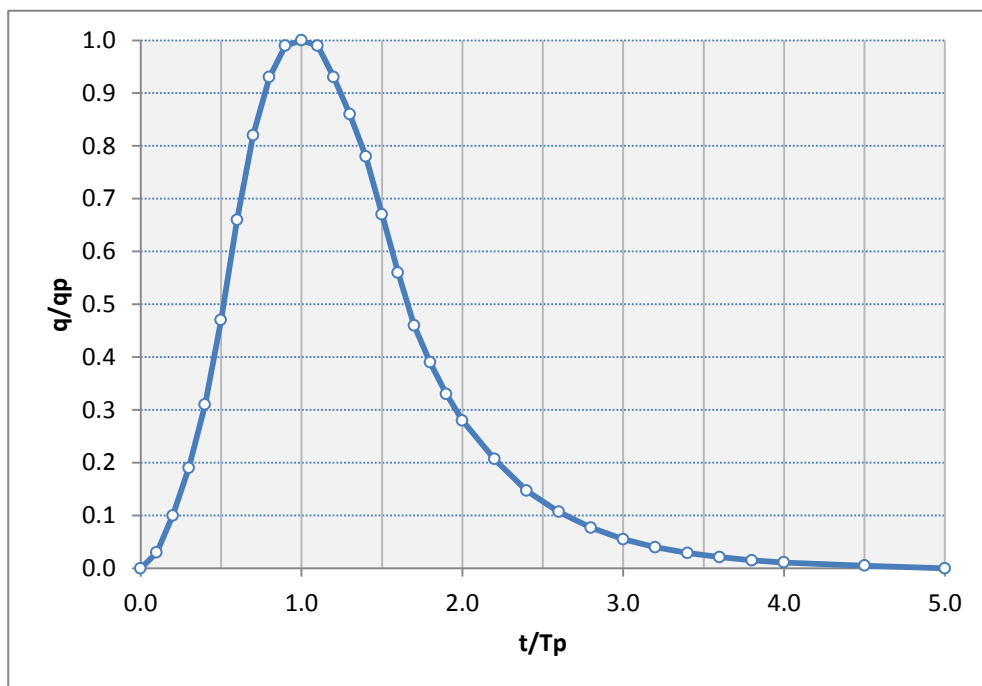
Οι αρχές της επαλληλίας και της αναλογίας αξιοποιούνται για τον υπολογισμό σύνθετων υδρογραφημάτων, που παράγονται από διαδοχικά επεισόδια ενεργού βροχής, διαφορετικής έντασης. Με την υπόθεση της ανεξαρτησίας των επεισοδίων βροχής, είναι δυνατή η σύνθεση οποιουδήποτε υδρογραφήματος, εφόσον είναι γνωστό το ενεργό υετογράφημα, δηλαδή το συνολικό υετογράφημα, μετά την αφαίρεση των υδρολογικών ελλειμμάτων.

Το ΜΥ μιας λεκάνης υπολογίζεται μέσω διαδικασιών βελτιστοποίησης όταν είναι γνωστό το ενεργό υετογράφημα και το αντίστοιχο πλημμυρογράφημα σε μία λεκάνη. Όταν δεν διατίθενται ταυτόχρονες μετρήσεις βροχής και απορροής το μοναδιαίο υδρογράφημα μιας λεκάνης εκτιμάται με εμπειρικές μεθόδους (συνθετικό ΜΥ).

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογράφηματα: Τεχνική Έκθεση

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται το συνθετικό ΜΥ της Soil Conservation (Natural Resources Conservation Service, 1972) Service. το οποίο δίνεται σε αδιάστατη μορφή. Η τεταγμένη εκφράζεται ως ο λόγος της παροχής (q) ως προς την αιχμή (q_p) και η τετμημένη ως ο λόγος του χρόνου (t) ως προς το χρόνο που παρατηρείται η μέγιστη παροχή - χρόνος ανόδου (T_p). Το αδιάστατο υδρογράφημα της SCS παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα που ακολουθεί :



Σχήμα 2.19: Αδιάστατο συνθετικό ΜΥ της SCS

Η παροχή αιχμής εκτιμάται από τη σχέση :

$$q_p = C \frac{A}{T_p} \quad (2.21)$$

Όπου

q_p : Παροχή αιχμής (m^3/sec)

C : Συντελεστής ίσος με 2.08 για το SI

A : Έκταση λεκάνης απορροής (km^2)

T_p : Χρόνος ανόδου. Ο χρόνος από την έναρξη της βροχής μέχρι την εμφάνιση της αιχμής του πλημμυρογράφηματος (h)

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Ο χρόνος ανόδου εκτιμάται από τη σχέση

$$T_p = t_L + \frac{t_R}{2} \quad (2.22)$$

Όπου

- T_p : Χρόνος ανόδου (time of peak)
- t_R : Διάρκεια του περισσέυματος βροχής. Είναι ο χρόνος για τον οποίο υπολογίζεται το μοναδιαίο υδρογράφημα. Αποτελεί το χρονικό βήμα των υπολογισμών.
- t_L : Χρόνος υστέρησης αιχμής (lag time). Ο χρόνος μεταξύ του κ.β. του υετογραφήματος και της αιχμής του πλημμυρογραφήματος

Σύμφωνα με την SCS, ο χρόνος υστέρησης αιχμής μπορεί να εκτιμάται από τη σχέση

$$t_L = 0.6t_c \quad (2.23)$$

Όπου

- t_L : Χρόνος υστέρησης αιχμής (lag time)
- t_c : Χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης

2.7 Χρόνος συγκέντρωσης

Ο χρόνος συγκέντρωσης (ή χρόνος συρροής) 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 (Dingman, 1994). Ο (McCuen, 2009) αναφέρει και μια διαφορετική θεωρητική ερμηνεία, ορίζοντας ως χρόνο συγκέντρωσης τη χρονική απόσταση από το πέρας της ενεργού βροχόπτωσης (δηλαδή του τμήματος της βροχής που μετατρέπεται σε άμεση ή επιφανειακή απορροή) μέχρι το πέρας της επιφανειακής απορροής. Η διαδρομή του νερού ορίζεται κατά μήκος της κύριας μισγάγκειας της λεκάνης και περιλαμβάνει 2 συνιστώσες

- Τη διαδρομή του νερού στο ανάντη – μη διαμορφωμένο τμήμα (πλαγιές και μισγάγκειες)
- Τη διαδρομή στο κατάντη διαμορφωμένο τμήμα του κύριου υδατορεύματος

Ο χρόνος συγκέντρωσης εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, όπως:

- Το σχήμα και η έκταση της λεκάνης απορροής·
- Το μήκος και η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου·
- Η κλίση του εδάφους·
- Τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την τραχύτητα του εδάφους (π.χ. φυτοκάλυψη)·
- Τα γεωμετρικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά υδρογραφικού δικτύου.

Λόγω της πολυπλοκότητας του φαινομένου, δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός του στη βάση των φυσικών νόμων. Για το λόγο αυτό, εφαρμόζονται συνήθως απλές εμπειρικές σχέσεις της βιβλιογραφίας, οι οποίες εκτιμούν τον χρόνο συγκέντρωσης, συναρτήσκει χαρακτηριστικών γεωμετρικών μεγεθών της λεκάνης (επιφάνεια, κλίση, κτλ.).

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται η σχέση του Giandotti Πρόκειται για την πλέον διαδεδομένη προσέγγιση στην ελληνική πρακτική, και είναι αυτή μάλιστα που συστήνεται από τις προδιαγραφές των υδραυλικών έργων (ΠΔ 696, 1974). Από εκτεταμένες αναλύσεις πλημμυρικών δεδομένων στην Κύπρο, φαίνεται ότι η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η μοναδική που αναπαράγει με ικανοποιητική ακρίβεια τις παρατηρημένες παροχές αιχμής, μέσω της ορθολογικής μεθόδου (Γαλιούνα, 2011). Η χρήση της σχέσης Giandotti προτείνεται σε σύγχρονα ερευνητικά προγράμματα σχετικά με την υδρολογία των πλημμυρών (Efstratiadis, Koussis, Koutsoyiannis, & Mamasis, 2014) (Κουκουβίνος, 2014)

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{\Delta Z}} \quad (2.24)$$

Όπου

- t_c : Χρόνος συγκέντρωσης (h)
- A : Επιφάνεια λεκάνης απορροής (km²)
- L : Μήκος κύριας μισγάγκειας (km)
- ΔZ : Η υψομετρική διαφορά του μέσου υψομέτρου της λεκάνης από το υψόμετρο της εξόδου της (m)

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Αν και στις περισσότερες εμπειρικές σχέσεις και στην καθιερωμένη πρακτική, ο χρόνος συγκέντρωσης λαμβάνεται σταθερός, αυτό δεν ισχύει στην πραγματικότητα. Από τον ορισμό του χρόνου συγκέντρωσης και την ανάλυση των 2 διαδρομών που αναφέρθηκε προηγουμένως, προκύπτει ότι ο χρόνος συγκέντρωσης μειώνεται με την αύξηση παροχής.

Σε πρακτικές εφαρμογές προτείνεται η παρακάτω εμπειρική σχέση (Ευστρατιάδης, και συν., 2012) για τη συσχέτιση του υπολογιζόμενου χρόνου συγκέντρωσης κατά Giandotti t_c με το χρόνο συγκέντρωσης που αντιστοιχεί σε διάφορες περιόδους επαναφοράς $t_c(T)$.

$$t_c(T) = t_c \sqrt{\frac{i(5)}{i(T)}} = t_c \cdot \sqrt{\frac{(5^\kappa - \psi')}{(T^\kappa - \psi')}} \quad (2.25)$$

Όπου

$t_c(T)$: Χρόνος συγκέντρωσης για την εξεταζόμενη περίοδο επαναφοράς (h)

t_c : Χρόνος συγκέντρωσης κατά Giandotti

$i(5)$: Κρίσιμη ένταση βροχής που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς $T = 5$ έτη, για την οποία θεωρείται αντιπροσωπευτική η εκτίμηση του χρόνου συγκέντρωσης κατά Giandotti

$i(T)$: Ένταση βροχής για την εξεταζόμενη περίοδο επαναφοράς

Με τη σχέση αυτή εκτός από την περίοδο επαναφοράς λαμβάνονται υπ όψιν και οι συνθήκες που εξετάζονται (ευμενείς ή δυσμενείς) μέσω της μεταβολής της έντασης που αντιστοιχεί στο κάτω και άνω όριο εμπιστοσύνης της όμβριας καμπύλης. Τελικά η σχέση (2.25) για μέσες ευμενείς και δυσμενείς συνθήκες αντίστοιχα γράφεται:

$$t_c(T) = t_c \cdot \sqrt{\frac{(5^\kappa - \psi')}{(T^\kappa - \psi')}} \quad (2.26)$$

$$t_c(T) = t_c \cdot \sqrt{\frac{(5^\kappa - \psi')}{\Lambda_L (T^\kappa - \psi')}} \quad (2.27)$$

$$t_c(T) = t_c \cdot \sqrt{\frac{(5^\kappa - \psi')}{\Lambda_U (T^\kappa - \psi')}} \quad (2.28)$$

Όπου

$t_c(T)$: Χρόνος συγκέντρωσης για την εξεταζόμενη περίοδο επαναφοράς (h)

κ' : Παράμετρος σχήματος της όμβριας καμπύλης της εξεταζόμενης λεκάνης/υπολεκάνης

ψ' : Παράμετρος θέσης της όμβριας καμπύλης της εξεταζόμενης λεκάνης/υπολεκάνης

Λ_L : Λόγος εντάσεων κάτω ορίου εμπιστοσύνης προς την τιμή της όμβριας καμπύλης

Λ_U : Λόγος εντάσεων άνω ορίου εμπιστοσύνης προς την τιμή της όμβριας καμπύλης

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ποσοστιαία μέση μείωση του χρόνου συγκέντρωσης Giandotti με βάση όλες τις λεκάνες του ΥΔ GR01 σύμφωνα με τις σχέσεις (2.26)-(2.28). Παρατηρείται ότι η μείωση του χρόνου είναι σημαντική. Αυτό συνεπάγεται ότι θα υπάρχει αξιοσημείωτη αύξηση και της παροχής που θα υπολογιστεί.

Πίνακας 2.8: Μέση μείωση του χρόνου συγκέντρωσης Giandotti για το ΥΔ GR01

| | T=50 | T=100 | T=1000 |
|--------------------|-------|-------|--------|
| Ευμενείς συνθήκες | 13.7% | 16.9% | 24.4% |
| Μέσες συνθήκες | 20.5% | 25.3% | 38.0% |
| Δυσμενείς συνθήκες | 25.0% | 30.9% | 47.6% |

2.8 Πλημμυρική παροχή

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του μοναδιαίου υδρογραφήματος ο μετασχηματισμός βροχής σε απορροή περιγράφεται από την απόκριση ενός γραμμικού συστήματος (λεκάνη απορροής) σε μία διέγερση (ενεργό υετογράφημα). Η μαθηματική διαδικασία είναι γνωστή ως Discrete Pulse Response Function

Η παροχή δίνεται από το ακόλουθο συνελκτικό ολοκλήρωμα της ενεργού βροχόπτωσης με το μοναδιαίο υδρογράφημα (convolution integral) (Chow, Maidment, & Mays, 1988)

$$Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} P_m U_{n-m+1} \quad (2.29)$$

Όπου

Q_n : Παροχή τη χρονική στιγμή $n\Delta t$

P_m : Ύψος του περισσέυματος βροχής που αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από $m\Delta t$ έως $(m+1)\Delta t$

U_{n-m+1} : Τιμή του μοναδιαίου υδρογραφήματος τη χρονική στιγμή $(n-m+1)\Delta t$

M : Συνολικός αριθμός των «διακριτών παλμών ενεργού βροχόπτωσης»

Δt : Χρονικό βήμα της προσομοίωσης

2.9 Βασική ροή

Στην πλημμυρική παροχή που προκύπτει από επαλληλία της ενεργού βροχόπτωσης για την συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς και του μοναδιαίου υδρογραφήματος προστίθενται (σε ποταμούς με συνεχή ροή) οι λοιπές συνιστώσες της απορροής (κατά κανόνα η βασική ροή ή και η απορροή από τήξη χιονιού), ώστε να εξαχθεί το τελικό υδρογράφημα σχεδιασμού.

Για την εκτίμηση της βασικής ροής, μια εύλογη παραδοχή είναι ότι η τελευταία αντιστοιχεί στη μέση υπερετήσια παροχή του ποταμού στη συγκεκριμένη θέση. Εναλλακτικά, και για λόγους ασφαλείας, μπορεί να θεωρηθεί η μέση παροχή του υγρότερου μήνα. (Ευστρατιάδης, Κουτσογιάννης, Μαμάσης, Δημητριάδης, & Μαχαίρας, 2012).

Απαιτούνται επομένως χρονοσειρές υδρομετρήσεων ή εναλλακτικά σταθμημετρήσεων με γνωστές σχέσεις στάθμης - παροχής. Η πραγματικότητα είναι ότι τα στοιχεία υδρομετρήσεων είναι σπάνια, η αξιοπιστία τους είναι ελεγχόμενη και το εύρος των παρατηρήσεων συνήθως καλύπτει λίγα έτη. Περισσότερα δεδομένα υπάρχουν από μετρήσεις στάθμης, όμως και αυτά είναι δύσκολο να αξιοποιηθούν διότι δεν διατίθενται σχέσεις στάθμης-παροχής, οι θέσεις των οργάνων αλλάζουν στο πέρασμα του χρόνου, η κοίτη μεταβάλλεται κλπ.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι είναι δύσκολο να υπάρχει αξιόπιστη εκτίμηση της βασικής ροής. Το πρόβλημα αυτό δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικό για 2 λόγους. Αφ' ενός στα περισσότερα υδάτινα σώματα που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη η ροή είναι έντονα εποχική και κατά κύριο λόγο χειμαρρική. Μόνο σε λίγες περιπτώσεις μεγάλων ποταμών παρατηρείται συνεχής ροή ύδατος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αφ' ετέρου κατά τη διάρκεια πλημμυρικών επεισοδίων η βασική ροή αποτελεί μικρό μόνο ποσοστό της συνολικής παροχής, που γίνεται πιο αμελητέο όσο αυξάνει η περίοδος επαναφοράς (Ευστρατιάδης, Κουτσογιάννης, Μαμάσης, Δημητριάδης, & Μαχαίρας, 2012).

Για τη βασική ροή αναζητήθηκαν διαθέσιμα στοιχεία υδρομετρήσεων ώστε να υπάρχει η πληρέστερη δυνατή εκτίμηση της βασικής ροής. Αναζητήθηκαν στοιχεία από την ΕΤΥΜΠ, από το δίκτυο «Δευκαλίων» αλλά και από τον τομέα υδρολογίας της ΔΕΗ. Τα δεδομένα που βρέθηκαν καλύπτουν ιδιαίτερα μικρό μέρος των θέσεων ενδιαφέροντος. Σε κάθε περίπτωση επιβεβαιώθηκε το γεγονός ότι η βασική ροή αποτελεί αμελητέο ποσοστό της πλημμυρικής παροχής.

Κατά την υδρολογική προσομοίωση η βασική απορροή θεωρήθηκε μηδενική και η ανάλυση έγινε μόνο για τα πλημμυρικά επεισόδια.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

2.10 Δεδομένα υδρομετρήσεων

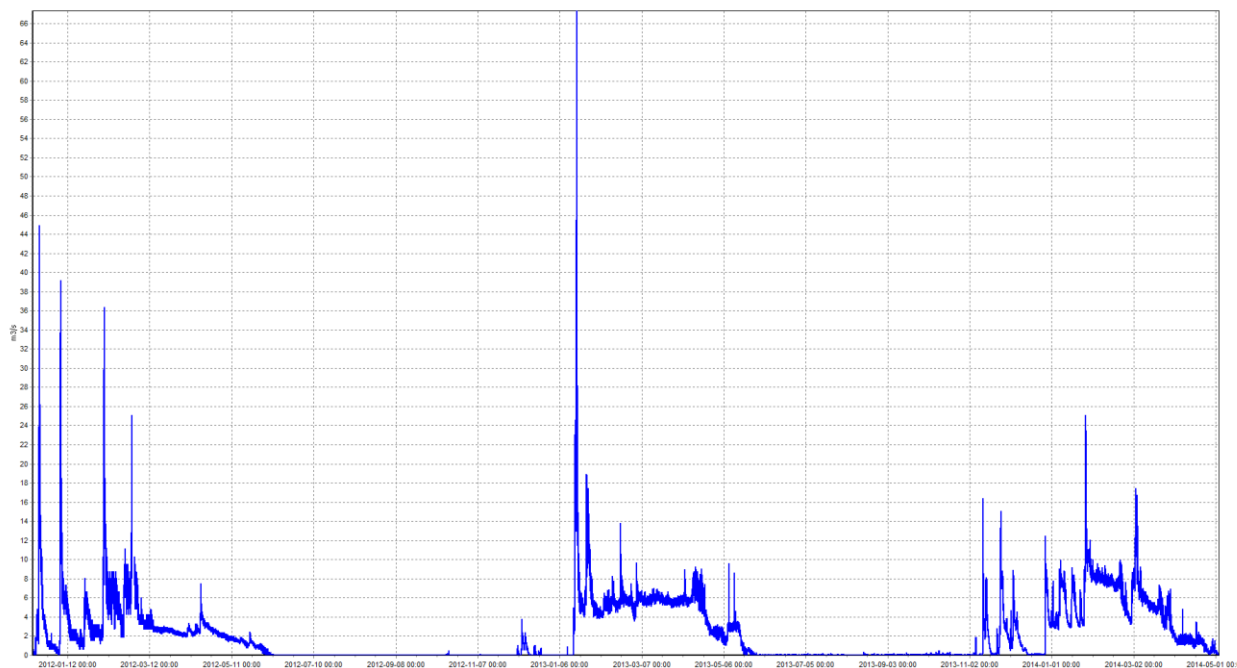
Η μελετητική ομάδα ήρθε σε επαφή με τις υπηρεσίες που διαχειρίζονται δεδομένα υδρομετρήσεων και συγκέντρωσε τα παρακάτω στοιχεία

Πίνακας 2.9 : Δεδομένα υδρομετρήσεων που συγκεντρώθηκαν

| ΣΤΑΘΜΟΣ | ΡΕΜΑ/ΠΟΤΑΜΟΣ | ΦΟΡΕΑΣ |
|------------------------------|-----------------|-----------|
| ΑΛΑΓΟΝΙΑ (ΝΕΡΟΜΥΛΟΣ ΡΕΝΤΙΦΗ) | ΝΕΔΩΝ Π. | ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ |
| ΑΤΣΙΛΟΧΟΣ (ΓΕΦΥΡΑ) | ΛΟΥΣΙΟΣ Π. | ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ |
| ΚΑΛΑΜΑΤΑ (ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΜΠΑΚΑ) | ΝΕΔΩΝ Π. | ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ |
| ΚΑΡΒΕΛΙΩΤΗΣ | ΝΕΔΩΝ Π. | ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ |
| ΝΕΔΟΥΣΑ | ΝΕΔΩΝ Π. | ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ |
| ΓΕΦ. ΑΛΦΕΙΟΥΣΑΣ | ΑΛΦΕΙΟΣ Π. | ΔΕΗ |
| ΓΕΦ. ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ | ΑΛΦΕΙΟΣ Π. | ΔΕΗ |
| ΚΑΡΥΤΑΙΝΑ | ΑΛΦΕΙΟΣ Π. | ΔΕΗ |
| ΝΕΜΟΥΤΑ | ΕΥΡΥΜΑΝΘΟΣ | ΔΕΗ |
| ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΚΟΥΤΗΦΑΡΙΝΑΣ | ΚΟΥΤΗΦΑΡΙΝΑΣ Χ. | ΔΕΗ |
| ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΞΕΡΙΛΑΣ | ΞΕΡΙΛΑΣ Χ. | ΔΕΗ |
| ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΕΛΙΣΣΩΝ | ΕΛΙΣΣΩΝ Χ. | ΔΕΗ |

Οι παραπάνω μετρήσεις είναι ημερήσιες ή μηνιαίες παροχές.

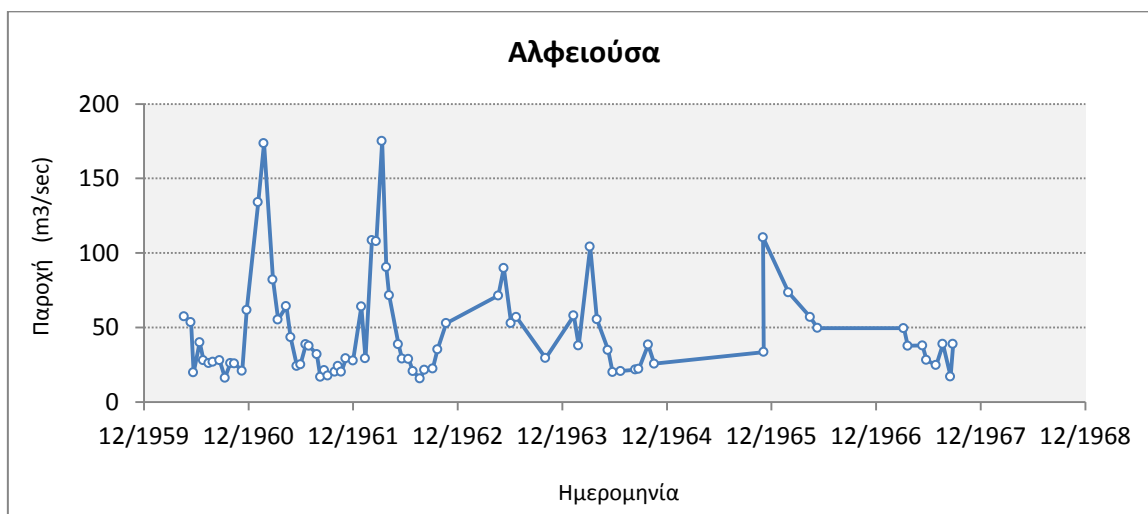
Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται τα δεδομένα που ελήφθησαν



Σχήμα 2.20 : Παροχή στο σταθμό Καλαμάτα (Νέδων Π.) (πηγή : Δίκτυο Δευκαλίων)

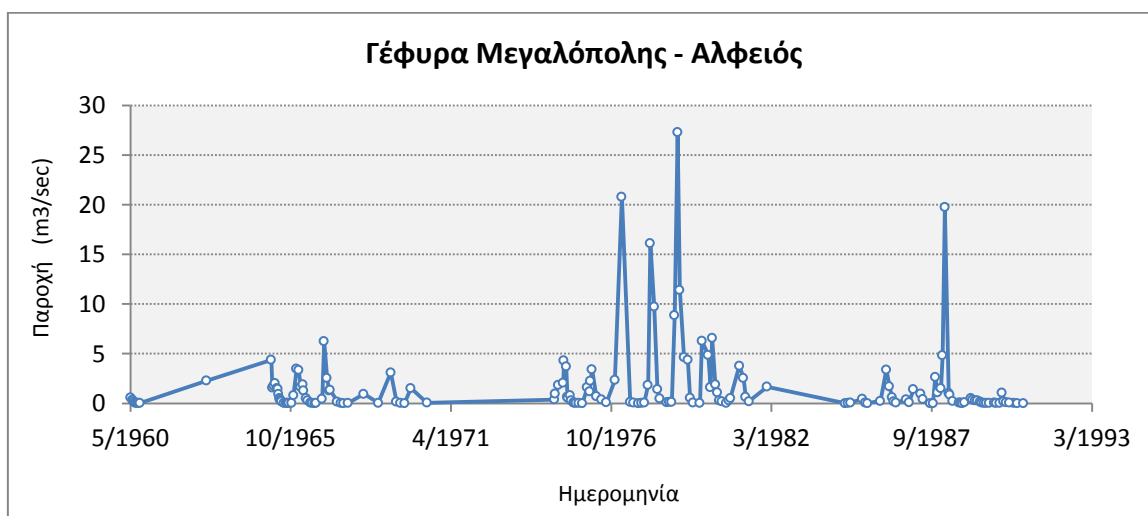
ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση



Σχήμα 2.21 : Παροχή στη θέση «Γέφυρα Αλφειούσας» (Αλφειός Π.) (πηγή ΔΕΗ ΑΕ)

Ο υδρομετρικός σταθμός «Γέφυρα Αλφειούσας» βρίσκεται κοντά στον ομώνυμο οικισμό σε περιοχή κοντά στην εκβολή του π. Αλφειού (περίπου 8km ανάντη). Παρατηρούνται καταγραφές κοντά στα 200 m³/sec. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της υδρολογικής προσομοίωσης οι παροχές αιχμής που αναμένονται στην θέση αυτή είναι αρκετά υψηλότερες



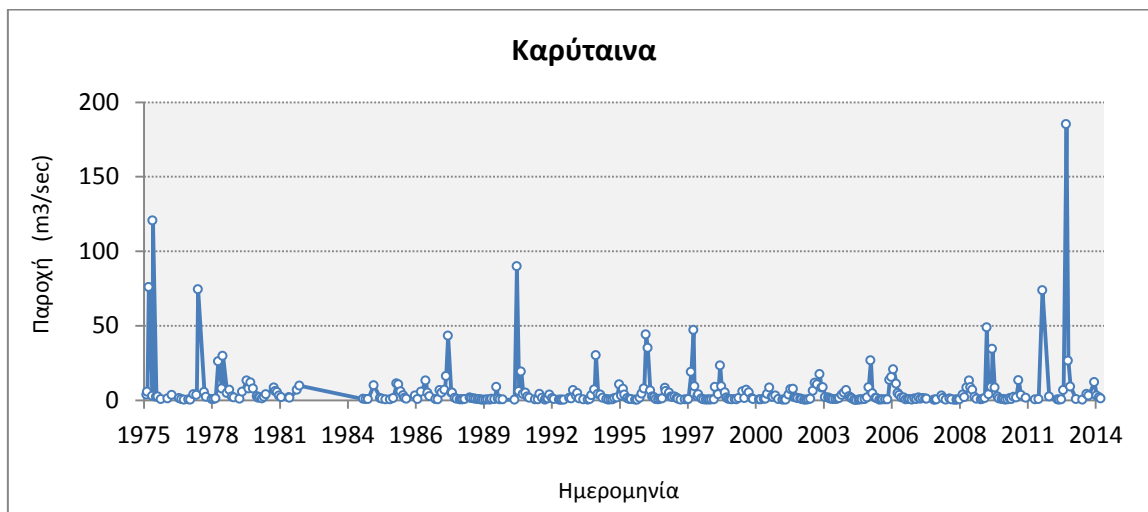
Σχήμα 2.22 : Παροχή στη θέση «Γέφυρα Μεγαλόπολης» (Αλφειός Π.) (πηγή ΔΕΗ ΑΕ)

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση



Σχήμα 2.23 : Παροχή του Χειμάρρου Ελισσών. (πηγή ΔΕΗ ΑΕ)

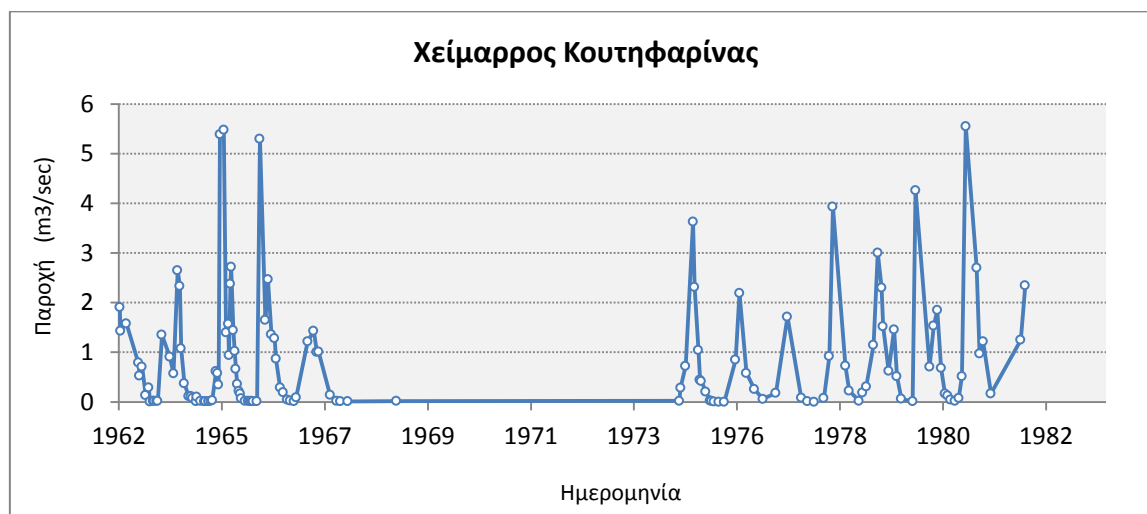


Σχήμα 2.24 : Παροχή στη θέση «Καρύταινα» (Αλφειός Π.) (πηγή ΔΕΗ ΑΕ)

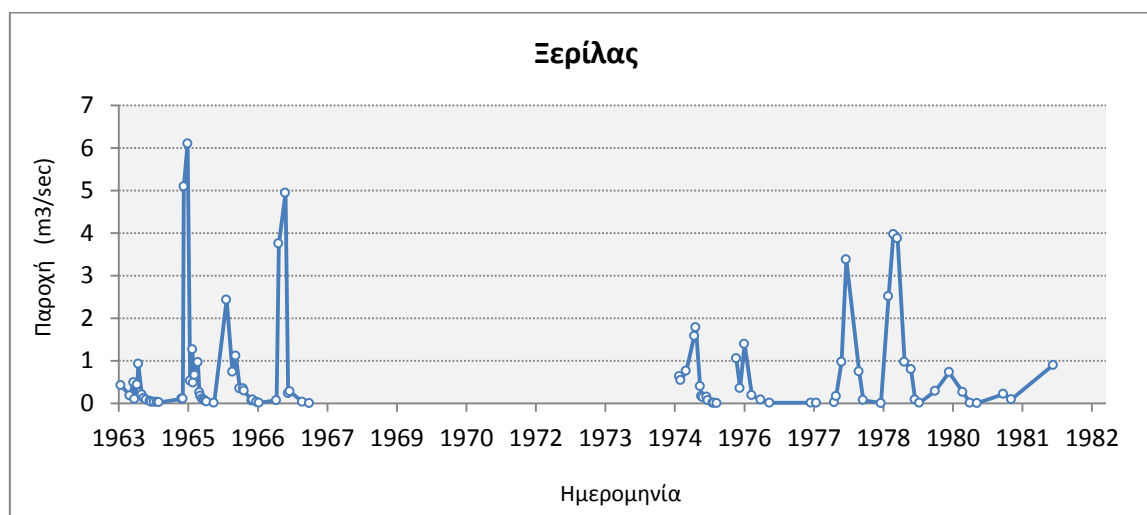
Ο υδρομετρικός σταθμός «Καρύταινα» έχει μια μεγάλη περίοδο λειτουργίας ωστόσο πάλι απουσιάζουν παροχές που αντιστοιχούν σε μεγάλα πλημμυρικά επεισόδια. Η μέγιστη καταγεγραμμένη παροχή είναι της τάξεως των 200 m³/sec. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της υδρολογικής προσομοίωσης οι παροχές αιχμής που αναμένονται στην θέση αυτή είναι αρκετά υψηλότερες

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση



Σχήμα 2.25 : Παροχή του Χειμάρρου Κουτηφαρίνα. (πηγή ΔΕΗ ΑΕ)



Σχήμα 2.26 : Παροχή του Χειμάρρου Ξερίλα (πηγή ΔΕΗ ΑΕ)

2.11 Υδρολογική διόδευση

Στη συνήθη πρακτική των υδρολογικών μελετών εντάσσεται η μεθοδολογία των υδρολογικών διοδεύσεων.

Το πρόβλημα της διόδευσης μιας πλημμύρας δηλαδή της αναπαράστασης της εξέλιξης ενός πλημμυρικού φαινομένου στο χώρο και το χρόνο περιγράφεται από τις διαφορικές εξισώσεις μονοδιάστατης βαθμιαία μεταβαλλόμενης ροής σε ανοιχτούς αγωγούς (εξισώσεις Saint Venant).

Η επίλυση των εξισώσεων γίνεται με αριθμητικά σχήματα πεπερασμένων διαφορών και αποτελεί αντικείμενο του παραδοτέου 5.

Στην πράξη πολλές φορές χρησιμοποιείται μια ορισμένη κατηγορία μεθόδων οι οποίες περιγράφονται με τον όρο «υδρολογικές μέθοδοι διόδευσης πλημμυρών» και περιλαμβάνουν απλούστερα και πιο εύχρηστα σχήματα επίλυσης. Τα χαρακτηριστικά των μεθόδων αυτής της κατηγορίας είναι τα ακόλουθα (Κουτσογιάννης, 1988):

- Δεν αντιμετωπίζουν την πλήρη χωροχρονική εξέλιξη της πλημμύρας, αλλά μελετούν το πλημμυρικό φαινόμενο ως προς τη χρονική του εξέλιξη σε δύο μόνο σημεία που αποτελούν το ανάντη και το κατάντη όριο (είσοδος και έξοδος) ενός τμήματος υδατορεύματος
- Το τμήμα του υδατορεύματος το αντιμετωπίζουν ως ένα κλειστό υδρολογικό σύστημα το οποίο μετασχηματίζει την παροχή εισροής (είσοδος) στην παροχή εκροής (έξοδος).
- Δεν χρησιμοποιούν την εξίσωση κίνησης, αλλά την αντικαθιστούν με μία συνάρτηση απόκρισης (response function) κλειστού τύπου (“μαύρου κουτιού” – black box).

Επειδή αντικείμενο του παραδοτέου Π5 είναι η διόδευση των πλημμυρογραφημάτων με υδραυλικές μεθόδους, οι οποίες είναι ακριβέστερες των υδρολογικών, επιλέχθηκε να μη ληφθούν υπ’ όψιν στο παρόν παραδοτέο Π4 υδρολογικές διοδεύσεις των πλημμυρογραφημάτων στα διάφορα υδατορεύματα.

2.12 Απαιτήσεις σεναρίων

Στο τεύχος τεχνικών προδιαγραφών δίνονται οι απαιτήσεις των διαφόρων σεναρίων που πρέπει να εξεταστούν. Για όλες τις λεκάνες και για περιόδους επαναφοράς 50,100 και 1000 ετών απαιτείται να παραχθούν τα **μέσα υδρογραφήματα** χρησιμοποιώντας τις καλύτερες δυνατές εκτιμήσεις των σχετικών παραμέτρων (όμβρια καμπύλη, CN, χρόνος συγκέντρωσης) και λαμβάνοντας υπ' όψιν τις επικρατούσες συνθήκες όπως π.χ. πρόσφατες πυρκαγιές.

Πέραν όμως των μέσων υδρογραφημάτων, απαιτείται να παραχθούν, **ειδικά στους ποταμούς**, και τα δυσμενή και ευμενή πλημμυρικά υδρογραφήματα που ορίζονται ως εξής:

- **Δυσμενές υδρογράφημα:** το υδρογράφημα που αντιστοιχεί στο άνω όριο εμπιστοσύνης της όμβριας καμπύλης και με εύλογα δυσμενείς (όχι όμως τις πλέον ακραίες) τιμές των συντελεστών υπολογισμού των υδρογραφημάτων (όπως σχετικά υψηλές τιμές συντελεστών CN, σχετικά χαμηλές τιμές χρόνου συγκέντρωσης κλπ.)
- **Ευμενές υδρογράφημα:** το υδρογράφημα που αντιστοιχεί στο κάτω όριο εμπιστοσύνης της όμβριας καμπύλης και με εύλογα ευμενείς τιμές των συντελεστών υπολογισμού των υδρογραφημάτων.

Γίνεται λοιπόν διάκριση σε ρέματα/χειμάρρους και ποταμούς η οποία οδηγεί στον υπολογισμό διαφορετικών σεναρίων για κάθε υδάτινο σώμα. Οι απαιτήσεις συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 2.10 : Απαιτήσεις σεναρίων για ρέματα και χειμάρρους

| Σενάριο πλημμύρας | T | Χρονική κατανομή | CN | Όμβρια καμπύλη | Πλημμυρογράφημα |
|-------------------------------|------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Υψηλής πιθανότητας υπέρβασης | 50 | alternate blocks | Πλέον πιθανή τιμή | κεντρική τιμή | Μέσο |
| Μέσης πιθανότητας υπέρβασης | 100 | alternate blocks | Πλέον πιθανή τιμή | κεντρική τιμή | Μέσο |
| Χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης | 1000 | worst profile | Πλέον πιθανή τιμή | κεντρική τιμή | Μέσο |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

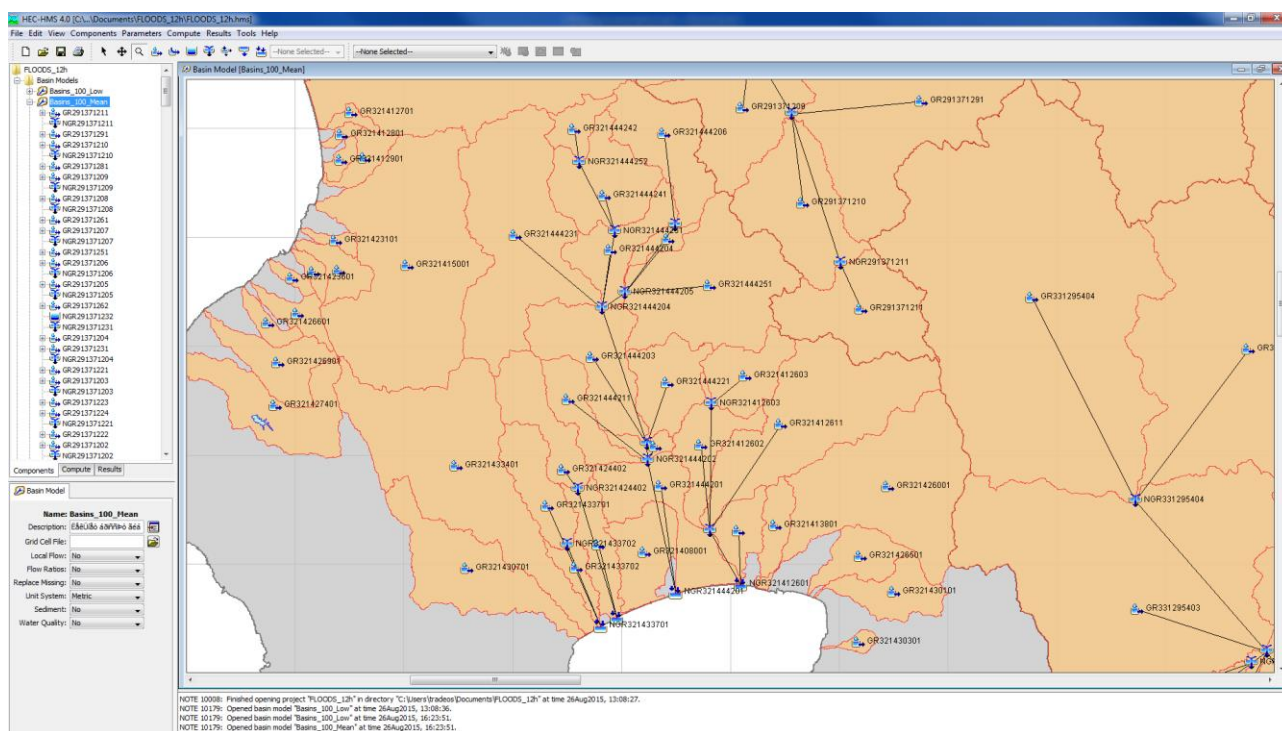
Πίνακας 2.11 : Απαιτήσεις σεναρίων για ποταμούς

| Σενάριο πλημμύρας | T | Χρονική κατανομή | CN | Όμβρια καμπύλη | Πλημμυρογράφημα |
|-------------------------------|------|------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
| Υψηλής πιθανότητας υπέρβασης | 50 | alternate blocks | Πλέον πιθανή τιμή | κεντρική τιμή | Μέσο |
| Υψηλής πιθανότητας υπέρβασης | 50 | alternate blocks | Χαμηλή αρχική υγρασία | κάτω όριο εμπιστοσύνης | Ευμενές |
| Υψηλής πιθανότητας υπέρβασης | 50 | alternate blocks | Υψηλή αρχική υγρασία | άνω όριο εμπιστοσύνης | Δυσμενές |
| Μέσης πιθανότητας υπέρβασης | 100 | alternate blocks | Πλέον πιθανή τιμή | κεντρική τιμή | Μέσο |
| Μέσης πιθανότητας υπέρβασης | 100 | alternate blocks | Χαμηλή αρχική υγρασία | κάτω όριο εμπιστοσύνης | Ευμενές |
| Μέσης πιθανότητας υπέρβασης | 100 | alternate blocks | Υψηλή αρχική υγρασία | άνω όριο εμπιστοσύνης | Δυσμενές |
| Χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης | 1000 | worst profile | Πλέον πιθανή τιμή | κεντρική τιμή | Μέσο |
| Χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης | 1000 | worst profile | Χαμηλή αρχική υγρασία | κάτω όριο εμπιστοσύνης | Ευμενές |
| Χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης | 1000 | worst profile | Υψηλή αρχική υγρασία | άνω όριο εμπιστοσύνης | Δυσμενές |

3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

3.1 Γενικά

Για τον υπολογισμό όλων των σεναρίων της υδρολογικής προσομοίωσης χρησιμοποιείται η τελευταία έκδοση (Δεκέμβριος 2013) του λογισμικού πακέτου HEC HMS (Hydrologic Modelling System). Το λογισμικό αναπτύχθηκε από το Κέντρο Τεχνικής Υδρολογίας (Hydrologic Engineering Center) του σώματος μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού (U.S. Army Corps of Engineers).



Με το HEC HMS μπορούν να περιγραφούν αναλυτικά όλες οι διαδικασίες που αφορούν στη βροχόπτωση και στο μετασχηματισμό της σε απορροή σε λεκάνες δενδριτικού τύπου.

Στο λογισμικό έχουν ενσωματωθεί μια σειρά από μεθόδους που μπορούν να προσομοιώσουν τη λειτουργία της λεκάνης απορροής. Με τις μεθόδους αυτές μπορούν να περιγραφούν η βροχόπτωση, οι απώλειες της βροχής, η άμεση απορροή, η βασική απορροή και ο μετασχηματισμός του περισσέυματος βροχής σε απορροή.

Η μεθοδολογία της SCS για τον υπολογισμό της ενεργού βροχόπτωσης, το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα της SCS καθώς και ο υπολογισμός του πλημμυρογραφήματος με τη μέθοδο του μοναδιαίου υδρογραφήματος είναι ενσωματωμένες στο λογισμικό.

Το λογισμικό αποτελείται από 3 επιμέρους ενότητες.

1. **Μοντέλο λεκάνης (Basin Model).** Εισάγεται η μορφή του συστήματος που εξετάζεται και επιλέγονται οι βασικές παράμετροι. Το σύστημα μπορεί να αναφέρεται σε μεμονωμένη λεκάνη απορροής, λεκάνη απορροής επιμερισμένη σε υπολεκάνες, σύστημα λεκανών, ταμειυτήρες κ.α. Οι βασικές παράμετροι έχουν να κάνουν με

- τη μέθοδο των απωλειών (ενεργός βροχόπτωση)
- το μετασχηματισμό βροχής σε απορροή
- τη βασική ροή
- τη μέθοδο υδρολογικής διόδευσης.

Στο λογισμικό υπάρχουν διαθέσιμες πολλές μεθοδολογίες για τις παραπάνω διαδικασίες. όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιείται η μέθοδος της SCS για τις απώλειες, η μέθοδος του συνθετικού ΜΥ της SCS για το μετασχηματισμό βροχής σε απορροή, η βασική ροή τίθεται ίση με μηδέν, ενώ δεν γίνεται υδρολογική διόδευση. Η τελευταία παραδοχή είναι υπέρ της ασφαλείας καθώς εάν εφαρμοζόταν διόδευση οι παροχές θα ήταν ελαφρώς μειωμένες.

2. **Υετογράφημα σχεδιασμού (Meteorologic Model).** Εισάγεται το υετογράφημα σχεδιασμού και ορίζονται οι απαραίτητες παράμετροι (πιθανότητα υπέρβασης επιλεγμένη περίοδος επαναφοράς, συνολική διάρκεια βροχής σχεδιασμού, χρονική διάρκεια επιμέρους τμήματος βροχόπτωσης που λαμβάνεται σταθερό)

Το πρόγραμμα μπορεί να κατασκευάσει το υετογράφημα σύμφωνα με την μέθοδο των alternate blocks, αν περιγραφεί η όμβρια καμπύλη και επιλεγεί η θέση της αιχμής (εν προκειμένω στο μέσο της διάρκειας).

Η μέθοδος της δυσμενέστερης διάταξης δεν υποστηρίζεται υπολογιστικά από το πρόγραμμα. Για το λόγο αυτό ο υπολογισμός των τμηματικών υψών βροχής και η αναδιάταξη τους σύμφωνα με τη μέθοδο που περιγράφηκε στην παρ. 0 γίνεται εκτός προγράμματος και το υετογράφημα εισάγεται στη συνέχεια στο πρόγραμμα.

3. **Μοντέλο Ελέγχου (Control Model).** Το μοντέλο ελέγχου αναφέρεται στο χρονικό διάστημα προσομοίωσης και στο χρονικό βήμα των υπολογισμών. Ορίζεται η χρονική διάρκεια των υπολογισμών με εισαγωγή ημερομηνίας και ώρας έναρξης και λήξης καθώς και το χρονικό βήμα με ελάχιστο βήμα υπολογισμών το 1 min. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε συνολική διάρκεια προσομοίωσης 4 ημέρες και βήμα υπολογισμών 15 λεπτά.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Εννέα (9) Μοντέλα λεκάνης (basin models). Αυτά αντιστοιχούν σε μέσες, δυσμενείς και ευμενείς συνθήκες αντίστοιχα. Οι παράμετροι που μεταβάλλονται είναι το CN και ο χρόνος υστέρησης αιχμής, ο οποίος εξαρτάται από το χρόνο συγκέντρωσης.

| A/A | Περιγραφή | Περίοδος επαναφοράς | Παράμετρος | Εφαρμογή |
|-----|--------------------|---------------------|----------------|------------------|
| 1 | Μέσες συνθήκες | 50 | $t_{Lag,50}$ | Όλες τις λεκάνες |
| 2 | | 100 | $t_{Lag,100}$ | |
| 3 | | 1000 | $t_{Lag,1000}$ | |
| 4 | Ευμενείς συνθήκες | 50 | $t_{Lag,50}$ | Λεκάνες ποταμών |
| 5 | | 100 | $t_{Lag,100}$ | |
| 6 | | 1000 | $t_{Lag,1000}$ | |
| 7 | Δυσμενείς συνθήκες | 50 | $t_{Lag,50}$ | Λεκάνες ποταμών |
| 8 | | 100 | $t_{Lag,100}$ | |
| 9 | | 1000 | $t_{Lag,1000}$ | |

Εννέα (9) υετογραφήματα για κάθε υπολογιστική λεκάνη, σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

| A/A | Ύψος βροχής | Περίοδος επαναφοράς | Διάταξη | Εφαρμογή |
|-----|--------------------------------|---------------------|------------------|------------------|
| 1 | Κεντρική τιμή όμβριας καμπύλης | 50 | Alternate blocks | Όλες τις λεκάνες |
| 2 | | 100 | Alternate blocks | |
| 3 | | 1000 | Worst profile | |
| 4 | Κάτω όριο εμπιστοσύνης | 50 | Alternate blocks | Λεκάνες ποταμών |
| 5 | | 100 | Alternate blocks | |
| 6 | | 1000 | Worst profile | |
| 7 | Άνω όριο εμπιστοσύνης | 50 | Alternate blocks | Λεκάνες ποταμών |
| 8 | | 100 | Alternate blocks | |
| 9 | | 1000 | Worst profile | |

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 3.3 σε κάθε λεκάνη και υπολεκάνη του μοντέλου έγινε υπολογισμός μορφολογικών παραμέτρων, παραμέτρων της όμβριας καμπύλης και υετογραφημάτων. Επιπλέον υπολογίστηκε το συνθετικό ΜΥ της SCS ώστε να παραχθούν τα απαραίτητα πλημμυρογραφήματα.

3.2 Μεθοδολογία εργασίας

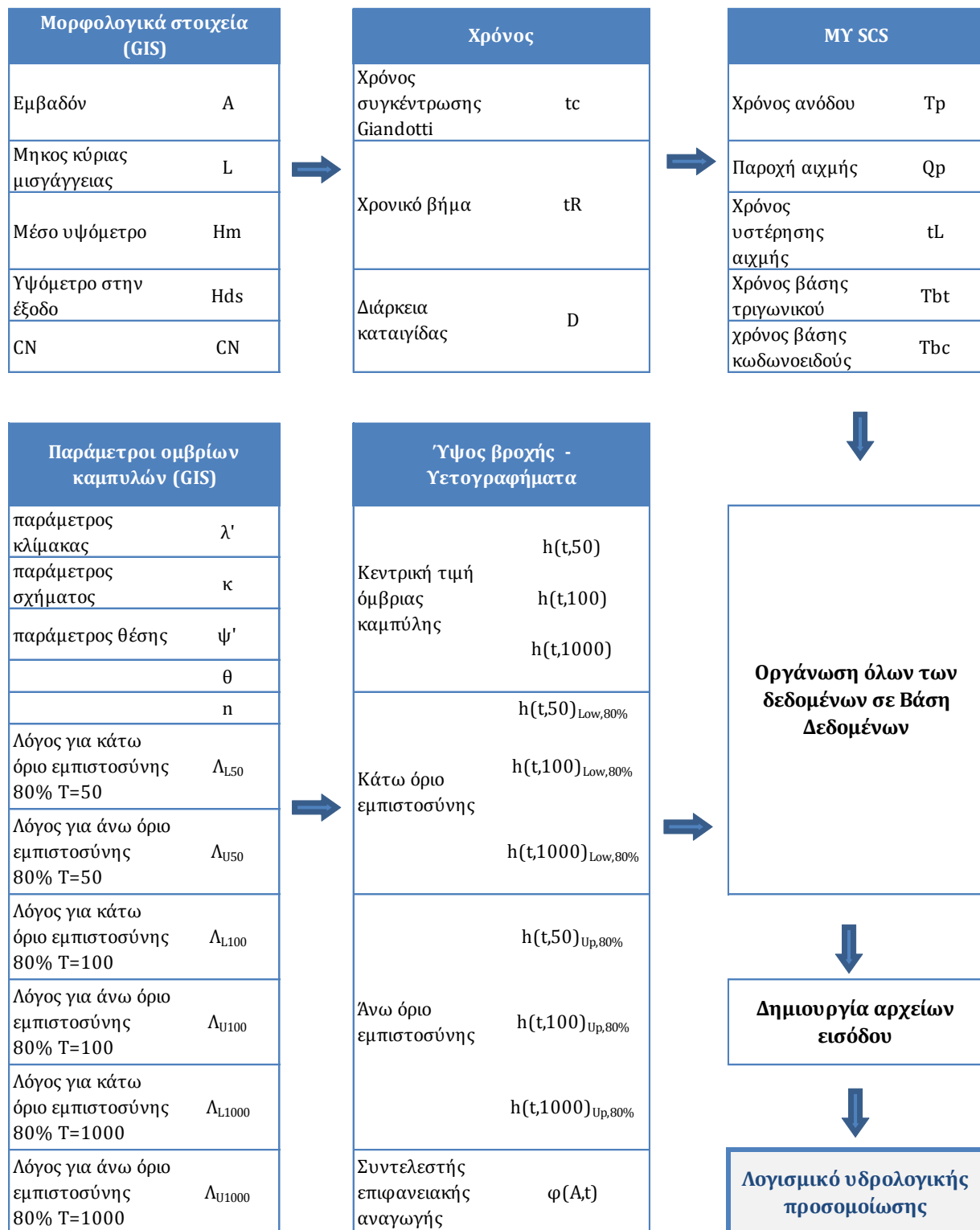
Επειδή ο όγκος των δεδομένων είναι πολύ μεγάλος και απαιτείται εξαγωγή χωρικής πληροφορίας πριν τους υδρολογικούς υπολογισμούς, αναπτύχθηκε ένα σύστημα «προεπεξεργασίας» με χρήση Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας και Βάσεων Δεδομένων.

Η διασύνδεση αυτή επιτρέπει τη δυναμική ενημέρωση των χωρικών παραμέτρων για κάθε λεκάνη/υπολεκάνη και στη συνέχεια τον υπολογισμό των υετογραφημάτων και τη δημιουργία των αρχείων εισόδου στο λογισμικό HEC-HMS (Basin Models, Meteorologic Models).

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η μεθοδολογία εργασίας που ακολουθήθηκε.



Σχήμα 3.1: Μεθοδολογία εργασίας

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

3.3 Δεδομένα εισόδου -Χαρακτηριστικά λεκανών και υπολεκανών

Για κάθε λεκάνη/υπολεκάνη, εξάγονται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και οι παράμετροι της όμβριας καμπύλης και στη συνέχεια, υπολογίζονται όλα τα δεδομένα εισόδου στο λογισμικό υδρολογικής προσομοίωσης.

Τα δεδομένα εισόδου είναι η επιφάνεια, ο χρόνος συγκέντρωσης, ο αριθμός CN, το MY και τα υετογραφήματα σχεδιασμού. Η πληροφορία αυτές σχηματίζουν με τοπικό τρόπο την «ταυτότητα» κάθε υπολεκάνης και παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν

Αναφέρεται η κωδικοποίηση της λεκάνης, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν το χρόνο συγκέντρωσης, οι παράμετροι του MY, οι παράμετροι της όμβριας καμπύλης και τα γραφήματα των ομβρίων καμπυλών. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ενδεικτικά ένα παράδειγμα «ταυτότητας». Αναλυτικά στοιχεία για όλες τις υπολεκάνες υπάρχουν στο παράρτημα Π1

Πίνακας 3.1: «Ταυτότητα» λεκάνης/υπολεκάνης GR291371261

| Λάδων Π. από φράγμα έως συμβολή με π. Αλφειό | | | | | | |
|--|-------------|-------------------------|--|--------|--------|--------|
| Καταιγίδα σχεδιασμού διάρκειας 48h | | | | | | |
| Κατάταξη | Ποταμός | Μέσες συνθήκες | Περίοδος Επαναφοράς | T=50 | T=100 | T=1000 |
| | | | Curve Number : | 69.3 | | |
| | | | Χρόνος συγκέντρωσης tc (h) : | 5.6 | 5.4 | 4.7 |
| Κωδικός υπολεκάνης: | GR291371261 | Δυσμενείς συνθήκες | Curve Number : | 83.9 | | |
| Κωδικός λεκάνης | GR2913712 | | Χρόνος συγκέντρωσης tc (h) : | 5.3 | 5.0 | 4.0 |
| Επιφάνεια SA (km ²) : | 364.31 | Ευμενείς συνθήκες | Curve Number : | 48.7 | | |
| Μήκος κύριας μισγάγκειας L (Km): | 33.97 | | Χρόνος συγκέντρωσης tc (h) : | 6.1 | 5.9 | 5.5 |
| Μέσο Υψόμετρο Hm (m): | 615.15 | MY 1h Μέσες συνθήκες | Χρόνος ανόδου Tr (h) : | 3.4 | 3.3 | 2.8 |
| Υψόμετρο στην έξοδο Hds (m): | 61.26 | | Παροχή αιχμής Qp (m ³ /sec) : | 221.61 | 232.34 | 267.48 |
| Μέση Κλίση Is (%) : | 39.63 | | Χρόνος βάσης Tb (h) : | 17.1 | 16.3 | 14.2 |

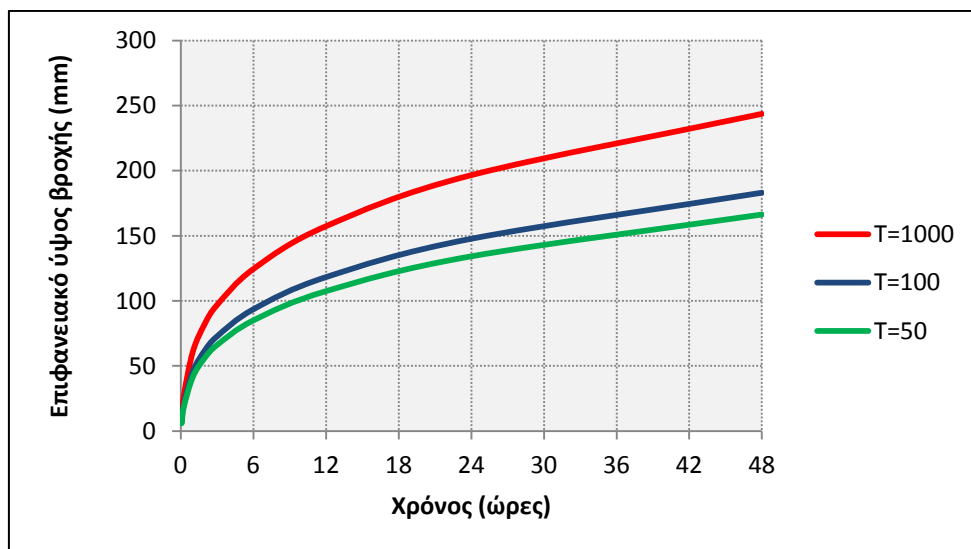
| Όμβρια Καμπύλη | Παράμετροι | | Διαστήματα Εμπιστοσύνης 80% | | | |
|---|------------|--------|-----------------------------|------|-------|--------|
| $i(d,T)=\frac{\lambda'(T^{\kappa}-\psi')}{(1+d/\theta)^{\eta}}$ | λ' = | 710.30 | | T=50 | T=100 | T=1000 |
| | κ = | 0.057 | Λ _L | 0.86 | 0.83 | 0.71 |
| | ψ' = | 0.748 | | | | |
| | θ = | 0.089 | Λ _U | 1.11 | 1.15 | 1.36 |
| | η = | 0.724 | | | | |

| Χρόνος | Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής | Σημειακή βροχόπτωση T=50 έτη | Επιφανειακή βροχόπτωση T=50 έτη | Σημειακή βροχόπτωση T=100 έτη | Επιφανειακή βροχόπτωση T=100 έτη | Σημειακή βροχόπτωση T=1000 έτη | Επιφανειακή βροχόπτωση T=1000 έτη |
|--------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| d (h) | φ(d,A) | hP50 (mm) | hA50 (mm) | hP100 (mm) | hA100 (mm) | hP1000 (mm) | hA1000 (mm) |
| 1/12 | 0.324 | 18.4 | 6.0 | 20.2 | 6.5 | 26.9 | 8.7 |
| 1/4 | 0.540 | 33.8 | 18.2 | 37.2 | 20.1 | 49.5 | 26.7 |
| 1 | 0.717 | 58.0 | 41.6 | 63.9 | 45.8 | 85.0 | 60.9 |
| 2 | 0.778 | 72.4 | 56.3 | 79.7 | 62.0 | 106.1 | 82.5 |
| 3 | 0.807 | 81.8 | 66.1 | 90.1 | 72.7 | 119.9 | 96.7 |
| 6 | 0.849 | 100.1 | 85.0 | 110.2 | 93.5 | 146.7 | 124.5 |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| Χρόνος | Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής | Σημειακή βροχόπτωση T=50 έτη | Επιφανειακή βροχόπτωση T=50 έτη | Σημειακή βροχόπτωση T=100 έτη | Επιφανειακή βροχόπτωση T=100 έτη | Σημειακή βροχόπτωση T=1000 έτη | Επιφανειακή βροχόπτωση T=1000 έτη |
|--------|---|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|---|
| 12 | 0.881 | 121.9 | 107.4 | 134.2 | 118.2 | 178.5 | 157.3 |
| 24 | 0.907 | 148.0 | 134.2 | 162.9 | 147.7 | 216.8 | 196.6 |
| 48 | 0.927 | 179.4 | 166.3 | 197.5 | 183.0 | 262.8 | 243.6 |



Σχήμα 3.2 : Όμβριες Καμπύλες λεκάνης / υπολεκάνης GR291371231

| Χαρακτηριστικό | Μονάδα μέτρησης | | Περιγραφή |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|---|
| Κατάταξη | | | Δηλώνεται αν εξετάζεται ρέμα (P) η ποταμός (Π). Επηρεάζεται ο αριθμός των σεναρίων που θα εξεταστούν (παρ. 2.12) |
| Κωδικός υπολεκάνης: | | | Ο κωδικός της λεκάνης απορροής |
| Κωδικός λεκάνης | | | Ο κωδικός της υπολεκάνης απορροής |
| Επιφάνεια | S_A | Km ² | Η επιφάνεια της λεκάνης απορροής |
| Μήκος κύριας μισγάγκειας | L | km | Το μήκος της κύριας μισγάγκειας. Όπως αναφέρθηκε και στο παραδοτέο 1 η κύρια μισγάγκεια επιλέχθηκε με βάση το μήκος της διαδρομής και την τάξη κατά Shreeve |
| Μέσο Υψόμετρο | H_m | m | Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης |
| Υψόμετρο στην έξοδο | H_{ds} | m | Το υψόμετρο στο πλέον κατάντη σημείο της κύριας μισγάγκειας |
| Μέση Κλίση | I_s | (%) | Υπολογίζεται από τη σχέση $I = \frac{1}{S_A} \int i dS$ |
| Curve Number (μέσες συνθήκες) | | | Ο αριθμός CN σύμφωνα με τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην παρ. 2.5.3 |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| Χαρακτηριστικό | Μονάδα μέτρησης | Περιγραφή |
|--|-----------------------------|--|
| Χρόνος συγκέντρωσης | (h) | Ο χρόνος συγκέντρωσης σύμφωνα με τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην παρ. 2.7 |
| Curve Number (δυσμενείς συνθήκες) | - | Ο αριθμός CN για δυσμενείς συνθήκες σύμφωνα με τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην παρ. 2.5.3 |
| Curve Number (ευμενείς συνθήκες) | - | Ο αριθμός CN για ευμενείς συνθήκες σύμφωνα με τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην παρ. 2.5.3 |
| Χρόνος ανόδου MY 1h (μέρες συνθήκες) | T_p (h) | Ο χρόνος από την έναρξη της βροχής μέχρι την εμφάνιση της αιχμής του πλημμυρογραφήματος. Δίνεται από τη σχέση $T_p = t_L + \frac{t_R}{2}$ |
| Παροχή αιχμής MY 1h (μέρες συνθήκες) | Q_p (m ³ /sec) | Η μέγιστη παροχή του MY. Δίνεται από τη σχέση $q_p = C \frac{A}{T_p}$ |
| Χρόνος βάσης | T_b (h) | Η συνολική διάρκεια του MY. Δίνεται από τη σχέση $T_b = 5T_p$ |
| $\lambda', \kappa, \psi', \theta, n$ | | Παράμετροι όμβριας καμπύλης για την εξεταζόμενη λεκάνη/υπολεκάνη |
| $\Lambda_L \Lambda_U$ | | Λόγος του ύψους βροχής που αντιστοιχεί στο κάτω (ή άνω) όριο εμπιστοσύνης προς το ύψος βροχής από την όμβρια καμπύλη |

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

4.1 Αποτελέσματα σεναρίων

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των υπολεκανών του υδρολογικού ομοιώματος ομαδοποιημένα για κάθε ΖΔΥΚΠ. Φαίνεται η παροχή αιχμής για κάθε σενάριο που εξετάζεται. Αναλυτικότερα αποτελέσματα (υετογράφημα και πλημμυρογράφημα) υπάρχουν στο παράρτημα Π2

Χρησιμοποιούνται τα παρακάτω σύμβολα

| | |
|---|--|
| Λ | : Λεκάνη Απορροής που δεν χωρίζεται σε υπολεκάνες |
| Υ | : Υπολεκάνη Απορροής |
| Μ | : Μέσο υδρογράφημα |
| Ε | : Ευμενές υδρογράφημα |
| Δ | : Δυσμενές υδρογράφημα |
| # | : Για τα ρέματα αυτά δεν βρέθηκε ονομασία στον χάρτη 1:50.000 και δηλώνεται η περιοχή εκβολής τους |

Πίνακας 4.1: Παροχή αιχμής για τις λεκάνες της ΖΔΥΚΠ GR01RAK00001

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | T=50- Μ | T=100- Μ | T=1000- Μ | T=50- Ε | T=100- Ε | T=1000- Ε | T=50- Δ | T=100- Δ | T=1000- Δ |
|-----|-------------|---|-------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| 1 | GR321430701 | Κορυάς Ρ. | Λ | 206.3 | 268.0 | 593.9 | | | | | | |
| 2 | GR321433401 | Βελίκα Ρ. | Λ | 320.3 | 422.0 | 996.0 | | | | | | |
| 3 | GR321433702 | Νταλακλαίικο ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | 92.5 | 122.8 | 297.8 | | | | | | |
| 4 | GR321433701 | Τυφλό ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως εκβολή | Υ | 32.1 | 43.3 | 108.0 | | | | | | |
| 5 | GR321424402 | Μουρτιάς ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | 122.6 | 160.7 | 372.3 | | | | | | |
| 6 | GR321424401 | Μουρτιάς ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως εκβολή | Υ | 60.5 | 80.3 | 190.9 | | | | | | |
| 7 | GR321408001 | Ρύακας Ρ. | Λ | 61.9 | 82.6 | 199.5 | | | | | | |
| 8 | GR321444221 | Πάμισος Π. από πηγές Αγ. Φλώρου έως συμβολή με ρ. | Υ | 126.5 | 164.9 | 366.5 | 23.1 | 31.3 | 80.6 | 235.3 | 304.5 | 700.1 |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | T=50- M | T=100- M | T=1000- M | T=50- E | T=100- E | T=1000- E | T=50- Δ | T=100- Δ | T=1000- Δ |
|-----|-------------|---|-------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| | | Μαυροζούμενα | | | | | | | | | | |
| 9 | GR321444211 | Λιγίδης ρ. | Υ | 128.3 | 164.0 | 346.4 | 27.5 | 36.7 | 89.5 | 222.5 | 285.2 | 623.7 |
| 10 | GR321444203 | Μαυροζούμενα Ρ. | Υ | 188.9 | 242.1 | 516.7 | 43.4 | 57.0 | 132.8 | 330.7 | 423.7 | 944.6 |
| 11 | GR321444202 | Πάμισος π. από συμβολή ρ. Μαυροζούμενα έως συμβολή ρ. Λιγίδης | Υ | 33.1 | 42.6 | 92.7 | 6.3 | 8.6 | 21.5 | 59.8 | 77.0 | 174.0 |
| 12 | GR321444201 | Πάμισος π. από συμβολή ρ. Λιγίδης έως εκβολή | Υ | 94.7 | 122.2 | 266.7 | 23.3 | 30.0 | 62.9 | 168.6 | 219.1 | 513.7 |
| 13 | GR321412611 | Τζιρόρρεμα ρ. | Υ | 238.0 | 330.0 | 901.1 | | | | | | |
| 14 | GR321412603 | Άρις ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | 95.7 | 137.1 | 395.7 | | | | | | |
| 15 | GR321412602 | Άρις ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως συμβολή με ρ. Τζιρόρρεμα | Υ | 95.7 | 128.0 | 306.2 | | | | | | |
| 16 | GR321412601 | Άρις ρ. από συμβολή με ρ. Τζιρόρρεμα έως εκβολή | Υ | 70.4 | 94.1 | 237.2 | | | | | | |
| 17 | GR321413801 | Καλαμάτα# | Λ | 55.2 | 75.0 | 200.3 | | | | | | |
| 18 | GR321426001 | Νέδων Π. | Λ | 318.7 | 430.5 | 1105.1 | | | | | | |
| 19 | GR321426501 | Βαθύ Λαγκάδι Ρ. | Λ | 121.7 | 157.7 | 350.6 | | | | | | |
| 20 | GR321430101 | Ξερίλας Ρ. | Λ | 76.3 | 108.2 | 308.2 | | | | | | |
| 21 | GR321430301 | Κακό Λαγκάδι Ρ. | Λ | 24.5 | 32.8 | 69.8 | | | | | | |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Πίνακας 4.2: Παροχή αιχμής για τις λεκάνες της ΖΔΥΚΠ GR01RAK00002

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | T=50- M | T=100- M | T=1000- M | T=50- E | T=100- E | T=1000- E | T=50- Δ | T=100- Δ | T=1000- Δ |
|-----|-------------|--|-------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| 1 | GR321444251 | Ξερίλας Ρ. | Υ | 342.3 | 452.3 | 1069.7 | 38.8 | 56.5 | 178.2 | 708.7 | 922.6 | 2169.3 |
| 2 | GR321444242 | Μεγάλο Ποτάμι ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | 120.7 | 151.9 | 310.6 | 19.5 | 25.7 | 63.0 | 212.8 | 265.9 | 596.0 |
| 3 | GR321444241 | Μεγάλο Ποτάμι ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως Κεντρικό | Υ | 215.5 | 279.9 | 631.1 | 26.4 | 36.6 | 101.4 | 425.2 | 553.6 | 1309.3 |
| 4 | GR321444231 | Χουχλοτός ρ. | Υ | 315.8 | 414.6 | 966.6 | 39.4 | 54.7 | 148.6 | 657.0 | 856.9 | 2034.9 |
| 5 | GR321444206 | Τζάμης ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 | Υ | 289.0 | 365.8 | 742.7 | 69.2 | 89.3 | 203.0 | 481.2 | 612.8 | 1323.7 |
| 6 | GR321444205 | Τζάμης ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0001 έως συμβολή με ρ. Μεγάλο Ποτάμι | Υ | 30.1 | 39.9 | 95.7 | 3.0 | 4.5 | 16.0 | 62.9 | 82.3 | 191.1 |
| 7 | GR321444204 | Μεγάλο Ποτάμι ρ. από Κεντρικό έως συμβολή με ρ. Χουχλοτός | Υ | 91.8 | 121.3 | 285.4 | 11.9 | 17.0 | 50.4 | 187.4 | 243.8 | 567.8 |

Πίνακας 4.3: Παροχή αιχμής για τις λεκάνες της ΖΔΥΚΠ GR01RAK00003

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | T=50- M | T=100- M | T=1000- M | T=50- E | T=100- E | T=1000- E | T=50- Δ | T=100- Δ | T=1000- Δ |
|-----|-------------|--|-------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| 1 | GR291371291 | Αλφειός Π. ανάντη τμήμα | Υ | 599.4 | 752.0 | 1510.5 | 151.3 | 186.6 | 361.7 | 982.9 | 1264.1 | 2934.0 |
| 2 | GR291371281 | Ελισσών Π. | Υ | 607.2 | 755.4 | 1503.3 | 97.3 | 119.3 | 240.9 | 1123.6 | 1428.3 | 3221.2 |
| 3 | GR291371211 | Ξερίλας ρ. ανάντη τμήμα έως συμβολή με Ξερόρεμα | Υ | 389.1 | 487.9 | 995.6 | 84.6 | 107.8 | 236.5 | 650.4 | 833.8 | 1881.3 |
| 4 | GR291371210 | Ξερίλας ρ. από Ξερόρεμα έως συμβολή με π. Αλφειό | Υ | 320.6 | 403.9 | 815.0 | 86.8 | 111.0 | 237.3 | 515.7 | 656.3 | 1451.8 |
| 5 | GR291371209 | Αλφειός Π. περιοχή ορυχείων Μεγαλόπολης | Υ | 284.9 | 355.2 | 705.1 | 85.6 | 107.9 | 224.3 | 446.0 | 562.9 | 1215.0 |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

Πίνακας 4.4: Παροχή αιχμής για τις λεκάνες της ΖΔΥΚΠ GR01RAK00004

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | T=50- Μ | T=100- Μ | T=1000- Μ | T=50- Ε | T=100- Ε | T=1000- Ε | T=50- Δ | T=100- Δ | T=1000- Δ |
|-----|-------------|---|-------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| 1 | GR291331501 | Καβούρι# | Λ | 46.8 | 61.0 | 137.7 | | | | | | |
| 2 | GR291333201 | Παλιοπόταμο# | Λ | 144.6 | 187.7 | 416.7 | | | | | | |
| 3 | GR291371262 | Λάδων Π. ανάντη φράγματος | Υ | 927.6 | 1178.5 | 2504.6 | 99.5 | 132.9 | 332.1 | 1991.2 | 2527.9 | 5522.8 |
| 4 | GR291371261 | Λάδων Π. από φράγμα έως συμβολή με π. Αλφειό | Υ | 868.2 | 1053.1 | 1949.4 | 177.5 | 217.7 | 444.4 | 1526.6 | 1872.0 | 3688.5 |
| 5 | GR291371251 | Ευρύμανθος Π. | Υ | 732.9 | 899.7 | 1749.5 | 118.0 | 150.0 | 342.8 | 1375.9 | 1698.9 | 3437.0 |
| 6 | GR291371231 | Κλαδέος π. | Υ | 224.2 | 277.7 | 535.9 | 74.1 | 90.4 | 161.3 | 333.3 | 429.1 | 974.8 |
| 7 | GR291371224 | Λεστενίτσας Ρ. άνω ρους έως συμβολή με ρ. Αλήσιο | Υ | 349.6 | 432.0 | 824.0 | 104.1 | 128.0 | 243.7 | 542.5 | 685.4 | 1479.0 |
| 8 | GR291371223 | Αλήσιο Ρ. | Υ | 357.9 | 446.8 | 866.7 | 139.7 | 173.2 | 325.0 | 515.6 | 657.4 | 1445.7 |
| 9 | GR291371222 | Λεστενίτσας Ρ. από συμβολή με ρ. Αλήσιο έως συμβολή με π. Αλφειό | Υ | 188.1 | 236.3 | 467.2 | 66.7 | 84.7 | 171.4 | 278.8 | 354.7 | 772.3 |
| 10 | GR291371221 | Σελινούς π. | Υ | 286.6 | 362.1 | 732.6 | 82.7 | 105.5 | 220.7 | 452.7 | 579.9 | 1299.4 |
| 11 | GR291371208 | Αλφειός π. από συμβολή ρ. Ελισσώνα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 | Υ | 1240.5 | 1523.6 | 2946.1 | 225.3 | 278.0 | 578.6 | 2254.1 | 2807.8 | 5882.5 |
| 12 | GR291371207 | Αλφειός π. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 έως συμβολή με π. Λάδωνα | Υ | 640.4 | 794.9 | 1551.8 | 162.4 | 203.2 | 420.0 | 1053.6 | 1323.2 | 2818.1 |
| 13 | GR291371206 | Αλφειός Π. περιοχή Τριπόταμου | Υ | 155.8 | 193.4 | 367.6 | 46.9 | 57.3 | 108.2 | 239.5 | 301.5 | 662.5 |
| 14 | GR291371205 | Αλφειός π. από συμβολή με π. Ευρύμανθο έως Λούβρο | Υ | 644.9 | 798.7 | 1544.9 | 197.8 | 242.3 | 457.3 | 997.1 | 1262.2 | 2769.4 |
| 15 | GR291371204 | Αλφειός π. από Λούβρο έως συμβολή με π. Κλαδέο | Υ | 289.9 | 364.5 | 732.5 | 69.2 | 86.4 | 173.2 | 476.4 | 613.7 | 1410.5 |
| 16 | GR291371203 | Αλφειός π. από συμβολή με π. Κλαδέο έως συμβολή με π. Σελινούντα | Υ | 68.3 | 87.3 | 181.4 | 17.8 | 23.5 | 53.2 | 110.6 | 142.2 | 320.3 |
| 17 | GR291371202 | Αλφειός π. από συμβολή με π. Σελινούντα έως συμβολή με ρ. Λεστενίτσας | Υ | 71.0 | 90.7 | 186.7 | 20.1 | 26.6 | 61.5 | 112.7 | 143.5 | 311.8 |

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

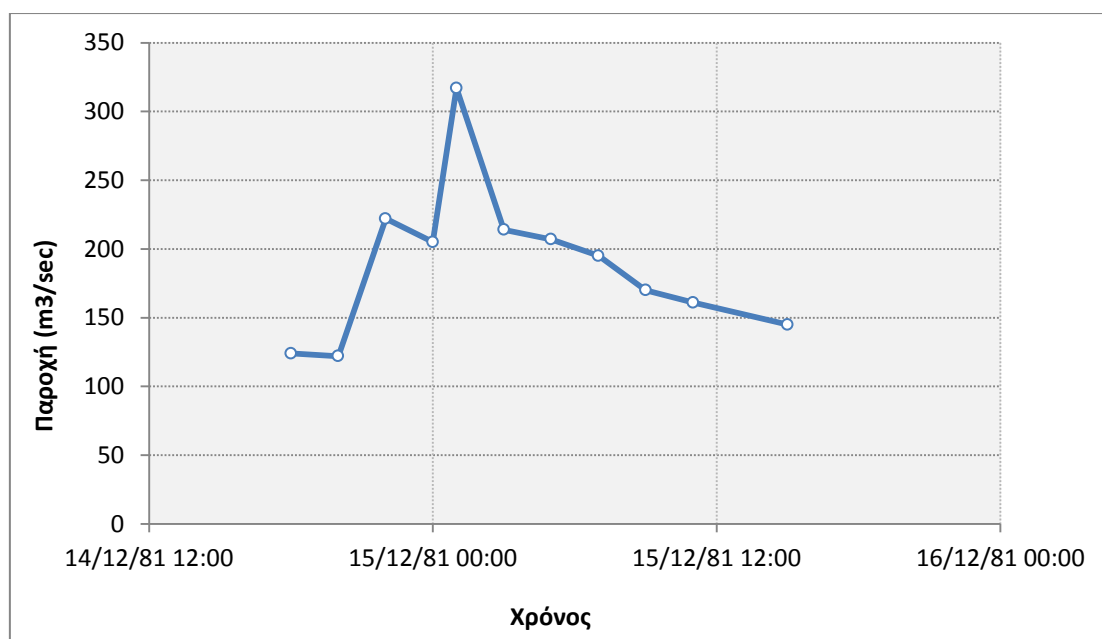
Πλημμυρικά υδρογραφήματα: Τεχνική Έκθεση

| A/A | Κωδικός | Περιγραφή | Τύπος | T=50- M | T=100- M | T=1000- M | T=50- E | T=100- E | T=1000- E | T=50- Δ | T=100- Δ | T=1000- Δ |
|-----|-------------|--|-------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| 18 | GR291371201 | Αλφειός Π. από συμβολή ρ. Λεστενίτσα έως εκβολή | Υ | 60.0 | 75.7 | 152.3 | 19.8 | 25.4 | 53.3 | 91.2 | 116.0 | 252.8 |
| 19 | GR291421101 | Βουρλιά Ρ. | Λ | 118.0 | 155.0 | 354.1 | | | | | | |
| 20 | GR291422401 | Ξηροχωρήτικη Γράνα Ρ. | Λ | 81.5 | 108.1 | 254.9 | | | | | | |
| 21 | GR291429902 | Ζαχαράικο ρ. ανάντη τμήμα έως είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 | Υ | 191.6 | 247.0 | 552.7 | | | | | | |
| 22 | GR291429901 | Ζαχαράικο ρ. από είσοδο στη ΖΔΥΚΠ GR01RAK0004 έως εκβολή | Υ | 97.8 | 130.9 | 308.1 | | | | | | |
| 23 | GR291406901 | Γλατσίτικο Ρ. | Λ | 119.6 | 159.0 | 372.1 | | | | | | |
| 24 | GR291407001 | Αλυσίβα Ρ. | Λ | 15.8 | 22.1 | 60.4 | | | | | | |
| 25 | GR291407601 | Βούλγκρεμο Ρ. | Λ | 26.6 | 35.0 | 79.3 | | | | | | |
| 26 | GR291407501 | Θολού Ρ. | Λ | 121.2 | 160.6 | 363.6 | | | | | | |
| 27 | GR321420301 | Νέδα Π. | Λ | 565.1 | 746.3 | 1783.3 | | | | | | |
| 28 | GR321412701 | Καμίνια Ρ. | Λ | 29.4 | 37.9 | 85.3 | | | | | | |
| 29 | GR321412801 | Μποκινιώτη Ρ. | Λ | 21.4 | 27.3 | 62.1 | | | | | | |
| 30 | GR321412901 | Παρασποριά Ρ. | Λ | 17.1 | 24.0 | 64.4 | | | | | | |
| 31 | GR321413301 | Πραζέρη Ρ. | Λ | 52.6 | 69.9 | 163.7 | | | | | | |
| 32 | GR321415001 | Καλό Νερό Ρ. | Λ | 392.8 | 516.9 | 1215.8 | | | | | | |
| 33 | GR321423101 | Μάυρη Λίμνα Ρ. | Λ | 13.1 | 18.4 | 52.1 | | | | | | |
| 34 | GR321423201 | Καρτελά Ρ. | Λ | 78.0 | 103.3 | 233.3 | | | | | | |
| 35 | GR321423501 | Κυπαρισσία B# | Λ | 38.8 | 49.7 | 109.8 | | | | | | |
| 36 | GR321423601 | Κυπαρισσία N# | Λ | 16.9 | 23.8 | 64.9 | | | | | | |
| 37 | GR321423701 | Τερψιθέα# | Λ | 62.9 | 85.1 | 203.7 | | | | | | |
| 38 | GR321426601 | Σπηλιά# | Λ | 29.1 | 39.5 | 98.9 | | | | | | |
| 39 | GR321426901 | Μάυρη Λίμνη Ρ. | Λ | 113.4 | 150.2 | 356.1 | | | | | | |
| 40 | GR321427401 | Φιλιατρινό Ρ. | Λ | 164.2 | 213.4 | 482.3 | | | | | | |

4.2 Σύγκριση με καταγεγραμμένες παροχές μεγάλων επεισοδίων

Για την βαθμονόμηση των παραμέτρων που επηρεάζουν το πλημμυρικό υδρογράφημα οι προδιαγραφές ορίζουν ότι «Ειδικά στις περιπτώσεις όπου διατίθενται αξιόπιστοι υδρογραφικοί σταθμοί ανάντη των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμυρών ή μέσα σε αυτές, καθώς και αντίστοιχοι βροχογραφικοί σταθμοί, θα επιλεγούν 2-3 μεγάλα πλημμυρογραφήματα με τις αντίστοιχες καταιγίδες από τους βροχογραφικούς σταθμούς προκειμένου να βαθμονομηθούν οι κατά τα ανωτέρω παράμετροι Απορροής». Από έρευνα που πραγματοποιήθηκε προέκυψε ότι τα διαθέσιμα στοιχεία υδρομετρήσεων είναι περιορισμένα, μειωμένης αξιοπιστίας και καλύπτουν μικρά χρονικά διαστήματα. Επιπλέον είναι ιδιαίτερος σπάνια τα καταγεγραμμένα υδρογραφήματα σε έντονα επεισόδια. Αυτό συμβαίνει λόγω των αντικειμενικών δυσκολιών που παρουσιάζονται κατά την εκτέλεση μιας υδρομέτρησης σε συνθήκες πλημμύρας όπου η στάθμη και η ταχύτητα του νερού είναι κατά κανόνα υψηλές

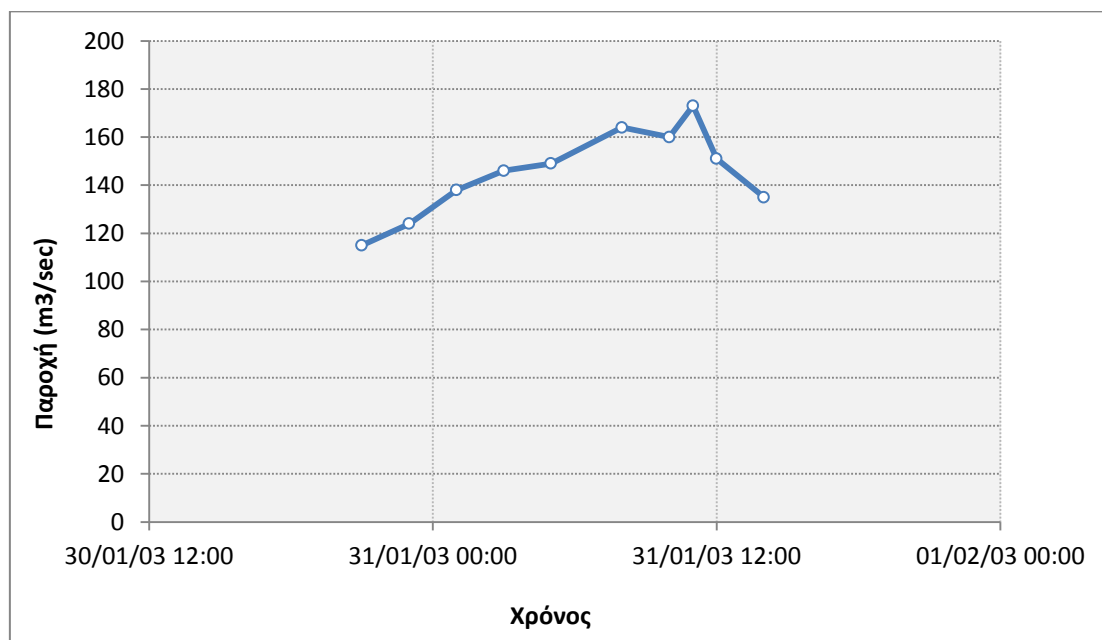
Από τη διεύθυνση υδροηλεκτρικής παραγωγής της ΔΕΗ ΑΕ χορηγήθηκαν ημερήσιες τιμές εισροών και υπερχειλίσης στον ταμιευτήρα του Λάδωνα. Η χρονοσειρά έχει μήκος 60 έτη (1955-2015) και αποτελεί την πλέον αξιόπιστη πηγή πληροφορίας. Τα 2 μεγαλύτερα επεισόδια παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα



Σχήμα 4.1 : Παροχή υπερχείλισης στο ΥΗΣ Λάδωνα την 14-15/12/1981

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4

Πλημμυρικά υδρογράφηματα: Τεχνική Έκθεση

**Σχήμα 4.2 : Παροχή υπερχείλισης στο ΥΗΣ Λάδωνα την 30-31/01/2003**

Από τα παραπάνω δεδομένα μπορεί να προκύψει μια εκτίμηση για την παροχή των 50 ετών. Βεβαίως δεν είναι γνωστό το επεισόδιο βροχής που προκάλεσε το παραπάνω πλημμυρογράφημα ούτε η αρχική στάθμη του ταμιευτήρα όταν άρχισε η πλημμυρική εισροή. Κατά την παρούσα προσομοίωση έχει ληφθεί διάρκεια βροχόπτωσης 48 ετών και έχει θεωρηθεί «αρχική» στάθμη του ταμιευτήρα πριν την έναρξη της βροχής η οποία είναι λίγο κάτω από τη στάθμη στην οποία αρχίζουν να λειτουργούν οι υπερχειλιστές.

Από πρόσφατα στοιχεία του δικτύου «Δευκαλίων» σε διάρκεια 2 ετών η μέγιστη παροχή που έχει καταγραφεί στον ποταμό Νέδοντα στη θέση Καλαμάτα (λατομείο Μπάκα) ήταν τις τάξης των 60 m³/sec

4.3 Σύγκριση με άλλες μελέτες

Στο πλαίσιο της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, αναζητήθηκαν υδρολογικές μελέτες που είχαν εκπονηθεί στην περιοχή μελέτης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι πιο σημαντικές από αυτές. Πρέπει να τονιστεί ότι οι μελέτες αυτές διαφέρουν σημαντικά ως προς τις παραδοχές τους (χρόνος συγκέντρωσης, όμβριες καμπύλες, απώλειες, μετασχηματισμός βροχής σε απορροή) σε σχέση με την παρούσα μελέτη και επομένως δε μπορεί να υπάρξει άμεση σύγκριση.

Πίνακας 4.5 : Σύγκριση παροχών με άλλες μελέτες

| Μελέτη | φορέας | Θέση Ελέγχου | Μέθοδος | T | Διάρκεια βροχής | Παροχή | Παρούσα μελέτη |
|--|----------------|-----------------|-----------------|----|--------------------|--------|-------------------|
| Α φάση μελέτης κανονικοποίησης και αναβάθμισης της σιδηροδρομικής γραμμής Αλφειού - Καλαμάτας – Κυπαρισσίας προμελέτη υδραυλικών έργων υδρολογία ρ. Καλό Νερό | ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε. | Εκβολή | SCS - ΜΥ SCS | 50 | 6h | 207,5 | 392,8 |
| Αντιπλημμυρική προστασία χειμάρρου Νέδοντα | ΥΠΕΧΩΔΕ Δ7 | Εκβολή | | 50 | | 560,0 | 318.7 |

5 Βιβλιογραφία

- ARHONDITSIS, G., GIOURGA, C., LOUMOU, A., & KOULOURI, M. (2002). *Quantitative Assessment of Agricultural Runoff and Soil Erosion Using Mathematical Modeling: Applications in the Mediterranean Region*. New York Inc.: Springer-Verlag.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Collier, C., & Hardaker, P. J. (1996). *Estimating probable maximum precipitation using a storm model approach*. Journal of Hydrology.
- COSTASCHE, R. (2014). *USING GIS TECHNIQUES FOR ASSESSING LAG TIME AND CONCENTRATION TIME IN SMALL RIVER BASINS. CASE STUDY: PECINEAGA RIVER BASIN, ROMANIA*. Bucharest: niversity of Bucharest, Faculty of Geography.
- Dingman, S. (1994). *Physical Hydrology*. New Jersey,: Prentice Hall.
- Efstratiadis, A., Koussis, A. D., Koutsoyiannis, D., & Mamasis, N. (2014). *Flood design recipes vs reality : can predictions for ungauged basins be trusted*. Natural Hazards and Earth System Sciences.
- Koutsoyiannis, D. (1994). *A stochastic disaggregation method for design storm and flood synthesis*. Journal of Hydrology.
- Kusimastiti, D. I., & Jokowiarno, D. (2012). *Time Step Issue in Unit Hydrograph for Improving Runoff Prediction in Small Catchments*. Journal of water Resource and Protection.
- Littlewood, I. G., & Croke, b. F. (2010). *Data time-step dependency of conceptual rainfall—streamflow model parameters: an empirical study with implications for regionalisation*. Hydrological Sciences Journal.
- Maniak, U. (1997). *Hydrologie und Wasserwirtschaft*.
- Manoliadis, O., & Sapchazis, K. (2003). *THE ROLE OF TERRAIN CHARACTERISTICS IN FLOOD MANAGEMENT, ATTICA, GREECE*. urnal of enviromental Hydrology.
- McCuen, R. (2009). *Uncertainty analyses of watershed time parameters*. Journal of Hydrologic Engineering.
- National Resources Conservation Service. (2009). *Part 630 Hydrology National Engineering Handbook - Chapter 7 Hydrologic Soil Groups*.
- National Resources Conservation Service. (2009). *Part 630 Hydrology National Engineering Handbook - Chapter 8 Land Use and Treatment Classes*.
- National Resources Conservation Service. (2009). *Part 630 Hydrology National Engineering Handbook - Chapter 9 Hydrologic Soil Cover Complexes*.
- Natural Resources Conservation Service. (1972). *National Engineering Handbook*. Natural Resources Conservation Service.
- Natural Resources Conservation Service. (1986). *Technical Release 55*.
- Ostrowski, M., Bach, M., DeSimone, S., & Gamerith, V. *Analysis of time-step dependency of parameters in conceptual hydrological models*.
- Sherman, L. (1932). *Streamflow from rainfall by the unit graph method*. Eng. News Rec.
- United States of the Interior, Berau of Reclamation. (1977). *Desingn of Arch Dams*. Denver.

Γαλιούνα, Ε. (2011). *Διερεύνηση εμπειρικών σχέσεων για την εκτίμηση των πλημμυρικών αιχμών στην Κύπρο*.

Δημόπουλος, Δ., & Στεφανάκος, Ι. (2008). *Υπερχειλιστές και εκκενωτές πυθμένα στα τέσσερα παλαιότερα φράγματα της ΔΕΗ από σκυρόδεμα*.

Ευστρατιάδης, Α., Κουκουβίνος, Α., Μιχαηλίδη, Μ. Ε., Γαλιούνα, Ε., Τζούκα, Α., Κούσης, Α., και συν. (2012). *ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ - Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού - πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων*.

Ευστρατιάδης, Α., Κουτσογιάννης, Δ., Μαμάσης, Ν., Δημητριάδης, Π., & Μαχαίρας, Α. (2012). *ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ - Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού - πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων: Βιβλιογραφική επισκόπηση υδρολογίας πλημμυρών και συναφών εργαλείων*.

Κουκουβίνος, Α. (2012). *ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ - Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού - πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων Γεωγραφικά δεδομένα και επεξεργασίες*.

Κουκουβίνος, Α. (2014). *Προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο υδρολογίας πλημμυρών*.

Κουτσογιάννης, Δ., & Ξανθόπουλος, Θ. (1999). *Τεχνική Υδρολογία*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Κουτσογιάννης, Δ. (1988). *ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ*. Αθήνα.

Κουτσογιάννης, Δ. (2010). *Υδρολογική μελέτη ισχυρών βροχοπτώσεων στη λεκάνη του Κηφισού*. Αθήνα.

Κουτσογιάννης, Δ., Ευστρατιάδης, Α., Μαμάσης, Ν., Δημητριάδης, Π., & Μαχαίρας, Α. (2013). *ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ - Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων*.