

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Διερεύνηση των υδρομορφολογικών διακυμάνσεων σε ποτάμια με
το μαθηματικό μοντέλο IAHRIS, στα πλαίσια της εφαρμογής της
Οδηγίας 2000/60»**

Αλεξάνδρα Χρυσόχου

ΒΟΛΟΣ 2017

«Διερεύνηση των υδρομορφολογικών διακυμάνσεων σε ποτάμια με το μαθηματικό μοντέλο IAHRS, στα πλαίσια της εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60.

Διμελής εξεταστική επιτροπή:

- 1. Άρης Ψιλοβίκος**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Γνωστικό Αντικείμενο: Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων*
- 2. Κωνσταντίνος Κορμάς**, Καθηγητής, Γνωστικό Αντικείμενο: Οικολογία Υδρόβιων Μικροοργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Διαχείριση Υδατικών Πόρων.....	1
1.2	Νομοθεσίες	1
1.3	Οδηγία 2000/60/ΕΚ.....	1
1.3.1	Σύνοψη.....	1
1.3.2	Σκοπός.....	2
1.3.3	Εφαρμογή.....	2
1.4	Παράδειγμα Ισπανίας.....	3
1.4.1	Λόγοι αξιολόγησης της μεταβλητότητας της φυσικής δίαιτας.....	3
1.4.2	Πρόγραμμα ΙΑHRIS 2.2.....	3
1.5	Σκοπός Διατριβής.....	4
2	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	5
2.1	Βασικοί όροι.....	7
2.2	Σημαντικότερα σημεία της φυσικής ροής.....	8
2.3	Προτεινόμενες παράμετροι.....	10
2.3.1	Χαρακτηρισμός συνήθων τιμών.....	10
2.3.1.1	Ετήσιες και μηνιαίες τιμές.....	12
2.3.1.2	Καθημερινές ή μικρότερης κλίμακας τιμές.....	16
2.3.2	Χαρακτηρισμός ακραίων μέγιστων τιμών (πλημμύρες).....	20
2.3.3	Χαρακτηρισμός ακραίων ελάχιστων τιμών (ξηρασίες).....	23
2.4	Χαρακτηρισμός τροποποιημένης δίαιτας.....	28
2.4.1	Χαρακτηρισμός τροποποιημένης δίαιτας σε σύγχρονο καθεστώς.....	35
2.4.2	Χαρακτηρισμός τροποποιημένης δίαιτας σε μη-σύγχρονο καθεστώς.....	35
2.4.2.1	Προτεινόμενες παράμετροι για την ορισμό συνήθων τιμών.....	36
2.4.2.1.1	Ετήσιες τιμές.....	37
2.4.2.1.2	Μηνιαίες τιμές.....	37

2.4.2.1.3	Ημερήσιες τιμές.....	39
2.5	Δείκτες και υδρολογική διαφοροποίηση: Γενικές απόψεις.....	39
2.5.1	Μερικοί δείκτες.....	39
2.5.2	Δείκτες παγκόσμιας μεταβλητότητας.....	43
2.5.3	Καθορισμός υδρολογικής κατάστασης.....	44
2.6	Δείκτες υδρολογικής μεταβλητότητας σε σύγχρονα καθεστάτα: Ορισμοί.....	46
2.6.1	Δείκτες μεταβλητότητας συνήθων τιμών.....	46
2.6.2	Δείκτες μεταβολών πλημμυρών.....	52
2.6.3	Δείκτες μεταβολών ξηρασιών.....	57
2.7	Δείκτες υδρολογικής μεταβλητότητας σε μη-σύγχρονα καθεστάτα: Ορισμοί.....	60
2.7.1	Δείκτες μεταβλητότητας σε συνήθεις τιμές.....	60
2.8	Δείκτης παγκόσμιας μεταβλητότητας για συνήθεις τιμές.....	66
3	ΕΦΑΡΜΟΓΗ	67
3.1	Εφαρμογή του IAHRIS.....	67
3.2	Το λογισμικό.....	69
3.2.1	Πρώτη προσέγγιση.....	69
3.2.2	Παράδειγμα.....	70
3.3	Παρουσίαση.....	78
3.4	Σύνδεση αναφορών με τα χαρακτηριστικά στοιχεία.....	80
3.5	Ελληνικά δεδομένα.....	81
4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	84
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	84
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	86
6.1	Διεθνής Βιβλιογραφία.....	86
6.2	Ελληνική Βιβλιογραφία.....	91

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Παράδειγμα εκτιμώμενης ετήσιας διακύμανσης.....	13
Σχήμα 2.2: Παράδειγμα χαρακτηρισμένης εποχικότητας μεγίστων και ελάχιστων....	16
Σχήμα 2.3: Μεταβλητές χαρακτηρισμού ακραίων μέγιστων τιμών.....	19
Σχήμα 2.4: Μεταβλητές καθορισμού ακραίων ελαχίστων τιμών.....	29
Σχήμα 2.5: Διάκριση του ορίου καθορισμού της ξηρασίας $Q_{95\%}$ με βάση την καμπύλη διαβαθμισμένης ροής.....	30
Σχήμα 2.6: Διάγραμμα αξιολόγησης των υδρολογικών μεταβολών.....	44
Σχήμα 2.7: Βασικές αρχές της ταξινόμησης της οικολογικής κατάστασης βάσει της Αναλογίας της Οικολογικής Ποιότητας (EQR).....	45
Σχήμα 2.8: Εκτίμηση δείκτη ακραίας μεταβλητότητας σε δεδομένο έτος.....	49
Σχήμα 2.9: Γραφική αναπαράσταση της σημαντικότητας του δείκτη εποχικότητας ή της εποχικής εκτροπής για μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές.....	50
Σχήμα 3.1: Εμφάνιση του λογισμικού.....	69
Σχήμα 3.2: Παράδειγμα εξοικείωσης του χρήστη με το λογισμικό.....	70
Σχήμα 3.3: Παράθυρο <i>Προσθήκη σημείου</i> (Add point).....	75
Σχήμα 3.4: Περιοχή δήλωσης στοιχείων.....	75
Σχήμα 3.5: Εμφάνιση παραθύρου <i>Προσθήκης τροποποίησης</i> (Add alteration).....	76
Σχήμα 3.6: Εμφάνιση παραθύρου <i>Προσθήκη δεδομένων σειράς</i> (Add data series).....	77
Σχήμα 3.7: Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	78

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Παράμετροι (P1-P19) για τον ορισμό των καθεστώτων ροών.....	13
Πίνακας 2.2: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση μεταβλητότητας των κανονικών ημερήσιων τιμών.....	17
Πίνακας 2.3: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση της διάρκειας των ακραίων μέγιστων τιμών.....	27
Πίνακας 2.4: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση του μεγέθους των ακραίων ελάχιστων τιμών.....	32
Πίνακας 2.5: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση της διάρκειας των ακραίων ελάχιστων τιμών.....	34
Πίνακας 2.6: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση της διάρκειας περιόδων με μηδενική ροή.....	34
Πίνακας 2.7: Κατάλογος με τις παραμέτρους συνήθων τιμών (H1-H9) για την εκτίμηση τροποποιημένων καθεστώτων που στερούνται σύγχρονης φυσικής σειράς.....	37
Πίνακας 2.8: Δείκτες μεταβλητότητας (IAH 1-IAH 21) σε σύγχρονα καθεστάτα.....	41
Πίνακας 2.9: Δείκτες μεταβλητότητας σε μη-σύγχρονα καθεστάτα.....	42
Πίνακας 2.10: Επίπεδα, κωδικοί για τα χρώματα και τις τιμές των δεικτών IAH.....	46
Πίνακας 2.11: Επίπεδα, κωδικός για τα χρώματα και τις τιμές των δεικτών IAG.....	46
Πίνακας 2.12: Ονομασία δείκτη εποχικότητας για μέγιστες και ελάχιστες τιμές σε αντιστοιχία με τους τύπους έτους.....	51
Πίνακας 2.13: Ερμηνεία των αποτελεσμάτων των δεικτών εποχικότητας IAH 5 και IAH 6.....	52

Πίνακας 2.14: Απόκλιση των αποτελεσμάτων του δείκτη εποχικότητας.....	62
Πίνακας 3.1: Λίστα αναφορών δυνητικά διαθέσιμες από το πρόγραμμα IAHRIS.....	80
Πίνακας 4.1: Παροχές και αγωγιμότητες κυριότερων σημείων παρακολούθησης των ποταμών της Ηπείρου για τα έτη 1995-2000.....	83

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Η Διαχείριση Υδατικών Πόρων (ΔΥΠ) αναφέρεται στην ανάπτυξη συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης που αποβλέπει στη βέλτιστη διάθεση των υδατικών πόρων (Mays, 1996). Δυναμική διαδικασία, η οποία έχει σκοπό την πληρέστερη δυνατή κάλυψη των παροντικών, αλλά και των μελλοντικών αναγκών, για όλες τις χρήσεις και η οποία στηρίζεται σε αντικειμενικά κριτήρια και διαδικασίες, μέσω ενός συνετού προγραμματισμού (Τσακίρης, 2013).

1.2 Νομοθεσίες

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο πλήθος νομοθετημάτων έχουν εκπονηθεί με τη μορφή ρυθμίσεων (regulations), οδηγιών (directives), αποφάσεων (decisions), και συστάσεων (recommendations) (Αντωνόπουλος,2010).

Στην Ελλάδα για την εναρμόνιση του εθνικού δικαίου στις διατάξεις της Οδηγίας, το Ελληνικό Κοινοβούλιο ψήφισε το 2003 τον Ν. 3199/03 "περί προστασίας και διαχείρισης των υδάτων" που συμπληρώθηκε με τα αντίστοιχα Προεδρικά διατάγματα. Όπως είναι φυσικό, ο Ν. 3199/03 εντάσσει την Οδηγία 2000/60/ΕΚ στο Ελληνικό δίκαιο εισάγοντας αρχές, μέτρα και δράσεις που σε μεγάλο βαθμό θεωρούνται καινοτόμα (Αντωνόπουλος,2010).

1.3 Οδηγία 2000/60/ΕΚ

1.3.1 Σύνοψη

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) τα ύδατα υφίστανται αυξανόμενη πίεση λόγω της συνεχούς αύξησης της ζήτησης επαρκών ποσοτήτων ύδατος καλής ποιότητας για ευρύ

φάσμα χρήσεων (Directive 2000/60/EC, 2000). Η οδηγία 2000/60/ΕΚ, γνωστή και ως οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα (ΟΠΥ), η οποία εφαρμόζεται από τις 22 Οκτωβρίου 2000, θεσπίζει κανόνες για να σταματήσει η υποβάθμιση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων της ΕΕ και να επιτευχθεί «καλή κατάσταση» για τους ποταμούς, τις λίμνες και τα υπόγεια ύδατα της Ευρώπης έως το 2015 (EUR-Lex, 2015).

Το καινοτόμο στοιχείο της οδηγίας έγκειται στο γεγονός, ότι ορίζει τη λεκάνη απορροής ποταμού ως τη βασική μονάδα για κάθε ενέργεια σχεδιασμού και διαχειριστικής δράσης που αφορούν τον τομέα του νερού (Πασαπόρτη, 2012· Ψιλοβίκος, 2014).

1.3.2 Σκοπός

Κύριος σκοπός της οδηγίας είναι η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων, ώστε να επιτυγχάνεται μεταξύ άλλων: η αποτροπή της περαιτέρω επιδείνωσης, η προστασία και η βελτίωση της κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων, η προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων και η ενίσχυση της προστασίας και η βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος (Directive 2000/60/EC,2000).

1.3.3 Εφαρμογή

Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60, κατά γενική ομολογία, παρουσιάζει πολλές δυσκολίες και προκειμένου να υποβοηθηθούν τα κράτη-μέλη στη συνεπή και με εναρμονισμένο τρόπο εφαρμογή της Οδηγίας, δημοσιεύθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μια σειρά εγχειριδίων που είναι γνωστά ως Guidance Documents, που

αποτελούν βασικά υποστηρικτικά κείμενα για την αποτελεσματική εφαρμογή της Οδηγίας (Τσακίρης, 1996).

1.4 Παράδειγμα Ισπανίας

1.4.1 Λόγοι αξιολόγησης της μεταβλητότητας της φυσικής διαίτας

Οι λόγοι βασίζονται σε τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις: την νομική, την επιστημονική και την προσέγγιση της διαχείρισης.

Από νομικής προσέγγισης, η αξιολόγηση των υδρολογικών διακυμάνσεων είναι απαραίτητη, ως βασική απαίτηση της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/EC.

Από μια επιστημονική προσέγγιση, η επιτυχία στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και της λειτουργίας των ποταμών εξαρτάται από την προστασία και / ή την αποκατάσταση των κύριων συνιστωσών του καθεστώτος της φυσικής ροής.

Όταν είναι γνωστή η κατάσταση των περιβαλλοντικών συνιστωσών του καθεστώτος ροής των ποταμών, είναι δυνατόν να διατυπωθεί μια κατάλληλη διάγνωση και να καθοριστούν πολιτικές διαχείρισης που επιτρέπουν προόδους στην διαδοχή της «καλής οικολογικής κατάστασης».

1.4.2 Πρόγραμμα IAHRIS

Το πρόγραμμα IAHRIS (**I**ndicators of **H**ydrologic **A**lteration in **R**iver**S** (Martínez C. et al., 2010)) (Δείκτες Υδρολογικών Διακυμάνσεων σε Ποτάμια), είναι ένα λογισμικό το οποίο έχει σχεδιαστεί για τον προσδιορισμό των διακυμάνσεων που αφορούν στα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά της ροής, τα οποία με επικεφαλής τα

βιολογικά – τα οποία συνεπικουρούνται από τα υδρομορφολογικά και τα φυσικοχημικά – αποτελούν το τρίπτυχο των οικολογικών χαρακτηριστικών των υδατικών οικοσυστημάτων, που μελετώνται από την Οδηγία 2000/60. Το πλεονέκτημά του είναι ότι επειδή το επιστημονικό βάρος έχει πέσει περισσότερο στις βιολογικές παραμέτρους, είναι από τα ελάχιστα προγράμματα, αν όχι το μοναδικό, που εξετάζει τα ποσοτικά χαρακτηριστικά, δηλαδή τα υδρομορφολογικά και την υδρολογική δίαιτα.

Η λογική του στηρίζεται στα εξής (Martínez C. et al., 2010):

- Οι παράμετροί του χαρακτηρίζουν το καθεστώς ροής, τόσο το φυσικό όσο και το ανθρωπογενές, σε ένα τμήμα του ποταμού. Αυτές οι παράμετροι αποσκοπούν στην αξιολόγηση των διαφορετικών υδρολογικών παραμέτρων του καθεστώτος ροής, με την περιβαλλοντική υπέρβαση (διάρκεια ξηρασίας, πλημμύρες εποχικότητα, κ.λπ.).

- Αν ο χρήστης εισάγει τα στοιχεία της φυσικής και της μεταβληθείσας ανθρωπογενούς δίαιτας, το λογισμικό υπολογίζει ένα σύνολο δεικτών που αξιολογούν το βαθμό της τροποποίησης από τις πιο σχετικές περιβαλλοντικές παραμέτρους της υδρολογικής δίαιτας.

Το πρόγραμμα αυτό επινοήθηκε ως ιδέα, καταστρώθηκε και τελικά κατασκευάστηκε σε περιβάλλον EXCEL, από τους Carolina Martínez Santa-María, José A. Fernández Yuste και Fernando Magdaleno Mas, οι οποίοι είναι καθηγητές και διδάσκοντες στο Πολυτεχνείο της Μαδρίτης.

1.5 Σκοπός Διατριβής

Ο σκοπός της διατριβής είναι η εφαρμογή της λειτουργίας ενός μοντέλου, συγκριμένα του προγράμματος IAHRIS 2.2, που εξετάζει τα υδρομορφολογικά

χαρακτηριστικά ενός ποτάμιου συστήματος, λαμβάνοντας ως συνθήκη αναφοράς δεδομένα από προηγούμενες μετρήσεις. Αυτό επιτρέπει τη διερεύνηση των μεταβολών που έλαβαν χώρα στα ποτάμια στην Ιβηρική χερσόνησο. Με βάση τη λογική αυτή, γίνεται προσπάθεια να εφαρμοστεί το μοντέλο αυτό στην Ελληνική πραγματικότητα, εφόσον βέβαια μας το επιτρέπουν τα δεδομένα, τα οποία είναι ιδιαίτερα προβληματικό να βρεθούν. Στόχος είναι η ορθολογική διαχείριση, αξιοποίηση και εκμετάλλευση της σημαντικότερης πλουτοπαραγωγικής πηγής για τον άνθρωπο, των υδατικών πόρων, πράγμα που συνεπάγεται και την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η αξιοποίηση των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού περιλαμβάνει έμμεσα τροποποιήσεις στο καθεστώς ροής του. Η υπόθεση εργασίας του εγχειριδίου του προγράμματος IAHRIS (Martínez, 2010) είναι γνωστή ως Flow Regime Paradigm, (Πρότυπο Καθεστώτος Ροής). Σύμφωνα με αυτό, το φυσικό καθεστώς ενός ποταμού είναι ο περιβαλλοντικός παράγοντας που έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στη σύνθεση, τη δομή, τις λειτουργίες και τη δυναμική των οικοσυστημάτων των ποταμών, και τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στην περιβαλλοντική ακεραιότητά του. Από υδρολογική άποψη, το φυσικό καθεστώς ροής αποτελεί σημείο αναφοράς για κάθε οικοσύστημα οποιουδήποτε ποταμού.

Αυτό το εγχειρίδιο προτείνει ένα σύνολο Δεικτών Υδρολογικής Μεταβλητότητας (IAH), (Hydrologic Alteration Indicators), οι οποίοι επιτρέπουν την αντικειμενική και αποτελεσματική αξιολόγηση των μεταβολών των πιο σημαντικών για το περιβάλλον συστατικών του καθεστώτος ροής που προκαλούνται από την εκμετάλλευση των υδατικών πόρων (Martínez, 2010).

Η διαδικασία αποτελείται από δύο κύρια στάδια: τον χαρακτηρισμό του φυσικού συστήματος και την αξιολόγηση της υδρολογικής μεταβλητότητας μέσω των ΙΑΗ. Η εκτίμηση που προκύπτει από τους δείκτες αυτούς, επιτρέπει τον ορισμό του υδρολογικού επιπέδου και την σύνταξη μιας περιβαλλοντικής διάγνωσης του ποταμού υπό ανάλυση (Martínez C. et al., 2010).

Η χρήση των δεικτών των υδρολογικών μεταβολών στα οικοσυστήματα γλυκού νερού γίνεται για:

- Την αντικειμενική ποσοτικοποίηση της μεταβλητότητας του καθεστώτος ροής ενός ποταμού που προκαλείται από την εκμετάλλευση των υδατικών πόρων του.
- Την αξιολόγηση των μεταβολών του καθεστώτος που προκαλείται από τη διαφορετική χρήση και διαχείριση των υδατικών πόρων.
- Την αναγνώριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μεταβολών του καθεστώτος ροής από την άποψη της περιβαλλοντικής ακεραιότητας του ποταμού.
- Την παροχή της επιστημονικής κοινότητας και των υπεύθυνων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων με ένα όργανο, με στόχο τον χαρακτηρισμό της κατάστασης των υδατικών συστημάτων όπως απαιτείται από την Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα.
- Τον προσδιορισμό των παραμέτρων του καθεστώτος ροής που έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στην ανανέωση ή την ανάκτηση της ρυθμιζόμενης εμβέλειας του ποταμού.
- Τέλος, για τον καθορισμό αντικειμενικών κριτηρίων κατά τη σύνταξη των προτεραιοτήτων για την αποκατάσταση των οικοσυστημάτων των ποταμών.

2.1 Βασικοί όροι

Ως Φυσικό Καθεστώς Ροής, (Natural Flow Regime) θεωρείται ο φυσικός τρόπος με τον οποίο το νερό ρέει κατά μήκος του ποταμού, αποδεχόμενο την πολυπλοκότητα και την μεταβλητότητα όλων των παραγόντων που εμπλέκονται (κλίμα, τοπογραφία, γεωλογία, έδαφος, βλάστηση, μέγεθος και σχήμα της λεκάνης απορροής, τύπος του δικτύου αποχέτευσης, χρήσεις γης, κλπ.), σε αντίθεση με άλλα καθεστάτα, τα οποία μπορεί να περιγραφούν ως «τροποποιημένα», και προκύπτουν από την τροποποίηση της φυσικής διαίτας μέσω κανονισμού ή/και της άμεσης εκτροπής της ροής μακριά από την κοίτη του ποταμού (Martínez C. et al., 2010).

Το σημερινό επίπεδο των γνώσεων, επιτρέπει το συμπέρασμα ότι το καθεστώς ροής είναι η ραχοκοκαλιά του οικοσυστήματος του ποταμού. Δομεί το υδάτινο και το παραποτάμιο περιβάλλον, σχηματίζει τις περιβαλλοντικές του συνθήκες και διευκολύνει την ύπαρξη μιας ποικιλίας βιοτόπων και τη δυναμική των αλληλεπιδράσεών τους.

Το πλήρες φάσμα των υπερ-ετήσιων και ετήσιων μεταβολών του υδρολογικού καθεστώτος, με συναφή χαρακτηριστικά την εποχικότητα, τη διάρκεια, τη συχνότητα και το ρυθμό μεταβολής, είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την ακεραιότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων (Poff et al., 1997).

Με δεδομένο το πρότυπο καθεστώτος ροής, θα πρέπει να αξιολογηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που παράγονται στα προβλεπόμενα τμήματα των ποταμών, εκτιμώντας την μεταβολή του καθεστώτος της φυσικής ροής που έχει λάβει χώρα ή/και την τροποποίηση που θα μπορούσε να συμβεί στο πλαίσιο των διαφόρων σεναρίων για τη διαχείριση και τη χρήση των υδατικών πόρων.

Με βάση τα παραπάνω, και με σκοπό τον σχεδιασμό της μεθοδολογίας για τον χαρακτηρισμό του καθεστώτος ροής και την αξιολόγηση των μεταβολών στο φυσικό καθεστώς από οποιοδήποτε άλλο κυκλοφορούν καθεστώς, η μελέτη αυτή έχει τους ακόλουθους επιμέρους στόχους (Martínez C. et al., 2010):

- Επιλογή των πιο περιβαλλοντικά σημαντικών παραμέτρων του καθεστώτος ροής.
- Επιλογή άλλων παραμέτρων και μεταβλητών που επιτρέπουν τον χαρακτηρισμό των πιο περιβαλλοντικά σημαντικών παραμέτρων του καθεστώτος ροής.
- Δημιουργία ορισμού ενός συνόλου δεικτών που συγκρίνουν τις τιμές αυτών των παραμέτρων σε διαφορετικές καταστάσεις: η φυσική υδρολογική διαίτα σε σχέση με την τροποποιημένη, και η φυσική υδρολογική διαίτα σε σχέση με τα καθεστώτα στα διάφορα σενάρια που βοηθούν να καθοριστεί το προτεινόμενο περιβαλλοντικό καθεστώς.
- Εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεταβολών που αξιολογούνται.

2.2 Σημαντικότερα σημεία της φυσικής διαίτας

Κάθε σύστημα ποταμών, και συγκεκριμένα το μήκος του κάθε ποταμού, έχει το δικό του καθεστώς ροής που διατηρεί το δικό του φυσικό περιβάλλον, τη βιοποικιλότητα και τις οικολογικές διεργασίες του και είναι υπεύθυνο για ιδιαίτερες συνθήκες του (Martínez C. et al., 2010).

Κατά τον καθορισμό των πιο περιβαλλοντικά σημαντικών σημείων αυτού του καθεστώτος τα στοιχεία που πρέπει να επιλέγονται είναι: το μέγεθος, η συχνότητα, η

εποχικότητα, η διάρκεια και ρυθμός μεταβολής του φυσικού καθεστώτος, που αναλύονται και ερμηνεύονται ως εξής:

- **Μέγεθος:** καθορίζει τη γενική διαθεσιμότητα του νερού στο οικοσύστημα.
- **Συχνότητα** (ενός γεγονότος σε μια δεδομένη χρονική περίοδο): ενδεικτικό της μεταβλητότητας του καθεστώτος ροής, των συνθηκών της γεωμορφολογικής και οικολογικής δυναμικής και, τελικά, της ποικιλομορφίας.
- **Διάρκεια** (ή χρονικό διάστημα που σχετίζεται με ορισμένες συνθήκες ροής): σε ακραίες καταστάσεις, πλημμύρες και ξηρασίες, η διάρκεια είναι στενά συνδεδεμένη με τα κατώτατα όρια ανθεκτικότητας των διαφόρων ειδών.
- **Εποχικότητα:** η συχνότητα με την οποία συμβαίνει ένα γεγονός σε μια συγκεκριμένη εποχή του χρόνου. Η εκτίμηση αυτή συνδέεται στενά και μπορεί να συγχρονιστεί με τους κύκλους ζωής των ειδών στα ποτάμια, στις εκβολές ποταμών και στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- **Ρυθμός μεταβολής:** αναφέρεται στο πόσο γρήγορα ρέουν οι μεταβολές από το ένα μέγεθος στο άλλο, οι οποίες επηρεάζουν την ικανότητα απόκρισης σε ζώντες οργανισμούς.

Αυτά τα πέντε στοιχεία επιτρέπουν τον καθορισμό της υδρολογικής δίαιτας και την αξιολόγηση, σε αυτή τη βάση, των πιθανών στρεβλώσεων του οικοσυστήματος από οποιοδήποτε καθεστώς που διαφέρει από το φυσικό μοτίβο. Όταν τα στοιχεία αυτά είναι γνωστά, είναι επίσης γνωστές οι δυνατότητές του, σε ότι αφορά στη διαθεσιμότητα των οικοτόπων, την ποικιλία, την ανθεκτικότητα και την ικανότητα ανταπόκρισης, καθώς και τον συγχρονισμό με τους κύκλους ζωής.

Στον παρόντα χαρακτηρισμό του καθεστώτος ροής, πρέπει να δοθεί προτεραιότητα σε ακραία γεγονότα, όπως πλημμύρες και ξηρασίες, οι οποίες είναι

στρατηγικά-σημαντικά συστατικά για τη διατήρηση και τη δυναμική του οικοσυστήματος (Martínez C. et al., 2010).

Για το λόγο αυτό, η διαδικασία του ορισμού του φυσικού καθεστώτος ροής διεξάγεται σε δύο παράλληλες κατευθύνσεις:

- Εστιάζοντας στις συνήθεις τιμές ως καθοριστικούς παράγοντες της γενικής διαθεσιμότητας του νερού στο οικοσύστημα.
- Εστιάζοντας σε ακραίες τιμές του εν λόγω καθεστώτος: κατ' ανώτατο όριο (πλημμύρες) και ελάχιστο (ξηρασίες), οι οποίες είναι και οι πιο περιβαλλοντικά κρίσιμες συνθήκες.

2.3 Προτεινόμενες παράμετροι

Ο Πίνακας 2.1 παραθέτει τις 19 παραμέτρους (P1-P19) που επιτρέπουν τον ορισμό του φυσικού καθεστώτος ροής χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα IAHRIS v1.0.

Οι 19 προτεινόμενοι παράμετροι χρησιμοποιούνται για:

- οποιοδήποτε καθεστώς ορίζεται ως φυσικό
- κάθε καθεστώς που ορίζεται ως τροποποιημένο, με την προϋπόθεση ότι τα στοιχεία του αντίστοιχου φυσικού έχουν εισαχθεί προηγουμένως στο πρόγραμμα.

2.3.1 Χαρακτηρισμός συνήθων τιμών

Ο χαρακτηρισμός των συνήθων τιμών επιδιώκει την ρύθμιση παραμέτρων των μη-ακραίων τιμών του καθεστώτος ροής. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί τρεις συμπληρωματικές χρονικές κλίμακες: έτος, μήνας και ημέρα.

Απαραίτητα στοιχεία αποτελούν η μεγαλύτερη δυνατή διαθέσιμη πλήρης σειρά των ετήσιων και μηνιαίων εισροών, καθώς και οι μέσες ημερήσιες ροές για n έτη, (συνιστάται $n \geq 15$). Η διαθεσιμότητα των δεδομένων ροής για ωριαία διαστήματα επιτρέπει το χαρακτηρισμό της απόλυτης ημερήσιας μεταβλητότητας ή και τη διακύμανση (Martínez C. et al., 2010).

Για την αποφυγή της κάλυψης των ετήσιων μεταβλητοτήτων με μέσες τιμές που υπολογίζονται από όλα τα διαθέσιμα χρόνια, προτείνεται μια προηγούμενη διάκριση των ετών με βάση την ετήσια εισροή τους, κατατάσσοντάς τα σε τρεις τύπους : "υγρό έτος", "κανονικό έτος" και "ξηρό έτος". Αυτό αποτελεί τη δημιουργία ενός χαρακτηρισμού για την υπερετήσια μεταβλητότητα του καθεστώτος.

Έτσι προσδιορίζονται τα καθοριστικά κατώτατα όρια του κάθε τύπου έτους και το ποσοστό της παρουσίας τους στη σειρά, καταλήγοντας ως εξής:

- Ένα έτος θεωρείται ΥΓΡΟ εάν ο ετήσιος όγκος του σε φυσικό καθεστώς είναι μεγαλύτερος από τον όγκο που αντιστοιχεί στο 25% του υπερβαίνοντος εκατοστημόριου.
- Ένα έτος θεωρείται ΚΑΝΟΝΙΚΟ εάν ο ετήσιος όγκος του σε φυσικό καθεστώς βρίσκεται μεταξύ του όγκου που αντιστοιχεί στο 25% και το 75% του υπερβαίνοντος εκατοστημόριου.
- Ένα έτος θεωρείται ΞΗΡΟ εάν ο ετήσιος όγκος του σε ένα φυσικό σύστημα είναι μικρότερος από τις εισροές που αντιστοιχούν στο 75% του υπερβαίνοντος εκατοστημόριου.
- Το "κανονικό" έτος εμφανίζεται κατά μέσο όρο στο 50% των περιπτώσεων, ενώ το "υγρό" και "ξηρό" έτος έχουν μια μέση παρουσία στο 25%.

Έχοντας εδραιώσει αυτά τα όρια, και δουλεύοντας με μια σειρά από n χρόνια σε ένα φυσικό καθεστώς, κάθε έτος μπορεί να καταχωρηθεί σε ένα δεδομένο τύπο σύμφωνα με τον ετήσιο όγκο του. Έτσι παρέχεται πρόσβαση σε τρεις σειρές των φυσικών συστημάτων (σειρά από υγρά, κανονικά και ξηρά έτη), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για τον χαρακτηρισμό του καθεστώτος σε κανονικές τιμές.

Για να εκτιμηθεί η παράμετρος P1, για παράδειγμα, υπολογίζουμε: P1 υγρό, P1 κανονικό και P1 ξηρό, τα οποία χαρακτηρίζουν υγρά, κανονικά και ξηρά έτη.

Αυτές οι τρεις τιμές έχουν επισυναφθεί σε ένα ενιαίο σχήμα, P1, το οποίο αποδίδεται με τη στάθμιση του ποσοστού της παρουσίας του κάθε τύπου του έτους στη σειρά

$$P1 = 0,25 * (P1 \text{ υγρό} + P1 \text{ ξηρό}) + 0,50 * P1 \text{ κανονικό}$$

2.3.1.1 Ετήσιες και μηνιαίες τιμές

ΜΕΓΕΘΟΣ

Προτεινόμενη παράμετρος: **P1: Μέσος όρος των ετήσιων ποσοτήτων**

Αναφέρεται σε ετήσιες τιμές, υπολογίζοντας τη μέση ετήσια ποσότητα για κάθε είδος έτους (κανονικό, υγρό ή ξηρό), ενώ τελική εκτίμηση προκύπτει λαμβάνοντας υπ' όψη την αποκτωμένη τιμή σύμφωνα με το εκάστοτε εκατοστημόριο του κάθε τύπου έτους στη χρονική σειρά.

Πηγές: Η χρήση του μέσου ως εκτιμητή των ετήσιων όγκων αναφέρεται σε δημοσιεύσεις των Clausen et al. (2000), Brizga et al. (2001) και Batalla et al. (2004). Άλλοι συγγραφείς, όπως οι Hughes και James (1989) χρησιμοποιούν τη μέση ετήσια

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΙΤΑΣ		ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ			
ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΙΜΕΣ	ΕΤΗΣΙΕΣ Ή ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ	Μέσος όρος των ετήσιων όγκων	ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ	
			ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΕΤΟΣ			
		ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ έτος (P1)			ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ	ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ
		ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ	Μέσος όρος των ετήσιων όγκων	ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΕΤΟΣ		
	ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ έτος (P2)			ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ (P3)	ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ	
	ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ	Μήνα με το μέγιστο και ελάχιστο όγκο νερού κατά μήκος του έτους	ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΕΤΟΣ			
	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΡΟΗ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ	Διαφορά μεταξύ του μέσου όρου των ροών που συνδέονται με τα εκατοστημόρια 10% και 90%	ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ (P4)	ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ	
					ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΕΤΟΣ	
ΑΚΡΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ (ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ)	ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	Μέσος όρος των μέγιστων ημερήσιων ροών κατά μήκος του έτους	Qc (P5)		
			Άμεση παροχή		Q _{GL} (P6)	
			Παροχή διατήρησης		Q _{CONEC} (P7)	
			Απότομες πλημμύρες		Q 5% (P8)	
		ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ	Συντελεστής διακύμανσης των μέγιστων ημερήσιων ροών κατά μήκος του έτους	CV (Qc) (P9)		
			Συντελεστής μεταβολής της σειράς των απότομων πλημμυρών		CV (Q 5%) (P10)	
		ΔΙΑΡΚΕΙΑ	Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών του έτους με $q \geq Q 5\%$	Διάρκεια πλημμύρας (P11)		
		ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ	Μέσος αριθμός ημερών του μήνα με $q \geq Q 5\%$	12 τιμές (1 για κάθε μήνα) (P12)		
	ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ (ΞΗΡΑΣΙΕΣ)	ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	Μέσος όρος των ελάχιστων καθημερινών ροών κατά μήκος του έτους	Qs (P13)		
			Συνήθης παροχή ξηρασίας		Q _{95%} (P14)	
		ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ	Συντελεστής μεταβολής των ελάχιστων ροών καθημερινών κατά μήκος του έτους	CV (Qs) (P15)		
			Συντελεστής μεταβολής της σειράς συνήθων ξηρασιών		CV (Q _{95%}) (P16)	
		ΔΙΑΡΚΕΙΑ	Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών του έτους με $q \leq Q 95\%$	Διάρκεια ξηρασίας (P17)		
			Μέσος όρος ημερών ανά μήνα χωρίς ημερήσια ροή	12 τιμές (1 για κάθε μήνα) (P18)		
ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ	Μέσος αριθμός ημερών του μήνα με $q \leq Q 95\%$	12 τιμές (1 για κάθε μήνα) (P19)				

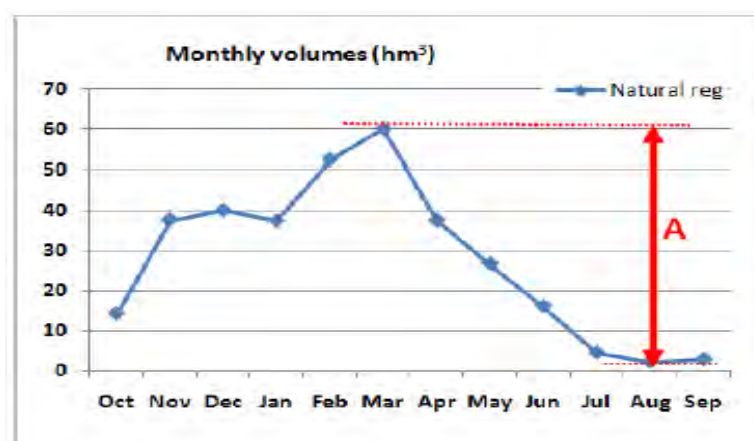
Πίνακας 2.1: Παράμετροι (P1-P19) για τον ορισμό των καθεστώτων ροών (Martínez, 2010)

απορροή. Οι Brizga et al. (2001), για την εκτίμηση του μεγέθους, βασίζονται στη διάμεσο και σε ένα συνδυασμό εκτιμήσεων μεγέθους και εποχικότητας. Οι πηγές αναφέρονται μόνο στη χρήση της μέσης ημερήσιας ροής (μέσος όρος ή μέση) των διαθέσιμων σειρών για να καθοριστούν οι μηνιαίες τιμές: Richter et al. (1995), Clausen et al. (2000) και Grown και Marsh (2000).

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενη παράμετρος: **P2: Διαφορά μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης μηνιαίας ποσότητας μέσα στο έτος.**

Με δεδομένο ότι η ετήσια διακύμανση αντικατοπτρίζεται στη διάκριση των κατηγοριών σε "υγρό, κανονικό και ξηρό έτος", προτείνεται η μεταξύ των ετών διακύμανση να χαρακτηρίζεται ως η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης εισροής μέσα στο έτος. Αυτή η διαδικασία επικεντρώνεται στην εκτίμηση της διαφοράς από πλευράς εισόδου μεταξύ της μηνιαίας μέγιστης και ελάχιστης τιμής μέσα στο έτος (απόσταση A στο Σχήμα 2.1), και στη συνέχεια στον υπολογισμό του μέσου όρου για καθένα από τους τύπους. Η τελική τιμή είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος, σύμφωνα με την παρουσία του εκατοστημόριου κάθε τύπου στη σειρά.



Σχήμα 2.1: Παράδειγμα εκτιμώμενης ετήσιας διακύμανσης

Πηγές: Οι περισσότερες από τις πηγές χρησιμοποιούν το συντελεστή διακύμανσης ως αντιπροσωπευτικό δεδομένο για την ημερολογιακή διακύμανση κατά την εξέταση σειρών ετήσιων εισροών (Brizga et al., 2001· Baeza et al., 2003). Οι Clausen et al., (2000) το εφάρμοσαν αυτό στην καθημερινή σειρά ροής, η οποία σε αυτή την περίπτωση είναι αντιπροσωπευτική της ημερήσιας διακύμανσης, ενώ στην πρόταση από τους Growns και Marsh (2000) είναι αξιοσημείωτη η μηνιαία κλίμακα. Οι συγγραφείς δείχνουν προτίμηση και σε ετήσιες και μηνιαίες τιμές, όπως φαίνεται στους Puckridge et al. (1998). Τέλος, πρέπει να αναφερθεί η καμπύλη διάρκειας ροής (Richards, 1990· Puckridge κ.ά., 1998· Growns και Marsh, 2000) για τον καθορισμό των περιοχών της ημερήσιας διακύμανσης της ροής.

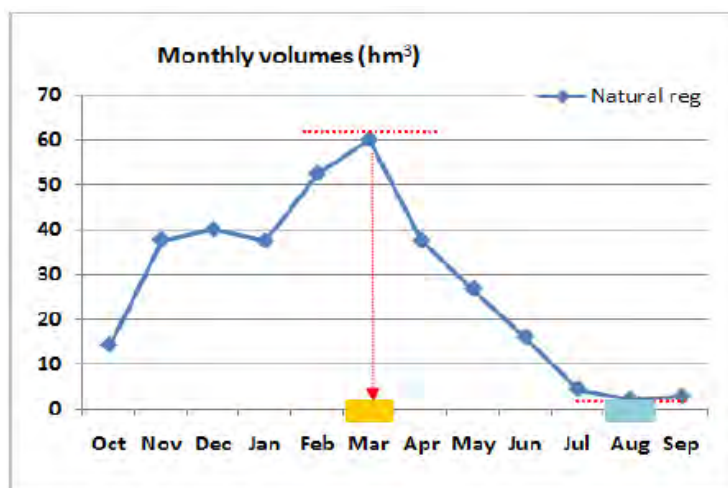
ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενη παράμετρος: **P3: Μήνας με τη μέγιστη και ελάχιστη ποσότητα νερού μέσα στο έτος.**

Η εποχικότητα των μηνιαίων εισροών θα αξιολογείται για κάθε τύπο του έτους (υγρό, κανονικό και ξηρό) με μια απλή διαδικασία: την εποχικότητα των ελαχίστων (ή του μήνα με τη χαμηλότερη εισροή) και την εποχικότητα των μέγιστων (ή του μήνα με την υψηλότερη εισροή).

Πηγές: Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, η εποχικότητα των συνήθων τιμών είναι μικρής σημασίας σε σύγκριση με την εποχικότητα των ακραίων τιμών, ιδιαίτερα στα ανώτατα όρια (Richter et al, 1995). Οι Growns και Marsh (2000) μελέτησαν την εποχικότητα των μηνιαίων τιμών για να εντοπίσουν τους ξηρότερους και υγρότερους μήνες, που ορίζονται ως οι μήνες με την πιο συχνή ελάχιστη (και μέγιστη) μέση ημερήσια ροή ανά μήνα για μια βάση δεδομένων 20 χρόνων. Άλλοι συγγραφείς, όπως

οι Brizga et al. (2001), έχουν προτείνει ταξινομήσεις που βασίζονται σε διαφορετικές υπερβάσεις άνω του μέσου όρου ημερήσιων παροχών για ένα συγκεκριμένο μήνα, (Haines et al., 1988).



Σχήμα 2.2: Παράδειγμα χαρακτηρισμένης εποχικότητας μεγίστων με χρώμα κίτρινο και ελάχιστων με χρώμα γαλάζιο

2.3.1.2 Καθημερινές ή μικρότερης κλίμακας τιμές

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενη παράμετρος: **P4: Διαφορά μεταξύ του μέσου όρου ροών που συνδέονται με τα εκατοστημόρια του 10% και 90% Q₁₀-Q₉₀.**

Η καμπύλη της διάρκειας ροής είναι ένα εργαλείο το οποίο αντιπροσωπεύει, με τον καλύτερο τρόπο, τη μεταβλητότητα της ροής μέσα στο έτος, δείχνοντας το ποσοστό του χρόνου ως μέσο, κατά τον οποίο μια δεδομένη τιμή ροής γίνεται ίση ή ξεπερνιέται.

Όσον αφορά την καμπύλη αυτή, μπορούμε να μιλήσουμε για το 10% της υπέρβασης (Q₁₀), καθώς η ροή κατά μέσο όρο, ισούται ή ξεπερνιέται κατά τη διάρκεια αυτού του 10% του έτους δηλαδή 36,5 ημέρες. Ομοίως, το 90% της υπέρβασης δείχνει τη ροή που κατά μέσο όρο είναι ίση ή ξεπερνιέται κατά τη διάρκεια αυτή του 90% του

έτους, δηλαδή 328,5 ημέρες. Σε αυτήν την καμπύλη το διάστημα Q_0 - Q_{100} δείχνει το εύρος της διακύμανσης των μέσων ημερήσιων ροών.

Όταν εργαζόμαστε με το μέσο όρο της καμπύλης που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο του έτους, η κανονική διακύμανση μπορεί να χαρακτηριστεί χρησιμοποιώντας το διάστημα Q_{10} - Q_{90} μετά από τη διανομή με τις ακραίες τιμές, τόσο τη μέγιστη ($>Q_{10}$) όσο και την ελάχιστη ($<Q_{90}$).

Πηγές: Υπάρχουν πολυάριθμες πηγές της χρήσης των καμπυλών διαβαθμισμένης ροής για την εκτίμηση της μεταβλητότητας. Τα εκατοστημόριο υπέρβασης που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι τα 10%, 20%, 80% και 90% (Πίνακας 2.4).

Πηγή	Παράμετρος	Ορισμός
Baeza et al. (2003)	CV intra	Συντελεστής ετήσιας μεταβλητότητας. Πηλίκο της τυπικής απόκλισης των 365 καθημερινών ροών ανά έτος προς το μέσο όρο των ροών για το έτος
Clausen et al. (2000)	SK	Πηλίκο του μέσου προς το διάμεσο του μέσου όρου της σειράς της ημερήσιας ροής
	CV	Συντελεστής μεταβολής του μέσου όρου της σειράς της ημερήσιας ροής
	PRE and CON (Predictability and consistency)	Προβλεψιμότητα και συνοχή που υπολογίζεται ως το πηλίκο της μέσης προς τη διάμεση τιμή της μέσης ημερήσιας ροής
Growth and Marsh (2000)	Μηνιαία μεταβλητότητα	Ορίζεται ως (Q_{10} - Q_{90}) / μέσο, υπολογίζεται για τη μέση μηνιαία σειρά καθημερινής ροής για μια σειρά 20 ετών και άνω
	Ετήσια μεταβλητότητα	Εύρος ροών μεταξύ των εκατοστημορίων υπέρβασης 20 και 80%
Puckridge et al. (1998)	Μεταβλητότητα	Με βάση το μέσο όρο ημερήσιων ροών, ο οποίος υπολογίζεται ως το πηλίκο μεταξύ Q_{10} - Q_{90} προς το διάμεσο
Richards (1990)	Κλίμακες καθημερινής ροής	Λόγος μεταξύ του 10% / 90%, 20% / 80% και 25% / 75% των εκατοστημορίων υπέρβασης ροής προς την καθημερινή ροή για την πλήρη σειρά

Πίνακας 2.2: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση μεταβλητότητας των κανονικών ημερήσιων τιμών

ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ

Προτεινόμενη παράμετρος: **Απόλυτη διακύμανση**

Διακυμάνσεις στο κυκλοφορούν καθεστώς που έχουν αναλυθεί σε μικρά χρονικά διαστήματα (π.χ. ωριαία) είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην περίπτωση των τμημάτων των ποταμών που υπόκεινται σε υδροηλεκτρική εκμετάλλευση, όπου μπορεί να παρατηρηθεί μια παράδοξη κατάσταση στην οποία η μέση ημερήσια ροή μπορεί να παραμείνει αμετάβλητη, ενώ οι μεταβολές της ροής που μελετήθηκαν σε μικρότερο μακροπρόθεσμο πλαίσιο (ωριαίο ή και μικρότερο) μπορεί να είναι τεράστιες.

Οι Baker et al. (2004) προτείνουν ένα δείκτη (τον δείκτη R-B, Richards–Bakers Flashiness Indicator) χρησιμοποιώντας ωριαία χρονικά διαστήματα, ο οποίος είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για τον χαρακτηρισμό των καθημερινών ροών των τουρμπινών των υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας.

Ο δείκτης αυτός ανταποκρίνεται στον τύπο:

$$R - BIndex = \frac{\sum_{i=1}^{24} |q_i - q_{i-1}|}{\sum_{i=1}^{24} q_i}$$

όπου: q_i = μέσος όρος ροής για ώρα i
 q_{i-1} = μέσος όρος ροής για ώρα $i-1$

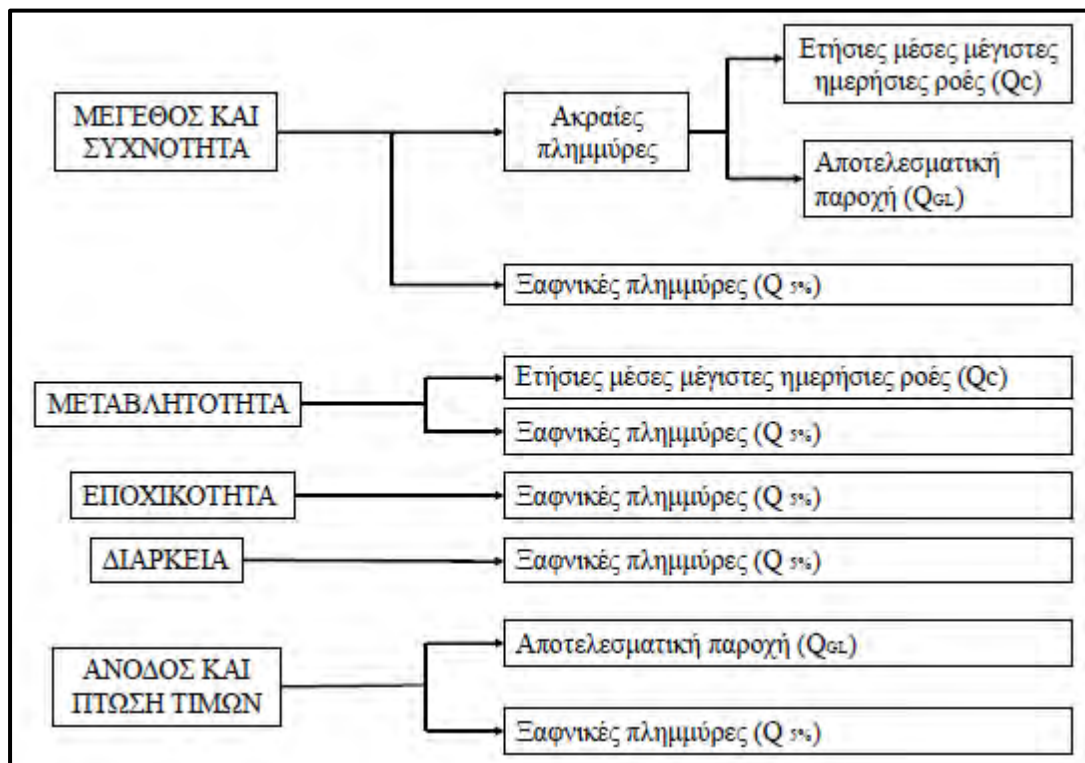
Αυτός ο α -διάστασης (α -dimensional) δείκτης δείχνει τις διακυμάνσεις της ροής στο πλαίσιο της συνολικής ημερήσιας ροής, μια καλή εκτίμηση των προτύπων ανόδου και πτώσης στην κυκλοφορούσα ροή.

2.3.2 Χαρακτηρισμός ακραίων μέγιστων τιμών (πλημμύρες)

Για τον χαρακτηρισμό του καθεστώτος φυσικής ροής ως παράγοντα δόμησης στο γεωμορφολογικό και βιολογικό τοπίο του οικοσυστήματος του ποταμού, θα πρέπει να

δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην οικολογική "συμφόρηση" των ακραίων τιμών, μέγιστες και ελάχιστες, δεδομένου ότι είναι οι πιο κρίσιμες καταστάσεις, αλλά επίσης, και οι πιο στρατηγικά σημαντικές για τους ζώντες οργανισμούς.

Η ανάλυση των ακραίων τιμών βασίζεται σε δύο κύριες μεταβλητές. Η πρώτη μεταβλητή είναι ο μέσος όρος των μέγιστων ημερήσιων παροχών κατά μήκος του έτους (Q_c), αποδιδόμενος από τη διαθέσιμη σειρά. Η δεύτερη μεταβλητή είναι οι απότομες πλημμύρες, έννοιες που συζητήθηκαν σε βάθος σε αυτή την ενότητα, που αποδόθηκαν από την τιμή ροής που αντιστοιχεί στις εκατοστημόριο υπέρβασης 5% στην καμπύλη διάρκειας ροής των ρευμάτων που ταξινομούνται ως φυσικό σύστημα ($Q_{5\%}$). Το σχήμα 2.3 δείχνει τις μεταβλητές που εξετάζονται στις πιο οικολογικά σημαντικές παραμέτρους των πλημμυρών:



Σχήμα 2.3: Μεταβλητές που χρησιμοποιούνται προκειμένου να χαρακτηριστούν οι ακραίες μέγιστες τιμές.

ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενες παράμετροι: το μέγεθος και η συχνότητα των κυκλοφορούντων πλημμυρών χαρακτηρίζεται από τέσσερις παραμέτρους:

- **P5: Μέσος όρος της μέγιστης ημερήσιας ροής κατά μήκος του έτους**
- **P6: Άμεση απορροή**
- **P7: Παροχή διατήρησης**
- **P8: Απότομες πλημμύρες**

P5: Μέσος όρος της μέγιστης ημερήσιας ροής κατά μήκος του έτους (Q_c) ως αντιπροσωπευτική τιμή του μέσου όρου των μέγιστων μεγεθών των πλημμυρών.

Κατά την εκτίμηση του μεγέθους των πλημμυρών, η μέση τιμή της ετήσιας σειράς της μέγιστης ετήσιας ροής αναφέρεται στους Richter et al. (1997) και Growns και Marsh (2000): άλλοι συγγραφείς (Clausen και Biggs, 2000 και Growns και Marsh, 2000) χαρακτηρίζουν το μέγεθος των πλημμυρών με βάση τα κατώτατα όρια που ορίζονται από "α" φορές το διάμεσο, όπου "α" = 1, 3, 5, 7. Οι Brizga et al. (2001), καθορίζουν τις πλημμύρες για διάφορες περιόδους επαναφοράς (1.5, 3 και 5 έτη) ως χαρακτηριστικό μέγεθος των καθεστώτων μέγιστης ροής. Ετήσια μέγιστα που αντιστοιχούν σε μεταβλητές διαμέσους για 3, 7, 30 και 90 ημέρες αναφέρονται επίσης στους Richter et al. (1998) στον χαρακτηρισμό των μέγιστων τιμών.

Η αξία που αποδίδεται από αυτή την παράμετρο είναι επίσης ενδεικτική της συχνότητας των πλημμυρών, δεδομένης της σχέσης μεταξύ Q_c και του διαστήματος επανάληψης του φαινομένου: ο μέσος όρος της ετήσιας σειράς καθημερινής μέσης

μέγιστης ροής Q_c αντιστοιχεί σε περίοδο συχνότητας επιστροφής 2.33, όταν χρησιμοποιείται ο νόμος του Gumbel.

P6: Άμεση απορροή (Q_{GL}), αντιπροσωπευτικό του μεγέθους και της συχνότητας των μέγιστων ροών σημαντικής γεωμορφολογικής σημασίας.

Οι Hickey και Salas (1995), περιλαμβάνουν ένα μακρύ κατάλογο μελετών που αναλύουν τις διαταραχές στην πανίδα, τη βλάστηση, τους βενθικούς οργανισμούς και τη γεωμορφολογία, ως συνέπεια των μεταβολών στο καθεστώς των πλημμυρών. Το πιο απτό και εύκολα εξεφρασμένο όλων αυτών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι αναμφίβολα η γεωμορφολογική σημασία των ροών αιχμής, όπως η ροή που διαμορφώνει το κανάλι.

Το CEDEX (Aspectos prácticos de definición de la máxima crecida ordinaria in MIMAM, 2003) προτείνει την ακόλουθη έκφραση για τον υπολογισμό της σχέσης Καναλιού-Ροών, που αποδίδεται βάσει της πλήρους σειράς Q_c .

$$Q_{GL} = Q_c * (0,7 + 0,6 * CV(Q_c))$$

- Όπου
- Q_{GL} = Αποτελεσματική παροχή
 - Q_c = Διάμεσος των ετήσιων σειρών των μέσων μέγιστων ημερήσιων ροών
 - $CV(Q_c)$ = Συντελεστής μεταβολής των ετήσιων σειρών των μέσων μέγιστων ημερήσιων ροών

Όπου η αποτελεσματική εκτέλεση (Q_{GL}) αντιπροσωπεύεται από μια ροή η οποία μακροπρόθεσμα, κάνει τα περισσότερα για την κινητοποίηση και τη μεταφορά υλών και είναι υπεύθυνη για τη μορφολογία του ποταμού στο σύνολό του.

Οι κλασσικές εμπειρικές εξισώσεις για τη μορφολογία των ποταμών (Knighton, 1998) δηλώνουν ότι οι μορφολογικές μεταβλητές όπως το πλάτος (W), το μέσο βάθος (h) και η περίμετρος (PM) μπορούν να εκφραστούν ως πιθανές λειτουργίες του Q_{GL} :

$$w = K_1 * Q_{GL}^b \quad h = K_2 * Q_{GL}^c Pm = K_3 * Q_{GL}^d$$

όπου K_1 είναι αναλογικά σταθερό και a, b, c , εκθέτες.

P7: Παροχή διατήρησης Q_{CONEC} : Είναι εκπρόσωπος των ροών αιχμής, που εγγυώνται τη σύνδεση ποταμού-κοίτης πλημμυρών και είναι στενά συνδεδεμένη με τη δυναμική της παρόχθιας ζώνης και των οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από τις τακτικές πλημμύρες.

Ο σκοπός της προτεινόμενης παραμέτρου είναι η αξιολόγηση του μεγέθους των ροών που εμπλέκονται στη διατήρηση της εγκάρσιας σύνδεσης ποταμών-κοίτης πλημμυρών. Αυτή η συνδεσιμότητα εξασφαλίζει, μεταξύ άλλων, την πρόσβαση σε αυτήν τη ζώνη και τη διατήρηση των κατάλληλων συνθηκών υγρασίας για τα διάφορα στάδια ανάπτυξης των ζώντων οργανισμών (Poff et al., 1997· Richter and Richter 2000· Brizga et al., 2001) Προκειμένου να διασφαλιστεί αυτή η εγκάρσια συνδεσιμότητα ποταμού-κοίτης πλημμυρών, η ροή πρέπει αναγκαστικά να διαχέεται στην όχθη του ποταμού πάνω από την κοίτη πλημμυρών και να την κατακλύζει. Επομένως, σε ένα φυσικό σύστημα, η Q_{CONEC} πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την αποτελεσματική εκτέλεση (Q_{GL}).

Οι επιστημονικές πηγές επιβεβαιώνουν την εκτίμηση της σύνδεσης ροής ως ροή που αντιστοιχεί στο διπλάσιο της περιόδου επαναφοράς της συνδεσιμότητας παροχής σε ένα φυσικό καθεστώς.

Η διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται αυτό μπορεί να συνοψισθεί στα ακόλουθα στάδια συνδεσιμότητας ροής:

1. Εκτίμηση του Q_{GL} σε ένα φυσικό καθεστώς και στην αντίστοιχη περίοδο επαναφοράς του $T_{Q_{GL}}$ (νόμος του Gumbel).
2. Υπολογισμός του μεγέθους της ροής της φυσικής συνδεσιμότητας (Q_{CONEC}) ως ροή που αντιστοιχεί σε περίοδο $2 T_{Q_{GL}}$.

P8: Απότομες πλημμύρες ή ροή που εμφανίζεται στην καμπύλη διάρκειας ροής που αντιστοιχεί στο εκατοστημόριο υπέρβασης 5% ($Q_{5\%}$). Χαρακτηρίζεται από υψηλή περιβαλλοντική σημασία η οποία εκδηλώνεται σε διάφορα επίπεδα. Κύρια λειτουργία της, είναι η ξαφνική προσθήκη υλικού στο υπόστρωμα, επηρεάζοντας τη διαθεσιμότητα των βιότοπων για τα μακροασπόνδυλα, διασφαλίζοντας την ύπαρξη ενός κατάλληλου βιοτόπου αναπαραγωγής για πολλά είδη και προωθώντας τη διασπορά των βλαστών και την αναδιοργάνωση των καναλιών μικρής κλίμακας.

Ο όρος "απότομες πλημμύρες" χρησιμοποιείται στο εγχειρίδιο του προγράμματος αυτού, λόγω της αβεβαιότητας που προκαλείται από την ανάγκη να οριστεί η έννοια της πλημμύρας.

2.3.2.1 Ορισμός της πλημμύρας

Προχωρώντας με όρους ροής, το ευρύ φάσμα αυτών των ακραίων γεγονότων δημιουργεί την ανάγκη μελέτης των διάφορων κατώτατων ορίων, με τα οποία πρέπει η πλημμύρα να εξισωθεί ή να υπερτερήσει αυτών, προκειμένου να ασκηθεί μια γεωμορφολογική προσπάθεια, να εξασφαλιστεί η συνδεσιμότητα με την κοίτη πλημμυρών, να αναζωογονηθεί το υπόστρωμα, να προσελκυσθεί ιχθυοπανίδα, κ.λπ.

Παράλληλα, οι πλημμύρες μπορούν να διακριθούν ως προς το χρόνο με βάση την καμπύλη διάρκειας ροής τους, δεδομένου ότι αυτές οι καμπύλες περιγράφουν τις μέσες ημέρες ανά έτος, όταν μια δεδομένη ροή εξισώνεται ή υπερτερεί αυτών. Έτσι μπορούμε να μιλάμε για πλημμύρες όταν η κυκλοφορούσα ροή είναι μια "υψηλή ροή που εμφανίζεται περιστασιακά στο ποτάμι" και μέσα σε αυτό το σύνολο των μέγιστων τιμών επιλέγεται μια τιμή η οποία, ως κατώτατο όριο, επιτρέπει τον χαρακτηρισμό πλημμυρικής κατάστασης σε όλα τα γεγονότα που το ξεπερνούν.

Για το σκοπό αυτό, διαφορετικά υπερβαίνοντα εκατοστημόρια μπορούν να επιλεγούν ως κατώτατα όρια από την καμπύλη διάρκειας ροής για τη διάκριση μιας πλημμύρας: από 5% έως και 16% (Batalla et al, 2004), 10% και 30% (González del Tánago και García de Jalón, 1995), 10% και 20%, με ιδιαίτερη αναφορά στο 5% (Clausen και Biggs, 2000), 10% (Sugiyama et al., 2003), 25% (Richter et al., 2004), 17% ως όριο που ορίζει τις απότομες πλημμύρες του υποστρώματος (King et al., 1999) και 5% (Baeza et al, 2003 και Baker et al, 2004), είναι μόνο μερικά παραδείγματα που βρέθηκαν στην επιστημονική βιβλιογραφία για τα κατώτατα όρια ροής πέρα από τα οποία η παρόχθια δυναμική της βλάστησης, η συνδεσιμότητα με την κοίτη πλημμυρών, κλπ, μπορεί να είναι εγγυημένη.

Παρ'όλα αυτά, η επιλογή ενός συγκεκριμένου εκατοστημόριου ως κατώτατο όριο του χαρακτηρισμού μιας πλημμύρας (όταν $Q \geq Q_{\text{εκατοστημόριο\%}}$) ή όχι (όταν $Q < Q_{\text{εκατοστημόριο\%}}$), δεν θα πρέπει να γενικεύεται. Πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο ο κλάδος του υδρογραφικού δικτύου (που καθορίζει το μέγεθος των γεγονότων) και τα πρότυπα της υδρολογικής συμπεριφοράς του ρεύματος που συνάγονται από τα υδρογραφήματα (βασική παροχή, χρόνος κορύφωσης, κλπ.) και η καμπύλη της πραγματικής διάρκειας της ροής (αισθητή αλλαγή στην κλίση).

Για το επιλεγμένο εκατοστημόριο, θα πρέπει ως εκ τούτου να είναι γνωστός ο αριθμός των συνεχόμενων ημερών (μέσος όρος) όπου η αντίστοιχη ροή εξισώθηκε ή υπερτέρησε των προηγούμενων, και να ελέγχεται ότι η διάρκεια αυτή είναι μεγαλύτερη από επτά ημέρες. Το όριο συντήρησης αναφέρεται ευρέως στην επιστημονική βιβλιογραφία ως οικολογικά σημαντικό (Bales and Pope, 2001).

Σε αυτή τη μελέτη, το εκατοστημόριο 5% έχει επιλεγεί ως το κατώτατο όριο για τον καθορισμό μιας πλημμύρας (Martínez, 2010). Ο όρος απότομη πλημμύρα ή κανονική πλημμύρα ορίζεται για τις ροές που αντιστοιχούν σε αυτό το εκατοστημόριο $Q_{5\%}$, το επίθετο «κανονική» δείχνει ότι η ροή αυτή συνήθως συμβαίνει κάθε χρόνο: εξισώνεται ή υπερτερεί των προηγούμενων, κατά μέσο όρο, για 18 ημέρες ετησίως. Χρησιμοποιώντας αυτό το κριτήριο, οποιαδήποτε εκδήλωση με ροές άνω του $Q_{5\%}$ θεωρείται ότι είναι μια πλημμύρα.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενες παράμετροι:

- **P9: Συντελεστής διακύμανσης της μέγιστης ημερήσιας ροής κατά μήκος του έτους CV (Q_c)**
- **P10: Συντελεστής διακύμανσης της σειράς απότομων πλημμυρών CV ($Q_{5\%}$)**

Πηγές: Οι Growns και Marsh (2000) αναφέρουν ότι ο συντελεστής μεταβολής του αριθμού των ροών ετησίως που υπερβαίνουν το όριο ορίζεται ως "α" φορές τη διάμεσο, όπου $\alpha = 1,3,5,7$ και 9, και ο συντελεστής μεταβολής της σειράς των τιμών που αντιστοιχούν στην κορυφαία παροχή σε περιπτώσεις που το όριο υπερβαίνεται ορίζεται ως "α" φορές τη διάμεσο, καθώς και η τυπική απόκλιση και ο συντελεστής μεταβολής της σειράς της μέγιστης ημερήσιας ροής κατά μήκος του έτους.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ

Προτεινόμενη παράμετρος **P11: μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών του έτους με $Q \geq Q_{5\%}$**

Μόλις οι πλημμύρες οριστούν ως συμβάντα που ξεπερνούν το κατώτατο όριο $Q_{5\%}$ της φυσικής σειράς, το επόμενο βήμα είναι να καθοριστεί η χρονική διάρκεια αυτών των γεγονότων, η οποία περιλαμβάνει: τη διάρκεια μια πλημμύρας, πότε ξεκινά, πότε τελειώνει και πάνω απ' όλα, πώς μπορούν να ομογενοποιηθούν τα εν λόγω κριτήρια, λαμβάνοντας υπόψη την εγγενή μεταβλητότητα του μεγέθους και της διάρκειας αυτών των φαινομένων.

Η χρήση κινητών μέσων όρων συχνά γίνεται για την εκτίμηση της συνέχειας και της διάρκειας της ροής (Richter et al., 1997· Grown and Marsh, 2000· Bales and Pope, 2001). Οι Clausen και Biggs (2000) και Grown και Marsh (2000) ορίζουν τη διάρκεια των πλημμυρών από την εκτίμηση της μέσης διάρκειας των ροών που ξεπερνούν το όριο που ορίζεται ως "α" φορές τη διάμεσο.

Σε αυτό το εγχειρίδιο, προτείνεται ότι για τη σειρά ετών, θα πρέπει να γίνει μια εκτίμηση του μέγιστου αριθμού διαδοχικών ημερών στην οποία ξεπεράστηκε το όριο του $Q_{5\%}$. Η τελευταία παράμετρος υπολογίζεται ως η μέση τιμή μιας σειράς n χρόνων.

Πηγές:

Πηγή	Παράμετρος	Ορισμός
Clausen and Biggs (2000) Grown and Marsh (2000)	$\alpha * Q_{50}$ όπου " α " = 1,3, 5, 7 και 9	Μέση διάρκεια με ροές πάνω από το όριο που ορίζεται ως "α" φορές το μέσο
Clausen and Biggs (2000)	$\alpha * Q_{50}$ όπου " α " = 1,3, 5, 7 και 9	Σύνολο ημερών σε ένα έτος, κατά μέσο όρο, όταν το όριο του "α" φορές το μέσο ξεπερνιέται

Baeza et al. (2003)	NQ 36	Σύνολο ημερών σε ένα χρόνο, όταν η ροή ξεπερνά την ροή που αντιστοιχεί στο εκατοστημόριο του 10%
Growns and Marsh (2000)	Q30d και Q90d	Διάμεσος και μέσος όρος των ετήσιων μεγίστων για κινητό μέσο όρο, σε 30 και 90 ημερήσιες βαθμίδες
Bales and Pope (2001)	Q7d και Q30d	Μέσα ετήσια ανώτατα όρια για κινητό μέσο όρο, σε 7 και 30 ημερήσιες βαθμίδες
Richter et al. (1997)	Q _{25%}	Μέσος αριθμός και η διάρκεια των ροών που ισούνται ή υπερβαίνουν το 25% εκατοστημόριο στην καμπύλη διάρκειας ροής
	Q3d, Q7d, Q30d και Q90d	Μέσα ετήσια ανώτατα όρια για κινητό μέσο όρο, σε 3, 7 και 30 ημερήσιες βαθμίδες

Πίνακας 2.3: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση της διάρκειας των ακραίων μεγίστων τιμών

ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενη παράμετρος **P12: Μέσος αριθμός ημερών του μήνα με την $Q \geq Q_{5\%}$**

Η προτεινόμενη αυτή παράμετρος χαρακτηρίζει την εποχικότητα, δηλαδή την αξιολόγηση της παρουσίας και της απουσίας πλημμυρών σε έναν δεδομένο μήνα. Η ροή χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για το χαρακτηρισμό αυτής της παρουσίας ή της απουσίας, και είναι η τιμή του ορίου ($Q_{5\%}$) που καθορίζει μία απότομη πλημμύρα σε ένα φυσικό σύστημα. Οι μετρήσεις γίνονται για κάθε μήνα και έτος της σειράς, αποφέροντας τελικά, γι' αυτές τις αντιπροσωπευτικές τιμές, τον μέσο αριθμό των ημερών ανά μήνα με μέση καθημερινή ροή πάνω από το επίπεδο που ορίζεται μια απότομη πλημμύρα.

Πηγές: Οι Richter et al. (1997) και Baeza et al. (2003), αξιολογούν την εποχικότητα με βάση την ημέρα του έτους με την εμφάνιση της μέγιστης ετήσιας ροής.

ΑΝΟΔΟΣ ΚΑΙ ΠΤΩΣΗ ΤΙΜΩΝ

Προτεινόμενη παράμετρος: **Μέγιστη σχετική άνοδος και πτώση των τιμών**

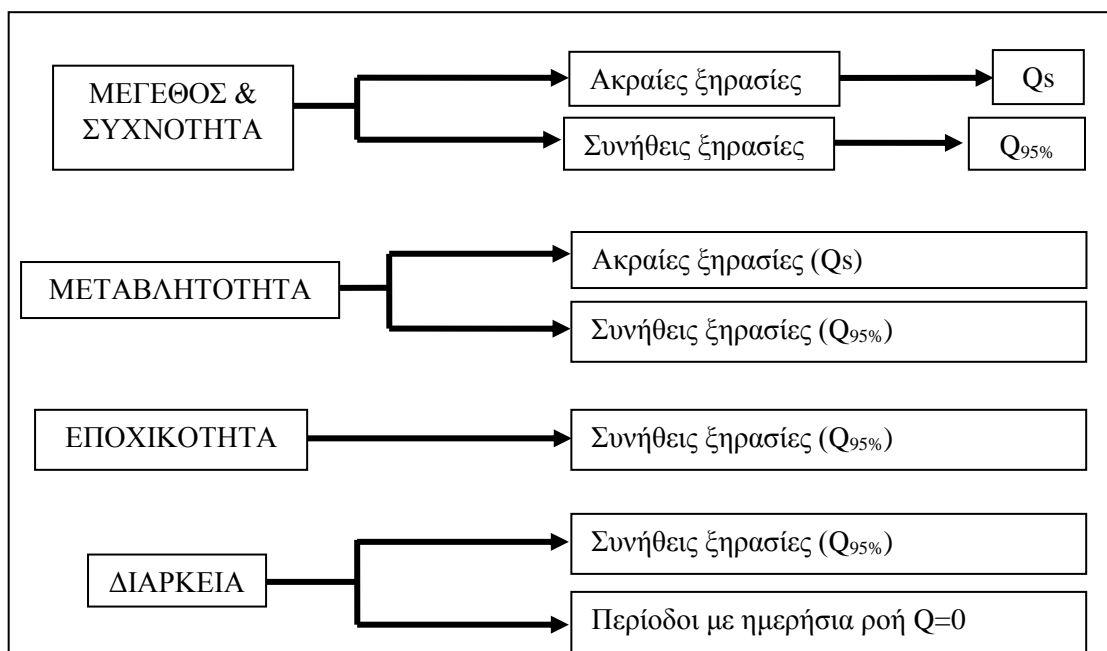
Ο χαρακτηρισμός του μέγιστου σχετικού ρυθμού ανόδου και πτώσης μπορεί να θεωρηθεί ως πρότυπο όριο στην εφαρμογή των πλημμυρών για οικογεωμορφολογικούς σκοπούς, όταν το κυκλοφορούν καθεστώς δεν τηρεί τα φυσικά μοτίβα της πλημμύρας (π.χ., σε φράγματα όπου η χωρητικότητα είναι πολύ μεγαλύτερη από το δυναμικό εισόδου της λεκάνης).

Πηγές: Πολλές παράμετροι που προσπαθούν να ορίσουν τη διαδικασία της ανόδου και πτώσης των πλημμυρών αναφέρονται στην επιστημονική βιβλιογραφία. Οι Grows και Marsh (2000) και Maingi και Marsh (2001) χρησιμοποιούν τον αριθμό των ανόδων και πτώσεων ετησίως (μέσος, διάμεσος, τυπική απόκλιση και συντελεστής μεταβλητότητας) και τη διάρκεια της κάθε πλημμύρας (μέσος, διάμεσος, τυπική απόκλιση και συντελεστής μεταβλητότητας) καθώς και άλλες παραμέτρους που σχετίζονται με ημερήσιες τιμές ανόδου και πτώσης.

2.3.3 Χαρακτηρισμός των ακραίων ελάχιστων τιμών (ξηρασίες)

Με μια διαδικασία κατά τα άλλα παρόμοια με αυτή του ορισμού των πλημμυρών, η ανάλυση των προτύπων ξηρασίας δεν χρησιμοποιεί το διαχωρισμό ετών σε υγρά, κανονικά και ξηρά έτη, αλλά σε ετήσιες σειρές των ελάχιστων ημερήσιων ροών (Q_s). Χρησιμοποιώντας μια παρόμοια αιτιολογία με τον ορισμό των απότομων πλημμυρών ($Q_{5\%}$), η έννοια της τακτικής παροχής ξηρασίας (ordinary drought discharge) εισάγεται εδώ, όπως εξηγείται λεπτομερώς παρακάτω. Μια συνηθισμένη ξηρασία ορίζεται ως η ροή που αντιστοιχεί στο εκατοστημόριο υπέρβασης 95% σε μια καμπύλη διάρκειας ροής για φυσικό καθεστώς $Q_{95\%}$.

Το σχήμα 2.4 δείχνει το σύνολο των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό της ξηρασίας:



Σχήμα 2.4: Μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των ακραίων ελαχίστων τιμών.

ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενες παράμετροι: Ξηρασία μέγεθος και η συχνότητα χαρακτηρίζεται από δύο παραμέτρους:

- **P13: Μέσος όρος της ελάχιστης ημερήσιας ροής κατά μήκος του έτους**
- **P14: Τακτική παροχή ξηρασίας**

- **P13: Μέσος όρος της ελάχιστης ημερήσιας ροής κατά μήκος του έτους (Qs)**
ως αντιπροσωπευτική τιμή του μέσου μεγέθους των ακραίων ξηρασιών.

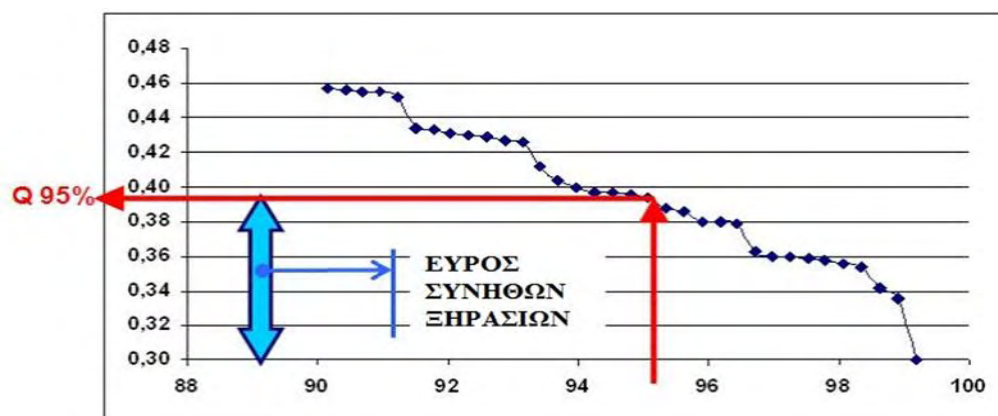
Οι διάφορες παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό των ακραίων ελαχίστων τιμών και αναφέρονται στην επιστημονική βιβλιογραφία, Claussen και Biggs (2000) και Growns και Marsh (2000), χρησιμοποιούν το μέσο όρο των

ελαχίστων καθημερινών ροών κατά μήκος του έτους, και επίσης να αναφέρουν τη χρήση του μέσου.

Άλλοι συγγραφείς, όπως και οι Brizga et al. (2001) και Sugiyama et al. (2003), για την εκτίμηση αντιπροσωπευτικών ελάχιστων ροών δουλεύουν βάσει της καμπύλης διάρκειας ροής (80%, 90% και 97%). Οι Growns και Marsh (2000) χαρακτηρίζουν αυτά τα γεγονότα βάσει των γεγονότων που δεν ξεπερνούν το όριο που ορίζεται από το "a" φορές το διάμεσο.

Η προτεινόμενη παράμετρος εδώ εκτιμά το μέγεθος της ξηρασίας με βάση τη μέση αξία των ελάχιστων καθημερινών ροών κατά μήκος του έτους (σειρά Qs).

- **P14: Τακτική παροχή ξηρασίας** ή ροής στην καμπύλη διάρκειας ροής που αντιστοιχεί στο 95% της υπέρβασης ($Q_{95\%}$).



Σχήμα 2.5: Διάκριση του ορίου καθορισμού της ξηρασίας $Q_{95\%}$ με βάση την καμπύλη διαβαθμισμένης ροής

Για ακραίες καταστάσεις με ελάχιστες ροές, αποτελεί πρόκληση ο καθορισμός μιας κατάστασης ξηρασίας με βάση μια συγκεκριμένη παράμετρο του μεγέθους. Για το λόγο αυτό, όπως και με τον ορισμό των απότομων πλημμυρών, η καμπύλη διάρκειας ροής είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο, διότι πέρα από τα εκατοστημόρια υψηλής

υπέρβασης (80%, 90% ή 95%), διαφορετικά κατώτατα όρια των ρευμάτων μπορεί να διακριθούν, τα οποία να επιτρέπουν τον ορισμό των συνδυασμένων κριτηρίων για το μέγεθος και την παρουσία, για παράδειγμα, της ροής κάτω από τα όρια αυτά ($Q_{80\%}$, $Q_{90\%}$ ή $Q_{95\%}$) με σαφή μέσο όρο 54, 36 ή 18 ημερών ετησίως αντίστοιχα.

Όπως και με τις πλημμύρες, θα πρέπει να αντισταθμιστεί η έλλειψη των στοιχείων που συνδέονται με την καμπύλη διάρκειας ροής για τη χρονική κατανομή των περιόδων με ροές κάτω από το επιδιωκόμενο επίπεδο. Για το λόγο αυτό, για το επιλεγμένο εκατοστημόριο, προτείνεται ο καθορισμός του αριθμού των συνεχών ημερών, κατά μέσο όρο, όταν η ροή είναι χαμηλότερη από τα επιλεγμένα εκατοστημόρια, και η διασταύρωση των στοιχείων για να διασφαλιστεί ότι αυτή η κατάσταση στο κανάλι παραμένει για περισσότερες από επτά ημέρες, περίοδος που αναφέρεται στην επιστημονική βιβλιογραφία ως η ελάχιστη με οικολογική σημασία (Bales and Pope, 2001).

Όπως και το 5% που έχει επιλεγεί για τις πλημμύρες, το 95% της υπέρβασης $Q_{95\%}$ ορίζεται εδώ ως ένα όριο κάτω από το οποίο μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι μια δεδομένη κατάσταση είναι μια συνηθισμένη ξηρασία, με μέση παρουσία ετησίως 18 ημερών που αντιστοιχεί σε αυτό το εκατοστημόριο (Σχήμα 2.6).

Ενώ η μεταβλητή έχει επιλεγεί για μία μόνο παράμετρο μεγέθους, η τιμή αυτή συνδέεται με την πιθανότητα υπέρβασης ($Q_{95\%}$), κάτι που εμμέσως υποδηλώνει ότι υπάρχει μια στενή σχέση με τη συχνότητα (υπέρβαση εκατοστημόριου = 1 - σχετική συσσωρευμένη συχνότητα) και ότι η προτεινόμενη παράμετρος μεγέθους παρέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με τη συχνότητα.

Πηγές:

Πηγή	Παράμετρος	Ορισμός
Clausen and Biggs (2000)	Q_{90}/Q_{50}	Το πηλίκο μεταξύ της τιμής της ροής που εξισώνεται ή ξεπερνά το 90% του χρόνου προς την τιμή που αντιστοιχεί στο 50%
	Q_s/ Q_{50}	Το πηλίκο μεταξύ του μέσου της μέσης ετήσιας ελάχιστης ημερήσιας ροής προς τη ροή που αντιστοιχεί στο 50% του εκατοστημορίου
	Δείκτης βασικής ροής	Ο όγκος που αντιστοιχεί σε βασική ροή ανάμεσα στον όγκο που αντιστοιχεί στη συνολική ροή
Brizga et al. (2001)	% του καθημερινού υπερβαίνοντος εκατοστημορίου για 10 και 30 cm.	Το ποσοστό ημερών σε σχέση με τη συνολική περίοδο όταν η μέση ημερήσια ροή είναι ≥ 10 cm βάθος, σε κρίσιμα τμήματα (προσχώσεις). Παρομοίως για 30 cm.
	Q_{80} and Q_{90}	Οι ροές που αντιστοιχούν στο 80% και 90% της υπέρβασης, αντίστοιχα
Growth and Marsh (2000)	aQ_{50} όπου $a = 1/2, 1/3, 1/9$	Γεγονότα που δεν ξεπερνούν το όριο που ορίζεται ως "a" φορές το μέσο μέγεθος των συμβάντων
	10% της ετήσιας μέσης καθημερινής ροής	Γεγονότα που δεν ξεπερνούν το όριο που ορίζεται από το 10% του μέσου ημερήσιου μεγέθους Q
	Q_s	Η μέση και διάμεση τιμή της ετήσιας σειράς μέσων ημερήσιων ελάχιστων ροών
Richter et al., (1995)	Q_s και Q_{3d} , Q_{7d} , Q_{30d} και Q_{90d}	Η μέση ετήσια ελάχιστη ημερήσια ροή και τα μεγέθη που αντιστοιχούν σε 3, 7, 30 και 90 ημερήσιες βαθμίδες.
Bales and Pope (2001)	7Q10	Η ελάχιστη τιμή 7 συνεχόμενων ημερών που συμβαίνουν κατά μέσο όρο μια φορά κάθε 10 χρόνια.
Sugiyama et al., (2003)	$Q_{97\ 10}$	Ροή που αντιστοιχεί στο 97% της υπέρβαση για μια σειρά 10 ετών.

Πίνακας 2.4: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση του μεγέθους των ακραίων ελάχιστων τιμών

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενες παράμετροι:

- **P15:** Συντελεστής διακύμανσης της ελάχιστης ημερήσιας ροής κατά μήκος του έτους, CV (Q_s)
- **P16:** Συντελεστής διακύμανσης τακτικών ξηρασιών CV ($Q_{95\%}$)

Πηγές: οι Richter et al. (1997) χρησιμοποιούν τον συντελεστή μεταβολής της ετήσιας σειράς των ελάχιστων ημερήσιων ροών.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ

Προτεινόμενες παράμετροι:

- **P17: Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών του έτους με $Q < Q_{95\%}$**
- **P18: Μέσος αριθμός ημερών το μήνα με καθημερινή ροή ίση με μηδέν**

- **P17: Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών του έτους με $Q < Q_{95\%}$**

Παρόμοια επιχειρήματα με αυτά που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της διάρκειας των πλημμυρών μπορούν να εφαρμοστούν και στην περίπτωση αυτή: διάρκεια ξηρασίας, έναρξη, λήξη, κλπ.

Σε αυτή τη μελέτη προτείνεται η εκτίμηση του μέγιστου αριθμού διαδοχικών ημερών για κάθε έτος της σειράς, όταν το όριο ροής δεν εξισώνεται ή υπερτερεί του εκατοστημορίου $Q_{95\%}$. Η τελευταία παράμετρος υπολογίζεται ως ο μέσος όρος για μια σειρά n χρόνων. Εν τέλει, το θέμα αφορά τον καθορισμό της μέσης τιμής του μέγιστου αριθμού διαδοχικών ξηρών ημερών ανά έτος, όπου μια ξηρή ημέρα ορίζεται σαν μια στην οποία η ροή είναι κάτω από το $Q_{95\%}$. Η υπολογιζόμενη παράμετρος διευκολύνει τις εκτιμήσεις της μέγιστης συνεχούς μονιμότητας στο κανάλι των ροών κάτω από το επίπεδο, το οποίο ορίζει μια μέρα ως ξηρή. Προφανώς, στην περίπτωση των πολύ μεγάλων ξηρασιών με μια ενδιάμεση φάση ανάκαμψης, (ημέρες με μέση ημερήσια ροή $> Q_{95\%}$), η προτεινόμενη ένδειξη κατακερματίζει τη συνολική διάρκεια της ξηρής περιόδου, και υπολογίζεται μόνο η μεγαλύτερη μερική περίοδος.

- **P18: Μέσος αριθμός ημερών το μήνα με καθημερινή ροή ίση με μηδέν**

Λαμβάνοντας υπόψη την περιβαλλοντική τους σημασία, η μελέτη των περιόδων χωρίς ροή αναφέρεται στην επιστημονική βιβλιογραφία (Richter et al, 1997· Growns

και Marsh, 2000), η οποία περιέχει εκτιμήσεις του συνόλου των ημερών της σειράς χωρίς ροή, τον ετήσιο μέσο όρο, ή το ποσοστό των μηνών με περιστασιακές ημέρες χωρίς ροή. Στην προκειμένη περίπτωση, η προτεινόμενη παράμετρος είναι ο μέσος αριθμός των ημερών ανά μήνα, όταν η ημερήσια ροή ισούται με μηδέν.

Πηγές:

Πηγή	Παράμετρος	Ορισμός
Brizga et al. (2001)	Αριθμός περιόδων με ξηρασία	Περίοδοι συνεχόμενων ημερών όταν το βάθος του ποταμού δεν ξεπερνά 10 cm για χρονικό διάστημα 1, 3, 6 και 9 μήνες ή περισσότερο.
	Διάρκεια ροών < 10ML/ημέρα	Το ποσοστό ημερών στη συνολική περίοδο με μέση ημερήσια ροή μικρότερη από 1 ML / ημέρα
	Αριθμός περιόδων < κατώτατο όριο	Περίοδοι συνεχόμενων ημερών κατά μέσο όρο με ημερήσια ροή < κατώτατο όριο διάρκειας 1, 3, 6 και 9 μήνες ή περισσότερο.
Baeza et al. (2003)	NQ10%	Ο αριθμός ημερών όταν μια ελάχιστη ροή (10%) δεν επιτυγχάνεται
	Q7d, Q25d και Q100d	Μέσος όρος των ετήσιων ελάχιστων για τη σειρά των κινητών μέσων όρων με 7, 25 και 100 ημερήσιες βαθμίδες
Growth and Marsh (2000)	a*Q50 όπου a = 1/2, 1/3, 1/9	Η διάρκεια των γεγονότων, όταν το όριο που ορίζεται από "a" φορές το διάμεσο δεν έχει επιτευχθεί
	10% μέσου ημερήσιου Q	Η διάρκεια των γεγονότων κάτω από το όριο που ορίζεται από το 10% της ημερήσιας μέσης ετήσιας Q
	Q30d και Q90d	Διάμεσος και μέσος όρος των ετήσιων ελάχιστων για το κινητό μέσο όρο με 30 και 90 ημερήσιες βαθμίδες
Bales and Pope (2001)	Q7d και Q30d	Μέσος όρος των ετήσιων ελάχιστων για κινητούς μέσους όρους με 7 και 30 ημερήσιες βαθμίδες
Richter et al. (1997)	Q ₇₅ %	Μέσος αριθμός και μέση διάρκεια των ροών που δεν υπερβαίνει το εκατοστημόριο του 75% στην καμπύλη διαβαθμισμένης ροής

Πίνακας 2.5: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση της διάρκειας των ακραίων ελάχιστων τιμών

Πηγή	Παράμετρος	Ορισμός
Growth and Marsh (2000)	Ημέρες με Q=0	Σύνολο ημερών όταν Q = 0 στα αρχεία της σειράς
		Μέσος αριθμός ημερών ανά έτος με Q = 0
		Ποσοστό μηνών με ημέρες όπου Q = 0
Richter et al (1997)	Ημέρες με Q=0	Σύνολο ημερών όταν Q = 0 στα αρχεία της σειράς
	Βασική ροή	Το πηλίκο μεταξύ της ελάχιστης ροής για 7 συνεχόμενες ημέρες προς τη μέση ετήσια ροή.

Πίνακας 2.6: Επιστημονική βιβλιογραφία για την εκτίμηση της διάρκειας περιόδων με μηδενική ροή

ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενη παράμετρος **P19: Μέσος αριθμός ημερών του μήνα με την $Q < Q_{95\%}$**

Η εποχικότητα της ξηρασίας, ή περιοδικότητα, καθορίζεται από διάφορες προοπτικές στην επιστημονική βιβλιογραφία: οι Richter et al. (1997) χρησιμοποιούν ως παράμετρο την ημέρα του έτους με την ετήσια ελάχιστη τιμή, ενώ οι Growns και Marsh (2003) ορίζουν την εποχή του χρόνου που περιέχει το μεγαλύτερο αριθμό των ροών κάτω από το ένα τρίτο του διάμεσου.

Η προτεινόμενη παράμετρος σε αυτή τη μελέτη καθορίζει την εποχικότητα με την αξιολόγηση της παρουσίας ή απουσίας των ξηρών ημερών σε έναν δεδομένο μήνα, δηλαδή, ημέρες κατά τις οποίες οι καθημερινές ροές είναι κάτω από το όριο που ορίζει μια συνηθισμένη ξηρασία σε ένα φυσικό σύστημα ($Q_{95\%}$).

Οι μετρήσεις γίνονται για κάθε μήνα και έτος της σειράς, παρέχοντας στο τέλος δώδεκα αντιπροσωπευτικές τιμές για τον αριθμό των ημερών ανά μήνα, όταν η μέση ημερήσια ροή είναι κάτω από $Q_{95\%}$.

2.4 Χαρακτηρισμός τροποποιημένης διαίτας

2.4.1 Χαρακτηρισμός μιας τροποποιημένης διαίτας σε μια σύγχρονη κατάσταση

Η σύγχρονη κατάσταση απαιτεί η σειρά των τροποποιημένων δεδομένων του καθεστώτος να είναι τυχαία για τουλάχιστον 15 χρόνια με τα δεδομένα της σειράς της φυσικής διαίτας.

Όταν η προϋπόθεση αυτή πληρούται, κάθε υδρολογικό έτος ορίζεται ανά είδος (υγρό, κανονικό ή ξηρό), σύμφωνα με τις εισροές του στο φυσικό σύστημα. Αυτό επιτρέπει το τροποποιημένο καθεστώς να καθοριστεί χρησιμοποιώντας ταυτόσημες

παραμέτρους με εκείνες που χρησιμοποιούνται για το φυσικό καθεστώς. Ο κατάλογος των παραμέτρων αυτών φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

2.4.2 Χαρακτηρισμός μιας τροποποιημένης δίαιτας σε μια μη-σύγχρονη κατάσταση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για τον καθορισμό ενός τροποποιημένου καθεστώτος χωρίς μια σύγχρονη σειρά δεδομένων για το φυσικό καθεστώς (με τουλάχιστον 15 χρόνια κοινά) θα πρέπει να επαναπροσδιοριστούν οι παράμετροι για τα συνήθη δεδομένα που περιγράφουν το τροποποιημένο καθεστώς. Αυτό συμβαίνει επειδή τα έτη σε ένα τροποποιημένο καθεστώς, που δεν είναι κοινά με τα έτη στο φυσικό σύστημα, δεν μπορούν να οριστούν με κάποιο από τους προτεινόμενους τύπους (υγρό, κανονικό ή ξηρό). Λόγω αυτής της ασάφειας, οι παράμετροι για τις συνήθεις τιμές που ορίζονται στον Πίνακα 2.1 δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πρέπει να επαναπροσδιοριστούν νέες παράμετροι για την κατάσταση αυτή.

Ουσιαστικά, η διαδικασία ορισμού σε ένα τροποποιημένο καθεστώς μιας μη-σύγχρονης κατάστασης πρέπει να ακολουθηθεί τα παρακάτω βήματα:

- Τα συνήθη δεδομένα πρέπει να ορίζονται σύμφωνα με τις ειδικές παραμέτρους για μη-σύγχρονα καθεστώτα που ορίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.7: H1-H9). Ο ορισμός και η διαδικασία υπολογισμού των νέων παραμέτρων περιγράφεται στο παρακάτω κεφάλαιο (Κεφάλαιο 2.4.2.1).
- Ο ορισμός των ακραίων τιμών σε ένα τροποποιημένο καθεστώς, το οποίο δεν απαιτεί την ύπαρξη σύγχρονου καθεστώτος και στις δύο σειρές, γίνεται χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους P5-P19 όπως ορίζονται στον Πίνακα 2.1.

Χαρακτηριστικό			Παράμετρος
Συνήθειες τιμές	Ετήσιοι όγκοι	Μέγεθος	Μέσος όρος των ετήσιων όγκων (H1)
			Διάμεσος των ετήσιων όγκων (H2)
			Συντελεστής διακύμανσης των ετήσιων όγκων (H3)
	Μηνιαίοι όγκοι	Μέγεθος	Διάμεσος των μηνιαίων όγκων: 12 τιμές (H5)
			Συντελεστής μεταβολής των μηνιαίων όγκων: 12 τιμές (H6)
			Ακραία μεταβλητότητα (H7)
	Εποχικότητα	Εποχικότητα	Σχετική συχνότητα των μέγιστων για κάθε μήνα: 12 τιμές (H8)
			Σχετική συχνότητα των ελάχιστων για κάθε μήνα: 12 τιμές (H9)

Πίνακας 2.7: Κατάλογος με τις παραμέτρους συνήθων τιμών (H1-H9) για την εκτίμηση τροποποιημένων καθεστώτων που στερούνται σύγχρονης φυσικής σειράς

2.4.2.1. Προτεινόμενες παράμετροι για τον ορισμό των συνήθων τιμών

Οι ακόλουθες παράμετροι προτείνονται για τον ορισμό των συνήθων δεδομένων σε ένα μη-σύγχρονο τροποποιημένο καθεστώς.

2.4.2.1.1. Ετήσιες τιμές

ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενες παράμετροι:

- **H1: Μέσος όρος των ετήσιων ποσοτήτων**
- **H2: Διάμεσος των ετήσιων ποσοτήτων**
- **H3: Συντελεστής διακύμανσης των ετήσιων ποσοτήτων**

Για ετήσιες τιμές, η μέση τιμή, η διάμεσος και ο συντελεστής μεταβολής των αντίστοιχων ετήσιων εισροών υπολογίζονται για το σύνολο των ετών στην μεταβαλλόμενη σειρά.

2.4.2.1.2. Μηνιαίες τιμές

ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενες παράμετροι:

- **H4: Μέσος όρος μηνιαίων όγκων**
- **H5: Διάμεσος των μηνιαίων όγκων**
- **H6: Συντελεστής διακύμανσης μηνιαίων όγκων**
- **H7: Ακραία μεταβλητότητα**

Για τις μηνιαίες τιμές, ο μέσος όρος, η διάμεσος και ο συντελεστής διακύμανσης υπολογίζονται για κάθε μήνα με τη χρήση των συνολικών δεδομένων στην τροποποιημένη σειρά. Ως ακραία μεταβλητότητα ορίζεται η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης εισροής εντός του έτους. Αυτή η αξιολόγηση γίνεται από έτος σε έτος για καθένα από τα έτη στην μεταβαλλόμενη σειρά. Η διαδικασία επικεντρώνεται στην εκτίμηση της διαφοράς από πλευράς εισροής μεταξύ της μηνιαίας μέγιστης και ελάχιστης σε ένα έτος (απόσταση A στο Σχήμα 2.2).

$$H7 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Am \text{ máximum} - Am \text{ mínimum}) \text{ year } i$$

- Όπου:
- $Am \text{ maximum}$ = μέγιστος μηνιαίος όγκος για το μήνα i
 - $Am \text{ minimum}$ = ελάχιστος μηνιαίος όγκος για το μήνα i
 - N = αριθμός των διαθέσιμων ετών

ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ

Προτεινόμενες παράμετροι:

- **H8: Εποχικότητα μεγίστων: σχετική συχνότητα των μεγίστων τιμών για κάθε μήνα.**

- **H9: Εποχικότητα ελαχίστων: σχετική συχνότητα των ελάχιστων τιμών για κάθε μήνα.**

Η εποχικότητα μεγίστων, H8, λαμβάνεται για κάθε μήνα ως η σχετική συχνότητα ή η πιθανότητα της μέγιστης ετήσιας τιμής για τον συγκεκριμένο μήνα του έτους.

$$H8_{\text{μήνας } i} = \frac{\text{Αριθμός ετών όπου η μέγιστη ετήσια εισροή εμφανίζεται τον μήνα αυτό}}{\text{Συνολικός αριθμός ετών}}$$

Ομοίως, η εποχικότητα ελάχιστων, H9, υπολογίζει την πιθανότητα της μικρότερης ετήσιας τιμής για εκείνο τον μήνα.

$$H9_{\text{μήνας } i} = \frac{\text{Αριθμός ετών όπου η ελάχιστη ετήσια εισροή εμφανίζεται τον μήνα αυτό}}{\text{Συνολικός αριθμός ετών}}$$

Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένας πίνακας που εμφανίζει την σχετική συχνότητα των μεγίστων και ελαχίστων για κάθε μήνα του έτους.

2.4.2.1.3. Ημερήσιες τιμές

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ

Προτεινομένη παράμετρος:

P4: Διαφορά μεταξύ των μέσων ημερήσιων ροών που αντιστοιχούν στο 10% και 90% των εκατοστημορίων υπέρβασης Q₁₀-Q₉₀.

Η παράμετρος είναι όμοια με την καθοριζόμενη στο Κεφάλαιο 2.3.1.2.

2.5 Δείκτες και υδρολογική διαφοροποίηση: Γενικές απόψεις

2.5.1 Μερικοί δείκτες

Στα προηγούμενα κεφάλαια, παρουσιάστηκε ο καθοριστικός ρόλος που διαδραματίζει η φυσική ροή στην λειτουργία του ποτάμιου συστήματος. Είναι συνεπώς βασικό το να γίνει γνωστή η έκταση στην οποία το τρέχον κυκλικό καθεστώς (μεταβαλλόμενο καθεστώς), το οποίο είναι διαφορετικό από την φυσική ροή, διαφέρει από το φυσικό καθεστώς ή μοιάζει με αυτό, δεδομένου ότι αυτές οι αναλογίες και διαφορές επηρεάζουν την ακεραιότητα του ποταμίου οικοσυστήματος.

Για τον υπολογισμό αυτής της μεταβλητότητας, προτείνεται ένα σύνολο αριθμητικών δεικτών (Δείκτες Υδρολογικής Μεταβλητότητας, IAH) για την κάλυψη των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών:

Εάν οι διαθέσιμες σειρές, σε φυσικές και μεταβαλλόμενες καταστάσεις, πληρούν τις συνθήκες σύγχρονου καθεστώτος (τουλάχιστον 15 έτη από κοινού), η τροποποίηση υπολογίζεται με τη χρήση των δεικτών του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.8).

ΓΕΝΙΚΗ ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Εννοιολογικά, οι Δείκτες Μεταβλητότητας μπορούν να οριστούν ως το πηλίκο της τιμής της παραμέτρου χαρακτηρισμού της τροποποιημένης δίαιτας προς την τιμή της παραμέτρου της φυσικής δίαιτας.

$$\text{Alteration Indicator} = \frac{\text{Value of parameter in Altered Regime}}{\text{Value of parameter in Natural Regime}}$$

Η παραπάνω έκφραση πρέπει να λαμβάνεται με αυστηρά θεωρητική και εννοιολογική λογική. Στην πράξη αυτό το «κλάσμα τιμών παραμέτρων» διαμορφώνεται ή διαφοροποιείται από τα χαρακτηριστικά των παραμέτρων που αξιολογούνται. Στον Πίνακα 2.7, οι τέσσερις δείκτες που συνδέονται με την εποχικότητα (IAH5, IAH6, IAH14 και IAH21) βρίσκονται εκτός του παραπάνω τύπου.

Χαρακτηριστικό		Κωδικός	Περιγραφή	Πηγή της παραμέτρου
Συνήθεις τιμές	Μέγεθος	IAH 1	Μέγεθος ετήσιων τιμών	P1
		IAH 2	Μέγεθος μηνιαίων τιμών	
	Μεταβλητότητα	IAH 3	Συνήθης μεταβλητότητα	P4
		IAH 4	Ακραία μεταβλητότητα	P2
	Εποχικότητα	IAH 5	Εποχικότητα μέγιστων τιμών	P3
		IAH 6	Εποχικότητα ελάχιστων τιμών	
Πλημμύρες	Μέγεθος και Συχνότητα	IAH 7	Μέγεθος μέγιστων πλημμυρών	P5
		IAH 8	Μέγεθος αποτελεσματικής παροχής	P6
		IAH 9	Μέγεθος συνδεσιμότητας παροχής	P7
		IAH 10	Μέγεθος απότομων πλημμυρών	P8
	Μεταβλητότητα	IAH 11	Μεταβλητότητα μέγιστων πλημμυρών	P9
		IAH 12	Μεταβλητότητα αποτελεσματικής παροχής	P10
	Διάρκεια	IAH 13	Διάρκεια πλημμυρών	P11
	Εποχικότητα	IAH 14	Εποχικότητα πλημμυρών (12 τιμές, μια για κάθε μήνα)	P12
Ξηρασίες	Μέγεθος και Συχνότητα	IAH 15	Μέγεθος ακραίων ξηρασιών	P13
		IAH 16	Μέγεθος συνήθων ξηρασιών	P14
	Μεταβλητότητα	IAH 17	Μεταβλητότητα ακραίων ξηρασιών	P15
		IAH 18	Μεταβλητότητα συνήθων ξηρασιών	P16
	Διάρκεια	IAH 19	Διάρκεια ξηρασιών	P17
		IAH 20	Ν° των ημερών με τις ημέρες με μηδενική ροή (12 τιμές, μία για κάθε μήνα)	P18
		IAH 21	Εποχικότητα ξηρασιών (12 τιμές, μια για κάθε μήνα)	P19

Πίνακας 2.8: Δείκτες μεταβλητότητας (IAH 1-IAH 21) σε σύγχρονα καθεστώτα. Με πορτοκαλί χρώμα επισημαίνονται οι δείκτες για κάθε τύπο του έτους, που υπολογίζονται με τη χρήση του μέσου για κάθε έτος, ενώ με κίτρινο χρώμα επισημαίνονται οι δείκτες που αναφέρονται σε μηνιαίες μετρήσεις και υπολογίζονται από τον ετήσιο μέσο του κάθε έτους.

Χαρακτηριστικό		Κωδικός	Περιγραφή	Πηγή της παραμέτρου
Συνήθεις τιμές	Μέγεθος	M1	Μέγεθος ετήσιων τιμών	H1
		M2	Μέγεθος μηνιαίων τιμών	H4
		M3	Μέγεθος μηνιαίων τιμών: 12 τιμές	H4
	Μεταβλητότητα	V1	Μεταβλητότητα ετήσιων τιμών	H3
		V2	Μεταβλητότητα μηνιαίων τιμών	H6
		V3	Μεταβλητότητα μηνιαίων τιμών: 12 τιμές	H6
		V4	Ακραία Μεταβλητότητα	H7
	Εποχικότητα	E1	Εποχικότητα μέγιστων τιμών	H8
		E2	Εποχικότητα ελάχιστων τιμών	H9
Πλημμύρες	Μέγεθος και Συχνότητα	IAH 7	Μέγεθος μέγιστων πλημμυρών	P5
		IAH 8	Μέγεθος αποτελεσματικής παροχής	P6
		IAH 9	Μέγεθος συνδεσιμότητας παροχής	P7
		IAH 10	Μέγεθος απότομων πλημμυρών	P8
	Μεταβλητότητα	IAH 11	Μεταβλητότητα μέγιστων πλημμυρών	P9
		IAH 12	Μεταβλητότητα αποτελεσματικής παροχής	P10
	Διάρκεια	IAH 13	Διάρκεια πλημμυρών	P11
	Εποχικότητα	IAH 14	Εποχικότητα πλημμυρών (12 τιμές, μια για κάθε μήνα)	P12
Ξηρασίες	Μέγεθος και Συχνότητα	IAH 15	Μέγεθος ακραίων ξηρασιών	P13
		IAH 16	Μέγεθος συνήθων ξηρασιών	P14
	Μεταβλητότητα	IAH 17	Μεταβλητότητα ακραίων ξηρασιών	P15
		IAH 18	Μεταβλητότητα συνήθων ξηρασιών	P16
	Διάρκεια	IAH 19	Διάρκεια ξηρασιών	P17
		IAH 20	Ν° των ημερών με τις ημέρες με μηδενική ροή (12 τιμές, μία για κάθε μήνα)	P18
		IAH 21	Εποχικότητα ξηρασιών (12 τιμές, μια για κάθε μήνα)	P19

Πίνακας 2.9: Δείκτες μεταβλητότητας σε μη-σύγχρονα καθεστώτα. Με πορτοκαλί χρώμα επισημαίνονται οι δείκτες που είναι παρόμοιοι με αυτούς των σύγχρονων καθεστώτων, ενώ με κίτρινο χρώμα επισημαίνονται οι δείκτες που αναφέρονται σε μηνιαίες μετρήσεις και υπολογίζονται από τον ετήσιο μέσο όρο του κάθε έτους.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ "ΤΥΠΟ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ"

$$\text{ΔΕΙΚΤΗΣ} = 0,25 * \text{Δείκτης}^{\text{ηγρό}} + 0,25 * \text{Δείκτης}^{\text{κανονικό}} + 0,25 * \text{Δείκτης}^{\text{ξηρό}}$$

Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι:

- Ένα υγρό έτος λαμβάνει χώρα κατά μέσο όρο στο 25% των περιπτώσεων
- Ένα κανονικό έτος λαμβάνει χώρα στο 50% των περιπτώσεων
- Ένα ξηρό έτος λαμβάνει χώρα στο 25% των περιπτώσεων

ΕΚΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ

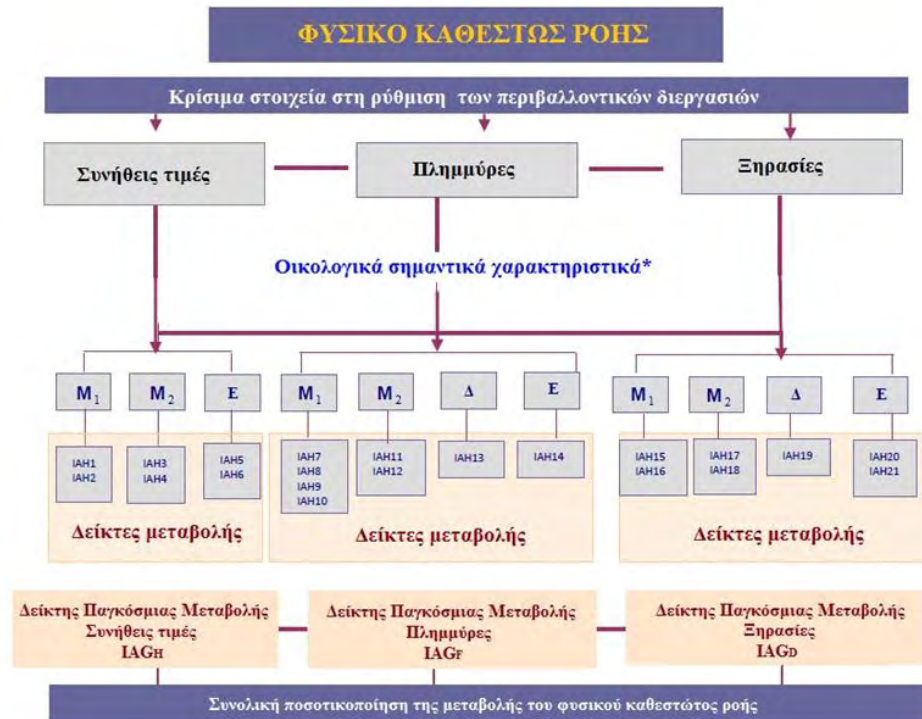
Στην παρούσα εργασία ισχύει:

- Όταν $IAH=0$, είναι ενδεικτικό μέγιστης τροποποίησης
- Όταν $IAH=1$, είναι ενδεικτικό απουσίας τροποποίησης
- Όταν ένας δείκτης ξεπερνάει το 1, είναι ενδεικτικό αυξημένης τροποποίησης

2.5.2. Δείκτες παγκόσμιας μεταβλητότητας

Μετά τον υπολογισμό των δεικτών IAH_1 ως IAH_{21} , χρειάζεται ένας ολικός ποσοτικός προσδιορισμός για τη συγκέντρωση των αποτελεσμάτων των δεικτών κάθε στοιχείου της δίαιτας (συνήθεις τιμές, πλημμύρες, ξηρασίες).

Έτσι, δημιουργείται ο Δείκτης Παγκόσμιας Μεταβλητότητας (Global Alteration Indicators, IAG), ένας δείκτης που ενσωματώνει τους μερικούς δείκτες που αξιολογούν τις μεταβολές σε διαφορετικά θέματα ενός χαρακτηριστικού της δίαιτας.



*Χαρακτηριστικά της ροής με οικολογική σημαντικότητα: M₁ = Μέγεθος, M₂ = Μεταβλητότητα, Δ = Διάρκεια, E = Εποχικότητα

Σχήμα 2.6: Διάγραμμα της διαδικασίας αξιολόγησης των υδρολογικών μεταβολών

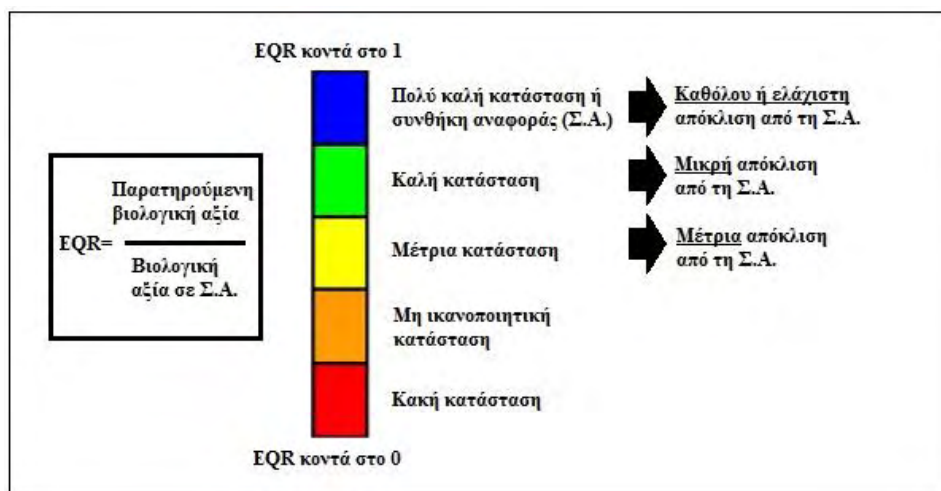
Υπάρχουν τρεις ολικοί δείκτες:

- IAG_H: Παγκόσμιος Δείκτης Μεταβλητότητας για συνήθεις τιμές, παραγόμενος από τους δείκτες μεταβλητότητας IAH1 ως IAH 6.
- IAG_A: Παγκόσμιος Δείκτης Μεταβλητότητας για πλημμύρες, παραγόμενος από τους δείκτες μεταβλητότητας IAH7 ως IAH 14.
- IAG_S: Παγκόσμιος Δείκτης Μεταβλητότητας για ξηρασίες, παραγόμενος από τους δείκτες μεταβλητότητας IAH15 ως IAH21.

2.5.3.Καθορισμός της υδρολογικής κατάστασης

Για την απόδοση μια ποσοτικής και ποιοτικής εκτίμησης του βαθμού τροποποίησης, προτείνονται πέντε επίπεδα ή καταστάσεις υδρολογικής

μεταβλητότητας που καθορίστηκαν με τη χρήση των οδηγιών για τα επίπεδα και τον καθορισμό χρωμάτων (Σχήμα 2.7) στο CIS-WFD, 2003, (Κοινή Στρατηγική της Εφαρμογή (CIS) της Οδηγίας Πλαισίου για τα Ύδατα) Τμήμα 2.6 της κατάταξης οικολογικής καταστάσεως, βασισμένη στις Αναλογίες Οικολογικής Ποιότητας (EQR).



Σχήμα 2.7: Βασικές αρχές της ταξινόμησης της οικολογικής κατάστασης βάσει της Αναλογίας της Οικολογικής Ποιότητας (EQR) (πηγή: CIS-WDF, 2003)

Υπάρχουν δύο στενές σχέσεις ανάμεσα στο EQR και τους δείκτες μεταβολών που προτείνονται σε αυτή την μελέτη:

1. Και στις δύο περιπτώσεις η τροποποίηση αξιολογείται με τη σύγκριση των τιμών μιας δεδομένης παραμέτρου σε μια τροποποιημένη κατάσταση και την τιμή που αφορά στην φυσική ή αναφερόμενη κατάσταση.
2. Το διάστημα διαφοράς περιορίζεται μεταξύ των τιμών 0 και 1, όπου το 1 αναφέρεται στην καλύτερη κατάσταση (ελάχιστη τροποποίηση) και το 0 στη χειρίστη κατάσταση (μέγιστη μεταβολή).

Χρησιμοποιώντας μια ισορροπημένη διανομή των πέντε προτεινόμενων ταξινομήσεων μεταξύ των τιμών 0 και 1, ο Πίνακας 2.10 συνοψίζει τα κριτήρια

αντιπροσώπευσης και ονομασίας των διαφορετικών τύπων των καταστάσεων ή υδρολογικών επιπέδων που προκύπτουν από τους μερικούς δείκτες.

<i>ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ: ΜΕΡΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ (IAH)</i>				
ΕΠΙΠΕΔΟ I	ΕΠΙΠΕΔΟ II	ΕΠΙΠΕΔΟ III	ΕΠΙΠΕΔΟ IV	ΕΠΙΠΕΔΟ V
$0.8 < IAH \leq 1$	$0.6 < IAH \leq 0.8$	$0.4 < IAH \leq 0.6$	$0.2 < IAH \leq 0.4$	$0 \leq IAH \leq 0.2$

Πίνακας 2.10: Επίπεδα, κωδικοί για τα χρώματα και τις τιμές των δεικτών IAH

Για τους δείκτες ολικής μεταβλητότητας, από την τετραγωνική εξίσωση μεταξύ των IAH και IAG – $IAG = f(IAH)^2$ (Σχήμα 2.20) – λαμβάνουμε τα ακόλουθα κριτήρια περιγραφής και αντιπροσωπευτικότητας (Πίνακας 2.11).

<i>ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ: ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ (IAG)</i>				
ΕΠΙΠΕΔΟ I	ΕΠΙΠΕΔΟ II	ΕΠΙΠΕΔΟ III	ΕΠΙΠΕΔΟ IV	ΕΠΙΠΕΔΟ V
$0.64 < IAG \leq 1$	$0.36 < IAG \leq 0.64$	$0.16 < IAG \leq 0.36$	$0.04 < IAG \leq 0.16$	$0 \leq IAG \leq 0.04$

Πίνακας 2.11: Επίπεδα, κωδικός για τα χρώματα και τις τιμές των δεικτών IAG

2.6 Δείκτες υδρολογικής μεταβλητότητας σε σύγχρονα καθεστώτα: Ορισμοί

2.6.1 Δείκτες μεταβλητότητας συνήθων τιμών

Οι μαθηματικές σχέσεις υπολογισμού των δεικτών που προτείνονται για την εκτίμηση της μεταβλητότητας σε περιβαντολλογικώς σημαντικά θέματα (μέγεθος, μεταβλητότητα, εποχικότητα) των συνήθων τιμών (ημερήσια, μηνιαία και ετήσια) του ενδιαιτήματος ροής φαίνονται παρακάτω:

ΙΑΗ 1: Μέγεθος των ετήσιων ποσοτήτων

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση των παραμορφώσεων του μεγέθους των ετήσιων εισροών σε σύγκριση με τις τιμές σε φυσικό καθεστώς

$$IAH1^z = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left[\frac{(AA_{year_i})^a}{(AA_{year_1})^n} \right]^z$$

z= τύπος του έτους (υγρό, κανονικό, ξηρό)

όπου:

- k = Αριθμός των ετών τύπου Z
- (AA)^a = Ετήσιος όγκος σε μια τροποποιημένη δίαιτα
- (AA)ⁿ = Ετήσιος όγκος σε μια φυσική δίαιτα

Δημιουργούνται τρεις δείκτες όγκου: IAH 1^{wet}, IAH 1^{nor} και IAH 1^{dry} για υγρά, κανονικά και ξηρά έτη, αντιστοίχως.

Η τελική τιμή του δείκτη IAH 1 λαμβάνεται ζυγίζοντας αυτές τις τρεις μερικές παραμέτρους με την εκατοστιαία παρουσία κάθε τύπου έτους στην ολική σειρά (25% για τα υγρά και για τα ξηρά και 50% για τα συνήθη έτη).

$$IAH 1 = 0.25 * IAH 1^{wet} + 0.5 * IAH 1^{nor} + 0.25 * IAH 1^{dry}$$

ΙΑΗ 2: Μέγεθος των μηνιαίων ποσοτήτων

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Προκειμένου να αποφευχθούν παραμορφώσεις τιμών που μπορεί να υπάρξουν ανάμεσα σε διαφορετικούς μήνες του έτους όταν εργαζόμαστε με ετήσιες τιμές, αυτός ο δεύτερος δείκτης προτείνεται ως μετριασμός της προηγούμενης κατάστασης δίνοντας το ίδιο βάρος στις μεταβολές κάθε μηνός.

Οι μεταβολές μετρώνται ανά μήνα, για κάθε έναν μήνα, κάθε έτους, που ανήκει σε κάθε τύπο (υγρό, συνήθη, ξηρό). Ο δείκτης τελικά εκφράζεται ως η μέση τιμή όλων των μηνιαίων μεταβολών.

$$IAH 2^z = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \left[\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \frac{(Am_{month i, year j})^a}{(Am_{month i, year j})^n} \right]^z$$

z = τύπος του έτους (υγρό, κανονικό, ξηρό)

όπου:

- K = ο αριθμός των ετών, τύπου Z
- (Am month i , year j) a = μηνιαίος όγκος τον μήνα i του έτους j σε τροποποιημένο καθεστώς.
- (Am month i , year j) n = μηνιαίος όγκος τον μήνα i του έτους j σε φυσικό καθεστώς.

Η τελική τιμή του δείκτη IAH 2 λαμβάνεται ζυγίζοντας/δίνοντας βαρύτητα τα IAH 2^{wet}, IAH 2^{nor}, IAH 2^{dry} σύμφωνα με την εκατοστιαία παρουσία κάθε τύπου του έτους:

$$IAH\ 2 = 0.25\ IAH\ 2^{wet} + 0.5 * IAH\ 2^{nor} + 0.25 * IAH\ 2^{dry}$$

IAH 3: Συνήθης μεταβολή

Αντικειμενικός σκοπός:

Η εκτίμηση της παραμόρφωσης στην συνήθη μεταβλητότητα σε τροποποιημένα καθεστάτα έναντι φυσικών καθεστώτων, στα οποία η συνήθης μεταβολή θεωρείται ότι είναι μία και διανέμεται στις ακραίες τιμές του έτους.

Μαθηματική Σχέση:

$$IAH\ 3^z = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{(Q_{10} - Q_{90})_{year\ i,a}}{(Q_{10} - Q_{90})_{year\ i,n}}$$

z = τύπος του έτους (υγρό, κανονικό, ξηρό)

όπου:

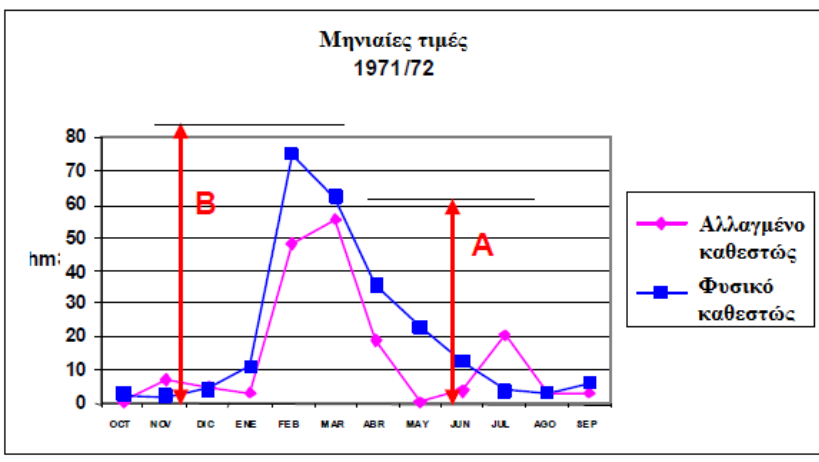
- k = ο αριθμός των ετών των διαθέσιμων σειρών που ανήκουν στον τύπο του έτους Z
- Q_{10} = Ροή που αντιστοιχεί στην κατά 10% υπέρβαση της καμπύλης διάρκειας μέσης ροής, όπως τύπος του έτους Z .
- Q_{90} = Ροή που αντιστοιχεί στην κατά 90% υπέρβαση της καμπύλης διάρκειας μέσης ροής, όπως τύπος του έτους Z .

Οι επιμέρους δείκτες a και n αναφέρονται σε τροποποιημένα και φυσικά καθεστάτα, αντιστοίχως.

ΙΑΗ 4: Ακραία μεταβολή

Αντικειμενικός σκοπός:
 Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση των παραμορφώσεων από το τροποποιημένο καθεστώς στην ακραία μεταβλητότητα των συνήθων τιμών λαμβάνοντας υπ' όψιν το φυσικό καθεστώς.



Σχήμα 2.8: Εκτίμηση δείκτη ακραίας μεταβλητότητας σε δεδομένο έτος

A = μέγιστος μηνιαίος όγκος – ελάχιστος μηνιαίος όγκος σε τροποποιημένο καθεστώς

B = μέγιστος μηνιαίος όγκος – ελάχιστος μηνιαίος όγκος σε φυσικό καθεστώς

$$IAH4^z = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left[\frac{(Am \text{ maximum} - Am \text{ minimum}) \text{ year } i, a}{(Am \text{ maximum} - Am \text{ minimum}) \text{ year } i, n} \right]^z = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left[\frac{A}{B} \right]^z$$

z = τύπος του έτους (υγρό, κανονικό, ξηρό)

όπου:

- k = ο αριθμός των τύπου Z ετών
- $Am \text{ maximum, year } i, a$ = μέγιστος μηνιαίος όγκος έτους i σε τροποποιημένο καθεστώς.

Αντίστοιχα για Am ελάχιστο.

- Am maximum, year i, n = μέγιστος μηνιαίος όγκος έτους i σε φυσικό καθεστώς, Αντίστοιχα για Am ελάχιστο.

Η τελική τιμή του δείκτη IAH 4 λαμβάνεται δίνοντας βαρύτητα στους δείκτες που αφορούν κάθε τύπο του έτους σύμφωνα με την εκατοστιαία αναλογία του τύπου (έτους) στη σειρά:

$$IAH\ 4 = 0.25\ IAH\ 4^{wet} + 0.5 * IAH\ 4^{nor} + 0.25 * IAH\ 4^{dry}$$

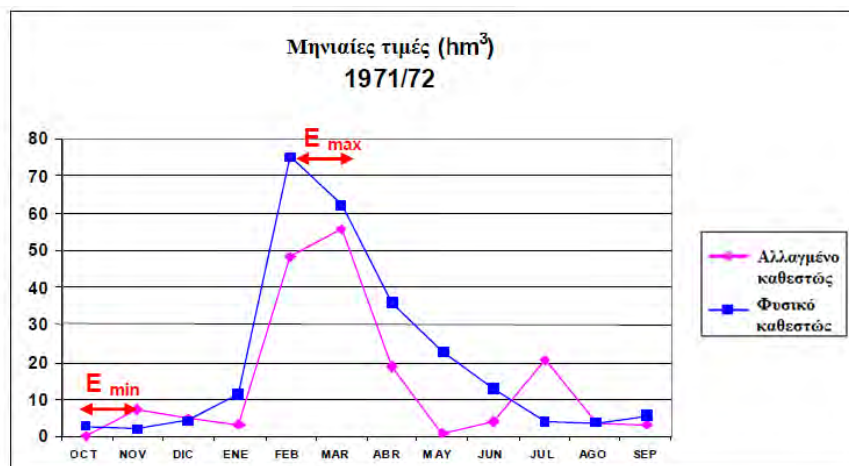
IAH 5: Εποχικότητα μέγιστων τιμών IAH 6: Εποχικότητα ελάχιστων τιμών

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Ο υπολογισμός της παραμόρφωσης της εποχικότητας των φυσικών μηνιαίων όγκων.

Οι διαφορές στην εποχικότητα των ελαχίστων για ένα δεδομένο έτος πρέπει να υπολογίζονται ως η απόκλιση (μετρούμενη σε μήνες) ανάμεσα στον μήνα με την ελάχιστη τιμή σε τροποποιημένο καθεστώς και στον μήνα με την ελάχιστη τιμή σε φυσικό καθεστώς (E_{min} στο σχήμα 2.9). Η απόκλιση για το μέγιστο πρέπει να αξιολογείται ανάμεσα στον μήνα με την μέγιστη τιμή σε τροποποιημένο καθεστώς και στον αντίστοιχο σε φυσικό, για δεδομένο έτος (E_{max} στο σχήμα 2.9).



Σχήμα 2.9: Γραφική αναπαράσταση της σημαντικότητας του δείκτη εποχικότητας ή της εποχικής εκτροπής για μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές

Μια εποχική απόκλιση του μεγίστου IAH 5^Z και του ελαχίστου IAH 6^Z λαμβάνεται για κάθε τύπο έτους, από τους παρακάτω τύπους:

$$IAH 5^Z = 1 - \frac{1}{6} \left[\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\text{months of deviation from maximum})_{\text{year } i} \right]^z$$

$$IAH 6^Z = 1 - \frac{1}{6} \left[\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\text{months of deviation from minimum})_{\text{year } i} \right]^z$$

z = τύπος του έτους (υγρό, κανονικό, ξηρό)

όπου:

- k = ο αριθμός των τύπου Z ετών
- **μήνες με εκτροπή από το μέγιστο** = καθυστέρηση μηνών ανάμεσα στον μήνα μεγίστου όγκου σε τροποποιημένο καθεστώς και στον μήνα μεγίστου σε φυσικό, για δεδομένο έτος.
- **μήνες με εκτροπή από το ελάχιστο** = καθυστέρηση μηνών ανάμεσα στον μήνα ελαχίστου όγκου σε τροποποιημένο καθεστώς και στον μήνα ελαχίστου σε φυσικό, για δεδομένο έτος.

Οι δύο εκτροπές (μέγιστες τιμές και ελάχιστες τιμές) γεννώνται για κάθε τύπο έτους δίνοντας 6 δείκτες εποχικότητας (Πίνακας 2.12).

Τύπος του έτους	Εκτροπή (βασισμένη σε)	Δείκτης εποχικότητας
Υγρό έτος	Μέγιστη (μήνας μεγίστου όγκου)	IAH 5 ^{wet}
	Ελάχιστη (μήνας ελαχίστου όγκου)	IAH 6 ^{wet}
Κανονικό έτος	Μέγιστη (μήνας μεγίστου όγκου)	IAH 5 ^{nor}
	Ελάχιστη (μήνας ελαχίστου όγκου)	IAH 6 ^{nor}
Ξηρό έτος	Μέγιστη (μήνας μεγίστου όγκου)	IAH 5 ^{dry}
	Ελάχιστη (μήνας ελαχίστου όγκου)	IAH 6 ^{dry}

Πίνακας 2.12 – Ονομασία δείκτη εποχικότητας για μέγιστες και ελάχιστες τιμές σε αντιστοιχία με τους τύπους έτους.

Οι τελικές τιμές των δεικτών IAH 5 και IAH 6, (εποχικότητα των μεγίστων και ελαχίστων, αντίστοιχα) λαμβάνονται από τη στάθμιση του ποσοστού της παρουσίας κάθε τύπου του έτους σε σειρά:

$$IAH\ 5 = 0.25\ IAH\ 5^{wet} + 0.5 * IAH\ 5^{nor} + 0.25 * IAH\ 5^{dry}$$

$$IAH\ 6 = 0.25\ IAH\ 6^{wet} + 0.5 * IAH\ 6^{nor} + 0.25 * IAH\ 6^{dry}$$

Ερμηνεία	
Τιμή του IAH	Απόκλιση
0	6 μήνες
0,16	5 μήνες
0,33	4 μήνες
0,5	3 μήνες
0,66	2 μήνες
0,8	1 μήνας
1	Χωρίς απόκλιση

Πίνακας 2.13: Ερμηνεία των αποτελεσμάτων των δεικτών εποχικότητας IAH 5 και IAH 6

2.6.2 Δείκτες μεταβολών πλημμυρών

Η μελέτη των ποσοστών της ανόδου και καθόδου της πλημμύρας δεν αποσκοπεί στο να δημιουργηθεί κάποιος δείκτης μεταβλητότητας, αλλά στο να καθοριστούν τα σχετικά ποσοστά αιχμής σε φυσικό καθεστώς, με σκοπό τη διευκόλυνση της περιγραφής και της χρήσης τους από τον διαχειριστή των πόρων ως πρότυπο όριο για τις πλημμύρες.

IAH 7: Μέγεθος των μεγίστων πλημμυρών

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση μεταβολών στις μέσες τιμές των πλημμυρών.

Ο προτεινόμενος δείκτης αξιολογεί τις μεταβολές στο μέγεθος κορυφαίων πλημμυρών στις οποίες η παράμετρος είναι ο μ.ο. των μεγίστων των σειρών ετήσιας ροής για κάθε τύπο καθεστώτος.

$$IAH\ 7 = \frac{\overline{Qc\ a}}{\overline{Qc\ n}}$$

- \overline{Q}_{ca} = Μέση μέγιστη ετήσια ροή στη διαθέσιμη σειρά σε τροποποιημένη διαίτα
- \overline{Q}_{cn} = Μέση μέγιστη ετήσια ροή στη διαθέσιμη σειρά σε φυσική διαίτα

ΙΑΗ 8: Μέγεθος της αποτελεσματικής παροχής

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση της μεταβλητότητας της τιμής των ροών με ειδική γεωμορφολογική σημασία.

Στις προηγούμενες παραγράφους, επισημαίνεται η σημασία της αποτελεσματικής εκκένωσης (Q_{GL}), για το περιβάλλον, ως ροή η οποία μακροπρόθεσμα συνεισφέρει τα μέγιστα στην κίνηση και μεταφορά της ύλης και ευθύνεται για την γεωμορφολογία του καναλιού κάθετα και οριζόντια. Ο προτεινόμενος δείκτης χρησιμοποιεί ως παράμετρο αναφοράς την αποτελεσματική εκκένωση και διορθώνει την σχέση που λαμβάνουμε από τον εκθέτη 0.5 λαμβάνοντας υπ' όψιν την άμεση σχέση ανάμεσα στο πλάτος ρεύματος και την τετραγωνική ρίζα του Q_{GL} .

$$IAH8 = \left(\frac{Q_{GL\ a}}{Q_{GL\ n}} \right)^{0.5}$$

- $Q_{GL\ a}$ = Αποτελεσματική εκκένωση αναφερόμενη σε τροποποιημένο καθεστώς

- $Q_{GL\ n}$ = Αποτελεσματική εκκένωση αναφερόμενη σε φυσικό καθεστώς

ΙΑΗ 9: Συχνότητα της συνδεσιμότητας παροχής

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση της μεταβλητότητας της συχνότητας των ροών που βεβαιώνουν την περιοδική σύνδεση με την λεκάνη των πλημμυρών.

Ως Απαλλαγή της Συνδεσιμότητας (Q_{CONEC}) καθορίστηκε, στα προηγούμενα κεφάλαια, η ροή που αντιπροσωπεύει τις μέγιστες τιμές που βεβαιώνουν τη σύνδεση ποταμού-λεκάνης πλημμυρών. Είναι στενά συνδεδεμένη με την δυναμική της παρόχθιας ζώνης βλάστησης.

Η μεταβολή των μεγίστων τιμών σε αυτή τη λειτουργία υπολογίζεται ως το πηλίκο της συνδεσιμότητας ροής σε τροποποιημένο καθεστώς προς τη συχνότητα μιας όμοιας ροής σε φυσικό καθεστώς.

$$IAH9 = \frac{T_a (Q_{CONEC})}{T_n (Q_{CONEC})}$$

- Q_{CONEC} = Συνδεσιμότητα παροχής σε φυσική δίαιτα (= ροή που διπλασιάζει την περίοδο επιστροφής της αποτελεσματικής παροχής στο παρόν καθεστώς)
- $T_a(Q_{CONEC})$ = περίοδος επιστροφής αναφερόμενη στη συνδεσιμότητα παροχής, σε τροποποιημένη δίαιτα
- $T_n(Q_{CONEC})$ = περίοδος επιστροφής αναφερόμενη στη συνδεσιμότητα παροχής, σε φυσική δίαιτα

ΙΑΗ 10: Μέγεθος απότομων πλημμυρών

Αντικειμενικός σκοπός:

Ο χαρακτηρισμός των μεταβολών στο μέγεθος των πλημμυρών, με αποφυγή της μεμονωμένης χρήσεως ακραίων τιμών που καλύπτουν/αποκρύπτουν μεγάλο αριθμό μικρότερων πλημμυρών με μεγάλη περιβαλλοντική σημασία.

Μαθηματική Σχέση:

Στα προηγούμενα, η απότομη πλημμύρα καθορίστηκε ως ροή που αντιστοιχεί στο 5% του εκατοστημορίου υπέρβασης ($Q_{5\%}$) στην καμπύλη ροών μέσης διάρκειας. Αυτή είναι μια νέα υδρολογική μεταβλητή, και συνθέτει πολυάριθμες πλευρές των βιολογικών λειτουργιών των μεγίστων τιμών δεδομένου ότι αντανακλά επανεμφανίσεις της συχνότητας μικρότερης του έτους.

Η προτεινόμενη παράμετρος εκτιμά τις μεταβολές της τιμής των απότομων πλημμυρών ανάμεσα στα δύο καθεστάτα:

$$IAH10 = \frac{Q_{5\%a}}{Q_{5\%n}}$$

- $Q_{5\%a}$ = απότομες πλημμύρες σε τροποποιημένη δίαιτα
- $Q_{5\%n}$ = απότομες πλημμύρες σε φυσική δίαιτα

ΙΑΗ 11: Διακύμανση μεγίστων πλημμυρών

Αντικειμενικός σκοπός:

Η ποσοτικοποίηση της παραμόρφωσης στην, ανά τα έτη, διακύμανση των μεγίστων ροών.

Μαθηματική Σχέση:

Ο προτεινόμενος δείκτης χρησιμοποιεί τον συντελεστή διακύμανσης των μεγίστων ετησίων ροών (Q_c) για την εκτίμηση.

$$IAH11 = \frac{CV(Q_{c\ a})}{CV(Q_{c\ n})}$$

- $CV (Q_c a) =$ συντελεστής διακύμανσης σειρών μεγίστων ετησίων ροών σε τροποποιημένη δίαιτα
- $CV (Q_c n) =$ συντελεστής διακύμανσης σειρών μεγίστων ετησίων ροών σε φυσική δίαιτα

ΙΑΗ 12: Μεταβλητότητα απότομων πλημμυρών

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η ποσοτικοποίηση των παραμορφώσεων στην καθ' έτος μεταβλητότητα των ραγδαίων πλημμυρών.

Ο προτεινόμενος δείκτης χρησιμοποιεί τον συντελεστή των μεταβολών των σειρών τιμών $Q_{5\%}$ σε φυσικό ή τροποποιημένο καθεστώς, ως εκτιμητή.

$$IAH12 = \frac{CV(Q_{5\% a})}{CV(Q_{5\% n})}$$

- $CV (Q_{5\% a}) =$ συντελεστής μεταβολής σειρών με τιμές που αναφέρονται σε απότομη πλημμύρα σε τροποποιημένο καθεστώς (ετήσιες σειρές $Q_{5\%}$)
- $CV (Q_{5\% n}) =$ συντελεστής μεταβολής σειρών με τιμές που αναφέρονται σε απότομη πλημμύρα σε φυσικό καθεστώς (ετήσιες σειρές $Q_{5\%}$)

ΙΑΗ 13: Διάρκεια πλημμυρών

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η επιβεβαίωση κατά πόσον οι περίοδοι πλημμυρών διατηρούν όμοιες διάρκειες σε τροποποιημένα καθεστάτα προς αντίστοιχες διάρκειες σε φυσικά.

Η προτεινόμενη παράμετρος για τον χαρακτηρισμό της διάρκειας πλημμύρας που καθορίστηκε στα προηγούμενα, ως ο μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών όταν το όριο $(Q_{5\%})_n$ εξισώνεται ή υπερτερεί.

Διαφοροποιήσεις στη διάρκεια της πλημμύρας κατά συνέπεια αξιολογούνται ως το πηλίκο της αξίας της παραμέτρου σε τροποποιημένο καθεστώς προς τον αντίστοιχο αριθμό σε φυσικό καθεστώς.

$$IAH13 = \frac{(\text{Maximum consecutive days when } Q > (Q_{5\%})_a)}{(\text{Maximum consecutive days when } Q > (Q_{5\%})_n)}$$

- (Maximum consecutive days when $Q > Q_{5\% n}$) a = Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών, κατά μ.ο., σε τροποποιημένο καθεστώς, όταν μια απότομη φυσική πλημμύρα εξισώνεται ή υπερτερεί.
- (Maximum consecutive days when $Q > Q_{5\% n}$) n = Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών, κατά μ.ο., σε φυσικό καθεστώς, όταν μια απότομη φυσική πλημμύρα εξισώνεται ή υπερτερεί.

IAH 14: Εποχικότητα πλημμυρών

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Ο δείκτης προτείνεται για την αξιολόγηση μεταβολών πλημμυρών από εποχικής απόψεως.

Όπως στα προηγούμενα, η ροή που αντιστοιχεί σε $Q_{5\%}$ σε φυσικό καθεστώς επιλέγεται ως αναφορά για διάκριση της παρουσίας ή απουσίας πλημμύρας σε συγκεκριμένο μήνα.

Η διαδικασία εστιάζει στο να εκτιμηθούν οι επιδράσεις στην εποχικότητα των πλημμυρών για κάθε μήνα του έτους, και εν συνεχεία να υπολογιστεί ο δείκτης τροποποίησης ως ο μ.ο. των μηνιαίων δεικτών.

Ο μηνιαίος δείκτης IAH 14 month i λαμβάνεται από την ακόλουθη λογική σχέση:

- If $ABS(\text{natural-altered}) > 5 \Rightarrow IAH\ 14^{\text{month } i} = 0$
- If $ABS(\text{natural-altered}) \leq 5 \Rightarrow IAH14^{\text{month } i} = \frac{5 - ABS(\text{NATURAL} - \text{ALTERED})}{5}$

όπου

- ABS: απόλυτη τιμή
- NATURAL: μ.ο. ημερών ανά μήνα όταν $Q > Q_{5\% n}$ σε φυσικό καθεστώς για τον υπό εξέταση μήνα
- ALTERED: μ.ο. ημερών ανά μήνα όταν $Q > Q_{5\% n}$ σε τροποποιημένο καθεστώς για τον υπό εξέταση μήνα

Τέλος, ο δείκτης IAH 14 αποτελεί τον μ.ο. των τιμών των 12 μηνών.

2.6.3 Δείκτες μεταβολών ξηρασιών

Οι παρακάτω δείκτες προτείνονται για την εκτίμηση των μεταβολών στο μέγεθος της ξηρασίας, την συχνότητά της, την μεταβλητότητα, την εποχικότητα και την διάρκειά.

IAH 15: Μέγεθος ακραίων ξηρασιών

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση μεταβολών στις ελάχιστες ετήσιες ροές.

Ο προτεινόμενος δείκτης υπολογίζει μεταβολές στο μέγεθος της ξηρασίας στη βάση σχέσης μεταξύ της μέσης ελάχιστης ετήσιας ροής που σχετίζεται με τροποποιημένο και φυσικό καθεστώς

$$IAH15 = \frac{\overline{Q_{s\ a}}}{\overline{Q_{s\ n}}}$$

- $\overline{Q_{s\ a}}$ = Μέση ελάχιστη ετήσια ροή στη διαθέσιμη σειρά σε τροποποιημένη δίαιτα
- $\overline{Q_{s\ n}}$ = Μέση ελάχιστη ετήσια ροή στη διαθέσιμη σειρά σε φυσική δίαιτα

IAH 16: Μέγεθος συνήθους ξηρασίας

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση μεταβολών σε μεγέθη ξηρασίας, με αποφυγή αποκλειστικής χρήσης ελάχιστων τιμών, δεδομένου ότι αποκρύπτουν άλλες καταστάσεις, που αν και λιγότερο κρίσιμες, έχουν μεγάλη περιβαλλοντική σημασία.

$$IAH16 = \frac{Q_{95\% \ a}}{Q_{95\% \ n}}$$

όπου:

- $Q_{95\% \ a}$ = ροή (m^3/sec) που αντιστοιχεί σε συνήθη ξηρασία σε τροποποιημένο καθεστώς

- $Q_{95\% n}$ = ροή (m³/sec) που αντιστοιχεί σε συνήθη ξηρασία σε φυσικό καθεστώς

ΙΑΗ 17: Μεταβλητότητα ακραίων ξηρασιών

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση των μεταβολών στην μεταβλητότητα των ελαχίστων ετήσιων ροών.

Χρησιμοποιείται ως παράμετρος για την εκτίμηση της μεταβολής του συντελεστή μεταβολής των ελαχίστων ετήσιων ροών που αντιστοιχούν σε κάθε ένα καθεστώς.

$$IAH17 = \frac{CV(Q_{5a})}{CV(Q_{5n})}$$

- $CV(Q_{5a})$ = παράμετρος μεταβολής των ελαχίστων ετήσιων ροών που αντιστοιχούν σε τροποποιημένο καθεστώς
- $CV(Q_{5n})$ = παράμετρος μεταβολής των ελαχίστων ετήσιων ροών που αντιστοιχούν σε φυσικό καθεστώς

ΙΑΗ 18: Μεταβλητότητα συνήθων ξηρασιών

Αντικειμενικός σκοπός:

Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση μεταβολών των πλέον συχνών ξηρασιών.

Ο προτεινόμενος δείκτης χρησιμοποιεί ως παράμετρο εκτίμησης τον συντελεστή μεταβολής των σειρών των τιμών $Q_{95\%}$ που αντιστοιχούν στα δύο καθεστώτα.

$$IAH18 = \frac{CV(Q_{95\%a})}{CV(Q_{95\%n})}$$

- $CV(Q_{95\%a})$ = συντελεστής μεταβολής των ετήσιων σειρών τιμών που αντιστοιχούν σε συνήθη ξηρασία σε τροποποιημένο καθεστώς (ετήσια σειρά $Q_{95\%}$).
- $CV(Q_{95\%n})$ = συντελεστής μεταβολής των ετήσιων σειρών τιμών που αντιστοιχούν σε συνήθη ξηρασία σε φυσικό καθεστώς (ετήσια σειρά $Q_{95\%}$).

ΙΑΗ 19: Διάρκεια ξηρασιών

Αντικειμενικός σκοπός:

Η εξέταση κατά πόσον, σε τροποποιημένη διαίτα, οι περίοδοι ξηρασίας έχουν όμοια διάρκεια με εκείνες σε φυσική διαίτα.

Μαθηματική Σχέση:

Η προτεινόμενη παράμετρος της διάρκειας ξηρασίας καθορίστηκε προηγουμένως ως ο μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών όταν το όριο του $Q_{95\%}$ n δεν έχει ξεπεραστεί. Η μεταβολή στη διάρκεια της ξηρασίας αξιολογείται ως το πηλίκο της τιμής της παραμέτρου σε τροποποιημένο καθεστώς προς την αντίστοιχη σε φυσικό.

$$IAH19 = \frac{(\text{Maximum consecutive days when } Q < Q_{95\%} n)_a}{(\text{Maximum consecutive days when } Q < Q_{95\%} n)_n}$$

- (Maximum consecutive days when $Q < Q_{95\%} n$)_a = Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών, κατά μ.ό., σε τροποποιημένο καθεστώς, όταν η ομαλή φυσική ξηρασία δεν υπερβαίνεται.
- (Maximum consecutive days when $Q < Q_{95\%} n$)_n = Μέγιστος αριθμός διαδοχικών ημερών, κατά μ.ό., σε φυσικό καθεστώς, όταν η ομαλή φυσική ξηρασία δεν υπερβαίνεται.

ΙΑΗ 20: Αριθμός ημερών με μηδενική ροή

Αντικειμενικός σκοπός:

Η αξιολόγηση μεταβολών στον χαρακτηριστικό αριθμό ημερών με μηδενική ροή σε φυσικό καθεστώς.

Μαθηματική Σχέση:

Η διαδικασία επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των επιδράσεων στη διάρκεια των περιόδων χωρίς ροή για κάθε μήνα του έτους και εν συνεχεία στον υπολογισμό του δείκτη μεταβλητότητας ως μ.ο. των παραπάνω μηνιαίων δεικτών.

Ο μηνιαίος δείκτης $IAH 20^{month i}$ λαμβάνεται ως εξής:

- Si $ABS(\text{natural-altered}) > 5 \rightarrow IAH 20^{month i} = 0$
- If $ABS(\text{natural-altered}) \leq 5 \rightarrow IAH 20^{month i} = \frac{5 - ABS(\text{NATURAL - ALTERADO})}{5}$

όπου:

- ABS: απόλυτη τιμή

- NATURAL: μ.ό. ημερών το μήνα όταν $Q=0$ σε φυσικό καθεστώς για τον υπό εξέταση μήνα.
- ALTERED: μ.ό. ημερών το μήνα όταν $Q=0$ σε τροποποιημένο καθεστώς για τον υπό εξέταση μήνα.

Ο τελικός δείκτης IAH 20 λαμβάνεται ως μ.ό. των 12 μηνιαίων τιμών.

IAH 21: Εποχικότητα ξηρασιών	
<p>Αντικειμενικός σκοπός: Μαθηματική Σχέση:</p>	<p>Αυτός ο δείκτης προτείνεται για την αξιολόγηση μεταβολών στην εποχικότητα των ξηρασιών. Όπως στα προηγούμενα, η αναφορά της ροή που επιλέχθηκε για την διάκριση της παρουσίας ή της απουσίας ξηρασίας σε μηνιαία δεδομένα είναι $Q_{95\%}$, σε φυσικό καθεστώς.</p>

Η διαδικασία επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των επιδράσεων της εποχικότητας των ξηρασιών για κάθε μήνα του έτους και τον υπολογισμό των δεικτών τροποποίησης ως μ.ό. των ανωτέρω μηνιαίων δεικτών.

Ο μηνιαίος δείκτης $IAH_{21}^{month\ i}$ λαμβάνεται ως εξής:

- If $ABS(natural-altered) > 5 \rightarrow IAH_{21}^{month\ i} = 0$
- If $ABS(natural-altered) \leq 5 \rightarrow IAH_{21}^{month\ i} = \frac{5 - ABS(NATURAL - ALTERED)}{5}$

όπου:

- ABS: απόλυτη τιμή
- NATURAL: μ.ό. ημερών ανά μήνα όταν $Q < Q_{95\%}$ η σε φυσικό καθεστώς για τον εκάστοτε μήνα.
- ALTERED: μ.ό. ημερών ανά μήνα όταν $Q < Q_{95\%}$ η σε τροποποιημένο καθεστώς για τον εκάστοτε μήνα.

Ο τελικός δείκτης IAH 21 λαμβάνεται ως μ.ό. των 12 μηνιαίων τιμών.

2.7. Δείκτες υδρολογικής μεταβλητότητας σε μη σύγχρονα καθεστάτα: Ορισμοί

2.7.1 Δείκτες μεταβλητότητας σε συνήθεις τιμές

Σε μη σύγχρονες καταστάσεις (< 15 ετών από κοινού ανάμεσα σε φυσικές και τροποποιημένες σειρές) οι μεταβολές στις συνήθεις τιμές πρέπει να υπολογίζονται με τη χρήση ειδικά καθορισμένων δεικτών. Όμως, μεταβολές σε ακραίες τιμές, - πλημμύρες και ξηρασίες-, δεν απαιτούν το να συμβαίνουν την ίδια χρονική περίοδο, και επιτρέπουν την αξιολόγηση με τη χρήση των δεικτών IAH 7 – IAH 21 όπως στα προηγούμενα περί σύγχρονων καθεστώτων.

Ο Πίνακας 2.14 ταξινομεί τους 25 δείκτες που επιτρέπουν την αξιολόγηση της τροποποίησης σε μη σύγχρονες καταστάσεις.

M 2: Μέγεθος μηνιαίων όγκων	
Αντικειμενικός σκοπός:	Για την αποφυγή αντισταθμίσεων που μπορεί να εμφανιστούν ανάμεσα σε διαφορετικούς μήνες του έτους όταν χρησιμοποιούνται ετήσιες τιμές, ο δείκτης αυτός προτείνεται προς μετριασμό της προηγούμενης κατάστασης κατανέμοντας ισάξια την μεταβολή κάθε μήνα.
Μαθηματική Σχέση:	Η μεταβολή εκτιμάται κατά μήνα, για κάθε μήνα του έτους. Ο δείκτης τελικά εκφράζεται ως η μέση τιμή όλων των εκτιμώμενων μηνιαίων μεταβολών.

$$M 2 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \frac{\overline{(Am\ mes\ i)}_a}{\overline{(Am\ mes\ i)}_n}$$

- όπου:
- $\overline{Am\ mes\ i}_a$ = Μέσο μηνιαίο μέγεθος σε τροποποιημένη δίαιτα
 - $\overline{Am\ mes\ i}_n$ = Μέσο μηνιαίο μέγεθος σε φυσική δίαιτα

Μαθηματική Σχέση:	M 3_{monthi}: Μέγεθος μηνιαίων όγκων (για κάθε μήνα) Η μεταβολή εκτιμάται ανεξάρτητα για κάθε μήνα, για να παραχθούν οι δείκτες των 12 μηνών.
-------------------	---

$$M_{\text{month } i} = \frac{\overline{(Am \text{ mes } i)}_a}{\overline{(Am \text{ mes } i)}_n}$$

όπου: - $\overline{Am \text{ month } ia}$ = Μέσο μηνιαίο μέγεθος του μήνα i σε τροποποιημένη διαίτα

- $\overline{Am \text{ month } in}$ = Μέσο μηνιαίο μέγεθος του μήνα i σε φυσική διαίτα

Χαρακτηριστικό		Κωδικός	Περιγραφή	Πηγή της παραμέτρου
Συνήθειες τιμές	Μέγεθος	M1	Μέγεθος των ετήσιων όγκων	H1
		M2	Μέγεθος των μηνιαίων όγκων	H4
		M3	Μέγεθος των μηνιαίων όγκων (12 τιμές, μια για κάθε μήνα)	H4
	Μεταβλητότητα	V1	Μεταβλητότητα των ετήσιων όγκων	H3
		V2	Μεταβλητότητα των μηνιαίων όγκων	H6
		V3	Μεταβλητότητα των μηνιαίων όγκων (12 τιμές, μια για κάθε μήνα)	H6
		V4	Ακραία μεταβλητότητα	H7
		IAH3	Κανονική μεταβλητότητα	P4
	Εποχικότητα	E1	Εποχικότητα των μέγιστων τιμών	H8
E2		Εποχικότητα των ελάχιστων τιμών	H9	
Πλημμύρες	Μέγεθος και Συχνότητα	IAH 7	Μέγεθος μέγιστων πλημμυρών	P5
		IAH 8	Μέγεθος αποτελεσματικής παροχής	P6
		IAH 9	Μέγεθος συνδεσιμότητας παροχής	P7
		IAH 10	Μέγεθος απότομων πλημμυρών	P8
	Μεταβλητότητα	IAH 11	Μεταβλητότητα μέγιστων πλημμυρών	P9
		IAH 12	Μεταβλητότητα αποτελεσματικής παροχής	P10
	Διάρκεια	IAH 13	Διάρκεια πλημμυρών	P11
	Εποχικότητα	IAH 14	Εποχικότητα πλημμυρών (12 τιμές, μια για κάθε μήνα)	P12
Ξηρασίες	Μέγεθος και Συχνότητα	IAH 15	Μέγεθος ακραίων ξηρασιών	P13
		IAH 16	Μέγεθος συνήθων ξηρασιών	P14
	Μεταβλητότητα	IAH 17	Μεταβλητότητα ακραίων ξηρασιών	P15
		IAH 18	Μεταβλητότητα συνήθων ξηρασιών	P16
	Διάρκεια	IAH 19	Διάρκεια ξηρασιών	P17
		IAH 20	Ν° των ημερών με τις ημέρες με μηδενική ροή (12 τιμές, μία για κάθε μήνα)	P18
		IAH 21	Εποχικότητα ξηρασιών (12 τιμές, μια για κάθε μήνα)	P19

Πίνακας 2.14: Μεταβολή των δεικτών συνήθων τιμών σε μη-σύγχρονα καθεστάτα. Με πορτοκαλί χρώμα επισημαίνονται οι δείκτες που είναι παρόμοιοι με αυτούς των σύγχρονων καθεστώτων, ενώ με κίτρινο χρώμα επισημαίνονται οι δείκτες που αναφέρονται σε μηνιαίες μετρήσεις και υπολογίζονται από τον ετήσιο μέσο όρο του κάθε έτους

V1: Μεταβλητότητα των ετήσιων ποσοτήτων

Αντικειμενικός
σκοπός:
Μαθηματική Σχέση:

Η εκτίμηση μεταβολών στην μεταβλητότητα όσον αφορά τις ετήσιες παροχές

$$V_1 = \frac{CV(AA)_a}{CV(AA)_n}$$

όπου:

- CV (AA) a: συντελεστής μεταβολής σε σειρές ετήσιων ποσοτήτων σε τροποποιημένη διαίτα
- CV (AA) n: συντελεστής μεταβολής σε σειρές ετήσιων ποσοτήτων σε φυσική διαίτα

V2: Μεταβλητότητα των μηνιαίων ποσοτήτων

Αντικειμενικός
σκοπός:
Μαθηματική Σχέση:

Η αξιολόγηση των τροποποιήσεων στην μεταβλητότητα όσον αφορά τις μηνιαίες παροχές

$$V_2 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \frac{CV(Am\ month\ i)_a}{CV(Am\ month\ i)_n}$$

όπου:

- CV (Am month i) a = συντελεστής μεταβολής των σειρών των μηνιαίων όγκων για μήνα i σε τροποποιημένη διαίτα
- CV (Am month i) n = συντελεστής μεταβολής των σειρών των μηνιαίων όγκων για μήνα i σε φυσική διαίτα

V3: Μεταβλητότητα των μηνιαίων όγκων (για κάθε μήνα)

Μαθηματική Σχέση:

$$V_{3\ month\ i} = \frac{CV(Am\ month\ i)_a}{CV(Am\ month\ i)_n}$$

όπου:

- CV (Am month i) a = συντελεστής μεταβολής σειρών όγκων για μήνα i σε τροποποιημένο καθεστώς
- CV (Am month i) n = συντελεστής μεταβολής σειρών όγκων για μήνα i σε φυσικό καθεστώς

V4: Ακραία μεταβλητότητα

Αντικειμενικός σκοπός:

Η αξιολόγηση των μεταβολών που προκαλούνται από το τροποποιημένο καθεστώς στην ακραία μεταβλητότητα συνήθων τιμών σε σύγκριση με το φυσικό καθεστώς.

Μαθηματική Σχέση:

$$V4 = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Am\ maximum - Am\ minimum)\ year\ i,\ a}{\frac{1}{M} \sum_{p=1}^M (Am\ maximum - Am\ minimum)\ year\ p,\ n}$$

- **Am maximum, year i, a** = Μέγιστος ετήσιος όγκος έτους i σε τροποποιημένο καθεστώς. Όμοια για Am maximum, year i, a.
- **Am maximum, year i, n** = Μέγιστος ετήσιος όγκος έτους i σε φυσικό καθεστώς. Όμοια για Am maximum, year p, n.

N = διαθέσιμα έτη σε τροποποιημένο καθεστώς

M = διαθέσιμα έτη σε φυσικό καθεστώς

E1: Εποχικότητα των μέγιστων τιμών

Αντικειμενικός σκοπός:

Η αξιολόγηση των μεταβολών που προκαλούνται από το τροποποιημένο καθεστώς προς τη εποχικότητα των μηνιαίων μεγίστων φυσικών παροχών.

Μαθηματική Σχέση:

Μετά τη δημιουργία του πίνακα των σχετικών συχνοτήτων για την παρουσία των μεγίστων κάθε μήνα (βλ. παράμετρος H8, Πίνακας 2.14), η μεταβολή στην εποχικότητα των μεγίστων εκτιμάται ως η διαφορά (μετρούμενη σε μήνες) ανάμεσα στο μήνα με την υψηλότερη μέγιστη συχνότητα σε φυσικό καθεστώς και στον μήνα με τη μέγιστη συχνότητα σε τροποποιημένο. Όταν το μέγιστο είναι το ίδιο σε πολλούς μήνες (πχ πολλοί μήνες έχουν τη μέγιστη σχετική συχνότητα), το

επιλεγόμενο μέγιστο πρέπει να είναι ο πρώτος μήνας σε χρονολογική σειρά (Οκτώβριος – Σεπτέμβριος). Μετά τον καθορισμό των μεγίστων για κάθε καθεστώς η διαδικασία θα ακολουθείται όπως παρακάτω:

- Αρχίζοντας από το μήνα με τη μέγιστη συχνότητα σε φυσικό καθεστώς καθορίζεται ο αριθμός των μηνών (x months) χρονολογικά πριν από τον πιο μακρινό μήνα στον οποίο λαμβάνει χώρα η μέγιστη συχνότητα σε τροποποιημένο καθεστώς.
- Αρχίζοντας από το μήνα με τη μέγιστη συχνότητα σε φυσικό καθεστώς καθορίζεται ο αριθμός των μηνών που μένουν (y months) μέχρι τον πρώτο μήνα μέγιστης συχνότητας σε τροποποιημένο καθεστώς.
- Ο αριθμός διαφοράς σε μήνες (απόκλιση) δίδεται από το μεγαλύτερο των προηγουμένως ληφθεισών τιμών x και y, οι οποίες δεν πρέπει να ξεπερνούν τους 6 μήνες.
- Η τελική τιμή του δείκτη είναι:

$$E1 = 1 - \frac{1}{6}(\text{months delay})$$

Ερμηνεία	
E1	Απόκλιση
0	6 μήνες
0,16	5 μήνες
0,33	4 μήνες
0,5	3 μήνες
0,66	2 μήνες
0,8	1 μήνας
1	Χωρίς απόκλιση

Πίνακας 2.15: Απόκλιση των αποτελεσμάτων του δείκτη εποχικότητας

Αντικειμενικός σκοπός:

E2: Εποχικότητα των ελάχιστων τιμών

Η αξιολόγηση των μεταβολών που προκαλείται από το τροποποιημένο καθεστώς προς την εποχικότητα των μηνιαίων φυσικών ελαχίστων.

Μαθηματική Σχέση:

Μετά τη σύνταξη του πίνακα των σχετικών συχνοτήτων για την παρουσία των ελαχίστων κάθε μηνός, η μεταβολή στην εποχικότητα των ελαχίστων εκτιμάται ως η διαφορά (μετρούμενη σε μήνες) ανάμεσα στον μήνα με την υψηλότερη μέγιστη συχνότητα σε φυσικό καθεστώς και τον μήνα με την μέγιστη συχνότητα σε τροποποιημένο. Όταν το μέγιστο είναι ίδιο σε πολλούς μήνες (πχ πολλοί μήνες έχουν την μέγιστη σχετική συχνότητα), το επιλεγόμενο μέγιστο πρέπει να είναι ο πρώτος μήνας με χρονολογική σειρά (Οκτώβριος – Σεπτέμβριος). Αφού καθοριστούν αυτά τα μέγιστα για κάθε καθεστώς η διαδικασία θα ακολουθείται όπως παρακάτω:

- Αρχίζοντας από το μήνα με τη μέγιστη συχνότητα σε φυσικό καθεστώς καθορίζεται ο αριθμός των μηνών (x months) χρονολογικά πριν από τον πιο μακρινό μήνα στον οποίο λαμβάνει χώρα η μέγιστη συχνότητα σε τροποποιημένο καθεστώς.
- Αρχίζοντας από το μήνα με τη μέγιστη συχνότητα σε φυσικό καθεστώς καθορίζεται ο αριθμός των μηνών που μένουν (y months) μέχρι τον πιο μακρινό μήνα μέγιστης συχνότητας σε τροποποιημένο καθεστώς.
- Ο αριθμός διαφοράς σε μήνες (απόκλιση) δίδεται από τη μεγαλύτερη από τις προηγούμενες τιμή x ή y η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 6 μήνες.
- Η τελική τιμή του δείκτη:

$$E2 = 1 - \frac{1}{6} (\text{months delay})$$

2.8 Δείκτης παγκόσμιας μεταβλητότητας για συνήθεις τιμές

Ο συνολικός Δείκτης Μεταβλητότητας για συνήθεις τιμές σε μη σύγχρονες καταστάσεις (IAG H) υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους δείκτες μερικής μεταβλητότητας:

M1, M2, V1, V4, E1, E2.

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

3.1 Εφαρμογή του IAHRIS

Το πρόγραμμα IAHRIS φιλοδοξεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο τόσο για την επιστημονική κοινότητα όσο και για αυτήν της διαχείρισης υδάτων και το χαρακτηρισμό της υδρολογικής κατάστασης των υδάτινων σωμάτων (Martínez C. et al., 2010).

Μέσω της εφαρμογής του IAHRIS:

- Προσδιορίζεται ποσοτικά η υδρολογική τροποποίηση που προκαλείται από απολήψεις νερού σε φυσικό καθεστώς ροής.
- Ερμηνεύονται οι επιδράσεις των τροποποιήσεων του καθεστώτος ροής για την ακεραιότητα του ποτάμιου οικοσυστήματος.
- Χρησιμεύει ως πεδίο δοκιμών:
 - Αξιολογώντας την τροποποίηση που προκαλείται από τα διαφορετικά σενάρια διαχείρισης για το φυσικό καθεστώς ροής.
 - Χαρακτηρίζοντας ένα βέλτιστο υδρολογικό δυναμικό, σε ιδιαιτέρως τροποποιημένα υδατικά συστήματα, όπου το καθεστώς προέρχεται από τις μεταβολές που συνδέονται με την αυστηρή εξέταση των συνθηκών που ενισχύουν τον ιδιαιτέρως τροποποιημένο χαρακτήρα του.
- Αναγνωρίζονται τα στοιχεία του καθεστώτος ροής που συνδέονται πιο άμεσα με την αποκατάσταση ή με την ανάκτηση της υπό εξέτασης έκτασης.
- Διορθώνονται αντικειμενικά κριτήρια, προκειμένου να καθοριστούν προτεραιότητες για την αποκατάσταση των ποταμών.
- Ορίζονται περιβαλλοντικά καθεστάτα ροής, τα οποία αναπαράγουν τις πιο σημαντικές περιβαλλοντικές πτυχές του φυσικού καθεστώτος ροής.

- Προσδιορίζονται τα ιδιαίτερος τροποποιημένα υδατικά συστήματα με αντικειμενικά κριτήρια.

Σημαντικά σημεία του λογισμικού:

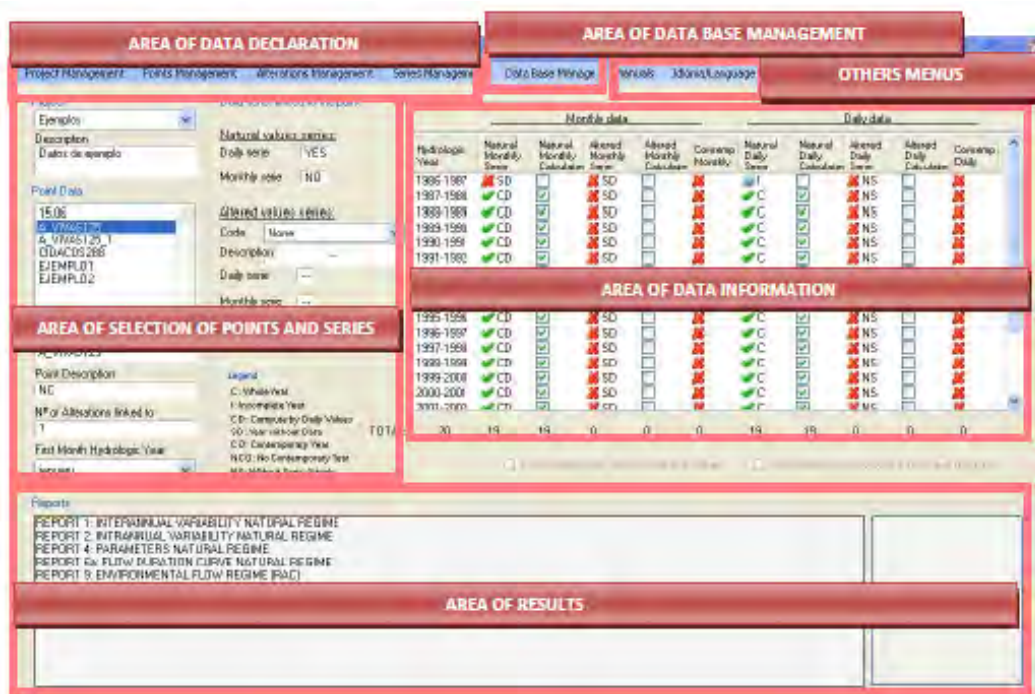
- Το λογισμικό είναι δομημένο γύρω από μια βάση δεδομένων, όπου το σημείο κώδικα (POINT CODE) είναι και το στοιχείο σύνδεσης μεταξύ του σημείου της ανάλυσης και όλων των διαθέσιμων πληροφοριών που σχετίζονται με αυτό.
- Η πρώτη ενέργεια που πρέπει να πραγματοποιείται από τον χρήστη είναι η δήλωση του έργου.
- Στη συνέχεια, η δεύτερη ενέργεια είναι η δήλωση του σημείου. Ο κωδικός που θα εκχωρηθεί σε αυτό το σημείο χρησιμοποιείται ως απαραίτητη πληροφορία σε όλες τις σειρές που αναλύθηκαν για τη μελέτη του καθεστώτος ροής σε εκείνο το σημείο. Επιπλέον, αυτός θα είναι ο κωδικός αναγνώρισης του σημείου στις επιμέρους αναφορές που αναπτύσσονται από το λογισμικό. Έτσι, η εκλογή του κώδικα πρέπει να γίνει προσεκτικά, και θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη όταν δημιουργούνται τα αρχεία δεδομένων, δεδομένου ότι θα πρέπει να εισαχθεί υποχρεωτικά στην πρώτη γραμμή όλων αυτών των αρχείων. Με αυτό τον τρόπο, τη στιγμή που τα αρχεία θα εισάγονται στη βάση δεδομένων, θα συνδέονται αυτόματα στο σχετικό σημείο.
- Το λογισμικό διαβάζει μόνο αρχεία csv. Αυτά τα αρχεία μπορούν να παραχθούν από διαφορετικά προγράμματα, και πολύ εύκολα με το Excel, επιλέγοντας την επιλογή που αναφέρεται σε αυτόν τον τύπο αρχείου στην καρτέλα *Αρχείο* με την επιλογή *Αποθήκευση ως*.

- Είναι σημαντικό να ελεγχθούν (i) ότι δεν υπάρχουν κενές γραμμές, και (ii) ότι όλες οι γραμμές περιέχουν τιμή και ημερομηνία. Όταν χρησιμοποιείται το Excel, συνιστάται να αναθεωρούνται τα αρχεία CSV που δημιουργούνται, έτσι ώστε να επαληθεύεται ότι πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για το πρόγραμμα IAHRIS. Σε κάποιες περιπτώσεις, το Excel προσθέτει κενές γραμμές στο τέλος των αρχείων csv, καθιστώντας το αρχείο άχρηστο για το IAHRIS.
- Το λογισμικό απορρίπτει οποιοδήποτε αρχείο δεν είναι δομημένο αυστηρά με αυτές τις προϋποθέσεις.

3.2 Το λογισμικό

3.2.1 Πρώτη προσέγγιση

Το λογισμικό παρουσιάζεται όπως φαίνεται παρακάτω (Σχήμα 3.1)



Σχήμα 3.1: Εμφάνιση του λογισμικού, όπου διακρίνονται οι 4 βασικές περιοχές λειτουργιών του, Περιοχή δήλωσης στοιχείων (Area of data declaration), Περιοχή επιλογής σημείων και σειρών (Area of selection points and series), Περιοχή πληροφοριών των δεδομένων (Area of data information), Περιοχή αποτελεσμάτων (Area of results).

3.2.2 Παράδειγμα

Προκειμένου ο χρήστης να εξοικειωθεί με το λογισμικό αυτό, είναι ενσωματωμένα κατά την εγκατάσταση, στη βάση δεδομένων, δύο διαφορετικά παραδείγματα ως *Παραδείγματα ("EJEMPLOS")*:

		CODE / ΚΩΔΙΚΟΣ		DATA / ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
		POINT	ALTERATION	NATURAL	ALTERED
		/ ΣΗΜΕΙΟ	/ ΑΛΛΑΓΗ	/ ΦΥΣΙΚΟ	/ ΑΛΛΑΓΜΕΝΟ
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1	EJEMPLO1	EJEM1_ALTERA	Daily / Καθημερινά	Daily / Καθημερινά	
			1973/74 to 2001/02	1973/74 to 2001/02	
			18 years / 18 έτη	18 years / 18 έτη	
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2	EJEMPLO2	EJEM2_ALTERA	Daily / Καθημερινά	Daily / Καθημερινά	
			1963/64 to 1997/98	1974/75 to 1997/98	
			23 years / 23 έτη	23 years / 23 έτη	

Σχήμα 3.2: Παράδειγμα εξοικείωσης του χρήστη με το λογισμικό

Αρχικά γίνεται η επιλογή ενός κωδικού για το Σημείο (έως 12 χαρακτήρες) και ενός κωδικού για την Τροποποίηση (έως 12 χαρακτήρες). Σε αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιείται το PUNTO_Prueba ως Κωδικός Σημείου και το ALTER_Prueba ως Κωδικός Μεταβλητότητας.

→ Το λογισμικό είναι δομημένο γύρω από μια βάση δεδομένων, όπου το σημείο κώδικα είναι το στοιχείο σύνδεσης μεταξύ του συγκεκριμένου σημείου και όλων των διαθέσιμων σχετικών δεδομένων. Ο κωδικός σημείου πρέπει να χρησιμοποιείται ως απαραίτητη πληροφορία για όλες τις σειρές που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση του καθεστώτος ροής στο σημείο εκείνο. Εκτός αυτού, ο εν λόγω κωδικός θα εμφανιστεί στα διάφορα παράθυρα και στις αναφορές που δημιουργούνται, όπως το αναγνωριστικό σημείο. Έτσι, η επιλογή του θα πρέπει να είναι προσεκτική, και θα πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται υπόψη κατά την παραγωγή των αρχείων δεδομένων, δεδομένου ότι πρέπει να εισαχθεί στην

κεφαλίδα του κάθε αρχείου. Με τον τρόπο αυτό, τη στιγμή που τα αρχεία εισάγονται στη βάση δεδομένων θα συνδέονται αυτόματα στο σχετικό σημείο.

Έπειτα στον Πίνακα ελέγχου ελέγχεται η διαμόρφωση του συστήματος, για να επιβεβαιωθεί το ερωτηματικό (;) ως διαχωριστικό λίστας και ότι η ημερομηνία είναι της μορφής ηη / μμ / εεεε.

→ Ο έλεγχος συνεπάγεται μέσω των εντολών Πίνακας Ελέγχου - Διαμόρφωση - Επιλογές - Εξατομίκευση. Ο διαχωριστής κατάλογος, που χρησιμοποιείται από το σύστημα, παρουσιάζεται στην καρτέλα *Αριθμοί*. Το ερωτηματικό δεν θα πρέπει να είναι επιλεγμένο, και θα πρέπει να επισημαίνεται αυτό μεταξύ των διαφόρων διαθέσιμων επιλογών. Η μορφή της ημερομηνίας μπορεί να επαληθεύεται στην καρτέλα *Ημερομηνία*, και εάν είναι απαραίτητο, να επιλέγεται η κατάλληλη μορφή για το πρόγραμμα IAHRIS (ηη / μμ / εεεε), όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Στη συνέχεια δουλεύοντας στο Excel:

- Άνοιγμα με το αρχείο δεδομένων και επαληθεύεται ότι:
 - Η υποδιαστολή που χρησιμοποιείται από το σύστημα (σημείο ή κόμμα) είναι η ίδια όπως και στα δεδομένα ροής
 - Δεν υπάρχουν κενές γραμμές
 - Δεν υπάρχουν κενά κελιά σε οποιαδήποτε από τις δύο στήλες

→ Οι έλεγχοι αυτοί είναι βασικοί, δεδομένου ότι κάποια από τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορούν να καταστήσουν το αρχείο *.csv άχρηστο για χρήση με το πρόγραμμα IAHRIS. Οι δύο τελικοί έλεγχοι πρέπει να

γίνονται στο DATOS_EJEMPLO1.xls, και στα δύο υπολογιστικά φύλλα, τόσο για τη φυσική όσο και για την τροποποιημένη σειρά.

- Δημιουργείται το αρχείο δεδομένων, σε φυσικό καθεστώς, σε μορφή CVS:
 - Ενεργοποιείται το υπολογιστικό φύλλο ΦΥΣΙΚΟ
 - Στην τρίτη στήλη της πρώτης γραμμής, ο κωδικός σημείου πρέπει να αντικατασταθεί από τον κωδικό που επιλέγεται από τον χρήστη ή τον κωδικό που προτείνεται για αυτό το παράδειγμα: PUNTO_PRUEBA
 - Στην εντολή *Αποθήκευση ως*, επιλέγεται ο CSV Τύπος
 - Επιλέγεται ο φάκελος όπου το αρχείο πρόκειται να φορτωθεί
 - Ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει το αρχείο με οποιοδήποτε όνομα.
Προτείνεται το: PUNTO_PRUEBA_DATOS_DIARIO_NATURAL

- Στην πρώτη γραμμή, το κελί της πρώτης στήλης δηλώνει την περιοδικότητα των στοιχείων (σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιούνται καθημερινά δεδομένα και πρέπει να ονομαστεί Ημερήσιο (DIARIO))· το κελί της δεύτερης στήλης δηλώνει τον τύπο του καθεστώτος (σε αυτή την περίπτωση, ονομάζεται Φυσικό (NATURAL)). Και οι δύο λέξεις πρέπει να γράφονται αναγκαστικά με κεφαλαία γράμματα.

- Δημιουργείται το αρχείο δεδομένων, σε τροποποιημένο καθεστώς, σε μορφή CVS:
 - Ενεργοποιείται το υπολογιστικό φύλλο ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ
 - Στην τρίτη στήλη της πρώτης γραμμής, ο κωδικός σημείο πρέπει να αντικατασταθεί από τον κωδικό που επιλέγεται από τον χρήστη ή τον κωδικό που προτείνεται για αυτό το παράδειγμα: ALTER_PRUEBA

- Στην τέταρτη στήλη της πρώτης γραμμής, ο κωδικός τροποποίησης πρέπει να αντικατασταθεί από τον κωδικό που επιλέγεται από τον χρήστη ή τον κωδικό που προτείνεται για αυτό το παράδειγμα:
PUNTO_PRUEBA
 - Στην εντολή *Αποθήκευση ως*, επιλέγεται ο CSV Τύπος
 - Επιλέγεται ο φάκελος όπου το αρχείο πρόκειται να φορτωθεί
 - Ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει το αρχείο με οποιοδήποτε όνομα.
Προτείνεται το: PUNTO_PRUEBA_DATOS_DIARIO_ALTERADO
- Στην πρώτη γραμμή, το κελί της πρώτης στήλης δηλώνει την περιοδικότητα των στοιχείων (σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιούνται καθημερινά δεδομένα και πρέπει να ονομαστεί Ημερήσιο (DIARIO))· το κελί της δεύτερης στήλης δηλώνει τον τύπο του καθεστώτος (σε αυτή την περίπτωση, ονομάζεται Τροποποιημένο (ALTERADO)). Και οι δύο λέξεις πρέπει να γράφονται αναγκαστικά με κεφαλαία γράμματα.

Στη συνέχεια στο Σημειωματάριο γίνεται έλεγχος των * .csv αρχείων:

- Άνοιγμα του φάκελου όπου βρίσκονται τα αποθηκευμένα αρχεία
- Επιλέγεται ένα από αυτά τα αρχεία με το δεξί πλήκτρο του ποντικιού, και στη λίστα της οθόνης, επιλέγεται *Άνοιγμα με* και *Σημειωματάριο*
- Ελέγχεται αν τα δεδομένα διαχωρίζονται με ερωτηματικό. Επιβεβαιώνεται ότι δεν υπάρχουν άλλες γραμμές μετά την τελική γραμμή δεδομένων
- Επαναλαμβάνεται ο έλεγχος με το άλλο αρχείο CSV

Τέλος στο πρόγραμμα IAHRIS:

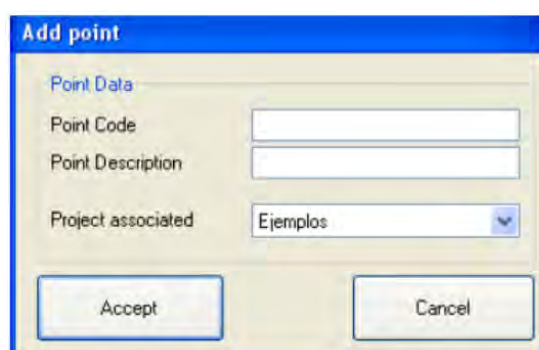
Ο χρήστης μπορεί να ανοίξει το λογισμικό πατώντας το εικονίδιο IAHRIS στην επιφάνεια εργασίας, ή πατώντας IAHRIS.excel μετά την είσοδό στο φάκελο Program Files – IAHRIS (Για την επιλογή γλώσσας: Επιλέγονται Αγγλικά στο κύριο παράθυρο πατώντας Γλώσσα ⇒ Αγγλικά).

Για το έργο στο οποίο θα εργαστεί ο χρήστης: Εάν έχει ήδη δηλώσει το έργο, πρέπει να το επιλέξει (βλέπε Δήλωση Σημείου παρακάτω).

Στην περίπτωση αυτή, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το έργο Ejemplos (Παραδείγματα).

Δήλωση του Σημείου:

- Επιλογή *Διαχείριση Σημείων (Points Management)*
- Επιλογή *Προσθήκη σημείου (Add Point)*



Σχήμα 3.3: Παράθυρο Προσθήκη σημείου (*Add point*)

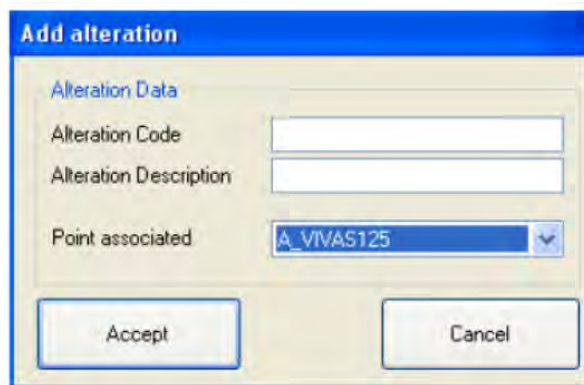
- Εισαγωγή του κωδικού Σημείου: PUNTO_PRUEBA
- Εισαγωγή Περιγραφής (έως 20 χαρακτήρες)
- Επιλογή Έργου Ejemplos
- Επιλογή Αποδοχή (*Accept*)

Σχήμα 3.4: Περιοχή δήλωσης στοιχείων και οι 4 καρτέλες που περιέχει (Διαχείριση Έργων (Project Management), Διαχείριση Σημείων (Point Management), Διαχείριση Τροποποίησης (Alterations Management) και Διαχείριση Σειρών (Series Management)).

→ Είναι πολύ σημαντικό να βεβαιωθεί ο χρήστης ότι ο κωδικός σημείου είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον κωδικό που δηλώνεται στην πρώτη γραμμή των δεδομένων των αρχείων φυσικής διαίτας.

Δήλωση της μεταβλητότητας:

- Επιλογή *Διαχείρισης Τροποποίησης (Alterations Management)*
- Επιλογή *Προσθήκη Μεταβλητότητας (Add Alteration)*



Σχήμα 3.5: Εμφάνιση παραθύρου *Προσθήκης μεταβλητότητας (Add alteration)*

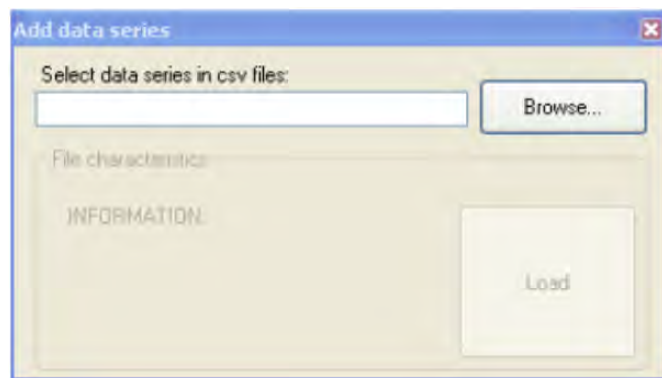
- Εισαγωγή του κωδικού Μεταβλητότητας: ALTER_PRUEBA
- Εισαγωγή Περιγραφής (έως 20 χαρακτήρες)
- Επιλογή της αναδυόμενης λίστας του Σχετικού Σημείου (*Associated Point*) και επιλογή του PUNTO_PRUEBA
- Επιλογή Αποδοχή (*Accept*)

→ Είναι πολύ σημαντικό να βεβαιωθεί ο χρήστης ότι ο κωδικός μεταβλητότητας είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον κωδικό που δηλώνεται στην πρώτη γραμμή των

δεδομένων των αρχείων τροποποιημένης δίαιτας.

Δήλωση της σειράς:

- Επιλογή *Σειρά Διαχείρισης (Series Management)*
- Επιλογή *Προσθήκη Σειράς δεδομένων (Add Data Series)*



Σχήμα 3.6: Εμφάνιση παραθύρου *Προσθήκη δεδομένων σειράς (Add data series)*

- Επιλογή *Εξετάστε και εξερευνήστε (Examine and explore)* μέχρι να βρεθεί ο φάκελος με τα αρχεία δεδομένων CSV
- Επιλογή ενός από τα αρχεία, για παράδειγμα,

PUNTO_PRUEBA_DATOS_DIARIO_NATURAL.csv, και επιλογή του κουμπιού Load, όταν γίνεται ενεργό

- Επιλογή, και πάλι, *Εξετάστε και εξερευνήστε (Examine and explore)*, και επιλογή του αρχείου PUNTO_PRUEBA_DATOS_DIARIO_ALTERADO.csv
- Κλείσιμο του παραθύρου

Επιλογή Σημείου: Στο παράθυρο Σημείο Δεδομένων, επισημαίνεται το σημείο PUNTO Prueba και επιλέγεται ο πρώτος μήνας του υδρολογικού έτος.

→ Ο κωδικός, η περιγραφή και αριθμός των συνδεδεμένων μεταβολών θα εμφανίσει τις σχετικές πληροφορίες στο παράθυρο.

Επιλογή τροποποίησης:

→ Μόλις ολοκληρωθεί αυτό το βήμα, η *Περιοχή Ενημέρωσης των Δεδομένων (Area of Data Information)* και η *Περιοχή Ενημέρωσης των Αποτελεσμάτων (Area of Information of Results)* θα συμπληρωθεί αυτόματα, προσφέροντας τις πληροφορίες στον χρήστη.

Ακολουθεί η επιλογή Υπολογισμού και τέλος η Αποθήκευση της αναφοράς του IAHRIS στο φάκελο που επιλέγεται από το χρήστη.

→ Δεδομένου ότι η αναφορά είναι ένα βιβλίο του Excel, ο χρήστης θα είναι σε θέση να διαχειριστεί τα δεδομένα με τα εργαλεία του Excel

3.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Για να γίνει πιο εύκολη η αρχειοθέτηση και συστηματοποίηση των αποτελεσμάτων που παρέχονται από το λογισμικό, τα αποτελέσματα δομούνται σε αναφορές. Οι αναφορές αυτές είναι υπολογιστικά φύλλα του EXCEL BOOK. Κάθε αναφορά - υπολογιστικό φύλλο - ενώνει κυρίως ομοιογενή πτυχές των αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια, φαίνεται ένα μέρος του υπολογιστικού φύλλου (αναφορά) του ενός (δείτε τις καρτέλες στο κάτω άκρο, για να δώσει πρόσβαση στις διάφορες αναφορές του βιβλίου, που εξάγεται από την ανάλυση) (Martínez C. et al., 2010).

REPORT Nº 5		ALTERED REGIME HABITUAL PARAMETERS FOR THE CHARACTERIZATION OF THE REGIME			
POINT CODE: EJEMPL01-EJEMPL0					
ALTERATION CODE: EJEM1_ALTER4-EJEMPL0					
DATE: 05/07/2010					
RESULTS					
COMPONENTS OF THE ALTERED REGIME		ASPECT	PARAMETER		
HABITUAL DATA	MONTHLY OR ANNUAL VOLUMES		DESCRIPTION	VALUE (hm ³ o m ³ /s)	
		Magnitude	Average of the annual volumes	Wet year 121,37 Normal year 85,03 Dry year 63,59 Weighted year 88,34	
Variability	Difference between the maximum and the minimum monthly volume along the year		Wet year 29,48 Normal year 23,02 Dry year 22,67 Weighted year 24,38		
	Seasonality		Month with the maximum and minimum water volume along the year	Wet year AUG-JAN Normal year JUL-JAN Dry year JUL-NOV	
		EXTREME DATA	MAXIMUM VALUES of the daily flows (FLOODS)	Variability	Difference between the average flows associated to the percentiles 10% and 90%
Magnitude and frequency					Average of the maximum daily flows along the year
	Variability	Effective discharge	QGL 11,75		
		Seasonality	Connectivity discharge	QCONEC 14,64	
Duration			Flushing flood	Q 5% 12,09	
	EXTREME DATA	MAXIMUM VALUES of the daily flows (FLOODS)	Variability	Coefficient of variation of the maximum daily flows along the year	CV (Qc) 0,14
Seasonality				Coefficient of variation of the flushing flood series	CV (Q 5%) 0,14
	EXTREME DATA	MAXIMUM VALUES of the daily flows (FLOODS)	Seasonality	Average number of days in the month with $q \geq Q 5\%nat$	See table and graph below
EXTREME DATA				MAXIMUM VALUES of the daily flows (FLOODS)	Duration

Σχήμα 3.7: Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Το βιβλίο των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει, για την πρακτική περίπτωση που αναφέρεται παρακάτω, δώδεκα αναφορές (με αριθμούς 1, 1a, 2, 3, 4, 5, 6, 7a, 7d, 8, 8a και 9) και το περιβάλλον της παρουσίασης. Στον Πίνακα 3.4 φαίνεται το εύρος των αναφορών που μπορεί να επεξεργαστεί το λογισμικό. Ο πίνακας (παρακάτω) επιτρέπει στο χρήστη μια εύκολη ερμηνεία του παρόντος κεφαλαίου. Ο χρήστης μπορεί να εξοικειωθεί με το περιεχόμενο των αναφορών, χρησιμοποιώντας αυτά που δημιουργούνται από το IAHRIS με τα δεδομένα των πρακτικών περιπτώσεων που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων (Martínez C. et al., 2010).

ΛΙΣΤΑ ΑΝΑΦΟΡΩΝ		
Χαρακτηρισμός της μεταβλητότητας	1	Φυσικό καθεστώς, Χαρακτηρισμός της υπερετήσιας μεταβλητότητας
	1a	Τροποποιημένο καθεστώς, Χαρακτηρισμός της υπερετήσιας μεταβλητότητας
	2	Φυσικό καθεστώς, Χαρακτηρισμός της ετήσιας μεταβλητότητας
	3	Τροποποιημένο καθεστώς, Χαρακτηρισμός της ετήσιας μεταβλητότητας
Χαρακτηρισμός του καθεστώτος ροής	4	Φυσικό καθεστώς, Συνήθεις παράμετροι για τον χαρακτηρισμό της διαίτας
	4a	Φυσικό καθεστώς, Συνήθεις παράμετροι για τον χαρακτηρισμό της διαίτας(*)
	5	Τροποποιημένο καθεστώς, Συνήθεις παράμετροι για τον χαρακτηρισμό της διαίτας
	5a	Τροποποιημένο καθεστώς, Συνήθεις παράμετροι για τον χαρακτηρισμό της διαίτας -μη σύγχρονο καθεστώς- (*)
	5b	Τροποποιημένο καθεστώς, Συνήθεις παράμετροι για τον χαρακτηρισμό της διαίτας (*)
	5c	Τροποποιημένο καθεστώς, Συνήθεις παράμετροι για τον χαρακτηρισμό της διαίτας-μη σύγχρονο καθεστώς)
Διάρκεια καμπύλης ροής	6	Φυσικό και τροποποιημένο καθεστώς, μέσες τιμές της διάρκειας των καμπυλών ροής
	6a	Φυσικό καθεστώς, Συνήθεις παράμετροι για τον χαρακτηρισμό της διαίτας
Τροποποίηση	7a	Τροποποιημένο καθεστώς, Δείκτες υδρολογικής Μεταβλητότητας: Συνήθεις τιμές
	7b	Τροποποιημένο καθεστώς, Δείκτες υδρολογικής Μεταβλητότητας: Συνήθεις τιμές(*)
	7c	Τροποποιημένο καθεστώς, Δείκτες υδρολογικής Μεταβλητότητας: Συνήθεις τιμές-μη σύγχρονο καθεστώς-
	7d	Τροποποιημένο καθεστώς, Δείκτες υδρολογικής Μεταβλητότητας: Πλημμύρες και Ξηρασίες
Ιδιαίτερος τροποποιημένα υδατικά συστήματα	8	Τροποποιημένο καθεστώς: Χαρακτηρισμός ιδιαίτερος τροποποιημένων υδατικών συστημάτων: Δείκτης P10-P90
	8a	Τροποποιημένο καθεστώς: Χαρακτηρισμός ιδιαίτερος τροποποιημένων υδατικών συστημάτων: Δείκτης ΙΑΗ-MMA
	8b	Τροποποιημένο καθεστώς: Χαρακτηρισμός ιδιαίτερος τροποποιημένων υδατικών συστημάτων: Δείκτης ΙΑΗ-MMA
	8c	Τροποποιημένο καθεστώς: Χαρακτηρισμός ιδιαίτερος τροποποιημένων υδατικών συστημάτων: Δείκτης ΙΑΗ-MMA (*)
	8d	Τροποποιημένο καθεστώς: Δείκτης ΙΑΗ-MMA σε υδατικά συστήματα με υψηλή υδρολογική τροποποίηση ΡΗ(*)
Μεθοδολογία RAC	9	Καθεστώς περιβαλλοντικής ροής (RAC). Επιλογή όγκων
	9a	Καθεστώς περιβαλλοντικής ροής (RAC). Επιλογή όγκων(*)
(*) Μόνο εάν είναι διαθέσιμα μηνιαία δεδομένα		

Πίνακας 3.1: Λίστα αναφορών δυνητικά διαθέσιμες από το πρόγραμμα ΙΑΗRIS

Το λογισμικό ποτέ δεν προσφέρει, ταυτόχρονα, όλες τις αναφορές που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα. Τα χαρακτηριστικά στοιχεία θα καθορίσουν, σε

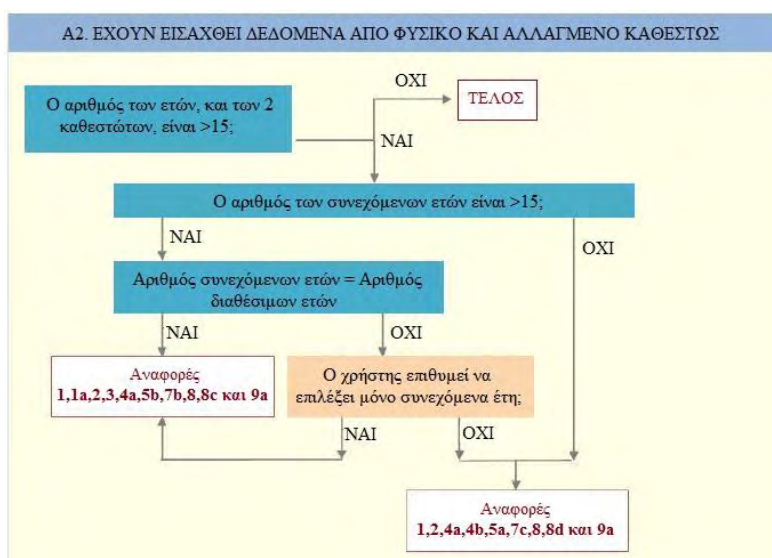
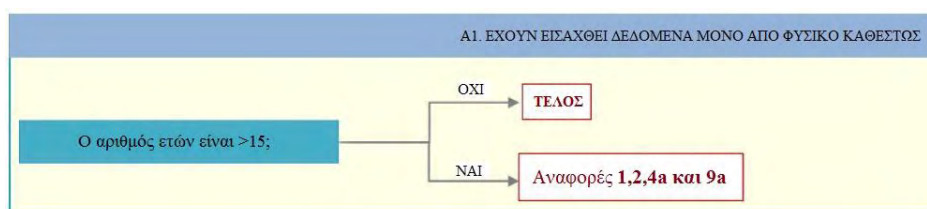
όλες τις περιπτώσεις, τις αναφορές που δημιουργούνται αποτελεσματικά από το πρόγραμμα IAHRIS (Martínez C. et al., 2010).

3.4 Σύνδεση αναφορών με τα χαρακτηριστικά στοιχεία

Η αποτελεσματική επιρροή των χαρακτηριστικών στοιχείων σχετικά με τα αποτελέσματα - αναφορές - που παράγονται από το IAHRIS μπορεί να αναλυθεί στα παρακάτω διαγράμματα (Martínez C. et al., 2010).

Δύο πρακτικές περιπτώσεις παρουσιάζονται, προκειμένου να γίνει η παρουσίαση πιο εύκολη:

Πρακτική περίπτωση Α: Έχουν εισαχθεί μόνο μηνιαία στοιχεία



Πρακτική περίπτωση Β: Έχουν εισαχθεί ημερήσια στοιχεία



3.5 Ελληνικά δεδομένα

Η εφαρμογή του προγράμματος IAHRIS σε ποτάμια της Ελλάδας δεν κατέστη δυνατή λόγω έλλειψης δεδομένων, παρ' όλο που θα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέροντα μια αντιπαραβολή με αντίστοιχες εργασίες που έγιναν σε ποτάμια τη Ισπανίας για την σύγκριση των υδρομορφολογικών διακυμάνσεων στη διάρκεια του χρόνου. Τα μόνα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν δεν αρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες του προγράμματος καθώς αποτελούν μόνο ετήσιες παροχές -μέγιστες, μέσες και ελάχιστες – στην περιφέρεια της Ηπείρου για το χρονικό διάστημα 1995-2000, όπως φαίνεται στον πίνακα παρακάτω (Πίνακας 4.1).

ΠΑΡΟΧΕΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΕΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ (1995 - 2000)

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΟΤΑΜΟΣ ΘΕΣΗ	ΜΕΤΡΗΣΙΜΑ ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΑΡΟΧΗ m ³ /h	ΜΕΤΡΗΣΙΜΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΑΡΟΧΗ m ³ /h	ΜΕΣΗ ΠΑΡΟΧΗ		ΜΕΣΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤ. μS/cm 25°C
				m ³ /h	m ³ /sec	
ARXP2	ΑΡΑΧΘΟΣ ΠΕΤΡΙΑΝΑ	654.879	14.516	131.089	36,41	320
KR004	ΣΗΡΑΙΤΑ ΛΑΨΙΣΤΑΣ	16.674	94	3.893	1,08	632
KR010	ΚΑΛΑΜΑΣ ΓΕΦΥΡΑ ΣΟΥΛΟΠΟΥΛΟ	43.200	19.840	28.851	8,01	782
KR014	ΚΑΛΑΜΑΣ ΓΕΦΥΡΑ ΒΡΟΣΥΝΑΣ	49.650	36.000	42.180	11,71	697
KR22	ΚΑΛΑΜΑΣ ΦΡΑΓΜΑ	163.908	49.223	76.746	21,31	433
ΛΟΝ005	ΛΩΟΣ ΓΕΦΥΡΑ ΚΟΝΙΤΣΑΣ	84.006	2.188	27.042	7,51	271
ΑΟΥ002	ΒΟΙΔΟΜΑΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑ ΚΑΒΕΛΑΝΙΑΣ	65.073	10.764	31.229	8,57	311
ΑΟΥ000	ΛΩΟΣ ΓΕΦΥΡΑ ΜΙΚΟΥΡΑΣΣΑΝΙ	149.940	21.572	53.386	14,80	398
ΑΟΥ008	ΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΣ Γ.ΚΡΕΜΑΣΤΗ	77.954	3.400	17.472	4,85	339
LR2	ΛΟΥΡΟΣ ΖΗΤΑ	34.812	4.362	13.105	3,64	298
LR06	ΛΟΥΡΟΣ ΓΕΦΥΡΑ ΠΕΤΡΑΣ	161.676	144	60.866	19,90	961
ΑΗΡ130	ΑΧΕΡΩΝ ΓΛΥΚΗ	44.183	25.042	34.308	9,53	86
ΑΗΡ023	ΚΩΚΥΤΟΣ ΓΕΦΥΡΑ ΘΕΜΕΛΟ	33.696	6.283	12.748	3,54	519
AHR	ΑΧΕΡΩΝ ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΟΣ	86.366	33.825	52.456	14,57	692

Πίνακας 4.1: Παροχές και αγωγιμότητες κυριότερων σημείων παρακολούθησης των ποταμών της Ηπείρου για τα έτη 1995-2000 (Νικολάου, 2000)

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε εργασία που δημοσίευσαν οι Fernández, Martínez και Magdaleno (2012) εφαρμόζοντας δεδομένα από υδάτινα σώματα με τη χρήση δεικτών στο πρόγραμμα IAHRIS 2.2, χρησιμοποίησαν καθημερινά και μηνιαία δεδομένα παροχής από 134 ποτάμια της Ισπανίας, όλα κατάντη φραγμάτων, τα οποία κατασκευάστηκαν για την αποθήκευση νερού, υδροληψία για άρδευση, για χρήση πόσιμου νερού, καθώς και για την προστασία από τις πλημμύρες, υποβάλλοντας τα ποτάμια αυτά σε κάποιας μορφής τροποποίηση.

Για τον χαρακτηρισμό αυτών των υδατικών σωμάτων χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός δύο δεικτών. Ο πρώτος δείκτης ορίζεται ως IAH-HMWB (Hydrologic Alteration Indicators-Highly Modified Water Bodies), και χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα του συνόλου των Δεικτών Υδρολογικής Μεταβλητότητας που παρέχονται από το πρόγραμμα IAHRIS 2.2, χρησιμοποιώντας ημερήσια ή/και μηνιαία δεδομένα. Ο δεύτερος δείκτης αφορά στα εκατοστημόρια P10%-90%, χρησιμοποιεί αποκλειστικά μηνιαίες τιμές παροχών και καθορίζει το φυσιολογικό εύρος διακύμανσης των ετήσιων και μηνιαίων παροχών της φυσικής δίαιτας. Με βάση αυτό το εύρος, η μέθοδος καθορίζει τα ποσοστά που πρέπει να επιτευχθούν από την τροποποιημένη δίαιτα. Αν ένα δεδομένο υδάτινο σώμα δεν αποκτήσει τιμές μεταξύ αυτών των ποσοστών, ταξινομείται ως Ιδιαίτερος Τροποποιημένο Υδάτινο Σώμα (HMWB).

Στα 103 ποτάμια που τελικά εφαρμόστηκε το πρόγραμμα, οι δύο δείκτες προσέφεραν παρόμοια αποτελέσματα σε 81 περιπτώσεις (78,6%). Συγκρινόμενα με τα δεδομένα της Διαχείρισης Υδατικών Διαμερισμάτων (Water District Managers) της Ισπανίας, υπήρξε αντιστοιχία σε 80 περιπτώσεις (77,7%): 63 είχαν χαρακτηριστεί ως

ιδιαιτέρως τροποποιημένα υδάτινα σώματα, ενώ τα υπόλοιπα 17 όχι. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν γίνει ευρέως αποδεκτά από το WDM (94%), ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις, αναγνωρίστηκε ότι τα δεδομένα ροής για τις λεκάνες απορροής των υδάτων δεν αντικατοπτρίζει επαρκώς την υδρολογική λειτουργία των υδατικών σωμάτων και ότι μια καλύτερη κατανόηση του πυρήνα των ιδιοτήτων τους είναι απαραίτητη.

Οι Belmar et al. (2013) μελετώντας την υδρολογική τροποποίηση της λεκάνης απορροής του ποταμού Σεγούρα, ενός μεσαίου μεγέθους ποταμού που βρίσκεται στην νοτιοανατολική Ισπανία, χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα IAHRIS, τους δείκτες από το πρόγραμμα Hydrologic Alteration software της περιβαλλοντικής οργάνωσης The Nature Conservancy και έναν έμμεσο δείκτη, που υπολογίστηκε από τις μεταβλητές που σχετίζονται με μεταβολές στη λεκάνη απορροής του ποταμού Σεγούρα.

Ανάμεσα στα αποτελέσματα των δυο προγραμμάτων και του έμμεσου δείκτη προέκυψαν διαφορές ανάλογα με το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό των υδρολογικών μεταβολών. Ο μεν έμμεσος δείκτης, στον κύριο κλάδο του ποταμού παρουσίασε τη μεγαλύτερη υδρολογική τροποποίηση. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Δείκτες των Υδρολογικών Μεταβολών των δύο προγραμμάτων, οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη όλες τις πτυχές του καθεστώτος ροής (συνήθεις τιμές, ξηρασίες και πλημμύρες), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα εποχικά ρέματα επωμίστηκαν τη μεγαλύτερη υδρολογική τροποποίηση, συμπεραίνοντας έτσι ότι οι κανονισμοί διαχείρισης των φραγμάτων (όχι μόνο η χωρητικότητά τους) διαδραματίζουν επίσης ένα θεμελιώδη ρόλο για την ποσοτική εκτίμηση υδρολογικών μεταβολών σε ρέματα και τα ποτάμια.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πρόγραμμα IAHRIS 2.2 είναι ένα λογισμικό το οποίο αποσκοπεί στον προσδιορισμό των διακυμάνσεων που αφορούν στα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά της ροής ενός ποτάμιου συστήματος δίνοντας έμφαση στην εξέταση των ποσοτικών χαρακτηριστικών. Η εφαρμογή του επιτρέπει την ομοιογενή και αντικειμενική ανάλυση υδατικών σωμάτων, τα οποία συνδέονται με ένα ευρύ φάσμα υδροκλιματικών χαρακτηριστικών, μέσα στα πλαίσια της Οδηγίας 2000/60.

Το πρόγραμμα IAHRIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ημερήσια ή μηνιαία στοιχεία, ενώ απαιτεί την ύπαρξη δεδομένων μια σειράς τουλάχιστον 15 ετών. Απαιτεί μια φυσική και μια τροποποιημένη σειρά ροής για τη σύγκριση των υδρολογικών παραμέτρων και στις δύο περιπτώσεις και, επομένως, να δημιουργήσει τους Δείκτες της Υδρολογικής Μεταβλητότητας.

Για τον καθορισμό της φυσικής δίαιτας περιλαμβάνονται 19 παράμετροι, οι οποίοι καθορίζονται από το είδος του έτους (κανονικό, υγρό ή ξηρό), ενώ για την τροποποιημένη δίαιτα και την αξιολόγηση των μεταβολών της φυσικής κατάστασης προτείνονται 21 δείκτες για την αξιολόγηση των μεταβολών στο μέγεθος, την εποχικότητα, τη συχνότητα, τη μεταβλητότητα και τη διάρκεια των ροών των ποταμών σε σύγχρονα και μη καθεστάτα.

Τα αρχεία δεδομένων πρέπει να είναι της μορφής cvs, τα οποία διαχειρίζονται εύκολα με το πρόγραμμα Microsoft Excel. Τα αποτελέσματα του IAHRIS δομούνται σε αναφορές οι οποίες είναι υπολογιστικά φύλλα του EXCEL BOOK και συνδέονται με τα χαρακτηριστικά στοιχεία του καθεστώ με βάση την εισαγωγή ημερήσιων ή μηνιαίων στοιχείων στο πρόγραμμα.

Δυστυχώς στην παρούσα εργασία δεν ήταν εφικτή η παρουσίαση αποτελεσμάτων λόγω της έλλειψης δεδομένων ελληνικών υδατικών σωμάτων σε τόσο συστηματικά επίπεδα και χρονικό βάθος. Περαιτέρω έρευνα για τη συλλογή δεδομένων, θα μπορούσε να δώσει μια εμπειριστατωμένη εικόνα της κατάστασης των ποταμών στην Ελλάδα και της μεταβλητότητας που έχει υποστεί η διαίτά τους λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Διεθνής Βιβλιογραφία

- Arthington A.H., 2002. Environmental flows: ecological importance, methods and lessons from Australia. Mekong Dialogue Workshop. International transfer of river basin development experience: Australia and the Mekong Region, 2 September 2002.
- Baeza D., Martínez-Capel F. and García de Jalón D., 2003. Variabilidad temporal de caudales: aplicación a la gestión de ríos regulados. Ingeniería del Agua Vol. 10 N°4 469-479.
- Baker D.B, Richards R.P., Loftus T.T. AND Kramer J.W., 2004. A new flashiness index: characteristics and applications to midwestern rivers and streams. Journal Of The American Water Resources Association pp: 503-523.
- Bales J.D. and Pope B.F., 2001. Identification of changes in streamflow characteristics. Journal of the American Water Resources Association. February 2001, Vol. 37, NO.1
- Batalla R.J., Gómez C.M., Kondolf G.M., 2004. Reservoir-induced hydrological changes in the Ebro River basin (NE Spain). Journal of Hydrology 290 (2004)117-136.
- Brizga S., Arthington A., 2001. Guidelines for Environmental Flow Management for Queensland Rivers. Centre for Catchment and In-Stream Research, Griffith University and Department of Natural Resources and Mines, Queensland.

Brizga S., Arthington A., Choy S., Craigie N., Mackay S., Poplawski W., Pusey B. and Werren G., 2001. Environmental Flow Report: Pioneer Valley. Water Resource Plan. Natural Resources and Mines. Queensland Government.

Bunn S.E. and Arthington A., 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. Environmental Management Vol. 30, no. 4, pp. 492-507.

CIS-WFD, European Common Implementation Strategy (CIS) for the Water Framework Directive, 2003. Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. Working Group 2.3, REFCOND Guidance. <http://forum.europa.eu.int/comm/Public/irc/env/wdf/library1> [Consultation 10/09/04]

Clausen B. and Biggs B.J.F., 2000. Flow variables for ecological studies in temperate streams: groupings based on covariance. Journal of Hydrology 231(2000)184-197.

Fernández Yuste J.A., 2003. Régimen ambiental de caudales y morfología fluvial. Course on Channel Environment Regime. Menéndez Pelayo International University. 29 Sept. to 3 October 2003. Cuenca.

Fernández, J. A., Martínez, C., 2012, Application of indicators of hydrologic alterations in the designation of heavily modified water bodies in Spain

González del Tánago del Río M. and García de Jalón Lastra D., 1995. Restauración de ríos y riberas. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Polytechnic University of Madrid.

- Growns J. and Marsh N., 2000: Characterisation of Flow in Regulated and Unregulated Streams in Eastern Australia. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology. Technical Report 3/2000.
- Haines A.T., Finlayson B.L. and McMahon T.A., 1988. A global classification of river regimes. *Applied Geography* 8:255-72.
- Hickey J.T. and Salas J.D., 1995. Environmental effects of extreme floods. U.S. -Italy Research Workshop on the Hydrometeorology, Impacts and Management of Extreme Floods. Perugia (Italy), November, 1995.
- Hill M.T., Platts W.S., Beschta R.L., 1991. Ecological and geomorphological concepts for instream and out-of channel flow requirements. *Rivers*. 2 (3): 198-210.
- Hughes J.M.R. and James B., 1989. A hydrological regionalization of streams in Victoria, Australia with implication for stream ecology. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 40: 303-326
- King J., Tharme R. and Brown C., 1999. Definition and implementation of Instream Flows. Contributing Paper. World Commission on Dams. Thematic Report, Final Report, September 1999.
- Knighton D., 1998. *Fluvial Forms and Processes. A new perspective.* .Arnold, London.
- Kozlowski T. T., editor, 1984. *Flooding and plant growth.* Academic Press, San Diego, California. (in Richter and Richter 2000)
- Magdaleno Más, F., 2005. *Caudales ecológicos: conceptos, métodos e nuevas interpretaciones.* Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX. Ministerio de Fomento.

- Maingi J.K. and Marsh S.E., 2002. Quantifying hydrologic impacts following dam construction along the Tana River, Kenya. *Journal of Arid Environments* (2002) 50: 53-79.
- Martínez, C., Fernández, J.A., 2010. AHRIS 2.2 Indicators of Hydrologic Alteration in Rivers: Methodological Reference Manual
- Martínez, C., Fernández, J.A., 2010. IAHRIS 2.2 User's Manual.
- Martínez de Azagra A. and Sanz Ronda F.J., 2003. Determinación de caudales de mantenimiento en ríos de la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Curso Régimen Ambiental de Caudales. Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Cuenca. 29 September to 3 October 2003.
- Mays L.W. (ed), 1996, *Water Resources Handbook*, McGraw – Hill, New York, pp. 1568
- Naiman R.J., Bunn S.E., Nilsson C., Petts G.E., Pinay G. and Thompson L.C., 2002. Legitimizing Fluvial Ecosystems as Users of Water: An Overview. *Environmental Management* Vol. 30, No.4, pp.455-467.
- Nilsson C., and Svedmark M., 2002. Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: riparian plant communities. *Environmental Management* Vol. 30, No. 4, pp. 468- 480.
- Pinay G., Clément J.C. and Naiman R.J., 2002. Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes on Nitrogen Cycling in Fluvial Systems. *Environmental Management* Vol.30, No.4, pp. 481-491.

- Poff N.L., Allan J.D., Bain M.B., Karr J.R., Prestegard K.L., Richter B.D., Sparks R.E. and Stromberg C., 1997. The Natural Flow Regime. A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience* Vol. 47 No.11
- Poff N.L. and Allan D.J., 1995. Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability. *Ecology* 76:606-627 (in Naiman et al. 2002)
- Puckridge J.T., Sheldon F., Walker K.F. and Boulton A.J., 1998. Flow variability and the ecology of large rivers. *Marine and Freshwater Research* 49: 55-72.
- Richards R.P., 1990. Measures of flow variability and new flow-based classification of Great Lakes tributaries. *Journal of Great Lakes Research* 16: 53-70.
- Richter B.D. and Richter H.E., 2000. Prescribing Flood Regimes to Sustain Riparian Ecosystems along Meandering Rivers. *Conservation Biology*, pages 1467-1478. Volume 14, No.5, October 2000.
- Richter B.D., Baumgartner J.V., Braun D.P. and Powell J., 1998. A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. *Regulated Rivers: Research & Management* 14: 329-340 (1998)
- Richter B.D., Baumgartner J.V., Wigington R. and Braun D.P., 1997. How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37: 231-249.
- Richter B.D., Baumgartner J.V., Powell J. and Braun D.P., 1995. A method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems. *Conserv. Biol.* 10 (4), 1163-1174.
- Sugiyama H., Vudhivanich V., Whitaker C. and Lorsirirat K., 2003. Stochastic Flow Duration Curves for evaluation of Flow Regimes in Rivers. *Journal of the American Water Resources Association*. February 2003: 47-59.

6.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

Αντωνόπουλος Β., 2010, Υδραυλική Περιβάλλοντος και Ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων, Εκδόσεις Τζιόλα, σελ. 26 & 32-33

EUR-Lex, 2015, Καλή ποιότητα των υδάτων στην Ευρώπη (οδηγία της ΕΕ για τα ύδατα) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=URISERV:l28002b&from=EL>

Πασαπόρτη Χ., 2012, Ανάπτυξη βάσης περιβαλλοντικής πληροφορίας για την Αειφορική Διαχείριση Υδρολογικών Λεκανών – Περίπτωση Αλφειού ποταμού, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επιβλέπων Καθηγητής: Γιαννόπουλος Π., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα

Τσακίρης Γ., 1995, Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, σελ. 675

Τσακίρης Γ., 2013, ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, σελ. 673-676

Ψιλοβίκος Α., 2014, Οικοϋδραυλική, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ. 308-311